



Ministero dell'Università e della Ricerca

DIREZIONE GENERALE DELLA RICERCA

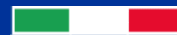
**Programma Nazionale Ricerca, Innovazione e Competitività
per la transizione verde e digitale 2021-2027**

Azione 1.1.1 – Potenziamento delle Infrastrutture di Ricerca (IR) pubbliche che operano in ambito S3 finalizzato all'avanzamento tecnologico delle imprese

ALLEGATI ALL'AVVISO PUBBLICO

“Potenziamento delle Infrastrutture di Ricerca (IR) pubbliche che operano in ambito S3 finalizzato all'avanzamento tecnologico delle imprese”

D.D. n. 310 del 18-03-2025



Le informazioni anagrafiche e la articolazione operativa dei soggetti proponenti, nonché la descrizione delle competenze e delle risorse, verrà acquisita dalla piattaforma Gest-A. Il censimento delle strutture proponenti su Gest-A è quindi propedeutico e indispensabile per la compilazione della proposta progettuale.

Il presente format è indicativo dei contenuti richiesti per la presentazione della proposta progettuale in coerenza con quanto previsto dall'Avviso. Il Ministero si riserva di digitalizzare, adeguare e/o adattare lo stesso al fine di renderlo disponibile, fruibile e compilabile nella piattaforma informatica dedicata alla presentazione delle domande di accesso al contributo; tale adeguamento sarà finalizzato a garantire la piena rispondenza agli elementi previsti nell'Avviso, con particolare riferimento a tutte le specifiche previste dallo stesso.

A – DATI DELLA COMPAGINE PROPONENTE

I dati della Compagine Proponente sono acquisiti dal sistema informativo per la redazione della proposta direttamente dal sistema Gest-A.

La pre-compilazione di questa sezione della proposta è quindi automatica.

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Consiglio Nazionale Delle Ricerche

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Cnr

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

80054330586

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

02118311006

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

18/11/1923

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://WWW.CNR.IT>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Roma

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

RM

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Lazio

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazzale Aldo Moro 7

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

00185

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

+3906 49931

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

segreteria.presidenza@cnr.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo-ammcen@pec.cnr.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Roma

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Rm

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

LAZIO

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazzale Aldo Moro 7

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

00185

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

+3906 49931

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

segreteria.presidenza@cnr.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo-ammcen@pec.cnr.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Francesco

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Svelto

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

SVLFNC66C07F205A

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

segreteria.presidenza@cnr.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0649933200

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Istituto o ente pubblico di ricerca

➤ **11A1.33: Tipologia Struttura – Codice ATECO**

A 72.19.09

➤ **11A1.35: Tipologia Struttura - Attività Prevalente**

Ricerca

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

cnr

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000016-I-PHOQS

IR0000013-SoBigData.it

IR0000016-I-PHOQS

IR0000013-SoBigData.it

IR0000013-SoBigData.it

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000013-SoBigData.it

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000013-SoBigData.it

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000016-I-PHOQS

IR0000008-FOSSR
IR0000013-SoBigData.it
IR0000032-ITINERIS
IR0000016-I-PHOQS
IR0000030-EuAPS
IR0000016-I-PHOQS
IR0000016-I-PHOQS
IR0000016-I-PHOQS

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ 11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura

Il Consiglio nazionale delle ricerche (CNR) è ente nazionale di ricerca con competenza scientifica generale e istituti scientifici distribuiti sul territorio, che svolge attività di prioritario interesse per l'avanzamento della scienza e per il progresso del Paese. Il CNR - svolge e promuove attività di ricerca con obiettivi di eccellenza e di rilevanza strategica in ambito nazionale e internazionale, nel quadro della cooperazione e integrazione europea e della collaborazione con la ricerca universitaria e di altri soggetti pubblici e privati, assicurando la diffusione dei risultati all'interno del Paese; - dirige e coordina programmi nazionali e internazionali di ricerca, nonché sostiene attività scientifiche e di ricerca di rilevante interesse per il sistema nazionale; - fornisce, su richiesta di autorità governative, competenze specifiche per la partecipazione nazionale ad organizzazioni o a programmi scientifici internazionali a carattere intergovernativo - svolge attività di certificazione, prova e accreditamento per le pubbliche amministrazioni, su loro richiesta; - cura la valorizzazione, lo sviluppo precompetitivo e il trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca svolta dalla propria rete scientifica e dai consorzi, fondazioni, società o centri comunque costituiti o partecipati dall'ente - svolge, anche attraverso propri programmi di assegnazione di borse di studio e di ricerca, attività di formazione nei corsi universitari di dottorato di ricerca, in attuazione dell'articolo 4, comma 4, della legge 3 luglio 1998, n. 210, attività di alta formazione postuniversitaria, di formazione permanente, continua e ricorrente. Può altresì svolgere attività di formazione superiore non universitaria. Il C.N.R. - svolge e promuove attività di ricerca con obiettivi di eccellenza e di rilevanza strategica in ambito nazionale e internazionale, nel quadro della cooperazione e integrazione europea e della collaborazione con la ricerca universitaria e di altri soggetti pubblici e privati, assicurando la diffusione dei risultati all'interno del Paese; - dirige e coordina programmi nazionali e internazionali di ricerca, nonché sostiene attività scientifiche e di ricerca di rilevante interesse per il sistema nazionale; - fornisce, su richiesta di autorità governative, competenze specifiche per la partecipazione nazionale ad organizzazioni o a programmi scientifici internazionali a carattere intergovernativo - svolge attività di certificazione, prova e accreditamento per le pubbliche amministrazioni, su loro richiesta; - cura la valorizzazione, lo sviluppo precompetitivo e il trasferimento tecnologico dei risultati della ricerca svolta dalla propria rete scientifica e dai consorzi, fondazioni, società o centri comunque costituiti o partecipati dall'ente - svolge, anche attraverso propri programmi di assegnazione di borse di studio e di ricerca, attività di formazione nei corsi universitari di dottorato di ricerca, in attuazione dell'articolo 4, comma 4, della legge 3 luglio 1998, n. 210, attività di alta formazione postuniversitaria, di formazione permanente, continua e ricorrente. Può altresì svolgere attività di formazione superiore non universitaria.

➤ 11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione

il CNR svolge un'intensa attività di formazione che si articola nei seguenti ambiti: -corsi universitari - dottorati di ricerca -tesi di laurea -tesi di dottorato di ricerca - tirocini di formazione curricolari (Decreto 25 marzo 1998 n. 142) - tirocini post-lauream

➤ 11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate

➤ 11A2.4: Informazioni Generali – Networking

Il CNR ha in attivo iniziative di diversa natura con istituzioni pubbliche, fra cui le università nazionali e internazionali, e istituzioni private, con Ministeri e altri Enti, sia territoriali, come le Regioni e gli Enti locali, ovvero per programmi di ricerca comunitari ed internazionali. Altresì il CNR partecipa ad Infrastrutture di Ricerca, quali ERIC, in qualità di Representing Entity per l'Italia.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ 11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria

Il sistemaIl CNR adotta il sistema di contabilità economico-patrimoniale ed il bilancio unico nonché i sistemi e le procedure di contabilità analitica, ai fini previsionali autorizzatori e a consuntivo per permettere l'analisi economica della gestione. Il CNR adotta il sistema di contabilità economico-patrimoniale ed il bilancio unico nonché i sistemi e le procedure di contabilità analitica, ai fini previsionali autorizzatori e a consuntivo per permettere l'analisi economica della gestione.

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ 11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione

Scuola Imt Alti Studi Lucca

➤ 11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve

Scuola Imt Alti Studi Lucca

➤ 11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale

92037570469

➤ 11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva

02235840465

➤ 11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione

18/11/2005

➤ 11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web

<http://www.imtlucca.it>

➤ 11A1.7: Sede Legale - Comune

Lucca

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

LU

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Toscana

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza San Ponziano, N. 6

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

55100

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

05834326605

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@imtlucca.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

imtlucca@postecert.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Lucca

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Lu

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

TOSCANA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza San Ponziano, n. 6

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

55100

- **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**
05834326605
- **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**
rettore@imtlucca.it
- **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**
imtlucca@postecert.it
- **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**
Italia
- **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**
Lorenzo
- **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**
Casini
- **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**
CSNLNZ76C01H501R
- **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**
rettore@imtlucca.it
- **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**
05834326605
- **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**
Università pubblica
- **11A1.33: Tipologia Struttura – Codice ATECO**
A 85.40.20
- **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**
PUBBLICO
- **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**
imt_aslu
- **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**
IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca. 6000 car.

➤ 11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura

La Scuola IMT Alti Studi Lucca è un'istituzione universitaria, di ricerca e alta formazione, con ordinamento speciale. Oggetto principale di studio è l'analisi dei sistemi economici, sociali, tecnologici e culturali. La Scuola IMT persegue e realizza l'integrazione tra ricerca e insegnamento. Sin dalla sua fondazione, stabilita con decreto del Ministero dell'Università e della Ricerca del 18 novembre 2005, si è distinta per la qualità e la capacità innovativa della sua ricerca e del suo programma di dottorato, e per la sua natura interdisciplinare, caratterizzata dalla complementarietà di metodologie desunte da materie quali l'economia, l'ingegneria, l'informatica, la matematica applicata, la fisica, le neuroscienze cognitive e sociali, la storia politica, l'archeologia, la storia dell'arte e l'analisi e la gestione del patrimonio culturale. L'intersezione tra arte e tecnologia si riflette anche nel Campus residenziale, collocato per la maggior parte nel Complesso di San Francesco a Lucca, recentemente restaurato. L'intero Campus si trova nel centro storico della città, circondata dalle sue mura rinascimentali. Oltre agli alloggi per gli studenti, il Campus comprende laboratori, aule, uffici, la mensa e gli spazi ricreativi. Nella chiesa di San Ponziano si trova la Biblioteca della Scuola IMT, che mette a disposizione del pubblico interno ed esterno servizi di supporto alla ricerca e risorse multimediali e cartacee.

➤ 11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione

n.d.

➤ 11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate

n.d.

➤ 11A2.4: Informazioni Generali – Networking

n.d.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ 11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria

La Scuola adotta, nelle registrazioni contabili e nella predisposizione dei documenti di sintesi, i principi della contabilità economico-patrimoniale, con particolare riferimento a quelli stabiliti per il sistema universitario in attuazione dell'art. 5 della legge n. 240/2010 e del d.lgs. 18/2012: correttezza, veridicità, annualità, pubblicità, comprensibilità, coerenza, continuità, prudenza, universalità, equilibrio e prevalenza della sostanza sulla forma. Il sistema contabile nel suo complesso è diretto a controllare in via preventiva e consuntiva il mantenimento dell'equilibrio economico della gestione, nonché l'equilibrio finanziario e patrimoniale. La contabilità della Scuola è tenuta secondo criteri che permettono di rappresentare in modo chiaro, veritiero e corretto la situazione patrimoniale e finanziaria della Scuola, nonché il risultato d'esercizio.

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Alma Mater Studiorum - Università Di Bologna

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Unibo

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

80007010376

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

01131710376

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

25/01/1977

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.unibo.it/>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Bologna

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

BO

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Emilia-Romagna

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Via Zamboni 33

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

40126

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

0512098210

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

aric.ppna@unibo.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

scriviunibo@pec.unibo.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Bologna

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Bo

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

EMILIA-ROMAGNA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Via Zamboni 33

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

40126

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

0512098210

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

aric.ppna@unibo.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

scriviunibo@pec.unibo.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Giovanni

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Molari

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

MLRGNN73R11A944J

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@unibo.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0512099938

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.33: Tipologia Struttura – Codice ATECO**

P 85.42.00

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

uni_bo

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

L'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, (UNIBO) la più antica del mondo occidentale, offre un catalogo molto articolato di programmi, iniziative di ricerca all'avanguardia, una solida strategia di terza missione e una prospettiva internazionale in espansione. Adotta un approccio multidisciplinare e interculturale sia nella ricerca che nell'insegnamento, considerando queste componenti come parti integranti di un tutto unificato. È tra le principali università italiane per ricerca e innovazione, con cinque campus in Italia (Bologna, Cesena, Forlì, Ravenna, Rimini) uno a Buenos Aires, e 31 Dipartimenti. Nel quadro della ricerca e della collaborazione accademica europea, UNIBO si distingue come una delle istituzioni più attive. Ha instaurato e consolidato alleanze con industrie e organizzazioni sia pubbliche che private, fungendo da nodo cruciale per reti internazionali che abbracciano America, Africa, Asia e Australia, oltre a estese connessioni in tutta Europa. Inoltre, UNIBO è membro fondatore dell'alleanza Una Europa. È tra le prime cinque università italiane nei principali ranking internazionali (QS, Shanghai, Times Higher Education, GreenMetric). Strategia di Ricerca Le priorità e gli obiettivi principali della strategia di ricerca stabiliti nel Piano Strategico 2022-2027 di UNIBO sono: Proteggere la libertà e l'indipendenza della ricerca di base e garantire l'etica e l'integrità della ricerca Rafforzare la qualità della ricerca Incoraggiare la ricerca interdisciplinare Supportare e aumentare la partecipazione a bandi competitivi internazionali, nazionali e

locali per la ricerca e l'innovazione Sensibilizzare sugli impatti sociali della ricerca Facilitare lo sviluppo della scienza aperta Migliorare la qualità delle strutture di ricerca condivise, delle attrezzature e delle infrastrutture Promuovere la ricerca, la formazione e la terza missione sui principi di equità, sostenibilità, inclusione e rispetto della diversità Sviluppare programmi internazionali di dottorato e rafforzare il loro ruolo nel mercato del lavoro e nella pubblica amministrazione Rafforzare la ricerca biomedica e traslazionale potenziando le piattaforme condivise e impegnandosi maggiormente nelle reti di assistenza. Ricerca @ UNIBO UNIBO conduce ricerche in vari campi del sapere. Le competenze universitarie sono espresse nei 31 dipartimenti che sono il principale luogo di ricerca e coprono tutte le aree del sapere: Medico, Scientifico, Sociale, Tecnologico, Artistico e Umanistico. Per UNIBO, la specializzazione disciplinare e l'integrazione delle discipline nella ricerca interdisciplinare sono fondamentali per la ricerca, contribuendo così alla società. I Centri Interdipartimentali dell'Alma Mater combinano laboratori e infrastrutture con gruppi di ricerca appartenenti a diversi Dipartimenti, lavorando insieme per affrontare sfide sociali storiche ed emergenti. UNIBO dispone di attrezzature, laboratori e infrastrutture dove si sviluppa la conoscenza e nasce l'innovazione per supportare la ricerca universitaria. Questa struttura garantisce che l'università raggiunga gli obiettivi di ricerca e innovazione stabiliti dall'UE e indicati dagli Stati membri e dalle Regioni dell'UE nell'ambito delle strategie di specializzazione intelligente. Ricerca Collaborativa @ UNIBO UNIBO è impegnata a promuovere e supportare la ricerca competitiva e la partecipazione dei suoi ricercatori a bandi di finanziamento a vari livelli, locali, nazionali e internazionali. UNIBO offre una vasta gamma di competenze e servizi di supporto ai ricercatori, il che consente di raggiungere diversi obiettivi. UNIBO investe in reti, associazioni e partnership con organizzazioni di ricerca, imprese, istituzioni ed enti pubblici e privati a livello locale, nazionale e internazionale, con lo scopo di promuovere e sviluppare la ricerca, individuare soluzioni alle sfide sociali e alle esigenze locali, e favorire la crescita e la diffusione della conoscenza.

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

n.d.

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

n.d.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

Sistema di gestione finanziaria adottato da Alma Mater Studiorum – Università di Bologna (UNIBO) Per "sistema contabile" si intende l'insieme di strumenti e procedure che consentono di svolgere l'attività amministrativo-contabile e di conseguire gli obiettivi connessi a tale attività. Gli obiettivi primari del sistema contabile possono essere riassunti come di seguito: effettuare correttamente le registrazioni delle informazioni di tipo economico-patrimoniale e analitico sia a preventivo sia a consuntivo che in corso di gestione; facilitare la redazione dei documenti contabili di sintesi pubblici e dei documenti gestionali; informare tutti i soggetti interessati, sia interni che esterni all'Ateneo, sull'andamento economico e finanziario della gestione delle risorse disponibili. L'Ateneo è dotato di un sistema informatico contabile (U-GOV) che rileva in modo univoco e integrato le informazioni nel modello di contabilità economico-

patrimoniale e di contabilità analitica. La struttura del sistema contabile consente la gestione completamente integrata degli aspetti economico-patrimoniali e degli aspetti analitici, e consente inoltre la rilevazione a consuntivo dei flussi finanziari. Il nuovo sistema contabile si basa sull'integrazione di due sistemi: Contabilità Generale (COGE). La COGE è la contabilità finalizzata alla preparazione del bilancio dell'ateneo, avente rilevanza esterna. Rileva unicamente gli accadimenti che generano una variazione finanziaria certa, assimilata o presunta e utilizza il metodo della partita doppia: i fatti amministrativi vengono osservati e contabilizzati sia sotto l'aspetto economico sia sotto quello numerario. Contabilità Analitica (COAN). La COAN è la contabilità interna finalizzata al controllo di gestione e a fini di programmazione e controllo autorizzatorio di budget. Rileva infatti in via autorizzatoria i movimenti atti ad assegnare costi e ricavi alle strutture presenti all'interno dell'ateneo, utilizzando il metodo della partita semplice: i fatti amministrativi vengono osservati sotto il solo aspetto economico (costo o ricavo). Il sistema contabile riflette la struttura organizzativa dell'Ateneo costituita dai Centri di responsabilità. I Centri di responsabilità vengono denominati nel sistema contabile "Unità Organizzative" (UO). I Centri di responsabilità sono definiti come le unità organizzative che utilizzano le risorse a loro disposizione e rispondono della corretta gestione di queste e del raggiungimento degli obiettivi programmati. Tra le UO dell'Ateneo vi sono i Dipartimenti. Le UO esercitano i diversi livelli di autonomia amministrativa e gestionale in modo diretto oppure attraverso service. A partire dalle UO, al fine di poter effettuare le registrazioni contabili nel sistema, sono state definite ulteriori "coordinate contabili" di struttura, tra cui i "Progetti". I principi contabili definiscono le modalità di contabilizzazione, nonché i criteri di valutazione da adottare al fine della rilevazione e valorizzazione degli eventi di gestione. I principi contabili sono utilizzati per redigere il bilancio unico di Ateneo, il quale deve essere realizzato con chiarezza e deve rappresentare in modo veritiero e corretto la situazione patrimoniale e finanziaria dell'Ateneo, nonché il risultato economico dell'esercizio. Di seguito l'elenco dei principi contabili adottati: Utilità e completezza dell'informazione Veridicità Correttezza Chiarezza Attendibilità (rappresentazione veritiera e corretta) Pubblicità Coerenza Continuazione dell'attività dell'Ateneo Prudenza Competenza Continuità dei criteri di valutazione Significatività e rilevanza Neutralità Integrità Universalità Unità Flessibilità Periodicità Omogeneità Costo come criterio base delle valutazioni

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ 11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione

Università Degli Studi Di Messina

➤ 11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve

Messina

➤ 11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale

80004070837

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

00724160833

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

16/11/1548

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.unime.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Messina

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

ME

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Sicilia

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza Pugliatti N. 1

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

98121

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

+390906768826

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

protocollo@unime.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unime.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Messina

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Me

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

SICILIA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza Pugliatti N. 1

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

98121

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

+390906768826

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

protocollo@unime.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unime.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Giovanna

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Spatari

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

SPTGNN65R61F158N

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

qiir-notifiche@cineca.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0030906768933

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

udsm_me

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000035-EMBRC-UP

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca. 6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

L'Università di Messina si caratterizza da sempre per la qualità della ricerca e della didattica e per la propria vocazione internazionale. Fondata nel 1548 dal Pontefice Paolo III, l'Università di Messina è stata, fin dalle proprie origini, un luogo privilegiato per gli scambi tra culture diverse. Poco più di un secolo dopo, nel 1678, l'Ateneo è stato chiuso in seguito alla rivolta antispagnola. In questo periodo, l'Università costituiva l'espressione politico-culturale più rappresentativa della città di Messina e annoverava fra i suoi professori Giovanni Alfonso Borelli, Pietro Castelli, Giovan Battista Cortesi, Carlo Fracassati, Giacomo Gallo, Mario Giurba, Marcello Malpighi, Francesco Maurolico. L'Ateneo è stato poi rifondato nel 1838 dal re Ferdinando II e, a parte la breve chiusura a causa della rivolta antiborbonica del 1847, fino ai primi del Novecento è stato una fucina per grandi intellettuali come Pietro Bonfante, Leonardo Coviello, Vittorio Martinetti, Vittorio Emanuele Orlando, Giovanni Pascoli, Gaetano Salvemini. Il terremoto che ha devastato Messina nel 1908 ha distrutto gran parte delle strutture e delle attrezzature dell'Ateneo, oltre a causare la morte di molti professori e studenti. Già nel 1909 però la Facoltà di Giurisprudenza ha riaperto le proprie porte e negli anni successivi seguiranno il suo esempio anche le Facoltà di Lettere, Scienze, Farmacia e Medicina. Anno dopo anno, l'Ateneo ha riacquisito vitalità, riuscendo a superare brillantemente anche il periodo della ricostruzione dopo la seconda guerra mondiale, grazie all'apporto di Rettori illuminati come Gaetano Martino e Salvatore Pugliatti.

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

n.d.

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

n.d.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

*Articoli 7, 8, e 9 del Regolamento di Amministrazione, Finanza e Contabilità dell'Università di Messina:
[https://www.unime.it/sites/default/files/2023-](https://www.unime.it/sites/default/files/2023-03/20140922113033Regolamento_di_Amministrazione_Finanza_e_Contabilit_.pdf)*

03/20140922113033Regolamento_di_Amministrazione_Finanza_e_Contabilit_.pdf Art. 7 – Principi del sistema contabile 1. L'università adotta il sistema di contabilità economico-patrimoniale ed il bilancio unico di ateneo nonché i sistemi e le procedure di contabilità analitica. 2. Al fine di consentire il consolidamento e il monitoraggio dei conti dell'Ateneo ai sensi della normativa vigente, l'università predispone il bilancio preventivo unico d'ateneo non autorizzatorio e il rendiconto unico d'ateneo in contabilità finanziaria. 3. L'Università nelle registrazioni contabili, nonché nella predisposizione dei documenti di sintesi, adotta i principi di cui all'art. 2 del presente Regolamento. 4. Nei Manuali di contabilità e di Controllo di gestione di cui all'art. 1 sono specificati i principi e i criteri adottati per la contabilizzazione e la valutazione delle poste. Art. 8 -Sistemi di rilevazione 1. I sistemi di rilevazione contabile adottati dall'Università sono la Contabilità EconomicoPatrimoniale, la Contabilità Analitica e la Contabilità Finanziaria. 2. La contabilità generale rispetta i principi propri della contabilità economico-patrimoniale richiamati nel presente Regolamento, nel Manuale di contabilità e dettagliati nella Nota Integrativa. 3. La contabilità analitica, in sede di bilancio unico d'ateneo di previsione annuale autorizzatorio, supporta la definizione del budget dei Centri di Gestione; nel corso della gestione, permette di verificare l'effettiva disponibilità residua di risorse; a consuntivo permette le analisi economiche volte al miglioramento dell'efficienza e dell'efficacia della gestione, mediante la comparazione tra le previsioni e i dati di fine esercizio. 4. La Contabilità finanziaria ha carattere non autorizzatorio per le finalità previste nell'articolo 7, comma 2. Art. 9 – Organizzazione del sistema contabile 1. Il sistema contabile riflette la struttura organizzativa dell'Ateneo attraverso la definizione delle unità di imputazione dei risultati della gestione economico-patrimoniale, così come previsto dal d. lgs. 18/2012. 2. Le unità di imputazione sono: - Centri di responsabilità; - Centri di costo/provento; - Progetti. 3. I Centri di responsabilità sono i Centri di Gestione individuati all'art. 3 e 6. 4. Ciascun Centro di responsabilità è strutturato in Centri di costo/provento. Essi rappresentano entità contabili cui sono riferiti direttamente costi e proventi attribuiti a unità organizzative formalmente definite, oppure a unità virtuali, utili ai fini della rilevazione analitica di valori contabili. I Centri di costo/provento possono essere multi-livello e/o trasversali e ciascun Centro può essere sotto-articolato in altri Centri. 5. I Progetti individuano iniziative temporalmente definite con obiettivi, risorse finanziarie, strumentali ed umane assegnate. I Progetti possono essere riferiti direttamente ai Centri di responsabilità o ai Centri di costo

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Politecnico Di Milano

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Politecnico Di Milano

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

80057930150

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

04376620151

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

31/08/1937

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.polimi.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Milano

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

MI

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Lombardia

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza Leonardo Da Vinci 32

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

20133

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

0223994260

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

ricerca@polimi.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

pecateneo@cert.polimi.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Milano

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Mi

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

LOMBARDIA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza Leonardo da Vinci 32

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

20133

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

0223994260

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

ricerca@polimi.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

pecateneo@cert.polimi.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Donatella

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Sciuto

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

SCTDTL62A45L682A

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

ricerca@polimi.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0223994260

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

PM

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

*IR0000016-I-PHOQS
IR0000016-I-PHOQS*

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca. 6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

Il Politecnico è un'università pubblica scientifico-tecnologica che forma ingegneri, architetti e designer. Da sempre punta sulla qualità e sull'innovazione della didattica e della ricerca, sviluppando un rapporto fecondo con la realtà economica e produttiva attraverso la ricerca sperimentale e il trasferimento tecnologico. Vuole inoltre essere un punto di riferimento solido, riconoscibile e affidabile per lo sviluppo sostenibile in Italia e in Europa

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

n.d.

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

n.d.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

Bilancio Unico

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Università Degli Studi Dell'Aquila

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

L'Aquila

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

01021630668

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

01021630668

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

01/01/1982

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.univaq.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

L'Aquila

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

AQ

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Abruzzo

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza Santa Margherita 2

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

67100

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

0862432030

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@strutture.univaq.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.univaq.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

L'Aquila

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Aq

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

ABRUZZO

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza Santa Margherita 2

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

67100

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

0862432030

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

rettore@strutture.univaq.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.univaq.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Edoardo

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Alesse

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

LSSDRD58B17E535Q

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@univaq.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0862432030

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

udsa_

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

Università Pubblica

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

L'Università provvede alla formazione con 61 corsi di livello bachelor e 66 master e 15 dottorati di ricerca

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

L'università è accreditata presso la Regione Abruzzo per attività formative

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

Numerose collaborazioni stabili con Università nazionali e internazionali, enti pubblici e privati nazionali e internazionali nell'ambito della ricerca e dell'innovazione

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

Sistema di contabilità economico-patrimoniale

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Università Di Pisa

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Pisa

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

80003670504

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

00286820501

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

03/09/1343

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.unipi.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Pisa

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

PI

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Toscana

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Lungarno Pacinotti, 43

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

56126

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

0502212111

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

ricercaeuropea@unipi.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unipi.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Pisa

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Pi

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

TOSCANA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Lungarno Pacinotti, 43

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

56126

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

0502212111

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

ricercaeuropea@unipi.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unipi.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Riccardo

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Zucchi

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

ZCCRCR57T31C236B

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

sagr.rettore@unipi.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0502212175

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.33: Tipologia Struttura – Codice ATECO**

A 85.42.00

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

uni_pi

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

L'Università di Pisa (UNIFI) è un'istituzione pubblica di istruzione superiore che offre ricerca e formazione in tutte le aree disciplinari attraverso i suoi 20 dipartimenti, 17 biblioteche, 13 musei e 26 centri. A livello centrale, la gestione della ricerca è coordinata dal Rettore, dai Prorettori e dagli organi principali dell'Università (Senato Accademico e Consiglio di Amministrazione), come regolato dallo Statuto dell'Università di Pisa (<https://www.unipi.it/wp-content/uploads/statuto.pdf>). Il Rettore è il rappresentante legale dell'Università e svolge funzioni di indirizzo, iniziativa e coordinamento delle attività scientifiche,

garantendo il perseguimento degli obiettivi dell'Ateneo secondo criteri di qualità, efficacia, efficienza, trasparenza e valorizzazione del merito. Il Dipartimento/Centro di Ricerca rappresenta la struttura fondamentale dell'Università per il raggiungimento degli obiettivi istituzionali. Esso promuove, coordina e gestisce le attività di ricerca nel proprio ambito disciplinare, rispettando l'autonomia scientifica dei singoli docenti e garantendo un accesso equo e regolamentato alle risorse disponibili. Una Struttura Centrale di Gestione (Direzione dei Servizi per la Ricerca e il Trasferimento Tecnologico) assicura una gestione fluida e integrata di report e audit, coinvolgendo sinergicamente il know-how scientifico di tre Dipartimenti. Ogni Dipartimento ha un Consiglio di Dipartimento, organo che dirige, pianifica e coordina le attività scientifiche, con responsabilità su: 1. Promozione e coordinamento delle attività di ricerca; 2. Iniziative per la diffusione della conoscenza e il trasferimento delle competenze scientifiche e tecnologiche; 3. Gestione amministrativa locale, inclusa la preparazione di procedure di assunzione e altre questioni organizzative quotidiane. L'UNUPI eccelle nella ricerca, nell'educazione e nell'apprendimento, generando conoscenza per contribuire allo sviluppo sociale ed economico. Il trasferimento tecnologico è un punto chiave della sua missione, con 85 brevetti italiani, 7 brevetti statunitensi, 16 brevetti europei, oltre 30 spin-off e 113 premi vinti da spin-off universitari. La qualità della ricerca e dell'insegnamento dell'UNUPI è riconosciuta dai suoi eccellenti posizionamenti nei QS World University Rankings 2022, Times Higher Education (THE) Ranking 2021, Academic Ranking of World Universities (ARWU) e ARTU (Aggregate Ranking of Top Universities 2021). L'UNUPI partecipa regolarmente alla Researchers' Night (BRIGHT), promossa dalla Commissione Europea, organizzando eventi per diffondere la cultura scientifica e migliorare la reputazione sociale dei ricercatori. Attualmente, l'UNUPI è coinvolta in 206 progetti di ricerca finanziati dall'UE nell'ambito di Horizon 2020 e altri programmi europei (contributo UE: 68,3M€), di cui 51 come coordinatore (contributo UE: 30,3M€). Tra questi, ha ottenuto 13 ERC grants dal Consiglio Europeo della Ricerca (contributo totale UE: 11,6M€). I progetti spaziano dalla ricerca di frontiera allo sviluppo tecnologico, dall'applicazione dei risultati della ricerca all'innovazione.

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

L'Università di Pisa (UNUPI) ha come missione la alta formazione L'Università di Pisa, fondata nel 1343, è una delle università più antiche d'Italia e d'Europa. L'ateneo pisano offre una vasta gamma di corsi di studio, organizzati in tre cicli: corsi di laurea, corsi di laurea magistrale e dottorati di ricerca. L'Università di Pisa si impegna a fornire un'alta formazione di qualità, promuovendo la ricerca scientifica e il trasferimento tecnologico

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

L'Università di Pisa (UNUPI) offre 61 corsi di laurea triennale (primo ciclo), 71 corsi di laurea magistrale (secondo ciclo) e 7 corsi di laurea a ciclo unico, oltre a 36 corsi di dottorato di ricerca, 49 corsi di specializzazione e 67 master annuali.

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

L'Università di Pisa (UNUPI) ha firmato 286 accordi interuniversitari internazionali in tutto il mondo per promuovere e realizzare attività congiunte di insegnamento, ricerca e formazione. Tra questi, dal 2012 è attiva una partnership con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) per progetti di ricerca congiunti e scambi di studenti e ricercatori qui. UNUPI è membro di diverse reti europee, tra cui EUA, Science|Business, UNIMED, Tour4EU, e partecipa a numerose iniziative dell'UE in vari settori, come BIC, EERA, ETPN, IPIFF, A.SPIRE, EuroMarine e la European Technology Platform Nanomedicine qui. Fa parte dell'alleanza Europea CircleU. Inoltre, è coinvolta nell'infrastruttura ERIC Eurobioimaging.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

L'Università di Pisa adotta il sistema di contabilità economico-finanziaria e il bilancio unico, oltre al sistema e alle procedure di contabilità analitica. Le normative sono conformi alla legislazione dell'UE: Regolamenti di Ateneo. L'attività amministrativo-contabile si articola su due livelli: 1. Amministrazione Centrale – Divisione Finanza e Fiscalità; 2. Centri di Gestione (Dipartimenti o altri Centri dell'UNIFI), unità organizzative economiche dotate di autonomia gestionale, amministrativa e negoziale, la cui responsabilità è affidata al Direttore del Centro (Direttore Amministrativo di ciascun Dipartimento). L'Amministrazione Centrale gestisce e controlla il bilancio unico dell'Università (bilancio preventivo e conto consuntivo). Essa monitora la gestione dei costi dei Dipartimenti e gli asset dell'Università (immateriali, materiali e finanziari). I Centri di Gestione sono responsabili dell'avvio degli acquisti, dei pagamenti e della registrazione delle transazioni. Il sistema di contabilità utilizzato è UGOV – Sistema per la governance degli atenei, che garantisce la separazione contabile di tutte le operazioni, con registrazioni giornaliere. Gli eventi operativi generano le relative registrazioni nei cicli patrimoniali e finanziari. Le regole di registrazione, conformi ai principi contabili, sono disciplinate dall'art. 25 del Regolamento UNIFI in materia di Amministrazione, Finanza e Contabilità. Le verifiche sulla regolarità della gestione amministrativo-contabile sono effettuate dal Collegio dei Revisori dei Conti, per garantire imparzialità e correttezza in termini di economia, efficienza ed efficacia. Tutti i documenti sono disponibili per l'ispezione e la revisione esterna. Per quanto riguarda la prevenzione, individuazione e correzione di frodi, corruzione e conflitti di interesse, l'UNIFI ha adottato un Piano Triennale di Prevenzione della Corruzione e della Trasparenza.

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ 11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione

Università Degli Studi Di Genova

➤ 11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve

Genova

➤ 11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale

00754150100

➤ 11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva

00754150100

➤ 11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione

31/08/1933

➤ 11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web

<http://www.unige.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Genova

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

GE

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Liguria

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Via Balbi 5

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

I6126

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

+3901020991

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

protocollo@unige.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unige.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Genova

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Ge

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

LIGURIA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

VIA BALBI 5

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

16126

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

+3901020991

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

protocollo@unige.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unige.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Federico

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Delfino

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

DLFFRC72B28I480I

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@unige.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

+390102099221

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

udsg_ge

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca. 6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

L'Università degli Studi di Genova è una delle più antiche tra le grandi università europee ed è una delle università pubbliche generaliste più rinomate in Italia, con picchi di eccellenza in numerosi settori scientifici e tecnologici ed è un punto di riferimento per chiunque voglia acquisire strumenti per affrontare in maniera consapevole le sfide presenti e future. L'Università di Genova rappresenta un'eccellenza nella formazione con 139 corsi di laurea in italiano e inglese, 8 campus distribuiti sul territorio ligure, 1 giardino botanico, percorsi di alta formazione finalizzati all'addestramento alla ricerca e alla preparazione e l'aggiornamento per professionalità di eccellenza. Una delle peculiarità che contraddistingue UniGe a livello nazionale è il suo approccio territoriale basato sulla presenza in tutti i capoluoghi di provincia liguri, che la rende un "Ateneo regionale". Tale aspetto "diffuso" costituisce una realtà multicentrica orientata a seguire e rinforzare, tramite le attività didattiche e di ricerca, le specifiche vocazioni locali di sviluppo. Dal 2011 è in vigore il nuovo Statuto che ha istituito 5 Scuole: Scuola di Scienze matematiche, fisiche e naturali, Scuola di Scienze mediche e farmaceutiche, Scuola di Scienze sociali, Scuola di Scienze umanistiche e Scuola Politecnica. Le Scuole sono strutture di coordinamento tra più Dipartimenti raggruppati secondo criteri di affinità disciplinare e di funzionalità organizzativa. Sono stati costituiti 22 Dipartimenti che assicurano lo svolgimento delle attività didattiche e sono sedi dell'attività scientifica dei docenti. L'Ateneo si pone al centro della comunità universitaria promuovendo l'inclusione, le pari opportunità e il benessere di chi studia e/o lavora all'Università, offrendo servizi a sostegno diretto della persona e favorendo la conciliazione tra lavoro e vita privata. Inoltre, UniGe contribuisce al raggiungimento degli obiettivi internazionali e nazionali, compresa l'Agenda 2030, sviluppando le proprie missioni istituzionali secondo cinque linee strategiche: Digitalizzazione e innovazione, Sostenibilità, Inclusione, Internazionalizzazione e Qualità. L'Università di Genova collabora con molte organizzazioni di ricerca nazionali, PMI innovative e industrie che hanno sede in Liguria e operano a livello mondiale rendendo Genova una realtà attraente per i ricercatori più brillanti in una varietà di discipline scientifiche. UniGe è costantemente attiva nell'individuare finanziamenti, monitorando e selezionando tutte le opportunità e le fonti, inclusi gli strumenti per la mobilità dei ricercatori e per l'incentivazione alla progettazione, che tanta importanza rivestono per migliorare il posizionamento a livello internazionale. L'Università di Genova ha una forte partecipazione sia al programma quadro comunitario sia ad altri importanti programmi di ricerca e cooperazione europei, nazionali e internazionali. UniGe è fortemente impegnata nella valorizzazione dei risultati della ricerca attraverso il loro trasferimento al settore produttivo e sociale del territorio, supportando la creazione di spin off e start up ad alto contenuto tecnologico e incoraggiando la protezione e commercializzazione della proprietà intellettuale, con l'obiettivo di promuovere il collegamento tra la comunità accademica, gli stakeholders pubblici e privati del territorio e il mondo imprenditoriale regionale e nazionale. Tra le diverse attività di trasferimento tecnologico condotte dall'Ateneo, tra cui quelle rivolte a studenti, dottorandi e assegnisti quali: la diffusione della cultura imprenditoriale; l'organizzazione di business plan competition per l'erogazione di premi; servizi di supporto alla creazione di start up; supporto alla creazione, riconoscimento e monitoraggio di imprese spin off.

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

L'Università degli Studi di Genova si posiziona al centro delle sfide del presente e del futuro, per essere motore di sviluppo del territorio, mettere a sistema e condividere le competenze, dialogare con gli altri attori della Ricerca e dell'Istruzione e con la società nel suo insieme, contribuire agli obiettivi nazionali e internazionali. L'Università di Genova è una delle università generaliste più rinomate in Italia, con picchi di eccellenza in numerosi settori. Infatti, il rapporto AlmaLaurea anche per il 2024 conferma il suo posizionamento ai primi posti nella classifica dell'occupabilità a un anno e a cinque anni dal conseguimento del titolo. Un Ateneo al centro delle sfide del presente e del futuro, per essere motore di sviluppo del territorio, mettere a sistema e condividere le competenze, dialogare con gli altri attori della Ricerca e dell'Istruzione e con la società nel suo insieme, contribuire agli obiettivi nazionali e internazionali. Molti studenti internazionali scelgono di trascorrere un periodo in UniGe per frequentare i corsi di studio, per svolgere un tirocinio o per scrivere la tesi di laurea. Università del Mare UniGe con 5 percorsi di laurea triennale, 7 lauree magistrali e un dottorato di ricerca con oltre 20 borse e 6 curricula, propone la più ricca offerta formativa a livello nazionale dedicata alle Scienze e Tecnologie del Mare. A tali percorsi si aggiungono più di 200 insegnamenti dedicati al mare, inclusi in molti altri Corsi di Studio. La ricerca sul mare coinvolge oltre 400 studiosi tra docenti, assegnisti, dottorandi e collaboratori. Grazie alle loro attività,

l'Ateneo genovese costituisce un punto di riferimento internazionale nella ricerca e nel trasferimento tecnologico in tali discipline. IANUA La Scuola superiore IANUA dell'Università di Genova organizza e offre percorsi formativi paralleli e complementari di alta qualificazione, anche in collaborazione e con il contributo di istituzioni, enti e imprese, per esaltare le capacità personali, l'arricchimento scientifico e culturale e la crescita professionale degli studenti. Unige Teaching and Learning Centre - UTLC L'istituzione nel 2020 del CIDA (Comitato per l'Innovazione Didattica di Ateneo) e del settore IDEC (Settore Innovazione didattica e certificazione delle competenze) testimonia la dimensione istituzionale e strategica che il comparto innovazione didattica ha assunto ormai all'interno di UniGe, e che comprende non solo azioni volte al faculty development, ma anche iniziative per la sperimentazione di nuove metodologie didattiche e nuove tecnologie all'interno dei Corsi di Studio dell'Ateneo.

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

Corsi di studio Un patrimonio di oltre 6 secoli di tradizione accademica e forte connessione al futuro, un'eccellenza nella formazione con corsi di laurea in italiano e inglese, 8 campus distribuiti sul territorio ligure, 1 giardino botanico, percorsi di alta formazione finalizzati all'addestramento alla ricerca e alla preparazione e l'aggiornamento per professionalità di eccellenza. L'offerta formativa attivata nell'a.a. 2024/25 comprende complessivamente 142 corsi di studio, di cui 71 corsi di laurea, 64 corsi di laurea magistrale e 7 corsi di laurea magistrale a ciclo unico. L'offerta è distribuita sulle 4 sedi: - Genova (57 corsi di laurea, 57 corsi di laurea magistrale, 6 corsi di laurea magistrale a ciclo unico) - Savona (3 corsi di laurea, 4 corsi di laurea magistrale) - La Spezia (4 corsi di laurea, 3 corsi di laurea magistrale) - Imperia (3 corsi di laurea, 1 corso di laurea magistrale a ciclo unico) Tra i corsi di studio con sede a Genova è attivo il corso di laurea magistrale interateneo, con l'Università di Milano, in Progettazione delle aree verdi e del paesaggio (classe LM-3). In particolare, sono presenti 7 corsi con repliche su altre sedi: LMG/01 Giurisprudenza (Imperia), LM-33 Ingegneria meccanica – progettazione e produzione (La Spezia), LM-92 Digital Humanities (Savona), L-8 Ingegneria informatica (Imperia), L-9 Ingegneria meccanica (La Spezia), L/SNT1 Infermieristica (Genova ASL 3, Genova E.O. Ospedali Galliera, Chiavari, Imperia, La Spezia, Savona), L/SNT2 Fisioterapia (Chiavari, Pietra Ligure, La Spezia). Sono inoltre attivi 2 corsi interateneo con sede amministrativa diversa da Genova. Dottorati L'Università degli Studi di Genova offre 31 corsi di dottorato, tra i quali 2 Dottorati di Interesse Nazionale. I posti di dottorato offerti per il 39° ciclo sono stati 567 di cui il 24,4% del totale finanziato dall'Università di Genova su fondi propri, il 38,8% dal Ministero dell'Università e il 31,5% da enti esterni quali aziende, enti di ricerca come IIT e altri Atenei. La sinergia con il sistema delle imprese è fortissima anche grazie alla stretta collaborazione con Regione Liguria e Confindustria Genova. Master L'Università degli Studi di Genova attiva master universitari di primo e secondo livello, a cui si può accedere rispettivamente con il titolo di laurea e laurea magistrale, volti a fornire specifiche conoscenze in settori ad alto profilo professionale, anche per un maggior raccordo con il mercato del lavoro e con le realtà territoriali.

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

L'Università degli Studi di Genova collabora attivamente con gli stakeholders pubblici e privati del territorio nazionale ed internazionale, al fine di stimolare lo sviluppo del sistema economico ligure, mettendo in atto misure per la valorizzazione della ricerca, dell'innovazione tecnologica e dello sviluppo sostenibile, della formazione e il consolidamento di sinergie con il settore produttivo e sociale. Rete Italiana delle Università per lo sviluppo Sostenibile - RUS Promossa dalla CRUI - Conferenza dei Rettori delle Università Italiane, è la prima esperienza di coordinamento e condivisione tra tutti gli Atenei italiani impegnati sui temi della sostenibilità ambientale e della responsabilità sociale. La finalità principale della Rete è la diffusione della cultura e delle buone pratiche di sostenibilità, sia all'interno che all'esterno degli Atenei (a livello urbano, regionale, nazionale, internazionale), in modo da incrementare gli impatti positivi in termini ambientali, etici, sociali ed economici delle azioni poste in essere dagli aderenti alla Rete, così da contribuire al raggiungimento degli SDGs, e in modo da rafforzare la riconoscibilità e il valore dell'esperienza italiana a livello internazionale. Netval - Network per la Valorizzazione della Ricerca L'Università di Genova fa parte dei soci di Netval, associazione di Università ed Enti Pubblici di Ricerca nata nel 2007, con il fine di valorizzare la ricerca universitaria nei confronti del sistema economico ed imprenditoriale, enti ed istituzioni pubbliche, associazioni imprenditoriali e aziende, venture capitalist e istituzioni finanziarie. Poli Regionali di Ricerca e Innovazione L'Università di Genova partecipa ai 5 Poli di Ricerca liguri, costituiti da raggruppamenti di start-up, PMI, grandi imprese e enti di ricerca e formazione, con l'obiettivo di favorire la realizzazione di progetti di ricerca industriale di significativo impatto sull'assetto economico, tecnologico e sociale della regione nonché il trasferimento di tecnologie e la diffusione delle informazioni tra i soggetti che costituiscono il Polo. Cluster Tecnologici Nazionali L'Università di Genova ha aderito a 7 Cluster

Tecnologici Nazionale, promossi nel 2012 dal MIUR, reti di soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico. Si tratta di aggregazioni di imprese, università, istituzioni pubbliche e private di ricerca, incubatori di start-up e altri soggetti attivi nel campo dell'innovazione che promuovono la competitività internazionale sia dei territori di riferimento, sia del sistema economico nazionale. International Sustainable Campus Network - ISCN La rete riunisce organizzazioni dedicate alla ricerca e all'istruzione superiore, che mettono a disposizione le proprie competenze, passione e capitale intellettuale per ripensare il futuro e intraprendere azioni concrete a favore dello sviluppo sostenibile. Attualmente, 113 università provenienti da 39 paesi distribuiti nei 6 continenti fanno parte della rete. Ulyseus European Alliance Dal 2020 l'Università di Genova è partner dell'Ulyseus European Alliance, nata per sviluppare un'Università Europea che promuova un percorso educativo e di ricerca internazionale in grado di formare i cittadini del futuro.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

L'attività amministrativa dell'Università degli Studi di Genova è diretta ad assicurare il perseguimento dei fini istituzionali, garantendo l'equilibrio economico, finanziario, patrimoniale, di breve e lungo periodo, nel rispetto dei principi contabili e postulati di bilancio contenuti nella normativa vigente. In particolare, i processi amministrativo-contabili si ispirano ai principi di legalità, trasparenza, efficienza, efficacia ed economicità e tendono alla responsabilizzazione nella gestione delle risorse oltre che al conseguimento degli obiettivi prefissati. Il Regolamento per l'amministrazione, la finanza e la contabilità, in vigore dal 01.01.2017, adottato in attuazione degli articoli 6 e 7 della legge 9 maggio 1989, n. 168 e s.m.i. nonché ai sensi della legge 30 dicembre 2010, n. 240, definisce, in attuazione delle disposizioni legislative, regolamentari e statutarie applicabili, il sistema contabile, il sistema amministrativo, la loro struttura e finalità, i diversi processi contabili e il sistema dei controlli. I dettagli della struttura e delle procedure operative del sistema contabile e del sistema di controllo di gestione sono descritti nei Manuali di contabilità e del controllo di gestione. Il Manuale di contabilità definisce la struttura del piano dei conti di contabilità, così come prevista dagli schemi ministeriali. Esso prevede: a) le procedure contabili cui fare riferimento nelle registrazioni; b) gli schemi di bilancio adottati; c) i principi di valutazione delle poste di bilancio; d) eventuali procedure e modalità di governo dei flussi finanziari. L'obiettivo primario del Manuale è definire e diffondere l'applicazione operativa di criteri e procedure uniformi nell'ambito della struttura amministrativa dell'Università in relazione all'individuazione, rilevazione e misurazione degli eventi che hanno riflessi sugli aspetti amministrativo-contabili dell'Ateneo, sia nella fase preventiva che nella fase concomitante nonché nell'attività che conduce alla reportistica consuntiva, supportando le strutture, gli uffici ed il personale addetto alle suddette attività. Il Manuale:

- definisce le procedure contabili cui fare riferimento nel procedimento amministrativo e nelle relative registrazioni, in coerenza all'applicazione di corretti principi contabili e criteri di valutazione definiti dalle relative fonti;*
- definisce la struttura del piano dell'anagrafica dei conti, affinché vi sia coerenza e funzionalità con le esigenze della gestione preventiva, concomitante e consuntiva, tenuto conto degli schemi ministeriali della reportistica preventiva e consuntiva;*
- definisce le tempistiche di realizzazione dei processi, ove non già definiti dalle fonti;*
- formula ogni eventuale e ulteriore*

indicazione tesa a favorire la linearità del procedimento amministrativo, con il relativo risvolto contabile, nel segno della semplificazione. Il Manuale è integrato da note e direttive interne, direttoriali o dirigenziali, con funzione esplicativa e di indirizzo in riferimento a novità normative e situazioni di particolare contingenza operativa. Il Manuale del controllo di gestione definisce il piano dei centri di responsabilità e dei centri di costo, le procedure di assegnazione dei budget, le modalità di gestione degli stessi, le procedure di controllo concomitante e consuntivo, le procedure di ri-programmazione, nonché i criteri di allocazione dei costi e dei proventi ai centri di costo.

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Scuola Normale Superiore

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Scuola Normale Superiore Di Pisa

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

80005050507

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

80005050507

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

10/10/1810

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.sns.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Pisa

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

PI

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Toscana

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza Dei Cavalieri 7

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

56126

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

+39 050 509111

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

ricerca@sns.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.sns.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Pisa

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Pi

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

TOSCANA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza dei Cavalieri 7

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

56126

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

+39 050 509111

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

ricerca@sns.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.sns.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Alessandro

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Schiesaro

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

SCHLSN63E29I480N

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

direzione@sns.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

050509111

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.33: Tipologia Struttura – Codice ATECO**

A 85.42.00

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

sns_pi

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

La Scuola Normale Superiore (nel seguito, “Scuola”), fondata da Napoleone I con decreto del 18 ottobre 1810, è un istituto di istruzione superiore universitaria, di ricerca e alta formazione a ordinamento speciale.

- **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**
- **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**
- **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

- **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

L'attività amministrativa della Scuola Normale Superiore (di seguito Scuola) è diretta ad assicurare il perseguimento dei fini istituzionali, garantendo l'equilibrio economico, finanziario, patrimoniale, di breve e lungo periodo, nel rispetto dei principi contabili e postulati di bilancio contenuti nella normativa vigente. In particolare, i processi amministrativo-contabili si ispirano ai principi di legalità, trasparenza, efficienza, efficacia ed economicità e tendono alla responsabilizzazione

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

- **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Università Degli Studi Di Palermo

- **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Palermo

- **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

80023730825

- **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

00605880822

- **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

12/01/1806

- **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.unipa.it/>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Palermo

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

PA

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Sicilia

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza Marina, 61

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

90133

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

09123893444

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@unipa.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

pec@cert.unipa.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Palermo

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Pa

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

SICILIA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza Marina, 61

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

90133

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

09123893444

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

rettore@unipa.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

pec@cert.unipa.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Massimo

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Midiri

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

MDRMSM62C30G273M

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@unipa.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

09123893444

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.33: Tipologia Struttura – Codice ATECO**

A 85.40.20

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

uni_pa

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

L'Università degli Studi di Palermo è un ente di ricerca pubblico, fondato nel 1806 da Re Ferdinando di Borbone, riconosciuto a livello internazionale, che copre quasi tutti i principali campi di studio promuovendo un approccio interdisciplinare. Conta ad oggi oltre 46.000 studenti iscritti. Le strutture accademiche comprendono: 16 Dipartimenti, 1 Scuola di Medicina, 21 biblioteche, 3 poli decentrati (Agrigento, Trapani, Caltanissetta), il Sistema Museale, il Centro Linguistico, la Scuola di italiano per stranieri, il Centro Orientamento e Tutorato. Nel 2019 è stato istituito il Centro Interdipartimentale di Ricerca MIGRARE- che svolge attività di ricerca, di formazione e terza missione in tema di migrazioni, mobilità e promozione dei diritti; nel 2022 è stato inoltre istituito il Centro per la Sostenibilità e la Transizione Ecologica, con un Consiglio Scientifico composto da docenti dell'Ateneo esperti nei settori dei 17 Sustainable Development Goals (SGD) fissati nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. Nel 2024 l'azione "Ripristinare l'ecosistema marino nel bacino del Mediterraneo" lanciata da UNIPA è stata riconosciuta nell'ambito della Carta dell'Unione Europea "Mission Restore our Ocean and Waters". Inoltre, a fine 2023 è stato istituito il centro di ricerca interdipartimentale ARTEMISIA, con l'obiettivo di dare impulso alla ricerca e alle iniziative che abbiano un impatto sulla società in tema di pari opportunità, inclusione, lotta agli stereotipi e alla violenza di genere, e di favorire il gender mainstreaming in tutte le attività dell'Ateneo. Nell'aprile del 2022, l'Università degli Studi di Palermo ha adottato ufficialmente il Gender Equality Plan 2022-2024 e il Bilancio di Genere. L'Università degli Studi di Palermo dispone di un'importante IR riconosciuta a livello Regionale, inserita nel PNRI 2021-2027, ATeN Center – Advanced Technologies Network Center, uno tra i pochi centri di ricerca e sviluppo in Europa nel settore delle Biotecnologie applicate alla salute dell'uomo. L'offerta formativa per l'anno accademico 2024/2025 prevede: 160 corsi di laurea (primo e secondo ciclo e ciclo unico), 24 master, 44 scuole di specializzazione, 33 programmi di dottorato. L'Ateneo è attivo in più di 1000 accordi Erasmus e 150 Accordi Quadro (gennaio 2023). L'Università degli Studi di Palermo ha ricevuto l'accreditamento dalla Commissione Europea dal 2012 quale Istituzione che rispetta i principi della Carta Europea dei ricercatori e del codice di condotta per il loro reclutamento, ottenendo il logo HR Excellence in Research. L'Università degli Studi di Palermo aderisce a diverse reti internazionali, tra le quali EEN- Enterprise Europe Network, la knowledge innovation community KIC EIT Digital, UNIMED, EMUNI University, SDSN Sustainable Development Solutions Network, e a diverse reti nazionali, tra le quali NETVAL, PNI Cube, APENET – Atenei ed Enti di Ricerca per il Public Engagement, R.U.S. Rete delle Università per lo sviluppo sostenibile. L'Ateneo è molto attivo nella gestione e realizzazione di progetti finanziati sia con fondi diretti che con fondi indiretti UE. Nell'ambito dei Fondi Strutturali, sia a livello nazionale che regionale, nel corso della programmazione 2007-2013 e 2014-2020 sono stati finanziati oltre 242 progetti per un importo complessivo di oltre € 156.000.000. Infine, si segnala la significativa partecipazione dell'Ateneo nella gestione dei progetti finanziati a valere delle risorse PNRR e PNC provenienti dal MUR, Missione 4 Componente 2 e PNC – Investimento I.1 e da altri Ministeri. Complessivamente i progetti finanziati all'Ateneo a valere delle risorse del PNRR e PNC ammontano al 31/12/2024 ad oltre 160 milioni di euro.

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

L'Università degli Studi di Palermo conta ad oggi oltre 46.000 studenti. L'offerta formativa per l'anno accademico 2024/2025 prevede: 160 corsi di laurea (primo e secondo ciclo e ciclo unico), 24 master, 44 scuole di specializzazione, 33 programmi di dottorato. I docenti e ricercatori in servizio sono circa 1.700, mentre i dirigenti, tecnici amministrativi ed esperti linguistici più di 1.400 (dati CSA al 31.12.2024). I laureati nel 2024 sono stati complessivamente oltre 7.300 (fonte PIAO 2025-2027). Le strutture accademiche comprendono: 16 Dipartimenti, 1 Scuola di Medicina, 21 biblioteche, 3 poli decentrati (Agrigento, Trapani, Caltanissetta). Vi sono poi altre strutture di Ateneo quali: il Sistema Bibliotecario e Archivio Storico, il Centro Linguistico, la Scuola di lingua italiana per stranieri, il Centro Orientamento e Tutorato, il Centro

per la Disabilità e la Neurodiversità. Infine vi sono Centri Servizi di Ateneo, quali il Sistema Museale, Advanced Technologies Network Center, A.S. Cent Centre of Advanced Studies e il Centro di Sostenibilità e Transizione Ecologica.

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

Nel rispetto del Regolamento generale sull'autonomia didattica degli Atenei D.M.270/2004, l'Università degli Studi di Palermo rilascia i titoli di studio previsti dalla legge vigente, in particolare: diplomi di laurea, diplomi di laurea magistrale, diplomi di master universitario, diplomi di specializzazione, diplomi di dottorato. Su disposizione del Ministero dell'Università e della Ricerca, attiva inoltre percorsi di formazione iniziale e abilitazione all'insegnamento nella scuola secondaria e specializzazione per le attività di sostegno. Il Centro di Ateneo per la Formazione degli Insegnanti sovrintende le attività di formazione iniziale e in servizio dei docenti della scuola secondaria di I e II grado, ed è stato istituito con delibera del Consiglio di Amministrazione Rep. 1231/2023. E' stato infine istituito con DR 9427/2023 il Teaching Learning Centre - Centro per l'innovazione e il miglioramento della didattica universitaria TLC-CIMDU.

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

L'Università degli Studi di Palermo aderisce a diverse reti internazionali, tra le quali EEN- Enterprise Europe Network, la knowledge innovation community KIC EIT Digital, UNIMED, EMUNI University, SDSN Sustainable Development Solutions Network, European Technology Platform of Nanomedicine (ETPN), Mission Restore our Ocean and Waters, e a diverse reti nazionali, tra le quali NETVAL, PNI Cube, APENET – Atenei ed Enti di Ricerca per il Public Engagement, R.U.S. Rete delle Università per lo sviluppo sostenibile. E' inoltre presente in partenariati internazionali all'interno di progetti finanziati su fondi UE (48 progetti su Horizon 2020, 31 su Horizon Europe, ulteriori 40 progetti su altri programmi comunitari con finanziamento diretto e 50 progetti di cooperazione territoriale, transnazionale e transfrontaliera). Dal 2019 UNIPA è partner dell'Alleanza Universitaria Europea (EUA) FORTHEM– Fostering Outreach within European Regions, Transnational Higher Education and Mobility, ottenendo nel 2022 un ulteriore finanziamento di quattro anni. Con un budget di 14.400.000,00 €, l'Alleanza è così estesa a 9 partner da tutta Europa (Finlandia, Francia, Germania, Italia, Lettonia, Norvegia, Polonia, Romania e Spagna). L'Ateneo di Palermo conta oltre 150 accordi quadro internazionali di cooperazione, di natura culturale e scientifica, censiti sulla banca dati CINECA. Sono attivi, inoltre, accordi specifici bilaterali e multilaterali con partner stranieri sia in ambito UE che extra UE, relativi a programmi di Titolo Doppio e Congiunto (n. 45), Percorsi Integrati di Studio (n. 9) ed Erasmus+ (n. 1.117).

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

La gestione amministrativo-contabile dell'Università è attuata attraverso Centri gestionali, che sono le strutture a cui il bilancio unico di Ateneo assegna un budget. Si distinguono i Centri gestionali corrispondenti alle Strutture dell'Amministrazione centrale, dai Centri gestionali corrispondenti alle Strutture Decentrate quali i Dipartimenti, le Scuole e i Poli. I Centri gestionali sono chiamati a rispondere della corretta gestione delle risorse assegnate, oltre che del raggiungimento degli obiettivi programmati. I Centri gestionali informano la loro attività a criteri di efficacia ed efficienza e garantiscono un approccio collaborativo e interattivo tra gli Uffici, anche attraverso la consultazione di banche dati comuni. I Centri gestionali hanno autonomia gestionale e amministrativa; sono titolari di un budget economico e di un budget degli investimenti autorizzatorio annuale in coerenza con il bilancio unico d'Ateneo di previsione annuale autorizzatorio, oltre che di un budget economico e di un budget degli investimenti triennale non autorizzatorio in coerenza con il

bilancio unico d'Ateneo di previsione triennale; rispondono dell'efficienza e dell'efficacia delle risorse rese loro disponibili e del raggiungimento degli obiettivi programmati. Il sistema informativo-contabile rileva gli accadimenti per natura attraverso la contabilità generale e riflette la struttura organizzativa dell'Ateneo attraverso la definizione di entità di imputazione dei risultati della gestione economico-patrimoniale; rileva altresì l'imputazione dei costi per destinazione attraverso la contabilità analitica. Il governo dei processi di gestione e di verifica della contabilità economico-patrimoniale, generale e analitica, è attribuito all'Area Economico-Finanziaria dell'Amministrazione centrale, nei limiti delle competenze spettanti ai Centri gestionali; la predisposizione dei documenti riepilogativi contabili è attribuita al Direttore Generale. Il sistema informativo di Ateneo consente ai Centri gestionali la visualizzazione ed il monitoraggio dei flussi informativi contabili di pertinenza. Per la gestione contabile l'Ateneo utilizza l'applicativo U-GOV del Cineca. Per la gestione e la rendicontazione dei progetti, che individuano iniziative temporalmente definite con obiettivi e risorse finanziarie ed umane assegnate, è presente nella piattaforma U-Gov un ulteriore modulo, U-Gov PJ, che integra il modulo di Contabilità. Per ciascun progetto viene assegnato un codice. Tutte le scritture contabili vengono gestite in contabilità analitica prelevando la disponibilità dal budget assegnato a singoli progetti in fase di Variazione di bilancio approvata dal Cda. Tutte le scritture oltre a prelevare il budget in contabilità analitica determinano un costo/ricavo in contabilità generale e conseguente reportistica stampabile dal modulo U-Gov-PJ. Tutte le spese relative a ciascun progetto, comprese le spese del personale assunto, ad eccezione delle spese del personale già strutturato presso l'Ente, sono direttamente registrate e rendicontate sul progetto specifico creato e risultano verificabili dalla reportistica del modulo Ugov-PJ.

Anagrafiche

Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso. 3000 car.

➤ 11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione

Università' Degli Studi Di Roma "La Sapienza"

➤ 11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve

Roma "La Sapienza"

➤ 11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale

80209930587

➤ 11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva

02133771002

➤ 11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione

20/04/1303

➤ 11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web

<http://www.uniroma1.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Roma

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

RM

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Lazio

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

P.Le Aldo Moro 5

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

00185

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

0649911

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

rettricesapienza@uniroma1.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollosapienza@cert.uniroma1.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Roma

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Rm

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

LAZIO

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

P.le Aldo Moro 5

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

00185

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

0649911

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

rettricesapienza@uniroma1.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollosapienza@cert.uniroma1.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Antonella

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Polimeni

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

PLMNNL62R46H501K

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

rettricesapienza@uniroma1.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0649911

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

un_lsrn

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca. 6000 car.

➤ 11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura

Fondata nel 1303, la Sapienza è la più antica università di Roma e la più grande in Europa. La sua missione è contribuire allo sviluppo della società della conoscenza attraverso la ricerca, la formazione di eccellenza e di qualità e la cooperazione internazionale.

➤ 11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione

Sapienza offre corsi di laurea e laurea magistrale di elevata qualità su un ampio spettro di discipline umanistiche, scientifiche, tecniche, socio-economiche. Negli ultimi anni l'Ateneo ha incrementato la propria offerta formativa internazionale, in particolare con corsi di laurea e laurea magistrale interamente in lingua inglese o con curricula in inglese. Si riportano di seguito i corsi di laurea e laurea magistrale attivati per il l'anno accademico 2023-2024: 309 Corsi di laurea e laurea magistrale - 3 Corsi con titolo congiunto (atenei partner stranieri) - 43 Corsi con titolo doppio o multiplo (atenei partner stranieri) - 57 Corsi interamente in lingua inglese o con curricula in inglese.

➤ 11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate

L'offerta formativa accreditata dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" comprende diverse tipologie di corsi, tra cui Corsi di Laurea, Corsi di Laurea Magistrali, Dottorati di Ricerca, Master, Corsi di Alta Formazione e Formazione. In particolare, l'offerta formativa include corsi di perfezionamento e aggiornamento finalizzati allo sviluppo di competenze professionali, spesso in collaborazione con enti pubblici e privati.

➤ 11A2.4: Informazioni Generali – Networking

Sapienza Università di Roma aderisce a reti interuniversitarie sia dell'Unione Europea che a livello internazionale. Partecipa ai rispettivi gruppi di lavoro (ricerca, ranking internazionali, dottorati, programmi di mobilità), realizzando sinergie e forme diverse di collaborazione, volte a favorire lo scambio di best practices, di docenti e ricercatori tra le istituzioni, l'individuazione di altre opportunità di mobilità, la partecipazione a nuovi partenariati ed a progetti nell'ambito di programmi europei. Interesse precipuo di tali adesioni è contribuire, attraverso di esse, ad accrescere la fattiva partecipazione dell'Ateneo nei più accreditati consessi internazionali. Di seguito l'elenco delle reti interuniversitarie internazionali a cui aderisce attualmente Sapienza: AAHCI - Association of Academic Health Centers International - AAMC Association of American Medical Colleges - AAMC Association of American Medical Colleges ACPN - Advances in Cleaner Production Network CESAER - Conference of European Schools of Advanced Engineering Education and Research CHCI - The Consortium of Humanities Centers and Institutes CMWS - Centre for Molecular Water Science Consortium Cumulus Association DHTL - Designing Heritage Tourism Landscapes EUA - European University Association EUA - CDE - European University Association - Council for Doctoral Education EURAS - Eurasian Universities Union IAU - International Association of Universities M8 Alliance - World Health Summit (WHS) Academic Alliance Obreal - Global Observatory PEGASUS - Partnership of a European Group of Aeronautics and Space Universities SAR - Scholar at Risk Santander Group - Universities in Europe Tethys - Consortium des Universités Euro-Méditerranéennes) UN-GGIM - Academic Network UNICA - Network of the Universities of the Capitals of Europe UNI-ITALIA UniMed - Unione delle Università del Mediterraneo.

Sistema di Gestione Finanziaria

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale,

atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione.
2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

Sapienza adotta il sistema di contabilità economico-patrimoniale ed il bilancio unico di ateneo nonché la contabilità analitica.

Anagrafiche

*Denominazione, sede legale, sede amministrativa, rappresentante legale, natura giuridica, qualificazione [Università, istituzioni universitarie italiane statali, comunque denominate (ivi comprese le scuole superiori ad ordinamento speciale)], iniziative infrastrutturali PON/PNRR in cui si è partecipato secondo quanto disposto all'art.4 dell'Avviso.
3000 car.*

➤ **11A1.1 - Informazioni Generali – Denominazione**

Università Degli Studi Di Catania

➤ **11A1.2 - Informazioni Generali – Nome Breve**

Unict

➤ **11A1.3 - Informazioni Generali – Codice Fiscale**

02772010878

➤ **11A1.4 - Informazioni Generali – Partita Iva**

02772010878

➤ **11A1.5 - Informazioni Generali – Data Costituzione**

18/10/1445

➤ **11A1.6 - Informazioni Generali – Sito Web**

<http://www.unict.it>

➤ **11A1.7: Sede Legale - Comune**

Catania

➤ **11A1.8: Sede Legale - Provincia**

CT

➤ **11A1.9: Sede Legale - Regione**

Sicilia

➤ **11A1.10: Sede Legale - Nazione**

Italia

➤ **11A1.11: Sede Legale - Indirizzo**

Piazza Università, 2

➤ **11A1.12: Sede Legale - CAP**

95131

➤ **11A1.13: Sede Legale – Telefono**

0954788011

➤ **11A1.14: Sede Legale - E-Mail (non PEC)**

rettorato@unict.it

➤ **11A1.15: Sede Legale - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unict.it

➤ **11A1.16: Sede Amministrativa - Comune**

Catania

➤ **11A1.17: Sede Amministrativa - Provincia**

Ct

➤ **11A1.18: Sede Amministrativa - Regione**

SICILIA

➤ **11A1.19: Sede Amministrativa - Nazione**

Italia

➤ **11A1.20: Sede Amministrativa - Indirizzo**

Piazza Università, 2

➤ **11A1.21: Sede Amministrativa - CAP**

95131

➤ **11A1.22: Sede Amministrativa - Telefono**

0954788011

➤ **11A1.23: Sede Amministrativa - E-Mail (non PEC)**

rettorato@unict.it

➤ **11A1.24: Sede Amministrativa - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unict.it

➤ **11A1.25: Rappresentante Legale - Nazionalità**

Italia

➤ **11A1.26: Rappresentante Legale - Nome**

Francesco

➤ **11A1.27: Rappresentante Legale - Cognome**

Priolo

➤ **11A1.28: Rappresentante Legale - Codice_Fiscale**

PRLFNC61S25C351E

➤ **11A1.29: Rappresentante Legale - E-Mail (non PEC)**

rettore@unict.it

➤ **11A1.30: Rappresentante Legale – Telefono**

0954788011

➤ **11A1.31: Informazioni Generali – Forma Giuridica**

Università pubblica

➤ **11A1.34: Tipologia Struttura – Natura Soggetto**

PUBBLICO

➤ **11A1.36: Tipologia Struttura – Codice IPA**

uni_ct

➤ **11A1.37: Progetto PNRR/PON a cui si è partecipato**

IR0000013-SoBigData.it

Descrizione della struttura del soggetto beneficiario

Descrivere la missione del beneficiario, delle competenze e delle capacità di ricerca, innovazione, trasferimento tecnologico e formazione (se applicabili), delle risorse strumentali e infrastrutturali, del modello di gestione della ricerca.6000 car.

➤ **11A2.1: Informazioni Generali – Descrizione della Struttura**

Founded in 1434, the University of Catania (UNICT) is the oldest university in Sicily. Currently it has more than 40.000 students, 1.031 professors, 317 researchers and 1.153 administrative staff. UniCT educational system is run and overseen by 17 Departments, a Medical School and 2 other educational units, respectively located in the city of Ragusa - as far as Modern Languages are concerned - and in Syracuse for the School of Architecture. Another special unit is the Scuola Superiore di Catania, a higher education center based on excellence that was founded in 1998 for the selection and the recognition of the brightest young minds, offering a variety of studies including analysis, research and experimentation. The Scuola has its own laboratories and invests in industrial research in collaboration with many firms of the "Etna Valley". It offers innovative courses at the highest level: pre-undergraduate additional teaching, Masters, Advanced Post-graduate and Ph.D. courses. The University of Catania governance is made up of a Rector, an academic senate, a board of directors and auditors, an evaluation body and a director general as an integral part of its

own decision-making policies. The Central Administration is made up of 11 Administrative Divisions, each of them deals with a particular sphere of activity and is internally split into various organizational units (sectors, services, offices) in charge of particular tasks. The Research Division is organized in order to provide professors and researchers with the necessary support to carry out their scientific activities. It is made up of several specific units which offer administrative, organizational and managerial assistance throughout the life cycle of research projects. It works closely also with all other administrative offices involved in the management of the research projects both at central and departmental level. The University of Catania carries out its research activities both in departments and in research centers. Departments promote, coordinate and manage the research activities and they are in charge of relations with external institutions, favoring the transfer of knowledge. Research centers are set up to manage scientific initiatives for which the cooperation of professors coming from several departments is required. Noteworthy is the Services Center for Research and Innovation in Bio and Nano technology (B.R.I.T). The Center was set up with the ambitious mission of using high-end scientific equipment of great complexity, providing a highly qualified interdisciplinary service available to the departments of the University of Catania and Italian public and private bodies, promoting Bio- and Nano-technological research activities developed at the University. The Center has two laboratories (Biotech and Nanotech), each of which has been developed on three platforms oriented for synergistic research. It is equipped with specialized technical staff and has administrative autonomy. The University of Catania Technology Transfer Office (TTO) aims to create new initiatives for supporting applied research and patenting with the goal of promoting entrepreneurship and innovation within UniCT as well as between UniCT and the whole ecosystem with the involvement of both large and SME. Over the last two years, the University has concentrated its efforts on the management and implementation of projects funded under the PNRR, without turning its attention to other funding opportunities of a regional, national or international nature. In this context, the University of Catania, in recent years, has embraced the new opportunities that have arisen but has also been able to plan and build to be ready for the post-PNRR context. In particular, the research support actions introduced have contributed to productivity and success achieved by UNICT researchers both in the national and, even more so, in the international arena.

➤ **11A2.2: Informazioni Generali (Struttura) – Capacità di Formazione**

➤ **11A2.3: Informazioni Generali (Struttura) – Attività Formative Accreditate**

➤ **11A2.4: Informazioni Generali – Networking**

The University of Catania pays great attention to research and a remarkable part of its resources is allocated, every year, to fund research projects in all scientific fields according to the merit. It also supports scientific activity of young researchers in all departments by providing, each year, about 200 research grants to young fellows. Moreover, UniCT is strongly committed to implement EU policies for the development of scientific careers and, in particular, the principles of the European Charter of Researchers and the Code of conduct for recruitment. To this end, its Research Division hosts one of the 18 Italian Mobility Centers participating to the EURAXESS network, created by the European Commission to support international mobility and careers' development of researchers. The University of Catania has also an intensive collaboration with research organizations and enterprises present on the territory, which has led to the implementation of many joint research projects and activities. Great attention is paid to the exploitation of research results through the management of its patents and the creation of "spin-offs". The University of Catania has a long experience of participation, both as coordinator and/or partner, to international, European and Italian projects as it has been the recipient of funds from EU framework Programs and other international and Italian programs since the end of 90's. University of Catania is currently participating to many projects funded by Horizon 2020, Horizon Europe and many other Italian and European research and training programs, related to all scientific fields (such as ERA-NET actions, INTERREG programmes, LIFE+, ITALIA-MALTA projects, ENI ITALIE-TUNISIE projects. ERASMUS+ initiative, etc.).

Caratteristiche principali del sistema finanziario (Contabilità separata, tracciabilità, trasparenza e conformità normativa, controllo dei budget, etc.) del proponente che evidenzino l'esistenza di un'adeguata struttura gestionale, atta a garantire una sana gestione delle risorse finanziarie destinate alle attività di ricerca, sviluppo e innovazione. 2000 car

➤ **11A3.1 Informazioni Generali (Struttura) – Sistema di Gestione Finanziaria**

The University of Catania uses an Economic patrimonial accounting (or accrual accounting) that leads to obtaining: • A clear view of the single financial statements; • Consolidated financial statements of the university; • the preparation of a budget and a financial accounting report, in compliance with the rules adopted pursuant to article 2, paragraph 2, of law no. 196 (on the basis of accounting principles and financial statements established and updated by the Ministry, in agreement with the Ministry of the Economy and of finance, after consulting the Conference of Rectors of Italian Universities – CRUI); • adoption of a three-year economic – financial plan in order to guarantee the sustainability of all the activities of the university. Drawing up a new balance sheet, the U.P.B. (Unità Previsionali di Base) are the main articulations into which the revenues and expenditures are divided. For each basic forecasting unit, the following data are indicated: • the presumed amount of residual assets or liabilities at the end of the previous year; • the revenues that are expected to be ascertained and the expenses that are expected to be committed; • the revenue that is expected to be collected and the expenses that are expected to be paid. The units are identified so that each of them corresponds to a single administrative responsibility center, which is entrusted with their management.

Articolazione delle Risorse e Servizi per la Ricerca

Descrizione delle unità operative nelle quali verrà realizzato il progetto con riguardo alle capacità, alle dotazioni disponibili da impegnare in attività ricerca/sviluppo/innovazione (laboratori, installazioni tecnologiche di rilievo, grandi apparecchiature o strumentazione esclusiva, know-How, etc.); accordi tecnici e/o commerciali, licenze e brevetti detenuti, networking

4000 car.

Per ogni Unità Operativa:

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Istituto Nazionale Di Ottica

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Cnr-Ino

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

L'Istituto Nazionale Di Ottica (Ino) è Uno Dei Più Grandi Istituti Di Ricerca Del Consiglio Nazionale Delle Ricerche (Cnr), Con Sede Principale A Firenze, Sul Colle Di Arcetri, E Sedi Secondarie A Napoli, Pisa, Sesto Fiorentino, Brescia, Lecco, Trento E Trieste. È Un Punto Di Riferimento A Livello Internazionale Per Lo Studio Della Luce E Delle Sue Interazioni Con La Materia, Sia Dal Punto Di Vista Fondamentale Che

Applicato. Il Cnr Ino Opera Nei Settori Strategici Dell'Ottica, Della Fotonica, Delle Tecnologie Quantistiche, Dell'Imaging E Della Sensoristica Avanzata, E Svolge Ricerche Di Frontiera A Livello Nazionale E Internazionale. La Sua Missione è Generare Conoscenza, Sviluppare Tecnologie Innovative E Trasferire Competenze Al Sistema Produttivo E Alla Società. L'Istituto Collabora Con Le Imprese Attraverso Varie Modalità, Che Vanno Dalla Partecipazione A Progetti Scientifici, A Laboratori Congiunti, A Contratti Di Ricerca Congiunta O Commissionata, Fino All'Erogazione Di Servizi. Inoltre, Cnr Ino è Anche Elemento Fondatore Di Start-Ups Dedicata Alla Realizzazione Di Dispositivi Elettronici Ultra-Stabili, Nonché Allo Sviluppo E Produzione Di Sistemi Di Distribuzione Delle Chiavi Quantistiche Per Comunicazione Intrinsecamente Sicura. Le Principali Aree Di Attività Includono: • Materia Fredda E Simulazione Quantistica • Ottica Quantistica, Informazione E Metrologia • Sensori, Spettroscopia E Comunicazioni • Luce E Materia Estreme • Biofotonica • Scienza Per Il Patrimonio Culturale E Scienza Della Visione, Ottica Tecnica E Materiali Per Le Energie Rinnovabili

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Firenze

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

FI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Largo Enrico Fermi 6

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

50125

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

05523081

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

paolo.denatale@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si Il CNR adotta il sistema di contabilità economico-patrimoniale ed il bilancio unico nonché i sistemi e le procedure di contabilità analitica, ai fini previsionali autorizzatori e a consuntivo per permettere l'analisi economica della gestione.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Paolo

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

De Natale

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Dntpla63t12f839j

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

paolo.denatale@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3209223889

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Roberta

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Parenti

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

PRNRRT68P43D612P

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

roberta.parenti@cnr.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

3316082335

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Daniela

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Selisca

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

SLSDNL67D70D612A

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

daniela.selisca@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3286759136

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_AI-PHOQUS_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Francesca

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Usala

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

SLUFNC72R46H118J

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

francesca.usala@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0503152237

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

UsalaF_CV_eng_16.06.2025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il CNR INO ha 184 dipendenti così distribuiti - Rete scientifica 149 - Amministrazione 24 - Personale tecnico 11 Il CNR ha inoltre 94 unità di personale associato e 51 assegniste e assegnisti di ricerca

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il CNR INO è dotato di laboratori di altissima specializzazione, che includono: • Sorgenti laser ultraveloci e sistemi ottici non lineari • Sistemi criogenici e per il raffreddamento di atomi per la fisica quantistica • Dispositivi optoelettronici integrati e a basso rumore • Strumentazione per imaging biomedicale e diagnostica ottica • Sistemi per la caratterizzazione di sistemi e materiali ottici Oltre alla ricerca di base, il CNR INO considera il trasferimento tecnologico (TT) e la valorizzazione della ricerca tra i suoi asset fondamentali, promuovendo brevetti, spin-off e collaborazioni con il mondo industriale. L'ampia articolazione delle sue attività in ambiti di ricerca applicata rende l'Istituto particolarmente attivo nel campo del TT. Già nel 2015, CNR-INO è stato tra i primi Istituti del CNR a istituire una rete dedicata al TT, articolata tra tutte le varie sedi e coordinata, che opera in stretta collaborazione con enti e amministrazioni locali — come la Regione Toscana — e con l'Ufficio TT della Sede Centrale del CNR. Attualmente è in corso un rafforzamento di questa rete, grazie a una squadra dedicata e appositamente formata, attivo nell'ambito del progetto europeo PhotonHub Europe. Il programma, che coinvolge un ampio consorzio di industrie ed enti di ricerca italiani ed europei (tra cui CNR-INO), mira a favorire l'adozione di tecnologie digitali avanzate basate sulla fotonica. Il gruppo di Trasferimento Tecnologico dell'Istituto partecipa inoltre alle attività del CenTraTec (Centro di Trasferimento Tecnologico dell'Area di Firenze), in sinergia con Artes 5.0, centro di competenza nazionale per l'innovazione nell'ambito di Industria 5.0. Il trasferimento delle scoperte scientifiche verso il tessuto produttivo e la società si realizza attraverso un insieme integrato di strumenti, che comprendono: la valorizzazione della proprietà intellettuale (ad esempio, mediante il deposito di brevetti), collaborazioni dirette con imprese, e l'inserimento di giovani ricercatori all'interno del sistema industriale. Queste azioni contribuiscono all'innovazione tecnologica e allo sviluppo delle competenze nel Paese.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'Istituto partecipa a progetti internazionali di frontiera, come quelli del programma europeo Quantum Flagship, e collabora attivamente con università, centri di ricerca, agenzie spaziali e industrie hi-tech. L'Istituto è anche coinvolto nello sviluppo di grandi infrastrutture di ricerca europee, come l'Extreme Light Infrastructure (ELI) e progetti europei che vanno dai temi biomedici, a quelli ambientali e relativi alla Sicurezza ed all'Aerospazio, alle Tecnologie Quantistiche, spesso con forti correlazioni tra questi temi. Il CNR INO è il nodo primario di IPHOQS, acronimo di Integrated Infrastructure Initiative in Photonic and Quantum Sciences, una rete di infrastrutture di ricerca nazionali di riferimento incentrate sulla fotonica e sulle scienze e tecnologie quantistiche. I-IPHQS Fornisce un approccio integrato, interdisciplinare e multilivello, dalla ricerca fondamentale allo sviluppo di tecnologie, a complesse questioni scientifiche e tecnologiche. Infine, è importante sottolineare la stretta connessione tra CNR INO ed il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non-Lineare (LENS) di Sesto Fiorentino. Questa collaborazione, solida e strategica, costituisce la base di numerose attività scientifiche congiunte, che spaziano dall'ottica e fotonica alla biofotonica, fino alla fisica atomica e molecolare. In particolare, tale sinergia riveste un ruolo cruciale nello sviluppo delle tecnologie quantistiche, un ambito in rapida evoluzione e di rilevanza strategica a livello europeo e internazionale. CNR INO condivide con LENS non solo spazi laboratorio, ma anche facilities tecniche — come le officine meccaniche ed elettroniche — che costituiscono un supporto essenziale per la realizzazione dell'attività sperimentale. Numerosi ricercatori di CNR INO sono direttamente coinvolti nelle attività sperimentali e teoriche del LENS, contribuendo a progetti di ricerca internazionali e a iniziative di alta formazione, tra cui il Dottorato Europeo in Fisica e le scuole estive promosse dal laboratorio. Questa collaborazione ha favorito nel tempo la creazione di un ecosistema scientifico fertile, multidisciplinare e altamente competitivo, capace di attrarre giovani talenti e di sviluppare ricerche all'avanguardia, con ricadute significative sia sul piano fondamentale che su quello applicativo.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il CNR INO promuove la formazione avanzata attraverso collaborazioni con Università, dottorati di ricerca, scuole internazionali e programmi di mobilità per giovani ricercatrici e ricercatori. L'Istituto impegna molte risorse e investimenti per attività di Outreach per diffondere la cultura scientifica con tutta la società, dedicando particolare attenzione al mondo della scuola. Organizza con iniziative pubbliche, eventi educativi, attività divulgative e collaborazioni con musei, scuole e media. Attraverso una comunicazione chiara ed efficace, l'Istituto mira a: - Promuovere la ricerca d'eccellenza - Valorizzare il ruolo del CNR-INO nella comunità scientifica globale - Favorire il trasferimento tecnologico e l'innovazione - Rafforzare la cultura

scientifica e l'Open Science - Aumentare l'engagement del pubblico e delle istituzioni - Collaborare con le istituzioni pubbliche per favorire politiche di supporto alla ricerca e all'innovazione. Per mettere a sistema risorse e competenze, rivolgendosi sia al personale interno che a quello esterno, il CNR INO ha costituito il gruppo di lavoro Outreach con referenti per ogni sede. tale gruppo di lavoro svolge i seguenti compiti: - attività di ricerca per definire linguaggi contemporanei ed efficaci per comunicare la ricerca; definire il piano triennale di comunicazione del CNR-INO per promuovere e comunicare i risultati della ricerca all'interno della società; - offrire un supporto al personale e alla rete di ricerca del CNR-INO per le attività di Outreach; progettazione, sviluppo e aggiornamento degli strumenti di comunicazione istituzionali; - gestione del sito internet e social media oltre che canali di comunicazione digitali; - attività di ufficio stampa; - coordinare il programma di iniziative per la Scuola; - offrire un supporto per la definizione e organizzazione del calendario di eventi di comunicazione scientifica del CNR-INO. L'istituto supporta e organizza attività di divulgazione scientifica e disseminazione della ricerca, rivolte alla cittadinanza tutta e in particolare alla scuola. I laboratori sono visitati ogni anno da molte classi degli istituti superiori e gli studenti possono utilizzare lo strumento dei Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento (PCTO) per confrontarsi con il mondo della ricerca, lavorando attivamente in progetti ad hoc con la supervisione delle ricercatrici e dei ricercatori dell'istituto. I ricercatori INO partecipano frequentemente a iniziative di tipo science fair, a livello locale [Ludoteca scientifica (PI), Flight (FI), Futuro Remoto (NA), Fattorie Didattiche Aperte(NA), Maker Faire(Roma)], nazionale [Festival della Scienza di Genova] e internazionale [Notte dei Ricercatori, Pint of Science]; preparano e presentano conferenze presso istituzioni scolastiche, enti culturali o in occasione di eventi e pubblicano articoli di divulgazione (Speed dating scientifici organizzati dai Physics & Optics Naples Young Students (NA), Beer & Physics (TN) organizzate dall'Associazione Italiana Studenti di Fisica, Pint of Science, festival Co.Scienza(TN), Galileo's Briefings (FI)). Molte ricercatrici e ricercatori delle varie sezioni sono impegnati attivamente nell'insegnamento sia presso strutture universitarie (come titolari di corsi), che nell'organizzazione di conferenze e scuole scientifiche a livello nazionale ed internazionale. Il CNR INO promuove e valorizza le proprie attività attraverso la comunicazione sia col proprio sito web che con la presenza sui canali social, secondo principi di condivisione, trasparenza ed accessibilità dei risultati delle ricerche.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

PCTO, corso universitario ottica

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Istituto Di Informatica E Telematica - Sede Principale Pisa

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Iit-Cnr-Pi

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sede Principale Dell'Istituto Di Informatica E Telematica Ha Sede Presso L'Area Della Ricerca Cnr Di Pisa. La Sede è Organizzata In 4 Unità Di Ricerca E 4 Unità Tecnologiche. Le Unità Di Ricerca Si Focalizzano Rispettivamente Su: Reti Ed Intelligenza Artificiale Pervasiva (Udr Ubiquitous Internet); Cybersecurity (Udr Trust, Security And Privacy); Analisi Di Dati Da Web E Social Media (Udr Cyberintelligence); Algoritmica Avanzata (Algorithms And Computational Mathematics). Le Principali Aree Di Ricerca Attuali Riguardano Internet E Le Sue Evoluzioni Sociali E Tecnologiche, Dalle Reti Mobili (5g) E Pervasive All'Internet Of Things, Dalla Social Network Analysis Alla Cybersecurity, Dall'Algoritmica Applicata A Internet Ai Sistemi Intelligenti E Alle Tecnologie Emergenti Legate All'Intelligenza Artificiale E Al Quantum Computing E Quantum Internet. Dalla Sede Del Cnuce, L'Istituto Del Cnr Da Cui è Nato Lo Iit, L'Italia Si è Connessa Per La Prima Volta A Internet Il 30 Aprile 1986. In Conseguenza Di Questo Fatto Storico L'Istituto Svolge Anche Un'Attività Di Innovazione E Sviluppo Tecnologico Dedicata A Internet E Alle Sue Applicazioni. Lo Iit Gestisce Dalla Sua Nascita Il Registro .It, L'Anagrafe Dei Nomi A Dominio Italiani, Un Servizio Fondamentale Per Promuovere La Diffusione Di Internet E La Cultura Digitale Presso

Tutta La Società, Dalle Imprese Ai Cittadini. La Sede Di Pisa Dell'Istituto Partecipa, Anche Con Funzione Di Coordinamento, A Numerosi Progetti Di Ricerca Regionali, Nazionali E Internazionali. In Particolare Relativamente Al Pnrr, Partecipano Ai Partenariati Estesi Pnrr Fair – Future Ai Research (Coordinatore Del Comitato Tecnico Scientifico) Series – Cybersecurity (Responsabilità Dello Spoke Cnr) Restart – Telecomunicazioni (Coordinatore Scientifico Dello Spoke Cnr) Nqsti – Tecnologie Quantistiche Partecipano Ai Centri Nazionali - Icsc (Hpc E Quantum Computing) - Most (Mobilità Intelligente) Partecipa All'Ecosistema Dell'Innovazione The (Tuscany Health Ecosystem) Partecipa Al Potenziamento Dell'Infrastruttura Di Ricerca Pnrr Sobigdata, Per Cui Esprime Il Vice-Coordinatore Nazionale. Partecipa Al Centro Di Competenza Nazionale Artes 4.0, Ed è Promotore Del Comitato Nazionale Per La Ricerca In Cybersecurity E Dei Centri Di Competenza Toscani Sulla Cybersecurity (C3t) E Su Intelligenza Artificiale E Big Data (Cbda).

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Giuseppe Moruzzi 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56124

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0503152123

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

direzione@iit.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.iit@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si U-Gov fornito da CINECA

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Andrea

- **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Passarella

- **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Pssndr77h17e463z

- **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

a.passarella@iit.cnr.it

- **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0503153269

- **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

- **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Irene

- **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Sannicandro

- **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

SNNRNI68B63L219I

- **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

irene.sannicandro@iit.cnr.it

- **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo.iit@pec.cnr.it

- **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0503153265

- **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

- **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Andrea

- **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Passarella

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PSSNDR77H17E463Z

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

andrea.passarella@iit.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0503153269

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

cv_passarella_eu_en_v3.0.pdf.p7m

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italia

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Irene

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Sannicandro

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

SNNRNI68B63L219I

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

irene.sannicandro@iit.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0503153265

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV irene Sannicandro gennaio2025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

A fine 2024 la sede di Pisa comprende 124 unità di personale strutturato (di cui 57 ricercatori e tecnologi), e 54 unità di personale tra assegnisti, associati e borsisti (di cui gran parte personale in formazione a livello di PhD student e post-doc researchers). La composizione della sede rispecchia le sue tre principali vocazioni: - ricerca, sia fondazione che applicata nel campo dell'Internet del futuro - sviluppo di tecnologie di

avanguardia sulla base dei risultati di ricerca - gestione di servizi tecnologici critici, in particolare l'anagrafe dei nomi a dominio per l'Italia (Registro .it).

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

La sede IIT di Pisa partecipa a due infrastrutture di Ricerca ESFRI inserite dal 2021 nella Roadmap ESFRI nel settore DIGIT: - SLICES, per cui coordina il nodo nazionale - SoBigData.it, per cui contribuisce (sotto la guida di ISTI-CNR) al coordinamento complessivo <https://www.slices-ri.eu> <https://sobigdata.eu>. Grazie alla sua partecipazione ai progetti PNRR, la sede IIT di Pisa ha recentemente acquisito un notevole insieme di apparecchiature con cui sta costruendo dei testbed a supporto dell'attività di ricerca delle comunità scientifiche nazionali ed internazionali nei seguenti settori: - reti post-5G/6G - sistemi di edge computing - sistemi di reti veicolari - sistemi di AI decentralizzata e pervasiva - sistemi di XR/VR avanzati - sistemi di quantum communications - sistemi di cybersecurity avanzati - infrastrutture per quantum communications (in particolare con la creazione di un link in tecnologia QKD tra le sedi CNR di Pisa e Firenze) Questi testbed sono corredati da un solido backbone costituito da circa 10 server di ultima generazione dotati di GPU, e della relativa infrastruttura di rete ad alte prestazioni. Alla fine dei progetti PNRR su cui esse sono state acquisite, tali infrastrutture confluiranno nella dotazione delle Infrastrutture di Ricerca ESFRI SLICES e SoBigData, e contribuiranno in modo fondamentale alla fornitura di servizi di queste infrastrutture a livello europeo. Ciò garantisce la sostenibilità degli investimenti PNRR almeno fino al 2040, anno di conclusione dei progetti ESFRI menzionati secondo il workplan approvato da ESFRI.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Si indicano di seguito le principali collaborazioni con aziende, Università e Centri di ricerca nazionali ed internazionali - ALMAVIVA SPA - ATOS SPAGNA - AgID - MIT - Boston University - CEA - CEU - GARR - CINECA - Centro Ricerche Fiat - Dedalus SpA - Università di Roma La Sapienza - Università di Pisa - Università di Genova - FSECURE - FBK - Fraunhofer - TecNALIA - DFKI - IMT Lucca - Infineon - INRIA - INTECS - Innovalia - INGV - King's College London - Missouri University of Science and Technology - Northeastern University - Politecnico di Milano - Politecnico di Torino - Regione Toscana - Regione Calabria - Rochester Institute of Technology - Università di Bologna - Università di Modena e Reggio Emilia - Università di Catania - Università di Palermo - Università di Messina - Università di Milano - Università di Cambridge - Università di Oxford - Technical University of Munich - Università Sorbona - EURECOM - IMDEA - Università Carlos III Madrid - CTTC Barcelona - Università Pompeu Fabra - Scuola Normale Superiore - Scuola Superiore S'Anna - SUPSI - Thales - TIM - Università di Firenze - Università di Siena

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il personale della sede dell'Istituto partecipa ai collegi di dottorato dei seguenti dottorati: - Dottorato nazionale in Artificial Intelligence - Dottorato nazionale in Cybersecurity - Dottorato in Informatica Pisa - Dottorato in Ingegneria Informatica Pisa - Dottorato in Smart Computing Firenze - Dottorato Università di Siena Inoltre la sede IIT di Pisa svolge funzioni di Education tramite - il progetto Ludoteca del Registro .it - progetti PCTO

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

le attività formative a cui l'Istituto partecipa, ed in particolare i programmi di dottorato ed i Master, sono tutti erogati in collaborazione con Università statali, e quindi accreditati dal MUR

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Istituto Di Informatica E Telematica Sede Di Cosenza

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Iit-Cs

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sede Secondaria Dell'Istituto Di Informatica E Telematica Di Rende (Cs) Si Dedicata Alla Ricerca Scientifica Nell'Ambito Dell'Organizzazione Della Conoscenza, Esplorando Metodi E Tecniche Innovative, Come L'Intelligenza Artificiale (Ia) E I Modelli Linguistici Di Grandi Dimensioni (Llm – Large Language Models), Per Garantire L'Accesso Alle Informazioni E L'Interoperabilità Semantica In Domini Specialistici. Le Attività Si Concentrano Su Diverse Aree Applicative, Tra Cui La Tutela E Valorizzazione Di Beni Culturali, Come Gli Archivi Storici, La Gestione E Conservazione Di Documenti Digitali E Lo Sviluppo Di Sistemi Di Organizzazione Della Conoscenza (Kos - Knowledge Organization System), Come Thesauri E Ontologie, Che Facilitano Il Corretto Scambio Di Informazioni In Settori Specialistici, Quali Cybersecurity E Sanità Digitale. In Particolare, Nel Corso Degli Anni, Il Gruppo Di Ricerca Ha Sviluppato Competenze Principalmente Applicate Al Campo Dell'E-Health, Con Particolare Attenzione Allo Sviluppo E All'Integrazione Di Sistemi Di Organizzazione Della Conoscenza, Alla Rappresentazione Della Conoscenza, Alla Mappatura E Integrazione Semantica, Nonché Alla Gestione Documentale, Alla Raccolta E Analisi Dei Dati (Ad Esempio Per L'E-Health Per La Definizione Dei Profili Di Rischio), All'Estrazione Terminologica E Alla Definizione Di Metadati. L'Unità In Questo Contesto Offre Da Anni Servizi Di Supporto Agli Stakeholder E Partecipa A Progetti Nazionali Ed Internazionali Focalizzati Su Interoperabilità Semantica, Sullo Sviluppo Di Sistemi Di Supporto Alla Codifica Medica E Servizi Terminologici Per La Gestione Ed Integrazione Di Sistemi Di Codifica E Terminologie Mediche Standardizzati E Locali). Dal 2014, La Sede Di Cosenza Dell'Iit è Anche Referente A Livello Nazionale Per Il Sistema Di Codifica Loinc® (Logical Observation Names And Codes). Sempre A Partire Dal 2014, Il Gruppo è Diventato Un Punto Di Riferimento Nell'Ambito Della Digitalizzazione E Acquisizione Di Beni Archivistici Storici, In Particolare Degli Archivi Storici Degli Ex Ospedali Psichiatrici, Contribuendo Al Loro Recupero, Descrizione E Valorizzazione Attraverso L'Applicazione Di Standard Internazionali Per La Metadattazione E L'Organizzazione Semantica Dell'Informazione. Le Attività Comprendono La Progettazione Di Strumenti E Metodologie Basati Anche Sull'Intelligenza Artificiale Per Il Riconoscimento Dei Testi Manoscritti E L'Analisi Documentale Finalizzata All'Accesso E Alla Fruizione Di Tale Patrimonio, Promuovendo Al Contempo La Memoria Storica E Il Recupero Di Fonti Documentali Spesso Dimenticate Ma Di Grande Rilevanza Scientifica, Sociale E Culturale.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Rende

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

CS

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Calabria

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

VIA P. Bucci cubo 17 B settimo piano

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

87036

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0984494940

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

maria.taverniti@iit.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.iit@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si U-GOV

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Maria

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Taverniti

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Tvrmra76m50z112l

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

maria.taverniti@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3921111379

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Maria

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Taverniti

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

TVRMRA76M50Z112L

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

maria.taverniti@cnr.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

maria.taverniti@cnr.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

3921111379

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Maria

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Taverniti

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

TVRMRA76M50Z112L

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

maria.taverniti@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3921111379

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

2025_CV_EU-MARIA TAVERNITI_.pdf.p7m

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Anna Federica

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Spagnuolo

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

SPGNFD81H41M202E

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

annafederica.spagnuolo@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0984494940

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

SPAGNUOLO_ANNAFEDERICA_cv_europeo.pdf.p7m

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

L'unità di ricerca è composta da un gruppo altamente specializzato, che include oltre ai tecnologi e ai collaboratori di ricerca anche due ricercatrici il cui focus scientifico è incentrato sui sistemi di codifica medica e sui Sistemi di Organizzazione della Conoscenza (KOS), quali thesauri e ontologie, strumenti fondamentali per abilitare l'interoperabilità semantica in contesti complessi come la sanità digitale. Le loro attività di ricerca si estendono anche all'ambito della digitalizzazione e valorizzazione del patrimonio culturale archivistico, con particolare attenzione alla gestione, conservazione e fruizione di documenti storici digitalizzati secondo standard di metadatozione e descrizione semantica e archivistica.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Servizi terminologici e di supporto alla codifica e standardizzazione dei dati clinici a supporto del FSE

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Collaborazioni Nazionali ed Internazionali con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento: Regenstrief Institute, Indianapolis (USA), HL7 Italia, Dedalus SpA, Insiel, Dipartimento Trasformazione Digitale (DTD), Governo italiano; Centro Collaboratore italiano dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per la Famiglia delle Classificazioni Internazionali - Collaborazioni attive: Dipartimento Trasformazione Digitale (DTD), Governo italiano, Regenstrief Institute, Indianapolis (USA), HL7 Italia, Dedalus SpA, Insiel SpA - Collaborazioni da attivare: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento Collaborazioni passate • CCIOMS (WHO-FIC Collaborating Center, Udine) • University of Ghent • AGID • RAMIT • Imprese: (Medas solutions srl, Umbria Digitale, UNIPANCREAS, LINKS Management and technology, SA Documents srl) - Collaborazioni attive - Università della Calabria - Azienda sanitaria provinciale di Catanzaro -MIC- Direzione Generale archivi -Dedalus azienda -Regione Friuli-Venezia-Giulia -Presidenza del consiglio dei ministri - Dipartimento per la Trasformazione digitale (DTD) -Ministero della salute - Associazione HL7 - Commissione Internazionale sulle classificazioni mediche - WONCA International Classification Committee (WICC) - Regenstrief Institute

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il personale della sede di CS dell'IIT partecipa ai collegi di dottorato erogati dall'Università della Calabria. Inoltre il personale è cultore della materia per i corsi di insegnamento presso sia corsi triennali che magistrali, quali ad esempio: Fascicolo Sanitario Elettronico e Sanità in rete” del Corso di Laurea Magistrale in Gestione e Conservazione dei Documenti Digitali, a.a.2024-2025 “Termini, testi e documenti” del Corso di Laurea Triennale in Mediazione Linguistica “Educazione alla cittadinanza digitale” del Corso di Laurea Triennale in Scienze dell'educazione “Laboratorio di cittadinanza digitale” del Corso di Laurea Triennale in Scienze dell'educazione “Conservazione dei documenti digitali” del Corso di Laurea Magistrale in Gestione e Conservazione dei Documenti Digitali, ecc. Inoltre partecipa in collaborazione con l'area della ricerca territoriale di Cosenza ad attività rivolte a studenti e studentesse delle scuole primarie e secondarie.

Nell'ambito dell'e-health eroga formazione ad enti pubblici ed imprese in particolare nella codifica dei dati e interoperabilità semantica

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Le attività formative della sede di CS dell'IIT l'Istituto sono erogate in collaborazione con Università statali, e quindi accreditati dal MUR

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Istituto Per Il Rilevamento Elettromagnetico Dell'Ambiente

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Irea-Cnr

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

L'Istituto Per Il Rilevamento Elettromagnetico Dell'Ambiente (Irea) è Uno Degli Istituti Di Eccellenza Del Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Con La Sua Sede Istituzionale A Napoli, E Due Sedi Secondariw A Milano E Bari. Le Attività Di Ricerca Dell'Irea Mirano A Sviluppare Metodologie E Tecnologie Per L'Acquisizione, L'Elaborazione E L'Interpretazione Di Immagini E Dati Ottenuti Da Sensori Elettromagnetici, Operanti Da Remoto (Satellite, Aereo E Drone) O In Situ, Finalizzati Al Monitoraggio Ambientale E Territoriale, Alla Diagnostica Non Invasiva E Alla Valutazione Del Rischio Elettromagnetico. Inoltre, Vengono Sviluppate Metodologie E Tecnologie Per La Costruzione Di Infrastrutture Di Dati Geospaziali E Applicazioni Biomediche Dei Campi Elettromagnetici. Attenzione è Dedicata Anche A Indagini, Ricerche E Sperimentazioni Sulla Comunicazione Pubblica Della Scienza E Attività Di Divulgazione Scientifica. La Maggior Parte Delle Attività Di Ricerca Dell'Irea Ha In Comune Lo Sfruttamento Dei Campi Elettromagnetici Per Sviluppare E Implementare Servizi E Prodotti A Beneficio Della Società. Le Attività Di Ricerca Dell'Irea Hanno Un Impatto Significativo In Diversi Importanti Campi Applicativi, Come Il Monitoraggio Ambientale, La Valutazione Dei Rischi Naturali E Antropici, La Protezione Della Salute Pubblica Dal Rischio Di Esposizione A Campi Elettromagnetici E L'Uso Dei Campi Elettromagnetici Nella Diagnostica Medica E Nella Terapia. Per Quanto Riguarda Il Monitoraggio Ambientale, Le Competenze Consolidate Dell'Istituto Nel Campo Delle Tecnologie Di Osservazione Della Terra, Anche Integrate Con Il Rilevamento Aereo E Terrestre, Hanno Permessi Lo Sviluppo Di Metodologie E Tecnologie Innovative Per La Rilevazione E La Caratterizzazione Di Parametri Ambientali Quali Lo Stato Di Salute Degli Ecosistemi Acquatici E Delle Aree Costiere, La Distribuzione Delle Aree Irrigate, Le Pratiche Di Lavorazione Del Suolo, L'Estensione Degli Incendi Boschivi, Lo Stato Nutrizionale Delle Colture E Le Malattie Delle Piante. Inoltre, L'Irea Ha Sviluppato Infrastrutture Per La Gestione Dei Dati Con Un Interesse Specifico Per La Protezione Dell'Ambiente. Anche Il Tema Della Sicurezza Dell'Ambiente Naturale E Costruito è Al Centro Delle Attività Di Ricerca Dell'Istituto La Protezione Così Come Il Patrimonio Culturale E La Sicurezza In Mare. Sono Stati Implementati Servizi E Strumenti Per Il Monitoraggio Di Diversi Tipi Di Rischio, Come Quello Sismico, Vulcanico, Idrogeologico E Di Inondazione. In Particolare, I Ricercatori Dell'Irea Hanno Messo A Punto Approcci Integrati In Grado Di Effettuare Un Monitoraggio Multiscala, Multirisoluzione E Multiprofondità Dell'Ambiente, Degli Edifici E Delle Infrastrutture. In Particolare, L'Irea è Il Centro Di Competenza Del Dipartimento Della Protezione Civile Italiana Per Il Monitoraggio Delle Deformazioni Al Suolo Rilevate Applicando Tecniche Radar Interferometriche Satellitari. Per Quanto Riguarda Le Attività Di Ricerca Sulla Salute, Sono Dedicato Allo Studio Delle Interazioni Tra Campi Elettromagnetici Non Ionizzanti E Sistemi Biologici Per Valutare I Rischi Per La Salute. Inoltre, Le Attività Di Ricerca Dell'Irea Mirano Alla Progettazione, Allo Sviluppo E Alla Validazione Di Nuove Tecnologie Diagnostiche Che Sfruttano L'Interazione Tra I Campi Elettromagnetici E Il Corpo Umano Per La Diagnosi Precoce E Non Invasiva Di Patologie, Quali Il Tumore Al Seno O L'Ictus, Attraverso L'Uso Di Radiazioni Non Ionizzanti (Microonde). Inoltre, Sono Stati Sviluppatori Sensori Ottici Per L'Analisi Point-Of-Care E Una Tecnologia Che Sfrutta Impulsi Elettrici Ad Alta Tensione Per Consentire L'Elettroporazione Fenomeno Di Interesse Per Il Trattamento Del Cancro. Infine, L'Irea Dedicato Alcune Delle Sue Attività Alla

Comunicazione Pubblica Della Scienza, Con L'Obiettivo Di Indagare Il Ruolo Della Comunità Scientifica Nell'Interazione Tra Conoscenza E Società.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Napoli

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

NA

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Campania

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via Diocleziano 328

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

80124

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0817620611

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

mbox@irea.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.irea@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si n.d.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Francesco

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Soldovieri

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Sldfnc66c27d086z

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

soldovieri.f@irea.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0817620611

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Generoso

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Sole

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

SLOGRS62L07E891G

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

generoso.sole@cnr.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

generoso.sole@pec.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

3204397890

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Pasquale

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Imperatore

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

MPRPQL73D22A064T

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

pasquale.imperatore@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3484755799

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Imperatore-CV2025_project.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Nadia

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Russo

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

RSSNDA84C70F839M

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

nadia.russo-1984@pec.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

081 7620615

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Nadia_Russo_CV_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

1 Direttore 43 UdP Ricercatori 12 UdP Tecnologi 5 UdP tecnici e Amministrativi

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

n.d.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il CNR ha in attivo iniziative di diversa natura con istituzioni pubbliche, fra cui le università nazionali e internazionali, e istituzioni private, con Ministeri e altri Enti, sia territoriali, come le Regioni e gli Enti locali,

ovvero per programmi di ricerca comunitari ed internazionali. Altresì il CNR partecipa ad Infrastrutture di Ricerca, quali ERIC, in qualità di Representing Entity per l'Italia.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

n.d.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Coordinamento Sobigdata Cnr-Isti-Kdd

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Cnr-Isti-Kdd

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sottostruttura Sobigdata Si Configura Come Un'Infrastruttura Di Ricerca Paneuropea Dedicata Allo Studio Dei Fenomeni Sociali Complessi Attraverso L'Analisi Di Big Data E Metodologie Avanzate Di Data Science. Integra Competenze Multidisciplinari Provenienti Da Informatica, Scienze Sociali Computazionali, Statistica, Diritto, Intelligenza Artificiale Ed Etica Dei Dati. Il Suo Obiettivo è Fornire Strumenti, Dati E Servizi Per Una Scienza Dei Dati Aperta, Responsabile E Replicabile, Contribuendo Attivamente Allo Sviluppo Della European Open Science Cloud (Eosc) E Promuovendo Pratiche Fair Nella Gestione Della Ricerca.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via G. Moruzzi, 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56124

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0506212929

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

direttore@isti.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.isti@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Roberto

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Trasarti

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Trsrri79m08m082u

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

roberto.trasarti@isti.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3478877438

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Roberto

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Trasarti

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

TRSRRT79M08M082U

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

roberto.trasarti@isti.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3478877438

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV Trasarti Roberto 2025.docx.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Francesca

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Borri

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

BRRFNC71M61G702S

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

francesca.borri@isti.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

348 3972162

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV_Francesca_Borri_matrCNR9344_signed (1).pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

La sottostruttura si avvale di un team formato: Roberto Trasarti (coordinatore), Michela Natilli e Valerio Grossi. Lato amministrativo Francesca Borri e Ilaria Barsanti.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

La struttura è coordinatrice dell'infrastruttura SoBigData che offre un ecosistema avanzato di risorse digitali per la ricerca: un catalogo ricco di dataset eterogenei (social media, mobilità, economia, salute, ambiente), strumenti analitici interattivi (analisi di rete, machine learning, text mining, visualizzazione), workflow documentati e ambienti virtuali di calcolo (VRE). L'infrastruttura si appoggia a tecnologie cloud e HPC,

garantendo scalabilità, sicurezza e interoperabilità con gli standard europei per la scienza aperta. Tutti i servizi sono orientati all'usabilità, alla replicabilità scientifica e alla responsabilità nell'uso dei dati.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

La rete di istituzioni che costituisce SoBigData è una delle sue caratteristiche distintive: una vera e propria infrastruttura distribuita e collaborativa a livello europeo, che riunisce centri di eccellenza in informatica, scienze sociali, statistica, intelligenza artificiale, diritto e scienze umane. Questa rete è pensata per promuovere una ricerca interdisciplinare e responsabile, fondata sulla condivisione di dati, metodi e competenze, e orientata alla comprensione dei fenomeni sociali complessi attraverso l'uso di tecnologie basate sui Big Data.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

- Master Big Data: un Master di secondo livello per il capacity building rivolti alle imprese, SoBigData gestisce e realizza un Master in Big Data concepito per professionisti e neolaureati. Questo master offre una formazione completa sulle tecnologie e i metodi più avanzati per la gestione, l'analisi e l'interpretazione di grandi volumi di dati necessari all'industria 4.0. - Proof-of-Concepts for SME: supporto dell'innovazione per la creazione di proof-of-concepts, concepita per creare collaborazioni tra ricercatori e industria per stimolare la creazione di soluzioni data-driven innovative, promuovere progetti e rafforzare la visibilità delle aziende partecipanti. - Corsi ad-hoc per le Imprese: la definizione di corsi ad-hoc per imprese che desiderano approfondire argomenti specifici. Grazie alla sua rete sul territorio italiano, SoBigData è in grado di coinvolgere esperti nel settore di interesse per rispondere alle esigenze dell'impresa. (es. l'analisi di dati di reti sociali, utilizzo di tecnologie per la computazione distribuita o l'uso di large language model). Servizi di training - SoBigData dedica particolare attenzione alla formazione di nuove competenze e all'aggiornamento continuo di ricercatori, analisti e operatori del settore: - Corsi e Workshop Specializzati: Eventi formativi su data science, intelligenza artificiale, sicurezza dei dati, privacy-by-design, gestione del ciclo di vita del dato, etica e responsabilità. - Summer School: Percorsi intensivi con esperti internazionali, dedicati all'approfondimento di tematiche emergenti e all'uso dei tool messi a disposizione dall'infrastruttura. - SoBigData Academy: SoBigData ha realizzato un MOOC all'interno della SoBigData Academy con l'obiettivo di formare la nuova generazione di responsible data scientists. I corsi sono progettati per seguire una metodologia didattica di autoapprendimento.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Il Master Big Data descritto sopra è svolto in collaborazione con l'Università di Pisa e Accreditato come Master di II Livello

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Quantum Fluids Of Light

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Nanotec-Le-R11

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Cnr Research Unit Lens-Cnr-Nanotec-Le-R11 Is Part Of The Beyond-Nano Project And Is Equipped With One Of The Most Advanced Photonics Laboratories In Southern Italy. The Unit Has Gained International Recognition For Pioneering Studies On Quantum Fluids Of Light—A Research Field That Merges Light–Matter Interaction In Nanostructures With Concepts From Bose-Einstein Condensation, Superfluidity, Nanophotonics, And Solid-State Physics. The Unit Stands Out For Its Investigations Into The Nonlinear Dynamics Of Topological Defects, Phase Transitions, And Critical Phenomena In Out-Of-Equilibrium Systems, As Well As The Advanced Control Of Interacting Photonic Quantum Fluids. The Main Research

Activities And Competencies Of The Unit Include: Ultrafast Spectroscopy And Digital Off-Axis Holography – This Technique Is Particularly Powerful For Investigating Complex Spatiotemporal Patterns That Emerge From The Interplay Of Nonlinearities, Disorder, And Flow. To Enhance The Fidelity And Interpretability Of The Data, This Methodology Is Suitable For Integration With Machine Learning And Artificial Intelligence Algorithms, Which Can Assist In Denoising, Feature Recognition, And Predictive Analysis. Optical Control Of Artificial Potentials – The Unit Employs Advanced Techniques To Engineer Tailored Optical Potentials For Quantum Fluids Of Light, Allowing Precise Control Over The Spatial And Temporal Evolution Of Polariton Condensates. Spatial Light Modulators (Slms) Are Used To Dynamically Shape Light Fields And Create Reconfigurable Trapping Geometries, Optical Lattices, Or Disordered Landscapes At Micrometer Scales. Neuromorphic And Optical Computing – The Unit Is Actively Engaged In Developing Photonic Platforms For Neuromorphic Computing And Nonlinear Optical Information Processing, Leveraging The Unique Properties Of Exciton-Polaritons—Hybrid Quasiparticles That Combine Strong Light–Matter Interaction With Ultrafast Optical Response And Intrinsic Nonlinearities. Objectives And Impact The Unit Aims To Establish Photonic Quantum Platforms As A New Frontier For Both Fundamental Research And Technological Innovation. These Platforms Offer An Unparalleled Environment For Probing Out-Of-Equilibrium Quantum Dynamics, Collective Phenomena, And Topological Effects In Driven-Dissipative Systems, While Enabling Novel Functionalities Such As Coherent Control, High-Speed Signal Processing, And Reconfigurable Logic Operations. This Research Direction Is Inherently Complementary To Other Quantum Technologies And Is Closely Aligned With Advances In Nanophotonics, Quantum Materials, And Electro-Optical Device Engineering. The Unit'S Scientific And Technological Vision Is Fully Consistent With The European Strategic Roadmap For Photonics, As Defined By Photonics21, The Horizon Europe Strategic Research And Innovation Agenda (Sria), And The Key Enabling Technologies (Kets) Framework, Which Identify Photonics As A Central Pillar For Europe'S Digital Sovereignty, Scientific Excellence, And Industrial Leadership. In Particular, The Unit Contributes To The Development Of Enabling Technologies For Quantum Computing, Neuromorphic Architectures, Advanced Photonic Sensing, And Integrated Optical Circuits, Supporting Broader Eu Goals Under The Digital Europe And Green Deal Programs. By Bridging Fundamental Science With Application-Driven Development, The Unit Aims To Both Deepen Our Conceptual Understanding Of Quantum Many-Body Systems And Accelerate The Emergence Of Next-Generation Photonic Quantum Technologies Grounded In The Physics Of Light–Matter Condensates.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Lecce

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

LE

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Puglia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via per Monteroni

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

73100

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0832319701

- **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**
samuele.vincenti@cnr.it
- **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**
protocollo.nanotec@pec.cnr.it
- **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**
No
- **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**
Italiana
- **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**
Dario
- **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**
Ballarini
- **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**
Blldra79e12l746k
- **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**
dario.ballarini@cnr.it
- **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**
0832319222
- **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**
Italiana
- **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**
Dario
- **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**
Ballarini
- **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**
BLLDRA79E12L746K
- **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**
dario.ballarini@cnr.it
- **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0832319222

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

signed_1751804672876_CV Ballarini.pdf.p7m

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Samuele

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Vincenti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

VNCSML77T14L419J

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0832319701

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EU Samuele Vincenti 01_25_signed-1.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The operating unit includes a highly qualified and multidisciplinary team composed of senior researchers, technical staff, PhD students, and postdoctoral fellows with strong expertise in photonics, nanotechnologies, and quantum materials. A dedicated project manager supports coordination and strategic planning, while an administrative team ensures smooth financial and operational management. Researchers in the unit are involved in a wide range of experimental and theoretical activities, from the design and fabrication of photonic components to the modeling and characterization of emergent light-matter systems.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The unit benefits from the advanced infrastructure of the CNR-NANOTEC Institute in Lecce, which spans over 2,500 m² of dedicated research space. This includes a state-of-the-art photonics laboratory, facilities for chemical synthesis and characterization, a cleanroom and nanofabrication area for device prototyping, as well as biotechnological and optoelectronic instrumentation. The unit is also a core partner in several national and European initiatives, particularly within the PNRR-funded I-PHOQS distributed research

infrastructure, which connects CNR-LENS, CNR-ELI, Beyond-Nano, and POLIMI-CUSBO. Through this network, resources and instrumentation are shared across institutions to promote collaborative, high-impact research.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The unit maintains strong and long-standing scientific collaborations with leading national and international partners, including prominent academic institutions, public research organizations, and industrial players. These partnerships support a broad spectrum of activities, from fundamental research to technology transfer and joint development of advanced photonic devices. Industrial collaborations include ongoing interactions with Bright Solutions, IBM, ST Microelectronics, and Hewlett-Packard (HP), focusing on areas such as ultrafast photonics, integrated quantum technologies, and scalable nanofabrication processes. The unit is also an active member of major collaborative research projects. These include the Pathfinder European project Q-ONE (EIC-European Innovation Council), where the unit contributes to the exploration of novel quantum regimes in driven-dissipative systems; the Pathfinder European project Polart (EIC-European Innovation Council), dedicated to the study of polariton-based neuromorphic accelerator and sensing; and several national PRIN projects. Academic collaborations involve a wide network of institutions, including: University of Warsaw (Poland), Nanyang Technological University (Singapore), École Polytechnique of Montréal (Canada), Italian Institute of Technology (Italy), Princeton University (USA), TUM Munich (Germany), University of Pavia (Italy), Polish Academy of Sciences (Poland), University of Wolverhampton (UK), Sapienza University of Rome (Italy), Johannes Kepler University Linz (Austria), Westlake University (China), City University of New York (USA), University College London (UK), Eindhoven University of Technology (The Netherlands), and Université Clermont Auvergne – CNRS (France).

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

The unit is actively involved in high-level training activities across all educational stages, from secondary education to doctoral research. It plays a significant role in PhD programs, both through direct supervision of doctoral theses and participation in selection committees. Members of the unit also serve on the Doctorate Council of the University of Salento, contributing to the strategic coordination of doctoral curricula and ensuring high academic standards. The unit regularly organizes and teaches in advanced training schools and workshops for graduate and postgraduate students, helping to shape the next generation of researchers in photonics and quantum technologies. Among the most notable initiatives are the Lecce School on Quantum Optics in Solid-State Systems; the Quantum Optics and Quantum Materials (QOQM) School, part of the I-PHOQS activities on Quantum Week; and the OECS 2023 Lecce – International Conference on Optical Properties of Excitons in Semiconductors. These events bring together students and leading scientists for intensive learning experiences that combine theoretical foundations with experimental practice. PhD students hosted by the unit carry out their research within the laboratories of CNR-NANOTEC, gaining direct access to state-of-the-art equipment and working closely with senior researchers. This environment provides them with both advanced technical training and exposure to interdisciplinary approaches in nanophotonics, quantum fluids, and material science. In parallel, internships are offered to undergraduate and master's students, fostering smooth transitions toward research careers and hands-on development of scientific skills. Furthermore, the unit is engaged in outreach and early training for younger students, including participation in PTCO (Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento) programs, which provide high school students with the opportunity to experience laboratory activities, attend seminars, and engage with scientific topics in the fields of photonics, nanotechnology, and biotechnology. These initiatives aim to spark early interest in STEM subjects and guide students toward informed educational and professional paths in science and technology.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

As a research institution, the OU cannot accredit the training activities in which it is involved but as mentioned above it actively collaborates with research and teaching partners such as the various universities and in particular with the University of Salento.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

68661dcf0631c02410206de8

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Imt Lucca

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Imt

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Struttura Dedicata All'Economia Dell'Energia E Delle Risorse Rinnovabili. Scopo Della Strutturira è Quello Di Creare Metodi Per L'Ottimizzazione Della Distribuzioen Spaziale Delle Risorse Rinnovabili A Livello Regionale E Provinciale. I Metodi Usati Sono: Markowitz Portfolio, Reti Complesse, Sistemi Di Ottimizzazione Vincolata. Operational Dedicated To The Economics Of Energy And Renewable Resources. The Purpose Of The Structure Is To Create Methods For The Optimization Of The Spatial Distribution Of Renewable Resources At The Regional And Provincial Level. The Methods Used Are: Markowitz Portfolio, Complex Networks, And Constrained Optimisation Systems.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Lucca

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

LU

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Piazza San Ponziano, n. 6

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

55100

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

05834326605

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

rettore@imtlucca.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

imtlucca@postecert.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Angelo

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Facchini

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Fccngl73t26i726w

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

angelo.facchini@imtlucca.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3337841703

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Angelo

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Facchini

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

FCCNGL73T26I726W

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

angelo.facchini@imtlucca.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3337841703

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

signed_1751961499128_CV_Facchini_IMT.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Giulio

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Bolzonetti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

BLZGLI63T10I156K

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

direttoregenerale@imtlucca.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

+39 0583 4326 570

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CurriculumGiulioBolzonetti_31.07.2024_GB.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Angelo Facchini - Professore Associato I3/A2 Gabriel Navarro Tillocca - Studente di Dottorato Emanuele Calò - Studente di dottorato

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

La ricerca è supportata da: 1) Ufficio dedicato all'interno della scuola IMT per la gestione degli aspetti amministrativi, contabili e regolatori nel rispetto dei bandi di ogni singolo progetto 2) Ufficio Relazioni Esterne, responsabile di una efficace campagna di comunicazione dei risultati ottenuti 3) L'area ICT che supporta la manutenzione degli impianti hardware usati per attività scientifiche The research is supported by: 1) Dedicated office within the IMT school for the management of administrative, accounting and regulatory aspects in compliance with the calls for each individual project 2) External Relations Office, responsible for an effective communication campaign of the results obtained 3) The ICT area that supports the maintenance of hardware systems used for scientific activities

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

La capacità di networking è concentrata sui gruppi accademici e industriali che lavorano nel campo delle energie rinnovabili. Il responsabile della struttura, Angelo Facchini, ha all'attivo oltre 40 pubblicazioni scientifiche che spaziano su ambiti legati alla sostenibilità e all'energia. Ha inoltre maturato una conoscenza profonda del sistema industriale italiano avendo servito come operation manager in Enel SpA dal 2012 al 2016. Le capacità di networking sono amplificate dalle relazioni esterne della Scuola IMT. The networking capacity is focused on academic and industrial groups working in the field of renewable energy. The head of the structure, Angelo Facchini, has over 40 scientific publications to his credit, ranging across areas related to sustainability and energy. He has also gained a deep knowledge of the Italian

industrial system, having served as operations manager in Enel SpA from 2012 to 2016. The networking capabilities are amplified by the external relations of the IMT School for Advanced Studies Lucca

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

La Scuola IMT Alti Studi Lucca è un'istituzione universitaria, di ricerca e alta formazione, con ordinamento speciale. Oggetto principale di studio è l'analisi dei sistemi economici, sociali, tecnologici e culturali. La Scuola IMT persegue e realizza l'integrazione tra ricerca e insegnamento. Sin dalla sua fondazione, stabilita con decreto del Ministero dell'Università e della Ricerca del 18 novembre 2005, si è distinta per la qualità e la capacità innovativa della sua ricerca e del suo programma di dottorato, e per la sua natura interdisciplinare, caratterizzata dalla complementarità di metodologie desunte da materie quali l'economia, l'ingegneria, l'informatica, la matematica applicata, la fisica, le neuroscienze cognitive e sociali, la storia politica, l'archeologia, la storia dell'arte e l'analisi e la gestione del patrimonio culturale. L'intersezione tra arte e tecnologia si riflette anche nel Campus residenziale, collocato per la maggior parte nel Complesso di San Francesco a Lucca, recentemente restaurato. L'intero Campus si trova nel centro storico della città, circondata dalle sue mura rinascimentali. Oltre agli alloggi per gli studenti, il Campus comprende laboratori, aule, uffici, la mensa e gli spazi ricreativi. Nella chiesa di San Ponziano si trova la Biblioteca della Scuola IMT, che mette a disposizione del pubblico interno ed esterno servizi di supporto alla ricerca e risorse multimediali e cartacee. La Scuola è sotto la direzione del Prof. Lorenzo Casini dal novembre 2024. La Scuola IMT offre programmi di dottorato interdisciplinari con la comune missione di favorire la ricerca interdisciplinare e di beneficiare della complementarità di molteplici metodologie desunte da materie quali economia, management, ingegneria, informatica, statistica, matematica applicata, fisica, neuroscienze cognitive e sociali, archeologia, storia dell'arte e analisi e gestione del patrimonio culturale. Queste discipline offrono un patrimonio di competenze unico e caratterizzante nell'ambito dell'analisi e della gestione di una pluralità di sistemi. The IMT Alti Studi Lucca School is a university, research and higher education institution, The main subject of study is the analysis of economic, social, technological and cultural systems. The IMT School pursues and implements the integration between research and teaching. Since its foundation, established by decree of the Ministry of University and Research on 18 November 2005, it has stood out for the quality and innovative capacity of its research and its doctoral program, and for its interdisciplinary nature, characterized by the complementarity of methodologies derived from subjects such as economics, engineering, computer science, applied mathematics, physics, cognitive and social neuroscience, political history, archaeology, history of art and the analysis and management of cultural heritage. The intersection between art and technology is also reflected in the residential Campus, located for the most part in the recently restored San Francesco Complex in Lucca. The entire Campus is located in the historic center of the city, surrounded by its Renaissance walls. In addition to student accommodation, the Campus includes laboratories, classrooms, offices, the canteen and recreational spaces. The IMT School Library is located in the church of San Ponziano, which provides internal and external public with research support services and multimedia and paper resources. The School has been under the direction of Prof. Lorenzo Casini since November 2024. The IMT School offers interdisciplinary doctoral programs with the common mission of promoting interdisciplinary research and benefiting from the complementarity of multiple methodologies derived from subjects such as economics, management, engineering, computer science, statistics, applied mathematics, physics, cognitive and social neuroscience, archaeology, history of art and analysis and management of cultural heritage.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Programmi di dottorato della Scuola IMT Alti Studi Lucca: Cultural systems Economics, Analytics and Decision Sciences Cognitive, Computational and Social Neurosciences System Science Management of Digital Transformation Social Sciences for Sustainability and Wellbeing Dottorato di interesse nazionale in Cybersicurezza Dottorato programs of the IMT School of Advanced Studies Lucca: Cultural systems Economics, Analytics and Decision Sciences Cognitive, Computational and Social Neurosciences System Science Management of Digital Transformation Social Sciences for Sustainability and Wellbeing Doctorate of national interest in Cybersecurity

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Ifn Sede Di Padova

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Ifn-Pd

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sede Dell'Istituto Di Fotonica E Nanotecnologie A Padova Rappresenta Un Centro Di Eccellenza Dedicato Alla Ricerca Avanzata Nei Campi Della Fotonica E Delle Nanotecnologie. Situata In Una Posizione Strategica, Questa Sede Si Distingue Per Moderni Laboratori Equipaggiati Con Tecnologie All'Avanguardia, Che Permettono Di Condurre Studi Innovativi E Di Alta Qualità. I Laboratori Ifn Sono Specializzati Nella Progettazione E Realizzazione Di Sistemi Ottici Per Applicazioni Scientifiche E Industriali, Nel Test E Nella Caratterizzazione Di Sistemi Ottici E Rivelatori, Con Particolare Attenzione All'Ultravioletto Da Vuoto E Alla Caratterizzazione Di Film Sottili, Nello Sviluppo Di Sistemi Di Ottica Adattiva, Nella Metrologia E Nella Spettroscopia Dei Gas. L'Ambiente Di Lavoro Favorisce La Collaborazione Interdisciplinare Tra Ricercatori, Ingegneri E Tecnici, Creando Un Dinamico Hub Di Idee E Innovazione. La Presenza A Padova Rafforza Ulteriormente La Rete Di Collaborazione Tra Università, Centri Di Ricerca E Industrie, Contribuendo Significativamente Allo Sviluppo Di Soluzioni Tecnologiche Che Rispondono Alle Sfide Scientifiche E Industriali Del Futuro.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Padova

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PD

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Veneto

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Trasea 7

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

35131

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0499816797

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

sandra.perazin@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ifn@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si n.d.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Luca

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Poletto

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Pltlcu68m22l840r

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

luca.poletto@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0499817786

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Sandra

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Perazin

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

PRZSDR69P45G224V

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

sandra.perazin@cnr.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo.ifn@pec.cnr.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0499816797

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Luca

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Poletto

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PLTLCU68M22L840R

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

luca.poletto@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0499817786

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CVeuropeanformat - Poletto_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italia

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Sandra

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Perazin

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

PRZSDR69P45G224V

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

sandra.perazin@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0499816797

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Sandra Perazin cv_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Nella sede operano 10 unità di personale di ricerca, 1 tecnico e 5 unità di personale amministrativo

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

n.d.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il CNR ha in attivo iniziative di diversa natura con istituzioni pubbliche, fra cui le università nazionali e internazionali, e istituzioni private, con Ministeri e altri Enti, sia territoriali, come le Regioni e gli Enti locali, ovvero per programmi di ricerca comunitari ed internazionali. Altresì il CNR partecipa ad Infrastrutture di Ricerca, quali ERIC, in qualità di Representing Entity per l'Italia.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

n.d.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Lens Cnr-Imm-Me-RII

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens Cnr-Imm-Me-RII

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

L'Unità Lens-Cnr-Imm-Me-RII Di Messina è Un Centro Con Competenze Consolidate In Microelettronica, Fotonica, Sensoristica E Materiali Avanzati. Inserita Nell'Istituto Per La Microelettronica E Microsistemi (Imm) Del Cnr, Promuove Lo Sviluppo Integrato Di Tecnologie Abilitanti Per Applicazioni Strategiche In Ambiti Quali Ambiente, Salute E Industria. Il Gruppo Possiede Competenze Avanzate Nella Sintesi E Caratterizzazione Di Nanostrutture, Nella Progettazione Di Sensori Ottici Ed Elettrici Ad Alta Sensibilità E Selettività, E Nello Sviluppo Di Dispositivi Innovativi Compatibili Con Processi Industriali. Particolare Attenzione è Rivolta Alla Prototipazione E Alla Personalizzazione Di Soluzioni Tecnologiche, Con Modalità Di Trasduzione (Ottica, Elettrica, Elettrochimica) In Base Alle Esigenze Applicative. L'Unità Dispone Di Facility Allo Stato Dell'Arte Per La Realizzazione E Caratterizzazione Di Nanostrutture Innovative Per Applicazioni Sensoristiche A Basso Costo E Compatibili Con I Processi Industriali, Sensori Ottici Ed Elettrici Ad Alta Selettività E Sensibilità, Analisi Mediante Spettroscopia Ottica E Imaging Avanzato. è Altamente Specializzata Nell'Uso Di Tecniche Avanzate Di Spettroscopia (Raman, Uv-Vis, Fotoluminescenza), Microscopia Elettronica A Scansione, Microscopia Confocale E Imaging Ottico, Strumenti Fondamentali Per La Caratterizzazione Strutturale, Ottica E Funzionale Dei Materiali. Queste Competenze Sono Supportate Da Laboratori All'Avanguardia, Potenziati Dalla Partecipazione All'Infrastruttura Beyond-Nano, Parte Della

Rete I-Phoqs Finanziata Dal Pnrr. Il Gruppo Affronta Progetti Complessi Con Un Approccio Multidisciplinare Che Integra Fisica, Chimica Dei Materiali, Ingegneria, E Vanta Una Solida Esperienza Nella Gestione Di Progetti, Con Partecipazioni A Programmi Nazionali E Internazionali E Collaborazioni Con Partner Industriali. La Collocazione All'Interno Dell'Università Degli Studi Di Messina Consente All'Unità Di Mantenere Un Legame Diretto Con Il Mondo Accademico, Contribuendo Alla Formazione Di Studenti E Dottorandi Attraverso Attività Di Laboratorio, Tirocini E Coinvolgimento In Progetti Di Ricerca Rafforzando Il Trasferimento Tecnologico. Il Team è Composto Da Ricercatori Con Competenze In Fotonica, Nanotecnologie, Sensoristica Ambientale, Spettroscopia Avanzata E Microfabbricazione, Alcuni Dei Quali Detentori Di Brevetti Nel Campo Della Sensoristica Portatile E Dello Sviluppo Di Dispositivi Intelligenti A Basso Costo. I Ricercatori A Tempo Determinato Garantiscono Un Supporto Operativo Altamente Qualificato, Con Una Profonda Conoscenza Delle Attrezzature E Dei Processi Sperimentali. L'Integrazione Tra Competenze Scientifiche, Infrastrutture Tecnologiche E Relazioni Strategiche Rende L'Unità Un Partner Affidabile Per Sfide Complesse E Per Contribuire Allo Sviluppo Di Soluzioni Innovative Ad Alto Impatto Scientifico, Economico E Sociale. L'Unità Nel Progetto Ha Un Ruolo Centrale Nello Sviluppo Di Biosensori Fluorescenti E Sensi Avanzati, Progettati Per Superare Le Prestazioni Dei Sistemi Attuali In Termini Di Sensibilità E Applicabilità Con Strutture Compatibili Con La Produzione Industriale Su Larga Scala. Tutti Gli Approcci Di Fabbricazione Saranno Compatibili Con Le Attuali Tecnologie Microelettroniche, Facilitando Il Trasferimento Tecnologico E La Commercializzazione Di Sensori Innovativi. L'Attività Dell'Unità Nel Progetto Permetterà Di Offrire Servizi Avanzati Di Biosensing. In Particolare, Grazie Alla Collaborazione Con I Partner Iphoqs, L'Unità Contribuirà Allo Sviluppo E Alla Caratterizzazione Personalizzata Di Biosensori Nanostrutturati Ad Alte Prestazioni, All'Accesso A Tecnologie Avanzate Di Micro/Nanofabbricazione E Spettroscopia Ottica, Alla Fornitura Di Servizi Per Applicazioni Biomediche, E Alla Capacità Di Ricerca E Sviluppo Collaborativa Per Partner Industriali Interessati Al Sensing Fotonico

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Messina

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

ME

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Viale Ferdinando Stagno D'Alcontres 31

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

98166

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

3479750635

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

alessia.irrera@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

PROTOCOLLO.IMM@PEC.CNR.IT

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Alessia

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Irrera

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Rrrlss74l50f158e

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

alessia.irrera@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3479750635

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Alessia

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Irrera

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

RRRLSS74L50F158E

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

alessia.irrera@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3479750635

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV IRRERA ALESSIA_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Antonina

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Paone

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

PNANNN79L44F158F

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

antonina.paone@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

3929770394

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Curriculum_Antonina_Paone[1][1].pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

L'unità IMM di Messina vede al suo interno due dirigenti di ricerca, due ricercatori, un collaboratore tecnico, due ricercatori a tempo determinato ed un tecnologo a tempo determinato. I dirigenti di ricerca possiedono ampio e certificato know-how nell'ambito sia nella ricerca scientifica che in ambito progettuale in diversi settori chiave delle nanotecnologie e della fotonica tra cui fabbricazione, caratterizzazione e applicazione di nanostrutture per applicazioni in fotonica, energetica e sensoristica. I ricercatori presenti nel gruppo sono esperti di sensoristica ambientale a basso costo e prototipazione per sensori portali con diversi brevetti in merito. Il personale a tempo determinato ha una notevole esperienza nelle varie attrezzature presenti nell'infrastruttura.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'unità operativa dispone di un'infrastruttura all'avanguardia per la fabbricazione, caratterizzazione e prototipazione di dispositivi basati su nanostrutture. In particolare, l'unità ha attrezzature allo stato dell'arte nella fotonica e nanotecnologie. In particolare, tra le attrezzature a disposizione dell'unità operativa è possibile citare un microscopio elettronico a scansione (SEM) Gemini460 ZEISS integrato con fotoluminescenza (PL) e spettroscopia Raman colocalizzata, dispersione a raggi X e litografia da fascio elettronico; un microscopio confocale Leica Stellaris 8 in grado di effettuare imaging FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy), SRS (Stimulated Raman Scattering) e CARS (Coherent Anti-Stokes Raman

Scattering); sono anche disponibili macchine di crescita avanzata come metallizzatori sputtering e un sistema ALD (Atomic Layer Deposition) per la deposizione atomica di materiali

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'IMM Messina possiede diverse attività di collaborazione attiva sia in ambito nazionale che internazionale tra cui possiamo citare quelle con Università degli studi di Messina, Università di Catania, Università degli studi di Bari, Università degli studi di Pavia, Università degli studi di Firenze, Università La Sapienza di Roma, Politecnico di Milano, Imperial College London, University College London, Austrian Institute of Technology, Universidad de Antioquia, CSIC Madrid, Boston University, Chinese Academy of Science

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

I vari membri dell'unità IMM di Messina partecipano attivamente in commissioni di dottorato, tirocini, tesi, progetti PCTO e varie attività divulgative sia in ambito scolastico che universitario. In particolare, l'unità è situata all'interno dei locali dell'Università degli studi di Messina con cui collabora attivamente in ambito formativo.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

L'unità fa parte del CNR che non risulta abilitato a rilasciare certificazioni formative. Tuttavia, i membri dell'unità partecipano attivamente in attività formative accreditate di vari enti universitari, tra cui commissioni di dottorato, tirocini e tesi. In particolare, l'unità è situata all'interno dei locali dell'Università degli studi di Messina con cui ha una forte collaborazione anche in questo ambito

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Sobigdata-Cnr-Icar-Na

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Sobigdata-Cnr-Icar-Na

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostuttura**

The Branch Of Napoli Of The Institute For High Performance Computing And Networking Of The National Research Council (Icar-Cnr) Offers Innovative Solutions In Terms Of Research, Technology Transfer And High Education In The Area Of Intelligent Systems With Complex Functionality (Cognitive Systems And Robotics, Knowledge Representation, Extraction And Reasoning, Human-Computer Interface, Optimization) And High Performance Computing (Cloud Computing, Parallel And Distributed Environments And Advanced Technologies For The Internet). In Particular, The Substructure Carries Out Applied Research And Technological Development Activities Aimed At Designing And Implementing Technological Platforms, Techniques, And Application Services Designed To Make Heterogeneous It Systems Interoperable With Each Other, Even On A Large Scale. By Integrating The Different Approaches Of Information Management, Data Interoperability, Machine Learning, And Cybersecurity, The Group Provides Solutions That Facilitate The Search, Accessibility, Interoperability, And Reuse Of Data In Distributed Information Systems, In Accordance With The Fair Principles (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). The Main Activities Carried Out Are: Design, Implementation, And Verification Of Architectural Models And Middleware Platforms, Including Those Based On Cloud Computing; Definition Of Smart Information Models For The Homogeneous Representation Of Data From Multiple Sources, To Support Information Retrieval; Definition And Application Of Techniques For Cybersecurity And Privacy Protection; Application And Implementation Of Techniques Based On Artificial Intelligence And Big Data Analytics Approaches For The Extraction, Analysis, And Classification Of Information; Definition Of Architectures Structured In Decentralized Modules For The Tracking And Certification Of Events Using Blockchain Technology And Smart Contracts; Analysis Of Supply Systems In Terms Of Innovative Products And Services (State Of The Art, Benchmarking,

National And International Projects); Management And Maintenance Of Hardware/Software Infrastructure, Information Systems, And Ict Services. This Substructure Carries Out Applied Research And Technological Development Activities Aimed At Designing And Implementing Technological Platforms, Techniques, And Application Services Designed To Make Heterogeneous It Systems Interoperable With Each Other, Even On A Large Scale. By Integrating The Different Approaches Of Information Management, Data Interoperability, Machine Learning, And Cybersecurity, The Group Provides Solutions That Facilitate The Search, Accessibility, Interoperability, And Reuse Of Data In Distributed Information Systems, In Accordance With The Fair Principles (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable).

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Napoli

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

NA

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Campania

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Pietro Castellino 111

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

80131

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0984493847

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

napoli@icar.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.icar@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Stefano

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Silvestri

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Slvsfn76t14f839q

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

stefano.silvestri@icar.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3356865089

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Stefano

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Silvestri

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

SLVSFN76T14F839Q

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

stefano.silvestri@icar.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3356865089

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_Stefano_Silvestri_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

*AI-PHOQUS_Avviso 310_Lettera di incarico Referente Scientifico Unità
Operativa_Silvestri_signed_signed.pdf*

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Roberta

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Ammendola

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

MMNRR97R54G813V

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

roberta.ammendola@icar.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

3493636614

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Curriculum Europass Ammendola Roberta_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

AI-PHOQUS_Avviso 310_Lettera di incarico Referente Amministrativo Unità Operativa_Ammendola_signed_signed.pdf

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The staff involved belongs to the SIM groups, and will provide 2 researchers, 1 applied scientist and 1 senior applied scientist, previously involved in research infrastructure projects, and several research and innovation projects. This research group carries out applied research and technological development activities aimed at designing and implementing technological platforms, techniques, and application services designed to make heterogeneous IT systems interoperable with each other, even on a large scale. By integrating the different approaches of Information Management, Data Interoperability, Machine Learning, and Cybersecurity, the group provides solutions that facilitate the search, accessibility, interoperability, and reuse of data in distributed information systems, in accordance with the FAIR principles (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). The group aims to promote the adoption and development of new ICT products, processes, and services through the definition, management, and validation of interoperable technological solutions capable of facilitating the collection, management, and understanding of different types of digital data, while complying with cybersecurity and privacy requirements. The application domains in which the human resources involved mainly operate include Digital Health, Urban Intelligence, Digital Social Sciences, and Smart Factory. The technological challenges faced by human resources are overcome by identifying architectural approaches based on standards and best practices, using relational and non-relational databases and data lakes, applying secure exchange methods, designing shared APIs, and defining techniques for extracting and analyzing information through artificial intelligence and big data analytics approaches. Technological challenges are addressed by identifying architectural approaches based on standards and best practices, using relational and non-relational databases and data lakes, applying secure exchange methods, designing shared APIs, and defining techniques for extracting and analyzing information through artificial intelligence and big data analytics approaches. Finally, it should be noted that the human resources involved have extensive experience in technology transfer processes and projects and in supporting innovation for SMEs in the region.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The substructure has a number of state-of-the-art devices for research, being part of the IR SoBigData at ICAR-CNR Naples branch, which consists of 29 servers equipped with more than 560 TB of total storage, including 6 servers dedicated to AI with state-of-the-art GPUs, capable of providing the scientific community with computing and storage capabilities for the development and sharing of methods and datasets. In addition, there is also a joint laboratory with an experimental environment for edge/cloud computing and

Internet of Things, specifically for the study of Smart City and Industry 4.0 services, equipped with servers, dorni, rovs, robots, sensors, IoT and network devices.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The structure collaborates with numerous Public Administrations, Universities, Public Research Institutions, SMEs and large enterprises, health care organizations, and standardization bodies in the national and European spheres to carry out activities to foster research and digital innovation in multiple and significant application areas. These collaborations are substantiated through joint participation in research and development projects, the conclusion of collaboration or consulting agreements, and the creation of working groups. Some of the most important are: European Commission. Agenzia per l'Italia Digitale. Dipartimento per la Trasformazione Digitale della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Ministero della Salute. Ministero dell'Economia e delle Finanze. Regioni. Sogei. University of Brighton. University of Essex. Università degli Studi di Napoli "Federico II". Università degli Studi di Napoli "Parthenope". Università degli Studi di Salerno. Università degli Studi di Macerata. Università della Calabria. Anglia Ruskin University, Cambridge, UK Università degli Studi di Messina. Fraunhofer Institute for Biomedical Engineering. Foundation for Research and Technology – Hellas. Istituto Nazionale Tumori IRCCS G. Pascale. Pineta Grande. Synlab SDN. Institute of Communication and Computer Systems. eHealthNet scarl. Projecto e Desenvolvimento Manutenção Formação e Consultadoria. Privanova. Sphynx Technology Solutions. TUV Trust IT. Engineering Ingegneria Informatica. Gesan. CID Software Studio. Kelyon. Sync Lab. SA Documents. HL7 Italia. UNI – Ente Italiano di Normazione. UNINFO – Ente Federato UNI per la normazione delle "Tecnologie informatiche e loro applicazioni". Agenzia per l'Italia Digitale.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Members of the structure have held courses at universities as adjunct professors for many years, as well as having tutored trainees, Ph.D. students and thesis students several times.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Insegnamento "Informatica" cdl magistrale in Odontoiatria e protesi dentaria Università della Campania "L. Vanvitelli" Insegnamento "Sistemi di Elaborazione delle Informazioni" cdl in Igiene Dentale Università della Campania "L. Vanvitelli" Insegnamento "Sistemi di Elaborazione delle Informazioni" cdl in Infermieristica Università di Napoli "Federico II" Insegnamento "Misure Elettriche" cdl in Tecniche di Radiologia Medica per immagini e radioterapia Università della Campania "L. Vanvitelli" Insegnamento "Reti di Calcolatori" Cdl Ingegneria Informatica Università Telematica "G. Fortunato" Insegnamento "Fondamenti di Informatica" Cdl Ingegneria Informatica Università Telematica "G. Fortunato" Insegnamento "Informatics" Shandong First Medical University, school of nursing

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6866321f4876931eb71c0763

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Dipartimento Di Informatica - Scienza E Ingegneria

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Disi

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Dipartimento Di Informatica - Scienza E Ingegneria (Disi) Nasce Nel Gennaio Del 2012 Con Il Fine Di Promuovere E Sviluppare Le Attività Di Ricerca Nell'Ambito Delle Scienze, Dell'Ingegneria E Delle Tecnologie Informatiche. Le Strutture E Le Attività Di Ricerca E Di Didattica Sono Dislocate Nelle Sedi Di Bologna E Cesena. Il Dipartimento Intende Perseguire L'Eccellenza Nella Ricerca Scientifica E Tecnologica In Ambito Informatico, Consolidare E Ampliare Le Attività Di Trasferimento Tecnologico Verso Enti Locali,

Imprese Del Territorio, Pubblica Amministrazione E Proseguire, Innovando, L'Attività Di Formazione Di Figure Professionali Nel Settore Informatico In Grado Di Rispondere Alle Richieste Del Mondo Del Lavoro.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Bologna

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

BO

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Emilia-Romagna

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Mura Anteo Zamboni, 7

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

40126

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

05120948

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

disi.ricerca@unibo.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

disi.dipartimento@pec.unibo.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si n.d.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Andrea

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Omicini

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Mcndr65c04a944p

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

andrea.omicini@unibo.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0512093047

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Teresa Maria

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Libonati

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

LBNTSM65R41F205T

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

teresamaria.libonati@unibo.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

disi.dipartimento@pec.unibo.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

3358023876

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Paolo

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Bellavista

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

BLLPLA72C15H294Y

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

paolo.bellavista@unibo.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3472930078

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

short_cv_Bellavista-signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Teresa Maria

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Libonati

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

LBNTSM65R41F205T

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

teresamaria.libonati@unibo.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0512091333

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Teresa_Maria-Libonati-31951-CV-signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Al DISI afferiscono 116 tra docenti e ricercatori di ruolo e più di 100 borsisti, assegnisti e dottorandi impegnati in aree di ricerca quali: Intelligenza Artificiale, Sistemi Autonomici e Complessi, Bioinformatica, Middleware e Reti di Calcolatori, Linguaggi di Programmazione, Metodi Formali, Sistemi Hardware e Software, Sistemi per la Gestione delle Informazioni, Sistemi Multimediali e le loro applicazioni in ambito medico, energetico, ambientale e sociale.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il DISI partecipa regolarmente a progetti di ricerca & sviluppo internazionali e nazionali, nelle diverse discipline afferenti alla ingegneria informatica e alla informatica. Di particolare interesse per il progetto AI-PHOQUS si ricordano: diversi progetti H2020 e HE su gemelli digitali di sistemi IoT e di networking (IoTwins, Change2Twin, ...) e su infrastrutture di rete avanzate beyond 5G, nonché l'ombrello di iniziative

ESFRI SLICES in termini di infrastrutture di ricerca; inoltre, il DISI ha sviluppato testbed di rilevanza internazionale all'interno dei progetti PNRR Partenariato Esteso RESTART e all'interno della Infrastruttura di Ricerca PNRR SoBigData.it.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il DISI ha un ampio bacino di relazioni internazionali con numerose università, centri di ricerca, competence center (ad esempio BI-REX), European Digital Innovation Hub (ad esempio BI-REX++) e imprese private nell'area ICT, sia nazionali che internazionali. Di pieno interesse per il progetto AI-PHOQUS, si ricordano le relazioni con i partner dei vari progetti EU sotto l'ombrello ESFRI SLICES, le intense collaborazioni con Northeastern University, USA, in ambito beyond 5G e con Dresden Technical University, Germany, in ambito quantum networking.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il DISI coordina 5 Lauree e 5 Lauree Magistrali nei settori dell'ingegneria informatica e informatica, sulle sedi di Bologna e di Cesena. E' inoltre attivo in numerosi corsi di master e di formazione per imprese (soprattutto nella macro-area Impresa 5.0). Maggiori dettagli possono essere trovati a questo URL: <https://disi.unibo.it/it/didattica/corsi>

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Il DISI coordina 5 Lauree e 5 Lauree Magistrali nei settori dell'ingegneria informatica e informatica, sulle sedi di Bologna e di Cesena. E' inoltre attivo in numerosi corsi di master e di formazione per imprese (soprattutto nella macro-area Impresa 5.0). Maggiori dettagli possono essere trovati a questo URL: <https://disi.unibo.it/it/didattica/corsi>

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cnr-Ino Sensori In Fibra Ottica Assistiti Da Intelligenza Artificiale

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens Cnr-Ino-Na-RII

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Cnr-Ino (Istituto Nazionale Di Ottica) Ss Napoli, Con Sede A Pozzuoli, Comprensorio A. Olivetti, Rappresenta Il Principale Polo Operativo Dell'Istituto Nell'Italia Meridionale. È Integrato Nell'Area Di Ricerca Cnr Napoli 3, Dove Sono Presenti Altri Istituti Del Dipartimento Di Fisica E Tecnologie Dei Materiali Del Cnr, Come Isasi E Spin, Consentendo Un'Interazione Continua Con Altri Attori Chiave Nella Ricerca E Sviluppo In Tecnologie Quantistiche. Istituito Nel 2001, Il Cnr-Ino_napoli È Una Sede Relativamente Giovane Che Ha Rapidamente Ampliato Le Sue Attività E Il Suo Personale Negli Ultimi Anni. Ha Ottenuto Riconoscimenti A Livello Nazionale E Internazionale Per I Suoi Ambiziosi Progetti E I Risultati All'Avanguardia In Vari Campi Della Fisica. In Particolare, Il Gruppo Sensori Ottici È Attivo Da Diversi Anni In Diversi Settori, Come La Sensoristica In Fibra Ottica, La Spettroscopia Di Precisione, La Sensoristica Ottica Avanzata, La Fotonica Applicata E Le Tecnologie Quantistiche, Concentrandosi Sia Sulla Fisica Fondamentale Che Sulle Potenziali Applicazioni Tecnologiche. Le Principali Aree Di Ricerca Sono: • Rilevamento In Fibra Ottica • Interferometria Ottica Ad Alta Sensibilità • Sviluppo Di Tecnologie Laser Avanzate • Interferometria A Singolo Fotone • Spettroscopia Ad Alta Precisione C'è Un Crescente Interesse Nell'Applicazione E Nell'Ottimizzazione Di Metodi Di Interferometria Laser Per Lo Sviluppo Di Nuovi Sensori Ottici. Questi Sensori Sono Caratterizzati Da Ampia Larghezza Di Banda, Risposta Attiva E Sensibilità Estremamente Elevata. Il Gruppo Studia Anche Fenomeni Di Interazione Luce-Materia Rilevanti Per La Fisica Fondamentale. Il Cnr-Ino_napoli È Un Nodo Cruciale Per La Ricerca Del Cnr-Ino Sulla Rilevazione Ottica, Con Particolare Attenzione A: Applicazioni Aerospaziali E Sismiche: Collaborazioni Con

Ingv-Osservatorio Vesuviano E L'Agenzia Spaziale Italiana (Asi). Applicazioni Industriali: All'Interno Del Centro Nazionale Pnrr 'Most' (Propulsione Innovativa). Nuove Tecnologie Per La Difesa: Partecipazione A Due Importanti Progetti Del Fondo Europeo Per La Difesa (Edf), Adequade E Cassata, Che Coinvolgono Oltre 30 Partecipanti Europei, Tra Cui Thales Alenia Space E Leonardo Spa. Il Gruppo Sensori Ottici Coordina Inoltre Quattro Progetti Prin (Mur), Un Progetto Dell'Agenzia Europea Per La Difesa (Eda) E Un Laboratorio Congiunto Asi-Ino Focalizzato Sulla Metrologia Di Frequenza E Sui Sensori Di Navigazione Avanzati. Inoltre, Il Gruppo è Attivamente Coinvolto In Reti Europee E Collaborazioni Bilaterali Con Istituti Di Ricerca Di Alto Profilo, Nonché Con Diverse Aziende Locali, Nazionali E Internazionali Su Temi Di Sensoristica Ottica Avanzata.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pozzuoli

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

NA

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Campania

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Campi Flegrei 34

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

80078

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

+390818675424

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

gianluca.gagliardi@ino.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Saverio

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Avino

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Vnasvr77d21f839u

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

saverio.avino@ino.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3332690756

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Saverio

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Avino

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

VNASVR77D21F839U

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

saverio.avino@ino.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

081-8675429

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_Avino_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Stefania

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Arminio

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

RMNSFN77E69F839K

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

stefania.arminio@ino.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

081-8675366

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

cv_PON_STEFANIA ARMINIO_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

La sede CNR-INO_Napoli opererà con un team di 22 membri, le cui competenze spaziano in una vasta gamma di settori, dall'ottica classica e quantistica alla sensoristica in fibra ottica, alla spettroscopia, all'interferometria di precisione e alla fisica fondamentale. Il team sarà strutturato come segue: • Personale a tempo indeterminato: 8 membri (1 Direttore di Ricerca, 2 Ricercatori Senior, 1 Ricercatore, 1 Funzionario Amministrativo, 1 Collaboratore Amministrativo, 2 Collaboratori Tecnici). • Personale a Tempo Determinato: 9 membri (2 Ricercatori, 5 Assegnisti di Ricerca/Borsisti, 2 Dottorandi). • Personale Esterno/Associato: 5 membri (2 Docenti Universitari, 3 Ricercatori di altri Istituti/Università).

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'Unità CNR-INO_Napoli avrà pieno accesso a tutte le strutture dell'Istituto per svolgere le proprie attività. Queste includono: • Sei laboratori esclusivi situati all'interno dell'Area di Ricerca CNR Napoli 3. • Un laboratorio di elettronica esclusivo, anch'esso all'interno dell'Area di Ricerca CNR Napoli 3. • Un sistema ottico interferometrico mobile per la rilevazione inerziale. • Un sistema digitale mobile ad alte prestazioni per l'acquisizione, l'elaborazione e il controllo di sistemi optoelettronici. • Un sistema per la generazione e la rivelazione di singoli fotoni annunciati e entangled. • Due pettini di frequenza ottica di ultima generazione collegati al collegamento ottico che trasporta il riferimento di frequenza primario dell'INRIM di Torino. • Un sistema ottico spettroscopico mobile per misure di Carbonio-14. • Un sistema ottico mobile per la scansione ottica di manufatti archeologici e opere d'arte. • Tre stazioni per la giunzione, l'elaborazione e l'ispezione di fibre ottiche standard, PM e microstrutturate. • Una workstation esclusiva per l'elaborazione di immagini e il calcolo avanzato. Questi laboratori sono tutti dotati di strumentazione scientifica di alto livello, sia commerciale che sviluppata su misura. Inoltre, i ricercatori del CNR-INO_Napoli possono accedere a strutture condivise all'interno dell'Area, come un laboratorio chimico e una camera bianca.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'UO beneficerà dell'ampia attività di networking dell'Istituto, caratterizzata da una consistente produzione di pubblicazioni scientifiche e brevetti internazionali (www.ino.it) e da un'ampia apertura a relazioni e collaborazioni scientifiche con partner internazionali. INO-Napoli è stato uno dei principali partner scientifici del progetto "P.O.N.-S.I.M.O.N.A." 2002-2006 sui sistemi ottici per il monitoraggio ambientale, nonché del Centro di Competenza Regionale (P.O.R.) della Campania per l'"Analisi e il Monitoraggio del Rischio Ambientale" (AMRA). INO è stato responsabile di un progetto di ricerca internazionale (2002-2004) per lo "sviluppo di spettrometri laser per l'analisi remota di gas vulcanici", finanziato dall'Istituto Italiano di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in collaborazione con unità di ricerca dell'Università di Cambridge (Regno Unito), della Rice University (Houston, Texas, USA) e della Seconda Università degli Studi di Napoli. L'INO-

Napoli ha partecipato al programma di cooperazione internazionale 2009-2011 tra CNR (Italia) e CSIR (India) con un progetto di ricerca congiunto sui "Sensori ottici a fibra ottica a onde evanescenti" con il CGCRI-Calcutta, e al programma di cooperazione bilaterale tra Italia e Israele con un progetto di ricerca congiunto dal titolo "Sorgente luminosa ad alta potenza media nel verde (HALG)". L'istituto ha recentemente partecipato a un progetto collaborativo finanziato dall'UE dal titolo "Olografia digitale per oggetti reali 3D e 4D, acquisizione, elaborazione e visualizzazione" (Real 3D), coordinato dall'Università di Oulu (FI) (<http://www.digitalholography.eu/index.html>). Negli ultimi anni sono state svolte diverse attività di cooperazione con diverse istituzioni accademiche e organizzazioni di ricerca. Tra queste, il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non Lineare (L.E.N.S.); il Dipartimento di Scienze Ambientali della Seconda Università di Napoli (Italia); il Dipartimento di Chimica della Queen's University di Kingston (Canada); Centro di Fotonica e Ingegneria Ottica - Facoltà di Ingegneria, Università di Cranfield (Regno Unito); Centro di Ricerca sui Sensori in Fibra Ottica (OFSRC), Università di Limerick (Irlanda); Centro per le Onde Gravitazionali, Università Nazionale Australiana, Canberra (Australia); Laboratorio di Nanofotonica e Biosensori, Istituto Max Planck (Erlangen, Germania). L'istituto collabora inoltre con l'INGV di Napoli per studi sull'attività sismica e vulcanica nell'ambito di un ampio progetto di "perforazione profonda della crosta terrestre" finanziato dal consorzio internazionale ICDP (International Continental Scientific Drilling Program). Attualmente, l'istituto è coinvolto in numerosi progetti nazionali finanziati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca italiano. Tra queste, quelle relative alle applicazioni di rilevamento includono il codice PON-BackOP PON01_01209 (nuovi backplane interamente in fibra ottica per telecomunicazioni ad alte prestazioni), il codice PON Monica PON01_01525 (sistemi ottici per il monitoraggio ambientale) e il codice FIRB Drops RBFRI0Q0PT_001 (sensori in fibra ottica per il monitoraggio delle radiazioni ionizzanti). INO vanta inoltre intensi programmi di collaborazione internazionale con: il Central Glass & Ceramic Research Institute (CGCRI) del CSIR, Calcutta, India (CNR-CSIR 2009-2011), il Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)-Molecular Foundry, Berkeley, USA (proposta utente approvata nel 2013) e l'Institute of Photonics and Electronics-Dept. of Optical Sensors, Praga, Repubblica Ceca (programma di mobilità a breve termine 2013).

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il CNR-INO Napoli fa parte della rete CREO, un gruppo di 26 istituti del CNR in Campania dedicati alla divulgazione scientifica, in particolare nel campo delle tecnologie di comunicazione quantistica e della sensoristica avanzata. Il CNR-INO Napoli partecipa attivamente a eventi di divulgazione. Questa attività accresce la visibilità locale e amplia le partnership con altre istituzioni regionali. Tra gli eventi di rilievo figurano la "Notte dei Ricercatori", "Futuro Remoto" e "Parla Potabile". L'Istituto ospita regolarmente studenti delle scuole superiori per le iniziative "Percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO)" e studenti universitari per tirocini curriculari. Molti dottorandi proseguono i loro studi nei laboratori del CNR-INO Napoli. Inoltre, alcuni ricercatori della struttura insegnano presso l'Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli" tramite una specifica convenzione con l'università.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

È importante sottolineare che la sede del CNR-INO Napoli, in quanto sede secondaria di un ente di ricerca, non rilascia direttamente titoli accademici. Tuttavia, come precedentemente evidenziato, contribuisce in modo significativo ai programmi formativi di altre istituzioni accreditate.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Bio - Photonics And Imaging

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Nanotec-Le-R12

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Cnr Research Unit, Lens-Cnr-Nanotec-Le-R11, Was Established Approximately 10 Years Ago Within The Beyond Nano Project. This Infrastructure Complements The Leading Expertise Present In Cnr Facilities In Southern Italy In The Fields Of Advanced Materials And Nanotechnologies. Its Goal Is To Explore All Technological Solutions Related To The Use Of New Semiconductors, Starting From Material Synthesis, Through The Development Of Prototype Devices, Up To The Development Of Micro- And Nano-Machining Processes That Meet Industry Standards For Semiconductor Manufacturing. Subsequently, The Unit Has Developed Advanced Photonic Technologies Not Only In The Field Of Innovative Materials But Also In Biotechnology. Today, This Unit Stands Out For Its Multidisciplinary Approach, Combining Skills In Nanophotonics, Bioengineering, And Materials Science To Address High-Level Scientific And Technological Challenges. The Main Activities And Expertise Developed Within This Unit Include: 1. Near-Field Optical Microscopy (Snom): Essential For Nano-Imaging And Nano-Spectroscopy, Allowing Detailed Analysis Of Materials At The Nanometric Scale. The Integration Of This Technique With Artificial Intelligence And Machine Learning Algorithms Is Crucial To Improve Spatial Accuracy, Data Fidelity, And Analytical Efficiency. 2. 2d Material-Based Nanotechnologies: This Activity Involves Studying And Characterizing Two-Dimensional Materials, Known As 2d Materials, Which Are Extremely Interesting In The Field Of Photonics, Optoelectronics, And Nanotechnologies Due To Their Atomic Structure And Unique Properties. Recently, 2d Materials Have Been Integrated With Biological Materials Like Functionalized Dna Probes, To Create Highly Sensitive Nanophotonic Sensors For Biomarker Detection. Ai Implementation Would Enable Analysis Of Optical Fingerprints Generated By The Interaction Between Probe And Target, Allowing Rapid And Precise Diagnosis Of Pathological Conditions. 3. Research On Biophotodetectors And Bioelectronic Systems: The Unit Develops Networks Of Bio-Photodetectors Based On Artificial Lipid Membranes And Photosensitive Proteins Capable Of Dynamically Responding To Light With Changes In Conductance And Capacitance. Ai Could Be Used To Decode Complex Signals In Real-Time, Opening New Avenues In Bioelectronics. 4. Multimodal And Correlative Microscopy (Mmc): In Recent Years, The Unit Has Focused On Developing Multimodal Microscopy Systems That Integrate Data From Different Imaging Techniques—Such As Optical (Fluorescence, Confocal, Super-Resolution), Spectroscopic (Raman), And Morphological (Afm)—To Obtain Detailed Spatial, Temporal, And Functional Information From Biological Samples And Advanced Materials. Using Advanced Optical, Electronic, And X-Ray Platforms, They Are Building A Complete Workflow For Correlative Microscopy, Aligning Data From Multiple Sources On The Same Sample. Ai Integration Supports Automated Analysis Of Large Datasets, Multimodal Data Fusion, And Predictive Model Development For Applications In Biomedicine, Smart Industry, And Digital Health, With Potential Impacts On Technologies Like Digital Twins, Organ-On-Chip Systems, Liquid Biopsies, And Advanced Sensors. The Unit Aims To Revolutionize Nanoscopic And Biomolecular Characterization, Accelerating The Discovery Of New Materials And Devices, Improving Early And Personalized Diagnosis Techniques, And Contributing To The Development Of Intelligent Systems For Health And Industry. The Synergy Between Nanotechnology, Ai, And Photonics Allows Tackling Complex Scientific Challenges, Promoting Innovation And Sustainability.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Lecce

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

LE

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Puglia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via per Monteroni

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

73010

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0832319701

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.nanotec@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Milena

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

De Giorgi

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Dgrmln73a68h793g

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

milena.degiorgi@pec.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3473807949

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Milena

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

De Giorgi

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

DGRMLN73A68H793G

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

milena.degiorgi@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3473807949

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Curricul Vitae Milena De Giorgi 2025 June-signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Samuele

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Vincenti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

VNCSML77T14L419J

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0832319701

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EU Samuele Vincenti 01_25_signed-1.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The operative unit has a team of highly qualified and specialized human resources consisting of 2 research manager, 3 senior scientists, 4 researchers, 1 technician, and 4 PhD students with advanced skills in photonics, innovative materials, nanotechnology, and bio nanotechnology. In addition, the unit can rely on a manager for the project management part and an administrative unit to support all the administrative-accounting management part of the projects. These professionals work in synergy, carrying out cutting-edge research projects, developing new techniques and applications in the field. Their expertise ranges from the

design of innovative photonic devices and sensors, to the manipulation of materials at the nanometer level, to the study of biomedical and environmental applications of nanotechnology.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

This unit can count on several infrastructures present within CNR Nanotec in Lecce, with its 2,500 square meters equipped with modern laboratories and state-of-the-art equipment, including an advanced photonics facility, a chemistry facility, a biotechnology facility and a fabrication facility, as well as a prototyping device facility. The research unit especially has fabrication and characterization facilities, which offer know-how and samples including direct laser writing systems, nanostructured 2D materials, and advanced lithography and machining processes for the integration of photonic materials into functional nanoarchitectures and the development of biodevices. Among the state-of-the-art instrumentation, the business unit already has a SNOM capable of working at low temperatures and a confocal system for screening biological samples with minimal sample preparation, which forms the core of a correlative imaging infrastructure along with other labeled optical techniques and ultrastructural analysis in electron microscopy. In addition, this unit has developed a whole series of national and international collaborations based on various national and European projects and under the PNRR within the I-PHOQS relocated infrastructure to systematize instrumentation and human resources at CNR-LENS, CNR-ELI, CNR-Beyond-NANO and POLIMI-CUSBO. These resources enable research at the highest level, from the synthesis of new materials to their detailed analysis and the creation of prototypes and experimental devices.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The research unit has numerous long-standing national and international scientific collaborations with leading research groups from prominent academic institutions, research centers, and industrial partners, involved in joint projects related to photonic device engineering, materials science, and biotechnology, including the PNRR project, "Integrated Infrastructure Initiative in Photonics and Quantum Science" (I-PHOQS), the EIC-PathFinder-Open project, Neuromorphic Polariton Accelerator - (PolArt), the ERC Proof of Concept, HySENSE 2025, and the ERC-StG project "Sensing CELL-cell INTERaction heterogeneity in 3D tumor models: toward precision MEDicine" (INTERCELLMED). In particular, from a technological perspective, the unit benefits from access to advanced fabrication and characterization facilities, complementary to those already available within the unit's facilities, providing both know-how and sample production capabilities. These include direct laser writing systems for micro- and nano-structuring of materials (Hannover University, Politecnico di Milano), nanostructuring and modeling of 2D materials (Korean University, Groningen University, Southern Denmark University), and advanced lithography and processing flows (The Molecular Foundry, Princeton University) for the integration of photonic materials into functional nanoarchitectures and the development of bio-devices. The unit also leverages strong collaborations with the University of Exeter and the University of Southern Denmark for processing 2D materials such as transition metal dichalcogenides and graphene, and for biosensor fabrication, with Roma Tre University and King's College London for proteorhodopsin engineering, and with the CNR Institute of Crystallography for the crystallographic study of proteorhodopsin. Additionally, the unit will benefit from external collaborations with IRCCS Ospedale San Raffaele for the study of DNA probes and markers relevant to specific pathologies. Among industrial partners, the research unit has developed strategic alliances in recent years with major global companies such as ZEISS, HP, IBM, and the San Raffaele Hospital, supporting R&D activities and European research projects, and accelerating technology transfer. As an official ZEISS labs@location hub, the unit hosts and contributes to professional training programs focused on AI-based imaging workflows.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

The research unit is engaged in training activities, which consist of numerous initiatives aimed at fostering the education of students, undergraduates, doctoral students and young researchers. In particular, the research unit actively participates in doctoral committees, both as members of selection committees and as thesis supervisors, contributing significantly to the growth of future researchers. It also organizes and participates in advanced educational courses aimed at doctoral students, with a focus on innovative technologies, advanced research methodologies and applications in the fields of photonics, nanotechnology and biotechnology. Courses range from theoretical foundations to practical approaches to data analysis, theoretical modeling, and prototype development, enabling students to develop high-quality theoretical and practical skills. This participation enables PhD programs to be enriched with advanced, applied research-oriented expertise in both photonics and biotechnology. In addition to the training courses, the research unit

hosts PhD students who develop their research projects within the facilities of CNR Nanotec. PhD students actively contribute to research activities while gaining hands-on experience in highly skilled environments, working closely with senior researchers who guide them in all aspects of scientific work. The unit also hosts internships for undergraduates, designed to supplement students' academics with practical field experience, with the goal of fostering a smooth transition into the world of work or an academic career, allowing students to connect with a cutting-edge research environment. In addition, the research unit is also involved in high school-oriented training initiatives, such as the PTCO (Transversal Pathways for Skills and Orientation) program. These pathways offer high school students the opportunity to participate in laboratory activities, seminars, and science projects in photonics, biotechnology, and nanotechnology with the aim of stimulating students' interest in STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) activities and orienting their future career choices in science and technology.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

As a research institution, the UO cannot accredit the educational activities in which it is involved but as mentioned earlier it actively collaborates with research and teaching partners such as the various universities and in particular with The University of Salento.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Bn-Cnr-Imm-Ct-R11

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Silicon Photovoltaics

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Operational Unit Bn-Cnr-Imm-Ct-R11 Belongs To The Headquarters Of The Institute For Microelectronics And Microsystems (Imm) And Has Expertise In The Development Of Technologies For The Fabrication And Characterization Of Microelectronic Devices, Particularly In Materials And Devices For Photovoltaics, A Field In Which It Has Been Active For Several Years. The Laboratory Where The Unit Operates Is Part Of The Beyond Nano Infrastructure, Which Participates In The Pnrr I-Phoqs Network, And Is Known As Labpv Due To Its Specialization In The Photovoltaic Sector. The Lab Covers An Area Of 400 M² And Is Located Within The 3sun Facility Of Enel, A Strategic Position That Fosters Collaboration With The Company And Enables A Continuous Exchange Of Ideas, Materials, And Devices Between The Researchers Of The Operational Unit And 3sun, Which Is Building The First Heterojunction Solar Cell Factory In Europe. This Proximity Ensures That The Unit Is Constantly Engaged With The Forefront Challenges Of Technological Industrial Innovation. The Bn-Cnr-Imm-Ct-R11 Unit Has Extensive Experience In The Structural, Optical, And Electrical Characterization Of Solar Cells And, More Broadly, Of Electronic Materials And Devices. This Expertise Has Been Developed Through The Use Of Various Analytical Techniques, Such As Uv-Vis And Ftir Spectroscopy, Raman Spectroscopy, Photoluminescence, Scanning Electron Microscopy, And Indoor And Outdoor Electrical Characterization Of Solar Cells. The Long-Standing Activity Of The Unit Is Strongly Supported By Numerous Publications, Collaborations, And Contracts With Companies, As Well As By Participation In National And International Projects.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Catania

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

CT

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Stada VIII n.5

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

95121

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0955968213

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

amm@imm.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

PROTOCOLLO.IMM@PEC.CNR.IT

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Stefania Maria Serena

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Privitera

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Prvsfn75e44c351c

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

stefania.privitera@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0955968233

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Stefania Maria Serena

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Privitera

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PRVSFN75E44C351C

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

stefania.privitera@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3393984844

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV StefaniaPrivitera EUformat_2025_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Rossella Antonella

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Patanè

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

PTNRSL83A57C351L

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

rossellaantonella.patane@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0955968279

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV Patanè Rossella Antonella 04_07_25_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The unit is composed of a research director, a senior researcher, a technologist, a fixed-term researcher, and a research fellow, with expertise in the characterization of devices and solar cells indoor and in outdoor conditions, and systems for solar fuels production.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The unit uses the equipment available in the Beyond Nano laboratory, in particular a sputtering system and an evaporator for the deposition of transparent conductive oxides and metals, respectively. The laboratory is also equipped with a screen printer for the fabrication of metallic contacts and a laminator for the realization of photovoltaic mini-modules. For the characterization of materials and devices, the laboratory is equipped with a confocal microscope, a SEM-FEG microscope with EDX for chemical species detection, a UV-Vis spectrometer, a FTIR spectrometer and a system for quantum efficiency measurement. Moreover, there are three probe stations and a class AAA solar simulator for PV cell characterization and a climate chamber equipped with a solar simulator for the characterization, including reliability testing, of photovoltaic modules up to 1 m × 1 m in size.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The IMM laboratory in Catania is currently centered around the recently established Beyond-Nano facility, funded by the Italian Ministry of University and Research (MUR), the Sicily Region, and the National Research Council (CNR). The facility focuses on technologies for power and RF electronics, advanced photovoltaics, and the characterization of materials and devices. Significant upgrades to the laboratory equipment have recently been achieved through PNRR - Next Generation EU projects, particularly I-PHOQS. Currently, CNR-IMM as a whole, and this laboratory in particular, are leading the Micro_Tech_for_Green project, focused on new technologies for power electronics and sensors. This project is part of the European Union's initiative for an Important Project of Common European Interest on Microelectronics and Communication Technologies (IPCEI-ME/CT), within the framework of the EU Chips Act industrial research initiative.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

The members of the research unit have carried out teaching activities as members of PhD committees for the assignment of doctoral scholarships, as external evaluators of PhD theses, and have served—and currently serve—as supervisors of PhD students conducting their research activities within the operational unit

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

68663ad63d57565c6636782b

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Mobile And Distributed Systems Laboratory

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Mdslab

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Gruppo Di Lavoro Sui Sistemi Mobili E Distribuiti (MdsLab) è Nato Dal Lavoro Costante Del Suo Responsabile Scientifico Il Professor Antonio Puliafito, Coinvolge Oggi Circa 30 Tra Ricercatori E Collaboratori E Rappresenta Un'Importante Realtà Nell'Ambito Della Ricerca Scientifica Applicata Alla "Computer Science" (MdsLab.Unime.It). MdsLab Ha Prodotto Una Notevole Attività Di Ricerca Scientifica, Riconosciuta E Apprezzata A Livello Internazionale, In Particolare Nell'Ambito Del Cloud Computing, Della Internet Delle Cose E Reti Di Sensori, Occupandosi Inoltre Di Grid Computing, Mobile Middleware, Modellazione E Valutazione Delle Prestazioni, Multimedia, Rfid, Sicurezza E Ulteriori Aspetti Dell'Ingegneria Del Software. Sono Attività Che Hanno Consentito A Questo Gruppo Di Ricerca Di Essere Promotore E Partner Di Diversi Progetti Di Interesse Nazionale Ed Europeo. Tra Questi Spiccano I Progetti Europei 'Vision-Cloud', 'Cloudwave', 'Beacon', 'Reservoir 'E 'Slices-Pp' In Cui Si è Acquisita Notevole Esperienza Sulle Architetture Cloud E Sull'Internet Delle Cose (Iot). Inoltre, MdsLab Ha Costantemente Realizzato Attività Di Trasferimento Tecnologico Verso Le Aziende. Alcuni Dei Componenti Del Gruppo Hanno Creato Spin-Off Universitari Di Successo In Ambito Iot E Cloud. Il Gruppo Collabora Regolarmente Con Numerose Aziende Che Utilizzano Alcune Delle Soluzioni E Dei Prodotti Di Ricerca Sviluppati Al Suo Interno. All'Interno Del Progetto Slices, Cura Lo Sviluppo Del Blueprint Cloud/Edge Per Lo Sviluppo Di Servizi In Ambito Industriale.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Messina

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

ME

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Contrada di Dio I

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

98166

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0906765567

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

antonio.puliafito@unime.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

dipartimento.ingegneria@pec.unime.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si Bilancio unico, Contabilità separata per centro di spesa

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italia

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Antonio

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Puliafito

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Plfntn65m24c351a

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

antonio.puliafito@unime.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3486052885

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italia

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Simona

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Caudo

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

CDASMN77M61F158F

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

simona.caudo@unime.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

dipartimento.ingegneria@pec.unime.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0906768158

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Antonio

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Puliafito

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PLFNTN65M24C351A

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

apuliafito@unime.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3486052885

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CURRICULUM-Antonio_Puliafito-signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Simona

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Caudo

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

CDASMN77M61F158F

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

scaudo@unime.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

320 4448696

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV_Simona Caudo (1).pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il gruppo MDSLAB è attualmente costituito da 3 PO del settore IINF/05, 1 PO del settore Inf/01, 3 PA del settore IInf/05, 1 RTDB del settore IINF/05, 2 RTDA del settore IINF/05 ed 1 RTDA del settore INF/01. Sono inoltre presenti un significativo numero di contrattisti e borsisti di circa 15 unità, oltre a 5 studenti di dottorato.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il nodo SLICES di Messina è un elemento fondamentale del contributo italiano all'infrastruttura di ricerca europea SLICES. Supporta la sperimentazione e l'innovazione nei sistemi cyber-fisici decentralizzati, concentrandosi sul calcolo edge-to-cloud, sull'orchestrazione basata sull'intelligenza artificiale e sulla softwareizzazione delle reti. Il nodo combina risorse di calcolo eterogenee, dispositivi programmabili e ambienti reali per consentire la ricerca avanzata su larga scala. L'infrastruttura presenta un'architettura modulare che combina cluster ad alte prestazioni con acceleratori programmabili e sistemi embedded. Questi sono orchestrati lungo l'intero continuum di calcolo, dai server cloud ai nodi di classe microcontrollore, utilizzando tecnologie come Docker, OpenStack e Kubernetes. Gli esperimenti sono riproducibili, multi-tenant e supportano sia la ricerca sui sistemi di basso livello che il test di applicazioni distribuite. Il nodo di Messina consente la sperimentazione nell'ambito dell'Internet of Things (IoT) e dei sistemi cyber-fisici (CPS). Le infrastrutture includono reti di sensori, piattaforme embedded e sistemi robotici mobili come UAV (Unmanned Aerial Vehicle) e AGV (Automated Guided Vehicle). Questi vengono implementati in banchi di prova che riflettono contesti reali come edifici intelligenti, siti industriali e ambienti urbani. Le risorse mobili operano individualmente o come sciami, supportando studi sull'intelligenza distribuita, l'autonomia coordinata e l'esecuzione resiliente delle attività. Ciò consente la ricerca sul controllo critico per la latenza, l'adattamento delle missioni e l'orchestrazione multi-agente lungo il continuum edge-cloud. L'infrastruttura software è stratificata per la programmabilità full-stack. L'orchestrazione si basa su OpenStack e Kubernetes, estesa con funzionalità specifiche per ciascun dominio. Il nodo integra Stack4Things, un framework basato su OpenStack che consente l'orchestrazione e il controllo IoT-aware di dispositivi vincolati all'interno di flussi di lavoro continui. Incorpora anche Wasmbed, che consente agli orchestratori di interagire con i runtime WebAssembly (WASM) sui microcontrollori. Ciò consente l'implementazione unificata di logica portatile e compatibile con il Web su dispositivi eterogenei. Il nodo supporta il deviceless computing, un'interpretazione edge-oriented del serverless computing, in cui le funzioni basate su eventi vengono attivate dinamicamente in prossimità delle sorgenti dati. Ciò consente l'esecuzione efficiente di servizi leggeri su nodi distribuiti, migliorando la reattività e riducendo al minimo i costi di gestione. Gli strumenti di monitoraggio e profilazione sono integrati a tutti i livelli, consentendo l'osservabilità e il benchmarking dall'infrastruttura all'applicazione. Ciò supporta la riproducibilità e il confronto delle prestazioni tra siti. La sicurezza è una priorità assoluta. Il nodo supporta il test di protocolli di comunicazione sicuri, analisi che tutelano la privacy e controllo resiliente. Gli ambienti sandbox consentono studi sulle superfici di attacco, sull'isolamento e sull'orchestrazione sicura in condizioni avverse. Il nodo di Messina si allinea al modello di federazione di SLICES-RI. Utilizza API standard, protocolli di identità e descrittori di esperimenti per interagire con i siti nazionali ed europei. L'integrazione con il piano di controllo di SLICES supporta una sperimentazione multi-sito senza interruzioni. Il nodo SLICES di Messina offre una piattaforma versatile per la ricerca su CPS sicuri, intelligenti e decentralizzati. Grazie al solido supporto per implementazioni reali, orchestrazione continua, modelli di esecuzione senza dispositivi e sperimentazione di sciami mobili, potenziati da tecnologie come Stack4Things e Wasmbed, consente una ricerca riproducibile e di grande impatto ai margini dell'infrastruttura digitale.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Collaboriamo regolarmente con gruppi di ricerca italiani e di altri paesi. In particolare, esiste una forte collaborazione con l'Università di Bologna (gruppo del prof. Bellavista) che riguarda i sistemi Cloud ed il cloud continuum, sviluppata negli ultimi 3 anni all'interno dei progetti PRIN Joule e SLICEC-PP. Con l'Università di Pisa (Prof. Giuseppe Anastasi) lavoriamo su aspetti legati alla condivisione delle risorse ed i protocolli di comunicazione avanzati. Con Trento, Trieste, Napoli lavoriamo nel PNRR SECCO-OC su aspetti di sicurezza in ambito Cloud e sistemi distribuiti in generale. Con Benevento (prof. Eugenio Zimeo) collaboriamo all'interno del CINI nella conduzione del laboratorio Smart Cities & Communities. Collaboriamo attivamente con la PMI innovativa SmartME.io, originariamente spin-off dell'Università di Messina, con cui abbiamo sviluppato il framework Stack4Things, usato in diverse applicazioni industriali e di

smart cities. Come confermano le numerose pubblicazioni congiunte, collaboriamo con il gruppo di ricerca della University (prfo. Kishor Trivedi) su aspetti legati alla modellazione ed alla valutazione delle prestazioni e dell'affidabilità dei sistemi. Con l'Università di Cartagena (Prof. Jaïoan Garcia Haro) lavoriamo su LoRaWan ed aspetti legati all'ottimizzazione di questo protocollo di comunicazione. Con l'Università di Rosario (Argentina) abbiamo recentemente siglato un accordo di collaborazione su didattica e ricerca. Con l'IIT di Allahabad (India) (prof. OP Vyas) da anni portiamo avanti ricerca congiunta su Smart cities ed AI con particolare riferimento ad applicazioni di federated Learning, con scambio di studenti di Master e di dottorato). Con l'Università di NordEastern a Boston (Prof. Francesco Restuccia) lavoriamo su FPGA ed AI con relativo scambio di studenti. Collaboriamo regolarmente con La STMicroelectronics su numerosi progetti di ricerca e di formazione. Con loro realizziamo anche momenti di trasferimento tecnologico ad es. all'interno dell'evento i-cities organizzato dal CINI. Con Squadra IoT ci occupiamo di applicazioni industriali in ambito Internet of Things. Collaboriamo con i gruppi di ricerca CNR dell'IIT e ICAR all'interno dei progetti Slices e SoBigData.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Essendo una gruppo universitario curiamo necessariamente la formazione all'interno di numerosi insegnamenti nei nostri corsi di laurea triennale, specialistica e PhD. I corsi riguardano Informatica di base, Reti di calcolatori, Sicurezza informatica, AI, Valutazione delle prestazioni, Internet of Things, Sistemi distribuiti etc. Gestiamo annualmente la CINI challenge su Security e smart cities, coinvolgendo gli studenti dell'ateneo. Organizziamo la Summer school su Cyber Physical System, che e' stata inserita come evento regolare all'interno del nuovo progetto EU (in fase di valutazione) Slices-Academy. Questa scuola estiva propone un nuovo approccio alla progettazione e alla programmazione dei CPS, considerandoli come complessi "sistemi di sistemi" che necessitano di una metodologia specifica per la loro progettazione e gestione. Ovvero, tutti i sistemi attuali sono visti come CPS per natura e per questo motivo l'interazione tra la parte fisica e quella informatica deve essere gestita fin dalle primissime fasi della loro progettazione. La dimensione IoT fa parte dell'infrastruttura complessiva e le risorse IoT devono essere considerate fin dall'inizio e mantenute allo stesso livello di considerazione di altre risorse più tradizionali come elaborazione, storage e networking. La scuola insegna come progettare un'architettura di rete con tutte le risorse virtualizzate in atto, come ottimizzarne l'interazione e mantenere tutto sotto il pieno controllo del gestore del sistema. Collaboriamo con UniBO alla definizione del blueprint su Cloud ed Edge all'interno di SLICES ed al trasferimento tecnologico ed alla formazione delle aziende interessate a sviluppare nuovi servizi.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Corso di laurea triennale in Ingegneria Informatica ed Elettronica è accreditato dal MUR. Corso di laurea specialistica in Engineering in Computer Science tenuto interamente in lingua inglese è accreditato dal MUR. Corso di dottorato In Ingegneria, accreditato dal MUR.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Beyond-Nano Cs

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Bn-Cnr-Nanotec-Cs

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Cnr-Nanotec Unit In Cosenza Originates From The Historic Liquid Crystals Laboratory – Licryl, Which Has Been Active In The Field Of Soft Matter Science Since The Early 1980s. The Unit Is Strategically Located Within The Campus Of The University Of Calabria, Fostering Strong Collaborative Links With Both Academic Research Laboratories And Other Institutes Of The National Research Council (Cnr). The Scientific Focus Of The Unit Is Centered On The Physics And Chemistry Of Soft Matter And Its Application

To Nanostructured Systems Designed For Advanced Micro/Nano-Optics, Photonics, And Fluidics. Novel Composite Nanostructured Materials Are Developed Through Both Bottom-Up And Hybrid Bottom-Up/Top-Down Fabrication Approaches. The Cosenza Site Hosts A Node Of The Beyond-Nano Laboratory Network, A Distributed Research Infrastructure Open To Academic And Industrial Users. Through This Initiative, The Facility Has Acquired A Nanoscribe System – A State-Of-The-Art Instrument Capable Of Two-Photon Polymerization With Extremely High Spatial Resolution, Enabling Precise 3d Micro- And Nanofabrication. Additionally, As Part Of The Pnrr-Funded Infrastructure Project I-Phoqs, The Unit Has Been Equipped With A Zeiss Xradia 810 Ultra Nanotomograph, An Advanced Imaging Platform For Nanoscale X-Ray Tomography. This System Supports Both Absorption-Based And Phase-Contrast Imaging, Placing The Unit At The Forefront Of Non-Destructive 3d Characterization At The Nanoscale. The Availability Of Such High-End Instrumentation Has Significantly Strengthened The Unit'S Expertise In Two-Photon Nanofabrication And Nano-Ct Imaging, Fostering The Emergence Of Specialized Research Groups In These Areas. In Recent Years, The Unit Has Also Expanded Its Research Activities Into The Domain Of Artificial Intelligence (Ai), Driven By The Inclusion Of Researchers Specializing In Ai Algorithm Development. Applications Include, But Are Not Limited To, Image Analysis And Processing, As Well As The Prediction Of Molecular Properties. The Convergence Of These Diverse Yet Complementary Competencies Enables The Cosenza Unit To Act As A Versatile And Multidisciplinary Research Hub, Capable Of Addressing Cutting-Edge Projects That Integrate Ai With Nanotomographic Imaging, And The Design And Characterization Of Novel Multiphoton-Absorbing Molecules Suitable For Advanced Nanofabrication Applications.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Rende

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

CS

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Calabria

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via P. Bucci cubo 33C

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

87036

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0984496008

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

roberto.termine@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.nanotec@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si Economico-Patrimoniale

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Roberto

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Termine

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Trmrri75r02d086z

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

roberto.termine@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3283298236

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Antonio

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Bozzarello

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

BZZNTN68M02D086F

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

antonio.bozzarello@cnr.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo.nanotec@pec.cnr.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0986496008

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Roberto

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Termine

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

TRMRRT75R02D086Z

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

roberto.termine@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3283298236

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV Roberto Termine UO BN-CNR-NANOTEC-CS_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Antonio

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Bozzarello

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

BZZNTN68M02D086F

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

antonio.bozzarello@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0984496008

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV Bozzarello A. responsabile amministrativo UO BN-CNR-NANOTEC-CS.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ 11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane

The personnel of the Unit has a highly interdisciplinary background, encompassing physics, chemistry, biology, and engineering. This diversity enables a multidisciplinary approach to scientific challenges, fostering the development of results that are applicable across a broad range of scientific fields. The Operative Unit currently includes 4 senior researchers, 8 researchers, 3 technicians, and 3 administrative staff members, one of whom serves primarily as project manager responsible for the financial management of research projects. Additionally, there are 3 fixed-term researchers, 2 of whom are engaged in X-ray tomography and 1 in microfluidic device fabrication. The team is further supported by 2 postdoctoral researchers involved in the development and fabrication of nanostructured devices and many graduate and undergraduate students. Thanks to the Unit's location within the University of Calabria campus, there is a strong collaborative relationship with over 20 faculty members from the departments of physics, chemistry, and engineering, all formally affiliated with the Unit and actively involved in joint research activities. Of particular relevance to the nanotomography area is the presence, among the affiliated scientists, of Professor Alberto Bravin, a pioneer in phase-contrast X-ray nanotomography.

