

RELAZIONE CONSUNTIVA DI ATTIVITÀ SCIENTIFICA 2025

ai sensi dell'art. 7, comma 4, lettera f. dello Statuto

Approvata dal Consiglio di Amministrazione il 30 aprile 2026

INDICE

1 – RESOCONTO TRASVERSALE DELLA DIREZIONE SCIENTIFICA	5
2 – L’ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA: LA MISSIONE, L’ASSETTO ORGANIZZATIVO E LA STRUTTURA SCIENTIFICA, L’ARTICOLAZIONE TERRITORIALE E LE INFRASTRUTTURE	7
2.1 - LA MISSIONE.....	7
2.2 - L’ASSETTO ORGANIZZATIVO E LA STRUTTURA SCIENTIFICA.....	8
2.3 - L’ARTICOLAZIONE TERRITORIALE E LE INFRASTRUTTURE.....	8
3 – IL PERSONALE	10
3.1 PERSONALE IN SERVIZIO AL 31 DICEMBRE 2025: DIPENDENTI A TEMPO INDETERMINATO E DETERMINATO.....	10
3.2 ALTRE TIPOLOGIE DI PERSONALE PRESENTI AL 31 DICEMBRE 2025: TITOLARI DI BORSE DI AVVIAMENTO ALLA RICERCA E DI DOTTORATO, TITOLARI DI ASSEGNI, ASSOCIATI.....	11
3.3 PARI OPPORTUNITÀ E BILANCIO DI GENERE: IL COMITATO UNICO DI GARANZIA (CUG).....	11
3.4 LA FORMAZIONE DEL PERSONALE.....	12
4 – LE RISORSE DI BILANCIO	14
5 – IL QUADRO DELLE COLLABORAZIONI ED EVENTUALI INTERAZIONI CON LE ALTRE COMPONENTI DELLA RETE DI RICERCA	16
5.1 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI, PARTECIPAZIONI A GRANDI PROGETTI, RETI, CONSORZI, ASSOCIAZIONI CON ENTI, UNIVERSITÀ, ISTITUZIONI, INDUSTRIE NAZIONALI.....	16
5.2 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI CON ISTITUZIONI ESTERE, PARTECIPAZIONI A PROGETTI, NETWORK E ROADMAP EUROPEI ED INTERNAZIONALI.....	18
6 – LE INFRASTRUTTURE DI RICERCA	21
6.1 INFRASTRUTTURE DELL’ENTE (SOFT-TYPE E HARD-TYPE).....	21
6.2 COINVOLGIMENTO IN INFRASTRUTTURE NAZIONALI E INTERNAZIONALI.....	25
6.3 TIPI DI LABORATORI E GRANDI STRUMENTAZIONI.....	28
7 – LA DIREZIONE SCIENTIFICA	31
7.1 – IL DIRETTORE SCIENTIFICO, IL CONSIGLIO DI DIREZIONE, LE DIVISIONI E I SETTORI SCIENTIFICI OMOGENEI.....	31
7.2 – DIVISIONE METROLOGIA DEI MATERIALI INNOVATIVI E SCIENZE DELLA VITA.....	34
7.3 – DIVISIONE METROLOGIA APPLICATA E INGEGNERIA.....	36
7.4 – DIVISIONE METROLOGIA QUANTISTICA E NANOTECNOLOGIE.....	39
8 – HIGHLIGHTS 2025	42
9 – PRODUZIONE SCIENTIFICA E SUO ANDAMENTO NEGLI ULTIMI 4 ANNI	45
9.1 – LE PUBBLICAZIONI.....	45
9.2 I SERVIZI METROLOGICI.....	48
9.3 – I PROGETTI.....	50
10 – LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE	55
10.1 - AZIONI DI SUPPORTO ALLA ALTA FORMAZIONE.....	55
10.2 - FORMAZIONE PROFESSIONALE CONTINUA E PERMANENTE.....	56
10.3 - ATTIVITÀ DI PUBLIC ENGAGEMENT: CONFERENZE, MOSTRE, CANALI SOCIAL.....	57
10.4 - PARTECIPAZIONI A SPIN-OFF, SOCIETÀ E FONDAZIONI.....	58
Appendice 1: Struttura organizzativa dell’INRiM nel 2025	59
Appendice 2: Elenco convenzioni attive nel 2025	61

TABELLE

Tabella 1 – Personale in servizio al 31 dicembre 2025 (TI e TD).....	10
Tabella 2 – Percentuali per profilo del personale TI e TD in servizio al 31 dicembre 2025.....	10
Tabella 3 – Altro personale della Direzione Scientifica al 31 dicembre 2025.....	11

Tabella 4 – Ricavi e proventi per l'attività istituzionale	14
Tabella 5 – Altri ricavi e proventi	14
Tabella 6 – Costi della produzione.....	15
Tabella 7 – Pubblicazioni 2022-2025.....	45
Tabella 8 – Evoluzione delle CMC INRiM nel quadriennio 2022-2025.....	48
Tabella 9 – Progetti attivi nel 2025.....	53
Tabella 10 – I numeri dell'Alta Formazione universitaria nel 2025	56

1 – RESOCONTO TRASVERSALE DELLA DIREZIONE SCIENTIFICA

La Relazione Consuntiva 2025 dell'INRiM ci mostra un ente in crescita con una strutturazione stabile e alcuni punti di miglioramento che si offrono a una lettura articolata.

Cominciamo con il ricordare che gli obiettivi strategici indicati nel PTA sono legati al proprio status di Ente di Ricerca vigilato dal MUR (prima missione) e di Ente Metrologico nell'ambito della Convenzione del Metro (seconda missione): sono le due appartenenze identitarie dell'INRiM.

In quanto Ente di Ricerca, la valorizzazione delle conoscenze è prioritariamente legata alla pubblicazione dei risultati su riviste indicizzate e internazionali, che sono oggetto Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR) quadriennale. Il ruolo di Ente Metrologico Primario implica un'attività legata ai campioni delle unità di misura previsti dalla Convenzione del Metro, rispetto alla loro realizzazione, mantenimento e disseminazione. Da questo punto di vista, la valorizzazione della conoscenza è più complessa, risponde a metriche scientifiche, tra cui nuovamente le pubblicazioni, e a metriche legate a un'infrastruttura di innovazione, cioè legata all'erogazione di servizi verso la società.

Il Trasferimento Tecnologico e i servizi erogati dall'INRiM costituiscono una parte interessante, pienamente aderente al Piano Nazionale del Ricerca, in corso di una costante e migliore valorizzazione: completa il consuntivo la terza missione di Ente, che costituisce, rispetto alla prima e seconda missione, una percentuale assai minore delle attività di istituto; tuttavia, nel 2025, ci sono stati alcuni passaggi importanti sia per qualità che per quantità.

La Relazione Consuntiva strutturata per missione è una chiave di lettura dell'Ente, a cui si aggiunge anche il tema dello sviluppo della Sede Centro e della Sede Sud, per le quali sono stati realizzati i primi investimenti in termini di personale; l'attività di definizione delle due nuove sedi ha avuto uno sviluppo rilevante nel 2025. In INRiM nel corso dell'anno sono state assunte 45 unità di nuovo personale a tempo indeterminato, di cui 16 in area scientifica, 15 in area tecnica, 14 in area amministrativa. Nella Sede Centro di Sesto Fiorentino sono state assunte le prime 2 unità a tempo indeterminato dalla formalizzazione della sede, portando il numero di personale in sede a 9. La Sede Sud di Matera non ha ancora raggiunto lo stesso grado di maturità, ma nel 2025 ha visto attive 3 unità di personale a tempo determinato, in una prospettiva di costruzione di laboratori maggiormente operativi e di una strutturazione progressiva delle attività nelle componenti personale – spazi – strumentazioni.

Il 2025 ha al suo attivo alcuni risultati significativi per quanto riguarda le infrastrutture di ricerca. Tra queste, la proposta FOREST (Fiber-based Optical network for European Science and Technology), candidata alla roadmap 2026 in ESFRI; lo European Strategy Forum on Research Infrastructures (<https://www.esfri.eu/>). FOREST, coordinato dalla Francia, vede nell'Italian Quantum Backbone (IQB) di INRiM il principale nodo italiano, sostenuto dal MUR. Un altro risultato importante è la nascita di QUAMT-ITA (Metrologia Quantistica e Testing per l'Italia), che ambisce a raggiungere una posizione rilevante nel panorama della ricerca quantistica europea, grazie alle sue attività di ricerca quantistica ed ai servizi di misura e test dedicati a dispositivi e sistemi quantistici. QuaMT-ITA opera in stretta collaborazione con gli altri istituti metrologici europei nell'ambito della rete EURAMET "European Metrology Network for Quantum Technologies" ed all'interno del Framework Partnership Agreement europeo "Qu-Test". A QUAMT-ITA si lega anche il Memorandum of Understanding che l'INRiM ha siglato per l'Italia nel 2025 insieme agli Istituti Metrologici di UK, Stati Uniti, Francia, Giappone, Australia, Germania, Canada. Anche l'Infrastruttura di Ricerca Piemonte Quantum Enabling Technologies (PiQuET) ha vinto un nuovo progetto finanziato su fondi PPOR-FESR, consolidando la strategia territoriale con Università di Torino e Politecnico di Torino.

Il Presidente dell'INRiM, invitato a tenere una relazione agli "Stati Generali del Quantum", ha presentato questi risultati; l'evento, che costituisce il lancio del documento di Strategia Quantistica Nazionale a cui l'INRiM ha contribuito, si è tenuto a Roma il 17 dicembre 2025, organizzato in collaborazione da quattro ministeri (MUR, MIMIT, MoD, MASE) e dal Dipartimento per l'Innovazione Digitale della Presidenza del Consiglio.

La produzione scientifica si avvale come metrica del numero di pubblicazioni indicizzate e il relativo *impact factor IF* (quantità della produzione scientifica), sull'IF medio e sulla percentuale di pubblicazioni per IF oppure per Quartile. Sono metriche semplici, con alcuni noti limiti, ma rappresentative per l'Ente.

A consuntivo completato, ossia con i dati disponibili ad aprile 2025 estratti dalle banche dati, risulta che nel 2025 l'INRiM ha pubblicato 197 pubblicazioni indicizzate con IF medio 5,4. Se consideriamo 176 tra ricercatori e tecnologi (a tempo determinato e indeterminato), nel 2025 INRiM ha 1,1 pubblicazioni/addetto, il 42% di pubblicazioni con IF>5 e il 16% con IF>8. 70% delle pubblicazioni sono in primo quartile.

Accanto alle pubblicazioni si segnalano le metriche sul numero di progetti di eccellenza quali Coordinamenti di progetti europei, numero di grant dello European Research Council (ERC), dello European Innovation Council (EIC) e del Fondo Italiano per la Scienza (FIS). In particolare sarà considerato il numero di questi progetti in rapporto al numero di addetti: nel 2025, con 296 dipendenti a tempo indeterminato, questa metrica vale 0,07 grant/addetto.

Oltre ai Coordinamenti e ai Grant di Eccellenza, la capacità complessiva di attrarre fondi è una metrica di rilievo, per cui anche l'entità di finanziamento esterno per attività di ricerca per addetto, che nel 2025 tocca ca 165.000 euro/addetto, dati dai 166 progetti del 2025, con un totale di 49 M€ di finanziamento.

Completa le metriche per la valutazione dell'ente il valore dei servizi erogati per addetto, che vale nel 2025 circa 5.500 euro/addetto, metrica che programmiamo di aumentare nel triennio; l'attività di taratura e prova si riconduce alla seconda missione, poiché è in grande parte composta da servizi di innovazione legati alla riferibilità metrologica fornita dall'INRiM. I servizi sono in massima parte legati ai certificati di tarature (1.889 certificati nel 2025), ai confronti interlaboratorio (128) e ai rapporti di prova (43).

Per quanto concerne la terza missione, la novità maggiore a consuntivo 2025 riguarda l'attività del Trasferimento Tecnologico, che è stata potenziata con l'assunzione di un Dirigente Tecnologo dedicato a questo ruolo, creando le condizioni di un sostegno ancora più strutturato a brevetti, spin-off e relazioni con le aziende per ricerca commissionata e servizi strutturati.

Sono presenti però anche la razionalizzazione e valorizzazione delle attività di divulgazione verso le scuole, su cui si proporrà un patrocinio del Ministero per l'Istruzione, mentre rimane rilevante l'attività di organizzazione di conferenze scientifiche: a Torino, nel 2025, INRiM ha organizzato sia "Quantum 2025 – Advances in Foundations of Quantum Mechanics and Quantum Information with Atoms and Photons" (in collaborazione con Università degli Studi di Torino, l'Università degli Studi di Bari e Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), con 300 ricercatori, che il 14° simposio internazionale su Hysteresis Modeling and Micromagnetics (HMM), che ha riunito circa 70 ricercatori. In entrambi i casi parliamo di conferenza organizzate con partecipazioni da tutti i continenti

In generale, il consuntivo scientifico 2025 vede un ente consolidato, con ottime eccellenze. La prima missione può migliorare nella produzione di pubblicazioni di eccellenza: il dato di pubblicazioni con IF>8 è infatti del 15% sul totale, incrementarlo potrebbe essere un obiettivo interessante. La seconda missione invece può vedere un generale incremento di attività, portando a servizi con più elevato valore aggiunto. In particolare, va considerato con maggior approfondimento il ruolo dell'industria come stakeholder: i contratti di ricerca industriale sono pari al 14% dei fondi attratti, i servizi offerti hanno un valore del 3% dei fondi attratti, anche se proiettati sul valore medio di tre anni per progetto crescono al 9%. Si può stimare dunque che su un triennio INRiM veda il 23% dei propri ricavi legati all'impatto industriale, cifra significativa, ma la transizione tra ricerca commissionata e nuovi servizi a valore aggiunto pare limitato e migliorabile.

In generale dunque, se adottiamo il cosiddetto modello "a tripla elica" dell'innovazione¹, con attenzione a ricerca pubblica, industria e quadro normativo (governo, MUR, Convenzione del Metro), INRiM appare ben posizionato ma potrà curare meglio il proprio impatto su società e industria, e aumentare la propria quota di eccellenza.