➤ 11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca

CNR-Nanotec Rende hosts and manages the “Beyond-Nano” research facility, equipped with state-of-the-art instrumentation for the investigation of phenomena and materials at molecular and nanometric scales.
Laboratory for Soft Material and Device Fabrication This laboratory specializes in the development of nanostructures within soft materials using advanced laser-based techniques, including: • Two-photon polymerization • Laser-induced optical breakdown in glass substrates • Holographic lattice recording for photonic device fabrication • Microfluidic circuit integration on chips for sensors, active components (e.g., microlasers), and passive components (e.g., optical filters, valves) *Main facilities and instrumentation:* • ISO 5 cleanroom (250 m²) for the fabrication of glass cells (thickness > 0.5 μm), equipped with plasma cleaner, spin coater, thermal plates, and surface treatment systems • Glove box with multi-source thermal PVD system, Langmuir-Blodgett trough, chemical etching workstations, and DC magnetron sputtering unit • 3D laser nanolithography system (Nanoscribe Photonic Professional GT) for direct two-photon polymerization; supports the development of hybrid 3D polymer/metal photoresists • Facilities for microfluidic device fabrication using PDMS and SU-8 technologies • UV lithography lab equipped with spin coater, UV LED photolithography source, and thermal treatment hotplates (for soft and hard bake processes)
Micro/Nanoscope Structural Analysis and Characterization Laboratory This lab offers a comprehensive suite of advanced analytical techniques, with a strong focus on nonlinear optical microscopies and high-precision measurement of intermolecular forces. Available instrumentation includes: • UV-Vis-IR ellipsometer (190–3300 nm spectral range) • Multimodal IR-VIS ultrafast nonlinear optical spectroscopy, with temporal resolution • Inverted confocal laser scanning microscope (Zeiss Axio Observer Z1 + SLM 710) with pulsed IR laser for multiphoton imaging of organic and biological samples; integrated with a Bruker Catalyst AFM for correlative high-resolution AFM/fluorescence imaging in air and liquid environments • Confocal fluorescence microscope integrated with SNOM (Scanning Near-field Optical Microscope), enabling simultaneous near-field and far-field imaging • Scanning Electron Microscope (SEM) for surface and structural imaging • Optical micromanipulation system for micro- and nanoscale manipulation • Surface Force Apparatus (SFA) for quantitative measurement of interfacial forces up to 100 nN with 1 Å precision • 3D X-ray nanotomography system (Zeiss Xradia Ultra), offering spatial resolution down to 50 nm *Laboratory for Optical Analysis and Characterization in the UV–IR Range This laboratory is dedicated to time- and frequency-resolved optical spectroscopy, including ultrafast nonlinear techniques:* • Time-resolved fluorescence spectroscopy with sub-picosecond resolution (<1 ps), enabled by an ultrafast laser source coupled to a time-resolved spectrofluorometer, consisting of: o Czerny–Turner spectrograph o Streak camera system (200–850 nm) o Time-correlated NIR photon counting module • Nonlinear frequency-sum spectroscopy apparatus with electronic–vibrational double resonance (DR) capability, based on a Nd:YAG laser source (25 ps pulse duration)

➤ 11A4.46: Informazioni Generali – Networking

The Operative Unit (UO) has a long-standing tradition of national and international collaborations across a wide range of disciplines, including chemistry, optics, and photonics. Some the collaborations are with Prof. Zhiming Wang, University of Electronic Science and Technology of China, China, Dr. Dimitrios Zografopoulos, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, Prof. Arka Majumdar, University of Washington,

USA, Dr. Sara Nocentini, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM), Italy In addition to these partnerships, the UO actively participates in several joint laboratories aimed at promoting knowledge exchange and shared access to advanced instrumentation. Among these, a particularly relevant initiative is the MuST (Multiscale Structural Tomography) joint laboratory, established in cooperation with the University of Calabria and the University of Milano-Bicocca. The MuST lab was created to operate in synergy by integrating the Ultra X-ray nanotomograph located at the UO with the Versa nanotomograph and the STAR infrastructure, based at the University of Milano-Bicocca and the University of Calabria, respectively. These systems operate at different resolution scales, and their coordinated use enables comprehensive multiscale X-ray tomography, offering a more complete and high-fidelity tomographic analysis pipeline. There are also various collaborations with different industries and companies, both for contract manufacturing and for the joint submission of research projects.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Since the facilities, the laboratory and the offices of the UO are located within the University of Calabria, it is common for students to request internships in the laboratories, under the scientific supervision of researchers affiliated with the Operative Unit (UO). These internships span various academic levels, including master's theses, PhD programs, and postdoctoral research. This environment not only facilitates the transfer of technical and methodological skills but also fosters the independent growth of early-career researchers, thereby contributing to the development of human capital in the scientific research sector

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

The Operative Unit (UO) has signed an agreement with all departments of the University of Calabria, authorizing it to host internships, training programs, and thesis projects for students from any academic discipline within the university. Moreover, several researchers from the UO are actively involved in the university's doctoral school Physical, Chemical, and Materials Sciences and Technologies hosted by University of Calabria

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Bn-Cnr-Imm-Ct-RI2

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Spad For Biomedical

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostuttura**

L'Unità Operativa Bn-Cnr-Imm-Ct-RI2 Appartiene Alla Sede Centrale Dell'Istituto Per La Microelettronica E I Microsistemi (Imm) E Possiede Competenze Ed Esperienza Pluriennale Nella Progettazione E Nello Sviluppo Di Tecnologie Per La Fabbricazione E La Caratterizzazione Di Dispositivi Microelettronici, In Particolare Di Rivelatori A Valanga A Singolo Fotone (Spad) Per Applicazioni Nella Spettroscopia Funzionale Nel Vicino Infrarosso (Fnirs) E Nella Tomografia Ottica Diffusa (Dot). Il Laboratorio In Cui Opera L'Unità Ha Una Superficie Di Circa 400 M² Ed è Parte Dell'Infrastruttura Beyond Nano, Che Partecipa Alla Rete Pnrr I-Phogs. L'Unità Bn-Cnr-Imm-Ct-RI2 Ha Una Vasta Esperienza Nella Caratterizzazione Strutturale, Ottica Ed Elettrica Di Fotorivelatori E, Più In Generale, Di Materiali E Dispositivi Elettronici, Acquisita Attraverso Diverse Tecniche Di Analisi Quali La Caratterizzazione Microstrutturale, Elettrica E Ottica Nei Domini Temporale (>50 Ps), Di Frequenza (A Partire Da 10 Ghz), Di Lunghezza D'Onda E Di Temperatura (Fino A 77 K). L'Attività Dell'Unità è Fortemente Supportata Da Numerose Pubblicazioni, Collaborazioni E Contratti Con Aziende, Nonché Dalla Partecipazione A Progetti Nazionali E Internazionali.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Catania

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

CT

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Stada VIII n.5

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

95121

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0955968213

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

amm@imm.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

PROTOCOLLO.IMM@PEC.CNR.IT

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Salvatore Antonino

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Lombardo

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Lmbsvt64l10c351y

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

salvatore.lombardo@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0955968223

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Salvatore Antonino

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Lombardo

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

LMBSVT64L10C351Y

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

salvatore.lombardo@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0955968223

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_Lombardo_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Rossella Antonella

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Patanè

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

PTNRSL83A57C351L

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

rossellaantonella.patane@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

095 5968279

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV Patanè Rossella Antonella 04_07_25_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

L'Unità è composta da un Dirigente di Ricerca, un Ricercatore Senior, un Tecnologo e due Ricercatori a tempo determinato, con competenze nella progettazione e nella realizzazione di dispositivi elettronici, nonché nella caratterizzazione strutturale ed elettrica.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'unità ha pieno accesso alle attrezzature del laboratorio Beyond Nano, tra cui un mask aligner per processi di fotolitografia, un sistema di sputtering per la deposizione di dielettrici e un evaporatore per la deposizione di metalli. Per la caratterizzazione strutturale ed elettrica, l'unità si avvale di un SEM-FEG dotato di EDX, di uno spettrometro Raman e di fotoluminescenza, e di tre stazioni di misura, una delle quali operante a temperature fino all'azoto liquido.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il laboratorio IMM di Catania è attualmente incentrato sulla nuova infrastruttura Beyond-Nano, recentemente istituita e finanziata dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR), dalla Regione Siciliana e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). L'infrastruttura è focalizzata su tecnologie per l'elettronica di potenza e a radiofrequenza (RF), sul fotovoltaico avanzato e sulla caratterizzazione di materiali e dispositivi. Importanti aggiornamenti delle attrezzature di laboratorio sono stati recentemente realizzati grazie ai progetti del PNRR – Next Generation EU, in particolare attraverso il progetto I-PHOQS. Attualmente, il CNR-IMM nel suo complesso, e questo laboratorio in particolare, sono alla guida del progetto Micro_Tech_for_Green, incentrato su nuove tecnologie per l'elettronica di potenza e i sensori. Questo progetto rientra nell'iniziativa dell'Unione Europea per un Progetto Importante di Interesse Comune Europeo nel campo della Microelettronica e delle Tecnologie della Comunicazione (IPCEI-ME/CT), nell'ambito dell'iniziativa di ricerca industriale prevista dal Chips Act dell'UE.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

I membri dell'unità di ricerca hanno svolto attività didattiche in qualità di membri di commissioni di dottorato per l'assegnazione di borse di studio, come valutatori esterni di tesi di dottorato, e hanno ricoperto — e ricoprono attualmente — il ruolo di supervisori di dottorandi che svolgono le loro attività di ricerca all'interno dell'unità operativa.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Lens Cnr-Imm-Me-RI2

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens Cnr-Imm-Me-RI2

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

L'Unità Lens Cnr-Imm-Me-RI2 è Un Centro Consolidato Di Eccellenza Scientifica E Tecnologica, Con Competenze Riconosciute Nei Settori Della Micro- E Nanoelettronica, Della Fotonica, Della Sensoristica E Dei Materiali Avanzati. Facente Parte Dell'Istituto Per La Microelettronica E I Microsistemi (Imm) Del Consiglio Nazionale Delle Ricerche (Cnr), L'Unità Supporta Lo Sviluppo Integrato Di Tecnologie Abilitanti Rivolte Ad Applicazioni Strategiche Nei Campi Dell'Energia, Dell'Ambiente, Della Salute E Dell'Industria. L'Unità Vanta Una Forte Specializzazione Nelle Tecniche Di Caratterizzazione Avanzata, Tra Cui Spettroscopia Raman, Uv-Vis E Fotoluminescenza, Microscopia Elettronica A Scansione, Microscopia Confocale E Imaging Ottico. Questi Strumenti Sono Fondamentali Per L'Analisi Strutturale, Ottica E Funzionale Dei Materiali. Le Capacità Del Centro Sono Ulteriormente Potenziate Dall'Accesso A Laboratori All'Avanguardia E Dalla Partecipazione Attiva All'Infrastruttura Beyond-Nano, Parte Della Rete I-Phoqs Finanziata Nell'Ambito Dell'Iniziativa Pnrr. Grazie A Un Approccio Multidisciplinare, Il Gruppo Affronta Sfide Di Ricerca Complesse Integrando Conoscenze Provenienti Dalla Fisica, Dalla Chimica Dei Materiali, Dall'Ingegneria Elettronica E Dalla Scienza Dei Dispositivi. L'Unità Possiede Inoltre Una Consolidata Esperienza Nella Gestione Di Progetti Di Ricerca E Sviluppo, Sia A Livello Nazionale Che Internazionale, Mantenendo Solide Collaborazioni Con Partner Industriali. La Collocazione All'Interno Dell'Università Di Messina Favorisce Stretti Legami Con Il Mondo Accademico, Sostenendo Lo Sviluppo Continuo Dell'Unità E Offrendo Opportunità Di Formazione Pratica A Studenti E Dottorandi Attraverso Attività Di Laboratorio, Tirocini E Partecipazione A Progetti Di Ricerca. Questo Ambiente Stimola La Collaborazione Interdisciplinare E Favorisce Il Trasferimento Tecnologico, Contribuendo Allo Sviluppo Delle Competenze A Livello Regionale. Il Team Comprende Ricercatori Con Comprovata Expertise Certificata In Fotonica, Nanotecnologie, Sensoristica Ambientale, Spettroscopia Avanzata E Micro-Fabbricazione. Alcuni Membri Sono Inventori Di Brevetti Relativi A Sistemi Di Sensing Portatili, Dispositivi Intelligenti A Basso Costo E Processi Per La Fabbricazione Di Dispositivi Microelettronici. Il Personale Tecnico E I Ricercatori A Tempo Determinato Forniscono Un Supporto Operativo Altamente Qualificato, Con Una Profonda Conoscenza Delle Procedure Sperimentali E Delle Attrezzature. Attraverso La Sinergia Tra Conoscenza Scientifica, Infrastrutture All'Avanguardia E Una Visione Orientata Al Futuro, L'Unità Si Conferma Un Partner Affidabile Nell'Affrontare Sfide Scientifiche E Tecnologiche Complesse, Offrendo Soluzioni Innovative Con Un Impatto Significativo A Livello Scientifico, Economico E Sociale.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Messina

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

ME

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Viale Ferdinando Stagno D'Alcontres 31

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

98166

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

3479750635

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

alessia.irrera@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

PROTOCOLLO.IMM@PEC.CNR.IT

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Barbara

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Fazio

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Fzabbr74t47f158m

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

barbara.fazio@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3402449232

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Barbara

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Fazio

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

FZABBR74T47F158M

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

barbara.fazio@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

+39 3402449232

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Barbara Fazio _CV_July_2025_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Antonina

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Paone

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

PNANNN79L44F158F

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

antonina.paone@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

+39 3929770394

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Curriculum_Antonina_Paone.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

L'unità è composta da un dirigente di ricerca, un primo ricercatore, due ricercatori, un collaboratore tecnico, due ricercatori a tempo determinato e un tecnologo a tempo determinato. Il personale di ricerca possiede un know-how ampio e certificato sia nella ricerca scientifica che nella gestione di progetti, con competenze consolidate in diversi ambiti chiave della nanotecnologia e della fotonica, tra cui la fabbricazione, la caratterizzazione e l'applicazione di nanostrutture per applicazioni fotoniche, energetiche e di sensing. I ricercatori del gruppo sono esperti in sensoristica ambientale a basso costo e nella prototipazione di sensori, e detengono diversi brevetti in questi settori. Il personale a tempo determinato vanta una solida esperienza nell'utilizzo delle attrezzature presenti nell'infrastruttura.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'unità operativa dispone di un'infrastruttura all'avanguardia per caratterizzazione e di materiali e nanostrutture. In particolare, l'unità ha attrezzature allo stato dell'arte nella fotonica e nanotecnologie. Tra le attrezzature a disposizione è possibile citare un microscopio elettronico a scansione (SEM) Gemini460 ZEISS integrato con tecniche fotoluminescenza (PL) e Raman co-localizzate, dispersione a raggi X e litografia da fascio elettronico. Sono inoltre a disposizione un sistema per micro-spettroscopia Raman ad alta risoluzione con eccitazione multi-lunghezza d'onda, corredato di microscopia AFM per indagini Tip Enhanced Raman Scattering, un microscopio confocale Leica Stellaris 8 in grado di effettuare imaging FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy), SRS (Stimulated Raman Scattering) e CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering).

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'unità intrattiene numerose collaborazioni attive a livello nazionale e internazionale con enti accademici e di ricerca di alto profilo. Tra questi si annoverano l'Università di Messina, l'Università di Catania, l'Università di Bari, l'Università di Pavia, l'Università di Firenze, la Sapienza Università di Roma, il Politecnico di Milano, l'Imperial College London, l'University College London, l'Austrian Institute of Technology, la Universidad de Antioquia, il CSIC di Madrid, la Boston University e la Chinese Academy of Sciences.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

I membri dell'unità sono coinvolti attivamente in commissioni di dottorato, attività di tirocinio, elaborazione di tesi, progetti PCTO e iniziative di divulgazione rivolte a scuole e università. L'unità, parte del CNR-IMM di Messina e situata all'interno dell'Università di Messina, collabora in modo continuativo con l'ateneo nello svolgimento di attività educative e formative.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

L'unità, pur appartenendo al CNR, ente non abilitato al rilascio di titoli di studio, contribuisce attivamente ad attività formative accreditate promosse da numerosi atenei, tra cui la partecipazione a commissioni di dottorato, l'accoglienza di tirocinanti e la supervisione di tesi. In particolare, facendo parte del CNR-IMM di Messina, con sede all'interno dell'Università di Messina, l'unità mantiene una solida e continuativa collaborazione con l'ateneo anche in ambito educativo e formativo.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

686664f40631c024102167a9

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cusbo-Polimi-RII

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Cusbo-Polimi-RII

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

This Unit Belongs To The "Center For Ultrafast Science And Biomedical Optics" (Cusbo), A Research Infrastructure At Politecnico Di Milano, Recognized In The "Piano Nazionale Infrastrutture Di Ricerca Pnir 2021-27". It Belongs At The Eu Level To The Laserlab Europe Network Of Large Laser Infrastructures, And At The Italian Level To The Network Of Research Infrastructures "Integrated Infrastructure Initiative In Photonics And Quantum Sciences" (I-Phoqs). The Research Takes Place At The Physics Department Of The Politecnico Di Milano Through A Network Of 10 Cutting-Edge Laboratories Dedicated To The Development Of Innovative Techniques Based On Ultrafast Optics And Spectroscopy, And Their Application To Cutting-Edge Problems In Physics, Biochemistry And Materials Science. In Particular, The Unit Specializes In The Generation, The Manipulation And The Application Of Ultrashort Light Pulses—From Infrared To

Ultraviolet—With Duration In The Few-Femtosecond Range Equipped With Tunable, Non-Collinear Optical Parametric Amplifiers (Nopas) Developed By The Team, Which Enable The Generation Of Pulses As Short As ~5–10 Fs, The Unit Hosts Advanced Ultrafast Pump-Probe And Two-Dimensional Electronic Spectroscopy Setups, In A Variety Of Configurations Which Differ In Sensitivity, Time Resolution, Temporal And Spectral Coverage. These Unique Workstations Are Employed, In Collaboration With National And International Research Groups, To Probe Real-Time Dynamics In Molecules, Nanostructured Materials, Dna, Photosynthetic Systems, And 2d Materials Like Graphene And Transition-Metal Dichalcogenides. The Unit Is Also Engaged In Technology Transfer By Patenting Its Innovations And Funding Spin-Off Companies.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Milano

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

MI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Lombardia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Piazza Leonardo da Vinci 32

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

20133

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0223996555

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

alessia.cappellini@polimi.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

pecfisica@cert.polimi.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Giulio-Nicola-Felice

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Cerullo

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Crlgnc65b16f205j

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

giulio.cerullo@polimi.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3357252609

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Giulio Nicola Felice

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Cerullo

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

CRLGNC65B16F205J

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

giulio.cerullo@polimi.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0223996164

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Cerullo_CV_AI-PHOQUS_firmato.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Luciano

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Rinaldi

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

RNLLCN71T14F704X

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

luciano.rinaldi@polimi.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0223999245

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV Luciano Rinaldi signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The team is composed of 12 staff personnel (5 full professors, 6 associate professors, 1 tenure track researcher) plus 5 fixed term researchers and a variable number of post-docs, PhD students, and master students (around 30 per year). There is a fairly large number of non-Italian researchers among PhD and post-docs, attesting good attractiveness of the group and several Marie-Sklodowska-Curie individual fellowships and training networks. Gender balance is around 50%/50%. Key expertise is in the fields of optical physics, photonics and nonlinear and time-resolved optical spectroscopy, balancing fundamental and applicative research. The group is supported by an efficient administrative office, dealing with most purchase processes. Furthermore, a resident team of technicians – shared at the Department level – assist in ICT, mechanics (internal workshop), electronic board fabrication.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The CUSBO-POLIMI-RLI unit has developed unique workstations for ultrafast spectroscopy and imaging. In detail: • Broadband ultrafast transient absorption spectroscopy with 100-fs time resolution and spectral coverage from the infrared (2 μm) to the UV (250 nm); • Multiscale transient absorption spectroscopy using electronically synchronized lasers covering an interval from 100 fs to 100 us; • High time resolution transient absorption spectroscopy with synchronized NOPAs and time resolution down to 10 fs; • High sensitivity transient absorption spectroscopy using high repetition rate lasers (100-200 kHz) with detection sensitivity down to 10⁻⁷; • Two-dimensional electronic spectroscopy covering the visible range (500-700 nm) using a proprietary birefringent interferometer; • Point-scanning ultrafast optical microscopy at cryogenic temperatures (down to 4 K) and with a magnetic field; • Widefield transient absorption microscopy using multiplexed off-axis holographic detection; • Time-resolved Faraday rotation spectroscopy using a balanced detector.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The laboratories and their instrumentation are part of the facility "Centre for Ultrafast Science and Biomedical Optics" (CUSBO) belonging to the Network of EU Laser Infrastructures LaserLab Europe. CUSBO was inserted in the National Plan for Research Infrastructure (PNIR 2021-27) and joined the PNRR Network infrastructure I-PHOQS which was then constituted as a Joint Research Unit. The Unit has also longstanding links with key groups in Italy, Europe and the United States working in nonlinear optics and ultrafast spectroscopy, with several joint undertakings and EU projects (Cambridge University, ICFO in Barcelona, Columbia University, University of Sheffield, Berkeley University, the Hebrew University of

Jerusalem, Princeton University, EPFL). Furthermore, it participates in project proposals to European large-scale facilities such as the European XFEL and FERMI free electron lasers.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

The team is involved in several training activities, namely: • Teaching in undergraduate and graduate and post-graduate (PhD) courses in Engineering and Physics at Politecnico di Milano • Bachelor and Master thesis activities on original photonics research • PhD research and experimental training • Secondment of external PhD students • Laboratory Training Platforms with hands on practices on advanced ultrafast photonics techniques • Focused lectures, seminars, workshops related to nonlinear and ultrafast photonics

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

As part of Politecnico di Milano, the team contributes to accredited programs in: • Bachelor in Engineering (several tracks) • Master in Engineering (mostly Engineering Physics) • PhD in Physics

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cnr-Ifn Sede Di Milano

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Ifn-Mi

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Cnr Ifn Mi è Riconosciuto Come Un'Eccellenza A Livello Mondiale Per Lo Sviluppo Di Sorgenti Laser Ultraveloci Per La Generazione E La Manipolazione Di Impulsi Della Durata Di Pochi Cicli Ottici (Femto E Atto-Secondi), Attosecond Science, Generazione Di Sorgenti Laser A Pettine Di Frequenze Ottiche Nella Regione Spettrale Dal Vicino Al Medio Ir E Al Thz, Strumentazione Xuv E Soft-X E Tecniche Spettroscopiche Avanzate Per Lo Studio Dell'Interazione Luce-Materia, Metodi Di Spettroscopia A Larga Banda E Alta Risoluzione Spettrale Mediante L'Uso Diretto Dei Pettini Di Frequenza Ottica. Il Cnr-Ifn Metterà A Disposizione I Propri Laboratori Per Le Attività Previste Dal Progetto E Le Proprie Competenze. Cnr-Ifn Mi è Tra Gli Istituti Più Produttivi Del Dipartimento Di Scienze Fisiche E Tecnologie Della Materia Del Cnr Con Una Media Di 130–150 Pubblicazioni Peer-Reviewed Di Medio-Alto Impatto Ogni Anno. L'Istituto è In Grado Di Attrarre Regolarmente Circa 3 Milioni Di Euro All'Anno In Finanziamenti Esterni (Escluso Il Pnrr), Per Lo Più Provenienti Da Bandi Competitivi Europei, E Ha Maturato Una Solida Esperienza Nella Gestione Di Progetti Di Grande Scala A Livello Internazionale. Riconosciuto Come Riferimento Nazionale Nel Campo Della Fotonica, Ifn Ha Ottenuto Numerosi Erc Grants (Starting, Consolidator E Advanced) E Partecipa Attivamente Alle Infrastrutture Di Ricerca I-Phoqs, Eli, E Nffa-Di, Garantendo L'Accesso A Strumentazioni Sperimentali All'Avanguardia Secondo I Più Alti Standard Internazionali.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Milano

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

MI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Lombardia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Piazza Leonardo da Vinci 32

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

20133

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0223996185

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

ifn@ifn.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ifn@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Caterina

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Vozzi

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Vzzcrn75r59f205e

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

caterina.vozzi@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0223996085

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Alessandra

- **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Brocca

- **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

BRCLSN74E61G388E

- **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

alessandra.brocca@cnr.it

- **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo.ifn@cnr.it

- **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0223996281

- **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

- **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Gianluca

- **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Galzerano

- **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

GLZGLC68M14L103A

- **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

gianluca.galzerano@cnr.it

- **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0223996185

- **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_Galzerano_signed.pdf

- **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

Avviso 310_Lettera di incarico Referente Scientifico Unità Operativa CNR-IFN Milano - Galzerano_signed.pdf

- **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Alessandra

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Brocca

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

BRCLSN74E61G388E

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

alessandra.brocca@ifn.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

02 23996281

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

cv_europeo_BROCCA_ELENCO TITOLI E FORMAZIONE_def_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

Avviso 310_Lettera di incarico Referente Amministrativo Unità Operativa CNR-IFN Milano - Brocca_signed.pdf

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il personale è costituito da 38 dipendenti, di cui 7 a tempo determinato. Il personale di ricerca ammonta a 34 unità di personale. Il personale amministrativo ammonta a 3 unità di personale. Nella sede IFN di Milano opera una unità di personale tecnico.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il CNR IFN MI vanta una solida rete di collaborazioni scientifiche con centri di eccellenza sia Nazionali che Internazionali sulle attività di ricerca che spaziano dalla generazione, manipolazione di impulsi laser a femto e attosecondi, attosecond science, allo studio delle proprietà fondamentali della materia, dalla spettroscopia ad elevata risoluzione sia temporale che di frequenza allo studio dei materiali. Tra i partner storici e strategici figurano DESY ad Amburgo, MBI a Berlino, MPI a Garching e Amburgo, ed ELETTRA e FERMI a Trieste. CNR-IFN collabora con le principali Università Italiane e con molte Università Europee e Internazionali. All'interno del CNR, IFN MI collabora attivamente con diversi Istituti tra i quali IMM, Nanoscienze, NANOTEC, INO, ISM. CNR-IFN MI è attivamente coinvolto in progetti di cooperazione scientifica finanziati dall'Unione Europea. In particolare, è partner in Doctoral Networks (Horizon Europe Marie Skłodowska-Curie Actions), in progetti EIC Pathfinder and ERC (strategic, consolidator e advanced).

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il CNR-IFN-MI svolge un ruolo attivo nella formazione di giovani ricercatori, studenti e dottorandi, offrendo percorsi altamente qualificati in ambiti scientifici avanzati. L'attività formativa si articola in programmi di

dottorato in collaborazione con università italiane e internazionali, tirocini e tesi triennali/magistrali per studenti di laurea e master, e training tecnico-scientifici su metodologie sperimentali all'avanguardia. In particolare, CNR-IFN è fortemente impegnato nella formazione su tecniche di spettroscopia ultraveloce, attosecond science, pettini di frequenze ottiche e metodi di spettroscopia a larga banda con pettini di frequenze. Il CNR-IFN-MI organizza diverse attività formative di alto profilo, volte a promuovere l'aggiornamento scientifico e lo sviluppo professionale dei giovani ricercatori e ricercatrici. Inoltre, il ciclo di seminari tematici IFN-talks ospita relatori internazionali di grande rilievo, favorendo lo scambio di conoscenze e collaborazioni scientifiche. Particolare attenzione viene inoltre posta alle iniziative sul trasferimento tecnologico, comunicazione e disseminazione della ricerca, diversità e inclusione e sullo sviluppo professionale, con percorsi formativi pensati per supportare PhD e postdoc sia in ambito accademico che aziendale.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Ottica Non Lineare E Spettroscopia Quantistica

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens Cnr-Ino-Na-RI2

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Cnr-Ino (Istituto Nazionale Di Ottica) Ss Napoli, Con Sede A Pozzuoli, Comprensorio A. Olivetti, Rappresenta Il Principale Polo Operativo Dell'Istituto Nell'Italia Meridionale. È Integrato Nell'Area Di Ricerca Cnr Napoli 3, Dove Sono Presenti Altri Istituti Del Dipartimento Di Fisica E Tecnologie Dei Materiali Del Cnr, Come Isasi E Spin, Consentendo Un'Interazione Continua Con Altri Attori Chiave Nella Ricerca E Sviluppo Nel Campo Delle Tecnologie Quantistiche. Istituito Nel 2001, Il Cnr-Ino Napoli Ha Rapidamente Ampliato Le Sue Attività E Il Suo Personale Negli Ultimi Anni. Ha Ottenuto Riconoscimenti A Livello Nazionale E Internazionale Per I Suoi Ambiziosi Progetti E I Risultati All'Avanguardia In Diversi Campi Della Fisica. In Particolare, Il Laboratorio Di Ottica Non Lineare E Quantistica E Il Laboratorio Di Molecole Fredde Sono Stati Coinvolti Nelle Seguenti Principali Attività Di Ricerca: • Spettroscopia Ad Alta Precisione Di Molecole Fredde • Ottica Non Lineare E Quantistica • Interferometria Non Classica • Diagnostica Ottica E Thz Per Il Monitoraggio Dei Beni Culturali E Ambientale Infatti, Negli Ultimi Anni, A Partire Da Queste Attività Sono State Sviluppate Nuove Metodologie Per La Generazione Di Pettini Di Frequenza Ottici In Risonatori Con Non Linearità Quadratica E Lo Sviluppo Di Sorgenti Di Luce Non Classiche Innovative; Spettroscopia Ultrasensibile E Ad Alta Risoluzione Dal Vicino Infrarosso Al Thz Per Il Monitoraggio Ambientale; E Interrogazione Spettroscopica Di Molecole Fredde Per Studi Di Fisica Fondamentale. Queste Attività Sono/Sono State O Sono Svolte Nell'Ambito Di Diversi Progetti Nazionali E Internazionali, Come Il Partenariato Esteso "Istituto Nazionale Per La Scienza E La Tecnologia Quantistica" (Nqsti) Finanziato Dal Piano Nazionale Di Ripresa E Resilienza (Pnrr), Che Coinvolge Partner Sia Accademici Che Industriali; Un Laboratorio Congiunto Con L'Agenzia Spaziale Italiana; Un Grant Per La Ricerca E L'Innovazione (Muquabis); E Progetti Pon Come E-Crops E Ot4clima, Nonché Progetti Supremo E Axioma Nell'Ambito Dell'InfN (Istituto Nazionale Di Fisica Nucleare).

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pozzuoli

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

NA

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Campania

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Campi Flegrei 34

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

80078

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

+390818675424

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

gianluca.gagliardi@ino.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Iolanda

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Ricciardi

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Rcclnd75t50a783t

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

iolanda.ricciardi@ino.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3207722327

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Iolanda

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Ricciardi

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

RCCLND75T50A783T

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

iolanda.ricciardi@ino.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

00393208722327

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Cv_Iolanda_Ricciardi_2025_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Stefania

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Arminio

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

RMNSFN77E69F839K

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

stefania.arminio@ino.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

00393890451337

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

cv_PON_STEFANIA ARMINIO_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il personale dell'UO comprende diversi membri a tempo indeterminato, ricercatori senior e ricercatori a tempo determinato, assegnisti di ricerca e dottorandi. Questo gruppo vanta una solida esperienza di ricerca che spazia dallo sviluppo di sorgenti laser innovative alla generazione non lineare, alla spettroscopia di precisione e alla modellizzazione teorica di fenomeni non lineari e quantistici. Il team includerà inoltre: • 1 Funzionario Amministrativo • 1 Collaboratore Amministrativo • 2 Collaboratori Tecnici . Personale Esterno/Associato: 5 membri • 2 Docenti Universitari • 3 Ricercatori di altri enti/università

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'unità UO avrà pieno accesso a tutte le strutture dell'Istituto per svolgere le proprie attività. Queste includono: • Sei laboratori esclusivi situati all'interno dell'Area di Ricerca Napoli 3 del CNR. • Un laboratorio di elettronica esclusivo all'interno dell'Area di Ricerca Napoli 3 del CNR. • Un pettine di frequenza ottica di ultima generazione collegato al collegamento in fibra ottica nazionale che trasporta il riferimento di frequenza primario dell'INRIM di Torino. • Un sistema ottico spettroscopico mobile per misure di Carbonio-14. • Un sistema ottico mobile per la scansione ottica di reperti archeologici e opere d'arte. • Uno spettrometro ASOPS THz • Tre stazioni per la giunzione, l'elaborazione e l'ispezione di fibre ottiche standard, PM e microstrutturate. • Una workstation esclusiva per l'elaborazione delle immagini e il calcolo avanzato. Questi laboratori sono tutti dotati di strumentazione scientifica di alto livello, sia commerciale che sviluppata su misura. Inoltre, i ricercatori dell'UO possono accedere a strutture condivise all'interno dell'Area, come laboratori chimici e camere bianche.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il gruppo di ricerca dell'UO è attivamente coinvolto in numerosi progetti nazionali e internazionali e, nel corso degli anni, ha collaborato con istituzioni accademiche (Université Paris Cité, Université Libre de Bruxelles, University of Auckland), centri di ricerca e partner industriali. Tra queste collaborazioni, segnaliamo il Laboratorio Congiunto Italia-Israele Noice (Optica Non Lineare per la Generazione di Comb). Tra i principali progetti menzioniamo: • Progetto HALG (High Average power Light source in the Green) nell'ambito del programma di cooperazione bilaterale tra Italia e Israele • Progetto Qombs (Simulazione quantistica e ingegneria dell'entanglement in pettini di frequenza laser a cascata quantistica) - FET Flagship on Quantum Technologies, • Progetto NEMO (Dinamica non lineare dei pettini di frequenza ottica), Bando PRIN 2015 • Progetto QUANTOM (Optomeccanica quantistica), Bando: Progetti Premiali • Progetto SHINE (Rafforzamento dei nodi italiani di E-RIHS) - MIUR Azione II.1 del PON Ricerca e Innovazione • Progetto SUPREMO (Sounding the time Unwinding of the Proton-to-Electron Mass ratio) - INFN/Csn2 • Progetto AXIOMA (AXION dark MATter detection) - INFN/Csn5 • Progetto E-CROPS (Tecnologie per l'agricoltura digitale sostenibile) - PON "R&I" 2014-2020/Agrifood. • Progetto OT4CLIMA (Tecnologie di osservazione terrestre innovativa per lo studio degli impatti del cambiamento climatico sull'ambiente) - PON "R&I" 2014-2020/Aerospazio • Progetto QUANCOM (Sviluppo di sistemi e tecnologie quantistiche per la sicurezza informatica in reti di comunicazione) - PON Ricerca e Innovazione • Progetto NIHL (Interferometria non lineare al limite di Heisenberg) con l'Agenzia Spaziale Italiana. I progetti attuali sono: • Progetto NQSTI (Istituto Nazionale di Scienza e Tecnologia Quantistica) - Spoke 3, Spoke 4 e Spoke 6 - Partenariato Esteso 04: Scienze e Tecnologie Quantistiche, finanziato nell'ambito del PNRR • QASINO (Laboratori congiunti ASI-CNR nel settore delle Tecnologie Quantistiche) • MUQUABIS (Multiscale quantum bio-imaging and spectroscopy) - Programma Quadro Horizon EUROPE Le collaborazioni attuali includono anche: • Sapienza Università di Roma, sullo studio teorico e numerico della dinamica non lineare nella generazione di pettini ottici di frequenza in cavità con non linearità quadratica e cubica; l'analisi della propagazione dei solitoni in cavità; lo studio di nuove architetture per la generazione efficiente di pettini di frequenza in microrisonatori; e la generazione e manipolazione di stati quantistici tramite non linearità ottiche in cavità. • INRiM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica), per applicazioni in metrologia di frequenza. • Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", nel campo della spettroscopia molecolare di precisione.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

L'UO fa parte del CNR-INO Napoli, che fa parte della rete CREO, un gruppo di 26 istituti del CNR in Campania dedicati alla divulgazione scientifica, in particolare nel campo delle tecnologie di comunicazione quantistica e della sensoristica avanzata. Il CNR-INO Napoli partecipa attivamente a eventi di divulgazione. Questa attività aumenta la visibilità locale e amplia le partnership con altre istituzioni regionali. Tra gli eventi di rilievo figurano la "Notte dei Ricercatori", "Futuro Remoto" e "Parla Potabile". L'Istituto ospita regolarmente studenti delle scuole superiori per le iniziative "Percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO)" e studenti universitari per tirocini curriculari. Molti dottorandi proseguono i loro studi nei laboratori del CNR-INO Napoli. Inoltre, alcuni ricercatori della struttura insegnano presso l'Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli" attraverso una specifica convenzione con l'università.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

È importante precisare che la sede CNR-INO_Napoli, in quanto sede secondaria di un ente di ricerca, non rilascia direttamente titoli accademici. Tuttavia, come precedentemente evidenziato, contribuisce in modo significativo ai programmi formativi di altre istituzioni accreditate.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6866765041dc334e58d52b9a

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Dipartimento Di Ingegneria E Scienze Dell'Informazione E Matematica

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Disim

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Dipartimento Di Ingegneria E Scienze Dell'Informazione E Matematica Dell'Università Degli Studi Dell'Aquila Rappresenta Un Polo Internazionale Per L'Insegnamento E La Ricerca In Ingegneria Dell'Informazione, Informatica E Matematica Pura E Applicata. Il Dipartimento Offre Corsi Di Laurea Sia In Italiano Che In Inglese Che Preparano Esperti Ed Esperte Nelle Discipline Tipiche Dell'Ict E Delle Matematiche Con Una Forte Attenzione Alla Metodologia E All'Interdisciplinarietà. Le Aree Di Ricerca Del Disim Includono Ingegneria Del Software, Algoritmi, Strutture Dati, Ricerca Operativa, Intelligenza Artificiale, Telecomunicazioni, Analisi E Controllo Di Sistemi Complessi, Convertitori Di Potenza Per Energie Rinnovabili, Reti Intelligenti, Trasporti Elettrici E Industria, Sistemi E Tecnologie Di Telecomunicazioni Per Applicazioni Di Monitoraggio E Automazione, Matematica Pura E Applicata, Modellistica Matematica.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

L'Aquila

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

AQ

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Abruzzo

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via Vetoio snc

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

67100

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0862433191

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

disim.sac@strutture.univaq.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo@univaq.pec.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si Il Sistema di Gestione Finanziaria dell'università, basato sulla piattaforma U-GOV, consente una gestione strutturata e tracciabile delle risorse economiche relative ai progetti finanziati. Ogni progetto viene codificato con un identificativo univoco (codice U-GOV), al quale verrà attribuito il relativo CUP e dove sono associati in modo specifico tutti i costi e ricavi. Ogni ordinativo di pagamento e di incasso porterà nel tracciato anche l'indicazione del CUP e dell'eventuale CIG, garantendo piena tracciabilità finanziaria. Il sistema è integrato con la contabilità generale e analitica, permettendo il monitoraggio in tempo reale dei movimenti economici, la gestione del budget per voce di spesa e la verifica degli scostamenti. U-GOV consente inoltre la produzione automatica di report di rendicontazione, la conservazione digitale dei documenti giustificativi e il tracciamento delle operazioni svolte

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Antinisca

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Di Marco

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Dmrnns75c421103c

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

antinisca.dimarco@univaq.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0862433178

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Paola

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Gentile

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

GNTPLA78L71G482V

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

paola.gentile@univaq.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo@univaq.pec.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0862433191

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Antinisca

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Di Marco

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

DMRNNS75C42L103C

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

antinisca.dimarco@univaq.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0862433178

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CN_Template_Europass_Eng-DI MARCO-full-commissione.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Paola

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Gentile

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

GNTPLA78L71G482V

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

paola.gentile@univaq.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0862433191

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Curriculum Vitae Paola Gentile_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il Dipartimento accoglie numerosi docenti, collocati nelle varie aree disciplinari previste dagli insegnamenti presenti nei nostri Corsi di Laurea (algebra, analisi matematica, analisi numerica, automatica, convertitori, econometria, elettrotecnica, finanza aziendale, fisica matematica, geometria, informatica, macchine e azionamenti elettrici, matematiche complementari, metodi matematici dell'economia e delle scienze attuariali e finanziarie, probabilità e statistica matematica, ricerca operativa, telecomunicazioni, sistemi di elaborazione delle informazioni e statistica). Attualmente sono in servizio presso il DISIM : 39 Professori Ordinari 39 Professori Associati 45 Ricercatori

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il dipartimento conta di numerosi laboratori di ricerca tra cui (www.univaq.it/section.php?id=707): Automatica e robotica Big data Electronic and Photonic Integrated Circuits and Systems Embedded systems and smart manufacturing INCIPICT WOC - Wireless Optical Convergence Infolife AQ Laboratorio Aquarius Laboratorio assistive technologies Laboratorio competenze digitali, formazione e certificazione Laboratorio Cybersecurity Laboratorio HPC Laboratorio ICT for energy Laboratorio informatica e scuola Laboratorio nazionale di Artificial Intelligence and Intelligent Systems Laboratorio nazionale di fibre ottiche avanzate per fotonica Laboratorio sala server Caliban Laboratorio smart cities & communities Matematica, didattica e divulgazione Mathematical modeling Monitoraggio e automazione di edifici intelligenti Sistemi di interazione e calcolo Software PErformaNCE laboRatory SoSy Lab Territori aperti - infrastruttura tecnologica Il DISIM partecipa alla rete internazionale di SoBigData RI (<https://sobigdata.eu/>) che attualmente coinvolge più di 30

partner europei. SoBigData RI è un'infrastruttura europea di ricerca multi-disciplinare per l'analisi di big data sociali per comprendere la società contemporanea globalmente interconnessa. Integra infrastrutture esistenti e ha l'obiettivo di dare un contributo alla data science responsabile, considerando aspetti etici negli analytics. SoBigData RI è inoltre entrata nella roadmap ESFRI e l'hub italiano ha ottenuto il finanziamento dall'Unione Europea - NextGenerationEU - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) - Progetto: "SoBigData.it - Strengthening the Italian RI for Social Mining and Big Data Analytics" - Prot. IR0000013 - Avviso n. 3264 del 28/12/2021. Grazie a questo finanziamento, sarà realizzato presso l'Università dell'Aquila un data center della infrastruttura di ricerca europea SoBigData. Il DISIM partecipa attivamente nello spoke 5-Environment and natural disaster (<https://www.supercomputing-icsc.it/en/spoke-5-environment-natural-disasters-en/>) e nello spoke 9- DIGITAL SOCIETY & SMART CITIES (<https://www.supercomputing-icsc.it/en/spoke-9-digital-society-smart-cities-en/>) del Centro ICSC – Italian Research Center on High Performance Computing, Big Data and Quantum Computing (<https://www.supercomputing-icsc.it/en/icsc-home/>).

➤ 11A4.46: Informazioni Generali – Networking

Principali collaborazioni con università e centri di ricerca a livello nazionale: Sapienza Università di Roma, Università di Roma Tor Vergata, Università di Roma Tre, Università di Pisa, Università di Bologna, Università di Padova, Università di Pavia, Università di Trento, Università di Salerno, CNIT, CINI, SIDRA, CNR-IASI (Roma), CNR-ISTI, Università di Pisa, Radiolabs, etc. Principali collaborazioni con università e centri di ricerca a livello internazionale: University of California at Berkeley, University of California Santa Barbara, University of California Los Angeles, University of Pennsylvania, MIT Boston, Polytechnic Institute of New York University, Georgia Institute of Technology, KTH (Stoccolma), Università di Lund, Bilkent University, Libre Université de Bruxelles, ETH (Zurigo), CNRS Supélec di Parigi, INRIA, Université de Cergy-Pontoise, University College London, Technical University of Berlin, West Virginia University, Università Politecnica di Catalogna, CTTC Barcellona, University of Edinburgh, Technical University of Crete, Kyushu Institute of Technology (Japan), Harbin Institute of Technology, Texas A&M at Qatar, Qatar University, Rensselaer Polytechnic Institute, Université Catholique de Louvain, Technical University Eindhoven, ETS Montreal, Indian Institute of Technology of Bangalore (India), Masdar Institute (Abu Dhabi), Chalmers University of Technology, University of Gothenburg, Charles University of Prague, University of York, Universidad Autonoma Madrid, Institut Mines Telecom (Nantes), TU Wien, Aalborg University, University of Kiel, Tianjin University, University of Tabriz collaborazioni attive con le seguenti aziende che consentono agli studenti di dottorato di svolgere esperienze in un contesto di attività lavorative: Selex Communications spa (Genova, Roma, L'Aquila, Chieti), Thales Communications s.p.a. (Chieti), Thales Alenia Space (L'Aquila), Telespazio s.p.a. (Roma, Avezzano), Technolabs-Intecs (L'Aquila), LFoundry (Avezzano), Micron Semiconductor (Avezzano, Milano), ENEA, Telecom Italia (Roma e Torino), Eldor (Bologna), Consorzio Radiolabs (Roma, L'Aquila), Vodafone, WIND, PurePower Control (Pisa), Siemens Industry Software (Genova), Rete Ferroviaria Italiana, B2T Concept (Spain), CLMS (UK), IncQuery Labs (Hungary), Volvo Cars, Ericsson, Volvo Trucks, Zenuity, Systemite, DigiPower, CambiaVerso, BIOENGINEERING & BIOMEDICINE COMPANY SRL, Best Design s.r.l., EMMEATECH SRL, Reiss Romoli srl, Leonardo SpA (Roma) Collaborazioni attive con le seguenti aziende che consentono agli studenti di dottorato di svolgere esperienze in un contesto di attività lavorative: Selex Communications spa (Genova, Roma, L'Aquila, Chieti), Thales Communications s.p.a. (Chieti), Thales Alenia Space (L'Aquila), Telespazio s.p.a. (Roma, Avezzano), Technolabs-Intecs (L'Aquila), LFoundry (Avezzano), Micron Semiconductor (Avezzano, Milano), ENEA, Telecom Italia (Roma e Torino), Eldor (Bologna), Consorzio Radiolabs (Roma, L'Aquila), Vodafone, WIND, PurePower Control (Pisa), Siemens Industry Software (Genova), Rete Ferroviaria Italiana, B2T Concept (Spain), CLMS (UK), IncQuery Labs (Hungary), Volvo Cars, Ericsson, Volvo Trucks, Zenuity, Systemite, DigiPower, CambiaVerso, BIOENGINEERING & BIOMEDICINE COMPANY SRL, Best Design s.r.l., EMMEATECH SRL, Reiss Romoli srl, Leonardo SpA (Roma) Collaborazioni attive con enti pubblici come Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del cratere, Ufficio Speciale per la Ricostruzione dell'Aquila, le Agenzie regionali della Protezione Civile e il Dipartimento di Protezione Civile (Roma).

➤ 11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione

La capacità di formazione dell'Ateneo e del Dipartimento DISIM è di alto livello attraverso l'erogazione di attività formative efficaci e strutturate, finalizzate a migliorare le conoscenze, competenze e attitudini dei propri dipendenti, del corpo docente e ricercatore, degli studenti e di qualsiasi stakeholder con cui instaura collaborazione nel pieno rispetto delle sue missioni. L'Università dell'Aquila infatti mette a disposizione strumenti, risorse e materiali adeguati, nonché abilità e competenze di progettazione di percorsi formativi

coerenti con gli obiettivi dell'ateneo e le esigenze individuali. L'Università dell'Aquila, in particolare, si distingue per una solida infrastruttura a supporto della formazione avanzata, mettendo a disposizione un ampio patrimonio biblioteconomico e un sistema articolato di risorse digitali. La biblioteca del Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica (DISIM), situata nella stessa sede del dipartimento proponente, offre ai dottorandi l'accesso a circa 29.300 monografie e 900 periodici, coprendo un ampio spettro di discipline scientifiche e tecnologiche. A questa si affianca la biblioteca di area ICT presso il Centro di Eccellenza DEWS, con una dotazione di circa 3500 volumi, ereditati in parte dalla prestigiosa biblioteca dell'ex Scuola Reiss Romoli, punto di riferimento storico per la formazione avanzata in ambito tecnologico. La capacità formativa si fonda anche sull'accesso a banche dati scientifiche e risorse per il calcolo elettronico, che rappresentano strumenti indispensabili per l'approfondimento e la produzione di nuova conoscenza. Tra queste si annoverano risorse di rilievo come: RXIV, ALL, EBSCO, DOAJ, Emeroteca Virtuale Caspur, JCR, JSTOR, AMS/MathSciNet, Numdam, PUBMET, Science Direct, Scopus, Springer Link, WILEY Online Library, ISI Web of Knowledge, Web of Science. Inoltre, è disponibile l'accesso a CALIBAN - Laboratorio HPC, per il calcolo ad alte prestazioni, e al terminale dati FACTSET, utile per analisi quantitative in ambito economico e finanziario. Strumenti digitali avanzati come Microsoft Teams e Moodle rafforzano ulteriormente la capacità formativa dell'ateneo. MS Teams è utilizzato per riunioni accademiche, attività didattiche sincrone, collaborazioni di ricerca e scambio di materiali, offrendo uno spazio virtuale integrato per la comunicazione e la condivisione. Moodle, invece, è una piattaforma LMS open source personalizzabile, che consente l'erogazione di corsi online, l'organizzazione dei contenuti formativi e il monitoraggio del progresso degli utenti. Tutti questi elementi contribuiscono a delineare una formazione continua e integrata, centrata non solo sul trasferimento di conoscenze, ma anche sull'acquisizione di competenze trasversali e sull'adattamento al cambiamento. In questo contesto, la capacità di formazione non si limita a un insieme di strumenti, ma diventa parte integrante della cultura organizzativa, promuovendo l'apprendimento come processo permanente. In questo modo l'Università dell'Aquila e il Dipartimento DISIM sono in grado di valorizzare il proprio capitale umano, di sostenere l'innovazione e di rispondere con prontezza alle sfide del contesto competitivo e scientifico. È per questo che investire nella formazione, dotarsi di risorse qualificate e garantire l'accessibilità a strumenti aggiornati non rappresenta solo un supporto al percorso individuale, ma un vantaggio strategico per l'intera organizzazione.

➤ 11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate

Il DISIM eroga attività formative di I, II e III livello. Eroga Corsi di Studio di Laurea in Matematica, Informatica e Ingegneria dell'Informazione. Inoltre eroga 7 Corsi di Studio di Laurea Magistrale in Informatica Data Science Applicata Ingegneria Informatica Ingegneria Matematica Control Systems and Automation Engineering Matematica Mathematical Modelling Telecommunications Engineering: Advanced Technologies and Services all'interno dei quali sono stati accreditati 4 percorsi di eccellenza: Percorso di eccellenza Control Systems and Automation Engineering Percorso di eccellenza Informatica Percorso di eccellenza del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica Percorso di Eccellenza Advanced Technologies and Services Inoltre eroga 2 Corsi di Dottorato di Ricerca in Information and Communication Technology (ICT) e in Matematica e modelli. Il Dottorato di Ricerca in ICT offre una scuola di dottorato di eccellenza sui principali temi delle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione, con particolare attenzione alle "infrastrutture ICT pervasive". Il programma è aperto a studenti nazionali e internazionali e mira a fornire un ambiente flessibile e stimolante per consentire un'efficace connessione/integrazione tra i curricula accademici e le esigenze del settore. E' organizzato nei seguenti curricula: Curriculum 1: Ingegneria dei Sistemi, telecomunicazioni e piattaforme HW/SW Curriculum 2: Modelli di calcolo emergenti, architetture software e sistemi intelligenti Il corso di dottorato in ICT si prefigge lo scopo di fornire metodologie e competenze di alto livello, tali da consentire ai futuri dottori di ricerca di competere a livello internazionale per ricoprire posizioni in ambito accademico e nei laboratori di ricerca e sviluppo di aziende ad alta innovazione tecnologica. Inoltre, come già affermato e in linea con i recenti orientamenti a livello nazionale e comunitario, il corso di dottorato include processi di valorizzazione per sostenere la nuova imprenditorialità, sia attraverso l'incentivazione alla creazione di start up che di spin off accademici. Il Dottorato di Ricerca in Matematica e modelli mira a formare gli studenti affinché acquisiscano una conoscenza approfondita delle caratteristiche teoriche di una disciplina matematica e a sviluppare una preparazione qualificata per applicare modelli matematici in una vasta gamma di aree scientifiche: Algebra: (teoria dei gruppi e delle rappresentazioni, algebra commutativa e applicazioni) Geometria (Riemanniana, complessa e algebrica) Equazioni differenziali parziali con applicazioni Meccanica del continuo Sistemi dinamici (deterministici e stocastici) Processi stocastici con applicazioni a biologia, fisica e finanza Analisi numerica di sistemi dinamici e metodi numerici per equazioni differenziali parziali Modellazione e

simulazione atomistica di molecole, materiali e sistemi biologici Sviluppo di software scientifico per il calcolo ad alte prestazioni.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6866799f8367c13a44b04180

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Nodo Unipi Di Sobigdata

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Sobigdata-Unipi

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Sobigdata-Unipi Sta Lavorando All'Impulso Che I "Big Data", L'Intelligenza Artificiale E Le Ict Stanno Avendo Sulla Scienza, E In Particolare Sulle Scienze Socio-Economiche. Uno Dei Pilastri Fondamentali Dell'Attività Di Ricerca Del Sobigdata-Unipi è Lo Studio Dal Punto Di Vista Tecnico Di Aspetti Etico-Legali Come La Privacy, La Discriminazione, La Trasparenza E Spiegabilità Dei Sistemi Di Intelligenza Artificiale. Il Dipartimento Di Informatica E Il Sobigdata-Unipi Hanno Una Partnership Di Lunga Durata Con Il Cnr, In Particolare Gli Istituti Isti E Iit. Nel 2013 Le Tre Istituzioni Hanno Fondato Il Laboratorio Europeo Di Analisi Dei Big Data E Social Mining www.sobigdata.eu. Questo è Stato Il Seme Per Creare Sobigdata, L'Infrastruttura Di Ricerca Su Big Data Analytics E Social Mining, In Grado Di Potenziare La Ricerca E L'Innovazione Nella Distribuzione Di Big Data Analytics, Social Mining, Intelligenza Artificiale Della Società, Intelligenza Artificiale Spiegabile, Che Abbia Anche Il Rispetto Dei Principi Etici E Di Fiducia In Queste Tecnologie Di Intelligenza Artificiale Per Affrontare Le Sfide Globali. I Membri Del Sobigdata-Unipi Sono Esperti Nella Definizione Di Nuovi Algoritmi Per Explainable Ai. In Particolare, Si Sono Focalizzati Nella Realizzazione Di Approcci Di Spiegazione Locale Ovvero Volti A Spiegare Le Decisioni Di Un Sistema Di Classificazione Per Record/Istanze Indipendenti. Inoltre, Il Sobigdata-Unipi Ha Una Lunga Storia Di Analisi Dei Rischi Di Privacy Nel Contesto Della Big Data Analytics, Del Social Mining E Dell'Intelligenza Artificiale. Nel 2011 Ha Sviluppato Una Metodologia Che Permette Di Applicare Il Principio Della Privacy-By-Design, Richiesto Successivamente Dal Gdpr, Nei Framework Analitici Basati Sui Big Data. Tale Framework Prevede Sia L'Uso Di Metodi Di Analisi E Valutazione Quantitativa Del Rischio Di Privacy, Che Si Basano Sulla Definizione E Simulazione Di Attacchi Alla Privacy, Che Mitigazione Del Rischio Di Privacy Tramite Metodi Che Agiscono Sui Dati E Sui Modelli In Modo Da Realizzare Metodi Analitici Rispettosi Della Privacy Ma Ancora Efficaci. Tale Approccio è Stato Recentemente Esteso A Framework Analitici Che Si Basano Su Modelli Di Intelligenza Artificiale Spiegabile Cercando Di Analizzare Così La Relazione Tra Privacy E Interpretabilità. La Prof.Ssa Monreale Ha Recentemente Supervisionato La Tesi Di Dottorato Della Dott.Ssa Francesca Naretto Sulla Relazione Tra Privacy E Spiegazione Nei Modelli Di Intelligenza Artificiale Per Dati Tabulari. Il Prof. Ruggieri E Il Prof. Pedreschi Sono Considerati Dei Pionieri Nello Studio Del Problema Della Discriminazione Che Può Derivare Dall'Uso Di Sistemi Di Intelligenza Artificiale E Lo Studio Di Metodi Sia Per La Identificazione E Valutazione Di Bias E Discrimination Che La Definizione Di Algoritmi Di Mitigazione Di Potenziali Comportamenti Non Equi E Discriminatori. I Membri Del Sobigdata-Unipi Hanno Una Solida Esperienza Nell'Organizzazione Ed Erogazione Di Corsi Di Formazione Che Vedono In Diretto Coinvolgimento Del Mondo Industriale. La Prof.Ssa Monreale è Delegata Del Rettore Ai Master E La Formazione Continua E Insieme Al Prof. Pedreschi Ha Ideato E Diretto Per Anni Un Master In Big Data Analytics & Ai, Ora Diretto Dal Prof. Guidotti. La Prof.Ssa Pierotti è La Direttrice Di Due Corsi Di Perfezionamento Recentemente Attivati Nell'Ambito Dell'AI Per Il Business E Ai For Health Innovation. Il Prof. Ruggieri è Coordinatore Del Dottorato Nazionale In Intelligenza Artificiale Per La Società.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

largo Bruno Pontecorvo 3

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56127

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0502213178

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

dipartimento@di.unipi.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

informatica@pec.unipi.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Anna

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Monreale

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Mnrnna79a55d423i

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

anna.monreale@unipi.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3282598903

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Anna

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Monreale

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

MNRNNA79A55D423I

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

anna.monreale@unipi.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3282598903

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV-EN-Monreale-2025.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Massimiliano

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Galli

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

GLLMSM72A21B950M

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

massimiliano.galli@unipi.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0502213179

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV_Massi_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

I profili del personale dedicato alle attività di ricerca relative alle attività di Trustworthy machine Learning vedono il contributo del Responsabile Scientifico, Prof.ssa Anna Monreale esperta di algoritmi per la valutazione e la mitigazione della privacy, del Prof. Salvatore Ruggieri e il prof. Dino Pedreschi esperti di metodi per l'identificazione e misurazione di bias e discriminazione e della loro mitigazione e del prof. Riccardo Guidotti esperto nello sviluppo di algoritmi di spiegazione e la loro relazione con altri principi etico-legali. Si aggiungono al team anche la Prof.ssa Mariarita Pierotti che studia l'impatto dell'uso delle tecniche di Intelligenza Artificiale in contesti economici come l'accounting e auditing e ha una buona esperienza nella progettazione e definizione di attività di formazione continua di interesse per le imprese. L'attività di formazione per le imprese sarà guidata dalla Prof.ssa Anna Monreale attualmente Delegata ai master e la formazione continua dell'Università di Pisa.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il gruppo è esperto nella definizione e sviluppo di metodi che permettono la realizzazione di sistemi di supporto alle decisioni umano-centrici rispettosi dei principi etico-legali come la privacy, la non-discriminazione, la trasparenza. Tali attività di ricerca sono state spesso sviluppate in collaborazione con l'ISTI-CNR a Pisa e soprattutto all'interno dell'infrastruttura di ricerca SoBigData. Il gruppo vanta anche di diverse forme di collaborazione anche con diverse imprese che hanno permesso di testare gli approcci sviluppati in contesti applicativi reali. Le dotazioni strumentali di cui si serve il gruppo comprendono strumenti di calcolo ad elevate prestazioni (server multiprocessore dotati di GPU) usate per analizzare, mediante tecniche di machine learning, grosse quantità di dati. Questo è reso possibile anche dal fatto che il Dipartimento di Informatica è parte del nodo italiano dell'Infrastruttura di Ricerca SoBigData.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il gruppo della Prof.ssa Monreale fa parte del nodo Italiano dell'Infrastruttura Sobigdata ed è co-proponente del Progetto PNRR "SoBigData.it - Strengthening the Italian RI for Social Mining and Big Data Analytics" - Prot. IR0000013 - Avviso n. 3264 del 28/12/2021. Il gruppo inoltre è ed è stato parte attiva di diverse reti europee come HUMANE AI NET (<https://www.humane-ai.eu>) e TAILOR (<https://tailor-network.eu/>). Il prof. Pedreschi coordina anche lo il Partenariato Esteso PE00000013 - "FAIR - Future Artificial Intelligence Research" - Spoke 1 "Human-centered AI".

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

I membri del gruppo sono molto attivi in attività di formazione. Tutti i membri insegnano in corsi di laurea delle magistrali in: - Informatica - Data Science & Business Informatics - Informatics for Digital Health. Il Prof. Ruggieri e la Prof.ssa Monreale sono coordinatore e vice-coordinatrice, rispettivamente, del Dottorato Nazionale in Intelligenza Artificiale per la Società, inizialmente coordinato dal Prof. Pedreschi. Il Prof. Guidotti dirige attualmente il Master in Big Data Analytics & AI for Society (www.masterbigdata.it) che è un master giunto alla sua decima edizione e precedentemente diretto dalla Prof.ssa Monreale e il Prof. Pedreschi. La Prof.ssa Pierotti è direttrice dei corsi di perfezionamento di AI for your Business (<https://ai4yb.it/>) e AI for health innovation (<https://www.ai4hi.it/>).

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Istituto Di Calcolo E Reti Ad Alte Prestazioni - Sede Di Rende (Cs)

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Icar-Cnr Sede Di Rende (Cs)

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sede Di Rende (Cs) Dell'Icar Ha Come Missione Quella Di Sviluppare Ricerca, Trasferimento Tecnologico E Alta Formazione Nell'Area Dei Sistemi Intelligenti A Funzionalità Complessa (Sistemi Cognitivi E Robotica, Rappresentazione, Estrazione E Gestione Della Conoscenza, Interazione Uomo-Macchina, Ottimizzazione) E Dei Sistemi Ad Alte Prestazioni (Cloud Computing, Ambienti Paralleli E Distribuiti, Tecnologie Avanzate Per Internet). L' Istituto Sviluppa Applicazioni Significative Nel Campo Dell'E-Health, Energia, Sicurezza, Bioinformatica, Beni Culturali E Città Intelligenti.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Rende

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

CS

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Calabria

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Pietro Bucci

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

87036

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0984493847

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

cosenza@icar.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.icar@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si n.d.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italia

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Fabio

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Martinelli

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Mrtfba69s07a390u

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

fabio.martinelli@icar.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0984493847

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italia

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Antonio

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Scudiero

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

SCDNTN70C08H501S

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

antonio.scudiero@icar.cnr.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo.icar@pec.cnr.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0984493847

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Giuseppe

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Manco

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

MNCGPP70C19A350N

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

giuseppe.manco@icar.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

+39 320 4399012

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

MancoCV-Europass_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

AI-PHOQUS_Avviso 310_Lettera di incarico Refere nte Scientifico Unità Operativa_Manco_signed_signed.pdf

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Patrizia

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Mancini

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

MNCPRZ60C46H50MF

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

patrizia.mancini@icar.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

+39 337 1330000

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CVMancini_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

AI-PHOQUS Avviso 310 Lettera di incarico Referente Amministrativo Unita Operativa Mancini signed.pdf

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

La sede di Rende (CS) dell'ICAR oggi conta 45 unità di personale strutturato (ricercatori, tecnologici, tecnici e amministrativi) ai quali si aggiungono altre forme contrattuali, come contratti di collaborazione all'attività di ricerca, borsisti, tesisti, dottorandi e associati di ricerca.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'Istituto ICAR è dotato di una sofisticata infrastruttura tecnologica per il calcolo scientifico, finalizzata a supportare attività di ricerca avanzata in ambiti multidisciplinari. Tra le principali risorse presenti nei Centri di Elaborazione Dati (CED) dell'Istituto si distinguono diverse piattaforme ad alte prestazioni. Tra queste, BEN (High Performance Computing for Artificial Intelligence - HPC4AI), è un cluster di calcolo ad alte prestazioni destinato all'Intelligenza Artificiale. Co-finanziato dal CNR attraverso il programma "High Performance Artificial Intelligence Center", BEN è composto da 73 nodi IBM POWER 9, 62 TB di RAM, 1.6 PB di spazio disco e 292 GPU NVIDIA Tesla V100, il tutto connesso tramite rete infiniband a 100 Gb/s. Grazie ai finanziamenti del PNRR, l'ICAR ha recentemente ampliato le proprie risorse computazionali con nuove infrastrutture, tra cui:

- Un sistema composto da 127 server DELL PowerEdge R7525, alcuni dei quali progettati per vSAN Ceph Storage Cluster o dotati di GPU;*
- 14 server PowerEdge R7525 con processori dual AMD7413, affiancati da altri 65 server simili, alcuni con storage NVMe ad alte prestazioni;*
- Due cluster HPC con 3 server di calcolo ciascuno, ognuno dotato di 8 GPU NVIDIA A100 Tensor Core da 80GB, supportati da 2 o 5 server Dell PowerEdge R760;*
- Un'ulteriore infrastruttura con 27 Dell PowerEdge R7525 configurati con varie combinazioni di CPU, RAM e storage, tra cui 5 server dotati di 2 GPU Nvidia H100 80GB ciascuno. Oltre al calcolo, l'Istituto è dotato di attrezzature avanzate per l'interazione uomo-macchina, tra cui: dispositivi per realtà virtuale e aumentata, sistemi per l'analisi della postura e dei movimenti, proiettori stereoscopici, olografi multivista, dispositivi aptici e robot umanoidi per la ricerca in architetture cognitive, nonché robot collaborativi equipaggiati con sensori per la rilevazione di collisioni. Infine, l'ICAR dispone di un'infrastruttura dedicata alle tecnologie per l'Internet delle Cose (IoT). In particolare, l'ambiente IoT4SmartBuilding consente la sperimentazione e gestione di dispositivi per il monitoraggio avanzato, come sensori ambientali indoor/outdoor, droni e termocamere. A queste si aggiungono le attrezzature per l'acquisizione di segnali biometrici, che arricchiscono ulteriormente il parco strumentale dell'Istituto. Nel complesso, l'insieme delle dotazioni presenti all'ICAR configura un'infrastruttura di ricerca moderna e di alto livello, capace di supportare efficacemente progetti scientifici nazionali e internazionali in settori strategici come l'Intelligenza Artificiale, la bioinformatica, l'interazione uomo-macchina e l'Internet delle Cose.*

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR) ha una ricca e diversificata rete di collaborazioni con aziende, università e centri di ricerca, sia a livello nazionale che internazionale, che sono considerate un punto di forza significativo per l'istituto. -Università della Calabria, Italy -Università di Palermo, Italy -Università Federico II di Napoli, Italy -Università la Sapienza di Roma, Italy -King's College London Uk -Cineca Consorzio Interuniversitario, Italy -Fundacion Publica Gallega Centro Tecnológico De Supercomputacion De Galicia, Spain -Fujitsu Research Of Europe Limited, UK -Fsas Technologies, S.I., Spain -Fraunhofer Gesellschaft Zur Forderung Der Angewandten Forschung, Germany -Simula Research Laboratory As, Norway -Kuano Ltd, UK -Qilimanjaro Quantum Tech Sl, Spain -Technische Universiteit Delft, the Netherlands -Ukri-Stfc, UK -Riken The Institute Of Physical And Chemical Research, Japan -Osaka University, Japan -CREA, Italy -Università di PISA, Italy -Università Ca' Foscari, Italy -Università Mediterranea, Italy -TU Ostrava, Repubblica Ceca -Universidade Federal Fluminense, Brasil -Boise University, USA -University of Guelma, Algeria -UCD Dublin, Ireland -Shanghai Maritime University, China -ENEA, Italy -TIM, Italy -NTT-DATA, Japan -SCAI-LAB, Italy -SITE, Italy L'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR) ha una ricca e diversificata rete di collaborazioni con aziende, università e centri di ricerca, sia a livello nazionale che internazionale, che sono considerate un punto di forza significativo per l'istituto. -Università della Calabria, Italy -Università di Palermo, Italy -Università Federico II di Napoli, Italy -Università la Sapienza di Roma, Italy -King's College London Uk -Cineca Consorzio Interuniversitario, Italy -Fundacion Publica Gallega Centro Tecnológico De Supercomputacion De Galicia, Spain -Fujitsu

Research Of Europe Limited, UK -Fsas Technologies, S.l., Spain -Fraunhofer Gesellschaft Zur Forderung Der Angewandten Forschung, Germany -Simula Research Laboratory As, Norway -Kuano Ltd, UK - Qilimanjaro Quantum Tech Sl, Spain -Technische Universiteit Delft, the Netherlands -Ukri-Stfc, UK -Riken The Institute Of Physical And Chemical Research, Japan -Osaka University, Japan -CREA, Italy -Università di PISA, Italy -Università Ca' Foscari, Italy -Università Mediterranea, Italy -TU Ostrava, Repubblica Ceca - Universidade Federal Fluminense, Brasil -Boise University, USA -University of Guelma, Algeria -UCD Dublin, Ireland -Shanghai Maritime University, China -ENEA, Italy -TIM, Italy -NTT-DATA, Japan -SCAI-LAB, Italy -SITE, Italy

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Sono attive convenzioni per tirocini curriculari e attività di ricerca congiunte con diverse università, tra cui: - Università della Calabria -Università del Salento -Università di Messina -Università Parthenope -Università di Napoli Federico II -Università di Salerno -Università Vanvitelli -Dottorati di Ricerca: -Dottorato Nazionale in Artificial Intelligence: L'ICAR finanzia borse in diverse sedi: -Università di Pisa (AI for Society, 3 posizioni attive) -Università Campus Bio-Medico di Roma (AI for Health and Life Science, 2 posizioni attive) -Politecnico di Torino (AI for Industry 4.0, 1 posizione attiva) -Dottorati locali: L'istituto partecipa abitualmente ai programmi ed alla didattica del Dottorato in ICT dell'Università della Calabria e del Dottorato in Matematica e Informatica dell'Università del Salento. Parte del personale di ricerca ICAR Rende è inoltre abitualmente coinvolto in attività didattiche per corsi di laurea triennale e magistrale in Ingegneria Informatica, Informatica, Data Science presso l'Università della Calabria. Sono attive convenzioni per tirocini curriculari e attività di ricerca congiunte con diverse università, tra cui: -Università della Calabria -Università del Salento -Università di Messina -Università Parthenope -Università di Napoli Federico II -Università di Salerno -Università Vanvitelli -Dottorati di Ricerca: -Dottorato Nazionale in Artificial Intelligence: L'ICAR finanzia borse in diverse sedi: -Università di Pisa (AI for Society, 3 posizioni attive) -Università Campus Bio-Medico di Roma (AI for Health and Life Science, 2 posizioni attive) - Politecnico di Torino (AI for Industry 4.0, 1 posizione attiva) -Dottorati locali: L'istituto partecipa abitualmente ai programmi ed alla didattica del Dottorato in ICT dell'Università della Calabria e del Dottorato in Matematica e Informatica dell'Università del Salento. Parte del personale di ricerca ICAR Rende è inoltre abitualmente coinvolto in attività didattiche per corsi di laurea triennale e magistrale in Ingegneria Informatica, Informatica, Data Science presso l'Università della Calabria.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

le attività formative a cui l'Istituto partecipa, ed in particolare i programmi di dottorato ed i Master, sono tutti erogati in collaborazione con Università statali, e quindi accreditati dal MUR le attività formative a cui l'Istituto partecipa, ed in particolare i programmi di dottorato ed i Master, sono tutti erogati in collaborazione con Università statali, e quindi accreditati dal MUR

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

68667cb8257f01143093e127

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Dipartimento Di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica E Delle Telecomunicazioni

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Diten

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

L Dipartimento Di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica E Delle Telecomunicazioni (Diten) Dell'Università Di Genova è Una Realtà Accademica Di Eccellenza, Punto Di Riferimento Per La Formazione, La Ricerca E L'Innovazione Tecnologica Nei Settori Dell'Ingegneria Marittima, Energetica, Elettronica E Dell'Informazione. Nato Dall'Integrazione Di Competenze Storiche E Scientifiche In Ambiti Complementari, Il Diten Unisce La Tradizione Dell'Ingegneria Navale Genovese — Con Radici Nella Regia Scuola Superiore Navale Fondata Nel 1870 — Alle Più Recenti Evoluzioni Della Tecnologia Digitale E Delle

Telecomunicazioni. Il Dipartimento è Articolato In Tre Grandi Aree Tematiche: Quella Navale, Focalizzata Sulla Progettazione E Costruzione Di Navi, Strutture Marine E Sistemi Propulsivi Innovativi; Quella Elettrica, Che Si Occupa Di Produzione, Gestione E Distribuzione Dell'Energia, Automazione Industriale, Mobilità Elettrica E Sostenibilità; Infine, L'Area Ict, Incentrata Su Elettronica, Telecomunicazioni, Reti, Trasmissione Dati E Sistemi Intelligenti. L'Approccio è Fortemente Interdisciplinare, Volto A Creare Sinergie Tra Settori Un Tempo Distinti, Oggi Sempre Più Integrati Nei Contesti Industriali E Scientifici. Questo Consente Al Diten Di Affrontare Tematiche Complesse Come La Digitalizzazione Dei Trasporti Marittimi, Le Reti Elettriche Intelligenti, La Comunicazione Veicolo-Infrastruttura E L'Efficienza Energetica Nei Sistemi Integrati. L Dipartimento Di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica E Delle Telecomunicazioni (Diten) Dell'Università Di Genova è Una Realtà Accademica Di Eccellenza, Punto Di Riferimento Per La Formazione, La Ricerca E L'Innovazione Tecnologica Nei Settori Dell'Ingegneria Marittima, Energetica, Elettronica E Dell'Informazione. Nato Dall'Integrazione Di Competenze Storiche E Scientifiche In Ambiti Complementari, Il Diten Unisce La Tradizione Dell'Ingegneria Navale Genovese — Con Radici Nella Regia Scuola Superiore Navale Fondata Nel 1870 — Alle Più Recenti Evoluzioni Della Tecnologia Digitale E Delle Telecomunicazioni. Il Dipartimento è Articolato In Tre Grandi Aree Tematiche: Quella Navale, Focalizzata Sulla Progettazione E Costruzione Di Navi, Strutture Marine E Sistemi Propulsivi Innovativi; Quella Elettrica, Che Si Occupa Di Produzione, Gestione E Distribuzione Dell'Energia, Automazione Industriale, Mobilità Elettrica E Sostenibilità; Infine, L'Area Ict, Incentrata Su Elettronica, Telecomunicazioni, Reti, Trasmissione Dati E Sistemi Intelligenti. L'Approccio è Fortemente Interdisciplinare, Volto A Creare Sinergie Tra Settori Un Tempo Distinti, Oggi Sempre Più Integrati Nei Contesti Industriali E Scientifici. Questo Consente Al Diten Di Affrontare Tematiche Complesse Come La Digitalizzazione Dei Trasporti Marittimi, Le Reti Elettriche Intelligenti, La Comunicazione Veicolo-Infrastruttura E L'Efficienza Energetica Nei Sistemi Integrati. In Questo Contesto Il Diten Partecipa Con Il Laboratorio Di Telecommunication Networks And Telematics (Tnt) Diretto Dal Prof. Raffaele Bolla, Specializzato In Temi Legati Alle Reti Di Telecomunicazioni, Alle Infrastrutture Di Edge Computing E Alla Sostenibilità Dell'Ict:

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Genova

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

GE

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Liguria

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Opera Pia 11a

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

16145

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0103352732

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

michele.viviani@unige.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

diten@pec.unige.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si Il Dipartimento applica i principi di contabilità economico-patrimoniale.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Michele

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Viviani

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Vvnmhl75m08d969t

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

michele.viviani@unige.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0103352547

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Laura

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Garbaglia

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

GRBLRA72P41D969Y

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

laura.garbaglia@unige.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

diten@pec.unige.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0103352095

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Raffaele

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Bolla

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

BLLRFL63E05I480S

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

raffaele.bolla@unige.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3281003222

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Bolla_Raffaele_Europass_Eng_v2.3_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Laura

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Garbaglia

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

GRBLRA72P41D969Y

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

Laura.Garbaglia@unige.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0103352095

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV_Laura_Garbaglia.pdf.p7m

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il Laboratorio di Reti di Telecomunicazioni e telematica può contare su due Prof. ordinari , 2 RTDA, 3 dottorandi di ricerca

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'Università degli Studi di Genova collabora attivamente con gli stakeholders pubblici e privati del territorio nazionale ed internazionale, al fine di stimolare lo sviluppo del sistema economico ligure, mettendo in atto misure per la valorizzazione della ricerca, dell'innovazione tecnologica e dello sviluppo sostenibile, della formazione e il consolidamento di sinergie con il settore produttivo e sociale. Rete Italiana delle Università per lo sviluppo Sostenibile - RUS Promossa dalla CRUI - Conferenza dei Rettori delle Università Italiane, è la prima esperienza di coordinamento e condivisione tra tutti gli Atenei italiani impegnati sui temi della sostenibilità ambientale e della responsabilità sociale. La finalità principale della Rete è la diffusione della cultura e delle buone pratiche di sostenibilità, sia all'interno che all'esterno degli Atenei (a livello urbano, regionale, nazionale, internazionale), in modo da incrementare gli impatti positivi in termini ambientali, etici, sociali ed economici delle azioni poste in essere dagli aderenti alla Rete, così da contribuire al raggiungimento degli SDGs, e in modo da rafforzare la riconoscibilità e il valore dell'esperienza italiana a livello internazionale. Netval - Network per la Valorizzazione della Ricerca L'Università di Genova fa parte dei soci di Netval, associazione di Università ed Enti Pubblici di Ricerca nata nel 2007, con il fine di valorizzare la ricerca universitaria nei confronti del sistema economico ed imprenditoriale, enti ed istituzioni pubbliche, associazioni imprenditoriali e aziende, venture capitalist e istituzioni finanziarie. Poli Regionali di Ricerca e Innovazione L'Università di Genova partecipa ai 5 Poli di Ricerca liguri, costituiti da raggruppamenti di start-up, PMI, grandi imprese e enti di ricerca e formazione, con l'obiettivo di favorire la realizzazione di progetti di ricerca industriale di significativo impatto sull'assetto economico, tecnologico e sociale della regione nonché il trasferimento di tecnologie e la diffusione delle informazioni tra i soggetti che costituiscono il Polo. Cluster Tecnologici Nazionali L'Università di Genova ha aderito a 7 Cluster Tecnologici Nazionale, promossi nel 2012 dal MIUR, reti di soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico. Si tratta di aggregazioni di imprese, università, istituzioni pubbliche e private di ricerca, incubatori di start-up e altri soggetti attivi nel campo dell'innovazione che promuovono la competitività internazionale sia dei territori di riferimento, sia del sistema economico nazionale. International Sustainable Campus Network - ISCN La rete riunisce organizzazioni dedicate alla ricerca e all'istruzione superiore, che mettono a disposizione le proprie competenze, passione e capitale intellettuale per ripensare il futuro e intraprendere azioni concrete a favore dello sviluppo sostenibile. Attualmente, 113 università provenienti da 39 paesi distribuiti nei 6 continenti fanno parte della rete. Ulyseus European Alliance Dal 2020 l'Università di Genova è partner dell'Ulyseus European Alliance, nata per sviluppare un'Università Europea che promuova un percorso educativo e di ricerca internazionale in grado di formare i cittadini del futuro.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il dipartimento offre corsi di laurea triennali, magistrali e scuole di dottorato nei settori: Ingegneria Navale (costruzione navale, fluidodinamica), Ingegneria Elettrica ed Elettronica (energia, automazione industriale, sistemi di controllo), Ingegneria delle Telecomunicazioni (comunicazioni radio, reti, segnali). Grazie ai poli integrati, gli studenti beneficiano di laboratori attrezzati e programmi interdisciplinari (es. automazione navale, propulsione elettrica, reti intelligenti). Il dipartimento offre corsi di laurea triennali, magistrali e scuole di dottorato nei settori: Ingegneria Navale (costruzione navale, fluidodinamica), Ingegneria Elettrica

ed Elettronica (energia, automazione industriale, sistemi di controllo), Ingegneria delle Telecomunicazioni (comunicazioni radio, reti, segnali). Grazie ai poli integrati, gli studenti beneficiano di laboratori attrezzati e programmi interdisciplinari (es. automazione navale, propulsione elettrica, reti intelligenti).

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

686664f40631c024102167a9

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cusbo-Polimi-RI3

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Cusbo-Polimi-RI3

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Questa Unità Fa Parte Del “Center For Ultrafast Science And Biomedical Optics” (Cusbo), Un'Infrastruttura Di Ricerca Del Politecnico Di Milano, Riconosciuta Nel “Piano Nazionale Infrastrutture Di Ricerca Pnir 2021-27”. A Livello Europeo, è Parte Della Rete Laserlab Europe Delle Large Laser Infrastructures E A Livello Nazionale Fa Parte Della Rete Italiana Delle Infrastrutture Di Ricerca “Integrated Infrastructure Initiative In Photonics And Quantum Sciences” (I-Phoqs). La Ricerca Si Svolge Presso Il Dipartimento Di Fisica Del Politecnico Di Milano Attraverso Una Rete Di 14 Laboratori All'Avanguardia Dedicati Allo Sviluppo Di Nuovi Metodi E Tecniche Innovative Basate Sulla Fotonica, Principalmente Rivolti Ad Applicazioni Diagnostiche Non Invasive In Diversi Ambiti, Tra Cui Il Biomedicale, L'Agroalimentare E I Beni Culturali. La Caratteristica Comune Di Tutti I Metodi D'Indagine è Lo Sviluppo Di Strumenti Innovativi Per La Misura Della Luce Con Elevata Risoluzione Temporale E Sensibilità. I Principali Principi Diagnostici Si Basano Sull'Analisi Dell'Emissione Di Fluorescenza E Della Propagazione Della Radiazione Ottica In Mezzi Altamente Diffusivi. La Vocazione Applicativa Di Questa Linea Di Ricerca Ha Portato Alla Realizzazione Di Strumentazione Da Laboratorio E Dispositivi Portatili Conformi Alle Normative Nazionali E Internazionali. Tali Risultati Hanno Consentito Il Trasferimento Dell'Innovazione Tecnologica In Ambienti Ospedalieri, Clinici E Museali.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Milano

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

MI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Lombardia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Piazza Leonardo da Vinci 32

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

20133

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0223996555

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

alessia.cappellini@polimi.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

pecfisica@cert.polimi.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Antonio Giovanni

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Pifferi

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Pffnng65r16f205x

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

antonio.pifferi@polimi.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3346294804

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Antonio Giovanni

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Pifferi

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PFFNNG65R16F205X

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

antonio.pifferi@polimi.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0223996072

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV Antonio Pifferi.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Luciano

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Rinaldi

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

RNLLCN71T14F704X

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

luciano.rinaldi@polimi.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0223999245

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV Luciano Rinaldi signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il team è composto da 14 membri di ruolo (5 professori ordinari, 7 professori associati, 2 ricercatori tenure track), più 2 ricercatori a tempo determinato e un numero variabile di post-doc, dottorandi e studenti magistrali (circa 30 all'anno). Tra i dottorandi e post-doc vi è un numero considerevole di ricercatori non italiani, segno della buona attrattività del gruppo, che ha ospitato anche diversi progetti Marie Curie-Skłodowska. L'equilibrio di genere è circa 50%/50%. Le competenze chiave riguardano fisica, fotonica e bioingegneria, con una forte propensione alle applicazioni. Il gruppo è supportato da un efficiente ufficio

amministrativo che gestisce gran parte dei processi di acquisto. Inoltre, un team di tecnici – condivisi a livello di Dipartimento – offre supporto per ICT, meccanica (officina interna) e produzione di circuiti elettronici.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

L'unità CUSBO-POLIMI-RL3 ha sviluppato postazioni uniche per imaging avanzato e spettroscopia di mezzi biologici. In dettaglio: - Spettrometro diffuso tempo risolto a banda larga con prestazioni record in termini di sensibilità e copertura spettrale - Setup per spettroscopia Raman diffusa nel dominio del tempo - Sistema multicanale per imaging funzionale di tessuti e cervello nel dominio del tempo - Mammografia ottica multi-lunghezza d'onda - Microscopia a fluorescenza con foglio di luce multicolore - Imaging strutturato e con compressione di segnali (compressed sensing) - Imaging e microscopia fotoluminescente iperspettrale a campo largo e con gating temporale I laboratori di ricerca sono completati da: - Officina per la fabbricazione di phantom tissutali equivalenti - Servizi di stampa 3D per sonde tissutali e automazione di laboratorio (basata su Arduino)

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

I laboratori e le strumentazioni fanno parte della facility "Center for Ultrafast Science and Biomedical Optics" (CUSBO), appartenente alla rete europea LaserLab Europe delle Infrastrutture Laser. CUSBO è stato inserito nel PNIR 2021-27 e ha aderito alla rete PNRR I-PHOQS, poi costituitasi in Joint Research Unit (JRU). L'unità ha collaborazioni consolidate con importanti gruppi europei di ottica biomedica e ha partecipato a diversi progetti congiunti e progetti europei (es. Lund Laser Centre, ICFO a Barcellona, Tyndall a Cork, University College London, University of Birmingham, CEA-LETI a Grenoble, Physikalisch-Technische Bundesanstalt a Berlino). Inoltre, collabora attivamente con ospedali e centri biomedici milanesi (San Raffaele, Policlinico, Humanitas, Istituto Europeo di Oncologia, Ospedale Sacco, Istituto Neurologico "Besta", Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri"). Circa 10 prototipi clinici sono stati trasferiti in ambito clinico e coinvolti in circa 20 studi clinici.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il team è coinvolto in numerose attività di formazione, tra cui: - Insegnamento nei corsi di laurea, laurea magistrale e dottorato in Ingegneria e Fisica presso il Politecnico di Milano - Attività di tesi triennali e magistrali su temi originali di ricerca in fotonica - Formazione sperimentale e di ricerca per dottorandi - Accoglienza di dottorandi esterni in soggiorno di ricerca - Piattaforme di laboratorio per formazione pratica su tecniche avanzate di fotonica - Lezioni, seminari e workshop focalizzati sulla biofotonica

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Come parte del Politecnico di Milano, il team contribuisce a programmi accreditati in: - Laurea triennale in Ingegneria (diversi indirizzi) - Laurea magistrale in Ingegneria (principalmente Ingegneria Fisica) - Dottorato in Fisica Come parte del Politecnico di Milano, il team contribuisce a programmi accreditati in: - Laurea triennale in Ingegneria (diversi indirizzi) - Laurea magistrale in Ingegneria (principalmente Ingegneria Fisica) - Dottorato in Fisica

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Advanced Quantum Photonics And Machine Learning Integration

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Nanotec-Le-RI4

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Lens-Cnr-Nanotec-Le-R14 Research Group, Grew Out Of The Beyond-Nano Initiative, A Funded Project To Create A Research Infrastructure Fully Integrated With The Best Expertise Of Cnr Facilities In Southern Italy In The Field Of Advanced Materials And Nanotechnology. This Research Group Now Stands Out As One Of The Most Advanced Photonics Laboratories In Southern Italy And Is One Of The World'S Leading Experts In The Field Of Quantum Polaritonics. Indeed, The Group'S Research Activities Are Focused On The Study Of Propagating Polariton States In Semiconductor Waveguides For Nonlinear Applications Using Different Materials Platforms From Hybrid Organic-Inorganic Semiconductors To Emerging 2d Materials. The Unit Is At The Forefront Of Developing Photonic Systems For Neuromorphic Computing And Nonlinear Optical Information Processing At Both Classical And Quantum Levels, Exploiting The Unique Properties Of Excitons-Polaritons-Quasiparticles That Combine Strong Light-Matter Coupling With Fast Response Times And Nonlinear Behavior. A Major Goal Is The Creation Of Polariton-Based Network For Quantum And Classical Computation. The Ultimate Goal Is To Create A Neural Network Of Such Nonlinear Waveguides Working At The Limit Of A Few Photon Per Operation. These Systems Are Inherently Parallel, Energy Efficient And Operate At Sub-Nanosecond Speeds, Paving The Way For Ultrafast Analog Processing. In Addition, All-Optical Logic Gates Using Nonlinear Dynamics, Gain Saturation, And Bistability Of Polaritonic Fluids Are Being Worked On. By Integrating Nanophotonics, Microcavity Engineering, And Nonlinear Optics, The Uo Aim To Develop Scalable Architectures For Optical Logic Circuits, Reservoir Computing, And Hybrid Systems That Combine Photonics And Electronics. These Efforts Aim To Link Fundamental Quantum Phenomena With Practical Applications In High-Speed Intelligent Computing Tasks Such As Pattern Recognition, Optimization, And Adaptive Learning. Objectives And Impact: The Unit Aims To Consolidate Photonic Quantum Platforms As A New Frontier For Fundamental Physics Research And Technological Innovation, Exploiting The Inherent Flexibility, Precision And Scalability Of Polaritonic Optical Systems. In Particular, Polaritons Provide Access To Regimes That Are Difficult To Achieve In Atomic Or Electronic Systems, While Enabling New Capabilities Such As Coherent Control, Fast Signal Processing, And Reconfigurable Logic. The Unity'S Approach Is Inherently Complementary To Other Quantum Technologies, Including Cold Atoms, Superconducting Circuits, And Solid-State Spin Systems, And Is Closely Integrated With Advances In Nanophotonics, Quantum Materials, And Electro-Optical Device Engineering. This Vision Is Fully In Line With Europe'S Strategic Outlook For Photonics, As Expressed In Photonics21, Horizon Europe'S Strategic Research And Innovation Agenda (Sria), And The Key Enabling Technologies (Ket) Framework, Which Recognizes Photonics As A Key Pillar For Europe'S Digital Sovereignty, Industrial Leadership, And Scientific Excellence. Specifically, The Unit Contributes To The Development Of Enabling Technologies For Quantum Computing, Neuromorphic Architectures, Advanced Sensing, And Integrated Photonic Technologies.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Lecce

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

LE

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Puglia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via per Monteroni

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

73100

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0832319701

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.nanotec@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Daniele

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Sanvitto

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Snvdn172d07b474i

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

daniele.sanvitto@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3200116964

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Daniele

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Sanvitto

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

SNVDNL72D07B474I

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

daniele.sanvitto@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3200116964

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Sanvitto-CV-signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Samuele

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Vincenti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

VNCSML77T14L419J

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0832319701

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EU Samuele Vincenti 01_25_signed-1.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The operating unit includes a highly qualified and multidisciplinary team composed of senior researchers, technical staff, PhD students, and postdoctoral fellows with strong expertise in photonics, nanotechnologies, and quantum materials. A dedicated project manager supports coordination and strategic planning, while an administrative team ensures smooth financial and operational management. Researchers in the unit are involved in a wide range of experimental and theoretical activities, from the design and fabrication of photonic components to the modeling and characterization of emergent light-matter systems.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The unit benefits from the advanced infrastructure of the CNR-NANOTEC Institute in Lecce, which spans over 2,500 m² of dedicated research space. This includes a state-of-the-art photonics laboratory, facilities for chemical synthesis and characterization, a cleanroom and nanofabrication area for device prototyping, as well as biotechnological and optoelectronic instrumentation. The unit is also a core partner in several national and European initiatives, particularly within the PNRR-funded I-PHOQS distributed research infrastructure, which connects CNR-LENS, CNR-ELI, Beyond-Nano, and POLIMI-CUSBO. Through this network, resources and instrumentation are shared across institutions to promote collaborative, high-impact research.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The unit maintains strong and long-standing scientific collaborations with leading national and international partners, including prominent academic institutions, public research organizations, and industrial players. These partnerships support a broad spectrum of activities, from fundamental research to technology transfer and joint development of advanced photonic devices. Industrial collaborations include ongoing interactions with Bright Solutions, IBM, ST Microelectronics, and Hewlett-Packard (HP), focusing on areas such as ultrafast photonics, integrated quantum technologies, and scalable nanofabrication processes. The unit is also an active member of major collaborative research projects. These include the Pathfinder European project Q-ONE (EIC-European Innovation Council), where the unit contributes to the exploration of novel quantum regimes in driven-dissipative systems; the Pathfinder European project Polart (EIC-European Innovation Council), dedicated to the study of polariton-based neuromorphic accelerator and sensing; and several national PRIN projects. Academic collaborations involve a wide network of institutions, including: University of Warsaw (Poland), Nanyang Technological University (Singapore), École Polytechnique of Montréal (Canada), Italian Institute of Technology (Italy), Princeton University (USA), TUM Munich (Germany), University of Pavia (Italy), Polish Academy of Sciences (Poland), University of Wolverhampton (UK), Sapienza University of Rome (Italy), Johannes Kepler University Linz (Austria), Westlake University (China), City University of New York (USA), University College London (UK), Eindhoven University of Technology (The Netherlands), and Université Clermont Auvergne – CNRS (France).

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

The unit is actively involved in high-level training activities across all educational stages, from secondary education to doctoral research. It plays a significant role in PhD programs, both through direct supervision of doctoral theses and participation in selection committees. Members of the unit also serve on the Doctorate Council of the University of Salento, contributing to the strategic coordination of doctoral curricula and ensuring high academic standards. The unit regularly organizes and teaches in advanced training schools and workshops for graduate and postgraduate students, helping to shape the next generation of researchers in photonics and quantum technologies. Among the most notable initiatives are the Lecce School on Quantum Optics in Solid-State Systems; the Quantum Optics and Quantum Materials (QOQM) School, part of the I-PHOQS activities on Quantum Week; and the OECS 2023 Lecce – International Conference on Optical Properties of Excitons in Semiconductors. These events bring together students and leading scientists for intensive learning experiences that combine theoretical foundations with experimental practice. PhD students hosted by the unit carry out their research within the laboratories of CNR-NANOTEC, gaining direct access to state-of-the-art equipment and working closely with senior researchers. This environment provides them with both advanced technical training and exposure to interdisciplinary approaches in nanophotonics, quantum fluids, and material science. In parallel, internships are offered to undergraduate and master's students, fostering smooth transitions toward research careers and hands-on development of scientific skills. Furthermore, the unit is engaged in outreach and early training for younger students, including participation in PTCO (Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento) programs, which provide high school students with the opportunity to experience laboratory activities, attend seminars, and engage with scientific topics in the fields of photonics, nanotechnology, and biotechnology. These initiatives aim to spark early interest in STEM subjects and guide students toward informed educational and professional paths in science and technology.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

As a research institution, the OU cannot accredit the training activities in which it is involved but as mentioned above it actively collaborates with research and teaching partners such as the various universities and in particular with the University of Salento.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

68667fe4f915e123e5c16e93

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Sobigdata-Sns

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Sobigdata-Sns

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Expression Of The Knowledge Discovery And Data Mining Laboratory At The Scuola Normale Superiore. The Research Group Is Founded (Kdd Lab) Is A Joint Research Initiative Of The Cnr Isti Institute And The Department Of Computer Science At The University Of Pisa And The Scuola Normale Superiore. The Kdd Lab Group At Scuola Normale Is Led By Professor Fosca Giannotti And Focuses On The Topics Of Reliable, Explainable And Ethical Artificial Intelligence.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Piazza dei Cavalieri 7

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56126

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

+39 050 509111

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

ricerca@sns.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.sns.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Fosca

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Giannotti

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Gnnfsc58r44c303v

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

fosca.giannotti@sns.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

050 509103

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Roberto

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Pellungrini

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PLLRRT88M23L833A

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

roberto.pellungrini@sns.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3402720188

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Curriculum_Pellungrini firmato CIE.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Aldo

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Rizzo

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

RZZLDA65A07L049T

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

ricerca@sns.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

050 509719

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Rizzo_CV_2024_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The KDD-Lab research group at Scuola Normale has been led by Professor Fosca Giannotti since 2021. There are also 8 researchers and 8 PhD students in the group at the Scuola Normale.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The research group at the School has access to the computational resources of KDD-Lab as well as resources shared by the University of Pisa HPC center.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

KDD-Lab began as a joint research group between CNR and the University of Pisa, later expanding to the Scuola Normale Superiore. Therefore, the group can rely on strong collaborations with the aforementioned research institutions. International collaborations established over the years include relationships with leading scientists in the field of Computer Science, data science and complex systems, including: Albert-László Barabási, Ricardo Baeza-Yates, Ulises Cortes, Marta Gonzalez, Josep Domingo Ferrer. The group leads a leading role in several international research projects, such as the ERC XAI project, the SoBigData and SoBigData++ projects, the Horizon TANGO project, and the PNRR FAIRm project, and has also contributed to many other projects, including the HumaneAI-net and Tailor projects.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Scuola Normale Superiore is one of Italy's leading universities. The KDD-Lab group at Scuola Normale actively contributes to Scuola Normale's educational training, providing courses focused on artificial

intelligence. The group is also directly involved in the selection and management of the national doctoral program in Artificial Intelligence, and trains doctoral students in this field.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

At Scuola Normale, the group provides four courses: Explainable AI for the doctoral program in artificial intelligence, the Introduction to Machine Learning and Responsible Generative Artificial Intelligence courses for master's students, and the Modern Approaches to Artificial Intelligence course for three-year students.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Innovative Materials And Devices

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Nanotec-Le-RI3

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Operational Unit "Innovative Materials And Devices" Belongs To The Institute Of Nanotechnology (Nanotec), Which Was Established By The National Research Council (Cnr) In 2015. The Institute Carries Out Both Theoretical And Experimental Research On Condensed Matter, Biological Systems, And Cold Plasmas; The Design Of Advanced Materials And Nanostructured Systems; And The Development Of Innovative Technologies For Applications In Energy, Photonics, Environment, Aerospace, Cultural Heritage, And Health. The Institute, Located In Central-Southern Italy, Includes A Main Site In Lecce And Three Additional Branches In Bari, Rende, And Rome. Within This Framework, The Activities Of The "Innovative Materials And Devices" Unit Are Developed. The Unit'S Work Is Carried Out Primarily In The Laboratories Of The Device Facility, Which Provide Advanced Instrumentation, Well-Equipped Experimental Setups, And A Stimulating Scientific-Technical Environment To Support The Effective Implementation Of The Project. The Laboratories Hosting The Project'S Activities Include A Cluster Tool Of Evaporation Chambers, Available As A State-Of-The-Art Deposition System For Various Materials (E.G., Metals, Organic Semiconductors, Oxides); Two Interconnected Glove-Boxes Equipped With A Thermal Evaporator, Spin-Coater, And Solar Simulator. Instruments For Morphological And Structural Characterization Are Also Available, Including Atomic Force Microscope (Afm), High-Resolution Scanning Electron Microscope (Hrsem), Xrd Spectrometer, Delaminator, Micro-Compounder, Ink-Jet And Slot-Die Printers, Dsc-Tga, Chemical Hoods With Schlenk Lines, And Instruments For Routine Optical/Compositional Characterization Of Samples, Such As Uv-Vis/Nir Spectrophotometer/Fluorimeter, Ftir (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy), Dls (Dynamic Light Scattering), Time-Correlated Single Photon Counting (Tcspc), And Rheometer. The Unit Has Expertise In The Study, Control, And Correlation Of Morphological, Structural, And Optical Properties Of Hybrid Organic/Inorganic Materials (Such As Hybrid Perovskites, Colloidal Nanocrystals, Two-Dimensional Materials, Etc.) For Applications In Various Optical And Optoelectronic Devices, Including Oleds, Solar Cells, Photoelectrochromic Devices, And Organic Batteries.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Lecce

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

LE

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Puglia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via per Monteroni

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

73100

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0832319701

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.nanotec@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Aurora

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Rizzo

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Rzzrra80e60l565d

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

aurora.rizzo@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0832319816

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Aurora

- **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Rizzo

- **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

RZZRRA80E60L565D

- **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

aurora.rizzo@cnr.it

- **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0832319816

- **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV Aurora Rizzo.pdf

- **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

- **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

- **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Samuele

- **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Vincenti

- **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

VCNSML77T14L419J

- **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincente@cnr.it

- **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

3495230216

- **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EU Samuele Vincenti 01_25_signed-1.pdf

- **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The available human resources include 5 permanent staff members—comprising 3 researchers, 1 technologist, and 1 technician—along with 6 fixed-term researchers and technologists, and 12 PhD candidates and junior researchers. Together, they bring complementary expertise in materials development, as well as in the advanced implementation and characterization of devices. The unit possesses consolidated expertise in the study, control, and correlation of the morphological, structural, and optical properties of hybrid organic/inorganic materials. This includes, but is not limited to, hybrid perovskites, colloidal nanocrystals, and two-dimensional materials. Research activities focus on understanding the fundamental relationships between material properties and device performance, enabling the design and optimization of functional materials for a wide range of optical and optoelectronic applications. These applications encompass organic light-emitting diodes (OLEDs), photovoltaic devices such as solar cells, photoelectrochromic systems, and next-generation energy storage technologies including organic batteries. The unit's interdisciplinary approach combines materials synthesis, advanced characterization techniques, and device fabrication, promoting the development of innovative solutions for sustainable and high-performance technologies.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The multidisciplinary nature of NANOTEC—in terms of instrumentation, experimental setups, and a stimulating scientific and technical environment—provides an ideal context to successfully support the implementation of this ambitious project. Furthermore, thanks to its involvement in numerous national, regional, and European projects and the management of a budget exceeding €10,000,000, the institute fully meets all the requirements regarding financial resources, capabilities, and human resources needed to support the project. The operational unit will carry out research activity in the device facility, which houses a state-of-the-art advanced deposition system consisting of a cluster of evaporation chambers for various materials (e.g., metals, organic semiconductors, oxides). Additionally, two interconnected glove boxes equipped with a thermal evaporator, spin coater, blade coater, and solar simulator are available for the fabrication and characterization of optoelectronic devices under inert atmosphere. The researchers of the operational unit will have access to laboratories for morphological, structural, and photo-physical characterization. Available instruments for morphological, compositional, structural analysis, and grain size determination include a high-resolution scanning electron microscope (HRSEM), XRD analysis, photoluminescence setups, and decay time measurements.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The collaborations of the NANOTEC Operational Unit are based on joint participation in numerous national and international research projects, both as partners and as lead applicants. Within its field of expertise, CNR-NANOTEC has been involved in the project “New Concepts, Materials and Technologies for the Building Integration of Photovoltaics in a Scenario of Diffuse Generation” (CANVAS) – funded by the Italian Ministry of Ecological Transition (MiTE) and the European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) of the Italian photovoltaic network. Beside that the unit has been involved in several national and international project on the development of innovative optoelectronic devices, such as the project Italy-China Science and technology cooperation program- MAECI. Among the main international collaborations are partnerships with the University of Exeter, Linköping University, Ludwig Maximilian University of Munich, VTT Finland, Stanford University, University of Arizona, University of Gothenburg, Humboldt University of Berlin, and others. In the field of solar cell development and innovative materials, CNR-NANOTEC has signed and managed contracts with companies such as ENI S.p.A., SENECA Italia, Klopman, and Tozzi Green.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Researchers at CNR-NANOTEC are actively involved in teaching and training activities carried out in collaboration with universities and higher education institutions. They also contribute significantly to the professional development of trainees at the facility, including PhD candidates and undergraduate students. The Institute and research unit has carried on PCTO courses, which stands for Pathways for Transversal Skills and Orientation, is a program in Italian high schools designed to provide students with practical experience and career guidance. “Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento” Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento Researchers at CNR-NANOTEC are actively involved in teaching and training activities carried out in collaboration with universities and higher education institutions. They also contribute significantly to the professional development of trainees at the facility, including PhD

candidates and undergraduate students. The Institute and research unit has carried on PCTO “Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento” courses, designed to provide high school-students with practical experience and career guidance.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

PhD course in Nanotechnology-Università del Salento, Lecce; PCTO

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cnr-Ino Ultracold Quantum Gases And Mid-Infrared And Thz Spectroscopy

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Ino-Fi-RII

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

This Unit Is Part Of Lens, A Cnr Research Infrastructure Included In The “Piano Nazionale Infrastrutture Di Ricerca (Pnir) 2021–27” And Integrated Into The Pnrr Italian Network Of Research Infrastructures Under The “Integrated Infrastructure Initiative In Photonics And Quantum Sciences” (I-Phoqs). It Is Located In Sesto Fiorentino (Florence) And Operates Within The Istituto Nazionale Di Ottica (Cnr-Ino). In Particular, This Unit Is Composed By The Ultracold Quantum Gases Led By Dr. Giacomo Roati And By The Mid-Infrared And Thz Spectroscopy Group Led By Dr. Paolo De Natale. The Ultracold Quantum Gases Group At Cnr Has Over 20 Years Of Experience In The Study Of Quantum Liquids Formed By Ultracold Fermionic And Bosonic Atoms. The Mid-Infrared And Thz Spectroscopy Group Has Contributed In Recent Years To Groundbreaking Research, Focused On The Study Of The Coherence Properties Of Infrared Single And Multi-Frequency Radiation, Including Nonlinear Sources And Qcls. The Unit Is Driven By The Vision Of Real World Quantum Simulation Based On Ultracold Matter. The Groups Belonging To This Unit Are Composed Of Researchers With Strong International Standing And A Proven Track Record Of Significant Contributions To Their Respective Areas.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Sesto Fiorentino

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

FI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via Nello Carrara, 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

50019

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0554572163

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

amministrazione.sesto@ino.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Giacomo

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Roati

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Rtogcm74s01f205n

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

giacomo.roati@ino.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0554572474

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Giacomo

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Roati

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

RTOGCM74S01F205N

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

giacomo.roati@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3478200732

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_Roati_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Elisa

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Guberti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

GBRLSE75B59D548I

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

elisa.guberti@ino.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0554572163

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EGubertiITA2025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The unit brings together different and already fully functional research groups, to reach the necessary critical mass for the realization of its activities. The unit responsible person is a Research Director of CNR-INO with a long and vast experience in the fields of ultracold atoms and quantum simulation, with an extensive range of international collaborations, a large number of top-level scientific publications, and the direct involvement in the research. In the unit we will have different CNR-INO Senior Researchers, and leaders in their respective research fields. Other unit participants include 3 Researchers and 3 Postdocs, together with 4 PhD students.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The unit operates two laboratories, both fully equipped for cutting-edge research on ultracold matter and for demonstrating the potential of Quantum Cascade Lasers (QCLs) in high-resolution molecular spectroscopy, metrology-grade applications, and the generation of nonclassical states of light. The Ultracold Matter Laboratory features multiple laser systems and advanced optical imaging setups designed to manipulate and probe ultracold atomic gases with high spatial resolution. The Mid-Infrared and Terahertz Spectroscopy Laboratory, on the other hand, hosts a wide array of lasers, optoelectronic components and sophisticated detection systems. It includes a diverse set of optical sources spanning several spectral regions—among them, an optical frequency comb operating in the visible-to-near-infrared range, fiber-amplified lasers, and an Optical Parametric Oscillator for generating correlated twin beams in the mid-infrared. The lab also integrates several Quantum and Interband Cascade Lasers. In addition to its experimental infrastructure, the unit actively develops theoretical models and new protocols for quantum simulation and to explore the fundamental and applied behavior of QCLs.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The unit has strong links and active collaborations with several national and international research institutions, universities, and industrial partners, which contribute to the excellence and timeliness of the performed activities. In Italy, we collaborate with major universities including those in Firenze, Napoli, Trento, Trieste, Pisa. We also work together with leading research centers such as Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), the Italian Space Agency (ASI), and ICTP. Moreover, we enjoy long-standing collaborations with many institutions worldwide, including the University of Sao Paulo (Brazil) and the UNAM (Mexico). Our industrial collaborations include several companies, from SMEs to major international players, such as Alpes Lasers, Nanoplus, FlySight, PpqSense, Hamamatsu Photonics, Silicon Austria Lab, Leonardo, TIM (Telecom Italia), and Airbus. Furthermore, this unit has participated in several European projects coordinated or co-led by CNR-INO, covering a broad range of topics in Quantum Technologies, including: • HPCQS: A consortium aimed at creating the first European infrastructure that integrates High-Performance Computing (HPC) with Quantum Simulators (QS). • QOMBS (Quantum Flagship): Focused on simulating electronic transport in Quantum Cascade Lasers (QCLs). • MUQUABIS (RIA – Quantum Flagship): Development of quantum sensors for the study of stem cells specialized in cardiac tissue. • PASQUANS2.1 (Quantum Flagship): Aimed at advancing and scaling up quantum simulation platforms based on atoms and ions, while fostering a vibrant quantum simulation ecosystem across Europe. • I-PHOQS: The first Italian distributed research infrastructure dedicated to Photonics and Quantum Technologies, spanning eight different sites.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

All participating research groups actively host Master's and PhD students for experimental thesis work, with researchers closely engaged in both training and supervision. Most of them also hold teaching roles in Master's and doctoral programs at the University of Florence and other universities.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

CNR does not directly organize its own PhD programs, but actively collaborates with universities through joint initiatives—such as the Joint PhD in Quantum Technologies at the University of Naples. In this program, CNR is involved alongside the Universities of Camerino and Bari, contributing to the training of future experts in quantum technologies. Several researchers from this unit are members of the PhD board and regularly take part in teaching activities and examinations.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cnr-Ino OwC & Vlc Communications; Mid-Ir & Thz; Photonic Materials For (Bio)Sensing

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Ino-Fi-RI2

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

The Operational Unit Lens-Cnr-Ino-Fi-RI2 Is Composed Of Highly Qualified Personnel With Complementary Skills And Internationally Recognized Expertise. These Range From Optoelectronic Technologies Applied To Optical Communications, To The Development And Characterization Of Optical Sources And Detectors Across A Broad Spectrum Of Wavelengths, Including Unconventional Ones, As Well As Laser 3d Printing Of Innovative Materials And Their Specific Functionalization For Applications In Optical Communications And Sensing. The Scientific And Technological Activity Of The Groups Within The Unit Has Resulted, Over The Past Five Years, In Numerous Publications In Prestigious Peer-Reviewed International Journals, Including Advanced Optical Materials, Advanced Energy Materials, Laser & Photonics Reviews, Advanced Quantum Technologies, Light: Science And Applications, Among Others. The Unit Also Holds Several Patents, Either Pending Or Granted, Related To The Specific Topics Of The Project. Specifically, The Unit Includes The Synergistic Collaboration Of Three Research Groups, Whose Complementary Expertise Will Be Effectively Leveraged To Carry Out The Activities Assigned To Uo Lens-Cnr-Ino-Fi-RI2: Research Laboratory On Owc And Vlc Communications: This Group Has Long-Standing Experience And Collaborations In The Development, Implementation, And Testing Of Advanced Wireless Optical Communication Systems Across Various Application Domains, Including Vehicular Environments, Indoor Communications, And The Study And Realization Of Fluorescent Optical Antennas Using Innovative Materials—One Of The Most Cutting-Edge Aspects Of The Group'S Research. Over The Past Three Years, This Topic Has Fostered Fruitful Collaborations With Several Italian Institutes, Universities, And Companies. Research Laboratory On Mid-Ir And Thz: This Group Has Extensive Expertise In The Development And Characterization Of Laser Sources (Nonlinear Sources, Quantum Cascade Lasers – Qcls) And Detection Systems In The Mid- And Far-Infrared, Extending Into The Thz Range. Recent Activities Have Focused On The Development Of High-Sensitivity, High-Resolution Laser Spectroscopy Techniques (Compact Resonant Cavity Sensors, Lidar) And Innovative Systems For Free-Space Transmission Of Mid-Ir And Thz Light, Including Remote Sensing And Communication Systems. Notably, This Group Has Previously Collaborated With The Owc/Vlc Research Lab, Resulting In Joint Publications In Leading Journals. Research Laboratory On Photonic Materials For (Bio)Sensing: This Lab Has Cross-Disciplinary Expertise In Materials Engineering And Nanotechnologies, With A Focus On The Development And Functionalization Of Advanced Photosensitive And Photostructurable Materials And Nanocomposites; 3d Printing Technologies Using Light Sources For The Photostructuring Of Polymers And Nanocomposites With Engineered Optical Properties For (Bio)Sensing And Vlc Applications; And The Development Of Optofluidic Systems Integrating Optical Sensors Into Miniaturized Devices. The Relevance Of The Recent Activities Carried Out By The Groups Within The Unit Is Evidenced By The Quality Of Their Publications And Their Participation In Numerous National (Including Several Pnrr Initiatives) And European Projects. The Group Leaders Hold Key Scientific Roles In These Projects, Ranging From Activity Leads To Coordinators Or Principal Investigators (Pis).

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Sesto Fiorentino

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

FI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via nello carrara 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

50019

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0554572163

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

amministrazione.sesto@ino.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Jacopo

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Catani

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Ctnjcp79l24d612i

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

jacopo.catani@ino.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0554572563

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Jacopo

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Catani

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

CTNJCP79L24D612I

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

jacopo.catani@ino.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0554572563

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

signed_1751627293475_CV of JACOPO CATANI.pdf.p7m

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Elisa

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Guberti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

GBRLSE75B59D548I

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

elisa.guberti@ino.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0554572163

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EGubertiITA2025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The planned activities for the unit will be supported by an adequate number of researchers and technicians, with differentiated and synergistic roles within the unit. Specifically, the research activities will involve: • 1 Research Director (unit and activity coordinator) • 2 Senior Researchers • 2 Researchers • 2 Fixed-term Researchers (2-year contracts funded by the project) For research support activities, the following personnel

will be involved: • 1 Electronics Technician • 1 Mechanical Technician • 1 Technologist • 1 Senior Technologist • 1 Administrative Staff Member. Bibliometric Indicators of the Scientific Coordinator Jacopo Catani (CNR-INO): h-index (Google Scholar) 31; total citations: 6950+

➤ 11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca

The operational unit will benefit from numerous facilities and infrastructures available at LENS in Sesto Fiorentino, part of the PNRR I-PHOQS infrastructure. Among these is a complete system for the characterization of fluorescent optical antennas, located in the OWC/VLC research laboratory. This system is capable of performing semi-automated tests on planar substrates, both in terms of solar energy conversion efficiency and performance characterization for OWC and VLC applications. Recently installed, it is the only system worldwide capable of simultaneously measuring efficiency and analyzing optical communication quality, and it has already attracted interest from companies interested in its use. Another available infrastructure includes a platform for the development, functionalization, and characterization of advanced photonic materials, as well as 3D printers (laser stereolithography (SLS) and digital light projection (DLP)) for the 3D microstructuring of photonic materials using light sources. The unit will also utilize laser sources available in the Mid-IR and THz research laboratories. These include various semiconductor sources (Quantum and Interband Cascade Lasers – QCLs and ICLs), DFG laser sources, and optical frequency combs. The laboratories are also equipped with fast detectors and optical components for manipulating mid-infrared and THz light. A prototype LIDAR system based on quantum cascade lasers is also available for studying free-space transmission capabilities of mid-infrared radiation. Research activities and infrastructure are further supported by highly qualified electronic and mechanical workshops, as well as research support offices located at both LENS and CNR-INO in Florence.

➤ 11A4.46: Informazioni Generali – Networking

The unit boasts numerous national and international collaborations, both within funded projects and through collaborative research with various institutes, universities, and companies on topics relevant to the project. Notable collaborations include: • Glass to Power S.p.A. (IT): Development of transparent photovoltaic units based on quantum dots for OWC and VLC communication. • University of Milano-Bicocca (IT): Research on hybrid luminescent solar concentrators (LSCs) based on quantum dots for energy harvesting and VLC. • Scuola Superiore Sant'Anna (IT): Development of innovative OWC systems, particularly indoor white-light systems (Li-Fi). • CNR-IEIIT (IT): Development and integration of vehicular VLC/OWC systems. • ILES S.r.l. (IT): Development of OWC and VLC systems for vehicular and smart city applications. • CNR-ICCOM (IT): Synthesis of new organic fluorophores for fluorescent optical antennas for OWC and VLC. • Neptune S.r.l.: Development of advanced electronics for high-speed signal generation and reception in OWC and VLC. • Alpes Lasers (CH), Hamamatsu Photonics (JP), CNR-NANO (Pisa, IT), Technical University of Munich (DE), Technical University of Vienna (AT), Silicon Austria Labs (AT): Development of laser sources (QCL, ICL) and detection systems for mid-infrared and THz. • ppqSense (IT): Development of QCL control electronics. • Leonardo (IT): Coherent detection systems for ultra-low power and communication. • University of Bari (IT): THz imaging. • ASI (IT), Politecnico di Milano (IT): Development of sensing and communication systems. • Politecnico di Milano, BiomaGUNE (ES), IPHT Leibniz (DE): Development of materials and nanocomposites for sensing, 3D printing (SLA and DLP) of nanocomposites with piezoelectric and plasmonic properties. • DWS S.r.l. (IT): Development of photostructurable composites. • NSight Dynamics S.r.l.: Engineering of optical sensors for the analysis of highly diluted analytes in liquid samples.

➤ 11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione

Personnel affiliated with the unit have been actively involved in training undergraduate and graduate students, PhD candidates, and third parties through university courses (in collaboration with academic institutions), webinars, and in-person training events. Recent training initiatives include: • Training webinars for companies organized by the ARTES4.0 Competence Center on wireless optical communication technologies. • Outreach and training webinars for companies and private entities organized within the PRISMA – CTE Project coordinated by the Municipality of Prato on OWC/VLC communications. • A training event on OWC/VLC systems for a network of university students as part of the European Digital Innovation Hub PhotonHUB. • University courses (Master's level) in collaboration with the University of Florence, taught by unit personnel, including courses in Bioengineering, Biomaterials, and Biofabrication. • Supervision of 7 PhD students at LENS in Sesto Fiorentino over the past 5 years on topics relevant to the unit's activities.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Although CNR cannot directly organize independent PhD programs or confer academic degrees, the research groups within the unit collaborate continuously with accredited universities to train students at various academic levels. In particular, strong collaboration is maintained with the Department of Physics and Astronomy at the University of Florence and with LENS in Sesto Fiorentino for the organization and implementation of Bachelor's, Master's, and PhD programs, through the integration of students into the laboratories under the direct supervision of CNR personnel.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6866aa3762f2ac1755a2d01e

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Dipartimento Di Ingegneria - Unipa

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Di-Unipa

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

I Gruppi Operanti Nel Dipartimento Di Ingegneria, Pur Provenendo Da Esperienze Diverse, Hanno Un'Idea Comune E Condivisa Delle Strategie Da Perseguire E Dei Valori E Delle Regole Che Dovranno Governarne La Vita Del Dipartimento. Tra Essi: • L'Affermazione Dell'Eccellenza Nella Didattica E Nella Ricerca Quale Obiettivo Fondamentale Del Dipartimento; • La Promozione Di Virtuosi Processi Cooperativi Tra Diversi Ambiti Disciplinari E Competitivi Atti Ad Incrementare La Produzione Scientifica, La Visibilità E L'Autorevolezza Del Dipartimento Soprattutto A Livello Internazionale, Ma Anche Nazionale E Di Ateneo; • L'Attenzione Al Territorio, Alle Richieste Ed Esigenze Del Sistema Produttivo E Dei Servizi, La Consapevolezza Del Ruolo Del Dipartimento Quale Motore Di Crescita E Sviluppo Sostenibile; • La Consapevolezza Dell'Importanza Della Valutazione Della Ricerca, In Relazione Al Settore Scientifico Di Appartenenza, Attraverso Parametri Internazionalmente Accettati; • L'Accettazione Di Logiche Di Premialità Dei Ricercatori Basate Sul Riconoscimento Dell'Impegno, Dei Meriti E Dei Risultati Conseguiti In Ambito Scientifico, Didattico, Organizzativo E Di Fund-Raising Collegato Ad Attività Di Tipo Scientifico, Anche Negli Aspetti Tecnologici, E Didattici; • Attenzione A Forme Di Sostegno Solidale Alle Esigenze Di Tutti I Gruppi E Settori Di Ricerca Al Fine Di Incrementare Le Prestazioni E Gli Indici Di Valutazione Del Dipartimento; • Un Desiderio Diffuso Di Favorire Una Maggiore Integrazione, A Tutto Campo, Tra Le Discipline Di Base Dell'Ingegneria E Quelle Più Applicative E Di Sostenere Le Aree Di Ricerca Più Svantaggiate Con La Finalità Di Aiutarle Ad Intraprendere Percorsi Di Miglioramento Continui E Progressivi; • Il Dipartimento Persegue Le Pari Opportunità In Ogni Sua Espressione Sia Essa Relativa Alla Composizione Delle Strutture Di Governo, Che Alla Partecipazione Alle Molteplici Espressioni Della Vita Di Un Dipartimento Universitario; • Il Dipartimento È Aperto All'Adesione Di Altri Gruppi Di Ricercatori Che Ne Condividano Gli Interessi Tematici, I Valori E Le Regole. Esso, Inoltre, Promuove Un Atteggiamento Dialogico E Aperto Al Confronto Con Ampi Settori Dell'Ateneo, Pienamente Disponibile Alla Collaborazione Con Altri Dipartimenti; • Il Dipartimento Favorisce Un Ambiente Di Lavoro Coinvolgente E Stimolante, Rispettoso Delle Competenze Di Ciascuno, Aperto Alla Cooperazione E Alla Collaborazione, Sicuro E Salubre. • Il Dipartimento Adotta Politiche Di Gestione Del Personale Incentrate Sulla Valorizzazione Delle Persone E Sull'Attenzione Massima Alle Aspirazioni Di Crescita Professionale E Umana Di Ciascuno; • Il Dipartimento Promuove Di Una Forte Politica Di Reclutamento Di Giovani Basata Su Qualità E Competenza Che Possa Accompagnare E Supportare, Nel Tempo, La Crescita Nella Qualità E Nella Reputazione Di Tutta L'Area Dell'Ingegneria Dell'Ateneo; • Il Dipartimento Mette Al Centro Del Proprio Agire Gli Studenti Dei Propri Corsi Di Studio, Alle Esigenze Dei Quali Va Prestata La Massima Attenzione, Va Garantito Il Miglior Livello Di Servizio Possibile Compatibilmente Con Le Risorse A Disposizione E Va Assicurato Un Livello Di Trasferimento Di Conoscenze E Competenze Che Possa Garantire Immediata E Proficua Immissione Nel Mondo Del Lavoro E La Consapevolezza Di Essere Classe Dirigente Al Servizio Del Paese. Breve Descrizione Il Dipartimento Di Ingegneria è Localizzato Nel Campus Universitario Di Viale Delle Scienze E Dislocato Su 5 Edifici: Il 6, Il 7, L'8, Il 9 E Il 10. L'Offerta Formativa Dipartimento Di Ingegneria Comprende, Per L'A.A. 2024-2025, 22 Cds Triennali E 16 Corsi Di Laurea Magistrali, Con Un

Numero Complessivo Di Studenti Iscritti Pari A Circa 5.700. Di Seguito Si Elencano I Corsi Di Studio Attualmente Attivi, Suddivisi In Corsi Di Laurea E Corsi Di Laurea Magistrale.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Palermo

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PA

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Viale delle Scienze, snc

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

90128

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

09123861851

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

dipartimento.ingegneria@unipa.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

dipartimento.ingegneria@cert.unipa.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si n.d.

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Livan

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Fratini

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Frtlvn70r09g273t

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

livan.fratini@unipa.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

09123861851

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Maria Graziella

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Giaccone

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

GCCMGR61P58C654K

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

graziella.giaccone@unipa.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

dipartimento.ingegneria@cert.unipa.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

09123861830

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Ilenia

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Tinnirello

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

TNNLNI76S68G273P

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

ilenia.tinnirello@unipa.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

09123060251

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

tinnirello_CV_2025.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

pnrr_lettera_incarico docente_unipa_tinnirello_fto.pdf

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Mario

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Dominici

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

DMNMRA78L14G273T

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

mario.dominici@unipa.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

09123861814

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Mario_Dominici_CV_europass_2025_fto.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

pnrr_lettera_incarico ammvo_unipa_(tinnirello)_dominici_fto.pdf

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Palermo consta di 284 docenti così distribuiti: • 82 RTD, sia A che B che RTT, • 12 ricercatori a tempo indeterminato, • 103 professori di II fascia e • 87 professori di I fascia. Lo staff tecnico-amministrativo è costituito da 89 unità di personale con un modello organizzativo comprendente: • il Responsabile Amministrativo, • 20 Responsabili di U.O

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

n.d.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

L'Università degli Studi di Palermo aderisce a diverse reti internazionali, tra le quali EEN- Enterprise Europe Network, la knowledge innovation community KIC EIT Digital, UNIMED, EMUNI University, SDSN Sustainable Development Solutions Network, European Technology Platform of Nanomedicine (ETPN), Mission Restore our Ocean and Waters, e a diverse reti nazionali, tra le quali NETVAL, PNI Cube, APENET – Atenei ed Enti di Ricerca per il Public Engagement, R.U.S. Rete delle Università per lo sviluppo sostenibile. E' inoltre presente in partnerati internazionali all'interno di progetti finanziati su fondi UE (48 progetti su Horizon 2020, 31 su Horizon Europe, ulteriori 40 progetti su altri programmi comunitari con finanziamento diretto e 50 progetti di cooperazione territoriale, transnazionale e transfrontaliera). Dal 2019 UNIPA è partner dell'Alleanza Universitaria Europea (EUA) FORTHEM– Fostering Outreach within European Regions, Transnational Higher Education and Mobility, ottenendo nel 2022 un ulteriore finanziamento di quattro anni. Con un budget di 14.400.000,00 €, l'Alleanza è così estesa a 9 partner da tutta Europa (Finlandia, Francia, Germania, Italia, Lettonia, Norvegia, Polonia, Romania e Spagna). L'Ateneo di Palermo conta oltre 150 accordi quadro internazionali di cooperazione, di natura culturale e scientifica, censiti sulla banca dati CINECA. Sono attivi, inoltre, accordi specifici bilaterali e multilaterali con partner stranieri sia in ambito UE che extra UE, relativi a programmi di Titolo Doppio e Congiunto (n. 45), Percorsi Integrati di Studio (n. 9) ed Erasmus+ (n. 1.117).

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

n.d.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

n.d.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cnr - Isti - Infrastructures For Science

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Cnr-Isti-Infra

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Cnr-Isti-Infra Si Presenta Come Un Centro Di Eccellenza, Forte Di Un'Esperienza Pluriennale E Di Un Expertise Consolidata Nella Progettazione, Nello Sviluppo E Nella Gestione Di Infrastrutture Digitali Complesse, Essenziali Per Supportare La Ricerca Scientifica Avanzata. Questa Competenza è Ampiamente Dimostrata Dal Ruolo Centrale Che Ha Svolto Nella Creazione, Nell'Implementazione E Nella Continua Evoluzione Di D4science, Un'Infrastruttura Di Riferimento Nel Panorama Europeo. Le Capacità Del Laboratorio Si Articolano In Un Ampio Spettro Di Aree Chiave, Che Spaziano Dalle Tecnologie Di Base Per Il Cloud Computing Alle Soluzioni Avanzate Per La Gestione E L'Analisi Dei Dati, Fino Allo Sviluppo Di Ambienti Collaborativi E Alla Gestione Operativa Di Sistemi Complessi. In Particolare, Infrascience: - Possiede Una Profonda E Dettagliata Conoscenza Dell'Intero Ciclo Di Vita Delle Infrastrutture Cloud, Dalla Loro Concettualizzazione E Progettazione All'Implementazione, Alla Manutenzione E All'Evoluzione Nel Tempo. Questa Competenza Si Traduce Nella Capacità Di Creare E Gestire Ambienti Cloud Scalabili, Affidabili E Ad Alte Prestazioni, In Grado Di Soddisfare Le Esigenze Più Complesse Della Comunità Scientifica. - è Specializzata Nello Sviluppo Di Soluzioni Innovative Per La Gestione, L'Analisi E La Pubblicazione Di Dati Scientifici, Riconoscendo Il Ruolo Cruciale Che I Dati Svolgono Nel Processo Di Scoperta Scientifica - Ha Una Vasta Esperienza Nella Progettazione, Nello Sviluppo E Nell'Integrazione Di Servizi Web E Applicazioni, Con L'Obiettivo Di Creare Ambienti Digitali Collaborativi Che Supportino Le Attività Di Ricerca - Possiede Una Solida Esperienza Nella Gestione Operativa Di Infrastrutture Digitali Complesse, Garantendo Il Loro Funzionamento Efficiente, Affidabile E Sicuro è Attivamente Impegnata In Attività Di Ricerca E Sviluppo Nel Campo Delle Tecnologie Digitali Per La Scienza, Con Un Focus Particolare Su Aree Di Grande Impatto Come Il Cloud Computing, La Gestione Dei Dati, L'AI/ML E La

Scienza Aperta - è Attivamente Impegnata In Attività Di Ricerca E Sviluppo Nel Campo Delle Tecnologie Digitali Per La Scienza, Con Un Focus Particolare Su Aree Di Grande Impatto Come Il Cloud Computing, La Gestione Dei Dati, L'Ai/Ml E La Scienza Aperta. Le Competenze Scientifico-Tecnologiche Di Cnr-Isti-Infra, Mature Attraverso La Progettazione E La Gestione Di D4science, La Partecipazione A Numerosi Progetti Di Ricerca Nazionali Ed Europei (Come Sobigdata.It, Fossr, Raise E Itineris), E Una Forte Vocazione All'Innovazione, La Rendono Capace Di Concepire, Realizzare Ed Operare Soluzioni Digitali All'Avanguardia Per La Ricerca Scientifica. La Capacità Di Integrare Competenze Diverse, Dalla Gestione Dell'Infrastruttura Allo Sviluppo Di Applicazioni, Fino All'Analisi Dei Dati E All'Applicazione Dell'Ai, Consente Alla Uo Di Affrontare Sfide Complesse E Di Fornire Soluzioni Complete E Personalizzate.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via Giuseppe Moruzzi 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56124

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0506212929

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

direttore@isti.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.isti@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Pasquale

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Pagano

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Pgnpql68a17f839v

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

pasquale.pagano@isti.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

+39 050 6212891

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Pasquale

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Pagano

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

PGNPQL68A17F839V

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

pasquale.pagano@isti.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

+39 3488283174

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

Curriculum Vitae di Pasquale Pagano_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Elisa

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Molinaro

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

MLNLSE81P44D624L

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

elisa.molinaro@isti.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

+39 050 6212883

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV_Elisa Molinaro_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

CNR-ISTI-INFRA dispone di un organico altamente qualificato, composto da 26 unità dedicate in via esclusiva alle attività di ricerca, sviluppo, innovazione e gestione dei progetti. Il gruppo si articola nei seguenti profili: Dirigente di Ricerca, Primi Ricercatori, Ricercatori, Primi Tecnologi e Tecnologi. Questa composizione garantisce un bilanciamento strategico tra leadership scientifica, capacità progettuale, sviluppo tecnologico e operatività tecnica, che rappresentano il cuore pulsante delle attività del centro. Tali risorse rappresentano un patrimonio essenziale per la sua missione: la progettazione, lo sviluppo e la gestione di infrastrutture digitali avanzate per la scienza. Il personale dedicato vanta una consolidata esperienza maturata in contesti complessi e interdisciplinari, con competenze che abbracciano l'intero ciclo di vita delle infrastrutture digitali: dalla fase di ideazione, alla progettazione architettonica, fino alla realizzazione, evoluzione e gestione operativa su larga scala. Il team è fortemente impegnato in attività di ricerca applicata e sperimentazione avanzata in aree strategiche quali il cloud computing scientifico, la gestione e l'analisi di big data, l'intelligenza artificiale e il machine learning per la ricerca, nonché la scienza aperta e la realizzazione di ambienti digitali collaborativi. CNR-ISTI-INFRA ha una riconosciuta leadership nella creazione e nel mantenimento di infrastrutture digitali interoperabili e scalabili, come dimostra il suo ruolo di primo piano nello sviluppo e gestione di D4Science. Le risorse umane del centro contribuiscono attivamente a progetti di rilevanza nazionale e internazionale, mettendo a disposizione le proprie competenze tecnico-scientifiche per lo sviluppo di soluzioni digitali innovative, personalizzate e orientate alle esigenze della comunità scientifica. La sinergia tra figure di ricercatori e tecnologi consente al gruppo di affrontare con efficacia sfide complesse, abilitando servizi digitali affidabili, performanti e aperti alla collaborazione interdisciplinare.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

CNR-ISTI-INFRA è in grado di offrire un'ampia disponibilità di servizi avanzati e soluzioni per il supporto alla scienza e all'innovazione tecnologica, tra cui: - Servizi per la progettazione e gestione di sistemi distribuiti e cloud-native, infrastrutture scalabili, federate e interoperabili. Supporta la costruzione di ambienti virtuali per la ricerca (VRE), l'uso di GPU virtualizzate, il calcolo AI-ottimizzato e strumenti per il monitoraggio delle performance. Si occupa inoltre di sicurezza, identity management e integrazione di pratiche Open Science in ecosistemi digitali per la ricerca multidisciplinare. - Progettazione e sviluppo di modelli, flussi di lavoro, sistemi e servizi innovativi per la comunicazione scientifica. L'obiettivo è favorire la creazione di un ecosistema di comunicazione scientifica aperto, trasparente e interoperabile, che valorizzi la condivisione e il riuso della conoscenza, allo scopo di consentire la creazione di strumenti per la ricerca, la valutazione e l'impatto della scienza. A partire da queste linee di lavoro, il gruppo si occupa in particolar modo di tecniche per la realizzazione di Scholarly Knowledge Graph (data aggregation, graph propagation, deduplication, anomaly detection, ecc.) e analisi di questi grafi a supporto di studi per Science of Science e

impatto dell'Open Science (FAIRness, openness) e della ricerca. - Sviluppo di infrastrutture e metodologie per la creazione, gestione e condivisione di flussi di lavoro scientifici aperti e riproducibili. L'obiettivo è promuovere la trasparenza e l'efficienza nella ricerca, facilitando la collaborazione e il riuso dei risultati. Il gruppo si dedica alla progettazione di ambienti di lavoro collaborativi, alla gestione dei dati di ricerca secondo i principi FAIR e l'openness e all'implementazione di soluzioni per la pubblicazione di oggetti di ricerca. studio e formalizzazione degli aspetti fondamentali del comportamento intelligente, come il ragionamento e l'apprendimento, e all'implementazione di sistemi capaci di tali abilità attraverso metodi di Intelligenza Artificiale (IA). - studio e sviluppo di sistemi automatici per l'elaborazione dei dati, i quali integrano proprietà e leggi ispirate alla natura e ai processi cognitivi, al fine di simulare sistemi naturali complessi (quali, ad esempio, gli ecosistemi e i meccanismi alla base della percezione e del riconoscimento vocale negli esseri umani). Le metodologie sviluppate hanno lo scopo di simulare le funzionalità interne di tali sistemi e le loro interazioni con il contesto in cui si inseriscono, con l'intento di comprenderli più approfonditamente e, conseguentemente, migliorare le stesse simulazioni. I sistemi realizzati sono progettati per garantire la riusabilità tra diversi ambiti applicativi, nonché la riproducibilità e la ripetibilità di ogni risultato, conformandosi così al paradigma dell'Open Science. Il laboratorio, inoltre, ha ideato e gestisce D4Science, un'infrastruttura digitale riconosciuta a livello internazionale, e partecipa attivamente a progetti di ricerca nazionali e internazionali, garantendo un continuo aggiornamento tecnologico e metodologico. InfraScience si avvale di un team di risorse altamente qualificato composto da ricercatori, tecnologi e personale dirigente, in grado di coprire tutti gli ambiti strategici legati allo sviluppo digitale per la scienza e gestione progettuale. Questa multidisciplinarietà permette di rispondere rapidamente a richieste complesse e progettare soluzioni su misura.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

CNR-ISTI-INFRA vanta una rete consolidata di collaborazioni scientifiche e istituzionali, sia a livello nazionale che internazionale, in linea con le sue aree di specializzazione: scienza aperta, interoperabilità tra infrastrutture di ricerca, gestione dei dati FAIR, ambienti virtuali di ricerca (VRE), modellazione dei dati scientifici e supporto alla co-creazione di servizi per infrastrutture digitali. A livello nazionale collabora con numerosi istituti del CNR (tra cui IBBR, IFAC, IFN, IGG, IMAA, IRBIM, IRCRES, ISMAR, STIIMA) in progetti strategici PNRR infrastrutturali come ITINERIS, FOSSR, RAISE, SoBigData.it. Attive anche collaborazioni con università e enti di ricerca, tra cui Università di Pisa, Università di Napoli Federico II, Università dell'Aquila, Università di Bologna, Università di Padova, Università di Torino, e l'Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana (AOUP), INGV, OGS, ed il consorzio GARR. A livello internazionale la UO coordina il progetto europeo EOSC Blue-Cloud2026 ed il nascente nodo tematico marino EOSC, coordina l'infrastruttura di ricerca SoBigData RI, partecipa a progetti europei come IRISCC, AQUARIUS, GreenDIGIT, EOSC Beyond, Skills4EOSC, collaborando con istituzioni quali British Columbia University, FishBase, Geomar, Norwegian Space Agency, MARIS. Si evidenzia anche una collaborazione con il Dipartimento di Fishery e Aquaculture della FAO delle Nazioni Unite, con focus su interoperabilità dei dati e servizi per la sostenibilità marina. È inoltre attiva nei principali organismi e iniziative globali su open science, interoperabilità e gestione delle identità digitali: CERN, EGI, EMBL-EBI, Athena Research Center. La UO supporta infine EMODnet Physics con attività di interoperabilità e integrazione dei servizi su D4Science.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

CNR-ISTI-INFRA contribuisce in modo significativo a molte attività didattiche e di training. Alcuni ricercatori sono docenti di corsi di base e specialistici presso sedi universitarie tra cui: Dipartimento di Informatica, Università di Pisa; Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa. Corsi di training sono organizzati nel contesto di progetti internazionali e nazionali (scuole estive, training camp, programmi di accesso alle infrastrutture, etc). Nell'ambito del progetto ITINERIS, InfraScience ha inoltre realizzato quattro corsi di formazione orientati all'utilizzo delle infrastrutture digitali per la ricerca. Due corsi, rivolti rispettivamente a studenti di dottorato e personale dell'infrastruttura, con conoscenze di base, sono stati dedicati all'introduzione al funzionamento degli ambienti virtuali di ricerca (VRE) supportati da D4Science. I partecipanti hanno acquisito competenze sull'uso dei Digital Object, sui principi FAIR per i prodotti della ricerca, sull'utilizzo dei repository scientifici e sulle modalità di raccolta, analisi ed elaborazione dei dati all'interno delle VRE, con sessioni pratiche su strumenti di analisi, storage e cloud computing. Tra le iniziative di formazione avanzata, si segnalano corsi di dottorato su "Big Data Analytics: Marine Data as a Case Study", presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Pisa. Dedicato all'analisi e alla modellazione di dati marini attraverso l'impiego di metodologie avanzate di

data science. Fornendo agli studenti strumenti concreti per affrontare problemi complessi in ambito marino, con un impatto diretto sulla salvaguardia della biodiversità e sulla sicurezza alimentare.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

N.A.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Cnr-Ino Networks And Devices For Quantum Sensing & Communication

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Ino-Fi-RI3

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

This Unit Belongs To Lens, A Cnr Infrastructure Recognized In The “Piano Nazionale Infrastrutture Di Ricerca Pnir 2021-27” And Part Of The Pnrr Italian Network Of Research Infrastructures “Integrated Infrastructure Initiative In Photonics And Quantum Sciences” (I-Phoqs). It Is Based In Sesto Fiorentino (Firenze), Under The Istituto Nazionale Di Ottica, Cnr-Ino. The Guiding Idea Behind This Unit Is The Vision Of Future Quantum Networks Where Emerging Quantum Devices, Like Quantum-Enhanced Sensors, Quantum Simulators, And Powerful Quantum Computers, Will Be Linked Together Through The Exchange Of Nonclassical And Entangled States Of Light Through Optical Fiber Networks And Free-Space Links. The Operative Unit Thus Brings Together The Expertise Of Different Research Groups Whose Main Interests Are In The Areas Of Photonic Quantum State Engineering, Quantum Communications, And Quantum Sensing. All The Groups Are Made Of Experienced Researchers With An Excellent International Reputation For The Important Contributions To Their Respective Fields. On One Side, We Accurately Engineer The Quantum State Of Light By Means Of Controlled Single-Photon-Level Operations That Allow The Generation Of Tailor-Made States Optimized For Different Tasks. The Possibility Of Generating Entanglement And Of Performing Basic Quantum Operations On Arbitrary Spectro-Temporal Modes Gives Additional Degrees Of Freedom To Carry Out Fundamental Research And Provide New Tools For Photonic Quantum Technologies, Also In Unconventional Spectral Regions Like The Mid-Infrared, Which Is Of Large Interest Both For Free-Space Optical Communication And Sensing. A Different But Closely Related Research Line Deals With The Use Of The Quantum Properties Of Light To Implement New Practical Applications Of Secure Quantum Communications. After Having Successfully Demonstrated The Exchange Of Cryptographic Keys In Several Field Tests, The Aim Is To Address The Practical Challenges Of Quantum Communication Towards Its Full Integration In The Existing Deployed Optical Fiber Networks, Along With The Development Of Free-Space Quantum Communication Links. At The Same Time, We Aim At Exploiting Free-Space Communications Channels For Qkd Using Both Telecom And Mid-Infrared Radiation. Finally, We Develop Quantum Sensing Technologies Aimed At Performing Measurements Of Physical Quantities With Levels Of Accuracy And Performance Beyond The Limitations Of Classical Sensing. In Particular, We Study The Realization Of Novel Quantum Sensors Based On Spin Defects In Diamond, Achieving Improved Resolution And Sensitivity In The Measurement Of Magnetic Fields, Temperatures, Etc., With A Strong Focus Onto Biological Applications.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Sesto Fiorentino

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

FI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

- **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

- **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via Nello Carrara, 1

- **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

50019

- **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0554572163

- **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

amministrazione.sesto@ino.cnr.it

- **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

- **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

- **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

- **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Marco

- **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Bellini

- **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Bllmrc67l25d612y

- **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

marco.bellini@ino.cnr.it

- **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0554572493

- **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Marco

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Bellini

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

BLLMRC67L25D612Y

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

marco.bellini@ino.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

0554572493

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

short_CV_Bellini_240620_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Elisa

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Guberti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

GBRLSE75B59D548I

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

elisa.guberti@ino.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0554572163

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EGubertiITA2025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

The unit brings together different and already fully functional research groups, to reach the necessary critical mass for the realization of its activities. The unit responsible person is a Research Director of CNR-INO with a long and vast experience in the fields of quantum and ultrafast optics, with an extensive range of international collaborations, a large number of top-level scientific publications, and the direct involvement in the research that led to two different Nobel prizes in Physics. The heads of the other constituent groups are 2 CNR-INO Senior Researchers, and leaders in their respective research fields. Other unit participants include 3 Researchers and 4 PostDocs, together with 3 PhD students.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

The unit can count on 4 laboratories, fully equipped for the realization of experiments on photonic quantum state engineering, quantum communications and diamond quantum sensing. The Quantum Engineering lab relies on two mode-locked Ti:sapphire laser systems, operating in the picosecond and femtosecond pulse duration ranges, together with instrumentation for ultrafast pulse shaping and analysis. Nonlinear crystals and optics are used for the single-photon-level manipulation of light states and homodyne detectors and single-photon avalanche and superconductive systems are used for their detection and characterization. The Quantum Communication and Information (QCI) Laboratory, with facilities in both Firenze and Trieste, is equipped with state-of-the-art instrumentation for the implementation of quantum communication protocols using quantum light. The laboratory hosts entangled photon sources and squeezing sources operating at telecom wavelengths, along with high-speed (up to 40 GHz) fiber optic modulators. Additional infrastructure includes a wide range of fiber optical components, superconducting single-photon detectors, homodyne detection setups, ultra-fast FPGA-based driving electronics, and free-space optical setups for long-range links. In addition to experimental capabilities, the laboratory also develops theoretical models and novel protocols for quantum information processing and communication. The mid-infrared lab is equipped with a variety of optical sources in several spectral regions, including one optical frequency comb covering the visible-near IR region, fiber amplified lasers, an Optical Parametric Oscillator aimed at generating correlated twin beams in the mid infrared, several Quantum and Interband Cascade Lasers. The laboratory also includes a balanced detector for studying classical and quantum properties of mid-infrared light and several other mid-infrared detectors. The Diamond Quantum Nanoengineering laboratory entails two apparatus for addressing both single and ensembles of spin defects (color centers) in diamond for sensing application. The apparatus are equipped for optically detected magnetic resonance, including DC-4 GHz and DC -6 GHz signal generators, two arbitrary waveform generators (1.2 and 2.4 GSa/s), lock-in amplifiers, and high power green laser sources. One apparatus implements both scanning confocal imaging with nanometer spatial precision and wide field imaging, and includes a spectrometer for spectral analysis of the fluorescence emission of color centers. The second apparatus, tailored for quantum imaging of biological samples, also includes a lock-in camera with in-pixel lock-in amplifiers enabling fast and parallel dual-phase demodulation of optical signals.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

The unit has strong links and active collaborations with several national and international research institutions, universities, and industrial partners, which contribute to the excellence and timeliness of the performed activities. In Italy, we collaborate with major universities including those in Firenze, Trieste, Napoli, Bari, UCBM, and L'Aquila. We also work together with leading research centers such as Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), the Italian Space Agency (ASI), and ICTP. At the European level, we have established partnerships with the Technical University of Denmark, Sorbonne Université, Université Côte d'Azur, ETH Zurich, TU Wien, ICRC Brno. Moreover, we enjoy long-standing collaborations with many institutions worldwide, including the University of Pernambuco (Brazil) and the Massachusetts Institute of Technology. Our industrial collaborations include several companies, from SMEs to major international players, such as Alpes Lasers, Nanoplus, FlySight, PpqSense, Hamamatsu Photonics, Silicon Austria Lab, Leonardo, TIM (Telecom Italia), and Airbus.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

All the involved research groups routinely host master and PhD students for carrying out their experimental thesis work, with the first-person participation of the researchers in the training and tutoring. Most of the

involved researchers are also regular teachers for master and PhD courses at the University of Firenze and others.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

CNR does not directly carry out its own PhD courses, but it actively collaborates with Universities in joint programmes, such as the joint PhD in Quantum Technologies of the University of Napoli, where CNR is involved, also together with the Universities of Camerino and Bari, in the training of the future generations of quantum technology experts. Several researchers of this unit are part of the PhD board and routinely participate in the courses and exams of this PhD programme. Other participants are members of the board of the Italian National PhD Program in Artificial Intelligence, based at UCBM in collaboration with CNR.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6866fe975ea0c629785797d5

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Dipartimento Di Ingegneria Informatica, Automatica E Gestionale

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Diag

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Dipartimento Di Ingegneria Informatica, Automatica E Gestionale (Diag) è Stato Istituito Nel 1983, Come Centro Di Ricerca E Di Formazione Universitaria. Denominato, Allora, Dipartimento Di Informatica E Sistemistica (Dis), Nel 2001 è Stato Dedicato Ad Antonio Ruberti, L'Eminente Scienziato Che Lo Ha Fondato. Il Dipartimento è Cresciuto Notevolmente Negli Anni. A Fine 2022 Contava Più Di 100 Tra Professori E Ricercatori Di Ruolo E Circa 200 Tra Studenti Di Dottorato E Figure Post-Doc A Tempo Determinato Oltre Ad Avere Assegnate 19 Unità Di Personale Tab. Vi Operano Gruppi Di Ricerca Di Livello Internazionale Nelle Aree Dell'Informatica, Dell'Automatica, Dell'Ingegneria Gestionale, Della Bioingegneria E Della Ricerca Operativa, Che Hanno Ottenuto Numerosi Riconoscimenti Nazionali Ed Internazionali, Finanziamenti Europei, Inclusi Quelli Dell'European Research Council, Nonché Premi Conferiti Dalle Più Importanti Associazioni Scientifiche E Cospicui Finanziamenti Competitivi A Start-Up Innovative. L'Obiettivo Primario Del Diag è La Ricerca Di Base, Con Particolare Enfasi Sulla Ricerca Interdisciplinare, Sulle Applicazioni Che Stimolano La Ricerca Di Base, E Sul Trasferimento Tecnologico E La Disseminazione E Valorizzazione Dei Risultati. Ogni Anno Il Dipartimento Pubblica Centinaia Di Articoli In Riviste Scientifiche Internazionali E In Atti Di Conferenze; I Suoi Membri Partecipano A Comitati Di Programma E Direttivi Delle Più Prestigiose Istituzioni Ed Eventi Scientifici. Il Diag Collabora Con Altre Università, Istituti Di Ricerca E Aziende In Italia E Nel Mondo. E' Stato Selezionato Dal Mur Come Dipartimento Di Eccellenza Per Il Quinquennio 2018-2022. Riceve Ogni Anno Finanziamenti, Per Un Importo Medio Di Circa Due Milioni Di Euro, Da Programmi Di Ricerca Competitivi Nazionali Ed Europei E Da Collaborazioni Con Soggetti Pubblici E Privati. Per Quanto Riguarda La Formazione, La Missione Del Diag è La Preparazione Di Ingegnere E Ingegneri Con Sbocchi Professionali Nelle Industrie, Nella Pubblica Amministrazione E Nelle Università. A Questo Scopo, Il Dipartimento Eroga Corsi A Livello Sia Di Base Che Avanzato All'Interno Di Molti Curricula Della Facoltà Di Ingegneria Dell'Informazione, Informatica E Statistica Della Sapienza Università Di Roma, Ed Ha La Principale Responsabilità Dei Corsi Di Laurea Triennale E Laurea Magistrale Nei Settori Dell'Ingegneria Automatica, Dell'Ingegneria Gestionale E Dell'Ingegneria Informatica, Frequentati Nell'Anno Accademico 2021/22 Da Circa 2500 Studenti. Tra I Corsi Di Laurea Magistrale Si Ricordano Artificial Intelligence And Robotics, Control Engineering, Cybersecurity, Data Science, Engineering In Computer Science, Ingegneria Gestionale, Medicina E Chirurgia Ht, Product & Service Design. Ha Inoltre Promosso E Collaborato Alla Creazione Di Tre Nuovi Corsi Di Laurea Di Unici In Italia: Le Lauree Di Primo Livello In Filosofia E Intelligenza Artificiale E In Scienze Matematiche Per L'Intelligenza Artificiale, E La Laurea Magistrale In Risorse Umane, Scienze Del Lavoro E Innovazione. Coordina Inoltre Master Di Secondo Livello E Corsi Di Dottorato In Automatic Control, Bioengineering And Operations Research, Engineering In Computer Science, Intelligenza Artificiale, Cybersecurity, Network Oncology E Data Science Oltre A Collaborare Con Dottorati Offerti Da

Altri Dipartimenti. Allo Scopo Di Favorire L'Internazionalizzazione, Il Diag Promuove Percorsi Di Laurea Triennale, Laurea Magistrale E Dottorato Per L'Acquisizione Del Doppio Titolo Con Università Straniere. Molti Dei Corsi Di Laurea Magistrale Coordinati Dal Dipartimento Sono Inoltre Erogati In Lingua Inglese.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Roma

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

RM

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Lazio

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via ariosto 25

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

00185

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0677274137

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

dirdiag@uniroma1.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

pecdis@cert.uniroma1.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Si contabilità economico patrimoniale

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Stefano

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Leonardi

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Lnrsgn65l31h501m

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

leonardi@diag.uniroma1.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0677274022

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Fabio

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Tufilli

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

TFLFBA80B23B5190

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

fabio.tufilli@uniroma1.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

pecdis@cert.uniroma1.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0677274137

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Stefano

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Leonardi

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

LNRSFN65L31H501M

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

leonardi@diag.uniroma1.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

+39 340 5725920

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CURRICULUM VITAE 2025.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Fabio

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Tufilli

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

TFLFBA80B23B5190

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

fabio.tufilli@uniroma1.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

+390677274137

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

Curriculum vitae_-signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

- n. risorse umane assegnate al Dipartimento: - 74 professori - 25 ricercatori - 22 TAB

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il DIAG dispone di laboratori didattici e di ricerca specializzati nelle varie aree di interesse del dipartimento. La biblioteca del dipartimento ospita 12000 volumi scientifici e 450 testate di periodici e dispone di diversi servizi online. Il DIAG organizza eventi periodici, come l'OpenDiag orientato alle Scuole medie superiori ed inferiori, e altri specifici con aziende ed enti nel settore ICT.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il Dipartimento è attivo in 5 principali Aree di Ricerca □ Biomedical Engineering □ Engineering in Computer Science □ Economics and Management Engineering □ Operation Research □ System and Control Engineering Nell'ambito di queste aree il Dipartimento partecipa a progetti collaborativi finanziati da Unione Europea, Ministeri (MUR, MASE, MIMIT, MIPAF, MINSALUTE) Regioni, e altri Enti pubblici, che vedono la partecipazione di università e aziende europee e nazionali

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il DIAG dispone di laboratori didattici e di ricerca specializzati nelle varie aree di interesse del dipartimento. La biblioteca del dipartimento ospita 12000 volumi scientifici e 450 testate di periodici e dispone di diversi servizi online. Il DIAG organizza eventi periodici, come l'OpenDiag orientato alle Scuole medie superiori ed inferiori, e altri specifici con aziende ed enti nel settore ICT

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Oltre a 8 corsi di laurea e laurea magistrale, di cui alcuni in lingua inglese, il Dipartimento è sede di 5 corsi di dottorato (di cui 1 dottorato nazionale), frequentati da circa 200 studenti Inoltre sono attivi 2 Master e vari corsi di Alta Formazione.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Euaps Cnr Ino Pisa

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Euaps-Cnr-Ino-Pi

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sottostruttura Opera Presso La Sede Cnr-Ino Di Pisa, E Fa Parte Del Laboratorio Intense Laser Irradiation Laboratory (Ilil). Il Gruppo Operante Presso Il Laboratorio Ilil Si Occupa Di Ricerca Con Sistemi Laser Ultracorti Ed Ultraintensi ("Estremi"), Ed In Particolare Dell'Interazione Laser-Materia Ad Intensità Relativistiche, Finalizzata, In Particolare, All'Accelerazione Di Particelle Cosiddetta Laser-Driven. Il Laboratorio E' Attualmente In Corso Di Un Rilevante Upgrade, Anche Nel Quadro Dei Progetti Pnrr "Iphoqs" Ed "Euaps" (Ir) E "The" (Ei). Al Termine Dell'Upgrade, Previsto Per Dicembre 2026, Presso Il Laboratorio Ilil Saranno Operative Le Beamline Laser Elencate Di Seguito, Che Lo Renderanno Unico Nel Panorama Delle Facility Di Laser Estremi In Italia: - Alta Energia/Low Rep Rate: Lunghezza D'Onda Centrale $\lambda=800\text{nm}$, Impulsi Di Durata $\Delta t=23\text{fs}$, Energia Per Impulso $E=6\text{J}$, Repetition Rate $F=1\text{Hz}$ - Energia Moderata/Alto Rep Rate: $\lambda=800\text{nm}$, $\Delta t=23\text{fs}$, $E=1\text{J}$, $F=100\text{Hz}$ - Low Energy/Altissimo Rep Rate: $\lambda=800\text{nm}$, $\Delta t=40\text{fs}$, $E=20\text{mJ}$, $F=1\text{kHz}$ - Beamline 2micron: $\lambda=2\text{micron}$, $\Delta t=40\text{fs}$, $E=2\text{mJ}$, $F=1\text{kHz}$ Il Laboratorio E' Dotato Di Diagnostiche Avanzate Per Impulsi Laser Ultracorti Ed Ultraintensi, Incluse Diagnostiche Di Durata, Fase Spettrale, E Struttura Spazio-Temporale Dell'Impulso Nella Regione Focale. Negli Ultimi Anni L'Attività Di Ricerca E' Stata Orientata In Particolare Alle Seguenti Tematiche: - Ottimizzazione Di Sistemi Laser Ultracorti Ed Ultraintensi Per L'Accelerazione Di Particelle Laser-Driven - Accelerazione Di Particelle Laser-Driven Per Applicazioni, Soprattutto In Ambito Medico E Di Caratterizzazione Di Materiali - Sviluppo Di Nuovi Schemi Di Amplificazione Di Impulsi Ultracorti Di Alta Energia Finalizzati All'Incremento Del Repetition Rate (O Potenza Media)

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via G. Moruzzi, 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56124

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0503152235

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

leonidaantonio.gizzi@ino.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Luca Umberto

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Labate

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Lbtlmb71t30h224e

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

luca.labate@ino.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3392477605

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Luca Umberto

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Labate

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

LBTLMB71T30H224E

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

luca.labate@ino.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

+393392477605

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CVlatestEUen_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Nunzia

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Aprile

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

PRLNNZ63M52F839U

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

nunzia.aprile@ino.cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0503152232

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

I_C.V Nunzia Aprile_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

La sottostruttura puo' contare di circa 15 unita' di personale ricercatore/tecnologo, di cui 7 a tempo indeterminato, nonche' di 2 tecnici.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Sistemi laser ultracorti ed ultraintensi (4 beamline, descritte sopra). Diagnostiche avanzate spazio-temporali di laser ultracorti. Camere da vuoto per interazione laser-materia ad intensita' relativistiche. Codici di calcolo per simulazione ottica laser ultracorti e sistemi di calcolo HPC. Laboratorio di stampa 3D.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

LASERLAB, ESFRI "EuPRAXIA" PP, ELI (ERIC, BL, NP), IPHOQS, EuAPS, THE, MSCA Doctoral Network "EuPRAXIA-DN"

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Il referente della sottostruttura tiene attualmente corsi presso l'Universita' di Pisa, in particolare il corso di "Accelerazione Laser-Plasma" e di "Medical Imaging". Presso la sottostruttura (ed in particolare presso il laboratorio ILIL presso il quale la sottostruttura si trova) vengono svolte da anni tesi di laurea e di dottorato. La struttura ospita spesso studenti delle scuole superiori nell'ambito di iniziative di Percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO).

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

La struttura è una sede secondaria di un ente di ricerca, che quindi non rilascia titoli di studio ma che contribuisce, come illustrato al punto precedente, alla formazione di altri enti accreditati in tal senso.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Eli Cnr Ino Pisa

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Eli-Cnr-Ino-Pi

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sottostruttura Opera Presso La Sede Cnr-Ino Di Pisa, E Fa Parte Del Laboratorio Intense Laser Irradiation Laboratory (Ilil). Il Gruppo Operante Presso Il Laboratorio Ilil Si Occupa Di Ricerca Con Sistemi Laser Ultracorti Ed Ultraintensi ("Estremi"), Ed In Particolare Dell'Interazione Laser-Materia Ad Intensita' Relativistiche, Finalizzata, In Particolare, All'Accelerazione Di Particelle Cosiddetta Laser-Driven. Il Laboratorio E' Attualmente In Corso Di Un Rilevante Upgrade, Anche Nel Quadro Dei Progetti Pnrr "Iphoqs" Ed "Euaps" (Ir) E "The" (Ei). Al Termine Dell'Upgrade, Previsto Per Dicembre 2026, Presso Il Laboratorio Ilil Saranno Operative Diverse Beamline Con Laser Estremi, Che Lo Renderanno Unico Nel Panorama Dei Laboratori Laser In Italia. Negli Ultimi Anni, La Ricerca E' Stata Principalmente Orientata All'Accelerazione Di Fasci Di Particelle Per Applicazioni In Vari Campi, Con Particolare Riferimento

All'Impiego Di Fasci Di Elettroni Relativistici, Con Energia Nel Range Cosiddetto Dei Very High Energy Electrons (Vhee), In Radioterapia. La Struttura E' Dotata Di Competenze E Diagnostiche Avanzate Per La Diagnostica Dell'Interazione Laser-Plasma Ad Intensita' Relativistiche, Per La Diagnostica Ed Il Condizionamento Di Fasci Di Particelle Relativistiche, Per Esperimenti Di Dosimetria E Radiobiologia. I Principali Ambiti Di Ricerca Esplorati Negli Ultimi Anni Sono I Seguenti: - Accelerazione Di Particelle Laser-Driven Per Applicazioni, Soprattutto In Ambito Medico E Di Caratterizzazione Di Materiali - Manipolazione E Caratterizzazione Di Fasci Di Particelle Laser-Driven Per Esperimenti Di Radiobiologia E Dosimetria - Caratterizzazione Dosimetrica Di Fasci Vhee

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Pisa

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

PI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Via G. Moruzzi, 1

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

56124

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0503152235

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

leonidaantonio.gizzi@ino.cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Tedesca

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Petra Maria

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Koester

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Kstprm70d54z112i

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

petra.koester@ino.cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3409466993

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Petra Maria

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Koester

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

KSTPRM70D54Z112I

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

petra.koester@ino.cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

+393409466993

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_PetraKoester_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Nunzia

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Aprile

➤ 11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale

PRLNNZ63M52F839U

➤ 11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)

nunzia.aprile@ino.cnr.it

➤ 11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono

0503152232

➤ 11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente

I_C.V Nunzia Aprile_signed.pdf

➤ 11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico

➤ 11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane

La sottostruttura conta circa 15 unità di personale ricercatore/tecnologo, di cui 6 a tempo indeterminato, con competenze nel campo dei laser estremi, dell'interazione laser-plasma e dell'accelerazione di particelle. La sottostruttura può inoltre contare sul supporto di 2 tecnici.

➤ 11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca

Sistemi laser ultracorti ed ultraintensi per l'accelerazione di particelle, comprendenti diverse beamline, con rep rate da 1Hz ad 1kHz. Camere da vuoto per interazione laser-plasma ad intensità relativistiche e l'accelerazione di particelle, e bunker radioprotetto. Diagnostiche dell'interazione laser-plasma e di fasci di particelle (protoni, elettroni, fotoni). Codici di simulazione dell'interazione laser-plasma e dell'interazione di particelle relativistiche con la materia.