¹ Etzkowitz, Henry; Leydesdorff, Loet (1995-01-01). "The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development". SSRN 2480085.

2 – L'ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA: LA MISSIONE, L'ASSETTO ORGANIZZATIVO E LA STRUTTURA SCIENTIFICA, L'ARTICOLAZIONE TERRITORIALE E LE INFRASTRUTTURE

2.1 - LA MISSIONE

L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) è un Ente pubblico nazionale istituito con D. Lgs. del 21 gennaio 2004 n. 38. L'INRiM nasce nel 2006, dalla fusione dell'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del CNR (IMGC) e dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IEN), istituti di lunga tradizione (fondati rispettivamente nel 1968 e nel 1934) con consolidate e profonde competenze nei campi della metrologia e della scienza dei materiali. La missione, i compiti e le funzioni dell'Istituto sono definiti dal decreto istitutivo n. 38/2004 e dallo Statuto dell'ente, in vigore dal 1° marzo 2018.

L'INRiM svolge e promuove la ricerca nell'ambito della metrologia, sviluppa i campioni ed i metodi di misura più avanzati e le relative tecnologie, mediante i quali assolve alle funzioni di istituto metrologico primario ai sensi della legge 11 agosto 1991, n. 273. A tal fine, in qualità di firmatario degli accordi internazionali sulla metrologia, anche su delega delle Istituzioni competenti, e analogamente agli istituti metrologici degli altri Paesi, l'INRiM realizza e mantiene i campioni nazionali per le unità di misura necessari per la riferibilità e il valore legale delle misure nei settori dell'industria, del commercio, della ricerca scientifica, della salvaguardia della salute e dell'ambiente, nonché per le necessità di misura in campo giudiziario e per qualsiasi altro settore in cui gli alti contenuti scientifico-tecnologici propri della ricerca metrologica trovino ricadute applicative di interesse. L'INRiM inoltre valorizza, diffonde e trasferisce conoscenze e risultati nella scienza delle misure e nella ricerca sui materiali per favorire lo sviluppo tecnologico nazionale e il miglioramento della qualità della vita e dei servizi per il cittadino.

In quanto firmatario per l'Italia del *Mutual Recognition Arrangement* (MRA)², redatto dal Comité International des Poids et Mesures (CIPM) in virtù del mandato ricevuto dagli Stati Membri, tra cui l'Italia, firmatari della Convenzione del metro (trattato internazionale firmato a Parigi il 20 maggio 1875 da 17 paesi), l'INRiM partecipa come membro ai lavori degli organismi tecnici della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) contribuendo a definire le strategie e i programmi di ricerca a lungo termine della metrologia internazionale; aderisce alla European Association of National Metrology Institutes (EURAMET e.V.), organizzazione costituita dagli Istituti metrologici nazionali d'Europa per la cooperazione nelle attività della metrologia. Svolge i compiti derivanti dalla firma dell'accordo internazionale di mutuo riconoscimento (CIPM-MRA), dei campioni nazionali di misura e della validità dei certificati di taratura, misura e prova emessi dagli Istituti metrologici primari nazionali. Attraverso accordi specifici, svolge anche la funzione di centro di studi e ricerche a sostegno della metrologia legale e in generale alle attività svolte dal sistema camerale.

L'INRiM promuove ricerche e infrastrutture di eccellenza con attenzione alle tecnologie abilitanti e/o emergenti per le sfide della società attuale che vengono proposte nei programmi europei, nazionali, delle regioni. L'INRiM inoltre trasferisce conoscenze e risultati della ricerca allo scopo di favorire lo sviluppo del Paese nelle sue varie componenti.

Oltre agli impegni derivanti dalla legge istitutiva, che chiamano INRiM a svolgere la missione di Istituto metrologico primario, garantendo la riferibilità nazionale al Sistema di Misura Internazionale (SI) e sostenendo lo sviluppo tecnologico del Paese, INRiM, quale ente di ricerca vigilato dal MUR, è chiamato a misurarsi con gli altri enti pubblici di ricerca sul piano dell'eccellenza scientifica, con ricerche di frontiera nei vari campi disciplinari della scienza delle misure.

² All'accordo CIPM-MRA attualmente aderiscono 258 istituti, di cui 97 NMIs, 4 organizzazioni internazionali e 157 Istituti Designati come detentori di specifici campioni nazionali.

2.2 - L'ASSETTO ORGANIZZATIVO E LA STRUTTURA SCIENTIFICA

Nella tabella seguente sono riportati gli organi di governo dell'INRiM.

ORGANI DELL'ISTITUTO	
Organi di indirizzo politico amministrativo	Presidente
	Consiglio di Amministrazione
Organi di indirizzo scientifico	Consiglio Scientifico
	Direttore Scientifico
	Direzione Scientifica
Organo di controllo	Collegio dei Revisori dei Conti

Organismi di controllo, valutazione e garanzia
Magistrato della Corte dei Conti
Organismo Indipendente di Valutazione (OIV)
Comitato Unico di Garanzia per le pari opportunità, la valorizzazione del benessere di chi lavora e contro le discriminazioni dell'INRiM (CUG)
Comitato di indirizzo per la Qualità (CIQ)
Direttore Generale

Il modello strutturale di organizzazione e funzionamento si articola in:

- **Direzione generale**, per la gestione amministrativa, per l'organizzazione delle risorse umane dell'ente e per la gestione dei Servizi tecnici, ad esclusione di quanto di competenza della Direzione scientifica; la Direzione generale opera sotto la diretta responsabilità del Direttore generale;
- **Direzione scientifica**, per il coordinamento, la programmazione e lo svolgimento delle attività tecnico-scientifiche dell'Ente; composta dal Direttore scientifico (coordinamento delle attività svolte nelle Divisioni), e dal Consiglio di Direzione (ne fanno parte il Direttore Scientifico, i Responsabili delle Divisioni e un pari numero di membri eletti).

L'area tecnico-amministrativa è costituita dalla Direzione generale, articolata in due Direzioni di II livello, Direzione Supporto alla Ricerca e Innovazione e Direzione Tecnica; 9 unità organizzative (UO) e 1 servizio di diretta afferenza della Direzione; ogni U.O. opera su coordinamento di un Responsabile.

L'area scientifica è articolata in tre Divisioni, cui sono preposti i Responsabili di Divisione. Ciascuna Divisione contribuisce, con le proprie competenze, allo svolgimento dei programmi tecnico – scientifici e quindi alla *mission* dell'Istituto. Le Divisioni sono a loro volta strutturate in specifici Settori di ricerca.

L'intera struttura organizzativa dell'INRiM è disponibile nell'Appendice 1 di questo documento e nella sezione "Organigramma" del portale www.inrim.it (alla pagina <https://www.inrim.it/it/chi-siamo/organizzazione/organigramma>).

2.3 - L'ARTICOLAZIONE TERRITORIALE E LE INFRASTRUTTURE

L'articolazione territoriale dell'INRiM è così distribuita:

Sede Nord: è la sede principale situata nella città di Torino.

Si trova in Strada delle Cacce 91 in un campus di 130 000 m², all'interno del parco Colonnetti che ospita gli uffici e i laboratori dell'Istituto. Il campus è composto da 13 edifici fuori terra e da una struttura completamente interrata (galleria), che sviluppano nel loro complesso una superficie utile di 37.000 m². I laboratori adibiti alle diverse attività di ricerca e ai servizi di taratura, misura, prova e certificazione coprono il 70% della superficie utile. Il restante 30% è destinato a uffici, biblioteca, amministrazione, officine, servizi e infrastrutture di supporto alle attività. A Torino è situata anche la *sede storica* dell'INRiM, in Corso Massimo D'Azeglio 42, 11.000 m² dedicati a numerosi uffici/laboratori e alla Biblioteca Storica. Qui svolge la propria attività, all'interno il

Laboratorio alte tensioni e forti correnti (LATFC), mentre alcuni locali sono concessi all'Università di Torino e al Politecnico di Torino.

Sede Centro: l'Istituto ha una sede operativa a Sesto Fiorentino, dove collabora da anni con le principali realtà della ricerca fiorentina, come l'Università degli Studi di Firenze (UniFi), il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non Lineare (LENS) ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR); la sede è stata inaugurata il 24 febbraio 2025 e rafforza la presenza dell' Istituto sul territorio nazionale e a promuovere collaborazioni strategiche con il mondo della ricerca e dell'industria in Toscana.

Sede Sud: il 6 febbraio 2025 è stata inaugurata la nuova sede dell'INRiM a Matera, presso il Centro di Geodesia Spaziale dell'ASI e la Casa delle tecnologie Emergenti (Matera), allo scopo di favorire lo sviluppo di realtà virtuose ad alto contenuto tecnologico in una regione del sud naturalmente connessa ad eccellenze accademiche e industriali nel settore spaziale e non solo.

Laboratorio presso l'Università di Pavia: presso il Dipartimento di Chimica, l'INRiM ha in concessione alcuni locali destinati ad attività scientifiche, presso i quali opera personale ricercatore dell'Istituto.

3 – IL PERSONALE

3.1 PERSONALE IN SERVIZIO AL 31 DICEMBRE 2025: DIPENDENTI A TEMPO INDETERMINATO E DETERMINATO

La tabella di seguito riassume il quadro delle risorse umane della Direzione Scientifica e della Direzione Generale dell'INRiM. I numeri fanno riferimento alla situazione del personale rilevata al 31 dicembre 2025, con un organico totale di 317 unità di personale, di cui 296 a tempo indeterminato e 21 a tempo determinato.

Tabella 1 – Personale in servizio al 31 dicembre 2025 (TI e TD)

PROFILO	DIREZIONE SCIENTIFICA			DIREZIONE GENERALE	TOT
	ML	AE	QN		
Personale TI					
Dirigente di ricerca	2	4	5		11
Primo ricercatore	23	13	23		59
Ricercatore	18	15	20		53
Dirigente tecnologo	2	1	1	2	6
Primo tecnologo	1	6	1	3	11
Tecnologo	4	10	11	6	31
Collaboratore tecnico enti di ricerca	10	19	14	23	66
Operatore tecnico	1	2		6	9
Dirigente amministrativo II fascia				1	1
Funzionario di amministrazione				16	16
Collaboratore di amministrazione				30	30
Operatore di amministrazione				3	3
Tot.	61	70	75	90	296
Personale TD					
Ricercatore	5	3	8		16
Collaboratore tecnico enti di ricerca		4	1		5
Tot.	5	7	9	-	21
TOTALE COMPLESSIVO	66	77	84	90	317

Nella tabella seguente si riportano le percentuali dei diversi profili di personale:

Tabella 2 – Percentuali per profilo del personale TI e TD in servizio al 31 dicembre 2025

PROFILI	PERCENTUALI
PERSONALE TI, di cui	100%
Direzione Generale	30%
Direzione Scientifica	70%
Personale TI Direzione Scientifica, di cui	100%
I liv	7%
II liv	33%
III liv	38%
Cter	21%
Oper. Tecnici	1%
TOTALE PERSONALE	100%
TI	93%
TD	7%

3.2 ALTRE TIPOLOGIE DI PERSONALE PRESENTI AL 31 DICEMBRE 2025: TITOLARI DI BORSE DI AVVIAMENTO ALLA RICERCA E DI DOTTORATO, TITOLARI DI ASSEGNI, ASSOCIATI

Tabella 3 – Altro personale della Direzione Scientifica al 31 dicembre 2025

PROFILO	ML	AE	QN	Direzione Scientifica	TOT
Assegni	10	5	8	-	23
Borse di avviamento alla ricerca	-	-	3	-	3
Borse di dottorato	12	2	12	2	28
Associati	9	3	10	32	54
TOTALE	31	10	33	34	108

3.3 PARI OPPORTUNITÀ E BILANCIO DI GENERE: IL COMITATO UNICO DI GARANZIA (CUG)

Il Comitato Unico di Garanzia (CUG) dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica è stato costituito per la prima volta con DDG n. 213/2019 del 20/12/2019. Alla scadenza del primo mandato, di durata quadriennale, è stato ricostituito, in una composizione parzialmente diversa, con DDG 62/2024 del 15/02/2024. Ai sensi della normativa, il CUG è a servizio di tutto il personale operante nell'Istituto. Si compone di tre membri di nomina sindacale e di tre membri nominati dal Direttore Generale, e di altrettanti membri supplenti, nel rispetto della parità di genere.

Le azioni volte a garantire la parità di genere e l'inclusività devono essere considerate elementi strutturali della strategia complessiva dell'INRiM e concorrono in modo trasversale al raggiungimento di obiettivi cruciali quali la creazione di valore pubblico, la promozione del benessere organizzativo e il miglioramento della qualità degli ambienti di lavoro, in coerenza con quanto definito nel Piano Integrato di Attività e Organizzazione (PIAO) e nel Gender Equality Plan (GEP) dell'Istituto.

In questo quadro istituzionale, il **Comitato Unico di Garanzia (CUG)** esercita compiti propositivi, consultivi e di verifica, operando – quanto al suo funzionamento – nel rigoroso rispetto delle Direttive ministeriali del 4 marzo 2011 e del 2 febbraio 2019. Svolge un ruolo fondamentale di impulso e raccordo a supporto dell'Amministrazione, agendo in sinergia strutturata con la **Consigliera di Fiducia** (quale presidio istituzionale indipendente per la tutela delle persone e la prevenzione delle discriminazioni), lo **Sportello di ascolto psicologico** (strumento di supporto specialistico) e le **Unità Organizzative (UO)** competenti sui temi delle risorse umane, della formazione e dell'organizzazione del lavoro. Il CUG di INRiM è, inoltre, inserito nella Rete nazionale dei CUG e partecipa agli incontri plenari e alle sottocommissioni, nonché ai webinar formativi e divulgativi organizzati dalla Rete e dalla Fondazione Rigel, nata come sua struttura operativa.

Coerentemente con i compiti individuati dalle Direttive e con l'obiettivo sia di integrare la propria azione a livello nazionale e regionale, sia di supportare sempre più attivamente le scelte e l'operato dell'Istituto, nel corso del 2025 il CUG:

- ha predisposto la Relazione annuale 2025, pubblicata sul Portale nazionale dei CUG, al seguente link: <https://portalecug.gov.it/format-2/relazione-cug-istituto-nazionale-di-ricerca-metrologica-inrim-2025>;
- ha indicato propri/proprie referenti quali componenti del gruppo dedicato all'indagine sullo stress lavoro correlato;
- ha partecipato, con proprie rappresentanti e unitamente alla Consigliera di Fiducia, all'evento *Global Women Breakfast 2025: Accelerating Equity in Science* presso la sede di Sesto Fiorentino (11 febbraio 2025); ha inoltre, contribuito all'organizzazione dello stesso, tra l'altro procurando la partecipazione, in veste di relatrice, della Presidente della Rete Nazionale dei CUG, Avv. Antonella Ninci;
- ha avviato la co-organizzazione dell'evento *Global Women Breakfast 2026*;
- ha promosso, all'interno dell'Istituto, la partecipazione al XIX Premio Internazionale "Tecnovisionarie®" per giovani ricercatrici, iniziativa promossa da Women&Tech® ETS (<https://www.womentech.eu/en/>), associazione che fornisce supporto e opportunità alle donne che lavorano nel settore tecnologico.
- ha proposto l'inserimento nella Newsletter settimanale dell'Istituto del banner recante il numero antiviolenza:

1522 - Numero Antiviolenza e Antistalking

Il 1522 è un servizio pubblico promosso dal Dipartimento per le pari opportunità della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Il numero è gratuito, attivo 24 ore su 24 e accoglie con operatrici specializzate le richieste di aiuto e sostegno delle vittime di violenza e stalking. Per avere aiuto o anche solo un consiglio chiama il 1522 oppure chatta direttamente con una operatrice sul sito www.1522.eu o via app.

- ha effettuato un incontro di presentazione con la nuova Consigliera di Parità della Regione Piemonte, Dott.ssa Chiara Cerrato (28 maggio 2025), per favorire la reciproca conoscenza e per attivare la possibilità di un maggior coordinamento e partecipazione sul territorio;
- nell'esercizio della propria funzione consultiva, ha reso parere sul testo del nuovo Codice di Condotta per la tutela della dignità della persona, successivamente approvato dal Consiglio di Amministrazione e pubblicato nella sezione "Amministrazione Trasparente" del Portale dell'Istituto: <https://trasparenza.inrim.it/it/home/disposizioni-general/atti-general/codici-e-disciplinari-di-comportamento>
- ha analogamente effettuato l'analisi e la revisione del Bilancio di Genere 2025 (su dati 2024), successivamente approvato dal Consiglio di Amministrazione e pubblicato nella sezione "Amministrazione Trasparente" del Portale dell'Istituto: <https://trasparenza.inrim.it/it/home/altri-contenuti/bilancio-di-genere>

Oltre a queste azioni puntuali, il CUG ha svolto la sua attività avendo sempre a riguardo il benessere delle persone, sotto ogni profilo, anche attraverso incontri di confronto e coordinamento periodici (bimestrali, in via ordinaria), ai quali ha partecipato come invitata la Consigliera di Fiducia.

3.4 LA FORMAZIONE DEL PERSONALE

Analisi della partecipazione ai corsi di formazione, seminari scientifici e aggiornamenti normativi.

1. Sintesi del personale coinvolto

Dall'analisi del database dedicato alla formazione emerge un profilo di utenza esperto, con una forte prevalenza di figure senior (fascia d'età media tra i 45 e i 65 anni). La platea è composta principalmente da Primi Ricercatori, Tecnologi e Personale Tecnico-Amministrativo (T.A.). Complessivamente, nel 2025, il personale afferente all'Area Research & Knowledge Transfer ha seguito 647 corsi di formazione.

- **Distribuzione genere:** Prevalenza maschile (216 utenti unici, di cui 54 donne e 162 uomini), con una quota significativa di figure apicali femminili in percorsi di alta specializzazione.

2. Aree tematiche e distribuzione delle ore

La formazione erogata si è articolata su quattro pilastri, con un monte ore diversificato per tipologia di intervento:

- **Sicurezza e normativa (Obbligatoria):** Focus sulla conformità legale.
 - *Esempi:* Agg. Preposti D.Lgs 81/08 (**6 ore**); Formazione Interna DEWAR (**4 ore**).
- **Gestione e digitalizzazione:** Efficientamento dei processi e dematerializzazione.
 - *Esempi:* Predisposizione RDA sottosoglia (**6 ore**); Utilizzo GoSign (**3 ore**).
- **Ricerca scientifica e metrologia:** Eccellenza tecnica e aggiornamento scientifico.
 - *Esempi:* Corso Python (**32 ore**); VNA Tools (**30 ore**); Seminari scientifici (media **2 ore/cad**).
- **Soft skills e benessere:** Valorizzazione del capitale umano.
 - *Esempi:* Talent Development (**8 ore**); Seminari Alimentazione Consapevole (**2 ore**).

3. Analisi Quantitativa (Dati di Sintesi)

- **Totale ore di formazione erogate:** 4.137 ore complessive
- **Media ore per dipendente:** 20 ore/anno.
- **Incidenza Area Tecnica/Scientifica:** 65% del monte ore totale.
- **Incidenza Area Trasversale/Amministrativa:** 35% del monte ore totale.

4. Indicatori Chiave (KPI)

- **Corso più intensivo:** Python (**32 ore**) e VNA Tools (**30 ore**), indicativi della necessità di competenze digitali robuste.
- **Trasversalità:** I corsi su RDA e ISO 9001:2026 hanno registrato il più alto numero di iscritti unici.
- **Innovazione:** Introduzione tempestiva dei moduli su ISO 9001:2026 e NIS 2 (Cybersecurity).

5. Valutazioni e Conclusioni

Il piano formativo appare coerente con la missione dell'ente. Si osserva un ottimo bilanciamento tra compliance (Sicurezza/ISO) e acquisizione di nuove *hard skills*. Anche l'attenzione delle *soft skills* è ben presidiata.

4 – LE RISORSE DI BILANCIO

I ricavi dell'esercizio 2025 sono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 4 – Ricavi e proventi per l'attività istituzionale

Valore della produzione	Anno 2025	Anno 2024	var. 2025-2024	var. %
1 Ricavi e proventi per l'attività istituzionale	3.175.889	3.672.446	-496.557	-13,5%
2 Variazioni delle rimanenze di prodotti in corso di lavorazione, semilavorati e finiti;		-		
3 Variazioni dei lavori in corso su ordinazione;		-		
4 Incrementi di immobilizzazioni per lavori interni		-		
5 Altri ricavi e proventi, con separata indicazione dei contributi in conto esercizio	45.373.521	46.365.740	-992.219	-2,1%
Totali	48.549.410	50.038.186	- 1.488.776	-3,0%

I "Ricavi e proventi per l'attività istituzionale" sono costituiti dall'attività di prove e tarature oltre ai proventi derivanti da contratti per la realizzazione di contratti di ricerca, dettagliati come segue:

- Proventi da attività di certificazione: euro 1.661.992
- Proventi da ricerche commissionate: euro 1.513.897

Rispetto all'esercizio precedente, i proventi da attività di certificazione presentano un aumento del 11,9%, mentre i ricavi da ricerche commissionati subiscono una riduzione del 29,5%.

La voce "Altri ricavi e proventi con separata indicazione dei contributi in c/e" risulta essere così composta:

Tabella 5 – Altri ricavi e proventi

Valore della produzione	Anno 2025	Anno 2024	var. 2025-2024	var. %
Altri ricavi e proventi	4.185.592	3.124.833	1.060.759	33,9%
Trasferimenti correnti da MUR (FOE)	24.927.455	24.456.209	471.246	1,9%
Trasferimenti correnti da MUR (valenza internazionale)	4.123.257	4.572.119	-448.862	-9,8%
Trasferimenti correnti da MUR (progettualità di carattere continuativo)	960.917	448.384	512.533	114,3%
Trasferimenti correnti da MUR (contratti di ricerca)	61.095	0	61.095	
Trasferimenti correnti da enti e altre istituzioni di ricerca	1.105.282	1.308.044	-202.762	-15,5%
Premialità VQR 2015 – 2019	0	221.593	-221.593	-100,0%
Trasferimenti correnti da altri ministeri	88.760	48.074	40.686	84,6%
Proventi da ricerche con finanziamenti competitivi da EURAMET	2.706.846	3.061.566	-354.720	-11,6%
Trasferimenti da altre amministrazioni	356.575	273.296	83.279	30,5%
Proventi da ricerche con finanziamenti competitivi	4.811.779	7.673.981	-2.862.202	-37,3%
Altri trasferimenti da UE e da resto del mondo	252.668	134.395	118.273	88,0%
Altri trasferimenti da imprese	544.490	511.345	33.145	6,5%
Contributi agli investimenti	1.248.804	531.901	716.903	134,8%
Totale	45.373.521	46.365.740	-992.219	-2,1%

Per un dettaglio circa la composizione delle singole voci si rimanda alla Nota integrativa al bilancio consuntivo.

Per quanto concerne invece i costi della produzione, gli stessi risultano così suddivisi:

Tabella 6 – Costi della produzione

Costi della produzione	Anno 2025	Anno 2024	var. 2025-2024	var. %
Materie prime, sussidiarie, di consumo e merci	2.075.779	1.400.322	675.457	48,2%
Costi per servizi	10.011.233	9.314.791	696.442	7,5%
Costi per godimento di beni di terzi	617.178	815.487	-198.309	-24,3%
Spese per il personale	19.247.852	18.608.356	639.496	3,4%
Ammortamenti e svalutazioni	8.727.529	6.793.579	1.933.950	28,5%
Variazioni delle rimanenze di materie prime, sussidiarie di consumo e di merci		-		
Accantonamenti per rischi	58.111	245.498	-187.387	-76,3%
Altri accantonamenti	2.740.245	3.595.486	-855.241	-23,8%
Oneri diversi di gestione	3.788.107	6.882.186	-3.094.079	-45,0%
Totale	47.266.034	47.655.705	-389.671	-0,8%

I costi di esercizio 2024 risultano complessivamente invariati rispetto al 2024. Si registrano aumenti nel costo dei materiali di consumo (+48%) e dei servizi (+7,5%, nel costo per ammortamenti per via della entrata in funzione nell'esercizio di nuovi beni materiali (impianti e immobili) realizzati e di attrezzature scientifiche acquisite. Si registrano altresì diminuzioni sensibili negli accantonamenti e negli oneri diversi di gestione. I proventi finanziari, essenzialmente utili su cambi, ammontano a 5.872 euro.

A questi si aggiungono 1.270.129 euro di imposte sul reddito dell'esercizio.

Complessivamente, nell'esercizio 2025 è stato conseguito un **utile** pari a **19.119 euro**.

Per quanto concerne invece gli **investimenti**, nell'anno 2025 si evidenzia il proseguimento di grandi opere su fondi propri dell'Ente che costituiscono in gran parte "immobilizzazioni in corso" e l'acquisto di importante strumentazione scientifica, in particolare per i progetti PNRR.

Per una descrizione dettagliata, si rimanda alla nota integrativa al bilancio di esercizio.

5 – IL QUADRO DELLE COLLABORAZIONI ED EVENTUALI INTERAZIONI CON LE ALTRE COMPONENTI DELLA RETE DI RICERCA

Consapevole dell'importanza del confronto quale ingrediente fondamentale per lo sviluppo e la qualità della ricerca scientifica, l'INRiM promuove, tramite la firma di protocolli d'intesa, convenzioni, accordi quadro e memorandum of understanding, collaborazioni scientifiche con istituzioni nazionali e internazionali.

5.1 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI, PARTECIPAZIONI A GRANDI PROGETTI, RETI, CONSORZI, ASSOCIAZIONI CON ENTI, UNIVERSITÀ, ISTITUZIONI, INDUSTRIE NAZIONALI

Nel 2025 l'INRiM è stato attivo in **collaborazioni con 221 organismi e aziende nazionali, sviluppate nell'ambito di progetti, convenzioni, associazioni e pubblicazioni di articoli scientifici**; gli organismi coinvolti sono:

- **94 enti di ricerca / università**
- **15 enti / fondazioni ospedalieri**
- **57 tra fondazioni, associazioni, consorzi, ministeri ed enti pubblici**
- **55 aziende**

Si riporta di seguito il dettaglio delle collaborazioni in essere, prendendo in esame in particolare quelle riguardanti le convenzioni, i progetti, i consorzi e le associazioni.

5.1.1 Convenzioni

Nel 2025 risultano attive **34 convenzioni con università**, sottoscritte allo scopo di realizzare attività di ricerca scientifica congiunta (per progetti e/o condivisione di laboratori), attività di trasferimento tecnologico e formare laureandi e dottorandi in ambito KT, nonché per promuovere la mobilità accademica (tirocini) e il sostegno all'alta formazione tramite il cofinanziamento di borse di studio e la partecipazione attiva a corsi di dottorato; sono coinvolte università al nord al sud del Paese, spiccano, per la numerosità delle convenzioni, il Politecnico e l'Università di Torino.

Sono attive nell'anno anche **24 convenzioni/accordi quadro/accordi di partenariato con enti e istituti di ricerca nazionali**, al fine di incentivare la cooperazione su materie di comune interesse, realizzare infrastrutture/iniziative/programmi, erogare formazione professionale, gestire la partecipazione di personale dell'Istituto alle attività di normazione nell'ambito di Commissioni Tecniche, costituire Associazioni Temporanee di Scopo (ATS) per la realizzazione di progetti, e fornire servizi di metrologia.

Tra gli enti coinvolti, l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), la Fondazione Istituto Italiano di tecnologia (IIT) di Genova, l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale (OGS) e il Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT).

L'INRiM ha anche stipulato **5 convenzioni con Istituti secondari di secondo grado piemontesi** per l'attivazione di tirocini curriculari PCTO.