➤ 11A4.46: Informazioni Generali – Networking

LASERLAB, ESFRI "EuPRAXIA" PP, ELI (ERIC, BL, NP), IPHOQS, EuAPS, THE, MSCA Doctoral Network "EuPRAXIA-DN"

➤ 11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione

Uno dei partecipanti tiene presso l'Università di Pisa corsi in "Accelerazione Laser-Plasma" e "Medical Imaging and Biosensors". Presso la struttura vengono svolte da anni tesi di laurea e di dottorato di ricerca.

➤ 11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate

n.d.

➤ 11A4.1: ID Unità Operativa

6865730c0861401c8d54d58f

➤ 11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione

Cnr-Ino Uo Amministrativa E Finanziaria Ai-Phoqus

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Cnr-Inno-Amm-Fin

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sotto-Struttura Amministrativo-Finanziaria Di Ai-Phoqus Ha Sede Presso L'Istituto Nazionale Di Ottica Del Cnr (Cnr-Inno) E Si Avvale Dell'Esperienza E Competenza Maturate Nel Tempo Dal Personale Dell'Istituto Nella Gestione Di Fondi Derivanti Finanziamenti Esterni, Tra I Quali I Programmi Quadro Europei (Horizon 2020, Horizon Europe), I Progetti Del Piano Nazionale Di Ripresa E Resilienza (Pnrr), I Bandi Nazionali (Prin, FISR, Foe), Oltre Alle Iniziative Regionali E Finanziamenti Da Fondazioni Pubbliche E Private, Sia Italiane Che Internazionali. La Sotto-Struttura Fornisce Supporto Alla Rete Scientifica Nelle Diverse Fasi Del Ciclo Di Vita Dei Progetti: • Analisi Dei Bandi E Avvisi Di Finanziamento; • Predisposizione Dei Budget Di Progetto, Nel Rispetto Delle Regole Dei Finanziatori E Delle Normative Interne Dell'Ente; • Monitoraggio Finanziario, Volto Ad Assicurare La Corretta Allocazione Delle Risorse, La Tracciabilità Delle Spese E La Sostenibilità Economica Delle Attività; • Rendicontazione Finanziaria, Conforme Alle Linee Guida Degli Soggetti Finanziatori. Per Il Raggiungimento Di Tali Obiettivi, La Sotto-Struttura Opera In Stretta Sinergia Con Il Personale Scientifico E Amministrativo Della Rete Della Ricerca, Contribuendo Alla Pianificazione Efficace Delle Spese, Alla Gestione Delle Scadenze Progettuali E Alla Risoluzione Di Eventuali Criticità Contabili O Procedurali.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Firenze

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

FI

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Toscana

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Largo Enrico Fermi 6

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

50125

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

05523081

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

paolo.denatale@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.ino@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Francesca

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Usala

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Slufnc72r46h118j

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

francesca.usala@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3474314946

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Francesca

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Usala

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

SLUFNC72R46H118J

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

francesca.usala@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3474314946

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

UsalaF_CV_eng_16.06.2025_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Francesca

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Usala

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

SLUFNC72R46H118J

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

francesca.usala@cnr.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

3474314946

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

UsalaF_CV_eng_16.06.2025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

La sotto-struttura amministrativo-finanziaria si avvale del supporto dell'Ufficio Progetti dell'INO, composto da sei unità di personale con profili professionali eterogenei (tecnologo, tecnico di supporto alla ricerca e funzionario di amministrazione) accomunati da una solida base di competenze nella gestione amministrativo-finanziaria della ricerca. Costante è la collaborazione con l'Ufficio di Supporto alla Ricerca e Grant della Direzione Servizi per la Ricerca del CNR (sede di Roma). Al fine di garantire una gestione tempestiva, efficace e dedicata del progetto, è previsto il reclutamento di nuovo personale che sarà interamente assegnato alle attività progettuali.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

La sotto-struttura fornisce supporto tecnico-amministrativo qualificato nell'ambito della sostenibilità finanziaria, della predisposizione delle proposte progettuali e nella gestione delle attività di monitoraggio e rendicontazione dei progetti di ricerca finanziati a livello regionale, nazionale e internazionale. Tali attività sono svolte anche in collaborazione con gli altri uffici dell'Amministrazione, in un'ottica di integrazione e coordinamento tra competenze trasversali.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Nel contesto della gestione dei progetti, il personale della sotto-struttura opera da anni in stretto e costante raccordo con i Grant Office dei principali enti di ricerca nazionali (come CNR, INFN, ASI) e con quelli dei principali atenei italiani, sviluppando una rete di relazioni istituzionali orientata allo scambio di buone pratiche, all'armonizzazione delle procedure e alla risoluzione condivisa di problematiche operative.

Significativa è anche la relazione con i principali organi della Commissione Europea, favorita dalla presenza di due unità di personale dell'INO presso l'Unità Relazioni Europee del CNR a Bruxelles.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

Per garantire una gestione puntuale e efficace della spesa, nonché la corretta attuazione delle procedure di spesa, la sotto-struttura è in grado di organizzare iniziative formative rivolte al personale amministrativo e scientifico. Tali momenti di formazione sono finalizzati ad assicurare il pieno allineamento alle disposizioni previste dagli enti finanziatori e ai regolamenti interni dell'Ente, contribuendo a una gestione coerente e conforme delle attività progettuali.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Non sono previste attività formative accreditate.

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

686a3f69c8d20651447a4597

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Dipartimento Di Ingegneria Elettrica Elettronica E Informatica

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Dieei

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

Il Dieei Si Distingue Per La Sua Forte Interdisciplinarietà E Per Una Consolidata Esperienza Nella Partecipazione A Progetti Di Ricerca Di Rilevanza Nazionale E Internazionale, Finanziati Attraverso Programmi Competitivi. Nell'Ambito Della Sua Missione, Il Dipartimento Si Propone Di Promuovere L'Eccellenza Nella Formazione, Nella Ricerca Scientifica E Nel Trasferimento Tecnologico Nei Settori Dell'Ingegneria Industriale E Dell'Informazione. L'Obiettivo è Contribuire Allo Sviluppo Sostenibile Del Territorio Attraverso L'Innovazione Tecnologica, La Valorizzazione Della Ricerca Applicata E La Formazione Di Professionisti Altamente Qualificati. La Vocazione Tecnologica Del Dieei Orienta Le Attività Di Ricerca Dei Docenti E Dei Ricercatori Verso L'Innovazione, Declinata Nei Diversi Settori Scientifico-Disciplinari Presenti All'Interno Del Dipartimento. In Particolare, Il Dieei Opera Con L'Obiettivo Di Contribuire Allo Sviluppo Sociale Ed Economico Del Territorio E Di Rafforzare La Capacità Di Anticipare I Trend Scientifici. Il Dipartimento, Inoltre, Presenta Una Marcata Vocazione Interdisciplinare Ed è Attivo Su Tematiche Attuali E Strategiche Come: Advanced Manufacturing, Energy, Environment, Future Internet, Health, Micro And Nano-Systems, Smart Spaces E Transportation. Queste Linee Di Ricerca Rappresentano Un Volano Per Le Interazioni Con Le Grandi Realtà Industriali, Con Le Piccole E Medie Imprese, Nonché Con Iniziative Di Ricerca A Livello Europeo. Esse Risultano Quindi Strategiche Non Solo Per Il Dieei, Ma Anche Per Il Territorio In Cui Esso Opera E Per L'Ateneo Nel Suo Complesso. La Ricerca Del Dipartimento Affronta In Modo Integrato Le Diverse Tematiche, Con Riferimento A Specifici Scenari Applicativi. Di Seguito Sono Descritte Le Principali Competenze Nell'Ambito Della Ricerca, Dell'Innovazione, Del Trasferimento Tecnologico E Della Formazione. Ricerca Scientifica Avanzata In Ambiti Quali: • Intelligenza Artificiale, Machine Learning E Data Science • Internet Of Things (Iot), Sistemi Embedded E Robotica • Sistemi Di Automazione E Controllo • Microelettronica, Sensori, Dispositivi A Semiconduttore • Reti Di Telecomunicazione E 5g • Ingegneria Elettrica E Conversione Dell'Energia • Sistemi Informativi, Ingegneria Del Software E Sicurezza Informatica Innovazione E Trasferimento Tecnologico, Attraverso: • Collaborazioni Attive Con Imprese, Enti Pubblici E Consorzi Di Ricerca • Supporto Alla Creazione Di Start-Up/Spin-Off Accademici • Brevetti E Valorizzazione Della Proprietà Intellettuale • Laboratori Con Strumentazione Avanzata, Accreditati Per Attività Conto Terzi Formazione, Con: • Corsi Di Laurea Triennale E Magistrale Fortemente Orientati Alle Esigenze Del Mercato E Alle Tecnologie Emergenti • Dottorato Di Ricerca In Ingegneria Dell'Innovazione Industriale • Programmi Di Alta Formazione, Summer School E

Attività Di Life-Long Learning • Coinvolgimento Attivo Degli Studenti In Progetti Di Ricerca E In Iniziative Di Open Innovation

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Catania

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

CT

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Sicilia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

Cittadella Universitaria – Edificio 3, Via Santa Sofia, 64

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

95123

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0957382339

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

dieei@unict.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unict.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

Sì

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Giovanni Antonio

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Muscato

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Mscgnn65p02c351s

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

giovanni.muscato@unict.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

0957382321

➤ **11A4.21: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.22: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Nome**

Alfia

➤ **11A4.23: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Cognome**

Iocolano

➤ **11A4.24: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - Codice Fiscale**

CLNLFA73R69C351Z

➤ **11A4.25: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

ella.iocolano@unict.it

➤ **11A4.26: Responsabile Amministrativo Sottostruttura - E-Mail (PEC)**

protocollo@pec.unict.it

➤ **11A4.27: Responsabile Amministrativo Sottostruttura – Telefono**

0957382387

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Giovanni

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Schembra

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

SCHGNN68L26C351Y

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

giovanni.schembra@unict.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3475424896

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

2025_07__CV_Schembra_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Alfia

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Iocolano

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

CLNLFA73R69C351Z

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

alfia.iocolano@unict.it

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

3292741071

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

IOCOLANO-curriculum-europeo20062025_signed.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Il DIEEI è un centro di eccellenza nella ricerca, nello sviluppo e nell'innovazione tecnologica. Il personale coinvolto in queste attività è altamente qualificato e strutturato in diverse categorie professionali, con un forte orientamento all'interdisciplinarietà. Per quanto riguarda la composizione del personale dedicato alla ricerca e all'innovazione, il totale degli Full-Time Equivalent (FTE) corrisponde a 140 unità. Il personale è così articolato: • Professori Ordinari e Associati: Numerosi docenti del DIEEI partecipano attivamente a progetti di ricerca nazionali e internazionali, con particolare attenzione a tematiche come l'Intelligenza Artificiale, l'Internet of Things, la robotica, l'energia e l'ambiente. I docenti e i ricercatori afferiscono ai seguenti settori scientifico-disciplinari: Elettronica, Campi Elettromagnetici, Telecomunicazioni, Automatica, Sistemi di Elaborazione delle Informazioni, Misure Elettriche ed Elettroniche, Elettrotecnica, Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici, Sistemi Elettrici per l'Energia, Trasporti, Fisica Tecnica Industriale, Fisica Tecnica Ambientale, Meccanica Applicata alle Macchine, Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine, Disegno e Metodi dell'Ingegneria Industriale, Impianti Industriali Meccanici, Impianti Chimici. •

Ricercatori a Tempo Determinato (RTD): Il numero di ricercatori a tempo determinato è in costante crescita, anche grazie ai finanziamenti derivanti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). • Assegnisti di Ricerca: Il DIEEI ha pubblicato regolarmente bandi per assegni di ricerca, inclusi quelli relativi ai più recenti progetti PRIN 2022, PNRR e POC 2014-2020. Gli assegnisti sono coinvolti in attività specifiche e mirate, per periodi determinati. • Borsisti di Ricerca: Il Dipartimento attiva periodicamente bandi per borse di ricerca su tematiche avanzate e coerenti con le linee di ricerca sviluppate dal corpo docente.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Il DIEEI dispone di infrastrutture di supporto alla ricerca e di una rete di laboratori avanzati che facilitano lo svolgimento delle attività di ricerca e innovazione: • Laboratori Didattici e di Ricerca: Situati al polo tecnologico e presso l'Edificio 13 della Cittadella Universitaria, comprendono laboratori dedicati a misure, automatica, elettronica e sistemi energetici. Queste strutture supportano sia le attività didattiche sia quelle di ricerca nei diversi settori scientifico-disciplinari del Dipartimento. • Collaborazioni con Enti Esterni: Il DIEEI intrattiene collaborazioni consolidate con enti e aziende di rilievo, come il Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Energia e i Sistemi Elettrici (EnSiEL), Enel Green Power, STMicroelectronics e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), nell'ambito di progetti di ricerca applicata e attività di consulenza tecnico-scientifica.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Il DIEEI è stabilmente inserito in una rete articolata di collaborazioni nazionali e internazionali che abbracciano le aree della ricerca scientifica, dello sviluppo tecnologico, del trasferimento delle conoscenze e della formazione avanzata. Tali collaborazioni, attive da almeno due anni e in continuo consolidamento, rappresentano un elemento qualificante per il Dipartimento e contribuiscono in modo determinante alla sua capacità di generare impatto sul territorio, sul tessuto produttivo locale e sul panorama scientifico a livello nazionale e internazionale. Il DIEEI è membro attivo di prestigiosi consorzi interuniversitari e centri di ricerca, quali il Consorzio EnSiEL (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Energia e i Sistemi Elettrici), impegnato nella promozione della ricerca nei settori dell'energia, dei sistemi elettrici e dell'elettronica di potenza. Collabora inoltre con il CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni) e il CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica), attraverso attività scientifiche e progettuali nei campi delle telecomunicazioni, informatica, intelligenza artificiale, cybersecurity e Internet of Things. Il Dipartimento intrattiene solidi rapporti con il settore industriale, grazie ad accordi quadro e progetti di ricerca congiunti con aziende di rilievo come Enel Green Power, STMicroelectronics, Leonardo, IBM, Xenia Progetti, Exprivia, nonché con numerose startup innovative e piccole e medie imprese del territorio. Queste collaborazioni si concretizzano in attività di consulenza tecnico-scientifica, sviluppo di proof-of-concept, validazione di prototipi e tecnologie innovative. In parallelo, il DIEEI è fortemente impegnato nel trasferimento tecnologico e nella valorizzazione dei risultati della ricerca attraverso la promozione di brevetti, la creazione di spin-off accademici e la partecipazione a Centri di Competenza e Digital Innovation Hub, operanti in settori strategici quali energia, manifattura avanzata, mobilità sostenibile e digitalizzazione. Il Dipartimento partecipa altresì con continuità a progetti finanziati nell'ambito di programmi competitivi nazionali e internazionali, tra cui Horizon 2020 e Horizon Europe, nei quali affronta tematiche di rilevanza globale come la transizione energetica, l'eHealth, la mobilità intelligente, le tecnologie micro-nano, l'ambiente e la sostenibilità. È inoltre coinvolto in numerose iniziative del PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), contribuendo attivamente a partenariati estesi, ecosistemi dell'innovazione, dottorati industriali e progetti orientati allo sviluppo sostenibile e alla digitalizzazione. Il DIEEI ha avuto un ruolo centrale anche in progetti PRIN 2022 e POC 2014-2020, promuovendo la sinergia tra ricerca di base e applicata. Sul fronte formativo, il Dipartimento sviluppa percorsi di alta formazione, master e corsi professionalizzanti in collaborazione con imprese ed enti pubblici. È attivamente impegnato nei programmi Erasmus+ e in accordi di double degree, che rafforzano la dimensione internazionale dell'offerta formativa.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

L'offerta formativa del DIEEI si articola in 4 Corsi di Laurea di Primo Livello e 6 Corsi di Laurea Magistrale, di cui cinque tenuti in lingua inglese. Il percorso formativo post-laurea è completato da un Corso di Dottorato di Ricerca. Corsi di Laurea • Ingegneria Elettronica (classe L-8) • Ingegneria Informatica (classe L-8) • Ingegneria Industriale (classe L-9) • Ingegneria Gestionale (classe L-9 R) Corsi di Laurea Magistrale • Automation Engineering and Control of Complex Systems (classe LM-25) • Communications Engineering (classe LM-27) • Electrical Engineering for Sustainable Green Energy Transition (classe LM-

28) • *Electronic Engineering* (classe LM-29) • *Ingegneria Informatica* (classe LM-32) • *Data Science* (classe LM-Data) Corso di laurea Interdipartimentale Post Laurea • Dottorato di Ricerca in *Ingegneria dei Sistemi, Energetica, Informatica e delle Telecomunicazioni* Il numero di studenti inerenti a questi corsi di laurea si attesta a circa 3000 unità. Il personale afferente al dipartimento è interamente coinvolto in tali attività e alcune unità di personale afferenti ad altri dipartimenti dell'Università di Catania vengono coinvolti per alcuni corsi di base principalmente di *Analisi, Geometria, Chimica, Economia e Fisica*. Il DIEEI dispone delle seguenti strutture per lo svolgimento delle lezioni e delle attività laboratoriali. Aule e Laboratori Aule didattiche - Aule D01,D02,D03,D21,D23,D31,D32,D33,D34,D41,D42,D43,D44- Edificio della Didattica, ed. 14 - Aule P14,P15,P16,P17,P18- Polifunzionale, ed. 3 - Aule V1, V8, V4 - Vecchia Sede, ed. 10 - Aule T1, T2, T3 - Tetti Verdi, ed. 15 - Aule IB, IC, ID, IE, IV, IT, IS, Aula Magna Oliveri - Edificio DAU, ed. 4 - Aula Conferenze Centro di Calcolo Aule Studio - Edificio della Didattica, ed. 14 - Polifunzionale (2 piano), ed. 3 - Edificio DAU (piano terra), ed. 4 Aule Informatiche - Centro di Calcolo, Polifunzionale (Piano 0), Aula INF.A,INF.B,INF.C - Edificio della Didattica (2 piano), D22, D24, ed. 14 Laboratori - Polifunzionale, Lab.1, Lab.2, Lab.Mis.Elett.Lab.Elettronica, Lab.Robotica- Edificio 13 - Laboratorio OpenLab, Polo Tecnologico - Via Santa Sofia 102 L'offerta formativa del DIEEI si articola in 4 Corsi di Laurea di Primo Livello e 6 Corsi di Laurea Magistrale, di cui cinque tenuti in lingua inglese. Il percorso formativo post-laurea è completato da un Corso di Dottorato di Ricerca. Corsi di Laurea • *Ingegneria Elettronica* (classe L-8) • *Ingegneria Informatica* (classe L-8) • *Ingegneria Industriale* (classe L-9) • *Ingegneria Gestionale* (classe L-9 R) Corsi di Laurea Magistrale • *Automation Engineering and Control of Complex Systems* (classe LM-25) • *Communications Engineering* (classe LM-27) • *Electrical Engineering for Sustainable Green Energy Transition* (classe LM-28) • *Electronic Engineering* (classe LM-29) • *Ingegneria Informatica* (classe LM-32) • *Data Science* (classe LM-Data) Corso di laurea Interdipartimentale Post Laurea • Dottorato di Ricerca in *Ingegneria dei Sistemi, Energetica, Informatica e delle Telecomunicazioni* Il numero di studenti inerenti a questi corsi di laurea si attesta a circa 3000 unità. Il personale afferente al dipartimento è interamente coinvolto in tali attività e alcune unità di personale afferenti ad altri dipartimenti dell'Università di Catania vengono coinvolti per alcuni corsi di base principalmente di *Analisi, Geometria, Chimica, Economia e Fisica*. Il DIEEI dispone delle seguenti strutture per lo svolgimento delle lezioni e delle attività laboratoriali: Aule didattiche Aule Studio Aule Informatiche Laboratori

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

Nessun titolo

➤ **11A4.1: ID Unità Operativa**

6865730c0861401c8d54d58f

➤ **11A4.2: Informazioni Generali – Denominazione**

Communication And Outreach

➤ **11A4.3: Informazioni Generali – Nome Breve**

Lens-Cnr-Nanotec-Le-RI5

➤ **11A4.4: Informazioni Generali – Descrizione della Sottostruttura**

La Sotto-Struttura Del Cnr Nanotec Dedicata Alla Comunicazione E Alle Attività Di Outreach Coordina Le Iniziative Volte A Promuovere La Conoscenza Scientifica, Valorizzare Le Ricerche Condotte All'Interno Dell'Istituto E Favorire L'Interazione Con La Società. Il Team, Composto Da Personale Con Competenze Trasversali Nella Comunicazione Scientifica, Nella Divulgazione E Nella Progettazione Educativa, Sviluppa E Gestisce Progetti Rivolti A Un Pubblico Ampio E Diversificato. Tra Le Principali Attività Rientrano L'Organizzazione Di Percorsi Per Le Competenze Trasversali E L'Orientamento (Pcto), Tirocini Formativi Per Studenti Universitari E Iniziative Di Interazione Con Scuole Di Ogni Ordine E Grado, Attraverso Laboratori Didattici, Visite Guidate, Seminari E Partecipazione A Eventi Divulgativi. La Sotto-Struttura Collabora Inoltre Con Enti E Istituzioni Locali E Nazionali Per La Realizzazione Di Progetti Di Public Engagement. La Strategia Comunicativa Prevede Anche La Gestione Dei Canali Social Istituzionali Ed Una Costante Interazione Con Testate Giornalistiche Locali E Nazionali, Attraverso Comunicati Stampa,

Interviste A Ricercatori E Articoli Dedicati Alle Attività Scientifiche E Ai Risultati Dell'Istituto. In Quest'Ottica, Viene Data Particolare Rilevanza Alla Diffusione Mediatica Delle Ricerche Più Innovative, Contribuendo Ad Accrescere La Visibilità Del Cnr Nanotec Nel Panorama Della Ricerca Italiana E Internazionale. Un'Importante Iniziativa Permanente è La Mostra Stabile Allestita Presso La Sede Principale Di Lecce, Che Presenta Al Pubblico Le Principali Linee Di Ricerca Dell'Istituto Attraverso Installazioni Interattive, Contenuti Multimediali E Materiali Divulgativi.

➤ **11A4.5: Sede Fisica – Comune**

Lecce

➤ **11A4.6: Sede Fisica – Provincia**

LE

➤ **11A4.7: Sede Fisica – Regione**

Puglia

➤ **11A4.8: Sede Fisica – Nazione**

Italia

➤ **11A4.9: Sede Fisica – Indirizzo**

via per Monteroni

➤ **11A4.10: Sede Fisica – CAP**

73100

➤ **11A4.11: Sede Fisica – Telefono**

0832319701

➤ **11A4.12: Sede Fisica - E-Mail (non PEC)**

samuele.vincenti@cnr.it

➤ **11A4.13: Sede Fisica - E-Mail (PEC)**

protocollo.nanotec@pec.cnr.it

➤ **11A4.14: Centro di Spesa – Sistema di Gestione Finanziaria**

No

➤ **11A4.15: Referente di Sottostruttura – Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.16: Referente di Sottostruttura – Nome**

Francesco

➤ **11A4.17: Referente di Sottostruttura – Cognome**

Todisco

➤ **11A4.18: Referente di Sottostruttura - Codice Fiscale**

Tdsfnc87t07f284k

➤ **11A4.19: Referente di Sottostruttura - E-Mail (non PEC)**

francesco-todisco@cnr.it

➤ **11A4.20: Referente di Sottostruttura – Telefono**

3403706566

➤ **11A4.28: Referente Scientifico UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.29: Referente Scientifico UO - Nome**

Francesco

➤ **11A4.30: Referente Scientifico UO - Cognome**

Todisco

➤ **11A4.31: Referente Scientifico UO - Codice Fiscale**

TDSFNC87T07F284K

➤ **11A4.32: Referente Scientifico UO - E-Mail (non PEC)**

francesco-todisco@cnr.it

➤ **11A4.33: Referente Scientifico UO - Telefono**

3403706566

➤ **11A4.34: Referente Scientifico UO - CV Firmato Digitalmente**

CV_ft_2024_signed.pdf

➤ **11A4.35: Referente Scientifico UO - Lettera di Incarico**

➤ **11A4.36: Referente Amministrativo UO - Nazionalità**

Italiana

➤ **11A4.37: Referente Amministrativo UO - Nome**

Samuele

➤ **11A4.38: Referente Amministrativo UO - Cognome**

Vincenti

➤ **11A4.39: Referente Amministrativo UO - Codice Fiscale**

VNCSML77T14L419J

➤ **11A4.40: Referente Amministrativo UO - E-Mail (non PEC)**

SAMUELE.VINCENTI@CNR.IT

➤ **11A4.41: Referente Amministrativo UO - Telefono**

0832319701

➤ **11A4.42: Referente Amministrativo UO - CV firmato digitalmente**

CV EU Samuele Vincenti 01_25_signed-1.pdf

➤ **11A4.43: Referente Amministrativo UO - Lettera di incarico**

➤ **11A4.44: Informazioni Generali – Risorse Umane**

Le attività di comunicazione e outreach dell'Istituto di Nanotecnologia sono organizzate e coordinate da una Communication and Outreach Manager, figura responsabile della pianificazione, supervisione e implementazione delle iniziative volte a promuovere le attività scientifiche dell'Istituto sia verso il pubblico generale che verso stakeholder istituzionali e industriali. A supporto di questa funzione opera un team multidisciplinare composto da tre ricercatori, due tecnologi e tre tecnici, ciascuno dei quali contribuisce con competenze specifiche nei settori della divulgazione scientifica e della comunicazione. Le attività del team comprendono la realizzazione di contenuti multimediali, la gestione dei canali social e del sito web istituzionale, il supporto e l'organizzazione di eventi pubblici e conferenze scientifiche, la collaborazione con scuole, musei e altre realtà del territorio per la promozione della cultura scientifica. L'obiettivo è rendere accessibile e comprensibile l'attività di ricerca svolta presso l'Istituto, valorizzandone l'impatto sul progresso tecnologico e sulla società.

➤ **11A4.45: Informazioni Generali – Risorse e Servizi per la Ricerca**

Nell'ambito delle attività di comunicazione e outreach, il CNR NANOTEC mette a disposizione una serie di risorse e servizi pensati per facilitare la divulgazione della ricerca scientifica, il coinvolgimento del pubblico e la valorizzazione dell'impatto sociale della scienza. Queste risorse sono rivolte sia alla comunità scientifica interna sia a partner esterni, come scuole, università, enti pubblici, media e cittadini. Tra le principali risorse a supporto della comunicazione scientifica vi sono gli spazi espositivi e ambienti multimediali per mostre, eventi e laboratori didattici, strumenti digitali per la produzione di contenuti audiovisivi e interattivi, supporto grafico e redazionale per la realizzazione di materiali divulgativi (brochure, poster, video) ed un sistema interno di gestione e diffusione su canali social, web e stampa. Tra le attività della sotto-struttura ci sono anche collaborazioni per l'organizzazione di eventi scientifici aperti al pubblico, il supporto alla partecipazione a bandi e progetti con componenti di comunicazione della scienza e l'interazione con i media e gestione delle relazioni con giornalisti e testate locali e nazionali.

➤ **11A4.46: Informazioni Generali – Networking**

Le attività di comunicazione e outreach del CNR NANOTEC contano su una solida rete di collaborazioni e interazioni con enti di ricerca, istituzioni educative e media a livello locale e nazionale. Nell'ambito del progetto I-PHOQS, la sotto-struttura ha sviluppato una collaborazione con Comics&Science, realtà italiana gestita da Symmaceo Communications e facente parte di CNR Edizioni, che promuove il rapporto tra scienza ed intrattenimento, sviluppando e distribuendo un fumetto divulgativo ispirato dalle attività di ricerca del progetto. La sotto-struttura partecipa anche a iniziative e progetti europei e nazionali di public engagement, tra cui la ERN-Apulia-MED, iniziativa finanziata come Marie-Sklodowska Curie Actions (HORIZON-MSCA-

2023-CITIZENS-01, Grant No. 101162513) che raccoglie le European Researchers Nights della regione Puglia e del bacino Mediterraneo.

➤ **11A4.47: Informazioni Generali – Capacità di Formazione**

L'unità è attivamente coinvolta in attività di formazione che coprono un ampio percorso educativo, dall'istruzione secondaria fino alla ricerca di dottorato, e svolge un ruolo significativo nei programmi di dottorato, sia attraverso la supervisione diretta di tesi sia partecipando alle commissioni di selezione. Alcuni membri dell'unità fanno parte anche del Collegio dei Docenti del Dottorato dell'Università del Salento, contribuendo al coordinamento strategico dei curricula dottorali e garantendo elevati standard accademici. L'unità organizza regolarmente scuole di formazione avanzata e workshop rivolti a studenti di laurea magistrale e post-laurea, contribuendo alla formazione della nuova generazione di ricercatori. Tra le iniziative più rilevanti si annoverano la Lecce School on Quantum Optics in Solid-State Systems, la scuola Quantum Optics and Quantum Materials (QOQM), parte delle attività I-PHOQS nella Quantum Week, e la OECS 2023 Lecce – International Conference on Optical Properties of Excitons in Semiconductors. Gli studenti di dottorato ospitati dall'unità svolgono le loro ricerche all'interno dei laboratori del CNR-NANOTEC, accedendo direttamente a strumentazioni all'avanguardia e lavorando a stretto contatto con ricercatori senior. Questo ambiente offre loro una formazione tecnica avanzata e l'opportunità di confrontarsi con approcci interdisciplinari nei campi della nanofotonica, dei fluidi quantistici e della scienza dei materiali. Parallelamente, vengono offerti tirocini a studenti triennali e magistrali, favorendo un passaggio graduale verso la carriera di ricerca e lo sviluppo pratico di competenze scientifiche. Inoltre, l'unità è impegnata in attività di outreach e formazione per studenti più giovani, partecipando ai programmi come il PCTO (Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento), che permettono agli studenti delle scuole superiori di vivere esperienze di laboratorio, assistere a seminari e avvicinarsi a tematiche scientifiche nei settori della fotonica, nanotecnologia e biotecnologia.

➤ **11A4.48: Informazioni Generali – Attività Formative Accreditate**

In quanto ente di ricerca, l'Unità Operativa (OU) non ha la facoltà di accreditare direttamente le attività formative a cui partecipa. Tuttavia, essa collabora attivamente con partner accademici e scientifici, in particolare con l'Università del Salento e con altre università italiane e internazionali, contribuendo allo sviluppo e alla realizzazione congiunta di percorsi di formazione e ricerca avanzata.

Tabella riepilogativa della compagine di partenariato

ID PARTNER	NOME PARTNER	RUOLO	INVESTIMENTO
1	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	Capofila	25.914.000,00 €
2	Scuola IMT Alti Studi Lucca	Partner	150.000,00 €
3	Alma Mater Studiorum - Università di Bologna	Partner	245.000,00 €
4	UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA	Partner	1.750.000,00 €
5	Politecnico di Milano	Partner	660.000,00 €
6	Università degli Studi dell'Aquila	Partner	200.000,00 €
7	Università di Pisa	Partner	250.000,00 €
8	UNIVERSITA'	Partner	245.000,00 €

	DEGLI STUDI DI GENOVA		
9	SCUOLA NORMALE SUPERIORE	Partner	150.000,00 €
10	Università degli Studi di Palermo	Partner	1.750.000,00 €
11	UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"	Partner	136.000,00 €
12	Università degli Studi di Catania	Partner	1.550.000,00 €

B – ELEMENTI DISTINTIVI DELLA COMPAGINE DI PARTENARIATO CON RIFERIMENTO AL PROGETTO

Le informazioni vengono acquisite tramite la compilazione di apposite maschere sul Sistema Informativo del MUR.

Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche per il Progetto

Fornire elementi per la valutazione dell'adeguatezza della/e unità operative (UO) nelle quali verrà realizzato il progetto; indicare le competenze scientifico tecnologiche specifiche possedute dalle UO partecipanti e che verranno utilizzate per contribuire al progetto 12000 car

Per ogni UO:

➤ 11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto

L'UO è la struttura organizzativa dedicata al coordinamento, alla pianificazione, alla direzione e al controllo di tutte le attività gestionali necessarie per lo sviluppo e l'implementazione di AI-PHOQUS. Ad essa afferiscono anche l'Infrastructure manager e il Coordinatore scientifico del progetto. L'Unità è dotata di un ampio ventaglio di competenze multidisciplinari e capacità organizzative per garantire il successo del progetto. Tali competenze comprendono in particolare aspetti tecnologici, economici e normativi.

Competenze di Project Management

- *Gestione avanzata di progetti complessi: capacità di pianificare, eseguire, monitorare e concludere progetti su larga scala rispettando tempistiche e budget. È essenziale la gestione delle risorse umane, finanziarie e materiali.*
- *Project Management certificato: conoscenza del PMBOK e capacità di adattarlo alle esigenze specifiche di AI-PHOQUS.*
- *Gestione dei rischi e della qualità: identificazione e mitigazione dei rischi, implementazione di un sistema di gestione della qualità che garantisca l'eccellenza in tutte le fasi del progetto.*
- *Capacità di coordinare progetti di ricerca scientifica complessi e internazionali.*

Competenze in Innovazione e Trasferimento Tecnologico

- *Promozione dell'innovazione: capacità di incentivare e supportare la traduzione dei risultati della ricerca applicata verso il mercato, le imprese e la società. Ciò include il supporto nella gestione della proprietà intellettuale (IP), nella creazione di spin-off e nella collaborazione con l'industria per la definizione di contratti e iniziative congiunte.*
- *Collaborazione con il settore pubblico e privato: competenze per facilitare il dialogo tra mondo accademico e industria, costruendo partnership con imprese ed enti pubblici per stimolare il trasferimento delle conoscenze dalla ricerca alla pratica.*

Competenze di supporto alla ricerca e gestione dei partner

- *Coordinamento progettuale: capacità di gestire e coordinare collaborazioni nazionali ed internazionali in contesti complessi, promuovendo la cooperazione tra enti di ricerca, università e istituzioni, a supporto dell'integrazione dell'infrastruttura nel panorama globale.*

Competenze nella gestione economica e sostenibilità

- *Pianificazione e gestione economica: l'Unità assicura una corretta gestione del budget di progetto, un'allocazione efficiente delle risorse finanziarie e la capacità di stimolare e supportare iniziative di fund raising.*
- *Sostenibilità a lungo termine: l'Unità è in grado di sviluppare un piano di sostenibilità di lungo periodo, sia finanziaria sia ambientale, per garantire la durabilità dell'infrastruttura potenziata e il*

suo impatto sulla ricerca. • Stretta collaborazione con l'Unità Operativa responsabile della gestione amministrativa e finanziaria. Competenze nella comunicazione e disseminazione • Comunicazione efficace: l'Unità è in grado di comunicare i risultati del progetto a un pubblico ampio, inclusi finanziatori, partner industriali, ricercatori e pubblico generale, per garantire la visibilità del progetto e mantenere un dialogo costante con tutti gli stakeholder. • Disseminazione dei risultati della ricerca: l'Unità organizza eventi di disseminazione (conferenze, workshop) per promuovere l'adozione dei risultati della ricerca all'interno delle comunità scientifiche e industriali. • Stretta collaborazione con l'Unità Operativa responsabile della disseminazione e delle attività di outreach. Capacità di pianificazione e monitoraggio • Monitoraggio e valutazione dei risultati: l'Unità assicura una valutazione continua dei progressi, delle performance e dell'impatto generato. • Utilizzo di strumenti avanzati di pianificazione: l'Unità è in grado di utilizzare software di project management, strumenti di analisi dei dati e strumenti di monitoraggio delle performance (KPI, analisi SWOT) per ottimizzare la gestione del progetto. L'UO ha coordinato l'IR PNRR I-PHOQS.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

La sede principale dell'Istituto di Informatica e Telematica ha sede presso l'area della ricerca CNR di Pisa. La sede è organizzata in 4 Unità di Ricerca e 4 Unità Tecnologiche. Le unità di ricerca si focalizzano rispettivamente su: reti ed intelligenza artificiale pervasiva (UdR Ubiquitous Internet); cybersecurity (UdR Trust, Security and Privacy); analisi di dati da Web e Social Media (UdR CyberIntelligence); algoritmica avanzata (Algorithms and Computational Mathematics). Le principali aree di ricerca attuali riguardano Internet e le sue evoluzioni sociali e tecnologiche, dalle reti mobili (5G) e pervasive all'Internet of Things, dalla social network analysis alla cybersecurity, dall'algoritmica applicata a Internet ai sistemi intelligenti e alle tecnologie emergenti legate all'intelligenza artificiale e al quantum computing. Dalla sede del CNUCE, l'istituto del CNR da cui è nato lo IIT, l'Italia si è connessa per la prima volta a Internet il 30 aprile 1986. In conseguenza di questo fatto storico l'Istituto svolge anche un'attività di innovazione e sviluppo tecnologico dedicata a Internet e alle sue applicazioni. Lo IIT gestisce dalla sua nascita il Registro .it, l'anagrafe dei nomi a dominio italiani, un servizio fondamentale per promuovere la diffusione di Internet e la cultura digitale presso tutta la società, dalle imprese ai cittadini. Le UdR della sede di Pisa partecipano, anche con funzione di coordinamento, a numerosi progetti di ricerca regionali, nazionali e internazionali. Partecipano ai Partenariati Estesi PNRR FAIR – Future AI Research, SERICS – cybersecurity, RESTART – Telecomunicazioni, NQSTI – Tecnologie Quantistiche, al Centro di competenza nazionale Artes 4.0, ed è promotore del Comitato nazionale per la ricerca in cybersecurity e dei centri di competenza toscani sulla Cybersecurity (C3T) e su Intelligenza Artificiale e Big Data (CBDAI). La sede IIT di Pisa partecipa a due infrastrutture di Ricerca ESFRI inserite dal 2021 nella Roadmap ESFRI nel settore DIGIT: - SLICES, per cui coordina il nodo nazionale - SoBigData.it, per cui contribuisce (sotto la guida di ISTI-CNR) al coordinamento complessivo <https://www.slices-ri.eu> <https://sobigdata.eu>. Grazie alla sua partecipazione ai progetti PNRR, la sede IIT di Pisa ha recentemente acquisito un notevole insieme di apparecchiature con cui sta costruendo dei testbed a supporto dell'attività di ricerca delle comunità scientifiche nazionali ed internazionali nei seguenti settori: - reti post-5G/6G - sistemi di edge computing - sistemi di reti veicolari - sistemi di AI decentralizzata e pervasiva - sistemi di XR/VR avanzati – sistemi di quantum communications. Questi testbed sono corredati da un solido backbone costituito da circa 10 server di ultima generazione dotati di GPU, e della relativa infrastruttura di rete ad alte prestazioni.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Competenza nell'uso di sistemi di codifica medica, sia a livello generale che con specifico riferimento ai principali sistemi di codifica come LOINC, ICD-10, ICPC e SNOMED CT. • Competenze nella costruzione nello sviluppo e costruzione di vocabolari controllati, terminologie di interfaccia e progettazione, gestione e integrazione di ontologie, in linea con gli standard internazionali quali OWL (Web Ontology Language) e SKOS (Simple Knowledge Organization System). • Competenze nell'uso e applicazione degli standard di interoperabilità semantica, inclusi CTS2 (Common Terminology Services Release 2) e FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources). • Esperienza nei domini del Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE) e del Fascicolo Sanitario Personale (FSP), con una profonda conoscenza delle normative nazionali, delle specifiche tecniche e dei framework di implementazione del Fascicolo Sanitario Elettronico italiano • Competenze nella progettazione e nello sviluppo di servizi terminologici e sistemi di supporto alla codifica, conformi a standard come IHE-Terminology Services e HL7 FHIR Terminology Module. • Competenze nella modellazione di dati e metadati per sistemi EHR/PHR, con aderenza a modelli internazionali come openEHR, ISO/IEC 11179 e HL7 CDA/FHIR. • Esperienza nella standardizzazione di cataloghi e terminologie locali, inclusa la mappatura semantica a standard clinici come SNOMED CT e LOINC. • Estrazione di dati e conoscenze orientata al dominio, anche tramite modelli di intelligenza artificiale. • Expertise in the use of medical coding systems, both at a general level and with specific reference to major code systems

such as LOINC, ICD-10, ICPC, and SNOMED CT. • Expertise in controlled vocabularies, interface terminologies, and the design, management, and integration of ontologies, in alignment with relevant standards such as OWL (Web Ontology Language) and SKOS (Simple Knowledge Organization System). • Competence in semantic interoperability standards, including CTS2 (Common Terminology Services Release 2) and FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources). • Expertise in the Electronic Health Record (EHR) and Personal Health Record (PHR) domains, with deep knowledge of national regulations, technical specifications, and the implementation frameworks for the Italian Electronic Health Record (FSE). • Skills in the design and development of terminology services and coding support systems, compliant with standards such as IHE-Terminology Services and HL7 FHIR Terminology Module. • Proficiency in data and metadata modeling for EHR/PHR systems, with adherence to international models such as openEHR, ISO/IEC 11179, and HL7 CDA/FHIR. • Experience in the standardization of local catalogs and terminologies, including semantic mapping to clinical standards such as SNOMED CT and LOINC. • Domain-oriented data and knowledge extraction, also through AI models

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Il gruppo di ricerca del CNR-IREA è composto da diversi sottogruppi, potenzialmente sovrapposti tra loro. Un primo sottogruppo di ricerca opera nel campo del telerilevamento a microonde ad alta e altissima risoluzione spaziale mediante sensori radar ad apertura sintetica (SAR). Il gruppo vanta oltre trent'anni di esperienza in questo ambito, con particolare attenzione all'elaborazione di dati acquisiti da piattaforme satellitari e aeree per il monitoraggio ambientale e la sicurezza delle infrastrutture. I risultati della ricerca sono regolarmente pubblicati sulle più prestigiose riviste scientifiche internazionali del settore, principalmente quelle della IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, all'interno delle quali diversi ricercatori del gruppo ricoprono anche il ruolo di Associate Editor. Il gruppo ha sviluppato tecniche innovative di elaborazione interferometrica dei dati SAR, tra cui la tecnica Small Baseline, oggi impiegata da numerose realtà internazionali. Tra i risultati più significativi vi è lo sviluppo delle tecniche di tomografia SAR: i ricercatori del gruppo sono stati i primi al mondo a dimostrare la fattibilità della ricostruzione della struttura verticale della diffusione da superfici naturali. Questi risultati hanno portato al conseguimento di importanti premi e riconoscimenti internazionali, tra cui lo IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters Best Paper Award e lo IEE Mountbatten Premium. I ricercatori del gruppo ricoprono inoltre ruoli di rilievo nella comunità delle conferenze internazionali, partecipando ai comitati di programma del più importante congresso del settore, l'IGARSS. Il gruppo ha partecipato e partecipa tuttora, spesso con ruoli di coordinamento, a numerosi progetti internazionali (FP6, FP7, H2020) e iniziative nazionali (programmi PON e POR, progetti PRIN, PNRR e ASI). Una parte di questo sottogruppo vanta inoltre una lunga esperienza nello sviluppo di algoritmi paralleli per applicazioni di modellistica ed elaborazione dei dati di telerilevamento, ottimizzati per le attuali piattaforme di calcolo ad alte prestazioni (HPC) eterogenee. Un altro sottogruppo possiede competenze consolidate e riconosciute a livello internazionale nella modellistica dell'interazione elettromagnetica in scenari complessi e nello sviluppo di strategie di elaborazione dati per l'imaging radar del sottosuolo, ottimizzate per la configurazione di misura adottata, cioè sistemi radar da terra o basati su droni, composti da una o più antenne trasmettenti e riceventi, e in funzione dell'applicazione considerata. Tali strategie, comunemente indicate come approcci basati sulla Tomografia a Microonde (MWT), affrontano l'imaging come un problema inverso di diffusione e impiegano modelli accurati del fenomeno di scattering. Attualmente, il CNR-IREA sta sviluppando e testando anche approcci data-driven che combinano reti neurali convoluzionali e MWT. Il sottogruppo dedicato ai sensori ottici ha una vasta esperienza nello sviluppo di sensori e tecniche di spettroscopia ottica che spaziano dall'ultravioletto profondo (248 nm) all'infrarosso lontano (7,5 µm) per il monitoraggio ambientale. Nel corso degli anni, il sottogruppo ha sviluppato sensori e sistemi di monitoraggio per parametri fisici (come deformazione e temperatura) e parametri chimici (come batteri e inquinanti), basandosi su fenomeni di diffusione Rayleigh e Brillouin, nonché su tecniche di spettroscopia per assorbimento, fluorescenza e Raman. Il sottogruppo possiede inoltre competenze e capacità tecnologiche per progettare e sviluppare sistemi prototipali completamente automatizzati e portatili. The CNR-IREA research group consists of different, potentially overlapping subgroups. A first research subgroup operates in the field of microwave remote sensing at high and very high spatial resolution using Synthetic Aperture Radar (SAR) sensors. The group has over thirty years of experience in this area, with a focus on processing data acquired from satellite and airborne platforms for environmental monitoring and infrastructure safety. The group's research outcomes have been regularly published in the most prestigious international journals in the field, primarily those of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society. Within this editorial framework, several researchers also serve as Associate Editors. The group has developed innovative SAR interferometric data processing techniques, including the Small Baseline technique, which is now employed by various international entities. Among the most significant achievements is the development of SAR tomography techniques. The researchers were the first in the world to demonstrate the feasibility of reconstructing the vertical structure of scattering from

natural surfaces. These results have earned them important international awards and recognition, including the IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters Best Paper Award and the IEE Mountbatten Premium. Researchers from the group also hold prominent roles within the international conference community, serving on Program Committees for the most prestigious conference in the field, IGARSS. The research group has participated and continues to participate, often with leading roles, in several international projects (FP6, FP7, and H2020) and national initiatives (PON and POR programs, PRIN projects, PNRR projects, and ASI projects). A part of this subgroup has also long experience in developing parallel algorithms for remote sensing modeling and processing applications, targeted to current heterogeneous high performance computing (HPC) platforms. Another subgroup has an assessed and internationally recognized expertise in electromagnetic scattering modelling in complex scenarios and in development of data processing strategies for radar subsurface imaging optimized for the adopted measurement configuration, i.e. ground or drone-based radar system made up of one or more transmitting and receiving antennas, and the application at hand. These strategies, commonly referred to as Microwave Tomography (MWT) based approaches, face the imaging as an inverse scattering problem and use proper models of the scattering phenomenon. Currently, CNR-IREA is also developing and testing data driven approaches combining convolutional neural networks and MWT. The optical sensors subgroup has extensive experience in the development of sensors and optical spectroscopy techniques ranging from deep UV (248 nm) to far infrared (7.5 μm) for environmental monitoring. Over the years, the subgroup has developed sensors and monitoring systems for both physical parameters (such as deformation and temperature) and chemical parameters (such as bacteria and pollutants), based on Rayleigh and Brillouin scattering phenomena, as well as absorption, fluorescence, and Raman spectroscopy techniques. The subgroup possesses the expertise and technological capabilities to design and develop fully automated, portable prototype systems.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'Unità Operativa CNR-ISTI-KDD (Knowledge Discovery and Data Mining) del Consiglio Nazionale delle Ricerche è coordinatrice dell'infrastruttura di ricerca SoBigData e offre un pacchetto di competenze che include: - Data Management: L'attività potenzia l'infrastruttura federata LENS-SoBigData garantendo coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine dei dati in accordo ai principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) e Open Science. Ciò si realizza attraverso la definizione e implementazione di descrittori e metadati per le risorse messe a disposizione. Questo è accompagnato dallo sviluppo di servizi di validazione per flussi di integrazione dati trasparenti e tracciabili. - Computational Infrastructure: L'attività costruisce e gestisce un'infrastruttura di calcolo avanzata, integrata con i servizi dati, per rispondere alle esigenze di elaborazione data-intensive in ambito scientifico e industriale. Le principali componenti sono. Le risorse integrate saranno di tipo HPC e cloud ibrido: nodi CPU/GPU, cluster ad alte prestazioni e ambienti scalabili on-premise e in cloud, per supportare workload di deep learning, simulazioni e analisi multimodali. L'obiettivo principale è quello di fornire accesso a risorse dati e computazionali per fornire accesso flessibile e affidabile a infrastrutture di calcolo eterogenee, ottimizzando latenza, scalabilità e sicurezza. Questo supporta casi d'uso di ricerca avanzata e proof-of-concept industriali. Questa struttura sottolinea le competenze di CNR-ISTI-KDD nella gestione semantica dei dati e nell'erogazione di servizi computazionali avanzati, pilastri essenziali per un'infrastruttura data-driven all'avanguardia.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The CNR Research Unit LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL1 is part of the Beyond-Nano project and is equipped with one of the most advanced photonics laboratories in southern Italy. The unit has gained international recognition for pioneering studies on quantum fluids of light—a research field that merges light-matter interaction in nanostructures with concepts from Bose-Einstein condensation, superfluidity, nanophotonics, and solid-state physics. The unit stands out for its investigations into the nonlinear dynamics of topological defects, phase transitions, and critical phenomena in out-of-equilibrium systems, as well as the advanced control of interacting photonic quantum fluids. The main research activities and competencies of the unit include: Ultrafast spectroscopy and digital off-axis holography – This technique is particularly powerful for investigating complex spatiotemporal patterns that emerge from the interplay of nonlinearities, disorder, and flow. To enhance the fidelity and interpretability of the data, this methodology is suitable for integration with machine learning and artificial intelligence algorithms, which can assist in denoising, feature recognition, and predictive analysis. Optical control of artificial potentials – The unit employs advanced techniques to engineer tailored optical potentials for quantum fluids of light, allowing precise control over the spatial and temporal evolution of polariton condensates. Spatial Light Modulators (SLMs) are used to dynamically shape light fields and create reconfigurable trapping geometries, optical lattices, or disordered landscapes at micrometer scales. Neuromorphic and optical computing – The unit is actively engaged in developing photonic platforms for neuromorphic computing and nonlinear optical information processing, leveraging the

unique properties of exciton-polaritons—hybrid quasiparticles that combine strong light–matter interaction with ultrafast optical response and intrinsic nonlinearities. Objectives and Impact The unit aims to establish photonic quantum platforms as a new frontier for both fundamental research and technological innovation. These platforms offer an unparalleled environment for probing out-of-equilibrium quantum dynamics, collective phenomena, and topological effects in driven-dissipative systems, while enabling novel functionalities such as coherent control, high-speed signal processing, and reconfigurable logic operations. This research direction is inherently complementary to other quantum technologies and is closely aligned with advances in nanophotonics, quantum materials, and electro-optical device engineering. The unit's scientific and technological vision is fully consistent with the European strategic roadmap for photonics, as defined by Photonics21, the Horizon Europe Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA), and the Key Enabling Technologies (KETs) framework, which identify photonics as a central pillar for Europe's digital sovereignty, scientific excellence, and industrial leadership. In particular, the unit contributes to the development of enabling technologies for quantum computing, neuromorphic architectures, advanced photonic sensing, and integrated optical circuits, supporting broader EU goals under the Digital Europe and Green Deal programs. By bridging fundamental science with application-driven development, the unit aims to both deepen our conceptual understanding of quantum many-body systems and accelerate the emergence of next-generation photonic quantum technologies grounded in the physics of light–matter condensates.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

*L'unità operativa ha maturato nel corso del tempo la capacità raccogliere e analizzare dati sull'evoluzione delle risorse rinnovabili nel tempo. In particolare sta sviluppando algoritmi e metodi per l'ottimizzazione territoriale delle risorse rinnovabili a livello di regione. Le competenze dell'unità operativa vanno dall'ottimizzazione dei sistemi di storage e dei sistemi di generazione spazialmente distribuiti, l'ottimizzazione territoriale delle rinnovabili e lo sviluppo di indicatori per la sostenibilità territoriale. Nel corso degli anni sono stati pubblicati sul tema i seguenti lavori pubblicati su riviste internazionali: The operational unit has developed over time the ability to collect and analyze data on the evolution of renewable resources over time. In particular, it is developing algorithms and methods for the territorial optimization of renewable resources at the regional level. The operational unit's skills range from the optimization of storage systems and spatially distributed generation systems, the territorial optimization of renewables and the development of indicators for territorial sustainability. Over the years, the following works have been published on the topic in international journals: Korjani, S., Facchini, A., Mureddu, M., Rubino, A., & Damiano, A. (2021). Battery management for energy communities—Economic evaluation of an artificial intelligence-led system. *Journal of Cleaner Production*, 314(March 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128017> Muscillo, A., Re, S., Gambacorta, S., Ferrara, G., Tagliafierro, N., Borello, E., Rubino, A., & Facchini, A. (2023). An open data index to assess the green transition - A study on all Italian municipalities. *Ecological Economics*, 212(April 2022), 107924. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107924> Surmonte, F., Perna, U., Scala, A., & Rubino, A. (2021). A Data-driven approach to renewable energy source planning at regional level. *Energy Sources Part B: Economics, Planning and Policy*, 2019, 1–12. Facchini, A., Korjani, S., & Damiano, A. (2019). A multi-microgrid aging cost optimisation of battery storage systems in presence of fluctuating renewable energy sources. *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2019-June. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2019.8781333> Korjani, S., Facchini, A., Mureddu, M., Caldarelli, G., & Damiano, A. (2018). Optimal positioning of storage systems in microgrids based on complex networks centrality measures. *Scientific Reports*, 8(1), 16658. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35128-6> Mureddu, M., Facchini, A., & Damiano, A. (2018). A Statistical Approach for Modelling the Aging Effects in Li-Ion Energy Storage Systems. *IEEE Access*, 6, 1–1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2859817> Facchini, A. (2017). Distributed energy resources: Planning for the future. *Nature Energy*, 2, 17129. <http://dx.doi.org/10.1038/nenergy.2017.129> Scala, A., Facchini, A., Perna, U., & Basosi, R. (2019). Portfolio analysis and geographical allocation of renewable sources: A stochastic approach. *Energy Policy*, 125(October 2018), 154–159. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.034>*

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

La sede dell'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie a Padova rappresenta un centro di eccellenza dedicato alla ricerca avanzata nei campi della fotonica e delle nanotecnologie. Situata in una posizione strategica, questa sede si distingue per moderni laboratori equipaggiati con tecnologie all'avanguardia, che permettono di condurre studi innovativi e di alta qualità. In particolare, le competenze vertono nella progettazione e realizzazione di sistemi ottici per applicazioni scientifiche e industriali, nel test e nella caratterizzazione di sistemi ottici e rivelatori, con particolare attenzione all'ultravioletto da vuoto e alla caratterizzazione di film sottili, nello sviluppo di sistemi di ottica adattiva, nella metrologia e nella spettroscopia dei gas. Con riferimento al progetto, l'UO si inserisce con le competenze acquisite e consolidate nel settore dell'Extreme Light sia nell'ambito della facility ELI (Extreme Light Infrastructure) che della facility PNRR I-PHOQS. Le

competenze vertono su diversi filoni: progettazione e realizzazione di strumentazione ottica/spettroscopica per impulsi di luce ultrabrevi nell'estremo ultravioletto e raggi X soffici per esperimenti con risoluzione temporale nel femtosecondo/attosecondo; sviluppo di sistemi con ottica adattiva per applicazioni alla laseristica, microscopia, imaging avanzato e controllo di processo; sviluppo e caratterizzazione ottica e strutturale di film sottili per applicazioni a coating ottici e sensoristica. La UO unisce competenze scientifiche e tecnologiche sia per l'analisi e modellizzazione della fenomenologia, sia per la progettazione e realizzazione di strumentazione avanzata innovativa.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità LENS-CNR-IMM-ME-RLI di Messina è un centro con competenze consolidate in microelettronica, fotonica, sensoristica e materiali avanzati. Inserita nell'Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (IMM) del CNR, promuove lo sviluppo integrato di tecnologie abilitanti per applicazioni strategiche in ambiti quali ambiente, salute e industria. Il gruppo possiede competenze avanzate nella sintesi e caratterizzazione di nanostrutture, nella progettazione di sensori ottici ed elettrici ad alta sensibilità e selettività, e nello sviluppo di dispositivi innovativi compatibili con processi industriali. Particolare attenzione è rivolta alla prototipazione e alla personalizzazione di soluzioni tecnologiche, con modalità di trasduzione (ottica, elettrica, elettrochimica) in base alle esigenze applicative. L'unità dispone di facility allo stato dell'arte per la realizzazione e caratterizzazione di nanostrutture innovative per applicazioni sensoristiche a basso costo e compatibili con i processi industriali, sensori ottici ed elettrici ad alta selettività e sensibilità, analisi mediante spettroscopia ottica e imaging avanzato. È altamente specializzata nell'uso di tecniche avanzate di spettroscopia (Raman, UV-Vis, fotoluminescenza), microscopia elettronica a scansione, microscopia confocale e imaging ottico, strumenti fondamentali per la caratterizzazione strutturale, ottica e funzionale dei materiali. Queste competenze sono supportate da laboratori all'avanguardia, potenziati dalla partecipazione all'infrastruttura Beyond-Nano, parte della rete I-PHOQS finanziata dal PNRR. Il gruppo affronta progetti complessi con un approccio multidisciplinare che integra fisica, chimica dei materiali, ingegneria, e vanta una solida esperienza nella gestione di progetti, con partecipazioni a programmi nazionali e internazionali e collaborazioni con partner industriali. La collocazione all'interno dell'Università degli Studi di Messina consente all'unità di mantenere un legame diretto con il mondo accademico, contribuendo alla formazione di studenti e dottorandi attraverso attività di laboratorio, tirocini e coinvolgimento in progetti di ricerca rafforzando il trasferimento tecnologico. Il team è composto da ricercatori con competenze in fotonica, nanotecnologie, sensoristica ambientale, spettroscopia avanzata e microfabbricazione, alcuni dei quali detentori di brevetti nel campo della sensoristica portatile e dello sviluppo di dispositivi intelligenti a basso costo. I ricercatori a tempo determinato garantiscono un supporto operativo altamente qualificato, con una profonda conoscenza delle attrezzature e dei processi sperimentali. L'integrazione tra competenze scientifiche, infrastrutture tecnologiche e relazioni strategiche rende l'unità un partner affidabile per sfide complesse e per contribuire allo sviluppo di soluzioni innovative ad alto impatto scientifico, economico e sociale. L'unità nel progetto ha un ruolo centrale nello sviluppo di biosensori fluorescenti e SERS avanzati, progettati per superare le prestazioni dei sistemi attuali in termini di sensibilità e applicabilità con strutture compatibili con la produzione industriale su larga scala. Tutti gli approcci di fabbricazione saranno compatibili con le attuali tecnologie microelettroniche, facilitando il trasferimento tecnologico e la commercializzazione di sensori innovativi. L'attività dell'unità nel progetto permetterà di offrire servizi avanzati di biosensing. In particolare, grazie alla collaborazione con i partner IPHOQS, l'unità contribuirà allo sviluppo e alla caratterizzazione personalizzata di biosensori nanostrutturati ad alte prestazioni, all'accesso a tecnologie avanzate di micro/nanofabbricazione e spettroscopia ottica, alla fornitura di servizi per applicazioni biomediche, e alla capacità di ricerca e sviluppo collaborativa per partner industriali interessati al sensing fotonico.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'UO appartiene alla sede di Napoli dell'Istituto per il calcolo ad alte prestazioni e le reti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ICAR-CNR), il quale ha come missione principale quella di offrire soluzioni innovative in termini di ricerca, trasferimento tecnologico e formazione superiore nel campo dei sistemi intelligenti con funzionalità complesse (sistemi cognitivi e robotica, rappresentazione, estrazione e ragionamento della conoscenza, interfaccia uomo-macchina, ottimizzazione) e del calcolo ad alte prestazioni (cloud computing, ambienti paralleli e distribuiti e tecnologie avanzate per Internet). In particolare, la UO svolge attività di ricerca applicata e sviluppo tecnologico finalizzate alla progettazione e all'implementazione di piattaforme tecnologiche, tecniche e servizi applicativi volti a rendere interoperabili tra loro sistemi informatici eterogenei, anche su larga scala. Integrando i diversi approcci di gestione delle informazioni, interoperabilità dei dati, apprendimento automatico e sicurezza informatica, il gruppo fornisce soluzioni che facilitano la ricerca, l'accessibilità, l'interoperabilità e il riutilizzo dei dati nei sistemi informativi distribuiti, in conformità con i principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). Le principali attività

svolte sono: progettazione, implementazione e verifica di modelli architetturali e piattaforme middleware, comprese quelle basate sul cloud computing; definizione di modelli informativi intelligenti per la rappresentazione omogenea di dati provenienti da più fonti, a supporto del recupero delle informazioni; definizione e applicazione di tecniche per la sicurezza informatica e la protezione della privacy; applicazione e implementazione di tecniche basate sull'intelligenza artificiale e approcci di analisi dei big data per l'estrazione, l'analisi e la classificazione delle informazioni; definizione di architetture strutturate in moduli decentralizzati per il tracciamento e la certificazione di eventi, utilizzando anche la tecnologia blockchain e gli smart contract; analisi dei sistemi di fornitura in termini di prodotti e servizi innovativi (stato dell'arte, benchmarking, progetti nazionali e internazionali); gestione e manutenzione di infrastrutture hardware/software, sistemi informativi e servizi ICT. Le competenze scientifico-tecnologiche si basano su diversi approcci di gestione delle informazioni (come basi di conoscenza, sistemi Big Data), tecniche di Intelligenza Artificiale (in particolare, utilizzando tecniche di NLP e LLM), interoperabilità dei dati, apprendimento automatico e sicurezza informatica. Tali competenze sono applicate per la definizione di soluzioni e approcci che facilitano la ricerca, l'accessibilità, l'interoperabilità e il riutilizzo dei dati nei sistemi informativi distribuiti, in conformità con i principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), oltre che per promuovere l'adozione e lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e servizi ICT da parte del mondo delle imprese, attraverso la definizione, la gestione e la convalida di soluzioni tecnologiche interoperabili in grado di facilitare la raccolta, la gestione e la comprensione di diversi tipi di dati digitali, nel rispetto dei requisiti di sicurezza informatica e privacy. I settori di applicazione principali includono la sanità digitale, l'intelligenza urbana, le scienze sociali digitali e la fabbrica intelligente. Le sfide tecnologiche affrontate vengono superate identificando approcci architetturali basati su standard e best practice, utilizzando database relazionali e non relazionali e data lake, applicando metodi di scambio sicuri, progettando API condivise e definendo tecniche per l'estrazione e l'analisi delle informazioni attraverso l'intelligenza artificiale e approcci di analisi dei big data. La UO, infine, possiede anche una vasta esperienza nei processi e nei progetti di trasferimento tecnologico e nel sostegno all'innovazione per le PMI della regione, oltre che nella gestione di progetti di ricerca nazionali ed internazionali.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The University of Bologna's involvement in this project will be carried out by the Department of Computer Science and Engineering (DISI), one of Italy's largest and most renowned centers for research and education in computer science and engineering. DISI conducts cutting-edge research across a broad spectrum of domains, including artificial intelligence, edge/cloud computing, autonomic and complex systems and middleware for distributed systems and networks. These technologies are applied to key societal challenges such as healthcare, smart cities, energy efficiency, environmental monitoring, and digital society. Within DISI, the Mobile Middleware Research Group, led by Prof. Paolo Bellavista, contributes to numerous European research initiatives, including several Horizon Europe projects. The group's core expertise spans from middleware and systems support for distributed and adaptive applications, encompassing embedded and cloud computing, to vehicular and mobile network applications, context-aware services, mobile crowdsensing, big data analytics, and stream processing. These activities are complemented by consolidated research on decentralized AI techniques for edge-to-cloud orchestration, enabling AI models to collaborate efficiently across distributed infrastructures without relying on centralized coordination, as well as on disaggregated data planes, which support scalable, fine-grained control of heterogeneous data sources and computational resources. The group also investigates in-network computing approaches, embedding processing capabilities into the network fabric to minimize latency and reduce communication overhead. Security, scalability, and quality of service are central cross-cutting concerns addressed throughout these areas. Additionally, the group is engaging in emerging research efforts in quantum computing and quantum communications, with a focus on hybrid classical-quantum architectures that can support future AI-driven distributed systems.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The CNR-INO (National Institute of Optics) SS Napoli, located in Pozzuoli, Comprensorio A. Olivetti, represents the Institute's primary operational hub in Southern Italy. It is integrated into the CNR Naples 3 Research Area, where there are other institutes from the CNR's Department of Physics and Materials Technologies, such as ISASI and SPIN allowing continuous interaction with other key players in Quantum Technology research and development. Established in 2001, CNR-INO_Napoli is a relatively young branch that has rapidly expanded its activities and staff in recent years. It has gained national and international recognition for its ambitious projects and cutting-edge results in various fields of physics. In particular, the Optical Sensors group, has been active for several years in different areas, such as, fiber-optic sensing, precision spectroscopy, advanced optical sensing, applied photonics and quantum technologies, focusing both on fundamental physics and potential technological applications. The main research areas are: •

Fiber-optic sensing • High-sensitivity optical interferometry • Advanced laser technology development • Single-photon interferometry • High-precision spectroscopy There is a growing interest on applying and optimizing laser interferometry methods for developing novel optical sensors. These sensors are characterized by large bandwidth, active response, and extremely high sensitivity. The group also investigates light-matter interaction phenomena relevant to fundamental physics. CNR-INO_Napoli is a crucial node for CNR-INO's optical sensing research, with particular attention to: Aerospace and seismic applications: Collaborations with INGV-Osservatorio Vesuviano and the Italian Space Agency (ASI). Industrial applications: Within the National PNRR Center 'MOST' (Innovative Propulsion). New defense technologies: Participation in two major European Defence Fund (EDF) projects, ADEQUADE and CASSATA, involving over 30 European participants including Thales Alenia Space and Leonardo SpA. The Optical Sensors group also coordinates four PRIN projects (MUR), one European Defence Agency (EDA) project, and a joint ASI-INO laboratory focusing on frequency metrology and advanced navigation sensors. Furthermore, the group is actively involved in European networks and bilateral collaborations with high-profile research institutes, as well as with various local, national, and international companies on advanced optical sensing topics.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The operating unit includes a highly qualified and multidisciplinary team composed of senior researchers, technical staff, PhD students, and postdoctoral fellows with strong expertise in photonics, nanotechnologies, and quantum materials. A dedicated project manager supports coordination and strategic planning, while an administrative team ensures smooth financial and operational management. Researchers in the unit are involved in a wide range of experimental and theoretical activities, from the design and fabrication of photonic components to the modeling and characterization of emergent light-matter systems. The unit benefits from the advanced infrastructure of the CNR-NANOTEC Institute in Lecce, which spans over 2,500 m² of dedicated research space. This includes a state-of-the-art photonics laboratory, facilities for chemical synthesis and characterization, a cleanroom and nanofabrication area for device prototyping, as well as biotechnological and optoelectronic instrumentation. The unit is also a core partner in several national and European initiatives, particularly within the PNRR-funded I-PHOQS distributed research infrastructure, which connects CNR-LENS, CNR-ELI, Beyond-Nano, and POLIMI-CUSBO. Through this network, resources and instrumentation are shared across institutions to promote collaborative, high-impact research.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità operativa BN-CNR-IMM-CT-RLI ha comprovata esperienza nella caratterizzazione ottica, strutturale ed elettrica di celle solari e in generale di materiali e dispositivi per la microelettronica, acquisita attraverso varie tecniche di analisi, quali spettroscopia Uv-Vis e FTIR, spettroscopia Raman, fotoluminescenza, microscopia elettronica e caratterizzazione elettrica di celle solari in laboratorio (indoor) e outdoor. L'attività pluriennale dell'unità è supportata da numerose pubblicazioni e collaborazioni e contratti con aziende, così come dalla partecipazione in progetti nazionali ed europei.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Il gruppo di lavoro sui sistemi mobili e distribuiti (MDSLAb) è nato dal lavoro costante del suo responsabile scientifico il professor Antonio Puliafito, coinvolge oggi circa 30 tra ricercatori e collaboratori e rappresenta un'importante realtà nell'ambito della ricerca scientifica applicata alla "computer science" (mdslab.unime.it). MDSLAb ha prodotto una notevole attività di ricerca scientifica, riconosciuta e apprezzata a livello internazionale, in particolare nell'ambito del cloud computing, della Internet delle cose e Reti di sensori, occupandosi inoltre di Grid computing, Mobile middleware, Modellazione e valutazione delle prestazioni, Multimedia, RFID, Sicurezza e ulteriori aspetti dell'Ingegneria del software. Sono attività che hanno consentito a questo gruppo di ricerca di essere promotore e partner di diversi progetti di interesse nazionale ed europeo. Tra questi spiccano i progetti europei 'Vision-Cloud', 'CloudWave', 'Beacon', 'Reservoir' e 'SLICES-PP' in cui si è acquisita notevole esperienza sulle architetture cloud e sull'Internet delle cose (IoT). Inoltre, MDSLAb ha costantemente realizzato attività di trasferimento tecnologico verso le aziende. Alcuni dei componenti del gruppo hanno creato spin-off universitari di successo in ambito IoT e Cloud. Il gruppo collabora regolarmente con numerose aziende che utilizzano alcune delle soluzioni e dei prodotti di ricerca sviluppati al suo interno. All'interno del progetto SLICES, cura lo sviluppo del Blueprint Cloud/edge per lo sviluppo di servizi in ambito industriale.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'Unità operativa è parte della rete di laboratori Beyond-Nano, un'infrastruttura di ricerca distribuita e accessibile sia al mondo accademico che a partner industriali. Questa rete è concepita per favorire la condivisione di strumentazioni scientifiche di altissima fascia, promuovendo la collaborazione

interdisciplinare e lo sviluppo di progetti innovativi nel campo delle nanotecnologie, della fotonica avanzata e delle scienze dei materiali. Nel corso degli anni la sede di Cosenza di Beyond-Nano ha potenziato in modo significativo la propria dotazione tecnologica, acquisendo, tra le altre cose, il sistema Nanoscribe, una piattaforma all'avanguardia per la nanofabbricazione tridimensionale mediante polimerizzazione a due fotoni. Questo strumento consente la realizzazione di micro- e nanostrutture con risoluzioni spaziali estremamente elevate, dell'ordine del centinaio di nanometri, aprendo la strada allo sviluppo di dispositivi innovativi per l'optoelettronica, la fotonica integrata, i materiali metamorfici e le applicazioni biomediche. Ciò ha permesso la costruzione di un gruppo di ricerca con competenze avanzate nel campo della nanofabbricazione applicata in vari ambiti: microfluidica, ottica, sistemi biologici. In parallelo, nell'ambito del progetto I-PHOQS (Infrastruttura per la Fotonica Quantistica e Classica), finanziato dal PNRR, l'unità si è dotata della nanotomografia Zeiss Xradia 810 Ultra. Si tratta di uno strumento di imaging avanzato in grado di eseguire tomografie tridimensionali su scala nanometrica utilizzando raggi X. Il sistema supporta sia l'imaging basato sull'assorbimento che il contrasto di fase, consentendo l'analisi non distruttiva di materiali e dispositivi con una risoluzione spaziale fino a 50 nm. Questo lo rende ideale per lo studio strutturale di materiali compositi, dispositivi microfabbricati e strutture biologiche, senza la necessità di sezionamento fisico. Grazie anche al finanziamento di due posti da ricercatori a tempo determinato, anche in questo ambito di ricarica sta formando un team in grado di affrontare le sfide che tale strumento propone: dalla opportuna preparazione dei campioni da analizzare fino alla realizzazione di analisi che consentano di utilizzare lo strumento alle risoluzioni più elevate. Negli ultimi anni, l'unità operativa ha inoltre avviato una decisa espansione delle proprie attività nel campo dell'intelligenza artificiale (AI), grazie all'inserimento di ricercatori con competenze specifiche nello sviluppo di algoritmi e modelli predittivi. Le applicazioni dell'AI all'interno dell'unità sono molteplici e includono, tra le altre, l'analisi automatica di immagini ad alta risoluzione, l'ottimizzazione dei processi di fabbricazione, e la predizione delle proprietà molecolari e funzionali di nuovi materiali e composti. L'integrazione di competenze in nanofabbricazione, imaging tridimensionale e intelligenza artificiale consente all'Unità operativa di configurarsi come un hub di ricerca multidisciplinare, capace di affrontare con approccio sistemico progetti di frontiera, che richiedono l'interazione tra scienza dei materiali, fotonica, chimica, fisica computazionale e intelligenza artificiale. Questo ecosistema scientifico avanzato non solo favorisce lo sviluppo di tecnologie emergenti, ma rappresenta anche un'opportunità concreta per aziende e partner industriali interessati alla sperimentazione e co-sviluppo di soluzioni innovative in settori ad alto impatto tecnologico.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità operativa BN-CNR-IMM-CT-RL2 appartiene alla sede dell'Istituto per la Microelettronica e i Microsistemi (IMM) e possiede competenze ed esperienza pluriennale nella progettazione e nello sviluppo di tecnologie per la fabbricazione e la caratterizzazione di dispositivi microelettronici, in particolare di rivelatori a valanga a singolo fotone (SPAD) per applicazioni nella spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS) e nella tomografia ottica diffusa (DOT). Il laboratorio in cui opera l'unità ha una superficie di circa 400 m² ed è parte dell'infrastruttura Beyond Nano, che partecipa alla rete PNRR I-PHOQS. L'unità BN-CNR-IMM-CT-RL2 ha una vasta esperienza nella caratterizzazione strutturale, ottica ed elettrica di fotorivelatori e, più in generale, di materiali e dispositivi elettronici, acquisita attraverso diverse tecniche di analisi quali la caratterizzazione microstrutturale, elettrica e ottica nel dominio temporale (>50 ps), di frequenza (da 10 GHz), di lunghezza d'onda e di temperatura (fino a 77 K). L'attività dell'unità è fortemente supportata da numerose pubblicazioni, collaborazioni e contratti con aziende, nonché dalla partecipazione a progetti nazionali e internazionali.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità LENS CNR-IMM-ME-RL2 è un centro consolidato di eccellenza scientifica e tecnologica, con competenze riconosciute nei settori della micro- e nanoelettronica, della fotonica, della sensoristica e dei materiali avanzati. Facente parte dell'Istituto per la Microelettronica e i Microsistemi (IMM) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), l'unità supporta lo sviluppo integrato di tecnologie abilitanti rivolte ad applicazioni strategiche nei campi dell'energia, dell'ambiente, della salute e dell'industria. L'unità vanta una forte specializzazione nelle tecniche di caratterizzazione avanzata, tra cui spettroscopia Raman, UV-Vis e fotoluminescenza, microscopia elettronica a scansione, microscopia confocale e imaging ottico. Questi strumenti sono fondamentali per l'analisi strutturale, ottica e funzionale dei materiali. Le capacità del centro sono ulteriormente potenziate dall'accesso a laboratori all'avanguardia e dalla partecipazione attiva all'infrastruttura Beyond-Nano, parte della rete I-PHOQS finanziata nell'ambito dell'iniziativa PNRR. Grazie a un approccio multidisciplinare, il gruppo affronta sfide di ricerca complesse integrando conoscenze provenienti dalla fisica, dalla chimica dei materiali, dall'ingegneria elettronica e dalla scienza dei dispositivi. L'unità possiede inoltre una consolidata esperienza nella gestione di progetti di ricerca e sviluppo, sia a livello nazionale che internazionale, mantenendo solide collaborazioni con partner industriali.

La collocazione all'interno dell'Università di Messina favorisce stretti legami con il mondo accademico, sostenendo lo sviluppo continuo dell'unità e offrendo opportunità di formazione pratica a studenti e dottorandi attraverso attività di laboratorio, tirocini e partecipazione a progetti di ricerca. Questo ambiente stimola la collaborazione interdisciplinare e favorisce il trasferimento tecnologico, contribuendo allo sviluppo delle competenze a livello regionale. Il team comprende ricercatori con comprovata expertise certificata in fotonica, nanotecnologie, sensoristica ambientale, spettroscopia avanzata e micro-fabbricazione. Alcuni membri sono inventori di brevetti relativi a sistemi di sensing portatili, dispositivi intelligenti a basso costo e processi per la fabbricazione di dispositivi microelettronici. Il personale tecnico e i ricercatori a tempo determinato forniscono un supporto operativo altamente qualificato, con una profonda conoscenza delle procedure sperimentali e delle attrezzature. Attraverso la sinergia tra conoscenza scientifica, infrastrutture all'avanguardia e una visione orientata al futuro, l'unità si conferma un partner affidabile nell'affrontare sfide scientifiche e tecnologiche complesse, offrendo soluzioni innovative con un impatto significativo a livello scientifico, economico e sociale. L'unità è composta da un dirigente di ricerca, un primo ricercatore, due ricercatori, un collaboratore tecnico, due ricercatori a tempo determinato e un tecnologo a tempo determinato. Il dirigente di ricerca ed il primo ricercatore possiedono un know-how ampio e certificato sia nella ricerca scientifica che nella gestione di progetti, con competenze consolidate in diversi ambiti chiave della nanotecnologia e della fotonica, tra cui la fabbricazione, la caratterizzazione e l'applicazione di nanostrutture per applicazioni fotoniche, energetiche e di sensing. I ricercatori del gruppo sono esperti in sensoristica ambientale a basso costo e nella prototipazione di sensori, e detengono diversi brevetti in questi settori. Il personale a tempo determinato vanta una solida esperienza nell'utilizzo delle attrezzature presenti nell'infrastruttura. L'unità operativa dispone di un'infrastruttura all'avanguardia per caratterizzazione e di materiali e nanostrutture. In particolare, l'unità ha attrezzature allo stato dell'arte nella fotonica e nanotecnologie. Tra le attrezzature a disposizione è possibile citare un microscopio elettronico a scansione (SEM) Gemini460 ZEISS integrato con tecniche fotoluminescenza (PL) e Raman co-localizzate, dispersione a raggi X e litografia da fascio elettronico. Sono inoltre a disposizione un sistema per micro-spettroscopia Raman ad alta risoluzione con eccitazione multi-lunghezza d'onda, corredato di microscopia AFM per indagini Tip Enhanced Raman Scattering, un microscopio confocale Leica Stellaris 8 in grado di effettuare imaging FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy), SRS (Stimulated Raman Scattering) e CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Scattering).

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'attività di ricerca dell'UO è dedicata allo sviluppo di tecniche sperimentali innovative basate sull'ottica e la spettroscopia ultraveloci e alla loro applicazione a problemi all'avanguardia nel campo della fisica, della biochimica e della scienza dei materiali. In particolare, l'unità è specializzata nella generazione, manipolazione e applicazione di impulsi luminosi ultrabrevi, dall'infrarosso all'ultravioletto, con durata nell'ordine di pochi femtosecondi. Dotata di amplificatori ottici parametrici accordabili e non collineari (NOPA) sviluppati dal team, che consentono la generazione di impulsi della durata di ~5-10 fs, l'unità implementa apparecchiature avanzate di spettroscopia elettronica bidimensionale e pump-probe ultraveloce, in una varietà di configurazioni che differiscono per sensibilità, risoluzione temporale, copertura temporale e spettrale. Queste workstation uniche nel loro genere vengono utilizzate, in collaborazione con gruppi di ricerca nazionali e internazionali, per sondare le dinamiche in tempo reale di molecole, materiali nanostrutturati, DNA, sistemi fotosintetici e materiali 2D come il grafene e i dicalcogenuri di metalli di transizione. L'unità è anche impegnata nel trasferimento tecnologico attraverso la brevettazione delle sue innovazioni e il finanziamento di società spin-off. Nell'ambito del progetto, l'UO utilizzerà approcci di IA/ML per migliorare le sue capacità sperimentali e di elaborazione dei dati.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Il CNR IFN MI è riconosciuto come un'eccellenza a livello mondiale per lo sviluppo di sorgenti laser ultraveloci per la generazione e la manipolazione di impulsi della durata di pochi cicli ottici (femto e attosecondi), attosecond science, generazione di sorgenti laser a pettine di frequenze ottiche nella regione spettrale dal vicino al medio IR e al THz, strumentazione XUV e soft-X e tecniche spettroscopiche avanzate per lo studio dell'interazione luce-materia, metodi di spettroscopia a larga banda e alta risoluzione spettrale mediante l'uso diretto dei pettini di frequenza ottica. Il CNR-IFN metterà a disposizione i propri laboratori per le attività previste dal progetto e le proprie competenze. Riconosciuto come riferimento nazionale nel campo della fotonica, IFN MI ha ottenuto numerosi ERC grants (Starting, Consolidator e Advanced) e partecipa attivamente alle infrastrutture di ricerca I-PHOQS, ELI, e NFFA-DI, garantendo l'accesso a strumentazioni sperimentali all'avanguardia secondo i più alti standard internazionali.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The CNR-INO (National Institute of Optics) SS Napoli, located in Pozzuoli, Comprensorio A. Olivetti, represents the Institute's primary operational hub in Southern Italy. It is integrated into the CNR Naples 3 Research Area, where there are other institutes from the CNR's Department of Physics and Materials Technologies, such as ISASI and SPIN, allowing continuous interaction with other key players in Quantum Technology research and development. Established in 2001, CNR-INO Napoli has rapidly expanded its activities and personnel in recent years. It has gained national and international recognition for its ambitious projects and cutting-edge results in various fields of physics. In particular, the NonLinear&Quantum Optics Lab and the Cold Molecules Lab have been involved in the following main research activities: • High-precision spectroscopy of cold molecules • Nonlinear and quantum optics • Non-classical interferometry • Optical and THz diagnostics for cultural heritage and environmental monitoring In fact, in recent years, starting from these activities new methodologies have been developed for generation of optical frequency combs in resonators with quadratic nonlinearity and development of innovative non-classical light sources; ultra-sensitive and high-resolution spectroscopy from the near-infrared to the THz range for environmental monitoring; and spectroscopic interrogation of cold molecules for fundamental physics studies. These activities are/have been or are carried out within the framework of various national and international projects, such as the Partenariato Esteso "National Quantum Science and Technology Institute" (NQSTI) funded by the Italian National Recovery and Resilience Plan (PNRR), involving both academic and industrial partners; a Joint Laboratory with Agenzia Spaziale Italiana; a Research and Innovation Action Grant (MUQUABIS); and PON projects such as E-crops and OT4clima, as well as SUPREMO and AXIOMA projects within INFN (Italian National Institute for Nuclear Physics).

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

After the occurrence of the 2009 earthquake and the diffusion of data science and the principles of Open Science, the OU has been interested in issues related to the collection and analysis of (open) data, and the development of new IT approaches and methodologies with the aim of risk identification, assessment and mitigation to improve the management processes of territories subject to anthropogenic and natural disasters. The research group is working on innovative, trustworthy, accurate, and efficient AI and visual analytics approaches to embed in a novel regional digital twin. This research activity has helped to activate new collaborations with organizations and institutions (Municipality of L'Aquila, Special Office for the Reconstruction of L'Aquila, Civil Protection of the Region Abruzzo, Ufficio Speciale per la ricostruzione dei comuni del cratere) and with national and international research centers (involved in the creation and enhancement of the SoBigData Research Infrastructure, and with the Grenoble Informatics Laboratory for the creation of the regional digital twin). The activities were funded by national and international projects. Current composition of the research group: -PhD Antiniscia Di Marco, associate professor in data and computer science: she is an expert in applied data science, software quality engineering (software performance and AI fairness), conceptual modeling, and software architecture. -PhD. Michele Tucci, RTD-a: he is an expert in service integration, software performance engineering, and DevOps. He is involved in the SoBigData.it project to create a novel data center in L'Aquila. He is a co-advisor for Ph.D. Student Gennaro Zanfardino. -PhD. Daniele Di Pompeo RTD-a: he is an expert in agile development process, software performance and reliability engineering, and microservices. He is involved in the SoBigData.it project to create a novel data center in L'Aquila. He is a co-advisor for Ph.D. Student Payel Patra. -PhD. Giordano D'Aloisio, Post-doc: He is working on the definition and implementation of a software engineering approach that democratizes the quality-based machine learning development through model-driven techniques. The main quality attributes he is considering are fairness, accuracy, and execution time. -Payel Patra PhD. Student: She is working on the implementation and assurance of FAIR (findability, accessibility, interpretability and reusability) principles to simplify the open science and on the AI for health data analysis. Her work is supported by the European Union - NextGenerationEU – National Recovery and Resilience Plan (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, PNRR) - Project: "SoBigData.it - Strengthening the Italian RI for Social Mining and Big Data Analytics" - Prot. IR0000013 -Gennaro Zanfardino Ph.D student: He is working on developing a Regional Digital Twin that helps PA and local institutions to manage the territory pre- and post-disaster, to reduce natural risks, and to improve the sustainability of area management. He is an expert in data analytics, dashboarding, GIS and satellite data, and agent-based simulation. List of related projects "SoBigData.it - Strengthening the Italian RI for Social Mining and Big Data Analytics" (01.11.2022 – 31.03.2024, €3.5M for the University of L'Aquila) – Decreto Direttoriale n. 107 del 20.06.2022 - Avviso n. 3264 del 28/12/2021 "Rafforzamento e creazione di IR nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza". Since 2024 she is also WP4 leader. This project aims to strengthen the Italian Hub both from a technological, legal and ethical, economic and training point of view to train new users of the European RI SoBigData which has entered the ESFRI roadmap. PARTNERS: CNR, UNIVERSITÀ DI PISA, SCUOLA SUPERIORE SANT'ANNA, SCUOLA NORMALE SUPERIORE, IMT SCHOOL FOR ADVANCED STUDIES

LUCCA, ROMA La Sapienza, UNIVERSITÀ DI GENOVA, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, UNIVERSITÀ DI PALERMO, UNIVERSITÀ DI CATANIA. National research project Territori Aperti (Dec. 2018-Apr 2024, grant of 1.8M - www.territoriaperti.univaq.it) It is a national project (funded by Fondo Territori Lavoro Conoscenza CGIL CISL UIL) dealing with reconstruction processes after natural disasters. The project aims, among the others objectives, to realize an information system of data coming from main earthquakes in Italy, to provide a research virtual environment where to run data analysis (based on machine learning techniques and statistical models) and to specify guidelines to guide in future events. PARTNERS: Comune dell'Aquila, CNR-ISTI di Pisa, L'Ufficio Speciale della ricostruzione dell'Aquila, l'Ufficio Speciale della Ricostruzione dei comuni del cratere, e l'Università degli studi G. D'Annunzio di Chieti-Pescara. SoBigData RI PPP- EU project - Call HORIZON-INFRA-2021-DEV-02 (grant n. 101079043, 01.10.2022- 30.09.2025, €52K for University of L'Aquila) SoBigData RI entered in the ESFRI Roadmap and SoBigData RI PPP will move the RI forward to develop concrete tools that operationalize ethics with value-sensitive design, incorporating values and norms for privacy protection, fairness, transparency, and pluralism. PARTNERS: The project consortium is composed by 28 partner European Partners. European project SoBigData++ (INFRAIA-01-2018-2019- Grant number: 871042- Jan. 2020-Dec. 2024 - <http://project.sobigdata.eu/>). SoBigData++ strives to deliver a distributed, Pan-European, multidisciplinary research infrastructure for big social data analytics, coupled with the consolidation of a cross-disciplinary European research community, aimed at using social mining and big data to understand the complexity of our contemporary, globally-interconnected society. SoBigData RI, with its tools and services, empowers researchers and innovators through a platform for the design and execution of large-scale data science and social mining experiments, open to users with diverse backgrounds, accessible on cloud (aligned with EOSC guidelines), and also exploiting supercomputing facilities. SoBigData RI will render social mining experiments more efficiently designed, adjusted, and repeatable by non-data scientists' domain experts by pushing the FAIR (Findable, Accessible, Interoperable) and FACT (Fair, Accountable, Confidential and Transparent) principles. PARTNERS: The project consortium is composed by 32 partner European Partners. Spoke 5 on Environment and natural disaster of the "National Centre for HPC, Big Data and Quantum Computing" Research program CN00000013, funded by Decreto Direttoriale di concessione del finanziamento n.1031 del 17.06.2022 a valere sulle risorse del PNRR MUR – M4C2 – Investimento 1.4 - Avviso "Centri Nazionali" - D.D. n. 3138 del 16 dicembre 2021 The national centre (CN) aims to create the national digital infrastructure for research and innovation, starting from the existing HPC, HTC and Big Data infrastructures evolving towards a cloud datalake model accessible by the scientific and industrial communities through flexible and uniform cloud web interfaces, relying on a high-level support team, form a globally attractive ecosystem based on strategic public-private partnerships to fully exploit top level digital infrastructure for scientific and technical computing and promote the development of new computing technologies. The CN will be structured according to the hub and spoke model: the hub is responsible for the validation and management of the research program, whose activities are elaborated and implemented by the spokes and their affiliate institutions, as well as through open calls. The hub implements all the activities on education and training, entrepreneurship, knowledge transfer, policy and outreach, and coordinates a transversal research group on Societal Implication and Impact. Hub and spokes consist of Universities, Research Institutions as well as private and public operators. The proposed CN includes one cross spoke, Spoke 0 "Supercomputing Cloud Infrastructure", and 10 thematic Spokes among which Spoke 5 on ENVIRONMENT & NATURAL DISASTERS SPOKE 5 PARTNERS: UNIAQ, UNIFI, UNIBA, ENEA, POLIBA, INGV, SAPIENZA, CNR DIRECT: Digital twIns foR EmergenCy support - Innovation Grant (18 months of project, € 57.500,00 € for University of L'Aquila) – Acceptance letter from ICSC Foundation in date 24 October 2023. The aim of the project is to realize a multi-functional Digital Twin (DT) of an urban district, integrating Building Information Models (BIM) to monitor and predict the impact of natural or anthropogenic disasters on people, buildings, and the environment. PARTNERS: SOGEI, University of Salento (Spoke 9), University of Milano-Bicocca (Spoke 9), University of L'Aquila (Spoke 5), CNR IGAG (Spoke 5)

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Il team di ricerca dedicato alle attività nell'ambito del Trustworthy Machine Learning è composto da un gruppo interdisciplinare di docenti e ricercatori con competenze consolidate in diverse aree chiave legate all'affidabilità, equità e trasparenza dei sistemi di intelligenza artificiale. In particolare, la Prof.ssa Anna Monreale, Responsabile Scientifica del progetto, vanta una solida esperienza nello studio e nello sviluppo di algoritmi orientati alla valutazione e alla mitigazione dei rischi per la privacy. Il suo contributo sarà centrale anche per la progettazione delle attività di formazione continua, essendo attualmente Delegata ai master e alla formazione continua dell'Università di Pisa. Il gruppo include inoltre il Prof. Salvatore Ruggieri e il Prof. Dino Pedreschi, entrambi esperti riconosciuti a livello internazionale nei metodi per l'identificazione, la misurazione e la mitigazione dei bias e delle discriminazioni nei sistemi di apprendimento automatico, con un forte focus sugli aspetti etico-legali e sociali dell'uso dell'intelligenza artificiale. Il Prof. Riccardo

Guidotti apporta la sua competenza nello sviluppo di algoritmi di spiegazione (explainability) per i modelli di machine learning, con particolare attenzione alla loro interpretabilità e alla loro coerenza con principi etici e normativi. A completare il team, la Prof.ssa Mariarita Pierotti, che si occupa dello studio dell'impatto dell'intelligenza artificiale in ambito economico, con applicazioni specifiche nei settori dell'accounting e dell'auditing. La Prof.ssa Pierotti ha inoltre maturato una significativa esperienza nella progettazione e implementazione di percorsi di formazione continua destinati al mondo delle imprese, aspetto strategico per la diffusione e l'adozione consapevole delle tecnologie AI nei contesti produttivi. Le attività di formazione per le imprese, parte integrante del progetto, saranno coordinate dalla Prof.ssa Monreale, assicurando così un approccio coerente con gli obiettivi scientifici e applicativi del team, e una forte connessione con il tessuto imprenditoriale interessato all'adozione responsabile dell'intelligenza artificiale.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'ICAR, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, è un Istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) che afferisce al Dipartimento di Ingegneria, ICT e Tecnologie per l'Energia e i Trasporti (DIETET). L'Istituto è presente sul territorio nazionale con tre sedi, Rende, Napoli e Palermo. La sua missione è quella di sviluppare ricerca, trasferimento tecnologico e alta formazione nell'area dei sistemi intelligenti a funzionalità complessa (sistemi cognitivi e robotica, rappresentazione, estrazione e gestione della conoscenza, interazione uomo-macchina, ottimizzazione) e dei sistemi ad alte prestazioni (cloud computing, ambienti paralleli e distribuiti, tecnologie avanzate per Internet). L'Istituto sviluppa applicazioni significative nel campo dell'E-health, energia, sicurezza, bioinformatica, beni culturali e città intelligenti. Nell'ambito della sede di Rende l'unità operativa, denominata SOBIGDATA-CNR-ICAR-CS, coinvolge nell'iniziativa progettuale due gruppi di ricerca. Il primo gruppo, BMSA (Behavioral Modeling and Scalable Analytics) studia modelli matematici e computazionalmente efficienti per l'analisi di entità (ad esempio individui, dispositivi IoT/mobile, smart objects, etc.) che interagiscono in ambienti complessi. L'obiettivo di ricerca che i ricercatori afferenti si pongono è quindi quello di indagare strumenti matematici e computazionali per comprendere la dinamica strutturale ed evolutiva dei flussi informativi da dati, così da catturare/modellare i meccanismi che li governano e predire eventi ed anomalie nel breve e nel lungo periodo. Il secondo gruppo, L'Edge Intelligence Group (EIG) si occupa dello sviluppo di ambienti cognitivi basati sull'Internet of Things (IoT), studiando metodologie, architetture e strumenti innovativi. Il gruppo lavora su tecnologie avanzate come deep learning, swarm intelligence e algoritmi quantistici, applicandole in settori come comfort indoor, sicurezza, sostenibilità, agricoltura intelligente e interazione uomo-ambiente, utilizzando equipaggiamenti all'avanguardia per monitorare e controllare ambienti. L'EIG è protagonista di significative attività di ricerca nell'ambito del Quantum Computing, in particolare con l'utilizzo di algoritmi di Quantum Machine Learning e di algoritmi ibridi classici-quantistici. Tali algoritmi sono stati utilizzati per la soluzione di problemi in numerosi ambiti applicativi, tra i quali il risparmio di energia nelle smart grid e l'allocazione efficiente delle risorse in contesti di edge-cloud continuum. La sede di Rende dell'Istituto partecipa a numerosi progetti di ricerca regionali, nazionali e internazionali. In particolare relativamente al PNRR, partecipa ai Partenariati Estesi PNRR FAIR – Future AI Research SERICS – cybersecurity NQSTI – Tecnologie Quantistiche Partecipa inoltre al Centro Nazionale ICSC (HPC e quantum computing). Partecipa al potenziamento dell'Infrastruttura di Ricerca PNRR SoBigData, nella cui sede ha stabilito un nodo. L'ICAR oggi conta oltre 120 unità di personale strutturato (ricercatori, tecnologici, tecnici e amministrativi) o con altre forme contrattuali, come contratti di collaborazione all'attività di ricerca, borsisti, tesisti, dottorandi e associati di ricerca. La sede di Rende (CS) dell'ICAR conta 45 unità di personale strutturato, ed in particolare 38 unità tra ricercatori e tecnologi. I due gruppi di ricerca coinvolti, BMSA ed EIG, annoverano, ad oggi: 2 dirigenti di ricerca, 12 ricercatori, di cui 4 ricercatori a tempo determinato, 2 tecnologi di cui 1 a tempo determinato, 5 assegnisti di ricerca e 4 dottorandi. L'ICAR è dotato di strumentazione di calcolo all'avanguardia, utilizzata nell'ambito delle varie attività scientifiche. Tra le infrastrutture di calcolo principali ospitate nei CED (Centri Elaborazione Dati) dell'Istituto si annoverano: - BEN (High Performance Computing for Artificial Intelligence - HPC4AI): Un cluster dedicato all'High Performance Computing per l'Intelligenza Artificiale, parzialmente finanziato nell'ambito del "programma biennale degli interventi del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Infrastruttura High Performance Artificial Intelligence Center". È composto da 73 nodi IBM POWER 9 con 62 TB di RAM, 1.6 PB di spazio disco, e 292 GPU NVIDIA Tesla V100, con connessione infiniband a 100 Gb/s. - BiOmics: Un sistema per lo storage e l'analisi di dati omici, definito nell'ambito del programma "Centro Nazionale di Ricerca in Bioinformatica per le scienze Omiche (CNR-BiOmics)". Questo sistema prevede uno spazio di memorizzazione complessivo di 5.6 PetaByte, con nodi di archiviazione e backend switches. A queste si aggiungono nuovi sistemi acquisiti tramite iniziative PNRR, tra cui: - Un'infrastruttura di calcolo con 127 server DELL PowerEdge R7525, di cui alcuni con configurazioni specifiche per vSAN Ceph Storage Cluster e GPU. - Un sistema composto da 14 server PowerEdge R7525 dual AMD7413 e 65 server PowerEdge R7525 dual AMD7413, alcuni dei quali con NVMe. - Due infrastrutture di calcolo, ciascuna con 3 server di calcolo dotati di 8x NVIDIA A100 Tensor

Core GPUs da 80GB, e 2 o 5 server Dell PowerEdge R760. - Un'infrastruttura di calcolo con 27 Dell PowerEdge R7525, con configurazioni varie di CPU, memoria e disco, e 5 dei quali con 2x Nvidia H100 80GB GPU. Oltre alle infrastrutture di calcolo, l'ICAR dispone di varie attrezzature divise in due categorie principali: -Attrezzature per l'interazione uomo-macchina: Includono dispositivi indossabili per la realtà virtuale/aumentata, sistemi per la postura e i movimenti degli utenti, sistemi olografici a vista multipla, dispositivi aptici, sistemi di proiezione stereoscopica, robot umanoidi per la sperimentazione di architetture cognitive e robot collaborativi equipaggiati con sensoristica di collisione. -Tecnologie per l'Internet delle Cose (IoT): L'infrastruttura IoT4SmartBuilding dell'ICAR fornisce un ecosistema per la sperimentazione e la gestione di dispositivi di sensoristica avanzata, come sensori per il monitoraggio ambientale indoor e outdoor, droni e termocamere. L'ICAR dispone anche di attrezzature per l'acquisizione di segnali biometrici.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Il Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (DITEN) dell'Università di Genova è una realtà accademica di eccellenza, punto di riferimento per la formazione, la ricerca e l'innovazione tecnologica nei settori dell'ingegneria marittima, energetica, elettronica e dell'informazione. Nato dall'integrazione di competenze storiche e scientifiche in ambiti complementari, il DITEN unisce la tradizione dell'ingegneria navale genovese — con radici nella Regia Scuola Superiore Navale fondata nel 1870 — alle più recenti evoluzioni della tecnologia digitale e delle telecomunicazioni. Il dipartimento è articolato in tre grandi aree tematiche: quella navale, focalizzata sulla progettazione e costruzione di navi, strutture marine e sistemi propulsivi innovativi; quella elettrica, che si occupa di produzione, gestione e distribuzione dell'energia, automazione industriale, mobilità elettrica e sostenibilità; infine, l'area ICT, incentrata su elettronica, telecomunicazioni, reti, trasmissione dati e sistemi intelligenti. L'approccio è fortemente interdisciplinare, volto a creare sinergie tra settori un tempo distinti, oggi sempre più integrati nei contesti industriali e scientifici. Questo consente al DITEN di affrontare tematiche complesse come la digitalizzazione dei trasporti marittimi, le reti elettriche intelligenti, la comunicazione veicolo-infrastruttura e l'efficienza energetica nei sistemi integrati. Il Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (DITEN) dell'Università di Genova è una realtà accademica di eccellenza, punto di riferimento per la formazione, la ricerca e l'innovazione tecnologica nei settori dell'ingegneria marittima, energetica, elettronica e dell'informazione. Nato dall'integrazione di competenze storiche e scientifiche in ambiti complementari, il DITEN unisce la tradizione dell'ingegneria navale genovese — con radici nella Regia Scuola Superiore Navale fondata nel 1870 — alle più recenti evoluzioni della tecnologia digitale e delle telecomunicazioni. Il dipartimento è articolato in tre grandi aree tematiche: quella navale, focalizzata sulla progettazione e costruzione di navi, strutture marine e sistemi propulsivi innovativi; quella elettrica, che si occupa di produzione, gestione e distribuzione dell'energia, automazione industriale, mobilità elettrica e sostenibilità; infine, l'area ICT, incentrata su elettronica, telecomunicazioni, reti, trasmissione dati e sistemi intelligenti. L'approccio è fortemente interdisciplinare, volto a creare sinergie tra settori un tempo distinti, oggi sempre più integrati nei contesti industriali e scientifici. Questo consente al DITEN di affrontare tematiche complesse come la digitalizzazione dei trasporti marittimi, le reti elettriche intelligenti, la comunicazione veicolo-infrastruttura e l'efficienza energetica nei sistemi integrati. In questo contesto il DITEN partecipa per tramite del proprio laboratorio di Telecommunication Networks and Telematics (TNT) diretto dal Prof. Raffaele Bolla, specializzato in temi legati alle reti di telecomunicazioni, alle infrastrutture di Edge computing e alla sostenibilità dell'ICT. Il laboratorio opera in stretta sinergia con il Laboratorio Nazionale CNIT di Smart and Secure Networks (S2N), operando anche un sofisticato testbed per la sperimentazione di reti 5G avanzate o prospetticamente tecnologie 6G e di contesti di Edge Cloud computing. Il nucleo scientifico e tecnologico del laboratorio si è formato a partire dall'esperienza ventennale dell'Unità di Ricerca dell'Università di Genova nei settori del networking. Queste competenze si sono evolute attraverso una combinazione di ricerca teorica, sviluppo sperimentale e partecipazione attiva a numerosi progetti di ricerca europei e nazionali, in molti casi con ruoli di coordinamento. Nel tempo, il laboratorio ha saputo ritagliarsi un ruolo di leadership su tematiche di frontiera come la programmabilità delle reti secondo i paradigmi Software Defined Networking (SDN) e Network Functions Virtualization (NFV), l'integrazione tra reti di accesso e infrastrutture cloud/fog/Mobile Edge Computing, l'efficienza energetica nelle reti legacy e di nuova generazione, la gestione dinamica delle risorse in ambienti 5G e oltre, la progettazione di reti satellitari ad altissima capacità anche con l'impiego di nanosatelliti, e lo sviluppo di soluzioni avanzate di cybersecurity sia a livello di rete che di host. Il laboratorio ha inoltre maturato competenze significative nella virtualizzazione e nel controllo remoto di infrastrutture strumentali eterogenee, nell'Internet of Things e nelle reti di sensori, nonché nell'elaborazione avanzata del segnale per sistemi multimediali e cognitivi. Un elemento distintivo del laboratorio è la presenza di un'infrastruttura sperimentale estremamente avanzata, denominato "6G edge-cloud continuum (6ECC), costruita e potenziata nel corso degli anni grazie alla partecipazione a progetti strategici. Il testbed del laboratorio è basato su architetture programmabili e componenti SDN/NFV carrier-grade, con

funzionalità di emulazione del traffico, controllo bare-metal e orchestrazione multi-dominio. Sono presenti apparati ad alta capacità per misure e test su reti di trasporto e accesso, un cloud federato basato su FIWARE con centinaia di core e ampia capacità di storage e memoria, e ambienti per lo sviluppo di servizi in ambienti edge distribuiti e cloud-native. Questa infrastruttura, combinata con la competenza tecnica del personale, permette al laboratorio di operare sia come centro di ricerca sia come ambiente di co-sperimentazione con l'industria

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

La ricerca si svolge presso il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano attraverso una rete di 14 laboratori all'avanguardia dedicati allo sviluppo di nuovi metodi e tecniche innovative basate sulla fotonica, principalmente rivolti ad applicazioni diagnostiche non invasive in diversi ambiti, tra cui il biomedicale, l'agroalimentare e i beni culturali. La caratteristica comune di tutti i metodi d'indagine è lo sviluppo di strumenti innovativi per la misura della luce con elevata risoluzione temporale e sensibilità. I principali principi diagnostici si basano sull'analisi dell'emissione di fluorescenza e della propagazione della radiazione ottica in mezzi altamente diffusivi. La vocazione applicativa di questa linea di ricerca ha portato alla realizzazione di strumentazione da laboratorio e dispositivi portatili conformi alle normative nazionali e internazionali. Tali risultati hanno consentito il trasferimento dell'innovazione tecnologica in ambienti ospedalieri, clinici e museali.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The operating unit includes a highly qualified and multidisciplinary team composed of senior researchers, technical staff, PhD students, and postdoctoral fellows with strong expertise in photonics, nanotechnologies, and quantum materials. A dedicated project manager supports coordination and strategic planning, while an administrative team ensures smooth financial and operational management. Researchers in the unit are involved in a wide range of experimental and theoretical activities, from the design and fabrication of photonic components to the modeling and characterization of emergent light-matter systems. The unit benefits from the advanced infrastructure of the CNR-NANOTEC Institute in Lecce, which spans over 2,500 m² of dedicated research space. This includes a state-of-the-art photonics laboratory, facilities for chemical synthesis and characterization, a cleanroom and nanofabrication area for device prototyping, as well as biotechnological and optoelectronic instrumentation. The unit is also a core partner in several national and European initiatives, particularly within the PNRR-funded I-PHOQS distributed research infrastructure, which connects CNR-LENS, CNR-ELI, Beyond-Nano, and POLIMI-CUSBO. Through this network, resources and instrumentation are shared across institutions to promote collaborative, high-impact research.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Expression of the Knowledge Discovery and Data Mining Laboratory at the Scuola Normale Superiore. The research group is founded (KDD Lab) is a joint research initiative of the CNR ISTI Institute and the Department of Computer Science at the University of Pisa and the Scuola Normale Superiore. The KDD Lab group at Scuola Normale is led by Professor Fosca Giannotti and focuses on the topics of reliable, explainable and ethical artificial intelligence.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

The operational unit "Innovative Materials and Devices" belongs to the Institute of Nanotechnology (NANOTEC), which was established by the National Research Council (CNR) in 2015. The Institute carries out both theoretical and experimental research on condensed matter, biological systems, and cold plasmas; the design of advanced materials and nanostructured systems; and the development of innovative technologies for applications in energy, photonics, environment, aerospace, cultural heritage, and health. The Institute, located in central-southern Italy, includes a main site in Lecce and three additional branches in Bari, Rende, and Rome. Within this framework, the activities of the "Innovative Materials and Devices" unit are developed. The unit's work is carried out primarily in the laboratories of the device facility, which provide advanced instrumentation, well-equipped experimental setups, and a stimulating scientific-technical environment to support the effective implementation of the project. The laboratories hosting the project's activities include a cluster tool of evaporation chambers, available as a state-of-the-art deposition system for various materials (e.g., metals, organic semiconductors, oxides); two interconnected glove-boxes equipped with a thermal evaporator, spin-coater, and solar simulator. Instruments for morphological and structural characterization are also available, including atomic force microscope (AFM), high-resolution scanning electron microscope (HRSEM), XRD spectrometer, delaminator, micro-compounder, ink-jet and slot-die printers, DSC-TGA, chemical hoods with Schlenk lines, and instruments for routine optical/compositional characterization of samples, such as UV-Vis/NIR spectrophotometer/fluorimeter, FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy), DLS (dynamic light scattering), Time-Correlated Single Photon Counting (TCSPC),

and rheometer. The unit has expertise in the study, control, and correlation of morphological, structural, and optical properties of hybrid organic/inorganic materials (such as hybrid perovskites, colloidal nanocrystals, two-dimensional materials, etc.) for applications in various optical and optoelectronic devices, including OLEDs, solar cells, and photoelectrochromic devices.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

This unit is part of LENS, a CNR research infrastructure included in the “Piano Nazionale Infrastrutture di Ricerca (PNIR) 2021–27” and integrated into the PNRR Italian Network of Research Infrastructures under the “Integrated Infrastructure Initiative in Photonics and Quantum Sciences” (I-PHOQS). It is located in Sesto Fiorentino (Florence) and operates within the Istituto Nazionale di Ottica (CNR-INO). In particular, this unit is composed by the Ultracold Quantum Gases led by Dr. Giacomo Roati and by the Mid-infrared and THz Spectroscopy group led by Dr. Paolo De Natale. The Ultracold Quantum Gases group at CNR has over 20 years of experience in the study of quantum liquids formed by ultracold fermionic and bosonic atoms. The Mid-infrared and THz Spectroscopy group has contributed in recent years to groundbreaking research, focused on the study of the coherence properties of infrared single and multi-frequency radiation, including nonlinear sources and QCLs. The unit is driven by the vision of real world quantum simulation based on ultracold matter. The groups belonging to this Unit are composed of researchers with strong international standing and a proven track record of significant contributions to their respective areas. The unit operates two laboratories, both fully equipped for cutting-edge research on ultracold matter and for demonstrating the potential of Quantum Cascade Lasers (QCLs) in high-resolution molecular spectroscopy, metrology-grade applications, and the generation of nonclassical states of light. The Ultracold Matter Laboratory features multiple laser systems and advanced optical imaging setups designed to manipulate and probe ultracold atomic gases with high spatial resolution. The Mid-Infrared and Terahertz Spectroscopy Laboratory, on the other hand, hosts a wide array of lasers, optoelectronic components and sophisticated detection systems. It includes a diverse set of optical sources spanning several spectral regions—among them, an optical frequency comb operating in the visible-to-near-infrared range, fiber-amplified lasers, and an Optical Parametric Oscillator for generating correlated twin beams in the mid-infrared. The lab also integrates several Quantum and Interband Cascade Lasers. In addition to its experimental infrastructure, the unit actively develops theoretical models and new protocols for quantum simulation and to explore the fundamental and applied behavior of QCLs.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'Unità Operativa LENS-CNR-INO-FI-RL2 si compone di personale altamente qualificato con competenze ed expertise complementari, riconosciute a livello internazionale che vanno dal campo delle tecnologie optoelettroniche applicate alle comunicazioni ottiche, a quello dello sviluppo e caratterizzazione di sorgenti ottiche e di rivelatori in un ampio range di lunghezze d'onda anche non convenzionali, alla stampa 3D laser di materiali innovativi e della loro funzionalizzazione specifica nel campo delle comunicazioni ottiche e del sensing. L'attività scientifica e tecnologica dei gruppi che compongono l'UO si è manifestata negli ultimi 5 anni con la pubblicazione di numerosi lavori su prestigiose riviste internazionali peer-reviewed, tra le quali si annoverano Advanced Optical Materials, Advanced Energy Materials, Laser&Photonics Reviews, Advanced Quantum Technologies, Light: Science and Applications, e altri. L'UO ha all'attivo anche diversi depositi brevettuali, in esame o concessi, sulle tematiche specifiche inerenti al progetto. Nello specifico, l'UO prevede il lavoro sinergico di tre diversi gruppi di ricerca, le cui competenze complementari verranno efficacemente sfruttate per lo svolgimento delle attività in capo alla UO LENS-CNR-INO-FI-RL2 • Laboratorio di ricerca sulle comunicazioni OWC e VLC: il gruppo vanta esperienza e collaborazioni pluriennali nello sviluppo, realizzazione e testi di sistemi avanzati di comunicazione ottica wireless, in svariati settori applicativi, che vanno dall'ambito veicolare, a quello delle comunicazioni indoor, alla ricerca su materiali innovativi per lo studio e realizzazione di antenne ottiche fluorescenti, che rappresentano la parte più innovativa che caratterizza la ricerca del gruppo. Su tale tematica si è instaurata una proficua serie di collaborazioni con svariati istituti, università e aziende italiane negli ultimi 3 anni. • Laboratorio di ricerca su Mid-IR e THz. Il gruppo vanta una estensiva expertise nello sviluppo, caratterizzazione e di sorgenti laser (sorgenti non lineari, Quantum Cascade Lasers – QCLs) e sistemi di rivelazione nel medio e lontano infrarosso, fino al range del THz. In particolare, le recenti attività del gruppo si sono focalizzate sullo sviluppo di tecniche di spettroscopia laser ad altissima sensibilità e risoluzione (sensori compatti in cavità risonante, LIDAR) e sullo sviluppo di sistemi innovativi per trasmissione di luce medio infrarossa e THz free-space, anche per lo sviluppo di sistemi di sensing remoto e comunicazioni. In quest'ambito, si evidenzia la pregressa collaborazione con il laboratorio di ricerca su OWC/VLC, che ha portato alla pubblicazione di lavori su importanti riviste. • Laboratorio di ricerca su Materiali fotonici per (bio)sensing Il laboratorio vanta un'expertise trasversale sull'ingegneria dei materiali e delle nanotecnologie con particolare riguardo a: sviluppo e funzionalizzazione di materiali e nanocompositi avanzati fotosensibili e

fotostrutturabili,, tecnologie di stampa 3D con sorgenti luminose per la fotostrutturazione di polimeri e nanocompositi con proprietà ottiche ingegnerizzate per applicazioni nell'ambito della (bio)sensoristica e delle VLC; Sviluppo di sistemi optofluidici che integrano sensori ottici in dispositivi miniaturizzati. La rilevanza delle attività svolte recentemente dai gruppi che compongono la UO è testimoniata dalla qualità delle pubblicazioni prodotte e dalla partecipazione a numerosi progetti nazionali (tra cui svariate iniziative PNRR) ed europei di cui i leader dei gruppi di ricerca descritti rivestono ruoli di rilievo scientifico, che vanno dal responsabile di attività a quello di coordinatore o PI.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'Unità Operativa (UO) SLICES-UNIPA-DI include docenti del Dipartimento di Ingegneria e del Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università di Palermo, che conducono attività di ricerca nell'ambito delle reti di telecomunicazioni. In particolare, la UO ha una consolidata esperienza e una buona visibilità internazionale nella gestione di infrastrutture sperimentali per reti wireless beyond-5G e programmabili e nello sviluppo di soluzioni distribuite di Intelligenza Artificiale, con particolare riferimento a soluzioni di IA per l'ottimizzazione delle reti di accesso radio. Recentemente, personale dell'UO ha anche lavorato allo sviluppo di algoritmi di ottimizzazione basati su approcci quantistici (quantum annealing e consenso quantistico). L'UO è stata coinvolta nell'iniziativa PNRR IR SoBigData e in SLICES, per la realizzazione di un testbed avanzato di reti radio. Il testbed permette di implementare e validare soluzioni end-to-end di applicazioni digitali nel continuum fog/edge/cloud e di sperimentare soluzioni innovative per l'orchestrazione e la riproducibilità degli esperimenti. L'UO ha anche partecipato ai partenariati estesi Telecomunicazioni del Futuro (PE14) e Cybersecurity (PE7) con alcuni progetti su bandi a cascata, sempre con contributi sulla sperimentazione di soluzioni di rete e analisi di vulnerabilità di sistemi beyond-5G. I temi di ricerca su cui la UO sta attualmente lavorando includono: - Studio dell'impatto delle superficie intelligenti (RIS) nella propagazione radio in ambienti interni e applicazioni di sensing ambientale basate su segnali radio; - Studio di soluzioni per realizzare sniffer di frame radio 5G (e beyond-5G) in grado di lavorare in tempo reale; - Analisi di meccanismi di disturbo selettivo e iniezione di segnali di basso livello per studiare le vulnerabilità delle interfacce radio beyond-5G; - Meccanismi di monitoraggio dello spettro per la coesistenza di tecnologie eterogenee; - Soluzioni per prototipizzazione di livelli fisici wireless su piattaforme SDR, incluso livelli fisici per comunicazioni underwater e per IoT a bassa potenza (ad esempio basati su tecnologia LoRa); - Soluzioni per lo sviluppo di dispositivi IoT a basso consumo energetico o senza batteria; - Algoritmi di machine learning distribuiti e federati, anche per applicazioni di monitoraggio dello spettro; - dinamica e caratterizzazione della coerenza e correlazione quantistica, in sistemi quantistici aperti e algoritmi di ottimizzazione basati su approcci quantistici. - Soluzioni basate su IA per la gestione degli esperimenti in testbed per tecnologie wireless. Infine, la UO ha una consolidata esperienza nel trasferimento tecnologico in collaborazione, collaborando attivamente con lo European Digital Innovation Hub i-NEST, specializzato nel supporto all'innovazione digitale a piccole imprese e pubbliche amministrazioni. In particolare, nell'ambito di i-NEST, la UO lavora alla dimostrazione di servizi di IA generativa privata, sviluppo di soluzioni di internet-of-things in vari ambiti verticali, monitoraggio ambientale e navigazione assistita con tecnologie radio. Il team di ricerca coinvolto nel progetto include la coordinatrice, Prof.ssa Ilenia Tinnirello, due esperti di tecnologie di edge computing e quantum annealing (Prof. Vincenzo Mancuso e il Dott. Farzam Nosrati), due esperti di tecnologie Software-defined-radio (Prof. Daniele Croce e Stefano Mangione), due esperti di tecnologie IoT (Prof. Domenico Garlisi, Prof. Antonino Pagano), un esperto di IA (Prof. Gabriele Restuccia). Per lo svolgimento di attività di supporto alla ricerca, si prevede l'utilizzo di 1 tecnologo, 1 giovane ricercatore e 1 figura amministrativa. Indicatori bibliometrici del referente scientifico Ilenia Tinnirello: h-index (Scholar) 36; numero di citazioni: 6000+ Riferimenti bibliografici più rilevanti per il progetto ● ALAIMO R., CORALLO R., SCHILLECI S., DINO A., MANGIONE S., TINNIRELLO I., Undercover Disruption: Stealth Jamming Attacks on 5G Synchronization Stages, Joint National Conference on Cybersecurity (ITASEC & SERICS 2025), February 03-8, 2025, Bologna, IT. ● MANCUSO V., CASTAGNO P., BADIA L., SERENO M.; AJMONE MARSAN M. Optimal Allocation of Tasks to Networked Computing Facilities (2025) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) ● BORRAJO N., RAMIREZ J.M., NOSRATI F., AGUILAR J., MANCUSO V., FERNANDEZ A. "New QUBO Transformations to Improve Quantum and Simulated Annealing Performance for Quadratic Knapsack." Genetic and Evolutionary Computation Conference. 2025. ● COSTANZA M., LAARAIBI A., PAGANO A., JODIN G., RAZAN F., TINNIRELLO I., MARGUERONE S., LA ROSA R., Innovative battery-free wireless piezoresistive sensor for green-IoT applications, Internet of Things, Volume 30, March 2025, 101483. ● BUSACCA F., MANGIONE S., PALAZZO S., RESTUCCIA F., TINNIRELLO I., SDR-LoRa, an open-source, full-fledged implementation of LoRa on Software-Defined-Radios: Design and potential exploitation, (2024) Computer Networks, DOI: 10.1016/j.comnet.2024.110194. ● MANCUSO V., BADIA L., CASTAGNO P., SERENO M., AJMONE MARSAN M. Effectiveness of distributed stateless network server selection under strict latency constraints (2024)

Computer Networks, 251, art. no. 110558, DOI: 10.1016/j.comnet.2024.110558 • QUADRI C., MANCUSO V., AJMONE MARSA M., ROSSI G., *Edge-Based Control of Multi-Platoons* (2024) *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 73 (10), pp. 15407 - 15423, DOI: 10.1109/TVT.2024.3401584 • F. MENEGHELLO, D. GARLISI, N. DEL FABBRO, I. TINNIRELLO, M. ROSSI. SHARP: Environment and Person Independent Activity Recognition with Commodity IEEE 802.11 Access Points, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2022 • KOSEK-SZOTT K. LO VALVO A., SZOTT S., GALLO P., TINNIRELLO I., Downlink channel access performance of NR-U: Impact of numerology and mini-slots on coexistence with Wi-Fi in the 5 GHz band, (2021) *Computer Networks*, DOI: 10.1016/j.comnet.2021.108188 . • MERANI M.L., CROCE D., TINNIRELLO I., Rings for privacy: An architecture for large scale privacy-preserving data mining (2021) *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 32 (6), art. no. 9314057 , pp. 1340-1352, DOI: 10.1109/TPDS.2021.3049286 . • GARLISI D., TINNIRELLO I., BIANCHI G., CUOMO F., Capture Aware Sequential Waterfilling for LoRaWAN Adaptive Data Rate (2021) *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 20 (3), art. no. 9275333, pp. 2019-2033, DOI: 10.1109/TWC.2020.3038638 • MANGIONE S., GARBO G., GALIOTO G.E., CROCE D., TINNIRELLO I., PETRIOLI C., A Channel-Aware Adaptive Modem for Underwater Acoustic Communications , (2021) *IEEE Access*, 9, art. no. 9438682, pp. 76340-76353 , DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3082766 . • CROCE, D., GUCCIARDO, M., MANGIONE, S., SANTAROMITA, G., TINNIRELLO, I. LoRa Technology Demystified: From Link Behavior to Cell-Level Performance, (2020) *IEEE Transactions on Wireless Communications* , 19 (2), art. no. 8886735 , pp. 822-834. DOI: 10.1109/TWC.2019.2948872, ISSN: 15361276 • BAIOCCHI, A., GARLISI, D., VALVO, AL., SANTAROMITA, G., TINNIRELLO, I. 'Good to Repeat': Making Random Access Near-Optimal with Repeated Contentions, (2020) *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 19 (1), art. no. 8889514 , pp. 712-726. DOI: 10.1109/TWC.2019.2948161, ISSN: 15361276 • CROCE, D., GUCCIARDO, M., MANGIONE, S., SANTAROMITA, G., TINNIRELLO, I., Impact of LoRa Imperfect Orthogonality: Analysis of Link-Level Performance (2018) *IEEE Communications Letters*, 22 (4), pp. 796-799. Cited 76 times. DOI: 10.1109/LCOMM.2018.2797057 , ISSN: 10897798. • TINNIRELLO I, BIANCHI G., GALLO P., GARLISI D., GIULIANO F., GRINGOLI F. (2012). Wireless MAC processors: Programming MAC protocols on commodity hardware. In: *Proceedings - IEEE INFOCOM; IEEE Conference on Computer Communications* , INFOCOM 2012. Orlando, FL (USA), 25 March 2012 through 30 March 2012, p. 1269- 1277, ISBN: 978-146730775-8, DOI: 10.1109/INFCOM.2012.6195488 Risorse e Servizi (citare laboratori, strumentazione, facilities e supporto alla ricerca) L'unità operativa si avvarrà di numerose facilities e infrastrutture a disposizione presso il Laboratorio di Telecomunicazioni dell'Università di Palermo. In particolare, il laboratorio di telecomunicazioni consente ai ricercatori di sperimentare reti end-to-end (5G e Beyond-5G), sistemi mmWave, tecnologie satellitari e per l'Internet delle Cose (IoT). L'attrezzatura a disposizione comprende: Componenti Hardware: • DELL Precision 7960 Tower XCTO with Intel Xeon w9-3595X processor (112.5 MB cache, 60 cores, 120 threads), 1 TB DDR5 RAM, Quad Nvidia RTX 6000 Ada Generation, 48 GB GDDR6, 4 DP, 2x 4 TB SSD M.2 PCIe NVMe storage • DELL PowerEdge R640 Server with Broadcom 57414 Dual Port 10Gb, SFP28 • DELL Precision 7960 Tower XCTO with Intel Xeon w7-3455 (24 cores, 48 threads), 192 GB DDR5 RAM, Nvidia RTX 6000 Ada Generation, 48 GB GDDR6, 2x 2 TB SSD • 4 Dell Precision 3660 Tower workstations equipped with Mellanox ConnectX-4 Lx Dual Port 25GbE SFP28 network cards SDR Platforms: • 5 USRP B200 Software-Defined Radios • 3 USRP N310 Software-Defined Radios • 2 USRP X410 Software-Defined Radios • 1 OctoClock-G CDA-2990 timing reference source mmWave and User Equipment Devices: • TMYTEK 5G Up/Down Converter – Dual Channels, RF range: 24–44 GHz • TMYTEK BBox 5G 28 Lite Antenna, 26.5–29.5 GHz, 4 channels • 4 5G User Equipments (Samsung, Google Pixel, OnePlus), all equipped with corresponding SIM cards Software Components: • Multiple software-defined Radio Access Networks (RANs) based on OAI, srsRAN4G, and srsRAN_Project • Several Core Network stacks, including OAI-CN, Free5G, and Open5Gs

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'Unità Operativa (UO) si presenta come un centro di eccellenza, forte di un'esperienza pluriennale e di un'expertise consolidata nella progettazione, nello sviluppo e nella gestione di infrastrutture digitali complesse, essenziali per supportare la ricerca scientifica avanzata. Questa competenza è ampiamente dimostrata dal ruolo centrale che la UO ha svolto nella creazione, nell'implementazione e nella continua evoluzione di D4Science, un'infrastruttura di riferimento nel panorama europeo. Le capacità del laboratorio si articolano in un ampio spettro di aree chiave, che spaziano dalle tecnologie di base per il cloud computing alle soluzioni avanzate per la gestione e l'analisi dei dati, fino allo sviluppo di ambienti collaborativi e alla gestione operativa di sistemi complessi. 1. Infrastrutture Digitali e Cloud Computing: Fondamenta per la Scienza del Futuro La UO possiede una profonda e dettagliata conoscenza dell'intero ciclo di vita delle infrastrutture cloud, dalla loro concettualizzazione e progettazione all'implementazione, alla manutenzione e all'evoluzione nel tempo. Questa competenza si traduce nella capacità di creare e gestire ambienti cloud scalabili, affidabili e ad alte prestazioni, in grado di soddisfare le esigenze più complesse della comunità scientifica. Il

laboratorio è specializzato nella:

- **Gestione delle Risorse Computazionali:** Ottimizzazione dell'allocazione e dell'utilizzo di risorse di calcolo, sia in ambienti cloud pubblici che privati, per garantire efficienza e contenimento dei costi.
- **Configurazione Automatica dei Servizi:** Implementazione di strumenti e metodologie per l'automazione della configurazione e della gestione dei servizi, al fine di ridurre i tempi di deployment, minimizzare gli errori umani e migliorare l'agilità dell'infrastruttura.
- **Orchestrazione di Container:** Utilizzo di tecnologie di orchestrazione di container (es., Kubernetes, Docker Swarm) per la gestione efficiente e scalabile di applicazioni distribuite, garantendo elevata disponibilità e resilienza.
- **Ingegneria e Architettura Cloud:** Progettazione e implementazione di architetture cloud complesse, che integrano diversi servizi e tecnologie per soddisfare requisiti specifici in termini di prestazioni, sicurezza e scalabilità.
- **Integrazione di Servizi Cloud:** Capacità di integrare in modo fluido e trasparente i servizi cloud con le infrastrutture esistenti, per creare ambienti ibridi che sfruttano al meglio le potenzialità del cloud pur mantenendo il controllo su risorse critiche.
- **Gestione di Piattaforme di Cloud Computing:** Competenza nella gestione operativa di piattaforme di cloud computing, inclusa la risoluzione di problemi, l'ottimizzazione delle prestazioni e l'implementazione di aggiornamenti.
- **Soluzioni di Storage Distribuito:** Progettazione e implementazione di sistemi di storage distribuito per la gestione efficiente di grandi volumi di dati, garantendo elevata disponibilità, scalabilità e sicurezza.
- **Backup e Ripristino Dati:** Implementazione di strategie e soluzioni per il backup e il ripristino dei dati, al fine di proteggere le informazioni da perdite accidentali o eventi catastrofici.
- **Sicurezza e Integrità dei Dati in Ambienti Cloud:** Implementazione di misure di sicurezza avanzate per proteggere la riservatezza, l'integrità e la disponibilità dei dati in ambienti cloud, inclusa la gestione dell'identità e degli accessi (IAM).

2. Gestione e Analisi dei Dati: Il Cuore della Scoperta Scientifica La UO è specializzata nello sviluppo di soluzioni innovative per la gestione, l'analisi e la pubblicazione di dati scientifici, riconoscendo il ruolo cruciale che i dati svolgono nel processo di scoperta scientifica. Il laboratorio è in grado di:

- **Progettazione e Implementazione di Sistemi di Gestione di Basi di Dati:** Sviluppo di sistemi efficienti e scalabili per l'archiviazione, l'organizzazione e il recupero di dati scientifici, utilizzando tecnologie di database relazionali e non relazionali.
- **Cataloghi di Metadati:** Creazione e gestione di cataloghi di metadati per la descrizione, l'organizzazione e la scoperta di dataset scientifici, facilitando la condivisione e il riutilizzo dei dati.
- **Strumenti per l'Analisi Avanzata dei Dati:** Sviluppo e integrazione di strumenti e piattaforme per l'analisi statistica, la visualizzazione dei dati e l'esplorazione di grandi volumi di dati (Big Data).
- **Integrazione di Strumenti di Analisi Dati:** Capacità di integrare diversi strumenti e librerie di analisi dati in un ambiente unificato, per fornire ai ricercatori un accesso semplice e coerente alle funzionalità di analisi.
- **Framework per l'Analisi dei Dati:** Progettazione e implementazione di framework per l'analisi dei dati che semplificano lo sviluppo e l'esecuzione di workflow analitici complessi.
- **Intelligenza Artificiale (AI) e Machine Learning (ML):** Applicazione di tecniche di AI e ML per l'estrazione di conoscenza da dati scientifici, inclusa la classificazione, la regressione, il clustering e la scoperta di pattern.
- **Gestione e Pubblicazione di Dati Geografici (GIS):** Competenza nella gestione, pubblicazione e analisi di dati geografici, inclusa la creazione di mappe interattive e l'implementazione di servizi web GIS.
- **Qualità e Completezza dei Metadati:** Implementazione di processi e strumenti per garantire la qualità e la completezza dei metadati associati ai dati scientifici, per facilitarne la comprensione e l'utilizzo.

3. Sviluppo e Integrazione di Servizi: Abilitare la Collaborazione Scientifica La UO ha una vasta esperienza nella progettazione, nello sviluppo e nell'integrazione di servizi web e applicazioni, con l'obiettivo di creare ambienti digitali collaborativi che supportino le attività di ricerca. Il laboratorio è competente in:

- **Progettazione, Sviluppo e Integrazione di Servizi Web e Applicazioni:** Utilizzo di tecnologie e standard web per lo sviluppo di servizi e applicazioni interoperabili, scalabili e sicuri.
- **Virtual Research Environments (VRE):** Progettazione e implementazione di VRE, ambienti collaborativi online che forniscono agli utenti l'accesso a strumenti, dati e risorse computazionali per la ricerca scientifica.
- **API Management:** Progettazione e gestione di API (Application Programming Interfaces) per l'accesso programmatico ai dati e ai servizi, facilitando l'integrazione con altri sistemi e applicazioni.
- **Interoperabilità tra Sistemi Diversi:** Capacità di garantire l'interoperabilità tra sistemi eterogenei, utilizzando standard e protocolli aperti per lo scambio di dati e informazioni.
- **Gestione dell'Identità e degli Accessi (IAM):** Implementazione di sistemi di autenticazione e autorizzazione per la gestione sicura dell'accesso alle risorse digitali, garantendo la protezione dei dati e la privacy degli utenti.
- **Framework di Servizi:** Progettazione e implementazione di framework per la distribuzione, la gestione e il supporto di applicazioni e servizi, garantendo elevata disponibilità e affidabilità.

4. Gestione Operativa e Supporto: Efficienza e Affidabilità al Servizio della Ricerca La UO possiede una solida esperienza nella gestione operativa di infrastrutture digitali complesse, garantendo il loro funzionamento efficiente, affidabile e sicuro. Il laboratorio è in grado di:

- **Supervisione Tecnica e Gestione dei Sistemi Informativi:** Gestione e manutenzione dei sistemi informativi che supportano l'infrastruttura digitale, inclusa la risoluzione di problemi, l'ottimizzazione delle prestazioni e l'implementazione di aggiornamenti.
- **Coinvolgimento degli Stakeholder:** Capacità di comunicare efficacemente con le comunità di ricerca, gli enti finanziatori e altri stakeholder, per comprendere le loro esigenze e promuovere l'utilizzo dell'infrastruttura.
- **Gestione del**

Catalogo dei Servizi: Creazione e manutenzione di un catalogo completo e aggiornato dei servizi offerti dall'infrastruttura, per facilitarne la scoperta e l'utilizzo da parte degli utenti. - Gestione delle Release di Software: Pianificazione, coordinamento e implementazione delle release di software, garantendo la minima interruzione del servizio e la corretta introduzione di nuove funzionalità. - Automazione dei Processi di Deployment: Implementazione di strumenti e metodologie per l'automazione dei processi di deployment di software e servizi, per ridurre i tempi di rilascio e migliorare l'affidabilità. - Continuità Operativa dei Servizi: Implementazione di misure per garantire l'elevata disponibilità e la continuità operativa dei servizi, inclusi sistemi di monitoraggio, ridondanza e disaster recovery. 5. Ricerca e Innovazione: Spingere i Confini della Scienza Digitale La UO è attivamente impegnata in attività di ricerca e sviluppo nel campo delle tecnologie digitali per la scienza, con un focus particolare su aree di grande impatto come il cloud computing, la gestione dei dati, l'AI/ML e la scienza aperta. Il laboratorio ha esperienza in: - Ricerca e Sviluppo in Cloud Computing: Esplorazione di nuove tecnologie e paradigmi di cloud computing, come il serverless computing e l'edge computing, per supportare le esigenze future della ricerca scientifica. - Innovazione nella Gestione dei Dati: Sviluppo di nuove soluzioni per la gestione dei dati scientifici, inclusi sistemi di gestione di metadati avanzati, tecnologie di data mining e strumenti per la visualizzazione interattiva dei dati. - Applicazioni di AI/ML alla Scienza: Ricerca sull'applicazione di tecniche di AI/ML per l'automazione della scoperta scientifica, l'analisi di dati complessi e la modellazione di fenomeni scientifici. - Promozione della Scienza Aperta: Sviluppo e promozione di strumenti e pratiche per la scienza aperta, inclusa la condivisione dei dati, il riutilizzo del software e la pubblicazione open access. - Trasferimento Tecnologico e Formazione: Collaborazione con enti pubblici e privati per il trasferimento delle competenze e delle tecnologie sviluppate dal laboratorio, e organizzazione di attività di formazione per la diffusione della conoscenza. Le competenze scientifico-tecnologiche della UO, maturate attraverso la progettazione e la gestione di D4Science, la partecipazione a numerosi progetti di ricerca nazionali ed europei (come SobigData.it, FOSSR, RAISE e ITINERIS), e una forte vocazione all'innovazione, la rendono capace di concepire, realizzare ed operare soluzioni digitali all'avanguardia per la ricerca scientifica. La capacità di integrare competenze diverse, dalla gestione dell'infrastruttura allo sviluppo di applicazioni, fino all'analisi dei dati e all'applicazione dell'AI, consente alla UO di affrontare sfide complesse e di fornire soluzioni complete e personalizzate.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità operativa è stata costituita per riunire le competenze di diversi gruppi di ricerca i cui principali interessi riguardano l'ingegneria degli stati quantistici fotonici, le comunicazioni quantistiche e il sensing quantistico. Questi gruppi sono già, indipendentemente, all'avanguardia della ricerca internazionale nei rispettivi settori: (i) la capacità di produrre stati ottici quantistici su misura tramite la manipolazione della luce fotone per fotone in modi spettrotemporali arbitrari; (ii) l'affrontare le sfide pratiche delle comunicazioni quantistiche per una piena integrazione nelle reti in fibra ottica esistenti, insieme allo sviluppo di collegamenti quantistici in spazio libero usando sia radiazione in banda telecom che nel medio infrarosso; (iii) lo sviluppo di sensori quantistici avanzati basati su difetti nel diamante, in grado di superare gli schemi di misura classici con livelli di sensibilità e risoluzione spaziale senza precedenti. L'unione delle competenze dei diversi gruppi partecipanti in questa nuova unità garantirà un rapido avanzamento verso la realizzazione della suddetta visione di rete quantistica. Tuttavia, raggiungere questo obiettivo in modo altamente efficiente è un compito estremamente complesso, a causa dei numerosi fattori coinvolti nel tentativo di connettere sensori e dispositivi quantistici diversi collegati in una topologia di rete arbitraria, scambiando informazioni quantistiche codificate in stati quantistici altrettanto arbitrari. Pertanto, un avanzamento significativo e un vero cambio di passo possono essere attesi solo se tali capacità saranno potenziate dall'impiego di tecniche di intelligenza artificiale e apprendimento automatico per ottimizzarne le prestazioni. La combinazione innovativa di dispositivi e reti quantistiche con l'IA ha il potenziale per innescare una rivoluzione nel livello di prestazioni e applicabilità delle tecnologie quantistiche sviluppate fino ad oggi. L'unità può contare su quattro laboratori, pienamente attrezzati per la realizzazione di esperimenti di ingegneria degli stati quantistici fotonici, comunicazioni quantistiche e sensing quantistico basato su diamante. Il laboratorio di Quantum Engineering dispone di due sistemi laser a Ti:zaffiro mode-locked, operanti nei regimi di durata dell'impulso al picosecondo e femtosecondo, insieme a strumentazione per la modellazione e l'analisi di impulsi ultraveloci. Cristalli e ottiche non lineari vengono utilizzati per la manipolazione della luce a livello di singolo fotone, e rivelatori homodina, rivelatori a valanga a singolo fotone e sistemi superconduttivi vengono impiegati per la loro rivelazione e caratterizzazione. Il laboratorio di Comunicazione e Informazione Quantistica (QCI) è dotato di strumentazione all'avanguardia per l'implementazione di protocolli di comunicazione quantistica basati su luce quantistica. Il laboratorio ospita sorgenti di fotoni entangled e sorgenti squeezed operanti a lunghezze d'onda telecom, insieme a modulatori in fibra ottica ad alta velocità (fino a 40 GHz). Infrastrutture aggiuntive includono un'ampia gamma di componenti in fibra ottica, rivelatori superconduttivi a singolo fotone, setup per rivelazione homodina, elettronica di controllo

ultra-veloce basata su FPGA e apparati ottici in spazio libero per collegamenti a lunga distanza. Oltre alle capacità sperimentali, il laboratorio sviluppa anche modelli teorici e nuovi protocolli per l'elaborazione e la comunicazione dell'informazione quantistica. Il laboratorio del medio infrarosso è equipaggiato con diverse sorgenti ottiche in varie regioni spettrali, incluso un pettine laser a frequenza ottica che copre la regione visibile–vicino IR, laser amplificati in fibra, un oscillatore parametrico ottico mirato alla generazione di fasci gemelli correlati nel medio infrarosso, e numerosi laser a cascata quantica e interbanda. Il laboratorio include anche un rivelatore bilanciato per lo studio delle proprietà classiche e quantistiche della luce nel medio infrarosso, e diversi altri rivelatori sensibili in tale regione spettrale. Il laboratorio di Nanoingegneria Quantistica su Diamante comprende due apparati per l'analisi sia di singoli difetti di spin (centri colore) che di insiemi di tali difetti nel diamante, per applicazioni di sensing. Gli apparati sono attrezzati per la risonanza magnetica otticamente rilevata, e includono generatori di segnale DC–4 GHz e DC–6 GHz, due generatori di forma d'onda arbitraria (1,2 e 2,4 GSa/s), amplificatori lock-in e sorgenti laser verdi ad alta potenza. Uno degli apparati realizza sia imaging confocale a scansione con precisione spaziale nanometrica che imaging a campo largo, e include uno spettrometro per l'analisi spettrale dell'emissione di fluorescenza dei centri colore. Il secondo apparato, dedicato all'imaging quantistico di campioni biologici, include anche una camera lock-in con amplificatori lock-in integrati nei pixel, che permettono la demodulazione a doppia fase di segnali ottici in modo rapido e parallelo.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Questa unità di ricerca, guidata da Aris Anagnostopoulos e Stefano Leonardi, è dedicata allo sviluppo di metodologie fondamentali nell'ambito del federated learning (FL) e dell'intelligenza artificiale spiegabile (XAI), adattate alle sfide e ai requisiti specifici delle applicazioni in ambito sanitario. L'unità riunisce competenze in machine learning e data science biomedica per sviluppare modelli affidabili, rispettosi della privacy e interpretabili, in grado di operare in ambienti sanitari distribuiti ed eterogenei.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità operativa opera all'interno ed in sinergia con il gruppo di ricerca del laboratorio Intense Laser Irradiation Laboratory (ILIL) della Sezione CNR-INO di Pisa, che dispone di competenze e strumentazione nel campo dei laser ultracorti ed ultraintensi e dell'accelerazione di particelle (elettroni, protoni, ioni leggeri) con tecniche di accelerazione laser-driven. Di seguito verranno descritte in particolare le competenze e la strumentazione che verranno messe a disposizione della UO, con particolare riferimento agli obiettivi del progetto. Presso la UO saranno disponibili le seguenti beamline di laser ultracorti ed ultraintensi (beamline che sono in corso di commissioning nel quadro dei progetti PNRR "IPHOQS", "EUAPS" e "THE"): - beamline TiSa-HE-LRR: lunghezza d'onda centrale $\lambda=800\text{nm}$, durata impulso $dt=23\text{fs}$, energia per impulso $E>5\text{J}$, rep rate $f=1\text{Hz}$ - beamline TiSa-ME-HRR: $\lambda=800\text{nm}$, $dt=23\text{fs}$, $E=1\text{J}$, $f=100\text{Hz}$ - beamline TiSa-LE-VHRR: $\lambda=800\text{nm}$, $dt=40\text{fs}$, $E=20\text{mJ}$, $f=1\text{kHz}$ - beamline mIR-LE-VHRR: $\lambda=2\text{micron}$, $dt=40\text{fs}$, $E=2\text{mJ}$, $f=1\text{kHz}$ Presso la UO sono inoltre in corso di sviluppo schemi avanzati di amplificazione di impulsi ultracorti che permettano di superare gli attuali limiti dei laser CPA basati su TiSa a pompaggio indiretto a flash. La disponibilità delle beamline elencate sopra offre un'ampio ventaglio di opportunità per lo studio di tecniche di ottimizzazione e stabilizzazione di sorgenti laser estreme mediante algoritmi basati su ML. Presso la UO sono disponibili competenze e strumentazione per la caratterizzazione e la manipolazione di fasci laser ultracorti ed ultraintensi, con diagnostiche avanzate di durata, contrasto e fase spettrale. Nell'ambito del progetto di infrastruttura "EuAPS" del PNRR, il laboratorio ha acquisito diagnostiche avanzate per lo studio dei fenomeni di STC nella regione focale di impulsi ultracorti ed ultraintensi, di fondamentale importanza per l'ottimizzazione e la stabilizzazione degli acceleratori di particelle laser-driven. Sempre nell'ambito dello stesso progetto, è stata acquisita una infrastruttura di acquisizione dati che rende possibile l'acquisizione di dati diagnostici del laser ad alta velocità/alto rep rate. I ricercatori che opereranno presso la UO dispongono inoltre di competenze nel campo dello studio e del design avanzati dei vari aspetti dell'ottica dei laser ultracorti ed ultraintensi, incluse capacità di simulazione numerica, effettuata anche mediante codici homemade, e disponibilità di hardware HPC dedicato.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità operativa opera all'interno ed in sinergia con il gruppo di ricerca del laboratorio Intense Laser Irradiation Laboratory (ILIL) della Sezione CNR-INO di Pisa, che dispone di competenze e strumentazione nel campo dei laser ultracorti ed ultraintensi e dell'accelerazione di particelle (elettroni, protoni, ioni leggeri) con tecniche di accelerazione laser-driven. Di seguito verranno descritte in particolare le competenze e la strumentazione che verranno messe a disposizione della UO, con particolare riferimento agli obiettivi del progetto. Presso la UO vengono effettuati esperimenti di accelerazione di particelle, ed in particolare di fasci di elettroni nel cosiddetto range di energia dei Very High Energy Electrons (VHEE) (100-300MeV), di interesse per possibili nuovi protocolli in radioterapia, anche abilitanti il cosiddetto regime

"FLASH" recentemente scoperto. Negli ultimi anni, in particolare, e' stato messa a punto una linea stabile di accelerazione di elettroni, basata sul meccanismo di Laser WakeField Acceleration (LWFA), e dimostrata la possibilita' di accelerare in maniera stabile e riproducibile elettroni VHEE presso le beamline laser attualmente disponibili. Sono state effettuate estensive campagne dosimetriche, nonche' esperimenti di radiobiologia, volti ad investigare i meccanismi biologici alla base dell'effetto FLASH. In questo quadro, vengono anche studiate nuove tecniche dosimetriche, nonche' schemi di trasporto e manipolazione di fasci di elettroni relativistici, in vista di applicazioni in radioterapia. Alla luce dei possibili sviluppi in questo campo, negli ultimi tempi e' stata dedicata particolare attenzione all'individuazione e caratterizzazione dei parametri sperimentali del meccanismo di accelerazione laser-plasma che piu' influiscono sulla qualita' (in termini, ad esempio, di carica per bunch, energia media e massima ed energy spread), stabilita' e riproducibilita' dei fasci.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

L'unità operativa amministrativo-finanziaria di AI-PHOQUS, grazie alla presenza di figure professionali diversificate (tecnologo, tecnico di supporto alla ricerca e funzionario di amministrazione), integra un insieme di competenze fondamentali per la gestione efficace della spesa dei progetti di ricerca finanziati. In particolare, il personale è dotato delle seguenti competenze: - Conoscenza approfondita della normativa nazionale e comunitaria in materia di finanziamenti pubblici e gestione di fondi di ricerca; - Capacità di gestione dei budget progettuali, con attenzione alla sostenibilità economica, al rispetto delle regole degli Enti finanziatori e alle procedure interne dell'Enti partecipanti; - Competenze nella rendicontazione finanziaria; - Capacità di monitoraggio finanziario e controllo delle spese; - Competenze trasversali di project management amministrativo, inclusa la gestione delle scadenze, la pianificazione delle attività, la redazione di report e il supporto alla compliance regolamentare; La collaborazione costante con gli uffici amministrativi delle sotto-strutture CNR e con l'Ufficio di Supporto alla Ricerca e Grant della Direzione Servizi per la Ricerca consente l'aggiornamento continuo delle competenze e l'adozione di pratiche condivise, assicurando un presidio qualificato e tempestivo su tutte le tematiche amministrativo-finanziarie connesse alla gestione dei progetti di ricerca.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

UniCT ha una struttura di ricerca costituita da docenti universitari ordinari ed associati, e di ricercatori esperti nel campo delle reti post 5G/6G, dei sistemi di comunicazione intelligenti, distribuiti e potenziati da tecnologie quantistiche. I principali settori di ricerca e sviluppo inerenti al progetto del personale afferente all'Unità UniCT sono qui di seguito descritti. **Orchestrazione Distribuita di Sistemi Ibridi** UniCT sviluppa architetture di orchestrazione modulari e multilivello, in grado di integrare risorse classiche e quantistiche. Questi sistemi sono progettati per abilitare decisioni dinamiche tra nodi di rete eterogenei, unificando la gestione dello slicing, dell'instradamento e della negoziazione delle risorse. Le architetture prevedono una chiara separazione tra piano di controllo e piano dati, offrendo interfacce standard per il monitoraggio, l'adattamento delle politiche e l'intelligenza distribuita. Il framework di orchestrazione del laboratorio supporta deployment eterogenei in cui nodi edge e backend quantistici collaborano. Gli agenti di orchestrazione vengono distribuiti dinamicamente, adattandosi alle condizioni variabili della rete, con la capacità di riconfigurare le decisioni in tempo reale. Questo framework fornisce la scalabilità, la robustezza e l'adattabilità necessarie in scenari altamente dinamici e con vincoli di risorse. **Agenti Intelligenti e Accelerazione Quantistica** Una linea centrale di ricerca riguarda la progettazione di agenti intelligenti in grado di operare in spazi d'azione ad alta dimensionalità. Questi includono sia strategie classiche che quantistiche, come il Quantum Reinforcement Learning (QRL). Gli agenti QRL sfruttano proprietà quantistiche — sovrapposizione, entanglement, amplificazione dell'ampiezza — per valutare simultaneamente molteplici percorsi decisionali, riducendo i tempi di convergenza e migliorando l'ottimizzazione. Gli agenti sviluppati da UniCT operano in ambienti federati, sincronizzando politiche e parametri tra nodi distribuiti. A seconda dell'ambiente, possono essere eseguiti su nodi edge o su infrastrutture quantistiche, offrendo flessibilità ed efficienza computazionale nella risoluzione di problemi combinatori su larga scala. **Gestione Dinamica delle Risorse e Controllo Predittivo** Il laboratorio affronta le sfide della gestione avanzata delle risorse sviluppando tecniche che tengano conto della connettività variabile, dei vincoli di qualità del servizio e degli obiettivi di ottimizzazione multidimensionale. Tra queste strategie rientrano l'allocazione dinamica di frequenze, slot temporali e potenza, nonché il bilanciamento dello slicing in tempo reale. Gli agenti intelligenti utilizzano informazioni locali e globali per adattare continuamente le politiche agli obiettivi di servizio. Il controllo predittivo è un elemento chiave nell'approccio di UniCT: gli agenti incorporano modelli di previsione per anticipare congestioni, guasti o degradazioni delle prestazioni. Il risultato è un meccanismo di orchestrazione capace di decisioni proattive a supporto di servizi mission-critical. **Machine Learning per l'Automazione della Rete** I modelli di apprendimento automatico sviluppati da UniCT permettono il monitoraggio cognitivo, la previsione dei guasti e il controllo efficiente dei dati nei sistemi di rete. Tra questi

figurano algoritmi di apprendimento federato per ambienti multi-agente, strumenti di explainable AI per la tracciabilità delle decisioni e politiche adattive per condizioni imprevedibili e non stazionarie. Il ML è utilizzato sia per guidare l'addestramento degli agenti, che per supportare l'adattamento durante l'esecuzione. I modelli integrano dati contestuali e storici per anticipare l'evoluzione del sistema e mantenere l'efficienza operativa anche in presenza di incertezza o informazioni limitate.

➤ **11B1.1: Competenze Scientifico Tecnologiche specifiche delle UO per il Progetto**

Nell'ambito delle attività di comunicazione e outreach, l'Unità Operativa LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL5 mette a disposizione una serie di risorse e servizi pensati per facilitare la divulgazione della ricerca scientifica, il coinvolgimento del pubblico e la valorizzazione dell'impatto sociale della scienza. Queste risorse sono rivolte sia alla comunità scientifica interna sia a partner esterni, come scuole, università, enti pubblici, media e cittadini. Tra le principali risorse a supporto della comunicazione scientifica vi sono gli spazi espositivi e ambienti multimediali per mostre, eventi e laboratori didattici, strumenti digitali per la produzione di contenuti audiovisivi e interattivi, supporto grafico e redazionale per la realizzazione di materiali divulgativi (brochure, poster, video) ed un sistema interno di gestione e diffusione su canali social, web e stampa. Tra le attività della sotto-struttura ci sono anche collaborazioni per l'organizzazione di eventi scientifici aperti al pubblico, il supporto alla partecipazione a bandi e progetti con componenti di comunicazione della scienza e l'interazione con i media e gestione delle relazioni con giornalisti e testate locali e nazionali.

Collaborazioni Nazionali ed Internazionali con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento

Indicare le collaborazioni nazionali ed internazionali di rilievo e di potenziale utilità per lo svolgimento delle attività previste nel progetto.

4000 car.

Per ogni UO:

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'UO agisce in collaborazione con le strutture gestionali centrali del CNR e con tutte le strutture di management dei partner di progetto. Collabora anche con il management dei progetti analoghi. Partecipa a network di riferimento nazionali in materia di progettazione e gestione progettuale.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Si indicano di seguito le principali collaborazioni con aziende, Università e Centri di ricerca nazionali ed internazionali - ALMAVIVA SPA - ATOS SPAGNA - AgID - MIT - Boston University - CEA - CEU - GARR - CINECA - Centro Ricerche Fiat - Dedalus SpA - Università di Roma La Sapienza - Università di Pisa - Università di Genova - FSECURE - FBK - Fraunhofer - Tecnia - DFKI - IMT Lucca - Infineon - INRIA - INTECS - Innovalia - INGV - King's College London - Missouri University of Science and Technology - Northeastern University - Politecnico di Milano - Politecnico di Torino - Regione Toscana - Regione Calabria - Rochester Institute of Technology - Università di Bologna - Università di Modena e Reggio Emilia - Università di Catania - Università di Palermo - Università di Messina - Università di Milano - Università di Cambridge - Università di Oxford - Technical University of Munich - Università Sorbona - EURECOM - IMDEA - Università Carlos III Madrid - CTTC Barcelona - Università Pompeu Fabra - Scuola Normale Superiore - Scuola Superiore S'Anna - SUPSI - Thales - TIM - Università di Firenze - Università di Siena

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

- Collaborazioni Nazionali ed Internazionali con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento: Regenstrief Institute, Indianapolis (USA), HL7 Italia, Dedalus SpA, Insiel, Dipartimento Trasformazione Digitale (DTD), Governo italiano; Centro Collaboratore italiano dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per la Famiglia delle Classificazioni Internazionali - Collaborazioni attive: Dipartimento Trasformazione Digitale (DTD), Governo italiano, Regenstrief Institute, Indianapolis (USA), HL7 Italia, Dedalus SpA, Insiel SpA - Collaborazioni da attivare: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento Collaborazioni passate - CCIOMS (WHO-FIC Collaborating Center, Udine) - University of Ghent - AGID - RAMIT - Imprese: (Medas solutions srl, Umbria Digitale, UNIPANCREAS, LINKS Management and technology,

SA Documents srl) - Collaborazioni attive - Azienda sanitaria provinciale di Catanzaro - Ministero della cultura-Direzione Generale archivi - Dedalus azienda - Regione Friuli-Venezia-Giulia - Presidenza del consiglio dei ministri - Dipartimento per la Trasformazione digitale (DTD) - Ministero della salute - Associazione HL7 - Commissione Internazionale sulle classificazioni mediche - WONCA International Classification Committee (WICC) - National and International Collaborations with specific reference to the relevant areas of specialization: Regenstrief Institute, Indianapolis (USA), HL7 Italy, Dedalus SpA, Insiel, Department for Digital Transformation (DTD), Italian Government; Italian Collaborating Centre of the World Health Organization for the Family of International Classifications - Active Collaborations: Department for Digital Transformation (DTD), Italian Government, Regenstrief Institute, Indianapolis (USA), HL7 Italy, Dedalus SpA, Insiel SpA - Collaborations to be activated: National and International Collaborations with specific reference to the relevant areas of specialization Past Collaborations CCIOMS (WHO-FIC Collaborating Center, Udine) University of Ghent AGID RAMIT Companies: (Medas Solutions Srl, Umbria Digitale, UNIPANCREAS, LINKS Management and Technology, SA Documents Srl) - Active Collaborations Provincial Health Authority of Catanzaro Ministry of Culture – Directorate General of Archives Dedalus (company) Friuli-Venezia Giulia Region Presidency of the Council of Ministers – Department for Digital Transformation (DTD) Ministry of Health HL7 Association International Commission on Medical Classifications – WONCA International Classification Committee (WICC) - Regenstrief Institute

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Il gruppo di ricerca mantiene collaborazioni sia nello sviluppo tecnologico che nei settori applicativi, a livello sia nazionale che internazionale. A livello accademico nazionale, la rete di collaborazione nello sviluppo e nell'applicazione delle tecnologie SAR coinvolge diverse università: l'Università degli Studi di Napoli "Federico II" e l'Università degli Studi di Napoli "Parthenope", l'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", la Sapienza Università di Roma, il Politecnico di Milano, le Università di Salerno e Potenza, l'Università di Trento, l'Università di Brescia, e il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT). Le attività di ricerca applicata del gruppo si svolgono anche attraverso collaborazioni con enti quali l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale e mediante progetti di monitoraggio ambientale per ENI. All'interno del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), il gruppo collabora principalmente con l'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI), in particolare con le sedi di Torino e Cosenza, con l'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR) e con l'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC). Il CNR-IREA fa parte del Centro Nazionale HPC (High Performance Computing, Big Data e Quantum Computing), uno dei Centri Nazionali istituiti nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), finanziato dall'Unione Europea attraverso il programma Next Generation EU, ed è parte integrante dell'infrastruttura nazionale ITINERIS - Italian Integrated Environmental Research Infrastructures System. A livello internazionale, il gruppo di ricerca collabora con istituzioni quali il Fraunhofer FHR Institute, la Xidian University (Xi'an, Cina), il Jet Propulsion Laboratory (JPL), il Centro Aerospaziale Tedesco (DLR) e l'Institute of Electronics della Chinese Academy of Sciences. Ulteriori collaborazioni sono attive con aziende internazionali come GAMMA Remote Sensing AG (Gümligen, Berna, Svizzera) e Capella Space, nonché con aziende nazionali tra cui e-Geos e Thales Alenia Space Italia, parte del Gruppo Leonardo. The research group maintains collaborations in both technological development and applied sectors, and at both international and national levels. At the national academic level, networking in the development and application of SAR technologies involves several universities: the University of Naples "Federico II" and "Parthenope," University of Campania "Luigi Vanvitelli", Sapienza University of Rome, Politecnico di Milano, the Universities of Salerno and Potenza, the University of Trento, the University of Brescia, and the National Inter-University Consortium for Telecommunications (CNIT). The group's applied research activities are carried out through collaborations with institutions such as the Southern Apennines River Basin Authority and through environmental monitoring projects for ENI. Within the National Research Council (CNR), the group primarily collaborates with the Institute for Research on Hydrogeological Protection (IRPI), particularly the teams based in Turin and Cosenza, the Institute for High Performance Computing and Networking (ICAR), and the Institute of Applied Physics "Nello Carrara" (IFAC). CNR-IREA is part of the CN HPC (National Center for High Performance Computing, Big Data, and Quantum Computing) is one of the National Centers established under the Italian National Recovery and Resilience Plan (PNRR), funded by the European Union through the Next Generation EU program, and part of the PNRR Italian infrastructure ITINERIS - Italian Integrated Environmental Research Infrastructures System. At the international level, the research group collaborates with the Fraunhofer FHR Institute, Xidian University (Xi'an, China), the Jet Propulsion Laboratory (JPL), the German Aerospace Center (DLR), and the Institute of Electronics of the Chinese Academy of Sciences. Further collaborations are ongoing with international companies such as GAMMA Remote Sensing AG

(Gümligen, Bern, Switzerland) and Capella Space, as well as national companies including e-Geos and Thales Alenia Space Italia, part of the Leonardo Group.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

La rete di istituzioni e aziende legate all'unità operativa riunisce centri di eccellenza in informatica, scienze sociali, statistica, intelligenza artificiale, diritto e scienze umane. Questa rete è pensata per promuovere una ricerca interdisciplinare e responsabile, fondata sulla condivisione di dati, metodi e competenze, e orientata alla comprensione dei fenomeni sociali complessi attraverso l'uso di tecnologie basate sui Big Data. Tra le collaborazioni più importanti abbiamo: Università degli Studi di Pisa, CINECA (supercalcolo e storage), GARR (rete accademica nazionale), Engineering Ingegneria Informatica (soluzioni Big Data), Amazon Web Services e Microsoft Azure (cloud computing), Google Cloud Platform (data analytics), Telecom Italia (IoT e connettività), IBM (software e piattaforme AI), Oracle (database e middleware), Cisco (networking avanzato), Hewlett Packard Enterprise (infrastrutture HPC), Teradata (data warehousing), Scuola Normale Superiore di Pisa, Scuola Superiore Sant'Anna (Big Data research group), Fraunhofer Institute (Germany), Barcelona Supercomputing Center (Spagna), University of Sheffield (UK), IMT Lucca (Italy), University of Leibniz (Germany), King's College London (UK), Aalto University (Finland), ETH Zurich (Switzerland), University of Tartu (Estonia), Delft University of Technology ("TuDelft", Netherlands), EGI (Netherlands), Paris School of Economics (France), University "La Sapienza" Roma (Italy), OpenAIRE (Greece), Centre National de la Recherche Scientifique (France), ReImagine Europa (Belgium), Central European University (Austria), Universitat Rovira i Virgili (Spain), Center for the Study of Democracy (Bulgaria), Royal Institute of Technology (KTH, Sweden), Universitat Pompeu Fabra (Spain), University of L'Aquila (Italy), Carlo Ratti Associati (Italy), NubisWare (Italy), University of Amsterdam (Netherlands) and Complutense University of Madrid (Spain).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The unit maintains strong and long-standing scientific collaborations with leading national and international partners, including prominent academic institutions, public research organizations, and industrial players. These partnerships support a broad spectrum of activities, from fundamental research to technology transfer and joint development of advanced photonic devices. Industrial collaborations include ongoing interactions with Bright Solutions, IBM, ST Microelectronics, and Hewlett-Packard (HP), focusing on areas such as ultrafast photonics, integrated quantum technologies, and scalable nanofabrication processes. The unit is also an active member of major collaborative research projects. These include the Pathfinder European project Q-ONE (EIC-European Innovation Council), where the unit contributes to the exploration of novel quantum regimes in driven-dissipative systems; the Pathfinder European project Polart (EIC-European Innovation Council), dedicated to the study of polariton-based neuromorphic accelerator and sensing; and several national PRIN projects. Academic collaborations involve a wide network of institutions, including: University of Warsaw (Poland), Nanyang Technological University (Singapore), École Polytechnique of Montréal (Canada), Italian Institute of Technology (Italy), Princeton University (USA), TUM Munich (Germany), University of Pavia (Italy), Polish Academy of Sciences (Poland), University of Wolverhampton (UK), Sapienza University of Rome (Italy), Johannes Kepler University Linz (Austria), Westlake University (China), City University of New York (USA), University College London (UK), Eindhoven University of Technology (The Netherlands), and Université Clermont Auvergne – CNRS (France).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'unità operativa è al centro di una rete di relazioni nazionali e internazionali sui temi dello sviluppo delle rinnovabili e dell'energia. In particolare, tra i molti: The operational unit is at the center of a network of national and international relations on the issues of renewables and energy development. In particular, among many: 1) Prof. C. Kennedy, Università di Victoria, Canada 2) Prof. Annarita Bennato, Università di Loughborough, UK 3) Prof. Alessandro Rubino, Università di Bari. 4) Prof. Alessio Muscillo, Università Mercatorum 5) prof. Alfonso Damiano, Università di Cagliari La capacità di networking sui temi della data science e della AI è notevolmente potenziata dalla partecipazione all'infrastruttura di ricerca SoBigData, della quale IMT è membro fondatore dal 2015. L'unità operativa eredita inoltre la capacità di networking della scuola IMT Lucca. The networking capacity on the issues of data science and AI is significantly enhanced by participation in the SoBigData research infrastructure, of which IMT is a founding member since 2015. The operational unit also inherits the networking capacity of the IMT Lucca school.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle**

aree di specializzazione di riferimento

La UO vanta numerose collaborazioni nazionali ed internazionali nei settori scientifici coinvolti nel progetto. Relativamente alla realizzazione di strumentazione per Extreme Light, la UO collabora sia con i maggiori centri di ricerca italiani ed europei, sia con le large-scale facilities coinvolti/e nella fisica dei fenomeni ultrabrevi. Strumentazione progettata dalla UO è in utilizzo per esperimenti di frontiera presso Sincrotrone Trieste e le due facilities di laser ad elettroni liberi FERMI a Trieste e FLASH ad Amburgo (Germania). Tra i laboratori con i quali sono attive collaborazioni, si citano il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Milano, l'Istituto di Struttura della Materia del CNR a Roma, l'Università di Nova Gorica (Slovenia), EPFL Losanna (Svizzera), Rutherford Appleton Lab (UK), Università di Gottinga (Germania), Università di Friburgo (Germania), Madrid Institute for Advanced Studies a Madrid (Spagna). Tra le collaborazioni extra-europee si citano INRS (Monreal, Canada), Chinese Academy of Science (Pechino, Cina) ed Università di Nanchino (Cina). Relativamente alle tematiche di ottica adattiva, l'UO vanta numerose collaborazioni nazionali ed internazionali, tra le quali si citano: UC Davis (California, USA) sullo sviluppo di tecniche e dispositivi per la correzione di aberrazioni nell'ambito dell'imaging a risoluzione cellulare della retina; Hilase (Rep. Ceca) sulla focalizzazione di laser ultra-intensi; Observatoire del la Cote D'Azur (Francia) per lo sviluppo di un sistema di correzione del fronte d'onda per telescopi per ambienti estremi da installare in Antartide; Officina Stellare spa (Italia) per la realizzazione di uno specchio deformabile con attuatori elettromagnetici e feedback ottico per applicazioni nelle comunicazioni laser e nell'osservazione della terra. Relativamente alle tematiche sui materiali/film sottili, si citano le seguenti collaborazioni: Lockheed Martin, Palo Alto (USA), sviluppo e test di ottiche multistrato per l'EUV per la missione NASA MUSE; Helmutz Zentrum Dresden Rusendorf (Germania), analisi di coating ottici sottoposti a irraggiamento con vari tipi di particelle; Thales Alenia Space (Italia), sviluppo di materiali innovativi per applicazioni termiche in future missioni spaziali; Guanzhou University (Cina), sviluppo di polarizzatori ad alta efficienza per applicazioni nel FUV; consorzio CREO (Aquila, Italia), sviluppo e caratterizzazione di coating ottici per applicazione nel visibile e infrarosso; Università di Padova, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Dipartimento di Fisica ed Astronomia, studio di materiali innovativi per applicazioni nell'ottica e nella fotonica.

➤ 11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento

L'unità operativa LENS-CNR-IMM-ME-RLI di Messina vanta una rete consolidata di collaborazioni scientifiche, sia a livello nazionale che internazionale, strettamente connesse alle sue aree di specializzazione: micro e nanoelettronica, fotonica, sensoristica avanzata e materiali innovativi. Queste collaborazioni rappresentano un elemento strategico per lo sviluppo di attività di ricerca multidisciplinare, per il trasferimento tecnologico e per la partecipazione a progetti competitivi su scala europea. L'unità collabora con numerose università e centri di ricerca, tra cui l'Università degli Studi di Messina, con cui condivide spazi, attività formative e progetti di ricerca congiunti. Collabora anche per esempio con l'Università di Catania e l'Università di Bari su tematiche legate alla sensoristica ambientale e alla caratterizzazione di materiali funzionali. Con l'Università di Pavia e l'Università di Firenze, il gruppo lavora su dispositivi fotonici e tecniche spettroscopiche avanzate. Il Politecnico di Milano e l'Università La Sapienza di Roma sono partner in progetti che riguardano la sensoristica e le nanotecnologie. Queste collaborazioni si concretizzano in attività di ricerca congiunta, scambio di personale, co-supervisione di tesi di laurea e dottorato, pubblicazioni scientifiche e partecipazione a bandi nazionali (PRIN, PNRR). Sul piano internazionale, l'unità ha attivato collaborazioni con diverse istituzioni, tra cui l'Imperial College London e l'University College London, con cui condivide attività nel campo della spettroscopia ottica e della fotonica. Con l'Austrian Institute of Technology e il CSIC di Madrid, il gruppo lavora su progetti legati alla sensoristica per l'ambiente e la salute. La collaborazione con la Universidad de Antioquia (Colombia) riguarda la prototipazione di sensori. La Boston University è stata partner in attività di ricerca su materiali per la fotonica. Queste collaborazioni internazionali si sviluppano attraverso progetti, accordi bilaterali, pubblicazioni, scambi di ricercatori e partecipazione a conferenze e workshop scientifici. Le collaborazioni sono strettamente allineate con le competenze chiave dell'unità e sulle tematiche del progetto: sintesi e caratterizzazione di nanomateriali, sviluppo di sensori ottici ed elettrici, spettroscopia avanzata, micro e nanofabbricazione, progettazione di dispositivi per applicazioni in ambito ambientale, sanitario e industriale. Grazie a queste sinergie, l'unità è in grado di affrontare sfide scientifiche complesse, accedere a infrastrutture e competenze complementari, e contribuire in modo significativo all'avanzamento della conoscenza e all'innovazione tecnologica.