5.1.2 Attività progettuale su contratto

L'**attività progettuale su contratto** dell'INRiM è stata consistente e si è sviluppata sia sul fronte degli enti di ricerca/università che sul fronte industriale (progetti congiunti di ricerca e innovazione/iniziative di trasferimento tecnologico). L'Istituto è stato coinvolto in collaborazioni con **126 organismi nazionali**, di cui:

- **55 enti di ricerca / università**
- **24 tra fondazioni, enti ospedalieri, enti pubblici e consorzi**
- **47 aziende**

5.1.3 Partecipazioni a grandi progetti, reti, consorzi, associazioni nazionali

Il 9 luglio 2025 il [Comitato Interministeriale per la Transizione Digitale](#), del MUR ha approvato la Strategia italiana per le tecnologie quantistiche, il documento che definisce la *roadmap* nazionale per rafforzare il ruolo

del Paese in un settore chiave della ricerca e dell'innovazione. Il documento è il risultato di un lavoro corale promosso dal Ministero dell'Università e della Ricerca con la collaborazione di altri dicasteri e agenzie nazionali, coordinato dal Professor Tommaso Calarco. Tra gli esperti coinvolti anche Davide Calonico, Direttore scientifico dell'INRiM, a conferma del ruolo centrale della metrologia e dell'Istituto nel futuro delle tecnologie quantistiche. Un passo fondamentale che si inserisce nella [Quantum Europe Strategy](#), che porterà al futuro *Quantum Act*.

Partecipazione a reti e consorzi

L'INRiM è socio dei seguenti **cluster tecnologici nazionali**:

- Cluster "Energia", per la partecipazione di tutti gli attori nazionali interessati ai temi dell'energia;
- Cluster "Fabbrica Intelligente", che riunisce imprese, università e centri di ricerca, associazioni imprenditoriali e stakeholder attivi nel manufacturing avanzato.

Storica è l'adesione dell'INRiM, in qualità di membro, ai **Poli di Innovazione della Regione Piemonte**:

- Polo di Innovazione BIOPMED: salute umana e delle scienze della vita.
- Polo MESAP "Smart Products and Manufacturing": prodotti, processi intelligenti e produttori.
- Polo ICT: rete di PMI, grandi imprese, enti di ricerca pubblici e privati, end user, al fine di sviluppare progetti di ricerca e nuove opportunità di business.
- Polo Clever: energia ed efficienza energetica, risorse idriche, economica circolare, infrastrutture e reti di distribuzione, mobilità sostenibile e clean solutions.

L'INRiM aderisce ai seguenti **consorzi**:

- Alleanza Quantistica Italiana – AQI: tecnologie quantistiche.
- SPACE IT UP S.C.ar.l.: Società Consortile per l'Eccellenza Spaziale Italiana.
- NQSTI S.c. a r.l. - National Quantum Science and Technology Institute: Scienza e Tecnologia Quantistica; supporta la creazione e l'incubazione di spin-off e start-up.
- Consorzio Top-IX – Torino: ha l'obiettivo di creare e gestire un Internet Exchange per lo scambio del traffico internet nell'area del Nord Ovest; l'INRiM ha sviluppato una proficua collaborazione nel campo della diffusione di segnali di riferimento di frequenza e di tempo.
- Consorzio CINECA: Consorzio Interuniversitario, maggiore centro di calcolo in Italia e uno dei più importanti a livello mondiale.
- DAP - Distretto Aerospaziale Piemonte: per lo sviluppo e il consolidamento di un distretto tecnologico aerospaziale del Piemonte e la promozione delle eccellenze presenti sul territorio piemontese.

Infine, l'Istituto partecipa attivamente alla Consulta dei presidenti degli enti pubblici di ricerca (CoPER), contribuendo anche alle attività dei gruppi di lavoro istituiti sulla *scienza aperta* e sulla *valutazione della ricerca*, e alla Conferenza Permanente dei Direttori Generali degli Enti Pubblici di Ricerca Italiani (CODIGER) e ai relativi tavoli tecnici.

Partecipazione ad associazioni

L'INRiM aderisce, in qualità di membro, a diversi organismi che gravitano in aree di interesse dell'Istituto:

- ACCREDIA – L'Ente Italiano di Accreditamento
- AIA – Associazione Italiana di Acustica
- AICQ - Associazione Italiana Controllo Qualità
- AIDI - Associazione Italiana di Illuminazione
- APEnet - Associazione degli Atenei ed Enti di Ricerca per il Public Engagement
- APRE - Agenzia Promozione Ricerca Europea
- Bio Industry Park
- CMM Club Italia
- CODIGER
- CUNA - Commissione Tecnica di Unificazione nell'Autoveicolo
- FPI - Fondazione Piemonte Innova (ex Torino Wireless)

- IMQ – Istituto Italiano del Marchio di Qualità
- NETVAL - Network per la valorizzazione della ricerca
- SCI – Società Chimica Italiana
- SIF – Società Italiana di Fisica

Gli organismi a seguire, in quanto organismi normativi, fruiscono anche della competenza del personale dell'INRiM, che partecipa attivamente ai Comitati tecnici per la definizione e l'aggiornamento delle norme:

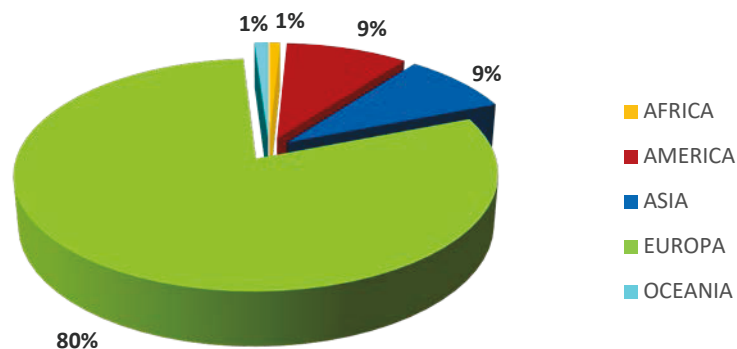
- CEI – Comitato Elettrotecnico Italiano
- UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione
- UNINFO - Ente di normazione tecnica federato all'UNI
- UNIMET – Ente federato all'UNI

5.2 ACCORDI, COLLABORAZIONI, CONTRATTI CON ISTITUZIONI ESTERE, PARTECIPAZIONI A PROGETTI, NETWORK E ROADMAP EUROPEI ED INTERNAZIONALI

Il grafico a seguire mostra il **panorama delle collaborazioni internazionali dell'INRiM nel 2025**, distribuite sui 5 continenti. Sono state prese in considerazione le **collaborazioni maturate nei contesti delle convenzioni/contratti formalizzati, della partecipazione a comuni progetti di ricerca, dell'attività di pubblicazione e brevettuale, dei confronti internazionali** connessi alla missione dell'Istituto.

L'INRiM ha collaborato con **più di 800 tra organismi e aziende internazionali** così distribuiti:

- **72 enti metrologici, sia NMIs (National Measurement Institutes) che DIs (Designed Institutes)**
- **587 organismi (513 tra enti di ricerca e università; 74 tra enti pubblici, fondazioni, associazioni, consorzi e agenzie)**
- **180 aziende**



5.2.1 Convenzioni

L'INRiM è stato impegnato in **collaborazioni strutturate con enti di ricerca, organismi e università internazionali tramite 8 accordi di collaborazione e Memorandum of Understanding (MoU)**. Oggetto di questi accordi sono la cooperazione scientifica e tecnologica in specifici ambiti di ricerca comuni, la partecipazione a programmi europei/progetti e lo sviluppo di infrastrutture condivise.

Tra gli accordi più significativi, quelli siglati con:

- 52 enti (NMI, enti di ricerca, Università e aziende) di 17 paesi: progetto FOREST - Fiber-based Optical network for European Science and Technology
- NIST - The National Institute of Standards and Technology (USA). digitalization, artificial intelligence, materiali e hardness measurements
- NMIA – National Measurement Institute (Australia), NRC - National Research Council (Canada), NPL - National Physical Laboratory (UK), NMIJ - National Metrology Institute (Giappone), PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germania), NIST - The National Institute of Standards and Technology (USA), LNE - Laboratoire national de Métrologie et d'Essais (Francia): convenzione NMI-Q, per gli standard internazionali per l'istituzione di un mercato globale equo e aperto per le tecnologie quantistiche.

L'INRiM ha anche stipulato **4 convenzioni con Istituti di alta formazione stranieri** per l'attivazione di tirocini curriculari internazionali nell'ambito del percorso formativo universitario.

5.2.2 Attività progettuale su contratto

Per quanto riguarda l'**attività progettuale su contratto**, per progetti congiunti di ricerca e innovazione, e iniziative di trasferimento tecnologico, l'INRiM è stato coinvolto in collaborazioni con **461 organismi in tutto il mondo**, di cui:

- **63 enti metrologici, sia primari (NMIs - National Measurement Institutes) che designati (DIs - Designed Institutes)**
- **207 enti di ricerca / università**
- **38 tra enti pubblici, fondazioni, associazioni, consorzi e agenzie**
- **153 aziende**

5.2.3 Partecipazioni a progetti, network e roadmap europei ed internazionali

Partecipazione a reti e consorzi

L'INRiM, in quanto firmatario per l'Italia del *Mutual Recognition Arrangement* (MRA), redatto dal Comité International des Poids et Mesures (CIPM) in virtù del mandato ricevuto dagli Stati Membri che hanno aderito alla Convenzione del metro, partecipa come membro ai lavori degli organismi tecnici della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) contribuendo a definire le strategie e i programmi di ricerca a lungo termine della metrologia internazionale.

L'INRiM, in qualità di NMI, è dunque inserito nel contesto del **network metrologico internazionale** e partecipa alle attività del *Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (CIPM / BIPM)* e dell'**Associazione Europea degli Istituti Nazionali di Metrologia - EURAMET**, che coordinano la cooperazione nella ricerca metrologica, nella riferibilità delle misurazioni alle unità SI, nel riconoscimento internazionale dei campioni e delle CMC dei propri membri. La partecipazione alla rete metrologica di EURAMET ha consentito all'Istituto di aderire ai programmi di ricerca metrologica **EMRP** (VII Programma Quadro), **EMPIR** (Horizon 2020) e, allo stato attuale, **EPM - European Partnership on Metrology** (Horizon Europe), sviluppando progetti di ricerca di eccellenza. L'Assemblea Generale di EURAMET ha inoltre costituito, a partire dal 2018, le **European Metrology Networks (EMN)**, allo scopo di formulare strategie comuni in ambiti quali la ricerca, le infrastrutture, il trasferimento di conoscenze e lo sviluppo di servizi.

European Metrology Networks di EURAMET	EMNs coordinate da INRiM	EMNs a cui l'INRiM partecipa
	Mathematics and Statistics	Traceability in Laboratory Medicine
	Quantum Technologies	Advanced Manufacturing
	Safe and Sustainable Food	Clean Energy
		Climate and Ocean Observation
		Energy Gases
		Pollution Monitoring
		Smart Electricity Grids

L'Istituto aderisce ai seguenti **network e consorzi internazionali**:

- Consorzio EURO PRACTICE: iniziativa della Commissione Europea che fornisce alle Università ed Enti di Ricerca un accesso facilitato, a basso rischio ed a basso costo, alle ultime avanzate tecnologie elettroniche.
- EURACHEM: network europeo con l'obiettivo di stabilire un sistema per la riferibilità internazionale delle misure chimiche.
- FLUXONICS - The European Foundry for Superconductive Electronics: network europeo che opera nell'ambito della realizzazione di circuiti superconduttivi per applicazioni elettroniche dalla metrologia al calcolo quantistico.
- IMEKO – International Measurement Confederation: network mondiale degli enti metrologici che promuove scambi internazionali di informazioni scientifiche e tecniche nell'ambito della metrologia.
- QuIC - European Quantum Industries Consortium: consorzio europeo che si propone di stimolare la competitività e la crescita economica del settore europeo della tecnologia quantistica e sostenere la creazione di valore in tutto il continente.

Partecipazione ad associazioni

L'INRiM aderisce, in qualità di membro, ai seguenti organismi internazionali:

- CIRP - College International pour la recherche en productique
- CITAC - Cooperation in International Traceability of Analytical Chemistry
- ETSI - The European Telecommunications Standards institute
- EUSPEN - European Society for Precision Engineering and Nanotechnology
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ISMRM - International Society for Magnetic Resonance in Medicine
- UNESCO - Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura

6 – LE INFRASTRUTTURE DI RICERCA

6.1 INFRASTRUTTURE DELL'ENTE (SOFT-TYPE E HARD-TYPE)

Infrastruttura Galileo Timing Research (soft-type)

La Galileo Timing Research Infrastructure dell'INRiM rappresenta un'infrastruttura strategica a supporto del sistema europeo di navigazione satellitare Galileo, finalizzata allo sviluppo, alla validazione e all'evoluzione degli aspetti di tempo del sistema. Basata sulle competenze metrologiche dell'Istituto nella realizzazione e disseminazione della scala di tempo nazionale UTC(IT), l'infrastruttura contribuisce da oltre vent'anni alle attività europee nel settore GNSS, promuovendo al contempo ricerca, formazione e trasferimento tecnologico verso applicazioni industriali avanzate.

L'infrastruttura si fonda su un centro di elaborazione dati ad alte prestazioni (circa 50 TB di storage e server ridondati), integrato con sistemi di monitoraggio in tempo reale dei segnali GNSS e con la Galileo Experimental Sensor Station, operativa presso INRiM dal 2006 e parte integrante del segmento di terra del sistema Galileo. Nel corso del 2025, le attività si sono concentrate su tre direttrici principali:

- Coordinamento scientifico al Galileo Time Service Provider (TSP) e monitoraggio delle prestazioni del sistema Galileo: è proseguito il coordinamento per gli aspetti scientifici del TSP, infrastruttura responsabile della generazione e del monitoraggio della scala di tempo del sistema Galileo; INRiM ha continuato a coordinare il contributo degli istituti metrologici europei e a fornire prodotti basati su UTC(IT) per la sincronizzazione e la validazione del tempo di sistema, contribuendo alla robustezza e all'affidabilità del servizio; parallelamente, sono state svolte attività di analisi delle prestazioni degli orologi di bordo e della scala di tempo Galileo, anche nell'ambito del progetto europeo GEMOP per il monitoraggio indipendente delle performance di Galileo;
- Sviluppo di algoritmi avanzati per l'evoluzione del timing di Galileo: sono state rafforzate le attività di ricerca e sviluppo per le future evoluzioni del sistema, in particolare per la seconda generazione di Galileo; sono stati sviluppati e testati algoritmi avanzati per la generazione di una scala di tempo basata su un insieme di orologi atomici e per il rilevamento automatico di anomalie negli orologi spaziali, anche attraverso tecniche di machine learning in collaborazione con il Politecnico di Torino; tali attività contribuiscono in modo significativo al miglioramento delle prestazioni e della resilienza del sistema;
- Sperimentazione di soluzioni innovative per la disseminazione del tempo e lo sviluppo di nuovi servizi di timing, a supporto delle future evoluzioni del sistema Galileo: sono state ulteriormente sviluppate e sperimentate soluzioni innovative per la disseminazione di tempo e per garantire la riferibilità metrologica a infrastrutture critiche, con particolare attenzione alle possibili evoluzioni dei servizi di timing del sistema Galileo. In tale ambito, sono proseguite le attività sulla distribuzione di UTC(IT) via fibra ottica e sullo sviluppo di servizi avanzati di Time as a Service. Un risultato di rilievo è rappresentato dal collegamento in fibra ottica con il Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea a Ispra, che rende INRiM il primo ente metrologico connesso direttamente a un'infrastruttura europea di questo tipo. Tali attività rafforzano il ruolo dell'Istituto nello sviluppo di soluzioni di timing resilienti e interoperabili, a supporto delle future evoluzioni del sistema Galileo e delle applicazioni critiche.

Nel 2025 INRiM ha inoltre contribuito ad iniziative nazionali nel settore GNSS e spazio, in particolare partecipando alle attività del Centro Nazionale di Competenze GNSS (ASI), fornendo supporto per il monitoraggio delle prestazioni di Galileo, la taratura di ricevitori per applicazioni di tempo e la formazione specialistica; inoltre, sono proseguite le attività di supporto metrologico a Thales Alenia Space Italia per il progetto ESA Moonlight, per la definizione del tempo di sistema in scenari di navigazione Terra-Luna, consolidando il ruolo dell'Istituto anche nei futuri sistemi di navigazione spaziale.

Nel complesso, i risultati conseguiti nel 2025 confermano il ruolo di INRiM come riferimento europeo per la metrologia del tempo applicata ai sistemi GNSS e rafforzano il contributo italiano allo sviluppo e all'evoluzione del sistema Galileo, con ricadute significative sia in ambito scientifico che industriale.

Infrastruttura Italian Quantum Backbone – Dorsale Quantistica Italiana (hard-type)

L'infrastruttura Italian Quantum Backbone (IQB), nata per la disseminazione metrologica di segnali di Tempo e Frequenza accurati tramite fibra ottica, include oggi diverse funzionalità e ospita sperimentazioni di fisica fondamentale e applicata, in particolare nell'ambito delle tecnologie quantistiche e del sensing distribuito.

Gli obiettivi di IQB sono: i) distribuire i segnali campione INRiM ai centri italiani e transfrontalieri per l'accesso alle reti europee; ii) creare un sistema che dalla dorsale arrivi in siti secondari, per costruire una piattaforma tempo/frequenza di qualità superiore in Italia; iii) offrire un'infrastruttura per la ricerca di eccellenza su metrologia, informazione (crittografia) e sensing in campo reale iv) usare in modo innovativo le tecniche interferometriche in ambiti quali la comunicazione quantistica e il sensing distribuito; v) per metrologia primaria, costituire una rete stabile con i quattro NMI europei principali (PTB, LNE-SYRTE, NPL e INRiM) per il confronto ripetuto di orologi ottici, nell'ottica della ridefinizione del secondo SI e della creazione di scale internazionali di tempo più accurate vi) contribuire attivamente alle iniziative europee quali *EuroQCI* (EU Quantum Communication Infrastructure) e alla rete europea di link per tempo e frequenza.

Dal punto di vista operativo, IQB supporta la distribuzione di segnali di tempo/frequenza sia con tecniche coerenti che tramite protocolli digitali (White Rabbit-PTP); la ricerca elabora metodi e applicazioni innovative. Ad esempio, l'altissima coerenza dei segnali ottici utilizzati, il controllo della fase e della polarizzazione permettono di supportare distribuzioni quantistiche di chiavi crittografiche ed entanglement, il sensing distribuito in coesistenza con altri tipi di traffico e la geodesia relativistica.

Nel 2025 si sono concluse le attività del progetto QUID (Quantum Italy Deployment), realizzazione nazionale di EuroQCI coordinata dall'INRiM. Fra i risultati principali, QUID ha realizzato i nodi di diverse reti quantistiche di area metropolitana (QMAN) e la loro integrazione in IQB. A titolo di esempio, è stata attivata la tratta in fibra ottica che collega l'Università dell'Aquila (UnivAq) al vicino sito IQB, ed è stato dimostrato lo scambio chiavi nella QMAN di Roma, oltre che verso il sito del Fucino e verso la sede TASI, e nella QMAN di Matera, tra il sito IQB e la sede ASI.

Le attività di sensing distribuito sono proseguite con la partecipazione della IQB al progetto Horizon Europe SENSEI e al progetto PNRR Odeons (SensingNet), con la raccolta dati in aree critiche quali la zona appenninica in Italia centrale, l'area dei Campi Flegrei e il mar Ionio, in collaborazione con l'Università di Malta, il Politecnico di Torino, Fondazione LINKS e la compagnia Open Fiber. L'analisi dati è attualmente in corso, in collaborazione con INGV nell'ambito di SENSEI.

Per quanto concerne le attività NMI, nel 2025 è stata condotta un'importante campagna europea di confronto di orologi ottici. Oltre a partecipare con il campione ad atomi di Itterbio IT-Yb1, l'INRiM ha ospitato l'orologio ad atomi di Sr trasportabile del PTB e IQB ha permesso il collegamento di entrambi i campioni con gli altri orologi partecipanti, situati presso LTE (Francia), NPL (UK), Università di Torun (Polonia), PTB (Germania). Prosegue quindi, sia attraverso la partecipazione alle campagne di confronto in fibra ottica che attraverso attività di coordinamento dell'analisi dati, il contributo di INRiM alla discussione sulla ridefinizione del secondo. Queste attività sono culminate nella preparazione del progetto IEM Arcsecond, coordinato da INRiM e finanziato per il triennio 2026-2029. La collaborazione con INAF e gli omologhi di INRiM e INAF in Sud Corea, finalizzata allo studio di metodi innovativi per il confronto di orologi basati su tecniche radioastronomiche è proseguita e ha portato alla preparazione di una pubblicazione scientifica. E' inoltre proseguita l'estensione della distribuzione di tempo mediante tecnica White Rabbit, l'upgrade dell'infrastruttura e il collegamento di nuovi utenti.

Si segnala infine nel 2025 la sottomissione della proposta *ESFRI* (European Strategy Forum on Research Infrastructures) *FOREST*, finalizzata alla realizzazione di una vera e propria infrastruttura in fibra europea per metrologia e scienza fondamentale, tecnologie quantistiche e sensing. La proposta, preparata di concerto con i maggiori Istituti Nazionali di Metrologia europei, i consorzi di gestione delle reti in fibra per la ricerca (GARR in Italia, GEANT a livello europeo) e diversi enti di ricerca, ha ricevuto il supporto del Ministero dell'Università e Ricerca.

Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (IMPreSA) (hard-type)

IMPreSA (Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare) nasce per supportare imprese ed enti di ricerca nel garantire la conformità alle normative internazionali sulla sicurezza alimentare. L'infrastruttura sviluppa e valida metodologie analitiche innovative per l'identificazione di contaminanti organici e inorganici, contribuendo al miglioramento dei processi produttivi, alla tracciabilità e all'autenticità dei prodotti agroalimentari. L'obiettivo è rafforzare il collegamento tra ricerca e applicazioni industriali, offrendo un riferimento tecnico e metrologico per imprese, laboratori ed enti di controllo. IMPreSA dispone di una strumentazione avanzata per analisi chimiche e isotopiche, tra cui ICP-MS, IRMS e NMR, e opera in tre ambiti principali: controllo e sicurezza alimentare, tracciabilità e contrasto alle frodi, sviluppo di nuovi materiali per il packaging attivo e sostenibile. Le attività sono svolte in collaborazione con partner scientifici qualificati, tra cui IZSPLV, CREA, IPSP e ISPA, che contribuiscono con competenze specifiche nei settori dei materiali a contatto con gli alimenti, della metabolomica, dei composti naturali bioattivi e delle analisi proteomiche. In questo contesto, l'INRiM svolge un ruolo di coordinamento e integrazione, garantendo il supporto metrologico e la validazione dei metodi analitici, con l'obiettivo di migliorare qualità, affidabilità e comparabilità delle misure nel settore alimentare. L'Istituto contribuisce inoltre allo sviluppo di nuovi approcci per la caratterizzazione proteica e alla realizzazione di progetti di innovazione e trasferimento tecnologico insieme a enti di ricerca e aziende del comparto agroalimentare.

Tra i risultati più rilevanti conseguiti da IMPreSA si evidenzia innanzitutto il consolidamento della rete dei partner fondatori, in particolare con CNR-ISPA, IPSP, IZSPLV e CREA, che ha permesso di strutturare una collaborazione scientifica stabile e produttiva. Un ulteriore traguardo significativo è rappresentato dall'utilizzo della strumentazione analitica come stazione sperimentale nell'ambito di due progetti europei di metrologia, 23FUN06 e 23IND13, oltre che in numerosi progetti nazionali sviluppati dagli utenti INRiM in collaborazione con altri soggetti scientifici. Particolarmente importante è stato anche il rafforzamento delle relazioni con il sistema industriale, che ha portato alla costruzione di collaborazioni continuative nel triennio 2023-2026 con realtà di rilievo come Ferrero e DiaSorin. Queste interazioni si sono tradotte in contratti di consulenza e attività mirate al miglioramento dei processi produttivi e allo studio di materie prime di interesse industriale, confermando la capacità dell'infrastruttura di rispondere a esigenze concrete del mondo produttivo. L'attività di IMPreSA ha inoltre suscitato l'interesse di altre aziende del settore agroalimentare, tra cui Balocco, Biraghi e QInstitute, segnale della crescente riconoscibilità dell'infrastruttura come interlocutore tecnico-scientifico qualificato. A questo si aggiunge l'attenzione manifestata anche da aziende produttrici di materiali di laboratorio, interessate alle competenze sviluppate da IMPreSA nei progetti europei dedicati ai PFAS. Sul piano scientifico e tecnico, la collaborazione ha portato alla pubblicazione di due Technical Notes, strumenti utili a consolidare il ruolo di IMPreSA come infrastruttura tecnologicamente avanzata e dotata di solide competenze nel campo analitico. Le attività svolte hanno inoltre consentito di fornire supporto non solo ai laboratori routinari, ma anche ai laboratori europei di riferimento, in particolare nello sviluppo e nell'applicazione di analisi innovative, come quelle dedicate agli ultra-short chain PFAS.

Infrastruttura Piemonte Quantum Enabling Technology (PiQuET) (hard-type)

Nel 2025 è proseguito il consolidamento dell'Infrastruttura di Ricerca (IR) *Piemonte Quantum Enabling Technologies* (PiQuET), partecipata da INRiM, Politecnico di Torino (PoliTo) e Università degli Studi di Torino (UniTo). L'IR è nata nell'ambito di un progetto coordinato da INRiM e cofinanziato dal Programma Operativo Regionale Piemonte POR FESR 2014-2020 attraverso il bando "INFRA-P Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche".

PiQuET mette a disposizione un'infrastruttura moderna, centralizzata e condivisa dedicata alla micro e nanofabbricazione e all'integrazione di sensori, dispositivi e materiali avanzati. L'IR supporta lo sviluppo della metrologia miniaturizzata, dei sensori avanzati e delle tecnologie per la comunicazione quantistica, con l'obiettivo di favorire la collaborazione tra gli enti partner e il tessuto industriale e di abilitare il trasferimento tecnologico.

Elemento centrale dell'infrastruttura è una **camera pulita** ad alto controllo della qualità ambientale e della contaminazione particellare, progettata secondo gli standard ISO 14644-1. Completata a fine 2020 e operativa dal 2021, la cleanroom si estende su circa 280 m² di aree ISO 6 (cinque ambienti), 33 m² in classe ISO 5 e 100 m² in classe ISO 7, a cui si aggiungono circa 200 m² di aree di servizio dedicate all'alloggiamento delle infrastrutture tecniche (ad esempio sistemi di pompaggio per il vuoto) e alle attività di manutenzione.

L'ambiente a contaminazione controllata è formato dalle seguenti aree tecnologiche: tecnologie quantistiche, litografia ottica, litografia elettronica, deposizione, etching e trattamenti termici, caratterizzazione superficiale, packaging e processi chimici.

Nel 2025 sono state completate quattro installazioni chiave per l'infrastruttura:

- un sistema di Electron Beam Lithography (EBL) con risoluzione fino a 10 nm;
- una Direct Laser Writer con risoluzione inferiore a 300 nm;
- un sistema di Low Pressure Chemical Vapour Deposition (LPCVD) per la deposizione di nitruri di silicio stechiometrici e low-stress, materiali di interesse per applicazioni fotoniche;
- un sistema di co-sputtering dotato di tre camere dedicate alla deposizione di metalli, materiali dielettrici/isolanti e materiali magnetici.

Queste installazioni hanno consentito di completare circa il 95% del parco macchine della cleanroom, rendendo possibile l'esecuzione di cicli di fabbricazione interamente all'interno dell'infrastruttura.