➤ 11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento

La UO collabora con numerose Pubbliche Amministrazioni, Università, Istituti di ricerca pubblici, PMI e

grandi imprese, organizzazioni sanitarie e organismi di normazione a livello nazionale ed europeo per svolgere attività volte a promuovere la ricerca e l'innovazione digitale in molteplici e significativi settori di applicazione. Queste collaborazioni si concretizzano attraverso la partecipazione congiunta a progetti di ricerca e sviluppo, la conclusione di accordi di collaborazione o consulenza e la creazione di gruppi di lavoro. Alcuni delle collaborazioni più importanti sono elencate di seguito: Commissione Europea. Agenzia per l'Italia Digitale. Dipartimento per la Trasformazione Digitale della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Ministero della Salute. Ministero dell'Economia e delle Finanze. Regioni. Sogei. Università di Brighton. Università dell'Essex. Università degli Studi di Napoli "Federico II". Università degli Studi di Napoli "Parthenope". Università degli Studi di Salerno. Università degli Studi di Macerata. Università della Calabria. Anglia Ruskin University, Cambridge, Regno Unito Università degli Studi di Messina. Fraunhofer Institute for Biomedical Engineering. Fondazione per la Ricerca e la Tecnologia – Hellas. Istituto Nazionale Tumori IRCCS G. Pascale. Pineta Grande. Synlab SDN. Istituto di Comunicazione e Sistemi Informatici. eHealthNet scarl. Projecto e Desenvolvimento Manutenção Formação e Consultadoria. Privanova. Sphynx Technology Solutions. TUV Trust IT. Engineering Ingegneria Informatica. Gesan. CID Software Studio. Kelyon. Sync Lab. SA Documents. HL7 Italia. UNI – Ente Italiano di Normazione. UNINFO – Ente Federato UNI per la normazione delle "Tecnologie informatiche e loro applicazioni". Agenzia per l'Italia Digitale.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

DISI has extensive experience in leading and participating in national and international publicly funded research projects and maintains strong collaborations with industry through joint research initiatives, innovation actions, and direct contracts. Regional innovation efforts are further supported by technology transfer centers promoted by Regione Emilia-Romagna and ART-ER, such as the BI-REX competence center on industry 5.0, enabling robust connections between academic research and industrial applications.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The UO will benefit from the large network activity of the Institute, which is characterized by a consistent production of international scientific publications and patents (www.ino.it) and by a wide opening to scientific relations and collaborations with international partners. INO-Naples has been one of the main scientific partners of the project "P.O.N.- S.I.M.O.N.A." 2002-2006 regarding optical systems for environmental monitoring as well as the regional center of competence (P.O.R.) of Campania for "analysis and monitoring of environmental risk" (AMRA). INO has been leader of an international research project (2002-2004) for the "development of laser spectrometers aimed at remote analysis of volcanic gases", granted by the Italian Institute of Geophysics and Volcanology (INGV) in cooperation with research units of Cambridge University (UK), Rice University (Houston, Texas, USA) and Second University of Naples (Italy). INO-Naples has participated in the international cooperation program 2009-2011 between CNR (Italy) and CSIR (India) with a joint research project on "Evanescent-wave optical fiber sensors" with CGCRI-Calcutta, and in the bilateral cooperation program between Italy and Israel with a joint research project entitled "High average power light source in the green (HALG)". The institute has recently participated in a EU-funded Collaborative Project entitled "Digital holography for 3D and 4D real-world objects, capture, processing, and display" (Real 3D), coordinated by Oulu University (FI) (<http://www.digitalholography.eu/index.html>). Several cooperation activities have been carried out in the past years with different academic institutions and research organizations. Among them, European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy (L.E.N.S.); Environmental Science Dept-Second University of Naples (Italy); Dept. of Chemistry, Queen's University, Kingston (Canada); Centre for Photonics and Optical Engineering-School of Engineering, Cranfield University (UK); Optical Fibre Sensors Research Centre (OFSRC), University of Limerick, (Ireland); Centre for Gravitational Wave, Australian National University, Canberra (AU); Lab of Nanophotonics and Biosensing, Max Planck Institute (Erlangen, Germany). The institute is also involved in cooperation with INGV-Naples on studies about the seismic and volcanic activity in the framework of a big project on "earth crust deep drilling" funded by the international consortium ICDP (International Continental Scientific Drilling Program). Currently, the institution is involved in many national projects funded by Italian Ministry of Education and Research. Among them, those related to sensing applications are PON-BackOP code PON01_01209 (novel all-fiber backplanes for high-performance telecommunication), PON Monica code PON01_01525 (optical systems for environmental monitoring), FIRB Drops code RBFR10Q0PT_001 (fiber-optic sensors for ionizing radiation monitoring). Also, INO has intensive international collaboration programs with: Central Glass & Ceramic Research Institute (CGCRI) of CSIR, Calcutta, India (CNR-CSIR 2009-2011) Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)-Molecular Foundry, Berkeley, USA (User Proposal approved in 2013), and Institute of Photonics and Electronics-Dept. of Optical Sensors, Prague, Czech Rep (Short-term Mobility Program 2013).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The unit maintains strong and long-standing scientific collaborations with leading national and international partners, including prominent academic institutions, public research organizations, and industrial players. These partnerships support a broad spectrum of activities, from fundamental research to technology transfer and joint development of advanced photonic devices. Industrial collaborations include ongoing interactions with Bright Solutions, IBM, ST Microelectronics, and Hewlett-Packard (HP), focusing on areas such as ultrafast photonics, integrated quantum technologies, and scalable nanofabrication processes. The unit is also an active member of major collaborative research projects. These include the Pathfinder European project Q-ONE (EIC-European Innovation Council), where the unit contributes to the exploration of novel quantum regimes in driven-dissipative systems; the Pathfinder European project Polart (EIC-European Innovation Council), dedicated to the study of polariton-based neuromorphic accelerator and sensing; and several national PRIN projects. Academic collaborations involve a wide network of institutions, including: University of Warsaw (Poland), Nanyang Technological University (Singapore), École Polytechnique of Montréal (Canada), Italian Institute of Technology (Italy), Princeton University (USA), TUM Munich (Germany), University of Pavia (Italy), Polish Academy of Sciences (Poland), University of Wolverhampton (UK), Sapienza University of Rome (Italy), Johannes Kepler University Linz (Austria), Westlake University (China), City University of New York (USA), University College London (UK), Eindhoven University of Technology (The Netherlands), and Université Clermont Auvergne – CNRS (France).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Collaborazioni nazionali nell'ambito dell'infrastruttura PNRR IPHOQS e con compagnie: STMicroelectronics, ENEL Greenpower e 3SUN, Rise Technology Collaborazioni internazionali con HZB, Forschungszentrum Jülich, AMO GmbH, University College of Cork, Uppsala University, attraverso progetti europei H2020: PECSYS (GA735218), AMPERE (GA 871669), TELEGRAM (GA 101006941), FreeHydroCells (GA 101084261). L'unità partecipa al progetto Micro Tech for Green focalizzato sullo sviluppo di nove tecnologie per elettronica di potenza e sensori. Questo progetto è parte dell'iniziativa dell'Unitone Europea "Important Project of Common European Interest on Microelectronics and Communication Technologies" (IPCEI-ME/CT), all'interno dell'iniziativa di ricerca industriale dell' EU Chips Act.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Collaboriamo regolarmente con gruppi di ricerca italiani e di altri paesi. In particolare, esiste una forte collaborazione con l'Università di Bologna (gruppo del prof. Bellavista) che riguarda i sistemi Cloud ed il cloud continuum, sviluppata negli ultimi 3 anni all'interno dei progetti PRIN Joule e SLICEC-PP. Con Università di Pisa (Prof. Giuseppe Anastasi) lavoriamo su aspetti legati alla condivisione delle risorse ed i protocolli di comunicazione avanzati. Con Trento, Trieste, Napoli lavoriamo nel PNRR SECCO-OC su aspetti di sicurezza in ambito Cloud e sistemi distribuiti in generale. Con Benevento (prof. Eugenio Zimeo) collaboriamo all'interno del CINI nella conduzione del laboratorio Smart Cities & Communities. Collaboriamo attivamente con la PMI innovativa SmartME.io, originariamente spin-off dell'Università di Messina, con cui abbiamo sviluppato il framework Stack4Things, usato in diverse applicazioni industriali e di smart cities. Come confermano le numerose pubblicazioni congiunte, collaboriamo con il gruppo di ricerca della University (prof. Kishor Trivedi) su aspetti legati alla modellazione ed alla valutazione delle prestazioni e dell'affidabilità dei sistemi. Con l'Università di Cartagena (Prof. Jaioan Garcia Haro) lavoriamo su LoRaWan ed aspetti legati all'ottimizzazione di questo protocollo di comunicazione. Con l'Università di Rosario (Argentina) abbiamo recentemente siglato un accordo di collaborazione su didattica e ricerca. Con l'IIT di Allahabad (India) (prof. OP Vyas) da anni portiamo avanti ricerca congiunta su Smart cities ed AI con particolare riferimento ad applicazioni di federated Learning, con scambio di studenti di Master e di dottorato). Con l'Università di NordEastern a Boston (Prof. Francesco Restuccia) lavoriamo su FPGA ed AI con relativo scambio di studenti. Collaboriamo regolarmente con La STMicroelectronics su numerosi progetti di ricerca e di formazione. Con loro realizziamo anche momenti di trasferimento tecnologico ad es. all'interno dell'evento i-cities organizzato dal CINI. Con Squadra IoT ci occupiamo di applicazioni industriali in ambito Internet of Things. Collaboriamo con i gruppi di ricerca CNR dell'IIT e ICAR all'interno dei progetti Slices e SoBigData

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'Unità Operativa vanta una consolidata tradizione di collaborazioni, sia a livello nazionale che internazionale, che si estendono su un ampio spettro di discipline scientifiche, tra cui la chimica, l'ottica e la fotonica. Queste collaborazioni rappresentano una componente fondamentale dell'attività scientifica della UO, favorendo lo scambio di conoscenze, la condivisione di competenze e lo sviluppo congiunto di progetti di ricerca innovativi. Tra i partner internazionali di rilievo con cui la UO collabora regolarmente figurano il Prof. Zhiming Wang, dell'University of Electronic Science and Technology of China (Cina), esperto di nanofotonica e materiali avanzati; il Dr. Dimitrios Zografopoulos, dell'Università Aristotele di Salonicco (Grecia), attivo nel campo dell'ottica integrata e della fotonica su scala nanometrica; il Prof. Arka Majumdar, della University of Washington (Stati Uniti), il cui lavoro si concentra su dispositivi fotonici e sistemi ottici intelligenti; e la Dr.ssa Sara Nocentini, ricercatrice presso l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) in Italia, esperta in tecniche ottiche avanzate e metrologia. Oltre a queste collaborazioni individuali, l'Unità Operativa è anche coinvolta attivamente in numerosi laboratori congiunti, nati con l'intento di promuovere una sinergia duratura tra istituzioni di ricerca. Questi laboratori rappresentano ambienti dinamici in cui viene favorita la circolazione delle idee, la formazione di giovani ricercatori e l'accesso condiviso a strumentazioni scientifiche all'avanguardia, indispensabili per affrontare sfide complesse nel campo della ricerca multidisciplinare. Attraverso queste reti collaborative, la UO contribuisce attivamente alla creazione di un ecosistema scientifico aperto e internazionale, orientato all'eccellenza e all'innovazione. Per quanto riguarda le attività relative alla nanotomografia a RaggiX, l'unità operativa è coinvolta in diverse collaborazioni in ambiti che vanno dalla tecnologia delle membrane, le fibre ottiche, materiali bio ologici e nanostrutturati. L'Unità Operativa Beyond-Nano di Cosenza partecipa attivamente al laboratorio congiunto MuST (Multiscale Structural Tomography), nato dalla collaborazione tra l'Università della Calabria e l'Università degli Studi di Milano-Bicocca. Il laboratorio MuST è stato istituito con lo scopo di sviluppare una piattaforma integrata per la tomografia strutturale multiscale, combinando le competenze e le strumentazioni avanzate delle tre istituzioni coinvolte. In particolare, il laboratorio sfrutta in maniera sinergica tre strumenti di altissima precisione: il nanotomografo Ultra X-ray, situato presso la sede di Beyond-Nano a Cosenza, il nanotomografo Versa, installato presso l'Università di Milano-Bicocca, e l'infrastruttura STAR, che ha sede all'Università della Calabria. Questi sistemi tomografici operano su diverse scale di risoluzione, permettendo così di analizzare i materiali e le strutture campione a differenti livelli di dettaglio, dal micrometrico al nanometrico. Grazie a questa complementarità, è possibile ottenere una visione strutturale completa e coerente, dalla morfologia generale fino ai più piccoli dettagli interni. L'approccio integrato del laboratorio MuST consente di costruire un flusso di lavoro tomografico estremamente accurato e sofisticato, offrendo una pipeline di analisi tridimensionale ad alta fedeltà. Questa capacità è fondamentale per numerosi ambiti della ricerca avanzata, come la scienza dei materiali, la biologia strutturale, la nanotecnologia e l'ingegneria, dove è essenziale osservare la struttura interna dei campioni in modo non distruttivo ma estremamente dettagliato.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Il laboratorio IMM di Catania è attualmente incentrato sulla recente infrastruttura Beyond-Nano, finanziata dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR), dalla Regione Siciliana e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). L'infrastruttura è focalizzata sulle tecnologie per l'elettronica di potenza e a radiofrequenza (RF), sul fotovoltaico avanzato e sulla caratterizzazione di materiali e dispositivi. Importanti potenziamenti delle attrezzature di laboratorio sono stati recentemente realizzati grazie ai progetti PNRR - Next Generation EU, in particolare I-PHOQS. Attualmente, il CNR-IMM nel suo complesso, e questo laboratorio in particolare, sono alla guida del progetto Micro\Tech\for\Green, focalizzato su nuove tecnologie per l'elettronica di potenza e i sensori. Questo progetto fa parte dell'iniziativa dell'Unione Europea per un Progetto Importante di Interesse Comune Europeo nel campo della Microelettronica e delle Tecnologie della Comunicazione (IPCEI-ME/CT), nell'ambito dell'iniziativa di ricerca industriale prevista dall'EU Chips Act. L'unità dunque partecipa adesso o ha partecipato nel recente passato ai seguenti progetti europei: MICROELECTRONIC TECHNOLOGIES FOR THE GREEN ECONOMY (MICROTECH FOR GREEN)", dell'EU IPCEI on Microelectronics and Connectivity, da Giugno 2024 to Giugno 2029; Progetto ECSEL-JU Astonish, Advancing Smart Optical Imaging and Sensing for Health, Grant agreement ID: 692470, da maggio 2016 a giugno 2019; FreeHydroCells - Freestanding energy-to-Hydrogen fuel by water splitting using Earth-abundant materials in a novel, ecofriendly, sustainable and scalable photoelectrochemical Cell system", G.A. N. 101084261, da novembre 2022 a marzo 2026; Due contratti su Assistenza a ricerca e sviluppo di celle e moduli fotovoltaici" con Enel Green Power – 3SUN, from novembre 2021 a gennaio 2027; Progetto PON BEST-4U, Bifacial Efficient Solar cell Technology with 4 terminal architecture for Utility scale, ARS01_00519, da aprile 2020 a maggio 2024; Progetto H2020 AMPERE, Automated photovoltaic cell and Module industrial Production to regain and secure European Renewable Energy market, G.A. N. 745601 da aprile 2017 ad aprile 2020; Progetto H2020 PECSYS, Technology demonstration of large-scale photo-

electrochemical system for solar hydrogen production, G.A. N. 735218, da gennaio 2017 a gennaio 2020; Progetto PON02_00355_3391233 "Tecnologie per l'ENERGIA e l'Efficienza enerGETICa (ENERGETIC)", gennaio 2012 – gennaio 2016. Le collaborazioni dell'unità dunque sono con: Enel Green Power, 3SUN, STMicroelectronics, MEMC, Forschungszentrum Jülich, Amo GmbH, Tyndall, CEA-INES, Rise Technologies, Università di Uppsala, IMEC, e numerose università italiane ed europee.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'unità operativa LENS-CNR-IMM-ME-RL2 di Messina si distingue per una rete consolidata di collaborazioni scientifiche, sia a livello nazionale che internazionale, pienamente coerenti con le sue aree di specializzazione, tra cui fotonica e imaging spettroscopico. Queste collaborazioni rappresentano una risorsa strategica per lo sviluppo di attività di ricerca multidisciplinare, il trasferimento tecnologico e la partecipazione a programmi competitivi in ambito europeo. In ambito nazionale, l'unità lavora in stretta sinergia con numerosi atenei e istituti di ricerca. In particolare, collabora attivamente con l'Università degli Studi di Messina, con la quale condivide laboratori, attività formative e progetti congiunti. Sono inoltre attivi partenariati scientifici con l'Università di Catania, l'Università di Pavia, l'Università di Firenze e il Politecnico di Milano, focalizzati principalmente sulla fotonica e sull'applicazione di tecniche spettroscopiche avanzate. Sul piano internazionale, l'unità ha avviato collaborazioni con istituzioni di alto profilo come il laboratorio Kastler-Brossel di Parigi e l'University College London, concentrandosi su studi legati alla propagazione della luce e all'imaging spettroscopico in materiali nanostrutturati disordinati. Tali sinergie si sono sviluppate attraverso progetti di ricerca, accordi bilaterali, co-autorship di pubblicazioni, mobilità di ricercatori e partecipazione congiunta a eventi scientifici di rilievo. Queste collaborazioni, perfettamente allineate con le competenze distintive dell'unità e con le finalità del progetto, rafforzano la capacità del gruppo di affrontare sfide scientifiche complesse, valorizzare infrastrutture e know-how complementari, e contribuire in modo significativo all'innovazione tecnologica e all'avanzamento della conoscenza scientifica.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

I laboratori e le loro strumentazioni fanno parte della struttura "Centre for Ultrafast Science and Biomedical Optics" (CUSBO) appartenente alla rete di infrastrutture laser dell'Unione Europea LaserLab Europe. Il CUSBO è stato inserito nel Piano Nazionale per le Infrastrutture di Ricerca (PNIR 2021-27) e ha aderito alla rete di infrastrutture PNRR I-PHOQS, che è stata poi costituita come Unità di Ricerca Congiunta. L'unità ha anche legami di lunga data con gruppi di ricerca chiave in Italia, Europa e Stati Uniti che lavorano nell'ottica non lineare e nella spettroscopia ultraveloce, con diverse iniziative congiunte e progetti UE (Università di Cambridge, ICFO di Barcellona, Università di Columbia, Università di Sheffield, Università di Berkeley, Università Ebraica di Gerusalemme, Università di Heidelberg, Università di Princeton, EPFL). Inoltre, partecipa a proposte di progetti per grandi strutture europee come i laser a elettroni liberi European XFEL e FERMI.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Il CNR IFN MI vanta una solida rete di collaborazioni scientifiche con centri di eccellenza sia Nazionali che Internazionali sulle attività di ricerca che spaziano dalla generazione, manipolazione di impulsi laser a femto e attosecondi, attosecond science, allo studio delle proprietà fondamentali della materia, dalla spettroscopia ad elevata risoluzione sia temporale che di frequenza allo studio dei materiali. Tra i partner storici e strategici figurano DESY ad Amburgo, MBI a Berlino, MPI a Garching e Amburgo, ed ELETTRA e FERMI a Trieste. CNR-IFN MI collabora con le principali Università Italiane e con molte Università Europee e Internazionali. All'interno del CNR, IFN MI collabora attivamente con diversi Istituti tra i quali IMM, Nanoscienze, NANOTEC, INO, ISM. CNR-IFN MI è attivamente coinvolto in progetti di cooperazione scientifica finanziati dall'Unione Europea. In particolare, è partner in Doctoral Networks (Horizon Europe Marie Skłodowska-Curie Actions), in progetti EIC Pathfinder and ERC (strategic, consolidator e advanced).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The research group of the UO is actively involved in numerous national and international projects and, over the years, has collaborated with academic institutions (Université Paris Cité, Université Libre de Bruxelles, The University of Auckland), research centers, and industrial partners. Among these collaborations, we highlight the Joint Lab Italy-Israel Noice (Nonlinear Optics for Comb generation). Among the main projects we mention: • Project HALG (High Average power Light source in the Green) within the bilateral

cooperation program between Italy and Israel • Project Qombs (Quantum simulation and entanglement engineering in quantum cascade laser frequency combs) - FET Flagship on Quantum Technologies, • Project NEMO (Nonlinear dynamics of optical frequency combs), Bando PRIN 2015 • Project QUANTOM (QUANTum OptoMechanics), Bando: Progetti Premiali • Project SHINE (StrengtHening the Italian Nodes of E-RIHS) - MIUR Azione II.1 del PON Ricerca e Innovazione • Project SUPREMO (Sounding the time Unwinding of the PRoton-to-Electron Mass ratio) - INFN/Csn2 • Project AXIOMA (AXION dark MATter detection) - INFN/Csn5 • Project E-CROPS (Tecnologie per l'agricoltura digitale sostenibile) - PON "R&I" 2014-2020/Agrifood. • Project OT4CLIMA (Tecnologie di osservazione terrestre innovative per lo studio degli impatti del cambiamento climatico sull'ambiente) - PON "R&I" 2014-2020/Aerospazio • Project QUANCOM (Sviluppo di sistemi e tecnologie quantistiche per la sicurezza informatica in reti di comunicazione) - PON Ricerca e Innovazione • Project NIHL (Non linear Interferometry at Heisenberg limit) with Agenzia Spaziale Italiana Current projects are: • Project NQSTI (National Quantum Science and Technology Institute) - Spoke 3, Spoke 4 and Spoke 6 - Partenariato Esteso 04: Scienze e Tecnologie Quantistiche, finanziato nell'ambito del PNRR • QASINO (Laboratori congiunti ASI-CNR nel settore delle Quantum Technologies) • MUQUABIS (Multiscale quantum bio-imaging and spectroscopy)- Horizon EUROPE Framework Programme Current collaborations include also: • Sapienza Università di Roma, on the theoretical and numerical study of nonlinear dynamics in the generation of optical frequency combs in cavities with quadratic and cubic nonlinearity; the analysis of cavity soliton propagation; the investigation of new architectures for the efficient generation of frequency combs in micro-resonators; and the generation and manipulation of quantum states via optical nonlinearities in cavities. • INRiM (National Institute of Metrological Research), for applications in frequency metrology. • University of Campania "Luigi Vanvitelli", in the field of precision molecular spectroscopy.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Principali collaborazioni con università e centri di ricerca a livello nazionale tra cui La Sapienza Università di Roma, Università di Roma Tor Vergata, Università di Pisa, Università CàFoscari di Venezia, Università di Firenze, Politecnico di Milano, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Università di Salerno, Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Bari), Università del Salento, Università di Palermo, Università di Catania, Scuola Superiore Sant'Anna, Scuola Normale Superiore, IMT School for advanced studies Lucca, CINI, CNR-ISTI, CNR IGAG, INGV, Gran Sasso Science Institute. Le principali collaborazioni con università e centri di ricerca a livello internazionale dell'UO sono: University College London, Middlesex University, West Virginia University, University of Edinburgh, Chalmers University of Technology, University of Gothenburg, Charles University of Prague, University of York, Universidad Autonoma Madrid, Karlsruhe Institute of Technology, Fraunhofer Institute, University of Sheffield, OpenAir, University of Tartu, University of Leibniz, King's College London, Aalto University, EGI, TuDelft, Erasmus University Rotterdam, University of Amsterdam, etc. Ha collaborazioni attive con le molte aziende italiane che consentono agli studenti di svolgere esperienze in un contesto di attività lavorative: Thales Communications s.p.a. (Chieti), Thales Alenia Space (L'Aquila), Telespazio s.p.a. (Roma, Avezzano), LFoundry (Avezzano), Micron Semiconductor (Avezzano, Milano), ENEA, Rete Ferroviaria Italiana, Dompè (L'Aquila), DigiPower, CambiaVerso, BIOENGINEERING & BIOMEDICINE COMPANY SRL, Best Design s.r.l., EMMEATECH SRL, Reiss Romoli srl, Leonardo SpA (Roma), SOGEI (Roma), SmartLex. Collaborazioni attive con enti pubblici come Ufficio Speciale per la Ricostruzione dei Comuni del cratere, Ufficio Speciale per la Ricostruzione dell'Aquila, le Agenzie regionali della Protezione Civile e il Dipartimento di Protezione Civile (Roma), ARPA (Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente) Abruzzo.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Il gruppo della Prof.ssa Monreale fa parte del nodo Italiano dell'Infrastruttura Sobigdata ed è co-proponente del Progetto PNRR. "SoBigData.it - Strengthening the Italian RI for Social Mining and Big Data Analytics" - Prot. IR0000013 - Avviso n. 3264 del 28/12/2021. Il gruppo inoltre è ed è stato parte attiva di diverse reti europee come HUMANE AI NET (<https://www.humane-ai.eu>) e TAILOR (<https://tailor-network.eu/>). Il prof. Pedreschi coordina anche lo il Partenariato Esteso PE00000013 - "FAIR - Future Artificial Intelligence Research" - Spoke 1 "Human-centered AI". Il gruppo di ricerca ha collaborato attivamente da anni con diversi gruppi di ricerca nazionali, europei e extra-EU. Una lista di collaborazioni non esaustiva è la seguente. UNIVERSITA' e ISTITUTI di ricerca internazionali: - UNIVERSIDAD POMPEU FABRA (Prof. Carlos Castillo) - UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI (Prof. Josep-Domingo-Ferrer) - Swansea University (Alan J. Dix) - Federal University of Santa Catarina (Prof. Jean Everson Martina) - Dalhousie University, Halifax, Canada (Prof. Stan Matwin) - Northeastern University, Boston, USA (Prof. Albert-László Barabási, Ricardo Baeza-Yates) - Umeå University, Sweden (Frank Dignum, Virginia Dignum) - Central European

University (CEU), Vienna, Austria (János Kertész) - Victoria University Wellington, New Zealand (Alistair Knott) - DFKI and University of Kaiserslautern, Germany (Paul Lukowicz) - Stevens Institute of Technology (Wendy Hui Wang) - University of Warsaw, Warsaw, Poland (Przemysław Biecek) Aziende nazionali e internazionali: - Telefónica Research in Barcellona (David Solans Noguero, Nicolas Kourtellis, Mikko A. Heikkilä) - Almagora - Almagora - Generali Italia - Sadas S.R.L. - Octotelematics - Energee3 - TD Group - Kode - Microstrategy - Baker Hughes - Intesa San Paolo

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR) ha una ricca e diversificata rete di collaborazioni con aziende, università e centri di ricerca, sia a livello nazionale che internazionale, che sono considerate un punto di forza significativo per l'istituto. -Università della Calabria, Italy -Università di Palermo, Italy -Università Federico II di Napoli, Italy -Università la Sapienza di Roma, Italy -King's College London Uk - Cineca Consorzio Interuniversitario, Italy -Fundacion Publica Gallega Centro Tecnológico De Supercomputacion De Galicia, Spain -Fujitsu Research Of Europe Limited, UK -Fsas Technologies, S.L., Spain -Fraunhofer Gesellschaft Zur Forderung Der Angewandten Forschung, Germany -Simula Research Laboratory As, Norway -Kuano Ltd, UK -Qilimanjaro Quantum Tech Sl, Spain -Technische Universiteit Delft, the Netherlands -Ukri-Stfc, UK -Riken The Institute Of Physical And Chemical Research, Japan -Osaka University, Japan -CREA, Italy -Università di PISA, Italy -Università Ca' Foscari, Italy -Università Mediterranea, Italy -TU Ostrava, Repubblica Ceca -Universidade Federal Fluminense, Brasil -Boise University, USA -University of Guelma, Algeria -UCD Dublin, Ireland -Shanghai Maritime University, China -ENEA, Italy -TIM, Italy -NTT-DATA, Japan -SCAI-LAB, Italy -SITE, Italy

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Il Laboratorio TNT del DITEN (il laboratorio del DITEN più direttamente coinvolto nella proposta) collabora con partner europei di rilievo, tra cui Nokia Bell Labs, Telefonica, Samsung, Ericsson, TIM, Atos, Thales, Orange, NEC e UBITECH. Sul piano accademico, il laboratorio lavora con l'Università di Pisa, Grenoble, University of Cyprus, CTTC, Fraunhofer e IMDEA Networks. La rete include anche PMI innovative come WINGS ICT, Expway, Massive Beams, Catapult Digital, Four Dot e FIVECOMM, attive in ambiti come cloud-native, AI per le reti e sicurezza virtualizzata. Queste collaborazioni si concretizzano nei più recenti progetti europei Horizon 2020 e Horizon Europe, dove il laboratorio, anche per tramite del S2N CNIT, ha ruoli tecnici o scientifici centrali. L'interazione con operatori, vendor, integratori di sistema e centri di ricerca consente al laboratorio di affrontare sfide cruciali per l'evoluzione delle reti 5G/6G, la sicurezza dei servizi distribuiti e la costruzione di infrastrutture federate a livello europeo. Il laboratorio partecipa ad oggi a diversi progetti PNRR tra cui ad esempio il progetto per le Infrastrutture della Ricerca SoBigData e i progetti RESTART (REsearch and innovation on future Telecommunications systems and networks, to make Italy more smart – Partenariato Esteso), RAISE (Robotics and AI for Socio-economic Empowerment - Ecosistema dell'Innovazione), SERICS (SEcurity and RIghts in the CybeRspace - Partenariato Esteso) e MOST (Mobility and ITS – Mobility and Sustainable Transport – Centro Nazionale).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

I laboratori e le strumentazioni fanno parte della facility "Center for Ultrafast Science and Biomedical Optics" (CUSBO), appartenente alla rete europea LaserLab Europe delle Infrastrutture Laser. CUSBO è stato inserito nel PNIR 2021-27 e ha aderito alla rete PNRR I-PHOQS, poi costituitasi in Joint Research Unit (JRU). L'unità ha collaborazioni consolidate con importanti gruppi europei di ottica biomedica e ha partecipato a diversi progetti congiunti e progetti europei (es. Lund Laser Centre, ICFO a Barcellona, Tyndall a Cork, University College London, University of Birmingham, CEA-LETI a Grenoble, Physikalisch-Technische Bundesanstalt a Berlino). Inoltre, collabora attivamente con ospedali e centri biomedici milanesi (San Raffaele, Policlinico, Humanitas, Istituto Europeo di Oncologia, Ospedale Sacco, Istituto Neurologico "Besta", Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri"). Circa 10 prototipi clinici sono stati trasferiti in ambito clinico e coinvolti in circa 20 studi clinici.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The unit maintains strong and long-standing scientific collaborations with leading national and international partners, including prominent academic institutions, public research organizations, and industrial players. These partnerships support a broad spectrum of activities, from fundamental research to technology transfer and joint development of advanced photonic devices. Industrial collaborations include ongoing interactions

with Bright Solutions, IBM, ST Microelectronics, and Hewlett-Packard (HP), focusing on areas such as ultrafast photonics, integrated quantum technologies, and scalable nanofabrication processes. The unit is also an active member of major collaborative research projects. These include the Pathfinder European project Q-ONE (EIC-European Innovation Council), where the unit contributes to the exploration of novel quantum regimes in driven-dissipative systems; the Pathfinder European project Polart (EIC-European Innovation Council), dedicated to the study of polariton-based neuromorphic accelerator and sensing; and several national PRIN projects. Academic collaborations involve a wide network of institutions, including: University of Warsaw (Poland), Nanyang Technological University (Singapore), École Polytechnique of Montréal (Canada), Italian Institute of Technology (Italy), Princeton University (USA), TUM Munich (Germany), University of Pavia (Italy), Polish Academy of Sciences (Poland), University of Wolverhampton (UK), Sapienza University of Rome (Italy), Johannes Kepler University Linz (Austria), Westlake University (China), City University of New York (USA), University College London (UK), Eindhoven University of Technology (The Netherlands), and Université Clermont Auvergne – CNRS (France).

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

KDD-Lab began as a joint research group between CNR and the University of Pisa, later expanding to the Scuola Normale Superiore. Therefore, the group can rely on strong collaborations with the aforementioned research institutions. International collaborations established over the years include relationships with leading scientists in the field of Computer Science, data science and complex systems, including: Albert-László Barabási, Ricardo Baeza-Yates, Ulises Cortes, Marta Gonzalez, Josep Domingo Ferrer. The group leads a leading role in several international research projects, such as the ERC XAI project, the SoBigData and SoBigData++ projects, the Horizon TANGO project, and the PNRR FAIRm project, and has also contributed to many other projects, including the HumaneAI-net and Tailor projects.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The collaborations of the NANOTEC Operational Unit are based on joint participation in numerous national and international research projects, both as partners and as lead applicants. Within its field of expertise, CNR-NANOTEC has been involved in the project “New Concepts, Materials and Technologies for the Building Integration of Photovoltaics in a Scenario of Diffuse Generation” (CANVAS) – funded by the Italian Ministry of Ecological Transition (MiTE) and the European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) of the Italian photovoltaic network. Beside that the unit has been involved in several national and international project on the development of innovative optoelectronic devices, such as the project Italy-China Science and technology cooperation program- MAECI. Among the main international collaborations are partnerships with the University of Exeter, Linköping University, Ludwig Maximilian University of Munich, VTT Finland, Stanford University, University of Arizona, University of Gothenburg, Humboldt University of Berlin, and others. In the field of solar cell development and innovative materials, CNR-NANOTEC has signed and managed contracts with companies such as ENI S.p.A., SENECA Italia, Klopman, and Tozzi Green.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

The unit has strong links and active collaborations with several national and international research institutions, universities, and industrial partners, which contribute to the excellence and timeliness of the performed activities. In Italy, we collaborate with major universities including those in Firenze, Napoli, Trento, Trieste, Pisa. We also work together with leading research centers such as Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), the Italian Space Agency (ASI), and ICTP. Moreover, we enjoy long-standing collaborations with many institutions worldwide, including the University of Sao Paulo (Brazil) and the UNAM (Mexico). Our industrial collaborations include several companies, from SMEs to major international players, such as Alpes Lasers, Nanoplus, FlySight, PpqSense, Hamamatsu Photonics, Silicon Austria Lab, Leonardo, TIM (Telecom Italia), and Airbus. Furthermore, this unit has participated in several European projects coordinated or co-led by CNR-INO, covering a broad range of topics in Quantum Technologies, including: • HPCQS: A consortium aimed at creating the first European infrastructure that integrates High-Performance Computing (HPC) with Quantum Simulators (QS). • QOMBS (Quantum Flagship): Focused on simulating electronic transport in Quantum Cascade Lasers (QCLs). • MUQUABIS (RIA – Quantum Flagship): Development of quantum sensors for the study of stem cells specialized in cardiac tissue. • PASQUANS2.1 (Quantum Flagship): Aimed at advancing and scaling up quantum simulation platforms based on atoms and ions, while fostering a vibrant quantum simulation ecosystem across Europe. • I-PHOQS: The first Italian distributed research infrastructure dedicated to Photonics and Quantum Technologies, spanning eight different sites.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'UO vanta numerose collaborazioni nazionali e internazionali, sia nell'ambito di progetti finanziati che ricerca collaborativa con svariati istituti, università e aziende, sulle tematiche relative alla ricerca svolta nell'ambito del progetto, tra le quali si evidenziano: • Glass to Power spa (IT): studio e sviluppo di unità fotovoltaiche trasparenti basate su quantum dot abilitate per la comunicazione OWC e VLC • Università di Milano Bicocca (IT): studio di nuovi concentratori luminescenti (LSC) ibridi basati su Quantum Dot per energy harvesting e comunicazioni VLC; • Scuola Superiore S. Anna (IT): studio e realizzazione di sistemi innovativi per le OWC con particolare riguardo ai sistemi indoor a luce bianca (Li-Fi); • CNR-IEIIT (IT): sviluppo di sistemi VLC/OWC veicolari e loro integrazione e remotizzazione; • ILES srl (IT): sviluppo di sistemi di comunicazione OWC e VLC nel settore veicolare e smart city • CNR-ICCOM: sviluppo e sintesi di nuovi fluorofori organici per la realizzazione di antenne ottiche fluorescenti per OWC e VLC • Neptune Srl: sviluppo di sistemi elettronici avanzati per la generazione e la ricezione di segnali veloci per OWC e VLC • Alpes Lasers (CH), Hamamatsu Photonics (JP), CNR-NANO (PISA, IT), Technical University of Munich (GE), Technical University of Wien (AU), Silicon Austria Lab (AU): sviluppo di sorgenti laser (QCL, ICL) e sistemi di rivelazione per mid-infrared e THz; • ppqSense (IT): sviluppo di elettronica di controllo per QCL; • Leonardo (IT): sistemi di rivelazione coerente a bassissime potenze e comunicazioni; • Università di Bari (IT): imaging THz; • ASI (IT), Polimi (IT): Sviluppo di sistemi per sensing e comunicazioni; • PoliMI, BiomaGUNE (ES), IPHT Leibniz (DE): sviluppo di materiali e nanocompositi per la sensoristica, stampa 3D (SLA e DLP) di nanocompositi con proprietà piezoelettriche e plasmoniche; • DWS srl (IT): sviluppo di compositi fotostrutturabili; • NSight Dynamics srl: ingegnerizzazione di sensori ottici per l'analisi di analiti altamente diluiti in campioni liquidi.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'UO ha stabilito da tempo collaborazioni stabili con gruppi di ricerca Nazionali ed Internazionali, come testimoniato dai numerosi progetti di ricerca e di mobilità in cui è stato coinvolto. A livello nazionale, l'UO è coinvolta nelle infrastrutture di ricerca SLICES e SoBigData, per le quali collabora con altre università italiane (Catania, Genova, Bologna) e con il CNR. L'UO partecipa anche ai Partenariati Estesi Telecomunicazioni del Futuro PE14 e Cybersecurity PE7, con vari progetti finanziati con i bandi a cascata sui temi delle reti beyond-5G e delle vulnerabilità a livello di interfaccia radio. A livello europeo, l'UO collabora con IMEC in Belgio, con l'INRIA in Francia e con IMDEA Networks in Spagna, spesso in riferimento ai temi legati alla validazione sperimentale di protocolli per reti wireless. Sono attivi programmi di mobilità con l'Università del Pireo in Grecia e l'Università AGH in Polonia sui temi della coesistenza tra tecnologie wireless eterogenee. E' appena stato finanziato un programma di Doctoral Network Europeo (SpecX) sul tema delle soluzioni innovative di monitoraggio dello spettro radio. A livello internazionale, sono o sono state attive collaborazioni con l'Università dell'Arizona, la Rutgers University e la Northeastern University, nell'ambito dei programmi GINI-FIRE e PAWR, legati a sperimentazione avanzata su testbed beyond-5G. La UO ha anche collaborazioni con la Seoul National University della Corea sui sistemi beyond-5G e su tematiche legate alle vulnerabilità dei sistemi GPS.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

La UO vanta una rete consolidata di collaborazioni scientifiche e istituzionali, sia a livello nazionale che internazionale, in linea con le sue aree di specializzazione: scienza aperta, interoperabilità tra infrastrutture di ricerca, gestione dei dati FAIR, ambienti virtuali di ricerca (VRE), modellazione dei dati scientifici e supporto alla co-creazione di servizi per infrastrutture digitali. A livello nazionale collabora con numerosi istituti del CNR (tra cui IBBR, IFAC, IFN, IGG, IMAA, IRBIM, IRCRES, ISMAR, STIIMA) in progetti strategici PNRR infrastrutturali come ITINERIS, FOSSR, RAISE, SoBigData.it. Attive anche collaborazioni con università e enti di ricerca, tra cui Università di Pisa, Università di Napoli Federico II, Università di Bologna, Università di Padova, Università di Torino, e l'Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana (AOUP), INGV, OGS, ed il consorzio GARR. A livello internazionale la UO coordina il progetto europeo EOSC Blue-Cloud2026 ed il nascente nodo tematico marino EOSC, coordina l'infrastruttura di ricerca SoBigData RI, partecipa a progetti europei come IRISCC, AQUARIUS, GreenDIGIT, EOSC Beyond, Skills4EOSC, collaborando con istituzioni quali British Columbia University, FishBase, Geomar, Norwegian Space Agency, MARIS. Si evidenzia anche una collaborazione con il Dipartimento di Fishery e Aquaculture della FAO delle Nazioni Unite, con focus su interoperabilità dei dati e servizi per la sostenibilità marina. È inoltre attiva nei principali organismi e iniziative globali su open science, interoperabilità e gestione delle identità digitali: CERN, EGI, EMBL-EBI, Athena Research Center. La UO supporta infine EMODnet Physics con

attività di interoperabilità e integrazione dei servizi su D4Science.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'unità vanta solidi legami e collaborazioni attive con numerose istituzioni di ricerca, università e partner industriali sia a livello nazionale che internazionale, che contribuiscono all'eccellenza e all'attualità delle attività svolte. In Italia, collaboriamo con importanti università, tra cui quelle di Firenze, Trieste, Napoli, Bari, UCBM e L'Aquila. Lavoriamo inoltre con centri di ricerca di primo piano come l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e l'ICTP. A livello europeo, abbiamo stretto partnership con la Technical University of Denmark, la Sorbonne Université, l'Université Côte d'Azur, l'ETH Zurich, la TU Wien e l'ICRC di Brno. Inoltre, intratteniamo da tempo collaborazioni con numerose istituzioni in tutto il mondo, tra cui l'Università di Pernambuco (Brasile) e il Massachusetts Institute of Technology (MIT). Le nostre collaborazioni industriali comprendono diverse aziende, dalle PMI a grandi realtà internazionali, come Alpes Lasers, Nanoplus, FlySight, PpqSense, Hamamatsu Photonics, Silicon Austria Lab, Leonardo, TIM (Telecom Italia) e Airbus.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

L'OU intrattiene diverse collaborazioni internazionali legate al tema proposto. In primo luogo, il team ha una collaborazione attiva nel campo del federated learning con la divisione di ricerca di Telefónica (Spagna), la più grande azienda di telecomunicazioni del paese, dove il federated learning rappresenta un'importante area di interesse commerciale. Il team collabora inoltre con l'Università di Ioannina (Grecia), in particolare con i Dipartimenti di Medicina e di Ingegneria Informatica, per la progettazione di metodi algoritmici e di intelligenza artificiale spiegabili, finalizzati all'analisi di grandi dataset, come quelli genomici o strutturati in grafi. Infine, collabora con il Dipartimento di Informatica delle Scienze della Vita e Scienza dei Dati dell'Università di Bonn e con il Lamarr Institute for Machine Learning and AI (Germania) allo sviluppo di nuovi approcci spiegabili per l'analisi di dati a grafo nel campo della bioinformatica.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

La UO opera all'interno del gruppo Intense Laser Irradiation Laboratory (ILIL) della Sezione CNR-INO di Pisa, che viene riconosciuto come uno dei gruppi più attivi nel campo dei laser ultracorti ed ultraintensi a livello internazionale. Il laboratorio è parte del network EU LASERLAB. Il laboratorio partecipa inoltre alla Preparatory Phase dell'infrastruttura ESFRI "EuPRAXIA". Di rilievo per questo progetto sono inoltre la collaborazione con l'infrastruttura EU ELI (ERIC, BL e NP), nonché i progetti PNRR "IPHOQS", "EUAPS" e "THE", e la partecipazione alla MSCA Doctoral Network "EuPRAXIA-DN".

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

La UO opera all'interno del gruppo Intense Laser Irradiation Laboratory (ILIL) della Sezione CNR-INO di Pisa, che viene riconosciuto come uno dei gruppi più attivi nel campo dei laser ultracorti ed ultraintensi a livello internazionale. Il laboratorio è parte del network EU LASERLAB. Il laboratorio partecipa inoltre alla Preparatory Phase dell'infrastruttura ESFRI "EuPRAXIA". Di rilievo per questo progetto sono inoltre la collaborazione con l'infrastruttura EU ELI (ERIC, BL e NP), nonché i progetti PNRR "IPHOQS", "EUAPS" e "THE", e la partecipazione alla MSCA Doctoral Network "EuPRAXIA-DN".

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Il personale dell'unità operativa ha una lunga esperienza di collaborazione con i Grant Office dei principali enti di ricerca nazionali e dei principali atenei italiani. Queste relazioni istituzionali favoriscono lo scambio di buone pratiche, l'armonizzazione delle procedure e la gestione condivisa delle problematiche operative. A livello internazionale, è attivo un rapporto diretto con gli organi della Commissione Europea, rafforzato dalla presenza di due unità di personale del CNR-INO presso l'Unità Relazioni Europee del CNR a Bruxelles.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Le attività di ricerca e sviluppo di UniCT sono rafforzate da collaborazioni attive con numerosi centri di ricerca, università e fornitori tecnologici di primo piano. La partecipazione a programmi nazionali ed europei garantisce l'accesso a tecnologie emergenti e favorisce il trasferimento di conoscenze. L'unità UniCT

è impegnata nello sviluppo open-source di framework di orchestrazione, agenti di controllo distribuiti e piattaforme di integrazione edge-quantum. Il team interdisciplinare di UniCT — che abbraccia telecomunicazioni, fisica quantistica, AI e sistemi di controllo — assicura un approccio olistico ai problemi ingegneristici complessi. I risultati del laboratorio sono destinati a influenzare le infrastrutture di rete future attraverso soluzioni robuste, intelligenti e compatibili con il quantum. Grazie al forte focus sull'intelligenza distribuita, l'integrazione di sistemi ibridi e la sperimentazione scalabile, UniCT si afferma come centro di riferimento per lo sviluppo di sistemi di comunicazione di nuova generazione, adattivi, affidabili e pronti per il quantum. UniCT collabora con INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) nell'ambito della ricerca sulle tecnologie quantistiche. Più in generale, mantiene collaborazioni attive con partner accademici e industriali, sia nazionali che internazionali, nei settori dell'intelligenza artificiale e delle reti di comunicazione. Queste collaborazioni costituiscono anche la base per il crescente coinvolgimento di UniCT nelle iniziative di comunicazione e calcolo quantistico.

➤ **11B2.1: Collaborazioni Nazionali ed Internazionali della UO con specifico riferimento alle aree di specializzazione di riferimento**

Le attività di comunicazione e outreach del CNR NANOTEC contano su una solida rete di collaborazioni e interazioni con enti di ricerca, istituzioni educative e media a livello locale e nazionale. Nell'ambito del progetto I-PHOQS, la sotto-struttura ha sviluppato una collaborazione con Comics&Science, realtà italiana gestita da Symmaceo Communications e facente parte di CNR Edizioni, che promuove il rapporto tra scienza ed intrattenimento, sviluppando e distribuendo un fumetto divulgativo ispirato dalle attività di ricerca del progetto. La sotto-struttura partecipa anche a iniziative e progetti europei e nazionali di public engagement, tra cui la ERN-Apulia-MED, iniziativa finanziata come Marie-Sklodowska Curie Actions (HORIZON-MSCA-2023-CITIZENS-01, Grant No. 101162513) che raccoglie le European Researchers Nights della regione Puglia e del bacino Mediterraneo. Alcuni ricercatori dell'UO sono anche coinvolti in attività di divulgazione con le scuole mediante visite guidate presso i laboratori delle strutture dell'Istituto e attraverso la partecipazione ad iniziative nazionali come "Penne amiche della scienza".

C – ELEMENTI DESCRITTIVI DEL PROGETTO

DATI GENERALI

Titolo e durata del progetto

La durata del progetto come definita all'Articolo 5 comma 6 dell'Avviso

➤ **11C1.1: Titolo Progetto**

Artificial Intelligence and advanced networks embedded in PHotonics and QUantum Sciences and technology

➤ **11C1.2: Acronimo Progetto**

AI-PHOQUS

➤ **11C1.3: Durata Progetto**

36

➤ **11C1.4: Parole Chiave associate al Progetto**

tecnologie quantistiche, fotonica avanzata, quantum simulation, sensing, communication, AI & data analytics per quantum technologies, piattaforme quantistiche e fotoniche per AI avanzata, reti Internet post-5G e quantistiche e "native-AI"

Infrastruttura

Infrastruttura di ricerca interessata dal progetto

➤ **11C2.1: IR Capofila**

LENS-Laboratorio Europeo di Spettroscopie Non Lineari

➤ **11C2.2: Dominio ESFRI della IR Coinvolta**

PSE-Physical Sciences & Engineering

Abstract

di progetto, pubblicabile, per attività di comunicazione e divulgazione.

➤ **11C3.1: Abstract breve di progetto**

AI-PHOQUS intende potenziare l'Infrastruttura LENS, internazionalmente riconosciuta per l'eccellenza nei settori della fotonica e delle sue applicazioni e delle Scienze e Tecnologie Quantistiche (QT), con la creazione di 3 nuovi nodi a Napoli, Lecce e Messina. Il potenziamento prevede il contributo sinergico di Unità Operative che già sono nodi attivi di altre infrastrutture: - I-PHOQS (rete nata in ambito PNRR dalle IR LENS, CUSBO, BeyondNano e ELI) per le competenze di fotonica e QT; - SoBigData (IR nel percorso ESFRI potenziata dal PNRR) per la gestione di big data e la creazione di sistemi di Intelligenza Artificiale (AI) con focus su open science e uso etico dei dati; - SLICES (IR ESFRI), che supporta le evoluzioni di internet anche nell'integrazione di reti classiche e quantistiche; - EUAPS (IR creata con il PNRR) per le sorgenti laser ad alta energia. AI-PHOQUS costituirà un nuovo contesto multidisciplinare di collaborazione di soggetti pubblici e privati, integrando progressivamente l'AI e le QT basate su atomi e fotoni con la filiera della fotonica, della fabbricazione e delle reti avanzate. La combinazione di QT, fotonica ed AI, nel contesto di reti avanzate ibride – classiche e quantistiche – ha un potenziale enorme e pervasivo in ambiti sia scientifici che industriali. Il contesto scientifico ed infrastrutturale di AI-PHOQUS costituirà un esempio unico sia nello scenario italiano che europeo ed un volano straordinario per l'economia e lo sviluppo tecnologico nel nostro Paese, soprattutto al Sud.

Executive Summary

del progetto, come documento di orientamento per la fase di valutazione, nel quale vengano valorizzati gli aspetti di particolare interesse

➤ **11C3.2 Abstract esteso della proposta**

Con AI-PHOQUS proponiamo la creazione di un'infrastruttura di ricerca nazionale innovativa e situata al crocevia tra AI, Fotonica, Tecnologie Quantistiche e Reti Internet del futuro, concepita per accelerare la scoperta scientifica, l'innovazione tecnologica e la trasformazione industriale in una pluralità di settori. Sfruttando eccellenze già presenti nel sistema della ricerca italiano in tre IR critiche a livello nazionale ed Europeo (I-PHOQS, SoBigData e SLICES), il progetto realizza una piattaforma unificata, modulare e scalabile che non ha uguali a livello nazionale e che abilita ricercatori, imprese e istituzioni pubbliche all'utilizzo di queste tecnologie emergenti. Il progetto potenzia l'infrastruttura LENS (parte di I-PHOQS) con la creazione di tre nuovi nodi al Sud, mettendo in rete – a beneficio di questi nuovi nodi – le sedi coinvolte nelle tre IR per lo sviluppo sinergico delle quattro aree scientifiche. AI-PHOQUS da un lato crea metodi e servizi “orizzontali” per tale sviluppo, e dall'altro crea servizi “verticali” per aree applicative critiche: salute, industria, energia & ambiente. AI-PHOQUS si concentra principalmente sull'area SNSI “Agenda Digitale e Smart Communities”, visto il suo contributo fondamentale allo sviluppo integrato delle principali tecnologie emergenti in tale settore. I servizi sviluppati hanno un enorme potenziale anche per le aree SNSI Salute, Industria, Energia e Ambiente, Aerospazio e Difesa, come testimoniato anche dalla varietà e numero delle EoI industriali ricevute. Evoluzione sinergica di Quantum Science, AI & Data Science, fotonica, reti Internet. L'integrazione tra AI, le reti Internet del futuro, la fotonica ed in genere con le nuove tecnologie quantistiche sta aprendo una nuova era nell'elaborazione dell'informazione, nella

diagnostica avanzata, nella sensoristica, nella comunicazione sicura e nella progettazione di sistemi avanzati. Queste tecnologie, nate in contesti differenti, condividono una crescente convergenza sia a livello di strumenti metodologici sia di piattaforme fisiche. L'AI, grazie alla sua capacità di apprendere da dati complessi, ottimizzare parametri in spazi ad alta dimensionalità e operare in ambienti rumorosi o incompleti, sta diventando fondamentale nei sistemi fotonici e quantistici di nuova generazione, accelerandone lo sviluppo, la scalabilità e l'adozione industriale. Allo stesso tempo, la fotonica e le tecnologie quantistiche stanno aprendo nuove strade per l'evoluzione sia degli algoritmi di AI, che della progettazione delle reti del futuro, con impatti dal breve al lungo termine. La fotonica è da tempo una piattaforma abilitante per molte applicazioni, ad esempio in telecomunicazioni, elaborazione dell'informazione, biomedicina, energia e monitoraggio ambientale. I sistemi fotonici integrati offrono velocità di trasmissione elevate, bassi consumi energetici e compatibilità con le tecnologie CMOS, rendendoli ideali per la scalabilità dei circuiti ottici. Tuttavia, la progettazione e il controllo efficiente di sistemi fotonici complessi pongono sfide ingegneristiche e computazionali notevoli. In questo contesto, l'AI fornisce strumenti estremamente potenti per affrontare problemi di ottimizzazione, inferenza, classificazione e controllo adattivo. Uno dei principali ambiti di applicazione è la progettazione di dispositivi fotonici complessi, sia a elementi discreti sia in ottica integrata: reti neurali artificiali e algoritmi evolutivi sono utilizzati per identificare automaticamente le architetture fotoniche in grado di produrre determinate risposte ottiche desiderate, evitando lunghe simulazioni brute-force. Modelli di apprendimento supervisionato e non supervisionato sono impiegati per la diagnosi di difetti nella fabbricazione, la previsione delle prestazioni, e la calibrazione automatica di circuiti fotonici multi-componente. Un secondo ambito emergente riguarda la fotonica per l'AI: architetture fotoniche neuromorfiche possono essere implementate per realizzare acceleratori ottici per l'esecuzione rapida di operazioni di apprendimento automatico. Questi sistemi combinano la parallelizzazione naturale della luce con la bassa latenza dei circuiti ottici per offrire soluzioni efficienti a problemi computazionalmente intensivi. Nel contesto quantistico, la sinergia con l'AI si rivela ancora più cruciale. I sistemi quantistici, come i fotoni singoli, i qubit ottici continui, gli ioni intrappolati o i superconduttori, sono estremamente sensibili e difficili da controllare. In particolare, nei protocolli di computazione quantistica l'AI permette di identificare strategie ottimali di controllo, adattamento dinamico alle fluttuazioni ambientali e ricostruzione di stati o canali quantistici con alta precisione. Tecniche di reinforcement learning sono state impiegate per apprendere strategie di feedforward e feedback in reti quantistiche distribuite, oppure per ottimizzare sequenze di porte logiche in dispositivi ottici basati su interferometri multi-modo. Aziende di semiconduttori e fotonica integrata (come Lumentum, Intel, Nokia, Bell Labs), attori nel settore delle telecomunicazioni (come Huawei, Cisco, Nokia, Ericsson), e leader emergenti nel calcolo quantistico (come Xanadu, PsiQuantum, ORCA, IonQ, Rigetti) stanno investendo in piattaforme che combinano AI/fotonica/tecnologie quantistiche. Queste tecnologie sono cruciali per sviluppare reti ottiche intelligenti, chip neuromorfici fotonici, sistemi per la comunicazione quantistica sicura (Quantum Key Distribution, QKD), e sensori quantistici ad altissima precisione. L'AI, la data science e le reti Internet del futuro (post-5G) non solo sono uno strumento essenziale nello sviluppo delle tecnologie quantistiche e fotoniche, ma beneficiano immensamente dell'integrazione con tali aree scientifiche per lo sviluppo di nuovi metodi e servizi ad alto valore aggiunto. L'AI e la scienza dei dati stanno progressivamente integrando tecnologie quantistiche per la risoluzione (tramite tecniche di quantum computing) di problemi estremamente complessi, affrontabili tramite tecnologie quantistiche con un significativo scale-up computazionale. Problemi di allocazione e gestione di risorse in sistemi Internet complessi possono essere affrontati in modo efficiente grazie all'utilizzo di tecniche di quantum computing. Lo sviluppo di servizi avanzati di Quantum ML ha un potenziale innovativo ed industriale enorme. Altra frontiera riguarda l'utilizzo di sistemi basati su tecnologie quantistiche per creare reti neurali completamente innovative, con il potenziale di rivoluzionare l'attuale implementazione degli algoritmi di AI. Nel settore delle reti "post-5G", oltre al già citato beneficio di sistemi di quantum computing per la gestione ottimizzata delle risorse di rete, una delle frontiere sono le reti ibride classico/quantistiche, nonché l'integrazione di sistemi avanzati di quantum sensing con piattaforme e tecnologie per reti IoT tradizionali. A breve termine, la principale innovazione è la progettazione di reti Internet intrinsecamente sicure grazie all'integrazione di servizi di QKD. Questo abilita applicazioni notevoli per il collegamento di siti remoti con scambio intrinsecamente sicuro dei dati, con un chiaro beneficio per una vasta gamma di applicazioni nei settori aerospazio e difesa, sicurezza, salute, manifattura avanzata e pubblica amministrazione. Inoltre, permette la gestione di reti post-5G distribuite con garanzie di sicurezza intrinseca, che può rappresentare un abilitatore trasformativo fondamentale. A medio/lungo termine, la sfida principale è la progettazione di reti Internet basate integralmente su tecnologie quantistiche, progettate e realizzate per lo scambio di qubits, a supporto ad esempio di applicazioni di quantum computing distribuito. Nel settore di analisi di dati e AI, il quantum computing abilita l'elaborazione di informazioni in modo radicalmente diverso rispetto ai computer classici. Ciò permette di affrontare problemi ad alta complessità, come l'ottimizzazione di reti neurali complesse, accelerando la

ricerca dei minimi globali nel training dei modelli; il data clustering e pattern recognition in spazi multidimensionali, grazie agli algoritmi quantistici come il Quantum k-means o il Quantum PCA; e l'accelerazione del machine learning tramite quantum-enhanced feature mapping, utile per trasformare i dati in spazi in cui le relazioni non lineari diventano più evidenti. La costruzione di un'infrastruttura smart per la ricerca e il trasferimento tecnologico rappresenta una priorità. L'adozione dei principi dell'open science costituisce un punto di partenza imprescindibile: rendere i dati, i metodi e i risultati della ricerca apertamente disponibili consente non solo di aumentare la trasparenza e la riproducibilità dei processi scientifici, ma anche di favorire un accesso equo alla conoscenza, stimolando la collaborazione tra enti di ricerca, imprese, istituzioni e cittadini. Fondamentale è anche l'adozione dei principi FAIR: dati trovabili, accessibili, interoperabili e riutilizzabili, per superare la frammentazione informativa e favorire automazione e integrazione nei processi di ricerca e trasferimento tecnologico. Infine, un'infrastruttura che voglia definirsi etica non può prescindere dalla garanzia di explainability e trustworthiness nei sistemi di analisi e modellazione dei dati. L'utilizzo crescente di algoritmi complessi, modelli predittivi e AI richiede una riflessione profonda sulla capacità di spiegare in modo comprensibile i processi decisionali automatici o l'analisi di sistemi altamente complessi. Key verticals: salute Un ambito in cui l'integrazione tra AI e fotonica sta producendo risultati notevoli è quello della biomedicina, in particolare nella diagnostica per immagini, nella microscopia avanzata, nella spettroscopia ottica e nella terapia fotodinamica. In questi contesti, l'AI è utilizzata per affrontare due grandi sfide: l'analisi automatica di immagini e segnali complessi e la progettazione e controllo di tecniche ottiche ad alta risoluzione e sensibilità. Nel campo dell'analisi delle immagini biomediche, modelli di deep learning – in particolare reti convoluzionali (CNN), reti U-Net e trasformatori visivi (Vision Transformers) – vengono addestrati per segmentare, classificare e riconoscere pattern patologici in immagini ottenute da microscopi ottici, endoscopi, OCT (Optical Coherence Tomography), sistemi Raman e fluorescenza. Queste tecniche permettono una diagnosi più rapida ed accurata di malattie come tumori, patologie retiniche, alterazioni vascolari e infezioni, spesso superando le capacità diagnostiche umane in termini di sensibilità e specificità. L'AI è particolarmente efficace nella rimozione del rumore, nella ricostruzione di immagini sottocampionate e nella gestione di grandi dataset multispettrali o iperspettrali. Sul fronte delle tecniche fotoniche, AI viene integrata per ottimizzare sistemi complessi di microscopia, come ad esempio la microscopia a super-risoluzione (STED, PALM, STORM), la microscopia olografica digitale, e l'imaging interferometrico quantitativo. Algoritmi intelligenti consentono l'adattamento dinamico dell'illuminazione, il controllo attivo dei modulatori di fase e l'estrazione automatica di caratteristiche morfologiche e dinamiche da grandi volumi di dati. Nella spettroscopia ottica, l'AI è usata per identificare firme spettrali associate a stati patologici nei tessuti, migliorando la sensibilità di tecniche come la spettroscopia Raman amplificata (SERS), la spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS) e la fluorescenza indotta da laser. Aziende leader stanno investendo in questa direzione, come ZEISS, Leica Microsystems, Olympus e Thermo Fisher Scientific, DeepMind, NVIDIA e Google Health, nonché start-up emergenti come PathAI, Paige e Ibex. Tecnologie quantistiche innovative promettono infine di realizzare sensori dalle caratteristiche insuperabili in termini di sensibilità e di risoluzione spaziale per l'analisi di cellule e tessuti. Inoltre, lo sviluppo di tecniche avanzate di comunicazione quantistica consentirà lo scambio e l'elaborazione sicura di dati sanitari altamente confidenziali. Key verticals: Industria (mancano Tecnologie Quantistiche) L'AI sta emergendo come uno dei principali motori della trasformazione digitale nell'industria, abilitando sistemi intelligenti, flessibili e resilienti, capaci di adattarsi in tempo reale a contesti produttivi sempre più complessi e dinamici. AI-PHOQUS si colloca all'avanguardia di questa evoluzione, promuovendo soluzioni AI-driven che integrano tecnologie avanzate di rete, fotonica e materiali intelligenti, con l'obiettivo di rendere i sistemi industriali più efficienti, autonomi e scalabili. L'AI rappresenta oggi un elemento abilitante cruciale per l'evoluzione dei processi produttivi, grazie alla sua capacità di trasformare dati complessi in decisioni operative autonome, migliorare le prestazioni dei sistemi industriali e accelerare l'innovazione tecnologica. All'interno del progetto AI-PHOQUS, l'AI non è semplicemente uno strumento di supporto, ma un vero e proprio motore trasversale che connette reti di nuova generazione, energia intelligente e tecnologie fotoniche, contribuendo in modo decisivo alla costruzione di un'industria più adattiva, efficiente e sostenibile. Nel campo della robotica industriale connessa, l'AI è alla base di una piattaforma edge-native progettata per ambienti Beyond-5G, capace di fornire controllo adattivo in tempo reale. Grazie a un'architettura distribuita basata su nodi edge e micro-cloud, l'AI consente di allocare dinamicamente le risorse computazionali in funzione del carico e del contesto produttivo, ottimizzando così prestazioni, tempi di risposta e utilizzo dell'infrastruttura. Questo approccio non solo migliora l'efficienza operativa, ma getta le basi per sistemi produttivi completamente autonomi, in cui robot mobili, sensori e infrastrutture comunicano e si adattano dinamicamente alle esigenze del processo. Nel settore della progettazione di dispositivi multifunzionali, che combinino ad esempio funzionalità fotovoltaica ed elettrocromica, capaci di adattarsi alle condizioni ambientali e operative, il machine learning può essere utilizzato per il design predittivo dei materiali, la gestione intelligente dei processi di produzione e il controllo in tempo reale delle

proprietà ottiche ed elettriche dei dispositivi. In questo contesto, l'AI consente non solo di migliorare le prestazioni dei dispositivi, ma anche di sviluppare soluzioni energetiche integrate, ideali per applicazioni BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) e ambienti urbani intelligenti. Infine, nel campo della fotonica avanzata, l'AI è impiegata per potenziare le funzionalità di sistemi laser ultraintensi e ultraveloci, fondamentali per applicazioni scientifiche e industriali di nuova generazione, come l'accelerazione di particelle, la lavorazione di materiali e la diagnostica avanzata. Attraverso tecniche di AI e deep learning, vengono sviluppati strumenti diagnostici ad alta frequenza, sistemi di stabilizzazione automatica del fascio e algoritmi per il controllo adattivo dei parametri laser. In tutti questi ambiti, l'AI può agire da catalizzatore per l'industria del futuro. Anche in questo caso, le tecnologie quantistiche sviluppate nel progetto garantiranno la possibilità di elaborare e scambiare in rete informazioni in modo efficiente ed intrinsecamente sicuro, requisito fondamentale per il pieno sviluppo della trasformazione industriale in atto. Key verticals: energia e ambiente L'utilizzo di protocolli di AI e machine learning, accoppiati a reti Internet ad alte prestazioni, sta rivoluzionando la progettazione e gestione dei dispositivi per la transizione energetica e la sostenibilità. Questi strumenti sono sempre più impiegati nelle energie rinnovabili, come le celle solari, e nel design di materiali avanzati come le etero-strutture a stato solido, aprendo la strada a tecnologie efficienti on-demand. Nel fotovoltaico, il ML accelera la scoperta di nuovi materiali foto-attivi, identificando combinazioni promettenti tra migliaia di candidati, come le celle a perovskite o multi-giunzione. Gli algoritmi, addestrati su dati sperimentali e computazionali, prevedono proprietà ottiche, elettroniche e di stabilità, riducendo gli esperimenti necessari. Anche la fabbricazione beneficia del ML, ottimizzando parametri di deposizione e trattamento termico per migliorare efficienza e durabilità. Parallelamente, l'AI supporta il monitoraggio in tempo reale e la manutenzione predittiva degli impianti, rilevando anomalie nei moduli solari tramite analisi di dati elettrici e immagini termiche, spesso raccolte da droni o sensori. In ambito più ampio, l'AI è cruciale nella modellizzazione di etero-strutture a stato solido, con applicazioni oltre il fotovoltaico. Tecniche di deep learning e modelli generativi aiutano a studiare interfacce tra materiali diversi (es. semiconduttori, isolanti topologici, materiali 2D), dove proprietà emergenti come effetto tunnel o interazioni interstrato sono difficili da prevedere. L'integrazione tra AI, ML e simulazioni quantistiche con atomi ultrafreddi rappresenta una direzione promettente per affrontare sistemi complessi e guidare la progettazione di nuovi materiali per applicazioni ambientali, energetiche e quantistiche. Lo sviluppo di nuove tecnologie di quantum sensing contribuisce anche alla strategia EUSAIR abilitando il rilevamento ambientale per migliorare l'identificazione degli inquinanti nell'aria e nell'acqua. Joining forces Considerando lo scenario internazionale descritto in precedenza, abbiamo deciso di mettere insieme diverse Infrastrutture di Ricerca con caratteristiche sinergiche. AI-PHOQUS mette insieme I-PHOQS, IR nata in ambito PNRR e composta di un network di 4 IR preesistenti censite nel PNIR: il LENS, capofila, CUSBO, ELI e Beyond-Nano. I-PHOQS sta diventando la più grande IR distribuita in Italia, e tra le più grandi al mondo, sui temi delle Tecnologie Quantistiche, della Fotonica e delle loro applicazioni. In AI-PHOQUS, la parte fotonica, per lo sviluppo di sorgenti laser ad alta energia, include una U.O. proveniente dall'IR EUAPS, anch'essa finanziata dal PNRR. Inoltre, altre due IR ESFRI contribuiscono alla parte di Trasformazione Digitale: SobigData, infrastruttura PNRR per la data analytics & AI, e SLICES che sviluppa reti ibride, classiche e quantistiche. La sinergia tra queste IR in AI-PHOQUS ha un altissimo potenziale congiunto di innovazione e costituisce un volano infrastrutturale di alto valore per lo sviluppo industriale ed economico nazionale. La presenza di SobigData e SLICES nella Roadmap ESFRI – in aggiunta allo standing internazionale del LENS – garantisce una prospettiva di livello internazionale ai servizi sviluppati da AI-PHOQUS, nonché alla loro sostenibilità a lungo termine. In questo contesto, il LENS di Firenze, istituito con una Legge del 1991, tra le Infrastrutture di ricerca europee fondatrici della rete europea LASERLAB, sviluppa da oltre trent'anni gran parte delle Tecnologie fotoniche e quantistiche sopra descritte e costituisce un centro nevralgico di interazione e di attrazione su scala internazionale. Pertanto, costituisce certamente, in Italia, una esperienza unica che può essere ampliata ed esportata in altri contesti per potenziare lo sviluppo scientifico e tecnologico, rafforzando il tessuto economico e sociale. Date queste premesse, il focus della proposta di potenziamento è la realizzazione di tre nuove Sedi del LENS in tre diverse regioni del Sud Italia, la Campania, la Puglia e la Sicilia partendo dalle sedi CNR-INO di Pozzuoli (NA), CNR-Nanotec di Lecce e CNR-IMM di Messina, che costituiscono centri di eccellenza, al Sud, da far crescere ed integrare in una Rete nazionale proiettata fortemente su scala internazionale. Gli obiettivi e l'articolazione del progetto L'OR generale del progetto consiste nello sviluppo di servizi ad alto TRL che sfruttino innovazioni sinergiche tra quantum science, AI, fotonica avanzata e reti Internet ibride post-5G. Questo si articola in otto OR: • sviluppo di un'infrastruttura dati & computing aperta, robusta, integrata con EOSC e coerente con i principi FAIR, ed Open Science, che integri nuovi algoritmi affidabili e spiegabili di AI, a supporto di processi innovativi nella quantum science e nelle reti Internet ibride classico/quantistiche • sviluppo di nuovi servizi e infrastrutture operative per quantum simulation, quantum computing distribuito, processi di nanofabbricazione e tecnologie fotoniche e quantistiche innovative a supporto di nuovi paradigmi di AI •

sviluppo di servizi per reti ibride classico/quantistiche basati su sistemi di quantum communication e sensing innovativi e testbed di reti classico/quantistiche estesi a livello regionale • sviluppo di servizi avanzati di sensing classico e quantistico ottimizzati tramite AI sia nella fase di design che di fabbricazione ed operatività. • Sviluppo di servizi integrati per il settore sanitario (salute digitale, bioimaging, biosensing e traslazione clinica) basati su tecnologie innovative fotoniche e quantistiche • sviluppo di servizi per piattaforme industriali innovative che integrano tecnologie di rete, AI e tecnologie quantistiche nei processi di fabbricazione • sviluppo di sistemi avanzati per il fotovoltaico, l'efficientamento energetico e la cura del territorio basati sull'integrazione di nuove tecnologie, sensoristica avanzata, high performance computing, AI. • garantire il coinvolgimento ed il take-up industriale tramite cataloghi dei servizi, formazione specialistica e proof-of-concept sin dalla fase di sviluppo di nuove tecnologie Per raggiungere questi OR, AI-PHOQUS è articolato in nove Work Package (WP) strettamente interconnessi. Oltre al WP9 (Management), un primo WP realizza il "backbone" di AI, analisi e gestione dei dati (WP1), tre WP sviluppano servizi "orizzontali" all'intersezione tra le quattro aree scientifiche di riferimento (WP2-4), tre WP specializzano servizi nelle aree verticali salute, industria, energia & ambiente (WP5-7), un WP è dedicato al coinvolgimento e take-up industriale (WP8). • WP1 realizza una piattaforma di calcolo ad alte prestazioni, gestione dati conforme ai principi FAIR, e modelli di AI affidabili e spiegabili. L'accesso è democratizzato tramite una piattaforma Machine Learning-as-a-Service (MLaaS), rivolta a PMI e comunità scientifica. • WP2 sviluppa architetture computazionali ibride quantistico-classiche, integrando calcolo e simulazione quantistiche, fotonica neuromorfica e apprendimento automatico per simulazioni intelligenti e risoluzione distribuita di problemi complessi. • WP3 crea la base sperimentale e flessibile, orientata al futuro, che combina comunicazione quantistica, reti beyond-5G e orchestrazione intelligente delle reti tramite AI. Abilita casi d'uso avanzati nei settori telecomunicazioni, sensoristica e integrazione edge-cloud. • WP4 amplia i confini della sensoristica classica e quantistica grazie a piattaforme sperimentali integrate con l'AI. Le principali innovazioni comprendono: SNOM assistita da AI per la caratterizzazione nanofotonica; materiali riconfigurabili stampati in 4D; sensori in fibra quantum-enhanced e bio-ibridi ottimizzati con AI; servizi IoT avanzati; scienza degli attosecondi e spettroscopia ottica ultraveloce assistite da AI; spettroscopia avanzata assistita da AI con sorgenti laser non classiche. • WP5 è dedicato alla sanità di nuova generazione, con soluzioni che includono governance dei dati guidata da AI, imaging ottico multimodale e diagnostica interoperabile, abilitando ecosistemi intelligenti per la salute digitale basati su fotonica e rivelazione quantistica. • WP6 sostiene la trasformazione industriale attraverso piattaforme edge-native per la robotica, produzione avanzata di smart devices ottimizzati da AI, e sistemi laser avanzati basati su apprendimento automatico. • WP7 affronta le sfide climatiche ed energetiche attraverso lo sviluppo di Pianificatori Energetici Territoriali (TEP) basati su AI, fotovoltaico di nuova generazione, e strumenti ad alte prestazioni per il monitoraggio ambientale. • WP8 rappresenta il fulcro del trasferimento tecnologico e del supporto all'innovazione, garantendo che i risultati ottenuti siano efficacemente trasferiti a PMI, enti pubblici e all'intero ecosistema dell'innovazione. • WP9 supporta il raggiungimento di tutti gli obiettivi di AI-PHOQUS, garantendo la tempestiva implementazione delle attività del progetto, la coerenza con il budget pianificato, un'efficace comunicazione interna ed esterna, il rispetto delle normative applicabili e la partecipazione attiva di tutte le Unità Operative. Per garantire il successo del progetto la governance è implementata a livello strategico, operativo e consultivo. Il partenariato si doterà di un Management Board (MB), principale organo di gestione, coordinamento e supervisione dell'esecuzione del progetto a livello di rete, nonché di supervisione del raggiungimento degli obiettivi previsti e della relativa spesa. Il MB è inoltre responsabile delle direttive generali e della strategia a lungo termine di AI-PHOQUS. Un Comitato Consultivo Scientifico e Industriale (CCSI) fornisce consulenza sugli sviluppi necessari per mantenere i massimi livelli di offerta scientifica e tecnologica e per garantire produttività e rilevanza per la comunità scientifica e industriale nazionale e internazionale. Il Comitato è composto da scienziati di spicco e rappresentanti di industrie leader nei temi trattati dalla proposta. Oltre al MB e al CCSI sono organi della governance il Coordinatore Scientifico, i Vice-Coordinatori, l'Infrastructure Manager, l'Access Board (responsabile dei servizi di accesso) e i WP Leader. Grazie al suo approccio coordinato e trasversale, AI-PHOQUS posiziona l'Italia come protagonista nella convergenza tra AI, tecnologie quantistiche, fotonica e reti Internet post-5G. L'infrastruttura rafforza la sovranità tecnologica nazionale, sostiene la formazione di competenze interdisciplinari, e getta le basi per una trasformazione digitale sostenibile, sicura e intelligente, in piena sintonia con le priorità strategiche europee.

11C3.3 Regione di localizzazione del progetto

Nel caso di attività progettuali svolte in Regioni più sviluppate o in transizione (max 15%) descrivere le ricadute positive sulle Regioni meno sviluppate in termini occupazionali, di capacità di attrazione di investimenti e competenze,

di rafforzamento della competitività delle imprese e di valorizzazione dei risultati della ricerca e di diffusione dell'innovazione.

2000 car

➤ **11C3.3.1 – Regioni di localizzazione del progetto meno sviluppate**

Indicare la/le regioni di localizzazione delle attività progettuali selezionando dall'elenco delle Regioni meno sviluppate (Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sardegna e Sicilia). Si ricorda che le attività progettuali dovranno essere realizzate nell'ambito di una o più delle Regioni meno sviluppate (Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sardegna e Sicilia), in una misura pari ad almeno l'85% (ottantacinque per cento) del totale dei costi ammissibili esposti in domanda.

CALABRIA, CAMPANIA, PUGLIA, SICILIA

➤ **11C3.3.2 – Regioni di localizzazione del progetto più sviluppate**

Indicare la Regione/le Regioni più sviluppate o in transizione in cui può essere realizzata una parte delle attività progettuali che non superi il 15% dei costi ammissibili.

TOSCANA, VENETO, EMILIA-ROMAGNA, LOMBARDIA, ABRUZZO, LIGURIA, LAZIO

➤ **11C3.3.3 – Regioni di localizzazione del progetto**

I nuovi nodi dell'infrastruttura CNR-LENS a Messina, Napoli e Lecce hanno come obiettivo portare l'eccellenza scientifica dove può generare il massimo impatto, nella ricerca, nello sviluppo sociale, economico e culturale. A Messina, il nodo sarà specializzato nelle applicazioni delle tecnologie fotoniche e dei sensori ottici in silicio per la salute, valorizzando le competenze dell'IMM-CNR in spettroscopia e materiali innovativi. Questo permetterà di valorizzare risorse umane e infrastrutture esistenti, creando nuove opportunità per i giovani ricercatori del Sud e posizionando la città come punto di riferimento per la fotonica biomedicale. Il nodo contribuirà al potenziamento dell'intera Regione Sicilia, che sarà protagonista anche nello sviluppo di reti ibride classico/quantistiche grazie a un testbed sperimentale con tecnologia QKD che collegherà le Università di Palermo, Catania e Messina. A Napoli, il nodo LENS CNR-INO sfrutterà le sue competenze multidisciplinari in ottica e fotonica per sviluppare sensing quantistico in fibra e spettroscopia quantistica avanzata assistiti da AI, affrontando sfide ambientali ed energetiche, con impatti su istruzione, occupazione, innovazione e trasferimento tecnologico nella Regione Campania. Inoltre, si farà leva sulle competenze quantistiche diffuse nell'area campana per impiantare attività di comunicazione, calcolo e simulazione quantistiche. A Lecce, il nodo sarà dedicato alle tecnologie quantistiche in semiconduttori per reti neurali ottiche e simulatori, rafforzando il ruolo regionale nello sviluppo di dispositivi quantistici e sensori avanzati grazie al CNR Nanotec. L'iniziativa si inserisce nella strategia di valorizzazione della Regione Puglia, che punta a rafforzare la leadership nella fotonica. Il nodo si integra con la strategia SmartPuglia 2030, orientata a ricerca applicata e innovazione. La Regione ha già promosso iniziative come l'Avviso "Reti" e il POR 2014–2020, favorendo sinergie tra ricerca e impresa. I laboratori e le apparecchiature scientifiche saranno rafforzati in tutte le sedi, per sostenere le attività previste e ampliare le competenze dell'infrastruttura LENS, già riconosciuta a livello nazionale e internazionale. Il potenziamento si baserà anche su sedi delle tre infrastrutture operanti in Sicilia, Calabria, Campania, Abruzzo, Emilia-Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia e Toscana. Rafforzerà ulteriormente i servizi al Sud integrando le quattro tecnologie di riferimento. Le sedi del Nord svilupperanno servizi con riferimento alle tre sedi LENS potenziate, come descritto in dettaglio nelle singole attività. La sinergia si concretizza nello sviluppo di pilot/simulatori/componenti integrabili nei servizi nelle regioni del sud (ad esempio, le attività previste in Toscana riguardanti esperimenti su reti QKD già esistenti saranno un pilot per i servizi nella rete QKD in Sicilia). L'iniziativa rappresenta quindi un investimento strategico in infrastrutture, competenze e capitale umano. Essa è focalizzata fortemente sulle regioni del Sud, garantendo il potenziamento dell'infrastruttura LENS tramite la creazione di tre nuove sedi, che lavoreranno in stretta sinergia con le sedi delle tre IR partecipanti. Mira a creare condizioni favorevoli per la crescita professionale nel sud, contrastando la fuga di talenti e incentivando il rientro di competenze. Il rafforzamento dei nodi LENS favorirà occupazione qualificata, attrazione di investimenti e collaborazione tra ricerca e industria. Le attività previste garantiranno la creazione al sud di componenti sperimentali unici a livello nazionale e qualità della ricerca di livello internazionale. La sinergia con le infrastrutture già presenti garantisce l'integrazione armonica di tali realizzazioni in una strategia nazionale ed europea coesa. Il progetto ha l'obiettivo di contribuire allo

sviluppo equilibrato del Paese, valorizzando le eccellenze territoriali e integrandole in una rete nazionale di alta specializzazione a beneficio dell'intero sistema Paese.

Coordinatore Tecnico-Scientifico del progetto

Indicare i riferimenti anagrafici e le qualifiche curriculari del Coordinatore Tecnico-Scientifico del progetto.

- **11C4.1: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto - Nazionalità**
Italiana
- **11C4.2: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto – Nome**
Paolo
- **11C4.3: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto – Cognome**
De Natale
- **11C4.4: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto - Codice Fiscale**
DNTPLA63T12F839J
- **11C4.5: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto - E-Mail (non PE)**
paolo.denatale@cnr.it
- **11C4.6: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto – Telefono**
3209223889
- **11C4.7: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto - CV firmato digitalmente**
CV_PaoloDeNatale v. 21 June 2025_signed.pdf
- **11C4.8: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto - Lettera di incarico come coordinatore scientifico di progetto**
- **11C4.9: Coordinatore Tecnico-Scientifico del Progetto - Indicare UO di afferenza del Coordinatore Scientifico**
Istituto Nazionale di Ottica

Referente amministrativo del progetto

- **11C5.1: Referente Amministrativo del Progetto - Nazionalità**
Italiana
- **11C5.2: Referente Amministrativo del Progetto – Nome**
Francesca

➤ **11C5.3: Referente Amministrativo del Progetto - Cognome**

Usala

➤ **11C5.4: Referente Amministrativo del Progetto - Codice Fiscale**

SLUFNC72R46H118J

➤ **11C5.5: Referente Amministrativo del Progetto - E-Mail (non PEC)**

francesca.usala@cnr.it

➤ **11C5.6: Referente Amministrativo del Progetto - Telefono**

0503152237

➤ **11C5.7: Referente Amministrativo del Progetto - CV**

UsalaF_CV_eng_16.06.2025_signed.pdf

➤ **11C5.8: Referente Amministrativo del Progetto - Lettera di incarico**

Manager dell'infrastruttura

➤ **11C6.1: Elementi Distintivi del Manager dell'IR**

L'IM è Daniela Selisca, Tecnologa Senior presso la struttura di coordinamento, il CNR-INO. Ha una lunga esperienza gestionale sia in ambito accademico che CNR, e conosce approfonditamente i meccanismi e il funzionamento di entrambe le tipologie di enti. Laureata, ha conseguito diversi master fra cui il Master di II livello in Management of Research, Innovation and Technology Transfer (School of Business Politecnico di Milano). Ha già coordinato strutture organizzative e progetti. Project Manager dell'IR PNRR I-PHOQS.

OBIETTIVI E FINALITÀ DEL PROGETTO

Obiettivo generale del progetto

➤ **11C7: Obiettivo e finalità del progetto**

Visione e finalità del progetto. 8000 car.

L'obiettivo generale di AI-PHOQUS è creare un nuovo ambiente scientifico interdisciplinare integrato, basato su quattro delle aree scientifico/tecnologiche attualmente considerate più strategiche e con enormi prospettive di impatto. Grazie a tale approccio, saranno sviluppati servizi altamente innovativi alla frontiera delle aree scientifiche coinvolte, generando servizi unici a livello internazionale, a beneficio sia delle comunità di ricerca che delle aziende, con particolare enfasi sulle Regioni in convergenza. In particolare, AI-PHOQUS combina in modo sinergico (i) le scienze e le tecnologie quantistiche; (ii) l'Artificial Intelligence e la Data Science; (iii) la fotonica avanzata; (iv) le reti Internet del futuro. Questa convergenza consentirà ad AI-PHOQUS di creare servizi sia per la comunità scientifica che – soprattutto – del tessuto industriale a tutti i livelli: grandi imprese, PMI e start-up. AI-PHOQUS ambisce a porsi come infrastruttura critica per la transizione digitale del Paese, anticipando una tendenza internazionale di integrazione tra le quattro aree scientifiche, attualmente ritenuta una delle principali linee evolutive dello sviluppo scientifico e tecnologico. Questo approccio combinato, unico in Italia, mira a creare un "effetto moltiplicativo" tra le aree coinvolte, che grazie alla loro sinergia riusciranno a svilupparsi in modo ancora più importante di quanto potrebbero fare in modo isolato. AI-PHOQUS garantirà notevoli avanzamenti scientifici e tecnologici, al contempo rendendo disponibili servizi a

TRL elevato, che consentiranno un rapido “take-up” da parte dei soggetti industriali coinvolti. Per ottenere questo obiettivo, AI-PHOQUS si focalizza sul potenziamento dell'infrastruttura di ricerca LENS, infrastruttura con un track-record di eccellenza internazionale nei settori della fotonica e delle scienze e tecnologie quantistiche. Per supportare la sinergia, al potenziamento contribuiscono: (i) l'infrastruttura di ricerca I-PHOQS, finanziata tramite PNRR, che a sua volta integra le attività del LENS con altre tre infrastrutture di riferimento per le scienze quantistiche e la fotonica (CUSBO, BeyondNano, ELI), inserita in reti infrastrutturali europee (LaserLab Europe, ELI-ERIC); (ii) SoBigData, anch'essa finanziata tramite PNRR, l'unica infrastruttura ESFRI (settore DIGIT) nel settore della Data Analytics & AI; (iii) SLICES, l'unica infrastruttura ESFRI (settore DIGIT) nel settore delle reti Internet e ibride classico/quantistiche. Pertanto, AI-PHOQUS integra le principali Infrastrutture di Ricerca nazionali presenti nelle quattro aree scientifiche di riferimento. La proiezione internazionale è garantita sia dal posizionamento del LENS nel contesto scientifico Europeo e mondiale, sia dalla unicità delle due infrastrutture nella Roadmap ESFRI DIGIT. Il potenziamento proposto si concretizzerà nella creazione di tre nuovi nodi del LENS nelle Regioni in convergenza, in particolare nelle sedi di Napoli, Lecce e Messina. Tali nodi saranno focalizzati su servizi specifici, rispettivamente nelle aree del quantum sensing & communications, delle tecnologie quantistiche in semiconduttori, e delle applicazioni delle tecnologie fotoniche e dei sensori basati sul silicio nel settore salute. I servizi sviluppati da AI-PHOQUS, che riguardano anche le aree della simulazione e calcolo quantistico, delle reti ibride classiche/quantistiche, e dei metodi avanzati alla frontiera tra AI e quantum science, saranno localizzati anche sulle altre sedi partecipanti, ciascuno in stretto collegamento con quanto sviluppato in almeno una delle nuove sedi LENS. Ciò garantirà l'ulteriore potenziamento di tali nuove sedi, che potranno integrare i propri servizi con componenti sviluppati globalmente dal progetto. L'obiettivo generale si articola su un ventaglio di attività di dettaglio, con obiettivi specifici descritti nelle attività previste. In particolare, lavoreremo ad obiettivi che coinvolgono diverse piattaforme sperimentali, dagli atomi ultrafreddi alla fotonica per il sensing, la simulazione e la comunicazione quantistiche, fino al design quantistico di dispositivi laser che offrano prestazioni innovative. Lo sviluppo di nuovi servizi Internet avanzati, che integrano tecnologie quantistiche, è oggetto di un altro insieme di obiettivi specifici. In particolare, verranno sviluppati sia algoritmi basati su quantum computing per l'ottimizzazione delle risorse di rete, che servizi ad ampio spettro – sia partendo da risultati teorici che basati su testbed sperimentali esistenti e nuovi – per lo sviluppo di reti ibride quantum/classiche. Si segnala in particolare l'obiettivo di creare un testbed per sperimentazione di servizi di rete, e relative applicazioni, basato su tecnologie QKD, che colleghi le Università di Palermo, Catania e Messina, collegando ed integrando testbed esistenti per reti avanzate post-5G ed IoT. Tale obiettivo sfrutta l'esperienza già presente – ulteriormente sviluppata in AI-PHOQUS – di un simile testbed tra le Aree CNR di Pisa e Firenze, ponendo quindi la Sicilia alla frontiera della sperimentazione su reti ibride classico/quantistiche. Specifici obiettivi riguardano l'utilizzo di tecnologie di AI per l'ottimizzazione sia delle reti Internet che dei sistemi quantistici, nonché lo sviluppo di servizi alla frontiera tra AI e tecnologie quantistiche, in particolare nel settore del Quantum machine learning. Le piattaforme e servizi sperimentali di AI-PHOQUS saranno coadiuvate e direttamente connesse con la parte teorica computazionale per lo sviluppo ed utilizzo di nuovi e specifici algoritmi di AI e ML classici sia per l'ottimizzazione che per l'automazione di vari processi. Allo stesso tempo, questo intrecciarsi tra simulazione e comunicazione quantistica con AI potrà favorire la definizione di nuovi algoritmi di Quantum AI dedicati. Queste attività pilota sono propedeutiche alla integrazione tra le diverse tecnologie quantistiche e gli algoritmi di AI ed ML, necessari nel futuro ecosistema che si prevede integri sensori, computer e sistemi di trasmissione quantistica, facendo unicamente uso di qubit e non più di bit per la generazione, trasmissione, elaborazione ed interpretazione dell'informazione. Infine, AI-PHOQUS prevede una serie di specifici obiettivi di taglio applicativo, dove i servizi verranno contestualizzati per i settori salute, smart industry, energia & ambiente. L'articolazione degli obiettivi genera la suddivisione in work-package del progetto, che comprendono: (i) il potenziamento delle infrastrutture di computing a supporto delle attività dei nuovi nodi LENS (WP1); (ii) tre work-package “metodologici”, orientati allo sviluppo di servizi di quantum simulation & computing, reti ibride classico/quantistiche e classical/quantum sensing (WP2-4); (iii) tre work-packages “applicativi”, orientati alla contestualizzazione dei servizi metodologici nei settori salute, smart industry, energia & ambiente (WP5-7). Infine, l'obiettivo trasversale di AI-PHOQUS riguarda il trasferimento delle conoscenze esistenti, dei nuovi sviluppi scientifici/tecnologici, e dei relativi servizi, all'ecosistema di aziende nazionali ed internazionali che hanno manifestato interesse alla proposta. Tale obiettivo viene sostenuto da un WP dedicato (WP8), con il compito di creare la “catena di trasmissione” tra le innovazioni di AI-PHOQUS ed il take-up industriale, anche tramite programmi specifici di formazione orientati alle aziende. Oltre all'interesse di una pluralità di aziende leader dei settori coinvolti (da grandi player nazionali ed internazionali fino a PMI e start-up innovative), si segnala l'interesse a collaborare di un significativo numero di Centri di Competenza ed EDIH, che faranno ulteriormente da “volano” per il trasferimento tecnologico alle imprese.

Utilità ed impatto del progetto

➤ 11C8: Contesto progettuale e impatto atteso

Sua efficacia, efficienza e valenza traslazionale, con particolare riferimento al grado di eccellenza, transdisciplinarietà ed unicità del progetto; 6000 car.

Il contesto regionale e nazionale di AI-PHOQUS è illustrato nel Rapporto sulla Valutazione Ambientale Strategica del PNR 2021-2027, che evidenzia il ritardo del Paese (del Sud in particolare) rispetto alla digitalizzazione, soprattutto in materia di nuove tecnologie quali big data e IA; la specializzazione produttiva nei settori ad alta intensità tecnologica delle PMI del Sud è molto al di sotto dei livelli nazionali, mentre il futuro della competitività si gioca sulla transizione industriale, digitale e 'green'. Un grande ostacolo alla transizione è la difficoltà di costruire un dialogo ed un raccordo efficace tra mondo dell'impresa e quello della ricerca, soprattutto a causa della discordanza di linguaggio e di tempistiche tra imprese e ricerca; della difficoltà di trasferimento dei risultati; della carenza di start up innovative e di formazione per chi dirige e coordina le PMI. EFFETTO RETE E MASSA CRITICA. Le nuove tecnologie fotoniche e quantistiche, di AI e di reti Internet esigono un approccio multidisciplinare ed integrato, ed una massa critica di risorse per produrre un vero impatto sulle applicazioni industriali e competere a livello internazionale. AI-PHOQUS propone una stretta sinergia e un co-development a cavallo di queste 4 aree con un approccio sinergico e coordinato che agirà su 3 livelli. A livello locale, di singola sede, lo sforzo congiunto dell'intero consorzio produrrà un salto quantico nella capacità del singolo gruppo di ricerca di svolgere ricerche di avanguardia e realizzare strumentazioni uniche. Ad es., servizi sviluppati in sedi del nord verranno integrati, anche tramite opportune piattaforme di virtualizzazione, nei servizi erogati dalle nuove sedi LENS al sud, potenziando il loro impatto sul territorio. Esempi sono l'utilizzo di pilot di reti ibride con tecnologia QKD già presenti e potenziate al nord, che forniranno la base per gli sviluppi della rete QKD in Sicilia prevista nel progetto, o l'integrazione di servizi di AI e data analytics a beneficio dei servizi sviluppati grazie a nuove tecnologie quantistiche nel settore health, presso la nuova sede LENS di Messina. Per interazione ricerca-industria, AI-PHOQUS collega il bisogno di competenze e strumentazioni di punta con offerta di soluzioni tecnologiche innovative. Le attività del WP8 (catalogo dei servizi, formazione, coinvolgimento in PoC), con la gestione integrata dell'infrastruttura distribuita, consentiranno di creare un marketplace unico a livello nazionale sulle tematiche specifiche delle tecnologie fotoniche e quantistiche che si potenziano mutuamente con le tecnologie di AI & data science e reti Internet del futuro. A livello internazionale, la massa critica di AI-PHOQUS e la fitta rete di relazioni consente di esporre la ricchezza di innovatività e competenze delle unità del Sud in un quadro ampio con la possibilità di alleanze strategiche, progetti di ricerca congiunti, iniziative industriali. Ad esempio, le tre nuove sedi del LENS (Messina, Lecce, Napoli) s'inseriranno nella rete di Infrastrutture Laser "LaserLab Europe" che da quasi 30 anni finanzia l'accesso di ricercatori stranieri in Italia. L'esperienza del LENS a Firenze e di CUSBO a Milano dimostra chiaramente come questo meccanismo produca nelle sedi ospitanti afflusso di nuove idee, progetti di ricerca EU (in particolare ERC), creazione spin-off su specifiche idee innovative, attrazione di giovani ricercatori dall'estero. Inoltre, la presenza nel consorzio di due infrastrutture ESFRI (SoBigData e SLICES) nel settore DIGIT, garantisce l'interazione di AI-PHOQUS con la realtà Europea dell'innovazione digitale, e la sostenibilità futura degli investimenti. FORMAZIONE DI ECCELLENZA. La conoscenza e la formazione avanzata sono alla base del processo innovativo. La struttura a rete e multidisciplinare di AI-PHOQUS è ideale per la facilitazione di programmi di formazione specifici ad alto tasso di specializzazione e di innovatività. L'offerta verrà rivolta sia alla comunità scientifica – con lo scopo di attrarre giovani talenti e formare personale ad elevate competenze tecnico-scientifiche – sia al mondo industriale, come descritto nel WP8. È rilevante la struttura di training già implementata nei progetti I-PHOQS, SoBigData e SLICES, tramite strumenti consolidati quali Laboratory Training Platforms, Secondments, Focus Lectures e Seminars. Per il mondo industriale è prevista anche formazione ad-hoc su nuove competenze (es. quantum cryptography). Ricadute positive si attendono sul territorio con la formazione multidisciplinare su competenze KET e su quell'unicum di interrelazione tra fotonica, tecnologie quantistiche, reti Internet e AI offerto da AI-PHOQUS. COMPETITIVITA' IN PROGETTI EU E RISORSE UMANE. I progetti di sviluppo in AI-PHOQUS consentiranno di migliorare il tasso di successo del Sud Italia in bandi competitivi europei ed internazionali. Il potenziamento delle sedi di Napoli, Lecce e Messina rafforzerà la dotazione strumentale e di competenze di questi tre nodi nevralgici in settori chiave per lo sviluppo scientifico e tecnologico. Il forte valore aggiunto delle collaborazioni e competenze messe a disposizione dalla rete saranno cruciali per supportare proposte progettuali da parte di giovani ricercatori, aumentando l'attrattività della ricerca al Sud – sia accademica che industriale – frenando l'emorragia di giovani risorse e il brain-drain verso l'estero. La presenza di centri di eccellenza in sedi al Sud, collegate in uno schema nazionale di forte complementarità e collaborazione e con solide

relazioni a livello europeo, consentirà di trattenere ed attrarre giovani talenti, che poi potranno sviluppare nuove idee imprenditoriali e potenziare la ricerca nelle industrie del territorio. **STANDARDIZZAZIONE E DEFINIZIONE DI PROTOCOLLI.** La massa critica, i collegamenti con una rete europea e internazionale e l'alleanza strategica con l'industria sono cruciali per avere un peso nella definizione di nuovi protocolli, best practices e standard industriali. Si può citare, ad esempio, l'azione sinergica e ad ampio spettro svolta da alcuni partner di AI-PHOQUS in ambito di protocolli di validazione di dispositivi diagnostici in ottica diffusa, che ha consentito di inserire in alcuni standard internazionali relativi a dispositivi medicali – ad esempio lo standard IEC-ISO su “Cerebral Oximeters” – test non-invasivi su sistemi tessuto equivalente, molto meno penalizzanti per le compagnie europee rispetto alla validazione clinica invasiva tipicamente effettuata in centri specializzati USA. Il crescente mercato dei dispositivi fotonici indossabili è certamente un campo da attenzionare, come pure, in ambiti differenti, la gestione dei dati clinici, gli standard di gestione dati open o i protocolli di comunicazione quantistica integrati con le reti Internet post-5G. **IMPATTO SUL TESSUTO INDUSTRIALE.** La strategia di coinvolgimento industriale (WP8) si avvale di molteplici strumenti: co-progettazione, formazione avanzata, matchmaking, webinar dedicati, proof of concept, L'impatto è bidirezionale, con il trasferimento di nuova progettualità ed innovazione verso l'industria e la sollecitazione da parte dell'industria di sfide tecnologiche e motivazione per l'imprenditoria giovanile. Si prefigura un ottimo impatto in differenti settori chiave. La sensoristica, innanzitutto, ad esempio biomedicale, con sviluppo di sensori e dispositivi innovativi sia per l'indagine clinica sia per ricerca biologica, ma anche per applicazioni legate all'ambiente, il tutto potenziato dalla AI. In quest'ambito la realtà siciliana, rafforzata dal quadro di collaborazioni di AI-PHOQUS, può crescere su un terreno industriale ricettivo. Altri esempi sono le nuove tecnologie quantistiche rivolte sia al computing sia alla comunicazione integrata con reti post-5G, con lo sviluppo di testbed dedicati su scala regionale che abilitano comunicazioni intrinsecamente sicure anche per pubbliche amministrazioni; le applicazioni industriali delle nuove tecnologie quantistiche potenziate da strumenti AI; lo sviluppo di nuovi dispositivi per AI basati su tecnologie quantistiche. Lo sviluppo di quantum sensing e le nuove reti QKD previste contribuiscono inoltre all'impatto nella strategia EUSAIR in questi due settori critici. **MISURARE L'IMPATTO.** La misura dell'impatto di una IR e della rete che la costituisce è un esercizio complesso, non ancora univocamente definito e stabilito; presuppone l'individuazione di indicatori che rendano quantificabili degli esiti che travalicano gli ambiti del progetto e della IR stessa. Ciononostante, la misura dell'impatto è fondamentale per definire la strategia di una IR. Per questo motivo il CNR-INO ha avviato, in collaborazione con UNIFI, un progetto pilota di individuazione degli indicatori d'impatto di una IR (progetto Misura Impatto, MI), prendendo a modello l'IR PNRR I-PHOQS. Il progetto collega gli output delle attività (pubblicazioni, brevetti, contratti con fornitori, ecc) ai loro effetti indiretti (ulteriori brevetti, variazioni occupazionali, innovazione di prodotto, ecc). AI-PHOQUS approfondirà gli studi preliminari del progetto MI e ne sfrutterà i risultati per misurare e valutare l'impatto prodotto dalle proprie attività, e potersi così avvalere di dati quantitativi in ambito decisionale.

➤ 11C9: Sinergie con i progetti del PNRR

I partner di AI-PHOQUS, innanzitutto tramite i progetti IR partecipanti, hanno sviluppato un grandissimo ventaglio di iniziative nell'ambito del PNRR, sia nel settore delle IR, che nell'ambito della ricerca fondamentale. Tali iniziative abbracciano tutte e quattro le aree scientifiche di riferimento per AI-PHOQUS: tecnologie quantistiche, fotonica, AI & Data Science, reti Internet del futuro. Tali risultati sono una delle basi fondamentali per lo sviluppo dei servizi avanzati di AI-PHOQUS. I-PHOQUS: Il LENS è l'IR di riferimento nel network I-PHOQS, creato in ambito PNRR, insieme a CUSBO (Politecnico di Milano), Beyond-Nano ed ELI (CNR) e recentemente consolidato in una Joint Research Unit (I-PHOQS JRU) per garantire la sostenibilità dei servizi post-PNRR. A partire da questa compagine, in forte interazione, ulteriori sinergie esistono soprattutto con PE-NQSTI, sui temi delle Tecnologie Quantistiche, e con CN-ICSC, sui temi della combinazione supercalcolo/calcolo quantistico. Ci sono gruppi che fanno parte di I-PHOQS e che partecipano alla proposta AI-PHOQUS che lavorano anche all'interno di PE-SERICS e PE-RESTART (vedi al paragrafo successivo per maggiori dettagli) sui temi, rispettivamente, della Sicurezza e delle Comunicazioni innovative mentre collaborazioni significative sono in corso con PE-FAIR, sui temi dell'AI. Tra le applicazioni “verticali”, del LENS e delle altre IR del network I-PHOQS, citiamo: (i) la biofotonica, che copre l'intero spettro dalla nanoscopia e microscopia multidimensionale per la comprensione dei meccanismi patologici e fisiologici, la diagnostica clinica non-invasiva, la fabbricazione di nuovi sensori e materiali, l'ingegneria dei tessuti, in sinergia con le IR E-Brains ed EuroBioImaging ed il progetto ANTHEM del Piano Nazionale Complementare (PNC); (ii) la fotonica verde per lo sviluppo di materiali e tecniche di spettroscopia non convenzionali per il rilevamento dei gas, per sistemi di produzione, risparmio e stoccaggio dell'energia, e per il rilevamento di microplastiche e la

gestione dei rifiuti, con il CN-Agritech. Nel settore cosiddetto della “extreme photonics”, che rappresenta l'insieme delle attività nel campo dei laser e della fotonica che sviluppano tecniche di indagine della materia in condizioni estreme esistono forti sinergie con l'IR-EuAPS, che ha anche una U.O. in AI-PHOQUS e con l'Ecosistema Toscano per la Salute (THE). Infine si cita, per la parte digitale e le applicazioni verticali, l'Ecosistema per l'Innovazione iNEST. SoBigData: L'infrastruttura di ricerca SoBigData è coinvolta direttamente nel PNRR con il progetto SoBigData.it per il potenziamento del nodo italiano. Ha stabilito inoltre sinergie con i progetti PNRR: PE-FAIR (Future AI Research), PE-SERICS (Security and Rights in the Cyber-Space), PE-RESTART (RESearch and innovation on future Telecommunications systems and networks, to make Italy more smart), PE-NQSTI (National Quantum Science and Technology Institute) and CN-ICSC (HPC, Big Data e quantum computing). Nata come iniziativa di ricerca collaborativa e oggi riconosciuta come pan-European Research Infrastructure, SoBigData, anche nell'ambito di queste iniziative PNRR, sviluppa un principio ambizioso ma necessario: rendere l'uso dei dati etico, trasparente, responsabile. Non basta più raccogliere o analizzare informazioni — serve comprendere il loro significato e valore sociale. Dietro questa visione c'è un'architettura solida, distribuita in decine di centri europei, che mette a disposizione degli utenti una varietà di strumenti, ambienti di lavoro e competenze. I “Research Spaces” di SoBigData sono il fondamento della IR sviluppati grazie alle sue UO con principi di Open Science: ambienti tematici dove si studiano fenomeni complessi, ogni spazio è co-progettato da un team interdisciplinare ricco di dataset, metodologie e risorse di training. In questo progetto si propone come portatore di innovazione tecnologica e metodi di AI nei settori del quantum e comunicazioni di nuova generazione. In particolare con la IR SLICES questo processo era già iniziato sulle reti di nuova generazione con l'integrazione di AI nel contesto del pervasive computing. Con AI-PHOQUS questo approccio si estenderà anche alle aree delle tecnologie quantistiche e della fotonica. SoBigData non si limita a fornire dati. Offre una piattaforma cloud scalabile pensata per chi lavora nel mondo della ricerca e dell'innovazione: notebook interattivi, container, strumenti visuali e workflow replicabili, tutto integrato nel paradigma FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). Questo significa che ogni componente, ogni dataset, ogni algoritmo è pensato per essere non solo utilizzabile, ma comprensibile, contestualizzato, documentato. SoBigData si propone anche come facilitatore all'interno del progetto per l'integrazione con la European Open Science Cloud (EOSC) e di conseguenza rafforzare la visibilità dei risultati e abilitare collaborazioni a livello nazionale e internazionale. Il potenziamento offerto da AI-PHOQUS contribuisce da un lato alla strategia di sostenibilità prevista dal PNRR, e dall'altro assicura la sostenibilità dell'investimento grazie alla partecipazione nella roadmap ESFRI. SLICES: Le UO partecipanti di SLICES sono coinvolte con ruoli di primo piano in diverse iniziative PNRR, spesso in collaborazione con UO delle altre IR partecipanti. Oltre a contribuire a SoBigData.it, partecipano ai PE RESTART – Telecomunicazioni del Futuro (essendo tra l'altro coordinatori scientifici CNIT e dello Spoke CNR), PE FAIR – Future AI Research (esprimendo tra l'altro la leadership del CTS e delle attività CNR in Spoke 8), PE SERICS – Cybersecurity (coordinamento Spoke CNR), PE-NQSTI (National Quantum Science and Technology Institute) and CN-ICSC (HPC, Big Data e quantum computing), questi ultimi in stretta sinergia con alcune delle UO di I-PHOQS. In particolare, in RESTART le UO di SLICES hanno sviluppato risultati fondazionali nei settori delle reti post-5G, anche in ambienti ibridi classico/quantistico. Hanno inoltre sviluppato soluzioni e piattaforme avanzate per l'Edge computing e l'IoT. In FAIR, le UO hanno sviluppato soluzioni avanzate per l'AI distribuita anche su sistemi a limitate risorse di calcolo ed energetiche. In NQSTI hanno sviluppato algoritmi e testbed per l'integrazione di tecnologie QKD in reti classiche (come il testbed QKD tra le sedi CNR di Pisa e Firenze). In SoBigData hanno sviluppato nodi post-5G e di pervasive computing dell'infrastruttura. Tutti questi risultati sono altrettanti punti di partenza per le attività previste in AI-PHOQUS. Diverse delle infrastrutture disponibili per il progetto sono state acquisite all'interno di questi progetti, come ad esempio: (i) testbed post-5G nelle sedi di Genova, Catania, Palermo, CNR Pisa, Bologna; (ii) testbed per sensing IoT nelle sedi di Messina, CNR Pisa e Bologna; (iii) testbed per reti QDK nelle sedi CNR di Pisa e Firenze. Il loro utilizzo in AI-PHOQUS è uno degli strumenti tramite cui si garantisce sostenibilità a questi investimenti, rendendoli fattore abilitante per i servizi di AI-PHOQUS. In particolare, tali investimenti sono stati inseriti nella strategia di sviluppo di SLICES all'interno di ESFRI, che prevede l'operatività dell'infrastruttura fino almeno al 2042. Pertanto, il potenziamento garantito da AI-PHOQUS da un lato contribuisce a questa strategia di sostenibilità PNRR, e dall'altro rende l'investimento stesso sostenibile, grazie alla programmazione ESFRI.

➤ **11C10: Indicare il carattere integrativo rispetto agli investimenti già realizzati nel PNRR**

A) Missione 4, Componente 2 - Investimento 3.1 del PNRR a titolarità del MUR

➤ **11C11: Strumenti di Open Innovation Attivi**

All'interno di AI-PHOQUS, l'approccio all'open innovation non è solo un orientamento teorico o una previsione futura, ma è già oggi concretamente attivo attraverso una serie di iniziative e strumenti operativi. In particolare, il Work Package 8 rappresenta il cuore di questa apertura verso il sistema produttivo, poiché è proprio al suo interno che si concentrano alcune delle azioni più significative di collaborazione e trasferimento di conoscenza. Uno degli esempi più emblematici è costituito dai Proof of Concept (PoC) collaborativi avviati nell'ambito dell'attività A8.3. In questo contesto, le imprese – con un'attenzione particolare alle PMI – non sono semplici destinatarie di tecnologie sviluppate dalla ricerca, ma partecipano attivamente alla definizione congiunta dei progetti, alla sperimentazione e alla validazione di soluzioni nei settori dell'Intelligenza Artificiale, della fotonica, delle tecnologie quantistiche e delle reti ibride. Il modello operativo adottato è quello del co-sviluppo, basato su un'interazione stretta e strutturata tra ricercatori e tecnici delle aziende, che collaborano lungo l'intero ciclo di vita dei PoC. Questo consente di ridurre i tempi di adozione, diminuire il rischio tecnologico per le imprese e, soprattutto, promuovere una valorizzazione immediata delle tecnologie sviluppate, in contesti industriali concreti. Un secondo elemento già attivo è rappresentato dai percorsi formativi co-progettati con le imprese, previsti nell'attività A8.2. In questo caso, AI-PHOQUS ha avviato un modello innovativo di progettazione della formazione, che parte dall'ascolto dei fabbisogni espressi direttamente dalle aziende e si traduce in corsi su misura, focalizzati su tecnologie emergenti e competenze chiave. L'impresa partecipa alla definizione dei contenuti, alla selezione dei docenti e alla scelta della modalità più adatta di erogazione (in presenza, online o blended). Si tratta, a tutti gli effetti, di un processo di innovazione aperta sul piano delle competenze, in cui la conoscenza viene costruita e trasferita in maniera condivisa e strategica. Un altro esempio di open innovation già operativo riguarda la messa a disposizione delle infrastrutture di ricerca distribuite nei nodi AI-PHOQUS, in particolare a Napoli, Lecce e Messina. Le imprese possono già oggi accedere a laboratori specializzati, ambienti di simulazione, strumentazioni scientifiche avanzate e risorse computazionali. Questo accesso è parte integrante delle attività di PoC, ma rappresenta anche un canale diretto e strutturato per il trasferimento tecnologico e per l'innovazione congiunta. Le strutture dei proponenti verranno significativamente potenziate (LENS in primis) da AI-PHOQUS, ma sono infatti già operative e pronte all'uso per supportare da subito test sperimentali, validazioni tecnologiche e attività collaborative. Infine, anche le attività di promozione e incontro tra imprese e centri di ricerca hanno già avuto un avvio concreto. Verranno pianificati da subito i primi eventi di matchmaking, sia in presenza che online, pensati per favorire la nascita di nuove collaborazioni, lo scambio di idee e la definizione di progettualità comuni. Questi eventi saranno ospitati dai nodi locali e costituiranno un'importante occasione di dialogo aperto tra mondo accademico e mondo produttivo. I co-proponenti di AI-PHOQUS ha già attivato una solida infrastruttura di open innovation, che si articola in progetti di co-sviluppo con le imprese, percorsi formativi progettati congiuntamente, accesso condiviso a risorse tecnologiche avanzate e iniziative di networking. Questi strumenti sono già funzionanti e verranno integrati e potenziati nel modello operativo del progetto, a conferma della forte vocazione del consorzio a costruire un ecosistema realmente aperto, dinamico e produttivo.

➤ **11C12: Strumenti di Open Innovation da Attivare**

Per AI-PHOQUS l'adozione di un approccio di open innovation è un elemento centrale per garantire l'efficacia del trasferimento tecnologico e la valorizzazione industriale delle competenze e delle tecnologie sviluppate nell'ambito dell'IR. La natura distribuita, interdisciplinare e ad alta intensità di conoscenza del progetto rende AI-PHOQUS un contesto ideale per l'attivazione di strumenti di innovazione aperta, intesi come modalità flessibili e collaborative di interazione tra ricerca e impresa. L'obiettivo è duplice: da un lato, favorire l'accesso delle imprese – in particolare le PMI – a competenze, laboratori, tecnologie e risorse avanzate; dall'altro, stimolare processi di co-sviluppo che valorizzino il know-how industriale nella definizione e sperimentazione di nuove soluzioni tecnologiche, con un'attenzione particolare alla replicabilità e all'impatto territoriale. In questo scenario, AI-PHOQUS ha già previsto, in particolare nel WP8, strumenti tipici dell'open innovation, ma è pronto ad attivarne di ulteriori sulla base delle esigenze espresse dalle imprese coinvolte, adottando un modello flessibile, modulare e adattivo. Uno degli strumenti più efficaci, già strutturato nell'attività A8.3, è la realizzazione di Proof of Concept (PoC) collaborativi, con cui imprese e ricercatori co-progettano e sperimentano soluzioni applicative su casi d'uso reali. Questo permette di testare tecnologie AI, quantistiche, fotoniche o di rete in ambienti protetti ma rappresentativi, riducendo il rischio tecnologico e finanziario per l'impresa e favorendo l'adozione industriale. Accanto ai PoC, AI-PHOQUS promuoverà la costituzione di Living Lab, ambienti sperimentali – fisici o virtuali – in cui le imprese, insieme ai ricercatori e agli end-user, partecipano alla sperimentazione di nuove tecnologie. I testbed già presenti nei nodi AI-PHOQUS (in particolare quelli di Napoli, Lecce e Messina) sono la base infrastrutturale ideale per ospitare questi laboratori aperti. Per

stimolare ulteriormente l'interazione con il tessuto produttivo, AI-PHOQUS attiverà Innovation Challenge e Call for Ideas, coinvolgendo startup, PMI e team multidisciplinari nella proposta di use case innovativi da sviluppare in sinergia con i nodi della ricerca. Questi strumenti favoriscono la raccolta di proposte dal basso, stimolano la creatività e permettono di identificare soluzioni non convenzionali. Sarà strategica anche la creazione di laboratori congiunti pubblico-privati, che possono nascere come evoluzione dei PoC di maggiore successo. Sono spazi permanenti di ricerca applicata e prototipazione avanzata congiunte, con accesso condiviso a strumentazione, infrastrutture digitali e capitale umano. Tali laboratori possono concentrarsi su specifiche aree tecnologiche (es. quantum sensing, edge AI, reti 6G) e diventare motori di innovazione territoriale. Un cardine dell'open innovation in AI-PHOQUS sarà anche la piattaforma digitale di accesso ai servizi e tecnologie (attività A8.1). Questo "catalogo interattivo" permetterà alle imprese di consultare l'offerta tecnologica dell'IR, accedere a servizi, prenotare facilities, esplorare casi d'uso e attivare collaborazioni. Sarà uno sportello digitale per l'innovazione, accessibile anche a distanza e costruito con logiche user-friendly. Altri strumenti che AI-PHOQUS prevede includono percorsi di mobilità e interscambio di personale tra enti pubblici e imprese, per favorire il trasferimento di know-how, l'upskilling reciproco e la cross-fertilizzazione culturale. Le imprese potranno accedere a percorsi di formazione co-progettati (attività A8.2), con moduli costruiti ad hoc per i fabbisogni specifici, anche con rilascio di micro-credenziali. L'open innovation sarà infine supportata da eventi di matchmaking, in presenza e online, per facilitare l'incontro tra domanda e offerta di innovazione, promuovere il networking tecnologico e favorire la nascita di consorzi e partenariati. Queste azioni saranno sostenute da strumenti contrattuali flessibili, atti a gestire in modo trasparente e protetto questioni come la proprietà intellettuale, il licensing, la condivisione dei risultati e la valorizzazione industriale. AI-PHOQUS è strutturato come ecosistema dinamico e aperto, in cui ricerca e innovazione crescono a stretto contatto con il mondo produttivo. Gli strumenti di open innovation previsti consentiranno di massimizzare l'impatto industriale delle tecnologie emergenti, rafforzare la capacità di innovazione delle imprese – in particolare al Sud – e generare nuovi modelli collaborativi scalabili e replicabili a livello nazionale ed europeo.

Meccanismi di creazione e trasferimento di innovazione e conoscenza alle imprese

- **11C13: Meccanismi di creazione e trasferimento di innovazione e conoscenza alle imprese**
Incluse le modalità di supporto al loro avanzamento tecnologico. 4000 car

Nel progetto AI-PHOQUS, la creazione e il trasferimento di innovazione e conoscenza verso le imprese si fondano su una strategia integrata e multilivello, realizzata in WP dedicato (WP8). Essa valorizza la sinergia tra ricerca pubblica, tessuto produttivo e infrastrutture di eccellenza. Si prevede l'attivazione di meccanismi strutturati di collaborazione e trasferimento tecnologico, per massimizzare l'impatto delle tecnologie sviluppate (AI, tecnologie quantistiche, fotonica, reti ibride) nei contesti industriali ad alta intensità di conoscenza. Uno dei principali strumenti previsti è la collaborazione di ricerca mediante accordi di ricerca collaborativa, attraverso cui le imprese partecipano attivamente a progetti congiunti con i gruppi accademici, contribuendo alla definizione di casi d'uso e alla co-progettazione di soluzioni sperimentali. Saranno attivati contratti conto terzi o di ricerca commissionata, nei quali i partner dell'infrastruttura AI-PHOQUS metteranno a disposizione competenze, strumentazione e risorse per rispondere a esigenze specifiche delle imprese. È prevista la stipula di accordi quadro e convenzioni operative che regolamentano forme di interscambio strutturato di personale, know-how e infrastrutture tra atenei, enti pubblici e aziende, promuovendo percorsi di mobilità, formazione e contaminazione tecnologica. In questo contesto si inserisce anche la creazione di laboratori congiunti pubblico-privati, spazi di innovazione condivisa per lo sviluppo, la prototipazione e la validazione di tecnologie verticali, nei settori della manifattura avanzata, delle comunicazioni quantistiche e dei sistemi intelligenti distribuiti. AI-PHOQUS promuove la valorizzazione della proprietà intellettuale, attraverso attività di scouting tecnologico, supporto al deposito di brevetti e altri titoli di privativa industriale (software registrato, design industriale), per accompagnare i risultati della ricerca verso l'adozione industriale e il mercato.

Modalità di coinvolgimento delle imprese

- **11C14: Modalità di coinvolgimento delle Imprese**
Descrivere le modalità e i contenuti di tali attività, provvedendo a produrre documentazione probatoria (in allegato) secondo quanto stabilito al precedente Articolo 5, comma 8. allegati

Il progetto AI-PHOQUS ha raccolto 60 manifestazioni di interesse da parte di imprese, PMI innovative, startup e organizzazioni tecnologiche nelle aree prioritarie dell'IR. L'interesse ha particolare ricorrenza nei seguenti ambiti: • Infrastrutture di test-before-invest (AI, IoT, smart city, edge computing) • Servizi di data management, cloud computing e analisi avanzata (AI, ML, NLP) • Formazione, supporto all'innovazione e trasferimento tecnologico • Applicazioni verticali per domini specifici e prototipazione congiunta AI-PHOQUS si basa su una rete consolidata di collaborazioni già attive, nazionali, europee, regionali. Questa doppia direttrice conferma l'esistenza di una massa critica di imprese e soggetti tecnologici potenzialmente in grado di accedere, co-progettare e sostenere i servizi dell'infrastruttura, con un forte orientamento alla sostenibilità post-PNRR. In AI-PHOQUS il coinvolgimento delle imprese è una priorità strategica e trasversale, perseguita attraverso un approccio flessibile e adattivo, in grado di rispondere alle esigenze specifiche dei diversi attori industriali: • Webinar di promozione dedicati alla presentazione delle tecnologie, dei laboratori e delle competenze, customizzato sulle imprese • Sessioni hands-on su tecnologie specifiche per offrire alle aziende esperienze concrete di utilizzo e sperimentazione • Servizi di formazione avanzata progettati su misura • Eventi di matchmaking, sia in presenza sia in forma virtuale • Iniziative di co-progettazione in cui le imprese saranno coinvolte fin dalle fasi iniziali nella definizione di use case, PoC (Proof of Concept) e percorsi di trasferimento tecnologico Grazie a questo approccio flessibile e personalizzato, AI-PHOQUS si propone come un catalizzatore di innovazione, capace di accompagnare le imprese – piccole, medie o grandi – in percorsi di evoluzione tecnologica e competitività, valorizzando le potenzialità dell'infrastruttura in funzione delle reali esigenze del sistema produttivo.

AMBITO TECNOLOGICO DEL PROGETTO

SNSI

➤ 11C15: Aree e tematiche SNSI interessate dal Progetto e contributo innovativo atteso.

- 1. Industria intelligente e sostenibile, energia e ambiente • 2. Salute, alimentazione, qualità della vita • 3. Agenda Digitale, Smart Communities, Sistemi di mobilità intelligente • 5. Aerospazio e difesa

Coerenza del progetto con gli ambiti di specializzazione SNSI e sinergia tra ambiti SNSI e area ESFRI in cui la IR è ricadente, contestualizzazione dell'iniziativa nell'ambito del PNR 2021-2027 e PNIR 2021-2027;2000 car

Principi trasversali

Rispetto dei principi trasversali: sostenibilità e durabilità del progetto proposto, grado di ecosostenibilità degli interventi proposti. 6000 car.

➤ 11C16: Validità della tempistica di progetto.

Per la realizzazione di AI-PHOQUS sono necessari 36 mesi: questa durata progettuale garantisce la sicura fattibilità del progetto senza posticipare immotivatamente il raggiungimento degli obiettivi finali. I tempi sono stati definiti sulla base dell'esperienza svolta nell'ambito del PNRR, in particolare per quanto riguarda gli acquisti di forniture e il reclutamento di personale. Queste due attività sono quelle che più potrebbero incorrere in ritardi, causando a loro volta dilazioni temporali a cascata nella realizzazione del progetto nel suo complesso. La gestione di questo rischio è principalmente basata sulla prevenzione. Pertanto, la programmazione delle tempistiche progettuali ha tenuto presenti le lezioni apprese nelle grandi progettualità precedenti nelle quali, in finestre temporali analoghe, sono stati implementati progetti con maggiore finanziamento e complessità. Per quanto riguarda l'implementazione scientifica, la tempistica del progetto è stata accuratamente pianificata da persone esperte, e pur comportando attività di ricerca e sviluppo all'avanguardia, in alcuni casi ben oltre lo stato dell'arte attuale, si basa sulla vasta e consolidata esperienza acquisita nel corso degli anni dai partner partecipanti. Occorre sottolineare che gran parte dei responsabili scientifici sono già attivamente coinvolti nelle tre IR e si è verificata una elevata "compliance" nell'esecuzione delle attività previste con uno schema consolidato ed efficiente di esecuzione tecnico-

scientifica, e risposta alle richieste. Anche da un punto di vista gestionale tempistica sarà oggetto di grande attenzione: la contrattualistica prevederà tempi certi di consegna delle forniture e una task force di supporto che agevolerà lo svolgimento delle procedure; si utilizzeranno strumenti informatici comuni adatti a condividere tempestivamente informazioni, best practices gestionali e a garantire la veloce individuazione della documentazione; si struttureranno dei sistemi di allerta all'approssimarsi di scadenze procedurali. Una task force di monitoraggio seguirà lo sviluppo dell'intero progetto, favorendo l'emergere precoce di eventuali ritardi o problematiche bloccanti, e quindi supportando l'implementazione tempestiva di interventi correttivi. Il principio di fondo è garantire che, al momento della loro scadenza, gli obiettivi attesi siano sicuramente raggiunti. Il progetto ha definito OR a diversi livelli: 1 OR generale; 8 OR specifici (per ciascun WP tecnico), sotto-OR per ciascun WP che vengono infine mappati in OR per singole attività a cui corrispondono specifici KPI e deliverables. L'esperienza del team di coordinamento (di progetto, di WP e di città), assieme all'articolazione degli OR, garantisce gli strumenti per un continuo ed efficace monitoraggio delle attività del progetto. AI-PHOQUS è un progetto ampio e ambizioso, condotto da 12 enti in sedi distribuite in tutta Italia e articolato in 57 attività diverse. Quella che può sembrare una potenziale pesantezza dell'iniziativa è in realtà il suo punto di forza, anche in favore dei suoi tempi di attuazione: innanzitutto perché le attività sono distribuite e non concentrate in pochi nodi; al tempo stesso, non sono disgregate perché il progetto integra e valorizza una rete di collaborazioni preesistenti, di laboratori e ricercatori già abituati a lavorare insieme e con una profonda conoscenza delle competenze e risorse reciproche. Laboratori e ricercatori che sono quindi già in grado di essere operativi insieme dal primo giorno di progetto, e capaci di supportarsi vicendevolmente se fosse necessario recuperare qualche eventuale ritardo.

➤ **11C17: Qualità economico-finanziaria del progetto in termini di economicità della proposta e sostenibilità finanziaria**

AI-PHOQUS è un progetto molto ambizioso, per la cui realizzazione viene avanzata una richiesta di finanziamento decisamente contenuta, poiché la proposta utilizza in modo efficiente le risorse finanziarie in relazione agli obiettivi del progetto. Questo è possibile per l'economicità intrinseca del progetto, il cui successo è determinato solo in parte dalle spese – comunque indispensabili – che verranno sostenute. I costi previsti sono variamente distribuiti sulle voci di acquisto di attrezzature, reclutamento di personale, attività di open science e accesso all'IR, disseminazione dei risultati, strutturazione di servizi per le imprese, interventi edilizi; tutti questi costi sono stati calcolati sulla base di esiti di procedure analoghe (quindi in buona parte nel rispetto del miglior rapporto qualità prezzo) o in base a tariffari/costi standard, e quindi ricalcano fedelmente le risorse aggiuntive davvero necessarie allo svolgimento delle attività di progetto. Il progetto prevede la strutturazione di nuovi e innovativi servizi per le imprese sfruttando la realizzazione di nuove facilities e attrezzature solo laddove indispensabili, e preferendo in tutti gli altri casi l'integrazione offerta dalla rete di progetto, massimizzando così lo sfruttamento sinergico di attrezzature in parte già disponibili e determinando un elevato rapporto costi/benefici. I costi di personale sono quasi totalmente dedicati all'assunzione di personale aggiuntivo a tempo determinato, nei limiti imposti dal bando, ma in massima parte sono di fatto coperti dal cofinanziamento fornito dagli enti partecipanti attraverso la disponibilità del personale strutturato. Queste risorse proprie, attraverso le quali gli enti partecipanti sostengono il progetto, non verranno a mancare dopo la fase di finanziamento, assicurando così un grosso contributo alla sostenibilità futura. La compagine progettuale ha la capacità e l'intenzione di mantenere in esercizio i nuovi nodi LENS realizzati nell'ambito di AI-PHOQUS e la rete di supporto costituita dalle IR che li realizzano. Sia in corso di progetto che successivamente i partecipanti intendono sostenere l'iniziativa anche erogando servizi a terzi, attivando collaborazioni con privati e partecipando congiuntamente a bandi di finanziamento nazionali ed europei, allo scopo di garantire il finanziamento degli accessi e l'aggiornamento tecnologico futuro. L'innovatività del progetto, le prospettive di sviluppo che esso propone e il suo focus sul meridione hanno già stimolato l'interesse degli enti territoriali, che potranno sostenerlo nella loro programmazione. Anche sulla base dei monitoraggi della performance di cui al punto a.5 della sezione "Obiettivi e finalità del progetto" verranno redatti appositi piani pluriennali di gestione e manutenzione, per programmare e ottimizzare l'utilizzo delle risorse future.

➤ **11C18: Ricavi previsti per la IR a valle delle implementazioni previste nel progetto**

NOTA METODOLOGICA Il progetto AI-PHOQUS potenzia la Facility LENS con la creazione di 3 sedi al sud ed al tempo stesso la inserisce in una rete di tre infrastrutture (I-PHOQS, SoBigData, Slices) con l'aggiunta del polo pisano di EuAPS. Nel calcolo dei costi e dei ricavi, ci si è riferiti principalmente all'esercizio delle infrastrutture al sud, considerando una certa percentuale di costi delle sedi del centro-nord per garantire il funzionamento dei servizi integrati e della rete nel suo complesso e al contempo

riconoscendo nelle entrate la corrispondente quota parte raccolte da queste unità e messe a servizio di AI-PHOQUS. Nel concreto, si è fatto riferimento ai nostri ricavi e costi effettivi di esercizio relativi ad una infrastruttura ad accesso fisico, riconosciuti dalla UE per il calcolo della User Fee nell'ambito di LaserLab (cui afferisce LENS e CUSBO). Questi dati costituiscono una base solida e realistica per la stima dell'operabilità della infrastruttura potenziata. La componente meno deterministica nella stima dei ricavi è quella relativa al finanziamento da bandi competitivi. L'assunto di calcolo su cui ci siamo basati è che il potenziamento dovuto ad AI-PHOQUS e "l'effetto rete" porti ad un tasso di successo confrontabile con lo storico di LaserLab nelle sedi esistenti. Per contro, una quota parte del finanziamento acquisito dalle sedi del centro-nord (proporzionale alla percentuale di finanziamento AI-PHOQUS), viene valorizzata in AI-PHOQUS per il mantenimento del network e la sinergia tra i vari centri. **STIMA DEI RICAVI 1. PROVENTI DA SERVIZI NON-FREE ACCESS RIVOLTI ALL'INDUSTRIA:** questa voce comprende tutti i proventi da servizi a pagamento rivolti al mondo industriale, erogati in varie forme: i) accesso diretto all'infrastruttura su base di giorni di utilizzo (sistema User Fee, con fattore correttivo rispetto ai costi effettivi); ii) contratti di ricerca industriale, o servizi di co-creation; iii) consulting; iv) servizi di taratura o prove tecniche materiali. Nel complesso si stimano questi introiti per 2,000,000 euro/anno. Questo ammontare è inferiore al tetto massimo del 20% per attività economica svolta, prevista dal bando infrastrutturale. La stima è corroborata dallo storico, dall'elevato numero di espressioni di interesse inoltrate dal mondo industriale per la proposta AI-PHOQUS ed anche dai contratti industriali già in essere (e.g. con Leonardo S.p.A.). **2. RICAVI DA ALTA FORMAZIONE SPECIALISTICA:** questa voce comprende introiti da corsi di formazione erogati dall'infrastruttura, servizi di training dedicati all'industria, indennizzi per organizzazione di scuole e laboratory training platform. Sono inclusi anche finanziamenti esterni per borse di dottorato dedicate all'infrastruttura ottenute anche su base di bandi Marie Skłodowska-Curie. Valore = 400,000 euro/anno. **3. ACCORDI ONEROSI CON IMPRESE PER VALORIZZAZIONE KNOW-HOW/IP E PROVENTI DA ROYALTIES SU BREVETTI E LICENZE:** valore stimato 285,000 euro/anno. Basato su 10 spin-off, 20 brevetti attivi e un rateo del 3-5% annuo, trasferimento graduale. **4. FINANZIAMENTI ORDINARI GOVERNATIVI (FOE/FFO, strutturali):** Valore stimato 7.625.000 €/anno finalizzato prevalentemente alla copertura dei costi di personale tecnico/scientifico a tempo indeterminato e parte dei costi di gestione struttura. **5. FINANZIAMENTO DA BANDI COMPETITIVI NAZIONALI/INTERNAZIONALI:** Valore annuo stimato 7.150.000 €/anno comprensivo dei rimborsi riconosciuti per l'utilizzo dell'infrastruttura (User Fee) in progetti di ricerca o accesso ricercatori esterni. **TOTALE STIMATO:** 17.460.000 €/anno **ALLINEAMENTO TRA COSTI E RICAVI** Il piano presenta un totale costi pari a 16.875.000 €/anno ed entrate per 17.460.000 €, con un disavanzo positivo di 585.000 €/anno. Poiché questa tipologia di infrastrutture pubbliche non può operare su una linea di credito per la gestione ordinaria, questo disavanzo positivo serve a garantire l'operabilità in condizioni di fluttuazioni imprevedibili dei finanziamenti esterni, nonché la copertura di spese impreviste. L'eventuale surplus accumulato ed ulteriori eccedenze verranno investite prioritariamente in risorse di personale TD con effetto moltiplicativo sull'utilizzo della strumentazione e sulla disponibilità di supporto ad accesso esterno con potenziamento della capacità di vincere bandi competitivi. Inoltre, consente di limitare il "brain drain" e formare giovani talenti per la ricerca scientifica ed industriale e la nuova imprenditorialità.

➤ **11C19: Costi annui previsti per la gestione delle IR**

NOTA METODOLOGICA L'approccio adottato per stimare i costi della IR potenziata ed integrata ricalca quanto già esplicitato nella sezione ricavi, con una stima che parte dallo storico delle infrastrutture LaserLab in Italia rimappato sul potenziamento delle unità al sud con una quota parte delle unità del centro-nord proporzionale al finanziamento AI-PHOQUS. Queste stime, partendo da circa 9.700 giorni complessivi di accesso fisico effettivo (interno ed esterno), portano ad un costo di esercizio di circa 1700€/day, pienamente compatibile con il costo medio dichiarato a livello EU per IR laser di medie dimensioni (range 800-2400). La corrispondente User Fee riconosciuta dalla EU a parziale rimborso è inferiore, implementando un criterio di co-finanziamento. **STIMA DEI COSTI OPERATIVI ANNUI 1. CONSUMABILI E MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA DELLE STRUMENTAZIONI:** Questi costi comprendono ad esempio le spese legate all'erogazione dei servizi, come gas tecnici e logistica, la componentistica minuta meccanica, ottica ed elettronica, la manutenzione della strumentazione, con una stima complessiva di 1.700.000 €/anno. Questa voce è supportata principalmente dai contratti di ricerca, OVH di progetti europei e contratti industriali. **2. PERSONALE RICERCATORE E TECNOLOGO A TEMPO INDETERMINATO:** L'aggregato dei costi per ricercatori e tecnologi a tempo indeterminato è pari a 5.100.000 €/anno. Questi costi sono coperti attraverso il FOE/FFO, e i fondi strutturali del CNR. **3. PERSONALE TECNICO A TEMPO INDETERMINATO:** I costi ammontano a 500.000.00 €/anno. Anche questi costi sono coperti principalmente attraverso il FOE/FFO. **4. PERSONALE RICERCATORE E TECNICO A TEMPO DETERMINATO, POST-DOC E PHD:** Questi costi comprendono le spese di

personale tecnico-scientifico non di staff dedicato alla gestione operativa delle strumentazioni e supporto tecnico, allo sviluppo di nuovi apparati e alla ricerca interna alla base dell'avanzamento scientifico-tecnologico dell'Infrastruttura. Sono compresi i costi per coprire borse di dottorato e contratti post-doc. Il costo annuo stimato è di 2.700.000 €/anno. Questi costi sono finanziati principalmente dai ricavi generati dagli accessi industriali, dai bandi PNRR/FESR e da bandi di ricerca competitivi. 5. COSTI DI GESTIONE STRUTTURA: Questi costi comprendono varie voci, quali la quota parte di stipendi del personale amministrativo, i costi per locazioni ed utenze, gli oneri per la sicurezza, i contributi versati ad enti terzi per laboratori ospitati presso istituzioni differenti. Non è facile enucleare in maniera analitica questi costi in quanto spesso sostenuti dalla struttura di più alto livello (CNR, Università) in forma aggregata. Si è pertanto optato per una valorizzazione complessiva a livello forfettario nella misura del 25% del totale dei costi diretti, come generalmente riconosciuto a livello europeo per i finanziamenti a IR, per un totale di 3.375.000 €/anno. Questi costi sono finanziati da un mix di gestione multilivello, FOE/FFO e OVH di bandi competitivi, in parte ribaltati sulla sede centrale. 6. INVESTIMENTI PER POTENZIAMENTO STRUMENTALE: La necessità di aggiornare e rinnovare la strumentazione prevista per il mantenimento e l'evoluzione della strumentazione è stimata in 3.500.000 €/anno. Questa voce è la più flessibile e adattativa, dipendendo molto dalle opportunità di finanziamento su base competitiva, donazioni e fondi dedicati. Chiaramente questi investimenti consentono di potenziare l'attrattività della IR e mantenerla a livello dei principali competitors a livello mondiale. Peraltro, sono costi che non impattano sul metabolismo basale della IR e possono essere adattati al flusso di finanziamenti in ingresso con costanti di tempo ragionevolmente lunghe per ammortizzare le fluttuazioni di breve periodo. TOTALE COMPLESSIVO COSTI STIMATI: 16.875.000 €/anno

RISPETTO DEL PRINCIPIO DNSH (ARTICOLO 17 DEL REGOLAMENTO (UE) 2020/852)

➤ 11C20: Verifica del rispetto del principio DNSH.

AI-PHOQUS è realizzato nel pieno rispetto del principio di “non arrecare un danno significativo per l'ambiente” (DNSH) (art. 17 Reg. UE 2020/852) e dei principi di neutralità climatica (art. 73 Reg. UE 2021/1060). AI-PHOQUS si conforma alle prescrizioni e raccomandazioni del Rapporto Ambientale e correlati Allegati del PN RIC FESR 2021-2027 (Procedura VAS, D.lgs. 152/2006 e s.m.i.) per il Settore 004 (Investimenti in capitale fisso in centri di ricerca pubblici direttamente connessi alle attività di ricerca e innovazione) e il Settore 008 (Investimenti in beni immateriali in centri di ricerca pubblici connessi alle attività di ricerca e innovazione). Il progetto verrà svolto in strutture del CNR e di università pubbliche governate da regolamenti inderogabili in materia ambientale, che puntano alla prevenzione quale fattore principale di minimizzazione del rischio. Non sono ammesse – e non sono previste dal progetto – attività che: causano emissioni significative di gas a effetto serra; aumentano l'impatto del clima su ambiente e persone; danneggiano acque (marine, superficiali, sotterranee) ed ecosistemi, o la conservazione di specie e habitat; sono inefficienti nell'uso delle risorse; aumentano significativamente la produzione di rifiuti o i rischi ambientali del loro trattamento, oppure le emissioni in aria, acqua o suolo. L'intera operatività degli enti, rispetto alla quale AI-PHOQUS non presenta fattori di rischio ulteriori, si conforma al d.lgs 152/2006 (Testo unico ambiente). Ulteriori misure specifiche di AI-PHOQUS: - le sorgenti laser useranno il pompaggio a diodi, la cui elevata efficienza riduce notevolmente il consumo energetico; - le configurazioni laser prevederanno il raffreddamento ad acqua a circuito chiuso, con notevole riduzione del consumo di acqua; - si preferiranno sistemi criostatici a circuito chiuso con minime perdite di gas di lavoro; - il consumo energetico degli impianti digitali (server, dispositivi di memorizzazione, etc.), è monitorato in modo continuo per affrontare tempestivamente ed efficacemente eventuali problematiche con potenziale impatto ambientale; - gli impianti di condizionamento e gli altri servizi correlati funzioneranno con il minimo consumo energetico; - in genere non sono previsti prodotti di scarto, la produzione di rifiuti è minima.

➤ 11C21: Rappresentazione dei fattori di rischio e azioni di mitigazione previste

Il rischio di un non pieno successo di AI-PHOQUS è ampiamente mitigato sia da una strategia di implementazione accurata che da una comprovata competenza dei partecipanti, sia come enti che come personale. Inoltre, il progetto è stato pianificato con una governance ben strutturata, stabile ed efficace. Le misure d'intervento si basano soprattutto sulla prevenzione grazie a un piano di gestione del rischio coordinato dalla task force di monitoraggio del progetto. Rischi PERSONALE probabilità bassa, gravità media. Reclutamento di personale di ricerca diverso da quanto previsto; Squilibrio di genere. Misure: Ampia pubblicizzazione delle offerte di lavoro sui principali canali di reclutamento, inclusi i social media; Gender balance in tutte le commissioni di concorso; scambio di personale tra i partner. Rischi ESECUZIONE

probabilità media, gravità media. Stima dei costi inadeguata; Ritardi progettuali; Diffusione di una nuova tecnologia che rende obsoleta la tecnologia dell'infrastruttura. Misure: Accurata stima dei costi e ripartizione dinamica del budget per un'eventuale riallocazione; Responsabilità e distribuzione del lavoro nella fase di implementazione ben definite; Monitoraggio regolare degli avanzamenti scientifico-tecnologici e tempestiva ripianificazione. Rischi ESECUZIONE probabilità media, gravità alta. Mancanza di soluzioni pronte all'uso per le esigenze emerse durante l'implementazione o l'esercizio; Complicazioni impreviste legate alle apparecchiature specializzate; Ritardi nel rendere le apparecchiature disponibili per gli utenti; Carenza di pezzi di ricambio; Ritardi procedurali nei contratti di approvvigionamento; Ritardi nelle forniture; Misure: Condivisione di hardware critico tra i partner; Monitoraggio continuo dell'avanzamento acquisti e dei progressi tecnico-scientifici; Predisposizione di piani di backup; Creazione di un magazzino per i ricambi critici con lunghi tempi di consegna; Predisposizione di piani di manutenzione ordinaria e straordinaria per ridurre i rischi di interruzioni del funzionamento; Programmazione rigorosa dell'agenda amministrativo-procedurale; Contratti di fornitura con date ben definite di consegna; Collaborazione costante fra personale di ricerca e amministrativo per favorire la speditezza delle procedure.

Descrivere

- i fattori di rischio legati alle attività progettuali e le misure di mitigazione finalizzate al rispetto del principio DNSH nell'attuazione del progetto
- le prescrizioni del Rapporto Ambientale del PN RIC che saranno adottate;
- gli standard di settore e la normativa ambientale che saranno applicati

2000 car.

OBIETTIVI E FINALITÀ DEL PROGETTO

➤ 11C22: Obiettivo e finalità del progetto in coerenza con gli interventi proposti

A.1 – Interventi per la realizzazione o ampliamento di facilities e risorse per la ricerca L'infrastruttura AI-PHOQUS si articola attorno a tre nodi di punta, Napoli, Lecce e Messina, ognuno destinato a guidare l'innovazione in comunicazioni quantistiche sicure, scienza dei materiali avanzata e sensing distribuito. Intorno a questi, una costellazione di sette siti di supporto fornirà il software, la potenza di calcolo e i servizi specialistici necessari a trasformare capacità individuali in un ecosistema di ricerca realmente integrato. Il nodo di Napoli ospiterà l'hub principale di Distribuzione di Chiavi Quantistiche (QKD). Gli interventi di adeguamento dei locali permetteranno un'integrazione fluida nell'anello sperimentale QKD Palermo-Catania-Messina, dotando la struttura di switch programmabili e moduli di sincronizzazione quantistica. I ricercatori sperimenteranno link sicuri radio-ottico-quantistici con radio a onde millimetriche programmabili e metasuperfici intelligenti, mentre robotica su server di periferia e piattaforme SAR ad alta sensibilità inaugureranno nuovi paradigmi per il monitoraggio ambientale e la sorveglianza. Contemporaneamente, banchi di prova per celle solari a perovskite, silicio e tandem, affiancati da sorgenti laser e analizzatori di spettro, posizioneranno Napoli come punto di riferimento per la prototipizzazione di dispositivi energetici rinnovabili in condizioni realistiche. Il nodo sarà inoltre un centro sperimentale per applicazioni che riguardano sia il sensing classico e quantistico in fibra ottica assistito da IA, sia sulla spettroscopia avanzata con sorgenti laser non classiche assistita da IA. Grazie alle competenze tecniche e multidisciplinari degli istituti coinvolti, le suddette linee di ricerca troveranno applicazione in problematiche di ampio interesse quali l'analisi ambientale, il monitoraggio sismico, i cambiamenti climatici e la transizione energetica. Intervento infrastrutturale: Napoli verrà dotata di switch programmabili, moduli di sincronizzazione quantistica, radio a onde millimetriche programmabili, metasuperfici intelligenti, server di periferia per robotica integrata, piattaforme SAR ad alta sensibilità e banchi di prova per celle solari (perovskite, silicio, tandem) comprensivi di sorgenti laser e analizzatori di spettro. Inoltre, si renderà necessario l'allestimento di laboratori dedicati all'attività di sensing in fibra ottica e all'attività di spettroscopia avanzata. Lecce diventerà il centro di eccellenza per materiali di nuova generazione e simulatori quantistici. Le sue camere bianche, potenziate con controlli climatici di precisione e sistemi di stabilizzazione dell'alimentazione, ospiteranno piattaforme laser ultraveloci per studi ad attosecondi, postazioni di wire-bonding per la fabbricazione di dispositivi nano-elettro-ottici e suite di caratterizzazione tomografica ed elettrochimica ad alta risoluzione. Due specialisti dedicati in machine learning integreranno l'AI negli esperimenti sulle beamline, accelerando il passaggio dalla scoperta di materiali al prototipo di prova nel giro di pochi mesi. Intervento infrastrutturale: Lecce sarà dotata di camere bianche con controllo climatico di precisione e stabilizzazione di potenza, piattaforme laser ultraveloci a impulsi attosecondi, postazioni di wire-bonding per dispositivi nano-elettro-ottici, suite di caratterizzazione tomografica ed elettrochimica ad alta risoluzione e workstation dedicate con GPU per l'integrazione di algoritmi di machine learning. A completare il triangolo

dei nodi principali, Messina sarà adeguata sia per il sensing di alta precisione sia per l'orchestrazione di rete. Nuove matrici LIDAR e sorgenti a cascata laser consentiranno la mappatura tridimensionale dell'ambiente, mentre switch programmabili e moduli di sincronizzazione quantistica garantiranno link a latenza ultra-bassa attraverso l'anello QKD in Sicilia. Un ingegnere di rete residente gestirà il portale "QKD as a Service", consentendo ai collaboratori esterni di richiedere chiavi sicure on demand. Strumenti avanzati di analisi monitoreranno le prestazioni dei link in tempo reale, permettendo diagnosi rapide dei malfunzionamenti e riconfigurazioni dinamiche dei canali quantistici. Intervento infrastrutturale: Messina sarà equipaggiata con matrici LIDAR per mappatura 3D, sorgenti a cascata laser, switch programmabili, moduli di sincronizzazione quantistica, server ad alta disponibilità per il portale "QKD as a Service" e strumenti di analisi in tempo reale per il monitoraggio e l'ottimizzazione dei link quantistici. Oltre a questi tre pilastri, sette siti di supporto apportano competenze mirate: Rende: garantirà accesso ininterrotto alle risorse di calcolo quantistico, operando nodi ad alta disponibilità e supportando framework di quantum machine learning e orchestrazione di job ibridi. Le relative unità operative perfezioneranno toolkit quantistici open source, assicurando la piena interoperabilità tra gli algoritmi sviluppati in Pisa e gli esperimenti reali. Intervento infrastrutturale: Rende installerà nodi quantistici ad alta disponibilità con rack ridondati, quantum-ML frameworks preinstallati, orchestratori di job ibridi classico-quantistici, emulatori NISQ e console di monitoraggio dedicate. Bari: arricchirà la pipeline dei materiali con nanofabbricazione avanzata: camere MBE e sistemi di deposizione con laser pulsato cresceranno materiali fotonici di nuova generazione. Laboratori di nanometrologia e spettroscopia ottica qualificheranno ogni campione prima del passaggio alla linea di fabbricazione di Lecce. Intervento infrastrutturale: Bari sarà dotata di camere MBE, sistemi di deposizione con laser pulsato, attrezzature di nanofabbricazione (e-beam, FIB), laboratori di nanometrologia, spettroscopia FTIR e RAMAN e postazioni SEM/EDX. Pisa: sarà il fulcro della gestione FAIR dei dati e delle grandi risorse di calcolo. Accanto a gateway cloud per hardware quantistico reale, compatibili con Qiskit e PennyLane e supportati da garanzie di Quality of Service, verrà implementata una piattaforma AI per acquisire, catalogare e pubblicare dataset secondo standard aperti. Cluster ad alte prestazioni e storage sicuro permetteranno di elaborare dati multimodali su larga scala, addestrare modelli di machine learning complessi e distribuirli come servizi condivisi a supporto degli esperimenti di Napoli, Lecce e Messina. Intervento infrastrutturale: Pisa disporrà di gateway cloud compatibili Qiskit e PennyLane, cluster HPC e nodi GPU-accelerated, storage sicuro a oggetti e server per virtualizzazione di hardware quantistico, oltre a una piattaforma AI per la gestione FAIR dei dati. Firenze: spingerà i confini della prototipizzazione fotonica, quantistica e del sensing in tempo reale, anche aggiornando le infrastrutture di caratterizzazione e test disponibili. I ricercatori utilizzeranno i sistemi aggiornati per realizzare nuovi ricevitori ibridi stampati 3D per la comunicazione ottica wireless e l'energy harvesting, integreranno moduli laser a cascata quantica ottimizzati con simulazioni quantistiche con atomi ultrafreddi, e svilupperanno nuove tecniche e devices per il sensing e la comunicazione quantistica. Un cluster di edge computing di alto livello costituirà un banco di prova per l'inferenza distribuita dell'AI, fornendo analytics a bassa latenza che guideranno gli esperimenti in tutto il network. Intervento infrastrutturale: Firenze aggiornerà sistemi e infrastrutture per la caratterizzazione e la stampa di materiali ottici per comunicazione OWC, anche in range di lunghezze d'onda non convenzionali mediante l'acquisizione di moduli laser a cascata quantica; espanderà le proprie capacità nella realizzazione di sistemi per comunicazione e sensing quantistici. Si doterà inoltre di sistemi LIDAR integrati, cluster di edge computing con appliance NVMe, server GPU-based per analytics in tempo reale e toolchain embedded per lo sviluppo di sensori. Bologna: si concentrerà sull'infrastruttura di rete a lunga distanza, dispiegando switch programmabili, moduli di sincronizzazione quantistica e transceiver DWDM per costruire un backbone in fibra ottica ad alta capacità. Gli specialisti di rete sottoporranno i collegamenti a stress test reali, garantendo che le chiavi sicure da Messina e i flussi di sensori da Napoli viaggino con throughput costante e jitter minimo. Intervento infrastrutturale: Bologna installerà switch programmabili, moduli di sincronizzazione quantistica rack-mount, transceiver DWDM e tester di rete per stress-test di throughput e jitter, affiancati da sonde ottiche e RF integrate in sistemi di automazione. Genova: ospiterà un laboratorio dedicato all'analisi di rete e ai test DWDM, con piattaforme di distribuzione del clock ad alta precisione che assicureranno un allineamento sub-nanosecondo tra i nodi. I loro benchmark e strumenti di diagnostica diventeranno lo standard del consorzio per le prestazioni end-to-end. Intervento infrastrutturale: Genova disporrà di master clock ad alta precisione, testbed DWDM, oscilloscopi a campionamento, analizzatori di spettro, contatori di fotoni e server di controllo per benchmark e diagnostica. Milano: completerà le capacità analitiche con stazioni di spettroscopia ottica ultraveloce per catturare le dinamiche femtosecondo e suite di imaging tomografico per ricostruzioni tridimensionali a risoluzione micrometrica. Queste analisi aiuteranno a ottimizzare le geometrie dei dispositivi e a valutarne le prestazioni in condizioni operative, facilitando la transizione dal laboratorio al campo. Inoltre, verranno sviluppate tecniche di imaging cellulare avanzato e monitoraggio clinico non-invasivo. Intervento infrastrutturale: Milano vedrà l'installazione di stazioni di spettroscopia ultraveloci (pump-probe al femtosecondo), sistemi ad alto throughput per imaging e sensing di tessuti biologici, suite di imaging

tomografico con micron-resolution (μ CT), microscopi elettronici, server HPC dedicati, storage ad alta velocità e postazioni AI-powered per analisi e ottimizzazione geometrica dei dispositivi. A legare ciascun nodo in un unico quadro organico, il livello digitale trasversale comprenderà il portale CAT-TEC per esplorare le strutture disponibili, prenotare fasce orarie e monitorare i dati di utilizzo da remoto; strumenti di orchestrazione federata e pianificazione carbon-aware per allocare dinamicamente risorse di calcolo, quantistiche e di laboratorio sul network; un'API "QKD as a Service" per semplificare le richieste di chiavi sicure e la loro integrazione nelle applicazioni; dashboard in tempo reale per monitorare risultati sperimentali, consumi energetici e metriche di collaborazione; infine, cybersecurity di livello industriale e computation privacy-preserving con crittografia end-to-end, architetture zero-trust e enclave sicure a tutela di ogni flusso dati, classico e quantistico. Insieme, questa costellazione federata di Napoli, Lecce, Messina e dei loro nodi di supporto darà vita a un ecosistema di ricerca integrato e multisettoriale, pronto ad affrontare le sfide più ambiziose all'intersezione tra scienza quantistica, fotonica e intelligenza artificiale. a.2 – Interventi di adeguamento strutturale e impiantistico delle facilities Per consentire la piena operatività delle nuove facilities, AI-PHOQUS prevede interventi specifici di adeguamento degli spazi e della dotazione tecnica in ciascun nodo, orientati a garantire l'integrazione dei nuovi strumenti, assicurare la compatibilità normativa e migliorare l'efficienza energetica e la resilienza delle infrastrutture. Napoli: adeguamento degli spazi per ospitare le apparecchiature di QKD, robotica su server di periferia e banchi di prova ottici, nonché allestimento di sale dedicate ai sistemi di radio-ottico-quantistico e alle piattaforme SAR ad alta sensibilità. Lecce: riconfigurazione delle camere bianche e dei laboratori per accogliere piattaforme laser ultraveloci, postazioni di wire-bonding e suite di caratterizzazione tomografica ed elettrochimica, accompagnata dal potenziamento degli impianti elettrici, di aria compressa e di distribuzione gas per supportare sensori avanzati e workstation GPU-based. Messina: allestimento di sale di test per QKD e beyond-5G con spazi dedicati a matrici LIDAR e sorgenti a cascata laser, e adeguamento degli ambienti per l'installazione del portale "QKD as a Service" su server ad alta disponibilità con relative postazioni di monitoraggio in tempo reale. Rende: adeguamento delle sale CED per nodi quantistici ad alta disponibilità, orchestratori di job ibridi e emulatori NISQ, insieme all'allestimento di console di monitoraggio dedicate. Bari: allestimento di locali per camere MBE, sistemi di deposizione laser e attrezzature di nanofabbricazione (e-beam, FIB), e potenziamento degli impianti elettrici, di aria compressa e gas per laboratori di nanometrologia, spettroscopia FTIR/RAMAN e postazioni SEM/EDX. Pisa: ristrutturazione dei centri esistenti per integrare storage, cluster HPC e gateway cloud compatibili con Qiskit e PennyLane, e predisposizione di nuovi spazi in CED per rack GPU-accelerated e server di virtualizzazione hardware quantistico. Firenze: Aggiornamento delle infrastrutture per la caratterizzazione del canale ottico di comunicazione, per la stampa 3D di materiali avanzati per ricevitori ottici innovativi, per la realizzazione di device di comunicazione e sensing quantistici, e creazione di spazi per cluster di edge computing con appliance NVMe e workstation GPU-based. Bologna: allestimento di sale ottica/RF per switch P4, moduli di sincronizzazione e transceiver DWDM, e installazione di una cabina di collaudo con tester di rete (throughput, jitter) e sonde ottiche/RF integrate. Genova: ristrutturazione del laboratorio per master clock, testbed DWDM, oscilloscopi a campionamento e analizzatori di spettro, con predisposizione di server di controllo per benchmark end-to-end e contatori di fotoni. Milano: adeguamento degli spazi per stazioni di spettroscopia ultraveloce (pump-probe al femtosecondo) e suite di imaging tomografico μ CT, predisposizione di sale CED per server HPC dedicati, storage ad alta velocità e postazioni AI-powered, e creazione di aree di co-working e formazione congiunta nonché spazi logistici per attività dimostrative e PoC. A.3 interventi per il reclutamento di personale Per favorire lo sviluppo e l'operatività delle nuove facilities, AI-PHOQUS prevede il reclutamento di figure altamente qualificate in ciascun WP, secondo le seguenti indicazioni: WP1: Reclutamento di almeno 4 unità di personale tra data scientist, AI engineer, e specialisti in AI per attività specifiche nei nodi AI-PHOQUS; WP2: si prevede l'assunzione di almeno 2 unità ricercatore TD per due anni e una per un anno al fine di ottenere un supporto qualificato per la realizzazione degli esperimenti di ottica avanzata e studio dei materiali, mentre un TD per due anni è previsto per la progettazione e lo sviluppo di algoritmi quantistici o ibridi e per la gestione delle risorse hardware e software acquisite con il progetto. WP3: Reclutamento di almeno 7 unità di personale tra AI/network engineer per l'integrazione, la gestione e l'accesso alla infrastruttura di sperimentazione con reti classiche e quantistiche, e personale di ricerca per lo sviluppo di sistemi e dispositivi di sensing e comunicazione ottica di nuova generazione, sia classici che quantistici. WP4: Assunzione di almeno 3 unità di personale: una unità (network engineer) per l'integrazione, la gestione e l'accesso all'infrastruttura IoT per le sperimentazioni; una unità per esperimenti di AI-assisted SNOM su sistemi nanofotonici; e infine una unità per esperimenti con sensori bioibridi ottici assistiti da IA. Verranno inoltre reclutati ricercatori esperti per lo svolgimento delle attività di sensing classico/quantistico in fibra ottica assistito da IA, e per la spettroscopia avanzata con sorgenti non classiche. WP5: Reclutamento di almeno 9 ricercatori a tempo determinato e di almeno un candidato al dottorato di ricerca. WP6: Reclutamento di personale ricercatore per circa 2 anni/persona per lo sviluppo di smart devices; una persona sarà formata su tecniche di machine learning applicate alla fisica dei laser estremi. WP7: Reclutamento di 3

unità di personale per lo sviluppo di soluzioni basate su AI per la transizione energetica e il monitoraggio ambientale, integrando planner per energie rinnovabili, sensori intelligenti, materiali fotovoltaici innovativi e sistemi ottici AI-driven. WP8: si prevede il reclutamento di 3 unità di personale altamente qualificato, con profili coerenti rispetto alle missioni dell'infrastruttura e in grado di operare sia sul fronte della ricerca applicata sia su quello della relazione con il mondo produttivo. Si prevede l'inserimento di figure con competenze ibride, in grado di mediare tra mondo accademico e industriale, facilitare i processi di innovazione aperta e contribuire alla valorizzazione dei risultati attraverso meccanismi di trasferimento tecnologico (brevetti, licensing, spin-off, ecc.). WP9: Si prevede il reclutamento di due unità di personale a supporto delle strutture coordinatrici. A.4 interventi per lo sviluppo di procedure gestionali e amministrative per l'efficientamento dei servizi L'infrastruttura prevede l'adozione e il potenziamento di procedure gestionali e amministrative volte a semplificare e ottimizzare i processi interni, migliorare la tracciabilità delle attività e garantire una maggiore efficienza nell'erogazione dei servizi agli utenti. Tra le azioni previste: l'integrazione di strumenti digitali per la gestione automatizzata delle richieste di accesso, il monitoraggio delle risorse disponibili e l'allocazione ottimizzata del personale tecnico e scientifico. Verranno inoltre sviluppate interfacce user-friendly per la gestione delle attività amministrative, con particolare attenzione alla trasparenza, alla sicurezza dei dati e alla conformità normativa. Al fine di garantire un flusso efficiente, tracciabile e sicuro della documentazione tra le diverse amministrazioni coinvolte e una comunicazione tempestiva ed efficace con il coordinatore dell'infrastruttura, si prevede l'adozione di una struttura organizzativa articolata come segue: - Responsabile Amministrativo (RDA): nominato all'interno di ciascun ente partecipante, ha il compito di centralizzare l'invio e la ricezione dei documenti formali e garantire la loro corretta archiviazione secondo standard condivisi. - Piattaforma digitale collaborativa: sarà implementato o adottato un sistema gestionale condiviso per l'upload, il versionamento e la condivisione della documentazione amministrativa tra i partner, con tracciabilità completa delle operazioni (utilizzando la tecnologia simile ai Virtual Research Environment) - Unità di Coordinamento Gestionale (UCG): costituita presso il partner coordinatore, fungerà da nodo centrale per la raccolta, validazione e redistribuzione dei documenti. L'UCG sarà anche responsabile della supervisione dell'elaborazione dei report periodici e della rendicontazione, nonché dell'armonizzazione e conformità delle procedure adottate rispetto alle linee guida gestionali relative al finanziamento. - Riunioni periodiche di monitoraggio: verranno calendarizzati incontri di supporto gestionale e amministrativo bi-mensili (prevalentemente in remoto), a cui parteciperanno gli RDA e l'UCG, con lo scopo di monitorare lo stato delle attività, prevenire criticità e armonizzare le procedure. Questa struttura permetterà un alto livello di efficienza, trasparenza e coerenza nei flussi documentali e comunicativi, a beneficio della gestione complessiva dell'infrastruttura. A.5 interventi per l'implementazione di sistemi di monitoraggio e valutazione delle performance L'infrastruttura prevede l'implementazione di un sistema articolato per il monitoraggio e la valutazione delle performance, finalizzato a garantire un controllo continuo dell'efficacia operativa, scientifica e organizzativa. Questo approccio permetterà non solo di ottimizzare l'uso delle risorse, ma anche di migliorare la trasparenza e la rendicontazione nei confronti degli stakeholder. Un elemento chiave per il miglioramento dell'efficienza operativa è l'implementazione di un sistema di autenticazione federata, estendibile alle diverse infrastrutture coinvolte, che consenta agli utenti di accedere ai servizi digitali tramite un'unica identità digitale riconosciuta. Tale sistema sarà basato su standard aperti e protocolli interoperabili (come SAML, OpenID Connect, eduGAIN), consentendo l'integrazione con le identità istituzionali degli utenti (università, enti di ricerca, ecc.). In questo modo si favorirà un'esperienza di accesso fluida e coerente in contesti eterogenei. L'autenticazione unificata apporterà vantaggi significativi in termini di comodità per l'utente e sicurezza gestionale, attraverso policy centralizzate, tracciamento delle attività e gestione granulare dei permessi. In parallelo, sarà sviluppato un sistema avanzato di monitoraggio degli accessi, in grado di raccogliere e analizzare in tempo reale informazioni chiave sull'utilizzo dell'infrastruttura. Questo sistema permetterà di (i) Identificare tempestivamente eventuali malfunzionamenti o anomalie nei servizi erogati; (ii) Analizzare i flussi di accesso e le tipologie di utilizzo da parte degli utenti; (iii) Supportare decisioni strategiche basate su dati oggettivi (es. bilanciamento del carico, allocazione di risorse, priorità di intervento); and (iv) Migliorare la trasparenza verso stakeholder e finanziatori attraverso reportistica regolare. Il monitoraggio sarà integrato in dashboard intuitive e interattive, accessibili agli amministratori, fornendo una visione costante sullo stato dell'infrastruttura, abilitando interventi tempestivi e una gestione proattiva. Inoltre, verranno definiti indicatori specifici per ciascuna dimensione di performance: - Performance dell'infrastruttura: efficienza operativa delle apparecchiature, disponibilità e tempi di utilizzo, affidabilità dei sistemi, capacità di elaborazione dei dati. - Performance scientifica: numero e qualità degli output di ricerca, esperimenti/analisi condotti, qualità dei dati prodotti, impatto delle attività scientifiche. - Performance organizzativa: efficienza nella gestione delle risorse, tempi di risposta agli utenti, gestione delle prenotazioni e dei flussi di accesso. - Performance economica: Indicatori economico-finanziari di base (ad es. costi operativi e di manutenzione, entrate e autofinanziamenti, grado di copertura dei costi e costo medio per utente); produttività (ad es. tasso di utilizzo delle facilities e produttività per euro speso); attrazione risorse e

sostenibilità (ad es. capacità di attrazione fondi esterni, ROI delle attrezzature principali, contratti di servizio). Questi strumenti, pienamente interoperabili, saranno fondamentali per garantire una gestione sostenibile, orientata ai risultati e adattiva alle evoluzioni tecnologiche e organizzative. A.6 interventi per la creazione di reti tematiche o multidisciplinari tra IR e/o Organismi di Ricerca Il progetto promuoverà la costituzione e il rafforzamento di reti tematiche provenienti dalle varie IR in un contesto multidisciplinare e di collaborazione con il mondo dell'industria e altri organismi nazionali e internazionali. Le attività previste includono: - Lo sviluppo di piattaforme comuni per la condivisione e la gestione dei dati secondo i principi FAIR (obiettivi del WP1) - L'implementazione di protocolli e standard comuni per garantire l'interoperabilità dei dati e dei sistemi (obiettivi del WP1); - La condivisione e standardizzazione di metodologie e procedure operative, al fine di migliorare la qualità e la replicabilità dei risultati scientifici e il trasferimento tecnologico (obiettivi del WP2-3-4 per le tecnologie di base e WP5-6-7 per l'applicazione in contesti specifici); - Lo sviluppo di servizi integrati di accesso alle facilities, per semplificare l'esperienza degli utenti e massimizzare l'utilizzo delle risorse (obiettivi del WP1 per la tecnologia abilitante e WP8 per l'interfaccia verso le aziende); - L'avvio di iniziative di internazionalizzazione delle reti, con particolare attenzione alla partecipazione a programmi europei e globali (obiettivi del WP9 Utilizzando le reti internazionali delle infrastrutture coinvolte); - La realizzazione di strumenti condivisi per la disseminazione dei risultati e il coinvolgimento del pubblico, attraverso eventi, materiali divulgativi e piattaforme interattive. (obiettivi del WP 1) Queste azioni mirano a costruire un ecosistema collaborativo, aperto e interoperabile, capace di sostenere l'eccellenza scientifica, promuovere l'innovazione e rafforzare la capacità dell'infrastruttura di rispondere a sfide complesse in ambito nazionale e internazionale.

Descrivere l'obiettivo e le finalità del progetto in coerenza con gli interventi proposti in coerenza con quanto previsto all'art. 6 dell'Avviso:

- » **a.1** interventi per la realizzazione o ampliamento di facilities e risorse per la ricerca, intese come l'insieme integrato di spazi, strutture e dotazioni materiali e immateriali dedicati all'attività scientifica, comprensivi di:
 - unità operative e nodi distribuiti, fisicamente localizzati o virtuali;
 - infrastrutture fisiche e laboratoriali;
 - attrezzature scientifiche e tecnologiche;
 - strumentazioni specialistiche;
 - sistemi e piattaforme digitali e/o protocolli per la sicurezza e la cybersecurity;
 - apparecchiature per la ricerca;
 - sistemi informatici e software specialistici;
 - impianti, inclusa edilizia ed opere edili rispondenti alle linee guida DNSH.

Tali facilities e risorse per la ricerca devono essere ulteriori e aggiuntive rispetto a quelle già esistenti presso l'Infrastruttura di Ricerca, strettamente funzionali al progetto di potenziamento e finalizzate a supportare l'attività di ricerca, l'innovazione e il trasferimento tecnologico.

- » **a.2** interventi per la realizzazione di interventi di adeguamento strutturale e impiantistico delle suddette Facilities e risorse per la ricerca;
- » **a.3** interventi per il reclutamento di personale;
- » **a.4** interventi per lo sviluppo di procedure gestionali e amministrative per l'efficientamento dei servizi;
- » **a.5** interventi per l'implementazione di sistemi di monitoraggio e valutazione delle performance da intendersi secondo almeno uno dei seguenti esempi applicativi, qui riportati a titolo esemplificativo:
 - Performance dell'infrastruttura (es. Efficienza operativa delle apparecchiature; Disponibilità e tempi di utilizzo; Affidabilità dei sistemi; Capacità di elaborazione dati.);
 - Performance scientifica (es. Output di ricerca prodotti; Numero di esperimenti/analisi condotti; Qualità dei dati generati; Impatto scientifico delle ricerche svolte);
 - Performance organizzativa: (es. Efficienza nella gestione delle risorse; Capacità di servizio agli utenti; Tempi di risposta alle richieste; Gestione delle prenotazioni e dell'accesso);
 - Performance economica: (es. Sostenibilità finanziaria, Avanzamento della spesa e della rendicontazione; Efficienza nell'uso delle risorse).

» *a.6 interventi per la creazione di reti tematiche o multidisciplinari tra IR e/o Organismi di Ricerca mirate: (e/o):*

- *allo sviluppo di piattaforme comuni per la condivisione e gestione dei dati secondo i principi FAIR;*
- *all'implementazione di protocolli e standard comuni per l'interoperabilità dei dati;*
- *alla condivisione e standardizzazione di metodologie e procedure operative;*
- *allo sviluppo di servizi integrati di accesso alle facilities;*
- *alla realizzazione di iniziative per l'internazionalizzazione delle reti;*
- *allo sviluppo di strumenti comuni per la disseminazione e il public engagement.*

16000 car.

D - ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO; WORKPACKAGE, ATTIVITÀ, OBIETTIVI REALIZZATIVI, OBIETTIVI INTERMEDI, UNITÀ OPERATIVE COINVOLTE, ELEMENTI PER IL MONITORAGGIO

11D1 ARTICOLAZIONE DI DETTAGLIO DEL PROGETTO

Descrivere:

- *gli obiettivi realizzativi*
- *gli obiettivi intermedi (titolo, descrizione, elenco dei prodotti e dei deliverables)*
- *individuazione degli indicatori misurabili e del metodo di quantificazione per il monitoraggio dello stato di avanzamento e la verifica dell'effettivo raggiungimento dell'obiettivo/WP*
- *le attività di ricerca industriale e di sviluppo sperimentale (titolo, descrizione, mese di avvio, durata)*
- *i soggetti che svolgono le attività e che conseguono gli obiettivi (Unità Operative)*
- *la tempistica di realizzazione associata a ciascuna attività (mese di avvio, durata)*
- *sintesi delle attività,*

16000 car.

Per ogni WP:

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP01

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

Computational Infrastructure

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP01.CI

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Giuseppe

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Manco

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

MNCGPP70C19A350N

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

giuseppe.manco@icar.cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

+39 320 4399012

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Il Work Package è strutturato in un insieme completo di attività interconnesse, focalizzate sulla costruzione e l'utilizzo di un'infrastruttura di calcolo avanzata per la ricerca e l'innovazione basate sui dati. Ogni componente contribuisce alla creazione di un ecosistema robusto e sostenibile in cui i dati sono gestiti in modo sistematico, l'elaborazione è eseguita in maniera affidabile, e i metodi di intelligenza artificiale (IA) sono sviluppati ponendo al centro fiducia, trasparenza e accessibilità. L'approccio garantisce l'allineamento con i principi della Scienza Aperta (Open Science) e affronta sfide cruciali legate alla qualità dei dati, alla riproducibilità e all'adozione tecnologica, in particolare da parte delle piccole e medie imprese (PMI). Le attività di Gestione dei Dati (INFRA-DM) e di Standardizzazione dei Dati (DAST) stabiliscono congiuntamente le condizioni necessarie per garantire dati di alta qualità e riutilizzabili. In sostanza, esse costituiscono la base dell'intero ecosistema. INFRA-DM rafforza l'infrastruttura LENS assicurando coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine dei dati, in conformità con i principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) e Open Science. Ciò comporta la definizione, lo sviluppo e l'implementazione di standard per la modellazione dei dati e l'organizzazione della conoscenza, dotando i dataset di semantica formale tramite vocabolari controllati e ontologie. DAST integra questa attività concentrandosi sullo sviluppo e l'integrazione di strumenti terminologici e semantici, strutturati secondo standard internazionali e guidati dai principi FAIR e Linked Open Data (LOD). Questi strumenti sono essenziali per l'annotazione semantica, il collegamento e l'integrazione di fonti dati eterogenee. Insieme, INFRA-DM e DAST forniscono una base dati standardizzata e semanticamente ricca che sostiene tutte le attività successive. Questa base non solo migliora la scoperta e il riutilizzo dei dati, ma garantisce anche coerenza e affidabilità in tutta l'infrastruttura di ricerca. Per le imprese, in particolare per le PMI, ciò si traduce in un accesso semplificato a dataset interoperabili facilmente integrabili nei loro processi di innovazione. Su questa base si costruisce l'infrastruttura computazionale (INFRA-CI), che fornisce le capacità di elaborazione necessarie per gestire e analizzare dati su larga scala. Essa offre agli utenti l'accesso a risorse scalabili basate su cloud e ambienti di calcolo ad alte prestazioni (HPC). L'infrastruttura è progettata per accogliere un'ampia gamma di tecnologie emergenti, tra cui il continuum edge-to-cloud, applicazioni di IA e il calcolo quantistico. Sono inoltre disponibili nodi dotati di GPU per supportare attività computazionalmente intensive come il deep learning. L'integrazione tra INFRA-CI e i servizi dati sviluppati nell'ambito di INFRA-DM e DAST assicura che i flussi di lavoro computazionali si basino su dataset di alta qualità e arricchiti semanticamente, migliorando significativamente la trasparenza, la riproducibilità e la scalabilità dei processi scientifici. Ciò è particolarmente utile per le PMI, che spesso non dispongono di infrastrutture interne adeguate a supportare tali capacità. Al di sopra di questa infrastruttura dati e computazionale si collocano le attività legate all'intelligenza artificiale, focalizzate su affidabilità e spiegabilità. L'attività Trustworthy Machine Learning (TML) mira a sviluppare modelli di IA che combinano accuratezza predittiva con dimensioni etiche fondamentali come equità, privacy e trasparenza. Essa affronta sfide tecniche legate all'apprendimento che preserva la privacy, alla mitigazione dei bias e all'equilibrio tra esigenze etiche in applicazioni reali. Complementare a questa è l'attività Explainable AI (XAI), che fornisce una libreria open source di strumenti di interpretabilità. Tali strumenti coprono una gamma di metodi di spiegazione, inclusi attribuzione delle caratteristiche e analisi controfattuale, e sono progettati per una facile integrazione nei flussi di lavoro degli utenti. Insieme, TML e XAI garantiscono che le soluzioni di IA sviluppate nell'infrastruttura non siano solo performanti, ma anche allineate con aspettative legali e sociali

in termini di trasparenza e responsabilità. Per garantire che tali capacità avanzate siano accessibili anche al di fuori della comunità di ricerca, l'attività Machine Learning as a Service (MLaaS) funge da interfaccia utente per la distribuzione delle soluzioni di IA. MLaaS cura e rende disponibile un catalogo di strumenti, algoritmi e componenti software open source che coprono diversi paradigmi del machine learning, tra cui apprendimento supervisionato, non supervisionato, per rinforzo e quantistico, supportando l'integrazione di dati provenienti da sistemi di sensori e monitoraggio eterogenei. Questa attività rappresenta la piattaforma attraverso la quale le capacità computazionali di INFRA-CI e i dati preparati da INFRA-DM e DAST vengono messi a disposizione per applicazioni pratiche di machine learning, inclusi i modelli affidabili e spiegabili sviluppati da TML e XAI. In sostanza, MLaaS svolge un ruolo chiave nel colmare il divario tra i risultati della ricerca e l'impatto industriale. Un quadro completo per abilitare l'accesso all'infrastruttura computazionale avanzata del progetto è fornito da INFRA-OS. Essa mira a democratizzare l'accesso a un'ampia gamma di utenti – inclusi accademici, PMI e organizzazioni pubbliche – offrendo meccanismi semplici per la richiesta e il monitoraggio dell'uso dell'infrastruttura. In parallelo, supporta l'integrazione di dataset, software e servizi in repository conformi a EOSC, promuovendo trasparenza, riproducibilità e collaborazione interdisciplinare. L'iniziativa svolge un ruolo fondamentale nel massimizzare l'impatto dell'infrastruttura, favorendo la condivisione responsabile delle risorse, sostenendo l'innovazione e rafforzando il legame tra ricerca scientifica e bisogni della società. In sintesi, questo Work Package fornisce un ecosistema completamente integrato e reciprocamente rafforzante: la gestione e standardizzazione dei dati (INFRA-DM, DAST) garantisce input di alta qualità; l'infrastruttura computazionale (INFRA-CI) assicura elaborazione scalabile e riproducibile; le attività focalizzate sull'IA (TML, XAI) forniscono modelli affidabili e spiegabili; e MLaaS rende questi strumenti accessibili e utilizzabili da un ampio spettro di stakeholder. Questo approccio integrato sostiene ricerche scientifiche all'avanguardia, promuove la riproducibilità e la Scienza Aperta (INFRA-DM e INFRA-OS) e rafforza in modo significativo il coinvolgimento e l'innovazione nel mondo industriale.

➤ **11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP**

Il Work Package ha l'obiettivo di progettare e implementare un'infrastruttura di calcolo avanzata a supporto della ricerca e dell'innovazione basate sui dati, in ambiti sia scientifici che industriali. I suoi obiettivi realizzativi sono:

- *Obiettivo 1: Stabilire una base dati robusta e arricchita semanticamente che garantisca coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine delle informazioni. Ciò include la definizione e l'implementazione di framework standardizzati per la modellazione dei dati e di sistemi completi per l'organizzazione della conoscenza. Tutte le attività saranno conformi ai principi FAIR e alla Scienza Aperta, assicurando che i risultati della ricerca siano riutilizzabili e facilmente condivisibili.*
- *Obiettivo 2: Fornire un'infrastruttura computazionale scalabile, flessibile e ad alte prestazioni, capace di supportare un'ampia gamma di flussi di lavoro di ricerca e ambiti applicativi. L'infrastruttura offrirà un accesso fluido a servizi di cloud computing e calcolo ad alte prestazioni (HPC), integrando tecnologie come il continuum edge-cloud, l'intelligenza artificiale e il calcolo quantistico. Consentirà così a istituzioni accademiche e PMI di svolgere attività avanzate di ricerca digitale e innovazione senza dover investire pesantemente in infrastrutture IT interne.*
- *Obiettivo 3: Promuovere lo sviluppo di soluzioni di intelligenza artificiale affidabili e spiegabili, che bilancino accuratezza predittiva con conformità etica e legale. L'attenzione sarà rivolta alla progettazione di metodologie per la valutazione del rischio legato alla privacy, alla mitigazione dei bias e alla creazione di modelli equi e rispettosi della privacy, anche in ambienti di apprendimento federato. In parallelo, sarà sviluppata una libreria open source completa di tecniche di interpretabilità, per sostenere la trasparenza, la supervisione umana e la fiducia pubblica nei sistemi di IA.*
- *Obiettivo 4: Abilitare l'accesso a strumenti avanzati di machine learning attraverso l'arricchimento di un catalogo open source di servizi con strumenti, algoritmi e librerie riutilizzabili, in grado di supportare diversi paradigmi di apprendimento e tipologie di dati eterogenei. L'obiettivo è accelerare l'adozione di soluzioni di IA da parte di istituzioni di ricerca, startup e imprese consolidate, in particolare le PMI, riducendo il time-to-market e facilitando lo sviluppo e la validazione rapida di servizi e applicazioni innovative.*
- *Obiettivo 5: Abilitare un accesso trasparente e attuare i principi della Scienza Aperta attraverso un sistema centralizzato per la gestione dell'accesso virtuale e transnazionale. L'attività prevede la promozione diffusa delle pratiche FAIR e Open Science relative a dati, metodi, servizi e risultati della ricerca, attraverso lo sviluppo di un catalogo aperto e programmi di formazione mirati, in particolare per le PMI, massimizzando così l'utilità dell'infrastruttura e il suo impatto sulla società.*

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

Il Work Package mira a sviluppare un'infrastruttura integrata per la ricerca basata sui dati, combinando la gestione dei dati secondo i principi FAIR, capacità computazionali scalabili e intelligenza artificiale

affidabile e spiegabile. Essa consente un ampio accesso a dati di alta qualità e strumenti avanzati, promuovendo la Scienza Aperta e accelerando l'innovazione. In tal senso, svolgerà un ruolo centrale nel facilitare l'accesso ai servizi di base sviluppati dal nuovo nodo LENS.