Grazie a tali potenziamenti, già a partire dalla fine del 2025 sono stati conseguiti risultati scientifici rilevanti a supporto delle attività di ricerca di INRiM, tra cui: il consolidamento del processo di fabbricazione di array di giunzioni Josephson per lo sviluppo di amplificatori parametrici e qubit; lo sviluppo di un processo di fabbricazione di un generatore/attuatore *Micro Electrical Mechanical System* (MEMS) elettrostatico di nanoforze, tracciabili tramite la catena di riferibilità a grandezze elettriche e meccaniche; il consolidamento del processo di fabbricazione di microcelle MEMS a vapori di rubidio a livello wafer, per lo sviluppo di riferimenti atomici di frequenza miniaturizzati. Questa attività ha portato alla pubblicazione: "Gozzellino et al., Activation and characterization of Rb MEMS cells with an automatic system at wafer level, *Sensors & Actuators: A. Physical* 391 (2025) 116621; la realizzazione dei primi dispositivi fotonici, in particolare microring per applicazioni di *self-injection locking* e generazione di *optical frequency comb*, elementi fondamentali rispettivamente per lo sviluppo di laser integrati a riga ultra-stretta (per quantum sensing e metrologia di precisione) e per il collegamento tra frequenze ottiche e microonde nell'architettura di orologi ottici miniaturizzati.

Infine, nel dicembre 2025 è stato avviato il progetto PiQuET+, nell'ambito del programma POR-FESR 2021–2027 (bando INFRA-P), che prevede un finanziamento pari a 6 milioni di euro (cofinanziamento al 50%) finalizzato al rafforzamento delle capacità dell'infrastruttura attraverso l'acquisizione di nuove strumentazioni e l'upgrade di quelle esistenti. Basandosi sull'esperienza maturata con PiQuET — inizialmente sviluppata grazie al primo bando INFRA-P e successivamente consolidata tramite progettualità PNRR, MISE, UE e contratti industriali — il progetto PiQuET+ si pone i seguenti obiettivi: (i) ampliare la dotazione strumentale con tecnologie ad alto valore aggiunto; (ii) potenziare la strumentazione esistente mediante upgrade mirati; (iii) rafforzare le infrastrutture tecniche per sostenere l'aumento del carico operativo; (iv) estendere le competenze sui materiali attraverso l'integrazione di una nuova sede presso il Campus delle Scienze e dell'Ambiente dell'Università di Torino (Grugliasco), comprensiva di risorse umane, know-how e strumentazione dedicata.

Infrastruttura Quantum Metrology and Testing for Italy (QuaMT-ITA) (hard-type)

QuaMT-ITA è un'infrastruttura strategica che l'INRiM ha sviluppato per contribuire all'avanzamento delle tecnologie quantistiche. L'obiettivo è supportare l'ecosistema quantistico italiano ed europeo, fornendo servizi essenziali all'industria ed agli utilizzatori di queste tecnologie.

QuaMT-ITA offre:

- Servizi di misura e test personalizzati specificatamente dedicati alle tecnologie quantistiche.
- Riferibilità metrologica per i sistemi di sensing e metrologia quantistici.
- Supporto collaborativo alla ricerca e allo sviluppo, contributo alla standardizzazione ed alla certificazione delle tecnologie quantistiche.

Le attività di QuaMT-ITA sono suddivise formalmente in tre settori tecnologici:

- Elettronica Quantistica (Quantum Electronics)
- Fotonica Quantistica (Quantum Photonics)
- Orologi Atomici & Sensori Quantistici (Quantum Atomic Sensors and Clocks)

Nel 2025 QuaMT-ITA ha raggiunto un'importante maturità organizzativa identificando servizi ed attività che ne fanno parte oltre ad aver completato la realizzazione del portale web dove presenta i suoi obiettivi e scopi oltre ai servizi e le attività offerte (<https://quamt-ita.eu/it/>).

QuaMT-ITA ha una posizione rilevante nel panorama della ricerca quantistica europea, grazie alle sue attività di ricerca quantistica ed ai servizi di misura e test dedicati a dispositivi e sistemi quantistici.

QuaMT-ITA, inoltre, opera in stretta collaborazione con gli altri istituti metrologici europei nell'ambito della rete EURAMET's European Metrology Network for Quantum Technologies ed all'interno del Framework Partnership Agreement europeo "Qu-Test".

Il progetto "Qu-Test" (Quantum Technologies – European Strategy Testing and Evaluation) è un'iniziativa europea focalizzata sullo sviluppo di metodologie, strumenti e standard per la validazione e certificazione delle tecnologie quantistiche. L'obiettivo di QU-TEST è supportare la crescita dell'ecosistema quantistico europeo attraverso:

- la definizione di procedure di test affidabili e riproducibili
- la caratterizzazione delle prestazioni di dispositivi quantistici
- la creazione di riferimenti metrologici condivisi

Il progetto copre diversi settori delle tecnologie quantistiche, tra cui:

- Quantum computing (valutazione delle performance dei qubit e dei processori)
- Quantum communication (affidabilità e sicurezza dei sistemi)
- Quantum sensing e metrology (accuratezza e sensibilità delle misure)

Nell'ambito del progetto Qu-Test l'infrastruttura QuaMT-ITA ha sviluppato nuovi servizi nei suoi tre settori tecnologici; si riportano i principali a seguire.

- 1) Nel settore Elettronica Quantistica:
 - metrologia di amplificatori superconduttori e, in prospettiva, anche di qubit superconduttori: sviluppo di schemi di test, taratura e validazione per hardware di computer quantistici a bassa temperatura
- 2) Nel settore Fotonica Quantistica:
 - riferibilità metrologica delle misure a livello di singolo fotone. Metrologia per le comunicazioni quantistiche (in fibra)
 - imaging quantistico
- 3) Nel settore Orologi Atomici & Sensori Quantistici:
 - realizzazione di nuovi orologi
 - Riferimenti metrologici di frequenza ad alta accuratezza nel dominio ottico e delle microonde

6.2 COINVOLGIMENTO IN INFRASTRUTTURE NAZIONALI E INTERNAZIONALI

The European Association of National Metrology Institutes (EURAMET)

EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) è la rete europea per la promozione della collaborazione per la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel campo della metrologia. EURAMET coordina i confronti internazionali sulle unità di misura a livello europeo, permettendo la riferibilità più vasta delle misure industriali e scientifiche ed agisce come organizzazione metrologica regionale in seno al BIPM. Non dispone né realizza infrastrutture proprie, ma promuove l'utilizzo comune, coordinato e sinergico delle infrastrutture metrologiche nazionali.

L'INRiM è membro di EURAMET nel suo ruolo di Istituto Metrologico Nazionale italiano. Nella prospettiva di convergenza della metrologia europea in una struttura integrata, l'obiettivo dell'INRiM è creare opportunità per la realizzazione in Italia di un istituto sempre più all'avanguardia nei campi della ricerca metrologica ed integrato nella realtà europea. INRiM partecipa attivamente ad EURAMET ed a tutti i suoi organismi operativi. Esprime un rappresentante nel Board of Directors e partecipa a tutti i Comitati Tecnici (TC) per le grandezze di propria competenza e a quelli di carattere trasversale dediti alla qualità e alla metrologia interdisciplinare. Inoltre, INRiM partecipa a vario titolo nelle European Metrology Network (EMN), con ruolo di coordinamento di tre EMN (EMN for Quantum Technologies, EMN for Mathematics and Statistics e EMN for Safe and Sustainable Food) e con una vice Chairperson (EMN for Advanced Manufacturing). Partecipa inoltre al Working Group della General Assembly dedicato alle EMN, contribuendo alla revisione dei documenti tecnici prodotti dalle reti e ricoprendo il ruolo di mentore per due reti (EMN for Laboratory Medicine e EMN for Pollution Monitoring).

Nel 2025 l'INRiM ha garantito la sua partecipazione alle attività di tutti i TC in cui è coinvolto. In questo contesto, ha preso parte a confronti internazionali di misura per le grandezze di pertinenza, contribuito alla stesura di linee guida e documenti di programmazione, garantito il mantenimento della competenza delle proprie capacità di taratura e misura (CMC) riconosciute a livello internazionale. Nel mutato quadro geopolitico e in considerazione delle nuove priorità individuate dall'Europa per rispondere alle sfide attuali, INRiM ha gestito in modo efficiente le reti che coordina e contribuito significativamente alle attività di tutte le EMN a cui partecipa, favorendo le interazioni con gli stakeholder e fornendo un apporto rilevante all'elaborazione di documenti strategici e di attività, nell'ottica di promuovere un approccio coordinato e armonizzato della metrologia europea.

Dal settimo programma quadro, EURAMET gestisce per la Commissione Europea i programmi di ricerca metrologica. L'attuale **European Partnership on Metrology**, nell'ambito di Horizon Europe, dispone di oltre **700 M€** (300 M€ comunitari e 400 M€ di cofinanziamenti nazionali). Il programma affronta sfide globali come Green Deal, Salute e Trasformazione Digitale, fornendo le basi scientifiche per un'economia sostenibile e competitiva.

Il modello di finanziamento prevede regole distinte per i partner:

- **Interni (NMI):** la partecipazione è legata al cofinanziamento nazionale.
- **Esterni (Industria e Accademia):** possono accedere a oltre il **30% dei fondi UE** per favorire l'integrazione delle competenze metrologiche nella ricerca e nel mercato.

L'Italia ha raddoppiato il proprio impegno rispetto al precedente programma EMPIR, stanziando **49 M€** di cofinanziamento (8,2% cash da INRiM, il resto *in-kind*). Questo investimento permette all'INRiM di guidare la ricerca nazionale in sinergia con gli altri istituti europei, allineandosi agli obiettivi di Horizon Europe e del Piano Nazionale della Ricerca.

Con l'adesione di Gran Bretagna (2024) e Svizzera (2025), i paesi membri sono saliti a **30**. Il calendario dei prossimi bandi prevede:

- 2026: Metrologia Fondamentale, Industria, Normativa e Research Potential.
- 2027: Green Deal e una call speciale sulle tecnologie emergenti strategiche, Normative e Capacity Building Coordination.

Nell'ambito dei progetti della partnership sinora l'Italia ha preso attivamente parte in 62 progetti di ricerca, coordinandone 17 (pari al 12 % del numero complessivo di progetti finanziati).

I dati sui finanziamenti ottenuti finora dai beneficiari italiani, con il dettaglio dei risultati 2025, sono consultabili nella tabella seguente.

Italian funding within the Partnership					
	INRiM	ENEA	accademia	other research bodies	for profit
Calls 2021-24	11.286.823 €	377.765 €	4.174.318 €	1.208.000 €	704.813 €
Call 2025	2.348.651,00 €	80.000,00 €	1.206.500,00 €	85.000,00 €	62.500,00 €
Total	13.635.473,50 €	457.765,00 €	5.380.818,04 €	1.293.000,00 €	767.313,00 €

European Quantum Communication Infrastructure (EuroQCI)

EuroQCI (European Quantum Communication Infrastructure) è un'iniziativa dell'Unione Europea che mira a creare una rete paneuropea di comunicazione quantistica sicura. Il suo obiettivo è garantire comunicazioni altamente protette per governi, istituzioni e infrastrutture critiche, sfruttando in questa prima fase la tecnologia della distribuzione quantistica di chiavi crittografiche (QKD, Quantum Key Distribution).

L'Italia partecipa ad EuroQCI con il progetto QUID (Quantum Italy Deployment), coordinato dall'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM). QUID ha dimostrato la realizzabilità del segmento italiano dell'infrastruttura per la comunicazione quantistica EuroQCI. QUID ha concluso la realizzazione di reti metropolitane di comunicazione quantistica (QMAN) nelle principali città italiane (Torino, Milano, Roma, Napoli, etc.) e link di comunicazione quantistica interregionali sfruttando anche l'Italian Quantum Backbone (IQB), un'infrastruttura che collega l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica con diversi centri di ricerca e laboratori del paese attraverso oltre 1800 km di fibra ottica.

Nata per distribuire segnali di Tempo e Frequenza ad alta accuratezza, IQB è oggi un'infrastruttura più articolata che ospita sperimentazioni in campi diversi, dalle comunicazioni quantistiche al sensing distribuito. IQB è il cuore del progetto QUID, che si è concluso con successo. La presentazione dei risultati ottenuti alla Commissione Europea è prevista per il primo semestre del 2026

L'Italia parteciperà anche al segmento transfrontaliero di EuroQCI con il progetto QCIMED (Mediterranean Quantum Connectivity), un'iniziativa europea strategica che punta allo sviluppo di un'infrastruttura avanzata di comunicazione quantistica tra Italia, Austria e area mediterranea. A questo progetto partecipa anche l'INRiM, che porta il suo know-how sulle tecnologie di comunicazione quantistica oltre che l'esperienza maturata nell'ambito di QUID nella gestione di queste infrastrutture. Il progetto QCIMED, che avrà il suo kick off nel febbraio 2026, è coordinato dal CNR ed avrà la durata di 42 mesi. Nel solco del progetto QUID, sarà uno sforzo congiunto di istituzioni di ricerca, enti territoriali e partner tecnologici, con l'obiettivo di contribuire in modo decisivo alla futura rete EuroQCI integrando le reti nazionali, come quella sviluppata nell'ambito del progetto QUID.

Infrastructure for Energy TRAnSition and Circular Economy (iENTRANCE)

INRiM è partner del consorzio che ha portato alla realizzazione, nel corso del triennio 2022-2025, dell'infrastruttura di ricerca iENTRANCE, distribuita su sei nodi geografici, che mira al rafforzamento della capacità nazionale nello sviluppo scientifico e tecnologico per la transizione energetica, attraverso l'acquisizione e messa in condivisione di strumentazione di altissimo livello. Il progetto *iENTRANCE@ENL: Infrastructure for Energy TRAnSition aNd Circular Economy @ EuroNanoLab*, da cui è nata l'infrastruttura di ricerca, è stato finanziato nell'ambito del PNRR – Next Generation EU come una delle principali iniziative nazionali per il potenziamento della ricerca nel settore energetico e di digitalizzazione della ricerca, in coerenza con gli obiettivi del Green Deal europeo e dell'economia circolare. Nel corso della fase di implementazione, conclusasi nel 2025, le risorse strumentali e le competenze dei nodi sono state progressivamente integrate, raggiungendo la capacità di mettere in condivisione e a disposizione degli utenti, oltre 400 strumentazioni altamente specializzate. L'infrastruttura copre l'intera catena del valore della ricerca sui materiali per l'energia, dalla sintesi, alla loro caratterizzazione multi-scala e metrologica, fino alla modellizzazione e all'integrazione in processi e dispositivi. Tra le missioni dell'infrastruttura rientrano inoltre il training e l'alta formazione.

Nel corso del 2025, INRiM ha completato l'installazione della strumentazione prevista dal progetto, contribuendo all'attivazione dei servizi di accesso.

A partire dalla seconda metà del 2025, infatti, l'infrastruttura ha attivato il portale di apertura al pubblico, accademico e industriale (www.ientrance.eu), ovvero il *single entry point*, che accentra tutte le capacità dei partner costituenti, in un unico catalogo digitale, costantemente aggiornato e consultabile pubblicamente. Le strumentazioni disponibili sono ordinate e descritte nei dettagli secondo opportune tassonomie, in accordo con i principi FAIR della scienza aperta. Il *single entry point* mostra inoltre le competenze e i servizi associati alle tecniche, permettendo agli utenti di individuare in modo mirato le facility più adeguate rispetto alle proprie esigenze scientifiche e tecnologiche.

Il sistema del *single entry point* è stato infatti concepito per abilitare l'accesso di utenti esterni alle risorse dell'infrastruttura, attraverso *call for proposal* pubbliche, basate su procedure standardizzate e trasparenti e su processi di valutazione secondo meccanismi di peer review. In tale ambito, la selezione delle proposte è affidata a panel di revisori esterni, affiancati da un comitato di valutazione della fattibilità tecnica, composto da esperti delle risorse dell'infrastruttura, tra cui personale INRiM.

Questa modalità di accesso è stata attivata nel luglio 2025 con la pubblicazione della prima *call for access*, che ha segnato il passaggio dell'infrastruttura alla sua piena fase operativa. La *call* ha raccolto oltre 50 proposte, evidenziando un significativo interesse da parte della comunità scientifica.

A supporto di tale processo, è stata introdotta la piattaforma gestionale ARIA, che consente la gestione integrata delle diverse fasi, dalla presentazione delle proposte alla loro valutazione, fino al monitoraggio delle attività e alla rendicontazione, garantendo coerenza e tracciabilità per tutto il corso dell'esistenza dell'infrastruttura. È stato inoltre istituito un Comitato di Gestione Tecnica, con il compito di supportare gli utenti ammessi all'accesso, nell'utilizzo della strumentazione e nel coordinamento con i responsabili di macchina; anche in tale ambito è coinvolto personale INRiM.

Contestualmente all'apertura al pubblico delle risorse, nel corso del 2025 è stata rafforzata la gestione FAIR dei dati scientifici, in conformità ai principi della scienza aperta e alle più recenti politiche europee in materia. In tale ambito, iENTRANCE ha adottato l'uso della piattaforma NOMAD Oasis per strutturare l'intero ciclo di vita dei dati prodotti, a partire dalla fase di acquisizione fino alla corretta conservazione, garantendo opportuna metadateazione, che possa favorire l'interoperabilità e eventuale condivisione.

In linea con la missione "Training and Education" prefissata da iENTRANCE, nel corso del 2025 sono state organizzate attività di alta formazione e disseminazione. Di particolare rilievo, la Summer School "iENTRANCE

to Research. The Young Scientist's Guide to the Galaxy. Rethinking Research in an AI-empowered World", tenutasi dal 3 al 6 giugno 2025 a Ventotene. L'iniziativa di alta formazione interdisciplinare si è rivolta a circa 50 giovani partecipanti, con un programma articolato in masterclass dedicate a temi trasversali al mondo della ricerca, integrate da attività collaborative e momenti di confronto tra ambito accademico, industriale e istituzionale; tra cui una competizione scientifica, finalizzata a potenziare le capacità progettuali di giovani ricercatori nell'ambito dello sviluppo di materiali per la transizione energetica e l'economia circolare.

Metrofood-RI / Metrofood-IT Infrastructures

METROFOOD-RI è un'infrastruttura di ricerca paneuropea inserita nella roadmap ESFRI, finalizzata a promuovere la metrologia applicata agli alimenti e alla nutrizione, con l'obiettivo di garantire qualità, sicurezza e tracciabilità lungo l'intera filiera agroalimentare. Nel periodo di riferimento, il progetto ha registrato progressi sostanziali verso la piena operatività, consolidando la propria struttura distribuita e rafforzando la governance e il coordinamento tra i nodi nazionali. È stata potenziata l'integrazione tra partner scientifici e istituzionali, favorendo un approccio armonizzato alla produzione e gestione dei dati.

Tra i principali risultati si evidenzia lo sviluppo e l'erogazione di servizi avanzati rivolti a ricerca, industria e autorità pubbliche, tra cui analisi di laboratorio, validazione di metodi, produzione di materiali di riferimento e supporto alla standardizzazione. Tali attività hanno contribuito a migliorare l'affidabilità, la comparabilità e la tracciabilità dei dati nel settore alimentare. Il progetto ha inoltre promosso l'adozione di metodologie analitiche innovative e l'implementazione di infrastrutture digitali interoperabili, facilitando l'accesso ai dati e ai servizi e sostenendo processi decisionali basati su evidenze scientifiche.

Il progetto METROFOOD-IT, finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), ha avuto come obiettivo principale il rafforzamento dell'infrastruttura di ricerca nazionale dedicata alla sicurezza alimentare, alla qualità e alla tracciabilità degli alimenti, contribuendo allo sviluppo sostenibile del sistema agroalimentare italiano.

Nel corso della sua implementazione, il progetto ha conseguito risultati rilevanti sia sul piano scientifico che infrastrutturale. In particolare, è stato potenziato il network nazionale di laboratori e centri di ricerca, favorendo l'integrazione tra università, enti pubblici di ricerca e imprese. Questo ha consentito la creazione di una piattaforma coordinata per l'analisi, il monitoraggio e la certificazione degli alimenti lungo tutta la filiera.

Uno dei principali risultati riguarda lo sviluppo e l'armonizzazione di metodologie analitiche avanzate per la determinazione della qualità, autenticità e sicurezza degli alimenti. Sono stati implementati protocolli condivisi e standardizzati, migliorando l'affidabilità dei dati e la comparabilità dei risultati a livello nazionale ed europeo. Il progetto ha inoltre promosso la digitalizzazione dei dati e dei servizi, attraverso la creazione di infrastrutture digitali interoperabili e banche dati integrate. Questo ha facilitato l'accesso alle informazioni da parte di ricercatori, imprese e istituzioni, contribuendo alla trasparenza e alla tracciabilità delle filiere alimentari.

Dal punto di vista dell'impatto economico e sociale, METROFOOD-IT ha sostenuto l'innovazione nel settore agroalimentare, favorendo il trasferimento tecnologico e la collaborazione pubblico-privato. Le imprese coinvolte hanno beneficiato di servizi avanzati di analisi e consulenza, migliorando la competitività e la qualità delle produzioni. Un ulteriore risultato significativo è rappresentato dal rafforzamento delle competenze attraverso attività di formazione e capacity building, rivolte a ricercatori, tecnici e operatori del settore. Ciò ha contribuito alla creazione di un ecosistema di conoscenze in grado di supportare le sfide future legate alla sicurezza alimentare e alla sostenibilità.

6.3 TIPI DI LABORATORI E GRANDI STRUMENTAZIONI

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)

- **Laboratorio QR:** attività di micro e nanofabbricazione per dispositivi e materiali innovativi, con tecniche di nanolitografia, self-assembly e deposizione in ultra alto vuoto per applicazioni in fotonica, energia e salute.
- **Laboratorio di nanofotonica:** utilizzo di sorgenti laser e tecniche spettroscopiche (Raman, fotoluminescenza) per lo studio di materiali e dispositivi, con applicazioni anche biologiche.
- **Laboratorio di caratterizzazione elettrica di dispositivi neuromorfici e quantistici:** caratterizzazione elettrica avanzata tramite probe station e criostati.

- **Laboratorio per i Materiali Innovativi:** sviluppo di materiali soffici e compositi micro/nanostrutturati per applicazioni in sensoristica, biomedicina e microrobotica.
- **Laboratorio alte tensioni, forti correnti e potenza:** ricerca e servizi su sistemi di misura in reti elettriche complesse con rinnovabili.
- **Laboratorio Dispositivi EM e storage:** studio e sperimentazione su supercondensatori.
- **Laboratorio MRI:** sviluppo di tecniche di risonanza magnetica con attenzione a sicurezza e imaging quantitativo.
- **Laboratorio EMC:** taratura di strumenti e misure di campi elettromagnetici per compatibilità e salute.
- **Laboratorio Ultrasuoni:** applicazioni biomedicali (apertura barriera emato-encefalica, rilascio farmaci).
- **Laboratorio Microfoni:** caratterizzazione metrologica di microfoni MEMS per migliorare misure acustiche.
- **Laboratorio di Biometrologia:** sviluppo di metodi per analisi cellulari e molecolari in ambienti complessi.
- **Laboratorio Imaging di campioni biologici e materiali artificiali innovativi:** studio dinamico di cellule e proprietà meccaniche locali.
- **Laboratorio per analisi elementare:** tecniche come attivazione neutronica e fluorescenza X per certificazione materiali.
- **Laboratorio di modellistica computazionale:** sviluppo di modelli digitali e AI per diagnostica e progettazione di nanomateriali.
- **Laboratori di preparazione di materiali magnetici e dispositivi:** preparativa, mediante tecniche metallurgiche e di deposizione fisica, di materiali magnetici innovativi.
- **Laboratorio di caratterizzazione di materiali magnetici e dispositivi:** tecniche avanzate di misura delle proprietà magnetiche ed elettriche dei materiali.
- **Laboratorio di Metrologia dei flussi e dei campi magnetici:** mantenimento campioni nazionali e supporto a certificazione sensori e materiali per energia e ICT.

Metrologia applicata e Ingegneria (AE)

- **Laboratorio campioni primari di lunghezza e angolo:** realizzazione del metro tramite laser e pettini di frequenza; sviluppo del campione nazionale d'angolo.
- **Laboratorio campioni primari di massa e grandezze apparentate:** realizzazione, mantenimento e sviluppo di campioni delle grandezze (Massa, Densità, Durezza, Forza, Gravità, Portata, Pressione, Vibrazioni, Viscosità, Volume)
- **Laboratorio campioni nazionali di tensione e resistenza:** riferimento per tensione e resistenza nel SI.
- **Laboratorio campioni primari di temperatura e umidità:** sviluppo di metodi avanzati e generatori di riferimento su ampi intervalli di temperatura.
- **Laboratori servizi metrologici:** tarature e prove per grandezze meccaniche, dimensionali, elettriche e termiche.
- **Laboratorio alte tensioni e forti correnti (LATFC):** prove e validazioni di sistemi elettrici per industria ed energia.
- **Laboratorio metodi innovativi per la metrologia della massa e delle grandezze apparentate (MIMM):** sviluppo di metodi innovativi per massa e pressione secondo il nuovo SI.
- **Laboratorio metrologia per la geofisica e fenomeni nano-dinamici (MeGeDin):** misure di onde sismiche e fenomeni dinamici su micro/nanoscala.
- **Laboratorio metrologia della portata e vettori energetici (MeFloV):** metrologia della portata per gas e liquidi, con focus su vettori energetici come idrogeno.
- **Laboratorio sensori innovativi per lo spazio:** progettazione e caratterizzazione di strumenti aerospaziali.
- **Laboratorio di Interferometria ottica, X e neutroni:** supporto alla definizione del chilogrammo e studi di fisica fondamentale.

- **Laboratorio proprietà meccaniche e topografiche delle superfici:** analisi micro e nanoscala per diversi settori industriali e sviluppo di algoritmi avanzati.
- **Laboratorio metodi termometrici innovativi:** sviluppo di sensori innovativi per applicazioni industriali e ambientali.
- **Laboratorio proprietà termofisiche e metrologia dei vettori energetici:** studio di fluidi e processi energetici (idrogeno, CO₂).
- **Laboratorio di metrologia per il clima e l'ambiente e siti di riferimento:** infrastrutture avanzate per misure climatiche; stazione climatologica presso il Parco Stupinigi, sito Meteo-Clima-Suolo (Area Ricerca CNR Torino) e stazione di test strumentale in alta montagna (Usseaux -TO).
- **Laboratorio interazioni radiative:** studio effetti della radiazione solare su materiali e misure ambientali.
- **Laboratorio per Materiali di Riferimento Certificati gassosi e analisi di gas:** produzione e certificazione di miscele gassose per monitoraggio ambientale.
- **Matematica e Machine Learning:** applicazione di AI alla metrologia, incertezza e reti di sensori.

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)

- **Laboratorio servizi metrologici per le grandezze elettriche:** tarature di tensione, corrente, potenza e radiofrequenza.
- **Laboratorio servizi metrologici in chimica fisica:** sviluppo e caratterizzazione di sensori e analisi per industria alimentare e acqua.
- **Laboratorio servizi metrologici per le grandezze radiometriche:** tarature di grandezze fotometriche e caratterizzazione ottica dei materiali.
- **Laboratorio servizi metrologici per le grandezze di tempo e frequenza:** taratura di orologi e distribuzione di riferimenti primari.
- **Laboratorio di analisi chimiche e biologiche:** studio contaminanti (PFAS) e tracciabilità alimentare.
- **Laboratorio di Spettroscopia Vibrazionale:** tecniche FT-IR e Raman per contaminanti e materiali avanzati.
- **Laboratori campioni quantistici e campioni nazionali elettrici:** realizzazione di volt e ohm tramite effetti quantistici.
- **Laboratori power and energy:** metrologia di potenza ed energia e sistemi di storage.
- **Laboratorio circuiti quantistici:** sviluppo dispositivi per computazione e sensing quantistico.
- **Laboratorio di caratterizzazione di sistemi di quantum Key Distribution (QKD):** metodi per la distribuzione quantistica di chiavi e standardizzazione.
- **Laboratorio di ottica quantistica:** tecniche di imaging avanzato e utilizzo dell'entanglement.
- **Laboratorio di nanodiamanti:** sviluppo di sensori quantistici e sorgenti a singolo fotone.
- **Laboratorio di fotometria:** sviluppo di sensori ottici avanzati.
- **Laboratorio della scala di tempo:** realizzazione e distribuzione della scala UTC(IT).
- **Laboratorio campioni di frequenza atomici molecolari e ioni:** sviluppo di orologi atomici avanzati e sistemi ultrafreddi.
- **Laboratorio per i sistemi satellitari e GNSS:** sviluppo di sistemi di timing e applicazioni per Galileo.