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

Nodo UNIPi di SoBigData, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS), CNR - ISTI - Infrastructures for Science, SOBIGDATA-SNS, Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD, Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le unità di ricerca coinvolte nel Work Package sono state selezionate tenendo conto di alcuni elementi chiave: (1) comprovata esperienza nella gestione dei dati, nelle infrastrutture di calcolo o nell'intelligenza artificiale; (2) allineamento con gli obiettivi specifici delle attività; (3) esperienza pregressa in progetti collaborativi; e (4) capacità di contribuire alla Scienza Aperta e al trasferimento tecnologico, in particolare verso le PMI.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Il budget complessivo riflette l'ambizione strategica e la complessità tecnica legate allo sviluppo di un'infrastruttura solida, scalabile e fondata su principi etici per la gestione dei dati, il calcolo ad alte prestazioni e l'intelligenza artificiale affidabile. I fondi richiesti sono distribuiti in cinque principali categorie di costo, ciascuna delle quali supporta componenti critiche del Work Package. Una quota significativa è destinata alle attrezzature (circa € 2.100.000), coprendo l'acquisto e l'integrazione di nodi di calcolo ad alte prestazioni, cluster GPU, sistemi di edge computing, soluzioni di storage e piattaforme software specializzate. Queste risorse sono essenziali per supportare attività ad alta intensità di dati, addestrare e distribuire modelli avanzati di machine learning – inclusi algoritmi ibridi quantistici – e fornire ambienti containerizzati e basati su cloud per una ricerca riproducibile. L'investimento garantisce che l'infrastruttura si mantenga all'avanguardia dello sviluppo tecnologico e possa servire sia istituzioni di ricerca che PMI. I costi del personale (circa € 450.000) coprono il contributo di esperti incaricati della progettazione, implementazione e manutenzione dell'infrastruttura e dei relativi servizi. Ciò include attività come la configurazione di ambienti di calcolo distribuiti, lo sviluppo di strumenti di IA affidabili e spiegabili, il rispetto dei principi FAIR, la moderazione dei contributi degli utenti e il supporto al trasferimento di conoscenze verso l'industria. Il personale è inoltre responsabile del coordinamento della formazione, dell'onboarding degli utenti e della continuità tecnica tra i nodi del progetto. Le risorse dedicate all'Open Access, Accesso Transnazionale e dati FAIR (circa € 137.000) sostengono la promozione della Scienza Aperta. Queste includono la pubblicazione dei risultati della ricerca in sedi open access, la fornitura di accesso transnazionale alle risorse dell'infrastruttura e l'implementazione di workflow conformi ai principi FAIR. Questa voce di bilancio garantisce che dati, software e metodi sviluppati nel progetto siano ampiamente accessibili, condivisi in modo etico e riutilizzabili da comunità accademiche e industriali. I costi generali (circa € 158.000), erogati in forma forfettaria, coprono le spese indirette necessarie per la regolare esecuzione del progetto. Includono spese generali istituzionali, supporto amministrativo e tecnico, e logistica operativa tra le unità partecipanti. Questa allocazione è fondamentale per mantenere la continuità operativa, affrontare le esigenze di gestione ordinaria del progetto e assicurare un supporto tempestivo agli utenti dell'infrastruttura. Infine, i costi di comunicazione e disseminazione (circa € 135.000) sono destinati a favorire un ampio coinvolgimento e visibilità. Essi comprendono l'organizzazione di workshop, eventi con stakeholder, sessioni di formazione tecnica per le aziende, partecipazione a conferenze scientifiche e produzione di materiali promozionali ed educativi. Tali attività mirano ad aumentare l'adozione dell'infrastruttura, dimostrarne l'impatto e promuoverla come punto di riferimento nazionale ed europeo per l'innovazione guidata dai dati e dall'intelligenza artificiale. Nel complesso, il budget è strutturato per garantire la solidità tecnica, la sostenibilità a lungo termine e l'ampia accessibilità dell'infrastruttura. Supporta sia la ricerca scientifica di alto livello che l'innovazione industriale. La sua distribuzione tra le voci di costo assicura uno sviluppo equilibrato tra hardware, software, risorse umane e attività di coinvolgimento.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Il WP comprende 24 obiettivi realizzativi specifici (OR), suddivisi in 9 OR intermedi (entro il mese 18) e 15 Or finali (entro il mese 36). Ciascun OR è associato a KPI che quantificano i risultati misurabili — ad esempio, numero di strumenti sviluppati, dataset pubblicati, aziende coinvolte — e sono documentati in deliverable strutturati. Ciò consente una verifica intermedia e finale dell'avanzamento, di efficacia e impatto e dell'allineamento con gli obiettivi prefissati.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP02

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

AI for simulation services and Quantum Computing

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP02

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Daniele

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Sanvitto

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

SNVDNL72D07B474I

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

daniele.sanvitto@cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

3200116964

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Questo Work Package (WP) integra il calcolo quantistico, il machine learning (ML) e la simulazione quantistica in un unico quadro tecnologico e scientifico coerente. L'obiettivo è sviluppare servizi di simulazione e piattaforme intelligenti che sfruttino algoritmi quantistici, metodi data-driven e sistemi fotonici neuromorfici per risolvere problemi complessi nella scienza e nell'industria. Le sei attività che compongono il WP, pur diverse per ambito, sono fortemente sinergiche. Ognuna contribuisce a una pipeline integrata, che va dalla ricerca di base e lo sviluppo algoritmico fino alla realizzazione hardware e al calcolo distribuito su larga scala. Attività 2.1 definisce l'ossatura algoritmica e concettuale del WP, articolandosi in due direzioni: Machine Learning fisicamente informato e Fisica guidata dal Machine Learning. Il primo impiega hardware

quantistici, come i quantum reservoir computer e i quantum extreme learning machine, per sviluppare modelli ML efficienti, in grado di operare in tempo reale e di effettuare calcolo in-sensor. Il secondo applica tecniche ML alla modellizzazione e ottimizzazione di sistemi quantistici complessi, inclusi sistemi many-body e ambienti sperimentali affetti da rumore. La combinazione di queste due prospettive getta le basi per approcci ibridi quantistici-classici e promuove la progettazione di algoritmi indipendenti dalla piattaforma hardware, adattabili a diversi ambienti di esecuzione quantistica. I risultati influenzano direttamente le altre attività, dalla modellizzazione teorica alla sperimentazione hardware e all'orchestrazione distribuita. Attività 2.2 si basa su questi modelli per affrontare la dinamica non lineare dei fluidi quantistici, utilizzando condensati di polaritoni in microcavità a semiconduttore. L'approccio impiega quattro strategie ML — training all'equilibrio, transfer learning, modellazione inversa e ibrida — applicate all'equazione di Gross-Pitaevskii. Questo consente modelli predittivi accurati e generalizzabili per le dinamiche spazio-temporali complesse dei sistemi polaritonici. Un elemento chiave è il doppio ruolo dei fluidi di polaritoni: sistemi fisici da studiare e substrati computazionali neuromorfici, creando un ponte efficace tra teoria e hardware. I risultati di questa attività confluiscono direttamente nelle piattaforme sperimentali (Attività 2.3), nei servizi di simulazione (Attività 2.4) e nel perfezionamento algoritmico (Attività 2.1 e 2.6). Attività 2.3 è focalizzata sulla realizzazione di reti ottiche non lineari basate su guide d'onda polaritoniche, sviluppando hardware fotonico integrato per il calcolo neuromorfico e quantistico. Tali reti sfruttano forti non linearità di ordine 3 (χ^3) ed eliminano il collo di bottiglia di von Neumann integrando memoria e calcolo a livello fisico. Il design supporta sia il regime classico che quello quantistico, rendendole adatte sia ad applicazioni AI sia a simulazioni quantistiche. L'attività prevede inoltre la creazione di una facility avanzata di nanofabbricazione, attrezzata per la sintesi di materiali semiconduttori innovativi e la produzione di dispositivi scalabili on-chip. Tecniche di AI verranno utilizzate per ottimizzare il design e le prestazioni dei dispositivi. Questa facility svolge un ruolo centrale per diverse attività, in particolare la 2.6 e la 2.4, e apre nuove prospettive di collaborazione accademica e industriale. Attività 2.4 applica simulazione quantistica e ML allo studio di sistemi optoelettronici reali, in particolare i Quantum Cascade Laser (QCL). Utilizzando atomi ultrafreddi e potenziali ottici programmabili, questa attività emula la struttura stratificata e dissipativa dei QCL con elevata controllabilità. I simulatori sono integrati con protocolli di AI, consentendo adattamento in tempo reale, ottimizzazione data-driven e controllo attivo della dinamica di trasporto. Il simulatore diventa così un motore di design per dispositivi quantistici innovativi, in cui i modelli appresi suggeriscono parametri ottimali delle eterostrutture e condizioni operative. L'attività 2.4 incarna la visione del WP di un'ingegneria quantistica assistita da AI, dimostrando il valore delle piattaforme ML nell'accelerare la scoperta di materiali e l'innovazione nei dispositivi. Attività 2.5 introduce l'infrastruttura di rete necessaria per supportare l'esecuzione distribuita della Quantum AI (QAI). Implementa uno strato di orchestrazione sicura e scalabile per carichi ibridi quantistici, supportando casi d'uso come ottimizzazione variazionale, apprendimento quantistico potenziato e accesso remoto a simulatori. Permette l'esecuzione su più nodi reali o simulati (NISQ), cloud quantistici e edge nodes, garantendo che le innovazioni sviluppate in tutto il WP siano accessibili, testabili e scalabili. Include inoltre strumenti per il monitoraggio delle prestazioni, protocolli di instradamento adattivi e API web per facilitarne l'adozione da parte di istituti di ricerca e aziende. I servizi sviluppati in questa attività fungono da strato unificante, connettendo tutte le attività e abilitando l'integrazione in un ecosistema più ampio. Attività 2.6 completa questo insieme con la progettazione di algoritmi quantistici per memorie associative e reti neurali. Esplora nuove architetture quantistiche fotoniche che emulano reti di tipo Hopfield tramite interferenza quantistica e stati fotonici entangled. Questi sistemi mirano a superare i modelli classici in velocità di simulazione, efficienza energetica e capacità di memoria. Una delle principali innovazioni è la scalabilità esponenziale dell'architettura, con N qubit che codificano 2^N neuroni. L'attività studia anche il ruolo delle risorse quantistiche—come coerenza, steering e magic states—nell'abilitare un vantaggio computazionale. Essa si basa concettualmente sugli algoritmi dell'Attività 2.1 e si interfaccia fisicamente con l'hardware fotonico e la facility della 2.3. Questa attività collega direttamente i modelli fondamentali della Quantum AI con lo sviluppo di algoritmi e la loro concreta realizzazione hardware.

➤ 11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP

In generale gli obiettivi a cui aspira questo WP sono quelli di sviluppare nuovi servizi e infrastrutture operative per la quantum simulation, il quantum computing distribuito, la nanofabbricazione e le tecnologie fotoniche e quantistiche innovative a supporto di nuovi paradigmi di AI, con una validazione intermedia di tali risultati (M1-18) e un rilascio finale in esercizio (M19-36). Più in dettaglio, il WP si articola su sei obiettivi realizzativi, divisi per attività con altrettante deliverable. Gli obiettivi realizzativi di questo WP sono progettati per contribuire direttamente al potenziamento e all'integrazione delle competenze sviluppate dai nodi LENS di Lecce e Napoli, valorizzando sinergicamente le capacità già acquisite nel campo della fotonica avanzata, delle reti di calcolo quantistico e della simulazione di fluidi quantistici, tramite l'integrazione delle

tecniche di intelligenza artificiale e machine learning sviluppate dai nodi di Pisa e Cosenza. Un primo obiettivo chiave è la progettazione (OR2.1.1) e sviluppo (OR2.1.2) di tecniche di machine learning fisicamente informate e di fisica orientata al machine learning. Tali metodologie consentiranno di implementare modelli di calcolo quantistico con un approccio innovativo e avranno un impatto diretto sulle capacità di simulazione e modellazione, rafforzando significativamente le competenze tecniche e scientifiche dei nodi LENS di Lecce e Napoli. Parallelamente, verrà sviluppata una piattaforma avanzata basata su machine learning per la dinamica non lineare dei fluidi quantistici (OR2.2.1 e OR2.2.2). Questo obiettivo permetterà di realizzare modelli predittivi ad alta precisione dei fenomeni complessi, integrando dati sperimentali direttamente nel processo di apprendimento. Questa integrazione con dati reali porterà a un significativo aumento delle capacità sperimentali e modellistiche, soprattutto presso il nodo LENS di Lecce, dotato di strumentazione ottica avanzata per la generazione di grandi dataset sperimentali. Un ulteriore obiettivo strategico riguarda l'implementazione di una facility avanzata di fotonica e nanofabbricazione per materiali semiconduttori innovativi destinati a piattaforme polaritoniche (OR2.3.1). Tale infrastruttura, collocata presso il nodo LENS di Lecce, consentirà di esplorare nuovi materiali e tecniche di fabbricazione, favorendo la realizzazione e la validazione di reti neuromorfiche integrate (OR2.3.2). Il WP prevede inoltre lo sviluppo di protocolli di machine learning per ottimizzare l'uso del simulatore quantistico disponibile presso il laboratorio CNR-INO del LENS di Firenze (OR2.4.1). Questo permetterà un controllo automatizzato avanzato del simulatore, potenziandone la capacità di riprodurre fenomeni quantistici complessi; le stesse tecniche saranno poi applicate all'ottimizzazione dei processi di trasporto quantistico e alla verifica sperimentale su dispositivi reali (OR2.4.2). Un'altra componente innovativa concerne lo sviluppo di servizi avanzati per il calcolo quantistico distribuito a supporto della Quantum AI (OR2.5.1) e la successiva integrazione di reti quantistiche ottimizzate nell'infrastruttura di ricerca, con servizi pubblici e almeno dieci utenti attivi (OR2.5.2), con particolare attenzione ai nodi di Lecce e Napoli. Infine, un obiettivo cruciale è la realizzazione di algoritmi quantistici per la simulazione ottica di memorie associative e reti neurali basate su architetture fotoniche innovative. L'attività prevede la dimostrazione intermedia di una rete di Hopfield a venti modi (OR2.6.1) e, come traguardo finale, un protocollo scalabile fino a cinquanta qubit che analizzi il vantaggio quantistico in termini di velocità, energia e capacità di memoria (OR2.6.2), con ricadute dirette sull'innovazione e sulla competitività internazionale del nodo LENS di Lecce. Tutti gli obiettivi descritti rafforzeranno in modo sostanziale le capacità infrastrutturali e scientifiche dei nodi LENS coinvolti, in particolare Lecce e Napoli, e promuoveranno la creazione di infrastrutture avanzate e servizi innovativi destinati a fungere da volano per ulteriori sviluppi tecnologici e collaborazioni industriali e accademiche a livello nazionale ed europeo.

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

La finalità di questo WP è integrare le competenze dei nodi di Firenze e Lecce, in particolare nei settori delle reti di calcolo classico e quantistico basate su ottica non lineare e dei fluidi quantistici, potenziandole con tecniche di machine learning e IA sviluppate dai nodi di Pisa e Cosenza. L'implementazione di questo WP porterà al rafforzamento delle IR per lo sviluppo di nuovi materiali per la fotonica avanzata, nonché della fotonica applicata ai processi di calcolo classico e quantistico, con particolare attenzione al potenziamento della nuova IR meridionale del LENS a Lecce.

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS), Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa, Quantum Fluids of Light, Advanced Quantum Photonics and Machine Learning Integration, CNR-INO Ultracold Quantum Gases and Mid-infrared and THz Spectroscopy

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le unità riflettono una profonda complementarità: ICAR-CNR Sede di Rende (CS) apporta competenze in AI e ML; LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL1 e LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL4 capacità teoriche e sperimentali nel campo della fotonica non lineare e quantistica; LENS-CNR-INO-FI-RL1 contribuisce con simulazione quantistica con atomi ultrafreddi; IIT-CNR-PI garantisce un'infrastruttura scalabile per simulazione/emulazione di quantum AI. Il WP rafforza in particolare il nodo LENS Lecce, per la fotonica avanzata e il calcolo ottico classico/quantistico.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Il fabbisogno economico del WP 2 è stato costruito bottom-up a partire dai costi puntuali delle sei attività, così da mantenere coerenza fra obiettivi tecnico-scientifici, effort stimato e natura delle spese (ogni budget di attività è riportato nelle rispettive schede). Il totale ammonta a circa 3,11 M€: 73 % è destinato a apparecchiature e facility, 14 % a personale di ricerca e supporto tecnico-gestionale, 5 % a open-access / TNA / disseminazione. La prevalenza di investimenti hardware riflette l'impianto fortemente infrastrutturale del WP: nuove linee di nanofabbricazione, prototipi fotonici integrati, simulatori quantistici e servizi cloud-based. Coerenza geografica e strategica L'83 % delle risorse confluisce in strutture del Mezzogiorno: Lecce (Attività 2.2 2.3 2.6) e Cosenza (Attività 2.1) ricevono complessivamente circa 2,58 M€, consolidando il polo LENS-NANOTEC come hub meridionale per fotonica avanzata e calcolo quantistico; Pisa (Attività 2.5) è finanziata con circa 0,20 M€ per l'orchestrazione di reti quantistiche; Firenze (Attività 2.4) ottiene circa 0,33 M€ per il simulatore a atomi ultrafreddi. Questa distribuzione è in linea con l'obiettivo nazionale di ridurre i divari territoriali e promuovere coesione tramite infrastrutture di frontiera. Adeguatezza rispetto ai target tecnico-scientifici – Scala delle attrezzature: i costi di laboratorio (laser, modulatori, litografia, criogenia) rientrano nei prezzi di mercato per apparati research-grade e sono necessari per conseguire i KPI su propagazione polaritonica, accoppiamento forte e controllo di qubit distribuiti. – Personale: la quota del 14 % mantiene un equilibrio fra capital equipment e risorse umane, garantendo competenze per sviluppo software, modellistica ML e gestione delle facility. – Open-access / TNA: il 5 % copre APC, licenze e supporto utenti, con ricadute verso comunità esterne e PMI. Sostenibilità e impatto Clean-room, cluster HPC e orchestratori di rete quantistica sono concepiti come servizi di ricerca a lungo termine; a progetto concluso potranno autofinanziarsi tramite accesso esterno e contratti industriali, coprendo costi operativi e aggiornamenti. La forte sinergia fra le attività—dall'algoritmo al prototipo on-chip fino al deployment distribuito—evita duplicazioni di spesa e massimizza il ritorno scientifico sull'investimento. Investire oltre quattro quinti del budget nelle regioni del Sud ha anche una valenza sociale: il finanziamento di nuovo personale in aree strutturalmente svantaggiate favorisce l'inserimento di giovani ricercatori, stimola la circolazione di conoscenze e competenze su scala nazionale e contribuisce a colmare il divario territoriale nel campo delle tecnologie quantistiche e fotoniche.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Il monitoraggio del WP avviene esclusivamente tramite i KPI numerati 2.1.x–2.6.x, definiti nelle relative attività. Ogni deliverable ne riporta gli output (tool, prototipi, report di fabbricazione, servizi erogati, utenti attivi) alimentando la dashboard di avanzamento; ciò consente verifiche semestrali e valutazione finale del raggiungimento dei target quantitativi.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP03

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

Next Generation Quantum & Beyond-5G Networks

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP03

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Ilenia

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Tinnirello

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

TNNLNI76S68G273P

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

ilenia.tinnirello@unipa.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

09123060251

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Il WP3 mira a realizzare una infrastruttura sperimentale nazionale, scalabile e aperta che integra reti beyond 5G, servizi di AI distribuita e tecnologie quantistiche, allo scopo di dimostrare le nuove opportunità di sviluppo dell'intera catena del valore delle reti di telecomunicazione abilitate da questa integrazione. Il WP si sviluppa su tre dimensioni fondamentali: i) un piano tecnologico, dedicato alla realizzazione di prototipi per sperimentare tecnologie innovative per comunicazioni e sensing radio, ottici e quantistici; ii) un piano di sistema, per lo sviluppo e la dimostrazione di soluzioni di orchestrazione di risorse tradizionali e quantistiche e l'automazione di reti programmabili e disaggregate; iii) un piano degli strumenti di ottimizzazione, per lo sviluppo di algoritmi di quantum annealing, consenso e apprendimento per rinforzo, in grado di migliorare la sostenibilità e la resilienza delle reti Beyond 5G in alcuni casi d'uso di riferimento. L'infrastruttura sperimentale sarà disponibile per facilitare il trasferimento tecnologico delle soluzioni sviluppate, offrendo servizi di sperimentazione a imprese e centri di ricerca. Il WP3 è organizzato in 10 attività: 3.1 Sistemi ibridi per comunicazione ottica wireless, energy harvesting e sensing (LENS-CNR-INO-FI-RL2) 3.2 Servizi avanzati di Quantum Internet e QKD su scala geografica (IIT-CNR-PI) 3.3 AI-enhanced networks and devices for quantum sensing and communications (LENS-CNR-INO-FI-RL3) 3.4 Servizi di automazione di reti Beyond 5G disaggregate tramite AI distribuita (UNIBO-DISI) 3.5 Quantum-Enhanced Optimization and Consensus for Distributed Programmable Radio Systems (DI-UNIPA) 3.6 Servizi basati su QRL per l'ottimizzazione di reti post-5G/6G e IoT (DIEEI) 3.7 Ottimizzazione e gestione di reti ibride tradizionali e quantistiche (DITEN) 3.8 Implementazione nodo Messina su QKD testbed Sicilia (MDSLAB) 3.9 Implementazione nodo Palermo su QKD testbed Sicilia (DI-UNIPA) 3.10 Implementazione nodo Catania su QKD testbed Sicilia (DIEEI) E' prevista una forte interazione tra le unità, in modo da valorizzare le complementarità di competenze tra i nodi SLICES di Genova e Bologna (DITEN e UNIBO-DISI, specializzati in orchestrazione e AI distribuita), Palermo, Catania e Messina (DI-UNIPA, DIEEI, SLICES-UNIME-DI-MDSLAB, specializzati in tecnologie di accesso radio e IoT) e i nodi LENS di Firenze e Pisa (LENS-CNR-INO-FI-RL2, IIT-CNR-PI LENS-CNR-INO-FI-RL3 specializzati in tecnologie ottiche e quantistiche). Si prevede anche una forte interazione con unità operative appartenenti ad altri WP, ad esempio per alcuni casi d'uso relativi agli ambiti applicativi considerati nel progetto. Piano tecnologico – Comunicazione e sensing radio-ottico-quantistici Il piano tecnologico del WP3 include la realizzazione di vari prototipi per dimostrare soluzioni innovative di comunicazione e sensing basate su segnali radio, ottici o quantistici. Per gli aspetti radio, nell'ambito delle Att. 3.5 e 3.6 saranno realizzati nodi beyond-5G che coniugano trasmettitori millimetrici, antenne massive e superfici riflettenti intelligenti su hardware SDR; algoritmi di configurazione dinamica gestiranno insieme traffico dati e funzioni di sensing, mentre sonde dedicate consentiranno il monitoraggio dello spettro e l'iniezione di interferenze controllate per testare vulnerabilità dell'interfaccia radio. In parallelo, i task 3.1 e 3.3 sviluppano soluzioni ottiche di nuova generazione: ricevitori VLC con antenne fluorescenti stampate in 3D saranno abbinati a circuiti di energy harvesting, creando nodi IoT in grado di operare con alimentazione autonoma e sensing a larga banda; nei collegamenti free-space, l'uso di laser a cascata quantica in banda mid-IR garantirà bit-rate elevati e maggiore robustezza atmosferica. Sul fronte quantistico, tecniche di ingegneria degli stati di luce sostenute da algoritmi AI ottimizzeranno codifica, trasporto e analisi dell'informazione; verranno sperimentati protocolli sicuri sia in fibra sia in free-space e applicate metodiche di machine learning al perfezionamento

di sensori basati su difetti in diamante. Infine, un contributo importante di questo piano è lo sviluppo di una infrastruttura di quantum internet e QKD, che prevede sia l'estensione del collegamento QKD esistente tra le unità di Firenze e Pisa (Att. 3.2), sia la realizzazione di una topologia di rete più complessa, ad anello, tra le unità di Palermo, Messina e Catania (Att. 3.8, 3.9 e 3.10). Piano di sistema – Automazione di reti disaggregate e radio programmabile Il piano di sistema del WP3 è dedicato alla definizione di soluzioni per la gestione e orchestrazione di reti ibride quantum-classiche, in grado di supportare funzioni di rete virtualizzate e AI distribuita per applicazioni multi-tenant. Nell'ambito dell'Att. 3.7, sarà definito un modello unificato per rappresentare le risorse all'interno di un'infrastruttura di rete ibrida, sia in termini di risorse classiche quali server, container e dispositivi edge, sia in termini di componenti quantistiche, come qubit, circuiti e collegamenti di entanglement. Saranno inoltre esposte delle interfacce per la programmazione verticale e orizzontale dei nodi, in grado di consentire una riconfigurazione in tempo reale dei protocolli e dei servizi in funzione dei requisiti specifici delle applicazioni, dello stato delle risorse, e del grado di cooperazione tra domini eterogenei (amministrativi, tecnologici, geografici) (Att. 3.6). Il modello di astrazione delle risorse sarà progettato per essere dinamico, capace di aggiornamenti in tempo reale e in grado di riflettere le variazioni topologiche e operative dell'infrastruttura. Sarà esteso il piano di controllo NFVCL per includere funzionalità avanzate di gestione distribuita, raccogliere dati di telemetria e prendere decisioni adattive basate sul contesto operativo. Particolare attenzione sarà riservata alla validazione delle soluzioni proposte per il coordinamento di agenti distribuiti (dall'edge al core, Att. 3.6) e all'interoperabilità con gli standard emergenti nel calcolo e nelle reti quantistiche, come quelli promossi dalla Quantum Internet Alliance, ETSI ISG QKD e IEEE (Att. 3.7). Piano degli strumenti di ottimizzazione – Nuovi algoritmi di quantum annealing, consenso e reinforcement learning. Il piano degli strumenti di ottimizzazione riguarda lo sviluppo di soluzioni innovative per la configurazione delle reti in scenari dinamici, in grado di sfruttare i nuovi paradigmi di quantum computing. Nell'ambito dell'Att. 3.5, si svilupperanno sistemi di quantum annealing con riferimento ad alcune applicazioni per la gestione di reti radio complesse, quali il monitoraggio e l'allocatione delle risorse, implementando tecniche QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) per risolvere annealer quantistici o ispirati ai quanti (es. D-Wave). Inoltre, si svilupperanno meccanismi di consenso quantistico come alternativa ai classici algoritmi di consenso distribuito (Raft, Paxos, BFT), sfruttando proprietà come l'entanglement e la sovrapposizione per migliorare la velocità di convergenza, la tolleranza ai guasti e la scalabilità in ambienti dinamici e vincolati. Nell'ambito dell'Att. 3.6, si esploreranno invece approcci basati su Quantum Reinforcement Learning distribuito, in cui i framework QRL vengono suddivisi e distribuiti su più nodi quantistici, interconnessi tramite reti quantistiche o ibride (classico-quantistiche). Infine, nell'ambito dell'Att. 3.7 si proporranno algoritmi di ottimizzazione multi-obiettivo in grado di affrontare problemi complessi relativi all'allocatione delle risorse nel continuum cloud/edge/quantum, al posizionamento dei carichi di lavoro e all'orchestrazione dei flussi computazionali.

➤ 11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP

Lo scopo finale del WP3 è realizzare una infrastruttura sperimentale nazionale, scalabile e aperta che integra reti beyond 5G, servizi di AI distribuita e tecnologie quantistiche (OF3). Come traguardo intermedio (OI3), è prevista la validazione di componenti specifiche dell'infrastruttura e di tecniche di ottimizzazione e orchestrazione di reti classiche e quantistiche. Le attività riguardano quattro macro-obiettivi principali, che sono presentati facendo riferimento agli obiettivi realizzativi (OR) di tutte le attività. Obiettivo 1: Realizzazione e dimostrazione di una infrastruttura sperimentale per Quantum Internet. Sarà realizzato un anello QKD Palermo-Messina-Catania e potenziato il link Firenze-Pisa, creando la prima dorsale quantistica nazionale federata. Lo scopo è validare protocolli quantistici in topologie di rete complesse e in modalità federata, studiando anche problemi di interoperabilità con apparati di rete tradizionali, e supportare servizi di fornitura on demand di chiavi crittografiche a utenti istituzionali (università, laboratori, enti pubblici) integrata in flussi di lavoro scientifici distribuiti, secondo un paradigma di QKD-as-a-service. Più in dettaglio, a questo macro-obiettivo contribuiscono: - Anello per QKD Palermo-Messina-Catania (OR3.8.1, OR3.9.1, OR3.10.1) - Potenziamento collegamento QKD Firenze-Pisa (OR3.2.1) - QKD-as-a-Service per reti di ricerca (OR3.2.2) - Studio di protocolli per reti quantistiche evolute (OR3.8.2, OR3.9.2, OR3.10.2, OR3.3.2) Obiettivo 2: Realizzazione di prototipi di tecnologie di comunicazione e sensing innovative. Questo obiettivo riguarda la progettazione di vari dispositivi e nodi di rete innovativi su tecnologie radio-ottiche-quantum, e in particolare: - Ricevitori VLC ibridi per energy harvesting e comunicazione VLC (anche stampati 3D), e sistemi di comunicazione ottica wireless (OWC) con laser a cascata quantica in bande non convenzionali (medio infrarosso e THz). (OR3.1.2) - Dispositivi per quantum sensing e quantum communications (OR3.3.1) - Tecniche avanzate di quantum light state engineering (OR3.3.2) - Nodo SDR in grado di gestire collegamenti mmwave e sistemi RIS in scenari dinamici (OR3.5.1) - Analizzatore di traffico su interfaccia radio Beyond-5G e iniettore di segnali di basso livello per jamming/testing (OR3.5.1) Obiettivo 3: Realizzazione e dimostrazione di un orchestratore per reti classiche

e quantistiche multi-dominio. Sarà realizzata una soluzione in grado di gestire risorse eterogenee, astraendone le capacità, e per offrire servizi di AI distribuita sul continuum edge/cloud/quantum anche a terze parti. Saranno confrontati meccanismi di risoluzione dei conflitti tra le decisioni di controllo ed orchestrazione in ambienti multi-stakeholder federati, attraverso lo sviluppo di: - Nodo di rete programmabile intent-based, che federi segmenti B5G, TSN e quantum (OR3.4.1). - Estensione del piano di controllo NFVCL per includere funzionalità avanzate di gestione distribuita (OR3.7.1) - Casi d'uso d'orchestrazione per AI distribuita (OR3.4.2, OR3.7.2) - Servizi di edge computing aperti a terzi (OR3.5.2) Obiettivo 4: Dimostrazione di algoritmi di ottimizzazione quantistici. Saranno realizzati strumenti per supportare nuovi approcci nei problemi di ottimizzazione relativi alla gestione delle reti classiche e quantistiche e per dimostrare generalizzazioni di questi approcci anche ad altri domini applicativi. In particolare: - Piattaforma per applicazione di quantum-reinforcement-learning alla risoluzione di problemi combinatori complessi (OR3.6.1) - Implementazione di strumenti per sistemi quantum annealing e consenso (quali Qiskit, Cirq o QuTiP) (OR3.5.2) - Generalizzazioni per algoritmi di ottimizzazione quantistici as-a-service (OR3.6.2) - Algoritmi di AI e ML per l'ottimizzazione di quantum communication e sensing (OR3.3.2)

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

Focus di fondo: potenziamento nodi SLICES e LENS

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica, Dipartimento di Ingegneria - UNIPA, CNR-INO Networks and devices for quantum sensing & communication, CNR-INO OWC & VLC Communications; Mid-IR & THz; Photonic Materials for (Bio)Sensing, Mobile and Distributed Systems Laboratory, Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa, Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni, Dipartimento di Informatica - Scienza e Ingegneria

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le UO sono state selezionate in base a: i) competenze scientifiche necessarie per l'integrazione di reti classiche/quantum, ii) esperienza nella gestione e orchestrazione di infrastrutture sperimentali complesse. iii) complementarità tra le competenze, con i nodi SLICES di Genova e Bologna specializzati in orchestrazione e AI distribuita, Palermo, Catania e Messina specializzati in tecnologie di accesso radio e IoT, nodi LENS di Firenze e Pisa specializzati in tecnologie ottiche e quantistiche.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Il budget complessivo del WP3 ammonta a 5,31 M€, di cui poco meno di 4M€ al sud, ed è strutturato in modo da garantire la realizzazione di una infrastruttura che integra reti beyond 5G, servizi di AI distribuita e tecnologie quantistiche, allo scopo di dimostrare le nuove opportunità di sviluppo dell'intera catena del valore delle reti di telecomunicazione abilitate da questa integrazione. Analisi per voi di spesa. La parte più significativa del budget, circa 3.9M€ è allocata in attrezzature e mira a potenziare i sette nodi SLICES e LENS coinvolti nelle attività con la seguente strumentazione: apparati per reti beyond 5G, che integrano Software-Defined-Radio, link mm-wave, RIS, edge server e robotica connessa; server per core networks e orchestratori di rete, nodi programmabili P4, dispositivi TSN e moduli di sincronizzazione quantistica, dispositivi per l'anello QKD dei nodi di Palermo, Messina e Catania, dispositivi per l'estensione dei collegamenti QKD tra Firenze e Pisa, ricevitore VLC 3D-printed, laser a cascata quantica e banchi ottici. La seconda voce di spesa, per circa 800k€, riguarda spese di personale, tecnologi e ricercatori, da allocare alla realizzazione e gestione dell'infrastruttura. La quota copre circa 45 mesi uomo/anno di tutto il personale delle 7 unità operative coinvolte. E' anche previsto un budget importante di circa 120k€ sulla voce Open Access, TransNational Access e dati FAIR, per finanziare pubblicazioni open-access dei risultati scientifici e politiche FAIR nella gestione dei dati e per invitare da 30 a 40 ricercatore in visita, tramite voucher TNA, allo scopo di condividere e promuovere le soluzioni proposte per l'integrazione di reti classiche e quantum. Infine, un budget di circa 180k€ è allocato alle iniziative di comunicazione e disseminazione, non soltanto per partecipare a conferenze scientifiche, ma soprattutto per promuovere l'accesso all'infrastruttura da parte di centri di ricerca e imprese che vogliano sperimentare tecnologie di comunicazioni quantum, servizi di edge computing, soluzioni e strumenti innovativi di ottimizzazione. Analisi per obiettivi realizzativi. Il WP3 è organizzato in 10 attività, che concorrono a quattro obiettivi realizzativi. I costi da sostenere per realizzare

gli obiettivi sono più o meno bilanciati, con l'unica eccezione del primo obiettivo il cui costo è doppio per sostenere gli investimenti necessari alla realizzazione dell'anello QKD in Sicilia. Più' in dettaglio, il primo obiettivo, realizzazione e dimostrazione di una infrastruttura sperimentale per Quantum Internet, corrisponde circa ai costi di Att. 3.2, 3.8, 3.9 e 3.10 per un totale di poco meno di 2M€. Il secondo obiettivo, realizzazione di prototipi di tecnologie di comunicazione e sensing innovative, corrisponde ai costi di Att. 3.1, e a parte di 3.3, 3.5 e 3.6, per poco meno di 1M€. Il terzo obiettivo, realizzazione e dimostrazione di un orchestratore per reti classiche e quantistiche multi-dominio, corrisponde ai costi di Att.3.4, 3.7 e parte di 3.5 e 3.6 per circa 1.1M€. L'ultimo obiettivo, dimostrazione di algoritmi di ottimizzazione quantistici, include fondamentalmente i costi residui delle Att. 3.5, 3.6 e parte di 3.3 per circa 1.2M€.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Gli indicatori chiave delle prestazioni (KPI) del WP3 sono specifici per ciascuna attività, mirati a misurare il raggiungimento degli obiettivi realizzativi. L'insieme dei risultati ottenuti da ogni attività consente di attestare il conseguimento degli obiettivi intermedi e finali del WP3, garantendo coerenza e tracciabilità dell'avanzamento complessivo.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP04

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

Advanced quantum and classical sensing

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP04-AQUS

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Iolanda

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Ricciardi

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

RCCLND75T50A783T

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

iolanda.ricciardi@ino.cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

00393208722327

➤ 11D1.12: Sintesi delle attività del WP

Il Work Package 4 è strutturato attorno a un insieme di attività avanzate di ricerca e sviluppo, che coprono un ampio spettro di domini tecnologici. L'elemento unificante è l'integrazione strategica dell'Intelligenza Artificiale (IA) per potenziare l'analisi, l'automazione, l'ottimizzazione e il processo decisionale in sistemi sperimentali complessi. L'obiettivo generale è rafforzare le capacità nazionali in settori quali la fotonica, le tecnologie quantistiche, la nanofabbricazione, il sensing avanzato e la spettroscopia ultrarapida. Sulla base delle sinergie metodologiche, le attività sono organizzate secondo le due seguenti macro-aree: Macro-area 1: Microscopia e Spettroscopia Avanzate Assistite da IA. Questa macro-area è focalizzata sullo sviluppo di schemi avanzati assistiti da IA di spettroscopia quantistica e classica, sia in regime continuo sia impulsato, e di microscopia ottica. La macro-area include le Attività 4.1, 4.5, 4.7, 4.8. In particolare: L'Attività 4.1 si concentra sull'applicazione dell'IA in combinazione con la microscopia ottica a campo vicino (SNOM), con l'obiettivo di migliorare la risoluzione delle immagini, ridurre i tempi di acquisizione e abilitare un'interpretazione avanzata dei dati. La SNOM consente l'imaging oltre il limite di diffrazione, ma presenta sfide legate alla complessità, ai lunghi tempi di misura e all'interpretazione del segnale in materiali eterogenei. L'IA è impiegata per automatizzare l'estrazione e l'analisi dei dati, migliorare la qualità delle immagini, integrare i flussi sperimentali e assistere nella modellazione dell'interazione sonda-campione, permettendo l'analisi di materiali fotonici di nuova generazione, emettitori quantistici e nanostrutture. L'Attività 4.5 tratta la scienza degli attosecondi e il controllo delle interazioni luce-materia ultraveloci. La generazione e misurazione di impulsi attosecondi permettono di accedere alle dinamiche elettroniche su scale temporali senza precedenti, tramite spettroscopia fotoelettronica risolta nel tempo. Le tecniche di IA migliorano il controllo delle beamline nel regime UV estremo (XUV), automatizzano procedure complesse e potenziano l'interpretazione dei dati. Gemelli digitali e diagnostica assistita da IA contribuiscono all'affidabilità sperimentale e all'ottimizzazione dei sistemi, con potenziali applicazioni nelle infrastrutture scientifiche e nei processi industriali ultrarapidi. L'Attività 4.7 si concentra sulla spettroscopia ottica ultrarapida a femtosecondi, con particolare attenzione alla sperimentazione e all'elaborazione dei dati potenziate dall'IA. Tecniche come il campionamento temporale adattivo, la riduzione del rumore e la modellazione cinetica basata su machine learning saranno utilizzate per estrarre informazioni da fenomeni dinamici. L'integrazione dell'IA migliora l'efficienza e l'autonomia dei sistemi spettroscopici per studi dinamici avanzati su materiali e molecole. L'Attività 4.8 introduce una tecnica avanzata di spettroscopia di assorbimento quantum enhanced che utilizza pettini di luce squeezed. Ciò consente la rivelazione di gas in tracce con sensibilità oltre il limite quantistico standard. L'IA contribuisce al miglioramento del segnale, all'identificazione delle righe spettrali e alla classificazione dei dati. Le applicazioni includono il monitoraggio climatico, la produzione di idrogeno e la diagnostica ambientale. L'uso di luce non classica e di sistemi laser avanzati colloca questa attività all'avanguardia nel campo del sensing quantistico. Macro-area 2: Piattaforme sensoristiche in fibra ottica e multifotoniche assistite da IA. Questa macro-area è dedicata allo sviluppo di sensori in fibra quantum-enhanced e di sensori bioibridi. Tutte le tipologie di sensori sviluppate saranno assistite da IA. La macroarea include le Attività 4.2, 4.3, 4.4, 4.6. In particolare: L'Attività 4.2 si concentra sulla modellazione molecolare e sulla sintesi di nuovi materiali riconfigurabili per la fabbricazione multifotonica di micro/nanodispositivi 3D/4D. Un obiettivo chiave è la compatibilità con la polimerizzazione a due fotoni, che consente la realizzazione di nanostrutture 3D ad alta risoluzione. Strumenti di progettazione guidati dall'IA sono utilizzati per ottimizzare le proprietà chimico-fisiche di nuovi materiali che cambiano le loro proprietà in risposta a stimoli esterni. Materiali intelligenti (es. idrogel, polimeri a memoria di forma, cristalli liquidi) ampliano le applicazioni in fotonica, biomedicina e robotica morbida. La piattaforma di fabbricazione, inoltre, combina tecniche additive e sottrattive per una maggiore flessibilità nella realizzazione dei dispositivi. L'Attività 4.3 è incentrata sullo sviluppo di piattaforme di sensing basate su fibra ottica, combinando sensori ottici distribuiti (DOFS) e sensori quantistici inerziali in fibra ottica (IFOQS). L'IA è impiegata per gestire e interpretare i grandi volumi di dati generati da questi sistemi, specialmente in applicazioni come il monitoraggio infrastrutturale, l'analisi sismica e la diagnostica strutturale. La componente IA consente l'ottimizzazione delle reti di sensori, degli algoritmi di rilevamento e dei modelli predittivi, rendendo la tecnologia rilevante per enti pubblici e soggetti industriali. L'Attività 4.4 esplora lo sviluppo di dispositivi bioibridi optoelettronici che incorporano molecole e proteine fotosensibili in membrane artificiali. Questi sistemi imitano i fotorecettori biologici e possono essere utilizzati in applicazioni come retine artificiali e biosensori ottici. L'IA è utilizzata per assistere nella progettazione molecolare e nell'elaborazione dei segnali elettrici generati in risposta alla luce. L'attività introduce nuovi materiali funzionali con potenziale per la miniaturizzazione e l'integrazione in sistemi optoelettronici più ampi. L'Attività 4.6 riguarda infine l'architettura e la validazione di servizi IoT di nuova generazione in

ambienti ibridi, integrando reti post-5G, edge computing e protocolli di comunicazione quantistica. L'obiettivo è sviluppare sistemi sicuri, resilienti e adattivi capaci di gestire il sensing distribuito e processi ad alta intensità di dati. Ciò include l'orchestrazione alimentata da IA e la distribuzione di chiavi quantistiche (QKD) per garantire l'integrità dei dati in ambienti critici come sanità, energia e trasporti.

➤ **11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP**

L'obiettivo generale del WP4 è ampliare i confini del sensing classico e quantistico integrando l'IA con piattaforme sperimentali d'avanguardia. Gli obiettivi realizzativi del WP (OR 4.1 e OR 4.2) sono calibrati per ottimizzare sinergie e competenze delle diverse UO partecipanti. OR 4.1 – Sviluppo di schemi spettroscopici avanzati assistiti dall'IA Per il raggiungimento di questo OR sono previste quattro attività sinergiche. La prima riguarda l'implementazione di metodologie SNOM guidate dall'IA, che permettano una caratterizzazione più rapida, accurata e riproducibile delle strutture nanofotoniche, fondamentali in particolare per dispositivi quantistici fotonici e piattaforme di sensing complesse. Questo è in linea con la visione più ampia di stabilire flussi di lavoro di imaging intelligenti, in grado di supportare la progettazione di nuovi emettitori quantistici e interfacce di sensing (OR 4.1.1 e OR 4.1.2). La seconda attività riguarda l'integrazione dell'IA con linee di fascio a femtosecondi e attosecondi per monitorare processi elettronici ultraveloci. Gli obiettivi concreti comprendono lo sviluppo di loop di feedback guidati dall'IA, gemelli digitali e diagnostiche delle linee di fascio, per migliorare la risoluzione delle misure oltre le tecniche attuali. Questi traguardi sono fondamentali per caratterizzare materiali quantistici e stati transitori, potenziando le capacità di sensing su scale temporali fondamentali (OR 4.5.1 e OR 4.5.2). La terza attività si concentra sul miglioramento della spettroscopia ottica ultrarapida classica tramite IA per estrarre segnali dinamici con elevata fedeltà. L'obiettivo è ridurre i costi sperimentali e migliorare la sensibilità—requisiti chiave per applicazioni scientifiche e industriali nel campo del sensing (OR 4.7.1 e OR 4.7.2). L'ultima attività mira a dimostrare uno schema quantum-enhanced di spettroscopia dei gas, assistito dall'IA per l'elaborazione dei segnali e l'ottimizzazione delle prestazioni dello squeezer. L'obiettivo è superare il limite quantistico standard, consentendo il rilevamento di gas in tracce in contesti ambientali ed energetici (OR 4.8.1 e OR 4.8.2). OR 4.2 – Sviluppo di sensori avanzati in fibra quantum-enhanced e sensori bioibridi assistiti dall'IA Per il raggiungimento di questo OR sono previste quattro attività sinergiche. La prima prevede la modellazione molecolare e la sintesi di materiali intelligenti riconfigurabili attraverso progettazione molecolare guidata dall'IA, da utilizzare con litografia a multifotoni. L'obiettivo tangibile è ottenere una stampa 4D ad alta risoluzione di micro- e nano-strutture per sensori fotonici e biomedici adattivi, trasformando il sensing classico in sistemi dinamici e multifunzionali. Questo apre la strada a nuove applicazioni come metasuperfici regolabili e microrobot morbidi, cruciali per l'implementazione reale in contesti di sensing e attuazione (OR 4.2.1 e OR 4.2.2). La seconda attività realizza piattaforme di sensing in fibra ottica potenziate dall'IA, sia sotto forma di sensori classici distribuiti per il monitoraggio strutturale, sia di sensori inerziali quantistici basati su interferometria a fotoni entangled. Il progetto mira realisticamente a miglioramenti di modellizzazione, analisi dei dati e previsione del sensing per l'attività sismica e le infrastrutture critiche. Questi sviluppi servono il duplice scopo di precisione e scalabilità nel contesto del sensing classico e quantistico (OR 4.3.1 e OR 4.3.2). La terza attività riguarda i sensori quantistici bio-ibridi, che sfruttano proteine fotosensibili e molecole fotoisomerizzanti per risposte optoelettroniche innovative. L'obiettivo è fabbricare retine artificiali e rivelatori di singoli fotoni capaci di operare in tempo reale, ottimizzando grazie all'IA design e decodifica di segnali biofisici complessi. Tali dispositivi bio-ispirati potranno rivoluzionare i paradigmi del sensing classico e offrire conoscenze fondamentali alla fotodetenzione quantistica (OR 4.4.1 e OR 4.4.2). L'ultima attività mira allo sviluppo di architetture IoT sicure e resilienti, supportate da edge computing e comunicazione quantistica, per creare sistemi di sensing ad alte prestazioni utilizzabili in ambienti critici. Gli obiettivi comprendono canali di trasmissione sicuri end-to-end e servizi adattivi basati su IA, a supporto del sensing in rete sia classico che quantistico (OR 4.6.1 e OR 4.6.2). In sintesi, gli obiettivi del WP sono coerenti, realizzabili e direttamente allineati con la visione di trasformare il sensing classico e quantistico tramite piattaforme potenziate dall'intelligenza artificiale.

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

La creazione di nuovi nodi dell'infrastruttura CNR-LENS a Messina, Napoli e Lecce è pensata per portare l'eccellenza scientifica in aree in cui può generare il massimo impatto—non solo nel progresso della ricerca, ma anche nella promozione dello sviluppo sociale, economico e culturale. Queste città rappresentano un'opportunità strategica per rafforzare il legame tra conoscenza e territorio.

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

CNR-INO Sensori in fibra ottica assistiti da intelligenza artificiale, CUSBO-POLIMI-RL1, Ottica Non Lineare e Spettroscopia Quantistica, CNR-IFN sede di Milano, Beyond-Nano CS, Bio - photonics and imaging, Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le UO del WP4 sono state coinvolte in base alla loro approfondita competenza, che spazia dallo sviluppo di tecnologie fotoniche avanzate alla fisica e chimica della materia soffice, dalla scienza degli attosecondi alla spettroscopia a raggi X ultrarapida, dal sensing avanzato in fibra ottica alla spettroscopia ad alta precisione all'ottica quantistica non lineare. Tali competenze sono ulteriormente arricchite da una consolidata esperienza nelle architetture per il calcolo decentralizzato e nelle tecniche di machine learning applicate a sistemi cibernetici interconnessi.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Il budget per il WP4 è allineato alle esigenze delle attività pianificate. Esso copre le spese per le attrezzature, il personale e l'accesso degli utenti, supportando gli obiettivi scientifici e lo sviluppo delle infrastrutture. Per l'Attività 4.1, il budget si basa sul costo delle attrezzature necessarie e sull'assunzione di un ricercatore con esperienza pertinente. Il budget per l'Attività 4.2 è destinato all'acquisto di una nuova macchina per litografia a scrittura diretta, ma anche alla diffusione dei risultati in modalità open access. L'Attività 4.3 finanzia l'allestimento di laboratori con sistemi ottici come sensori in fibra ottica, sorgenti e rivelatori di fotoni entangled, sistemi di acquisizione ultraveloci e apparecchiature ad alto vuoto. L'Attività 4.4 prevede fondi per strumenti specializzati e l'assunzione di un ricercatore esperto. Nell'Attività 4.5, il budget sostiene l'integrazione dell'intelligenza artificiale e del machine learning nelle beamline attosecondiche tramite aggiornamenti delle apparecchiature e sviluppo software. Il budget dell'Attività 4.6 richiede fondi per attrezzature che includono dispositivi edge compatibili con tecnologie quantistiche, gateway IoT sicuri con funzionalità QKD, switch di rete programmabili e sensori per ambienti critici. Un'altra parte è destinata al personale che lavora su middleware, fusione di sensori, rilevamento di anomalie e validazione dei servizi. Un'altra parte supporta l'accesso aperto e le attività di Accesso Transnazionale (TNA), permettendo a utenti esterni di accedere alla piattaforma. Infine, alcuni fondi coprono i costi infrastrutturali e di implementazione, come la configurazione della rete e l'integrazione del sistema con AI-PHOQUS. Per quanto riguarda l'Attività 4.7 mira all'aggiornamento degli apparati di spettroscopia ultrarapida presso l'unità CUSBO-RL1, con rivelatori, modulatori di impulsi e controlli opto-meccanici necessari per l'ottimizzazione basata su IA. Il budget per l'Attività 4.8 copre l'allestimento di laboratori con laser, rivelatori a infrarossi, componenti elettronici come oscilloscopi e analizzatori di spettro, optoelettronica, sistemi di IA e pompe da vuoto. Il budget riflette dunque un approccio bilanciato a supporto di attrezzature, personale qualificato e servizi, necessari per il completamento con successo del WP.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

La valutazione dell'avanzamento di ciascuna attività di questo WP sarà effettuata attraverso gli obiettivi di implementazione e i deliverable, mentre il monitoraggio sarà condotto utilizzando gli indicatori KPI. Ogni scheda attività include informazioni relative al processo di valutazione.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP05

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

AI-PHOQUS for health

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP05-AIHEALTH

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Barbara

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Fazio

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

FZABBR74T47F158M

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

barbara.fazio@cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

+39 3402449232

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Il Work Package 5 (WP5) riunisce un consorzio multidisciplinare con l'obiettivo di sviluppare soluzioni integrate basate su fotonica e intelligenza artificiale (IA) per le tecnologie di nuova generazione in ambito "salute". Le attività previste sono altamente sinergiche e complementari, coprendo diversi ambiti tematici: dalla governance dei dati guidata dall'IA a piattaforme sensoristiche innovative, dall'imaging multimodale alla spettroscopia avanzata. L'intero WP5 è orientato da una visione unificata: costruire un ecosistema distribuito, interoperabile e potenziato dall'IA per la diagnostica biomedica e la salute digitale. Il consorzio opererà con l'obiettivo principale di rafforzare strategicamente i nodi dell'infrastruttura LENS, in particolare LENS CNR-IMM di Messina e LENS-CNR-NANOTEC di Lecce, ampliandone le capacità tecnologiche, consolidandone l'integrazione nella rete infrastrutturale nazionale e rendendoli poli di innovazione condivisa nel sistema della ricerca. Tutte le istituzioni partner, grazie a un solido quadro di collaborazione, beneficeranno dei risultati scientifici, delle metodologie, delle piattaforme e dei dati generati all'interno del WP5. Il piano di lavoro è articolato in undici attività, assegnate alle unità operative del consorzio in base alle rispettive competenze ed aree di specializzazione. 5.1 Gestione di dati e conoscenze per IA ibrida e sistemi quantistici in ambito e-health (IIT-CNR-CS) 5.2 IA federata in ambito sanitario (DIAG) 5.3 IA per lo sviluppo clinico della radioterapia FLASH (ELI CNR-INO-PI) 5.4 Tomografia multiscale a raggi X e analisi immagini supportata da IA (BN-CNR-NANOTEC-CS) 5.5 Sensori fluorescenti e piattaforme SERS 3D per applicazioni biomediche (LENS CNR-IMM-ME-RL1) 5.6 Tecniche di imaging multimodale per la differenziazione accurata degli stati cellulari (LENS CNR-IMM-ME-RL2) 5.7 Fotonica ad alto throughput per sensing umano non invasivo e imaging cellulare (CUSBO-POLIMI-RL3) 5.8 SPAD per applicazioni biomediche (SPAD FOR BIOMEDICAL) 5.9 Spettroscopia di precisione broadband nel vicino e medio infrarosso per l'analisi del respiro umano (IFN-MI) 5.10 Piattaforme nanofotoniche ibride 2D-DNA per diagnostica molecolare basata su IA (LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL2) 5.11 Imaging biomedico basato su IA e analisi dati multimodali per la salute digitale (LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL2) Le attività sono organizzate in quattro macroaree interconnesse, che promuovono la collaborazione tra le unità operative e potenziano i nodi LENS di Messina e Lecce, valorizzandoli come centri di eccellenza nella ricerca avanzata. MACROAREA 1: IA E INTEROPERABILITÀ PER L'E-HEALTH DISTRIBUITO Questa macroarea sviluppa le basi semantiche, algoritmiche e federative per un ecosistema sanitario digitale distribuito, etico e personalizzato. L'attività 5.1 gestisce il sapere sulla salute tramite modelli interoperabili, metadati FAIR e

ontologie standard, con l'obiettivo di integrare imaging, sensori e diagnostica nei sistemi digitali sanitari, incluso il Fascicolo Sanitario Elettronico. L'attività 5.2 sviluppa IA federata per l'addestramento di modelli intelligenti su dati locali (ospedali, laboratori, PMI), preservando la privacy e migliorando la trasparenza clinica. SINERGIE: Queste attività supportano tutte le altre macroaree, fornendo linguaggi condivisi, standard e algoritmi per analisi di dati provenienti da imaging e sensori, assicurando usabilità clinica, riproducibilità e accesso condiviso tra i nodi della rete. MACROAREA 2: IMAGING AVANZATO, MULTIMODALE, INTELLIGENTE E NON INVASIVO. Questa macroarea si focalizza su tecniche avanzate di imaging ottico, tomografico e spettroscopico, integrate con IA per l'analisi in tempo reale e digital twins. L'attività 5.4 riguarda la tomografia 3D e l'istologia virtuale multiscala, integrata con IA per diagnosi oncologica e terapie personalizzate. L'attività 5.6 esplora imaging spettroscopico non invasivo e label-free (FLIM, Raman coerente, nano-Raman), per campioni vivi o dinamici, integrato con IA per il riconoscimento dello stato cellulare. L'attività 5.7 punta su imaging ad alto throughput, come la microscopia a foglio di luce integrata con microfluidica per la rapida ricostruzione 3D di tessuti e strutture cellulari, e piattaforme ottiche innovative per il rilevamento non invasivo sull'uomo basate su ottica diffusa nel dominio del tempo, in grado di fornire informazioni chimiche e metaboliche a centimetri di profondità. L'attività 5.8 si concentra sulla tecnologia SPAD per la rivelazione nella diagnostica medica. L'attività 5.11 sviluppa microscopia multidimensionale e multimessaggera, integrando e interpretando dati spaziali, temporali, spettrali e funzionali attraverso l'intelligenza artificiale. SINERGIE: I nodi LENS di Messina (5.6) e Lecce (5.11) rappresentano poli meridionali di riferimento per l'imaging biomedico integrato con IA, in sinergia con i laboratori di Cosenza (5.4), Milano (5.7) e Catania (5.8), per la costruzione di una rete distribuita per l'imaging digitale personalizzato. MACROAREA 3: SENSORI AVANZATI E BIOSENSING ASSISTITO DA IA. Quest'area include attività sullo sviluppo di piattaforme di rilevamento ottico combinate con algoritmi di IA, per il controllo dei processi nella fabbricazione dei sensori e l'analisi rapida di biomarcatori. L'attività 5.5 si focalizza su piattaforme portatili di rilevamento a fluorescenza basate su nanostrutture a semiconduttore e su piattaforme SERS (Surface-Enhanced Raman Scattering) realizzate con nanostrutture plasmoniche, per il rilevamento ultra-sensibile di biomolecole (proteine, DNA) senza ricorrere a tecniche di amplificazione. L'attività 5.9 si concentra sulla spettroscopia molecolare di precisione nel vicino e medio infrarosso, applicata all'analisi del respiro umano per il monitoraggio non invasivo di stati fisiologici e metabolici. L'attività 5.10 sviluppa dispositivi fotonici ibridi che combinano materiali bidimensionali e nodi funzionalizzati individualmente all'interno di guide d'onda ottiche, per la diagnostica molecolare label-free a livello di RNA/miRNA. L'integrazione con IA consentirà la decodifica in tempo reale di impronte ottiche distinte nelle applicazioni proposte. SINERGIE: Le attività 5.5 e 5.10 costituiscono un polo per il biosensing intelligente nel meridione, integrabile con l'imaging (Macroarea 2) e i sistemi di interoperabilità (Macroarea 1). L'attività 5.9 completa l'offerta con tecniche spettroscopiche avanzate. MACROAREA 4: IA PER LO SVILUPPO CLINICO E TRASLAZIONALE. Questa macroarea si concentra sulla validazione clinica delle tecnologie fotoniche e basate su IA sviluppate nel WP5. In particolare, l'attività 5.3 mira a sviluppare modelli di intelligenza artificiale per la stabilizzazione di fasci di elettroni ad altissima energia (VHEE) generati da laser, con applicazioni dirette nella radioterapia di nuova generazione. Facendo leva su dati clinici e scenari terapeutici reali, questa attività supporta la transizione delle tecnologie fotoniche avanzate verso strumenti operativi per l'oncologia di precisione, migliorando sicurezza, accuratezza e personalizzazione dei protocolli terapeutici. SINERGIE: L'attività 5.3 sfrutta le tecnologie sviluppate nella 5.1 e i dati della 5.2 per realizzare modelli IA per la stabilizzazione dei fasci VHEE. Questa sinergia garantisce integrazione, affidabilità e accelera l'applicazione in ambito clinico all'interno del WP5. In sintesi, WP5 costruisce un'infrastruttura distribuita e integrata, capace di affrontare le sfide della salute digitale attraverso la combinazione di fotonica, rilevamento e IA, con forte attenzione all'interoperabilità, all'etica e all'impatto clinico, con l'obiettivo di generare valore duraturo per la ricerca e l'innovazione sanitaria a livello nazionale.

➤ 11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP

L'obiettivo finale (OF5) del WP5 è sviluppare servizi integrati per il settore salute, tra cui salute digitale, bioimaging, biosensing e traslazione clinica, basati su tecnologie innovative di fotonica e scienza quantistica. Come traguardo intermedio (OI5), è prevista la validazione di tecniche avanzate di bioimaging e biosensing che integrano tecnologie fotoniche e quantistiche con sistemi IA. Un focus strategico è il rafforzamento dei nodi LENS di Lecce e Messina come hub nazionali per imaging, biosensing e gestione avanzata dei dati. Gli obiettivi si articolano in quattro pilastri interconnessi, allineati con le attività. OR5.1. Sviluppare un'infrastruttura digitale interoperabile per l'e-Health distribuito – (Attività 5.1, 5.2) Per consentire un'integrazione sicura e conforme ai principi FAIR di dati sanitari eterogenei, il WP5 si concentrerà inizialmente sull'interoperabilità semantica (5.1) e sullo sviluppo di algoritmi (5.2) per la modellazione dei dati e l'adozione di standard (OR5.1.1). Questo porterà alla realizzazione di sistemi di IA federata e

interoperabili per un'analisi etica, distribuita e personalizzata dei dati sanitari (OR5.1.2). OR5.2. Promuovere tecniche avanzate di imaging biomedico intelligenti, multimodali e non invasivi – (Attività 5.4, 5.6, 5.7, 5.8, 5.11) Il secondo obiettivo chiave riguarda lo sviluppo di tecniche di imaging avanzate integrate con IA per analisi cellulari e tissutali in tempo reale, ad alta risoluzione e senza marcatori. Le innovazioni includono tomografia 3D e istologia virtuale (5.4), imaging spettrale per il riconoscimento dello stato cellulare (5.6), imaging a foglio di luce e ottica diffusa (5.7), sviluppo di rivelatori SPAD per la diagnostica medica (5.8) e microscopia multi-messaggera (5.11). (OR5.2.1). Questo lavoro ha l'obiettivo di posizionare i nodi LENS come centri di riferimento nel Sud per l'imaging biomedico digitale e interoperabile, abilitando diagnosi precoci e monitoraggio terapeutico. (OR5.2.2) OR5.3. Sviluppare piattaforme avanzate di biosensing ottico e spettroscopia potenziate dall'IA – (Attività 5.5, 5.9, 5.10) Il terzo obiettivo è progettare sistemi portatili per il rilevamento sensibile e selettivo di biomarcatori molecolari con approcci senza marcatori, abilitati da nanofotonica e spettroscopia infrarossa. Le attività chiave includono piattaforme di biosensing basate su fluorescenza e SERS (5.5), spettroscopia di precisione per l'analisi del respiro umano (5.9) e piattaforme nanofotoniche ibride realizzate con materiali bidimensionali e DNA (5.10). (OR5.3.1). L'integrazione dell'IA ha come obiettivo analisi automatizzate, in tempo reale e altamente informative, supportando la rilevazione precoce di stati patologici (OR5.3.2). OR5.4. Validare le tecnologie fotoniche e basate su IA con dati clinici – (Attività 5.3) Infine, il WP5 si concentra sulla traduzione delle tecnologie avanzate nella pratica clinica, con particolare attenzione alla radioterapia di nuova generazione. Le attività principali includono la validazione degli strumenti con dati clinici, lo sviluppo di modelli predittivi e sistemi di supporto decisionale (OR5.4.1). Un obiettivo centrale è la creazione di modelli IA per la stabilizzazione dei fasci VHEE generati da laser nella radioterapia FLASH, con l'obiettivo di abilitare decisioni terapeutiche personalizzate e generare un impatto concreto in oncologia, neurologia e medicina di precisione. (OR5.4.2). Questi obiettivi mirati sono progettati per favorire una crescita coordinata e sinergica tra i partner del consorzio e per massimizzare il valore a lungo termine degli investimenti nelle infrastrutture nazionali. Il WP5 non è semplicemente un insieme di tecnologie avanzate, ma un motore abilitante per il futuro della medicina, dove fotonica e IA convergono per rendere l'assistenza sanitaria più precisa, personalizzata e sostenibile.

➤ 11D1.14: Finalità del WP

Il WP5 si concentra strategicamente sul potenziamento dei nodi LENS di Lecce e Messina, sviluppando e integrando tecnologie avanzate di imaging, biosensori e intelligenza artificiale. Grazie alla sinergia tra le unità operative coinvolte, i due nodi diventeranno poli di innovazione e trasferimento tecnologico nel Sud Italia, contribuendo al rafforzamento dell'infrastruttura nazionale e promuovendo la coesione regionale nel sistema della ricerca.

➤ 11D1.15: UO partecipanti al WP

LENS CNR-IMM-ME-RL2, LENS CNR-IMM-ME-RL1, CUSBO-POLIMI-RL3, Dipartimento di ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, BN-CNR-IMM-CT-RL2, Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza, CNR-IFN sede di Milano, Beyond-Nano CS, ELI CNR INO Pisa, Bio - photonics and imaging

➤ 11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative

Le Unità Operative del WP sono state selezionate per la comprovata esperienza in intelligenza artificiale, fotonica, imaging e biosensing, garantendo un equilibrio geografico e competenze complementari. L'obiettivo è promuovere una collaborazione efficace e rafforzare strategicamente i nodi LENS di Lecce e Messina, posizionandoli come poli d'innovazione e punti di riferimento nel Sud Italia per una medicina personalizzata, etica e interoperabile.

➤ 11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità

Il budget complessivo previsto per il WP5 ammonta a circa 8.64 M€, con una distribuzione fortemente orientata al rafforzamento del sistema della ricerca nel Mezzogiorno: circa il 91,2% delle risorse è infatti destinato a infrastrutture e attività localizzate nel Sud Italia. In particolare, le attività localizzate nel Sud (5.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.8, 5.10 e 5.11), assorbono complessivamente 7.88 €, confermando una strategia di investimento mirata a colmare i divari territoriali e a promuovere la coesione nazionale. All'interno di queste, le attività riconducibili ai nodi LENS di Messina e Lecce (5.5, 5.6, 5.10 e 5.11) richiedono un

finanziamento pari a 4.69 €, ovvero circa il 54,3% del budget complessivo DEL WP5. Questa scelta riflette una visione strategica che mira a valorizzare poli di eccellenza nel Sud Italia, promuovendo la crescita territoriale, l'inserimento di giovani ricercatori e la circolazione delle competenze su scala nazionale. L'allocazione delle risorse nel WP5 è pienamente allineata con gli obiettivi strategici del progetto e calibrata con attenzione rispetto alla complessità tecnica e organizzativa delle attività previste. Le risorse sono distribuite su più linee di intervento che integrano sviluppo infrastrutturale, personale qualificato, accesso aperto, formazione e servizi innovativi, garantendo così impatto scientifico e sostenibilità operativa. In particolare, le attività 5.1 e 5.2 sono orientate al rafforzamento delle capacità computazionali e di gestione dei dati, elementi essenziali per testare e validare metodi di standardizzazione dei dati in contesti applicativi reali. Il budget include inoltre il supporto all'accesso aperto, ai servizi per gli utenti (TNA) e alla formazione, confermando una visione integrata che pone l'interoperabilità e l'usabilità al centro dell'infrastruttura. Le attività 5.3–5.11 giustificano la richiesta con il potenziamento delle capacità di caratterizzazione e analisi dei dati, includendo attrezzature scientifiche e aggiornamenti tecnologici delle infrastrutture, nonché l'assunzione di ricercatori a tempo determinato e personale specializzato per il supporto tecnico-gestionale. L'integrazione tra ricerca, supporto tecnico e formazione è ben strutturata, assicurando un'implementazione efficace e un forte coinvolgimento delle comunità scientifiche e industriali. L'investimento nei nodi LENS di Messina e Lecce rappresenta un elemento particolarmente strategico: i due poli offrono competenze distinte e complementari, favorendo sinergie e una distribuzione funzionale dei carichi di lavoro. Inoltre, il finanziamento di nuovo personale in aree strutturalmente svantaggiate promuove l'integrazione di giovani ricercatori e la circolazione di conoscenze e competenze su scala nazionale.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Gli indicatori chiave delle prestazioni (KPI) del WP5 sono specifici per ciascuna attività, mirati a misurare il raggiungimento degli obiettivi realizzativi. L'insieme dei risultati ottenuti da ogni attività consente di attestare il conseguimento degli obiettivi intermedi e finali del WP5, garantendo coerenza e tracciabilità dell'avanzamento complessivo.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP06

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

AI-PHOQUS for Smart Industry

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP06

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Aurora

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Rizzo

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

RZZRRA80E60L565D

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

aurora.rizzo@cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

0832319816

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Il WP6 include lo sviluppo di una piattaforma edge-native per ambienti Beyond-5G, che consente il controllo adattivo e in tempo reale della robotica industriale tramite intelligenza distribuita tra nodi edge e micro-cloud. Viene inoltre esplorata la realizzazione di moduli solari intelligenti, combinando celle solari a perovskite semitrasparenti con strati elettrocromici, utilizzando l'intelligenza artificiale per la progettazione predittiva, il controllo in tempo reale e la produzione scalabile. Inoltre, vengono potenziati i sistemi laser ultracorti e ultraintensi applicando tecniche di apprendimento automatico per diagnostica, stabilizzazione, controllo adattivo del fascio e elaborazione distribuita dei dati tra infrastrutture, a supporto della trasformazione industriale smart e scalabile. Le attività di ricerca e sviluppo sperimentale, svolte dalle unità operative all'interno delle infrastrutture LENS, SLICE ed EUAPS, seguono una pianificazione temporale definita e mirano a risultati concreti come prototipi, modelli e protocolli. Il WP6 punta a far progredire le tecnologie basate su IA per i sistemi industriali di nuova generazione attraverso tre attività integrate, assegnate alle unità operative del consorzio in base alle rispettive competenze ed aree di specializzazione.

Activity 6.1 Edge Computing in infrastrutture Beyond-5G e NextG per la robotica intelligente connessa nelle industrie smart (M1-M36) Questa attività è incentrata sullo sviluppo e la validazione di una piattaforma edge-native progettata per ambienti Beyond-5G/NextG, al fine di abilitare una gestione intelligente e adattiva della robotica industriale connessa. Viene introdotta una nuova architettura distribuita che assegna dinamicamente l'intelligenza tra nodi edge e micro-cloud, ottimizzando le prestazioni in base al contesto produttivo. Integrando strettamente i livelli di controllo della rete e della robotica, l'approccio consente comportamenti adattivi in tempo reale e un'efficiente orchestrazione dei carichi di lavoro. La piattaforma viene testata in scenari industriali realistici con robot mobili e sensori su infrastrutture avanzate 5G/pre-6G. Inoltre, offre alle imprese servizi di simulazione e validazione per supportare l'adozione delle tecnologie edge emergenti, promuovendo una transizione scalabile e sistemica verso la manifattura intelligente.

A6.2 Materiali innovativi per dispositivi intelligenti di nuova generazione (M1-M36) Questa attività mira allo sviluppo di moduli solari multifunzionali che integrano celle solari in perovskite semitrasparenti (ST-PV) con strati elettrocromici, sistemi capaci di regolare autonomamente le proprie proprietà ottiche in risposta alla radiazione solare e all'energia elettrica prodotta. L'intelligenza artificiale (AI) e il machine learning sono elementi chiave di questa ricerca, consentendo la progettazione predittiva delle formulazioni in perovskite, l'ottimizzazione delle prestazioni ottiche ed elettrocromiche, la previsione dei fenomeni di degrado e il controllo in tempo reale dei processi, favorendo una produzione scalabile e riproducibile.

A6.3 Stabilizzazione basata su AI di laser estremi ad alta frequenza di ripetizione. Questa attività si concentra sull'impiego di tecniche di ML per il controllo ed il miglioramento delle prestazioni di sistemi laser ultracorti ed ultraintensi. Tra gli obiettivi principali sono inclusi lo sviluppo di diagnostiche avanzate di impulsi laser ad alto rep rate, in grado di supportare tecniche di ottimizzazione basate su ML, e la realizzazione di tecniche di stabilizzazione di parametri del laser critici per l'accelerazione di particelle basata su laser. La ricerca include inoltre l'implementazione di metodi di controllo adattivo per parametri laser chiave, quali il beam pointing, l'energia e la fase spettrale. Inoltre, saranno sviluppate reti neurali per la classificazione automatica di shot laser mediante l'impiego di dati diagnostici. L'attività esplora infine metodi per la raccolta e l'analisi di dati diagnostici distribuiti, al fine di supportare esperimenti coordinati tra varie facility.

➤ **11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP**

A6.1 SLICES-UNIME-DI-MDSLAB OR 6.1.1: Progettazione e prototipazione di un'architettura edge-native per la robotica industriale adattiva su infrastrutture Beyond-5G [M1-M18] KPI 6.1.1: Realizzazione di un prototipo funzionante della piattaforma edge-native, in grado di supportare almeno due scenari di robotica industriale su condizioni di rete Beyond-5G emulate. Deliverable 6.1.1: Implementazione del prototipo dell'architettura distribuita edge-native e report tecnico con la descrizione del design, degli scenari di test e

della verifica dei KPI. OR 6.1.2: Validazione della piattaforma edge-native in ambienti reali e federati con servizi orientati alle imprese [M19–M36] KPI 6.1.2: Validazione della piattaforma in almeno due nodi LENS federati, con rilascio di un servizio dimostrativo disponibile per la sperimentazione esterna. Deliverable 6.1.2: Report di validazione e rilascio pubblico del servizio dimostrativo con documentazione e guida all'uso. Attività 6.2: LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL3 M1–36 Questa attività mira allo sviluppo di moduli solari intelligenti che combinano perovskiti semitrasparenti con strati elettrocromici, utilizzando l'intelligenza artificiale (AI) per ottimizzare la progettazione, le prestazioni e la produzione su scala industriale. Gli obiettivi dei Deliverable sono: OR 6.2.1: Sviluppo di celle fotovoltaiche in perovskite semitrasparenti di piccola area, otticamente accoppiate a sistemi elettrocromici [M1–M18]. KPI 6.2.1: Dimostrazione di un modulo PV-EC otticamente accoppiata con risposta spettrale uniforme e degradazione delle proprietà ottiche/elettriche <10% dopo 500 cicli di funzionamento. Deliverable 6.2.1: Rapporto tecnico su materiali, simulazioni ottiche, progettazione e fabbricazione dei dispositivi e strategia di incapsulamento. OR 6.2.2: Progettazione, sviluppo e caratterizzazione di moduli multifunzionali scalabili basati su celle solari in perovskite semitrasparenti integrate con strati elettrocromici, per realizzare dispositivi autonomi, efficienti dal punto di vista energetico e adattivi. [M19–M36] KPI 6.2.2: mini-modulo fotovoltaico-elettrocromico autoalimentato, con trasmittanza del 40% (stato decolorato) e contrasto ottico del 30%. Deliverable 6.2.2: Rapporto tecnico sui materiali e sul prototipo di mini-modulo. Attività 6.3: EUAPS-CNR-INO-PI, M1-36 L'attività si concentra sull'impiego di tecniche di ML per il miglioramento del controllo e delle prestazioni di sistemi laser ultracorti ed ultraintensi. I deliverables sono: OR 6.3.1: Identificazione dei parametri più rilevanti per la stabilizzazione di fasci laser ultracorti ed ultraintensi, e generazione di dataset relativi. [M1–M18] KPI 6.3.1: Selezione di dati diagnostici per l'ottimizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi e generazione di dataset sperimentali. Deliverable 6.3.1: Report sulla selezione di dati per l'ottimizzazione mediante ML di laser ultracorti ed ultraintensi. OR 6.3.2: Sviluppo di modelli AI per la stabilizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi. [M19–M36] KPI 6.3.2: Sviluppo di algoritmi e dispositivi sperimentali per l'ottimizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi. Deliverable 6.3.2: Articolo su ottimizzazione basata su tecniche di AI di laser ultracorti ed ultraintensi.

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

Il WP6 ha un focus strategico sul rafforzamento dei nodi LENS, SLICE ed EUAPS a Lecce, Messina e Pisa, attraverso lo sviluppo di tecnologie basate sull'IA per sistemi industriali di nuova generazione. Questi nodi saranno potenziati per operare come hub di innovazione e trasferimento tecnologico nel Nord e Sud Italia, contribuendo al consolidamento dell'infrastruttura nazionale e promuovendo la coesione regionale all'interno del sistema della ricerca.

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

EUAPS CNR INO Pisa, Mobile and Distributed Systems Laboratory, Innovative materials and devices

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le Unità del WP sono state selezionate per la comprovata esperienza scientifica e tecnologica nello sviluppo di laser ultracorti/ultraintensi, materiali ibridi, edge computing, orchestrazione distribuita, AI per sistemi robotici connessi, reti mobili 5G/B5G, architetture programmabili e ambienti industriali virtualizzati. Competenze complementari garantiscono una collaborazione efficace per rafforzare sinergicamente i nodi LENS, SLICE ed EUAPS come hub di riferimento in Italia..

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Giustificazione del Budget Il budget assegnato al WP6 è strettamente allineato agli obiettivi strategici del progetto ed è stato attentamente calibrato per riflettere le esigenze tecniche e organizzative delle iniziative previste. I fondi sono allocati in modo strategico tra diverse aree di intervento, tra cui il potenziamento delle infrastrutture, l'assunzione di personale esperto, iniziative di accesso aperto, programmi di formazione e lo sviluppo di servizi all'avanguardia. Questo approccio completo supporta sia la rilevanza scientifica a lungo termine sia la sostenibilità operativa del progetto. La ripartizione del budget per le 3 Attività è dettagliata come segue: A6.1: L'attività richiede 200.000 € per attrezzature, comprensive di nodi edge, componenti robotici e infrastrutture di rete programmabili necessarie all'implementazione e sperimentazione dell'architettura distribuita in scenari industriali realistici. Ulteriori 48.000€ per il personale sono destinati

alla progettazione, sviluppo e validazione dei servizi di orchestrazione edge e dei dimostratori. Circa 30.000 € sono destinati ad attività di open access e TNA, per permettere a soggetti esterni di accedere alla piattaforma. Infine, 10.000 € coprono costi di impianto e infrastruttura, tra cui l'installazione nei siti edge e il supporto alla rete locale. A6.2: L'attività richiede un totale di 640.000,00 €, così dettagliati: 105.000,00 € per il personale appositamente assunto per il progetto per 2 anni, al fine di svolgere attività sperimentale sullo sviluppo di materiali e dispositivi intelligenti; 500.000,00 € per la strumentazione destinata alla caratterizzazione dei materiali e alla fabbricazione dei dispositivi. A6.3: Il budget per questa attività è così suddiviso; 21.800€ per personale specificamente reclutato per il progetto, 5.000€ per Open Access, Transnational Access, implementazione di principi FAIR, 3.000€ spese per comunicazione e disseminazione delle attività, 104.600€ per strumentazione. Il dettaglio delle spese è il seguente: - contratto postdoc nel settore dei laser ultracorti ed ultraintensi e del ML; - Rivelatori e diagnostiche per laser; - Optomeccaniche controllate da remoto per ottiche laser; - Sistemi IT per ottimizzazione mediante ML.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Gli indicatori KPI 6.1.1; KPI 6.1.2; KPI 6.2.1; KPI 6.2.2; KPI 6.3.1; KPI 6.3.2, distribuiti nelle 3 Attività, permetteranno di valutare l'avanzamento del WP6, in particolare: validare una piattaforma edge-native in scenari robotici su nodi B5G e LENS; dimostrare uno stack PV-EC con prestazioni stabili per oltre 500 cicli, con trasmittanza e contrasto definiti; sviluppare strumenti diagnostici basati su IA, dataset e ottimizzare algoritmi per sistemi laser ultracorti e ultraintensi.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP07

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

AI-PHOQUS per le rinnovabili e l'ambiente

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP07-EA

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Salvatore Antonino

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Lombardo

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

LMBSVT64L10C351Y

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

salvatore.lombardo@cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

0955968223

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Il WP7_EA è composto da sei attività. Quattro di esse riguardano principalmente il tema delle energie rinnovabili. Specificamente, una si concentra sulla pianificazione del mix energetico (A7.1 Renewable Energy AI-Based Planner), e tre affrontano le tecnologie fotovoltaiche (A7.4 Innovative materials for energy-saving / energy production devices; A7.5 Silicon-based high-performance photovoltaics: devices and technologies for smart manufacturing; A7.6 AI-driven optical systems for modeling and process control in energy and environment). Le altre due attività sono relative al controllo ambientale (A7.2 Environmental monitoring and risk detection; A7.3 AI-enhanced sensors for environmental control). Globalmente, c'è una spinta verso un futuro a basse emissioni di carbonio e più sostenibile. Pertanto, la transizione alle energie rinnovabili e il miglioramento dell'efficienza energetica sono diventati priorità chiave. Tra le fonti rinnovabili, il fotovoltaico si è affermato come la tecnologia con i costi più bassi in molte regioni del mondo. Tuttavia, il contributo del fotovoltaico alla rete elettrica dipende fortemente da oscillazioni e cicli giornalieri, stagionali e meteorologici. Anche l'energia eolica presenta comportamenti oscillanti simili. In questo contesto, la modellazione energetica e la pianificazione sono essenziali per ottenere una rete energetica stabile e sostenibile. In generale, per affrontare efficacemente il cambiamento climatico, migliorare la sicurezza energetica e promuovere lo sviluppo socio-economico, è cruciale comprendere e gestire le dinamiche energetiche a tutti i livelli (distretto, città, regione, ecc.) attraverso l'uso di tecniche di modellazione avanzate e quadri di pianificazione completi. L'obiettivo dell'attività A7.1 è lo sviluppo di uno strumento digitale avanzato, chiamato Territorial Energy Planner (TEP), progettato per supportare i decisori pubblici e gli investitori privati nella pianificazione di impianti rinnovabili. Questo strumento integrerà dati meteorologici, modelli di generazione, profili di domanda di energia elettrica e tecniche di ottimizzazione avanzate basate sull'intelligenza artificiale e sulla teoria delle reti complesse. Nel campo delle tecnologie fotovoltaiche, il WP7 mira a rafforzare l'IR LENS e le unità partecipanti, lavorando in stretta sinergia con aziende nazionali, con un duplice obiettivo. Da un lato, proporre nuove idee che potrebbero portare a innovazioni radicali e tecnologie dirompenti a lungo termine. Dall'altro, collaborare con le aziende su innovazioni incrementali che possano avere un impatto significativo nel breve termine. È importante notare che la storia recente del fotovoltaico terrestre è stata caratterizzata da una serie continua di innovazioni, per lo più incrementali, piuttosto che radicali. Negli ultimi 15 anni circa, questi miglioramenti hanno più che raddoppiato l'efficienza dei moduli fotovoltaici commerciali e hanno ridotto i costi della tecnologia di circa 20 volte (da circa €1/Wp nel 2008 a circa €0,05/Wp attuali). Tra le aziende italiane nel settore fotovoltaico, prevediamo di collaborare con 3SUN del Gruppo ENEL, un importante produttore europeo di celle e moduli solari in tecnologia heterojunction, e RISE Technologies, che produce apparecchiature per la produzione e il testing di semiconduttori e dispositivi fotovoltaici. Inoltre, intendiamo collaborare con ENI S.p.A e SENECA Italia Srl. È importante sottolineare che 3SUN è tra le poche aziende europee che spingono la produzione di celle e moduli fotovoltaici in Europa, considerando la forte pressione di mercato degli ultimi dieci anni da parte dei produttori cinesi, che attualmente dominano la produzione terrestre di PV. RISE, invece, è un produttore di apparecchiature per il PV molto innovativo. La combinazione proposta (industria di celle/moduli PV e produttore di apparecchiature PV) è ideale per il nostro progetto, poiché qualsiasi innovazione, radicale o incrementale, prodotta dal nostro WP a livello di nuovi materiali o di apparecchiature può essere effettivamente implementata rapidamente su scala industriale. Le attività A7.5 e A7.6 si concentreranno sul controllo avanzato dei processi in fabbriche all'avanguardia per celle e moduli fotovoltaici, utilizzando tecniche ottiche come ellipsometria spettroscopica, riflettanza, trasmittanza, assorbanza nell'intervallo UV-VIS-NIR, fotoluminescenza e imaging di elettroluminescenza delle celle solari, integrate nelle linee di produzione, concentrandosi su una serie di approcci innovativi. Questi sono principalmente basati su algoritmi di machine learning per la catalogazione dei difetti delle celle solari, la selezione delle celle, la classificazione precoce dei processi e il rilevamento anticipato di guasti di processo, ecc. Un altro aspetto degli studi proposti riguarda il trattamento laser delle celle solari, ampiamente utilizzato nella produzione di celle solari, principalmente per il taglio delle celle e la passivazione dei bordi, sia nelle tecnologie a film sottile che in quelle basate su wafer di silicio. L'altra parte dell'attività proposta, in sinergia tra A7.4 e A7.5, riguarda la ricerca a lungo termine su un orizzonte di cinque anni di fotovoltaici in silicio ad alta efficienza. Questo include lo studio di CAD dei dispositivi, tecnologie, nuovi materiali (come film sottili per eterostrutture in silicio, TCOs, TMDs, ecc.), testing, modellazione, affidabilità dei dispositivi, compresi test outdoor di sistemi fotovoltaici e sistemi di produzione di combustibili solari (idrogeno verde, NH₃), e

l'incorporazione di nuove tecnologie basate su tandem perovskite/silicio e dispositivi ibridi III-V/silicio. In particolare, in A7.4 verranno sviluppate celle solari in perovskite a singola giunzione ottimizzate per l'integrazione in tandem. Il mini-modulo in perovskite semi-trasparente con banda proibita regolabile sarà integrato nelle tecnologie tandem perovskite/silicio in collaborazione con A7.5 e testato in condizioni esterne per valutarne le prestazioni in un ambiente tecnologicamente rilevante. Nel campo del controllo del territorio e dell'ambiente, l'attività A7.2 sfrutterà tecnologie avanzate di telerilevamento e sensori a terra per osservare e interpretare i processi territoriali nel tempo e su diverse scale, così come il comportamento delle persone. Sistemi basati su satellite, droni e sensori a terra forniranno informazioni sistematiche ad alta risoluzione delle aree interessate. Questo compito consentirà una comprensione multi-risoluzione, multi-profondità e multi-temporale dell'evoluzione del paesaggio, della vulnerabilità ambientale e del comportamento degli individui, al fine di rilevare, valutare e mitigare rischi e pericoli multipli. Per affrontare l'elevata complessità e il volume di dati generati da questa infrastruttura multi-sensing, verranno sviluppati flussi di lavoro dedicati di calcolo ad alte prestazioni (HPC) efficienti. Questi flussi supporteranno l'elaborazione avanzata dei dati e permetteranno l'integrazione delle osservazioni derivate dai sensori nei modelli di rilevamento, valutazione e mitigazione del rischio. Sempre nell'ambito del controllo ambientale, l'attività A7.3 mira a sviluppare un'elaborazione di dati SAR (Synthetic Aperture Radar) interferometrici e tomografici basata su intelligenza artificiale, provenienti da piattaforme spaziali e aeree/droni, per l'imaging 3D e il monitoraggio di aree interessate da fenomeni di instabilità idrogeologica e attività minerarie sotterranee. L'attività include l'elaborazione di grandi volumi di dati SAR ottimizzata per HPC, utilizzando architetture parallele—come sistemi eterogenei accelerati da GPU—e lo sviluppo di sistemi iperspettrali portatili nel medio infrarosso per il monitoraggio ambientale.

➤ **11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP**

L'obiettivo generale del WP è lo sviluppo di sistemi avanzati per il fotovoltaico, l'efficienza energetica e la gestione del territorio, basati sull'integrazione di nuove tecnologie, sensori avanzati, calcolo ad alte prestazioni e apprendimento automatico / intelligenza artificiale. Gli obiettivi dettagliati per raggiungere tale obiettivo generale sono i seguenti: Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Rafforzare l'infrastruttura tramite l'acquisizione di nuove attrezzature che possano migliorare il numero di servizi offerti e attrarre più enti operanti nel campo del fotovoltaico nei settori industriale, della ricerca e dell'innovazione. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Realizzare almeno un dimostratore fotovoltaico innovativo ad alta efficienza comprendente un sistema fotovoltaico a base di silicio con architetture innovative, come tandem o a quattro terminali, o abilitanti nuove applicazioni come la produzione di combustibili solari (idrogeno o ammoniaca). Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Identificazione e ottimizzazione di perovskiti a base di alogenuro metallico per la produzione di celle solari/moduli miniaturizzati semitrasparenti da integrare in architetture tandem con celle solari al silicio. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Analisi basata su intelligenza artificiale per identificare correlazioni non lineari e pattern nascosti nei dati multidimensionali sui materiali, per la comprensione e l'ottimizzazione di nuovi materiali fotovoltaici, al fine di ottenere processi produttivi più affidabili ed economicamente efficienti. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Sviluppo di un sistema di controllo a ottica adattiva in anello chiuso basato su dati di funzione di diffusione puntuale (point-spread-function) inferiti mediante intelligenza artificiale, per sistemi laser industriali, al fine di abilitare processi produttivi nel fotovoltaico, nella microelettronica e oltre, più affidabili, di maggiore qualità e meno costosi. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Sviluppo di uno strumento digitale avanzato, "Territorial Energy Planner (TEP)", per supportare decisori pubblici e investitori privati nella pianificazione di impianti a energia rinnovabile, integrando dati meteorologici, modelli di generazione, profili di domanda elettrica e tecniche avanzate di ottimizzazione basate su intelligenza artificiale e teoria delle reti complesse. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Sistema prototipale per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi, testato su casi studio come aree montane soggette a frane e ambienti urbani sottoposti a stress infrastrutturale in caso di disastri naturali o antropici. Tutti gli approcci saranno basati sui dati e su tecniche innovative di modellazione e analisi. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Elaborazione interferometrica e tomografica di dati SAR basata su intelligenza artificiale da piattaforme spaziali e aeree/droni per l'imaging 3D e il monitoraggio di aree soggette a instabilità idrogeologica, inclusa l'elaborazione di dati su larga scala ottimizzata tramite HPC e lo sviluppo di sistemi iperspettrali portatili nel medio infrarosso per il monitoraggio ambientale.

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

Rafforzamento dell'infrastruttura LENS presso i nodi di Napoli, Lecce e Messina Consolidamento della rete delle infrastrutture di ricerca (RI) e delle unità operative associate, inclusa la RI Beyond Nano, la rete RI I-PHOQS, SOBIGDATA, e SLICES Promozione di una stretta collaborazione tra le suddette RI e l'industria nazionale operante nel settore delle energie rinnovabili, i decisori politici e le autorità pubbliche attive nel campo del controllo ambientale

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica, Innovative materials and devices, BN-CNR-IMM-CT-RL2, BN-CNR-IMM-CT-RL1, IFN sede di Padova, IMT Lucca

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le Unità di Ricerca coinvolte nel WP sono state selezionate sulla base della loro comprovata esperienza nei settori del fotovoltaico, delle energie rinnovabili, del controllo ambientale e della rilevazione dei rischi. Esse vantano inoltre una lunga tradizione di collaborazioni con numerose aziende ad alta tecnologia, grandi imprese, PMI, start-up e spin-off operanti in questi ambiti, nonché enti e istituti territoriali.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

L'allocazione del budget nel WP7 è pienamente allineata e calibrata rispetto agli obiettivi delle attività. Gli obiettivi si articolano in due direzioni. Il primo focus riguarda il rafforzamento delle infrastrutture LENS-CNR-NANOTEC-LE, in particolare, ma anche di IREA-CNR e BN-CNR-IMM-CT. Su questo aspetto, una parte del budget sarà destinata all'acquisizione di strumentazione scientifica per varie attività: creare una piattaforma agile con uno strumento SAR, aggiornare la sala di calcolo con moderne GPU, analizzatori di rete, antenne, camere ad alta sensibilità, sorgenti laser e un analizzatore di spettro, per la caratterizzazione di materiali e dispositivi e per lo sviluppo di celle solari in perovskite, silicio e tandem perovskite/silicio ibride. Il piano prevede inoltre l'adeguamento delle strutture di laboratorio esistenti (impianti elettrici, gas, ecc.) e l'assunzione di personale di ricerca per circa 10 anni-persona. Le risorse sono distribuite tra le infrastrutture di ricerca per l'acquisizione di strumentazione scientifica, personale qualificato, accesso aperto, formazione e lo sviluppo di servizi innovativi, garantendo così sia l'impatto scientifico sia la sostenibilità operativa. L'altro focus è sugli obiettivi scientifici/tecnici veri e propri, ovvero sulla realizzazione di: dimostratori fotovoltaici innovativi ad alta efficienza; analisi guidate da intelligenza artificiale per la comprensione e l'ottimizzazione di nuovi materiali fotovoltaici e sistema di controllo a ottica adattiva per sistemi laser industriali; sviluppo di uno strumento digitale avanzato, il "Territorial Energy Planner (TEP)", per impianti da fonti rinnovabili; sistema prototipale per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi; elaborazione interferometrica e tomografica di dati SAR basata su intelligenza artificiale da piattaforme spaziali e aeree/droni. Riteniamo che tali scelte riflettano una visione lungimirante che promuoverà la crescita territoriale e la coesione nazionale. Il sostegno ai centri di ricerca nel Mezzogiorno rafforzerà la rete nazionale della ricerca e contribuirà a colmare il divario nello sviluppo scientifico e tecnologico.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Per tutti i casi, prima versione e KPIs a M18 e M36: • Dimostratore PV con architetture innovative o per idrogeno o ammoniaca solare • Celle PV con gap di ~1,63 eV e PCE del 18% • Sistema di controllo basato su ottica adattiva con feedback dati gestiti da AI • Software per "Pianificatore Energetico Territoriale" • Prototipo di sistema per il monitoraggio territoriale, rilevamento e mitigazione dei rischi • Strumenti per l'elaborazione di dati SAR e GPR interferometrici e tomografici basata su AI

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP08

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

Servizi di supporto alle imprese e trasferimento tecnologico

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP08-TechT

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Antonio

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Puliafita

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

PLFNTN65M24C351A

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

apulafita@unime.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

3486052885

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Il WP8 è dedicato alla strutturazione e all'erogazione di un insieme integrato di servizi e strumenti per il trasferimento tecnologico, il supporto alla sperimentazione industriale e la valorizzazione delle competenze, in stretto raccordo con le imprese – in particolare con le PMI – e in sinergia con le infrastrutture scientifiche dell'ecosistema AI-PHOQUS. Il Work Package si articola in tre attività complementari e sinergiche: • A8.1 – CAT-TEC: definizione e pubblicazione del Catalogo dei Servizi e delle Tecnologie AI-PHOQUS. L'attività mira a rendere visibile e accessibile l'offerta di asset, laboratori, risorse computazionali, know-how e strumenti disponibili presso i nodi dell'infrastruttura. Il catalogo sarà uno strumento operativo di supporto all'accesso delle imprese ai servizi e alle facilities. • A8.2 – EDU: realizzazione di un programma formativo avanzato e flessibile, co-progettato con le imprese, per rafforzare le competenze del capitale umano aziendale nelle aree chiave del progetto (AI, tecnologie quantistiche, fotonica, reti ibride). I corsi saranno erogati in modalità online, in presenza o blended, e rilasceranno micro-credenziali e certificazioni. • A8.3 – PoC-PMI: attivazione di un piano di coinvolgimento delle PMI in progetti dimostrativi (Proof of Concept), finalizzati alla sperimentazione applicata delle tecnologie AI-PHOQUS in contesti produttivi reali. L'attività prevede l'identificazione di almeno 20 PMI, l'attivazione di almeno 10 PoC, e l'utilizzo delle risorse AI-PHOQUS in ambiente controllato ma orientato all'industrializzazione. Le tre attività sono fortemente interconnesse: il catalogo costituisce la base informativa e operativa per accedere ai servizi offerti; la formazione fornisce le competenze necessarie a comprendere e adottare le tecnologie; i PoC rappresentano la fase applicativa e sperimentale del trasferimento tecnologico. Attraverso questi strumenti, il WP08 intende sostenere l'integrazione strutturale tra ricerca e impresa, favorire lo sviluppo di competenze avanzate,

stimolare la nascita di nuove relazioni pubblico-private e rafforzare il posizionamento competitivo delle PMI italiane, con particolare attenzione al Mezzogiorno.

➤ **11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP**

Rendere disponibile un catalogo digitale interattivo e continuamente aggiornabile dei servizi e delle tecnologie di AI-PHOQUS, accessibile alle imprese. Progettare ed erogare almeno 20 corsi di formazione avanzata e aggiornamento professionale, con la partecipazione di almeno 200 utenti aziendali. Coinvolgere attivamente almeno 20 PMI e attivare almeno 10 PoC applicativi su casi d'uso reali. Fornire supporto continuo alle PMI con sportelli, toolkit, assistenza e attività di orientamento. Rafforzare le competenze interne delle imprese, migliorando la loro capacità di adottare tecnologie emergenti. Promuovere relazioni stabili e sinergiche tra nodi AI-PHOQUS e imprese in ottica di innovazione aperta e co-sviluppo. Generare output misurabili (white paper, casi studio, eventi, follow-up) a supporto della replicabilità e della valorizzazione dei risultati.

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

Sostenere il potenziamento dei nodi LENS (Napoli, Lecce, Messina) attraverso attività integrate di trasferimento tecnologico, supporto alle PMI e formazione avanzata, favorendo la valorizzazione dell'infrastruttura AI-PHOQUS e la sua connessione stabile con il sistema produttivo nazionale.

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

SOBIGDATA-CNR-ICAR-NA, Mobile and Distributed Systems Laboratory, Nodo UNIFI di SoBigData

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le Unità Operative coinvolte sono state selezionate in base a comprovate competenze scientifiche nei settori di riferimento (AI, quantistica, fotonica, reti), alla capacità di interazione con le imprese e alla disponibilità di infrastrutture e laboratori idonei a supportare attività formative, sperimentali e di trasferimento tecnologico.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Il budget previsto per il WP 8 è coerente con gli obiettivi e la complessità delle attività, presentando una distribuzione equilibrata tra le principali categorie di spesa, quali personale, attrezzature, infrastrutture e attività di disseminazione. L'articolazione delle risorse finanziarie riflette una strategia coerente finalizzata a rendere possibile lo sviluppo di servizi e infrastrutture avanzate a supporto della sperimentazione tecnologica, del trasferimento di conoscenze e del coinvolgimento delle PMI, in linea con gli obiettivi generali del progetto. Nell'Attività 8.1, il budget è focalizzato principalmente sullo sviluppo e sull'evoluzione continua di un catalogo intelligente, basato su tecnologie di IA, per la raccolta e fruizione di tecnologie e servizi. Una parte significativa delle risorse è destinata a personale altamente qualificato, con competenze in IA, elaborazione del linguaggio naturale e tecnologie web, che guiderà la progettazione e l'implementazione delle funzionalità intelligenti, come il matchmaking, la ricerca semantica e l'aggiornamento dinamico dei contenuti. Parallelamente, gli investimenti in infrastrutture computazionali garantiscono la disponibilità di risorse adeguate per l'addestramento e l'erogazione di modelli linguistici di grandi dimensioni, l'attivazione di servizi in tempo reale e il supporto all'accesso collaborativo. L'inclusione di fondi dedicati a software specialistici, risorse dati e servizi di manutenzione assicura la continuità operativa e l'allineamento con le esigenze tecnologiche in evoluzione. Il budget tiene conto anche delle attività di comunicazione e della predisposizione infrastrutturale, dimostrando attenzione sia all'usabilità che alla sostenibilità della piattaforma. L'Attività 8.2 è incentrata sulla progettazione ed erogazione di iniziative formative e didattiche mirate, a supporto della diffusione di competenze nelle tecnologie emergenti come l'intelligenza artificiale, l'Internet of Things e le comunicazioni quantistiche. In questo ambito, il budget privilegia le risorse umane necessarie all'organizzazione e alla realizzazione delle attività formative, garantendo la qualità dei contenuti e l'efficacia dell'erogazione. Gli investimenti in infrastrutture e strumenti per la formazione riflettono l'impegno nel fornire esperienze didattiche moderne, accessibili e coinvolgenti. Sono inoltre previste attività di comunicazione e coinvolgimento degli stakeholder, sottolineando l'importanza di ampliare la partecipazione e raggiungere pubblici eterogenei, dal mondo industriale a quello accademico. L'Attività 8.3 si concentra sulla progettazione, implementazione e validazione di Proof of Concept avanzati che integrano

edge computing, intelligenza artificiale e sistemi IoT sicuri con tecnologie quantistiche. Il budget prevede risorse per l'acquisizione delle tecnologie abilitanti necessarie alla costruzione di un'infrastruttura di test flessibile e realistica. Questi componenti sono essenziali per replicare condizioni complesse di deploy, valutare vincoli di latenza e affidabilità e validare le prestazioni dei servizi in contesti operativi realistici. È previsto il supporto a personale esperto in integrazione di sistemi, fusione sensoriale basata su AI e sicurezza delle reti, a garanzia del successo tecnico dell'attività. Inoltre, sono allocate risorse per facilitare l'accesso esterno alla piattaforma dimostrativa, promuovere la riproducibilità e diffondere i risultati attraverso azioni di comunicazione dedicate. Nel complesso, il budget del WP8 evidenzia un'allocazione ben ponderata delle risorse, che riflette la natura multidimensionale delle attività, combinando innovazione nei servizi digitali e nell'intelligenza artificiale con attenzione alla solidità infrastrutturale, al coinvolgimento degli utenti e all'impatto di lungo termine. L'attenta integrazione di elementi tecnici, umani e operativi garantisce che ciascuna attività possa procedere con la necessaria autonomia, contribuendo in modo coerente al pacchetto di lavoro nel suo complesso. L'inclusione di componenti a supporto dell'open access, dei dati FAIR e della collaborazione transnazionale rafforza ulteriormente il valore strategico dell'investimento, allineandolo alla missione del progetto e alle più ampie politiche di ricerca e innovazione. La coerenza tra obiettivi, metodi e risorse suggerisce un'adeguatezza complessiva del budget previsto rispetto ai risultati attesi del WP, assicurando scalabilità, apertura e rilevanza delle soluzioni sviluppate, sia durante che oltre la durata del progetto.

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

La valutazione dell'avanzamento di ciascuna attività di questo WP sarà effettuata attraverso obiettivi di implementazione e deliverable, mentre il monitoraggio sarà condotto utilizzando indicatori KPI. Ogni scheda attività include informazioni relative al processo di valutazione.

➤ **11D1.1: ID Numerico WP**

WP09

➤ **11D1.2: Titolo del WP.**

Management

➤ **11D1.3: Acronimo del WP**

WP09-MNG

➤ **11D1.4: Mese di avvio del WP**

1

➤ **11D1.5: Durata del WP (mesi)**

36

➤ **11D1.6: Referente Scientifico del WP Leader - Nazionalità**

Italiana

➤ **11D1.7: Referente Scientifico del WP Leader – Nome**

Daniela

➤ **11D1.8: Referente Scientifico del WP Leader - Cognome**

Selisca

➤ **11D1.9: Referente Scientifico del WP Leader - Codice Fiscale**

SLSDNL67D70D612A

➤ **11D1.10: Referente Scientifico del WP Leader - E-Mail (non PEC)**

daniela.selisca@cnr.it

➤ **11D1.11: Referente Scientifico del WP Leader - Telefono**

3286759136

➤ **11D1.12: Sintesi delle attività del WP**

Per realizzare i suoi obiettivi il WP assicurerà il coordinamento tecnico, scientifico e amministrativo del progetto, monitorandone il rispetto dei tempi, la conformità dei deliverable e della reportistica, il budget e misurandone la performance. Il corretto e proficuo avanzamento di I-PHOQUS saranno garantiti definendo e applicando un Piano Qualità che supporterà anche la gestione dei rischi e degli imprevisti. Il WP supporterà anche la ricerca di opportunità di finanziamento complementari e aggiuntive per potenziare AI-PHOQUS e garantirne la sostenibilità futura, nonché la progettazione competitiva finalizzata alla raccolta fondi. Verrà creato un Management Team (MT) composto dai responsabili delle attività del WP9 e da un rappresentante per ogni istituto o dipartimento cui afferiscono una o più UO. Il MT collaborerà localmente alle attività del W9, garantendone un monitoraggio capillare, un intervento tempestivo in caso di imprevisti o necessità e un'efficiente condivisione di informazioni e documentazione prodotta dalle varie UO. L'attività A9.1 curerà il coordinamento generale di AI-PHOQUS; garantirà la piena operatività della governance del network; il monitoraggio e la rendicontazione tempestivi dell'avanzamento tecnico-scientifico del progetto; la consulenza su questioni legali, procedurali, contrattuali e di proprietà intellettuale; il monitoraggio delle performance; la pianificazione e l'organizzazione delle strategie e delle nuove iniziative decise dal Consiglio di Amministrazione; l'organizzazione di nuovi servizi; il supporto alle iniziative di raccolta fondi. L'attività A9.2 si occuperà della gestione amministrativa e finanziaria di AI-PHOQUS: ricezione dei finanziamenti e distribuzione delle quote ai partner; monitoraggio delle spese e dei flussi di cassa; raccolta della documentazione amministrativa e finanziaria; rendicontazione finanziaria; consulenza su questioni amministrative e procedurali a tutti i partner. Un team amministrativo-finanziario, formato da un rappresentante per ogni istituto o dipartimento cui afferiscono una o più UO, collaborerà localmente all'implementazione dell'attività 9.2. L'attività A9.3 definirà e implementerà il piano di comunicazione di AI-PHOQUS, inclusa la comunicazione interna ed esterna, e l'organizzazione del kick-off meeting, del mid-term meeting e della conferenza finale. Un team della comunicazione, formato da un rappresentante per ogni istituto o dipartimento cui afferiscono una o più UO, collaborerà localmente all'implementazione dell'attività 9.3. Il successo di AI-PHOQUS e le attività del WP di Management sono sostenuti da una solida governance, implementata a livello strategico, operativo e consultivo, come segue: 1. Management Board, presieduto dal Coordinatore Scientifico e composto dai Vice Coordinatori, dal Manager dell'Infrastruttura, da 3 rappresentanti del LENS IR, uno per ciascun nuovo nodo, da un rappresentante di I-PHOQS, uno di SoBigData e uno di SLICES, dai Responsabili dei WPe da 11 rappresentanti dei Co-Proponenti, uno per ciascun Co-Proponente. Il MB è il principale organo di gestione, coordinamento e supervisione dell'esecuzione del progetto. Supervisiona il raggiungimento degli obiettivi previsti e la relativa spesa ed è responsabile delle direttive generali e della strategia a lungo termine di AI-PHOQUS. Decide anche in merito a eventuali ridistribuzioni finanziarie e di attività in caso di scostamenti significativi. 2. Il Coordinatore Scientifico, coadiuvato dai Vice-Coordinatori, è responsabile del rispetto del piano scientifico proposto per tutte le attività del progetto. Si relaziona con gli stakeholder internazionali e rappresenta AI-PHOQUS all'esterno della rete e nei confronti del MUR. 3. La Manager dell'Infrastruttura (MI) controlla e supervisiona tutte le operazioni gestionali, le risorse umane e lo sviluppo strategico dell'organizzazione; sviluppa e attua le strategie di AI-PHOQUS; prepara e implementa i piani aziendali; mantiene rapporti di fiducia con gli stakeholder, i professionisti scientifici, i partner commerciali e i finanziatori; supervisiona le performance finanziarie di AI-PHOQUS; supporta lo sviluppo di nuove opportunità di servizi e finanziamenti; si coordina con i professionisti scientifici nella definizione dell'offerta e delle priorità dei servizi di ricerca. 4. WP Board: i WP board sono responsabili del coordinamento e dell'attuazione del piano del WP, e sono composti ciascuno dal Responsabile del WP e dai Responsabili delle Attività del WP. 5. Il Board dell'Accesso gestisce e monitora l'offerta di accesso; è responsabile di tutte le questioni relative all'accesso; prepara il rapporto annuale sulle prestazioni di accesso; organizza le modalità di feedback degli utenti; valuta la fattibilità tecnica delle richieste di accesso prima delle procedure di selezione. È composto da rappresentanti di ciascuna UO. Il Comitato Consultivo Scientifico e Industriale fornisce consulenza sugli sviluppi necessari per mantenere i massimi livelli di offerta scientifica e tecnologica e per garantire

produttività e rilevanza per la comunità scientifica e industriale nazionale e internazionale. È composto da scienziati di spicco e rappresentanti di industrie leader nei temi trattati dalla proposta. Risultati attesi • Avanzamento regolare e corretto delle attività di AI-PHOQUS. • Rispetto delle scadenze di spesa, di realizzazione degli obiettivi e di rilascio dei deliverable. • Trasparenza e correttezza della gestione finanziaria. • Riduzione dei rischi e gestione efficace degli imprevisti. Risorse coinvolte nel management: • Manager dell'infrastruttura (Coordina l'attività 9.1 e il Management Team) • Responsabile amministrativa (Coordina l'attività 9.2 e il team amministrativo-finanziario). • Responsabile della comunicazione (Coordina l'attività 9.3 e il team della comunicazione). • Management Board. • Tutti i partner: contribuiscono per la loro parte all'implementazione e gestione del progetto attraverso i partecipanti ai team di management, comunicazione e amministrativo-finanziario.

➤ **11D1.13: Obiettivi realizzativi attesi dal WP**

Obiettivo 9.1 - Avvio del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 1-9 DELIVERABLE: D9.1.1 Kick-off meeting D9.1.2 Quality Management Plan D9.1.3 Stipula accordo organizzativo interno D9.1.4 Primo report sulla performance di AI-PHOQUS Obiettivo 9.2 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 10-18 DELIVERABLE: D9.2.1 Secondo report sulla performance di AI-PHOQUS Obiettivo 9.3 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 19-27 DELIVERABLE: D9.3.1 Mid-Term Meeting D9.3.1 Terzo report sulla performance di AI-PHOQUS Obiettivo 9.4 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 28-36 DELIVERABLE: D9.4.1 Conferenza finale D9.4.2 Quarto report sulla performance di AI-PHOQUS D9.4.3 Report consuntivo sulla performance di AI-PHOQUS

➤ **11D1.14: Finalità del WP**

L'obiettivo del WP Management è supportare il raggiungimento di tutti gli obiettivi di AI-PHOQUS, garantendo la tempestiva implementazione delle attività progettuali, il rispetto del budget pianificato, il rispetto delle normative applicabili, la comunicazione efficace con tutti gli stakeholder e la partecipazione attiva di tutte le Unità Operative.

➤ **11D1.15: UO partecipanti al WP**

Istituto Nazionale di Ottica, CNR-INO UO amministrativa e finanziaria AI-PHOQUS, Communication and outreach

➤ **11D1.16: Criteri di scelta delle Unità Operative**

Le UO sono state scelte in base alla loro esperienza nelle attività che dovranno svolgere e in base allo staff fortemente motivato e qualificato che le compone. Sono UO con competenze di altissimo livello che già hanno svolto un lavoro eccellente nell'ambito di progetti PNRR, in particolare nell'ambito dell'IR PNRR I-PHOQS, finanziata con 50 milioni €. La già consolidata collaborazione e l'affiatamento che esiste fra le tre UO è inoltre un'ottima base per affrontare insieme la sfida AI-PHOQUS.

➤ **11D1.17: Elementi per la Valutazione dell'idoneità complessiva del budget previsto per il WP al fine di confermarne la congruità**

Il budget previsto per questo WP è in massima parte dedicato al personale di supporto al Management e alla realizzazione del Piano di comunicazione. Ulteriore budget è dedicato alle attività di comunicazione (in particolare per l'attività 3 che realizza il piano di comunicazione) e per l'acquisizione di strumenti di lavoro (quali server e computer di progetto nonché software gestionali).

➤ **11D1.18: Indicatori per la valutazione dello stato di avanzamento del WP per il monitoraggio e la valutazione finale ultimo campo all'ultima posizione**

Obiettivo 9.1 KPI 9.1.1 Kick-off meeting entro il mese 3 di progetto KPI 9.1.2 Quality Management Plan entro il mese 4 di progetto KPI 9.1.3 Stipula accordo organizzativo interno entro il mese 4 di progetto Obiettivo 9.2 KPI 9.2.1 Messa a regime di tutti gli strumenti di monitoraggio progettuale Obiettivo 9.3 KPI 9.3.1 Mid-Term Meeting entro il mese 20 di progetto Obiettivo 9.4 KPI 9.4.1 Conferenza finale al mese 35 o 36 di progetto KPI 9.4.3 Chiusura di tutta la reportistica al MUR

Per ogni Obiettivo Intermedio appartenente al WP:

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI01

- **11D1.19b: Titolo OI**

Stabilire una base dati robusta e arricchita semanticamente che garantisca coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine delle informazioni. (intermedio)

- **11D1.19c: Descrizione OI**

Stabilire una base dati robusta e arricchita semanticamente che garantisca coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine delle informazioni. (intermedio)

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

- **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD · Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza

- **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.1.1: Report su arricchimento del catalogo di dataset SoBigData con ulteriori dataset relativi ad attività su Intelligenza Artificiale, Reti e Tecnologie Quantistiche (intermedio) D1.1.3: Report su politiche di metadati per diversi tipi di dati (intermedio) D1.2.1: Report su progettazione e diffusione di strumenti e livelli semantici trasversali e riutilizzabili, conformi agli standard, per migliorare l'interoperabilità e la ricerca sui dati all'interno dell'infrastruttura di ricerca (intermedio)

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI02

- **11D1.19b: Titolo OI**

Fornire un'infrastruttura computazionale scalabile, flessibile e ad alte prestazioni, capace di supportare un'ampia gamma di flussi di lavoro di ricerca e ambiti applicativi (intermedio)

- **11D1.19c: Descrizione OI**

Fornire un'infrastruttura computazionale scalabile, flessibile e ad alte prestazioni, capace di supportare un'ampia gamma di flussi di lavoro di ricerca e ambiti applicativi (intermedio)

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

- **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD

- **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

- D1.3.1: Report su coinvolgimento utenti (intermedio)

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI03

- **11D1.19b: Titolo OI**

Promuovere lo sviluppo di soluzioni di intelligenza artificiale affidabili e spiegabili, che bilancino accuratezza predittiva con conformità etica e legale.

- **11D1.19c: Descrizione OI**

Promuovere lo sviluppo di soluzioni di intelligenza artificiale affidabili e spiegabili, che bilancino accuratezza predittiva con conformità etica e legale.

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

- **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Nodo UNIFI di SoBigData · SOBIGDATA-SNS

- **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.4.1: Report su catalogo di strumenti open-source con strumenti di machine learning affidabili (intermedio) D1.5.1: Report su integrazione di metodi spiegabili nella libreria open source XAI (intermedio) D1.5.2: Report su realizzazione di casi d'uso e studio con utenti basati su sistemi di Intelligenza Artificiale Spiegabile attraverso l'utilizzo della piattaforma XAI (intermedio)

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI06

- **11D1.19b: Titolo OI**

Sviluppo teorico di approcci e protocolli per ottimizzazione di reti quantistiche (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Progettazione di approcci di machine learning informati dalla fisica e di approcci di fisica consapevoli del machine learning (OR2.1.1) Progettazione e prototipazione di servizi per il calcolo quantistico distribuito (OR2.5.1) Simulazione distribuita, interamente ottica, su piccola scala del modello di memoria di Hopfield. (OR2.6.1)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP02

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS) · Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa · Quantum Fluids of Light

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

Deliverable D2.1.1: Rapporto sulle progettazioni di almeno un approccio di machine learning informato dalla fisica e di almeno un approccio di fisica consapevole del machine learning Deliverable D2.5.1: prototipo operativo di orchestratore quantistico distribuito, e report sull'attività Deliverable D2.6.1: simulazione on-chip di una memoria associativa di Hopfield completamente connessa.

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI07

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione di reti neurali fisiche e simulatori quantistici ottimizzati da protocolli di ML (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Sviluppare metodi di machine learning basati su reti neurali per calcolare soluzioni stazionarie dell'equazione di Gross-Pitaevskii generalizzata (GPE) da applicare ai fluidi quantistici ottici. (OR2.2.1) Operatività di una facility avanzata di fotonica e nanofabbricazione per lo sviluppo, la crescita e il processing di materiali semiconduttori innovativi destinati a piattaforme polaritoniche. (OR2.3.1) Protocolli di ML e loro applicazione al simulatore quantistico in funzione presso il laboratorio CNR-INO del LENS e test di Laser a cascata quantica (QCL ed ICL) con emissione in singola frequenza e comb per la definizione dei parametri iniziali per il Simulatore Quantistico (OR2.4.1) "

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP02

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Quantum Fluids of Light · Advanced Quantum Photonics and Machine Learning Integration · CNR-INO Ultracold Quantum Gases and Mid-infrared and THz Spectroscopy

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

Deliverable D2.2.1: Rapporto sulle prestazioni dei metodi ML nella simulazione delle soluzioni della GPE. Deliverable D2.3.1: Rapporto di laboratorio sulle caratteristiche dei campioni misurati, con particolare attenzione alla quantificazione della forza di accoppiamento luce-materia. Deliverable D2.4.1: prototipo del simulatore quantistico automatizzato, misure sperimentali sui laser oggetto di studio e report sull'attività

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI08

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.1 - Sviluppare un'infrastruttura digitale interoperabile per l'e-health distribuito: raggiungimento di interoperabilità semantica e sviluppo di algoritmi per modellare dati sanitari, abilitando IA federata per analisi distribuite, etiche e personalizzate (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

l'obiettivo finale è la realizzazione di sistemi di IA federata e interoperabili per un'analisi etica, distribuita e personalizzata dei dati sanitari

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza · Dipartimento di ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.1.2 – Report finale sugli strumenti di intelligenza artificiale federata e sull'infrastruttura interoperabile per i dati sanitari (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI09

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.2 - Promuovere tecniche avanzate di imaging biomedico intelligenti, multimodali e non invasivi: sviluppo di tecniche di imaging avanzate integrate con IA per analisi cellulari e tissutali in tempo reale, ad alta risoluzione e senza marcatori. Le innovazioni includono tomografia 3D e istologia virtuale, imaging

spettroscopica per il riconoscimento dello stato cellulare, imaging a foglio di luce e ottica diffusa, sviluppo di rivelatori SPAD per la diagnostica medica e microscopia multi-messaggera. (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo finale è lo sviluppo di una rete distribuita per l'imaging biomedico digitale e interoperabile, volta a favorire diagnosi precoci e monitoraggio terapeutico, con i nodi LENS come centri di riferimento strategici nel Sud.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Beyond-Nano CS · LENS CNR-IMM-ME-RL2 · CUSBO-POLIMI-RL3 · BN-CNR-IMM-CT-RL2 · Bio - photonics and imaging

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.2.2 – Report sui nuovi servizi di imaging biomedico offerti, interfacce digitali sviluppate e protocolli di accesso (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI10

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.3 - Progettare sistemi portatili per il rilevamento sensibile e selettivo di biomarcatori molecolari con approcci label free, abilitati da tecnologie nanofotoniche e spettroscopia infrarossa: le attività chiave includono piattaforme di biosensing basate su fluorescenza e SERS, spettroscopia di precisione per l'analisi del respiro umano e piattaforme nanofotoniche ibride realizzate con materiali bidimensionali e DNA. (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

OR 5.3 - Progettare sistemi portatili per il rilevamento sensibile e selettivo di biomarcatori molecolari con approcci label free, abilitati da tecnologie nanofotoniche e spettroscopia infrarossa: le attività chiave includono piattaforme di biosensing basate su fluorescenza e SERS, spettroscopia di precisione per l'analisi del respiro umano e piattaforme nanofotoniche ibride realizzate con materiali bidimensionali e DNA.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· LENS CNR-IMM-ME-RL1 · CNR-IFN sede di Milano · Bio - photonics and imaging

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.3.2 – Report tecnico su almeno 2 piattaforme sensoristiche integrate con AI, validate su campioni biologici (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI11

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR5.4. Validare le tecnologie fotoniche e basate su IA con dati clinici: creazione di modelli IA per la stabilizzazione dei fasci VHEE generati da laser nella radioterapia FLASH, con la prospettiva di abilitare decisioni terapeutiche personalizzate e generare un impatto concreto in oncologia, neurologia e medicina di precisione. (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

l'obiettivo consiste nella creazione di modelli IA per la stabilizzazione dei fasci VHEE generati da laser nella radioterapia FLASH, con la prospettiva di abilitare decisioni terapeutiche personalizzate e generare un impatto concreto in oncologia, neurologia e medicina di precisione.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· ELI CNR INO Pisa

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.4.2 – Pubblicazione peer-reviewed o report tecnico sullo sviluppo e la validazione sperimentale di un modello AI per la stabilizzazione del fascio VHEE in ambito clinico (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI12

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

"Rafforzamento dell'infrastruttura AI-PHOQUS tramite l'acquisizione di nuove attrezzature per migliorare qualità e numero di servizi offerti. Stato a M24 "

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Rafforzamento dell'infrastruttura AI-PHOQUS tramite l'acquisizione di nuove attrezzature per migliorare qualità e numero di servizi offerti. Stato a M24 "

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP07

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· IMT Lucca · Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica · Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente · Innovative materials and devices · BN-CNR-IMM-CT-RL1 · IFN sede di Padova

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D7.1.1: report su status sull'acquisto, installazione e messa in opera di nuova strumentazione

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI13

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzare tecnologie fotovoltaiche innovative ad altissima efficienza e tecnologie di interesse industriale

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Realizzare tecnologie fotovoltaiche innovative ad altissima efficienza e tecnologie di interesse industriale

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP07

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Innovative materials and devices · BN-CNR-IMM-CT-RL1 · IFN sede di Padova

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D7.2.5: Report su dimostratore fotovoltaico innovativo ad alta efficienza comprendente un sistema fotovoltaico a base di silicio con architetture innovative, come tandem o a quattro terminali, o abilitanti nuove applicazioni come la produzione di combustibili solari (idrogeno o ammoniaca). D7.2.4: Report su celle solari/moduli a perovskite semitrasparenti da integrare in architetture tandem con celle solari al silicio. D7.2.6: Report su analisi basata su intelligenza artificiale per identificare correlazioni nei dati multidimensionali sui materiali, per la comprensione e l'ottimizzazione di nuovi materiali fotovoltaici e su sistema di controllo a ottica adattiva inferiti mediante intelligenza artificiale, per sistemi laser industriali

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI14

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzare strumenti software e di sensoristica per l'ottimizzazione dell'uso di energie rinnovabili, per il controllo ambientale e per la mitigazioni dei rischi

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Realizzare strumenti software e di sensoristica per l'ottimizzazione dell'uso di energie rinnovabili, per il controllo ambientale e per la mitigazioni dei rischi

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP07

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· IMT Lucca · Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica · Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D7.3.1: Report su uno strumento digitale avanzato, "Territorial Energy Planner (TEP)", per supportare decisori pubblici e investitori privati nella pianificazione di impianti a energia rinnovabile D7.3.2: Report su sistema prototipale per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi, testato su casi studio come aree montane soggette a frane e ambienti urbani sottoposti a stress infrastrutturale in caso di disastri naturali o antropici. D7.3.3: Report su Elaborazione interferometrica e tomografica di dati SAR basata su intelligenza artificiale da piattaforme spaziali e aeree/droni per l'imaging 3D e il monitoraggio di aree soggette a instabilità idrogeologica

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI15

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione e dimostrazione di una infrastruttura sperimentale per Quantum Internet (Intermedio).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Sarà realizzato un anello QKD Palermo-Messina-Catania e potenziato il link Firenze-Pisa, creando la prima dorsale quantistica nazionale federata. Lo scopo è validare protocolli quantistici in topologie di rete complesse e in modalità federata, studiando anche problemi di interoperabilità con apparati di rete tradizionali, e supportare servizi di fornitura on demand di chiavi crittografiche a utenti istituzionali (università, laboratori, enti pubblici) integrata in flussi di lavoro scientifici distribuiti, secondo un paradigma di QKD-as-a-service. Più in dettaglio, a questo macro-obiettivo contribuiscono: - Anello per QKD Palermo-Messina-Catania (OR3.8.1, OR3.9.1, OR3.10.1) - Potenziamento collegamento QKD Firenze-Pisa (OR3.2.1) - QKD-as-a-Service per reti di ricerca (OR3.2.2) - Studio di protocolli per reti quantistiche evolute (OR3.8.2, OR3.9.2, OR3.10.2, OR3.3.2)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa · Mobile and Distributed Systems Laboratory · Dipartimento di Ingegneria - UNIPA · Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.1.1 – Report sulla progettazione dell'infrastruttura sperimentale di Quantum Internet – versione intermedia (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI16

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione e dimostrazione di una infrastruttura sperimentale per Quantum Internet (Finale).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Sarà realizzato un anello QKD Palermo-Messina-Catania e potenziato il link Firenze-Pisa, creando la prima dorsale quantistica nazionale federata. Lo scopo è validare protocolli quantistici in topologie di rete complesse e in modalità federata, studiando anche problemi di interoperabilità con apparati di rete tradizionali, e supportare servizi di fornitura on demand di chiavi crittografiche a utenti istituzionali (università, laboratori, enti pubblici) integrata in flussi di lavoro scientifici distribuiti, secondo un paradigma di QKD-as-a-service. Più in dettaglio, a questo macro-obiettivo contribuiscono: - Anello per QKD Palermo-Messina-Catania (OR3.8.1, OR3.9.1, OR3.10.1) - Potenziamento collegamento QKD Firenze-Pisa (OR3.2.1) - QKD-as-a-Service per reti di ricerca (OR3.2.2) - Studio di protocolli per reti quantistiche evolute (OR3.8.2, OR3.9.2, OR3.10.2, OR3.3.2)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa · Mobile and Distributed Systems Laboratory · Dipartimento di Ingegneria - UNIPA · Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.1.2 – Report sulla progettazione e dimostrazione dell'infrastruttura sperimentale di Quantum Internet – versione finale (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI17

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione di prototipi di tecnologie di comunicazione e sensing innovative (Intermedio).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Questo obiettivo riguarda la progettazione di vari dispositivi e nodi di rete innovativi su tecnologie radio-ottiche-quantum, e in particolare: - Ricevitori VLC con laser a cascata quantica e in bande medio e lontano infrarosso, con sistemi di energy harvesting per la comunicazione VLC e l'energy harvesting, e sistemi di comunicazione ottica wireless (OWC) con laser a cascata quantica in bande non convenzionali (medio infrarosso e THz) (OR3.1.2) - Dispositivi per quantum sensing e quantum communications (OR3.3.1) - Tecniche avanzate di quantum light state engineering (OR3.3.2) - Nodo SDR in grado di gestire collegamenti mmwave e sistemi RIS in scenari dinamici (OR3.5.1) - Analizzatore di traffico su interfaccia radio Beyond-5G e iniettore di segnali di basso livello per jamming/testing (OR3.5.1)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· CNR-INO OWC & VLC Communications; Mid-IR & THz; Photonic Materials for (Bio)Sensing · CNR-INO Networks and devices for quantum sensing & communication · Dipartimento di Ingegneria - UNIPA

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.2.1 – Report sulla progettazione e realizzazione di prototipi di tecnologie di comunicazione e sensing innovativi radio-ottico-quantistici - versione intermedia (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI18

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione di prototipi di tecnologie di comunicazione e sensing innovative (Finale).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Questo obiettivo riguarda la progettazione di vari dispositivi e nodi di rete innovativi su tecnologie radio-ottiche-quantum, e in particolare: - Ricevitori VLC con laser a cascata quantica e in bande medio e lontano infrarosso, con sistemi di energy harvesting per la comunicazione VLC e l'energy harvesting, e sistemi di comunicazione ottica wireless (OWC) con laser a cascata quantica in bande non convenzionali (medio infrarosso e THz) (OR3.1.2) - Dispositivi per quantum sensing e quantum communications (OR3.3.1) - Tecniche avanzate di quantum light state engineering (OR3.3.2) - Nodo SDR in grado di gestire collegamenti mmwave e sistemi RIS in scenari dinamici (OR3.5.1) - Analizzatore di traffico su interfaccia radio Beyond-5G e iniettore di segnali di basso livello per jamming/testing (OR3.5.1)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· CNR-INO OWC & VLC Communications; Mid-IR & THz; Photonic Materials for (Bio)Sensing · CNR-INO Networks and devices for quantum sensing & communication · Dipartimento di Ingegneria - UNIPA

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.2.2 – Report sulla progettazione e realizzazione di prototipi di tecnologie di comunicazione e sensing innovativi radio-ottico-quantistici - versione finale (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI19

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione e dimostrazione di un orchestratore per reti classiche e quantistiche multi-dominio (Intermedio).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Sarà realizzata una soluzione in grado di gestire risorse eterogenee, astraendone le capacità, e per offrire servizi di AI distribuita sul continuum edge/cloud/quantum anche a terze parti. Saranno confrontati meccanismi di risoluzione dei conflitti tra le decisioni di controllo ed orchestrazione in ambienti multi-stakeholder federati, attraverso lo sviluppo di: - Nodo di rete programmabile intent-based, che federi segmenti B5G, TSN e quantum (OR3.4.1). - Estensione del piano di controllo NFVCL per includere funzionalità avanzate di gestione distribuita (OR3.7.1) - Casi d'uso d'orchestrazione per AI distribuita (OR3.4.2, OR3.7.2)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Dipartimento di Informatica - Scienza e Ingegneria · Dipartimento di Ingegneria - UNIPA · Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica · Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.3.1 – Report sull'orchestratore di reti classiche e quantistiche multi-dominio – versione intermedia (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI20

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione e dimostrazione di un orchestratore per reti classiche e quantistiche multi-dominio (Finale).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Dipartimento di Informatica - Scienza e Ingegneria · Dipartimento di Ingegneria - UNIPA · Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica · Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.3.2 – Report sull'orchestratore di reti classiche e quantistiche multi-dominio – versione finale (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI21

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Dimostrazione di algoritmi di ottimizzazione quantistici (Intermedio).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Saranno realizzati strumenti per supportare nuovi approcci nei problemi di ottimizzazione relativi alla gestione delle reti classiche e quantistiche e per dimostrare generalizzazioni di questi approcci anche ad altri domini applicativi. In particolare: - Piattaforma per applicazione di quantum-reinforcement-learning alla risoluzione di problemi combinatori complessi (OR3.6.1) - Implementazione di strumenti per sistemi quantum annealing e consenso (quali Qiskit, Cirq o QuTiP) (OR3.5.2) - Generalizzazioni per algoritmi di ottimizzazione quantistici as-a-service (OR3.6.2) - Algoritmi di AI e ML per l'ottimizzazione di quantum communication e sensing (OR3.3.2)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.4.1 – Report sulla dimostrazione di algoritmi di ottimizzazione e reinforcement learning quantistici – versione intermedia (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI22

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Dimostrazione di algoritmi di ottimizzazione quantistici (FInale).

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Saranno realizzati strumenti per supportare nuovi approcci nei problemi di ottimizzazione relativi alla gestione delle reti classiche e quantistiche e per dimostrare generalizzazioni di questi approcci anche ad altri domini applicativi. In particolare: - Piattaforma per applicazione di quantum-reinforcement-learning alla risoluzione di problemi combinatori complessi (OR3.6.1) - Implementazione di strumenti per sistemi quantum annealing e consenso (quali Qiskit, Cirq o QuTiP) (OR3.5.2) - Generalizzazioni per algoritmi di ottimizzazione quantistici as-a-service (OR3.6.2) - Algoritmi di AI e ML per l'ottimizzazione di quantum communication e sensing (OR3.3.2)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP03

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.3.4.2 – Report sulla dimostrazione di algoritmi di ottimizzazione e reinforcement learning quantistici – versione finale (Mese 36)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI23

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Progettazione e realizzazione di schemi spettroscopici avanzati assistiti da IA.

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo è focalizzato sulla progettazione e sullo sviluppo di schemi avanzati di spettroscopia quantistica e classica e di microscopia ottica assistiti da IA. In particolare, le attività mirano all'implementazione della microscopia SNOM con sorgenti laser ultrastabili, allo sviluppo di sorgenti di luce non classica, all'integrazione di IA e machine learning nelle beamline ad attosecondi, all'utilizzo di IA nella spettroscopia ultraveloce e nella spettroscopia ad assorbimento nell'infrarosso.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP04

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Bio - photonics and imaging · CNR-IFN sede di Milano · CUSBO-POLIMI-RL1 · Ottica Non Lineare e Spettroscopia Quantistica

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

"REPORT UNICO sui seguenti Deliverables: D4.1.1: acquisizione e collaudo del sistema laser da implementare ad un sistema SNOM criogenico. D4.5.1: realizzazione di interfacce di IA e machine learning nelle beamline ad attosecondi. D4.7.1: strategie basate sull'intelligenza artificiale per ridurre i tempi di acquisizione e migliorare l'SNR nella spettroscopia ultraveloce. D4.8.1: realizzazione di sorgenti di luce non classica nel vicino infrarosso tramite risonatori quadratici e realizzazione di uno spettrometro laser nell'infrarosso."

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI24

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Progettazione e realizzazione di sensori avanzati in fibra quantum-enhanced e di sensori bioibridi assistiti da IA.

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo mira alla progettazione e allo sviluppo di piattaforme sensoristiche in fibra ottica e multifotoniche assistite da IA. In particolare le attività sono focalizzate sulla sintesi di una nuova classe di fotomateriali ottimizzati per la polimerizzazione a due fotoni, su progettazione e sviluppo di sistemi distribuiti in fibra ottica assistiti da IA e di sensori inerziali in fibra ottica quantum-enhanced assistiti da IA, sulla realizzazione di un prototipo funzionale di sensore bioibrido, sulla progettazione di un'architettura distribuita con supporto nativo per protocolli di QKD ed infine sullo sviluppo di un middleware per l'offloading dinamico delle applicazioni IoT verso nodi edge o di calcolo quantistico.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP04

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Beyond-Nano CS · CNR-INO Sensori in fibra ottica assistiti da intelligenza artificiale · Bio - photonics and imaging · Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

"REPORT UNICO sui seguenti Deliverables: D4.2.1: modellazione tramite AI, sintesi, caratterizzazione e nanofabbricazione dei nuovi materiali multifotone riconfigurabili. D4.3.1: installazione e configurazione del sistema distribuito in fibra ottica e dei sensori inerziali in fibra ottica potenziati quantisticamente. D4.4.1: fabbricazione e caratterizzazione di sensori ottici bioibridi. D4.6.1: stack middleware per l'integrazione edge-IoT-quantum, con rapporto tecnico che descrive l'architettura del sistema, la valutazione delle prestazioni e la validazione dei KPI."

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI25

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Sviluppo finale e test di schemi spettroscopici avanzati assistiti da IA.

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo riguarda il consolidamento e la caratterizzazione degli schemi di microscopia e spettroscopia sviluppati nella fase di ricerca intermedia. In particolare l'obiettivo mira allo sviluppo di un'analisi di big data assistita da IA per l'identificazione di difetti localizzati in materiali strutturati 2D, alla validazione dell'IA e machine learning nelle beamline ad attosecondi, all'utilizzo di algoritmi di IA per la modellizzazione di processi molecolari ultraveloci, allo sviluppo di un sistema di spettroscopia ad assorbimento quantum-enhanced assistito da IA.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP04

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Bio - photonics and imaging · CNR-IFN sede di Milano · CUSBO-POLIMI-RL1 · Ottica Non Lineare e Spettroscopia Quantistica

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

"REPORT UNICO sui seguenti Deliverables: D4.1.2: sviluppo di un algoritmo di IA e analisi di successo di difetti localizzati in materiali 2D nanostrutturati dalle mappe SNOM. D4.5.2: software per analisi dati e ottimizzazione funzionalità delle beamline ad attosecondi. D4.7.2: implementazione e benchmarking delle tecniche di modellizzazione dei dati basate sull'IA nella spettroscopia ultraveloce. D4.8.2: validazione dello schema sperimentale (test delle prestazioni, analisi del rumore, dimostrazione del vantaggio quantistico) e misure spettroscopiche (rilevamento in tempo reale di gas in tracce, confronto con metodi tradizionali)."

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI26

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Sviluppo finale e test di sensori avanzati in fibra quantum-enhanced e di sensori bioibridi assistiti da IA.

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo riguarda lo sviluppo finale e la caratterizzazione delle piattaforme sensoristiche sviluppate nell'obiettivo intermedio. In particolare si mira alla validazione di almeno un dispositivo multifunzionale che utilizzi i nuovi materiali riconfigurabili, al test, caratterizzazione e ottimizzazione tramite IA del sistema distribuito in fibra ottica e dei sensori inerziali in fibra ottica, all'assemblaggio e all'analisi basata su IA di un sistema multi-unità di sensori bio-ibridi con risposte elettriche attivate dalla luce, infine alla federazione di middleware e servizi IoT resilienti nella rete AI-PHOQUS e allo sviluppo di un portale web con accesso sicuro alla piattaforma edge-IoT-quantum.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP04

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Beyond-Nano CS · CNR-INO Sensori in fibra ottica assistiti da intelligenza artificiale · Bio - photonics and imaging · Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

"REPORT UNICO sui seguenti Deliverables: D4.2.2: prototipo di un microdispositivo multimateriale e multifunzionale; D4.3.2: caratterizzazione completa e ottimizzazione tramite IA del sistema distribuito in fibra ottica e dei sensori inerziali in fibra ottica quantum-enhanced. D4.4.2: sviluppo del dimostratore a più unità di sensori bioibridi. D4.6.2: piattaforma dimostrativa federata AI-PHOQUS per servizi IoT avanzati, con un rapporto completo su coinvolgimento degli utenti, risultati sperimentali e raggiungimento dei KPI."

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI27

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Obiettivo intermedio WP6: Progettazione e prototipazione di un'architettura edge-native per robotica industriale adattiva, dispositivi intelligenti e controllo AI di sistemi laser ultracorti e ultraintensi

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Obiettivo intermedio WP6: Progettazione e prototipazione di un'architettura edge-native per robotica industriale adattiva, dispositivi intelligenti e controllo AI di sistemi laser ultracorti e ultraintensi.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP06

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· *Mobile and Distributed Systems Laboratory* · *Innovative materials and devices* · *EUAPS CNR INO Pisa*

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D6.1.1 Report tecnico con la descrizione del design, degli scenari di test e della verifica di un prototipo funzionante della piattaforma edge-native; D6.2.1 Rapporto tecnico su materiali, simulazioni ottiche, progettazione e fabbricazione dei dispositivi e strategia di incapsulamento; D6.3.1 Report sullo sviluppo di modelli AI per la stabilizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi.

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI28

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Obiettivo finale WP6: Validazione di piattaforme edge-native per robotica adattiva, di dispositivi intelligenti e controllo AI di laser ultracorti e ultraintensi.

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Obiettivo finale WP6: Validazione di piattaforme edge-native per robotica adattiva, di dispositivi intelligenti e controllo AI di laser ultracorti e ultraintensi.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP06

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· *Mobile and Distributed Systems Laboratory* · *Innovative materials and devices* · *EUAPS CNR INO Pisa*

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D6.1.2: Report di validazione della piattaforma edge-native in ambienti reali e federati e rilascio pubblico del servizio dimostrativo con documentazione e guida all'uso; D6.2.2: Report tecnico sui materiali e sul prototipo di mini-modulo fotovoltaico-elettrocromico autoalimentato; D6.2.3: Report su ottimizzazione basata su tecniche di AI di laser ultracorti ed ultraintensi.

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI29

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Sviluppo teorico di approcci e protocolli per ottimizzazione di reti quantistiche (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Sviluppo di soluzioni di machine learning informate dalla fisica e di fisica consapevoli del machine learning così come l'analisi delle prestazioni. (OR2.1.2) Ottimizzazione di reti quantistiche per l'esecuzione distribuita di QAI e integrazione nella IR (OR2.5.2) Confronto completo delle prestazioni dei simulatori ottici on-chip con diversi stati di ingresso (Fock, Dicke, ecc.) aventi differenti gradi di coerenza, entanglement e non-stabilizerness. (OR2.6.2)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP02

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS) · Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa · Quantum Fluids of Light

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

Deliverable D2.1.2: Rapporto sullo sviluppo di almeno un approccio di machine learning informato dalla fisica e di almeno un approccio di fisica consapevole del machine learning. Deliverable D2.5.2: rilascio sistema di simulazione, e report sull'attività Deliverable D2.6.2: protocollo quantistico ottimizzato per l'implementazione di memorie associative e reti neurali.

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI30

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Realizzazione di reti neurali fisiche e simulatori quantistici ottimizzati da protocolli di ML (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

"Estendere i metodi ML per simulare il comportamento di sistemi fisici governati dall'equazione di Gross-Pitaevskii driven-dissipativa. (OR2.2.2) Realizzazione e validazione sperimentale di reti neuromorfiche integrate, ottimizzate mediante tecniche di AI avanzate, in grado di eseguire operazioni neuromorfiche e computazioni quantistiche superiori allo stato dell'arte. (OR2.3.2) Ottimizzazione dei processi di trasporto quantistico con parametri realistici delle eterostrutture e verifica sperimentale delle caratteristiche ottenute tramite Simulazione Quantistica, su laser che verranno sviluppati su richiesta, da facilities esterne. (OR2.4.3)"

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP02

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· *Quantum Fluids of Light* · *Advanced Quantum Photonics and Machine Learning Integration* · *CNR-INO Ultracold Quantum Gases and Mid-infrared and THz Spectroscopy*

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

Deliverable D2.2.2: Rapporto sulla capacità dei metodi ML di modellizzare e generalizzare la dinamica GPE a partire da dati sperimentali. Deliverable D2.3.2: Rapporto di laboratorio sul benchmarking del circuito polaritonico non lineare implementato e rilascio di un set di parametri funzionali per il design ottimale di reti neuromorfiche polaritoniche integrate. Deliverable D2.4.2: Studio della dinamica di fermioni in eterostrutture che riproducono strutture QCL, misure su laser modificati secondo i risultati delle Simulazioni Quantistiche, e report sull'attività

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI31

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.1 - Sviluppare un'infrastruttura digitale interoperabile per l'e-health distribuito: raggiungimento di interoperabilità semantica e sviluppo di algoritmi per modellare dati sanitari, abilitando IA federata per analisi distribuite, etiche e personalizzate (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo consiste nel raggiungimento di interoperabilità semantica e sviluppo di algoritmi per modellare dati sanitari

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza · Dipartimento di ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.1.1 – Report sulle basi dell'interoperabilità semantica e della modellazione dei dati (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI32

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.2 - Promuovere tecniche avanzate di imaging biomedico intelligenti, multimodali e non invasivi: sviluppo di tecniche di imaging avanzate integrate con IA per analisi cellulari e tissutali in tempo reale, ad alta risoluzione e senza marcatori. Le innovazioni includono tomografia 3D e istologia virtuale, imaging spettrale per il riconoscimento dello stato cellulare, imaging a foglio di luce e ottica diffusa, sviluppo di rivelatori SPAD per la diagnostica medica e microscopia multi-messaggera. (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo sarà raggiunto con lo sviluppo di tecniche di imaging avanzate integrate con IA per analisi cellulari e tissutali in tempo reale, ad alta risoluzione e senza marcatori. Le innovazioni includono tomografia 3D e istologia virtuale, imaging spettrale per il riconoscimento dello stato cellulare, imaging a foglio di luce e ottica diffusa, sviluppo di rivelatori SPAD per la diagnostica medica e microscopia multi-messaggera

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Beyond-Nano CS · LENS CNR-IMM-ME-RL2 · CUSBO-POLIMI-RL3 · BN-CNR-IMM-CT-RL2 · Bio-photonics and imaging

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.2.1 – Report integrato sullo sviluppo di tecniche avanzate di imaging biomedico, incluse tomografia 3D, imaging spettrale e light-sheet, rivelazione basata su SPAD e flussi di lavoro di microscopia multimodale (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI33

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.3 - Progettare sistemi portatili per il rilevamento sensibile e selettivo di biomarcatori molecolari con approcci label free, abilitati da tecnologie nanofotoniche e spettroscopia infrarossa: le attività chiave includono piattaforme di biosensing basate su fluorescenza e SERS, spettroscopia di precisione per l'analisi del respiro umano e piattaforme nanofotoniche ibride realizzate con materiali bidimensionali e DNA. (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

L'obiettivo richiede attività chiave che includono la progettazione di piattaforme di biosensing basate su nanostrutture fluorescenti e nanostrutture plasmoniche per SERS, su spettroscopia di precisione per l'analisi del respiro umano e piattaforme nanofotoniche ibride realizzate con materiali bidimensionali e DNA.

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· LENS CNR-IMM-ME-RL1 · CNR-IFN sede di Milano · Bio - photonics and imaging

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

24

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.3.1 – Report sulla fabbricazione e caratterizzazione di almeno 2 biosensori spettroscopici e almeno 1 piattaforma nanofotonica ibrida per il rilevamento molecolare (Mese 24)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI34

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

OR 5.4.1 Studio sperimentale e dataset per la radioterapia VHEE a impulso laser (INTERMEDIO)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP05

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· ELI CNR INO Pisa

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D.5.4.1 – Report tecnico sulla creazione del dataset VHEE e sull'identificazione dei parametri chiave per la stabilizzazione del fascio (Mese 18)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI35

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Rendere disponibile un catalogo digitale interattivo e continuamente aggiornabile dei servizi e delle tecnologie di AI-PHOQUS, accessibile alle imprese. (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP08

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· SOBIGDATA-CNR-ICAR-NA

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D8.1.1 Analysis of technologies and resources for SMEs (Report) D8.1.2 Detailed data sheets for each service (Report)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI36

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Rendere disponibile un catalogo digitale interattivo e continuamente aggiornabile dei servizi e delle tecnologie di AI-PHOQUS, accessibile alle imprese. (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Rendere disponibile un catalogo digitale interattivo e continuamente aggiornabile dei servizi e delle tecnologie di AI-PHOQUS, accessibile alle imprese. (finale)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP08

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· SOBIGDATA-CNR-ICAR-NA

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D8.1.3 Initial web-based interactive catalogue (software) D8.1.4 Final version of the web-based interactive catalogue (software), support service

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI37

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Progettare ed erogare almeno 20 corsi di formazione avanzata e aggiornamento professionale, con la partecipazione di almeno 200 utenti aziendali. (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Progettare ed erogare almeno 20 corsi di formazione avanzata e aggiornamento professionale, con la partecipazione di almeno 200 utenti aziendali. (intermedio)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP08

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Nodo UNIFI di SoBigData

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D8.2.1 Identification of the macro-topics offered by AI-PHOQUS members D8.2.2 Identification of companies potentially interested in training

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI38

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Coinvolgere attivamente almeno 20 PMI e attivare almeno 10 PoC applicativi su casi d'uso reali. (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Coinvolgere attivamente almeno 20 PMI e attivare almeno 10 PoC applicativi su casi d'uso reali. (intermedio)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP08

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D8.3.1 List of selected SMEs, sector-specific database D8.3.2 PoC project sheets, collaboration agreements

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI39

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Coinvolgere attivamente almeno 20 PMI e attivare almeno 10 PoC applicativi su casi d'uso reali. (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP08

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D8.3.3 Prototypes, interim technical reports D8.3.4 Final dossiers, events, case studies D8.3.5 Toolkit, one-stop shops, helpdesks

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI38

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Abilitare l'accesso a strumenti avanzati di machine learning attraverso l'arricchimento di un catalogo open source di servizi con strumenti, algoritmi e librerie riutilizzabili (intermedio)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Abilitare l'accesso a strumenti avanzati di machine learning attraverso l'arricchimento di un catalogo open source di servizi con strumenti, algoritmi e librerie riutilizzabili (intermedio)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS)

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.6.1: Report su catalogo di strumenti open-source SoBigData con strumenti di machine learning (intermedio)

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI39

- **11D1.19b: Titolo OI**

Abilitare un accesso trasparente e attuare i principi della Scienza Aperta attraverso un sistema centralizzato per la gestione dell'accesso virtuale e transnazionale (intermedio)

- **11D1.19c: Descrizione OI**

Abilitare un accesso trasparente e attuare i principi della Scienza Aperta attraverso un sistema centralizzato per la gestione dell'accesso virtuale e transnazionale (intermedio)

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

- **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· CNR - ISTI - Infrastructures for Science

- **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.7.2: Report su integrazione principi della Open Science e garanzia conformità ai dati FAIR (intermedio)

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI40

- **11D1.19b: Titolo OI**

Stabilire una base dati robusta e arricchita semanticamente che garantisca coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine delle informazioni (finale)

- **11D1.19c: Descrizione OI**

Stabilire una base dati robusta e arricchita semanticamente che garantisca coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine delle informazioni (finale)

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD · Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.1.2: Report su arricchimento catalogo di dataset SoBigData con ulteriori dataset relativi ad attività su Intelligenza Artificiale, Reti e Tecnologie Quantistiche (finale) D1.1.4: Report su politiche di metadati per diversi tipi di dati (finale) D1.1.5: Report su coinvolgimento aziende nell'utilizzo del servizio di storage per i propri dati D1.2.2: Report su progettazione e diffusione di strumenti e livelli semantici trasversali e riutilizzabili, conformi agli standard, per migliorare l'interoperabilità e la ricerca sui dati all'interno dell'infrastruttura di ricerca (finale)

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI4I

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Fornire un'infrastruttura computazionale scalabile, flessibile e ad alte prestazioni, capace di supportare un'ampia gamma di flussi di lavoro di ricerca e ambiti applicativi (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Fornire un'infrastruttura computazionale scalabile, flessibile e ad alte prestazioni, capace di supportare un'ampia gamma di flussi di lavoro di ricerca e ambiti applicativi (finale)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.3.2: Report su coinvolgimento utenti (finale) D1.3.3: Report su integrazione di sub-nodi computazionali per la creazione della rete computazionale D1.3.4: Report su esperimenti eseguiti nella rete computazionale D1.3.5: Report su aziende che utilizzano la rete computazionale per applicazioni proof-of-concept

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI42

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Promuovere lo sviluppo di soluzioni di intelligenza artificiale affidabili e spiegabili, che bilancino accuratezza predittiva con conformità etica e legale (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Promuovere lo sviluppo di soluzioni di intelligenza artificiale affidabili e spiegabili, che bilancino accuratezza predittiva con conformità etica e legale (finale)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Nodo UNIPi di SoBigData · SOBIGDATA-SNS

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

*D1.4.2: Report su catalogo di strumenti open-source con strumenti di machine learning affidabili (finale)
D1.5.3: Report su integrazione di metodi spiegabili nella libreria open source XAI (finale) D1.5.4: Report
su realizzazione di casi d'uso e studio con utenti basati su sistemi di Intelligenza Artificiale Spiegabile
attraverso l'utilizzo della piattaforma XAI (finale)*

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI43

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Abilitare l'accesso a strumenti avanzati di machine learning attraverso l'arricchimento di un catalogo open source di servizi con strumenti, algoritmi e librerie riutilizzabili (finale)

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Abilitare l'accesso a strumenti avanzati di machine learning attraverso l'arricchimento di un catalogo open source di servizi con strumenti, algoritmi e librerie riutilizzabili (finale)

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS)

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

*D1.6.2: Report su catalogo di strumenti open-source SoBigData con strumenti di machine learning (finale)
D1.6.3: Report su casi d'uso e studio con utenti basati su strumenti di Machine Learning*

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI44

- **11D1.19b: Titolo OI**

Abilitare un accesso trasparente e attuare i principi della Scienza Aperta attraverso un sistema centralizzato per la gestione dell'accesso virtuale e transnazionale (finale)

- **11D1.19c: Descrizione OI**

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP01

- **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· CNR - ISTI - Infrastructures for Science

- **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

- **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D1.7.1: Sistema di Gestione degli Accessi trasparente ed efficiente D1.7.3: Report su integrazione principi della Open Science e garanzia conformità ai dati FAIR (finale)

- **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI45

- **11D1.19b: Titolo OI**

Obiettivo 9.1 - Avvio del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 1-9

- **11D1.19c: Descrizione OI**

Obiettivo 9.1 - Avvio del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 1-9

- **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP09

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto Nazionale di Ottica · CNR-INO UO amministrativa e finanziaria AI-PHOQUS · Communication and outreach

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

9

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D9.1.1 Kick-off meeting (report) D9.1.2 Quality Management Plan D9.1.3 Stipula accordo organizzativo interno D9.1.4 Primo report sulla performance di AI-PHOQUS

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI46

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Obiettivo 9.2 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 10-18

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Obiettivo 9.2 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 10-18

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP09

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto Nazionale di Ottica · CNR-INO UO amministrativa e finanziaria AI-PHOQUS · Communication and outreach

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

18

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D9.2.1 Secondo report sulla performance di AI-PHOQUS

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI47

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Obiettivo 9.3 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 19-27

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Obiettivo 9.3 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 19-27

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP09

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto Nazionale di Ottica · CNR-INO UO amministrativa e finanziaria AI-PHOQUS · Communication and outreach

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

27

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D9.3.1 Mid-Term Meeting D9.3.1 Terzo report sulla performance di AI-PHOQUS

➤ **11D1.19a: ID sequenziale dell'OI (in ordine di raggiungimento)**

OI48

➤ **11D1.19b: Titolo OI**

Obiettivo 9.4 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 28-36

➤ **11D1.19c: Descrizione OI**

Obiettivo 9.4 - Gestione del progetto, definizione e implementazione delle procedure interne, monitoraggio attività, supporto ai partner, coordinamento, azioni di comunicazione interna ed esterna. Mese 28-36

➤ **11D1.19d: WP di appartenenza dell'OI**

WP09

➤ **11D1.19e: UO di WP partecipanti al perseguimento dell'OI**

· Istituto Nazionale di Ottica · CNR-INO UO amministrativa e finanziaria AI-PHOQUS · Communication and outreach

➤ **11D1.19f: Mese in cui è previsto l'OI**

36

➤ **11D1.19g: Elenco dei prodotti (deliverables) che saranno disponibili al raggiungimento dell'OI**

D9.4.1 Conferenza finale D9.4.2 Quarto report sulla performance di AI-PHOQUS D9.4.3 Report consuntivo sulla performance di AI-PHOQS

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Data Management

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.1.INFRA-DM

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività si inserisce nel contesto della ricerca data-intensive, dove la capacità di garantire coerenza semantica, interoperabilità e accessibilità a lungo termine delle informazioni rappresenta un requisito fondamentale per l'eccellenza scientifica e l'innovazione. In quanto infrastruttura di ricerca completa, SoBigData offre un ambiente unificato per la gestione dei dati e i servizi computazionali, permettendo agli utenti di raccogliere, curare, analizzare e condividere dataset su larga scala in conformità con i principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) e le pratiche della Scienza Aperta. L'obiettivo è potenziare l'infrastruttura LENS con capacità di gestione dei dati grazie alla sinergia con SoBigData. Ciò è reso possibile attraverso la definizione, lo sviluppo e l'implementazione di standard per la modellazione dei dati e l'organizzazione della conoscenza. Tali attività sono essenziali per strutturare i metadati, garantire la tracciabilità delle trasformazioni sui dati e supportare l'integrazione e il riuso di informazioni eterogenee in domini differenti. Dotando i dataset di semantica formale, attraverso vocabolari controllati, ontologie e schemi concettuali allineati ai principi FAIR, gli utenti possono "migliorare la reperibilità, l'accessibilità, l'interoperabilità e il riutilizzo delle risorse digitali". Gli stakeholder di diversi settori industriali riconoscono sempre più l'urgenza di disporre di standard armonizzati per dati e informazioni, al fine di garantire l'interoperabilità tra sistemi eterogenei. Questa consapevolezza ha alimentato lo sviluppo di specifiche tecniche, linee guida di implementazione e servizi a supporto dell'allineamento semantico nelle infrastrutture distribuite. SoBigData facilita questi obiettivi integrando nel proprio ambiente identificatori persistenti, framework per l'annotazione dei metadati, e altro ancora. I servizi di validazione sono progettati per valutare i mapping semantici tra sistemi di codifica locali e standard, supportando flussi di integrazione dati trasparenti e tracciabili. Inoltre, l'attività prevede il supporto tecnico e azioni di capacity building per consentire a soggetti provenienti da settori diversi di adottare metodologie di modellazione standardizzate, incluso lo sviluppo e il riuso di sistemi di organizzazione della conoscenza specifici di dominio (ad esempio, lessici specializzati, thesauri e ontologie) conformi ai principi FAIR e agli standard ISO pertinenti. Questa attività rappresenta una componente trasversale del progetto e costituisce un elemento abilitante per ottimizzare l'accesso, l'organizzazione e il riutilizzo delle informazioni. Questo allineamento strategico ai principi FAIR e alla Scienza Aperta non solo favorisce le comunità accademiche e di ricerca, ma migliora

sensibilmente anche il coinvolgimento delle imprese. Stabilendo un'infrastruttura robusta e standardizzata per la gestione dei dati, le aziende ottengono un accesso facilitato a dataset di alta qualità e arricchiti semanticamente, più facili da scoprire, integrare e utilizzare. La disponibilità di dati interoperabili e ben documentati abbassa le barriere all'innovazione, permettendo alle imprese di accelerare i processi di ricerca e sviluppo, creare servizi data-driven e esplorare nuove opportunità di mercato. Inoltre, il supporto all'allineamento semantico e la fornitura di linee guida tecniche e strumenti di validazione consentono alle aziende di allineare le proprie pratiche interne di gestione dei dati agli standard internazionali, facilitando la collaborazione con enti di ricerca e altri attori industriali. Questo favorisce la creazione di un ecosistema dinamico in cui settore pubblico e privato possono co-sviluppare conoscenza e soluzioni, promuovendo una crescita reciproca e il progresso tecnologico. Obiettivi Realizzativi Specifici OR1.1.1: Arricchire il catalogo di dataset SoBigData con ulteriori dataset relativi ad attività su Intelligenza Artificiale, Reti e Tecnologie Quantistiche [M6 – M18] KPI: Almeno 10 nuovi dataset raccolti e resi disponibili Deliverable D1.1.1: Report sulle attività svolte e raggiungimento del KPI OR1.1.2: Arricchire il catalogo di dataset SoBigData con ulteriori dataset relativi ad attività su Intelligenza Artificiale, Reti e Tecnologie Quantistiche [M19 – M36] KPI: Almeno 40 nuovi dataset raccolti e resi disponibili Deliverable D1.1.2: Report sulle attività svolte e raggiungimento del KPI OR1.1.3: Definire e implementare differenti politiche di metadati per diversi tipi di dati [M1 – M18] KPI: Almeno 3 nuove politiche di metadati definite e implementate per il catalogo dati Deliverable D1.1.3: Report sulle attività svolte e raggiungimento del KPI OR1.1.4: Definire e implementare differenti politiche di metadati per diversi tipi di dati [M19 – M36] KPI: Almeno 7 nuove politiche di metadati definite e implementate per il catalogo dati Deliverable D1.1.4: Report sulle attività svolte e raggiungimento del KPI OR1.1.5: Coinvolgere le aziende nell'utilizzo del servizio di storage per i propri dati [M12 – M36] KPI: Almeno 10 aziende che utilizzano il servizio di archiviazione dati Deliverable D1.1.5: Report sulle attività svolte e raggiungimento del KPI Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina In linea con gli obiettivi generali dell'attività, un elemento chiave di collaborazione consiste nell'instaurare legami solidi con i nodi LENS di Napoli, Lecce e Messina. Questa collaborazione mira a contribuire allo sviluppo di un catalogo dati unificato e arricchito semanticamente, in grado di accogliere diverse tipologie di dati generate dai vari nodi. Integrando dataset provenienti da diversi ambiti — che spaziano dall'intelligenza artificiale alla scienza delle reti fino alle tecnologie quantistiche — il catalogo fungerà da risorsa centrale per la scoperta, l'accesso e il riutilizzo dei dati. Ogni nodo LENS apporta competenze specifiche di dominio e dataset dedicati, armonizzati attraverso politiche comuni sui metadati e pratiche standardizzate di modellazione dei dati, in conformità con i principi FAIR. Ciò garantisce non solo la reperibilità e l'accessibilità dei dati, ma anche la loro interoperabilità e riutilizzabilità nei contesti scientifici e industriali. La sinergia con SoBigData fornisce l'ossatura tecnica per questa integrazione, consentendo l'adozione di strumenti e servizi per l'identificazione persistente, l'annotazione dei metadati, l'allineamento semantico e la validazione. La collaborazione prevede inoltre l'implementazione di servizi di storage condiviso, permettendo ai nodi di offrire meccanismi sicuri e semplificati per l'archiviazione e l'accesso sia ai dati che ai metadati. In definitiva, questa attività promuove un approccio coerente e scalabile alla gestione dei dati all'interno della rete LENS, facilitando la collaborazione tra nodi, migliorando la qualità e l'usabilità dei dati, e favorendo una più ampia partecipazione da parte del mondo accademico e industriale. Servizi di training e sviluppo professionale per aziende Per garantire che le aziende possano trarre pieno vantaggio dalle funzionalità offerte dall'infrastruttura integrata LENS-SoBigData, saranno implementate attività mirate di formazione e sviluppo professionale. Queste iniziative sono pensate per supportare le aziende nell'adozione di pratiche di gestione dei dati standardizzate e conformi ai principi FAIR, e per favorire una comprensione più approfondita degli aspetti etici, legali e tecnici della gestione dei dati. Un elemento centrale di questo impegno è lo sviluppo di una guida pratica passo-passo per la pubblicazione di dati e metadati. Questa risorsa accompagnerà gli utenti in ogni fase del ciclo di vita dei dati — dalla preparazione e documentazione, fino alla sottomissione e alla conservazione a lungo termine — assicurando che i dataset siano correttamente strutturati, annotati semanticamente e allineati ai principi FAIR e alla Open Science. Per supportare ulteriormente la conformità e una gestione responsabile dei dati, l'infrastruttura includerà anche un questionario di autovalutazione. Questo strumento permette alle aziende di verificare che tutti i requisiti etici e legali siano soddisfatti prima della pubblicazione dei dati. Il questionario copre aspetti fondamentali come la protezione dei dati personali (es. conformità al GDPR), i diritti di proprietà intellettuale, la gestione del consenso e la sensibilità dei dati, promuovendo così trasparenza e affidabilità nei processi di condivisione dei dati. Saranno inoltre promossi eventi di coinvolgimento degli stakeholder e iniziative per aumentare la visibilità dei risultati, al fine di favorire l'adozione e il riutilizzo dei dataset e delle relative politiche.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

➤ **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

DS: Data Standards

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.2.DAST

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività mira a definire e implementare standard, regole e metodologie per la modellazione e rappresentazione della conoscenza, con l'obiettivo di garantire una strutturazione semantica e l'interoperabilità dei dati all'interno dell'ecosistema infrastrutturale di servizi offerti dall'ambiente di ricerca. Si tratta di un'attività trasversale e multidisciplinare che contribuisce a migliorare l'accessibilità e l'usabilità dei dati attraverso la progettazione, lo sviluppo, la selezione e l'integrazione di strumenti semantici e terminologici, quali: Sistemi di Organizzazione della Conoscenza (KOS), vocabolari controllati e ontologie. Questi includono schemi concettuali aperti e interoperabili, strutturati secondo standard internazionali (es. SKOS, OWL, RDF) e guidati dai principi FAIR e del Linked Open Data (LOD), fondamentali per l'annotazione semantica e il collegamento dei dati. Tali strumenti sono essenziali per:

- supportare il discovery dell'informazione mediante normalizzazione semantica e indicizzazione dei contenuti;*
- permettere l'integrazione di dataset eterogenei provenienti da archivi, biblioteche digitali, banche dati e piattaforme di ricerca;*
- facilitare forme avanzate di esplorazione, analisi ed estrazione di conoscenza dai dati disponibili. Particolare attenzione sarà posta al riuso e all'arricchimento di risorse semantiche esistenti, che verranno adattate e affinate secondo le esigenze specifiche del progetto, garantendo coerenza metodologica e sostenibilità a lungo termine dei modelli adottati. In un contesto come quello attuale, caratterizzato da Open Science e Big Data, le infrastrutture digitali dedicate al calcolo e all'archiviazione dei dati svolgono un ruolo chiave nella gestione dell'intero ciclo di vita della conoscenza: dalla generazione dei dati, alla loro analisi e trasformazione in informazione, fino alla condivisione e riuso per generare nuova conoscenza. Tuttavia, la piena valorizzazione di tali infrastrutture richiede che i dati siano organizzati secondo standard condivisi e interoperabili, in modo da risultare effettivamente rintracciabili, accessibili, integrabili e riutilizzabili – in linea con i principi FAIR. L'approccio proposto è innovativo in quanto costituisce una componente trasversale e abilitante della gestione avanzata dei dati, volta a migliorare l'accesso, l'organizzazione e il riutilizzo delle informazioni in base al dominio di interesse identificato e ai servizi associati. L'attività affronta una sfida infrastrutturale centrale: fornire uno strato semantico trasversale e riutilizzabile in grado di migliorare l'accessibilità, la qualità e l'impatto dei dati della ricerca, in pieno allineamento con la visione tecnica e scientifica dell'infrastruttura di progetto. Integrata nell'infrastruttura computazionale, l'attività contribuisce a rafforzare l'accessibilità e l'usabilità dei dati mediante strumenti semantici e terminologici, tra cui:*
- Sistemi di Organizzazione della Conoscenza (KOS);*
- Vocabolari controllati, ontologie e tassonomie strutturate secondo standard internazionali (SKOS, OWL, RDF, ISO 25964);*
- Principi FAIR e LOD per l'annotazione semantica e la connessione dei dati. Particolare enfasi sarà posta sul riutilizzo e l'arricchimento di risorse semantiche esistenti, che saranno adattate alle esigenze progettuali, garantendo coerenza metodologica e sostenibilità nel lungo periodo. In coerenza con i servizi e le funzionalità offerti dal progetto, dataset e risorse di conoscenza saranno resi conformi agli standard dell'Open Science, mediante metadati (es. Dublin Core Metadata Initiative – DCMI). I modelli*

semantici verranno integrati nei workflow computazionali, abilitando pipeline riproducibili, analisi avanzate e la pubblicazione congiunta di dati, codice e risultati scientifici. Oltre ai framework di modellazione semantica, l'attività include metodologie e strumenti complementari, come: • servizi terminologici, • assistenti di codifica basati su regole o intelligenza artificiale, • soluzioni di indicizzazione. Questi strumenti contribuiscono a ridurre gli errori manuali, accelerano l'elaborazione dei dati e supportano la ricerca e il recupero semantico all'interno di dataset complessi. All'interno dell'infrastruttura, questa attività trasversale fornirà un insieme di Knowledge Organization Services (KOSs), tra cui: • Integrazione e riuso di KOSs (ontologie, vocabolari controllati, thesauri, tassonomie); • Allineamento agli standard internazionali (es. SKOS, OWL, RDF, ISO 25964); • Servizi di modellazione e rappresentazione semantica; • Servizi per l'allineamento semantico e l'integrazione dei dati. Tali servizi saranno accompagnati da programmi formativi e supporto tecnico, volti ad assicurare l'adozione di standard semantici e delle best practice. Questa attività contribuirà alla visione tecnica e scientifica dell'infrastruttura di progetto, migliorando la qualità e l'interoperabilità dei dati della ricerca. L'adozione di modelli semantici standardizzati e riutilizzabili potenzierà l'efficienza nell'organizzazione e nell'accesso ai dati, abilitando l'integrazione di fonti eterogenee (archivi, biblioteche digitali, database, ecc.). In tal modo, si promuoverà l'innovazione scientifica e tecnologica tramite l'uso avanzato dei dati, rafforzando le capacità di discovery e analisi. L'impatto si estenderà anche ai partner istituzionali e industriali, favorendo la diffusione di pratiche di Open Science e incentivando le collaborazioni trasversali tra settori. Obiettivi realizzativi specifici OR1.2.1: Progettazione e diffusione di strumenti e livelli semantici trasversali e riutilizzabili, conformi agli standard, per migliorare l'interoperabilità e la ricerca sui dati all'interno dell'infrastruttura di ricerca [M1 – M18] KPI: 1 servizio KOSs specifico per un dominio, riutilizzato o esteso e integrato nell'infrastruttura di ricerca; 1 strumento KOSs riutilizzabile; 1 modulo formativo o workshop erogato sulla modellazione semantica e sugli standard dei metadati. Deliverable D1.2.1: Relazione sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.2.2: Progettazione e diffusione di strumenti e livelli semantici trasversali e riutilizzabili, conformi agli standard, per migliorare l'interoperabilità e la ricerca sui dati all'interno dell'infrastruttura di ricerca [M19 – M36] KPI: 1 strumento KOSs riutilizzabile; Almeno 2 moduli formativi o workshop erogati sulla modellazione semantica e sugli standard dei metadati per le imprese. Deliverable D1.2.2: Relazione sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI Collegamento con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina Grazie alla sua forte natura trasversale, l'attività di standardizzazione e modellazione dei dati e della conoscenza avrà un impatto su tutti i nuovi nodi LENS e fornirà loro supporto. Servizi di training e sviluppo professionale per aziende L'attività include anche programmi formativi, workshop e linee guida tecniche finalizzati a promuovere l'adozione coerente e sostenibile dei KOSs, basati su standard semantici e best practice. Verranno erogati almeno due moduli formativi o workshop sui KOSs e sugli standard dei metadati (es. DCMI), rivolti a ricercatori, tecnici e stakeholder del mondo imprenditoriale. Queste iniziative formative non solo favoriranno un uso corretto degli strumenti KOSs, ma faciliteranno anche il trasferimento di conoscenze tra il mondo della ricerca e le imprese, potenziando le competenze sui dati e supportando la progettazione di architetture semantiche interoperabili.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

CI: Computational infrastructure

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.3.INFRA-CI

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Coordinamento SoBigData CNR-ISTI-KDD

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività mira a creare una rete di risorse computazionali basata sulla rete esistente per SoBigData. Questa nuova rete collega in modo fluido gli utenti a risorse cloud scalabili e cluster di calcolo ad alte prestazioni, garantendo un accesso flessibile, efficiente e robusto a infrastrutture computazionali avanzate. Sono forniti ambienti virtuali preconfigurati e containerizzati per permettere ai team di ricerca di eseguire analisi complesse in modo completamente riproducibile e portabile, minimizzando l'onere di configurazione e massimizzando l'interoperabilità tra sistemi diversi. Motori di workflow come Nextflow o Apache Airflow orchestrano pipeline di analisi multi-fase, gestendo le dipendenze e automatizzando task complessi di elaborazione dati. Gli utenti possono pubblicare questi workflow insieme ai loro dataset, facilitando la riproducibilità dei risultati. Piattaforme interattive come JupyterHub supportano ulteriormente i ricercatori, offrendo ambienti intuitivi e collaborativi per l'analisi esplorativa, la visualizzazione e il rapido prototipaggio. Per attività computazionalmente intensive, inclusi esperimenti di deep learning su grandi corpora testuali, di immagini e multimodali, sono disponibili nodi dotati di GPU, che supportano modelli di machine learning all'avanguardia e reti neurali. Oltre alle infrastrutture tradizionali CPU e GPU, questa attività prevede l'integrazione di una vasta gamma di tecnologie computazionali avanzate ed emergenti. In particolare, il framework punta a integrare capacità nei campi dell'Internet of Things (IoT), continuum edge-cloud, intelligenza artificiale (AI) e calcolo quantistico. L'integrazione di dispositivi IoT permetterà la raccolta e l'elaborazione di flussi di dati in tempo reale da sensori e attuatori distribuiti, offrendo ai ricercatori un accesso senza precedenti a dataset dinamici e ad alta frequenza direttamente alla fonte. Attraverso il continuum edge-cloud, i carichi di lavoro computazionali potranno essere distribuiti in modo intelligente tra dispositivi edge locali e infrastrutture cloud centralizzate, ottimizzando latenza, utilizzo della banda e privacy dei dati, garantendo analisi time-sensitive il più vicino possibile alla fonte dati. Tecniche avanzate di AI saranno integrate senza soluzione di continuità nella piattaforma per supportare analisi automatizzate, rilevazione di anomalie, riconoscimento di pattern, modellazione predittiva e sistemi di supporto alle decisioni, migliorando significativamente le capacità analitiche dei ricercatori in diversi ambiti disciplinari. Inoltre, integrando risorse di calcolo quantistico, l'infrastruttura mira a risolvere problemi computazionali oltre la portata dei paradigmi classici, come ottimizzazione quantistica accelerata, simulazioni complesse, analisi crittografiche e problemi combinatori su larga scala, aprendo nuove frontiere per la scoperta scientifica e l'innovazione. Combinando servizi di gestione dati conformi ai principi FAIR (attività INFRA-DM), un solido supporto all'Open Science (attività INFRA-OS) e risorse computazionali scalabili e eterogenee, questa attività punta a migliorare significativamente la qualità, la trasparenza e la riproducibilità dei flussi di lavoro di ricerca. L'infrastruttura risultante non solo sosterrà indagini scientifiche all'avanguardia, ma fungerà anche da piattaforma flessibile e a prova di futuro, capace di adattarsi al rapido evolversi tecnologico, garantendo sostenibilità e rilevanza a lungo termine per una comunità scientifica ampia e diversificata. Questa infrastruttura è particolarmente vantaggiosa per le piccole e medie imprese (PMI), consentendo loro di partecipare a ricerca e innovazione avanzate senza la necessità di ingenti investimenti IT interni. Offrendo accesso a risorse cloud scalabili e di calcolo ad alte prestazioni, insieme ad ambienti virtuali preconfigurati e strumenti di workflow user-friendly, le PMI possono eseguire analisi dati complesse e sviluppare soluzioni AI in modo efficiente ed economico. L'integrazione di tecnologie come IoT, edge computing e calcolo quantistico crea nuove opportunità per le PMI di esplorare applicazioni innovative, come analisi dati in tempo reale, automazione intelligente e attività di ottimizzazione che prima erano fuori portata per vincoli tecnici o finanziari. Inoltre, l'enfasi della piattaforma sui principi FAIR e sui workflow riproducibili garantisce che le PMI possano collaborare senza soluzione di continuità con istituzioni di ricerca e altri partner industriali, favorendo la fiducia e accelerando lo sviluppo congiunto di prodotti e servizi basati sui dati. Questa iniziativa rappresenta quindi un potente abilitatore per le PMI, permettendo loro di sfruttare capacità tecnologiche di frontiera, aumentare la competitività e partecipare attivamente all'economia digitale e dell'open science. Obiettivi realizzativi specifici OR1.3.1: Coinvolgimento degli utenti [M1 - M18] KPI: Nuovi utenti dell'infrastruttura: 300 Deliverable D1.3.1: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.3.2: Coinvolgimento degli utenti [M18 - M36] KPI: Nuovi utenti dell'infrastruttura: 1200 Deliverable D1.3.2: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.3.3: Integrazione di sub-nodi computazionali per la creazione della rete computazionale [M12 - M36] KPI: Almeno 6 sub-nodi integrati nella rete computazionale Deliverable D1.3.3: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.3.4: Esperimenti eseguiti nella rete computazionale [M18 - M36] KPI: Almeno 50 esperimenti Deliverable D1.3.4: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.3.5: Aziende che utilizzano la rete computazionale per applicazioni proof-

of-concept [M18 - M36] KPI: Almeno 6 aziende Deliverable D1.3.5: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI Collegamenti con in nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina L'integrazione dell'infrastruttura computazionale sarà estesa strategicamente per includere i nodi LENS di Napoli, Lecce e Messina, valorizzando le loro capacità di ricerca esistenti e le competenze specifiche di dominio. Questi nodi fungeranno da sub-nodi computazionali regionali, contribuendo alla formazione di una rete federata e distribuita di risorse di calcolo. Questa configurazione faciliterà l'accesso localizzato alla potenza computazionale, adattata alle esigenze specifiche dei team di ricerca e delle imprese operanti in ciascuna area. Ogni nodo beneficerà di un accesso condiviso a piattaforme cloud scalabili, cluster di calcolo ad alte prestazioni e ambienti virtuali containerizzati, tutti orchestrati tramite motori di workflow e supportati da piattaforme user-friendly come JupyterHub. La collaborazione permetterà inoltre a ciascun nodo di contribuire con strutture computazionali specializzate — che si tratti di ambienti di deep learning basati su GPU, elaborazione in tempo reale abilitata da IoT o piattaforme di ricerca quantistica — accrescendo così la diversità e le capacità dell'infrastruttura complessiva. Fondamentale sarà l'integrazione con il livello di gestione dati conforme ai principi FAIR (attività INFRA-DM), che garantirà che sia i dati sia i workflow computazionali siano facilmente reperibili, condivisibili e riutilizzabili all'interno della rete LENS. Ciò favorirà l'interoperabilità e la collaborazione scientifica tra i nodi, così come con i partner industriali, creando un ecosistema computazionale dinamico e coeso nell'ambito della più ampia iniziativa LENS. Servizi di training e di sviluppo professionale per aziende Per potenziare la capacità delle aziende — in particolare delle PMI — di sfruttare efficacemente l'infrastruttura computazionale avanzata, l'attività collaborerà con le iniziative di formazione presenti in altri WP per includere servizi dedicati di training e sviluppo professionale. Questi servizi mirano a semplificare l'accesso a risorse complesse garantendo al contempo il rispetto delle normative etiche, legali e tecniche. Il programma di formazione offrirà inoltre tutorial online per abbattere le barriere di ingresso per le PMI, permettendo loro di adottare tecnologie all'avanguardia, condurre esperimenti proof-of-concept e collaborare in modo fluido con il mondo accademico e altri attori dell'innovazione.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

TML: Trustworthy machine learning

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.4.TML

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Nodo UNIPi di SoBigData

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'adozione di tecnologie digitali avanzate, e in particolare dell'intelligenza artificiale, rappresenta un fattore chiave per l'innovazione in settori cruciali per lo sviluppo socio-economico del paese. Tuttavia, per garantire che tali soluzioni siano realmente efficaci e applicabili in contesti reali, devono soddisfare requisiti essenziali di affidabilità, trasparenza e spiegabilità. Sistemi di intelligenza artificiale efficaci, affidabili e spiegabili sono fondamentali per favorire una comprensione consapevole da parte degli utenti finali e per costruire fiducia nell'uso dell'IA in ambiti ad alto impatto e socialmente sensibili come la sanità e la finanza. In questi

settori, le decisioni supportate o generate da modelli predittivi devono essere non solo tecnicamente solide, ma anche interpretabili e verificabili, in piena conformità con principi etici, normative vigenti e requisiti di protezione dei dati. Questo perché le potenti capacità dei modelli di IA si accompagnano a preoccupazioni legali ed etiche, molte delle quali possono essere ereditate — o addirittura accentuate — dalle spiegazioni stesse. Questa attività mira quindi a sviluppare soluzioni di IA che combinino elevate prestazioni predittive con trasparenza, equità e tutela della privacy, con l'obiettivo di applicazioni reali in settori complessi quali la sanità e i sistemi finanziari. Le tecnologie proposte saranno validate considerando diversi scenari, generando un impatto misurabile in termini di trasferimento tecnologico e valorizzazione della ricerca. Un crescente corpo di letteratura ha iniziato a esplorare l'interazione tra privacy e spiegabilità, tra equità e spiegabilità, tra equità e privacy, ma sono stati compiuti sforzi limitati per sfruttare l'interazione tra tutte le dimensioni etiche, specialmente in contesti distribuiti come l'apprendimento federato. Partendo da queste basi e dai loro limiti, proponiamo di sviluppare modelli di intelligenza artificiale spiegabili di nuova generazione che rendano le applicazioni di IA in settori ad alto rischio più affidabili, trasparenti e conformi per progettazione ai requisiti di privacy e equità. In particolare, svilupperemo:

- **Metodi di valutazione e mitigazione del rischio privacy per modelli di IA spiegabili:** svilupperemo tecniche che quantifichino l'esposizione alla privacy dei modelli di IA e delle loro spiegazioni — ad esempio, quante informazioni sui singoli dati di addestramento possono essere inferite dai modelli di IA e dalle loro spiegazioni (come attribuzioni di feature o esempi controfattuali). Inoltre, saranno sviluppati meccanismi di protezione che sfruttano la privacy differenziale, la generazione di dati sintetici o tecniche di machine unlearning, per contrastare attacchi di membership inference e potenzialmente altre minacce alla privacy.
- **Modelli di IA equi e rispettosi della privacy:** svilupperemo metodi per fornire modelli di IA in grado di mitigare comportamenti ingiusti mantenendo sotto controllo l'utilità del modello. Questi aspetti saranno considerati anche nel caso di modelli spiegabili, per valutare l'impatto della mitigazione di comportamenti ingiusti sulle spiegazioni del modello. L'attività lavorerà sull'estensione di meccanismi centralizzati per l'apprendimento di modelli di IA in scenari di apprendimento federato, al fine di derivare modelli di IA globali e/o locali (spiegabili) senza centralizzare dati privati e potenzialmente con garanzie formali di privacy ed equità. L'idea di base è fornire modelli di IA capaci di cogliere l'interazione tra diverse dimensioni etiche: privacy, equità e spiegabilità. Obiettivi realizzativi specifici OR1.4.1: Arricchire il catalogo di strumenti open-source con strumenti di machine learning affidabili [M1–M18]. KPI: Sviluppo di almeno 1 strumento di machine learning affidabile. Deliverable D1.4.1: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI. OR1.4.2: Arricchire il catalogo di strumenti open-source con strumenti di machine learning affidabili [M19–M36]. KPI: Sviluppo di almeno 3 strumenti di machine learning affidabili. Deliverable D1.4.2: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI. Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina Le attività forniranno algoritmi avanzati per il machine learning affidabile, che saranno resi disponibili per i tre nodi LENS. In particolare, il nodo di Messina beneficerà di pipeline più affidabili basate sull'IA per i dati sanitari. Servizi di training e sviluppo professionale per aziende Per potenziare le aziende — in particolare le PMI — l'attività collaborerà con le iniziative di formazione per includere corsi dedicati e servizi di sviluppo professionale sul machine learning affidabile.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Explainable AI

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.5.XAI

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

SOBIGDATA-SNS

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'intelligenza artificiale spiegabile è ormai una parte fondamentale di qualsiasi processo decisionale. Per comprendere e garantire l'affidabilità dei modelli di apprendimento automatico utilizzati sia nelle scoperte scientifiche sia nelle attività delle aziende e delle imprese moderne, è essenziale utilizzare strumenti che consentano all'uomo di interagire con i modelli di apprendimento automatico e di esplorarli. Tuttavia, ad oggi esistono pochissime soluzioni integrate che consentono di progettare e pianificare un processo di apprendimento automatico spiegabile end-to-end. L'attività mira a fornire una libreria open source completa di metodi di IA spiegabili a partner accademici e industriali per garantire l'affidabilità pratica dei processi di apprendimento automatico sia per il calcolo scientifico che per le esigenze aziendali. L'iniziativa XAI-Platform di SNS è dedicata all'avanzamento e alla democratizzazione dell'IA spiegabile attraverso il mantenimento di una libreria Python estensibile e open source che unifica tutte le principali classi di tecniche di interpretabilità, dall'attribuzione di caratteristiche e dall'attivazione di concetti alla ricerca controfattuale e all'estrazione di regole. Partendo dalle basi gettate nel progetto XAI ERC (GA 834756) e ulteriormente consolidate nel progetto Future of AI Research, SNS integrerà continuamente contributi di ricerca all'avanguardia, come i classificatori interpretabili con opzione di astensione e gli ensemble controfattuali per l'analisi del churn. Questo lavoro comprende il supporto end-to-end del ciclo di vita della piattaforma: assicurare la riproducibilità dei nuovi metodi, creare API di alto livello che si integrino con il minimo sforzo nelle pipeline di modelli esistenti degli utenti ed estendere la libreria per soddisfare i requisiti specifici del dominio. Per convalidare e perfezionare questi strumenti, SNS collaborerà con partner accademici e industriali per sviluppare casi d'uso reali che applichino tecniche di spiegazione personalizzate a insiemi di dati di dominio e condurre studi rigorosi sugli utenti per determinare quali paradigmi di visualizzazione e interazione facilitino al meglio la comprensione e la supervisione umana in ogni contesto applicativo. Il successo del nostro lavoro sarà misurato da una serie di metriche quantitative e qualitative che riflettono la robustezza, l'usabilità e l'impatto sul mondo reale della libreria. In primo luogo, il numero di nuovi metodi XAI completamente integrati, compresi gli artefatti di ricerca riproducibili delle pubblicazioni più recenti misurerà la nostra produttività di sviluppo e la traduzione della ricerca. In secondo luogo, il numero e la diversità delle implementazioni di casi d'uso completati, che vanno dallo screening sanitario alla valutazione del rischio finanziario, dimostreranno l'adattabilità e l'adozione della piattaforma tra i partner. In terzo luogo, i risultati degli studi sugli utenti, rilevati attraverso l'accuratezza del completamento del compito, il tempo di comprensione e le valutazioni di affidabilità soggettiva, guideranno i miglioramenti iterativi, con l'obiettivo di ottenere un punteggio medio di comprensione minimo dell'80% nelle coorti di partecipanti. Infine, la conformità agli standard di riproducibilità e l'allineamento con le linee guida normative emergenti saranno convalidati da una copertura di test automatizzati superiore al 90% e da revisioni formali da parte di esperti del settore, assicurando che XAI-Platform rimanga un toolkit scientificamente rigoroso e pronto per l'industria. Obiettivi: OR1.5.1: Integrazione dei metodi spiegabili nella libreria open-source XAI [M1-M18]. KPI: Almeno 4 algoritmi Explainable-AI integrati nella libreria Deliverable D1.5.1: Relazione sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.5.2: Realizzazione di casi d'uso e studio degli utenti basati su sistemi Explainable AI attraverso l'uso della piattaforma XAI [M1-M18]. KPI: Almeno 1 caso d'uso e/o studi sull'utente completati utilizzando i metodi della piattaforma XAI Deliverable D1.5.2: Relazione sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.5.3: Integrazione dei metodi spiegabili nella libreria XAI open-source [M19-M36]. KPI: Almeno 6 algoritmi Explainable-AI integrati nella biblioteca Deliverable D1.5.3: Relazione sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.5.4: Realizzazione di casi d'uso e studio degli utenti basati su sistemi Explainable AI attraverso l'uso della piattaforma XAI [M19-M36]. KPI: Almeno 4 casi d'uso e/o studi sull'utente completati utilizzando i metodi della piattaforma XAI Deliverable D1.5.4: Relazione sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina L'integrazione dei metodi di Explainable AI in una libreria open source completa, end-to-end, porterà benefici a tutti i nodi LENS. Ad esempio, il nodo di Messina può trarre vantaggio dalle tecniche di IA spiegabile nel settore sanitario per ottenere nuove conoscenze per la medicina predittiva. Inoltre, gli studi sugli utenti indirizzati a tipi specifici di utenti miglioreranno notevolmente sia le visualizzazioni delle spiegazioni che le prestazioni dei compiti. Formazione e sviluppo professionale per le aziende La nostra attività collaborerà con attività di formazione per fornire alle aziende conoscenze sull'IA spiegabile e tutorial che consentano alle aziende di progettare sistemi di IA spiegabile e studi utente end-to-end.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

➤ **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

➤ **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Machine Learning as a Service

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.6.INFRA-MLaaS

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS)

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività "Machine Learning as a Service" (MLaaS) mira ad arricchire il catalogo di strumenti open-source LENS-SoBigData con risorse per il machine learning, con l'obiettivo di rendere accessibili e riutilizzabili algoritmi, librerie e strumenti software per l'elaborazione intelligente dei dati. MLaaS è concepito come un ecosistema innovativo e strategico, capace di combinare la potenza del machine learning moderno con le esigenze operative di chi lavora con dati provenienti da sistemi distribuiti, sensori intelligenti e ambienti dinamici. I servizi forniti coprono diversi paradigmi del machine learning, includendo, ad esempio: - Apprendimento supervisionato (es. per classificazione, regressione), - Apprendimento non supervisionato (es. per clustering, riduzione della dimensionalità), - Apprendimento per rinforzo (es. per controllo intelligente, decisioni sequenziali), - Apprendimento automatico quantistico, con supporto per modelli ibridi classico-quantistici. L'implementazione di riferimento di questi servizi sarà sviluppata in Python, sfruttando framework consolidati come PyTorch e TensorFlow, garantendo al contempo la possibilità di estendere l'infrastruttura ad altri linguaggi e ambienti di esecuzione a seconda del servizio specifico. Uno degli aspetti distintivi dell'attività è il focus sull'elaborazione di dati eterogenei, con capacità di gestire input quali: - Immagini tradizionali e multispettrali, - Dati in streaming da sensori o dispositivi mobili, - Serie temporali, dati tabellari, grafi e strutture complesse. I dati da elaborare possono essere acquisiti da una varietà di sistemi intelligenti e sensoristici avanzati, inclusi: droni terrestri e aerei per il monitoraggio del territorio o di ambienti industriali, dispositivi indossabili e caschi EEG per applicazioni di interazione uomo-macchina, reti di sensori IoT in ambienti indoor/outdoor per analisi ambientali o infrastrutturali. Poiché gli strumenti non sono legati a domini applicativi specifici, possono essere utilizzati anche con dati relativi, ad esempio, a fenomeni sociali, analisi dell'informazione, traffico e reti. L'approccio proposto è concepito per essere modulare e riutilizzabile, al fine di promuovere l'adozione da parte di istituzioni di ricerca, startup tecnologiche e aziende consolidate. I servizi saranno rilasciati come software open-source. Dal punto di vista della ricerca, MLaaS funge da piattaforma sperimentale per accelerare la prototipazione, la validazione e il benchmarking di algoritmi intelligenti su dati complessi e reali, favorendo la riproducibilità e la collaborazione scientifica. In particolare: - Facilita la ricerca riproducibile fornendo servizi open-source; - Riduce il ciclo idea-validazione offrendo strumenti pronti all'uso; - Fornisce uno spazio aperto e condiviso per la sperimentazione dei servizi. In questo senso, MLaaS non è solo una piattaforma di strumenti, ma anche un abilitatore scientifico, concepito per far progredire lo stato dell'arte del machine learning applicato a scenari complessi e reali. Per il mondo aziendale, l'iniziativa rappresenta un'opportunità concreta per superare le barriere tecniche all'adozione del machine learning, grazie a servizi pronti all'uso che possono adattarsi a casi d'uso diversificati. I principali vantaggi per le aziende includono: - Riduzione del time-to-

market: le aziende possono integrare soluzioni di machine learning in prodotti o processi esistenti senza dover sviluppare internamente tutta la logica algoritmica; - Accesso democratizzato alle tecnologie avanzate: anche le piccole e medie imprese possono adottare modelli avanzati (inclusi quelli basati su deep learning o ML quantistico) grazie alla disponibilità open-source e a interfacce di servizio semplificate; - Applicabilità trasversale: MLaaS può essere utilizzato in ambiti come smart manufacturing, agricoltura di precisione, sanità digitale, smart cities, sistemi cyber-fisici, logistica intelligente, sicurezza e robotica cognitiva; - Innovazione continua: le aziende possono sperimentare e testare nuovi servizi senza costi aggiuntivi, accelerando l'adozione dell'IA anche in domini caratterizzati da elevata incertezza o eterogeneità. Obiettivi realizzativi specifici OR1.6.1: Arricchire il catalogo di strumenti open-source SoBigData con strumenti di machine learning [M1–M18] KPI: Almeno 3 strumenti di machine learning raccolti e/o sviluppati, da rilasciare. Deliverable D1.6.1: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento del KPI OR1.6.2: Arricchire il catalogo di strumenti open-source SoBigData con strumenti di machine learning [M19–M36] KPI: Almeno 7 strumenti di machine learning raccolti e/o sviluppati, da rilasciare. Deliverable D1.6.2: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento del KPI OR1.6.3: Realizzazione di casi d'uso e studio con utenti basati su strumenti di Machine Learning [M12–M36] KPI: Almeno 3 casi d'uso e/o studi con utenti completati utilizzando i metodi di ML presenti nel catalogo. Deliverable D1.6.3: Report sulle attività svolte e sul raggiungimento del KPI Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina Le attività all'interno di questo task sono strettamente allineate e sinergiche con quelle intraprese negli altri work package, in particolare per quanto riguarda l'integrazione di algoritmi di machine learning e intelligenza artificiale. Questo task svolgerà un ruolo fondamentale nel facilitare l'accesso a questi algoritmi avanzati da parte delle aziende che beneficeranno del nuovo nodo LENS. Servizi di training e sviluppo professionale per aziende Le aziende potranno sfruttare i servizi IR sviluppati attraverso questa attività per migliorare le proprie capacità nello sfruttamento e nella comprensione dei modelli e degli algoritmi di machine learning. Questi modelli costituiranno la base per la progettazione di programmi di formazione mirati e per l'implementazione di progetti proof-of-concept, che saranno realizzati all'interno del work package pertinente del progetto complessivo.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Access and Open Science

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

AI.7.INFRA-OS

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR - ISTI - Infrastructures for Science

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività INFRA-OS stabilisce un quadro completo per abilitare l'Accesso, sia Virtual Access (VA) che Transnational Access (TNA), all'infrastruttura di calcolo avanzata del progetto, promuovendo parallelamente i principi della Open Science. INFRA-OS mira a democratizzare l'accesso ai servizi di gestione dati e computazione all'avanguardia, rivolgendosi sia agli utenti accademici sia a quelli industriali, incluse le PMI, basandosi sull'affidabile infrastruttura tecnologica D4Science. D4Science funge da

abilitatore fondamentale, fornendo supporto solido per i componenti INFRA-DM (Data Management) e INFRA-CI (Computational Infrastructure) del progetto. Il suo avanzato framework Virtual Research Environment (VRE) garantisce uno storage scalabile dei dati, calcolo ad alte prestazioni e servizi interoperabili, pienamente allineati ai principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) e Open Science. Sfruttando D4Science, l'attività beneficia di un'infrastruttura federata matura, capace di gestire l'intero ciclo di vita dei dati di ricerca, dall'acquisizione e annotazione semantica fino alla cura, pubblicazione e conservazione. L'ambito di INFRA-OS è duplice. In primo luogo, si concentra nel fornire un meccanismo snello e trasparente per consentire agli utenti di richiedere e ottenere accesso alle risorse dell'infrastruttura. Questo include sia il Virtual Access, che permette agli utenti di utilizzare da remoto servizi computazionali e dati all'interno di VRE preconfigurati, sia il Transnational Access, che facilita visite fisiche per un coinvolgimento approfondito con attrezzature o competenze specializzate. Al centro di questa iniziativa vi è lo sviluppo di una dashboard user-friendly per le richieste di accesso. Questo portale permetterà agli utenti di presentare proposte dettagliate per VA o TNA, che saranno sottoposte a un rigoroso processo di revisione da parte del board dell'infrastruttura. La dashboard faciliterà un'interazione trasparente, consentendo ai revisori di commentare, richiedere modifiche e, infine, approvare o rifiutare le richieste. Le richieste di Virtual Access approvate consentiranno agli utenti di accedere a laboratori virtuali esistenti o attiveranno la creazione di nuovi VLabs personalizzati, offrendo un ambiente flessibile e reattivo per diverse esigenze di ricerca e innovazione. Tutte le richieste di accesso e i relativi esiti saranno meticolosamente tracciati, permettendo alla dashboard di servire come strumento amministrativo fondamentale. Essa fornirà agli amministratori insight critici sull'utilizzo delle risorse, inclusi i dati di utilizzo, e faciliterà la raccolta di indicatori chiave quali il numero di pubblicazioni e attività di disseminazione rese possibili dall'accesso ai laboratori fisici o virtuali. Questo tracciamento completo assicura la responsabilità, informa le future allocazioni di risorse e dimostra l'impatto tangibile dell'infrastruttura sull'avanzamento scientifico e sull'innovazione industriale. Include la definizione di criteri chiari per le richieste di accesso, un solido processo di revisione con il board dell'infrastruttura e la facilitazione della comunicazione tra richiedenti e revisori. Il sistema supporterà la creazione e il provisioning di nuovi Laboratori Virtuali (VL) o l'accesso a quelli esistenti basati su richieste VA approvate. Inoltre, integrerà meccanismi per monitorare indicatori chiave di performance (KPI) relativi agli accessi, come il numero di richieste ricevute, approvate e respinte, nonché metriche sull'utilizzo delle risorse negli ambienti virtuali o fisici allocati. Questo aspetto è cruciale per garantire un'allocazione equa, efficiente e trasparente delle risorse dell'infrastruttura, massimizzandone l'utilità per una vasta base di utenti. In secondo luogo, l'attività promuoverà attivamente e applicherà i principi della Open Science a tutti i livelli dell'infrastruttura, assicurando che i risultati della ricerca siano conformi ai principi FAIR, riproducibili e ampiamente accessibili. Ciò comporta l'integrazione e l'allineamento delle strategie di ricerca e delivery del progetto con gli standard EOSC (European Open Science Cloud), garantendo che dataset, metadati e strumenti computazionali siano pienamente FAIR-compliant e accessibili in modo aperto. Attraverso il backbone tecnico fornito da D4Science, il progetto faciliterà l'inserimento di risorse — dataset, software, workflow, metodi, servizi — in repository compatibili con EOSC, favorendo così la collaborazione interdisciplinare e massimizzando l'impatto sociale dei risultati di ricerca. Questo impegno verso la Open Science è fondamentale per migliorare trasparenza, riproducibilità e riusabilità della ricerca, promuovere la collaborazione interdisciplinare e massimizzare l'impatto sociale degli output dell'infrastruttura, con particolare attenzione alle PMI. L'attività svilupperà e implementerà protocolli e strumenti robusti, supportati dall'infrastruttura D4Science, per rafforzare trasparenza, riproducibilità e ricerca collaborativa. Questi affronteranno specificamente interoperabilità, tracciabilità della provenienza e conservazione a lungo termine degli asset di ricerca, abilitando la scoperta automatizzata dei dati e metadati machine-actionable. Lo sviluppo di un catalogo completo fungerà da strumento vitale per promuovere la scienza aperta di dati, metodi, servizi e risultati di ricerca, migliorandone la scoperta e la riusabilità. L'attività promuove una transizione dalle pratiche di ricerca isolate verso una cultura di apertura, con meccanismi di governance robusti e supporto tecnico per coinvolgere stakeholder diversi, incluse istituzioni accademiche, infrastrutture di ricerca, PMI e enti del settore pubblico. In tal modo costruisce un ponte tra eccellenza scientifica e innovazione, allineandosi ai principi chiave di EOSC: apertura, federazione, leggibilità da parte delle macchine e governance comunitaria. L'attività instaura collegamenti strategici con nodi nazionali di Open Science e infrastrutture di ricerca federate sotto l'ombrello EOSC (ad esempio ICDI in Italia, NI4OS-Europe), oltre a un'integrazione completa con l'infrastruttura D4Science. Queste collaborazioni mirano a garantire che i risultati del progetto siano interoperabili con i servizi e le linee guida sia di EOSC sia di D4Science. Integrando dati provenienti da vari ambiti del progetto, che spaziano dalle scienze ambientali e della salute alle digital humanities, il progetto contribuisce a un ecosistema federato della conoscenza. Ciò include l'adozione di Persistent Identifiers (PID), l'implementazione di un'infrastruttura di autenticazione e autorizzazione (AAI) compatibile con EOSC e la fornitura di servizi tramite sia EOSC Marketplace che D4Science VRE. Questi collegamenti favoriscono l'allineamento delle pratiche specifiche del progetto con il

più ampio panorama europeo, consentendo uno scambio fluido di dati e servizi tra infrastrutture allineate a EOSC. Obiettivi realizzativi specifici OR1.7.1: Stabilire un Sistema di Gestione degli Accessi trasparente ed efficiente [M2-M24] KPI: Almeno 3 richieste di accesso gestite e monitorate tramite il sistema; Almeno 3 Ambienti di Ricerca Virtuali creati per le principali aree del progetto. Deliverable D1.7.1: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.7.2: Integrare i principi della Open Science e garantire la conformità ai dati FAIR (M2-M18) KPI: Almeno 1 servizio compatibile con EOSC integrato (allineato ai principi della Open Science). Deliverable D1.7.2: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI OR1.7.3: Integrare i principi della Open Science e garantire la conformità ai dati FAIR (M19-M36) KPI: Almeno 2 servizi compatibili con EOSC integrati (allineati ai principi della Open Science). Deliverable D1.7.3: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento dei KPI Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina L'attività collaborerà strettamente con i tre nodi LENS di Napoli, Lecce e Messina. Questa collaborazione mira a creare Ambienti di Ricerca Virtuali su misura per le loro esigenze e a valutare come gli strumenti di Open Science forniti possano migliorare la loro capacità di ricerca e le opportunità di trasferimento verso l'industria. Servizi di Training e Sviluppo professionale per le aziende Per garantire a ricercatori e aziende di sfruttare appieno le potenzialità dell'infrastruttura integrata, sarà messa a disposizione una documentazione completa e una guida pratica tramite l'infrastruttura D4Science. L'attività prevede la progettazione e l'erogazione di programmi di formazione e workshop su misura, rivolti soprattutto alle aziende, con particolare attenzione alle Piccole e Medie Imprese (PMI). I programmi si focalizzeranno sull'applicazione pratica dei servizi offerti, includendo l'uso dei laboratori virtuali per R&S, la gestione delle richieste di accesso tramite il cruscotto, l'adozione dei principi FAIR nei flussi di lavoro e l'utilizzo del catalogo aperto per scoprire e contribuire alle risorse di open science. L'obiettivo è rafforzare lo sviluppo professionale del personale industriale, consentendo loro di utilizzare efficacemente l'infrastruttura di calcolo avanzata per innovazione, vantaggio competitivo e maggiore partecipazione all'open science. I materiali formativi saranno realizzati in formati accessibili, come moduli online, webinar e canali di supporto dedicati, per favorire un'ampia adozione e massimizzare l'impatto nei vari settori industriali.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Quantum and Physics-Aware Machine Learning

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A2.1

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni - Sede di Rende (CS)

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Questa attività intende operare all'intersezione di questi ambiti, creando sinergie tra machine learning e tecnologie fisiche e quantistiche, con un'attenzione particolare al dominio emergente del quantum machine learning (QML). L'attività segue due direttrici complementari: Physics-informed Machine Learning Questa direttrice innovativa riguarda l'impiego di hardware quantistico e tecnologie ispirate alla fisica per incrementare l'efficienza e la scalabilità degli algoritmi di machine learning. Le tecnologie quantistiche sfruttano i principi della meccanica quantistica per ottenere capacità di calcolo, sensing e comunicazione al

di là dei limiti dei sistemi classici. Al cuore di questi progressi c'è il quantum computing, che può abilitare velocizzazioni esponenziali per problemi specifici quali la fattorizzazione di interi, la simulazione quantistica e l'ottimizzazione. Tra i numerosi algoritmi quantistici, quelli basati sul QML [Sch2021] hanno suscitato grande interesse: il QML sfrutta il parallelismo intrinseco dei sistemi quantistici e la dimensione esponenziale dello spazio di Hilbert per trattare i dati, con potenziali vantaggi in compiti di clustering, classificazione e previsione. Due esempi di spicco sono il quantum reservoir computing (QRC) [Fuj2020] e le quantum extreme learning machines (QELM) [Inn2023]. In entrambi, un sistema quantistico—una rete di qubit, un reticolo fotonico o un insieme di spin—funge da “reservoir” le cui dinamiche non lineari mappano i dati in uno spazio di caratteristiche ad alta dimensione, dal quale un nodo classico lineare, facile da addestrare, estrae l'informazione rilevante. Questi approcci rientrano nel più ampio campo del Quantum Neuromorphic Computing [Mar2020], che combina i principi dei sistemi neuromorfici classici—efficienza energetica, in-memory processing, adattabilità—con le potenzialità della meccanica quantistica, per affrontare compiti complessi quali la previsione di serie temporali, la modellizzazione di sistemi caotici e il quantum signal processing, con particolare attenzione al real-time e al in-sensor computing. Machine Learning-aware Physics Metodi ML classici e quantistici vengono applicati a problemi complessi della fisica teorica, computazionale ed sperimentale. In particolare: (i) Nel campo dei multi-corpi quantistici e della scienza dei materiali [Car2020], il ML aiuta a superare i limiti dei metodi tradizionali—dovuti alla crescita esponenziale dello spazio degli stati—per modellizzare, identificare fasi e scoprire nuovi materiali. (ii) Nei sistemi quantistici complessi con connettività disordinata, l'ML consente di inferire informazioni globali osservando solo una piccola porzione del sistema, riducendo il numero di misure costose [Con2024]. (iii) L'estrazione di caratteristiche da dati sperimentali ad alto rumore è cruciale in fisica delle particelle, astrofisica e fisica della materia condensata, dove il ML migliora l'identificazione dei segnali. (iv) Tecniche di ML, tra cui il Bayesian ML e il reinforcement learning [San2023], offrono strumenti potenti per ottimizzazione, controllo di sistemi classici e quantistici, mitigazione degli errori e sintonia dei parametri sperimentali. Innovazione Questa attività mira a un'importante innovazione scientifica e metodologica combinando tecnologie quantistiche e machine learning per migliorare efficienza e scalabilità algoritmica. L'integrazione di hardware quantistico con paradigmi ML classici, in particolare nel QML e nel Quantum Neuromorphic Computing, offre nuovi modi di affrontare compiti complessi come il real-time problem-solving e il in-sensor computing. Le ricadute potenziali spaziano dalla scienza dei materiali all'ottimizzazione energetica [Mas2024b], dall'allocazione di risorse [Mas2024a] alla sanità. Obiettivi realizzativi (OR) L'attività si articola in due Obiettivi Realizzativi (OR): OR2.1.1 – Progettazione di approcci di machine learning informati dalla fisica e di approcci di fisica consapevoli del machine learning [M1–M18] • Progettazione di nuovi approcci di Physics-Informed Machine Learning • Progettazione di nuovi approcci di fisica machine-learning-aware • KPI2.1.1: Progettazione di almeno un approccio di machine learning informato dalla fisica e di almeno un approccio di fisica consapevole del machine learning nei campi, ad esempio, di classificazione, previsione e ottimizzazione. Deliverable D2.1.1: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento del KPI OR2.1.2 – Sviluppo di soluzioni di machine learning informate dalla fisica e di fisica consapevoli del machine learning [M18–M36] • Sviluppo di approcci di Physics-Informed Machine Learning • Sviluppo di approcci di fisica machine-learning-aware • Analisi delle prestazioni • KPI2.1.2: Sviluppo di almeno un approccio di machine learning informato dalla fisica e di almeno un approccio di fisica consapevole del machine learning nei campi, ad esempio, di classificazione, previsione e ottimizzazione. Deliverable D2.1.2: Rapporto sulle attività svolte e sul raggiungimento del KPI Per favorire soluzioni utili a comunità di ricerca e industria, gli approcci saranno il più possibile hardware-agnostic rispetto alle piattaforme quantistiche, garantendo compatibilità con diversi vendor e funzionamento in ambienti simulati. È prevista sperimentazione su hardware quantistico reale tramite provider terzi. Impatto Software, simulatori, algoritmi e soluzioni sviluppati potranno essere trasferiti in contesti industriali, favorendo nuovi servizi che colmino il divario tra ricerca avanzata e applicazioni pratiche. Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina Le attività sono sinergiche con gli sviluppi previsti nei nodi LENS di Napoli e Lecce, in particolare per quantum computing, quantum simulation e progettazione di reti quantistiche. I risultati completeranno i servizi del nodo di Napoli e supporteranno il calcolo ottico non lineare nel nodo di Lecce. Formazione e sviluppo professionale per le aziende Aziende e professionisti potranno sfruttare i servizi sviluppati per potenziare le proprie competenze in Quantum e Physics-Aware ML, tramite attività formative erogate nell'ambito del progetto.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Machine Learning for Nonlinear Quantum Fluid Dynamics

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A2.2

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Quantum Fluids of Light

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Le tecnologie quantistiche sfruttano sempre più le tecniche di machine learning (ML) in un'ampia gamma di domini, dall'analisi dei dati all'identificazione di sistemi, fino alla modellizzazione di sistemi fisici complessi. Nella fisica dei multi-corpi quantistici, le reti neurali hanno mostrato notevoli capacità come approssimatori universali di funzioni — si pensi a FermiNet per le funzioni d'onda elettroniche variazionali o ai solver deep-learning per l'equazione di Schrödinger in alta dimensione. In ottica quantistica, il ML è stato applicato alla ricostruzione di stati quantistici, a strategie di misura adattativa e al controllo feedback su piattaforme fotoniche. Al contrario, l'uso del ML per descrivere dinamiche non lineari e dipendenti dal tempo governate da equazioni alle derivate parziali (EDP) — come l'equazione di Schrödinger non lineare (NLSE) — rimane poco esplorato, soprattutto in connessione con sistemi sperimentali. Un caso di grande interesse è l'equazione di Gross-Pitaevskii (GPE), un'approssimazione mean-field della NLSE che descrive i fluidi quantistici (condensati di Bose-Einstein atomici, elio superfluido, perfino eccitazioni in stelle di neutroni). Grazie alla sua universalità e alla ricca non linearità, la GPE è un quadro ideale per studiare turbolenza quantistica, formazione di pattern e transizioni di fase fuori equilibrio. I metodi numerici tradizionali — schemi di Runge-Kutta, integratori split-step Fourier — sono accurati ma onerosi dal punto di vista computazionale, richiedono passi temporali piccoli per la stabilità numerica e vanno ricalcolati da zero per ogni variazione delle condizioni iniziali o dei parametri. Una volta addestrati, invece, modelli ML come neural operators o reti neurali informate dalla fisica (PINN) forniscono inferenza molto più rapida, abilitando simulazioni in tempo reale, inversione di parametri e controllo feedback, persino in prossimità di transizioni di fase. Inoltre, il ML può essere addestrato direttamente su dati sperimentali, inglobando effetti non modellizzati (disordine, dissipazione, rumore ambientale, fisica oltre mean-field) difficili da includere nei solver standard. Il ML offre quindi non solo un'accelerazione computazionale, ma anche un approccio adattivo ai dati per la dinamica quantistica non lineare, facendo da ponte tra modellizzazione teorica e osservabili sperimentali. La rappresentazione neuromorfica della dinamica GPE apre nuove direzioni in cui il fluido stesso funge da substrato computazionale: ciò abilita calcolo ottico per risolvere EDP (con accoppiamento spin-orbita, non linearità, potenziali ignoti, riserve e imperfezioni reali) e compiti neuromorfici che sfruttano la dinamica intrinseca del sistema polaritonico. Nell'ambito di questo progetto esploreremo dunque il duplice ruolo del ML nei fluidi quantistici di polaritoni: strumento di modellizzazione, previsione e sensing dei fenomeni non lineari, ma anche architettura computazionale fisicamente implementabile o emulabile nella dinamica stessa del fluido. Obiettivo dell'attività è quello di costruire un framework di machine learning fisicamente fondato per modellare, analizzare e interpretare la dinamica non lineare dei fluidi quantistici, integrando metodi guidati dalla teoria e guidati dai dati. Proponiamo di applicare il ML all'equazione di Gross-Pitaevskii per sviluppare modelli predittivi e generalizzabili della dinamica dei fluidi quantistici non lineari. La nostra piattaforma sperimentale si basa su condensati di ecciton-polariton in micro-cavità semiconduttrici, sistemi ibridi luce-materia che consentono imaging spaziotemporale in tempo reale e ad alta risoluzione, generando così dataset estesi e etichettati per l'addestramento e la validazione ML. In questo contesto, implementeremo quattro approcci ML sinergici: Equilibrium Training — apprendimento di soluzioni stazionarie o metastabili della GPE, incluse soluzioni dissipative, per mappare stati fondamentali e attrattori. Transfer Learning — fine-tuning di modelli addestrati su simulazioni

GPE con dati sperimentali, migliorando generalizzazione e robustezza. Inverse Modeling – reti neurali che inferiscono parametri fisici (interazioni, tassi di perdita, potenziali) direttamente da osservabili sperimentali. Hybrid Modeling – integrazione di componenti guidate dai dati nella struttura GPE per catturare correzioni oltre mean-field, non linearità emergenti ed effetti ambientali reali. Il tutto confluirà in un framework modulare, interpretabile e validabile sperimentalmente, estendibile ad altri sistemi non lineari descritti da EDP analoghe. La novità scientifica dell'attività è quello di sfruttare la dinamica rapida e l'accessibilità ottica diretta dei condensati di polaritoni per esplorare fenomeni non lineari e topologici (turbolenza quantistica, vortici, transizioni di fase fuori equilibrio). Innoviamo estendendo le metodologie ML oltre le EDP conservative di sistemi chiusi, verso equazioni non lineari driven-dissipative che governano fluidi quantistici aperti. La GPE per polaritoni include guadagno, perdita e accoppiamento al reservoir, rompendo reversibilità temporale e leggi di conservazione: sfide finora poco affrontate nei framework ML-PDE. Affrontarle significa sviluppare nuove capacità di apprendimento guidato dai dati per dinamiche non hermitiane realistiche. Impatto tecnologico: il progetto introduce pipeline ML per l'elaborazione ottica in tempo reale di dati provenienti da sistemi fotonici non lineari, abilitando analisi ad alto throughput di dinamiche spazio-temporali (riconoscimento di strutture, tracking, estrazione di parametri). Questi strumenti sono rilevanti per sensing ottico, fotonica neuromorfica e imaging non lineare, con modelli adattabili e compatibili con feedback sperimentale. L'integrazione di ML fisicamente informato con piattaforme sperimentali apre la strada a simulation-as-a-service e pipeline avanzate di interpretazione dati, estendibili a utenti accademici (ottica quantistica, materia condensata) e industriali (fotonica, imaging, scienza dei materiali). Il framework si propone come architettura riutilizzabile per la modellizzazione ML-enhanced di sistemi fisici non lineari, oltre l'applicazione ai fluidi di polaritoni. La strategia per raggiungere gli obiettivi dell'attività è quella di combinare simulazioni teoriche, acquisizione dati sperimentali e architetture neurali avanzate. Solver numerici della GPE genereranno dataset di addestramento ad alta fedeltà su un ampio spazio di parametri (non linearità, disordine, configurazioni pompa-reservoir). Tali dataset saranno completati da misure sperimentali su condensati di polaritoni con alta risoluzione spazio-temporale. L'architettura ML integrerà neural operators per previsioni rapide, PINN per apprendimento strutturato e modelli encoder-decoder per inferenza inversa. Il software sarà modulare per favorire trasferibilità, riproducibilità e integrazione nei loop di controllo sperimentali. Il framework sarà valutato su tre capacità chiave: previsione dell'evoluzione di sistema, stima di parametri da osservabili sperimentali e riconoscimento di pattern assistito da ML nella dinamica dei fluidi quantistici non lineari. Parallelamente svilupperemo una dimostrazione di principio in cui il fluido di polaritoni esegue calcolo neuromorfico evolvendo in potenziali ingegnerizzati. OR2.2.1: [1-18] Sviluppare metodi di machine learning basati su reti neurali per calcolare soluzioni stazionarie dell'equazione di Gross-Pitaevskii generalizzata (GPE). KPI2.2.1: Accuratezza predittiva: valutare la fedeltà tra la dinamica GPE prevista dal ML e quella simulata numericamente, utilizzando i dati di simulazione completi come benchmark. Deliverable D2.2.1: Rapporto sulle prestazioni dei metodi ML nella simulazione delle soluzioni della GPE. OR2.2.2: [19-36] Estendere i metodi ML per simulare il comportamento di sistemi fisici governati dall'equazione di Gross-Pitaevskii driven-dissipativa. KPI2.2.2: Generalizzazione ai dati sperimentali: dimostrare l'adattamento con successo di modelli ML pre-addestrati a veri dataset sperimentali di polaritoni, mantenendo accuratezza predittiva e robustezza (errore inferiore al 10 %). Deliverable D2.2.2: Rapporto sulla capacità dei metodi ML di modellizzare e generalizzare la dinamica GPE a partire da dati sperimentali.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Nonlinear optical networks for optical computing

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A2.3

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Advanced Quantum Photonics and Machine Learning Integration

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

I fotoni sono tra i candidati più promettenti per il calcolo quantistico e neuromorfico grazie alla loro intrinseca robustezza alla decoerenza e alla relativa facilità con cui si generano stati quantistici ^{1,2}. Tuttavia, le limitazioni delle non-linearità fotoniche nei mezzi standard ostacolano lo sviluppo di dispositivi computazionali complessi. L'introduzione degli ecciton-polaritoni — stati ibridi luce-materia — ha aperto una nuova frontiera nelle reti ottiche non lineari ³: questi quasi-particelle presentano forti interazioni χ^3 , superiori di almeno tre ordini di grandezza rispetto ai cristalli fotonici convenzionali ^{4,5}. Tale proprietà ha abilitato fenomeni come la superfluidità e il four-wave mixing efficiente, portando alla proposta di transistor ottici, laser a soglia ultra-bassa e switch ottici ⁶. Studi recenti mostrano che i polaritoni possono operare nel regime quantistico, evidenziando entanglement e coerenza quantistica, e aprendo la strada a processori neuromorfici e quantistici pienamente ottici, integrati on-chip ⁷⁻¹⁰. Parallelamente, i progressi nelle reti neurali artificiali forniscono strumenti potenti per il riconoscimento di pattern complessi e l'elaborazione dati, ma le architetture software tradizionali soffrono del collo di bottiglia von Neumann dovuto alla separazione tra memoria e calcolo. Implementazioni hardware neuromorfiche, specialmente ottiche ¹¹, promettono calcolo analogico ultrarapido con consumi energetici minimi. Questa attività introduce innovazioni tecnologiche e metodologiche sostanziali tramite la realizzazione di reti neuromorfiche integrate basate su polaritoni, caratterizzate da: - Forti interazioni non lineari intra-/inter-nodo che consentono operazioni analogiche a energie ridotte e velocità elevate. - Eliminazione del collo di bottiglia von Neumann grazie a elaborazione parallela e integrazione memoria-calcolo direttamente nei nodi ottici. - Algoritmi ML avanzati (in collaborazione con SoBigData e SLICES) per progettazione e ottimizzazione della topologia di rete. - Operatività in regime classico e quantistico, adatta sia all'IA tradizionale sia a simulazioni/compute quantistici. Elemento cardine è la creazione di una facility avanzata di fotonica e nanofabbricazione per sviluppare materiali innovativi e tecniche essenziali alla realizzazione di dispositivi polaritonici. Metodologie IA ottimizzeranno design e configurazioni sperimentali. Le guide d'onda polaritoniche, grazie all'interazione fotone-ambiente elettrico, possono fungere da efficienti convertitori elettro-ottici via effetto Stark ¹², offrendo phase-shifter più veloci ed efficienti di quelli termici e facilitando l'integrazione con circuiti elettronici esistenti. L'infrastruttura — sintesi di materiali semiconduttori, nanolitografia ad alta risoluzione, caratterizzazioni ottiche/elettroniche e benchmarking sperimentale — stabilirà protocolli replicabili e scalabili. La facility LENS di Lecce diventerà così un polo competitivo a livello nazionale ed europeo, favorendo collaborazioni accademico-industriali e il trasferimento tecnologico. Obiettivi realizzativi: OR2.3.1 [I-M18]: Istituzione di una facility avanzata di fotonica e nanofabbricazione per lo sviluppo, la crescita e il processing di materiali semiconduttori innovativi destinati a piattaforme polaritoniche. KPI2.3.1: Nanofabbricazione di un campione che presenti forte accoppiamento eccitone-fotone a temperatura ambiente e/o criogenica. Deliverable D2.3.1 [M18]: Rapporto di laboratorio sulle caratteristiche dei campioni misurati, con particolare attenzione alla quantificazione della forza di accoppiamento luce-materia. OR2.3.2 [I9-M36]: Realizzazione e validazione sperimentale di reti neuromorfiche integrate, ottimizzate mediante tecniche di AI avanzate, in grado di eseguire operazioni neuromorfiche e computazioni quantistiche superiori allo stato dell'arte. KPI2.3.2: Realizzazione di almeno un dispositivo prototipale comprendente un circuito polaritonico integrato (beam splitter e interferometri) che mostri propagazione della luce in regime di forte accoppiamento luce-materia. Deliverable D2.3.2 [M36]: Rapporto di laboratorio sul benchmarking del circuito polaritonico non lineare implementato e rilascio di un set di parametri funzionali per il design ottimale di reti neuromorfiche polaritoniche integrate. Entrambi gli obiettivi mirano a consolidare LENS Lecce come hub di riferimento per la fotonica avanzata a livello nazionale ed europeo. Bibliografia (1) Arrazola, J. M.; Bergholm, V.; Brädler, K.; Bromley, T. R.; Collins, M. J.; Dhand, I.; Fumagalli, A.; Gerrits, T.; Goussev, A.; Helt, L. G.; Hundal, J.; Isacsson, T.; Israel, R. B.; Izaac, J.; Jahangiri, S.; Janik, R.; Killoran, N.; Kumar, S. P.; Lavoie, J.; Lita, A. E.; Mahler, D. H.; Menotti, M.; Morrison, B.; Nam, S. W.; Neuhaus, L.; Qi, H. Y.; Quesada, N.; Rempington, A.; Sabapathy, K. K.; Schuld, M.; Su, D.; Swinerton, J.; Száva, A.; Tan, K.; Tan, P.; Vaidya, V. D.; Vernon, Z.; Zabaneh, Z.; Zhang, Y. Quantum Circuits with Many Photons on a Programmable Nanophotonic Chip. Nature 2021, 591 (7848), 54–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03202-1>. (2) Harris, N. C.; Carolan, J.; Bunandar, D.; Prabhu, M.; Hochberg, M.; Baehr-Jones, T.; Fanto, M. L.; Smith, A. M.; Tison, C. C.; Alsing, P. M.;

Englund, D. Linear Programmable Nanophotonic Processors. *Optica* 2018, 5 (12), 1623–1631. <https://doi.org/10.1364/OPTICA.5.001623>. (3) Kuriakose, T.; Walker, P. M.; Dowling, T.; Kyriienko, O.; Shelykh, I. A.; St-Jean, P.; Zambon, N. C.; Lemaître, A.; Sagnes, I.; Legratiet, L.; Harouri, A.; Ravets, S.; Skolnick, M. S.; Amo, A.; Bloch, J.; Krizhanovskii, D. N. Few-Photon All-Optical Phase Rotation in a Quantum-Well Micropillar Cavity. *Nat. Photonics* 2022, 16 (8), 566–569. <https://doi.org/10.1038/s41566-022-01019-6>. (4) Walker, P. M.; Whittaker, C. E.; Skryabin, D. V.; Cancellieri, E.; Royall, B.; Sich, M.; Farrer, I.; Ritchie, D. A.; Skolnick, M. S.; Krizhanovskii, D. N. Spatiotemporal Continuum Generation in Polariton Waveguides. *Light Sci. Appl.* 2019, 8 (1), 6. <https://doi.org/10.1038/s41377-019-0120-7>. (5) Walker, P. M.; Tinkler, L.; Skryabin, D. V.; Yulin, A.; Royall, B.; Farrer, I.; Ritchie, D. A.; Skolnick, M. S.; Krizhanovskii, D. N. Ultra-Low-Power Hybrid Light–Matter Solitons. *Nat. Commun.* 2015, 6 (1), 8317. <https://doi.org/10.1038/ncomms9317>. (6) Ciuti, C. and Carusotto I., Quantum fluids of light | *Rev. Mod. Phys.* <https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.85.299> (accessed 2025-01-07). (7) Delteil, A.; Fink, T.; Schade, A.; Höfling, S.; Schneider, C.; İmamoğlu, A. Towards Polariton Blockade of Confined Exciton–Polaritons. *Nat. Mater.* 2019, 18 (3), 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41563-019-0282-y>. (8) Muñoz-Matutano, G.; Wood, A.; Johnsson, M.; Vidal, X.; Baragiola, B. Q.; Reinhard, A.; Lemaître, A.; Bloch, J.; Amo, A.; Nogues, G.; Besga, B.; Richard, M.; Volz, T. Emergence of Quantum Correlations from Interacting Fibre-Cavity Polaritons. *Nat. Mater.* 2019, 18 (3), 213–218. <https://doi.org/10.1038/s41563-019-0281-z>. (9) Suárez-Forero, D. G.; Ardizzone, V.; Covre da Silva, S. F.; Reindl, M.; Fieramosca, A.; Polimeno, L.; Giorgi, M. D.; Dominici, L.; Pfeiffer, L. N.; Gigli, G.; Ballarini, D.; Laussy, F.; Rastelli, A.; Sanvitto, D. Quantum Hydrodynamics of a Single Particle. *Light Sci. Appl.* 2020, 9 (1), 85. <https://doi.org/10.1038/s41377-020-0324-x>. (10) Cuevas, Á.; López Carreño, J. C.; Silva, B.; De Giorgi, M.; Suárez-Forero, D. G.; Sánchez Muñoz, C.; Fieramosca, A.; Cardano, F.; Marrucci, L.; Tasco, V.; Biasiol, G.; Del Valle, E.; Dominici, L.; Ballarini, D.; Gigli, G.; Mataloni, P.; Laussy, F. P.; Sciarrino, F.; Sanvitto, D. First Observation of the Quantized Exciton-Polariton Field and Effect of Interactions on a Single Polariton. *Sci. Adv.* 2018, 4 (4), eaao6814. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao6814>. (11) Ballarini, D.; Gianfrate, A.; Panico, R.; Opala, A.; Ghosh, S.; Dominici, L.; Ardizzone, V.; De Giorgi, M.; Lerario, G.; Gigli, G.; Liew, T. C. H.; Matuszewski, M.; Sanvitto, D. Polaritonic Neuromorphic Computing Outperforms Linear Classifiers. *Nano Lett.* 2020, 20 (5), 3506–3512. <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c00435>. (12) Suarez-Forero et al., Electrically controlled waveguide polariton laser. <https://opg.optica.org/optica/fulltext.cfm?uri=optica-7-11-1579> (accessed 2025-01-10)

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Quantum Simulation and machine learning for coherent light emitting devices

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A2.4

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-INO Ultracold Quantum Gases and Mid-infrared and THz Spectroscopy

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte I simulatori quantistici basati su atomi ultrafreddi costituiscono oggi una delle piattaforme più avanzate per lo studio sperimentale di sistemi quantistici complessi, inaccessibili tramite metodi analitici o simulazioni classiche. Grazie all'elevato grado di controllo sui parametri fondamentali — come l'interazione tra gli atomi, la dimensionalità del sistema, la geometria del potenziale esterno (ad esempio mediante reticoli ottici o potenziali generati con luce strutturata), e l'introduzione di disordine controllato — è possibile realizzare analoghi quantistici di modelli fondamentali della materia condensata, della fisica statistica e della dinamica fuori equilibrio. Questa maturità tecnologica rende i simulatori quantistici con atomi ultrafreddi veri e propri dispositivi quantistici analogici, capaci di esplorare il comportamento collettivo della materia anche in regimi fortemente correlati. Tuttavia, la crescente complessità dei sistemi studiati genera grandi quantità di dati ad alta dimensionalità, la cui analisi richiede approcci sempre più sofisticati. In questo contesto, l'integrazione di tecniche di machine learning (ML), in particolare quelle basate su reti neurali profonde (deep learning), rappresenta una risorsa strategica sia per l'analisi dei dati che per il controllo stesso dell'esperimento. Già ora, reti neurali possono essere utilizzate per identificare strutture complesse nei dati sperimentali, come vortici quantistici, eccitazioni collettive, configurazioni topologiche, correlazioni spaziali o segnali di transizioni di fase. Parallelamente, algoritmi di apprendimento attivo e tecniche di controllo ottimale (optimal control) possono essere integrati direttamente nel ciclo sperimentale, consentendo la preparazione efficiente della funzione d'onda dello stato iniziale, la stabilizzazione del sistema rispetto a fluttuazioni esterne o la massimizzazione della sensibilità rispetto a osservabili selezionati. In questo modo, il simulatore stesso diventa un sistema adattivo e intelligente, capace di apprendere e rispondere in tempo reale al feedback sperimentale. Una delle applicazioni specifiche che intendiamo esplorare riguarda i fenomeni di trasporto quantistico in strutture a semiconduttore note come Quantum ed Interband Cascade Laser (QCL-ICL) sia ad emissione di frequenza singola sia multifrequenza (emissione comb). Tali dispositivi sono fondamentali per la generazione coerente di luce nel medio e lontano infrarosso e trovano impiego in ambiti che spaziano dalla spettroscopia molecolare al sensing ambientale, fino alla fotonica quantistica. Tuttavia, la complessità dei processi di trasporto elettronico che ne governano il funzionamento — in particolare in presenza di disordine, interazioni coulombiane e accoppiamento con fononi o campi esterni — pone importanti sfide teoriche e progettuali. Attraverso simulatori quantistici con atomi ultrafreddi sarà possibile emulare in modo controllato tali processi, sfruttando geometrie progettate ad hoc (ad esempio a guide o multilivello) e interazioni ingegnerizzate per riprodurre le principali caratteristiche dei laser reali. L'integrazione di protocolli ML permetterà poi di esplorare e ottimizzare le condizioni operative, ad esempio massimizzando l'efficienza dell'emissione. In questa prospettiva, il simulatore quantistico non si limita a essere uno strumento per testare modelli, ma diventa parte attiva nel processo di progettazione e ottimizzazione di dispositivi quantistici reali. In particolare, proporremo un simulatore quantistico "real-world" ottimizzato con protocolli di ML, che includa: • disordine realistico, ispirato a imperfezioni e fluttuazioni nei materiali reali; • interazioni controllabili; • potenziali ottici complessi, ispirati alle strutture dei QCL; • controllo dei fenomeni di dissipazione, fondamentali per simulare le caratteristiche non conservative dei dispositivi reali. Questa strategia permetterà non solo di approfondire la comprensione microscopica dei laser in regimi di non equilibrio e forte correlazione, ma anche di sviluppare nuove metodologie per il design assistito di dispositivi quantistici ottici, verso l'obiettivo di generare luce laser non-classica in modo efficiente e controllato. Si tratta, in definitiva, di un passo concreto verso una Quantum Engineering assisted by Quantum Simulation, in cui i simulatori diventano piattaforme abilitanti per l'innovazione tecnologica quantistica. Innovazione Questa attività mira quindi a realizzare un nuovo paradigma nel contesto nazionale: sfruttare appieno la sinergia tra simulatori quantistici e tecniche di intelligenza artificiale per realizzare una piattaforma sperimentale capace non solo di riprodurre modelli teorici complessi, ma anche di esplorarli in modo automatizzato, adattivo e strategicamente mirato. Questo approccio rappresenta un'evoluzione verso un nuovo paradigma di simulazione quantistica, in cui l'hardware quantistico e l'intelligenza artificiale co-evolvono come un unico sistema funzionale. In questo nuovo paradigma, la capacità del simulatore di apprendere e ottimizzare il proprio comportamento lo rende uno strumento ancora più potente per investigare fenomeni di trasporto di elettroni in eterostrutture a stato solido ed in particolare in laser a Cascata Quantica. Il simulatore genererà dataset su larga scala (tra 10^4 e 10^5 per esperimento), che verranno impiegati per l'addestramento di reti neurali, con l'obiettivo di identificare configurazioni e processi ottimali, predire proprietà di trasporto, sviluppare nuove strategie numeriche che guidino il design di materiali innovativi. L'attività si compone di due Obiettivi Realizzativi (OR). [M1–M18] OR1: Protocolli di ML e loro applicazione al simulatore quantistico in funzione presso il laboratorio CNR-INO del LENS e test di Laser a cascata quantica (QCL ed ICL) con emissione in singola frequenza e comb per la definizione dei parametri iniziali per il Simulatore Quantistico - Definizione di protocolli di ML ed optimal control per l'ottimizzazione del funzionamento del simulatore quantistico. - Automatizzazione del funzionamento del simulatore quantistico anche da remoto. - Realizzazione setup di laboratorio, sia per la parte ottica e del sistema di rivelazione che per l'elettronica di controllo, per la

misura del segnale e del rumore dei laser. KPI#1: Rilascio di un simulatore quantistico automatizzato: produzione del campione atomico ultrafreddo con aumentate performance e rilascio di un report di laboratorio sulle caratteristiche reali dei laser studiati e delle metodologie utilizzate Deliverable OR1: prototipo del simulatore quantistico automatizzato, misure sperimentali sui laser oggetto di studio e report sull'attività e raggiungimento KPI [M19-M36] OR2: Ottimizzazione dei processi di trasporto quantistico con parametri realistici delle eterostrutture e verifica sperimentale delle caratteristiche ottenute tramite Simulazione Quantistica, su laser che verranno sviluppati su richiesta, da facilities esterne - Strutture ottiche bidimensionali anche disordinate che riproducano le eterostrutture QCL - Studio dei fenomeni di trasporto e loro confronto con la dinamica degli elettroni nei QCL KPI#2: Rilascio di parametri funzionali per il disegno di nuove eterostrutture e rilascio di un report con le misure sui laser modificati per la verifica della congruenza con le Simulazioni Quantistiche. Deliverable OR2: Studio della dinamica di fermioni in eterostrutture che riproducono strutture QCL, misure su laser modificati secondo i risultati delle Simulazioni Quantistiche, e report sull'attività e raggiungimento KPI

Impatto Questa attività contribuirà in modo significativo al rafforzamento della capacità nazionale di ricerca e innovazione nel campo delle tecnologie quantistiche, promuovendo la creazione di un ecosistema integrato in cui simulazione quantistica, controllo intelligente e intelligenza artificiale quantistica (Quantum AI) agiscono in sinergia. Tale approccio fornirà un vantaggio competitivo strategico per il sistema italiano nel contesto della simulazione quantistica di devices reali. Collegamenti con nodo LENS Lecce Le attività sono sinergiche con quanto verrà sviluppato in particolare nel nuovo nodo LENS di Lecce nel contesto della quantum simulation ottimizzata con protocolli di ML. Formazione/aggiornamento professionale per le aziende A lungo termine, l'obiettivo è di disporre di una piattaforma sperimentale compatta, flessibile e ad alte prestazioni, in grado di facilitare un trasferimento efficace delle conoscenze dalla ricerca di base alla tecnologia applicata. Il simulatore quantistico di nuova generazione che intendiamo sviluppare sarà progettato per essere open-access e facilmente integrabile anche in contesti industriali, dove potrà contribuire ad accelerare la progettazione e l'ottimizzazione di nuovi materiali e dispositivi anche basati su eterostrutture.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Distributed Quantum Computing Supporting Quantum AI

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A2.5

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte Il calcolo quantistico distribuito è un paradigma emergente che sfrutta le risorse computazionali offerte da più nodi quantistici interconnessi tramite una rete quantistica. In tale contesto, l'infrastruttura quantistica assume una connotazione nuova rispetto alle tradizionali architetture centralizzate, in quanto consente l'esecuzione cooperativa di algoritmi quantistici tra nodi remoti. Questo approccio è particolarmente promettente per applicazioni di Quantum Artificial Intelligence (QAI), dove è necessario un accesso distribuito a risorse computazionali e memorie quantistiche, sia per motivi di

scalabilità sia per motivi di sicurezza e resilienza. Le reti quantistiche, basate su tecnologie di distribuzione di entanglement e scambio di qubit, sono in fase di sperimentazione in diversi progetti internazionali, tra cui il Quantum Internet Alliance (QIA) in Europa, il programma Quantum Network della DARPA negli Stati Uniti, e le reti pilota in Cina e Giappone. Tuttavia, queste reti si basano ancora in larga parte su componenti sperimentali, con elevati livelli di rumore, scarsa disponibilità di risorse condivise e assenza di servizi di orchestrazione automatica. Parallelamente, l'integrazione tra tecniche di AI classica e algoritmi quantistici è un campo di ricerca in rapida espansione. Gli algoritmi quantum machine learning (QML) promettono miglioramenti in termini di capacità di generalizzazione, dimensioni del feature space e ottimizzazione di funzioni costo. In particolare, i metodi variazionali (VQA, QAOA) e ibridi (quantum-classical loop) sono tra i più studiati, ma pongono sfide significative in termini di disponibilità e sincronizzazione delle risorse quantistiche. Al momento, mancano soluzioni operative che integrino reti quantistiche ottimizzate con servizi per l'orchestrazione e l'esecuzione distribuita di carichi QAI. Inoltre, le architetture attuali non consentono una composizione dinamica e sicura di servizi computazionali tra più domini tecnologici e organizzativi.

Innovazione L'attività mira a progettare e realizzare un'infrastruttura distribuita che abiliti servizi avanzati per Quantum AI tramite l'uso congiunto di calcolo quantistico distribuito e reti quantistiche ottimizzate. L'innovazione principale risiede nell'offerta di nuovi servizi di ricerca e sperimentazione nella IR in grado di:

- Orchestrare dinamicamente risorse quantistiche e classiche su più nodi remoti, attraverso protocolli quantistici di comunicazione (entanglement swapping, teleporto, routing adattivo);
- Ottimizzare la topologia e il funzionamento delle reti quantistiche, in funzione del tipo di carico computazionale (QML supervisionato, ottimizzazione combinatoria, simulazioni quantistiche);
- Supportare workflow QAI ibridi (quantum-classical) tramite la federazione sicura di risorse eterogenee (cloud quantistici, edge node, simulatori, dispositivi NISQ reali e simulati);
- Monitorare e misurare le prestazioni dei servizi offerti al fine di favorire la loro adozione in contesti industriali (es. pharma, cybersecurity, finanza, telecomunicazioni).

L'adozione di questi servizi a fini di sperimentazione scientifica e tecnologica e per la realizzazione di dimostratori contribuirà ad aumentare la maturità tecnologica del settore e stimolare l'interazione tra ricerca pubblica e impresa. L'attività si compone di due Obiettivi Realizzativi (OR).

OR2.5.1: Progettazione e prototipazione di servizi per il calcolo quantistico distribuito [M1-M18]

- Definizione di un'architettura di riferimento per l'orchestrazione di nodi quantistici remoti.
- Progettazione di protocolli per l'integrazione sicura tra nodi quantistici e infrastrutture classiche di supporto.
- Sviluppo di interfacce middleware per la programmazione di applicazioni QAI distribuite.
- Modellazione di carichi computazionali QAI in funzione della topologia di rete.
- Progettazione di algoritmi di instradamento quantistico adattivo (quantum routing) e scheduling.

KPI2.5.1: Rilascio di un prototipo operativo di orchestratore quantistico distribuito, testato su almeno 3 nodi (realistici o simulati), con supporto per un set minimo di 2 algoritmi QAI (es. VQE, QAOA).

Deliverable D2.5.1: prototipo operativo di orchestratore quantistico distribuito, e report sull'attività e raggiungimento KPI

OR2.5.2: Ottimizzazione di reti quantistiche per l'esecuzione distribuita di QAI e integrazione nella IR [M19-M36]

- Analisi e valutazione delle prestazioni degli algoritmi di instradamento quantistico adattivo (quantum routing) e scheduling definiti in OR1.
- Studio e implementazione di metriche di prestazioni per il collegamento quantistico (entanglement fidelity, throughput, latenze).
- Federazione dei servizi sviluppati con nodi della IR, con rilascio di API e portali web per l'accesso controllato ai servizi da parte di utenti accreditati.
- Validazione sperimentale su casi d'uso QAI in collaborazione con enti di ricerca e aziende partner.

KPI2.5.2: Rilascio di un sistema di simulazione e ottimizzazione di reti quantistiche, capace di migliorare almeno del 20% la fedeltà media dell'entanglement nei flussi di carico distribuiti rispetto a configurazioni statiche.

KPI2.5.3: Disponibilità pubblica dei servizi tramite l'IR, con almeno 10 utenti (istituzioni di ricerca o imprese) attivi che abbiano eseguito almeno un esperimento completo di QAI distribuito.

Deliverable D2.5.2: rilascio sistema di simulazione, e report sull'attività e raggiungimento KPI

Impatto L'attività rafforzerà la capacità nazionale di ricerca e innovazione nel settore delle tecnologie quantistiche, promuovendo la creazione di un ecosistema integrato per Quantum AI. Offrirà strumenti concreti a ricercatori e imprese per esplorare nuovi modelli computazionali distribuiti e testare in ambienti realistici protocolli e algoritmi di nuova generazione. Il supporto a workflow complessi attraverso reti quantistiche ottimizzate rappresenterà un vantaggio competitivo per l'Italia nella corsa globale allo sviluppo della Quantum Internet e dell'intelligenza artificiale quantistica. Collegamenti con nodi LENS Napoli Lecce Messina Le attività del task sono sinergiche con quanto verrà sviluppato in particolare nel nuovo nodo LENS di Napoli in tema di servizi di quantum computing simulation. In particolare, il set di simulatori e dimostratori sviluppato in questo task permetteranno di complementare i servizi resi disponibili in loco presso il LENS di Napoli, permettendo sia il test pre-rilascio dei servizi in ambienti simulativi controllati, che la fornitura di servizi simulativi di quantum computing distribuito, validati su dimostratori a scala limitata, per le aziende che faranno riferimento al nuovo nodo LENS. Formazione/aggiornamento professionale per le aziende Le aziende potranno usufruire dei servizi della IR sviluppati nell'attività per consolidare le proprie competenze nell'ambito del Quantum AI in piattaforme distribuite e ibride tramite un piano di formazione e modalità che verranno definite nel WP dedicato. In particolare, i servizi di simulazione di quantum

computing distribuito potranno essere utilizzati per sviluppare esercizi e proof-of-concept anche durante percorsi formativi dedicati sviluppati nell'apposito WP del progetto.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Quantum Algorithms for the realization of associative memories and AI networks

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A2.6

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Quantum Fluids of Light

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Il benchmark di riferimento per la realizzazione di memorie associative in IA è la rete neurale di Hopfield. Il modello di Hopfield è sostanzialmente una catena (o un insieme di catene) di spin di Ising (variabili dicotomiche) che interagiscono localmente o a lungo raggio. Con accoppiamenti casuali secondo una data distribuzione di probabilità, il modello realizza una particolare forma di spin glass. La dinamica di recupero della memoria e di riconoscimento dei pattern è molto complessa ed è NP-hard da simulare in modo classico con algoritmi di Metropolis e metodi Monte Carlo; la complessità cresce addirittura in modo doppiamente esponenziale con la dimensione del sistema, diventando un serio limite per i protocolli di simulazione numerica tradizionali. In questa attività svilupperemo schemi di simulazione fotonica per la realizzazione interamente ottica di memorie associative e reti neurali, sia classiche sia quantistiche. Ci concentreremo su architetture fotoniche quantistiche per il recupero di memoria e il riconoscimento di pattern, studiandone la caratterizzazione, l'ottimizzazione delle prestazioni assistita da IA e il confronto con sistemi classici in termini di velocità di simulazione, capacità di memoria ed efficienza energetica. In particolare, analizzeremo un'architettura fotonica in cui N fotoni, preparati in sovrapposizione su M modi ottici, attraversano: - una rete di phase shifter (M fasi variabili), - un circuito di trasformata di Fourier quantistica, - un interferometro lineare che implementa una matrice di scattering generale. L'uscita ottica realizza una statistica che mappa la dinamica su quella di un modello di Hopfield con M neuroni interagenti e $2N$ spin accoppiati. A seconda dello stato ottico in ingresso (con o senza correlazioni quantistiche non-locali) verificheremo in quali condizioni l'architettura opera come rete neurale classica o quantistica. L'hardware fotonico così concepito sarà tradotto in schemi di memorie interferometriche per il riconoscimento con potenziale di: A) ottenere un vantaggio quantistico nel recupero di memoria (classico e spin-glass quantistico) rispetto ai metodi Monte Carlo, puntando a un vantaggio esponenziale (con N qubit realizzare $M = 2N$ neuroni); B) ridurre il consumo energetico rispetto alle soluzioni attuali; C) fungere da piattaforma per future architetture quantistiche di memorie associative e deep learning. Parallelamente valuteremo diversi stati ottici d'ingresso (Fock, Dicke, ecc.) caratterizzati da risorse quali coerenza, entanglement, steering e "magic" non-stabilizer, per identificare quelle necessarie a massimizzare il vantaggio quantistico. Obiettivi realizzativi (OR) OR2.6.1 – entro il mese 18: simulazione distribuita, interamente ottica, su piccola scala del modello di memoria di Hopfield. KPI 2.6.1: realizzazione e controllo di una rete di Hopfield completamente connessa con $M = 20$ modi ottici (neuroni) e termini d'interazione a 2 o 4 corpi. Deliverable D2.6.1 – entro il mese 18: simulazione on-chip di una memoria associativa di

Hopfield completamente connessa. OR2.6.1 – entro il mese 36: confronto completo delle prestazioni dei simulatori ottici on-chip con diversi stati di ingresso (Fock, Dicke, ecc.) aventi differenti gradi di coerenza, entanglement e non-stabilizerness. KPI 2.6.2: studio della soglia di vantaggio quantistico (polinomiale o esponenziale) fino a $N = 50$ qubit. Deliverable D2.6.2 – entro il mese 36: protocollo quantistico ottimizzato per l'implementazione di memorie associative e reti neurali.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Sistemi ibridi per comunicazione ottica wireless, energy harvesting e sensing

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.01-HybriCom

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-INO OWC & VLC Communications; Mid-IR & THz; Photonic Materials for (Bio)Sensing

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'Arte Le comunicazioni ottiche wireless (OWC) stanno rapidamente affermandosi come una tecnologia abilitante per le reti beyond 5G, grazie alla loro capacità di offrire larghezze di banda estremamente elevate, bassa latenza, immunità alle interferenze elettromagnetiche e un'elevata sicurezza del canale. In un contesto tecnologico sempre più dominato dall'Intelligenza Artificiale (AI) e dall'Internet of Things (IoT), le OWC – e in particolare il Visible Light Communication (VLC) – rappresentano una soluzione strategica per supportare la crescente densità di dispositivi connessi e la necessità di trasmissioni dati ad alta velocità, soprattutto in ambienti indoor, urbani e industriali. Le OWC utilizzano la luce, visibile o infrarossa, per trasmettere informazioni, rendendole ideali in scenari dove le tecnologie radio tradizionali risultano congestionate o inefficaci. Questa caratteristica, unita alla direzionalità e alla sicurezza fisica del canale ottico, le rende particolarmente adatte per applicazioni critiche come veicoli autonomi, robotica collaborativa, edge computing, smart manufacturing e infrastrutture urbane intelligenti. Inoltre, la sensoristica ottica avanzata consente una raccolta dati più precisa, tempestiva e contestuale, elemento chiave per l'ottimizzazione dei processi decisionali in tempo reale basati su AI distribuita. Innovazione Un aspetto cruciale per la sostenibilità e l'efficienza dei futuri sistemi IoT basati su tecnologie ottiche è rappresentato dallo sviluppo di ricevitori VLC ibridi, capaci non solo di decodificare segnali ottici ma anche di convertire la luce ambientale o artificiale in energia elettrica (energy harvesting). Questi dispositivi multifunzionali permetterebbero, ad esempio, la realizzazione di nodi IoT autonomi, sia wearable che infrastrutturali, riducendo la dipendenza da batterie e contribuendo alla transizione energetica. L'integrazione di comunicazione e alimentazione in un unico modulo compatto favorisce la diffusione di infrastrutture intelligenti, scalabili e a basso impatto ambientale, in linea con gli obiettivi di sostenibilità e digitalizzazione delle smart city e dell'industria 5.0. L'evoluzione verso il 6G prevede inoltre un utilizzo sempre più esteso dello spettro ottico, non limitato al solo spettro visibile. In questo scenario, stanno emergendo nuove opportunità grazie allo sviluppo di tecnologie nel medio infrarosso (Mid-IR) e nel terahertz (THz), rese possibili dalla diffusione di sorgenti laser a cascata quantica (QCL). Queste bande, ancora poco sfruttate, offrono potenzialità uniche in termini di capacità trasmissiva e penetrazione selettiva, aprendo la strada a nuove applicazioni in ambienti complessi o ostili. Inoltre, l'integrazione di tecniche legate alle OWC

con quelle spettroscopiche, abilitate dalla diffusione di QCL e dei rivelatori a temperatura ambiente sia nel range Mid-IR che THz aprono scenari innovativi anche per questo campo in rapida evoluzione, combinando sensing e comunicazione ottica. Obiettivi Realizzativi, Deliverable e KPI L'attività 3.1 si articola in due Obiettivi Realizzativi (OR1, OR2), che sfruttano sia l'expertise complementare dei componenti dell'UO che l'interazione con UO che svolgono attività appartenenti sia al presente WP, sia in altri WP. - OR1: Sviluppo di ricevitori ibridi per energy harvesting e comunicazioni VLC basati su antenne ottiche fluorescenti. [M1-M30] Sfruttando l'expertise presente nel gruppo di ricerca sulle OWC/VLC e le infrastrutture di caratterizzazione messe a disposizione da LENS e I-PHOQS si intende in questo OR studiare, progettare e sviluppare nuove antenne ottiche fluorescenti, basate anche su materiali processabili e fotostrutturabili tramite tecniche additive di stampa 3D laser stereografica (SLA), da utilizzare come front-end ottico in una nuova generazione di antenne ottiche (OA) ibride. Questi nuovi sistemi garantiranno grande guadagno ottico (OG), campo di vista (FOV), ampia banda di comunicazione anche in presenza di forte irraggiamento solare, superando i limiti dei ricevitori ordinari basati esclusivamente su fotodiodi, e in sinergia con l'attività 6.1 se ne valuterà la possibilità di utilizzo in ambienti rilevanti come quello industriale, oppure in applicazioni outdoor (attività 7.2). Su tale tematica si sfrutterà una infrastruttura di additive manufacturing presso il LENS di Sesto Fiorentino, infrastruttura partecipante alla rete PNRR I-PHOQS, e anche una proficua collaborazione in essere con una azienda italiana leader nel settore del building integrated photovoltaics – BIPV (Glass to Power spa), interessata allo sviluppo di sistemi fotovoltaici con capacità di comunicazione ottica simultanea. Si amplieranno le potenzialità offerte originariamente dai concentratori solari luminescenti (LSC) caricati con fluorofori di sintesi organica o a Quantum Dot mediante un approccio innovativo basato sulla stampa 3D di sostrati planari e non, funzionalizzati per la conversione di luce. Grazie ad un'altra facility dedicata messa a punto presso il LENS di Sesto Fiorentino, infrastruttura partecipante alla rete PNRR I-PHOQS, le antenne fluorescenti, inizialmente progettate nel range del visibile, saranno estensivamente testate anche in configurazione ibrida, sia in termini di efficienza di conversione energetica di radiazione solare, che di risposta temporale agli stimoli luminosi utilizzati come portante ottica nei segnali OWC, mediante l'esecuzione di test di comunicazione BER in configurazione realistica effettuando un irraggiamento solare simulato contestuale sino a valori di oltre 1 SUN. A questo scopo si prevede anche di espandere le capacità di tale infrastruttura, che ha già ricevuto manifestazione di interesse da parte di svariate aziende italiane, mediante l'upgrade della strumentazione in essa compresa e con l'acquisizione di strumentazione hi-end per la caratterizzazione dei canali ottici. I sistemi così studiati saranno oggetto di analisi di applicabilità in sistemi disaggregati di rete post-5G AI-enhanced oppure in reti ibride classico-quantistiche, distribuite e non, attraverso una sinergia con le attività 3.4 e 3.7. Altro elemento fortemente innovativo sarà lo studio della possibilità di utilizzare fibre fluorescenti come ricevitore ottico ibrido per VLC e sistema di sensing (attività 4.3), e la possibilità di impiegare fluorofori di tipo biologico come convertitori di luce (oltre l'approccio convenzionale basato sulla sintesi chimica di fluorofori con determinate caratteristiche di assorbimento ed emissione fluorescente). Di fatto, l'utilizzo di fluorofori biologici offre la possibilità di aprire nuove strade verso sistemi sostenibili e a basso impatto ambientale, fortemente in linea con le linee guida europee sulla green chemistry. KP#1: Realizzazione e test di un sistema ibrido per VLC e energy harvesting basato su antenne ottiche fluorescenti D1: report descrittivo della realizzazione e dei test svolti su un di un sistema ibrido per VLC e energy harvesting basato su antenne ottiche fluorescenti - OR2: Sviluppo di sistemi di comunicazione OWC free-space nel medio e lontano infrarosso [M6-M36]. Questo OR avrà come scopo lo sviluppo di dispositivi e tecniche per l'estensione dello spettro ottico disponibile per comunicazioni wireless al medio e lontano infrarosso. Per questa attività verranno utilizzate tecnologie fotoniche state-of-the-art, in particolare Laser a Cascata Quantica (QCLs) con emissione mid-infrared e THz, e rivelatori veloci, già impiegati in applicazione di sensoristica avanzata e spettroscopia di precisione. L'attività include lo studio delle caratteristiche di rumore di queste sorgenti e lo sviluppo di elettronica di controllo capace di produrre modulazioni ad alta frequenza. Per lo studio della propagazione free-space da QCL verrà utilizzato anche il prototipo LIDAR disponibile presso il laboratorio di ricerca su mid-infrared e THz, col quale potremo caratterizzare il range di trasmissione e ricezione dei segnali anche in differenti condizioni di visibilità e condizioni atmosferiche. KP#2 Realizzazione e test di un sistema di comunicazione OWC free-space basato su laser a cascata quantica D2: report descrittivo dello sviluppo e caratterizzazione del sistema di comunicazione OWC free-space basato su laser a cascata quantica Impatto atteso L'adozione su larga scala delle tecnologie sviluppate nell'attività 3.1 può avere un impatto trasformativo sulla società, e specificamente in ambiti come la robotica collaborativa, la produzione intelligente, la logistica automatizzata e la manutenzione predittiva, contribuendo a una maggiore automazione e competitività delle imprese che le adotteranno. In ambito urbano, queste tecnologie favoriscono lo sviluppo di smart city più connesse, sicure ed efficienti, grazie a infrastrutture di comunicazione integrate con l'illuminazione pubblica e la sensoristica ambientale. Il carattere fortemente innovativo della ricerca, in particolare sui dispositivi ibridi menzionati e sulle lunghezze d'onda non convenzionali, abiliterà la realizzazione di nodi IoT autonomi, riducendo la dipendenza da batterie e minimizzando l'impatto ambientale

legato alla produzione e allo smaltimento di componenti elettronici. In questo modo, si promuove una transizione energetica concreta, abilitando reti pervasive e sostenibili, fondamentali per il monitoraggio ambientale, la gestione intelligente delle risorse e la resilienza delle infrastrutture. Collegamento con altre sedi LENS Sud Le attività proposte avranno un significativo impatto sullo sviluppo scientifico e tecnologico dei nuovi nodi LENS nelle regioni del Sud Italia. In particolare, in un approccio trasversale e fortemente innovativo, nell'ambito dell'ORI, si prevede anche lo studio della possibilità di combinare le tecnologie di sensoristica in fibra e quelle che utilizzano fibre fluorescenti come ricevitore omnidirezionale in applicazioni VLC, per la realizzazione di sistemi di sensoristica pervasiva direttamente connessi attraverso la portante ottica. A tale scopo si instaurerà una stretta collaborazione con la nuova unità operativa LENS-CNR-INO-NA-LRI, e in particolare con l'attività 4.3 sia per lo sviluppo dei nuovi sistemi ibridi in fibra, che per l'estensione delle tecnologie di caratterizzazione delle antenne ottiche planari, presenti nelle infrastrutture a disposizione presso LENS-CNR-INO-FI-LR2 e ulteriormente sviluppata nell'ambito del progetto, verso la nuova unità operativa, declinando le tecnologie di caratterizzazione delle antenne ottiche ibride planari verso i sistemi di ricezione in fibra. Formazione, aggiornamento professionale e servizi per le imprese Le complementarità dell'expertise del gruppo di ricerca, in associazione alla disponibilità estesa di infrastrutture esistenti e profondamente migliorate in termini di prestazioni e fruibilità grazie al progetto ALPHOQUS garantiranno la possibilità di fornire servizi altamente qualificati per le aziende interessate, come - test completi, sia dal punto di vista di efficienza di conversione che di performance di comunicazione, di nuovi dispositivi di ricezione ibridi per energy harvesting e OWC simultanee - sviluppo e test di nuovi sistemi ibridi per sensing ottico e comunicazione OWC anche in lunghezze d'onda non convenzionali mid-IR e THz - servizio di stampa mediante additive manufacturing di materiali funzionalizzati anche con componenti biologici, e loro caratterizzazione ottica. - formazione sull'utilizzo delle facilities messe a disposizione e sulle tematiche chiave inerenti le comunicazioni OWC in 5G e post-5G.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Servizi avanzati di Quantum Internet e QKD su scala geografica

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.02

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto di Informatica e Telematica - Sede principale Pisa

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte La Quantum Key Distribution (QKD) è una tecnologia di sicurezza quantistica ormai giunta a un livello di maturità che ne consente la sperimentazione e il primo impiego operativo in reti su scala urbana e interurbana. Basata su principi fisici come l'indeterminazione quantistica e il teorema di no-cloning, la QKD consente lo scambio di chiavi crittografiche simmetriche con garanzie di sicurezza incondizionate, cioè che prescindono dalla capacità di calcolo (anche quantistico) a disposizione di un eventuale avversario. Negli ultimi anni si è assistito a un'accelerazione significativa nello sviluppo di reti QKD, grazie a progetti nazionali e internazionali come OpenQKD (UE), EuroQCI (EU flagship), Tokyo QKD Network, SECOQC, e la dorsale cinese Beijing-Shanghai. In Italia, all'interno del progetto PNRR RESTART, gli istituti IIT e INO

del CNR hanno realizzato un primo collegamento operativo in fibra ottica fra le rispettive sedi di Pisa e Firenze, tramite una stazione intermedia a Montecatini Terme (FI), basato su tecnologie di QKD commerciale e apparati ottici riconfigurabili. Questo testbed rappresenta un'infrastruttura essenziale per lo sviluppo di servizi di comunicazione sicura e per lo studio di protocolli quantistici in reti ibride. Tuttavia, per passare da esperimenti punto-punto a vere reti quantistiche su scala geografica, è necessario affrontare problemi ancora aperti: topologie di rete più complesse (anelli, maglie), gestione della chiave su larga scala, integrazione con reti classiche e protocolli di rete tradizionali, interoperabilità tra apparati eterogenei, orchestrazione di risorse QKD come servizio condiviso (QKDaaS). In particolare, è ancora poco esplorata l'integrazione della QKD in reti di ricerca distribuite con supporto multi-dominio, in grado di fornire servizi avanzati per la comunità scientifica e per imprese ad alta intensità di dati e sicurezza. Innovazione L'attività proposta mira a trasformare il collegamento QKD esistente FI-PI in un laboratorio di riferimento per la progettazione, lo sviluppo e la sperimentazione di servizi QKD avanzati, da impiegare come modello per la realizzazione di un testbed scalabile e interconnesso in Sicilia, strutturato come un anello ottico che collega Palermo, Catania e Messina. Questo anello fungerà da banco di prova per l'integrazione di tecnologie QKD in reti geografiche complesse, con obiettivi sia scientifici sia industriali. L'innovazione risiede principalmente nella creazione di nuovi servizi per la ricerca e l'impresa: - QKD-as-a-Service per reti di ricerca: fornitura on demand di chiavi crittografiche a utenti istituzionali (università, laboratori, enti pubblici), integrata in flussi di lavoro scientifici distribuiti. - Gestione automatica del ciclo di vita della chiave (Key Lifecycle Management) in ambienti con topologie ad anello e nodi multipli, basata su policy flessibili (es. durata chiave, priorità, localizzazione). - Interoperabilità tra dispositivi QKD commerciali e apparati di rete tradizionali, anche in presenza di vincoli infrastrutturali reali (fibra condivisa, multiplexing DWDM, cross-domain routing). - Servizi per la simulazione, test e validazione di protocolli quantistici su rete, accessibili a ricercatori e aziende in modalità federata tramite l'infrastruttura nazionale per la ricerca. L'anello QKD Sicilia rappresenterà il primo esempio italiano di testbed su scala geografica multi-hop e multi-sito, con il potenziale di connettersi ad altri nodi della rete nazionale di ricerca e di costituire un riferimento per futuri sviluppi del segmento italiano della Quantum Backbone dell'iniziativa EuroQCI. L'attività comprende due Obiettivi Realizzativi (OR): OR1: Sviluppo e sperimentazione di servizi QKD nel collegamento FI-PI [M1-M18] L'obiettivo è sfruttare e potenziare il collegamento QKD già esistente per progettare e validare nuovi servizi operativi, da impiegare come base tecnologica per l'infrastruttura QKD Sicilia. - Estensione dell'attuale testbed con sistemi di gestione del ciclo di vita della chiave, integrazione con router e switch, e interfacce RESTful per l'accesso controllato da parte di utenti remoti. - Progettazione e implementazione di un sistema di orchestrazione QKD, che consenta la selezione dinamica del canale, l'autenticazione degli utenti e la gestione delle policy di sicurezza. - Sviluppo di servizi software di emulazione QKD per il test di protocolli quantistici in ambienti simulati ma realistici, a supporto di casi d'uso industriali. KPI#1: Rilascio di almeno 3 servizi QKD sperimentali interoperabili (es. chiave on-demand, chiave distribuita multiutente, simulazione QKD), integrati nel collegamento FI-PI. Deliverable OR1: disponibilità dei 3 servizi QKD sperimentali interoperabili integrati nel collegamento FI-PI e report delle attività svolte OR2: Integrazione dei servizi QKD avanzati nel testbed Sicilia e studio di protocolli per reti quantistiche evolute [M19-M36] L'obiettivo di questa fase è duplice. Da un lato, mira a estendere l'impatto dei servizi software sviluppati e validati nel testbed Firenze-Pisa (FI-PI) attraverso la loro integrazione e adattamento all'infrastruttura QKD Sicilia. Dall'altro, intende avviare un'attività di ricerca sui protocolli di rete e sugli algoritmi di instradamento e gestione della chiave che saranno necessari nella transizione verso architetture di reti quantistiche con ripetitori quantistici. - Adattamento dei servizi QKD sviluppati nel testbed FI-PI (es. orchestrazione della chiave, API di accesso remoto, gestione delle policy) all'infrastruttura QKD Sicilia, in collaborazione con i partner locali. - Federazione logica tra i due testbed (FI-PI e Sicilia), con sincronizzazione delle metriche, standardizzazione delle interfacce software e condivisione di scenari di test comuni. - Studio e prototipazione preliminare di protocolli per la distribuzione multi-hop di chiavi quantistiche, con e senza trusted node, valutando l'impatto su prestazioni e sicurezza. - Definizione di algoritmi per la gestione dinamica delle risorse in reti con ripetitori quantistici, compreso il supporto a scenari di routing quantistico, gestione dell'entanglement distribuito e ottimizzazione dell'uso della rete. KPI#2: Integrazione di almeno 2 servizi QKD validati nel testbed FI-PI nell'infrastruttura QKD Sicilia, con interoperabilità verificata su almeno 2 esperimenti congiunti. KPI#3: Rilascio di una proof-of-concept software (o simulazione validata) di almeno 2 protocolli per reti quantistiche con ripetitori, con documentazione tecnica pubblica e risultati sperimentali su reti emulate o simulate. Deliverable OR2: disponibilità dei 2 servizi QKD validati nel testbed FI-PI nell'infrastruttura QKD in Sicilia e report delle attività svolte Impatto atteso L'attività rafforzerà la capacità nazionale di sperimentazione su tecnologie avanzate di Quantum Internet, fornendo un'infrastruttura operativa per la co-progettazione di servizi sicuri in ambito scientifico, pubblico e industriale. Il testbed Sicilia estenderà la portata geografica delle sperimentazioni QKD e fungerà da polo meridionale per future connessioni nazionali ed europee. L'adozione di una logica federata e l'interoperabilità tra nodi permetteranno alla

comunità scientifica e tecnologica italiana di accedere a servizi QKD di nuova generazione, accelerando la maturazione tecnologica, lo sviluppo di standard aperti e la competitività delle imprese italiane nel mercato emergente della sicurezza quantistica. Collegamenti con nodi LENS Napoli Lecce Messina In fase di progettazione, il testbed QKD Sicilia sarà integrato con i nodi della rete quantistica nazionale, con particolare attenzione alle sinergie tecniche e operative con laboratori e infrastrutture presenti a Napoli, Lecce, e Messina. In particolare, le attività del task saranno da un lato sinergiche a quelle sviluppate presso il LENS di Napoli, relativamente a nuove tecnologie di quantum communications. Il testbed disponibile tra le sedi CNR di Pisa e Firenze verrà usato come testbed-as-a-service per le aziende fruitrici dei servizi sviluppati presso la sede LENS di Napoli. Inoltre, il testbed sviluppato in questo task fungerà da pilota per l'anello QKD realizzato dal progetto nei nodi della Sicilia (Messina, Palermo, Catania) sia per quanto riguarda lo sviluppo tecnologico dei singoli link dell'anello, che per le funzionalità di integrazione logica tra i due testbed. Formazione e aggiornamento professionale per le imprese Le aziende potranno accedere ai servizi sviluppati tramite portali dedicati all'uso sperimentale e formativo delle tecnologie QKD, con moduli di formazione su: basi teoriche, casi d'uso industriali, configurazione di apparati, e sviluppo software per interfacciamento a servizi QKD. Il piano formativo sarà definito all'interno del WP dedicato e integrato con le attività di disseminazione del progetto.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

AI-enhanced networks and devices for quantum sensing and communications

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.03.AIQUNE

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-INO Networks and devices for quantum sensing & communication

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte Questa attività mira alla realizzazione di una futura rete quantistica integrata, in cui nuovi dispositivi quantistici, come i sensori quantum-enhanced, i simulatori quantistici e futuri potenti computer quantistici, saranno tutti collegati tra loro in modo efficiente e ottimizzato, attraverso lo scambio di stati di luce non classici ed entangled. Lo sfruttamento delle proprietà quantistiche della luce trasmessa in reti in fibra ottica e collegamenti free-space garantirà inoltre la sicurezza assoluta delle informazioni scambiate. L'unità operativa responsabile di questa attività è stata costituita con l'obiettivo di unire le competenze di diversi gruppi di ricerca, i cui principali interessi si concentrano nei settori rilevanti dell'ingegneria degli stati quantistici ottici, delle comunicazioni quantistiche e del sensing quantistico. Questi gruppi sono già singolarmente all'avanguardia nella ricerca internazionale nei rispettivi campi: (i) la produzione di stati ottici quantistici su misura mediante manipolazione della luce fotone per fotone in modi spettro-temporali arbitrari; (ii) le sfide pratiche della comunicazione quantistica per una piena integrazione nelle reti in fibra ottica già esistenti, insieme allo sviluppo di collegamenti di comunicazione quantistica in spazio libero che utilizzano sia radiazione telecom sia radiazione nel medio infrarosso; (iii) lo sviluppo di sensori quantistici avanzati basati su difetti nel diamante, in grado di superare gli schemi di misura classici con livelli di sensibilità e risoluzione spaziale senza precedenti. L'unione delle competenze dei diversi gruppi partecipanti

in questa nuova unità garantirà un rapido avanzamento verso la realizzazione della suddetta visione di rete quantistica. Tuttavia, raggiungere tale obiettivo in modo altamente efficiente è un compito estremamente complesso, a causa dei numerosi fattori in gioco nel tentativo di connettere diversi sensori e dispositivi quantistici, collegati tra loro da una topologia di rete arbitraria, attraverso lo scambio di informazione quantistica codificata in stati quantistici altrettanto arbitrari. Innovazione Un passo avanti significativamente più rilevante e un vero cambio di marcia potranno essere ottenuti solo se le capacità sopra descritte saranno potenziate mediante l'uso di tecniche di intelligenza artificiale e machine learning, al fine di ottimizzarne le prestazioni. La combinazione innovativa di dispositivi e reti quantistiche con l'intelligenza artificiale ha il potenziale per innescare una rivoluzione nel livello di performance e nelle possibilità applicative delle tecnologie quantistiche sviluppate fino ad oggi. Pertanto, le principali direzioni di ricerca che verranno affrontate in questa attività sono le seguenti:

- Con l'obiettivo di progettare reti ottiche flessibili in grado di distribuire stati quantistici ed entanglement a computer quantistici operanti con un numero ridotto di qubit, verranno utilizzati algoritmi basati su AI per regolare i parametri degli stati fotonici in funzione di ciascun compito specifico e per modellare la topologia stessa della rete, in modo da collegare in maniera ottimale piattaforme eterogenee. Diverse piattaforme fisiche (atomi neutri, trappole di ioni, fotonica, superconduttori) potranno utilizzare stati fotonici multimodo realizzati su richiesta ed entanglement ibrido per trasferire e convertire l'informazione quantistica in modo efficiente tra di esse. Le tecniche di intelligenza artificiale avranno inoltre un impatto significativo anche nella caratterizzazione degli stati ottici quantistici prodotti, accelerando l'analisi tramite tomografia quantistica, che attualmente rappresenta uno dei principali colli di bottiglia del processo. (Collegamento con A2.5, A4.8)
- L'AI favorirà l'integrazione dei protocolli più avanzati di comunicazione quantistica per collegamenti a lungo raggio attraverso sia fibre ottiche che canali free-space. La ricerca si concentrerà sull'implementazione della distribuzione di entanglement all'interno di reti quantistiche estese, con particolare attenzione all'ottimizzazione delle risorse per garantirne la scalabilità. Verrà utilizzata un'infrastruttura sperimentale distribuita, accessibile come testbed quantistico nazionale, che integra nodi quantistici e ibridi, dispositivi di ritrasmissione classici e collegamenti QKD a lunga distanza. Affronteremo anche la sfida fondamentale dell'allineamento in lunghezza d'onda tra sensori quantistici e fotoni entangled a lunghezze d'onda telecom, passo cruciale per la realizzazione dell'internet quantistico. Inoltre, condurremo ricerche di base volte ad estendere le comunicazioni quantistiche nella regione spettrale del medio infrarosso (mid-IR), includendo la distribuzione dell'entanglement in free space e applicazioni legate all'internet quantistico, attualmente del tutto inesplorate a tali lunghezze d'onda. (Collegamenti con A3.2, A3.7-10)
- L'AI verrà utilizzata per migliorare le prestazioni delle tecnologie di sensing e imaging quantistico basate su centri azoto-vacanza (NV) nel diamante. Tecniche di machine learning e altri metodi adattivi verranno impiegati per ottimizzare le sequenze di controllo dei centri NV (ad es., regolazione di sequenze di impulsi a microonde, intensità laser o parametri temporali) al fine di massimizzare la sensibilità a campi magnetici e termici o migliorare i tempi di coerenza, adattandosi a fluttuazioni ambientali o drift del sistema. Modelli di classificazione e regressione dei dati permetteranno di identificare pattern spaziali o temporali difficili da rilevare, come dinamiche magnetiche su scala microscopica o gradienti di temperatura, migliorando la risoluzione e l'imaging quantitativo. Inoltre, verrà esplorato l'uso di algoritmi di machine learning per prevedere e correggere errori indotti da decoerenza o imperfezioni strumentali, migliorando così la stabilità e l'affidabilità dei protocolli di sensing quantistico. (Collegamento con A4.3)

Queste linee di ricerca richiederanno chiaramente una stretta collaborazione con le altre unità del progetto che si occupano di intelligenza artificiale, apprendimento automatico e reti. In particolare, sarà fondamentale stabilire e mantenere un contatto diretto e uno scambio costante di dati e competenze con le unità SOBIGDATA e SLICES, in relazione alle attività correlate (A2.5, A3.2, A3.7-10). D'altra parte, i metodi e le tecnologie sviluppati contribuiranno naturalmente al rafforzamento di alcuni dei nuovi nodi LENS Sud (relativi, ad esempio, alle attività A4.3 e A4.8). Obiettivi, deliverable e KPI

- OR1 [M1-M24] Utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale e machine learning per applicazioni ottimizzate nell'ingegneria degli stati quantistici, nelle comunicazioni quantistiche e nel sensing quantistico.
- D1 Generazione e rilevazione di stati ottici quantistici ingegnerizzati, protocolli di comunicazione quantistica e schemi di sensing quantistico ottimizzati tramite AI.
- KPI1 Report sulla dimostrazione di almeno un'applicazione migliorata dall'AI nell'ambito dell'ingegneria degli stati quantistici, delle comunicazioni quantistiche o del sensing quantistico.
- OR2 [M12-M36] Applicazione di tecniche di intelligenza artificiale e machine learning in reti quantistiche per il sensing distribuito, l'elaborazione e la comunicazione dell'informazione.
- D2 Sviluppo di approcci efficienti basati su AI e ML per il funzionamento ottimizzato delle reti di comunicazione, elaborazione e sensing quantistico.
- KPI2 Report su applicazioni migliorate tramite AI nelle reti quantistiche.

Impatto Questa attività contribuirà a colmare il divario tra la ricerca puramente di laboratorio e l'implementazione tecnologica sul campo delle reti quantistiche dedicate al sensing, all'elaborazione e alla comunicazione dell'informazione. Sfruttando l'infrastruttura nazionale in fibra già esistente, verrà implementato un testbed quantistico potenziato dall'AI per lo scambio ottimizzato di comunicazioni sicure, dati da sensori e qubit tra soggetti accademici,

istituzionali e industriali. Connessione con i nodi LENS Sud Le attività proposte sono destinate ad avere un impatto significativo sullo sviluppo dei nuovi nodi LENS nelle regioni del Sud Italia. In particolare, la parte relativa all'ingegneria degli stati quantistici guidata dall'AI si integrerà naturalmente con l'Att. 4.8 dell'unità LENS CNR-INO-NA, attraverso la generazione di stati di luce non classici ottimizzati per tecniche di spettroscopia avanzata. I metodi sviluppati per i sensori quantistici basati su diamante e migliorati tramite AI influenzeranno l'Att. 4.3 sul sensing in fibra ottica di LENS CNR-INO-NA. Formazione e sviluppo professionale per l'industria La realizzazione degli obiettivi sopra descritti sarà di grande interesse in vista di un trasferimento di questi sviluppi pionieristici verso applicazioni sul campo con un potenziale impatto industriale molto elevato. Giustificazione del budget richiesto L'attività necessita di 240 KEUR per l'acquisizione di nuove attrezzature da dedicare al potenziamento degli apparati sperimentali esistenti, In particolare, saranno acquisite nuove sorgenti laser, rivelatori ad alta sensibilità operanti in diverse regioni spettrali, strumentazione elettronica di acquisizione e controllo. Si prevedono 8.2 KEUR per attività relative ad open access e TNA. Il costo del personale (50 KEUR circa) prevede l'acquisizione di un anno di RTD necessario per garantire il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'attività.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Servizi di Automazione di Reti Beyond 5G Disaggregate tramite AI Distribuita

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.04

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Informatica - Scienza e Ingegneria

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte L'evoluzione delle reti 5G e beyond verso il 6G comporterà una trasformazione profonda delle architetture di rete lungo diverse direttrici tecnologiche. I principi di disaggregazione, virtualizzazione e softwarizzazione saranno applicati in modo pervasivo a tutte le componenti dell'infrastruttura, dal livello fisico alla rete core, fino ai domini edge e cloud. Le reti future integreranno infrastrutture edge distribuite, e adotteranno modelli avanzati di programmabilità dinamica, sia verticale (cross-layer) sia orizzontale (cross-domain), che permetteranno di riconfigurare le funzioni di rete a runtime in risposta ai requisiti applicativi e alle dinamiche della rete. Un ulteriore elemento caratterizzante le future reti 6G sarà l'integrazione nativa di tecniche di intelligenza artificiale (AI-native) all'interno del piano di controllo ed orchestrazione, con l'obiettivo di abilitare una gestione autonoma, proattiva e adattiva delle risorse e dei servizi di rete. Tuttavia, in architetture distribuite, federate e multi-tenant, la gestione della rete richiede soluzioni intelligenti capaci di operare in ambienti multi-dominio e di supportare la cooperazione tra agenti distribuiti, posizionati a diversi livelli della rete (edge, access, transport, core). Innovazione In particolare, è sempre più riconosciuta nella comunità di ricerca la necessità di trasferire, in modo sempre più decentralizzato e intelligente, le operazioni a livello di pacchetto e di flusso dalle unità di elaborazione centralizzate alla struttura di rete stessa, anche a causa dell'aumento considerevole dei volumi di traffico e della eterogeneità/complessità dei loro requisiti dinamici di qualità di servizio. Gli switch programmabili ad alta velocità emergenti offrono l'opportunità di integrare funzioni intelligenti basate sui dati direttamente

all'interno dei dataplane supportati, trasformando la stessa infrastruttura di rete in una piattaforma di elaborazione distribuita. Questo passaggio all'elaborazione in-network apre la strada a funzioni fondamentali come la gestione del traffico e dei flussi data-based e in tempo reale, il rilevamento distribuito di congestione dataplane-aware, l'inferenza per il rilevamento delle intrusioni o la mitigazione degli attacchi DDoS, ecc., direttamente in-network e sul traffico mentre transita, riducendo sostanzialmente i colli di bottiglia del sistema e aumentandone la scalabilità by design. Tuttavia, i limiti architetturali dei singoli device di network equipment, in particolare in termini di memoria, elaborazione e programmabilità, richiedono un passaggio a soluzioni distribuite e cooperative ancora inesplorate, soprattutto in termini di supporto middleware alla programmabilità e di sperimentazione in testbed distribuiti di scala significativa. Infatti, in questo paradigma, nessun singolo device di network equipment può eseguire attività complesse in modo indipendente, il che introduce la sfida fondamentale del partizionamento dinamico e adattivo delle operazioni su più elementi del dataplane. Inoltre, queste soluzioni distribuite e cooperative di intelligent in-network programming, dovranno essere in grado di integrarsi dinamicamente con segmenti locali di reti Time Sensitive Networking (TSN), particolarmente rilevanti per ambienti IoT ad alte prestazioni e per domini verticali come il motion control. Infine, le soluzioni investigate devono sfruttare decisioni, spesso con vincoli di latenza, basate su modelli di machine learning e AI distribuita, il cui training in continual learning possa sfruttare significativi volumi di dati relativi sia al traffico che ai pattern temporali e di requisiti dei dataplane supportati. OR1: infrastruttura federata di testbed B5G basata su architetture disaggregate [M1-M24]. L'obiettivo di occuparsi della progettazione e della realizzazione di una infrastruttura federata di testbed per reti beyond 5G, interconnessi e coordinati, in grado di supportare la creazione dinamica, composizione e testing di architetture di rete completamente disaggregate e programmabili. Tale infrastruttura dovrà supportare scenari complessi di deployment adattivo e intent-based di funzioni di rete virtualizzate. Ogni nodo della rete sarà programmabile verticalmente e orizzontalmente, e dovrà consentire una riconfigurazione in tempo reale dei protocolli e dei servizi in funzione dei requisiti specifici delle applicazioni, dello stato delle risorse, e del grado di cooperazione tra domini eterogenei (amministrativi, tecnologici, geografici). La piattaforma dovrà integrare sistemi di orchestrazione multi-livello e multi-dominio, capaci di adattarsi dinamicamente a differenti scenari di sperimentazione, garantendo al contempo l'isolamento logico e la flessibilità operativa necessari in contesti multi-tenant e federati. L'infrastruttura sfrutterà i nodi programmabili descritti sopra anche per l'integrazione efficiente con segmenti di rete quantum, al fine di supportare sperimentazione su scala geografica di reti integrate con supporto a requisiti di qualità di servizio. In particolare, ci si concentrerà sulla integrazione con il nodo LENS di Napoli per l'investigazione di tecniche innovative e la sperimentazione di quantum communication/ networking, con focus su sincronizzazione in scenari ultra-low-latency. KPI#1: Rilascio di un prototipo operativo di nodo programmabile intent-based capace di operare da gateway fra segmenti eterogenei, con supporto per un set minimo di 2 nodi geograficamente distribuiti della infrastruttura. Deliverable OR1: prototipo operativo di nodo programmabile intent-based che supporti adattivamente segmenti B5G, TSN e quantum; report sull'attività e raggiungimento KPI OR2: AI distribuita e federata per gestione di reti B5G [M19-M36]. Questo OR si pone l'obiettivo dell'integrazione nell'infrastruttura di soluzioni applicative per supportare lo sviluppo, deployment e monitoraggio di tecniche avanzate di AI distribuita e federata, applicate alla gestione e al controllo della rete. In particolare, verranno sviluppati strumenti per la raccolta automatizzata dei dati, l'addestramento e il rilascio dei modelli, ed il controllo delle loro prestazioni (drift dei dati, accuratezza, latenza). Come casi d'uso per la validazione delle soluzioni proposte, il task si concentrerà su tecniche di AI decentralizzata per il coordinamento di agenti intelligenti distribuiti (a livello edge, core e orchestratori di dominio). Saranno confrontati meccanismi di risoluzione dei conflitti tra le decisioni di controllo ed orchestrazione in ambienti multi-stakeholder federati. Infine, saranno considerati modelli di AI specializzati per l'orchestrazione intent-based basati su AI generativa e su paradigmi di apprendimento cooperativo, capaci di supportare un controllo degli SLA per tenant con requisiti diversificati. Parallelamente, sarà sviluppato un sistema di monitoraggio continuo dell'infrastruttura sperimentale, con due finalità. La prima sarà di fornire dati in tempo reale ai loop di controllo per supportare l'adattamento autonomo della rete, anche con vincoli di qualità di servizio in termini di latenza e affidabilità. La seconda è di consentire la valutazione dei KPI infrastrutturali, tra cui disponibilità, tempi di risposta nel soddisfare le richieste degli utenti, e grado di efficienza (anche energetica) nell'utilizzo delle risorse. Infine, OR2 si occuperà di soluzioni innovative di network equipment programmabili per dataplane disaggregati nell'ottica di integrazione interoperabile con segmenti TSN deterministici (per esempio basati su switch P4 programmabili ad alte prestazioni, su interfacce di rete TSN-compliant emergenti anche in ambito wireless e su tecniche di sincronizzazione avanzata fra segmenti TSN e segmenti quantum). Questa infrastruttura estesa sarà fattore abilitante per la ricerca e la valutazione sperimentale di metodologie innovative basate su architecture-awareness per il partizionamento AI/ML e di strategie di coordinamento e orchestrazione che consentano a queste reti di lavorare in modo coordinato e collaborativo in tempo reale, con stringentissimi vincoli di sincronizzazione, ad esempio con scheduler quantistici. Si prevede l'utilità di questa infrastruttura estesa per

sperimentazioni su allocazione distribuita (e modificabile dinamicamente) delle attività di dataplane o su garanzie di coerenza, scalabilità e tolleranza agli errori nell'infrastruttura di switch programmabili (per esempio basate su scambio di stato parziale). KPI#2: Rilascio di un prototipo operativo di componenti di AI federata per network management, con almeno 3 componenti validati sperimentalmente (uno per allocazione adattiva delle risorse su infrastruttura di rete B5G-TSN, uno per allocazione adattiva delle risorse su infrastruttura di rete TSN-quantum, uno per ottimizzazione sincronizzazione su infrastruttura di rete B5G-TSN). Deliverable OR2: prototipo operativo dei componenti di network management sviluppati e basati su AI federata; report sull'attività e raggiungimento KPI. Questi nuovi servizi di infrastruttura saranno utili sia per la comunità di ricerca nel settore (vedi sopra), sia per il mondo produttivo, soprattutto nelle aree industriali della produzione manifatturiera con vincoli di qualità di servizio sulla automazione industriale, dello sviluppo e del provisioning di applicazioni multimediali ad alto valore aggiunto e con stringenti requisiti di qualità (gaming distribuito, video sorveglianza e activity recognition in tempo reale, analisi AI distribuita con vincoli di privacy e di latenza, ...). Già in passato si è raccolto l'interesse di diverse aziende sui temi suddetti in relazione alla infrastruttura supportata in SoBigData.it per 5G e con solo parziale utilizzo di AI distribuita. Sulla base di questi elementi di passato interesse, ci si attende ulteriore e accresciuto interesse in AI-PHOQUS grazie alle nuove opportunità aperte dalla programmabilità più spinta delle reti beyond 5G descritte sopra e dall'utilizzo di avanzate tecniche di AI distribuita che potranno essere sperimentate (ad esempio, tramite servizi di test before invest per le imprese) sulla nuova infrastruttura AI-PHOQUS. Infine, si noti come le tematiche suddette si prestino ampiamente a diventare anche oggetto di formazione/aggiornamento professionale per le aziende interessate, con possibilità di hands-on di sperimentazione sulla nuova infrastruttura AI-PHOQUS, per esempio sui sottotemi della programmabilità del dataplane per domini verticali applicativi specifici o sull'efficientamento dell'utilizzo di risorse disaggregate per massima scalabilità.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

QUantum-Enhanced Optimization and consensus for Distributed programmable RADIO systems

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.05-QUO-RADIO

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Ingegneria - UNIPA

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte La complessità delle reti cellulari 5G e beyond-5G e, in particolare, delle reti di accesso radio sta crescendo in maniera esponenziale, sia in termini di spazio delle configurazioni possibili, sia in termini di necessità di adattamenti in scenari di rete fortemente dinamici. Per quel che riguarda il primo aspetto, elementi che caratterizzano lo spazio delle configurazioni includono la densificazione delle celle, l'uso simultaneo di bande sub-6 GHz, mmWave/THz, l'introduzione di sistemi massive MIMO e di Reconfigurable Intelligent Surfaces (RIS) e lo slicing dinamico delle risorse radio. L'integrazione di nodi aerei, veicoli connessi, robot mobili, sistemi di sensing, etc., richiedono inoltre tempi di adattamento della rete di accesso ultra-veloci. In questo contesto, le tecnologie quantistiche possono svolgere un ruolo

importante per cambiare la gestione di sistemi radio distribuiti di prossima generazione: da una parte, possono infatti abilitare la definizione di nuovi problemi di ottimizzazione, incluso il sensing distribuito e l'allocazione dinamica dello spettro; dall'altra, possono permettere di formulare nuovi problemi di edge/cloud/quantum computing per supportare applicazioni a bassissima latenza. Nonostante l'integrazione tra tecnologie quantistiche e sistemi beyond-5G sia considerata inevitabile, la definizione di queste soluzioni è ancora limitata a qualche problema specifico di ottimizzazione o a qualche scenario di visione. Inoltre, le architetture di rete attuali non consentono una integrazione di approcci tradizionali e approcci innovativi o per gestire protocolli di QKD tra più domini tecnologici e organizzativi. Innovazione Questa attività di ricerca mira a dimostrare nuove soluzioni di ottimizzazione, monitoraggio e coordinamento, basate su sistemi di calcolo quantistico, per sistemi radio distribuiti in scenari avanzati di comunicazione adattiva, edge intelligence e robotica connessa in reti beyond-5G e NextG. Le soluzioni potranno essere adattate per dimostrazioni in altri scenari di ottimizzazione distribuita. Inoltre, le soluzioni verranno rese a disposizione per servizi sperimentali a servizio degli utenti dell'infrastruttura. Più nello specifico, l'innovazione proposta riguarda: i) ottimizzazione di sistemi radio distribuiti e adattivi, in grado di utilizzare tecnologie avanzate per comunicazione e sensing, quali mmWave, RIS, SDR, attraverso approcci tradizionali e quantistici; ii) dimostrazione di applicazioni con tempi di risposta compatibili con operazioni critiche e in grado di operare in modo indipendente dalle infrastrutture centrali, attraverso soluzioni di edge e fog computing per l'elaborazione locale e distribuita dei dati provenienti da robot e droni; iii) implementazione di soluzioni per quantum annealing e sistemi di consenso quantistico. L'attività si compongono di tre Obiettivi Realizzativi (OR). OR1: Estensione del testbed per reti beyond 5G con accesso radio avanzato [M1-M24] Il testbed per sistemi beyond 5G dell'Università di Palermo (UNIPA) sarà integrato con: i) nuove tecnologie per accesso radio avanzato (per esempio mmWave, RIS, nodi Software-Defined Radio) e nuovi strumenti di monitoraggio o iniezione di segnali radio a basso livello, per dimostrare soluzioni intelligenti e adattive di ottimizzazione dell'uso delle risorse radio e di sensing ambientale; ii) dispositivi per edge e fog computing, idonei all'elaborazione locale e distribuita dei dati provenienti da robot e droni, riducendo la dipendenza dalle infrastrutture centrali e garantendo tempi di risposta compatibili con operazioni critiche; iii) sistemi di orchestrazione efficaci per l'allocazione delle funzioni di elaborazione tra edge e cloud in funzione delle applicazioni. Saranno inoltre sviluppati degli strumenti per facilitare la riproducibilità del testbed e la definizione degli esperimenti. KPI: Testbed per reti beyond 5G che integra componenti SDR, strumenti di monitoraggio dello spettro e iniezione di segnali radio a basso livello, almeno un link mmwave e un sistema autonomo connesso (es. un robot mobile), con supporto per meccanismi innovativi di configurazione della rete di accesso radio. Deliverable: Descrizione del testbed e dei meccanismi di configurazione avanzati di accesso radio OR2: Servizi di edge computing e sistemi di ottimizzazione quantistica per applicazioni in tempo reale [M12-M36] Saranno studiati alcuni servizi di edge computing in grado di abilitare funzionalità come la navigazione autonoma, l'evitamento di ostacoli, la coordinazione tra agenti mobili e il rilevamento di eventi anomali. Un caso d'uso specifico sarà dedicato alla migrazione intelligente delle funzioni di monitoraggio e controllo all'edge della rete, sfruttando tecniche di AI predittive basate su dati storici e real-time per ottimizzare la distribuzione del carico computazionale, migliorare la resilienza del sistema e supportare la mobilità elevata tipica dei droni e robot autonomi. Saranno inoltre prese in considerazione l'aggregazione di dati da sensori, la gestione coordinata di missioni in ambienti complessi e la rilevazione distribuita di anomalie ambientali o infrastrutturali. Si svilupperanno sistemi di quantum annealing con riferimento ad alcune applicazioni per la gestione di reti radio complesse, quali il monitoraggio e l'allocazione delle risorse (bande di frequenza, schemi di modulazione, livelli di potenza), implementando tecniche QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) per risolvere annealer quantistici o ispirati ai quanti (es. D-Wave). Inoltre, si svilupperanno meccanismi di consenso quantistico come alternativa ai classici algoritmi di consenso distribuito (Raft, Paxos, BFT), sfruttando proprietà come l'entanglement e la sovrapposizione per migliorare la velocità di convergenza, la tolleranza ai guasti e la scalabilità in ambienti dinamici e vincolati, come reti di droni, robot o dispositivi collegati a micro-data centers o all'edge delle reti cellulari 5G e NextG. KPI#1: Dimostrazione di servizi di edge computing e offerta di servizi di sperimentazione tramite l'IR, con almeno 10 utenti (istituzioni di ricerca o imprese) attivi che abbiano eseguito almeno un esperimento completo. Deliverable: Descrizione del sistema di edge computing e degli esperimenti effettuati KPI#2: Implementazione di strumenti per sistemi quantum annealing e consenso (quali Qiskit, Cirq o QuTiP) e confronto con metodi classici per almeno due problemi di ottimizzazione. Deliverable: Descrizione del sistema di edge computing, degli strumenti di ottimizzazione e degli esperimenti effettuati Impatto L'attività rafforzerà la capacità nazionale di ricerca e innovazione nel settore delle tecnologie wireless e delle applicazioni di edge computing. Offrirà strumenti concreti a ricercatori e imprese per realizzare reti cellulari private, sperimentare l'uso di meccanismi di sensing ambientale basati su segnali radio e lo sviluppo di applicazioni di soluzioni di AI alla periferia della rete. Saranno inoltre dimostrati gli strumenti sviluppati per risolvere problemi di ottimizzazione complessi con algoritmi quantistici e attraverso l'accesso al nodo LENS di Napoli, per supportare generalizzazioni nell'uso

di questi strumenti ad altri problemi di ottimizzazione. Infine, saranno dimostrate le implicazioni di un collegamento QKD per lo sviluppo di applicazioni sicure. Formazione/aggiornamento professionale per le aziende Le aziende potranno usufruire dei servizi della IR sviluppati nell'attività per consolidare le proprie competenze nell'ambito della realizzazione di reti cellulari private e sviluppo di applicazioni di AI all'edge della rete. Giustificazione del budget richiesto L'attività necessita di 860KEUR di attrezzature per la realizzazione della piattaforma (140KEUR per SDR, 120KEUR per DU e server edge; 170KEUR di strumentazione RF e antenne, 40KEUR per core beyond 5g, robot umanoidi e/o droni per 120KEUR, sensori e LIDAR 20KEUR, server per AI e accesso a quantum computing 250KEUR). Si prevedono 30KEUR circa per attività relative ad open access e TNA. Il costo del personale (178KEUR circa) è necessario allo sviluppo della piattaforma e dei servizi previsti dall'attività.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Servizi basati su QRL per l'ottimizzazione di reti post-5G/6G e IoT

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.06-QRL

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte I problemi di ottimizzazione nelle reti post-5G/6G e nei sistemi IoT pervasivi pongono sfide crescenti legate alla complessità combinatoriale delle decisioni da prendere: selezione simultanea di canali, potenze, priorità di traffico, slice di rete e risorse computazionali per garantire QoS ed efficienza energetica. Questi problemi presentano un incremento esponenziale dello spazio delle azioni, rendendo i metodi di ottimizzazione basati solamente su tecniche di Machine Learning, come RL, DRL e MAB, sempre meno scalabili: essi devono esplorare le combinazioni una alla volta, aggiornando iterativamente le stime, con conseguenti tempi lunghi di apprendimento e difficoltà estreme nel trovare soluzioni globali ottimali. Innovazione Il Quantum Reinforcement Learning (QRL) si propone come approccio radicalmente innovativo per affrontare queste sfide. Grazie alla sovrapposizione quantistica, il QRL può rappresentare simultaneamente tutte le combinazioni di azioni in un unico stato quantistico, mentre l'entanglement permette di catturare correlazioni complesse tra variabili di decisione. Tecniche come l'amplitude amplification consentono di accelerare la concentrazione delle probabilità verso le combinazioni ottimali, riducendo il numero medio di iterazioni necessarie per trovare soluzioni da $O(N)$ a $O(\sqrt{N})$. Queste caratteristiche rendono il QRL particolarmente promettente per problemi combinatoriali in reti post-5G/6G, dove le tecniche classiche risultano insufficienti. Inoltre, a causa delle limitazioni dei dispositivi quantistici attuali, applicare QRL all'ottimizzazione di problemi con complessità combinatoriale di larga scala risulta estremamente difficile. Il task mira quindi a fornire una piattaforma aperta per l'uso e la sperimentazione del Quantum Reinforcement Learning distribuito, in cui i framework QRL vengono suddivisi e distribuiti su più nodi quantistici, interconnessi tramite reti quantistiche o ibride (classico-quantistiche). A tal fine, si svilupperanno algoritmi e tecniche per l'esecuzione distribuita e coordinata di policy quantistiche su più nodi, sfruttando l'entanglement remoto per garantire la coerenza globale della policy e la gestione condivisa delle variabili di

decisione. Verranno studiate modalità di sincronizzazione tra nodi, algoritmi di aggiornamento globale dei parametri quantistici e tecniche di decomposizione dei problemi combinatoriali in sottoproblemi eseguibili in parallelo. Sulla base di un'analisi iniziale delle caratteristiche dei problemi target, si definiranno le modalità di encoding delle variabili combinatoriali in circuiti quantistici e la loro mappatura su nodi remoti. La piattaforma metterà anche a disposizione degli utenti uno strumento di simulazione numerica per analizzare le prestazioni del QRL distribuito, considerando modelli stocastici realistici delle reti quantistiche e delle capacità hardware, con l'obiettivo di stimare tempi di convergenza, robustezza al rumore, e vantaggi rispetto ai metodi classici. Si realizzerà inoltre uno strumento di analisi basato su simulazioni numeriche, con il quale gli utenti potranno modellare i singoli elementi del sistema mediante modelli stocastici derivanti da misurazioni sperimentali ottenute su reti reali e simulate, opportunamente supportati da modelli teorici. Il simulatore fornirà misure quantitative sugli indici prestazionali di interesse a livello applicativo e di gestione delle reti. Il caso d'uso principale considererà il problema del resource allocation combinatorio in reti post-5G/6G per scenari di edge AI, e verranno confrontate le prestazioni del QRL distribuito con quelle delle controparti classiche (DQN, PPO, combinatorial bandit) in termini di sample complexity, tempo di training e capacità di generalizzazione, al fine di valutare i limiti e vantaggi e definire strategie algoritmiche ibride. Il task si occuperà quindi dello sviluppo di una piattaforma di quantum reinforcement learning, con le relative librerie, che possa permettere agli utenti di impiegare agenti basati su quantum computing distribuito tra nodi di rete sia quantistici che ibridi, al fine di permettere la risoluzione di problemi combinatoriali complessi in scenari post-5G/6G e IoT. L'attività si compone di due Obiettivi Realizzativi (OR): OR1: Progettazione e implementazione di una piattaforma distribuita accessibile da remoto per l'applicazione del QRL alla risoluzione di problemi combinatoriali complessi in contesti di reti post-5G/6G. [M1-M18] • Definizione di un'architettura per l'orchestrazione di nodi quantistici • Sviluppo di interfacce per l'integrazione di agenti di QRL con framework esistenti (es: ns-3, oai) • Modellazione di nodi, link e carichi computazionali quantistici • Progettazione e implementazione di policy tramite circuiti quantistici parametrizzati (PQC) e KPI #1: Rilascio di un prototipo operativo di piattaforma distribuita per l'applicazione di QRL alla risoluzione di problemi combinatoriali Deliverable OR1: Prototipo operativo di piattaforma distribuita, e report sull'attività e raggiungimento KPI OR2: Sviluppo di algoritmi QRL accessibili da remoto ed integrabili con framework già esistenti, in grado di aggiornare globalmente le probabilità delle combinazioni d'azione tramite tecniche di rotazione parametrica e amplitude amplification, superando le limitazioni di aggiornamento incrementale dei metodi classici. [M19-M36] • Progettazione e implementazione di algoritmi di QRL per la risoluzione di problemi combinatoriali in scenari di resource allocation post-5G/6G • Sviluppo di interfacce per lo scambio dati di agenti di QRL in contesti di ottimizzazione distribuita (Multi-Agent QRL) • Sviluppo di un sistema di simulazione quantum basato su ns3 ottimizzati con l'utilizzo di QRL. KPI #2: Rilascio di un sistema di simulazione basato su ns3 e ottimizzazione di reti quantistiche basate su QRL. KPI #3: Disponibilità pubblica della piattaforma tramite l'IR, con almeno 5 utenti (istituzioni di ricerca o imprese) attivi che abbiano eseguito almeno un esperimento completo di QRL. Deliverable OR2: rilascio sistema di simulazione e report sull'attività e raggiungimento KPI Impatto L'attività contribuirà in modo significativo al posizionamento strategico dell'Italia nel panorama internazionale della ricerca su AI quantistica e reti post-5G/6G. La piattaforma sviluppata abiliterà la sperimentazione e l'adozione di tecnologie avanzate di Quantum Reinforcement Learning, offrendo a università, centri di ricerca e imprese uno strumento concreto per affrontare problemi di ottimizzazione combinatoria ad alta complessità. L'infrastruttura costituirà un banco di prova per nuove architetture computazionali scalabili, in grado di affrontare problemi di ottimizzazione oggi fuori dalla portata delle tecniche classiche. La possibilità di sperimentare algoritmi di QRL in ambienti distribuiti e realistici contribuirà a colmare il divario tra ricerca teorica e applicazioni operative, aprendo la strada a soluzioni di nuova generazione per reti intelligenti e sistemi IoT avanzati. Formazione/aggiornamento professionale per le aziende Le aziende potranno usufruire dei servizi della IR sviluppati nell'attività per consolidare le proprie competenze nell'ambito della realizzazione di reti ibride (edge e quantum) e sviluppo di applicazioni di QRL per la loro ottimizzazione. Giustificazione del budget richiesto L'attività necessita di 780KEUR di attrezzature per la realizzazione della piattaforma. Si prevedono 15KEUR circa per attività relative ad open access e TNA. Il costo del personale (159KEUR circa) è necessario allo sviluppo della piattaforma e dei servizi previsti dall'attività.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Ottimizzazione e gestione di reti ibride tradizionali e quantistiche

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.07-OGI-Q

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'Arte Le infrastrutture di calcolo ibride che integrano componenti classici e quantistici restano in gran parte sperimentali. I sistemi di orchestrazione attuali non offrono un supporto nativo per attributi specifici del calcolo quantistico e non sono in grado di adattarsi dinamicamente ai cambiamenti nei carichi di lavoro o nell'infrastruttura. Le piattaforme classiche di orchestrazione, come Kubernetes e OpenStack, non considerano i vincoli unici delle unità di elaborazione quantistica (QPU), come il tempo di coerenza, la fedeltà dei gate o la conservazione dell'entanglement. I descrittori delle risorse NFV esistenti non sono in grado di modellare i fenomeni quantistici, né permettono un controllo dettagliato dei workflow ibridi. Inoltre, le strategie di ottimizzazione delle risorse si concentrano solitamente su infrastrutture classiche, ignorando l'intermittenza delle risorse quantistiche, i costi energetici e le dipendenze operative. Manca anche un modello standardizzato in grado di rappresentare in modo uniforme le topologie di calcolo ibride che coinvolgono edge, cloud e sistemi quantistici. Questa frammentazione ostacola la scalabilità, la sostenibilità e l'affidabilità delle infrastrutture ibride future. Innovazione L'attività proposta introduce un framework avanzato di orchestrazione che affronta le lacune tecnologiche nella gestione e ottimizzazione di reti ibride composte da elementi legacy e quantistici. Estende il livello di convergenza NFV (NFVCL) includendo descrittori e logiche di orchestrazione consapevoli del contesto quantistico. L'innovazione principale risiede in un modello unificato di risorse ibride, capace di rappresentare sia nodi di calcolo classici (server, container, dispositivi edge) sia elementi quantistici (qubit, circuiti quantistici, collegamenti di entanglement) all'interno di una singola topologia dinamica. Il modello supporta la composizione gerarchica, l'integrazione della telemetria in tempo reale e l'annotazione tramite metadati (profilo energetico, localizzazione geografica, stato operativo, rilevanza in termini di sostenibilità). Il motore di orchestrazione sfrutta tecniche di intelligenza artificiale — tra cui algoritmi genetici, intelligenza a sciame e reinforcement learning — per prendere decisioni adattive e contestuali, ottimizzando la distribuzione dei carichi di lavoro, la latenza, il throughput, il consumo energetico e la tolleranza ai guasti. L'analisi predittiva basata su dati storici e telemetria in tempo reale permette una gestione proattiva delle risorse. Un'innovazione rilevante è l'introduzione di un'orchestrazione "carbon-aware", in cui la pianificazione delle risorse è influenzata non solo da vincoli tecnici ma anche da metriche di sostenibilità. L'integrazione con sistemi esterni di rendicontazione delle emissioni di carbonio permette la generazione di report e l'applicazione di politiche che privilegiano risorse energeticamente efficienti e a basso impatto ambientale. Inoltre, il framework supporta l'orchestrazione federata tra domini amministrativi, abilitando un ecosistema globale di calcolo ibrido attraverso API standardizzate e la migrazione di carichi di lavoro tra domini diversi. ORI – Modello Unificato di Risorse Ibride ed Estensione del NFVCL Il primo obiettivo consiste nel progettare e implementare un modello unificato ed estensibile per le risorse ibride. Questo modello integra componenti classici e quantistici, consentendo la definizione di dipendenze annidate e l'annotazione tramite metadati. Attributi specifici del dominio quantistico — come il tempo di coerenza, la fedeltà dell'entanglement e la disponibilità dei qubit — saranno modellati insieme ai parametri classici (carico CPU, capacità di storage). Il modello supporterà aggiornamenti dinamici e astrazione gerarchica, essenziali per orchestrare workflow che si estendono su edge, fog, cloud e QPU. Il piano di controllo NFVCL verrà esteso per gestire questo nuovo modello, abilitando un'orchestrazione scalabile e decentralizzata. Le decisioni potranno essere prese

a livelli diversi dell'infrastruttura, a seconda della natura dell'applicazione e dello stato delle risorse, riducendo la latenza e migliorando la reattività. L'NFVCL esteso sarà compatibile con orchestratori esistenti (es. Kubernetes, OpenStack) e simulatori quantistici. KPI OR1: • Integrazione di attributi specifici del calcolo quantistico nello schema di descrittori NFVCL. • Dimostrazione di orchestrazione in tempo reale su 2 livelli di infrastruttura (edge/cloud, quantistico) Il Deliverable di questa attività (D1) consisterà in un documento descrittivo di quanto realizzato. OR2 – Ottimizzazione Adattiva e Riconfigurazione dei Workflow Il secondo obiettivo è lo sviluppo di un motore di orchestrazione basato su IA capace di gestire workflow ibridi in condizioni dinamiche. Il motore utilizzerà algoritmi di machine learning per ottimizzare l'allocazione delle risorse e l'esecuzione dei workflow in base a metriche tecniche e di sostenibilità. Le funzionalità di riconfigurazione in tempo reale permetteranno al sistema di reagire a degradazioni delle prestazioni, guasti delle risorse o aggiornamenti delle priorità applicative. Il motore utilizzerà descrittori ricchi di metadati per prendere decisioni intelligenti guidate da policy. Ad esempio, i workflow potranno essere riorientati per evitare nodi sovraccarichi o pianificati in momenti di bassa intensità di carbonio. Verranno progettati template per pattern comuni di workflow, come l'addestramento di modelli ML, l'analisi crittografica post-quantum e simulazioni scientifiche distribuite. Questi template favoriranno il riutilizzo e ridurranno la complessità operativa. Il framework includerà anche meccanismi per la valutazione automatica dell'impronta di carbonio, consentendo alle organizzazioni di quantificare l'impatto ambientale delle decisioni di orchestrazione e di attuare azioni correttive coerenti con gli obiettivi di sostenibilità. KPI OR2: • Riduzione del consumo energetico $\geq 10\%$ rispetto a un'orchestrazione non adattiva. • Riconfigurazione dinamica dei workflow dimostrata con successo in almeno uno scenario di test. Il Deliverable di questa attività (D2) consisterà in un documento descrittivo di quanto realizzato Impatto L'attività porterà allo sviluppo di un framework di orchestrazione open-source e completo, capace di gestire infrastrutture ibride complesse e di raggiungere il Livello di Maturità Tecnologica 6 (TRL6). Il sistema garantirà interoperabilità nativa tra componenti classici e quantistici, ottimizzazione adattiva e orchestrazione orientata alla sostenibilità. Favorirà l'adozione industriale del calcolo ibrido in settori strategici dove prestazioni, resilienza e sostenibilità sono essenziali, come sanità, finanza, logistica, energia e ricerca scientifica. Dal punto di vista strategico, il framework agirà come architettura di riferimento per nuovi standard nel management delle infrastrutture ibride, in linea con le iniziative promosse da ETSI ISG QKD, IEEE e Quantum Internet Alliance. Stimolerà l'innovazione attraverso lo sviluppo congiunto di infrastrutture e applicazioni, promuoverà la condivisione di risorse tra organizzazioni e abbasserà le barriere all'integrazione del calcolo quantistico nei sistemi IT esistenti. In termini di sostenibilità, il sistema supporterà la pianificazione intelligente delle risorse in base a metriche ambientali, ridurrà le emissioni legate al calcolo su larga scala e abiliterà un posizionamento energeticamente efficiente dei carichi di lavoro. Le funzionalità di orchestrazione federata ne aumenteranno ulteriormente la rilevanza, permettendo un'integrazione fluida tra domini diversi e gettando le basi per un ecosistema collaborativo globale nel calcolo ibrido. Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina Le attività del task sono sinergiche con quelle che verranno sviluppate, in particolare presso il nuovo nodo LENS di Napoli, nell'ambito dei servizi di simulazione di calcolo quantistico. In particolare, gli algoritmi studiati e sviluppati in questo task saranno resi disponibili presso le infrastrutture del nodo LENS di Napoli, permettendo ai ricercatori locali di testarli o integrarli nel sistema locale, migliorandone le prestazioni anche in termini di sostenibilità. Giustificazione del budget richiesto L'attività richiede €184.800 per attrezzature necessarie all'accesso ai servizi di calcolo quantistico e per supportare la capacità di calcolo tradizionale necessaria all'esecuzione del sistema. I costi del personale (circa €36.900) sono necessari per lo sviluppo dei servizi previsti nell'ambito dell'attività.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Implementazione nodo Messina su QKD testbed Sicilia

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.08-QKD-ME

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ 11D1.20e: Mese di avvio della attività

1

➤ 11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)

36

➤ 11D1.20g: Descrizione dell'Attività

L'obiettivo dell'attività è contribuire alla realizzazione di un anello QKD sperimentale tra Palermo, Catania e Messina, come caso d'uso avanzato di rete QKD su scala geografica, integrata in infrastrutture di rete ottica esistenti e predisposta all'interconnessione con altri nodi nazionali. Ad alto livello l'attività prevede: l'analisi tecnico-economica delle tratte ottiche disponibili e selezione dei siti per l'installazione dei nodi QKD (end-point ed eventuali nodi intermedi) e dei dispositivi di misura e monitoraggio; l'integrazione di apparati QKD con tecnologie di multiplexing (es. DWDM) e dispositivi di instradamento intelligente; la messa in esercizio del nodo Palermo del testbed QKD Sicilia con servizi accessibili alle aziende partner via portale web o API dedicate; la federazione logica con il testbed FI-PI per l'erogazione di servizi su scala nazionale in modalità QKD-as-a-Service (QKDaaS). Nel dettaglio, l'attività si articola in due Obiettivi Realizzativi (OR), ciascuno caratterizzato da due KPI che determinano il loro pieno conseguimento. OR1: Pianificazione e progettazione del nodo QKD di Messina [M1–M18] Questo obiettivo è dedicato alla definizione completa del nodo QKD di Messina, che costituirà una componente chiave dell'anello QKD Sicilia. Le attività saranno condotte in stretta collaborazione con l'Attività 3.2, beneficiando dell'esperienza acquisita presso la sede CNR-IIT di Pisa nella realizzazione del collegamento Firenze–Pisa nel progetto PNRR RESTART. - Pianificazione tecnica del nodo Messina, inclusa l'analisi della rete in fibra esistente, l'identificazione di eventuali stazioni intermedie, la valutazione della disponibilità infrastrutturale e la stima delle risorse ottiche e computazionali necessarie. - Progettazione dell'architettura di rete locale del nodo, con individuazione dei punti di accesso alla fibra, pianificazione degli eventuali apparati ottici passivi e attivi, e specifica dei requisiti di connettività con i nodi di Catania e Palermo. - Scelta e dimensionamento degli apparati QKD (es. moduli di trasmissione quantistica, ottiche, unità di processing e sincronizzazione) tenendo conto della compatibilità con gli standard internazionali (es. ETSI GS QKD) e con quanto già implementato nel collegamento FI-PI. - Definizione dei protocolli di comunicazione e gestione della chiave, con focus su interoperabilità, sicurezza e robustezza, in coerenza con le scelte adottate nel testbed FI-PI. - Raccolta e formalizzazione dei requisiti applicativi per la validazione del nodo, in particolare in relazione a use case realistici in ambito accademico e industriale (es. trasmissione sicura di dati sanitari, documenti legali, certificati di firma digitale, ecc.). KPI#1: Completamento del progetto di dettaglio del nodo QKD di Messina, comprensivo di specifiche di rete, apparati, protocolli e piano di integrazione con l'anello Sicilia. KPI#2: Pubblicazione di una relazione tecnica con i requisiti applicativi raccolti e il piano di validazione. Deliverable OR1: Documento contenente una relazione delle principali attività svolte, le specifiche del progetto del nodo QKD, i requisiti applicativi, il piano di sviluppo e messa in campo del nodo nella seconda fase dell'esecuzione dell'attività. OR2: Implementazione, collaudo e integrazione del nodo QKD di Messina [M19–M36] Questo obiettivo riguarda la realizzazione operativa del nodo QKD secondo il piano definito in OR1, la sua integrazione nell'infrastruttura quantistica siciliana e la connessione logica con il testbed FI-PI. Le attività includono anche lo sviluppo di applicativi dimostrativi per la sperimentazione da parte delle aziende, in vista del trasferimento tecnologico. - Installazione fisica e configurazione degli apparati QKD presso il sito selezionato a Messina, inclusi dispositivi ottici, moduli di generazione e rilevamento quantistico, sistemi di controllo e sincronizzazione. - Testing, calibrazione e validazione in campo, con particolare attenzione alla stabilità dei canali ottici, alla qualità della chiave (bit rate e QBER), e alla compatibilità con i nodi di Catania e Palermo. - Integrazione del nodo nel testbed QKD Sicilia, sia a livello fisico (connessione in fibra) sia a livello logico (condivisione dei servizi di gestione della chiave e orchestrazione dei flussi). - Federazione logica con il testbed QKD FI-PI, per l'esecuzione di esperimenti congiunti e la validazione di servizi cross-dominio su scala nazionale in logica QKDaaS. - Sviluppo di applicativi software dimostrativi, che utilizzino le chiavi QKD per scenari concreti (es. cifratura file system, VPN quantistica, protocolli TLS con chiavi QKD pre-condivise), da rendere disponibili per formazione e sperimentazione aziendale. KPI#3: Nodo QKD Messina operativo e integrato funzionalmente con i nodi di Catania e Palermo, con trasmissione stabile della chiave e servizi base di orchestrazione attivi. KPI#4: Rilascio di almeno 2 applicativi dimostrativi basati su chiavi QKD, testati con almeno 3 aziende coinvolte in attività di formazione o proof-of-

concept prototipale. Deliverable OR2: Documento contenente una relazione delle principali attività svolte relativamente all'integrazione fisica del nodo QKD con gli altri del testbed Sicilia e logica con il link FI-PI, i risultati ottenuti dagli esperimenti di calibrazione e validazione del nodo QKD, l'architettura software degli applicativi dimostrativi rilasciati, la descrizione delle attività di formazione/PoC svolte in collaborazione con le aziende coinvolte. **Analisi dei rischi** L'attività presenta un carattere fortemente sperimentale e un elevato grado di innovazione tecnologica, che comporta inevitabilmente alcuni rischi tecnici. Tali rischi saranno oggetto di monitoraggio periodico, con una cadenza al massimo trimestrale, al fine di individuare tempestivamente eventuali criticità e adottare in modo proattivo misure correttive adeguate. Di seguito si riportano i principali rischi tecnici identificati e le relative strategie di mitigazione. **Rischio#1:** Incompatibilità tra gli apparati QKD selezionati e quelli installati negli altri nodi del testbed Sicilia o nel link FI-PI **Descrizione:** Differenze nei protocolli implementati, nelle interfacce software o nei formati di chiave possono ostacolare l'integrazione operativa del nodo. **Possibili manovre correttive:** selezione di apparati conformi a standard internazionali (es. ETSI GS QKD); adozione di middleware di astrazione per l'interoperabilità. **Rischio#2:** Prestazioni subottimali della fibra ottica tra Palermo e gli altri nodi (attenuazione, dispersione, interferenze) **Descrizione:** La qualità del canale ottico potrebbe non essere sufficiente a garantire una generazione stabile e sicura di chiavi quantistiche. **Possibili manovre correttive:** caratterizzazione dettagliata delle tratte ottiche in fase di progettazione; uso di tecnologie DWDM per isolamento dei canali. **Rischio#3:** Ritardi nella fornitura, installazione o configurazione degli apparati hardware QKD **Descrizione:** I tempi di approvvigionamento o installazione possono creare ritardi rispetto alla pianificazione prevista, posticipando le fasi di testing e integrazione. **Possibili manovre correttive:** studio approfondito dello stato dell'arte tecnologico; avvio di test preliminari in simulazione software; coordinamento con Attività 3.2 per eventuale supporto con apparati temporanei già disponibili a FI-PI. **Rischio#4:** Complessità nell'integrazione logica del nodo con l'infrastruttura FI-PI e nel coordinamento dei servizi federati **Descrizione:** Problemi di sincronizzazione, autenticazione o routing delle chiavi tra nodi remoti potrebbero ostacolare la federazione tra testbed. **Possibili manovre correttive:** utilizzo di meccanismi di sincronizzazione flessibili e supporto a federazione con identità multipla; test progressivi in ambienti simulati o sandbox prima della messa in esercizio reale; collaborazione con il team dell'Attività 3.2 per la definizione di una policy unificata di gestione della chiave. **Rischio#5:** Limitato coinvolgimento delle aziende nella fase di sperimentazione e formazione su applicativi QKD **Descrizione:** Le aziende partner potrebbero non disporre delle competenze o dell'infrastruttura per utilizzare efficacemente gli applicativi dimostrativi sviluppati. **Possibili manovre correttive:** sviluppo di toolkit QKD semplificati con interfacce utente intuitive (GUI, CLI) e API che adottano protocolli noti (ad es. REST) e ben documentate; organizzazione di workshop tecnico-pratici e supporto da remoto (helpdesk, tutorial, documentazione). **Giustificazione del budget** L'attività prevede 457.000 euro per le attrezzature necessarie all'installazione e al funzionamento del nodo QKD, nonché per i dispositivi ausiliari necessari al suo funzionamento e all'integrazione con gli altri nodi QKD del testbed siciliano e del collegamento FI-PI. 10.000 euro per i costi del TNA, destinati alle pubblicazioni open access, alla raccolta dati FAIR e circa 30.000 euro per la comunicazione dei risultati. Infine, sono previsti 99.400 euro per il personale coinvolto nella progettazione del nodo QKD, nella configurazione, nell'implementazione e nel monitoraggio delle attrezzature durante l'esecuzione dell'attività, nella raccolta e analisi dei requisiti applicativi e nella progettazione, sviluppo e rilascio di applicazioni dimostrative basate su QKD e PoC per le aziende.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Implementazione nodo di Palermo per la realizzazione di un anello di QKD in Sicilia

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.09-QKD-PA

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Ingegneria - UNIPA

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'obiettivo dell'attività è contribuire alla realizzazione di un anello QKD sperimentale tra Palermo, Catania e Messina, come caso d'uso avanzato di rete QKD su scala geografica, integrata in infrastrutture di rete ottica esistenti e predisposta all'interconnessione con altri nodi nazionali. Ad alto livello l'attività prevede: l'analisi tecnico-economica delle tratte ottiche disponibili e selezione dei siti per l'installazione dei nodi QKD (end-point ed eventuali nodi intermedi) e dei dispositivi di misura e monitoraggio; l'integrazione di apparati QKD con tecnologie di multiplexing (es. DWDM) e dispositivi di instradamento intelligente; la messa in esercizio del nodo Palermo del testbed QKD Sicilia con servizi accessibili alle aziende partner via portale web o API dedicate; la federazione logica con il testbed FI-PI per l'erogazione di servizi su scala nazionale in modalità QKD-as-a-Service (QKDaaS). Nel dettaglio, l'attività si articola in due Obiettivi Realizzativi (OR), ciascuno caratterizzato da due KPI che determinano il loro pieno conseguimento. OR1: Pianificazione e progettazione del nodo QKD di Palermo [M1–M18] Questo obiettivo è dedicato alla definizione completa del nodo QKD di Palermo, che costituirà una componente chiave dell'anello QKD Sicilia. Le attività saranno condotte in stretta collaborazione con l'Attività 3.2, beneficiando dell'esperienza acquisita presso la sede CNR-IIT di Pisa nella realizzazione del collegamento Firenze–Pisa nel progetto PNRR RESTART. - Pianificazione tecnica del nodo Palermo, inclusa l'analisi della rete in fibra esistente, l'identificazione di eventuali stazioni intermedie, la valutazione della disponibilità infrastrutturale e la stima delle risorse ottiche e computazionali necessarie. - Progettazione dell'architettura di rete locale del nodo, con individuazione dei punti di accesso alla fibra, pianificazione degli eventuali apparati ottici passivi e attivi, e specifica dei requisiti di connettività con i nodi di Catania e Messina. - Scelta e dimensionamento degli apparati QKD (es. moduli di trasmissione quantistica, ottiche, unità di processing e sincronizzazione) tenendo conto della compatibilità con gli standard internazionali (es. ETSI GS QKD) e con quanto già implementato nel collegamento FI-PI. - Definizione dei protocolli di comunicazione e gestione della chiave, con focus su interoperabilità, sicurezza e robustezza, in coerenza con le scelte adottate nel testbed FI-PI. - Raccolta e formalizzazione dei requisiti applicativi per la validazione del nodo, in particolare in relazione a use case realistici in ambito accademico e industriale (es. trasmissione sicura di dati sanitari, documenti legali, certificati di firma digitale, ecc.). KPI#1: Completamento del progetto di dettaglio del nodo QKD di Palermo, comprensivo di specifiche di rete, apparati, protocolli e piano di integrazione con l'anello Sicilia. KPI#2: Pubblicazione di una relazione tecnica con i requisiti applicativi raccolti e il piano di validazione. Deliverable OR1: Documento contenente una relazione delle principali attività svolte, le specifiche del progetto del nodo QKD, i requisiti applicativi, il piano di sviluppo e messa in campo del nodo nella seconda fase dell'esecuzione dell'attività. OR2: Implementazione, collaudo e integrazione del nodo QKD di Palermo [M19–M36] Questo obiettivo riguarda la realizzazione operativa del nodo QKD secondo il piano definito in OR1, la sua integrazione nell'infrastruttura quantistica siciliana e la connessione logica con il testbed FI-PI. Le attività includono anche lo sviluppo di applicativi dimostrativi per la sperimentazione da parte delle aziende, in vista del trasferimento tecnologico. - Installazione fisica e configurazione degli apparati QKD presso il sito selezionato a Palermo, inclusi dispositivi ottici, moduli di generazione e rilevamento quantistico, sistemi di controllo e sincronizzazione. - Testing, calibrazione e validazione in campo, con particolare attenzione alla stabilità dei canali ottici, alla qualità della chiave (bit rate e QBER), e alla compatibilità con i nodi di Catania e Messina. - Integrazione del nodo nel testbed QKD Sicilia, sia a livello fisico (connessione in fibra) sia a livello logico (condivisione dei servizi di gestione della chiave e orchestrazione dei flussi). - Federazione logica con il testbed QKD FI-PI, per l'esecuzione di esperimenti congiunti e la validazione di servizi cross-dominio su scala nazionale in logica QKDaaS. - Sviluppo di applicativi software dimostrativi, che utilizzino le chiavi QKD per scenari concreti (es. cifratura file system, VPN quantistica, protocolli TLS con chiavi QKD pre-condivise), da rendere disponibili per formazione e sperimentazione aziendale. KPI#3: Nodo QKD Palermo operativo e integrato funzionalmente con i nodi di Catania e Messina, con trasmissione stabile della chiave e servizi base di orchestrazione attivi. KPI#4: Rilascio di almeno 2 applicativi dimostrativi basati su chiavi QKD, testati con almeno 3 aziende coinvolte in attività di formazione o proof-of-concept prototipale. Deliverable OR2: Documento contenente una relazione delle principali attività svolte relativamente all'integrazione fisica del nodo QKD con gli altri del testbed Sicilia e logica con il link FI-PI, i risultati ottenuti dagli esperimenti di calibrazione e validazione del

nodo QKD, l'architettura software degli applicativi dimostrativi rilasciati, la descrizione delle attività di formazione/PoC svolte in collaborazione con le aziende coinvolte. *Analisi dei rischi* L'attività presenta un carattere fortemente sperimentale e un elevato grado di innovazione tecnologica, che comporta inevitabilmente alcuni rischi tecnici. Tali rischi saranno oggetto di monitoraggio periodico, con una cadenza al massimo trimestrale, al fine di individuare tempestivamente eventuali criticità e adottare in modo proattivo misure correttive adeguate. Di seguito si riportano i principali rischi tecnici identificati e le relative strategie di mitigazione. **Rischio#1:** Incompatibilità tra gli apparati QKD selezionati e quelli installati negli altri nodi del testbed Sicilia o nel link FI-PI *Descrizione:* Differenze nei protocolli implementati, nelle interfacce software o nei formati di chiave possono ostacolare l'integrazione operativa del nodo. *Possibili azioni correttive:* selezione di apparati conformi a standard internazionali (es. ETSI GS QKD); adozione di middleware di astrazione per l'interoperabilità. **Rischio#2:** Prestazioni subottimali della fibra ottica tra Palermo e gli altri nodi (attenuazione, dispersione, interferenze) *Descrizione:* La qualità del canale ottico potrebbe non essere sufficiente a garantire una generazione stabile e sicura di chiavi quantistiche. *Possibili azioni correttive:* caratterizzazione dettagliata delle tratte ottiche in fase di progettazione; uso di tecnologie DWDM per isolamento dei canali. **Rischio#3:** Ritardi nella fornitura, installazione o configurazione degli apparati hardware QKD *Descrizione:* I tempi di approvvigionamento o installazione possono creare ritardi rispetto alla pianificazione prevista, posticipando le fasi di testing e integrazione. *Possibili azioni correttive:* studio approfondito dello stato dell'arte tecnologico; avvio di test preliminari in simulazione software; coordinamento con Attività 3.2 per eventuale supporto con apparati temporanei già disponibili a FI-PI. **Rischio#4:** Complessità nell'integrazione logica del nodo con l'infrastruttura FI-PI e nel coordinamento dei servizi federati *Descrizione:* Problemi di sincronizzazione, autenticazione o routing delle chiavi tra nodi remoti potrebbero ostacolare la federazione tra testbed. *Possibili azioni correttive:* utilizzo di meccanismi di sincronizzazione flessibili e supporto a federazione con identità multipla; test progressivi in ambienti simulati o sandbox prima della messa in esercizio reale; collaborazione con il team dell'Attività 3.2 per la definizione di una policy unificata di gestione della chiave. **Rischio#5:** Limitato coinvolgimento delle aziende nella fase di sperimentazione e formazione su applicativi QKD *Descrizione:* Le aziende partner potrebbero non disporre delle competenze o dell'infrastruttura per utilizzare efficacemente gli applicativi dimostrativi sviluppati. *Possibili azioni correttive:* sviluppo di toolkit QKD semplificati con interfacce utente intuitive (GUI, CLI) e API che adottano protocolli noti (ad es. REST) e ben documentate; organizzazione di workshop tecnico-pratici e supporto da remoto (helpdesk, tutorial, documentazione). *Giustificazione del budget* L'attività prevede 450 KEUR per attrezzature necessarie all'installazione e operazione del nodo QKD, oltre che per gli apparati ancillari per il loro funzionamento e integrazione con altri nodi QKD del testbed Sicilia e link FI-PI. Costi di TNA non sono rilevanti per questa attività. Non sono previsti inoltre fondi per pubblicazioni OA, raccolta dati FAIR, e comunicazione, in quanto si prevede che gli eventuali costi siano associati ad altre attività connesse alla presente. Infine, si prevedono circa 90 KEUR di personale per la progettazione del nodo QKD, la configurazione, messa in servizio, e monitoraggio degli apparati durante l'esecuzione dell'attività, la raccolta e analisi dei requisiti applicativi, la progettazione, sviluppo, e rilascio dei servizi dimostrativi basati su QKD per le aziende e 20 KEUR per TNA.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Implementazione nodo di Catania per la realizzazione di un anello di QKD in Sicilia

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A3.10-QKD-CT

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica e Informatica

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'obiettivo dell'attività è contribuire alla realizzazione di un anello QKD sperimentale tra Palermo, Catania e Messina, come caso d'uso avanzato di rete QKD su scala geografica, integrata in infrastrutture di rete ottica esistenti e predisposta all'interconnessione con altri nodi nazionali. Ad alto livello l'attività prevede: l'analisi tecnico-economica delle tratte ottiche disponibili e selezione dei siti per l'installazione dei nodi QKD (end-point ed eventuali nodi intermedi) e dei dispositivi di misura e monitoraggio; l'integrazione di apparati QKD con tecnologie di multiplexing (es. DWDM) e dispositivi di instradamento intelligente; la messa in esercizio del nodo Catania del testbed QKD Sicilia con servizi accessibili alle aziende partner via portale web o API dedicate; la federazione logica con il testbed FI-PI per l'erogazione di servizi su scala nazionale in modalità QKD-as-a-Service (QKDaaS). Nel dettaglio, l'attività si articola in due Obiettivi Realizzativi (OR), ciascuno caratterizzato da due KPI che determinano il loro pieno conseguimento. OR1: Pianificazione e progettazione del nodo QKD di Catania [M1–M18] Questo obiettivo è dedicato alla definizione completa del nodo QKD di Catania, che costituirà una componente chiave dell'anello QKD Sicilia. Le attività saranno condotte in stretta collaborazione con l'Attività 3.2, beneficiando dell'esperienza acquisita presso la sede CNR-IIT di Pisa nella realizzazione del collegamento Firenze–Pisa nel progetto PNRR RESTART. - Pianificazione tecnica del nodo di Catania, inclusa l'analisi della rete in fibra esistente, l'identificazione di eventuali stazioni intermedie, la valutazione della disponibilità infrastrutturale e la stima delle risorse ottiche e computazionali necessarie. - Progettazione dell'architettura di rete locale del nodo, con individuazione dei punti di accesso alla fibra, pianificazione degli eventuali apparati ottici passivi e attivi, e specifica dei requisiti di connettività con i nodi di Palermo e Messina. - Scelta e dimensionamento degli apparati QKD (es. moduli di trasmissione quantistica, ottiche, unità di processing e sincronizzazione) tenendo conto della compatibilità con gli standard internazionali (es. ETSI GS QKD) e con quanto già implementato nel collegamento FI-PI. - Definizione dei protocolli di comunicazione e gestione della chiave, con focus su interoperabilità, sicurezza e robustezza, in coerenza con le scelte adottate nel testbed FI-PI. - Raccolta e formalizzazione dei requisiti applicativi per la validazione del nodo, in particolare in relazione a use case realistici in ambito accademico e industriale (es. trasmissione sicura di dati sanitari, documenti legali, certificati di firma digitale, ecc.). KPI#1: Completamento del progetto di dettaglio del nodo QKD di Catania, comprensivo di specifiche di rete, apparati, protocolli e piano di integrazione con l'anello Sicilia. KPI#2: Pubblicazione di una relazione tecnica con i requisiti applicativi raccolti e il piano di validazione. Deliverable OR1: Documento contenente una relazione delle principali attività svolte, le specifiche del progetto del nodo QKD, i requisiti applicativi, il piano di sviluppo e messa in campo del nodo nella seconda fase dell'esecuzione dell'attività. OR2: Implementazione, collaudo e integrazione del nodo QKD di Catania [M19–M36] Questo obiettivo riguarda la realizzazione operativa del nodo QKD secondo il piano definito in OR1, la sua integrazione nell'infrastruttura quantistica siciliana e la connessione logica con il testbed FI-PI. Le attività includono anche lo sviluppo di applicativi dimostrativi per la sperimentazione da parte delle aziende, in vista del trasferimento tecnologico. - Installazione fisica e configurazione degli apparati QKD presso il sito selezionato a Catania, inclusi dispositivi ottici, moduli di generazione e rilevamento quantistico, sistemi di controllo e sincronizzazione. - Testing, calibrazione e validazione in campo, con particolare attenzione alla stabilità dei canali ottici, alla qualità della chiave (bit rate e QBER), e alla compatibilità con i nodi di Palermo e Messina. - Integrazione del nodo nel testbed QKD Sicilia, sia a livello fisico (connessione in fibra) sia a livello logico (condivisione dei servizi di gestione della chiave e orchestrazione dei flussi). - Federazione logica con il testbed QKD FI-PI, per l'esecuzione di esperimenti congiunti e la validazione di servizi cross-dominio su scala nazionale in logica QKDaaS. - Sviluppo di applicativi software dimostrativi, che utilizzino le chiavi QKD per scenari concreti (es. cifratura file system, VPN quantistica, protocolli TLS con chiavi QKD pre-condivise), da rendere disponibili per formazione e sperimentazione aziendale. KPI#3: Nodo QKD di Catania operativo e integrato funzionalmente con i nodi di Palermo e Messina, con trasmissione stabile della chiave e servizi base di orchestrazione attivi. KPI#4: Rilascio di almeno 2 applicativi dimostrativi basati su chiavi QKD, testati con almeno 3 aziende coinvolte in attività di formazione o proof-of-concept prototipale. Deliverable OR2: Documento contenente una relazione delle principali attività svolte relativamente all'integrazione fisica del nodo QKD con gli altri del testbed Sicilia e logica con il link FI-PI, i risultati ottenuti dagli esperimenti di calibrazione e validazione del nodo QKD, l'architettura software degli applicativi dimostrativi rilasciati, la descrizione delle attività di formazione/PoC svolte in

collaborazione con le aziende coinvolte. Analisi dei rischi L'attività presenta un carattere fortemente sperimentale e un elevato grado di innovazione tecnologica, che comporta inevitabilmente alcuni rischi tecnici. Tali rischi saranno oggetto di monitoraggio periodico, con una cadenza al massimo trimestrale, al fine di individuare tempestivamente eventuali criticità e adottare in modo proattivo misure correttive adeguate. Di seguito si riportano i principali rischi tecnici identificati e le relative strategie di mitigazione. Rischio#1: Incompatibilità tra gli apparati QKD selezionati e quelli installati negli altri nodi del testbed Sicilia o nel link FI-PI Descrizione: Differenze nei protocolli implementati, nelle interfacce software o nei formati di chiave possono ostacolare l'integrazione operativa del nodo. Possibili azioni correttive: selezione di apparati conformi a standard internazionali (es. ETSI GS QKD); adozione di middleware di astrazione per l'interoperabilità. Rischio#2: Prestazioni subottimali della fibra ottica tra Catania e gli altri nodi (attenuazione, dispersione, interferenze) Descrizione: La qualità del canale ottico potrebbe non essere sufficiente a garantire una generazione stabile e sicura di chiavi quantistiche. Possibili azioni correttive: caratterizzazione dettagliata delle tratte ottiche in fase di progettazione; uso di tecnologie DWDM per isolamento dei canali. Rischio#3: Ritardi nella fornitura, installazione o configurazione degli apparati hardware QKD Descrizione: I tempi di approvvigionamento o installazione possono creare ritardi rispetto alla pianificazione prevista, posticipando le fasi di testing e integrazione. Possibili azioni correttive: studio approfondito dello stato dell'arte tecnologico; avvio di test preliminari in simulazione software; coordinamento con Attività 3.2 per eventuale supporto con apparati temporanei già disponibili a FI-PI. Rischio#4: Complessità nell'integrazione logica del nodo con l'infrastruttura FI-PI e nel coordinamento dei servizi federati Descrizione: Problemi di sincronizzazione, autenticazione o routing delle chiavi tra nodi remoti potrebbero ostacolare la federazione tra testbed. Possibili azioni correttive: utilizzo di meccanismi di sincronizzazione flessibili e supporto a federazione con identità multipla; test progressivi in ambienti simulati o sandbox prima della messa in esercizio reale; collaborazione con il team dell'Attività 3.2 per la definizione di una policy unificata di gestione della chiave. Rischio#5: Limitato coinvolgimento delle aziende nella fase di sperimentazione e formazione su applicativi QKD Descrizione: Le aziende partner potrebbero non disporre delle competenze o dell'infrastruttura per utilizzare efficacemente gli applicativi dimostrativi sviluppati. Possibili azioni correttive: sviluppo di toolkit QKD semplificati con interfacce utente intuitive (GUI, CLI) e API che adottano protocolli noti (ad es. REST) e ben documentate; organizzazione di workshop tecnico-pratici e supporto da remoto (helpdesk, tutorial, documentazione). Giustificazione del budget L'attività prevede 375 KEUR per attrezzature necessarie all'installazione e operazione del nodo QKD, oltre che per gli apparati ancillari per il loro funzionamento e integrazione con altri nodi QKD del testbed Sicilia e link FI-PI. Si prevedono 5KEUR circa per attività relative ad open access e TNA. Infine, si prevedono circa 76 KEUR di personale per la progettazione del nodo QKD, la configurazione, messa in servizio, e monitoraggio degli apparati durante l'esecuzione dell'attività, la raccolta e analisi dei requisiti applicativi, la progettazione, sviluppo, e rilascio dei servizi dimostrativi basati su QKD per le aziende.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

AI-Assisted Near Field Optical Microscopy of Photonic Materials and Nano-Architectures

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.I-AIM-NANO

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Bio - photonics and imaging

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

➤ 11D1.20g: Descrizione dell'Attività

L'uso dell'Intelligenza Artificiale (IA) in combinazione con la Microscopia Ottica in campo vicino (SNOM) rappresenta una delle applicazioni più promettenti nel campo della scienza dei materiali e dello studio di architetture nanofotoniche complesse. L'integrazione dell'IA con la SNOM sta aprendo nuove frontiere sia nella comprensione che nello sviluppo di strutture nanofotoniche [1–3], oltre che nell'accelerare i tempi di acquisizione [4], con potenziali impatti rivoluzionari sia in ambito accademico che industriale. La SNOM si distingue per la sua capacità di superare il limite di diffrazione della luce sfruttando l'illuminazione di una nano-antenna che interagisce con la superficie del campione sotto indagine [5]. Tradizionalmente, le tecniche SNOM sono state limitate da complessità sperimentali, lunghi tempi di acquisizione [6], sfide nell'interpretazione del segnale quando si trattano sistemi complessi o materiali altamente eterogenei [7–8], e dalle difficoltà di modellare le interazioni tra sonda e campione [9]. La crescente domanda di caratterizzazione di materiali fotonici come metamateriali, nanostrutture plasmoniche, emettitori quantistici localizzati e architetture nanofotoniche di nuova generazione ha evidenziato i limiti degli approcci tradizionali, stimolando la ricerca di metodologie più avanzate e integrate. In questo contesto, le innovazioni metodologiche più recenti si sono concentrate su: ottimizzazione delle sonde [10], riduzione del rumore di fondo [11], sviluppo di tecniche di rilevamento più sofisticate [12], capacità di ottenere immagini più dettagliate in tempi più brevi [4,6], e modellizzazione accurata dell'interazione sonda–campione [1,9]. Tuttavia, interpretare le grandi quantità di dati generati dalla SNOM rimane complesso e spesso sono richieste competenze multidisciplinari e analisi approfondite soggette a errori o ambiguità. Da questa prospettiva, la formazione e l'implementazione di tecniche di Intelligenza Artificiale—in particolare Machine Learning e Reti Neurali Profonde—potrebbero rappresentare un cambiamento di paradigma fondamentale per la microscopia SNOM, in diversi aspetti chiave: Estrazione automatizzata di informazioni da grandi dataset - Gli algoritmi di IA possono analizzare enormi quantità di dati complessi di imaging, identificare pattern nascosti ed estrarre caratteristiche ottiche rilevanti che sarebbero difficili da individuare manualmente. Ciò consente di sviluppare un flusso di lavoro di imaging complesso che integra immagini ottiche e near-field (SNOM) con dati ottici, confocali, topografici (ad esempio, Microscopia a Forza Atomica, AFM) ed elettronici (scansione SEM o trasmissione TEM). Questo tipo di analisi può portare, ad esempio, al rilevamento di salti di fase nel campo elettromagnetico in sistemi multi-materiale o all'identificazione di emettitori quantistici localizzati in ambienti nanostrutturati, accelerando significativamente i processi di analisi e riducendo il margine di errore. Miglioramento delle immagini e riduzione dei tempi di acquisizione - Le tecniche di elaborazione basate sull'IA possono produrre immagini ad altissima risoluzione anche in presenza di rumore significativo, superando di gran lunga le capacità dei metodi convenzionali grazie al riconoscimento di artefatti e all'offerta di demodulazioni ottimizzate delle interazioni sonda–campione. Inoltre, l'IA può consentire lo sviluppo di nuove tecniche di scansione che riducono i tempi di misura mantenendo un'elevatissima risoluzione spaziale. Automazione e integrazione dei processi sperimentali - L'IA facilita l'automazione delle fasi di acquisizione, analisi e interpretazione, rendendo la microscopia più accessibile e ripetibile—anche a livello industriale. Ciò potrebbe portare allo sviluppo di tecniche avanzate di ottimizzazione dell'analisi delle immagini, coinvolgendo vari ordini di demodulazione del segnale. OBIETTIVO: Mappatura con SNOM, fotoluminescenza e AFM di materiali 2D a temperature criogeniche per l'estrazione di difetti localizzati supportata dall'IA. Le innovazioni metodologiche e tecnologiche derivanti dall'integrazione di IA e SNOM sono attese portare a applicazioni concrete in diversi ambiti di ricerca e sviluppo, oltre alla creazione di servizi innovativi, tra cui: - Studio di materiali fotonici avanzati: la capacità di caratterizzare e ingegnerizzare sistemi complessi come metamateriali, metasuperfici, pattern di Moiré, nanostrutture plasmoniche e dispositivi optoelettronici su scala nanometrica accelererà lo sviluppo di nuovi componenti per le telecomunicazioni, l'illuminazione, le tecnologie quantistiche e i sensori. - Analisi di nano-architetture per applicazioni biomedicali: la possibilità di mappare in dettaglio strutture biologiche e biomolecolari usando tecniche SNOM come la Tip-Enhanced Raman Spectroscopy supporterà lo sviluppo di biosensori altamente sensibili e dispositivi di diagnosi precoce. - Trasferimento di approcci SNOM potenziati dall'IA nel settore industriale, attraverso: (i) l'implementazione di sistemi di microscopia intelligenti e autonomi capaci di adattarsi in tempo reale alle condizioni sperimentali e di ottimizzare i parametri di acquisizione; (ii) lo sviluppo di strumenti di analisi predittiva per aiutare i reparti R&S a progettare materiali e strutture ottiche più efficienti; (iii) la fornitura di analisi rapide ed efficaci di grandi volumi di dati con feedback diretto sulle condizioni di misura. - Controllo remoto di una rete virtuale di laboratori di caratterizzazione nanometrica, creando un flusso di lavoro completo che integra varie tecniche di microscopia (ottica, confocale, Raman, SNOM, elettronica, AFM), accessibile online, dove ricercatori e aziende possono inviare campioni e ricevere analisi dettagliate assistite dall'IA—riducendo i tempi di

risposta e ampliando l'accesso a tecnologie avanzate. L'innovazione portata dalla SNOM assistita dall'IA va oltre miglioramenti incrementali delle tecniche esistenti, aprendo la strada a metodologie e paradigmi di ricerca completamente nuovi. Questi sviluppi consentono analisi più rapide, dettagliate e affidabili; il design preciso di materiali avanzati; e l'integrazione di diverse tecniche di microscopia in processi industriali ad alta precisione. La possibilità di offrire nuovi servizi di analisi e di automatizzare e democratizzare l'accesso a queste tecnologie rappresenta un passo decisivo verso una nuova era di innovazione nella nanotech e nelle applicazioni fotoniche, con benefici significativi sia per l'industria che per la ricerca scientifica. In questa prospettiva, la connessione e la condivisione delle conoscenze con il nodo LENS di Lecce rappresentano una forza chiave per lo sviluppo delle attività proposte. L'attività consiste nei seguenti obiettivi realizzativi: OR 4.1.1 [M1-M18] Implementazione del setup SNOM esistente principalmente con sorgenti laser ultrastabili. KPI 4.1.1. Collaudo dei sistemi laser da accoppiare allo SNOM. DELIVERABILE D4.1.1 [M18] Relazione relativa all'acquisizione e collaudo del sistema laser da implementare ad un sistema SNOM criogenico. OR 4.1.2 [M19-M36] Sviluppo di un'analisi di big data assistita dall'intelligenza artificiale per l'identificazione di difetti localizzati nelle mappe di fotoemissione, AFM e SNOM di materiali strutturati 2D. KPI 4.1.2. Mappatura di fotoemissione criogenica SNOM e sviluppo di algoritmi di IA per l'ispezione dei difetti. DELIVERABILE D4.1.2 [M36] Relazione sullo sviluppo di un algoritmo di IA e sull'analisi di successo di difetti localizzati in materiali 2D nanostrutturati dalle mappe SNOM.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Platform for nanofabrication and development of reconfigurable multiphoton materials

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.2-N-PHOTOMAT

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Beyond-Nano CS

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

La scoperta di materiali funzionali riconfigurabili o "intelligenti" è fondamentale per il progresso delle tecnologie emergenti in settori quali fotonica, biofotonica, sistemi energetici e dispositivi adattivi, per citarne alcuni. Le tecniche tradizionali di modellazione molecolare, sebbene accurate, sono spesso limitate dai costi computazionali e dalla scalabilità limitata. In questa attività viene proposto un approccio innovativo che sfrutta tecniche di intelligenza artificiale (IA), utilizzando modelli di apprendimento automatico addestrati su ampi set di dati chimico-fisici, per prevedere e ottimizzare strutture molecolari ad alte prestazioni per la sintesi di nuovi materiali con proprietà riconfigurabili. Gli algoritmi di deep learning possono esplorare automaticamente lo spazio delle configurazioni molecolari, identificando pattern molecolari associati a prestazioni ottimali e generando proposte progettuali per nuovi fotopolimeri o idrogel funzionali. L'IA supporta l'ottimizzazione dei materiali e la loro integrazione nei processi di fabbricazione a multifotone, accelerando le iterazioni tra modellazione e prototipazione. Un obiettivo chiave è garantire che questi nuovi materiali siano compatibili con le workstation (strumentazione che riunisce in un unico apparato più tecniche di fabbricazione multifotone) per la fabbricazione multifotone, in particolare con la polimerizzazione a due fotoni [1], che consente la fabbricazione 3D ad alta risoluzione di nanostrutture. Utilizzando questi nuovi

materiali, è possibile realizzare stampe 4D e quindi passare da micro/nanostrutture statiche a strutture dinamiche, adattive e intelligenti. Inoltre, le workstation per la fabbricazione multifotone vanno oltre la semplice fotopolimerizzazione, offrendo una versatilità senza precedenti per la fabbricazione di micro e nanostrutture 3D complesse. Infatti, la chiave di queste workstation avanzate risiede nell'utilizzo di laser pulsati ultraveloci, tipicamente laser a femtosecondi (fs). Questi laser forniscono impulsi estremamente brevi con una potenza di picco molto elevata, il che porta a interazioni altamente localizzate e non lineari con i materiali, quindi in volumi molto ridotti. Questa interazione non lineare è ciò che consente la polimerizzazione multifotone (MPP), ma sblocca anche un'ampia gamma di altri meccanismi di fabbricazione come, ad esempio, l'ablazione laser a femtosecondi (FSLA) / microablazione, l'incisione laser selettiva (SLE) / l'incisione laser selettiva indotta (SLIE), la modifica dell'indice di rifrazione / la scrittura di guide d'onda e la microsaldatura. La combinazione dello sviluppo di nuovi materiali "intelligenti" con una workstation multifotone consente la fabbricazione di dispositivi complessi che richiedono processi sia additivi (accumulo di materiale, come l'MPP) che sottrattivi (rimozione di materiale, come l'ablazione). Gli attuali fotoresist per MPP, sebbene adatti a strutture statiche, spesso non sono in grado di produrre dispositivi riconfigurabili o riconfigurabili dinamicamente, limitandone l'utilità per applicazioni fotoniche avanzate. Per ovviare a questa limitazione, negli ultimi anni si è registrato un crescente interesse nello sviluppo di nuovi materiali riconfigurabili per la tecnica di stampa MPP. Tra i vari materiali, l'idrogel [2], la memoria di forma [3] e i polimeri liquido cristallini (LCP) sono i più comunemente utilizzati per la realizzazione di microstrutture riconfigurabili [4-6]. Lo sviluppo di materiali riconfigurabili specificamente per la litografia multifotonica (MPL) implica una stretta intersezione tra chimica dei polimeri, fisica e scienza dei materiali. L'obiettivo è progettare materiali che non siano solo fotosensibili all'assorbimento di due fotoni, ma che possiedano anche proprietà intrinseche "intelligenti" che consentano loro di cambiare forma o funzione in risposta a uno stimolo esterno. Incorporando i vincoli di fabbricazione direttamente nel processo di progettazione, il framework dell'IA non solo accelera la scoperta dei materiali, ma ne garantisce anche la fattibilità pratica. In particolare, i vincoli considerati saranno l'assorbimento, la viscosità, il fotoiniziatore, il reticolante, la concentrazione dei materiali droganti, la biocompatibilità e il costo. Lo sviluppo di materiali riconfigurabili per la fabbricazione multifotone apre una vasta gamma di possibilità in numerosi settori high-tech. In effetti, la capacità di creare strutture dinamiche, adattive e funzionali su scala micro/nano è estremamente interessante per settori quali l'ingegneria biomedica e healthcare (ad esempio, sistemi di somministrazione di farmaci, ingegneria tissutale, organ-on-a-chip), l'ottica e la fotonica (ad esempio, dispositivi fotonici sintonizzabili, ottica adattiva, lidar), la micro/soft robotica e gli attuatori, la micro-nanoelettronica (sensori intelligenti, dispositivi indossabili, superfici adattive), l'energia, l'aerospaziale e la difesa. Pertanto, la combinazione di una workstation multifotone con materiali riconfigurabili posiziona la nuova piattaforma di nanofabbricazione come una risorsa strategica per l'infrastruttura AI-PHOQUS e per l'industria, in particolare per quella localizzata nelle regioni del Sud Italia. All'interno del progetto AI-PHOQUS, la piattaforma può supportare l'attività 5.5 del nodo Lens di Messina con la fabbricazione di sensori avanzati per applicazioni biomediche e l'attività 6.2 del nodo Lens di Lecce per lo sviluppo di nuove celle solari. Da un punto di vista tecnologico, il valore di punta dell'attività proposta è la capacità di andare oltre la stampa 3D statica per realizzare micro e nano-dispositivi dinamici, multifunzionali e multimateriale, con un elevato grado di trasferibilità del dispositivo realizzato nella vita quotidiana. La capacità di strutturare con precisione materiali riconfigurabili (intelligenti) ad alta risoluzione consente la realizzazione di dispositivi con cambiamenti di forma pre-programmati o risposte funzionali a stimoli esterni (temperatura, luce, pH, ecc.), come microsensori auto-installanti, ottiche regolabili o microrobot morbidi. Inoltre, la capacità di integrare perfettamente diversi materiali (polimeri, ceramiche, metalli, vetro) in un'unica struttura 3D/4D su scala micro/nano, superando la limitazione del singolo materiale tipica della maggior parte della produzione additiva, consente la produzione di componenti con funzionalità localizzate. Ad esempio, la creazione di un microrobot polimerico con percorsi metallici conduttivi integrati per i segnali elettrici, o di un chip microfluidico in vetro con valvole polimeriche e guide ottiche integrate. Questo è fondamentale per sensori, attuatori e sistemi nano/micro integrati di nuova generazione. Infine, la piattaforma consente la nano/micro-fabbricazione ibrida combinando tecniche additive (MPP) e sottrattive (ablazione, SLE) all'interno della stessa workstation, consentendo un maggiore grado di libertà e complessità di progettazione. Ad esempio, il dispositivo può essere realizzato con una struttura polimerica 3D complessa, per poi ablarne con precisione le caratteristiche o creare canali interni nel vetro o viceversa. Nell'ambito dell'infrastruttura AI-PHOQUS, tutte le capacità/caratteristiche sopra menzionate della piattaforma di nanofabbricazione proposta possono essere offerte come servizio sia al mondo accademico che a quello industriale. Inoltre, l'interazione con le industrie può essere correlata anche alla produzione di componenti ad alta precisione in piccoli volumi, come avvenuto in passato con la fabbricazione tramite polimerizzazione a due fotoni di particolari ugelli 3D utilizzati con tecniche di placcatura metallica, prototipazione rapida e interazione per lo sviluppo di prodotti e ingegneria delle superfici, solo per citarne alcune. In conclusione, la workstation multi-fotone con funzionalità di stampa 4D consente alla piattaforma proposta di diventare una micro e nano-fonderia

specializzata, offrendo servizi di fabbricazione innovativi che consentono la ricerca e lo sviluppo all'avanguardia. REFERENCE [1] Wang, H.; et al. "Two-Photon Polymerization Lithography for Optics and Photonics: Fundamentals, Materials, Technologies, and Applications" *Advanced Functional Materials* 2023, 33, 2214211. <https://doi.org/10.1002/adfm.202214211>. [2] Champeau, M.; Heinze, D. A.; Viana, T. N.; de Souza, E. R.; Chinellato, A. C.; Titotto, S. "4D Printing of Hydrogels: A Review" *Advanced Functional Materials* 2020, 30 (31), 1910606. <https://doi.org/10.1002/adfm.201910606>. [3] Spiegel, C. A.; Hackner, M.; Bothe, V. P.; Spatz, J. P.; Blasco, E. "4D Printing of Shape Memory Polymers: From Macro to Micro". *Advanced Functional Materials* 2022, 32 (51), 2110580. <https://doi.org/10.1002/adfm.202110580>. [4] Martella, D.; Nocentini, S.; Nuzhdin, D.; Parmeggiani, C.; Wiersma, D. S. "Photonic Microhand with Autonomous Action". *Advanced Materials* 2017, 29 (42), 1704047. <https://doi.org/10.1002/adma.201704047>. [5] Nocentini, S.; Martella, D.; Parmeggiani, C.; Zanotto, S.; Wiersma, D. S. "Structured Optical Materials Controlled by Light". *Advanced Optical Materials* 2018, 6 (15), 1800167. <https://doi.org/10.1002/adom.201800167>. [6] del Pozo, M.; Sol, J. A. H. P.; Schenning, A. P. H. J.; Debije, M. G. "4D Printing of Liquid Crystals: What's Right for Me?". *Advanced Materials* 2022, 34 (3), 2104390. <https://doi.org/10.1002/adma.202104390>. L'attività si articola nei seguenti obiettivi realizzati: OR 4.2.1 [M1-M18] Sintesi, caratterizzazione e stampa di una nuova classe di fotomateriali riconfigurabili ottimizzati per la polimerizzazione a due fotoni (2PP) KPI 4.2.1. Risoluzione 2PP: Dimensioni ottenibili delle caratteristiche strutturali (ad esempio, larghezza minima media della linea, dimensione minima del vuoto) nel materiale polimerizzato, con l'obiettivo di <200 nm DELIVERABLE D4.2.1 [M18] Relazione sulla modellazione tramite AI, sintesi, caratterizzazione e nanofabbricazione dei nuovi materiali multifotone riconfigurabili OR 4.2.2 [M19-M36] Sviluppare e validare almeno un dimostratore multimateriale, un dispositivo multifunzionale che utilizzi i nuovi materiali riconfigurabili KPI 4.2.2. Stabilità del materiale: durata di conservazione della resina non polimerizzata (ad esempio, settimane/mesi senza degradazione) e stabilità del materiale polimerizzato (ad esempio, resistenza alla degradazione, creep nel tempo). KPI 4.2.3 Numero di collaborazioni avviate: minimo 2 collaborazioni attive con il mondo accademico e industriale entro la durata del progetto. DELIVERABLE D4.2.2 [M36] Prototipo completamente funzionale di un microdispositivo multimateriale e multifunzionale.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

AI-assisted quantum-enhanced fiber optic inertial and thermal sensing

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.3-QEFOS

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-INO Sensori in fibra ottica assistiti da intelligenza artificiale

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Questa attività è incentrata sullo sviluppo di sensori in fibra ottica (FOS) assistiti dall'IA, in particolare sensori in fibra ottica distribuiti (DOFS) e sensori quantistici inerziali in fibra ottica (IFOQS). Un DFOS è definito come un sensore intrinseco, poiché sfrutta le proprietà fisiche della luce che viaggia lungo una fibra per rilevare cambiamenti di temperatura, deformazione, onde acustiche e altri parametri. Il DFOS utilizza la

fibra stessa come sensore per creare migliaia di punti di rilevamento continui. L'uso dei DOFS ha registrato un aumento significativo in diverse applicazioni di monitoraggio, che comprendono parametri come temperatura, vibrazioni, deformazioni e campi magnetici. A differenza delle tecniche di rilevamento convenzionali, i DOFS offrono numerosi vantaggi, tra cui dimensioni compatte, design leggero, immunità alle interferenze elettromagnetiche ed eccezionale adattabilità. Inoltre, queste soluzioni dimostrano resilienza in ambienti pericolosi e possono essere facilmente integrate nelle strutture con un'invasività minima. La capacità dei DOFS di misurare temperature e deformazioni lungo una singola fibra per il monitoraggio di grandi strutture come dighe, gallerie, condotte idriche, ponti e frane, consente il rilevamento e la localizzazione di movimenti, perdite, deflessioni e zone di infiltrazione, con una sensibilità e una precisione di localizzazione irraggiungibili con le tecniche di misurazione convenzionali. Tuttavia, quando sono necessarie un'elevata risoluzione spaziale e/o il monitoraggio di vaste aree, i DOFS devono gestire grandi e complessi set di dati, oltre a diverse fonti di rumore intrinseche e perturbazioni ambientali. Nel quadro di questa attività, prevediamo di realizzare una piattaforma di rilevamento assistita dall'IA basata sui DFOS. L'intelligenza artificiale migliorerà la gestione e l'analisi di grandi set di dati, l'ottimizzazione delle reti di monitoraggio multisensoriale e la modellazione fisica delle infrastrutture e dei siti monitorati. Le aziende target per questa attività sono: comuni; autorità regionali; grandi aziende pubbliche/private che gestiscono la distribuzione di gas ed elettricità, le reti autostradali e ferroviarie, i porti e gli aeroporti; aziende private coinvolte nell'industria automobilistica, navale e aerospaziale. I sensori inerziali sono cruciali in vari settori, come la grande industria, l'automotive, l'elettronica di consumo, la robotica, i veicoli autonomi e intelligenti, la geodesia e la navigazione terrestre-marittima-aerospaziale. Il mercato delle Unità di Misura Inerziali (IMU) sta crescendo esponenzialmente, con una proiezione stimata di circa 40 miliardi di dollari entro il 2030. Finora, molte tecnologie sono state sviluppate e implementate nei sensori inerziali commerciali. La maggior parte di esse si basa su principi di trasduzione meccanici, elettrici e ottici e sulle loro combinazioni. L'implementazione di tecnologie quantistiche potrà avere un elevatissimo impatto sullo sviluppo di sensori per misure inerziali/meccaniche. Tuttavia, le prestazioni complessive degli IFOQS devono essere migliorate per essere paragonabili e superare i sensori classici. In particolare, l'interferometria a fotoni entangled è emersa negli ultimi anni come una delle tecniche più promettenti per realizzare IFOQS, quali giroscopi (FOGs) e accelerometri (FOAs). La maggiore precisione di misurazione che può essere raggiunta con questi sistemi può superare il limite quantistico standard, migliorando così le prestazioni e riducendo gli errori statistici dovuti al rumore quantistico. Per estrapolare i valori dei parametri fisici dalle misure interferometriche, l'intero sistema deve essere modellato e simulato numericamente propagando gli stati entangled attraverso l'interferometro. Allo stesso tempo, si prevede la generazione di complessi set di dati multidimensionali. Nel quadro di questa attività, prevediamo di realizzare una piattaforma per misure inerziali assistita dall'IA basata su FOGs e FOAs. L'intelligenza artificiale contribuirà a migliorare le prestazioni complessive in termini di modellazione, analisi dei dati e stima dei parametri fisici, nonché di analisi predittiva e ottimizzazione del sistema. Le prestazioni della piattaforma saranno testate per il monitoraggio sismico presso la stazione di osservazione ROTOR, situata nei laboratori del CNR-INO nel cuore dell'area vulcanica dei Campi Flegrei. La stazione acquisisce continuamente dati per misurare in tempo reale accelerazioni e rotazioni indotte dai terremoti. I dati sono gestiti dal CNR-INO e condivisi con l'INGV - Osservatorio Vesuviano. Inoltre, l'intelligenza artificiale sarà utilizzata anche per analizzare complessi set di dati sismici multiparametrici e combinarli con modelli teorici geofisici per studiare le attività sismiche e vulcaniche nell'area dei Campi Flegrei. Le aziende target per questa attività sono: comuni; autorità regionali; enti pubblici coinvolti nel monitoraggio e nella sorveglianza sismica/strutturale; aziende private coinvolte nell'industria automobilistica, navale e aerospaziale. L'attività consiste nei seguenti obiettivi realizzativi: OR4.3.1 [M1-M18] Progettazione e sviluppo di sistemi distribuiti in fibra ottica assistiti da IA per il rilevamento termico e di sensori inerziali in fibra ottica potenziati quantisticamente e assistiti da IA. KPI 4.3.1.1 Rilevamento distribuito multiparametrico su 1 km, risoluzione minima di 1 K. KPI 4.3.1.2 Accelerometro in fibra ottica, sensibilità 10 pm/g, banda passante 1 Hz – 1kHz. Giroscopio in fibra ottica, sensibilità 10^{-5} rad/s, banda passante 1 Hz – 100 Hz. DELIVERABLE D4.3.1 [M18] Installazione e configurazione del sistema distribuito in fibra ottica e dei sensori inerziali in fibra ottica potenziati quantisticamente. OR4.3.2 [M19-M36] Test, caratterizzazione e ottimizzazione tramite IA del sistema distribuito in fibra ottica e dei sensori inerziali in fibra ottica. KPI 4.3.2.1 Rilevamento distribuito multiparametrico su 10 km, risoluzione minima di 0,1 K. KPI 4.3.2.2 Accelerometro in fibra ottica, sensibilità 100 pm/g, banda passante 1 Hz – 10 kHz. KPI 4.3.2.3 Giroscopio in fibra ottica, sensibilità 10^{-5} rad/s, banda passante 0,1 Hz – 1 kHz DELIVERABLE D4.3.2 [M36] Caratterizzazione completa e ottimizzazione tramite intelligenza artificiale del sistema distribuito in fibra ottica e dei sensori inerziali in fibra ottica “quantum-enhanced”.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02,...)**

01

➤ **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

AI-enabled Biohybrid Optical Sensors

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.4-AI-BIOS

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Bio - photonics and imaging

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Negli ultimi anni l'interazione tra biologia ed elettronica ha dato origine ad approcci innovativi per lo sviluppo di tecnologie bioispirate che potrebbero portare alla realizzazione di dispositivi flessibili, biodegradabili e biocompatibili. I sistemi biologici, frutto di milioni di anni di evoluzione, presentano proprietà strutturali e funzionali straordinarie, spesso superiori a quelle dei materiali di sintesi sia in termini di complessità che di efficienza. Sfruttando queste architetture naturali, è possibile progettare e realizzare dispositivi optoelettronici con prestazioni migliorate, nuove funzionalità e maggiore sostenibilità. Una delle aree più promettenti di questa ricerca interdisciplinare è l'utilizzo di strutture biologiche – principalmente proteine e membrane – come componenti attivi di dispositivi fotonici. Tali strutture offrono vantaggi unici, tra cui la capacità di self-assembly e la possibilità di modulare le risposte ottiche su scala nanometrica, caratteristica difficile da ottenere con i metodi convenzionali di fabbricazione. In questo contesto, molecole o proteine fotoattive possono essere efficacemente impiegate in sensori ottici, permettendo di modulare in modo fine e reversibile la risposta a stimoli ottici. Le molecole fotoisomerizzanti sono una classe di materiali capaci di cambiare la propria struttura chimica in risposta alla luce. Tra gli esempi più comuni ci sono i derivati dell'azobenzene, che, esposti a specifiche lunghezze d'onda della luce, possono assumere configurazioni diverse: l'isomero trans (più stabile e allungato) o l'isomero cis (più corto, ripiegato su sé stesso e ad alta energia). La fotoisomerizzazione comporta una modifica delle dimensioni, della polarità e della reattività della molecola, tutte proprietà utili per controllare sistemi su scala nanometrica. Grazie alla capacità di compiere ripetuti cicli di fotoisomerizzazione senza degradarsi né perdere reattività, queste molecole sono state impiegate come elementi fotoattivi in membrane, canali ionici e cellule, permettendo, attraverso i loro movimenti conformazionali, una modulazione precisa e controllata dalla luce di varie proprietà della membrana, come organizzazione, fluidità, permeabilità e risposta elettrica. Le proteine fotoattive, come le rodopsine, sono molecole biologiche che hanno la capacità di assorbire fotoni con alta efficienza e convertirli in segnali elettrici. In natura si trovano in cellule specializzate degli animali, come i coni e i bastoncelli della retina dove sono fondamentali per la vista. Le rodopsine sono costituite da una parte proteica e da una piccola molecola sensibile alla luce, chiamata retinale, che deriva dalla vitamina A. Il retinale è legato alla proteina e rappresenta il vero e proprio cromoforo, cioè la parte che interagisce con la luce. Quando assorbe un fotone, il retinale subisce un cambiamento nella sua forma geometrica – da 11-cis a tutto-trans – e questo cambiamento, a sua volta, induce una trasformazione nella struttura della proteina, avviando una cascata di reazioni enzimatiche che alterano la conducibilità della membrana cellulare e portano al rilascio di neurotrasmettitori, modulando così i neuroni successivi. In particolare, le channelrhodopsins o le bacteriorhodopsins sono particolarmente interessanti perché quando assorbono in singolo fotone, subiscono un cambiamento conformazionale che provoca l'apertura di un canale interno permettendo il passaggio di ioni come sodio o potassio attraverso la membrana cellulare: un vero e proprio interruttore ionico controllato dalla luce. Questa attività di ricerca si concentrerà sullo sviluppo di retine

artificiali, costituite da reti interconnesse di sensori ottici bio-ibridi che incorporano molecole o proteine fotoattive. Quando esposti alla luce, questi sistemi bioibridi subiscono variazioni misurabili di conducibilità e capacità. Le risposte elettriche dinamiche così ottenute saranno analizzate in tempo reale tramite algoritmi avanzati di intelligenza artificiale, i quali non solo consentiranno la decodifica e l'interpretazione dei segnali, ma guideranno anche la progettazione di nuove molecole e proteine fotoattive più veloci, stabili ed efficienti. I dispositivi bio-ibridi saranno sviluppati integrando molecole o proteine fotoattive in sistemi acellulari basati su membrane artificiali, come la cosiddetta Black Lipid Membrane (BLM), un bilayer fosfolipidico sospeso tra due compartimenti contenenti una soluzione elettrolitica. Tali sistemi offrono numerosi vantaggi in termini di sensibilità, stabilità e miniaturizzazione rispetto ai metodi elettrofisiologici classici che utilizzano cellule e sono quindi ideali per l'integrazione in dispositivi optoelettronici. L'attività verrà condotta seguendo due approcci innovativi non ancora esplorati in applicazioni pratiche. Il primo approccio consiste nell'impiegare molecole fotoisomerizzanti di nuova concezione, capaci di generare una risposta fotoelettrica significativa grazie all'impiego di strutture chimiche relativamente semplici, differenti da quelle delle molecole fotocromiche comunemente utilizzate (come i foto-lipidi o gli azobenzeni a catena lunga). Questa configurazione strutturale introdurrà un meccanismo d'azione innovativo e potenzialmente più efficiente. I fotolipidi convenzionali mostrano un aumento della corrente solo in presenza di luce, quando le molecole assumono la configurazione cis; in quei casi, si ritiene che l'impacchettamento della membrana venga disturbato e che si formino pori transitori, con conseguente aumento della permeabilità e della conduttività. Al contrario, le molecole innovative qui proposte, progettate anche con il supporto dell'intelligenza artificiale, determinano un aumento della corrente quando si trovano nella configurazione trans, grazie alla formazione di "fili molecolari conduttivi controllati dalla luce" che si instaurano tra le molecole presenti sui due versanti opposti della membrana. Un aspetto cruciale di questo sistema è che l'incremento della conduttività non comporta una destabilizzazione della membrana: di conseguenza, il dispositivo presenta una maggiore affidabilità operativa e una stabilità superiore rispetto ai sistemi finora noti. Il secondo approccio prevede l'utilizzo di proteorodopsine, come ad esempio la proteina Tara76, in sistemi acellulari in grado di rilevare singoli fotoni. Tali proteine sono delle pompe protoniche attivate dalla luce, possono essere espresse in batteri e sono ed è estremamente resistenti a diverse condizioni ambientali. Queste caratteristiche le rendono particolarmente adatte per l'integrazione in dispositivi acellulari e biocompatibili, permettendo una sostanziale riduzione delle dimensioni rispetto ai dispositivi esistenti e risultando potenzialmente utili sia per le tecnologie quantistiche che per applicazioni biomediche. L'attività prevede la produzione delle proteine in batteri, la loro ricostituzione nella sua conformazione funzionale tramite l'utilizzo di nanodischi di proteine e lipidi e l'integrazione in membrane artificiali formate all'interno di dispositivi microfluidici. Anche in questo caso, tecniche di AI verranno impiegate per ottimizzare la selezione e l'ingegnerizzazione delle varianti proteiche più promettenti. Tali dispositivi saranno in grado di convertire fotoni in segnali elettrici mediati dall'apertura dei canali ionici e potranno essere utilizzati come sensori ottici per applicazioni biomediche o come componenti di networks per lo sviluppo di retine artificiali. L'attività sarà sviluppata nei seguenti obiettivi realizzativi: OR 4.4.1 [M1-M18] Realizzazione di un prototipo funzionale con caratterizzazione della risposta ottica ed elettrica. KPI 4.4.1. - Ottenere una variazione di almeno il 50% della conduttività della membrana tra gli stati di buio e di luce. DELIVERABLE D4.4.1 [M18] Relazione sulla fabbricazione e caratterizzazione di sensori ottici bioibridi. OR 4.4.2 [M19-M36] Assemblaggio di un sistema multi-unità di sensori bio-ibridi con risposte elettriche attivate dalla luce e analisi del segnale in tempo reale basata sull'intelligenza artificiale per la decodifica del modello luminoso. KPI 4.4.2. - Il dimostratore deve mostrare una fedeltà $\geq 60\%$ nel rilevamento e nella decodifica di schemi luminosi strutturati, con l'interpretazione del segnale eseguita in tempo reale dal modulo AI. DELIVERABLE D4.4.2 [M36] Relazione sullo sviluppo del dimostratore a più unità.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Attosecond XUV and soft x beamlines for advanced spectroscopy

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.5-AICAS

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-IFN sede di Milano

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

La scienza degli attosecondi (attosecond science) riguarda lo studio e la manipolazione di processi che avvengono su scale temporali dell'ordine degli attosecondi (1 attosecondo = 10^{-18} secondi). Questo campo ha visto rapidi progressi grazie agli sviluppi nella generazione e misurazione di impulsi luminosi ultraveloci. Lo sviluppo della generazione di armoniche di ordine elevato (HHG) nei gas è stata una tecnica fondamentale, che ha permesso la produzione di radiazione coerente XUV (ultravioletto estremo), necessaria per generare impulsi ad attosecondi. Una delle scoperte più significative nella scienza degli attosecondi è stata la realizzazione di impulsi isolati ad attosecondi, cruciali per avviare e indagare processi elettronici ultraveloci in atomi, molecole e solidi. Tecniche come la streak camera ad attosecondi e la reconstruction of attosecond beating by interference of two-photon transitions (RABBITT) sono diventate strumenti fondamentali per la caratterizzazione temporale di questi impulsi. I recenti progressi nella tecnologia laser, in particolare nell'amplificazione e nel controllo della fase degli impulsi laser femtosecondi, hanno notevolmente migliorato la precisione e la potenza della generazione di impulsi ad attosecondi. L'introduzione di laser con emissione nel medio infrarosso ha esteso l'energia di cutoff degli spettri HHG, permettendo di accedere a scale temporali ancora più brevi e a energie fotoniche più elevate. Nella spettroscopia ad attosecondi, applicazioni come la spettroscopia fotoelettronica risolta nel tempo hanno offerto nuove e straordinarie prospettive nella dinamica elettronica, rivelando fenomeni come i processi di migrazione di carica in una varietà di sistemi. Gli esperimenti hanno catturato fenomeni ultraveloci come i ritardi nell'emissione fotoelettronica da diversi orbitali atomici, correlazioni elettroniche intramolecolari e transizioni non adiabatiche, migliorando così la comprensione della dinamica quantistica fondamentale. Gli sviluppi teorici hanno accompagnato i progressi sperimentali, con simulazioni quantistiche che aiutano a svelare le complessità della dinamica elettronica osservata negli esperimenti. Gli approcci computazionali hanno affrontato le sfide nell'interpretazione delle misure ad attosecondi, offrendo previsioni che guidano la progettazione degli esperimenti. Le beamline femto- e attosecondi nell'ultravioletto estremo (XUV) disponibili nell'infrastruttura I-PHOQS rappresentano una delle frontiere più avanzate della spettroscopia ultraveloce, permettendo l'esplorazione in tempo reale di processi elettronici e strutturali su scale temporali inferiori al femtosecondo. Questi sistemi altamente complessi richiedono un controllo dinamico e preciso dei parametri del fascio (durata dell'impulso, fase di inviluppo-portante, forma spettrale) e strumenti diagnostici e di analisi dati sofisticati. Attualmente, tali operazioni sono gestite principalmente da operatori esperti, con procedure in parte automatizzate ma ancora fortemente dipendenti dall'intervento umano. Le attività proposte presentano un'innovazione significativa che va oltre i semplici miglioramenti incrementali in diversi ambiti, guidata principalmente dall'integrazione di Intelligenza Artificiale (IA) e Machine Learning (ML) nelle tecniche spettroscopiche avanzate e nelle infrastrutture sperimentali complesse. – Novità scientifica o metodologica con potenziali ricadute applicative per il mondo produttivo: Identificazione migliorata degli stati molecolari transitori: attraverso l'uso di algoritmi di ML, la ricerca punta a riconoscere pattern e correlazioni all'interno dei dataset per identificare stati transitori della dinamica molecolare che sarebbero difficilmente rilevabili con metodi di analisi tradizionali. Ciò consente una caratterizzazione più precisa dei processi elettronici ultraveloci, rappresentando un avanzamento scientifico significativo nella comprensione del comportamento molecolare fondamentale su scale temporali estremamente brevi. Interpretazione più rapida e accurata dei dati relativi alla dinamica ultraveloce: l'IA si sta rivelando estremamente efficace nella risoluzione di problemi di recupero di fase nelle tecniche di caratterizzazione di impulsi ad attosecondi e nelle misure pump-probe, permettendo una ricostruzione più veloce e precisa dei profili temporali e delle dinamiche luce-materia. Inoltre, l'IA può connettere i dati sperimentali con i modelli teorici, abilitando una rapida stima dei parametri e un'analisi delle incertezze, migliorando così l'interpretazione e la validazione dei modelli. Questo progresso metodologico accelera significativamente la scoperta e la comprensione dei fenomeni ultraveloci. – Innovazione tecnologica o metodologica trasferibile al mondo produttivo: IA per l'ottimizzazione e il controllo in tempo reale delle beamline. L'IA si configura come elemento chiave per il

funzionamento e lo sfruttamento delle beamline XUV femto- e attosecondi, inclusa l'ottimizzazione in tempo reale dei parametri del fascio (es. durata dell'impulso, fase involuppo-portante, forma spettrale) per migliorare la stabilità e l'efficienza nella generazione di impulsi ad attosecondi. Sistemi di feedback basati su IA, inclusi metodi di apprendimento per rinforzo, possono gestire efficientemente processi non lineari come la generazione di armoniche. In particolare, il reinforcement learning potrebbe essere utilizzato per regolare automaticamente i parametri dei sistemi laser in tempo reale, mantenendo l'allineamento e la stabilità e garantendo così prestazioni ottimali. Queste metodologie di controllo e ottimizzazione basate su IA sono ampiamente trasferibili ad altri sistemi industriali complessi che richiedono controllo dinamico e preciso.

Gemelli digitali (digital twins) per il controllo predittivo e la diagnostica: L'integrazione di gemelli digitali (digital twins), repliche virtuali della beamline e del setup sperimentale, consente un controllo predittivo e una diagnostica avanzata. Combinando dati sperimentali in tempo reale con modelli fisici e algoritmi di IA, i gemelli digitali permettono monitoraggio continuo, simulazione di scenari e previsione di guasti, migliorando l'affidabilità del sistema e riducendo i tempi di inattività. Questo concetto è altamente trasferibile alla gestione di asset industriali, alla manutenzione predittiva e all'efficienza operativa in vari settori.

Allineamento e diagnostica automatizzati: lo sviluppo di strumenti automatizzati per l'allineamento e la diagnostica, basati su computer vision e deep learning, può semplificare la configurazione delle beamline e garantirne un funzionamento stabile. Questa capacità di automazione è direttamente applicabile alla produzione ad alta precisione, al controllo qualità e alla configurazione automatizzata di esperimenti in diversi ambiti industriali. Progettazione sperimentale e acquisizione dati guidate dall'IA: l'IA può guidare gli esperimenti identificando le regioni più informative dello spazio dei parametri da esplorare, migliorando così l'efficienza e la qualità dei dati. Questa strategia di progettazione intelligente degli esperimenti può ridurre significativamente il consumo di risorse e accelerare i processi di scoperta nella R&S industriale.

Analisi avanzata dei dati tramite IA per dataset complessi: per i dataset complessi e ad alta dimensionalità generati dagli esperimenti spettroscopici avanzati, le tecniche di analisi basate su IA – come riduzione dimensionale, riconoscimento di pattern e modelli generativi – possono estrarre intuizioni fisiche significative e rivelare correlazioni nascoste nei processi dinamici. Questa capacità di elaborare e interpretare in tempo reale grandi volumi di dati complessi rappresenta un'esigenza critica in molti settori industriali.

– **Nuovi servizi che l'Infrastruttura di Ricerca (IR) può offrire alla ricerca e all'industria:** generazione di dati ad alta intensità e servizi di flusso dati potenziati con IA: CNR-IFN intende potenziare le workstation esistenti verso la generazione di dati ad alta intensità e fungere da provider di dati per la realizzazione di progetti pilota applicativi. Tali progetti prevedono la combinazione di dati fotonici ad alto contenuto informativo con IA e canali avanzati per il flusso dei dati (trasferimento, elaborazione, archiviazione, accesso esterno). Si offre così un nuovo servizio in cui l'industria e altri ricercatori possono sfruttare una generazione avanzata di dati integrata con elaborazione IA e gestione robusta dei dati.

Schema integrato di accesso utente per infrastruttura potenziata da IA: questi casi pilota costituiscono la base per uno schema di accesso integrato, in cui i ricercatori possono accedere alle infrastrutture (in presenza o da remoto) e beneficiare dell'intero ecosistema. Questo nuovo modello di accesso fornisce un ambiente di ricerca potenziato da IA, rendendo le capacità sofisticate più accessibili e fruibili per partner esterni, inclusi quelli industriali.

– **Nuovi strumenti per l'utilizzo dei servizi IR:** interfacce intuitive potenziate da NLP (Natural Language Processing): Sfruttando le tecnologie di elaborazione del linguaggio naturale, è possibile potenziare strumenti collaborativi per fornire interfacce più intuitive e facili da usare per l'interazione dei ricercatori con dataset complessi. Questa innovazione migliora sensibilmente l'accessibilità e la fruibilità delle infrastrutture di ricerca e dei dati da esse generati per una platea più ampia, inclusi potenziali partner industriali. Piattaforme interattive basate su gemelli digitali: oltre a essere uno strumento tecnologico per il controllo, i gemelli digitali costituiscono anche un nuovo strumento interattivo per gli utenti, offrendo una comprensione più approfondita delle performance delle beamline, abilitando il monitoraggio continuo, la simulazione di scenari e migliorando la progettazione sperimentale attraverso una visione più chiara dei risultati attesi.

Interesse industriale Si riscontra un crescente interesse da parte di aziende attive nei settori dell'ottica, automazione scientifica e analisi dati, in particolare nei componenti software e nei sistemi diagnostici automatizzati trasferibili ad altri ambiti industriali (es. controllo qualità, imaging ad alta velocità).

Formazione e aggiornamento Le competenze sviluppate (IA applicata a sistemi sperimentali complessi, gemelli digitali, diagnostica avanzata, analisi automatizzata di dati ultraveloci) sono altamente trasferibili nel contesto della formazione aziendale, in particolare nelle industrie ad alta tecnologia, e rappresentano un valore aggiunto per programmi di formazione avanzata rivolti a tecnici e ricercatori industriali. L'attività consiste nei seguenti obiettivi:

OR 4.5.1 [M1-M18] Integrazione di AI e machine learning nelle beamline ad attosecondi KPI 4.5.1 - Generazione di impulsi ottici con durate temporali nell'intervallo da poche decine di fs a centinaia di as nell'intervallo spettrale dal visibile fino a XUV

DELIVERABLE D4.5.1 [M18] Realizzazione di interfacce di AI e machine learning nelle beamline ad attosecondi

OR 4.5.2 [M19-M36] Validazione dell'AI e machine learning nelle beamline ad attosecondi KPI 4.5.2 - Validazione del software di AI e machine learning nelle beamline ad attosecondi per

l'ottimizzazione dei processi di generazione di impulsi ottici ultrabrevi (da poche decine di fs a centinaia di attosecondi) DELIVERABLE D4.5.2 [M36] Software per analisi dati e ottimizzazione funzionalità delle beamline (durata temporale, profilo spettrale, efficienza della generazione di impulsi ad attosecondi)

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Servizi IoT avanzati in reti post-5G e quantistiche

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.6-Q5G-IoT

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Mobile and Distributed Systems Laboratory

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'Internet of Things (IoT) è oggi un pilastro fondamentale della trasformazione digitale, abilitando l'interconnessione di sensori, attuatori, sistemi embedded e dispositivi edge per il monitoraggio e il controllo in tempo reale di ambienti, infrastrutture e processi industriali. La diffusione capillare di dispositivi IoT ha portato a una rapida espansione della mole di dati raccolti e trasmessi, ponendo sfide significative in termini di scalabilità, sicurezza, latenza, affidabilità e interoperabilità. Le reti mobili 5G hanno rappresentato un passo avanti rilevante per lo sviluppo dell'IoT avanzato, introducendo il concetto di network slicing, bassa latenza (<1ms), comunicazione massiva machine-type (mMTC) e alta affidabilità (URLLC). Tuttavia, con l'emergere di scenari sempre più complessi – come ambienti critici, infrastrutture distribuite, processi ad alta intensità dati e fabbisogni di sicurezza quantistica – le soluzioni attuali risultano talvolta insufficienti. In parallelo, le reti post-5G e quantistiche stanno delineando nuovi paradigmi di connettività e sicurezza. L'integrazione di tecnologie quantistiche nella comunicazione (Quantum Key Distribution, Quantum Internet) apre prospettive radicalmente nuove per l'autenticazione, l'integrità dei dati e la resilienza delle reti. Tuttavia, la convergenza tra reti quantistiche, edge computing e dispositivi IoT è ancora poco esplorata dal punto di vista architetturale, operativo e applicativo.

1. Innovazione rispetto allo stato dell'arte L'attività A4.6 propone un'innovazione di sistema, metodologica e applicativa, attraverso la progettazione, sperimentazione e validazione di servizi IoT avanzati in ambienti ibridi che combinano: - reti mobili di nuova generazione (post-5G, pre-6G), - comunicazione quantistica su scala locale o geografica, - edge/fog computing integrato, - piattaforme di sensing distribuito. L'obiettivo è realizzare una piattaforma dimostrativa che abiliti servizi di sensing, controllo e analisi ad alte prestazioni in contesti critici, con caratteristiche di robustezza, affidabilità e sicurezza avanzata. Le principali innovazioni introdotte dall'attività includono: - Integrazione edge-IoT-quantum-aware: progettazione di una nuova architettura in cui i dispositivi IoT interagiscono con nodi edge e risorse computazionali quantistiche, ottimizzando il trade-off tra latenza, elaborazione e sicurezza. - Servizi IoT resilienti e adattivi: sviluppo di servizi avanzati (es. sensor fusion, fault detection, AI distribuita) in grado di operare anche in condizioni di rete instabili, sfruttando tecniche di offloading, compressione e orchestrazione dinamica. - Supporto alla comunicazione sicura via QKD: sperimentazione di protocolli per l'assegnazione dinamica di chiavi quantistiche a nodi IoT, edge e gateway, migliorando la sicurezza end-to-end in applicazioni critiche (sanità, energia, trasporti). - Servizi IR per ricerca e impresa: l'infrastruttura AI-PHOQUS offrirà alle imprese

l'accesso a una piattaforma multi-nodo per testare e validare soluzioni IoT avanzate in ambienti quantistici o near-quantum, con scenari realistici e misurabilità del TRL. -Strumenti di fruizione avanzata: dashboard interattive, interfacce API e moduli middleware abilitanti per consentire l'integrazione semplice dei dispositivi aziendali e l'analisi dei dati tramite servizi AI-PHOQUS. In questo modo, l'attività A4.6 posiziona l'infrastruttura come un hub tecnologico d'avanguardia per l'IoT sicuro e distribuito, a supporto di imprese e centri di ricerca che vogliano sperimentare tecnologie future-ready.

3. Titolare di proprietà intellettuale Le unità coinvolte nell'attività (es. UniME, UniNA, UniSalento) detengono proprietà intellettuale su diversi componenti software per la gestione di servizi IoT, orchestrazione edge e moduli per la sicurezza della comunicazione. L'estensione delle IP verso contesti quantistici è in corso di esplorazione in ambito progettuale.

4. Interesse da parte delle imprese Il tema dell'IoT sicuro, adattivo e scalabile è fortemente richiesto da numerose imprese operanti nei settori dell'automazione industriale, della logistica, dell'energia e della sanità digitale. Già in precedenti iniziative (Horizon Europe, PNRR, EDIH) diversi partner industriali hanno manifestato interesse specifico a testare nuove soluzioni edge-IoT con requisiti stringenti di latenza e sicurezza. La possibilità di accedere a risorse quantistiche sperimentali rappresenta un elemento altamente attrattivo e differenziante, in particolare per imprese orientate all'innovazione di frontiera.

5. Collegamenti con i nodi LENS Napoli, Lecce e Messina L'attività è strettamente connessa con i nodi LENS dell'infrastruttura: • LENS Napoli: coinvolto nello sviluppo e testing su reti post-5G e QKD, grazie alle sue competenze in comunicazioni quantistiche e sicurezza avanzata. • LENS Lecce: contribuisce con esperienze nella progettazione di architetture edge/fog per sistemi IoT e AI distribuita per quantum sensing. • LENS Messina: guida le attività su orchestrazione edge-IoT e integrazione con piattaforme di testbed distribuiti. - in ambito e.-health Inoltre, A4.6 si interfaccia con il WP6 (smart industry e robotica intelligente) e il WP8 (Proof of Concept per PMI), abilitando use case trasversali e sperimentazioni integrate.

6. Formazione e aggiornamento per le aziende L'attività prevede una forte componente formativa rivolta alle imprese, che potrà essere integrata nelle attività del WP8-EDU. In particolare, saranno progettati e offerti: -moduli formativi su architetture IoT post-5G e quantistiche, orientati a R&D aziendali e responsabili di innovazione tecnologica; -laboratori pratici e demo su edge computing, QKD e integrazione di sensori avanzati; -micro-credenziali e open badge per percorsi su sicurezza quantistica per l'IoT e orchestrazione edge-cloud. Queste attività contribuiranno a potenziare le competenze aziendali su temi emergenti, rafforzando la capacità delle PMI di affrontare la transizione digitale e di esplorare applicazioni in settori ad alta intensità di dati e sicurezza. L'attività consiste nei seguenti obiettivi realizzativi: OR 4.6.1 [M1-M18] Architettura Edge-IoT-Quantum per servizi resilienti in ambienti critici: Progettazione di un'architettura distribuita che consenta un'interazione sicura e a bassa latenza tra dispositivi IoT, nodi edge e risorse quantistiche, con supporto nativo per protocolli di distribuzione quantistica delle chiavi (Quantum Key Distribution - QKD); Sviluppo di un middleware per l'offloading dinamico delle applicazioni IoT verso nodi edge o di calcolo quantistico, basato su politiche di bilanciamento del carico e consapevolezza della latenza; Integrazione di funzionalità avanzate come la fusione di sensori e il rilevamento di anomalie, implementate tramite moduli di intelligenza artificiale distribuiti, resilienti a condizioni di rete instabili o degradate. KPI 4.6.1: Implementazione di un prototipo funzionale che supporti almeno tre servizi IoT avanzati (ad esempio: rilevamento di anomalie, fusione di sensori, inferenza AI all'edge), testato in condizioni di latenza di rete variabile e comprensivo di almeno una modalità di comunicazione quantum-safe (attraverso un simulatore QKD o un banco di prova QKD reale). DELIVERABLE D4.6.1 [M18] Stack middleware per l'integrazione edge-IoT-quantum, accompagnato da un rapporto tecnico che descrive l'architettura del sistema, la valutazione delle prestazioni e la validazione dei KPI. OR 4.6.2 [M19-M36] Validazione su larga scala e accesso controllato tramite l'infrastruttura AI-PHOQUS: Integrazione e federazione dei componenti middleware e dei servizi IoT resilienti all'interno dell'infrastruttura multi-nodo AI-PHOQUS; Sviluppo di un portale web che offra accesso controllato e autenticato alla piattaforma edge-IoT-quantum, destinato a utenti industriali e accademici in condizioni sperimentali realistiche; Esecuzione di esperimenti di co-validazione in collaborazione con almeno tre aziende operanti in settori critici (ad esempio: sanità, logistica, Industria 5.0), con raccolta di dati su metriche chiave come latenza, throughput e robustezza della sicurezza. KPI 4.6.2: Almeno 10 utenti esterni (provenienti dall'industria o da istituzioni di ricerca) avranno completato un esperimento completo sulla piattaforma AI-PHOQUS, utilizzando servizi edge-IoT quantum-safe e contribuendo alla validazione degli obiettivi prestazionali. DELIVERABLE D4.6.2 [M36] Piattaforma dimostrativa federata AI-PHOQUS per servizi IoT avanzati, accompagnata da un rapporto completo su coinvolgimento degli utenti, risultati sperimentali e raggiungimento dei KPI.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

➤ **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

➤ **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Ultrafast Optical spectroscopy

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.7-AI-ULTRAS

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CUSBO-POLIMI-RLI

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Stato dell'arte: le tecniche di spettroscopia ottica ultraveloce utilizzano sequenze di impulsi di luce ultrabrevi per studiare i processi dinamici fotoindotti in atomi, molecole, nanostrutture e solidi. Questo campo di ricerca ha registrato una crescita impetuosa negli ultimi anni, grazie ai progressi tecnologici nella generazione di impulsi di luce ultrabrevi e allo sviluppo di sofisticate tecniche spettroscopiche, che vanno oltre il classico pump-probe, aumentando notevolmente la quantità di informazioni che è possibile estrarre dal sistema oggetto di studio. Le applicazioni spaziano dallo studio di processi biochimici fondamentali, come la visione e la fotosintesi, alla comprensione della dinamica dei portatori in sistemi a bassa dimensionalità a confinamento quantico e allo studio dei processi di separazione e al trasporto di carica in dispositivi fotovoltaici e fotocatalitici. Da quasi trent'anni, l'unità operativa CUSBO-POLIMI-RLI svolge un ruolo di primo piano a livello internazionale nella spettroscopia ottica ultraveloce, guidando sia lo sviluppo di strumentazione innovativa sia la sua applicazione a problemi scientifici all'avanguardia. Nell'ambito del progetto I-PHOQS, l'unità ha sviluppato un'infrastruttura per la spettroscopia ottica multiscale e multidimensionale risolta nel tempo, con una combinazione unica al mondo di capacità sperimentali, quali risoluzione temporale, sensibilità, copertura temporale e spettrale, risoluzione della frequenza di eccitazione e risoluzione spazio-temporale. Questa infrastruttura offre una flessibilità senza pari nell'affrontare problemi scientifici o tecnologici fondamentali, consentendo di studiarli con tecniche sperimentali diverse e complementari. Innovazione: un'attività di ricerca molto recente e innovativa riguarda la fusione della spettroscopia ottica ultraveloce con le tecniche di IA/ML. L'IA/ML può contribuire alla spettroscopia ultraveloce in diversi modi: i) controllo in tempo reale della strumentazione utilizzata: i modelli di IA (ad esempio, l'apprendimento per rinforzo) possono regolare dinamicamente i parametri del laser (lunghezza d'onda, durata dell'impulso, intensità) per massimizzare la qualità del segnale o ottimizzare caratteristiche specifiche; ii) campionamento temporale adattivo: il ML può ridurre il numero di ritardi temporali campionati necessari per caratterizzare un processo dinamico, identificando in tempo reale ritardi più informativi, accelerando così gli esperimenti; iii) algoritmi di denoising: i modelli di deep learning (come gli autoencoder o le CNN) possono separare efficacemente il rumore dal segnale nei dati spettroscopici, una caratteristica che diventa particolarmente utile in condizioni di basso rapporto segnale-rumore; iv) analisi e interpretazione dei dati: l'apprendimento non supervisionato può identificare caratteristiche spettrali o temporali chiave da set di dati complessi e adattare modelli cinetici che descrivono processi ultraveloci e consentono la loro interpretazione fisico-chimica. Nel progetto AI-PHOQS, l'unità CUSBO-RLI collaborerà con i ricercatori di SLICES e SOBIGDATA per integrare tutte queste caratteristiche nelle sue configurazioni sperimentali di spettroscopia ultraveloce. Queste innovazioni garantiranno: i) la possibilità di acquisizione senza operatore dei dati sperimentali tramite il controllo automatizzato dei parametri operativi del laser; ii) l'aumento del rapporto segnale-rumore dei dati concentrando su ritardi specifici ottimizzati e sopprimendo le fluttuazioni di intensità del laser non correlate; iii) l'estrazione della massima quantità di

informazioni dai dati fisico-chimici tramite modelli avanzati e interpretabili. Potenziamento dei nodi meridionali LENS: gli sviluppi di questa attività saranno in stretta collaborazione con l'unità LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL1, che sfrutterà tecniche ottiche ultraveloci avanzate per lo studio dei fluidi quantistici della luce e delle dinamiche delle reti neurali ottiche non lineari. Inoltre, ci sarà una stretta collaborazione con l'unità LENS CNR-IMM-ME in vista della creazione di una struttura di spettroscopia ottica ultraveloce a Messina. Collegamento con le aziende: l'unità CUSBO-RL1 ha stretti rapporti con due aziende: i) Cambridge Raman Imaging (CRI) srl, società spin-off del Politecnico di Milano e dell'Università di Cambridge con la missione di commercializzare un microscopio a scattering Raman stimolato (SRS) a banda larga per l'istopatologia chemometrica. CRI sviluppa già agenti di intelligenza artificiale per la colorazione virtuale e l'annotazione delle biopsie; ii) NIREOS srl, società spin-off del Politecnico di Milano, che commercializza un interferometro birfrangente proprietario per la spettroscopia a trasformata di Fourier e relative telecamere iperspettrali, che coprono una gamma ultra ampia dal visibile all'infrarosso a lunghezza d'onda corta. L'attività consiste nel perseguire i seguenti obiettivi di implementazione: OR 4.7.1 [M1-M18]: Applicare algoritmi di intelligenza artificiale per ottimizzare l'acquisizione dei dati negli esperimenti di spettroscopia ultraveloce. KPI 4.7.1: Riduzione dimostrata dei punti di campionamento richiesti di un fattore 5 e miglioramento del rapporto segnale-rumore (SNR) di un fattore 3. DELIVERABLE D4.7.1[M18]: Relazione tecnica che descrive in dettaglio le strategie basate sull'intelligenza artificiale per ridurre i tempi di acquisizione e migliorare l'SNR nella spettroscopia ultraveloce. OR 4.7.2 [M19-M36]: Utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale per modellare processi molecolari ultraveloci con maggiore efficienza e precisione. KPI 4.7.2: Generazione di modelli cinetici per due molecole ben note utilizzando l'IA, confrontati con i metodi convenzionali di analisi dei dati. DELIVERABLE D4.7.2 [M36]: Relazione sull'implementazione e il benchmarking delle tecniche di modellizzazione dei dati basate sull'IA nella spettroscopia ultraveloce.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Quantum-enhanced spectroscopy with nonclassical laser sources

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A4.8-QEES

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Ottica Non Lineare e Spettroscopia Quantistica

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Proponiamo un metodo innovativo di spettroscopia di assorbimento che utilizzi luce non classica, in particolare un pettine di frequenza di luce "squeezed" per studiare specifici campioni gassosi. Il pettine viene generato combinando uno stato di vuoto squeezed con uno coerente e modulandone successivamente la fase. La densità spettrale del segnale trasmesso viene misurata utilizzando un rivelatore omodina e un analizzatore di spettro ottico, evitando la scansione della frequenza laser, la modulazione e l'acquisizione sequenziale tipica di tecniche come il cavity ring-down o la spettroscopia FTIR. Per livelli di squeezing di 10 dB, si prevede un miglioramento di un ordine di grandezza oltre il limite quantistico standard. Ciò consentirebbe la rivelazione di gas ambientali a concentrazioni dieci volte inferiori a quelle rivelabili dalle sonde tradizionali all'avanguardia. Questo metodo si basa sulla convergenza di intelligenza artificiale, ottica quantistica e

spettroscopia laser, con l'obiettivo di svelare nuovi approcci per la rivelazione ultrasensibile di specie molecolari in tracce. Si prevede che le nostre azioni influenzeranno significativamente questioni critiche come il cambiamento climatico e la transizione energetica. Nell'ambito del cambiamento climatico, alcuni esempi includono il monitoraggio delle emissioni di gas serra (ad esempio metano e anidride carbonica) provenienti da diverse fonti; la valutazione degli impatti climatici, dove i dati spettroscopici aiutano gli scienziati a migliorare i modelli e le previsioni climatiche. Nell'ambito della transizione energetica, altri esempi includono il supporto all'economia dell'idrogeno, dove il monitoraggio della produzione e dello stoccaggio dell'idrogeno è di fondamentale importanza; l'ottimizzazione delle tecnologie per le energie rinnovabili, dove la spettroscopia contribuisce ad analizzare l'efficienza dei processi di conversione energetica. La spettroscopia in fase gassosa è uno strumento preciso e adattabile per l'indagine della materia, con applicazioni significative nel controllo di processo, nell'analisi chimica e nel monitoraggio ambientale. Un'accurata caratterizzazione dei profili di assorbimento fornisce informazioni fisiche cruciali sulla composizione, la temperatura, la pressione e la velocità dei gas. La spettroscopia in assorbimento diretto è realizzabile utilizzando laser infrarossi accordabili ad alta risoluzione. Sebbene questo approccio sia ampiamente utilizzato, è vulnerabile a sorgenti di rumore tecnico (rumore di intensità e frequenza del laser, rumore sismico e vibrazioni meccaniche, rumore elettronico...), che possono ridurre il rapporto segnale/rumore. Altri problemi tipici che complicano l'interpretazione degli spettri raccolti sono legati a righe spettrali sovrapposte o deboli, derive ambientali o instabilità del sistema. Un ulteriore problema cruciale è l'acquisizione e l'analisi dei dati, che richiedono tempi lunghi. Nel contesto della presente attività, proponiamo una strategia di rivelazione che combini la nostra competenza nella spettroscopia laser intracavità (in particolare la tecnica SCAR, Saturating-Absorption Cavity Ringdown) con strumenti di intelligenza artificiale (IA) per realizzare una nuova classe di analizzatori ottici in fase gassosa ad altissima risoluzione e sensibilità. In particolare, l'IA fornirà: (i) riduzione del rumore e miglioramento del segnale mediante la riduzione del rumore negli spettri (ad esempio, autoencoder o reti neurali convoluzionali), preservando così caratteristiche spettrali fini che andrebbero perse utilizzando filtri tradizionali; (ii) rilevamento automatico dei picchi e adattamento delle righe mediante l'identificazione rapida di righe spettrali complesse o sovrapposte; (iii) classificazione e scoperta basate sui dati (i modelli di IA, una volta addestrati con spettri di riferimento, sono in grado di riconoscere composti non identificati, categorizzare materiali o conformeri molecolari e rilevare lievi variazioni come gli spostamenti isotopici). La luce "squeezed" rappresenta una risorsa cruciale per migliorare la precisione nelle misure ottiche, a lungo limitate dallo shot noise ottenuto per la luce laser ideale. In uno stato squeezed, l'incertezza in un'osservabile del campo viene ridotta al di sotto dello shot noise a scapito di una maggiore incertezza nell'osservabile coniugata, in conformità con il principio di indeterminazione di Heisenberg. Poiché la down-conversion parametrica ottica si è dimostrata una fonte molto efficiente di luce non classica genereremo stati di vuoto squeezed con alto livello di squeezing e alta stabilità mediante un oscillatore parametrico ottico doppio risonante. Un obiettivo tecnico cruciale sarà la realizzazione di schemi di aggancio attivi per garantire la stabilità per lunghi tempi di integrazione, richiesti nelle misure ad alta sensibilità. In parallelo, studieremo sistemi di controllo adattivo in tempo reale basati su IA per migliorare le prestazioni dello squeezer. Ulteriori sviluppi riguarderanno l'uso di risonatori semi-monolitici, caratterizzati da maggiore compattezza e perdite ottiche ridotte. Tra le sorgenti di luce non classiche, una particolare linea di interesse è anche focalizzata sulla generazione di fasci gemelli (TB). Questi fasci, generati tramite down-conversion parametrica, mostrano una forte correlazione di intensità, che porta a una riduzione nel rumore della loro differenza di intensità. Intendiamo realizzare sorgenti efficienti di TB, con livelli di potenza di diversi mW in ciascuna banda laterale, in un singolo risonatore ottico basato su un cristallo di niobato di litio opportunamente progettato, in cui si verificano processi quadratici in cascata di generazione di seconda armonica e oscillazione ottica parametrica. È interessante notare che in questo schema in cascata possono essere prodotti nuovi fenomeni non classici, come lo squeezing nella somma delle intensità dei due fasci, portando all'entanglement tra i TB. Ulteriori ricerche saranno mirate all'uso di schemi di generazione più compatti e stabili, come quelli basati sui microrisonatori a modi di galleria. L'attività comprende i seguenti obiettivi realizzativi: OR 4.8.1 [M1–M18] Progettazione e sviluppo di sorgenti di luce non classica con elevato grado di squeezing, ampia larghezza di banda e stabilità temporale, utilizzando oscillatori parametrici ottici doppiamente risonanti. Realizzazione di uno spettrometro ad assorbimento laser nell'infrarosso assistito da intelligenza artificiale. KPI 4.8.1.1 Riduzione del rumore quantistico (squeezing): 5 dB KPI 4.8.1.2 Concentrazione minima rilevabile di gas: livelli inferiori a parti per miliardo (sub-ppb) DELIVERABLE D4.8.1 [M18] Realizzazione di: sorgenti di luce non classica nel vicino infrarosso tramite risonatori quadratici – spettrometro laser nell'infrarosso OR 4.8.2 [M19–M36] Progettazione e sviluppo di un sistema di spettroscopia ad assorbimento "quantum-enhanced" KPI 4.8.2.1 Accordabilità in frequenza (larghezza di banda del comb): > 50 GHz KPI 4.8.2.2 Miglioramento del rapporto segnale/rumore finale: fattore 5–10 DELIVERABLE D4.8.2 [M36] Validazione dello schema sperimentale (test delle prestazioni,

analisi del rumore, dimostrazione del vantaggio quantistico) e misure spettroscopiche (rilevamento in tempo reale di gas in tracce, confronto con metodi tradizionali)

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Data & Knowledge management for hybrid AI & Quantum systems in the e-health domain

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.01-DEK-HAI-Q

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto di Informatica e Telematica sede di Cosenza

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività, coordinata dall'unità IIT-CNR-CS, rappresenta una specializzazione dei task 1.1 e 1.2. Stato dell'arte Nel contesto della Sanità Digitale, lo scambio di dati clinici tra i diversi stakeholder — come le organizzazioni sanitarie, i fornitori di servizi sanitari, i pazienti e le agenzie governative — è di importanza cruciale. Gli standard relativi ai dati/informazioni sanitarie costituiscono la base per ottenere un'interoperabilità uniforme e uno scambio dati efficace tra sistemi differenti (eterogenei). Questo aspetto diventa ancora più necessario nei contesti di sistemi federati (come il Fascicolo Sanitario Elettronico italiano) e nei servizi di assistenza integrata. I sistemi di codifica clinica, in particolare, permettono l'identificazione univoca dei dati, il loro corretto utilizzo da parte dei professionisti, nonché la loro gestione e integrazione con altri standard. Pertanto, risultano particolarmente critici nelle situazioni di urgenza ed emergenza: • per garantire che a un termine sia associato il significato corretto e assicurare una comprensione condivisa; • per permettere il confronto e l'integrazione dei dati; • per assicurare l'interoperabilità semantica tra sistemi, applicazioni e istituzioni. Innovazione - impatto Nel campo della sanità digitale si sta realizzando una convergenza tra i sistemi quantistici e i sensori di nuova generazione, i quali producono nuovi tipi di dati. È fondamentale garantire la compatibilità con i sistemi esistenti per permettere uno scambio fluido di dati clinici tra i diversi attori coinvolti: organizzazioni sanitarie, fornitori di servizi, pazienti e enti governativi. Questo compito è cruciale per assicurare la continuità delle cure, soprattutto nei contesti federati come il già citato Fascicolo Sanitario Elettronico italiano e nei percorsi assistenziali inter-istituzionali. Negli ultimi anni, gli stakeholder hanno riconosciuto l'urgenza di armonizzare gli standard relativi a dati e informazioni per garantire l'interoperabilità tra sistemi eterogenei. Questo riconoscimento ha portato alla creazione di gruppi tecnici di lavoro che hanno prodotto guide di implementazione, specifiche tecniche per documenti clinici standardizzati e servizi volti a supportare l'interoperabilità semantica, un requisito essenziale in situazioni critiche o di emergenza. Questo compito faciliterà due integrazioni principali: (i) Nelle regioni digitalmente meno mature, i limitati investimenti nell'innovazione e-Health hanno evidenziato ulteriormente la necessità di fornire alle realtà sanitarie locali e alle imprese ICT competenze, metodologie e soluzioni in grado di offrire servizi innovativi e di alta qualità. Semplificando l'accesso ai dati clinici, garantendo una codifica non ambigua e incorporando coerenza semantica, questi strumenti mirano in ultima analisi a migliorare i percorsi di cura del paziente e i risultati clinici. (ii) Dotare le aziende che operano all'intersezione tra sanità e nuove soluzioni ICT (ad esempio, nuovi sistemi quantistici e sensori) del know-how, delle metodologie e delle soluzioni orientate

all'interoperabilità necessarie per promuovere servizi innovativi e di elevata qualità. In particolare, l'attenzione è rivolta all'interoperabilità semantica, agli standard di codifica clinica, alle ontologie cliniche e ai servizi terminologici. È previsto un supporto tecnico per l'utilizzo corretto delle terminologie obbligatorie a livello nazionale — in particolare LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Codes), per il quale l'IIT-CNR svolge il ruolo di riferimento nazionale, e ICD (Classificazione Internazionale delle Malattie). I programmi formativi complementari includono: Moduli introduttivi, che trattano le principali risorse terminologiche impiegate nei contesti sanitari nazionali e internazionali, con particolare attenzione al quadro normativo del Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE), agli esempi d'uso dei sistemi di codifica e alle metodologie di integrazione semantica. Workshop tecnici avanzati, che approfondiscono uno o più standard di codifica — come LOINC, ICPC (Classificazione Internazionale delle Cure Primarie), ICD e ICF (Classificazione Internazionale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute) — e sono progettati in base alle esigenze di clinici, laboratori privati accreditati, società scientifiche e rappresentanti delle aziende sanitarie locali. Un aspetto fondamentale è la verifica dei mapping semantici tra i sistemi di codifica locali e gli standard adottati a livello nazionale o internazionale, nonché la validazione dei codici applicati ai metadati per diversi tipi di documenti clinici, inclusi quelli destinati alla conservazione a lungo termine. Saranno offerti corsi di formazione e supporto per lo sviluppo di sistemi di organizzazione della conoscenza specifici di dominio, come lessici specializzati, thesauri e ontologie, conformi ai principi FAIR e agli standard ISO di riferimento, al fine di permetterne l'integrazione in soluzioni software basate sulla conoscenza. Attraverso la proposta o il riutilizzo di strumenti tecnologici innovativi, si facilita la gestione standardizzata delle terminologie, la ricerca e l'integrazione all'interno del contesto del Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE). Questo approccio include servizi di assistenza alla codifica basati su regole, tecniche di NLP (elaborazione del linguaggio naturale) e intelligenza artificiale, che supportano i professionisti nelle attività quotidiane di codifica clinica, riducendo gli errori manuali e accelerando i flussi di lavoro documentali. Formazione e sviluppo professionale per le aziende Saranno offerti corsi di formazione e supporto dedicati alle aziende per migliorare la comprensione, la gestione e l'utilizzo degli standard e dei Sistemi di Organizzazione della Conoscenza (KOS) specifici di dominio. Inoltre, le aziende riceveranno assistenza nell'ottimizzazione dei flussi di lavoro legati alla conservazione conforme dei documenti clinici che alimentano il Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE). L'unità IIT-CNR-CS mette a disposizione una consolidata competenza nella gestione dei documenti elettronici e nella conservazione digitale a lungo termine, garantendo che i fornitori di servizi sanitari possano mantenere archivi di documentazione clinica legalmente conformi, trasparenti e tracciabili. Attraverso la combinazione di orientamento tecnico, rafforzamento delle competenze, supporto alla validazione e strumenti semantici all'avanguardia, l'iniziativa consente alle imprese sanitarie e ICT regionali di offrire soluzioni interoperabili e semanticamente coerenti. Tali soluzioni semplificano l'accesso e l'interpretazione dei dati clinici, promuovono una codifica non ambigua, migliorano la qualità complessiva delle cure e contribuiscono, in ultima analisi, a una sanità più efficiente e centrata sul paziente — soprattutto nelle aree in cui digitalizzazione e innovazione hanno storicamente subito ritardi. Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce, Messina L'attività è collegata al nodo LENS di Messina Obiettivo di Implementazione OR5.1.1: Rafforzare l'Interoperabilità Semantica attraverso la Formazione e l'Adozione di Standard [M1–M18] Obiettivo: Costruire capacità tra gli stakeholder della sanità e dell'ICT nell'utilizzo di standard di codifica clinica e tecnologie semantiche (es. LOINC, ICD, ICPC, ICF, ecc.) per migliorare l'interoperabilità e la qualità dei dati tra sistemi. KPI (Indicatore Chiave di Prestazione): • Almeno 30 partecipanti formati tra organizzazioni sanitarie/ICT regionali, aziende, ecc. nei primi 18 mesi; • Almeno un seminario su terminologie mediche, standard e codifica nel dominio della Sanità Digitale. Deliverable OR1: Pacchetto del Programma Formativo (insieme di risorse formative modulari (slide, esercitazioni, registrazioni) e un report sulle attività svolte (feedback, valutazione dei risultati di apprendimento, seminario, ecc.)). Obiettivo di Implementazione OR5.1.2 [M36]: Supporto per l'Allineamento dei Sistemi di Codifica Locali con gli Standard utilizzati nel Fascicolo Sanitario Elettronico e Riutilizzo dei Sistemi di Gestione delle Terminologie per il Supporto alla Codifica KPI: • Riutilizzo di almeno un sistema di gestione delle terminologie da parte di aziende sanitarie o ICT • Organizzazione di almeno un workshop focalizzato su terminologie mediche, standard e codifiche nel campo della Sanità Digitale Deliverable OR2: Report sulle attività svolte

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Federated AI in health

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.02-FED-AI-H

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

1. Stato dell'arte L'intelligenza artificiale sta rapidamente trasformando il settore sanitario, abilitando nuovi approcci alla diagnosi, al monitoraggio e al trattamento personalizzato. Tuttavia, l'adozione dell'IA in ambito clinico presenta sfide significative. I dati sanitari sono altamente sensibili, distribuiti tra istituzioni diverse e caratterizzati da una forte eterogeneità. Queste caratteristiche rendono difficile applicare approcci di apprendimento automatico centralizzato, sia per motivi regolatori che tecnici. Il Federated Learning (FL) è emerso come una soluzione promettente: consente a più organizzazioni di addestrare modelli condivisi senza dover trasferire i dati grezzi. Questo approccio tutela la privacy e apre la strada a implementazioni più realistiche. Nonostante il potenziale, gran parte della ricerca sul FL assume condizioni idealizzate — in particolare, l'ipotesi che i dati locali siano indipendenti e identicamente distribuiti (IID). In ambito sanitario, questa ipotesi è sistematicamente violata. I pazienti differiscono tra regioni, i dispositivi raccolgono dati in modo non uniforme e i protocolli clinici variano tra istituzioni. Ne derivano pattern complessi di dipendenza che possono influenzare negativamente le prestazioni, la convergenza e l'equità dei modelli federati. Sebbene la comunità scientifica riconosca il problema, manca ancora un quadro coerente per descrivere, generare e valutare le diverse forme di dipendenza nei dati sanitari. Di conseguenza, la progettazione e la valutazione degli algoritmi FL spesso non riflettono le reali strutture di eterogeneità presenti nei contesti clinici. 2. Innovazione rispetto allo stato dell'arte Questo progetto intende far progredire il campo attraverso un duplice obiettivo: comprendere la natura dei dati non-IID in ambito sanitario e valutare l'impatto di tale eterogeneità sulle prestazioni degli algoritmi di Federated Learning. Il nostro obiettivo è costruire un quadro teorico ed empirico in grado di caratterizzare le diverse forme di dipendenza presenti nei dati clinici. Verranno formalizzati diversi tipi di indipendenza — a livello di caratteristiche, temporale, tra popolazioni di pazienti e tra istituzioni — e analizzati in relazione a fonti di dati comuni come cartelle cliniche elettroniche, sensori indossabili, immagini diagnostiche e fattori ambientali. Il progetto prevede inoltre lo sviluppo di generatori di dati sintetici capaci di riprodurre in modo controllato strutture realistiche di non-IID, facilitando esperimenti riproducibili e test sistematici degli algoritmi. Parallelamente, verrà condotta una valutazione approfondita del comportamento degli algoritmi federati in presenza di condizioni di dipendenza strutturata. Studieremo come i diversi livelli di indipendenza statistica influenzino la velocità di convergenza, la precisione predittiva e la robustezza dei modelli. Saranno confrontate tecniche di aggregazione, personalizzazione e adattamento per determinare come ciascun approccio reagisce a specifici profili di dipendenza. L'obiettivo è sviluppare principi di progettazione per sistemi FL consapevoli dell'indipendenza dei dati, in grado di guidare la scelta e la configurazione degli algoritmi in funzione delle caratteristiche delle basi dati. Rendendo espliciti i concetti di indipendenza e dipendenza all'interno del processo modellistico, questo progetto introduce un nuovo livello di rigore nello studio dell'apprendimento federato in ambito sanitario. Gli strumenti che ne deriveranno — inclusi ambienti di benchmarking, simulatori di dati e framework di valutazione — saranno resi disponibili come infrastruttura riutilizzabile per comunità accademiche e industriali. L'insieme delle innovazioni mira a sostenere lo sviluppo e l'adozione responsabile di sistemi FL robusti, affidabili e trasparenti nei contesti clinici e sanitari reali. Obiettivo 1 (mese 18): Sviluppare un quadro formale e strumenti di generazione dati per modellare e simulare diverse condizioni di non-IID nei dati sanitari, al fine di abilitare benchmarking riproducibili e fondati teoricamente dei metodi di

federated learning. Obiettivo 2 (mese 36): Valutare e ottimizzare algoritmi di federated learning in presenza di violazioni strutturate dell'indipendenza, identificando strategie che garantiscano robustezza, equità e convergenza in scenari clinici eterogenei.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

AI for clinical Development of FLASH Radiotherapy

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.03-AI4FLASH

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

ELI CNR INO Pisa

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

La radioterapia (RT), usata sia come trattamento unico che in combinazione con altri trattamenti, viene attualmente considerata un elemento chiave nella terapia dei tumori, con la previsione che circa il 50% dei nuovi pazienti affetti da tumore sarà sottoposto a qualche forma di RT durante il percorso di cura. Le macchine RT e i protocolli hanno visto un graduale ma continuo miglioramento nei ultimi due decenni, con l'introduzione di tecniche avanzate per la conformazione di dose, con lo scopo principale di diminuire la dose somministrata a tessuti ed organi sani, per sfruttare pienamente la cosiddetta "finestra terapeutica". Nell'ultimo decennio è stato scoperto un possibile nuovo modo per aumentare la finestra terapeutica, che si basa sul cosiddetto "effetto FLASH" in radiobiologia (vedi p.es. [Farr et al., Med.Phys. 49, 1972 (2022)]). Nonostante i processi biologici all'origine di questo effetto osservato non siano ancora completamente compresi, l'insieme delle osservazioni sperimentali, sia da studi in vitro che in vivo, è ormai vasto e solido [Borghini et al., Int. J. Molec. Sci. 25, 2546 (2024)]. In breve, l'effetto FLASH consiste in una riduzione del danno (in relazione a diversi "endpoint") indotto alle cellule sane, quando la dose viene somministrata a ratei di dose altissimi (diverse decine di Gy/s, in paragone ai pochi Gy/s della RT attualmente in uso) e promette di ridisegnare il campo della RT, con la promessa di nuovi protocolli con risultati migliori, la capacità di trattare tumori resistenti alle radiazioni, e la riduzione della pressione sul sistema sanitario e dei costi associati. Attualmente le macchine RT si basano essenzialmente su acceleratori lineari a radiofrequenza (RF LINACs) di fasci di elettroni. Gli elettroni accelerati, che hanno energie troppo basse per poter penetrare il corpo umano, vengono utilizzati per generare fotoni gamma attraverso il processo di Bremsstrahlung. Questo processo è estremamente inefficiente, per cui non è adatto a generare il rateo di dose altissimo, necessario per accedere al regime di RT FLASH. Per questo motivo l'utilizzo diretto degli elettroni di alta energia per somministrare dosi di radiazioni ionizzanti al corpo umano ha visto un interesse crescente nell'ultimo decennio. In questo contesto sono necessari fasci di elettroni con energie nell'intervallo dei cosiddetti "Very High Energy Electrons" (VHEE), cioè nell'intervallo 100-300 MeV [Panaino et al., Cancers 17, 181 (2025)]. L'accelerazione di fasci di elettroni in quell'intervallo di energie richiede un LINAC di ~10m di lunghezza. Attualmente vengono dedicati grossi sforzi nella ricerca per sviluppare nuove macchine LINAC più compatte, compatibili con l'ambiente ospedaliero. D'altra parte, l'accelerazione di particelle basata sui laser permette di accelerare elettroni fino ad energie relativistiche in moduli di accelerazione molto compatti di dimensioni di alcuni cm. Questo campo di ricerca relativamente recente si

basa sul cosiddetto processo di “Laser WakeField Acceleration” (LWFA), che impiega impulsi laser ultracorti (alcune decine di fs) e ultraintensi ($>10^{18}$ W/cm²), che vengono focalizzati in un gas jet di dimensioni dal millimetro fino ad alcuni centimetri. I campi elettrici longitudinali molto elevati che si generano nel plasma prodotto dal laser sono tipicamente 3-4 ordini di grandezza maggiori di quelli raggiungibili in un LINAC convenzionale, con la corrispondente riduzione della distanza richiesta per accelerare gli elettroni ad una data energia; in effetti, l'accelerazione di fasci di elettroni VHEE è resa possibile su distanze minori al millimetro. L'accelerazione basata su plasm-laser (Laser-plasma acceleration, LPA) è attualmente vista come una delle vie più promettenti per lo sviluppo di acceleratori dei elettroni compatti, in grado di produrre radiazione ionizzante con altissimo rateo di dose rendendo accessibile la FLASH RT [Durante et al., Br. J. Radiol. 91, 20170628 (2018)]. Il gruppo di ricerca responsabile di questa attività ha recentemente dimostrato che fasci LPA VHEE possono essere utilizzati per depositare dose con tecniche di conformazione simili a quelle usate nella RT attuale [Labate et al., Sci. Rep. 10, 17307 (2020)]. Altri studi hanno evidenziato inoltre delle proprietà interessanti della RT eseguita direttamente con VHEE, come p. es. la possibilità di aumentare la dose locale attraverso focalizzazione con campi magnetici. Un aspetto cruciale per la traslazione di fasci LPA VHEE verso la pratica clinica ha a che fare con la stabilità e la riproducibilità dell'acceleratore. Infatti, la LPA si basa su numerosi processi nonlineari, cosicché piccole variazioni dei parametri dell'acceleratore al plasma (tra i quali, p.es. la densità di plasma e i gradienti di densità, l'energia dell'impulso laser, il puntamento del laser, la durata dell'impulso laser) possono risultare in variazioni inaccettabili delle caratteristiche del fascio VHEE, cambiando la dose e la distribuzione di dose somministrata. In questo contesto, a causa dell'alta dimensionalità dello spazio di parametri coinvolto, l'utilizzo di tecniche AI per la stabilizzazione di questo tipo di fasci viene visto come essenziale. Inoltre, in vista delle differenze previste nella distribuzione di dose di fasci LPA VHEE rispetto alla RT convenzionale, p.es. in termini di scale temporali, tracce di ionizzazione primaria ecc., studi approfonditi di vari gruppi nel mondo vengono attualmente dedicati a a) fornire un quadro completo dei meccanismi radiobiologici all'origine dell'effetto FLASH, b) sviluppare tecniche avanzate di dosimetria e protocolli per fasci VHEE ad alto flusso, e c) sviluppare un sistema di pianificazione del trattamento per la conformazione di dose. Questi sforzi stanno generando, in un certo numero di laboratori distribuiti nel mondo, una vasta quantità di dati, inclusi p.es. dati sul danno cellulare rispetto a vari “endpoint”, o immagini diagnostiche a seguito di irraggiamenti in vivo. Con riferimento ai punti elencati sopra, l'attività ha i seguenti obiettivi: 1. Sviluppare e validare sperimentalmente tecniche basate su ML per la stabilizzazione di fasci VHEE, con particolare riferimento ai parametri coinvolti nella LPA. 2. Investigare e implementare controlli adattivi per il trasporto ed il conditioning dei fasci LPA VHEE. 3. Sviluppare e allenare reti neurali per la classificazione automatizzata di dati dosimetrici e di immagini di distribuzione di dose acquisiti in studi preclinici in regime FLASH RT. 4. Sviluppare una roadmap computazionale per la traslazione di fasci LPA VHEE verso la pratica clinica. Gli studi elencati sopra saranno principalmente eseguiti nel Laboratorio per l'Irraggiamento con Laser Intensi presso la sede di Pisa del CNR-INO, con forte coinvolgimento di CNR-ISTI e CNR-IIT. Ci si aspetta inoltre un forte coinvolgimento di imprese che lavorano nei settori dell'optomeccanica (Vacuum FAB), sistemi di vuoto (VCS), dosimetria (Tema Sinergie, INUMELE), e di ospedali (ASL Brindisi, AOUP Pisa, Clinica S. Rossore Pisa, ASST Bergamo). Inoltre ci si aspetta il coinvolgimento della startup di recente fondazione AUKELOS (in corso di riconoscimento come spinoff del CNR), che opera nel campo dello sviluppo di macchinari per LPA VHEE RT. Objective 1 [M1-M18]: Studio sperimentale dei parametri rilevanti per la radioterapia con VHEE laser-driven e generazione di dataset KPI: Selezione dei parametri di input rilevanti e creazione di dataset Deliverable: Report sulla selezione di parametri rilevanti per l'ottimizzazione della radioterapia con VHEE laser-driven Objective 2 [M19-M36]: Sviluppo di modelli AI per la stabilizzazione di VHEE laser-driven KPI: Caratterizzazione di fasci di VHEE ottimizzati mediante tecniche di ML Deliverable: Articolo su rivista peer-review su ottimizzazione di fasci VHEE laser-driven per radioterapia

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Analisi tomografiche a raggi X multiscala e analisi delle immagini supportata da intelligenza artificiale.

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.04-MuTAI

➤ 11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)

Beyond-Nano CS

➤ 11D1.20e: Mese di avvio della attività

1

➤ 11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)

36

➤ 11D1.20g: Descrizione dell'Attività

Negli ultimi anni si è assistito a un notevole sviluppo delle tecniche di analisi non distruttive che permettono l'osservazione dell'interno di diversi tipi di materiali, con l'obiettivo di stabilire relazioni struttura-proprietà in materiali integri, non sottoposti a trattamenti che ne possano alterare le caratteristiche. Tra queste tecniche, la tomografia a raggi X è una delle più rilevanti, in quanto consente l'osservazione di frammenti non alterati di una vasta gamma di materiali, dai metalli ai campioni organici e di origine biologica. Per ottenere sfruttare al massimo le potenzialità di tale tecnica, ottenendo risultati ottimali sia in termini di qualità che di risoluzione delle immagini, è necessario utilizzare sorgenti di raggi X ad alta potenza e monocromaticità, che fino a poco tempo fa erano disponibili solo presso strutture di sincrotrone. Negli ultimi anni, infatti, sono stati resi disponibili strumenti commerciali dotati di sorgenti di raggi X con caratteristiche adeguate per effettuare imaging tomografico di alta qualità anche in laboratorio. In particolare, il nanotomografo Zeiss Ultra 810, disponibile presso i laboratori di Rende dell'Istituto di Nanotecnologia, consente analisi nanotomografiche con una risoluzione fino a 50 nm. Attualmente, ciò rappresenta lo stato dell'arte in termini di risoluzione per questa classe di strumenti, offrendo prestazioni paragonabili a quelle delle sorgenti di raggi X basate su sincrotroni. L'attività proposta mira a sviluppare una piattaforma per l'analisi a raggi X di materiali di varia tipologia e composizione. Verrà definito un workflow che partirà dalla preparazione adeguata dei campioni, proseguirà con l'acquisizione delle immagini e si concluderà con l'analisi delle immagini, supportata dallo sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale dedicati. Questi algoritmi saranno particolarmente utili sia nella fase di segmentazione che consiste nell'identificazione delle diverse componenti del materiale, sia nel riconoscimento automatico di caratteristiche come difetti, irregolarità o tipi cellulari specifici nel caso di campioni biologici. È importante sottolineare che la tomografia tradizionale a raggi X basata sull'assorbimento risulta spesso poco efficace per i campioni biologici, poiché le minime differenze di densità tra le componenti permettono di ottenere immagini con basso contrasto, limitando l'efficacia dell'analisi. Per ovviare a questo problema, può essere impiegata la tomografia a contrasto di fase. Questa tecnica converte le differenze di fase della luce che attraversa un campione poco assorbente in variazioni di luminosità dell'immagine, esaltando i contorni delle strutture interne del campione e migliorando significativamente il contrasto e, di conseguenza, la possibilità di riconoscere i componenti del campione in analisi. Il nanotomografo Ultra 810 è dotato di un set di filtri a contrasto di fase di Zernike, che permettono analisi a contrasto di fase, rendendolo particolarmente adatto allo studio di campioni biologici. Particolare attenzione sarà dedicata alla preparazione e analisi dei campioni biologici per la cosiddetta istologia virtuale. Questo approccio rappresenta un'evoluzione rispetto alle tecniche istologiche convenzionali basate su microscopia ottica, che offrono un contrasto e una risoluzione adeguati solo in due dimensioni e non consentono ricostruzioni tridimensionali non distruttive. L'istologia tradizionale comporta passaggi invasivi di preparazione, come disidratazione, sezionamento, colorazione e chiarificazione dei tessuti, che spesso introducono artefatti strutturali compromettendo l'integrità del campione. Le osservazioni delle sezioni 2D tramite microscopia ottica permettono valutazioni qualitative—come l'identificazione di tipi cellulari—ma non forniscono dati quantitativi sul numero di cellule, sulla loro distribuzione spaziale all'interno del volume campionato, o sulla vascolarizzazione. Al contrario, le tecniche di istologia virtuale consentono ricostruzioni tridimensionali dei tessuti campionati, offrendo una caratterizzazione dettagliata delle cellule, della loro morfologia e una mappatura precisa del sistema vascolare. Questo livello di caratterizzazione è di fondamentale importanza per comprendere le caratteristiche del campione; ad esempio, nel caso di tessuti tumorali, può permettere una stadiazione più accurata e la progettazione di strategie terapeutiche altamente personalizzate. Una corretta preparazione del campione è un primo passo fondamentale, poiché determina la nitidezza e la qualità delle immagini

tomografiche. Devono essere impiegate tecniche che stabilizzino i campioni senza alterarne la struttura. Pertanto, la fase iniziale del progetto e una parte delle risorse saranno dedicate allo sviluppo di protocolli di preparazione adeguati. Questi potranno includere l'incapsulamento dei campioni in colle o resine appropriate, il sezionamento in dimensioni idonee e il montaggio su supporti per campioni commerciali o progettati ad hoc, se necessario. Inoltre, si cercherà di garantire che i campioni preparati siano compatibili anche con altre tecniche analitiche come la microscopia elettronica o confocale, permettendo un'analisi multimodale e una caratterizzazione più completa del campione. Un altro aspetto chiave e innovativo di questo progetto è l'integrazione di strumenti di intelligenza artificiale nel processo di analisi delle immagini. L'IA sarà impiegata per supportare e ottimizzare l'operatore durante le fasi di segmentazione e riconoscimento nelle analisi delle immagini tomografiche, orientandosi verso un processo semi-automatizzato. Con architetture di deep learning adeguatamente addestrate, le strutture di interesse—come dettagli cellulari o difetti nei materiali—potranno essere isolate anche in condizioni di rumore o basso contrasto. I modelli di riconoscimento di pattern permettono la classificazione automatica delle diverse regioni e la quantificazione di parametri morfologici e topologici. Questi strumenti basati su IA accelerano l'elaborazione dei dati 3D e rendono possibile effettuare analisi quantitative su grandi volumi di dati. Come accennato in precedenza, il nanotomografo Ultra 810 è progettato per imaging ad alta risoluzione, il che limita intrinsecamente le dimensioni massime dei campioni a poche centinaia di micrometri. Tuttavia, spesso è necessario analizzare campioni più grandi, individuare le regioni di interesse e successivamente osservarle ad alta risoluzione con l'Ultra 810. È quindi essenziale avere accesso a strumenti in grado di analizzare campioni di maggiori dimensioni, per attuare un approccio tomografico multiscala. A tal fine, è stato formalmente istituito il laboratorio MuST come struttura congiunta, integrando il nanotomografo Zeiss Ultra 810 con il tomografo Zeiss Versa dell'Università di Milano-Bicocca e la sorgente di raggi X STAR dell'Università della Calabria. Questi strumenti consentono l'analisi di campioni fino a diverse decine di centimetri. Grazie all'utilizzo delle risorse del laboratorio MuST, pertanto, sarà possibile ampliare i limiti delle analisi tomografiche che si possono effettuare con il solo nanotomografo Ultra 810, ottenendo così risultati più completi. In conclusione, lo sviluppo dell'attività proposta metterà a disposizione della comunità accademica e del settore industriale una piattaforma avanzata per l'imaging tomografico a raggi X, consentendo analisi non distruttive e multiscala dei campioni. Particolare enfasi sarà posta sullo sviluppo dell'istologia virtuale per offrire analisi istologiche più complete e ricche di informazioni rispetto a quelle ottenibili con l'istologia ottica convenzionale. L'integrazione degli strumenti di IA nel workflow faciliterà i processi di segmentazione e interpretazione, rendendo possibile l'analisi di un numero maggiore di immagini con maggiore efficienza. Obiettivo intermedio: sviluppo di protocolli per la preparazione di campioni da sottoporre ad analisi nanotomografica con particolare riferimento ai campioni di origine biologica per analisi istologiche virtuali 3D. KPI Test sulle resine utilizzate per realizzare i campioni, verificando che i materiali utilizzati non siano degradati dal contatto con le resine. Verifica della stabilità delle resine in seguito ad irraggiamento con raggi X; verifica della degradazione e delle proprietà meccaniche delle resine. Verifica della degradazione dei campioni in seguito ad eventuali trattamenti di taglio o molatura per ottenere campioni delle giuste dimensioni. Deliverables Protocollo per la preparazione di campioni biologici utilizzando diversi tipi di resine e porta campioni che non degradino i materiali analizzati. Protocollo per la preparazione di campioni inorganici utilizzando diversi tipi di resine e porta campioni che non degradino i materiali analizzati. Obiettivo Finale: Sviluppo di protocolli per l'esecuzione di esperimenti di nanotomografia su diversi materiali con particolare attenzione alla istologia virtuale 3d. Sviluppo di protocolli di AI per effettuare segmentazione assistita delle immagini e l'analisi qualitativa e quantitativa dei vari componenti dei campioni. KPI: verifica dell'efficacia dei protocolli AI per la segmentazione su immagini di materiali noti. Verifica dell'efficacia degli algoritmi di AI per la classificazione delle immagini attraverso l'utilizzo di dataset noti. Realizzazione di una virtual histology su un campione noto per verificare l'efficacia. Deliverable Report su una virtual histology su un tessuto noto con relative immagini. Algoritmi AI per la segmentazione e la classificazione delle immagini.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Sensori fluorescenti e piattaforme SERS 3D per applicazioni biomediche

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.05-FLUO-SERS3D

➤ 11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)

LENS CNR-IMM-ME-RLI

➤ 11D1.20e: Mese di avvio della attività

1

➤ 11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)

36

➤ 11D1.20g: Descrizione dell'Attività

1. State of the Art: La rilevazione rapida e ultra-sensibile delle biomolecole rappresenta ancora una sfida cruciale in biomedicina. I saggi immunologici tradizionali come ELISA e Western blot, sebbene sensibili, sono limitati da protocolli lunghi e dall'elevato volume di campione richiesto, riducendone l'idoneità per applicazioni in tempo reale o ad alto rendimento. Le attuali tecnologie di biosensing ottico si basano principalmente su piattaforme fluorescenti. Sebbene efficaci, questi sistemi presentano spesso limiti in termini di sensibilità, selettività e applicabilità in tempo reale, soprattutto in fluidi biologici complessi. I biosensori fluorescenti utilizzano tipicamente molecole coloranti convenzionali o nanostrutture tossiche e costose con modesti rapporti superficie/volume. Un altro approccio interessante è rappresentato dalla spettroscopia Raman, che sta emergendo come metodo di rilevazione molecolare non invasivo e senza marcatori. Tra questi, lo scattering Raman amplificato da superfici (SERS) consente di amplificare significativamente i segnali Raman grazie alle risonanze plasmoniche localizzate in nanostrutture metalliche, permettendo la rilevazione di biomolecole a livello di tracce. Tuttavia, le tecnologie SERS si basano spesso su nanostrutture planari o a bassa complessità con densità limitata di "hot spot". Indipendentemente dal meccanismo del biosensore ottico, l'interpretazione dei dati in questi sistemi è solitamente manuale o semi-automatizzata, mancando di un'analisi robusta basata su intelligenza artificiale. 2. Innovation Compared to the State of the Art: Questo progetto propone biosensori fluorescenti e SERS avanzati che superano i sistemi attuali in termini di prestazioni e applicabilità. I sensori fluorescenti utilizzeranno nanofili di silicio emettitori di luce e confinati quanticamente in geometrie frattali, ottenendo una sensibilità e interazioni superficiali migliorate. Queste strutture possono essere fabbricate con approcci compatibili con la produzione industriale su larga scala e presentano un elevato rapporto superficie/volume, rendendole candidati ideali per piattaforme di sensing. Per il SERS, verranno utilizzate nanostrutture metalliche frattali tridimensionali (oro e argento). Le strutture frattali generano un'elevata densità di "hot spot" elettromagnetici, aumentando l'intensità del segnale e la sensibilità oltre i substrati SERS convenzionali. Entrambi i tipi di sensori saranno integrati, grazie ai partner esperti in AI del progetto, con tecniche di intelligenza artificiale all'avanguardia come reti neurali convoluzionali e ricorrenti, permettendo un'interpretazione spettrale in tempo reale, resistente al rumore e altamente accurata. Il progetto introduce infatti un'innovazione dirompente combinando sensori ottici basati su nanostrutture con l'intelligenza artificiale per sviluppare una piattaforma di biosensing intelligente di nuova generazione. La novità risiede sia nel substrato fisico e nel design del sensore, sia nell'uso di algoritmi di deep learning per l'interpretazione spettrale in tempo reale e non supervisionata. Questa integrazione AI migliora l'accuratezza diagnostica e riduce i falsi positivi, facendo avanzare la metodologia scientifica e il suo potenziale traslazionale. 3. Scientific/Methodological Novelty with Industrial Impact: La novità scientifica risiede nella combinazione di nanostrutture configurate in geometrie frattali per massimizzare l'efficienza di rilevazione con metodi di analisi dati basati su AI, grazie all'integrazione con altri partner. Tutti gli approcci di fabbricazione che verranno esplorati sono compatibili con le attuali fabbriche di microelettronica, rendendo i risultati interessanti per l'industria. Inoltre, lo sviluppo di strumenti diagnostici automatizzati basati su AI, riducendo la necessità di intervento specialistico e permettendo l'uso in ambienti decentralizzati o con risorse limitate, può affrontare la sfida dei dispositivi point-of-care per applicazioni su larga scala. L'integrazione dell'AI con sensori nanostrutturati avanzati crea una piattaforma trasformativa per la diagnostica precoce, con applicazioni nella medicina personalizzata, nel monitoraggio ambientale e nella biotecnologia. La metodologia scalabile si adatta a molteplici target, offrendo percorsi chiari per l'adozione industriale in dispositivi diagnostici e sistemi di laboratorio automatizzati. 4. Technological Innovation Transferable to Industry: Le tecnologie proposte sono progettate con la scalabilità industriale in mente. Tutti i processi di fabbricazione utilizzati sono

approcci standard per le fabbriche di microelettronica. L'uso del silicio e di protocolli di funzionalizzazione chimica consolidati garantisce la compatibilità con le linee di produzione dei semiconduttori. Il processo di fabbricazione dei substrati SERS frattali è compatibile con la nanofabbricazione su larga scala, garantendo riproducibilità ed efficienza dei costi. Questi approcci permettono un rapido trasferimento tecnologico e la commercializzazione di sensori altamente sensibili per applicazioni mediche, ambientali e biotecnologiche. Inoltre, i modelli di elaborazione dati basati su AI possono essere adattati a sistemi integrati, consentendo la commercializzazione come dispositivi diagnostici compatti. 5. New Services Offered by the Research Infrastructure (RI): Il progetto permetterà al nodo LENS di Messina di offrire servizi avanzati di biosensing, inclusa la diagnostica molecolare in tempo reale supportata da AI. Questi servizi saranno accessibili a utenti accademici e industriali, ampliando l'impatto dell'infrastruttura. In particolare, grazie alla collaborazione con tutti gli altri partner IPHOQUS, l'infrastruttura LENS aggiornata presso il CNR-IMM di Messina offrirà: • Sviluppo e caratterizzazione personalizzata di biosensori nanostrutturati ad alte prestazioni. • Accesso a micro/nanofabbricazione avanzata e spettroscopia ottica. • Servizi analitici basati su AI per applicazioni biomediche e ambientali. • Capacità di R&S collaborativa per partner industriali interessati al sensing fotonico. 6. New Tools for Service Access: L'elaborazione dati basata su AI e interfacce utente intuitive semplificheranno l'accesso all'interpretazione dei risultati dei sensori ottici ad alte prestazioni. Questo è particolarmente importante per la diagnostica SERS, migliorando l'usabilità e ampliando il portafoglio di servizi dell'infrastruttura. 7. Obiettivi OI (Mese 24): Sviluppo su misura e caratterizzazione di biosensori nanostrutturati ad alte prestazioni basati su tecnologie di fluorescenza o SERS. KPI: Sviluppo di diversi tipi di nanostrutture innovative con differenti morfologie (ordinate, disordinate, frattali). Realizzazione di sensori basati su queste nanostrutture con trasduzione del segnale mediante fotoluminescenza o segnali SERS. Deliverable: Relazione sulla realizzazione delle nanostrutture e dei sensori da esse derivati. OF (Mese 36): Consolidamento ed espansione delle capacità del nodo LENS ME nell'offerta di servizi avanzati nel campo del sensing fotonico e della nanotecnologia, comprendente lo sviluppo su misura e la caratterizzazione approfondita di biosensori nanostrutturati ad alte prestazioni per utenti esterni. KPI: Erogazione di servizi personalizzati per lo sviluppo di sensori innovativi basati su nanostrutture con differenti modalità di trasduzione. Deliverable: Relazione sul consolidamento e sull'espansione delle capacità del nodo LENS ME per l'erogazione di servizi avanzati nel campo del sensing fotonico e della nanotecnologia.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Tecniche di imaging multimodale per la differenziazione accurata degli stati cellulari

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.06-MIT-DC

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

LENS CNR-IMM-ME-RL2

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

STATO DELL'ARTE I recenti progressi nell'imaging ottico e vibrazionale hanno rivoluzionato l'analisi cellulare non invasiva, permettendo una caratterizzazione dettagliata e "label free" di sistemi biologici

complessi. Tecniche come la microscopia a fluorescenza confocale, l'imaging con tempo di vita della fluorescenza (FLIM), la diffusione Raman stimolata (SRS) e l'imaging Raman su scala nanometrica offrono una visione multidimensionale e integrata delle cellule e dei tessuti. Ciascuna di queste metodologie apporta un contributo specifico: la microscopia confocale consente una visualizzazione tridimensionale ad alta risoluzione, il FLIM rivela dettagli biochimici tramite il tempo di decadimento della fluorescenza, mentre SRS e le tecniche Raman individuano fingerprint molecolari intrinseche di proteine, lipidi e acidi nucleici, senza necessità di marcatori esterni. L'integrazione di queste modalità permette di ottenere una rappresentazione completa e altamente precisa dello stato cellulare, fondamentale per la ricerca biomedica e l'innovazione diagnostica. **INNOVAZIONE RISPETTO ALLO STATO DELL'ARTE** L'attività proposta introduce un significativo avanzamento rispetto allo stato attuale, integrando le modalità di imaging fotonico con sofisticate tecniche di analisi dati basate su intelligenza artificiale (IA). Non si tratta di una semplice ottimizzazione, ma di una trasformazione del flusso di lavoro diagnostico, che passa da un'interpretazione manuale e laboriosa a un'estrazione automatizzata e in tempo reale delle informazioni biologiche rilevanti. L'impiego di algoritmi di machine learning permette di gestire e interpretare la complessità dei dati multimodali, velocizzando l'analisi e aumentando precisione e riproducibilità. A differenza dei tradizionali saggi immunologici, che richiedono preparazioni lunghe e marcatori chimici, questa piattaforma preserva l'integrità dei campioni biologici e cattura la composizione chimica reale delle cellule. Ciò consente di evidenziare sottili variazioni biochimiche, non rilevabili con tecniche convenzionali, migliorando la classificazione cellulare e la diagnosi precoce. **ORIGINALITÀ SCIENTIFICA/METODOLOGICA CON IMPATTO INDUSTRIALE** Questa innovazione scientifica e metodologica ha ricadute dirette per il settore produttivo. La metodologia è ideale per applicazioni in medicina traslazionale, biotecnologie e industria farmaceutica, dove è fondamentale disporre di analisi ad alto contenuto informativo e affidabili. La capacità di distinguere stati di salute o malattia esclusivamente sulla base di dati molecolari intrinseci apre nuove prospettive per diagnosi precoci e terapie personalizzate. Inoltre, la standardizzazione dei protocolli e la riproducibilità dei risultati supporteranno applicazioni come sistemi automatizzati di screening, piattaforme di testing farmacologico e controllo qualità in bioproduzione. **NUOVI SERVIZI OFFERTI DALL'INFRASTRUTTURA DI RICERCA (RI)** Dal punto di vista dell'Infrastruttura di Ricerca, questo progetto amplierà significativamente i servizi offerti dal nodo LENS IMM-ME, trasformandolo in un centro analitico avanzato capace di fornire diagnostica cellulare e molecolare multimodale, label-free e in tempo reale. La sinergica collaborazione con gli altri partners di progetto, esperti nell'imaging diagnostico, all'interno del WP, contribuirà a potenziare ulteriormente il nodo infrastrutturale. I servizi offerti saranno fruibili sia da ricercatori accademici sia da partner clinici e industriali, con workflow personalizzati per applicazioni che spaziano dalla ricerca oncologica alla neurodegenerazione, dallo studio del metabolismo alla ricerca sulle cellule staminali. Oltre all'imaging e all'analisi, l'infrastruttura offrirà supporto specialistico, corsi di formazione e consulenze per facilitare l'interpretazione dei dati e l'adozione della tecnologia. **NUOVI STRUMENTI PER L'ACCESSO AI SERVIZI** L'accesso all'infrastruttura sarà facilitato da nuovi strumenti digitali e interfacce utente progettate per rendere semplice e intuitivo l'intero processo, dalla sottomissione del campione all'interpretazione dei risultati. Saranno inoltre implementati sistemi sicuri di gestione e condivisione dati per favorire la collaborazione scientifica e garantire trasparenza e riproducibilità. **OBIETTIVI** Obiettivo Intermedio (OI) – Mese 18: Sviluppo di una piattaforma integrata che combini tecniche avanzate di imaging fotonico (confocale, FLIM, SRS, Raman) per l'estrazione in tempo reale e senza marcatura di informazioni cellulari da dataset multimodali. KPI: Integrazione funzionale di almeno quattro modalità di imaging ottico e vibrazionale; validazione su campioni biologici complessi. Deliverable: Rapporto tecnico sull'implementazione della piattaforma integrata e sulla validazione preliminare su modelli cellulari. Obiettivo Finale (OF) – Mese 36: Rafforzamento del nodo LENS IMM-ME come centro avanzato per la diagnostica cellulare e molecolare, in grado di offrire servizi personalizzati, in tempo reale e senza marcatura, a utenti accademici, clinici e industriali. KPI: Attivazione di servizi per applicazioni biomediche; definizione di workflow standardizzati per l'accesso e l'analisi dei dati; coinvolgimento di utenti esterni nella fase pilota. Deliverable: Relazione sull'espansione delle capacità del nodo LENS IMM-ME, comprensiva dei nuovi servizi offerti, delle interfacce digitali sviluppate e dei protocolli di accesso.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Fotonica ad alto throughput per sensing umano non invasivo e imaging cellulare

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A05.07-HTPBIO

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CUSBO-POLIMI-RL3

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Questa attività fornisce supporto a potenziali partner industriali per lo sviluppo di dispositivi medici innovativi e strumenti biotecnologici basati sulla fotonica. La questione chiave è il potenziamento delle infrastrutture per la generazione di dataset altamente informativi sull'essere umano in vivo e su cellule, non ottenibili con approcci standard. Tali dataset possono essere utilizzati per addestrare modelli di intelligenza artificiale e per progettare nuovi strumenti clinici potenziati dall'AI. Questi servizi arricchiranno l'offerta di LENS in termini di caratterizzazione dei tessuti biologici, dal livello cellulare fino alle strutture macroscopiche in vivo. Più specificamente, l'attività si articolerà in due direzioni: 1) Spettroscopia in vivo non invasiva su tessuti profondi; 2) Microscopia a foglio di luce STATO DELL'ARTE E INNOVAZIONE SPETTROSCOPIA NON INVASIVA IN VIVO SU TESSUTI BIOLOGICI: *I sistemi per ottica diffusa nel dominio del tempo forniscono informazioni funzionali, chimiche e metaboliche in modo non invasivo da tessuti situati a pochi centimetri di profondità, mediante il rilevamento del tempo di volo dei fotoni (ps-ns), rivelando così le proprietà di assorbimento e diffusione dei tessuti attraversati. È possibile ottenere informazioni sia fisiologiche (es. attivazione funzionale cerebrale), sia patologiche (es. caratterizzazione di lesioni mammarie). Inoltre, tali approcci possono guidare e monitorare il trattamento (es. monitoraggio e previsione della chemioterapia neoadiuvante, trattamento termico). I sistemi attualmente disponibili, inclusi pochi dispositivi commerciali, sono limitati nella capacità di acquisizione e processamento del segnale. Questa attività si concentrerà sull'incremento della quantità di dati acquisibili in modo non invasivo da misurazioni in vivo, combinando informazioni spettrali, temporali o spaziali. L'elemento chiave sarà l'adozione di rivelatori a singolo fotone di ampia area – in parte già coperti da protezione brevettuale – e convertitori tempo-digitale ad altissima frequenza di conteggio. L'obiettivo è raggiungere un'eccezionale frequenza di conteggio del tempo di volo dei fotoni di 300 milioni di fotoni al secondo su più canali (es. 16-64), coprendo un ampio intervallo spettrale (600-1100 nm). Tali tecnologie, installate su workstation esistenti, definiranno una nuova classe di strumenti unici a livello mondiale, con capacità eccezionali di acquisizione dati relativi a molteplici biomarcatori fisiologici e patologici (es. emodinamica, saturazione tissutale di ossigeno, composizione chimica, idratazione...). Strumenti di AI e flussi di dati efficienti per archiviazione, elaborazione e accesso ai dati umani porteranno il potenziale diagnostico e di visualizzazione a un nuovo livello. Si aprono prospettive anche per l'integrazione nel monitoraggio domiciliare e in sensori indossabili. Una nuova ricchezza di biomarcatori potrà essere visualizzata in modo non invasivo dall'interno del corpo umano, difficilmente accessibile con altre tecniche esistenti. IMAGING A FOGLIO DI LUCE: Le tecniche microscopiche di nuova generazione consentono l'acquisizione ad alto tasso di acquisizione e la ricostruzione 3D di strutture tissutali e cellulari. La procedura standard prevede l'analisi di un singolo campione per volta, con gestione prevalentemente manuale. Il servizio attivato da questa iniziativa integra la microscopia a foglio di luce con un sistema microfluidico, permettendo l'imaging ad alta risoluzione di decine o centinaia di cellule o bioparticelle al secondo. I dataset risultanti sono ideali per rispondere all'urgente necessità di immagini 3D su larga scala e annotate di cellule. I metodi basati su AI hanno dimostrato grande potenziale nell'analisi di immagini microscopiche, ma sono ancora limitati dalla scarsità di dati di addestramento sufficientemente voluminosi, diversificati e di qualità. Questo approccio risponde a tale limite, fornendo una soluzione ad alta produttività per la bioimaging data-driven. PROPRIETÀ*

INTELLETTUALE • EP3900322B1: "Rivelatore a singolo fotone di ampia area con capacità di gating temporale" • US20230181158A1: "Sonda bimodale a ultrasuoni comprendente un dispositivo ottico per la diagnosi" • EP4479788A1: "Dispositivo di generazione di luce modulata per microscopia e relativo apparato" INTERESSE DA PARTE DI AZIENDE • PIONIRS (IT): commercializza ossimetri cerebrali a dominio temporale e ha espresso interesse per approcci ad alta produttività che possano fornire pattern emodinamici più dettagliati (es. pressione intracranica, pulsatilità dei tessuti profondi) • Lumnora (IT): sviluppa sistemi di imaging ad alta produttività per lo studio delle vescicole extracellulari, bioparticelle di grande potenziale per la diagnostica tramite biopsia liquida. Le attività di sviluppo di Lumnora sono coerenti con le ricerche dell'unità • Abbelight (FR): sviluppa sistemi di microscopia ad alta e super-risoluzione che possono beneficiare dei dati ad alta produttività forniti dall'unità POTENZIAMENTO DELLE UNITÀ LENS NEL SUD Il microscopio a foglio di luce ad alto tasso di acquisizione può integrare l'offerta della sede LENS di Messina, aggiungendo la capacità di analizzare l'assorbimento di sensori fluorescenti basati su nanomateriali, sviluppati dall'unità, su popolazioni cellulari statisticamente rilevanti. Inoltre, i dataset sulle proprietà ottiche in vivo supporteranno l'attività di Imaging Biomedico AI-Driven e Analisi Multimodale di Dati per Applicazioni in Sanità Digitale, guidata dall'unità LENS di Lecce. SERVIZI FORMATIVI OFFERTI ALLE AZIENDE Questi i servizi di formazione su tecnologie avanzate offerti: • Rilevazione a singolo fotone nel dominio temporale, con focus su tessuti biologici diffusi • Microscopia a foglio di luce e tecniche avanzate di microscopia • Compressive sensing, sia nello spazio che nello spettro, applicato all'imaging biologico • Fabbricazione di fantocci equivalenti ai tessuti • Imaging a tempo di vita della fluorescenza OBIETTIVI: Obiettivo Intermedio – Mese 18: Sviluppo dei blocchi tecnologici fondamentali per la fotonica ad alta produttività per il sensing in vivo e l'imaging cellulare KPI: SENSING: acquisizione a 300 Mcps, 64 canali paralleli, intervallo spettrale 600-1100 nm; IMAGING: sistema microfluidico accoppiato a microscopia a foglio di luce per flusso cellulare, imaging di singola cellula in <100 ms. DELIVERABLES: Singoli blocchi funzionali dei due sistemi. Obiettivo Finale – Mese 36: Sistemi ad alto tasso di acquisizione validati a TRL4, pronti per l'accesso da parte di utenti esterni e a supporto delle sedi LENS di Messina e Lecce per la caratterizzazione avanzata di cellule e test di nanosensori innovativi KPI: SENSING: flusso dati in vivo di 100 misurazioni/s adatto ad addestramento AI; IMAGING: screening automatizzato a 100 cellule/s DELIVERABLES: Workstation per generare dati in vivo su volontari sani e modulo per screening automatizzato di popolazioni cellulari.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

SPAD in semiconduttori del IV gruppo per applicazioni biomediche

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.08-SPAD

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

BN-CNR-IMM-CT-RL2

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

I dispositivi SPAD (single photon avalanche detectors) sono fotorivelatori a singolo fotone a semiconduttore che hanno numerose applicazioni in vari campi. Ad esempio in biologia e biomedicale gli SPAD sono

utilizzati per sostituire i fotomoltiplicatori a tubo a vuoto, per es. nella Positron Emission Tomography (PET), nella functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS), nella diffuse optical tomography (DOT), e nel fluorescence lifetime imaging (FLIM). Gli SPAD hanno anche altre applicazioni, ad es. per Time-Of-Fight (TOF) Laser Radar (LIDAR), Quantum Cryptography, e per Entangled photon detection. Esistono varie tipologie di SPAD disponibili commercialmente. Tra questi ricordiamo gli SPAD in silicio di STMicroelectronics utilizzati come TOF sensor, o quelli di Hamamatsu, PicoQuant, Becker & Hickl, Axiom, Boston Electronics, etc. Esistono anche SPAD in semiconduttori III-V, quali quelli di AMS Technologies in InGaAs/InP, operanti tra 1100 e 1600 nm, molto efficienti ma estremamente costosi e di piccola area. Nell'ultima decade hanno anche acquisito notevole importanza una nuova classe di SPAD al silicio, i cosiddetti silicon photomultiplier (SiPM), consistenti nella integrazione monolitica di una grossa array di SPAD di silicio in cui ciascun pixel è costituito dalla serie di uno SPAD e di un resistore di quenching. E' stata proposta anche una versione in cui i pixel integrano un quenching attivo e un contatore, generalmente chiamati digital SiPM. I SiPM con quenching passivo a resistore sono divenuti dispositivi commerciali di grande successo, con vari prodotti SiPM di ONSEMI, Hamamatsu ed altri. I SiPM presentano il vantaggio di possedere un'area di detection abbastanza grande, anche dell'ordine di qualche cm², cioè simile a fotodiodi convenzionali, ma con un jitter nel regime della decina – centinaio di picosecondi, come gli SPAD, e una risposta proporzionale al numero di fotoni incidenti simultaneamente. Esistono vari design, adatti ai dispositivi discreti e a dispositivi integrati monoliticamente in circuiti integrati. C'è anche una grande varietà di design dello SPAD in sé, con luce che entra dal top o dal bottom, tensione di breakdown, sempre comunque nel regime di valanga, a moltiplicazione da elettroni o da lacune, con zona di assorbimento e di moltiplicazione coincidenti oppure fisicamente separate, varie strutture di bordo con o senza guard-ring, etc. E' molto importante la questione del quenching della valanga, che può essere passiva, tramite opportuno resistore in serie, oppure attiva, tramite circuiti comparatori e altri componenti. Ultimamente, le possibilità di integrazione sono anche molto migliorate grazie all'avvento e l'implementazione sistematica della tecnologia through silicon vias (TSV), che rendono possibile la realizzazione di integrazione eterogenea e di system-in-package. Il nostro gruppo ha lavorato a lungo sulle tecnologie SPAD e SiPM, in particolare in forte collaborazione con la STMicroelectronics. Abbiamo messo a punto una tecnologia con emettitore in polisilicio, resistore di quenching integrato, anch'esso in polisilicio, e trench profondi di isolamento ottico ed elettrico. Su questi temi abbiamo pubblicato numerosi lavori scientifici e depositato vari brevetti, in collaborazione con ST, o anche indipendentemente, con assignee CNR, su vari aspetti delle tecnologie di realizzazione dei dispositivi o dei circuiti di polarizzazione per applicazioni in campo biomedicale (v. Link WIPO:

https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2021052966&tab=PCTBIBLIO&_cid=P21-KTPXED-83986-1) Nel presente progetto proponiamo di realizzare una nuova tecnologia SPAD basata sul germanio cristallino. Il germanio ha una gap di circa 0.64 eV, "quasi" diretta, ed è dunque adatto a realizzare un fotorivelatore con elevata responsività nell'infrarosso vicino, da 700 nm a circa 1600 nm. Prime valutazioni TCAD hanno consentito di valutare a livello di simulazioni varie geometrie e tecnologie potenzialmente in grado di realizzare SPAD in germanio con buone / ottime caratteristiche di quantum efficiency, jitter, e dark count rate se raffreddato opportunamente. Il potenziale applicativo di un simile dispositivo è notevole, perché uno SPAD di questo tipo potrebbe essere molto utile nel settore biomedico, ma anche in applicazioni quali comunicazione su fibra per quantum key distribution. Inoltre, tale tecnologia potrebbe essere adatta all'integrazione monolitica con circuiti integrati in silicio, oppure per integrazioni di tipo eterogeneo. Per potere però effettivamente realizzare un simile dispositivo è necessario incrementare il parco macchine a disposizione dell'unità. Sarà necessario implementare varie nuove attrezzature per potere realizzare dei dimostratori realmente funzionanti. Quindi gli obiettivi dell'attività sono i seguenti due: • realizzazione tecnologica di SPAD in germanio, partendo dal TCAD, alla tecnologia realizzativa (dielettrici, struttura di bordo, emitter, zona di assorbimento / moltiplicazione), alla caratterizzazione elettro-ottica (dark count rate, after-pulsing, responsivity / efficienza quantica, timing / jitter)(prima versione M24, finale M36). Indicatori chiave di prestazione (KPIs): 2 cicli di dispositivi (M24); 3 cicli di dispositivi (M36) • completamento di una facility per CAD, realizzazione, e testing di fotorivelatori in semiconduttori del IV gruppo, SPAD, ma anche altre tipologie, con accesso aperto alla comunità scientifica accademica e industriale. (prima versione M24, versione finale M36) Indicatori chiave di prestazione (KPIs): 1 collaborazione con unità esterne (M24); 2 collaborazioni con unità esterne (M36) La presente attività ha forte potenziale di collegamento diretto con il LENS e con le altre IR coinvolte nella proposta AI-PHOQUS, inclusi in particolare i nuovi nodi del LENS a Napoli, Lecce, e Messina, l'IR Beyond Nano, che ha sede nel meridione d'Italia, la rete di IR I-PHOQS, in particolare con il CUSBO, il CNR-IFN, il CNR-INO, e i gruppi di SLICES e SoBigData. Prevediamo che i canali di collegamento riguarderanno principalmente i temi sulle tecnologie per il biomedicale e per le telecomunicazioni su fibra, in particolare per la quantum key distribution. Infine, riteniamo che parte di questa attività può essere oggetto di formazione/aggiornamento professionale per le aziende, in particolare quelle che operano nel settore del biomedicale e nel settore delle

telecomunicazioni su fibra. Su questi temi quindi ci ripromettiamo di organizzare degli open day e webinar su questi temi, aperti alla comunità tecnica accademica e industriale.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Spettroscopia di precisione a banda larga mediante pettine di frequenze ottiche nel vicino e medio infrarosso per l'analisi del respiro umano

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.09-BREATH-COMB-PROBE

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-IFN sede di Milano

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'analisi del respiro è un campo di ricerca eccezionalmente promettente e in rapida evoluzione, che studia la composizione molecolare dell'aria espirata. Le centinaia di gas differenti presenti nell'esperto includono composti inorganici e composti organici volatili (VOC), che possono derivare sia da attività metaboliche interne (emissioni endogene), sia da fattori esterni, come il consumo di cibo o l'esposizione ambientale (emissioni esogene). Questa attività si propone di sviluppare nuovi metodi di spettroscopia a banda larga a pettini di frequenze ottiche per l'analisi in tempo reale dell'esperto umano. I vasti e complessi set di dati generati dalla spettroscopia molecolare ad alta precisione del respiro umano richiedono quindi metodi avanzati di analisi dei dati, in grado di estrarre efficacemente informazioni significative (biomarcatori). Le tecniche tradizionali spesso non sono in grado di gestire l'elevata dimensionalità e il volume di questi dati. Approcci innovativi, in particolare quelli che sfruttano l'apprendimento profondo (deep learning) e l'intelligenza artificiale, sono essenziali per sfruttarne il pieno potenziale. Strumenti di IA e flussi di dati efficienti per l'archiviazione, l'elaborazione e l'accesso ai biomarcatori del respiro umano porteranno il potenziale diagnostico e di visualizzazione a un livello superiore rispetto allo stato dell'arte. Esistono anche potenzialità per l'integrazione nel monitoraggio domiciliare e nei sensori indossabili. Una nuova ricchezza di biomarcatori può essere visualizzata in modo non invasivo all'interno del corpo umano, non facilmente raggiungibile con altre tecniche esistenti. Stato dell'arte Attualmente sono impiegati diversi metodi per il rilevamento dei composti volatili espirati, tra cui la spettrometria di massa (es. spettrometria di massa a gascromatografia, GC-MS) è lo strumento analitico più ampiamente utilizzato [1]. Tuttavia, gli strumenti basati su GC-MS sono limitati all'uso in laboratorio, non consentono il campionamento in tempo reale e presentano un tempo di analisi relativamente lungo (dell'ordine di decine di minuti). Per queste ragioni, è stata condotta una vasta ricerca per sviluppare metodi alternativi in grado di eseguire analisi rapide, sensibili e in tempo reale in contesti clinici, preferibilmente per molti composti volatili simultaneamente. Alcuni esempi di metodi online basati sulla spettrometria di massa (MS) attualmente utilizzati nell'analisi del respiro includono: spettrometria di massa a reazione di trasferimento di protoni (PTR-MS) [2], spettrometria di massa a tubo di flusso con ioni selezionati (SIFT-MS) [3], gascromatografia combinata con spettrometria di mobilità ionica (GC-IMS) [4] e spettrometria di massa con ionizzazione elettrospray secondaria (SESI-MS) [5]. Nonostante questi progressi, rimane la necessità di dispositivi miniaturizzati, oltre alla considerazione di strumenti economici, precisi e facili da usare che forniscano risposte rapide,

preferibilmente in tempo reale. I recenti progressi nelle tecniche spettroscopiche laser e nelle sorgenti laser hanno portato l'analisi dell'esperto umano a nuovi livelli, passando dalla ricerca in laboratorio alla realtà commerciale. Le tecniche spettroscopiche laser non solo offrono alta sensibilità e selettività, comparabili a quelle delle tecniche basate su MS, ma presentano anche vantaggi quali la risposta quasi in tempo reale, i costi contenuti degli strumenti e la possibilità di impiego in ambito point-of-care [6,7]. Innovazione La metodologia proposta consiste in uno strumento spettroscopico laser ad alta sensibilità e banda larga, operante nella regione spettrale del medio infrarosso (mid-IR) tra 3,2 e 3,6 μm . In dettaglio, essa si basa su un laser a stato solido Yb ultrarapido e compatto che emette una coppia di treni di impulsi femtosecondi (dual-comb source) a 1,04 μm con una frequenza di ripetizione di 1 GHz, su uno stadio di generazione parametrica ottica (realizzato con un cristallo non lineare di niobato di litio periodicamente polarizzato, PPLN) per spostare la lunghezza d'onda di uno dei due treni di impulsi del laser Yb nella banda di impronta molecolare tra 3,2 e 3,6 μm , su una cavità ottica ad alta finezza (5.000–10.000) con un free-spectral range di 1 GHz in cui è contenuto il campione di respiro umano espirato per aumentare la sensibilità della rilevazione spettroscopica, e su un metodo di spettroscopia a doppio pettine (dual-comb) [8] basato sul campionamento elettro-ottico della trasmissione della cavità di innalzamento mid-IR in un secondo cristallo PPLN. Il metodo di spettroscopia dual-comb con campionamento elettro-ottico viene adottato per recuperare il campo elettrico della radiazione mid-IR in funzione del tempo, consentendo la rilevazione sia dell'ampiezza che della dispersione di fase delle caratteristiche dell'impronta molecolare dovute ai biomarcatori del respiro umano. Nella regione spettrale mid-IR selezionata possono essere osservati, con sensibilità fino a livelli sub-ppb, i seguenti biomarcatori: Acetone (cancro ai polmoni, diabete, perdita di grasso alimentare, insufficienza cardiaca congestizia, crisi epilettiche); Ammoniaca (asma); Butano (marcatore tumorale nel cancro ai polmoni); Anidride carbonica (isotopo ^{13}C , stress ossidativo); Etano (stress ossidativo); Formaldeide (cancro ai polmoni); Perossido di idrogeno (asma); Metano (problemi intestinali, fermentazione colica). Per estrarre la concentrazione di ciascuna specie dagli spettri di assorbimento registrati, verrà adottata una procedura di fitting globale multilinea, utilizzando gli spettri di assorbimento calcolati dal database HITRAN (High-Resolution Transmission Molecular Absorption). La procedura globale multilinea permetterà di adattare simultaneamente tutte le specie su tutta la finestra spettrale, consentendo una determinazione precisa delle concentrazioni molecolari, nonostante la presenza di caratteristiche spettrali sovrapposte [9]. Partendo da una stima iniziale delle concentrazioni delle molecole note presenti nel campione, verrà calcolato uno spettro di assorbimento simulato. Lo spettro di assorbimento simulato normalizzato verrà adattato allo spettro sperimentale normalizzato utilizzando un metodo di minimi quadrati non lineare. Determinare l'identità e la concentrazione delle molecole presenti nel respiro umano è uno strumento potente per valutare lo stato di salute generale di una persona, in modo analogo all'analisi del sangue nella medicina clinica, ma in modo più rapido e meno invasivo. La presenza di una particolare combinazione di molecole può indicare la presenza di una specifica condizione patologica o infezione. Monitorare nel tempo la concentrazione delle molecole di interesse può aiutare a tracciare l'evoluzione (o la ricorrenza) di una condizione, nonché l'efficacia del trattamento somministrato. Per rendere l'analisi del respiro più accessibile e diffusa, proponiamo un approccio spettroscopico diretto a comb ottici nella regione spettrale del mid-IR per eseguire analisi del respiro con alta risoluzione in frequenza, ampia copertura spettrale e alta sensibilità. [1] R. Schnabel, R. Fijten, A. Smolinska, J. Dallinga, M.L. Boumans, E. Stobberingh, A. Boots, P. Roekaerts, D. Bergmans, F.J. van Schooten, Analysis of volatile organic compounds in exhaled breath to diagnose ventilator-associated pneumonia. *Sci. Rep.* 5, 10 (2015) [2] R.F. del Rio, M.E. O'Hara, A. Holt, P. Pemberton, T. Shah, T. Whitehouse, C.A. Mayhew, Volatile biomarkers in breath associated with liver cirrhosis—nature of pre-and postliver transplant breath samples. *Ebiomedicine* 2, 1243–1250 (2015) [3] K. Dryahina, D. Smith, M. Bortlik, N. Machkova, M. Lukas, P. Spanel, Pentane and other volatile organic compounds, including carboxylic acids, in the exhaled breath of patients with Crohn's disease and ulcerative colitis. *J. Breath Res.* 12, 9 (2018) [4] P. Mochalski, H. Wiesenhofer, M. Allers, S. Zimmermann, A.T. Güntner, N.J. Pineau, W. Lederer, A. Agapiou, C.A. Mayhew, V. Ruzsanyi, Monitoring of selected skin- and breathborne volatile organic compounds emitted from the human body using gas chromatography ion mobility spectrometry (GC-IMS). *J. Chromatogr. B* 1076, 29–34 (2018) [5] M.T. Gaugg, D.G. Gomez, C. Barrios-Collado, G. Vidal-de-Miguel, M. Kohler, R. Zenobi, P.M.L. Sinues, Expanding metabolite coverage of real-time breath analysis by coupling a universal secondary electrospray ionization source and high resolution mass spectrometry—a pilot study on tobacco smokers. *J. Breath Res.* 10, 9 (2016) [6] C. Wang and P. Sahay, Breath Analysis Using Laser Spectroscopic Techniques: Breath Biomarkers, Spectral Fingerprints, and Detection Limits. *Sensors* 9, 8230–8262 (2009) [7] B. Henderson, A. Khodabakhsh, M. Metsälä, I. Ventrillard, F. M. Schmidt, D. Romanini, G. A. D. Ritchie, S. Lintel Hekkert, R. Briot, T. Risby, N. Marczin, F. J. M. Harren, S. M. Cristescu, Laser spectroscopy for breath analysis: towards clinical implementation. *Applied Physics B*, 124, 161 (2018) [8] B. Bernhardt, A. Ozawa, P. Jacquet, M. Jacquy, Y. Kobayashi, T. Udem, R. Holzwarth, G. Guelachvili, T. W. Hänsch, and N. Picqué. Cavity-enhanced dual-comb spectroscopy. *Nature Photon* 4, 55–57 (2010). [9] Q. Liang, Ya-Chu Chan, J. Toscano, K. K Bjorkman, L. A

Leinwand, R. Parker, E. S. Nozik, D. J. Nesbitt, and J. Ye, *Breath analysis by ultra-sensitive broadband laser spectroscopy detects SARS-CoV-2 infection. Journal of Breath Research* 17 (2023) 036001. **OI – Mese 18:** Realizzazione di un analizzatore del respiro ad alta sensibilità e a banda larga nel medio infrarosso, per la rilevazione di specie molecolari multiple, basato su spettroscopia dual comb con cavità ottica (cavity-enhanced). **KPI:** Prestazioni operative: copertura spettrale da 3,2 a 3,6 μm ; potenza per modo > 1 microWatt. **Deliverable:** Prototipo. **OF – Mese 36:** Validazione dell'analizzatore del respiro ad alta sensibilità e a banda larga nel medio infrarosso, basato su spettroscopia dual comb con cavità ottica, integrato con metodi di Intelligenza Artificiale per l'interpretazione dei dati spettroscopici raccolti. **KPI:** Prestazioni operative in termini di sensibilità ai biomarcatori, quali: Acetone (sub-ppb), Ammoniaca (centinaia di ppb), Butano (decine di ppb), Anidride carbonica con ^{13}C (sub-ppm), Etano (decine di ppb), Formaldeide (sub-ppb), Perossido di idrogeno (sub-ppm), Metano (sub-ppb). **Deliverable:** Relazione sulla validazione dell'analizzatore del respiro a dual-comb nel medio infrarosso.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

2D Material–DNA Hybrid Nanophotonic Platforms for AI-Enhanced Molecular Diagnostics

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.10-2DNAi

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Bio - photonics and imaging

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

I materiali bidimensionali (2D) di tipo van der Waals costituiscono una classe emergente di composti che combinano straordinarie proprietà meccaniche, elettroniche e ottiche in cristalli dello spessore di pochi strati atomici. Tali caratteristiche distintive possono favorire progressi rilevanti in settori chiave come l'elettronica, l'optoelettronica, la fotonica, la sensoristica e la catalisi. Tra questi, i dicalcogenuri di metalli di transizione (TMD), con formula generale MX_2 (dove M è un metallo di transizione e X un calcogeno), si distinguono per il loro elevato potenziale. Presentano una struttura reticolare esagonale in cui gli atomi metallici sono disposti tra due strati di atomi di calcogeno, con ciascun metallo coordinato a sei atomi di calcogeno. La famiglia dei TMD comprende materiali come MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 , WSe_2 , ecc., che sono semiconduttori con proprietà elettroniche e ottiche fortemente dipendenti dallo spessore. Questi 2D-TMD presentano un band gap nel visibile e mostrano una transizione da indiretto a diretto passando dallo stato bulk al monostrato (monolayer). Grazie alla loro natura atomica, le proprietà ottiche ed elettroniche dei 2D-TMD possono essere efficacemente modulate tramite interazioni con l'ambiente circostante, incluso l'adsorbimento molecolare. Tali caratteristiche, unite alla loro compatibilità con sistemi biologici – come la bassa tossicità e la stabilità in ambiente acquoso – li rendono particolarmente promettenti per applicazioni nella biosensoristica. I TMD possono infatti essere impiegati in diverse tipologie di biosensori ottici, elettrici ed elettrochimici, con potenziali utilizzi nella diagnostica medica, nel monitoraggio ambientale e nella sicurezza alimentare. Alcuni TMD mostrano attività simile a quella della perossidasi e sensibilità verso DNA a singolo e doppio filamento nonché verso microRNA (miRNA), risultando idonei alla rilevazione di acidi nucleici. Tuttavia, la struttura atomica dei 2D-TMD pone sfide significative per ottenere una selettività

avanzata verso specifici analiti in ambienti biologici. Infatti, la superficie dei flakes è costituita da atomi di calcogeno, generalmente inerti nelle condizioni blande richieste dalle sonde biologiche, rendendo difficile la formazione di legami covalenti. Di conseguenza, in molti studi il meccanismo di rilevazione del DNA si basa sull'adsorbimento non specifico delle sonde sulla superficie del TMD tramite interazioni di van der Waals, che provocano il quenching della fluorescenza. L'ibridazione tra sonda e target porta poi al distacco della sonda e al conseguente recupero del segnale di fluorescenza. Nonostante gli studi pionieristici che ne dimostrano il potenziale, i 2D-TMD sono ancora lontani dall'esprimere appieno le loro capacità in ambito biosensoristico. Per superare i limiti attuali – in particolare quelli legati alla stabilità delle sonde, alla specificità verso l'analita e alla sensibilità – svilupperemo un biosensore basato su sonde di DNA ancorate in modo stabile e selettive per specifici marcatori miRNA, in grado di produrre variazioni misurabili nell'interazione luce-materia a seguito del riconoscimento del target. Integrando i 2D-TMD con sonde di DNA funzionalizzate in guide d'onda ottiche, intendiamo realizzare dispositivi nanofotonici ad alta sensibilità per la rilevazione di biomarcatori. Questi sistemi ibridi sfruttano le peculiarità optoelettroniche dei materiali 2D – come l'elevato rapporto superficie-volume, la forte interazione luce-materia e il band gap modulabile – rendendoli ideali per una biosensoristica su scala molecolare. La nostra strategia prevede la realizzazione di una matrice di nodi, ciascuno funzionalizzato individualmente, distribuiti lungo una guida d'onda fotonica. Ogni nodo sarà progettato per legare selettivamente specifiche sequenze di RNA o miRNA. Il legame del target altera l'ambiente ottico locale, generando variazioni misurabili nella luce trasmessa o diffusa lungo la guida. Ogni campione produrrà un'impronta ottica distintiva, basata sul pattern di interazioni nei nodi funzionalizzati. Questi segnali complessi verranno analizzati tramite algoritmi di intelligenza artificiale, permettendo una classificazione istantanea dello stato biologico – ad esempio la presenza di biomarcatori specifici – con elevata sensibilità e specificità. A differenza degli approcci precedenti, basati su interazioni non covalenti e quindi instabili tra DNA e flakes di 2D-TMD, il nostro biosensore nanofotonico richiede un ancoraggio robusto e specifico delle sonde. A tal fine, adotteremo due strategie per il loro ancoraggio sui flakes di 2D-TMD. La prima prevede l'impiego di sottili strati funzionali depositati sui flakes, capaci di essere funzionalizzati con sonde biologiche. Questi rivestimenti offrono un duplice vantaggio: proteggono i 2D-TMD dalla degradazione ambientale e forniscono siti attivi per l'ancoraggio covalente delle sonde, preservando la capacità del sistema di modulare la risposta ottica in seguito all'interazione probe-target. Un esempio è l'uso di film sottili (pochi nanometri) di ossidi metallici funzionalizzati, come TiO_2 o SiO_2 , che consentono l'immobilizzazione del DNA tramite legami tra gruppi fosfato e superfici modificate. Si valuteranno diverse molecole funzionali, tra cui quelle contenenti gruppi amminici o carbossilici. In questo ambito, verranno esplorate anche eterostrutture 2D-TMD/grafene, sfruttando la capacità del grafene di legare stabilmente il DNA come approccio complementare. La seconda strategia si basa sulla funzionalizzazione diretta dei flakes. Poiché la superficie dei 2D-TMD privi di difetti risulta essere chimicamente inerte, utilizzeremo flakes con una densità controllata di difetti nativi o difetti indotti artificialmente successivamente alla sintesi. I difetti possono essere modulati regolando le condizioni di crescita o introdotti con alta precisione spaziale mediante irraggiamento con fascio elettronico. In questo modo, i metalli di transizione esposti nei siti di vacanza del calcogeno rappresentano dei siti attivi di ancoraggio per le sonde di DNA funzionalizzate con gruppi tiolici (-SH). Questo processo di passivazione dovrebbe modificare in modo significativo le proprietà elettroniche e ottiche dei 2D-TMD, che subiranno una ulteriore variazione a seguito del riconoscimento del target. Il biosensore proposto potrebbe avere un impatto significativo nella diagnosi precoce di malattie, grazie a un meccanismo ottico di rilevazione rapido e privo di marcatori fluorescenti. Inoltre, la capacità di rilevare simultaneamente più target lo rende adatto a un profiling efficiente dei biomarcatori ed è compatibile con dispositivi lab-on-chip, risultando ideale per il monitoraggio sanitario in real-time. **OBIETTIVI OI – Mese 18:** Sviluppo di una piattaforma biosensoristica nanofotonica che integri materiali bidimensionali TMD (Transition Metal Dichalcogenides) con sonde di DNA stabilmente ancorate per la rilevazione di miRNA. **KPI:** Limite di rilevazione ≤ 1 nM **Deliverable:** Chip biosensore prototipale con sonde di DNA immobilizzate covalentemente su superfici di TMD 2D, in grado di modulare il segnale ottico in risposta al riconoscimento di miRNA. **OF – Mese 36:** Realizzazione di uno schema di rilevazione che combini nodi sensoriali basati su TMD 2D integrati in guida d'onda fotonica con analisi del segnale basata su Intelligenza Artificiale. **KPI:** Accuratezza di classificazione $\geq 80\%$ **Deliverable:** Guida d'onda fotonica funzionale con nodi sensoriali a risoluzione spaziale integrati con analisi del segnale basata su IA.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Imaging biomedico basato su IA e analisi dati multimodali per la salute digitale

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A5.11-AI4BiMA

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Bio - photonics and imaging

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

I recenti progressi nel campo dell'imaging biomedico hanno portato allo sviluppo di piattaforme di microscopia ottica ed elettronica altamente sofisticate, in grado di acquisire insiemi di dati multidimensionali su larga scala attraverso domini spaziali, temporali e spettrali. Queste piattaforme consentono ai ricercatori di visualizzare sistemi biologici complessi, da compartimenti subcellulari a interi organoidi, utilizzando tecniche come la microscopia a illuminazione strutturata (SIM) a super-risoluzione, la microscopia a fogli di luce reticolari, l'imaging multifotone e FLIM, la microscopia elettronica a scansione e a trasmissione e la tomografia a raggi X ad alta risoluzione. Tuttavia, i flussi di lavoro attuali rimangono frammentati: i dati vengono raccolti attraverso modalità separate ed elaborati offline utilizzando strumenti non integrati, con l'intelligenza artificiale (AI) applicata principalmente alla segmentazione o al denoising post-acquisizione. Ciò limita il feedback in tempo reale, impedisce la fusione dei dati intermodali e limita il pieno sfruttamento dell'imaging ad alto contenuto per applicazioni biomediche e traslazionali. Questa attività mira a sviluppare un'infrastruttura integrata e potenziata dall'IA per l'imaging biomedico, posizionando l'IA non come un componente aggiuntivo di post-elaborazione, ma come un livello incorporato e abilitante in tutta la pipeline di imaging. In particolare, il progetto si concentrerà su: - Fusione di dati multimodali: Implementazione di modelli di intelligenza artificiale che integrano diversi segnali di imaging, fluorescenza, iperspettrale, ottica non lineare, microscopia elettronica e raggi X, in rappresentazioni coese e interpretabili. Questi insiemi di dati multimessaggero supporteranno l'estrazione di informazioni biologiche correlate tra le varie scale e modalità. - Acquisizione guidata dall'intelligenza artificiale: Sviluppo di strategie in tempo reale guidate dall'intelligenza artificiale per ottimizzare i parametri di acquisizione (ad esempio, intensità di illuminazione, tempo di esposizione e selezione dei canali) durante l'esperimento stesso, migliorando la qualità dei dati e riducendo la fototossicità e il tempo di acquisizione. - Estrazione automatica delle caratteristiche: Stabilire pipeline di apprendimento automatico per rilevare, quantificare e classificare le strutture biologiche all'interno di grandi insiemi di dati di imaging, supportando applicazioni nella modellazione delle malattie, nello screening dei farmaci e nella fenotipizzazione cellulare. - Flussi di lavoro abilitati al feedback: Progettazione di sistemi a ciclo chiuso in cui i moduli di intelligenza artificiale forniscono una valutazione continua della qualità e un feedback all'hardware di imaging, favorendo la sperimentazione adattiva. Queste innovazioni dovrebbero portare benefici sia alla ricerca accademica che all'industria, migliorando l'efficienza sperimentale, riducendo i tempi di analisi e migliorando l'interpretabilità di dati biologici complessi. L'approccio è tecnologicamente trasferibile a più piattaforme di imaging e adattabile a una varietà di casi d'uso biomedici e diagnostici. I risultati di questa attività consentiranno al CNR-Nanotec di offrire servizi avanzati a utenti pubblici e privati. Questi includono: - Flussi di lavoro di imaging integrati con supporto AI per l'acquisizione, l'analisi e la visualizzazione dei dati; - Accesso a pipeline standardizzate per l'integrazione di dati multimodali; - supporto personalizzato per gli utenti che lavorano su modelli organ-on-chip, biosensori e applicazioni di screening ad alto contenuto. Questi servizi saranno accessibili attraverso la piattaforma di imaging multimodale e correlativo della struttura di Lecce e sono progettati per essere scalabili per collaborazioni con l'industria e centri di ricerca clinica. Le metodologie e le tecnologie sviluppate in questa attività sono attualmente oggetto di valutazione interna per la potenziale protezione della proprietà intellettuale. Sebbene non sia stato depositato alcun brevetto formale in questa fase, si

prevede che l'implementazione di strategie di acquisizione guidata dall'intelligenza artificiale e di fusione multimodale genererà un'innovazione tutelabile entro i tempi previsti dal progetto. Il CNR-Nanotec è il primo istituto di ricerca italiano riconosciuto come ZEISS labs@location Partner. Questa collaborazione strategica con Carl Zeiss AG ha già permesso il co-sviluppo e la sperimentazione di sistemi di imaging avanzati e garantisce un accesso privilegiato a strumentazione e formazione all'avanguardia. Sebbene non siano ancora stati firmati accordi commerciali in relazione ai flussi di lavoro AI in fase di sviluppo, la piattaforma è allineata alle esigenze dell'industria, in particolare nel contesto della salute digitale e della diagnostica intelligente. La continua interazione con la rete di innovazione ZEISS offre opportunità di scambio di conoscenze, benchmarking e future applicazioni traslazionali. L'attività si avvale di un'infrastruttura di imaging correlativo e multimodale completa e ad alte prestazioni ospitata presso il CNR-Nanotec di Lecce. Questa comprende: - Super-risoluzione Elyra 7 (SIM), - Lightsheet 7 e Lattice Lightsheet 7 per l'imaging volumetrico e 4D veloce, - LSM 980 NLO con Airyscan 2 e FLIM per la microscopia lifetime e multifotone, - Sistemi SEM/FIB e STEM di fascia alta (Merlin, Auriga 40, Sigma 300VP con VoluTome), - tomografia a raggi X ad alta risoluzione (Versa), - Supporto informatico integrato con nodi GPU e infrastruttura di archiviazione a lungo termine. Questa strumentazione consente flussi di lavoro completamente correlati tra modalità ottiche, elettroniche e tomografiche e costituisce una solida piattaforma per l'analisi delle immagini biomediche basata sull'intelligenza artificiale e la fornitura di servizi. Grazie al suo ruolo di hub-location partner di ZEISS, il CNR-Nanotec ospiterà e contribuirà a programmi di formazione professionale incentrati sui flussi di lavoro di imaging basati sull'intelligenza artificiale. Questi programmi saranno rivolti sia agli utenti accademici che agli operatori industriali. Le attività previste comprendono: - Corsi pratici sull'acquisizione di immagini multimodali e sull'analisi assistita dall'intelligenza artificiale; - Workshop sulla gestione dei dati e sull'imaging digitale conforme alle normative; - Webinar ed eventi di sensibilizzazione per diffondere le migliori pratiche nella microscopia integrata nell'IA. Queste iniziative sono coerenti con la missione di ZEISS labs@location di promuovere l'innovazione attraverso la collaborazione e la formazione professionale, e supportano l'obiettivo più ampio di formare il personale tecnico nelle tecnologie emergenti della salute digitale. L'attività proposta stabilirà un nuovo standard nell'imaging biomedico potenziato dall'intelligenza artificiale e nell'integrazione dei dati multimodali. Sfrutta i punti di forza di un'infrastruttura di ricerca leader a livello nazionale, incorpora l'IA in flussi di lavoro fotonici ad alta risoluzione e sostiene la creazione di servizi e programmi di formazione rilevanti sia per la ricerca che per l'industria. In questo modo, rafforza la competitività dell'Italia nel campo della salute digitale e della medicina di precisione e contribuisce agli obiettivi più ampi della rete LENS e dello Spazio europeo della ricerca. **OBIETTIVI:** OI-Mese 18: Sviluppo di modelli di intelligenza artificiale per la guida in tempo reale dei parametri di acquisizione nei sistemi di imaging multimodale. KPI: Acquisizione automatizzata ottimizzata in >70% delle condizioni testate; riduzione della fototossicità $\geq 25\%$. Prodotto consegnato: Modulo AI funzionale per la regolazione in tempo reale dell'illuminazione e dell'esposizione nei flussi di lavoro di imaging 3D a cellule vive. OI- Mese 36: implementazione di una pipeline completamente integrata per la fusione, l'analisi e la visualizzazione di immagini multimodali basate sull'IA. KPI: Accuratezza della fusione $\geq 85\%$ (basata su set di dati di riferimento); riduzione del tempo di analisi end-to-end $\geq 50\%$. Risultati: Piattaforma software convalidata che supporta l'integrazione di dati multimodali (ottici, EM, raggi X), distribuita su cluster di GPU con interfaccia grafica e documentazione.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Edge Computing in infrastrutture Beyond-5G e NextG per la robotica intelligente connessa nelle industrie smart

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A6.1

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Mobile and Distributed Systems Laboratory

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

1. Stato dell'arte La trasformazione digitale dei sistemi produttivi sta progressivamente integrando soluzioni di robotica intelligente, comunicazioni wireless avanzate e intelligenza artificiale distribuita per abilitare fabbriche sempre più connesse, autonome ed efficienti. In questo contesto, le architetture di Edge Computing e Fog Computing stanno emergendo come soluzioni chiave per rispondere alle esigenze di latenza ultra-bassa, elaborazione locale, adattività e scalabilità, superando i limiti delle tradizionali infrastrutture cloud-centrate. Le attuali implementazioni in ambito industriale si basano principalmente su tecnologie 4G/5G, che consentono un certo livello di flessibilità ma presentano ancora vincoli legati alla qualità del servizio, alla gestione del traffico eterogeneo e alla scalabilità dei dispositivi. Inoltre, molte architetture edge oggi in uso sono fortemente verticali, poco interoperabili e difficili da adattare dinamicamente a scenari in evoluzione (es. nuove linee produttive, riorganizzazione di celle robotiche, ecc.). Con l'avvento delle tecnologie Beyond-5G e NextG – inclusi paradigmi come 6G, Open RAN, reti intelligenti adattive e massive IoT – si apre la possibilità di progettare architetture distribuite in cui l'intelligenza computazionale, la connettività e l'automazione industriale convergono in modo nativamente integrato. Tuttavia, mancano ancora modelli architetturali e strumenti operativi per sfruttare in modo efficace le potenzialità di queste tecnologie all'interno di contesti produttivi complessi, distribuiti e ad alta densità di dispositivi (come le smart factory basate su robotica cooperativa).

2. Innovazione rispetto allo stato dell'arte L'attività A6.1 propone un'innovazione non incrementale rispetto all'attuale stato dell'arte, attraverso la sperimentazione e validazione di una piattaforma edge-native integrata in ambienti Beyond-5G/NextG, specificamente orientata alla gestione intelligente e adattiva di robotica industriale connessa. L'approccio introduce diverse novità scientifiche, tecnologiche e applicative: • Nuovo paradigma architetturale distribuito, in cui l'intelligenza è dislocata dinamicamente su nodi edge e micro-cloud a seconda del contesto produttivo, ottimizzando la latenza e l'utilizzo delle risorse computazionali. • Co-design di rete e robotica: si sperimenta una stretta integrazione tra lo strato di comunicazione (rete mobile programmabile, slicing, SDN/NFV) e lo strato di controllo dei robot intelligenti, con capacità di riorganizzazione adattiva in tempo reale. • Algoritmi di orchestrazione edge-aware per la gestione dinamica di carichi, qualità del servizio, previsioni di guasto e task scheduling in ambienti di produzione ad alta variabilità. • Testbed sperimentale distribuito tra i nodi AI-PHOQUS che simula scenari industriali realistici, inclusi casi d'uso con robot mobili, bracci collaborativi e sensori di processo connessi, interagenti su infrastrutture 5G e pre-6G. • Nuovi servizi per l'impresa: l'infrastruttura AI-PHOQUS potrà offrire alle aziende servizi di simulazione, test e validazione di architetture edge distribuite in ambienti produttivi virtualizzati o reali, contribuendo ad abbattere il rischio di investimento in tecnologie ancora in fase di maturazione. Questa attività non si limita quindi a migliorare le tecnologie esistenti, ma propone un nuovo modello sistemico e scalabile per l'integrazione di edge computing e robotica connessa, in grado di accompagnare le imprese manifatturiere nella transizione verso la fabbrica intelligente del futuro.

OR1: Progettazione e prototipazione di un'architettura edge-native per la robotica industriale adattiva su infrastrutture Beyond-5G [M1–M18] • Definizione di un modello architetturale distribuito per ambienti manifatturieri intelligenti abilitati dall'edge computing. • Co-design delle funzionalità di rete programmabile e della logica di controllo robotico per la riconfigurabilità in tempo reale. • Sviluppo di componenti di orchestrazione edge-aware per la pianificazione dinamica dei task e la gestione della qualità del servizio (QoS). • Allestimento di un ambiente di simulazione con scenari industriali rappresentativi e sistemi robotici eterogenei. KPI#1: Realizzazione di un prototipo funzionante della piattaforma edge-native, in grado di supportare almeno due scenari di robotica industriale su condizioni di rete Beyond-5G emulate. Deliverable OR1: Implementazione del prototipo dell'architettura distribuita edge-native e report tecnico con la descrizione del design, degli scenari di test e della verifica dei KPI. OR2: Validazione della piattaforma edge-native in ambienti reali e federati con servizi orientati alle imprese [M19–M36] • Integrazione dello strato di orchestrazione sviluppato all'interno del testbed federato AI-PHOQUS. • Validazione di flussi di lavoro robotici adattivi in scenari industriali reali e virtualizzati. • Implementazione di almeno un servizio dimostrativo accessibile a utenti esterni tramite API o portale web. • Produzione di contenuti formativi e documentazione per PMI e stakeholder dell'innovazione. KPI#2: Validazione della piattaforma in almeno due nodi LENS federati, con rilascio di un servizio dimostrativo

disponibile per la sperimentazione esterna. Deliverable OR2: Report di validazione e rilascio pubblico del servizio dimostrativo con documentazione e guida all'uso. 3. Titolare di proprietà intellettuale I gruppi di ricerca coinvolti (in particolare UniME, UniNA, UniSalento) possiedono già know-how proprietario e componenti software modulari sviluppati in precedenti progetti su edge computing, orchestrazione distribuita e reti mobili programmabili.

4. Interesse da parte delle imprese Negli ultimi anni sono state attivate diverse collaborazioni industriali – tra cui con aziende del settore manifatturiero, telco e system integrator – che hanno espresso interesse verso la sperimentazione di architetture edge-robotica integrate. Le tematiche proposte sono coerenti con i fabbisogni emersi anche in ambito EDIH, Competence Center e PNRR M4C2, e già oggi vengono richieste da imprese coinvolte in progetti PoC per la modernizzazione dei processi produttivi.

5. Collegamenti con i nodi LENS di Napoli, Lecce e Messina L'attività è direttamente collegata ai nodi AI-PHOQUS che partecipano alla rete LENS: • LENS Napoli (UniNA): contribuirà allo sviluppo di soluzioni di quantum computing avanzate e sperimentazione su reti programmabili. • LENS Lecce (UniSalento): metterà a disposizione le competenze in edge AI e le infrastrutture per il testing di algoritmi su robotica distribuita e quantum sensing. • LENS Messina (UniME): coordinerà le attività di orchestrazione distribuita, deployment edge e validazione in ambienti simulati e reali per e-health. L'integrazione dei nodi consente di costruire un testbed federato inter-universitario, che sarà utilizzato sia per sperimentazione scientifica sia per attività dimostrative verso le imprese (es. PoC del WP8).

6. Formazione e aggiornamento per le imprese L'attività A6.1 prevede una forte componente trasferibile in percorsi di formazione tecnica e manageriale per le imprese, in sinergia con le attività del WP8 (Formazione e PoC). Le imprese potranno beneficiare di: • corsi su edge computing, reti intelligenti, orchestrazione distribuita; • workshop hands-on su ambienti simulati e dimostratori; • micro-credenziali associate a percorsi formativi su robotica edge-native e automazione adattiva. Tali percorsi contribuiranno a sviluppare competenze chiave per la transizione 5G/6G della manifattura, e saranno progettati in coerenza con le esigenze emerse dai PoC e dalle collaborazioni industriali in corso. Giustificazione del budget L'attività richiede 200 kEUR per attrezzature, comprensive di nodi edge, componenti robotici e infrastrutture di rete programmabili necessarie all'implementazione e sperimentazione dell'architettura distribuita in scenari industriali realistici. Ulteriori 48 kEUR per il personale sono destinati alla progettazione, sviluppo e validazione dei servizi di orchestrazione edge e dei dimostratori. Circa 30 kEUR sono destinati ad attività di open access e TNA, per permettere a soggetti esterni di accedere alla piattaforma. Infine, 10 kEUR coprono costi di impianto e infrastruttura, tra cui l'installazione nei siti edge e il supporto alla rete locale.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Materiali innovativi per dispositivi intelligenti di nuova generazione

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A6.2

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Innovative materials and devices

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Lo sviluppo dei dispositivi intelligenti di nuova generazione nel settore industriale dipende sempre più da materiali avanzati con proprietà fisiche, chimiche e optoelettroniche modulabili. Classi innovative di materiali, come le perovskiti, i polimeri conduttivi, gli ossidi elettrocromici e i nanocompositi ibridi, consentono la realizzazione di dispositivi multifunzionali capaci di rilevare, convertire e adattarsi a stimoli come luce, calore, campi elettrici e condizioni ambientali. La loro processabilità da soluzione, il peso ridotto e la compatibilità con substrati flessibili o trasparenti ne facilitano l'integrazione in diversi contesti, dall'elettronica indossabile ai nodi autonomi dell'Internet delle Cose (IoT), fino ai componenti adattivi per l'edilizia. Questa attività si concentra sullo sviluppo di moduli multifunzionali che uniscano la conversione di energia solare alla gestione dinamica della luce, cioè delle celle solari in perovskite semitrasparenti (ST-PV) integrate con strati elettrocromici. Questi dispositivi intelligenti regolano dinamicamente la radiazione solare, consentendo simultaneamente la produzione di energia e il controllo della trasmissione di luce e calore, rendendoli ideali per facciate edilizie a elevata efficienza energetica, pareti continue (curtain walls) e sistemi vetrati. A differenza delle tradizionali celle fotovoltaiche in silicio, le perovskiti permettono una lavorazione a bassa temperatura da soluzione, su substrati flessibili o trasparenti, riducendo il consumo di materiali ed energia. È già stata dimostrata la fattibilità di integrazione di ST-PV con strati elettrocromici per creare dispositivi fotovoltaocromici. Questi dispositivi rappresentano sistemi autonomi in grado di modificare le proprie proprietà ottiche in funzione della radiazione solare incidente e dell'energia elettrica generata. Materiali come il triossido di tungsteno nanostrutturato (WO_3), i gel ionici redox-attivi e i polimeri π -coniugati sono stati utilizzati come componenti elettrocromici in queste strutture ibride. Recentemente sono stati mostrati prototipi completamente allo stato solido, compatibili con i processi laminazione del vetro e l'integrazione negli edifici. Questi sistemi funzionano senza fonti di alimentazione esterne, accoppiando direttamente la tensione generata dallo strato in perovskite al dispositivo elettrocromico. Sviluppi più recenti hanno ulteriormente fatto progredire il concetto, introducendo una regolazione bidirezionale della tensione, che consente un controllo più preciso e reattivo sulla modulazione del colore e sui livelli di trasparenza. Nonostante questi progressi, rimangono diverse barriere tecniche. La stabilità operativa dei materiali in perovskite sotto esposizione prolungata a umidità, luce UV e cicli termici è ancora una problematica rilevante. Inoltre, il raggiungimento di un equilibrio ottimale tra trasparenza ed efficienza di conversione energetica è complesso, poiché l'aumento della trasmittanza dello strato fotovoltaico spesso comporta una riduzione delle prestazioni elettriche. Inoltre, i sistemi elettrocromici richiedono una gestione accurata della cinetica di commutazione, della memoria ottica e dei consumi energetici, aspetti che devono essere coordinati con la produzione energetica variabile e intermittente delle celle solari. L'impatto di questa tecnologia sugli edifici a energia quasi zero (nZEB), sulle vetrature adattive e sulle infrastrutture urbane sostenibili è significativo. Metodi di fabbricazione scalabili (es. slot-die coating, stampa a getto d'inchiostro) supportano la sua fattibilità industriale. Le applicazioni si estendono oltre il fotovoltaico integrato negli edifici (BIPV), arrivando all'agrivoltaico, dove la modulazione della luce ottimizza la crescita delle colture mentre si produce energia, e ai dispositivi IoT autosufficienti che richiedono piattaforme leggere, flessibili e autonome. Inoltre, le ST-PV trovano impiego in architetture fotovoltaiche tandem, incrementando l'efficienza di conversione oltre i limiti delle giunzioni singole, e possono essere ottimizzate per il fotovoltaico indoor sotto illuminazione artificiale. Questa attività si concentrerà sulla progettazione, fabbricazione e caratterizzazione di moduli completamente integrati che combinano celle solari in perovskite semitrasparenti con strati elettrocromici. Gli obiettivi includono: • Sviluppo di moduli fotovoltaici in perovskite scalabili, con maggiore stabilità ed efficienza; • Sviluppo di nuove architetture di dispositivi otticamente accoppiati, per massimizzare la selettività spettrale e la gestione della luce; • Implementazione di strategie innovative di incapsulamento per garantire la durabilità a lungo termine; • Ingegnerizzazione di sistemi autonomi, in cui la funzione elettrocromica sia alimentata direttamente dalla componente solare, senza cablaggi esterni; • Potenziale integrazione con sistemi di gestione energetica degli edifici e interfacce di controllo intelligente. L'attività proposta si basa su solide competenze tecniche e collaborazioni industriali pregresse. In particolare, si avvale dei risultati di un progetto di ricerca congiunto già concluso con Eni S.p.A. e Klopman, focalizzato sullo sviluppo di celle solari in perovskite lavorate in aria, mediante l'impiego di additivi molecolari e polimerici, mirato a ottenere soluzioni ad alta efficienza e scalabili per la produzione. L'intelligenza artificiale (AI) e la modellazione basata sui dati sono parte integrante di questa attività, accelerando la scoperta di nuovi materiali e l'ottimizzazione dei dispositivi. Il machine learning consente la progettazione predittiva di formulazioni perovskitiche per migliorarne la stabilità, le prestazioni ottiche e il trasporto di carica. Strumenti di AI ottimizzano stack ottici multistrato, modellano la dinamica elettrocromica, prevedono i meccanismi di degrado e supportano la fabbricazione adattiva attraverso il controllo dei processi in tempo reale, favorendo una produzione scalabile e riproducibile. Un'applicazione cruciale riguarda la correlazione tra parametri di processo, come umidità, temperatura di ricottura e rapporti tra precursori, e le prestazioni finali del dispositivo. Questo consente di controllare in modo adattivo e di perfezionare il processo produttivo attraverso feedback in tempo reale. Complessivamente, l'integrazione

dell'AI in questa attività di ricerca accelererà significativamente la scoperta di nuovi materiali, ridurrà la sperimentazione per tentativi e guiderà un controllo intelligente dei processi, aprendo la strada a una produzione scalabile e riproducibile di dispositivi destinati all'industria intelligente. Gli obiettivi di questa attività sono i seguenti: OR 6.2.1: Sviluppo di celle fotovoltaiche in perovskite semitrasparenti di piccola area, otticamente accoppiate a sistemi elettrocromici [M1–M18]. KPI 6.2.1: Dimostrazione di un modulo PV-EC otticamente accoppiata con risposta spettrale uniforme e degradazione delle proprietà ottiche/elettriche <10% dopo 500 cicli di funzionamento. Deliverable 6.2.1: Rapporto tecnico su materiali, simulazioni ottiche, progettazione e fabbricazione dei dispositivi e strategia di incapsulamento. OR 6.2.2: Progettazione, sviluppo e caratterizzazione di moduli multifunzionali scalabili basati su celle solari in perovskite semitrasparenti integrate con strati elettrocromici, per realizzare dispositivi autonomi, efficienti dal punto di vista energetico e adattivi. [M19–M36] KPI 6.2.2: mini-modulo fotovoltaico-elettrocromico autoalimentato, con trasmittanza del 40% (stato decolorato) e contrasto ottico del 30%. Deliverable 6.2.2: Rapporto tecnico sui materiali e sul prototipo di mini-modulo.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Stabilizzazione basata su AI di laser estremi ad alta frequenza di ripetizione

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A6.3-AI4LASERS

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

EUAPS CNR INO Pisa

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

I laser ultracorti ed ultraintensi ("estremi", da ora in poi) emettono impulsi con energie tipiche dell'ordine del Joule e durate di decine di fs; quando vengono focalizzati su un bersaglio, la loro intensità raggiunge livelli dell'ordine di 10^{18} W/cm² o maggiore. A questi livelli di intensità (che corrispondono ad ampiezze estremamente alte del campo elettromagnetico oscillante), la materia viene istantaneamente ionizzata e si crea un plasma dalla materia del bersaglio. La successiva propagazione ed interazione dell'impulso laser nel plasma possono dar luogo a fenomeni lineari e nonlineari, che da ultimo risultano nell'accelerazione di particelle cariche (elettroni, protoni o ioni leggeri, a seconda delle caratteristiche del laser e del bersaglio) su distanze molto corte. Sebbene i processi all'origine dell'accelerazione di particelle di tipo diverso sono differenti tra loro, si può essenzialmente affermare che, per via dei campi acceleranti di 3-4 ordini di grandezza superiori a quelli presenti in acceleratori di particelle convenzionali, si ottiene una riduzione corrispondente della distanza necessaria per accelerare una particella ad una data energia. Il campo di ricerca dell'accelerazione di particelle basate su laser è relativamente recente, e sta ricevendo un'attenzione crescente grazie alla prospettiva di disporre di acceleratori di particelle molto compatti (spesso chiamati "table-top"). Questo, a sua volta, aprirebbe alla possibilità di installare acceleratori di particelle ad alta energia in infrastrutture di ricerca di media grandezza, o di avere laboratori di piccola scala dedicati ad applicazioni specifiche. Tra i vari ambiti che possono beneficiare dalla disponibilità di acceleratori di particelle compatti, si possono menzionare, ad esempio, lo studio dei materiali [Salvadori et al., Phys. Rev. Res. 21, 064020 (2024)] o schemi avanzati di imaging medicale [Panetta et al., Sci. Rep. 9, 8439 (2019)].

Nel contesto della presente proposta, vale la pena di menzionare una collaborazione in corso tra il gruppo responsabile di questa attività ed il gruppo CNR-NANOTEC-Lecce per lo sviluppo di metodi innovativi per la produzione di radiofarmaci sulla base di accelerazione laser-plasma. Una delle applicazioni più promettenti attualmente perseguita è la radioterapia [Labate et al., Sci. Rep. 10, 17307 (2020)]: infatti, acceleratori a plasma di cosiddetti fasci di “Very High Energy Electron” sono attualmente tra i più promettenti dispositivi per accedere a nuove modalità di radioterapia che sfruttino il cosiddetto effetto FLASH scoperto recentemente. I laser estremi sono sistemi altamente complessi, tanto che un numero relativamente limitato (circa cento) di questi laser è attualmente in funzione nel mondo, in infrastrutture di ricerca di media e grande scale. Infatti, la generazione e la successiva amplificazione fino ad alte energie di impulsi laser ultracorti comporta l'utilizzo di architetture ottiche molto complesse, che comprendono tipicamente diverse centinaia di componenti ottiche. Di conseguenza, i parametri (per citarne alcuni: l'energia dell'impulso, la durata dell'impulso, l'ampiezza spettrale e la fase spettrale, il puntamento, la qualità del fronte d'onda trasverso, il grado di accoppiamento spazio-temporale) dell'impulso laser possono essere influenzate da tanti parametri di “input” (energia di pompaggio, fenomeni lineari e nonlineari durante l'amplificazione in energia, propagazione del fascio ecc). D'altra parte, a causa della natura nonlineare dei processi di accelerazione, piccole variazioni nelle caratteristiche dell'impulso laser possono risultare in variazioni inaccettabili dei parametri dei fasci di particelle accelerate, inficiando così la possibilità di applicazioni pratiche in alcuni ambiti (ad esempio radioterapia). Alla luce della complessità dell'architettura dei laser ultracorti ed ultraintensi, che quindi comporta una alta dimensionalità dello spazio dei parametri di “input”, si pensa oggi che tecniche basate su AI siano necessarie per identificare le origini di instabilità e per implementare tecniche di correzione e di stabilizzazione, con studi relativi in atto [Maier et al., Phys. Rev. X 10, 031039 (2020), Döpp et al., High Power Laser Sci. Eng. 11, e55 (2023)]. Queste tecniche vengono considerate essenziali per la realizzazione di grandi infrastrutture di ricerca basate sull'accelerazione laser-plasma. Sotto questo aspetto è utile menzionare l'infrastruttura EU ESFRI “EuPRAXIA”, che ha come obiettivo la produzione di fasci di particelle energetiche e fasci di fotoni X/gamma con “qualità industriale” per studi avanzati e per la quale il gruppo di ricerca responsabile di questa attività costituisce un sito per lo sviluppo laser. Una delle sfide verso l'utilizzo pratico delle tecniche di accelerazione di particelle basate su laser consiste nella necessità di realizzare laser estremi con alta frequenza di ripetizione, per poter ottenere la generazione di fasci di particelle e fotoni secondari ad alto flusso medio. Sotto questo aspetto, la tecnologia dei laser ultracorti ed ultraintensi sta passando attualmente da tipiche frequenze di ripetizione di 10Hz a 100Hz. Presso il laboratorio per l'Irraggiamento con Laser Intensi (ILIL) della sede di Pisa di CNR-INO, sede delle attività proposte, e' attualmente in corso di commissioning un laser di energia 1J con frequenza di ripetizione di 100Hz, finanziato principalmente attraverso i progetti NGEU RI “EuAPS” e “IPHOQS”; questa combinazione di energia e frequenza di ripetizione (e quindi alta potenza media) è attualmente senza precedenti, per cui ci si aspetta che il sistema sarà uno di pochi del suo tipo nel mondo nei prossimi anni. A parte la chiara possibilità che si apre per possibili applicazioni, la piattaforma costituirà un sistema test ideale per lo sviluppo di tecniche avanzate di stabilizzazione mediante ML. Si noti anche che l'attività di ricerca che si svolge attualmente nel laboratorio ILIL punta ad andare oltre la frequenza di ripetizione di 100 Hz (che viene vista come limite pratico per sistemi ultracorti basati sull'utilizzo di Ti:Sapphire come mezzo attivo, principalmente per questioni di management del budget termico), investigando schemi di guadagno diversi rispetto all'impiego del Ti:Sapphire; questa attività ha già' condotto alla disponibilità di un laser ultracorto con energia 20mJ e frequenza di ripetizione di 1 kHz. Alla luce dei punti elencati sopra, la presente attività ha i seguenti obiettivi:

- Sviluppo di un set di diagnostiche avanzate per fasci laser ad alta frequenza di ripetizione, da impiegare per ottimizzazione mediante ML.
- Sviluppo e validazione sperimentale di tecniche di stabilizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi mediante ML, con particolare attenzione a quei parametri laser che influenzano direttamente le prestazioni di acceleratori di particelle laser-driven.
- Studio ed implementazione di controlli adattivi dei parametri di laser estremi (puntamento del fascio laser, energia dell'impulso e durata dell'impulso/fase spettrale, per citarne alcuni).
- Sviluppo e training di reti neurali per la classificazione automatizzata degli impulsi laser a partire da un set dedicato di diagnostiche.
- Studio di schemi distribuiti per la raccolta e l'analisi di dati sperimentali da infrastrutture laser distribuite. Gli studi descritti sopra saranno eseguiti principalmente presso il Laboratorio per l'Irraggiamento con Laser Intensi presso la sede di Pisa del CNR-INO, con un forte coinvolgimento di CNR-ISTI e CNR-IIT. Ci si aspetta inoltre un forte coinvolgimento di imprese operanti nell'ambito dello sviluppo laser (Amplitude Technologies, Thales), dell'optomeccanica (Vacuum FAB) e sistemi da vuoto (VCS). Inoltre ci si aspetta il coinvolgimento della startup di recente fondazione AUKELOS (in corso di riconoscimento come spinoff del CNR), che opera nel campo dello sviluppo di macchinari per radioterapia basata su elettroni accelerati mediante accelerazione laser. Gli obiettivi, KPI e deliverable per l'attività sono i seguenti: OR 6.3.1: Identificazione dei parametri più rilevanti per la stabilizzazione di fasci laser ultracorti ed ultraintensi, e generazione di dataset relativi. [M1–M18] KPI 6.3.1: Selezione di dati diagnostici per l'ottimizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi e generazione di

dataset sperimentali. Deliverable 6.3.1: Report sulla selezione di dati per l'ottimizzazione mediante ML di laser ultracorti ed ultraintensi. OR 6.3.2: Sviluppo di modelli AI per la stabilizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi. [M19–M36] KPI 6.3.2: Sviluppo di algoritmi e dispositivi sperimentali per l'ottimizzazione di laser ultracorti ed ultraintensi. Deliverable 6.3.2: Articolo su ottimizzazione basata su tecniche di AI di laser ultracorti ed ultraintensi.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Pianificatore basato su Intelligenza Artificiale per Energie Rinnovabili

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A7.1

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

IMT Lucca

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

*La transizione energetica in atto a livello globale è sostenuta da un'espansione senza precedenti delle fonti rinnovabili, in particolare del fotovoltaico e dell'eolico. Secondo gli scenari di riferimento, entro il 2030 queste due fonti rappresenteranno circa il 30% della generazione globale di elettricità, superando la metà dell'energia aggiuntiva richiesta entro il 2040. Questo sviluppo, pur essenziale per la decarbonizzazione, comporta sfide rilevanti legate all'intermittenza della produzione, alla stabilità del sistema elettrico e alla necessità di bilanciare in tempo reale domanda e offerta in uno scenario di sempre maggiore penetrazione delle fonti rinnovabili. La letteratura scientifica ha affrontato questi temi da più angolazioni, concentrandosi spesso sull'impatto che la generazione intermittente su larga scala ha sui mercati di dispacciamento e sulle reti di distribuzione. Tuttavia, molti studi si basano su modelli che aggregano la produzione su base annuale, una scelta che semplifica l'analisi quantitativa ma che non restituisce in modo realistico il problema della variabilità temporale. Altri approcci hanno tentato di simulare la dimensione temporale mediante modelli stocastici, calibrati su dati generali di produzione PV e wind, ma anch'essi non sempre rappresentano fedelmente la realtà operativa dei sistemi. ****Innovazione metodologica****: Le attività previste vogliono superare questi limiti attraverso un cambio di paradigma sia sul piano metodologico che applicativo. Il punto di partenza è l'utilizzo di dati meteorologici storici ad alta risoluzione, raccolti da centraline locali, Citizen scientist e altre fonti online, combinati con modelli realistici di generazione eolica e fotovoltaica. In questo modo, siamo in grado di costruire curve di generazione spazio-temporali estremamente aderenti alla realtà. Tali curve permettono di valutare non solo i volumi annuali prodotti, ma anche i cicli di intermittenza giornaliera e stagionale, fornendo una base informativa molto più affidabile per la pianificazione locale delle risorse rinnovabili. Questa analisi dettagliata ci consente di investigare la possibilità di ottimizzare la localizzazione degli impianti di produzione in funzione delle caratteristiche meteorologiche del territorio e dei profili di domanda locale. L'ipotesi alla base del progetto è che una scelta ottimale del posizionamento degli impianti possa ridurre in modo significativo le fluttuazioni aggregate del sistema, con ricadute positive su più fronti: riduzione delle dimensioni e dei costi dei mercati di bilanciamento, minore stress sulle infrastrutture di rete e accumulo, riduzione delle emissioni legate alla necessità di utilizzare fonti di back-up fossili. L'obiettivo di questa attività è lo sviluppo di uno strumento digitale avanzato, denominato Territorial*

Energy Planner (TEP), pensato per supportare decisori pubblici e investitori privati nella pianificazione di impianti rinnovabili. Questo tool integrerà dati meteo, modelli di generazione, profili di domanda elettrica e tecniche avanzate di ottimizzazione basate su intelligenza artificiale e teoria delle reti complesse. In questo modo, il TEP consentirà di identificare le configurazioni territoriali ottimali in termini di produzione, stabilità del sistema e ritorno sull'investimento. Per migliorare l'efficacia dell'analisi saranno acquisiti dati e scenari macroeconomici specificatamente disegnati per massimizzare l'impatto della pianificazione rinnovabile sui territori

****Approccio metodologico**:** I metodi prevedono una stretta integrazione tra fonti di dati eterogenee (climatici, energetici, infrastrutturali, macroeconomici e di politiche ambientali) e modelli numerici avanzati. Utilizzeremo dati storici relativi a vento e irraggiamento solare su scala oraria, e li combineremo con modelli fisici di impianti per simulare la produzione reale attesa in ciascun punto del territorio. A questi dati verranno aggiunti i profili di domanda locale, per valutare l'aderenza tra produzione e fabbisogni, e le caratteristiche delle infrastrutture esistenti. La componente analitica sarà rafforzata da algoritmi di machine learning e strumenti di ottimizzazione multi-obiettivo. In particolare, esploreremo soluzioni che minimizzino la variabilità e massimizzino la complementarità tra fonti diverse. Inoltre, utilizzeremo modelli di portfolio energetico, mutuati dalla finanza, per costruire mix di impianti che riducano il "rischio intermittente" del sistema.

****Ricadute Attese**:** Il progetto porterà alla realizzazione di un tool interattivo accessibile da enti pubblici, utility e aziende del settore energetico. Questo strumento permetterà di simulare scenari di investimento, confrontare diverse configurazioni territoriali e valutare gli impatti ambientali ed economici delle scelte di localizzazione. Il progetto introdurrà un'innovazione sostanziale nel modo di analizzare e progettare la generazione da rinnovabili. Offrirà un nuovo servizio ad alto valore aggiunto, sia per la programmazione energetica territoriale, sia per il supporto a decisioni strategiche nel mondo industriale. L'infrastruttura di ricerca coinvolta sarà così in grado di erogare nuovi servizi di consulenza, previsione e supporto tecnico per imprese e istituzioni. Il progetto TEP si colloca all'intersezione tra ricerca avanzata e applicazione concreta. L'approccio proposto rappresenta un salto di qualità rispetto agli attuali strumenti di pianificazione, grazie all'utilizzo di dati reali, modellazione fisica e ottimizzazione avanzata. La possibilità di trasferire questa metodologia al mondo produttivo, attraverso un tool operativo e facilmente fruibile, garantisce ricadute significative sia sul piano ambientale che economico. TEP non è solo uno strumento tecnico, ma una piattaforma per rendere le politiche di decarbonizzazione più efficaci, mirate e sostenibili.

****Attività di formazione**** Lo sviluppo del tool TEP può prevedere anche attività strutturate di formazione e aggiornamento professionale, pensate per trasferire competenze avanzate su più livelli. In particolare:

- Aziende del settore energetico, che potranno apprendere tecniche di ottimizzazione della produzione da fonti rinnovabili e approcci data-driven per la pianificazione di impianti;
- Utility e gestori di rete, interessati a strategie di riduzione dell'intermittenza e pianificazione a lungo termine;
- Pubbliche amministrazioni e policy maker, che necessitano di strumenti per definire politiche territoriali coerenti con gli obiettivi climatici;
- Operatori del settore edilizio e industriale, che potranno valutare scenari di autoconsumo o comunità energetiche. I contenuti potranno essere erogati sotto forma di workshop pratici, corsi online, seminari tecnici o pacchetti formativi certificabili, con l'eventuale rilascio di attestati riconosciuti per l'aggiornamento professionale. Inoltre, il progetto potrà collaborare con enti formativi e università per integrare le competenze sviluppate in corsi post-laurea e master specialistici.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Monitoraggio ambientale e rilevamento del rischio

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A7.2

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Dipartimento di Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

La gestione del territorio è un compito complesso che va oltre il concetto di smart city, poiché implica decisioni che devono tenere conto di molteplici aspetti, tra cui la pianificazione urbana, la valutazione dei rischi, il recupero post-disastro, nonché la gestione sanitaria, sociale ed economica di un'area specifica. La gestione territoriale e le decisioni correlate sono ancora solo marginalmente supportate da soluzioni IT basate sui dati, nonostante siano già disponibili molte informazioni e dati, spesso disponibili in database istituzionali o privati o pubblicati come open data. In questo contesto, attraverso il supporto alla rilevazione precoce dei rischi e a una migliore prevenzione, questa attività mira a delineare lo sviluppo di un ecosistema di soluzioni per il monitoraggio multi-rischio e multi-pericolo, basato su modelli e dashboard progettati per supportare le decisioni di molteplici stakeholder. I risultati saranno personalizzati per stakeholder aziendali e istituzionali coinvolti nel monitoraggio ambientale, nello sviluppo di infrastrutture (critiche), nella logistica, nei servizi pubblici, nelle assicurazioni e negli investimenti sensibili al rischio. La soluzione permetterà un'analisi geospaziale e temporale efficiente e sostenibile dell'esposizione ai disastri, della resilienza delle infrastrutture e dell'ambiente urbano, e dell'accessibilità in caso di emergenza e del rischio ambientale. Fornirà strumenti, metodologie e approcci completi per supportare la pianificazione strategica, tutelare asset a lungo termine in aree ad alto rischio e progettare strategie efficaci di mitigazione del rischio. Questa attività risponde alla necessità di approcci sostenibili, basati sui dati ed eticamente responsabili, per il monitoraggio ambientale e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi, con un focus specifico sul supporto alla gestione sostenibile dei territori. Mira a progettare e implementare un ecosistema efficiente di soluzioni basato sulla raccolta, integrazione e analisi di dati ambientali e territoriali (inclusi, ove possibile, dati relativi alla popolazione che vive, lavora o transita nelle aree considerate), per migliorare il processo decisionale a vari livelli di governance, industria e istituzioni. Tali servizi contribuiranno alla prevenzione e alla gestione dei pericoli naturali e antropici, garantendo un accesso equo a strumenti intelligenti e promuovendo la resilienza nei contesti urbani e rurali. Al centro dell'attività vi sarà l'impiego dei dati provenienti dai tecnologie avanzate di rilevamento da remoto e a terra per osservare e interpretare nel tempo e su più scale i processi territoriali e i comportamenti delle persone. Sistemi satellitari, droni e sensori a terra forniranno informazioni sistematiche e ad alta risoluzione sulle aree analizzate. L'attività permetterà una comprensione multi-risoluzione, multi-profondità e multi-temporale dell'evoluzione del paesaggio, della vulnerabilità ambientale e dei comportamenti individuali al fine di rilevare, valutare e mitigare rischi e pericoli multipli. Inoltre, per affrontare l'elevata complessità e il volume dei dati generati da questa infrastruttura multisensoriale, saranno sviluppati flussi di lavoro efficienti e ad alte prestazioni (HPC). Questi flussi supporteranno l'elaborazione avanzata dei dati e l'integrazione delle osservazioni provenienti dai sensori nei modelli di rilevamento, valutazione e mitigazione dei rischi. I modelli risultanti simuleranno fenomeni territoriali chiave a livello geofisico (es. stabilità dei versanti, comportamento idrologico, dinamiche forestali) e sociale (es. comportamenti individuali o di gruppo in scenari ordinari o di emergenza), con l'obiettivo di migliorare la precisione e la tempestività delle attività di rilevamento, valutazione e mitigazione dei rischi. Poiché gli approcci, i metodi e i servizi sviluppati sfrutteranno dati dei cittadini e potranno influenzare decisioni che incidono sulla vita delle persone, è altrettanto centrale la promozione dello sviluppo di servizi di intelligenza artificiale equi e affidabili. Man mano che i sistemi intelligenti mediano sempre più l'interpretazione e l'uso dei dati urbani e territoriali, diventa essenziale integrare criteri di equità e protocolli di valutazione della fiducia nella progettazione degli approcci, metodi e servizi. L'attività definirà metodologie per la valutazione dei bias algoritmici, la trasparenza delle previsioni e l'adattamento degli strumenti di monitoraggio per tenere conto delle vulnerabilità intersezionali e dei rischi etici. Questa attenzione alla responsabilità sociale sarà particolarmente importante in aree ad alto rischio e scarsamente dotate di risorse, dove l'adozione dell'AI deve essere allineata ai principi di governance inclusiva. L'attività fornirà infine un sistema prototipale per il monitoraggio territoriale e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi su larga scala. Studi di caso concreti saranno testati tramite studi multidisciplinari in contesti territoriali rappresentativi, come aree montane soggette a frane e ambienti urbani sottoposti a stress infrastrutturale e ad alto rischio in caso di disastri (naturali o antropici). Questi studi serviranno a validare l'efficacia, l'efficienza, la scalabilità, l'etica e l'affidabilità delle soluzioni sviluppate e a garantirne la replicabilità in contesti spaziali e socio-politici diversi. La multidisciplinarietà è un elemento fondante di questa attività. Essa riunisce competenze in scienze ambientali, geofisica,

telerilevamento, pianificazione urbana, ingegneria civile ed edile, informatica e scienza dei dati ed etica, al fine di progettare sistemi sostenibili che siano non solo tecnicamente robusti ma anche socialmente responsabili e adattabili a contesti normativi e territoriali diversi. La collaborazione tra esperti di dominio, tecnologi e decisori sarà essenziale per garantire che i metodi, gli approcci e i servizi sviluppati siano scientificamente solidi e allo stesso tempo adeguati ai bisogni pratici delle autorità pubbliche, degli stakeholder privati e delle comunità locali. Per questo motivo, l'attività sarà sviluppata in sinergia con numerose OU di AI-PHOQUS che possiedono competenze in spiegabilità dell'AI, affidabilità, risparmio energetico, efficienza computazionale, metodologie innovative di sensing e piattaforme. L'OU che porta avanti l'attività 7.2 lavora da tempo in stretta sinergia con esperti di dominio (come urbanisti, ingegneri civili ed edili), aziende che sviluppano infrastrutture critiche (come RFI – Rete Ferroviaria Italiana) e istituzioni e organizzazioni pubbliche (come dipartimenti nazionali e regionali di protezione civile e uffici speciali per la ricostruzione USRA e USRC), svolgendo attività di servizio e collaborazione per lo sviluppo di nuovi approcci data-driven alla gestione territoriale. Risultato dell'Attività 7.2: Sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi Segue dettaglio di deliverables e KPIs. M18 Obiettivo: Realizzazione della prima versione del sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi Deliverable: D7.2.1.a: Sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi (Report, Software) KPIs: KPI-7.2.1: Intervistati almeno 10 stakeholders nel dominio di monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi KPI-7.2.2: Prototipo del Sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi KPI-7.2.3: Realizzazione di un semplice use case di monitoraggio, valutazione e mitigazione di rischio con integrazione di almeno 2 sorgenti di dato e modellazione di 5 comportamenti umani distinti M36 Obiettivo: Realizzazione del Sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi Deliverable: D7.2.1.b - Sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi v2.0 (Report, Software) KPIs: KPI-7.2.4: Sistema per il monitoraggio territoriale su larga scala e la rilevazione, valutazione e mitigazione dei rischi KPI-7.2.5: Realizzazione di due use case complessi di monitoraggio, valutazione e mitigazione di rischio con integrazione di almeno 3 sorgenti di dato e modellazione di 10 comportamenti umani distinti

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Sensori potenziati dall'IA per il controllo ambientale

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A7.3

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

La crescente complessità delle dinamiche ambientali — determinata dall'intensificarsi dei cambiamenti climatici, dall'aumento delle pressioni antropiche e dalla vulnerabilità di molti territori — richiede tecnologie e metodologie di osservazione avanzate, capaci di acquisire dati accurati, tempestivi e

multidimensionali. Il monitoraggio continuo del territorio e delle dinamiche paesaggistiche è essenziale per una gestione sostenibile del suolo e per rafforzare la resilienza ambientale. Sfide come i rischi idrogeologici, la subsidenza del suolo, il degrado del terreno, la vulnerabilità delle foreste e gli impatti diffusi del cambiamento climatico richiedono approcci innovativi, integrati, basati sull'intelligenza artificiale (IA) e ottimizzati per il calcolo ad alte prestazioni (HPC), in grado di catturare, integrare e analizzare dati multi-risoluzione su differenti scale spaziali e temporali, con l'obiettivo ultimo di supportare azioni efficaci di prevenzione, mitigazione e protezione ambientale. Il sensing ambientale può essere condotto a più livelli, incorporando sensori a microonde e infrarossi, e utilizzando diverse piattaforme e tecnologie di telerilevamento. Tra le tecnologie di telerilevamento, il radar ad apertura sintetica (SAR) satellitare riveste un ruolo fondamentale grazie alla sua capacità di rilevare deformazioni superficiali con accuratezza millimetrica, operare in tutte le condizioni atmosferiche e di illuminazione, e fornire osservazioni multi-temporali sistematiche su ampie aree. I recenti sviluppi nei sistemi SAR aviotrasportati o su droni ampliano la risoluzione spaziale e la flessibilità, consentendo acquisizioni mirate ad alta definizione che integrano le osservazioni satellitari. Inoltre, la tomografia SAR va oltre l'imaging 2D, permettendo una mappatura volumetrica e la separazione degli strati. L'integrazione dei dati SAR, sfruttando configurazioni multifrequenza e multistatiche, con radar a penetrazione del suolo (GPR) e imaging iperspettrale nel medio infrarosso, consente un approccio multisensing per una diagnostica e un monitoraggio combinato della superficie e del sottosuolo superficiale a diversi livelli di profondità e risoluzione. Un elemento chiave dell'approccio integrato e multidisciplinare proposto è l'uso sinergico dell'intelligenza artificiale (IA) e del calcolo ad alte prestazioni (HPC) per l'elaborazione e l'interpretazione di dati multisorgente, eterogenei per origine, scala e frequenza. Le innovazioni metodologiche e tecnologiche introdotte dalle attività del progetto possono essere articolate secondo le seguenti principali direttrici: 1) Elaborazione SAR basata su IA: La proposta mira a sviluppare tecniche di elaborazione interferometrica e tomografica SAR basate su AI, a partire da piattaforme satellitari e aviotrasportate/droni, per l'imaging 3D e il monitoraggio di scenari complessi. Verranno esplorate tecniche di calibrazione e rilevamento di scatterer persistenti da grandi stack di dati SAR satellitari mediante Deep Learning (DL), con particolare attenzione alle aree soggette a fenomeni di instabilità idrogeologica e ad attività estrattive sotterranee. L'elaborazione SAR tomografica coerente assistita da AI, basata su sistemi aviotrasportati e droni, sarà ulteriormente sviluppata per abilitare un monitoraggio ad alta risoluzione, multiscala e multipiattaforma della superficie terrestre. Le attività del progetto affrontano sfide aperte nell'uso efficace dei sistemi SAR, introducendo innovazioni metodologiche nell'elaborazione dei dati attraverso l'integrazione della classica elaborazione statistica dei segnali con tecniche di DL, con l'obiettivo di far progredire le capacità di imaging e monitoraggio SAR. Piattaforme leggere su droni supporteranno lo sviluppo e il test di configurazioni SAR multistatiche, in linea con i futuri sistemi satellitari SAR. Viceversa, i dati SAR da satellite trarranno beneficio dall'integrazione con l'AI e saranno integrati da piattaforme a bassa quota per abilitare un monitoraggio SAR multiscala completamente integrato. I risultati ottenuti apporteranno benefici sia alle aziende coinvolte nei servizi downstream satellitari, sia alle PMI ad alta tecnologia impegnate nello sviluppo di soluzioni di imaging e monitoraggio SAR basate su AI, su piattaforme agili. 2) Elaborazione SAR su larga scala ottimizzata con HPC: Per rispondere alle elevate esigenze computazionali dei flussi di elaborazione SAR avanzati, sia convenzionali che basati su AI, le attività si concentreranno sulla progettazione e implementazione di algoritmi essenzialmente paralleli sfruttando metodologie e piattaforme HPC. Sfruttando le attuali architetture parallele — come i sistemi eterogenei accelerati da GPU — gli algoritmi sviluppati consentiranno l'esecuzione accelerata di compiti computazionalmente intensivi, tra cui l'inversione tomografica e la ricostruzione di immagini SAR 3D, nonché l'esplorazione di tecniche SAR avanzate attualmente proibitive dal punto di vista computazionale. Questo framework basato su HPC è essenziale per sviluppare soluzioni efficienti e scalabili in grado di elaborare dataset SAR su larga scala con alta risoluzione temporale e spaziale, sbloccando così nuove capacità nell'imaging e nell'analisi SAR per applicazioni di monitoraggio ambientale su vasta scala che, fino ad oggi, sono rimaste fuori portata. 3) Georadar (GPR) su drone: Le attività affrontano sfide aperte legate all'uso affidabile ed efficace della tecnologia GPR su drone. Vengono introdotte innovazioni metodologiche nell'elaborazione dei dati, sfruttando i vantaggi della combinazione tra tomografia a microonde e approcci di deep learning, con l'obiettivo di evolvere verso un imaging GPR quantitativo. È importante sottolineare che l'imaging GPR quantitativo è raramente effettuato in condizioni operative sul campo. Pertanto, tali attività rappresentano anche un significativo avanzamento tecnologico per applicazioni che richiedono indagini del sottosuolo non invasive. 4) Monitoraggio iperspettrale: L'obiettivo dell'attività è lo sviluppo e la caratterizzazione di un sistema iperspettrale portatile operante nel medio infrarosso (MIR) per il monitoraggio ambientale. Attualmente, la maggior parte delle applicazioni si basa su telecamere a banda larga che sfruttano il contrasto termico tra il bersaglio e lo sfondo; tuttavia, la possibilità di ottenere informazioni spettrali amplia notevolmente le applicazioni di sensing, offrendo un'elevata sensibilità e capacità di classificazione. Il sistema proposto sarà basato su una telecamera a banda larga non raffreddata, combinata con più filtri per ottenere dati spettrali. L'impiego di filtri passa-

banda per la selezione spettrale ha un impatto minimo sull'immagine acquisita. Attraverso la commutazione dei filtri tramite una ruota porta-filtri, è possibile ottenere informazioni spettrali relative a specifiche sostanze o condizioni da rilevare. Tuttavia, un limite di questo approccio risiede nella maggiore complessità dell'elaborazione dei dati e nelle sfide tecniche connesse. Per questo motivo, il numero e la larghezza di banda dei filtri verranno opportunamente selezionati in funzione dell'applicazione specifica. Il design del sensore sarà ottimizzato per ottenere un bilanciamento tra compattezza, robustezza e sensibilità. Verrà inoltre esplorata la possibilità di operare sia in situ che su piattaforme aeree. Il costo ridotto e le dimensioni contenute dell'approccio proposto consentiranno un'adozione più ampia di questa tecnologia in nuove applicazioni, favorendo la crescita del mercato. Il team di IREA-CNR vanta una consolidata e ampia esperienza nei seguenti ambiti: 1) Elaborazione dati SAR interferometrici, sviluppata sin dalla partecipazione nel 1996 alla missione Shuttle SIR-C/X-SAR della NASA/DLR/ASI. Il gruppo di ricerca ha collaborato con il Centro Aerospaziale Tedesco (DLR) per lo sviluppo di tecniche di imaging SAR alla fine degli anni '90 e ha contribuito in modo innovativo all'elaborazione dei dati interferometrici SAR, tra cui la tecnica Small Baseline, oggi ampiamente utilizzata. Tra i risultati più rilevanti si segnala lo sviluppo delle tecniche tomografiche SAR. I ricercatori del gruppo sono stati i primi al mondo a dimostrare la possibilità di ricostruire la struttura verticale dello scattering da superfici naturali, ottenendo importanti riconoscimenti internazionali. 2) Sviluppo e implementazione di algoritmi paralleli multi-livello per attività computazionalmente intensive legate all'elaborazione e simulazione di dati SAR, mirati ad architetture HPC eterogenee — incluse piattaforme multi-nodo accelerate da GPU — con particolare attenzione alla progettazione e alla valutazione delle prestazioni di applicazioni scalabili. 3) Imaging GPR formulato come problema inverso di scattering, nonché modellazione della propagazione e diffusione del segnale in scenari complessi. Dal 2017, il CNR-IREA lavora sull'imaging GPR da drone e ha fornito contributi riconosciuti a livello internazionale. Negli ultimi anni, le attività di ricerca si sono focalizzate anche sullo sviluppo e la sperimentazione di approcci di elaborazione dei dati basati su reti neurali convoluzionali e tomografia a microonde. I risultati di tutte queste attività sono stati pubblicati su riviste scientifiche internazionali e presentati a convegni di settore. Infine, si ricordano alcune attività pregresse di interesse industriale: L'elaborazione interferometrica SAR da satellite è stata condotta in collaborazione con e-Geos (gruppo Leonardo) nell'ambito di un servizio di monitoraggio per ENI. Il gruppo di ricerca collabora attualmente con Exprivia, B-Open (PMI italiana specializzata nella progettazione di algoritmi e sviluppo software per l'osservazione della Terra) e con GAMMA Remote Sensing AG (Berna, Svizzera) per attività di radar imaging prossimale. Le attività sullo sviluppo di tecniche SAR interferometriche e tomografiche da piattaforme agili hanno recentemente attirato l'interesse di METASENSING. La progettazione e validazione di strategie di elaborazione dati per prototipi radar su drone è stata oggetto di collaborazione con Ingegneria dei Sistemi (IDS) Spa nell'ambito del progetto nazionale Matraka, PON FESR Imprese e Competitività 2014-2020 (MISE), nonché con NAIS Srl e TopView nell'ambito del progetto regionale VESTA, POR FESR Campania 2014/2020 (Regione Campania). È inoltre in corso una collaborazione con Flyted s.r.l..

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Celle solari a perovskite a singola giunzione per tecnologia tandem: tecnologia, taglio laser, testing e riproducibilità

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A7.4

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Innovative materials and devices

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Poiché la domanda globale di energia continua ad aumentare, il progresso delle tecnologie fotovoltaiche (PV) è essenziale per raggiungere un futuro energetico sostenibile. Sebbene le celle solari a base di silicio dominino il mercato, la loro efficienza di conversione di potenza (PCE) si sta avvicinando al limite teorico del 33,5%, rendendo sempre più difficili ulteriori miglioramenti. Inoltre, i processi di produzione ad alta intensità energetica e le relative emissioni di carbonio sottolineano la necessità di soluzioni alternative. Questa attività mira ad affrontare queste sfide esplorando le celle solari di nuova generazione basate su perovskiti ibride organico-inorganiche, che si sono affermate come una classe di materiali altamente promettente, grazie al rapido incremento in termini di efficienza di conversione—passando da una PCE del 3,8% ad oltre il 26% in poco più di un decennio. he sono emerse come una classe di materiali molto promettente grazie ai rapidi guadagni di efficienza: l'efficienza di conversione (PCE) è passata dal 3,8% a oltre il 26% in poco più di un decennio. Tuttavia, le celle a singola giunzione sprecano intrinsecamente parte dello spettro solare, soprattutto a causa delle perdite per termalizzazione dei fotoni ad alta energia. Per superare i limiti di efficienza delle celle solari a singola giunzione, le architetture tandem - che impilano materiali con assorbimento complementare - sono emerse come una soluzione promettente per ridurre le perdite di energia e aumentare le prestazioni, rendendole una tecnologia chiave nella transizione verso le energie rinnovabili. Le perovskiti ibride organiche-inorganiche sono ideali per l'integrazione in tandem con il silicio grazie al loro bandgap regolabile (~1,55-1,65 eV), al forte assorbimento della luce e all'elevata efficienza di conversione di potenza. Questi materiali, tipicamente descritti dalla formula ABX_3 ($A = FA^+$, MA^+ , o Cs^+ ; $B = Pb^{2+}$ o Sn^{2+} o Sn^{2+} ; $X = I^-$, Br^- o Cl^-), offrono eccellenti proprietà ottiche e grandi lunghezze di diffusione dei portatori, rendendoli ideali come celle top in dispositivi tandem. La combinazione di perovskiti metallo/alogenuro con silicio consente infatti un utilizzo più efficiente dello spettro solare, posizionando le celle tandem tra le strategie più promettenti per lo sfruttamento di energia solare attraverso il fotovoltaico di nuova generazione. La ricerca in corso su nuovi materiali e tecniche avanzate di ottimizzazione sta guidando il miglioramento delle prestazioni delle celle solari tandem perovskite/silicio, andando oltre i parametri di riferimento attuali. Tuttavia, la PCE di queste celle resta inferiore al massimo teorico. L'obiettivo di questa attività è sviluppare celle solari a giunzione singola a base di perovskite ad alta efficienza e stabilità per l'integrazione in dispositivi fotovoltaici tandem, in particolare con celle di silicio come celle bottom. L'attività si concentra sull'ottimizzazione del processo di fabbricazione, sull'implementazione della scrittura laser di precisione per l'interconnessione nei mini-moduli, su test approfonditi dei dispositivi e sul miglioramento della stabilità a lungo termine. Inoltre, il progetto prevede l'integrazione di strumenti di intelligenza artificiale (IA) per accelerare la scoperta di nuovi materiali, l'ottimizzazione dei processi e la modellazione predittiva delle prestazioni. Saranno sviluppati materiali a base di perovskite metallo/alogenuro semi-trasparente per celle top realizzabili tramite processi da soluzione. In particolare, verrà utilizzato un approccio multi-cationico per stabilizzare la struttura cristallina del materiale perovskite. Contemporaneamente, per garantire un adeguato accoppiamento ottico con la cella inferiore al silicio, il band gap della perovskite verrà regolato (~1,6 eV) modificando il rapporto tra gli alogeni—iodio, cloro e bromo—nella formulazione della soluzione di precursori della perovskite. La deposizione dei film di perovskite sarà ottimizzata mediante tecniche scalabili come lo slot-die o il blade coating. Verranno condotte caratterizzazioni morfologiche e strutturali sui film di perovskite per identificare le condizioni necessarie ad ottenere film omogenei e per valutarne l'integrazione in dispositivi fotovoltaici ad alta efficienza. Una volta identificata la formulazione ottimale, saranno effettuate caratterizzazioni foto-fisiche (emissione/assorbimento) per valutare la segregazione degli alogeni nei film di perovskite. Additivi molecolari e/o polimerici saranno utilizzati per sopprimere tale fenomeno, promuovendo la produzione scalabile di film sottili di perovskite con qualità optoelettronica adeguata. Infine, l'applicabilità pratica del materiale sarà valutata mediante la fabbricazione e caratterizzazione di una cella solare top e di mini-moduli basati su perovskite. La novità del progetto risiede nel suo approccio integrato e completo allo sviluppo di celle solari a giunzione singola a base di perovskite ottimizzate per l'integrazione tandem. Attraverso la progettazione avanzata dei materiali, la lavorazione laser di precisione, test rigorosi e l'integrazione dell'intelligenza artificiale, questo lavoro getta le basi per lo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche di nuova generazione ad alta efficienza, stabili e scalabili. Il mini-modulo semi-trasparente a base di perovskite, con band gap modulabile, sarà integrato in tecnologie tandem perovskite/silicio in collaborazione con SILICON

PHOTOVOLTAICS e testato in condizioni outdoor per valutarne le prestazioni in un contesto tecnologicamente rilevante. Negli ultimi anni, sono state instaurate collaborazioni strutturate con aziende leader come ENI S.p.A., 3SUN e SENECA Italia Srl., tutte fortemente interessate allo sviluppo delle celle solari a perovskite e alla loro integrazione in tecnologie tandem, sia dal punto di vista della ricerca applicata sia del trasferimento tecnologico. Questa attività ha portato al deposito di cinque brevetti in collaborazione con ENI, a conferma della rilevanza pratica e della natura innovativa delle soluzioni sviluppate. Queste collaborazioni dimostrano che le soluzioni proposte rispondono direttamente alle esigenze industriali attuali. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Identificazione e ottimizzazione di perovskiti a base di alogenuro metallico per la produzione di celle solari/moduli miniaturizzati semitrasparenti da integrare in architetture tandem con celle solari al silicio. Indicatori di prestazione (KPI): intermedio a M18 = realizzazione di celle solari/moduli miniaturizzati semitrasparenti finale a M36 = realizzazione di celle solari/moduli miniaturizzati semitrasparenti con un band gap di $\sim 1,63$ eV e un'efficienza (PCE) del 18% Fine modulo

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Fotovoltaico ad alte prestazioni a base di silicio: dispositivi e tecnologie per la produzione intelligente

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A7.5

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

BN-CNR-IMM-CT-RLI

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Il silicio è il materiale più diffuso per le tecnologie fotovoltaiche (PV), grazie alla sua abbondanza, alla gap di 1.12 eV, vicina alla gap di massima efficienza secondo il limite di Queisser-Shockley nel caso di singola giunzione, la tecnologia molto evoluta essendo il semiconduttore dominante della microelettronica, e al basso costo di produzione. Le celle di silicio monocristallino in condizioni di laboratorio raggiungono valori di efficienza fino al 27% e sono attualmente presenti sul mercato in diverse tecnologie. La tecnologia maggiormente diffusa e considerata standard, è la Aluminum back surface field (Al-BSF), caratterizzata dalla presenza di uno strato di silicio drogato alluminio come contatto p^+ sul retro. Questa tecnologia, dominante fino al 2008 è stata negli anni soppiantata dalla tecnologia PERC (passivated emitter rear), il cui elemento caratteristico è uno strato di passivazione in Al_2O_3 o in nitrato di silicio posizionato sul retro della cella e aperto localmente per realizzare il contatto di base, che garantisce un'efficienza più alta di circa l'1% rispetto alle celle Al-BSF. Inoltre, la presenza di contatti locali e uno strato trasparente sul retro, conferisce alla celle PERC la possibilità di essere riadattate per l'utilizzo in configurazione bifacciale. La modalità bifacciale rende le celle fotovoltaiche intrinsecamente più efficienti perché consente di raccogliere la luce sia dal fronte che dal retro, incrementando la produzione di energia a parità di condizioni di irraggiamento. Un'altra tecnologia promettente e ormai consolidata, tanto da sostituirsi gradualmente alle PERC, è quella delle celle TOPCon (Tunnel oxide passivated contact). Si basa su un contatto passivato posteriore, formato da un sottile strato di ossido (SiO_2 , $\sim 1.5-2$ nm) e uno strato di silicio policristallino fortemente drogato (n^+ o p^+), che consente il passaggio selettivo di portatori minoritari, riducendo drasticamente le

perdite per ricombinazione. Questo produce un'efficienza elevata, $> 24\%$ su scala industriale, ed è accoppiato ad una migliore stabilità in configurazione bifacciale rispetto alle PERC, anche se richiede un processo più complesso per l'introduzione dell'ossido sottile, e temperature più elevate per la realizzazione dello strato policristallino. Un'altra tecnologia molto promettente e competitiva rispetto alle PERC e alle TOPCon è l'eterogiunzione in silicio (HJT), ottenuta integrando strati sottili di silicio amorfo su silicio mono-cristallino. Grazie alla presenza del silicio amorfo è possibile realizzare celle con un'ottima passivazione, che garantisce una tensione di corto circuito elevata (circa 750 mV) e un coefficiente di temperatura molto basso (circa $-0.24\%/C$). Il basso coefficiente in temperatura e l'elevata stabilità rendono le celle HJT particolarmente adatte per ottenere elevate prestazioni in climi caldi. Con questa tecnologia è inoltre possibile realizzare fotovoltaiche intrinsecamente bifacciali, perché vengono realizzate due giunzioni quasi simmetriche sul fronte e sul retro, entrambe coperte da uno strato di ossido conduttivo trasparente. Grazie all'elevata bifaccialità la produzione di energia generata dalla luce diffusa o riflessa dal suolo è in grado di incrementare la resa anche del 30-40%, anche se sono necessarie condizioni di installazione ben ottimizzate. Un altro approccio interessante e promettente è quello delle celle interdigitated back contact (IBC), in cui tutti i contatti metallici della cella di silicio sono posizionati sul retro, interdigitati. Questo significa che non ci sono linee metalliche sul fronte con il vantaggio tecnico di poter assorbire la luce interamente senza griglie metalliche che ne ostacolano l'ingresso, ed il vantaggio estetico di un pannello dall'aspetto nero e uniforme sul fronte. Le celle IBC possono raggiungere efficienze superiori al 24-25% tuttavia la loro produzione è più complessa perché richiede processi di fotolitografia o serigrafia per la creazione dei contatti interdigitati e il disegno stesso dei contatti è un fattore rilevante sulle prestazioni elettriche finali. In questo contesto, la possibilità di realizzare strati sottili con proprietà fisiche ed ottiche controllate risulta essenziale per lo sviluppo di tecnologie allo stato dell'arte. Pertanto l'attività proposta, che sarà caratterizzata da una forte connessione con l'industria, si propone di introdurre valore aggiunto in vari aspetti e fasi del processo di fabbricazione di celle e moduli fotovoltaici. Nella fase di produzione delle celle l'attività 7.5 propone il controllo avanzato delle proprietà fisiche ed ottiche dei vari strati che compongono le celle, ottenuto tramite tecniche di ellissometria spettroscopica, spettroscopia ottica nel range dall'UV all'infrarosso per il controllo di riflettività e trasmittanza dei vari strati, fotoluminescenza e imaging delle celle solari in elettroluminescenza. Grazie alla collaborazione con le altre unità operative, questi controlli, integrati nelle linee di produzione, potranno essere effettuati in modo del tutto innovativo affiancando il controllo qualità in-line con algoritmi di intelligenza artificiale per la catalogazione dei difetti nelle celle solari e la loro classificazione, e di algoritmi di apprendimento automatico per la manutenzione predittiva e l'ottimizzazione dei processi. Questa parte dell'attività sarà svolta in sinergia con altre unità di AI-PHOQUS, e in particolare in collaborazione con le UO del LENS-CNR-IMM-ME, CNR-IFN-PD, SoBigData, e SLICES. Una fase molto importante, alla fine del processo di fabbricazione delle celle solari è costituita dal taglio, tipicamente effettuato tramite laser, e dalla passivazione dei bordi. Poiché questa fase rappresenta un aspetto cruciale con impatto anche rilevante sull'efficienza della cella, l'attività si concentrerà sullo studio degli effetti della lunghezza d'onda e della durata/ tipologia dell'impulso del laser, al fine di individuare le condizioni migliori per il taglio in diverse tecnologie, ma anche di esplorare altre applicazioni possibili oltre al taglio, quali ad esempio la realizzazione di celle di dimensioni diverse dallo standard o la realizzazione di processi di annealing che modificano localmente le proprietà o la struttura senza impattare la cella nel suo complesso. Per ciò che riguarda la ricerca e l'innovazione a lungo termine, in collaborazione con l'UO LENS-CNR-NANOTEC-LE-RL3, si propone la realizzazione di dimostratori per fotovoltaico ad alta efficienza. Questo potrà essere ottenuto anche incorporando nuove tecnologie basate su tecnologie tandem perovskite / silicio. Si studierà anche il caso di dispositivi a 4 terminali ibridi III-V / silicio. I nuovi sistemi verranno testati anche all'aperto per valutarne le performance in termini di produzione di energia elettrica, ma anche per la realizzazione di sistemi innovativi che consentono l'utilizzo dell'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici per la produzione di combustibili solari, come idrogeno o ammoniaca verde. Le innovazioni apportate potranno essere trasferite alle aziende e i risultati conseguiti potranno essere di supporto nello sviluppo di nuove tecnologie all'interno delle aziende stesse, contribuendo quindi non solo ad affiancare le attività di ricerca dell'azienda, ma anche alla formazione tecnica e professionale del personale. L'unità operativa che svolgerà l'attività 7.5 lavora da tempo in stretta sinergia con imprese che operano nel settore del fotovoltaico quali Enel Green Power, 3SUN, e Rise Technology, effettuando attività di servizio e di collaborazione per lo sviluppo di nuovi approcci. Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Rafforzare l'infrastruttura tramite l'acquisizione di nuove attrezzature che possano migliorare il numero di servizi offerti e attrarre più enti operanti nel campo del fotovoltaico nei settori industriale, della ricerca e dell'innovazione. Indicatori di prestazione (KPI): • intermedio a M18 = acquisizione di nuove attrezzature per migliorare in numero e qualità i servizi proposti al 50% • finale a M36 = acquisizione di nuove attrezzature per migliorare in numero e qualità i servizi proposti al 100% Obiettivo (prima versione M18 e versione finale M36): Realizzare almeno un dimostratore fotovoltaico innovativo ad alta efficienza comprendente un sistema fotovoltaico a base di silicio con

architetture innovative, come tandem o a quattro terminali, o abilitanti nuove applicazioni come la produzione di combustibili solari (idrogeno o ammoniaca). Indicatori di prestazione (KPI): • intermedio a M18 = dimostratore fotovoltaico innovativo ad alta efficienza con Efficienza > 22% • finale a M36 = dimostratore fotovoltaico innovativo ad alta efficienza con Efficienza > 27%

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Sistemi ottici basati sull'intelligenza artificiale per la modellazione e il controllo dei processi in ambito energetico e ambientale

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A7.6

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

IFN sede di Padova

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Questo Work Package, in carico a CNR-IFN-PD (Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del CNR - Sede di Padova), si basa sulle competenze acquisite con la facility I-PHOQS e affronta sfide critiche nei sistemi ottici per applicazioni energetiche e ambientali con un duplice obiettivo. L'Asse A si occupa del controllo di processo avanzato basato sull'intelligenza artificiale nella fabbricazione laser industriale di pannelli fotovoltaici, mentre l'Asse B si occupa dell'ottimizzazione dei materiali fotovoltaici di nuova generazione attraverso la caratterizzazione potenziata dall'intelligenza artificiale. L'intrinseca complessità del compito richiede soluzioni innovative basate sull'intelligenza artificiale per una comprensione completa dei fenomeni fisici e una possibile produzione su larga scala. Asse A: Ottica adattiva basata sull'intelligenza artificiale per la lavorazione laser industriale. Questo task ha come obbiettivo l'introduzione e ottimizzazione di tecnologie basate sull'ottica adattiva (OA) nella lavorazione laser industriale, eliminando i tradizionali sensori di fronte d'onda e utilizzando invece l'intelligenza artificiale per misura e correzione delle aberrazioni ottiche direttamente dalla funzione di diffusione del punto (PSF – Point Spread Function). L'approccio consente una soluzione compatta con OA, robusta ed economica, adatta ad ambienti industriali dinamici e difficili. Motivazione. I sistemi laser industriali soffrono spesso di aberrazioni indotte da effetti termici, deriva meccanica e interazioni con i materiali, che degradano la qualità della messa a fuoco e riducono l'affidabilità del processo. Le attuali soluzioni OA sono complesse e inadatte agli ambienti industriali a causa della dipendenza da ingombranti sensori di fronte d'onda. La PSF codifica intrinsecamente le informazioni sulle aberrazioni e l'intelligenza artificiale offre un'opportunità rivoluzionaria per estrarre e utilizzare queste informazioni per la correzione in tempo reale. Metodologia: • Stima con AI della relazione tra PSF e aberrazioni. Generare un set di dati di PSF in presenza di aberrazioni note. Addestrare reti neurali convoluzionali per dedurre coefficienti di Zernike o modali dalle immagini PSF. • Controllo a ciclo chiuso. Integrare le previsioni AI in un ciclo di controllo in tempo reale che pilota uno specchio deformabile o un modulatore di luce spaziale, ottenendo una correzione continua delle aberrazioni. • Validazione industriale. Integrare il sistema in una configurazione laser commerciale e valutare i miglioramenti delle prestazioni in attività come l'ablazione laser, la microlavorazione o la strutturazione fotovoltaica. Risultati attesi: • Un sistema OA "sensorless" e basato su AI, adatto per l'elaborazione laser in

tempo reale. • Miglioramenti significativi nella qualità del fascio, nella precisione del processo e nella robustezza del sistema. • Proprietà intellettuale e dimostratore utile per un'ulteriore scalabilità industriale

Tempistica (36 mesi): • Mesi 1–6: Generazione del dataset, progettazione del modello di intelligenza artificiale • Mesi 7–13: Addestramento, validazione dell'inferenza • Mesi 13–24: Integrazione e test a ciclo chiuso • Mesi 25–36: Implementazione industriale e benchmarking dei processi

Impatto: Questo progetto fornirà una soluzione AO scalabile e intelligente per sistemi laser industriali, consentendo processi di produzione di qualità superiore, più affidabili ed economici nei settori fotovoltaico, microelettronico e altri.

Obiettivo: Sviluppo di un sistema di controllo ottico adattivo a circuito chiuso basato su dati PFS dedotti dall'IA. **KPI:** Sistema di controllo basato su ottica adattiva in circuito chiuso basato su dati di feedback dell'IA.

Asse B: Caratterizzazione potenziata dall'IA per materiali fotovoltaici di nuova generazione Questo asse affronta la sfida cruciale dell'ottimizzazione dei materiali fotovoltaici di nuova generazione, come perovskiti e superfici nanostrutturate. Nonostante la promessa di efficienze superiori e costi di produzione inferiori, la loro intrinseca complessità, derivante da numerose variabili di processo e proprietà interconnesse, rende complesse la comprensione e la produzione su larga scala. La caratterizzazione ottica è uno strumento consolidato per lo studio delle proprietà dei materiali, tuttavia le relazioni multidimensionali e non lineari tra i parametri di processo e le proprietà finali sono difficili da determinare. L'approccio introduce un'innovazione sinergica con algoritmi di IA avanzati e tecniche di caratterizzazione dei materiali all'avanguardia, per migliorare radicalmente l'estrazione delle informazioni e l'ottimizzazione dei processi.

Motivazione. I metodi di caratterizzazione tradizionali producono set di dati vasti e complessi, difficili da interpretare in modo olistico, ostacolando un'ottimizzazione rapida e portando a un controllo di processo subottimale. L'IA offre un'opportunità rivoluzionaria per sfruttare i set di dati nel loro pieno potenziale, collegando le variabili di processo a precise proprietà dei materiali e alle prestazioni dei dispositivi.

Metodologia. L'approccio si focalizza sulla creazione di una solida base di dati attraverso protocolli di caratterizzazione avanzati, che alimenteranno poi le informazioni basate su AI:

- **Protocolli di caratterizzazione avanzata:** sfruttando la ventennale esperienza di CNR-IFN-PD nella caratterizzazione avanzata dei materiali, verranno selezionati materiali strategici rappresentativi come casi di studio. I campioni saranno prodotti sistematicamente modulando i parametri di fabbricazione
- **Acquisizione dati multi-tecnica:** i campioni saranno caratterizzati utilizzando una suite di tecniche avanzate per costruire modelli fisico-numeriche affidabili per l'addestramento di algoritmi di intelligenza artificiale. Le tecniche chiave includono:
 - o **Caratterizzazione ottica (Ellissometria, Spettrofotometria UV-VIS-NIR, Trasmissione/Riflessione/Assorbimento):** queste tecniche non distruttive determinano lo spessore, l'indice di rifrazione e il coefficiente di assorbimento dei film sottili. Sono fondamentali per l'ottimizzazione degli strati attivi di perovskite e delle interfacce di trasporto di carica, consentendo la determinazione del band gap (E_g) e dei profili di assorbimento.
 - o **Caratterizzazione strutturale (Diffrazione X - XRD/XRR):** fornisce informazioni sulla purezza della fase cristallina, l'orientamento dei grani, la dimensione media dei cristalliti, la rugosità interstrato e le fasi secondarie. Questi parametri sono fondamentali per la lunghezza di diffusione dei portatori e la stabilità del dispositivo.
 - o **Caratterizzazione morfologica (Microscopia a forza atomica - AFM):** utilizzando la mappatura su scala nanometrica, l'AFM rivela la topografia superficiale, la morfologia dei grani e la rugosità media. Questi dati sono fondamentali per comprendere le interfacce di estrazione di carica e la potenziale formazione di pori.
- **Integrazione e modellazione dei dati basate su AI:** i dati ottenuti saranno integrati in un set di dati strutturato, coerente e affidabile. Questo set di dati costituirà la base indispensabile per l'addestramento e la convalida di modelli predittivi basati su AI, consentendo di correlare configurazioni di processo, parametri di crescita e proprietà ottiche. Risultati attesi:
 - Un framework di ottimizzazione per i materiali fotovoltaici, che accelera significativamente i cicli di ricerca e sviluppo.
 - Capacità di identificare correlazioni non lineari e pattern nascosti nelle caratteristiche dei materiali, per una modellazione predittiva delle proprietà.
 - Procedure consolidate per l'acquisizione dati semi-automatica e la fusione di dati multi-tecnica.
 - Servizi di caratterizzazione potenziati da AI per il rilevamento automatico dei difetti e la garanzia della qualità predittiva.

Tempistica (36 mesi): • Mesi 1–6: Sviluppo del protocollo per la caratterizzazione avanzata, generazione iniziale del dataset. • Mesi 7–12: Progettazione di modelli di intelligenza artificiale per la previsione delle proprietà dei materiali e il rilevamento di anomalie. • Mesi 13–24: Addestramento, convalida e integrazione della fusione dati multi-tecnica del modello di intelligenza artificiale. • Mesi 25–36: Valutazione della scalabilità industriale e benchmarking delle applicazioni reali

Impatto: Questo progetto mira a cambiare il modo in cui i nuovi materiali fotovoltaici vengono interpretati e ottimizzati, consentendo processi di produzione di qualità superiore, più affidabili ed economicamente vantaggiosi. Accellerà lo sviluppo e la scalabilità industriale delle tecnologie fotovoltaiche di nuova generazione, contribuendo in modo significativo alla transizione energetica globale.

Obiettivo: Implementare analisi basate su AI per identificazione di correlazioni non lineari e pattern nascosti nei dati multidimensionali dei materiali. **KPI:** Caratterizzazione ottica/strutturale nell'UV-VIS-NIR di almeno due campioni forniti dal consorzio

Per ogni Activity inclusa nel WP:

➤ **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

➤ **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Definizione del catalogo servizi e tecnologie

➤ **11D1.20c: Acronimo Attività**

A8.I-CAT-TEC

➤ **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

SOBIGDATA-CNR-ICAR-NA

➤ **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

➤ **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

➤ **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività ha l'obiettivo di definire e realizzare un catalogo digitale interattivo e smart, che possa fornire tutti i dettagli delle competenze, capacità e risorse rese disponibili alle Piccole e Medie Imprese (PMI) attraverso l'infrastruttura di ricerca AI-PHOQUS. Più nel dettaglio, saranno inclusi nel catalogo tutti servizi (tecnologici, di condivisione risorse, servizi specifici per le imprese e/o policy maker, servizi di supporto per lo sviluppo di progetti di ricerca industriale, servizi di training per il personale, etc.) che l'infrastruttura metterà a disposizione delle PMI, allo scopo di favorire i processi di trasferimento tecnologico e lo sviluppo delle capacità e competenze delle aziende nei domini innovativi nei quali AI-PHOQUS opera, instaurando in questo modo un processo virtuoso di innovazione e sviluppo. Il catalogo interattivo includerà la lista completa e tutti i dettagli degli asset hardware e software, delle risorse computazionali, dei dataset, delle piattaforme sperimentali, degli ambienti di simulazione e strumenti di validazione messi a disposizione dalle IIRR componenti AI-PHOQuS, oltre a tutti i servizi di training e di consulenza offerti. Inoltre, verranno incluse le modalità attraverso cui l'infrastruttura metterà a disposizione tali servizi e risorse, oltre a dettagliare l'iter per lo sviluppo attraverso coprogettazione di ulteriori servizi dedicati a esigenze particolari di aziende interessate a sviluppare casi d'uso e soluzioni innovative, con il supporto dell'infrastruttura stessa e, infine, le modalità di supporto tecnico offerte alle PMI interessate e/o coinvolte. Lo scopo finale di questa attività è quello di rendere disponibile uno strumento per facilitare la collaborazione tra AI-PHOQuS e le PMI, che possa semplificare la ricerca e la selezione delle tecnologie e dei servizi utili per poter instaurare attività di collaborazione, ricerca industriale e trasferimento tecnologico, riducendo il divario tra ricerca e impresa e accelerando l'adozione in ambito industriale delle tecnologie emergenti e innovative dell'infrastruttura, in particolare nei settori dell'Intelligenza Artificiale (AI), delle Tecnologie Quantistiche (QT), della Fotonica e delle reti ibride avanzate (classiche/quantistiche). Infine, la disponibilità del catalogo dei servizi e delle tecnologie sarà uno strumento utile agli ulteriori task del WP, sia per supportare la definizione di strategie di marketing, comunicazione e formazione per le imprese, sia per favorire il coinvolgimento di PMI nello sviluppo finale di Proof of Concept. Stato dell'arte Negli ultimi anni, le IR che coinvolgono università, enti pubblici di ricerca, centri di competenza, living labs e cluster tecnologici – hanno investito nella digitalizzazione e nella pubblicazione di cataloghi interattivi dei servizi tecnologici offerti, con l'obiettivo di favorire l'accesso delle imprese alle competenze, alle attrezzature e alle soluzioni sviluppate in ambito scientifico e tecnologico. Tali cataloghi elencano i servizi avanzati offerti (ad es. prototipazione, testing, analisi di laboratorio, accesso a facilities e strumentazioni, consulenza specialistica) e spesso includono anche risultati di ricerca e brevetti disponibili per il trasferimento tecnologico. L'organizzazione avviene per aree tematiche, tecnologie abilitanti (KETs), settori industriali o tipologia di servizio. Tutti tali cataloghi sono pensati per semplificare la connessione tra aziende e centri di ricerca, con

moduli di richiesta integrati, contatti diretti con referenti scientifici o tecnici, e workflow digitali per la prenotazione di servizi e facility, per un accesso facilitato e trasparente. I principali cataloghi di IR si integrano con iniziative di open innovation, piattaforme europee (es. European Open Science Cloud, CatRIS – Catalogue of Research Infrastructure Services, ERICs, Innovation Hubs di EIT) e database regionali o nazionali. Esempi di soluzioni di riferimento sono CatRIS (Catalogue of Research Infrastructure Services), una piattaforma europea che mappa e rende accessibili servizi di IR in diversi paesi, con funzionalità di ricerca, dettagli tecnici e referenti, RICAP (Research Infrastructure Catalogue of Access Points), che è catalogo nazionale che raccoglie l'offerta di servizi e laboratori per imprese, oppure tutte le piattaforme di centri di competenza e Digital Innovation Hub (ad es. Industria 4.0, o EIT Digital), che forniscono cataloghi online che abilitano la domanda-offerta di servizi di innovazione e testing per PMI e grandi imprese. Tra le caratteristiche comuni dei più recenti cataloghi allo stato dell'arte vi sono l'interattività e ricerca avanzata: l'utente può esplorare i servizi tramite filtri dinamici, keyword search, mappatura geografica, percorsi guidati (wizard) e, in alcuni casi, configuratori personalizzati. Alcune piattaforme offrono strumenti di matchmaking automatico tra bisogni aziendali e offerta di servizi. Inoltre, i cataloghi allo stato dell'arte includono strumenti specifici per coinvolgere maggiormente le imprese già in fase di definizione del servizio (richieste custom, co-design), adottando approcci user-centered e di co-progettazione. Anche l'uso di AI e recommendation systems (usando, ad esempio, approcci basati su LLMs) è di recente adottato, sfruttando algoritmi per suggerire servizi o competenze utili alle imprese sulla base delle loro necessità dichiarate o profilo aziendale. Infine, sono spesso integrati anche strumenti di monitoraggio e analytics, per valutare impatti, performance e ricadute delle collaborazioni attivate tramite i cataloghi. Vi sono attualmente sfide da superare legate alla frammentazione, poiché i cataloghi di servizi sono numerosi, poco integrati e non sempre facili da navigare per le aziende e vi è anche una mancanza di standardizzazione, con differenze nella descrizione e classificazione dei servizi tra infrastrutture. Strategia operativa e articolazione delle fasi

L'attività sarà articolata in una prima fase di ricognizione di tutte le tecnologie, risorse, competenze e capacità messe a disposizione per l'infrastruttura di ricerca da parte delle IRR originarie componenti AI-PHOQuS, selezionando tutte quelle che sono in linea con gli scopi e i fini principali del progetto e, soprattutto, di potenziale interesse per le PMI. A valle di questa fase preliminare, nella successiva seconda fase saranno identificati e definiti tutti i servizi e le risorse che saranno messe a disposizione alle imprese, descrivendo nel dettaglio il loro scopo e/o funzionalità e classificandoli sia in base alla tipologia (come, ad esempio, servizi tecnologici, servizi di condivisione risorse, servizi specifici per le imprese e/o policy maker, servizi di supporto per lo sviluppo di progetti di ricerca industriale, servizi di training per il personale, etc.), sia per settori applicativi, sia per i relativi livelli di maturità tecnologica, associando anche i gruppi di personale dell'infrastruttura responsabili e il contatto principale per ognuno di essi per facilitare il contatto diretto tra ricercatori dell'infrastruttura e aziende. In tale fase, infine, per ogni servizio e tecnologia offerti, saranno anche formalizzate le corrispondenti modalità di erogazione e/o utilizzo da parte delle imprese e il tipo di supporto tecnico offerto, insieme alla definizione dell'offerta di ulteriori servizi dedicati, da sviluppare attraverso coprogettazione in collaborazione direttamente con le PMI coinvolte, rispondendo ad eventuali esigenze specifiche di aziende interessate. Successivamente, nella terza fase sarà realizzato lo strumento del catalogo interattivo vero e proprio, basato su tecnologie web allo stato dell'arte. Il catalogo sarà progettato con lo scopo di facilitare l'interazione tra domanda e offerta di innovazione, includendo funzionalità avanzate di ricerca, matchmaking, prenotazione dei servizi e di assistenza tecnica, oltre che collegamenti a demo e/o presentazioni interattive dei servizi e delle tecnologie disponibili. La quarta fase, infine, prevede il mantenimento dello strumento del catalogo e l'aggiornamento continuo dei servizi e delle tecnologie incluse e l'erogazione dei servizi di supporto tecnico e assistenza all'uso. Strumenti di supporto alle PMI Al fine di facilitare l'utilizzo del catalogo da parte delle PMI, saranno predisposti strumenti operativi e servizi dedicati, quali: - Supporto per l'uso del catalogo e dei relativi servizi di prenotazione e assistenza tecnica; - Demo interattive dei servizi, delle tecnologie e delle risorse offerte; - Strumenti avanzati di ricerca e matching. Ruolo e benefici attesi per le PMI e Impatto atteso e contributo al progetto AI-PHOQUS Il catalogo rappresenterà uno strumento per le imprese, che ha lo scopo di metterle in grado di analizzare preliminarmente tutte le possibilità offerte dall'infrastruttura AI-PHOQUS e di selezione aree, tecnologie e domini innovativi in cui sviluppare potenziali collaborazioni e progetti di ricerca, trasferimento tecnologico e di training, creando il primo punto di contatto e avvicinando sensibilmente mondo della ricerca e dell'industria. Struttura WBS sintetica dell'attività Identificativo; Sotto-Attività; Output principali; Tempi (indicativi) A8.1.1; Ricognizione tecnologie, risorse e servizi potenzialmente utili o di interesse per le PMI; Analisi tecnologie e risorse per le PMI (Report); Mesi 1–6 A8.1.2; Definizione servizi da includere nel catalogo; Schede di dettaglio per ogni servizio (Report); Mesi 6–12 A8.1.3; Realizzazione catalogo interattivo; Catalogo interattivo web versione iniziale (software); Mesi 9–24 A8.1.4 Servizi di tecnico e assistenza e aggiornamento continuo del catalogo; Catalogo interattivo web versione finale (software), Servizio di assistenza Continuativo; (Mesi 24–36) Key Performance Indicators (KPI) Indicatore: Numero di servizi, tecnologie e risorse inclusi nel catalogo; Target ≥ 80 ; Misurazione: Catalogo Indicatore: Numero di

visite al catalogo; Target ≥ 1000 ; Misurazione: Counter visite incluso nello strumento catalogo Indicatore: Uso di tecnologie da parte delle PMI a valle dell'interazione con il catalogo; Target ≥ 30 ; Misurazione: Report tecnici Giustificazione del Budget L'attività prevede una spesa per il personale destinata al reclutamento di 2 unità di personale, rispettivamente con profilo di ricercatore esperto in intelligenza artificiale e NLP e tecnologo esperto di applicazioni web, per lo sviluppo del catalogo, dei suoi servizi smart basati su AI, nonché per curare l'aggiornamento continuo del catalogo e fornire anche eventuali servizi di assistenza alle aziende, per un periodo complessivo di 24 mesi. Il costo è stimato sulla base di contratti annuali a tempo pieno per personale di ricerca, con una media salariale lorda annuale di circa 50.000 euro, coerente con gli standard dei contratti di ricerca pubblici negli EPR. Per lo svolgimento dell'attività sono necessarie anche una serie di attrezzature, ossia un cluster con quattro nodi di server per lo sviluppo e l'uso di grandi modelli LLM per AI, per offrire i servizi di catalogo intelligente (matchmaking, ricerca smart, etc.) e demo delle tecnologie e servizi messi a disposizione, oltre a implementare il catalogo interattivo stesso. Inoltre, sono necessarie workstation per attività di sviluppo e testing del catalogo e dei suoi servizi, sistemi di archiviazione, rete e backup, servizi di installazione e configurazione e infine, l'acquisto di soluzioni software, licenze, dataset e abbonamenti necessari allo svolgimento del task (in particolare, modelli LLM preaddestrati, software per la gestione di cluster di computer, sistemi per lo sviluppo di applicazioni web e di modelli AI). La cifra complessiva stimata è pari a 943.082,70, sulla base di preventivi recenti delle risorse necessarie: 4 nodi di server di ultima generazione con 4 GPU (per l'uso e addestramento di LLM per i servizi smart del catalogo), con un costo stimato pari a circa 200.000 € l'uno, sistemi di storage e di rete (50.000 €), workstation e accessori per attività di sviluppo e testing (circa 30.000 € in totale), servizi di installazione e configurazione (50.000 €) licenze software specialistiche, librerie professionali per l'addestramento di modelli AI e sviluppo di applicazioni web (circa 10.000 €). L'acquisto dell'hardware coprirà anche costi di manutenzione, aggiornamento e supporto tecnico per l'intero periodo del task. La spesa è pertanto pienamente coerente con la complessità tecnica, la durata pluriennale dell'attività e il carico computazionale previsto. 40.000 € sono allocati ad attività di open access e TNA (TransNational Access) e dati FAIR, per consentire a ricercatori di visitare gli altri nodi dell'infrastruttura all'estero, oltre al rilascio open di dataset. La cifra di 50.000 € è dedicata ad impianti, per l'adeguamento degli impianti del sito (elettrico, condizionamento, etc.) per l'installazione del cluster che ospiterà il catalogo e i suoi servizi. Le spese generali previste sono pari a 72315,79 € (calcolate secondo costi tabellari da progetto) e coprono le attività trasversali necessarie alla realizzazione del task, tra cui gestione amministrativa, supporto tecnico-logistico, sicurezza informatica, manutenzione dell'infrastruttura e coordinamento scientifico. Infine, circa 60.000 euro sono destinati all'attività di comunicazione dei POC e dei risultati raggiunti. Conclusioni Il task ha lo scopo di creare, aggiornare e mantenere un catalogo interattivo dei servizi e tecnologie che l'infrastruttura AI-PHOQUS potrà mettere a disposizione delle PMI, al fine di favorirne l'adozione e l'uso da parte delle aziende e di supportare lo sviluppo di collaborazioni, progetti di ricerca e di trasferimento tecnologico.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Formazione per le imprese

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A8.2-EDU

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Nodo UNIPi di SoBigData

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

➤ 11D1.20g: Descrizione dell'Attività

In un contesto produttivo in continua evoluzione, contraddistinto da rapidi cambiamenti tecnologici e da una crescente complessità dei sistemi industriali, la formazione continua rappresenta una leva strategica per la competitività e l'innovazione delle imprese. L'introduzione e l'integrazione di tecnologie avanzate nel mondo delle imprese – quali l'Intelligenza Artificiale, le Tecnologie Quantistiche, la Fotonica e le reti ibride avanzate (classiche/quantistiche) – crea l'opportunità di ridefinire in profondità i processi produttivi, i modelli organizzativi e le competenze richieste al capitale umano. Queste tecnologie abilitanti, pilastri della transizione digitale e della trasformazione industriale, richiedono figure professionali altamente qualificate, in grado di interpretare e applicare strumenti complessi all'interno di contesti operativi sempre più interdisciplinari. In tal senso, la formazione continua si configura come un elemento essenziale per sostenere l'aggiornamento e la riconversione delle competenze, contrastare l'obsolescenza professionale e garantire la piena valorizzazione delle risorse umane. Alla luce delle priorità strategiche definite a livello nazionale ed europeo l'attività A8.2 ha l'obiettivo di promuovere un'offerta formativa altamente specializzata, finalizzata a favorire l'adozione consapevole e integrata di tecnologie emergenti all'interno delle imprese. L'intervento intende così contribuire allo sviluppo di un ecosistema produttivo più resiliente, innovativo e competitivo, capace di affrontare le sfide della transizione tecnologica e digitale in chiave sostenibile e inclusiva. L'attività ha l'obiettivo di offrire alle imprese corsi di formazione progettati ed erogati con modalità adeguate alle necessità delle imprese. In particolare, l'infrastruttura di ricerca AI-PHOQUS organizzerà corsi di formazione che possono ricadere nelle seguenti categorie: • Corsi di perfezionamento e alta formazione destinati a chi ha già completato un percorso di istruzione superiore, come la laurea o la laurea magistrale e che hanno l'obiettivo di perfezionare le competenze in determinate discipline. • Corsi di formazione e aggiornamento professionale rivolti al personale che ha la necessità di qualificare o acquisire competenze aggiornate in specifiche competenze collegate a tecnologie e argomenti coperti dal progetto. Questo tipo di corsi possono essere erogati sia a coloro che sono in possesso di specifici titoli di studio come la laurea o il dottorato o possono non richiedere titoli di studio particolari. • Master di primo e secondo livello, cioè percorsi formativi post-laurea progettati per approfondire e specializzare le conoscenze e le competenze acquisite durante un percorso di laurea universitario. Questi corsi sono rivolti ai titolari di laurea triennale o magistrale e consente l'acquisizione di titoli di alta qualità, riconosciuti a livello nazionale ed europeo, offrendo un importante strumento di specializzazione e aggiornamento professionale. • Winter/Spring/Summer School per l'alta formazione di studenti provenienti dal mondo accademico e industriale. Le imprese potranno essere coinvolte, non solo attraverso la formazione dei loro dipendenti, ma anche per attività di co-design dei progetti didattici proposti ed elaborati dagli studenti. L'attività intende attivare una serie di percorsi formativi in stretta collaborazione con le imprese che manifestano la necessità di formazione su argomenti e l'uso di tecnologie specifiche. Stato dell'arte I membri di AI-PHOQUS presentano un'esperienza consolidata nell'erogazione di tali attività formazione. In particolare le seguenti attività sono degne di nota: • il Master di secondo livello in “Big Data Analytics & AI for Society” (<https://masterbigdata.it/>) organizzato dai membri si SoBigData, in cui aziende del territorio partecipano proponendo progetti didattici e attività di tirocinio attraverso le quali gli studenti possono mettere in pratica gli strumenti e i metodi insegnati nei vari moduli. • il corso di perfezionamento AI 4 Business (<https://ai4yb.it/>) organizzato dal Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa, membro dell'infrastruttura SoBigData, che vede la partecipazione all'interno del programma didattico di diverse aziende che presentano agli studenti casi di studio reali. I partecipanti del corso sono per la maggior parte dipendenti di aziende che vedono nell'uso dell'IA la prospettiva di una profonda innovazione. • le summer school organizzate regolarmente da SoBigData per studenti e ricercatori, alcuni dei quali coinvolti in attività di ricerca e sviluppo in imprese (<https://summerschool2025.sobigdata.eu/>, <https://phd-ai-society.di.unipi.it/summer-schools/ai-society-2025-summer-school/> e <https://portale2.unime.it/sosmartcps/>). All'interno del progetto AI-PHOQUS si propone un approccio basato sul co-design dei corsi in modo da raggiungere in modo efficace l'obiettivo principale di formazione, aggiornamento e trasferimento delle competenze customizzato sulla base delle necessità delle imprese interessate. Strategia operativa e articolazione delle fasi Poiché l'obiettivo è definire, progettare ed erogare corsi che rispondono alle necessità identificate dalle specifiche imprese, che hanno manifestato determinati bisogni, l'approccio che verrà applicato sarà fortemente collaborativo, multidisciplinare e prevederà l'interlocuzione con le imprese in diverse fasi. In una prima fase di lavoro sarà fatta una ricognizione dei macro-argomenti e competenze che ogni membro del progetto AI-PHOQUS può mettere a disposizione in attività di formazione. Successivamente, si provvederà alla raccolta di una lista di imprese, con priorità alle imprese che hanno mostrato interesse in fase di sottomissione del progetto, che potrebbero essere interessate ad attività di

formazione sui macro-argomenti identificati. Per l'attivazione di ogni corso saranno seguite le seguenti fasi: Fase 1 - Analisi dei requisiti di formazione: verrà costituito un team di ricercatori dell'AI-PHOQUS di almeno 2-3 membri coordinati dal responsabile di questa attività per comprendere le necessità di formazione dell'impresa o dell'insieme di imprese che hanno richiesto il servizio di formazione. Fase 2 - Definizione dei membri del consiglio del corso: verrà identificato il direttore scientifico del corso e almeno altri due membri che insieme al direttore saranno responsabili dell'attività di formazione, della sua qualità e del coordinamento scientifico. In questa fase si identifica la sede amministrativa del corso tra le diverse università che partecipano all'infrastruttura AI-PHOQUS. Fase 3 - Definizione del piano formativo: i membri del consiglio di corso in collaborazione con i membri del team che ha raccolto i requisiti nella Fase 1 (se diversi) svilupperà il piano formativo identificando i docenti del corso che potranno essere afferenti all'infrastruttura AI-PHOQUS o docenti esterni. In questa fase ci saranno diverse interazioni con le imprese interessate affinché si possa convergere a un piano formativo che risponde esattamente alle esigenze delle stesse. Fase 4 - Erogazione del corso: L'università sede amministrativa del corso si occuperà di tutte le pratiche amministrative necessarie: i) all'attivazione del corso; ii) all'erogazione dell'attività di formazione che può essere online, in presenza o ibrida; e iii) al rilascio di un certificato di frequenza e delle micro-credenziali attraverso strumenti come l'open badge. Le istituzioni che partecipano all'infrastruttura AI-PHOQUS metteranno a disposizione le loro competenze altamente specializzate in materia di Intelligenza Artificiale, le Tecnologie Quantistiche, la Fotonica e le reti ibride avanzate (classiche/quantistiche) sia per attività di docenza teorica, pratica e laboratoriale. Impatto atteso e contributo al progetto AI-PHOQUS Questo approccio permetterà di fornire alle imprese un'esperienza formativa collaborativa, multidisciplinare e altamente innovativa consentendo loro di interagire con ricercatori, laboratori, piattaforme e risorse computazionali avanzate. Struttura WBS sintetica dell'attività OR1 - Mesi 1-18 Sotto-Attività: Identificazione dei macro-argomenti offerti dai membri di AI-PHOQUS, Identificazione delle imprese potenzialmente interessate alla formazione Output principali: Elenco argomenti ed imprese (Report) OR2 Mesi 13-36 Sotto-Attività: Co-progettazione ed erogazione dei corsi Output principali: Schede programmazione didattica, Lista offerta didattica di corsi conclusi (Report) Key Performance Indicators Numero corsi erogati ≥ 20 (Registro bandi / convenzioni) Numero di partecipanti ≥ 200 (Registro iscrizioni al corso) Numero di imprese ≥ 10 (Report tecnici) Coinvolgimento imprese del Mezzogiorno $\geq 50\%$ delle N. imprese coinvolte (Anagrafica imprese)

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Piano per il Coinvolgimento di PMI in Proof of Concept

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A8.3-PoC-PMI

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Mobile and Distributed Systems Laboratory

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

Descrizione generale e obiettivi L'attività A8.3 ha l'obiettivo di promuovere l'integrazione strutturata e sistematica delle Piccole e Medie Imprese (PMI) nei processi di sperimentazione e validazione tecnologica

all'interno dell'infrastruttura di ricerca AI-PHOQUS, mediante la realizzazione di un piano operativo dedicato ai Proof of Concept (PoC). Attraverso questa iniziativa, si intende attivare una collaborazione concreta tra mondo della ricerca e mondo dell'impresa, per accelerare l'adozione industriale delle tecnologie emergenti sviluppate nell'ambito del progetto, in particolare nei settori dell'Intelligenza Artificiale (AI), delle Tecnologie Quantistiche (QT), della Fotonica e delle reti ibride avanzate (classiche/quantistiche). L'attività mira a raggiungere due traguardi principali: • il coinvolgimento attivo di almeno 20 PMI operanti in settori strategici e ad alta intensità di conoscenza; • l'attivazione di almeno 10 progetti dimostrativi (PoC) con finalità applicative e potenziale trasferimento tecnologico. L'approccio si basa sull'attivazione di un ecosistema collaborativo multidisciplinare che consenta alle imprese di interagire con ricercatori, laboratori, piattaforme di testbed e risorse computazionali avanzate, sperimentando soluzioni innovative in un ambiente protetto e controllato ma orientato alla successiva industrializzazione.

Stato dell'arte Negli ultimi anni, l'interesse per l'integrazione delle PMI nei processi di trasferimento tecnologico si è intensificato, in risposta all'esigenza di rafforzare la competitività industriale e accelerare l'adozione delle tecnologie emergenti. A livello europeo, strumenti come Digital Innovation Hubs, European Innovation Council, Test Before Invest e i Technology Transfer Offices (TTO) mirano proprio a superare il tradizionale gap tra ricerca e impresa, con un'attenzione crescente verso l'impiego delle PMI come soggetti co-sviluppatori. In Italia, tuttavia, permane una certa difficoltà da parte delle PMI nell'accesso alle infrastrutture di ricerca e nell'attivazione di percorsi strutturati di sperimentazione. Sebbene esistano iniziative nazionali e regionali (voucher per l'innovazione, cluster tecnologici, living lab), il modello dei Proof of Concept (PoC) risulta ancora scarsamente sistematizzato. Le imprese, in particolare quelle di piccole dimensioni, spesso non dispongono delle risorse, delle competenze o del supporto necessario per testare soluzioni ad alta intensità tecnologica in contesti controllati ma orientati al mercato. Nel campo specifico dell'Intelligenza Artificiale, delle Tecnologie Quantistiche, della Fotonica e delle reti ibride, i progetti dimostrativi richiedono non solo accesso a infrastrutture sperimentali e a capacità computazionali avanzate, ma anche un forte accompagnamento scientifico e metodologico. L'approccio PoC si sta affermando come strategia efficace per ridurre il rischio tecnologico, aumentare la Technology Readiness e creare basi solide per il trasferimento industriale. In questo scenario, l'infrastruttura AI-PHOQUS rappresenta un'opportunità strategica per colmare il divario tra ricerca e PMI, offrendo risorse e competenze distribuite nei nodi territoriali (Napoli, Lecce, Messina) e strutturando un modello replicabile di collaborazione basato su PoC co-progettati, accesso facilitato ai laboratori e supporto tecnico-specialistico. Strategia operativa e articolazione delle fasi L'attività sarà articolata secondo una sequenza di fasi coordinate, integrate nel ciclo complessivo di sviluppo del progetto:

1. Identificazione e selezione delle PMI coinvolgibili Verrà avviata una fase di scouting e analisi del contesto produttivo, con l'obiettivo di individuare PMI con caratteristiche di innovatività, apertura alla sperimentazione e affinità con le traiettorie tecnologiche di AI-PHOQUS. La selezione sarà effettuata mediante call aperte e azioni di coinvolgimento mirato attraverso reti territoriali, cluster tecnologici e stakeholder istituzionali. Le PMI selezionate saranno classificate in funzione di settore, fabbisogni tecnologici, capacità di assorbimento dell'innovazione e predisposizione al co-sviluppo.
2. Definizione congiunta dei Proof of Concept Per ciascuna PMI selezionata sarà attivato un processo di co-progettazione con i referenti scientifici dei nodi AI-PHOQUS, volto alla definizione di specifici use case sperimentali. I PoC saranno concepiti per rispondere a esigenze industriali reali, prevedendo un percorso chiaro di sviluppo, test e validazione, con indicatori misurabili e risultati attesi concreti. I temi dei PoC potranno includere, a titolo esemplificativo: sistemi di sensing fotonico avanzato per il monitoraggio industriale; applicazioni di AI per l'ottimizzazione di processi; algoritmi quantistici per simulazioni complesse; prototipi di reti ibride classiche-quantistiche.
3. Svolgimento delle attività sperimentali nei PoC Le PMI avranno accesso all'infrastruttura e alle risorse dei nodi territoriali di AI-PHOQUS (Napoli, Lecce, Messina), incluse facility di laboratorio, ambienti simulati, dispositivi fotonici e quantistici, cloud computazionale, dataset, modelli pre-addestrati e assistenza da parte del personale tecnico-scientifico. Le attività saranno svolte con il supporto di team congiunti, composti da ricercatori e tecnici AI-PHOQUS e personale delle PMI. Ogni PoC sarà strutturato in fasi: progettazione, prototipazione, test, analisi dei risultati, documentazione tecnica.
4. Valutazione, reporting e capitalizzazione dei risultati Al termine di ciascun PoC verrà prodotto un dossier tecnico, contenente: descrizione delle attività svolte, risultati ottenuti, indicazioni sul TRL (Technology Readiness Level) raggiunto, elementi di trasferibilità, potenzialità di industrializzazione e follow-up. I risultati saranno analizzati in ottica di replicabilità e impatto, con l'obiettivo di consolidare collaborazioni durature. Saranno inoltre promosse attività di disseminazione mirata, sia verso il sistema produttivo sia verso i decisori pubblici, attraverso workshop tematici, demo day, pubblicazioni e casi studio. Strumenti di supporto alle PMI Al fine di facilitare il coinvolgimento e la partecipazione attiva delle PMI, saranno predisposti una serie di strumenti operativi e servizi dedicati: • Sportelli territoriali di facilitazione presso i nodi AI-PHOQUS, che forniranno supporto tecnico, amministrativo e di accompagnamento progettuale alle imprese; • Toolkit per i PoC, comprensivi di linee guida, modelli contrattuali, checklist operative e indicazioni per la gestione della proprietà

intellettuale; • Meccanismi di incentivazione e agevolazione, quali accesso gratuito o semplificato alle risorse AI-PHOQUS, voucher tecnologici (ove previsti da regolamenti nazionali/regionali), e supporto nella costruzione di percorsi di finanziamento complementari (es. bandi regionali, PNRR tematici, fondi per l'innovazione). Ruolo e benefici attesi per le PMI All'interno del Piano, le Piccole e Medie Imprese non sono considerate semplici beneficiarie esterne, ma attori centrali e attivi del processo di innovazione. Il loro coinvolgimento nei Proof of Concept rappresenta un'occasione strategica per sperimentare nuove tecnologie in collaborazione diretta con ricercatori e laboratori di eccellenza, in un ambiente strutturato, protetto e finalizzato al trasferimento tecnologico. Le PMI avranno l'opportunità di accedere a risorse avanzate dell'infrastruttura AI-PHOQUS, tra cui strumentazioni sperimentali, piattaforme di test, ambienti simulati e servizi di calcolo ad alte prestazioni. In particolare, potranno confrontarsi con soluzioni sviluppate nei settori dell'intelligenza artificiale, delle scienze quantistiche, della fotonica e delle reti ibride, applicandole a problemi concreti del proprio ambito operativo. Attraverso la partecipazione ai PoC, le imprese potranno validare idee, prototipi o modelli sperimentali, riducendo il rischio tecnologico e accelerando i tempi di sviluppo. Questo consentirà loro di rafforzare le capacità interne di ricerca e sviluppo (R&D), di migliorare la competitività sui mercati e di posizionarsi in modo più efficace nelle catene del valore ad alta intensità di conoscenza. Il coinvolgimento diretto nei percorsi di co-sviluppo offrirà inoltre alle PMI la possibilità di consolidare relazioni con attori scientifici e industriali, accedendo a un ecosistema nazionale e internazionale di innovazione aperta. Saranno favorite sinergie anche in ottica di lungo periodo, attraverso la definizione di partnership durature, la partecipazione a progettualità condivise, la generazione di spin-off o la valorizzazione commerciale dei risultati. Dal punto di vista strategico, l'attività rappresenta un'importante leva di crescita per le PMI, che potranno aumentare la propria visibilità, attrarre investimenti e accedere a opportunità di sviluppo tecnologico altrimenti difficilmente raggiungibili. I benefici attesi non sono solo legati alla dimensione tecnologica, ma anche al rafforzamento delle competenze, all'acquisizione di metodologie collaborative e alla possibilità di contribuire attivamente alla costruzione di nuove filiere produttive emergenti. In questo quadro, AI-PHOQUS si configura come un abilitatore di innovazione, capace di mettere in rete conoscenza, infrastrutture e imprese, contribuendo a una trasformazione sistemica del modello di interazione tra ricerca pubblica e mondo produttivo. Impatto atteso e contributo al progetto AI-PHOQUS Il Piano contribuirà in modo diretto al raggiungimento degli obiettivi generali del progetto, in particolare per quanto riguarda: • La valorizzazione del capitale tecnologico e scientifico italiano attraverso il trasferimento verso il sistema produttivo; • Il rafforzamento della capacità di innovazione delle PMI; • La riduzione del divario territoriale, attraverso un'azione specifica nel Mezzogiorno; • Il sostegno alla transizione digitale e alla trasformazione industriale del Paese. L'attività genererà un impatto tangibile nel medio periodo, grazie alla creazione di competenze, relazioni e modelli collaborativi replicabili, che renderanno le PMI più resilienti, sostenibili e integrate nei processi di innovazione nazionale ed europea. Struttura WBS sintetica dell'attività Identificativo Sotto-Attività Output principali Tempi (indicativi) OR1 Scouting, analisi territoriale e call PMI Elenco PMI selezionate, database settoriale Mesi 1–6 OR2 Co-progettazione Proof of Concept Schede progettuali PoC, accordi di collaborazione Mesi 6–12 OR3 Sperimentazione e sviluppo PoC Prototipi, report tecnici intermedi Mesi 9–24 OR4 Valutazione, disseminazione e capitalizzazione dei risultati Dossier finali, eventi, casi studio Mesi 24–36 OR5 Servizi di supporto e assistenza alle PMI Toolkit, sportelli, helpdesk Continuativo (Mesi 4–36)

Key Performance Indicators (KPI) Indicatore Target
Misurazione Numero di PMI coinvolte nei PoC ≥ 20 Registro progetti / convenzioni Numero di PoC attivati ≥ 10 Schede progetto / deliverable TRL medio raggiunto dai PoC ≥ 5 Report tecnici Numero di eventi pubblici di presentazione ≥ 3 Calendario eventi Coinvolgimento PMI del Mezzogiorno $\geq 50\%$ delle PMI selezionate Dati anagrafici partecipanti Produzione di casi studio / white paper ≥ 5 Output A1.4 Interazioni PMI-AI-PHOQUS post PoC ≥ 10 follow-up (R&D, spin-off, ecc.) Tracciamento relazioni Giustificazione del Budget L'attività richiede 300 kEUR per attrezzature, inclusi dispositivi edge compatibili con tecnologie quantistiche, gateway IoT sicuri con interfacce QKD (simulate o reali), switch di rete programmabili e sensori adatti a scenari operativi critici. Queste attrezzature sono necessarie per implementare, testare e validare i PoC edge-IoT-quantum su più nodi fisici e virtuali, in condizioni realistiche di latenza e affidabilità. Ulteriori 68 kEUR sono destinati al personale, impegnato nella progettazione e sviluppo dei PoC, nell'integrazione di moduli AI per sensor fusion e nella validazione sperimentale di servizi IoT sicuri e adattivi su infrastrutture di rete ibride. Circa 30 kEUR sono allocati ad attività di open access e TNA (TransNational Access), per consentire a ricercatori e imprese esterne di accedere alla piattaforma dimostrativa, eseguire esperimenti riproducibili e valutare servizi avanzati in ambienti con protezione quantistica. 10 kEUR sono dedicati a costi infrastrutturali e di deployment, coprendo l'installazione presso i siti edge. Infine 10 kEUR sono destinati all'attività di comunicazione dei POC e dei risultati raggiunti. Conclusioni Il "Piano per il coinvolgimento di PMI in Proof of Concept" costituisce un tassello strategico nell'implementazione del progetto AI-PHOQUS, agendo da ponte tra il sistema della ricerca e quello produttivo. L'approccio adottato – basato su co-progettazione, sperimentazione condivisa e accesso a risorse

d'eccellenza – è pensato per produrre risultati concreti, replicabili e sostenibili nel tempo. Con almeno 20 PMI attivamente coinvolte e 10 PoC realizzati, l'attività intende non solo validare tecnologie emergenti, ma anche contribuire alla costruzione di un ecosistema aperto e integrato, in grado di rendere l'Italia un punto di riferimento per l'innovazione applicata nel campo dell'AI, delle scienze quantistiche e della fotonica.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Project management

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A9.1-PM

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Istituto Nazionale di Ottica

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività A9.1 curerà il coordinamento generale di AI-PHOQUS; garantirà la piena operatività della governance del network; il monitoraggio e la rendicontazione tempestivi dell'avanzamento tecnico-scientifico del progetto; la consulenza su questioni legali, procedurali, contrattuali e di proprietà intellettuale; il monitoraggio delle performance; la pianificazione e l'organizzazione delle strategie e delle nuove iniziative decise dal Consiglio di Amministrazione; l'organizzazione di nuovi servizi; il supporto alle iniziative di raccolta fondi. A inizio progetto porrà le basi organizzative e gestionali per un project management sicuro ed efficace. Le prime azioni saranno: - Redazione di un accordo organizzativo interno che verrà sottoscritto da tutti i proponenti, allo scopo di concordare modalità di gestione operativa efficaci e da tutti implementabili; - Redazione del Quality Management Plan, che comprenderà, fra le altre, le modalità di monitoraggio della performance di progetto, dell'avanzamento fisico, economico e procedurale, le modalità di comunicazione, il funzionamento degli organi, ecc. Il Piano identificherà i potenziali rischi tecnici e gestionali, definirà un risk register, le modalità di monitoraggio dei rischi individuati e di implementazione di azioni correttive o preventive. - Creazione del Management Team, dell'Administrative Team e del Communication Team; - Supporto all'operatività del Management Board; - Template e istruzioni per il monitoraggio delle attività e la redazione dei deliverable. Per tutta la durata del progetto la A9.1 supporterà anche la ricerca di opportunità di finanziamento complementari e aggiuntive per potenziare AI-PHOQUS e garantirne la sostenibilità futura, nonché la progettazione competitiva finalizzata alla raccolta fondi. Allo stesso modo, in coordinamento con i ricercatori, supporterà lo sviluppo di nuove opportunità di servizi e finanziamenti. In materia di reportistica progettuale, la A9.1 supervisionerà l'avanzamento del progetto nel rispetto della pianificazione: esecuzione delle attività, pubblicazione dei report, raggiungimento degli obiettivi e rilascio dei deliverable. Ci occuperemo di: - definire i modelli per il reporting e le linee guida specifiche sulle procedure di reporting; - supportare la procedura di reporting e formare i partner sulla corretta rendicontazione; - monitorare l'implementazione delle attività, il raggiungimento degli obiettivi secondo la pianificazione del progetto e il raggiungimento dei deliverable; - raccogliere, controllare ed elaborare tutte le informazioni e la documentazione di progetto rilevanti per il reporting interno e per il MUR; - presentare report al MUR. Il monitoraggio del progetto consentirà di segnalare tempestivamente eventuali scostamenti dal piano di progetto e di assistere la governance e i partner per le azioni correttive. L'A9.1 supporterà la A9.3

nell'organizzazione della comunicazione e delle tre conferenze di progetto, e in tali occasioni riferirà all'assemblea generale in merito alle regole e procedure di gestione del progetto (kick-off meeting), i risultati intermedi e le possibili deviazioni e soluzioni (Mid-term meeting), prospettive e proposte di crescita e sostenibilità post-AI-PHOQUS. L'A9.1 monitorerà il gender balance; supporterà tutto il partenariato per le questioni amministrativo-gestionali legate all'implementazione del progetto, alla proprietà intellettuale e al rispetto del principio DNSH; fornirà strumenti gestionali di supporto ai proponenti. La Manager dell'infrastruttura coordina e partecipa all'attività A9.1, e in quest'ambito, con il supporto del Team, controllerà e supervisionerà tutte le operazioni di gestione, le risorse umane e lo sviluppo strategico dell'organizzazione. Svilupperà e attuerà le strategie dell'infrastruttura; preparerà e implementerà business plan e piani di sostenibilità dell'IR; supervisionerà le performance di AI-PHOQUS.

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Financial management

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A9.2-FM

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

CNR-INO UO amministrativa e finanziaria AI-PHOQUS

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività 9.2 prevede lo svolgimento di tutte le azioni necessarie per il corretto utilizzo delle risorse finanziarie erogate dal MUR, in linea con quanto previsto dallo Schema di Disciplinare di concessione del contributo (Allegato 7 dell'Avviso). Le attività saranno svolte in collaborazione con gli uffici amministrativi del CNR-INO e con l'Ufficio Supporto alla Ricerca e Grant del CNR, in costante confronto con gli organi di management di AI-PHOQUS. Nel dettaglio: Supporto al personale di ricerca e amministrativo – eventualmente anche attraverso la redazione di linee guida ad uso interno del progetto – affinché la spesa sia conforme ai criteri di ammissibilità delle spese per i programmi cofinanziati dai Fondi strutturali europei applicabili al periodo di programmazione 2021-2027 e alle condizioni definite nel Disciplinare di concessione adottato dal MUR, che individua altresì i criteri di dettaglio per la determinazione e rendicontazione delle spese. Pianificazione della spesa ed elaborazione di procedure e flussi di lavoro (workflow) in linea con le attività previste dal progetto, per il rispetto delle tempistiche e delle scadenze di progetto; Monitoraggio costante della spesa, per garantire il rispetto dei termini di rendicontazione; Rendicontazione bimestrale: verifica della completezza dei documenti e della correttezza delle informazioni riportate nella rendicontazione delle spese da parte dei soggetti beneficiari, caricate sulla piattaforma MUR (art. 6 e 7 dell'Allegato 7); Rendicontazione bimestrale: verifica che le spese siano rendicontate nel rispetto del piano finanziario e del cronoprogramma approvato, con inserimento nel sistema informatico dei relativi documenti riferiti alle procedure, nonché dei giustificativi di spesa e pagamento necessari ai controlli ordinari di legalità e ai controlli amministrativo-contabili previsti dalla normativa nazionale applicabile (art. 5 dell'Allegato 7); Predisposizione delle richieste di anticipazione e saldo, con presentazione della rendicontazione delle spese sostenute o dei costi maturati, per il soggetto proponente CNR e per conto dei Soggetti Co-proponenti; In collaborazione con l'Amministrazione del CNR-INO, trasferimento delle

erogazioni del contributo ai Soggetti beneficiari, nelle quote di loro spettanza; Predisposizione di un archivio per la conservazione della documentazione procedurale e di spesa, al fine di assicurare la completa tracciabilità delle operazioni; Predisposizione di eventuali richieste di variazione tra voci di spesa del Piano economico (art. 13 dell'Allegato 7).

Per ogni Activity inclusa nel WP:

- **11D1.20a: ID numerico sequenziale attività (in ordine di avvio nel WP: 01, 02...)**

01

- **11D1.20b: Titolo dell'Attività**

Communication and outreach

- **11D1.20c: Acronimo Attività**

A9.3-CO

- **11D1.20d: UO incaricata della attività (una sola UO)**

Communication and outreach

- **11D1.20e: Mese di avvio della attività**

1

- **11D1.20f: Durata dell'Attività (mesi)**

36

- **11D1.20g: Descrizione dell'Attività**

L'attività 9.3 realizza il Piano di comunicazione di AI-PHOQUS. La strategia di comunicazione di AI-PHOQUS è progettata per garantire un networking efficace e uno scambio continuo di conoscenze tra tutti i partecipanti al progetto, promuovendo al contempo la visione, i progressi scientifici e i risultati pratici del progetto a un ampio spettro di destinatari esterni. Tra questi, il pubblico in generale, gli stakeholder del mondo accademico e industriale, le comunità locali e i responsabili politici. La strategia è sviluppata per coprire l'intera durata del progetto, con attività coordinate che riguardano la comunicazione interna, la divulgazione esterna, l'interazione con gli stakeholder, il coinvolgimento dell'industria e l'organizzazione di tre eventi strategici del progetto: il Kickoff Meeting, il Mid-Term Meeting e la Conferenza Finale.

COMUNICAZIONE INTERNA. Una comunicazione interna solida e coerente è essenziale per mantenere l'allineamento all'interno del consorzio AI-PHOQUS, multidisciplinare e geograficamente distribuito. Un coordinamento efficiente garantirà il raggiungimento tempestivo degli obiettivi, eviterà la duplicazione degli sforzi e creerà sinergie tra i pacchetti di lavoro. I principali strumenti e metodi di comunicazione interna includono:

- Piattaforme collaborative: tutti i partecipanti al progetto avranno accesso a uno spazio di lavoro digitale centralizzato (ad esempio, MS Teams, Nextcloud o Slack) per la condivisione di documenti, il coordinamento del progetto e la messaggistica. Questa piattaforma includerà un archivio di materiale pubblicitario (slide, loghi, modelli, infografiche) e fungerà da ambiente di lavoro comune. Una rubrica dei contatti, che include il personale di progetto, i ricercatori neoassunti e il personale amministrativo, sarà gestita e aggiornata regolarmente per facilitare un'interazione interna efficiente.*
- Calendario e dashboard di progetto condivisi: un calendario di progetto coordinato includerà le scadenze per i deliverable, le riunioni interne, i periodi di revisione e gli eventi pubblici. Una dashboard verrà utilizzata per monitorare lo stato dei deliverable e il raggiungimento degli obiettivi, fornendo una panoramica visiva per il coordinatore di progetto e i responsabili dei WP.*
- Riunioni periodiche: i responsabili dei WP terranno riunioni virtuali bimestrali con i propri team per esaminare i progressi, condividere aggiornamenti e segnalare rischi o colli di bottiglia. Inoltre, saranno programmate riunioni di coordinamento tra i WP ogni trimestre per incoraggiare la collaborazione orizzontale e l'identificazione precoce di interdipendenze o opportunità emergenti.*
- Documentazione e Archivi: Un archivio centrale, con controllo delle versioni, conterrà tutti i documenti ufficiali del progetto, i verbali delle riunioni, i report intermedi e finali, i dati tecnici e il materiale*

di comunicazione. Una documentazione adeguata garantirà la tracciabilità, la riproducibilità e la conformità ai requisiti di scienza aperta e di auditing. **COMUNICAZIONE ESTERNA** Per ottenere il massimo impatto sociale, accademico e industriale, AI-PHOQUS implementerà una strategia proattiva di comunicazione e disseminazione esterna. Questo approccio si basa sulla trasparenza, sull'accessibilità e sull'ambizione di contribuire in modo significativo al dibattito sull'IA e sulla fotonica a livello europeo e globale. Il principale canale di divulgazione e interfaccia pubblica del progetto sarà un sito web dedicato multilingue (italiano e inglese). Conterrà informazioni sul progetto, aggiornamenti sulle novità, punti salienti della ricerca, il calendario delle attività del progetto, i profili dei partner, pubblicazioni ad accesso aperto, risorse didattiche e contenuti multimediali (video e foto) che descrivono le attività del progetto. Allo stesso tempo, saranno costantemente promossi i contatti attivi con la stampa a livello locale e nazionale. Notizie sulle tappe del progetto, in particolare quelle che coinvolgono partner regionali o università locali, saranno condivise con i media locali, così come le interviste con i membri di AI-PHOQUS, mentre l'ufficio stampa dei partner sarà coinvolto nelle attività di sensibilizzazione a livello nazionale. Inoltre, le attività di comunicazione di AI-PHOQUS si concentreranno sulla comunicazione rivolta al vasto pubblico e agli stakeholder. Comunicazione rivolta al vasto pubblico • Social media: l'account del progetto su LinkedIn (e, in futuro, su YouTube e ResearchGate) sarà gestito per diffondere notizie, video e annunci di eventi. I contenuti includeranno infografiche, interviste, punti salienti della ricerca e brevi spiegazioni su IA e fotonica. • Coinvolgimento del pubblico: AI-PHOQUS parteciperà attivamente a festival scientifici, giornate porte aperte presso le istituzioni partner e attività di sensibilizzazione nelle scuole, rafforzando la consapevolezza sull'intelligenza artificiale e la fotonica. Comunicazione con gli stakeholder • Workshop e webinar dedicati: almeno una volta all'anno saranno organizzati webinar e lezioni online, incluse sessioni di domande e risposte aperte, con il coinvolgimento di industrie e stakeholder. I webinar illustreranno gli obiettivi e i risultati del progetto, introducendo possibili KER (Key Exploitable Results) e promuovendo un dibattito attivo tra ricerca e industria. • Relazioni con i media: comunicati stampa saranno inviati ai media scientifici e mainstream in occasione di tappe fondamentali. I membri del consorzio collaboreranno con i giornalisti per offrire interviste, articoli di opinione e approfondimenti.

ARTICOLAZIONE DI DETTAGLIO DEI COSTI DI PROGETTO

Per Ciascuna Activity indicare i costi associati, distinti per Tipologia e per Soggetto:

WP01 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

15038.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare alla manutenzione tecnica e la gestione operativa dell'infrastruttura

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

50000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Hardware e software per l'archiviazione, l'elaborazione, la visualizzazione dei dati e l'accesso sicuro

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

25188.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Licenze, servizi di supporto alla pubblicazione dei dati e formazione degli utenti

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

5263.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

7500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione e disseminazione, inclusi materiali promozionali e informativi

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP01 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

154350.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare allo sviluppo dei servizi associati all'attività, l'organizzazione della formazione e la manutenzione delle strumentazioni.

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

763474.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Nr. 2 nodi di calcolo ad alte prestazioni

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni ad accesso aperto e costi per il TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit

cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

55543.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

49868.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Organizzazione di workshop, seminari e corsi di formazione; partecipazione a conferenze; materiali promozionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP01 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

15038.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per fornire supporto tecnico continuo e assistenza agli utenti, e per supervisionare l'erogazione di servizi formativi dedicati alle aziende e agli utenti della ricerca applicata.

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

70000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Hardware di calcolo, sistemi di storage, piattaforme di integrazione cloud e edge, strumenti di analisi basati su AI

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

5188.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Servizi di supporto alla pubblicazione dei dati, i protocolli di accesso per utenti transnazionali e la conformità agli standard di interoperabilità e metadata

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

5263.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

4511.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Organizzazione di workshop ed eventi; materiali di comunicazione

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP01 - Attività 4

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

23594.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per la progettazione, lo sviluppo e il mantenimento dei modelli per l'intera durata del progetto

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

98050.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Strumentazione di supporto a cluster GPU per l'addestramento e l'inferenza di modelli complessi, inclusi gli algoritmi di deep learning.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

19920.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni ad accesso aperto e costi per il TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

8258.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

7078.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Organizzazione di workshop, seminari e corsi di formazione; partecipazione a conferenze; materiali promozionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP01 - Attività 5

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

22556.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per la progettazione, lo sviluppo e la manutenzione della libreria XAI-Platform

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

92782.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Attrezzature computazionali necessarie all'esecuzione di algoritmi di Intelligenza Artificiale Spiegabile su dataset reali, nell'ambito dei casi d'uso e degli studi con utenti.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

20000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Spese di OA e costi per il TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

"I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate."

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

7895.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

6767.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi per disseminazione e comunicazione

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP01 - Attività 6

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

176951.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per progettare, sviluppare e mantenere i servizi MLaaS per l'intera durata del progetto

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

874000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Attrezzature a supporto dei nodi di calcolo ad alte prestazioni (HPC) e cluster GPU, indispensabili per l'addestramento e l'inferenza di modelli complessi, inclusi deep learning e algoritmi ibridi quantistico-classici

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

32256.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Spese di OA e costi per il TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

63438.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

56635.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi per disseminazione e comunicazione

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP01 - Attività 7

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

37594.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per implementazione, sviluppo e mantenimento delle funzionalità avanzate del catalogo, delle VRE e dei moduli basati su AI

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

183000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Licenze software, soprattutto per i moduli AI che potrebbero richiedere ambienti di esecuzione o librerie specializzate, così come per la gestione avanzata di flussi di metadati e dati sensibili. Hardware (per esempio server per calcolo intensivo AI)

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

4970.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi per rendere dati e risorse condivisibili secondo i principi FAIR e Open Access, includendo sviluppo di moduli software per metadati, sistemi di gestione accessi e diritti, tracciamento, validazione e standard di qualità

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

13158.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

11278.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi per promuovere la visibilità del catalogo, l'adozione delle VRE e l'accesso alle risorse digitali, garantendo un impatto reale

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP02 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

116801.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per la definizione dei modelli di Physical-Informed Machine Learning e ML-aware Physics; la progettazione e sviluppo di approcci per Physical-Informed Machine Learning e ML-aware Physics; lo sviluppo dei prototipi previsti dagli obiettivi realizzativi OR1 e OR2; per attività di ricerca, inclusa la sperimentazione sugli approcci e il contributo alla comunità scientifica tramite pubblicazioni.

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

554000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

costi per la sottoscrizione di servizi e piattaforme che offrono accesso a hardware quantistici reali, indispensabili per: (i) sperimentare e testare algoritmi QML e neuromorfici quantistici (ad esempio, Quantum Reservoir Computing e Quantum Machine Learning); (ii) validare su sistemi concreti i modelli teorici sviluppati nel progetto, garantendo la trasferibilità dei risultati verso contesti applicativi. L'accesso sarà fornito attraverso provider terzi specializzati, sia per calcolo on-demand che per ambienti di simulazione quantistica avanzata.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

51504.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni ad accesso aperto e costi per il TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit

cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

42385.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

38590.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Attività di disseminazione, strategie di comunicazione e coinvolgimento delle comunità scientifiche e industriali più ampie.

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP02 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività, in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

524000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Strumentazione per realizzare esperimenti inerenti quantum simulator con fluidi quantistici di luce.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

38780.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

7500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione ad eventi per divulgare i risultati ottenuti nell'ambito del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP02 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

116500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività, in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e

2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

464000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Strumentazione per la realizzazione e la misura di campioni waveguide polaritoniche di nuovi materiali emergenti

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

"I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate."

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

100000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Adeguamento e potenziamento dell'impianto elettrico e di condizionamento dei laboratori dove verranno sviluppate le attività del progetto.

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

41580.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

7500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione ad eventi per divulgare i risultati ottenuti nell'ambito del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP02 - Attività 4

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

49640.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività (prevista 1 posizione Ric. TD per 1 anno), in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

240000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Apparecchiature scientifiche e tecnologiche ad alta precisione, tra cui laser stabilizzati e componenti ottici di alta qualità, dispositivi optoelettronici (come modulatore acusto-ottico, modulatore di fase, ecc.) e vari componenti opto-meccanici per la realizzazione degli apparati ottici. Postazioni di lavoro dedicate, sistemi di calcolo e software specializzati per il controllo degli esperimenti e l'elaborazione dei dati, inclusa l'implementazione di protocolli di Machine Learning

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

13200.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi di pubblicazione dei risultati scientifici su riviste anche internazionali peer-reviewed open access e costi per visite nell'ambito del TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17724.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14786.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi di pubblicazioni; partecipazione ad eventi nazionali; costi per servizi di comunicazione per la pubblicazione di risultati e altre varie.

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP02 - Attività 5

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

30800.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività, in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

144000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Licenze per l'accesso a servizi di quantum computing reale in cloud

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

10780.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

4420.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Pubblicazioni e partecipazione ad eventi nazionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP02 - Attività 6

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

0.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

220000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Emulatore a 7-qubit per implementazioni di ottica quantistica su piccola e media scala di modelli Hopfield e spin-glass (fino a 256 spin) con interazioni a 2 o 4 corpi.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

25000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

50000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Potenziamento e ammodernamento dei sistemi HVAC e di circolazione; ristrutturazione in muratura di uffici e laboratori; isolamento e altre misure di risparmio energetico

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

20650.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

12210.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione ad eventi per divulgare i risultati ottenuti nell'ambito del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

49640.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale RTD e/o TD necessario alla gestione dell'infrastruttura

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

240000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Acquisizione nuova strumentazione hi-end ed espansione caratteristiche tecniche delle infrastrutture esistenti mediante acquisizione di nuovo materiale.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

13200.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi di pubblicazione OA dei risultati tecnici e scientifici

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17724.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14786.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a eventi per disseminazione e comunicazione dei risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

30800.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività, in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

144000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Attrezzature ancillari di completamento al link quantistico FI-PI

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

10780.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

4420.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Pubblicazioni e partecipazione ad eventi nazionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

49640.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività (prevista 1 posizione RTD per 1 anno)

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

240000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Sorgenti laser; Rivelatori; Sistemi di acquisizione; Strumentazioni Optomeccaniche

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

8200.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access; servizi per gestione dati sperimentali secondo principi FAIR

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

"I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate."

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17374.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14786.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Pubblicazioni scientifiche; Partecipazione a conferenze e workshops

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 4

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

36840.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

172000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Attrezzature per l'integrazione di nodi altamente programmabili nell'infrastruttura esistente costruita su progetti precedenti (principalmente switch programmabili P4, ma anche nodi programmabili per integrazione nuovo segmento quantum e sincronizzazione TSN).

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

12200.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi per servizi OA e per TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

-

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

-

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

12894.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

11066.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi per attività di comunicazione e disseminazione dei risultati raggiunti

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 5

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

174500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività, in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

864000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di attrezzature per implementare l'IR, in particolare: nodi software-defined-programmabili, collegamenti multi-antenna mmwave e RIS, cluster di nodi NVIDIA H100/H200 per addestrare modelli di AI, sistemi autonomi quali robot e droni

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

62580.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

18920.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

pubblicazioni e partecipazione ad eventi nazionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 6

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

155500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale da reclutare per lo svolgimento delle attività, in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

784000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizioni di attrezzature per estendere l'infrastruttura di sperimentazione al modo quantum, con l'acquisizione di tre server con GPU Nvidia H400 per l'accelerazione della simulazione di apparati quantum e l'adozione di tecnologie avanzate di Quantum Reinforcement Learning, e di un apparato URSPx410 di software Radio.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

15000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

55930.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

39570.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Pubblicazioni; partecipazione a conferenze per comunicazione e disseminazioni; materiali promozionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 7

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

36900.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per evolvere la piattaforma sperimentale, installare, configurare e mantenere la strumentazione

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

184500.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di tre server con GPU Nvidia H400 per l'accelerazione della simulazione di apparati quantum e di un apparato URSPx410 di software Radio.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

0.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

12915.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

10685.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione e pubblicazione risultati.

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 8

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

95900.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato alla realizzazione dell'infrastruttura, alla sua configurazione e gestione

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

461000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizione di dispositivi per la realizzazione della rete quantum geografica di collegamento con PA e CT

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costo di accesso a banche dati

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di

eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

30000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Impianti necessari alla realizzazione del nuovo nodo Quantum

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

35070.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

28030.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione e pubblicazione risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 9

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

86500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato alla realizzazione dell'infrastruttura, alla sua configurazione e gestione

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

454000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di dispositivi presso UniPA per la realizzazione della rete quantum geografica di collegamento con ME e CT

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

20000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

33180.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

6320.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Pubblicazioni e partecipazione ad eventi nazionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP03 - Attività 10

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

72500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato alla realizzazione dell'infrastruttura, alla sua configurazione e gestione

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024,

mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

379000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di dispositivi presso UniCT per la realizzazione della rete quantum geografica di collegamento con PA e ME

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

5000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni open access e visite tramite TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

26880.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

16620.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

pubblicazioni e partecipazione a eventi nazionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca (prevista 1 posizione Ric. TD) per lo svolgimento delle attività e in particolare per esperimenti di AI assistem SNOM su sistemi nanofotonici

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

276000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di un sistema di eccitazione laser ad alta stabilità necessario per mappature in campo vicino su diversi sistemi nanostrutturati

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

20020.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

7500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione ad eventi per la diffusione dei risultati ottenuti

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

36300.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale con competenze differenti in scienza dei materiali, fotonica, chimica e ingegneria dedicato allo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

199000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di un sistema di scrittura laser diretta con sorgente laser a impulsi, necessario per il raggiungimento degli obiettivi dell'attività e complementare alle attrezzature già disponibili presso il BN-CNR-NANOTEC-CS.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

14000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

- **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**
- **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**
- **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

- **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**
- **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**
- **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

14910.00

- **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

- **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

- **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14549.00

- **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione e diffusione

- **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 3

- **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

222064.00

- **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività e in particolare per il sensing classico/quantistico in fibra ottica assistito da IA

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

954000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di interrogatori fibre ottiche, sorgenti laser, sorgenti fotoni entangled, time tagger, rivelatori a singolo fotone, stazione saldante per fibre ottiche, sistema vuoto criogenico, sistemi di acquisizione

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

27820.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

150000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Allestimento di laboratori dedicati all'attività per il sensing classico/quantistico in fibra ottica assistito da IA

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

79227.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

70169.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione pubblicazione risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 4

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività (prevista 1 posizione Ric. TD)

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

214000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di Acquisizione di apparecchiature per l'analisi e la misurazione di dispositivi elettro-ottici ibridi. 2. Acquisizione di strumenti per il processing di nanomateriali.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

5000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

60000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Adeguamento e potenziamento dell'impianto elettrico e di condizionamento dei laboratori dove verranno sviluppate le attività del progetto.

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

19530.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

7500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a conferenze per la diffusione dei risultati del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 5

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

34135.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per supporto al funzionamento e al potenziamento dell'infrastruttura

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

165092.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di strumentazione per aggiornamento delle beam line attosecondi e XUV e degli apparati di generazione di armoniche di ordine elevato e di spettroscopia ultraveloce necessario per l'ottimizzazione basata su AI, quali ad esempio sistemi di acquisizione dati, camere e pompe da vuoto, diagnostica e rivelatori, controlli opto-meccanici

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

5586.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni ad accesso aperto nei settori della fotonica, attosecond science, spettroscopia, e AI

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

11947.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

10240.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Comunicazioni a congressi, organizzazione di workshop sulla AI per la scienza degli attosecondi e la spettroscopia

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 6

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

44500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per supporto al funzionamento dell'infrastruttura

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

204000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di macchinari ed attrezzature di comunicazione e IoT

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Accesso a banche dati

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

10000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Costi per aggiornamento impianti dati e condizionamento

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17080.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14420.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione pubblicazione risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 7

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

49624.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale di ricerca senior e junior dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per integrazione degli strumenti di AI per il controllo degli apparati sperimentali di spettroscopia ultraveloce e l'ottimizzazione e l'analisi dei dati sperimentali

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

236000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di strumentazione per aggiornamento degli apparati di spettroscopia ultrarapida presso l'unità CUSBO-RLI con rivelatori, modulatori di impulsi e controlli opto-meccanici necessari per l'ottimizzazione basata sulla AI

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

12121.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA con il modello Gold Open Access nei settori dell'ottica nonlineare e della spettroscopia ottica ultraveloce

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17368.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14887.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Comunicazioni a congressi nazionali e internazionali sulla applicazione della AI all'ottimizzazione della spettroscopia ottica ultraveloce

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP04 - Attività 8

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

222064.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività e in particolare per attività di spettroscopia avanzata assistita da IA con sorgenti laser non classiche

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

954000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di sorgenti laser ; rivelatori e telecamere nell'infrarosso ad alte prestazioni; rivelatori a singolo fotone; componenti opto-elettroniche; strumentazione elettronica avanzata (analizzatori di spettro, oscilloscopi); equipment per implementazione di schemi IA; pompe da ultra-alto vuoto

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

27820.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

150000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Allestimento di laboratori dedicati all'attività di spettroscopia avanzata assistita da IA con sorgenti laser non classiche

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

79227.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

70169.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Servizi di comunicazione e disseminazione dei risultati del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

154350.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per sviluppo dei servizi associati all'attività, organizzazione della formazione e manutenzione delle strumentazioni

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

763474.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di due nodi di calcolo ad alte prestazioni, da integrare con le attrezzature già disponibili nell'infrastruttura SoBigData

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA e accesso nell'ambito del TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

55543.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

49868.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Spese per attività di disseminazione, strategie di comunicazione e coinvolgimento delle comunità scientifiche e industriali; spese per l'organizzazione di workshop, seminari, corsi di formazione, partecipazione a conferenze; materiali promozionali

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

20451.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

22000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di hardware per addestramento modelli

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

80255.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi per lo sviluppo di librerie e infrastrutture che consentiranno l'utilizzo dei risultati e per le pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit

cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

7157.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

6137.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a conferenze e ad altre attività per la diffusione dei risultati del progetto.

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

27800.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale con competenze su accelerazione laser-plasma, fisica medica e/o ML dedicato allo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

134445.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di Optomeccanica controllabile da remoto, diagnostiche di fascio di elettroni, consumabili per dosimetria e radiobiologia.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

10111.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

3000.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi vari di comunicazione

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 4

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

120800.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività (previsto 1 unità Ric TD per 24 mesi) in affiancamento al personale strutturato della UO

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024,

mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

634000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione e manutenzione di delle apparecchiature essenziali per la risucita dell'attività. In particolare: potenziamento della struttura di preparazione dei campioni a supporto della piattaforma di ultratomografia, mediante l'acquisto di un ultramicrotomo (170k€ ca e di un sistema di ion milling (130k€ ca); manutenzione ordinaria del tomografo Zeiss Ultra 810 che richiede interventi di manutenzione trimestrali (330k€ ca)

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

5000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi per ottimizzare l'accesso open access alla facility di nanotomografia

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

44730.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

39790.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi per servizi di disseminazione e comunicazione; partecipazione con stand a conferenze, meeting, fiere e workshop

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 5

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

318500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale senior dedicato allo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

1559000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di piccole attrezzature per potenziare le capacità di fabbricazione e caratterizzazione, un sistema di evaporazione fisica ad alto vuoto per rafforzare la linea di fabbricazione con approcci

compatibili con l'industria, e uno spettrometro IR con funzionalità di imaging microIR e ATR per la linea di caratterizzazione. Acquisizione di una stazione di misura ad alte prestazioni. Materiali di consumo per la nanofabbricazione, manutenzione delle strumentazioni e supporto tecnico

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

15000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access; costi per accesso alle infrastrutture di ricerca da parte di ricercatori stranieri; costi per adozione dei principi FAIR

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

40000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Costi per implementazione sistemi tecnologici avanzati, indispensabili per garantire il corretto funzionamento, la sicurezza e l'efficienza delle strumentazioni scientifiche di alto livello previste dal progetto.

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

112980.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

42800.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione e organizzazione di convegni e incontri finalizzati alla disseminazione e valorizzazione dei risultati del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 6

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

150620.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale senior dedicato allo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

724000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di attrezzature per il potenziamento dei sistemi di imaging (confocale, FLIM, SRS, Raman su scala nanometrica) tramite l'acquisto di rivelatori ad alte prestazioni (EMCCD ad alta risoluzione temporale), materiali di consumo per la nanofabbricazione e manutenzione della strumentazione Raman. L'investimento include anche componenti ottici avanzati e hardware computazionale. Per rafforzare la caratterizzazione dei materiali nell'infrastruttura, è previsto inoltre l'acquisto di uno spettrometro NMR da banco, uno strumento compatto e versatile che consente analisi rapide e non distruttive

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

15000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access; costi per accesso alle infrastrutture di ricerca da parte di ricercatori stranieri; costi per adozione dei principi FAIR

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

35600.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Costi per implementazione di sistemi tecnologici avanzati, fondamentali per il corretto funzionamento, la sicurezza e l'efficienza delle strumentazioni scientifiche previste

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

54222.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

23838.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione e organizzazione di convegni e incontri finalizzati alla disseminazione e valorizzazione dei risultati del progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 7

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

49624.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare alla realizzazione del sistema

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

240000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di sorgenti laser, rivelatori ed elettronica per alto throughput, corredata da spese di componentistica optomeccanica

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

8121.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17368.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14887.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi di disseminazione; partecipazione a conferenze

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 8

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

179100.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività (prevista 1 posizione Ric. TD per 36 mesi)

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

933290.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per potenziamento del laboratorio per la realizzazione e il testing di semiconduttori

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

9000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

50000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Costi per l'installazione di nuove attrezzature (impianto elettrico, gas, aria compressa, e altri)

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

69460.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

57280.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi per attività di comunicazione; partecipazione e organizzazione a seminari, scuole, meetings e attività di public engagement

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 9

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

16992.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato al funzionamento e al potenziamento dell'infrastruttura

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e

2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

82182.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di schede di acquisizione dati a 16 bit, sorgente laser dual-comb a 1 GHz di frequenza di ripetizione, cristalli nonlineari per conversione di frequenza, componenti ottici e fotorivelatori veloci nel medio IR

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

2781.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni ad accesso aperto nei settori della fotonica, spettroscopia, medicina, e AI.

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

5947.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

5098.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Comunicazioni a congresso, organizzazione di workshop

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 10

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività (previsto 1 unità Ric TD)

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

214000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di strumentazione per la realizzazione e caratterizzazione di dispositivi ibridi elettro-ottici miniaturizzati; strumentazione progettata per il processing di materiali bidimensionali (2D), come grafene, TMDs (MoS₂, WS₂, ecc.), hBN

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni OA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

60000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Adeguamento e potenziamento dell'impianto elettrico e di condizionamento dei laboratori

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

19880.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

12500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a conferenze per comunicazione e diffusione risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP05 - Attività 11

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

1004000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di strumentazione per l'integrazione di tecnologie di microscopia ottica, elettronica e tomografica con moduli di preparazione campioni e sistemi di analisi dati basati su AI

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

13000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

- **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**
- **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

- **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

- **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**
- **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

- **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

71190.00

- **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

- **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

- **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

0.00

- **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**
- **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

WP06 - Attività 1

- **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

44500.00

- **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare alla gestione dell'infrastruttura e alla realizzazione degli esperimenti

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

204000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo di acquisizione di server per attività di ricerca e sviluppo

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Accesso banche dati

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

10000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Integrazione impianti elettrico e di condizionamento dei laboratori

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

17080.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

14420.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi per servizi di comunicazione e pubblicazione risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP06 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca (previste posizioni Ric. TD per 24 mesi) per attività sperimentale sullo sviluppo di materiali e dispositivi intelligenti

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024,

mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

514000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per l'acquisizione di strumentazione destinata alla caratterizzazione dei materiali e alla fabbricazione dei dispositivi

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione simile.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

0.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

35980.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

2010.50

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi di comunicazione

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP06 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

21800.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale con competenze su ottica dei laser ultracorti/ultracorti e/o ML dedicato allo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

104600.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione di ottiche laser, optomeccanica con controllo remoto, diagnostiche laser

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

8022.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

3000.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Spese di comunicazione varie

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP07 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

22600.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale a tempo determinato per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

35000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costo per acquisizione 1 workstation e servizi per la produzione di dati e scenari utili al fine tuning dei modelli di generazione rinnovabile territoriale

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

78000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni scientifiche in Gold open Access e TNA al Nodo di Lucca

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

7910.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

6490.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a conferenze internazionali; organizzazione di workshop; servizi di comunicazione mirata per il largo pubblico

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP07 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

30076.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale a tempo determinato per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

130380.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per l'acquisizione di attrezzature scientifiche per il monitoraggio dell'ambiente, storage e analisi dei dati rilevati

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

20000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Spese per pubblicazioni e TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

10527.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

9017.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a conferenze. Disseminazione dei risultati dell'attività di ricerca.

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP07 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

318700.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale a tempo determinato per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

1504000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizione di sensore Radar ad apertura sintetica operante da piattaforma agile. Costi per potenziamento sistema di calcolo mediante acquisizione di nodi computazionali con GPU; potenziamento del laboratorio di diagnostica elettromagnetica mediante l'acquisizione di strumentazione scientifica (analizzatori di rete, antenne, sistemi di posizionamento automatico, strumenti software) e risorse di calcolo. Acquisto di sorgenti laser, analizzatore ottico di spettro, telecamere ad elevata sensibilità, filtri ottici, componenti ottici, sistemi di acquisizione dati, sistema di fabbricazione via laser

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

51000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access e TNA

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

60000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Intervento di riqualificazione degli impianti termici ed elettrici a servizio della sala di calcolo

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

113050.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

56530.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Partecipazione a conferenze; spese per disseminazione dei risultati dell'attività di ricerca

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP07 - Attività 4

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

101500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca (previste posizioni Ric. TD per 24 mesi) per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

499000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizione di attrezzature scientifiche per la fabbricazione e caratterizzazione di materiali ibridi e dispositivi e per la realizzazione di celle solari;

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

0.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

45300.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Adeguamento di impianti (elettrico, gas, etc.) dei laboratori già esistenti

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

38101.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

2500.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi di comunicazione

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP07 - Attività 5

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

191300.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca (prevista 1 posizione Ric. TD per 36 mesi) per lo svolgimento delle attività

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

919000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizione attrezzature per potenziamento del laboratorio PV per la realizzazione e il testing di semiconduttori

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

9000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Pubblicazioni Open Access

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

50000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Costi per l'installazione di nuove attrezzature (impianto elettrico, gas, aria compressa, etc.)

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

68460.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

60940.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi per attività di comunicazione, organizzazione e partecipazione a seminari, scuole, meetings; attività di public engagement

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP07 - Attività 6

➤ 11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura

23200.00

➤ 11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura

Personale dedicato allo svolgimento delle attività

➤ 11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ 11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature

106000.00

➤ 11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature

Costi per acquisizione strumentazione per Asse A e Asse B. Asse A: sorgenti, camera veloce, montaggi per ottiche, GPU/real time controller, substrati e attuatori per specchi deformabili. Asse B: consumabili per attrezzature (AFM e diffrattometro X). Modulo di caratterizzazione ottica a temperatura controllata, modulo con sfera integratrice

➤ 11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ 11D1.21c1 Costi esposti per Open Access

10000.00

➤ 11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access

Pubblicazioni Open Access

➤ 11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access

Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ 11D1.21d1 Costi di Impianti

0.00

➤ 11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti

➤ 11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

8120.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

2680.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Costi per l'organizzazione di due workshop

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP08 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

203117.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Reclutamento personale di ricerca per lo svolgimento delle attività (previste 2 unità di personale TD: 1 profilo Ricercatore esperto in intelligenza artificiale e NLP; 1 Tecnologo di ricerca esperto in applicazioni web per un periodo di circa 24 mesi)

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e

2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

947083.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi di acquisizione per una serie di attrezzature per svolgere l'attività, che richiedono un cluster con quattro nodi server (compresi i relativi sistemi di archiviazione, rete e backup necessari) per lo sviluppo e l'utilizzo di modelli LLM di grandi dimensioni per l'IA, per offrire i servizi di catalogo intelligente (matchmaking, ricerca intelligente, ecc.) e le demo delle tecnologie e dei servizi resi disponibili, nonché per ospitare il catalogo interattivo stesso. Le principali voci di spesa includono: Cluster con 4 nodi server dotati ciascuno di 4 GPU (circa 200k € per nodo, per un totale di 800k €), comprensivi di sistemi di archiviazione, rete e backup; Workstation e laptop per sviluppo e test (30k€); Sistemi di archiviazione e rete dedicati al cluster (50k€); Servizi di installazione e configurazione (50k €); Software, licenze, set di dati e abbonamenti specifici per IA e sviluppo web (10k€). L'hardware acquistato include anche copertura per manutenzione, aggiornamenti e supporto tecnico per l'intera durata del progetto. La spesa è giustificata dalla complessità tecnica, dalla durata pluriennale dell'iniziativa e dal notevole carico computazionale previsto.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

40000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi destinati alle attività di accesso aperto e TNA (TransNational Access) e ai dati FAIR, per consentire ai ricercatori di visitare altri nodi infrastrutturali all'estero, oltre alla pubblicazione aperta dei set di dati.

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

50000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Ammodernamento delle strutture del sito (impianto elettrico, climatizzazione, ecc.) per l'installazione del cluster che ospiterà il catalogo e i relativi servizi.

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

72597.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

64485.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Attività di comunicazione dei POC e dei risultati raggiunti

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP08 - Attività 2

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

14000.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato allo svolgimento delle attività e in particolare per supportare l'organizzazione, la progettazione e l'erogazione delle attività di formazione

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e

2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

70000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizione di attrezzature, comprese infrastrutture e software, necessarie per erogare le attività didattiche. In particolare, acquisto di server dotato di GPU, utile per lezioni basate su attività di laboratorio e pratiche che richiedono esperimenti basati sui dati

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

0.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

4900.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

4200.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Attività di comunicazione e diffusione, inclusi materiali per la comunicazione delle attività di training e attività di coinvolgimento degli stakeholder

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP08 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

64500.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Personale dedicato alla realizzazione dei proof of concepts ed al porting sull'infrastruttura

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

304000.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Costi per acquisizione Server per ambienti di supporto alla realizzazione dei proof of concepts

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

30000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi per accesso banche dati

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. Il costo per le pubblicazioni OA è stato stimato sulla base delle esperienze pregresse maturate.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

10000.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

Lavori di adeguamento impianti elettrico e di condizionamento

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

24080.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

17420.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Spese di comunicazione e pubblicazione risultati

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

WP09 - Attività 1

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

178527.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

Costi di personale per il management

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

I costi di personale (voce A) dedicato all'infrastruttura saranno calcolati, di norma, nella misura forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), come stabilito dall'art. 55 del Regolamento (UE) 2021/1060. Tuttavia, in presenza di appalti pubblici sopra soglia UE (ai sensi delle Direttive 2014/24/UE e 2014/25/UE), non sarà possibile applicare tale modalità forfettaria. In tal caso, i costi saranno rendicontati secondo le Tabelle Standard dei Costi Unitari (TSCU), definite dal DM MIMIT-MUR del 4 gennaio 2024, mantenendo il tetto massimo del 20% e adottando criteri standardizzati in base ai profili professionali coinvolti.

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

17050.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

Hardware e software per il management.

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali per acquisto di strumentazione similare.

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

20000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Open access e dati fair per il management

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività

della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di “unit cost”. Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. L'importo per la voce di spesa Open Access, da destinare alle collaborazioni con le imprese, è di circa il 15% del budget totale del progetto.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

2593.50

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno imputati secondo le indicazioni che saranno fornite attraverso le Linee Guida alla Rendicontazione

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

11830.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

Spese di comunicazione per il management e per gli organi di progetto

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

0.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

0.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

0.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

0.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

0.00

➤ **11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione**

➤ **11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione**

WP09 - Attività 3

➤ **11D1.21a1 Costi di Personale Infrastruttura**

0.00

➤ **11D1.21a2 Motivazione Costi di Personale Infrastruttura**

➤ **11D1.21a3 Giustificazione Costi di Personale Infrastruttura**

➤ **11D1.21b1 Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

0.00

➤ **11D1.21b2 Motivazione Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

➤ **11D1.21b3 Giustificazione dei Costi di Macchinari, Strumentazione e Attrezzature**

➤ **11D1.21c1 Costi esposti per Open Access**

10000.00

➤ **11D1.21c2 Motivazione Costi esposti per Open Access**

Costi di open access e data management per Comunicazione e outreach

➤ **11D1.21c3 Giustificazione dei Costi esposti per Open Access**

I costi di accesso aperto ai dati, strumenti e risorse (voce C), secondo i principi FAIR saranno erogati coerentemente alle modalità stabilite per il Trans National Access - TNA, finalizzati alla piena operatività della IR, e in linea con le attività progettuali previste. La rendicontazione è prevista nella forma di "unit cost". Pertanto, i costi di accesso saranno esposti nel rispetto delle regole generali di ammissibilità e coerenza con gli obiettivi progettuali, secondo quanto dettagliato nel Disciplinare di concessione, e di eventuali e ulteriori documenti adottati dall'Amministrazione in tema di rendicontazione delle spese. L'importo per la voce di spesa Open Access, da destinare alle collaborazioni con le imprese, è di circa il 15% del budget totale del progetto.

➤ **11D1.21d1 Costi di Impianti**

0.00

➤ **11D1.21d2 Motivazione Costi di Impianti**

➤ **11D1.21d3 Giustificazione dei Costi di Impianti**

➤ **11D1.21e1 Costi di Progettazione**

0.00

➤ **11D1.21e2 Motivazione Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21e3 Giustificazione dei Costi di Progettazione**

➤ **11D1.21f1 Costi di Spese Generali**

700.00

➤ **11D1.21f2 Motivazione Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno imputati secondo le indicazioni che saranno fornite attraverso le Linee Guida alla Rendicontazione

➤ **11D1.21f3 Giustificazione dei Costi di Spese Generali**

I costi generali saranno computati nella misura forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili (voci B, C, D), in accordo con l'art. 54 del Reg. (UE) 2021/1060

➤ **11D1.21g1 Costi di Spese di Comunicazione**

25980.00

➤ 11D1.21g2 Motivazione Costi di Spese di Comunicazione

Costi necessari per la realizzazione del piano della comunicazione. Set-up sistemi di comunicazione interna ed esterna, organizzazione meeting e conferenza di progetto, organizzazione eventi e altri costi di outreach.

➤ 11D1.21g3 Giustificazione dei Costi di Spese di Comunicazione

I costi sono stati stimati attraverso il ricorso ad indagini conoscitive di mercato e in funzione delle esperienze pregresse maturate nei progetti Infrastrutturali

Inserire i costi associati a ciascuna attività per ciascuna categoria di spesa comprensivi di una descrizione che motivi la loro quantificazione in coerenza con quanto disposto all'art.7 dell'Avviso.

Si ricordano i criteri principali:

A) costi di personale dedicato all'infrastruttura nella misura massima forfettaria del 20% dei costi diretti ammissibili a finanziamento in base a quanto stabilito dall'art. 55, comma 1, del Regolamento (UE) 2021/1060. L'importo destinato ai costi di personale è da intendersi riferito all'intera durata del progetto, così come stabilito al precedente art.5 comma 6. Tali costi dovranno riguardare prioritariamente le spese di personale afferenti alle collaborazioni e i contratti di lavoro (quali ad esempio: ricercatori e collaboratori che hanno un contratto di lavoro a tempo determinato, titolari di borse di ricerca, assegni di ricerca o altre forme di impiego a termine) già avviati mediante gli investimenti realizzati con il PNRR. Tale quota forfettaria è calcolata sul totale dei costi diretti ammissibili di cui alle successive voci B; C; D

B) Strumentazione scientifica e impianti tecnologici strettamente correlati o indispensabili per il corretto funzionamento della IR, rispondenti alle linee guida DNSH, licenze software e brevetti, nonché agli interventi relativi alla sicurezza e/o all'interoperabilità dei dati.

C) Open access virtuale o meno, Trans National Access, implementazione di metodologie per la gestione dei dati della IR secondo i principi FAIR.

D) Impianti inclusa edilizia ed opere edili rispondenti alle linee guida DNSH, Costi DNSH /Climate Proofing (n.b. nella voce di spesa D rientrano i costi relativi alle spese tecniche necessarie per garantire la conformità del progetto ai principi di 'Do No Significant Harm' -DNSH- e di 'Climate Proofing' durante le fasi di progettazione, realizzazione o ammodernamento della IR). Costi per la progettazione, la direzione dei lavori e della sicurezza di cantiere, laddove coerente con l'intervento proposto (n.b. Tali costi sono calcolati nella misura massima del 10%. Tale percentuale viene applicata all'importo complessivo dei costi di cui alla lettera D.)

E) Costi generali nella misura massima forfettaria del 7% dei costi diretti ammissibili a finanziamento in base a quanto stabilito dall'art. 54, comma 1, lettera a del Regolamento (UE) 2021/1060 (tale quota forfettaria è calcolata sul totale dei costi diretti ammissibili di cui alle precedenti voci B; C; D).

F) Spese per attività di comunicazione e disseminazione delle attività della IR per la realizzazione di eventi quali ad esempio: organizzazione eventi e workshop; produzione materiali divulgativi; attività di public engagement (tale voce di spesa è ammissibile nella misura massima del 5% calcolato sul totale dei costi ammissibili di cui alle precedenti voci A; B; C; D)

4000 car.

PIANO DEI COSTI COMPLESSIVI RIPARTITO PER TIPOLOGIE DI SPESA

Costi Complessivi	VALORE
A2 - Personale Infrastruttura	€ 5.017.326,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 23.066.402,00
C1 – Open Access	€ 1.059.330,00

D1 – Impianti	€ 960.900,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 1.756.061,50
F1 – Comunicazione	€ 1.139.980,50

PIANO DEI COSTI PER CIASCUNA WP RIPARTITO PER TIPOLOGIE DI SPESA

WP: WP01

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 445.121,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 2.131.306,00
C1 – Open Access	€ 137.522,00
D1 – Impianti	€ 0,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 158.818,00
F1 – Comunicazione	€ 143.637,00

WP: WP02

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 415.241,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 2.146.000,00
C1 – Open Access	€ 159.704,00
D1 – Impianti	€ 150.000,00

D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 171.899,00
F1 – Comunicazione	€ 85.006,00

WP: WP03

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 788.720,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 3.922.500,00
C1 – Open Access	€ 123.600,00
D1 – Impianti	€ 30.000,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 285.327,00
F1 – Comunicazione	€ 165.203,00

WP: WP04

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 811.687,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 3.202.092,00
C1 – Open Access	€ 132.347,00
D1 – Impianti	€ 370.000,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 259.309,00

F1 – Comunicazione	€ 209.434,00
--------------------	--------------

WP: WP05

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 1.241.237,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 6.310.391,00
C1 – Open Access	€ 198.157,00
D1 – Impianti	€ 185.600,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 468.588,00
F1 – Comunicazione	€ 255.198,00

WP: WP06

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 167.800,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 822.600,00
C1 – Open Access	€ 40.000,00
D1 – Impianti	€ 10.000,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 61.082,00
F1 – Comunicazione	€ 19.430,50

WP: WP07

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 687.376,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 3.193.380,00
C1 – Open Access	€ 168.000,00
D1 – Impianti	€ 155.300,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 246.168,00
F1 – Comunicazione	€ 138.157,00

WP: WP08

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
A2 - Personale Infrastruttura	€ 281.617,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 1.321.083,00
C1 – Open Access	€ 70.000,00
D1 – Impianti	€ 60.000,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 101.577,00
F1 – Comunicazione	€ 86.105,00

WP: WP09

WP / Tipologia di Spesa	<u>IMPORTO</u>
-------------------------	----------------

A2 - Personale Infrastruttura	€ 178.527,00
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	€ 17.050,00
C1 – Open Access	€ 30.000,00
D1 – Impianti	€ 0,00
D2 – Progettazione	€ 0,00
E1 - Spese Generali	€ 3293,50
F1 – Comunicazione	€ 37.810,00

PIANO DEI COSTI PER CIASCUN PARTECIPANTE RIPARTITO PER TIPOLOGIE DI SPESA

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	36.840,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	172.000,00 €
C1 – Open Access	12.200,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	12.894,00 €
F1 – Comunicazione	11.066,00 €

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	3.972.661,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	18.131.690,00 €

C1 – Open Access	638.713,00 €
D1 – Impianti	900.900,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	1.376.989,50 €
F1 – Comunicazione	893.046,50 €

Politecnico di Milano

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	99.248,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	476.000,00 €
C1 – Open Access	20.242,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	34.736,00 €
F1 – Comunicazione	29.774,00 €

Scuola IMT Alti Studi Lucca

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	22.600,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	35.000,00 €
C1 – Open Access	78.000,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €

E1 - Spese Generali	7910,00 €
F1 – Comunicazione	6490,00 €

SCUOLA NORMALE SUPERIORE

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	22.556,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	92.782,00 €
C1 – Open Access	20.000,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	7895,00 €
F1 – Comunicazione	6767,00 €

Università degli Studi dell'Aquila

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	30.076,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	130.380,00 €
C1 – Open Access	20.000,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	10.527,00 €
F1 – Comunicazione	9017,00 €

Università degli Studi di Catania

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	228.000,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	1.163.000,00 €
C1 – Open Access	20.000,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	82.810,00 €
F1 – Comunicazione	56.190,00 €

Università degli Studi di Palermo

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	261.000,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	1.318.000,00 €
C1 – Open Access	50.000,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	95.760,00 €
F1 – Comunicazione	25.240,00 €

Università di Pisa

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	37.594,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	168.050,00 €

C1 – Open Access	19.920,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	13.158,00 €
F1 – Comunicazione	11.278,00 €

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	36.900,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	184.500,00 €
C1 – Open Access	0,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	12.915,00 €
F1 – Comunicazione	10.685,00 €

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	249.400,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	1.173.000,00 €
C1 – Open Access	100.000,00 €
D1 – Impianti	60.000,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €

E1 - Spese Generali	93.310,00 €
F1 – Comunicazione	74.290,00 €

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"

Partecipante/ Tipologia di Spesa	Importo
A2 - Personale Infrastruttura	20.451,00 €
B1 - Macchinari, Strumentazione e Attrezzature	22.000,00 €
C1 – Open Access	80.255,00 €
D1 – Impianti	0,00 €
D2 – Progettazione	0,00 €
E1 - Spese Generali	7157,00 €
F1 – Comunicazione	6137,00 €

E - ELEMENTI VALUTATIVI

Criterio A – Caratteristiche del soggetto proponente

➤ 11EA1: Qualità tecnica e completezza del progetto

Descrivere la qualità tecnica e completezza del progetto proposto in termini di: o definizione degli obiettivi e grado di coerenza con le priorità individuate dalla SNSI o qualità della metodologia e delle procedure di attuazione o grado di eccellenza, transdisciplinarietà ed unicità del progetto proposto o capacità di generare ricadute sul sistema imprenditoriale (8000 car)

Il Rapporto sulla Valutazione Ambientale Strategica del PNR 2021-2027 evidenzia la moderata propensione italiana all'innovazione e la dissociazione tra ricerca ed innovazione. Il Paese, e il Sud in particolare, è in ritardo rispetto alla digitalizzazione, soprattutto in materia di nuove tecnologie quali big data e IA; la specializzazione produttiva nei settori ad alta intensità tecnologica delle PMI del Sud è molto al di sotto dei livelli nazionali, mentre il futuro della competitività si gioca sulla transizione industriale, digitale e green. I maggiori ostacoli alla transizione sono la difficoltà di costruire un dialogo ed un raccordo efficace tra mondo dell'impresa e quello della ricerca, soprattutto a causa della discordanza di linguaggio e di tempistiche tra imprese e ricerca; la difficoltà di trasferimento dei risultati; la carenza di start up innovative e di formazione per chi dirige e coordina le piccole e medie imprese. In questo contesto nazionale e regionale, AI-PHOQUS creerà un nuovo ecosistema scientifico, interdisciplinare ed integrato, fondato su 4 aree scientifico-tecnologiche tra le più strategiche per il loro potenziale trasformativo, che saranno integrate per la prima volta ed in modo sinergico: (i) le scienze e tecnologie quantistiche; (ii) l'AI e data science; (iii) la fotonica avanzata; (iv) le reti Internet e di comunicazione sicura di nuova generazione. Questo approccio congiunto svilupperà servizi di frontiera avanzati e innovativi, su scala internazionale. Tali servizi saranno resi disponibili alla comunità scientifica italiana e al mondo produttivo, con un focus specifico sul Meridione e su azioni di accompagnamento, formazione e supporto per l'adozione dell'innovazione. Il raggiungimento di questo obiettivo passa sia dal potenziamento del LENS che dalla presenza delle uniche due IR italiane

nella Roadmap ESFRI DIGIT nei settori della scienza dei dati e dell'AI, e delle reti Internet. Esso si concretizzerà nella creazione di tre nuovi nodi LENS nelle Regioni meridionali: Napoli, Lecce e Messina. Essi saranno focalizzati rispettivamente nelle aree del quantum sensing & communication, delle tecnologie quantistiche in semiconduttori, e delle applicazioni delle tecnologie fotoniche e dei sensori basati sul silicio nel settore salute. I servizi sviluppati riguardano anche simulazione e calcolo quantistico, reti ibride classiche/quantistiche, e metodi avanzati alla frontiera tra AI e quantum science; saranno localizzati anche sulle altre sedi partecipanti, in stretto collegamento con i nuovi nodi LENS in una rete integrata di potenziamento. La realizzazione di questo ecosistema si articola in piattaforme e servizi all'avanguardia per la simulazione, comunicazione e sensing quantistici e l'ottimizzazione delle reti Internet del futuro. Il progetto copre un'ampia varietà di sistemi fisici – atomi ultrafreddi, fotonica quantistica, design di laser e sensori avanzati.... Realizzerà reti ibride quantistiche/classiche su scala nazionale, ponendo l'Italia tra i leader europei nelle reti con protocolli QKD. Un'attenzione specifica è rivolta all'integrazione tra quantum technologies e AI, con lo sviluppo di algoritmi innovativi per l'ottimizzazione e l'automazione, inclusi approcci di Quantum Machine Learning. AI-PHOQUS prevede anche attività applicative in ambito salute, smart Industry, energia e ambiente, con servizi contestualizzati in scenari d'uso concreti. AI-PHOQUS è articolato in 9 WP con obiettivi specifici ma interconnessi, che permettono di raggiungere l'obiettivo generale del progetto (v. sezione "ARTICOLAZIONE DI DETTAGLIO DEL PROGETTO" per la loro descrizione dettagliata). • WP1 per il potenziamento delle infrastrutture di computing e nuovi nodi; • WP2-4 per lo sviluppo "orizzontale" di servizi di Quantum Simulation, Quantum Communication e Classical/Quantum Sensing; • WP5-7 per la loro applicazione "verticale" nei settori strategici; • WP8, trasversale, per il trasferimento tecnologico verso il sistema industriale. • WP9, trasversale, di management. Gli obiettivi di AI-PHOQUS sono pienamente coerenti con gli ambiti di specializzazione prioritari individuati dalla SNSI 2021-2027: • Industria intelligente e sostenibile, Energia e Ambiente: servizi e tecnologie abilitanti per la digitalizzazione dei processi produttivi, protocolli di AI e machine learning accoppiati a reti Internet ad alte prestazioni per la transizione energetica e la sostenibilità; • Salute, alimentazione, qualità della vita: dispositivi diagnostici intelligenti per una medicina e diagnosi personalizzate basate su analisi di grandi moli di dati; • Agenda Digitale, Smart Communities, Sistemi di mobilità intelligente: nuovi approcci all'acquisizione, elaborazione e trasmissione di dati in modo sicuro, che vedano l'integrazione di AI, data science, reti di nuova generazione e tecnologie quantistiche; • Aerospazio e Difesa: tecnologie quantistiche e intelligenza artificiale per il sensing avanzato e la sicurezza e la resilienza delle reti di comunicazione; L'iniziativa si pone in chiara sinergia con le aree tematiche ESFRI DIGIT; Physical Sciences & Engineering; Environment; Energy; Health and Food). Risponde a diverse missioni del PNR 2021-2027 (Missione 1 – Digitale, Industria, Spazio e Difesa; Missione 2 – Transizione digitale e sostenibile; Missione 6 – Salute; Missione 4 – Istruzione e Ricerca). È anche in linea con le priorità del PNIR 2021-2027: • Rientra nelle infrastrutture ad alto impatto strategico per la digitalizzazione della ricerca e il potenziamento dell'infrastruttura tecnologica nazionale; • Risponde agli obiettivi di rafforzamento della capacità di calcolo, elaborazione, trasmissione e analisi dati; • Supporta l'internazionalizzazione delle IR italiane; • Contribuisce alla riduzione dei divari territoriali, promuovendo lo sviluppo di infrastrutture di ricerca di eccellenza anche nelle Regioni meridionali. AI-PHOQUS unisce infrastrutture e gruppi di ricerca che sono eccellenze nel contesto nazionale ed internazionale: (i) LENS, eccellenza internazionale nei settori della fotonica e delle scienze e tecnologie quantistiche, (ii) I-PHOQS, finanziata tramite il PNRR, che integra LENS e tre ulteriori IR nei campi della fotonica e delle scienze quantistiche (CUSBO, BeyondNano, ELI); (iii) SoBigData, sostenuta dal PNRR, unica IR ESFRI DIGIT per la Data Analytics e l'AI; (iv) SLICES, IR ESFRI DIGIT per le reti Internet e le architetture ibride classico/quantistiche. Gli enti partecipanti, il CNR e 11 atenei, sono delle autorità di rilievo internazionale nelle attività a loro assegnate. AI-PHOQUS è una proposta unica nel contesto italiano, caratterizzata dall'essere una rete distribuita e fortemente interdisciplinare da cui è atteso un forte impatto sulle aziende, l'economia e la società. Nell'ambito ICT e telecomunicazioni, l'integrazione tra AI, fotonica, reti e tecnologie quantistiche consentirà naturalmente lo sviluppo di reti di nuova generazione, sicure e adattive, capaci di supportare comunicazioni quantistiche, edge computing e ottimizzazione dinamica delle risorse. Fornirà ad imprese innovative in AI un riferimento per soluzioni basate su nuovi paradigmi di AI e tecnologie quantistiche (quantum ML, dispositivi neuromorfici per AI). Nel manifatturiero, AI-PHOQUS offrirà strumenti avanzati per il controllo predittivo dei processi, la simulazione di materiali complessi e l'ottimizzazione dell'efficienza produttiva. In ambito biomedico, le sinergie tra AI e fotonica apriranno la strada a dispositivi diagnostici intelligenti per una medicina personalizzata ed un'analisi dei dati efficiente e razionale. I settori energia e ambiente beneficeranno di questa convergenza tecnologica, grazie a reti intelligenti ottimizzate da AI, sensori fotonici distribuiti e simulazioni per nuovi materiali sostenibili e per rivelatori sempre più performanti. AI-PHOQUS avrà un impatto sostanziale negli ambiti difesa, aerospazio e sicurezza, in cui i sistemi quantistici per comunicazioni sicure e la sensoristica avanzata rappresentano strumenti cruciali per garantire capacità strategiche, autonomia operativa e protezione. AI-PHOQUS offrirà nuove possibilità per il monitoraggio del territorio, la navigazione autonoma

e la sorveglianza ad alta precisione, con applicazioni che vanno dalla sicurezza nazionale alla gestione delle emergenze. A livello trasversale, AI-PHOQUS agirà da catalizzatore per la crescita di nuove filiere industriali ad alto valore tecnologico. Promuoverà la nascita di startup e spin-off deep tech, in grado di trasferire la ricerca d'avanguardia in soluzioni concrete, il rafforzamento delle PMI innovative e la formazione di nuove figure professionali altamente qualificate, ponendo l'Italia in una posizione di prima fila nel contesto Europeo ed internazionale. Grazie allo sviluppo di nuove tecnologie per quantum sensing e alle reti ibride post-5G/QKD in Sicilia, AI-PHOQUS contribuisce alla strategia EUSAIR nel monitoraggio ambientale e nella connessione con tecnologie quantistiche dei Paesi mediterranei. Questo ecosistema integrato di ricerca fondamentale, innovazione e trasferimento tecnologico contribuirà quindi in modo significativo a rafforzare la sovranità tecnologica e la competitività industriale del Paese.

➤ 11EA2: Fattibilità tecnica (8000 car.)

La fattibilità tecnica del progetto è garantita dalla presenza di Unità Operative altamente specializzate, selezionate per la complementarità e profondità delle rispettive competenze. Ogni Work Package beneficia infatti di un insieme coordinato di expertise che assicurano lo sviluppo coerente e avanzato delle attività, a partire dalle fondamenta infrastrutturali fino alle applicazioni nei settori strategici dell'industria, dell'energia, dell'ambiente e della salute. L'esperienza maturata nelle IR costituenti AI-PHOQUS garantisce di basare le attività su solidi risultati scientifici, tecnologici e di trasferimento alle imprese, nonché visibilità ed eccellenza scientifica a livello internazionale. Le collaborazioni già preesistenti fra i partner garantiscono rapporti ed equilibri consolidati che favoriscono la piena operatività e produttività congiunte, la comunanza certa d'intenti e una facile integrazione delle attività. Nel WP1, dedicato all'infrastruttura di computing, le UO coinvolte combinano competenze in AI scalabile, gestione di big data, infrastrutture cloud e standardizzazione semantica. Le UO coinvolte mettono a disposizione competenze in Machine Learning e Data Mining, oltre a una consolidata esperienza nell'organizzazione e nella gestione interoperabile dei dati. La presenza di esperti in Explainable AI e Trustworthy ML garantisce la progettazione di soluzioni affidabili e trasparenti, fondamentali per l'usabilità e la replicabilità scientifica. Nel WP2, la fattibilità delle attività legate ai servizi di simulazione e al calcolo quantistico è assicurata dalla sinergia tra centri con esperienza in fotonica avanzata, spettroscopia, materiali quantistici e machine learning fisico-aware. Le UO contribuiscono con competenze in fisica sperimentale e simulazioni quantistiche, con capacità computazionali e algoritmi AI adattati alla modellazione quantistica, rendendo possibile l'implementazione di piattaforme ad alte prestazioni per simulazioni innovative. Nel WP3, la complessità tecnica legata alle reti quantistiche e post-5G è affrontata da UO che operano ai vertici della ricerca su device quantistici per comunicazione e sensing, reti wireless, comunicazioni ottiche, IoT, Edge computing e AI distribuita. Ogni nodo contribuisce con una specializzazione chiave: realizzazione dei device quantistici, progettazione delle architetture, reinforcement learning quantistico, virtualizzazione delle reti e loro automazione intelligente. L'insieme di queste competenze permette la realizzazione di una rete flessibile, scalabile e pronta per integrare comunicazioni quantistiche. Il WP4 beneficia di UO con expertise in spettroscopia ottica risolta in tempo, sensori bioibridi e sensoristica in fibra ottica. Le competenze nella nanofabbricazione e nell'AI applicata al trattamento del segnale rendono tecnicamente realizzabile lo sviluppo di sensori altamente performanti. L'integrazione tra AI e sensing potenzia significativamente la precisione e la funzionalità dei dispositivi progettati. Nel WP5 la fattibilità tecnica si basa sull'integrazione tra AI, fotonica e biotecnologie. UO con esperienza in imaging multimodale, spettroscopia e sensoristica avanzata lavorano in sinergia con gruppi esperti in interoperabilità semantica dei dati clinici e AI federata, per realizzare soluzioni diagnostiche innovative, sicure e interoperabili. Questa coesione permette di affrontare efficacemente le complessità tecniche legate alle applicazioni delle tecnologie quantistiche e ibride alla salute. Il WP6 poggia su una solida base di competenze in materiali avanzati, dispositivi optoelettronici e robotica distribuita. Le UO guidano lo sviluppo di tecnologie industriali intelligenti integrando AI e sensoristica avanzata in dispositivi fotonici e moduli solari. L'utilizzo dell'AI per l'ottimizzazione dei processi industriali, unito alla capacità di integrare tali soluzioni in ambienti cloud e IoT, assicura la concreta realizzazione degli obiettivi. Nel WP7, la transizione verde è sostenuta da competenze specifiche in fotovoltaico innovativo, modellazione ambientale e rilevamento multi-rischio. L'elaborazione dati da telerilevamento, l'uso di AI per la mitigazione dei rischi ambientali e le tecnologie ottiche avanzate convergono in soluzioni tecnicamente attuabili per l'energia sostenibile e la salvaguardia ambientale. Il WP8 garantisce il trasferimento efficace dei risultati al tessuto imprenditoriale. La combinazione di competenze in AI, knowledge management e supporto alla creazione d'impresa permette di strutturare strumenti concreti per la valorizzazione tecnologica, tra cui cataloghi di servizi, PoC con le PMI e percorsi formativi avanzati. In conclusione, la coerenza tra le sfide tecniche di ciascun WP e le expertise delle UO coinvolte costituisce il principale fattore abilitante per il successo operativo del progetto. La complementarità delle competenze, unita alla comprovata esperienza delle UO nella gestione di progetti complessi, assicura non solo la fattibilità tecnica ma anche l'impatto

strategico del progetto, soprattutto nelle aree del Mezzogiorno. Aspetti organizzativi La fattibilità tecnica del progetto AI-PHOQUS è garantita da un modello organizzativo solido e scalabile, progettato per gestire la complessità di un'iniziativa multidisciplinare e multi-attore e già testato con successo in progettualità PNRR di maggiori dimensioni. Il coordinamento assicura un processo decisionale efficiente, una gestione trasparente e l'integrazione di competenze eterogenee provenienti da istituzioni e settori diversi. AI-PHOQUS adotterà un sistema di governance modulare e flessibile, capace di garantire il coordinamento e il controllo delle attività: Il Coordinatore di Progetto, affiancato dai due Vice-Coordinatori (i coordinatori delle tre principali IR partecipanti), garantirà la coerenza strategica e scientifica del progetto, supervisionerà l'avanzamento delle attività, fornirà le linee d'indirizzo e sviluppo e rappresenterà il consorzio nei rapporti esterni. Un Management Board (MB), presieduto dal Coordinatore e composto dai Vice-Coordinatori, dall'Infrastructure Manager, dai responsabili dei Work Package (WP), dai referenti dei nuovi nodi LENS e dei gruppi tematici, controllerà l'esecuzione del progetto, risolverà eventuali criticità e monitorerà il rispetto degli obiettivi progettuali. L'Infrastructure Manager supervisionerà la gestione operativa e finanziaria, svilupperà e implementerà strategie e business plan, supporterà nuove opportunità di servizi e finanziamenti, concorderà le priorità con il MB, redigerà report, supporterà la comunicazione con gli stakeholder, garantirà l'assicurazione della qualità. AI-PHOQUS seguirà un processo iterativo di tipo Explore–Consolidate per definire e affinare le linee di ricerca e le strategie di attuazione: Durante la fase esplorativa, ciascun WP identificherà priorità di ricerca, possibili casi d'uso e sinergie strategiche. Nella fase di consolidamento, i risultati dei WP verranno integrati, assicurando coerenza interna e preparando l'attuazione operativa. Assemblee Generali periodiche riuniranno tutti i partner e gli stakeholder per validare l'impostazione progettuale, garantire il consenso ampio e promuovere l'interazione tra settori. Le Commissioni Etiche degli enti partecipanti supervisioneranno il rispetto degli aspetti etici, forniranno linee guida per lo sviluppo di un'IA responsabile e manterranno contatti con i comitati etici di riferimento, quando necessario. Un Comitato Scientifico e Strategico (Advisory Board), composto da esperti di alto livello provenienti dal mondo accademico, industriale e dalla società civile, offrirà supporto strategico, rafforzerà il potenziale di impatto e convaliderà le decisioni chiave durante tutto il ciclo di vita del progetto. AI-PHOQUS è concepito come un'iniziativa aperta e inclusiva, volta a coinvolgere un ampio ecosistema. Istituzioni esterne e stakeholder saranno attivamente coinvolti tramite consultazioni mirate, partecipazione a workshop tematici e rappresentanza nell'Assemblea Generale. Le attività di comunicazione e disseminazione saranno coordinate dal WP9 (Management), che curerà un sito web dedicato, la presenza sui social media, newsletter e eventi pubblici, garantendo un'interazione costante con la comunità più ampia.

Criterio B - Soggetto proponente e Co-Proponenti (laddove presenti)

➤ 11EB1.1 - Capacità di supportare l'avanzamento tecnologico delle imprese e l'introduzione di tecnologie avanzate (4000 car.)

A supporto dell'avanzamento tecnologico delle imprese e dell'introduzione di tecnologie avanzate, il progetto AI-PHOQUS unisce le competenze d'eccellenza di CNR e 11 Università partner in un ecosistema integrato di ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico. In un contesto globale sempre più competitivo, caratterizzato da rapide trasformazioni digitali e dalla crescente domanda di soluzioni basate su intelligenza artificiale, machine learning e safe data management, AI-PHOQUS si propone come catalizzatore per il miglioramento dei processi produttivi e l'adozione consapevole di tecnologie abilitanti e come parte di un network di aziende high-tech (Thales Alenia Space, Leonardo, TIM, ENI) per garantire un percorso rapido e flessibile dal laboratorio alla validazione industriale, massimizzando l'impatto economico e sociale delle soluzioni sviluppate. In particolare, il CNR e le università coinvolte hanno la capacità di supportare l'avanzamento tecnologico delle imprese e l'introduzione di tecnologie tramite:

- Tecnologie abilitanti: intelligenza artificiale, machine learning e safe data management per ottimizzare processi produttivi, migliorare la qualità dei prodotti e alimentare nuovi modelli di business data-driven.
- Reti e partnership: accordi quadro con imprese di primo piano, che agevolano il take-up industriale e l'adozione rapida delle soluzioni sviluppate nei nostri laboratori.
- Finanziamenti all'innovazione: supporto end-to-end alla progettazione e alla gestione di bandi regionali, nazionali ed europei, per massimizzare l'accesso a contributi e potenziare il ROI dei progetti di ricerca.
- Imprenditorialità accademica: creazione e accelerazione di spin-off tramite tutoraggio, concessione di licenze IPR, partecipazione al capitale sociale e accesso a risorse logistiche e strumentali, favorendo la nascita di nuove realtà innovative.
- Affiancamento infrastrutturale: consulenza nella selezione e nella progettazione di architetture IT per un'adozione scalabile, sicura e performante delle tecnologie di base. Inoltre, il CNR ha una comprovata

capacità economico-finanziaria per la sostenibilità del progetto, infatti esso dispone di: - Fonti diversificate: programmi UE (Horizon Europe), contratti pubblici e privati, fondi strutturali e attività conto terzi ad alto valore aggiunto. - Autofinanziamento crescente: comprovata capacità di vincere bandi competitivi e di generare risorse proprie, grazie a una contabilità trasparente e a una governance efficiente. - Asset e controllo dei costi: patrimonio immobiliare significativo, monitoraggio rigoroso dei residui passivi e dei tempi di pagamento (con vigilanza della Corte dei Conti), e pianificazione strategica pluriennale del personale. - Sostenibilità a lungo termine: inserimento delle Infrastrutture di Ricerca (I-PHOQS, SLICES, SoBigData, LENS) nella programmazione FOE a partire dal 2025, con flussi finanziari garantiti fino almeno al 2040. Infine, AI-PHOQUS promuoverà ulteriori iniziative per favorire la crescita del settore delle tecnologie quantistiche e garantire un ecosistema industriale sinergico: - Venture capital e investitori istituzionali: Sostegno alle fasi early-stage delle start-up deep tech (con il coinvolgimento di partner come ENI, TIM). - Enti formativi e facilitatori: Sviluppo delle competenze necessarie a sostenere la filiera industriale attraverso formazione continua e reskilling, colmando il gap professionale e garantendo una forza lavoro pronta alle sfide del settore (es. Leonardo). - Società di consulenza e system integrator: Accompagnamento delle imprese nella definizione degli use-case, scelta dei fornitori e integrazione delle tecnologie con i sistemi aziendali esistenti, facilitando l'adozione operativa. In questo scenario, le imprese possono posizionarsi strategicamente cogliendo opportunità sia AI-PHOQUS rappresenta un esempio virtuoso di collaborazione tra enti di ricerca per la creazione di servizi per il settore privato.

➤ **11EB1.2 - Capacità economico finanziaria del Soggetto Proponente per la sostenibilità del progetto (4000 car.)**

La capacità economico-finanziaria del CNR, il più grande Ente Pubblico di Ricerca in Italia, è pienamente adeguata a supportare il progetto AI-PHOQUS e a sostenerlo nel suo sviluppo. Tale capacità si basa su varie tipologie di entrate, che garantiscono una diversificazione delle fonti di finanziamento. Le principali includono il Fondo Ordinario per gli Enti e le Istituzioni di Ricerca (FOE) erogato dal MUR, che copre costi operativi e infrastrutture. Altri finanziamenti provengono da programmi europei (es. Horizon Europe), contratti con enti pubblici e privati, progetti di ricerca nazionali e fondi strutturali/di coesione. Ci sono anche entrate proprie da attività accessorie, come le attività conto terzi per l'erogazione di servizi tecnologici ad alto valore aggiunto. La solidità del CNR è evidenziata anche dal suo patrimonio immobiliare, dalla capacità di attrarre finanziamenti esterni (vincendo bandi competitivi), dalla gestione di residui passivi e tempi di pagamento (monitorata dalla Corte dei Conti), dal controllo del costo del personale e da una programmazione pluriennale strategica. La capacità finanziaria del CNR è caratterizzata da una crescente quota di autofinanziamento, sia da soggetti pubblici che privati. Il CNR è il maggiore percettore di FOE per le Infrastrutture di Ricerca (IR) nazionali. LENS e le IR proponenti (I-PHOQS, SLICES, SoBigData) saranno inserite nella programmazione FOE dal 2025, garantendo una fonte stabile per le attività di AI-PHOQUS. L'inclusione di SLICES e SoBigData nella Roadmap ESFRI assicura ulteriore sostenibilità fino almeno al 2040.

➤ **11EB1.3 - Collaborazioni tra i soggetti Coinvolti e Capacità di Networking**

AI-PHOQUS farà leva sulle collaborazioni già ben strutturate nelle tre principali IR proponenti, come volano sia per la loro intensificazione che per crearne nuove, a partire dalle EoI ricevute. I-PHOQS: Le IR che costituiscono I-PHOQS esistono da oltre 3 decenni. Il LENS, inserito, come CUSBO, fin dall'avvio, nella rete europea del Laboratori Laser LASERLAB, e con collaborazioni con le migliori Università e Centri di Ricerca nei settori della Fotonica e delle sue applicazioni (Biofotonica, e Tecnologie Quantistiche) per le quali è il punto di riferimento nazionale. Molti vincitori di ERC operano presso il LENS, così come grandi progetti europei nell'ambito della Quantum Flagship. QOMBS per la Simulazione Quantistica e MUQUABIS per il Quantum Sensing, vedono LENS/CNR-INO coordinatore di Università, Centri di Ricerca ed aziende leader nelle Tecnologie Quantistiche. CUSBO (PoliMI) è il centro di riferimento per le sorgenti laser ad impulsi ultracorti ed alle applicazioni biomedicali dei laser. I-PHOQS ha diverse Unità al Sud, a Catania, Messina, Cosenza e Lecce. L'IR ESFRI ELI (Extreme Light Infrastructure) ha un network italiano coeso, con gruppi di ricerca leader nei settori dei laser ad impulsi ultracorti, ad alta energia e con altissima stabilità in frequenza. Beyond Nano nasce dalla sinergia tra le Sedi CNR di Lecce (Nanotec) e Catania (IMM) specializzate sulla nanofabbricazione e sulla diagnostica, con forti intersezioni con i distretti industriali relativi (il distretto Microelettronica guidato da STMicroelectronics e vari settori industriali con enfasi su Scienze della Vita). È stata ampliata a Nanotec-Cosenza e IMM-Messina. Ha costituito il nucleo essenziale del Centro EU, finanziato in ambito CHIPS Act con circa 280 M€. SoBigData: SoBigData IR catalizza un ampio ecosistema collaborativo tra strutture accademiche, enti pubblici, industrie e piattaforme europee. Tra le collaborazioni e le comunità principali:

- *Integrazione con EOSC: contribuisce attivamente allo sviluppo dell'ecosistema EOSC attraverso l'adozione di standard FAIR, la federazione dei servizi di accesso ai dati e la promozione di pratiche di open science - GÉANT Network e Academy SoBigData Academy ha avviato una collaborazione strategica con il programma GÉANT Network e Academy - IR europee SoBigData collabora con altre IR ESFRI e EOSC: CLARIN per il NLP, EHRI per casi nel patrimonio storico, ODISSEI per HPC e AI, RESILIENCE per studi interdisciplinari, SLICES per architetture di calcolo distribuito, OpenAIRE per open science, EGI per computing federato e GreenDIGIT per tematiche ambientali. - Comunità scientifica e industriale include oltre 13.000 utenti registrati e più di 175 collaborazioni con l'industria, supportando mobilità transnazionale, training specialistico e accesso a infrastrutture distribuite. Organizza eventi internazionali e italiani come ITADATA 2024. La pubblicazione su "SoBigData Magazine" e su riviste internazionali rafforza la comunità scientifica, evidenziando temi etici, formativi e collaborativi SLICES: Le UO di SLICES coinvolte, oltre ad avere stabili collaborazioni tra loro, collaborano già da tempo con le altre IR partecipanti al progetto. Si segnalano le iniziative congiunte in ambito ESFRI che coinvolgono SLICES e SoBigData (progetti GREENDIGIT e DIGITAfrica), e le collaborazioni con alcune delle UO di I-PHOQS (progetti EuroQCI, QIA e QUID). Più in generale, SLICES collabora con altre IR ESFRI in vari settori (come EGI ed E-BRAINS) e con iniziative analoghe a livello internazionale, come i programmi NSF PAWR, ONF/Aether/OAI, Fabric in USA, NICT BY5G/6G in Giappone e varie iniziative in Sud America e Africa. Nell'ambito dell'iniziativa ESFRI, le UO coinvolte collaborano con alcune tra le maggiori Università ed Enti di ricerca Europee, come la Sorbona, TUM, UC3M, Trinity Dublin, PSCN, IMEC, INRIA, Eurecom, CNRS, e con aziende leader del settore (INTEL, TIM, Wind3, Italtel, HP, Telsy, QTI, Telefonica, Leonardo, Atos, CISCO, JMA, Nvidia, Orange).*

Criterio C – Sostenibilità economica e finanziaria

➤ 11EC1.1 – Sostenibilità economica e finanziaria

Sostenibilità economico-finanziaria, in conformità con le disposizioni di cui all'art. 73, par. 2, lett. d) del Regolamento sulle disposizioni comuni 4000 car.

Come risulta dalla sezione "Ricavi previsti per la IR a valle delle implementazioni previste nel progetto" i ricavi stimati annui per l'IR sono di 17.460.000 €/anno, basando il calcolo su una stima realistica e non particolarmente ottimistica dell'operatività dell'IR a valle delle implementazioni previste da AI-PHOQUS. Fra i ricavi previsti, alcuni sono abbastanza sicuri: i proventi dei servizi all'industria, quelli relativi alla formazione, accordi con imprese per valorizzazione know-how, FOE e FFO. Il dato più incerto è quello relativo agli introiti generati dalla partecipazione a bandi competitivi nazionali ed internazionali, per i quali ci aspetteremmo valori anche superiori ai 7.150.000 € annui menzionati, ma su cui è estremamente difficile fare previsioni precise. Nella sezione "Costi annui previsti per la gestione delle IR" troviamo una stima complessiva di costi annui di 16.875.000 €. L'Indice di Copertura Costi risulta quindi essere, nelle previsioni, leggermente superiore a 1, indicando che le entrate attese coprono i costi operativi annuali. Come già detto, il disavanzo positivo di 585.000 €/anno garantisce l'operabilità in condizioni di fluttuazioni imprevedibili dei finanziamenti esterni, nonché la copertura di spese impreviste. Il FOE/FFO di 7.625.000 €/anno (stima prudentiale) risulta quindi coprire più del 45% dei costi previsti, ed è anche l'entrata più certa per l'IR. Cosa ancora più determinante ai fini della sostenibilità economica e finanziaria, è che il FOE/FFO copre i costi di personale scientifico, tecnico e amministrativo a tempo indeterminato, garantendo così la continuità competenziale, tecnica e amministrativa alla IR. Detto personale è anche quello che determina in maggiore misura l'operatività e l'accessibilità dell'IR – e quindi ne impedisce l'interruzione – e l'accesso ad altre fonti di finanziamento (progettualità competitive, contratti conto terzi, ecc), contribuendo alle probabilità di realizzazione degli introiti da bandi competitivi. La numerosità delle lettere d'intenti ricevute dalle aziende prova che la configurazione scientifico-tecnologica proposta suscita un forte interesse nelle imprese. Inoltre già si può contare su contratti in essere con molte realtà industriali che forniranno proventi certi nei prossimi anni (ad esempio, Leonardo SpA, EniQuantic, ...). Questo depone a favore di previsioni anche più ottimistiche di quelle presentate, considerando anche il fatto che la collaborazione con le aziende è essa stessa un fattore di moltiplicazione delle possibilità di progettazione competitiva, finanziamento di dottorati industriali e introiti da diritti di proprietà intellettuale. I costi di consumabili sono fortemente legati all'utilizzo nell'ambito di contratti di ricerca e contratti industriali, e vi possono trovare facile copertura. Anche l'overhead dei progetti europei può sicuramente coprire una parte dei costi. Per quanto riguarda il potenziamento strumentale e la manutenzione ordinaria e straordinaria, AI-PHOQUS già prevede di predisporre un piano di programmazione di questi interventi, in modo da definire tempi, priorità e entità dell'investimento in base all'urgenza, alla richiesta di servizi e al ROI della strumentazione. Ad esso si

affiancherà un business plan dinamico che confronterà via via i flussi di entrata attesi con quelli realizzati e la stima dei costi operativi rispetto alle spese effettivamente sostenute; monitorerà l'indice di copertura dei costi (cercando di portarlo a livelli maggiori) e la capacità di autofinanziamento rispetto a FFO/FOE, i proventi dall'utilizzo e dalla contrattualistica industriale nonché l'aggiornamento dei costi di esercizio.

Criterio D – Impatto

- *innovazione e conoscenza alle imprese.*
- *Grado di ecosostenibilità: rispetto DNSH in funzione della tipologia di investimento in linea con quanto previsto nel Rapporto ambientale discendente dal processo di VAS, e dei documenti di indirizzo emanati a livello nazionale per l'attuazione del PNRR e delle relative linee guida eventualmente emanate dal Ministero.*
- *Collaborazioni (attivate già esistenti)*
4000 car.

➤ **11ED1.1: Grado di ecosostenibilità. (4000 car.)**

AI-PHOQUS si sviluppa in piena coerenza con i criteri ambientali stabiliti dal principio DNSH, come previsto dal PNRR e dettagliato nel Rapporto ambientale derivante dalla VAS (Valutazione Ambientale Strategica). Tutte le attività e le infrastrutture coinvolte nel progetto sono state pianificate con attenzione al minimo impatto ambientale e alla massima sostenibilità in fase di realizzazione, gestione e utilizzo. In particolare, il progetto: • privilegia l'utilizzo di infrastrutture digitali, ambienti virtuali e piattaforme computazionali condivise, riducendo la necessità di mobilità e consumo di risorse fisiche; • adotta criteri di efficienza energetica nella scelta di attrezzature scientifiche, data center e sistemi di calcolo, in linea con le linee guida nazionali su edilizia e impiantistica green; • non prevede opere civili che comportino consumo di suolo, alterazioni paesaggistiche o impatti negativi su biodiversità, acque o clima; • implementa soluzioni digitali sostenibili, sia in termini di hardware che di software, valutate secondo i criteri ambientali minimi (CAM) e le best practice europee per la transizione verde del digitale; • mira alla ottimizzazione delle risorse e alla riduzione degli sprechi, anche attraverso il riuso e la virtualizzazione dei servizi sperimentali. Tutte le forniture e i lavori previsti rispondono pienamente al quadro normativo aggiornato in materia DNSH e si adeguano alle linee guida del Ministero per l'attuazione sostenibile del PNRR.

➤ **11ED1.2: Collaborazioni attive (8000 car.)**

Le UO coinvolte hanno un'ampia rete di collaborazioni attive su tutti i settori scientifici del progetto. Vista la caratterizzazione tematica dei WP, si presentano tali collaborazioni a livello dei singoli WP. WP1 Le unità coinvolte collaborano attivamente con numerose università italiane di eccellenza, tra cui l'Università di Bologna, Genova, Calabria, Firenze, Udine, Cagliari, Trento, Bari, Napoli Federico II, Pavia, Teramo, il Politecnico di Torino, la Scuola Superiore Sant'Anna e l'Università Bocconi. A livello europeo, sono attive collaborazioni con istituzioni di primo piano come il KTH Royal Institute of Technology (Svezia) e il King's College di Londra (UK). Sul fronte industriale, il WP coinvolge partnership consolidate con grandi imprese e PMI operanti nei settori dell'intelligenza artificiale, della data science e delle tecnologie digitali, tra cui ENI, Deloitte, Engineering, Poste Italiane, NEC Europe, Generali, Unicredit, Sky, Orange, IBM, Amazon, Coop e Octo Telematics. Sono attive importanti collaborazioni con enti pubblici di rilievo nazionale e internazionale, tra cui la Regione Toscana, il Comune di Roma, IRPET, MUR, MEF, MIMIT. WP2. Le collaborazioni accademiche comprendono numerose università italiane, tra cui le Università di Firenze, Pisa, Napoli Federico II, Roma La Sapienza, Roma Tre, Palermo, Trento, Trieste, Catania, Genova, Bologna, Milano, Siena, Messina, Modena e Reggio Emilia, Ca' Foscari, Mediterranea, e istituti di eccellenza quali la Scuola Normale Superiore, la Scuola Superiore Sant'Anna, SUPSI e l'IMT di Lucca. Coinvolgono anche importanti enti di ricerca nazionali come INRIM, ENEA, CREA, ASI, ICTP, GARR, CINECA e l'INGV. A livello internazionale, sono attive collaborazioni con MIT, Boston University, Princeton University, City University of New York, University College London, King's College London, Université Clermont Auvergne e CNRS, TU Delft, TU Ostrava, RIKEN e Osaka University, Shanghai Maritime University, Universidade Federal Fluminense, UNAM, Universidade de São Paulo, University of Guelma, Boise University, University of Cambridge, University of Oxford, Sorbonne, Università Carlos III di Madrid, CTTC Barcelona, Università Pompeu Fabra, Fraunhofer, Simula Research Laboratory, DFKI, EURECOM, IMDEA, Tecnia, UKRI-STFC, CEU e CEA. Numerose collaborazioni industriali includono grandi gruppi e PMI che sviluppano tecnologie avanzate in fotonica, elettronica e informatica quantistica: STMicroelectronics, IBM, Hewlett-Packard, Bright Solutions, Alpes Lasers, Nanoplus, Hamamatsu

Photonics, FlySight, PpqSense, Silicon Austria Lab, Leonardo, Airbus, Fujitsu Research of Europe, Fsas Technologies, Kuano Ltd, Qilimanjaro Quantum Tech, NTT-DATA, SCAI-LAB, SITE, ALMAVIVA, ATOS Spagna, Dedalus, Centro Ricerche Fiat, Infineon, INTECS, Innovalia, FSECURE e Thales. WP3. Le unità di ricerca del WP3 collaborano con l'intero ecosistema delle università italiane nell'ambito delle reti di telecomunicazioni e AI, tramite CINI e CNIT, con INRIM, ASI e l'ICTP, oltre che con istituti internazionali quali TU Berlin, IMEC, Fraunhofer FOKUS, KTH, Sorbonne, INRIA, UC3M, IMDEA Networks, CTCC, TU Dresden, Université Côte d'Azur, ETH Zurich, TU Wien, ICRC Brno, MIT, Northeastern University. Le collaborazioni industriali includono diverse aziende, dalle PMI ai maggiori player internazionali, tra cui Alpes Lasers, Nanoplus, FlySight, PpqSense, Hamamatsu Photonics, Silicon Austria Lab, NTECS, QTI, Telsy, Thales Alenia Space, STMicroelectronics, SmartMe.IO, Ericsson, TIM, RTI, Orange e Airbus. Le UO collaborano con i poli europei di innovazione digitale i-NEST, ARTES 5.0 e Bi-REX, per facilitare la promozione di servizi di test-before-invest. Il WP4 collabora con istituzioni accademiche: Università della Calabria (Italia), University of Washington (USA), Università di Salonicco (Grecia), University of Electronic Science and Technology of China, Università di Cambridge, Columbia University, Princeton University, University of Exeter, University of Southern Denmark, King's College London, University of Strathclyde, Eötvös Loránd University, Sapienza Università di Roma, Università di Bologna, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"; Centri di ricerca e infrastrutture: INFN, INRIM, INAF, ASI, IRCCS Ospedale San Raffaele, ELETTRA Sincrotrone Trieste, European XFEL e DESY; Aziende e startup: STMicroelectronics, Qopsys Italy, Single Quantum Netherlands, Wattsud spa, Smartme.IO. WP5. Le unità del WP5 collaborano con aziende tecnologiche (Carl Zeiss, Menhir Photonics, STMicroelectronics) e strutture ospedaliere di eccellenza (San Raffaele, Humanitas, IEO – Istituto Europeo di Oncologia, Bambino Gesù, IRCCS Bari, ASL Brindisi). Tra i principali partner accademici e di ricerca nel campo dell'ottica biomedica figurano l'ICFO di Barcellona, il Tyndall Institute di Cork, il Lund Laser Centre e il CEA-LETI di Grenoble, oltre a prestigiose università quali l'Imperial College e l'University College London, l'Università Campus Bio-Medico di Roma e l'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT). WP6 collabora con l'Università di Exeter, l'Università di Linköping, la Ludwig Maximilian University di Monaco, il VTT Finlandia, la Stanford University, la University of Arizona, la University of Gothenburg, la Humboldt University di Berlino, e altre. Le UO hanno sottoscritto e gestito contratti con aziende come ENI S.p.A., SENECA Italia e Klopman. Collaborano con l'infrastruttura europea ESFRI 'EuPRAXIA', nonché con Amplitude Technologies, Thales e INFN. Collaborano anche con STMicroelectronics per la robotica, e con SmartMe.IO per l'IoT e l'edge computing. Le UO del WP7 collaborano con 3SUN, Enel Green Power, Rise Technologies, Forschungszentrum Jülich, AMO GmbH, Tyndall, CEA-INES, e numerose università in Italia e in Europa, con ENI S.p.A., SENECA Italia, Klopman, VTT Finlandia e con le Università di Exeter, Linköping, Stanford e Arizona, con e-Geos, Exprivia, Flyted Srl, Nais Srl per tecniche SAR interferometriche. Le unità del WP8 collaborano attivamente con gruppi di ricerca italiani e internazionali. Con l'Università di Bologna su cloud continuum (PRIN Joule, SLICEC-PP), con Pisa su condivisione risorse e protocolli, e con Trento, Trieste, Napoli su sicurezza cloud (PNRR SECCO-OC). Con Benevento nel laboratorio Smart Cities & Communities (CINI). Con SmartME.io è stato sviluppato Stack4Things per smart cities. Collaborazioni attive con Duke University su affidabilità, con Cartagena su LoRaWan, con Rosario su didattica e ricerca, con IIIT Allahabad su AI e federated learning, con Northeastern su FPGA e AI. Con STMicroelectronics su progetti di ricerca, formazione e trasferimento tecnologico (es. i-Cities). Con Squadra IoT su applicazioni industriali.

➤ **11ED1.3: Collaborazioni da attivare**

Le collaborazioni da attivare riguardano innanzitutto quelle con le aziende che hanno manifestato interesse nella proposta. Le manifestazioni di interesse ricevute da AI-PHOQUS provengono da una platea eterogenea di imprese, startup e organizzazioni, e sono state riclassificate in base all'area geografica di riferimento (Regioni del Mezzogiorno, resto d'Italia, Unione Europea). Questa impostazione riflette un approccio trasparente e coerente con i dati forniti dai soggetti aderenti. Di seguito, la ripartizione sintetica:

- Regioni del Mezzogiorno: 25 imprese, prevalentemente localizzate in Sicilia, Calabria, Campania e Puglia, a testimonianza di un interesse significativo da parte dell'ecosistema innovativo del Sud Italia.
- Resto d'Italia: 32 imprese, distribuite in maniera equilibrata tra Centro e Nord, con una prevalenza di piccole e medie imprese e alcuni attori consolidati.
- Unione Europea: 3 imprese, con sede in Svezia e Paesi Bassi, a conferma della proiezione internazionale e della capacità di attrazione del progetto.

Regioni del Mezzogiorno: 1. 3SUN (Catania) 2. Agrigeos (Catania) 3. BI-REX Big Data Innovation and Research Excellence (Palermo) 4. Chromaleont (Messina) 5. CLOR INDUSTRY (Cosenza) 6. Delta E srl (Cosenza) 7. Distretto Tecnologico Micro Nano Sistemi (Catania) 8. DLV Systems S.r.l. (Rende, CS) 9. Elmi (Palermo) 10. Intellisync (Acireale, CT) 11. Kazaam Lab s.r.l. (Palermo) 12. Megaride (Napoli) 13. MUV Srl (Palermo) 14. NetSense (Tremestieri Etneo, CT) 15. Parco Scientifico e Tecnologico della Sicilia (Catania)

16. Oxy (Napoli) 17. Polysense (Bari) 18. Revelis S.r.l. (Rende, CS) 19. Sadas (Casalnuovo di Napoli, NA) 20. Sartoria Gray (Napoli) 21. SEEDS srl (Palermo) 22. Slow Burger (Lauro, AV) 23. SmartMe.IO (Messina) 24. Wisnam (Acireale, CT) 25. Xenia Networks Systems (Aci Castello, CT) Resto d'Italia 26. ALCA Technology (Schio, VI) 27. Artes 4.0 (Pontedera, PI) 28. Aukelos (Pisa) 29. Best Design (Roma) 30. Borghi in rete (Chieti) 31. Bright Solutions (Cura Carpignano, PV) 32. Carl Zeiss SPA (Milano) 33. CNIT (Parma) 34. Disignum.it (Torino) 35. Dynamic Optics srl (Comune di Sarcedo, VI) 36. e-Building srl (San Giovanni in Persiceto, BO) 37. e-Making (San Giovanni in Persiceto, BO) 38. Fondazione PIN (Prato) 39. Glass to Power spa (Rovereto, TN) 40. Go Up Consulting srl (Parma) 41. Iles srl (Prato) 42. Kode (Pisa) 43. LABooking (Terni) 44. PIONIRS SrL (Milano) 45. ppqSense (Sesto Fiorentino, FI) 46. QTI (Firenze) 47. Reiss Remoli (L'Aquila) 48. Relatech S.p.A. (Milano) 49. Rise Technology srl (Roma) 50. Rulx Innovation Labs (Genova) 51. STRIPES SCARL (Rho, MI) 52. Teamdev (Perugia) 53. ThalesAlenia (Roma) 54. Theorema srl (Gorla Minore, VA) 55. TIM (Roma) 56. Vacuum Fab (Milano) 57. VCS (Parma) Unione Europea 58. Laserfabriken (Sweden) 59. Hewlett Packard Enterprise (Belgium) 60. Single Quantum (The Netherlands) Oltre alle lettere di intenti raccolte, è importante sottolineare l'esistenza di rapporti già consolidati con un ampio portafoglio di imprese e organizzazioni, che costituiscono il vero bacino su cui si innesta la proposta di valore di AI-PHOQUS. Si tratta di collaborazioni attive che spaziano da progetti di ricerca europei e nazionali a contratti industriali conto terzi, accordi quadro, convenzioni operative e di ricerca, laboratori congiunti e dottorati cofinanziati, a conferma di un network consolidato e dinamico che integra ricerca applicata, trasferimento tecnologico e alta formazione. Queste partnership testimoniano un impegno pluriennale nella co-progettazione di soluzioni innovative, nella valorizzazione della proprietà intellettuale e nello sviluppo congiunto di tecnologie abilitanti, nonché una proiezione internazionale che ha visto il coinvolgimento di importanti programmi europei e di operatori globali. L'elenco che segue offre una rappresentazione sintetica delle principali tipologie di collaborazione in essere: • Progetti di ricerca europei e nazionali • Accordi quadro e convenzioni operative • Contratti conto terzi • Dottorati congiunti e percorsi di alta formazione specialistica • Laboratori congiunti e centri di co-sviluppo • Collaborazioni su base continuativa (es. pubblicazioni, prototipazione, testbed sperimentali) La varietà e la solidità di queste relazioni costituiscono un fattore distintivo, che garantisce ad AI-PHOQUS una massa critica di soggetti qualificati, un'ampia capacità di ingaggio e una base robusta per attivare processi di open innovation e cross-fertilization. Considerazioni finali Complessivamente, risultano 60 manifestazioni di interesse ricevute, con una netta prevalenza di PMI e startup innovative. La presenza di un nucleo selezionato di grandi imprese e operatori internazionali apre ulteriori opportunità per l'attivazione di processi di open innovation e moderne pratiche di cross-fertilization, finalizzate alla valorizzazione degli asset scientifici e tecnologici che costituiranno l'offerta integrata di AI-PHOQUS. Nell'elenco figurano non solo PMI e startup, ma anche grandi imprese, multinazionali, parchi scientifici e centri di competenza, a conferma della dimensione internazionale della proposta e della solidità e ampiezza del bacino di soggetti potenzialmente interessati a contribuire allo sviluppo sostenibile dell'infrastruttura. Accanto a queste manifestazioni di interesse, AI-PHOQUS può contare su un insieme di collaborazioni consolidate che spaziano da progetti di ricerca e contratti industriali a percorsi di formazione avanzata e co-sviluppo tecnologico. Questo patrimonio di relazioni attive rappresenta un fattore abilitante essenziale per garantire la continuità operativa e la scalabilità dell'infrastruttura nel medio-lungo termine.

➤ **11ED1.4: Grado di Prossimità al mercato delle soluzioni proposte e rilevanza dell'avanzamento tecnologico e del livello di maturità tecnologica**

Il progetto AI-PHOQUS si colloca in una posizione strategica di frontiera tra ricerca avanzata e innovazione industriale, con l'obiettivo di generare un impatto concreto e duraturo sul sistema produttivo nazionale ed europeo. Il grado di prossimità al mercato delle soluzioni proposte è elevato, grazie a un'impostazione progettuale che integra fin dalle prime fasi la collaborazione attiva con le imprese, la validazione sperimentale in ambienti controllati, e la disponibilità di un'infrastruttura di ricerca distribuita, interoperabile e abilitante. Le tecnologie chiave sviluppate e valorizzate all'interno di AI-PHOQUS – Intelligenza Artificiale (AI), Tecnologie Quantistiche (QT), Fotonica, e reti di comunicazione avanzate (beyond-5G) – sono tutte riconosciute come KETs (Key Enabling Technologies) ad altissimo potenziale trasformativo. In particolare, esse rappresentano gli assi portanti della transizione digitale ed ecologica indicata dalle politiche industriali dell'UE e del PNRR. Tuttavia, l'adozione industriale di tali tecnologie risulta spesso ostacolata da barriere di accesso, mancanza di competenze specifiche, e limitate capacità di sperimentazione. AI-PHOQUS mira a colmare questi divari, favorendo un percorso strutturato di trasferimento tecnologico verso il mercato. Dal punto di vista del livello di maturità tecnologica (TRL, Technology Readiness Level), il progetto copre un ampio spettro compreso tra TRL 4 e TRL 7, con l'obiettivo di portare le soluzioni sviluppate a un livello di maturità sufficiente per la validazione in ambienti rilevanti (TRL 5-6) o prossimi all'adozione operativa (TRL 7). Il modello AI-PHOQUS prevede

che la ricerca di base e sperimentale condotta nei nodi dell'infrastruttura sia sistematicamente accompagnata da attività di proof of concept, testbed applicativi, collaborazioni con PMI e prototipazione congiunta, in modo da accelerare il ciclo dell'innovazione e ridurre il time-to-market. Tra le soluzioni ad alta prossimità al mercato si evidenziano: • Servizi e piattaforme AI per l'analisi avanzata dei dati, il decision-making autonomo e l'ottimizzazione di processi produttivi, già applicabili in settori quali manifattura, logistica, energia e sanità. • Sistemi quantistici sperimentali (es. dispositivi QKD, simulatori quantistici) integrati in scenari di comunicazione sicura, sensing distribuito e modellazione ad alta complessità, con percorsi di industrializzazione avviabili su scala pilota. • Soluzioni fotoniche per il sensing avanzato e il monitoraggio ambientale/industriale, pronte per la sperimentazione su scala reale grazie alla disponibilità di laboratori e facility di test integrate nell'infrastruttura. • Architetture di rete ibride e post-5G per l'integrazione di dispositivi edge, IoT industriale e nodi quantistici, orientate a contesti ad alta affidabilità e bassa latenza, con elevata scalabilità applicativa. • Strumenti software e middleware open source con moduli riutilizzabili dalle imprese, riducendo le barriere di ingresso all'adozione di tecnologie emergenti. Il progetto prevede inoltre un meccanismo iterativo e scalabile di sviluppo e maturazione tecnologica, supportato da azioni specifiche quali: • la realizzazione di PoC in collaborazione con almeno 20 PMI, finalizzati alla dimostrazione industriale delle tecnologie; • l'offerta di ambienti controllati e protetti per la validazione (testbed distribuiti, laboratori congiunti, piattaforme di simulazione); • l'accesso semplificato a risorse computazionali, dataset, software, strumenti di intelligenza artificiale e moduli quantistici, tramite sportelli e servizi infrastrutturali; • il supporto alla scalabilità tecnologica, tramite attività di supporto alla standardizzazione, alla compliance normativa (es. sicurezza e privacy by design), e all'interoperabilità delle soluzioni. Tutti questi elementi contribuiscono a garantire un passaggio fluido dalla ricerca alla sperimentazione industriale, ponendo AI-PHOQUS come infrastruttura ponte tra il mondo accademico e quello produttivo. Un aspetto distintivo è rappresentato dalla logica di verticalizzazione tecnologica, che consente di adattare le tecnologie sviluppate a specifici settori applicativi (es. manifattura intelligente, sanità digitale, energia sostenibile, mobilità connessa), facilitando così la creazione di casi d'uso concreti e replicabili. Inoltre, l'attenzione dedicata al coinvolgimento delle imprese del Mezzogiorno, e alla costruzione di partnership durature, contribuisce alla diffusione capillare delle innovazioni e alla riduzione del divario territoriale. L'elevata rilevanza dell'avanzamento tecnologico di AI-PHOQUS si manifesta anche nella sostenibilità delle soluzioni proposte, che privilegiano modelli a basso impatto energetico (es. edge computing per l'AI, reti quantistiche a basso consumo) e principi di responsabilità digitale, in linea con l'etica dell'innovazione e le priorità ESG (Environmental, Social, Governance). AI-PHOQUS introduce quindi tecnologie d'avanguardia con alto potenziale di trasferimento industriale, e propone anche modelli innovativi di collaborazione ricerca-impresa, capaci di favorire la maturazione tecnologica, l'adozione sul mercato e la costruzione di un ecosistema nazionale dell'innovazione digitale e quantistica. Grazie alla sinergia tra i nodi LENS (Napoli, Lecce, Messina) e alla centralità attribuita ai processi di co-sviluppo, il progetto si pone come abilitatore sistemico della trasformazione tecnologica delle imprese italiane. Lo sviluppo di sensoristica quantistica innovativa e di una rete Internet ibrida post-5G/QKD in Sicilia contribuirà anche agli impatti previsti nella strategia EUSAIR, rispettivamente nel settore del monitoraggio ambientale e nell'integrazioni in reti QKD Europee in corso di sviluppo (per esempio, il collegamento strategico con Malta e degli Stati mediterranei previsto in EuroQCI).

CRITERI DI PREMIALITÀ

➤ **11F1: Piano PMI:**

Fornire il piano per il coinvolgimento di PMI in Proof of Concept

Piano_PMI_PoC.pdf

➤ **12F2: Tecnologie abilitanti chiave (KETs) che saranno impiegate nel progetto**

Fornire elementi per valutare la riconducibilità a Key Enabling Technologies (il progetto fa ricorso all'utilizzo di una KETs 4000 caratteri)

Il progetto si fonda sull'integrazione sinergica di sei tecnologie abilitanti chiave (KET) declinate nei Work Package 1-7, con l'obiettivo di realizzare soluzioni altamente innovative e immediatamente trasferibili all'industria. Nel campo dell'Advanced Manufacturing, il WP6 realizza una piattaforma edge-native per il controllo adattivo di robot collaborativi su reti Beyond-5G, garantendo latenze ridotte e sincronizzazione in tempo reale; il WP7 integra algoritmi di machine learning per il monitoraggio continuo delle linee di assemblaggio di moduli fotovoltaici, accompagnati da sistemi di taglio laser e passivazione avanzata dei

bordi, al fine di ottimizzare la qualità e l'efficienza del processo produttivo. Per la KET Advanced NanoMaterials, il WP4 è dedicato alla sintesi di idrogel e polimeri a memoria di forma compatibili con la stampa multifotonica 3D/4D, mentre il WP6 sviluppa formulazioni di perovskite semitrasparente in scala nanometrica per la realizzazione di celle tandem silicio-perovskite; il WP7 esplora inoltre film sottili di ossidi trasparenti conduttivi e materiali bidimensionali TMD, volti a incrementare l'efficienza e la durabilità dei dispositivi solari. Nelle Life-Science Technologies, il WP5 applica tecniche di deep learning alla tomografia a raggi X multiscala per ottenere mappe istologiche virtuali ad altissima risoluzione, sviluppa sensori SERS portatili su chip nanofotonici per la rilevazione ultrasensibile di biomarcatori molecolari e implementa pipeline di fusione di dati spaziali, temporali e spettrali da piattaforme di imaging multimodale, offrendo così nuove opportunità per diagnosi e monitoraggio clinico. Il dominio della Micro-Nano Electronics & Photonics viene affrontato nel WP2 attraverso la progettazione di guide d'onda polaritoniche χ^3 per il calcolo neuromorfico integrato, mentre il WP4 esplora spettroscopia quantistica con pettini di luce squeezed e microscopia SNOM assistita da reti neurali per imaging al di sotto del limite di diffrazione; parallelamente il WP3 realizza nodi di comunicazione basati su VLC- Visible Light Communication con antenne fluorescenti stampate in 3D e link ottici free-space basati su laser a cascata quantica, ponendo le basi per reti di sensing e comunicazione ad altissima capacità. L'Artificial Intelligence è pervasiva in ogni Work Package: il WP1 definisce framework e librerie open-source per garantire machine learning affidabile, equo e interpretabile; il WP2 sviluppa modelli fisicamente informati per simulazioni ibride NISQ-classiche e ottimizzazioni data-driven di laser a cascata quantica-QCL; nel WP3 si applicano tecniche di reinforcement learning e edge-AI per orchestrare in modo intelligente le infrastrutture Beyond-5G; infine, i WP4, WP5, WP6 e WP7 integrano algoritmi di apprendimento automatico e profondo nei rispettivi ambiti di spettroscopia, imaging, ottimizzazione dei materiali e controllo dei processi. Per le Security & Connectivity Technologies, il WP3 estende la Quantum Key Distribution su dorsali metropolitane combinando fibra e collegamenti free-space e integra protocolli post-quantum per garantire la sicurezza end-to-end in ambienti cloud-edge, mentre il WP2 introduce un layer crittografico dedicato all'orchestrazione di carichi di lavoro nel contesto Quantum e AI, assicurando massima resilienza e protezione dei dati. Infine, il WP8 supporta il trasferimento tecnologico e la formazione organizzando sportelli e toolkit dedicati alle PMI, promuovendo workshop e programmi di training sui prototipi sviluppati nei WP1-WP7 e facilitando la validazione sul campo delle soluzioni per un'efficace diffusione industriale e il rafforzamento delle competenze locali.

➤ **11F3: Riconducibilità ad ambiti di transizione verde**

fornire elementi per valutare la riconducibilità ad ambiti di transizione verde/digitale (il progetto è ricadente in ambiti di transizione verde/digitale) 8000 caratteri

AI-PHOQUS si caratterizza per una profonda integrazione degli obiettivi di transizione verde e digitale, in coerenza con le priorità del Programma Nazionale Ricerca, Innovazione e Competitività 2021-2027. In particolare, la proposta si distingue per l'impiego estensivo di tecnologie avanzate e metodologie innovative in grado di promuovere un sistema produttivo più sostenibile, digitalmente maturo e resiliente. La transizione digitale viene perseguita attraverso la creazione di un'infrastruttura tecnologica d'avanguardia basata su cloud, edge e calcolo ad alte prestazioni, che abilita l'integrazione di intelligenza artificiale, calcolo quantistico e gestione dei dati secondo i principi FAIR. Tale infrastruttura supporta la ricerca e l'innovazione su larga scala, assicurando l'interoperabilità, l'accessibilità e l'adattabilità futura delle soluzioni sviluppate. Parallelamente, il progetto valorizza la transizione verde attraverso azioni mirate alla sostenibilità energetica e ambientale. Si evidenzia un impegno verso il rispetto del principio "Do No Significant Harm", l'efficienza energetica, il climate proofing e l'adozione di tecnologie che favoriscono la neutralità climatica. L'approccio green si manifesta nello sviluppo di materiali intelligenti e riconfigurabili, sensori bio-ibridi, moduli solari innovativi, tecnologie per l'energia rinnovabile e strumenti di monitoraggio ambientale, tutti concepiti per ridurre l'impatto ecologico delle attività umane. L'impiego di intelligenza artificiale è funzionale sia all'ottimizzazione delle prestazioni tecnologiche, sia alla sostenibilità dei processi, configurandosi come elemento chiave di entrambe le transizioni. Dal punto di vista applicativo, le tecnologie sviluppate sono finalizzate a trasformare profondamente i settori della sanità, dell'industria manifatturiera e dell'energia. In ambito sanitario, l'intelligenza artificiale federata e l'integrazione semantica di dati eterogenei abilitano ecosistemi digitali personalizzati, etici e resilienti. In ambito industriale, si punta alla robotica adattiva in tempo reale e al controllo intelligente dei processi produttivi, mentre per il settore energetico sono previste soluzioni avanzate per il fotovoltaico e la produzione di combustibili solari. L'approccio sistemico e trasversale alle tecnologie consente anche una significativa riduzione del consumo energetico attraverso l'orchestrazione carbon-aware e l'adozione di nodi IoT autonomi alimentati da energy harvesting. Le attività progettuali sono inoltre orientate alla valorizzazione delle competenze, all'adozione di tecnologie abilitanti fondamentali e al trasferimento tecnologico. Un ruolo centrale è svolto dalla creazione di un catalogo digitale di servizi, risorse e competenze, accessibile a imprese e in particolare alle PMI, che potranno sperimentare

direttamente le tecnologie emergenti tramite progetti dimostrativi. Questo meccanismo di contaminazione e diffusione dell'innovazione rappresenta un moltiplicatore del potenziale trasformativo del progetto sia in chiave digitale che ambientale. Inoltre, i programmi di formazione avanzata sulle tecnologie emergenti e sulla gestione dei dati potenziano il capitale umano e contrastano l'obsolescenza delle competenze, generando un impatto duraturo sul tessuto produttivo. Il progetto adotta un approccio fortemente interdisciplinare, combinando calcolo quantistico, AI, fotonica, sensori avanzati, reti ibride classico/quantistiche e tecnologie di sensing e imaging intelligenti. Questa convergenza è orientata non solo all'innovazione tecnologica, ma anche alla creazione di ecosistemi intelligenti per la salute, l'ambiente e l'industria. La capacità di integrare strumenti digitali avanzati con obiettivi ambientali concreti consente di rispondere in modo efficace alle sfide della sostenibilità e della competitività, ponendo le basi per lo sviluppo di un'economia circolare e digitalizzata. In sintesi, la proposta si configura come una piattaforma strategica per la doppia transizione, capace di generare valore economico, scientifico e sociale. L'adozione di tecnologie intelligenti e sostenibili, l'attenzione alla resilienza infrastrutturale e l'impegno per la diffusione delle competenze digitali e ambientali costituiscono elementi distintivi del progetto. L'integrazione sistemica tra infrastrutture digitali, servizi intelligenti e sostenibilità ambientale risponde pienamente alle finalità del programma nazionale di riferimento, posizionando l'iniziativa in modo competitivo e allineato alle priorità europee in materia di innovazione e sviluppo sostenibile. Lo sviluppo di sensoristica quantistica innovativa contribuisce alla strategia EUSAIR per quanto riguarda l'identificazione degli inquinanti nell'aria e nell'acqua.

➤ **11F4 Riconducibilità dell'operazione ad ambiti legati alla strategia EUSAIR.**

Fornire elementi per valutare la riconducibilità ad ambiti strategia EUSAIR 4000 caratteri

- *analisi del contesto e stato dell'arte*
- *scenario pre-progetto*
- *cambiamenti più importanti e come questi avranno un impatto sull'RI esistente, o sul dominio di riferimento per un nuovo RI, o su ciascun RI in caso di un progetto di networking*
- *scenario post-progetto e descrizione dell'infrastruttura di ricerca aggiornata*