7 – LA DIREZIONE SCIENTIFICA

7.1 – IL DIRETTORE SCIENTIFICO, IL CONSIGLIO DI DIREZIONE, LE DIVISIONI E I SETTORI SCIENTIFICI OMOGENEI

Direttore Scientifico: Davide Calonico (dal 1/03/2025), Pietro Asinari (fino al 28/02/2025)

La Direzione Scientifica è composta dal Direttore Scientifico e dal Consiglio di Direzione, del quale fanno parte i Responsabili di Divisione e un pari numero di membri eletti dalla comunità scientifica e tecnica dell'ente (come da artt. 13 e 15 del nuovo Statuto dell'INRiM ai sensi del DLgs n. 218 del 25/11/2016).

Di seguito sono riportati, per ciascuna Divisione, i Settori scientifici Omeogenei (SSO) in cui si articolano, gli ambiti di competenza, le infrastrutture di riferimento e i laboratori.

Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)

Natascia De Leo

SSO	Scienza e tecnologia alla nanoscala L. Boarino dal 21/10/2025 N. De Leo fino al 20/10/2025	Campi e sistemi elettromagnetici M. Zucca	Acustica e ultrasuoni G. Durando	Scienze e tecnologie biomediche A. Manzin	Magnetismo, materiali e spintronica M. Coisson dal 21/10/2025 G. Durin fino al 20/10/2025
Ambiti di ricerca	Digitale, industria, aerospazio / Bioeconomia, risorse naturali, ambiente / Clima, energia, mobilità sostenibile / Salute / Ricerca fondamentale	Salute / Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile / Metrologia primaria	Salute / Metrologia primaria / Digitale, industria, aerospazio	Salute / Digitale, industria, aerospazio / Bioeconomia, risorse naturali, ambiente	Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile / Ricerca fondamentale
Laboratori	Micro-nanofabbricazione e caratterizzazione di materiali innovativi e dispositivi per la nanofotonica, l'energia, la salute e la computazione neuromorfica	Laboratori per taratura e sperimentazione per alte tensioni e forti correnti / Laboratori campi magnetici ed elettrici ac e CEM di riferimento / Laboratori MRI, Phantom e modelli / Laboratorio dispositivi EM e storage / Servizi metrologici	Riferimenti primari di potenza ultrasonora e di pressione sonora / Servizi metrologici / Sistemi d'insonazione ultrasonora utilizzati in ambito BioMed sia <i>in vitro</i> che <i>in vivo</i>	Tecniche di misura e di microscopia, strumenti computazionali e sistemi di AI per applicazioni in ambito biomedicale e nelle scienze della vita	Preparativa e caratterizzazione materiali magnetici e dispositivi / Servizi metrologici
Infrastrutture INRiM *	QuaMT-ITA / PiQuET		PiQuET	IMPreSA	QuaMT-ITA / PiQuET
Infrastrutture nazionali e internazionali *	Euramet	Euramet / EURONANOLAB iEntrance	Euramet	Euramet / ESFRI Metrofood / IR PNRR Metrofood	Euramet / EURONANOLAB iEntrance
EMN	Advanced Manufacturing / Quantum Technologies / Clean Energy	Smart Electricity Grids / Mathematics and Statistics	Pollution Monitoring	Traceability in Laboratory Medicine / Mathematics and Statistics	Mathematics and Statistics

Metrologia applicata e ingegneria (AE)

Marco Pisani

SSO	Metrologia della massa e delle grandezze apparentate D. Mari dal 21/10/2025 A. Germak fino al 20/10/2025	Metrologia della lunghezza M. Zucco dal 21/10/2025 M. Pisani fino al 20/10/2025	Misure elettriche ed elettroniche P.P. Capra	Termodinamica fisica R.M. Gavioso	Termodinamica applicata C. Musacchio dal 21/10/2025 A. Merlone fino al 20/10/2025
Ambiti di ricerca	Metrologia primaria / Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile	Digitale, industria, aerospazio / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale	Metrologia primaria / Clima, energia, mobilità sostenibile / Digitale, industria, aerospazio	Metrologia primaria /Clima, energia, mobilità sostenibile / Ricerca fondamentale	Clima, energia, mobilità sostenibile, Bioeconomia, risorse naturali, ambiente
Laboratori	Campioni primari / Laboratorio metodi innovativi per la massa e grandezze / Metrologia per la geofisica e fenomeni nano-dinamici / Metrologia delle portate e vettori energetici / Servizi metrologici	Campioni primari / Analisi delle superfici / Metrologia per lo spazio / Interferometria ottica, X e neutroni / Servizi metrologici	Laboratorio alte tensioni e forti correnti / Servizi metrologici	Campioni primari di temperatura e umidità / Metodi termometrici innovativi / Proprietà termofisiche e metrologia dei vettori energetici / Servizi metrologici	Metrologia per il clima e l'ambiente e siti di riferimento / Interazioni radiative / Materiali di Riferimento Certificati gassosi e analisi di gas / Matematica e Machine Learning
Infrastrutture INRiM *		PiQuET		PiQuET	
Infrastrutture nazionali e internazionali*	Euramet	Euramet	EURONANOLAB iEntrance	EURONANOLAB iEntrance / Euramet	Euramet
EMN		Advanced Manufacturing		Climate and Ocean Observation / Energy Gases / Clean Energy	Climate and Ocean Observation / Mathematics and Statistics

Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)

Filippo Levi

SSO	Chimica fisica e nanotecnologie A.M. Rossi	Elettronica quantistica L. Callegaro	Infrastrutture interdivisionali di ricerca G. Aprile dal 21/10/2025 D. Calonico fino al 20/10/2025	Optica quantistica e fotometria M. Genovese	Tempo e frequenza I. Sesia dal 21/10/2025 F. Levi fino al 20/10/2025
Ambiti di ricerca	Salute / Bioeconomia, industria, risorse naturali, ambiente / Metrologia primaria	Digitale, industria, aerospazio / Clima, energia, mobilità sostenibile / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale	Digitale, industria, aerospazio / Bioeconomia, risorse naturali, ambiente / Salute / Metrologia primaria / Clima, energia, mobilità sostenibile	Digitale, industria, aerospazio / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale	Digitale, industria, aerospazio / Metrologia primaria / Ricerca fondamentale
Laboratori	Analisi chimiche e biologiche / Spettroscopia vibrazionale per analisi di micro/nanoncontaminanti e caratterizzazione film sottili / Servizi metrologici	Campioni quantistici e campioni nazionali elettrici / Power and energy / Circuiti quantistici / Servizi metrologici	Laboratori micro e nanofabbricazione in camera pulita / Laboratori per la metrologia alimentare / Servizi metrologici	QKD / Ottica quantistica / Nanodiamanti. Radiometria/fotometria / Servizi metrologici	Scala di tempo / Campioni atomici di frequenza / IQB e sensing in fibra / Sistemi GNSS / Servizi metrologici
Infrastrutture INRIM *	IMPreSA	QuaMT-ITA / PiQuET	IMPreSA / PiQuET	IQB / QuaMT-ITA / PiQuET	IQB / Galileo / QuaMT-ITA / PiQuET
Infrastrutture nazionali e internazionali *	ESFRI Metrofood / IR PNRR Metrofood / Euramet	Euramet / EURONANOLAB / iEntrance	EURONANOLAB iEntrance / Euramet	EuroQCI / Euramet / EURONANOLAB iEntrance	EuroQCI / Euramet / EURONANOLAB iEntrance
EMN	Safe and Sustainable Food	Quantum Technologies / Smart Electricity Grids	Quantum Technologies / Safe and Sustainable Food / Advanced Manufacturing	Quantum Technologies	Quantum Technologies

*Le infrastrutture dell'INRiM e quelle in cui l'Istituto è coinvolto sono descritte in dettaglio nel capitolo 6 di questa Relazione.

7.2 – DIVISIONE METROLOGIA DEI MATERIALI INNOVATIVI E SCIENZE DELLA VITA

La Divisione svolge attività di ricerca avanzata, sviluppo tecnologico e supporto metrologico in ambiti strategici per la società e l'industria, contribuendo al rafforzamento del ruolo dell'INRiM quale Istituto Metrologico Nazionale. La missione scientifica della Divisione integra competenze che spaziano dalla fisica dei materiali alla biomedicina, dall'elettromagnetismo alla fotonica, fino ai sistemi quantistici, offrendo soluzioni riferibili e certificate ai settori della salute, dell'energia, dell'industria sostenibile e dell'innovazione digitale.

La divisione realizza e mantiene i seguenti campioni:

- Campione di intensità di campo elettrico
- Campione nazionale di induzione e di flusso di induzione magnetica
- Campione nazionale di potenza ultrasonora e di pressione sonora
- Sistema di generazione di campi magnetici campione (sino a 300 kHz)
- Campione di rapporto di alta tensione continua e alternata fino a 100 kV e di forti correnti alternate fino a 10 kA
- Sistema campione per strumenti di misura di scariche parziali

Le principali linee scientifiche di ricerca attive in Divisione si possono così sintetizzare:

Salute e delle scienze della vita: la Divisione sviluppa tecniche di misura avanzate per la biomedicina, in particolare sistemi per l'*imaging*, la diagnostica molecolare e la medicina personalizzata. Le attività includono lo sviluppo di modelli computazionali e *digital twin* di tessuti e organi, tecniche di microscopia ottica non-lineare, modelli di AI per la classificazione e la segmentazione di immagini mediche, e per la generazione di dati sintetici che emulano quelli clinici, e metodi per la misura di biomarcatori molecolari e cellulari di malattie e stati patologici. Sono in corso ricerche su biomateriali per la medicina rigenerativa, nanomateriali per terapie mirate, e sistemi ultrasonori per il rilascio controllato di farmaci e per l'apertura della barriera emato-encefalica. Lo sviluppo della tomografia a risonanza magnetica è approfondito sia sugli aspetti di sicurezza, che di ingegnerizzazione a basso campo e di imaging quantitativo. La Divisione contribuisce inoltre alle reti europee Mathmet, dedicata alla matematica e alla statistica per la metrologia e TraceLabMed, dedicata alla metrologia per la medicina di laboratorio; partecipa allo sviluppo di standard e linee guida in ambito IVDR (*European In-Vitro Diagnostic Device Regulation*), garantendo riferibilità, qualità e sicurezza nelle misure biomediche.

Energia e della transizione energetica: le attività riguardano la misura, la modellizzazione e l'ottimizzazione dei sistemi elettrici ed elettromagnetici. La Divisione sviluppa metodi riferibili per la misura di campi elettrici e magnetici, sistemi per l'alta tensione, convertitori di potenza e reti per la mobilità elettrica. Particolare attenzione è rivolta alle tecnologie per lo stoccaggio dell'energia, come i supercondensatori, ai sistemi per il monitoraggio dei contatti linea-pantografo e alle reti elettriche intelligenti, nell'ambito delle *European Metrology Network* sulle *Smart Grid* e sulla *Clean Energy*. Nel campo della magnetizzazione dei materiali e della conversione elettro-meccanica, sono in corso studi su materiali magnetici avanzati, perdite per isteresi, materiali prodotti per additive-manufacturing per motori ad alta efficienza e fenomeni termomagnetici. L'obiettivo è fornire strumenti e riferibilità metrologica per l'efficienza energetica, la sicurezza delle infrastrutture e lo sviluppo di tecnologie industriali sostenibili.

Materiali innovativi, nanoscienze e tecnologie quantistiche: la Divisione realizza e caratterizza materiali funzionali, nanostrutture e metamateriali per applicazioni fotoniche, elettroniche, magnetiche e sensoriali. Tra le attività più significative vi sono lo sviluppo di standard innovativi di resistenza basati su dispositivi memristivi, sistemi plasmonici per la sensoristica, materiali ad alta riflettanza solare e metasuperfici bio-ispirate per l'efficienza energetica. Si studiano anche funzioni fisiche non clonabili per la crittografia, basate su polimeri disordinati con proprietà ottiche riconfigurabili, e materiali multifunzionali con proprietà magneto-fotoniche. Sono state realizzate metasuperfici polimeriche per la nanofotonica, tra cui il primo "Memitter" bidimensionale, emettitore di luce dotato di memoria integrata. Inoltre, dispositivi memristivi e reti neuromorfiche basate su materiali nanostrutturati sono impiegati per lo sviluppo di nuove architetture computazionali, con risultati riconosciuti a livello europeo, tra cui il recente finanziamento di un ERC Starting Grant dedicato a sistemi memristivi auto-organizzati.

Ambiente e sostenibilità: la Divisione sviluppa materiali e tecniche per la riduzione dell'impatto ambientale e per il monitoraggio di inquinanti e risorse naturali. Attività specifiche includono la progettazione di idrogel

nanoporosi per la rimozione di metalli pesanti da acque industriali, tecniche per la caratterizzazione e la riduzione dell'inquinamento acustico, modelli di trasporto radiativo per lo sviluppo di materiali riflettenti e sistemi di misura per microplastiche, materiali critici e contaminanti in ambito alimentare e ambientale. Inoltre, si sviluppano *digital twin* per lo studio di ecosistemi marini, integrando dati fisici, chimici e biologici.

Infine, la Divisione sostiene il ruolo istituzionale dell'INRiM attraverso lo sviluppo e il mantenimento dei campioni nazionali di misura in ambito elettrico, magnetico, acustico e ultrasonoro. Assicura partecipazione a confronti internazionali, emissione di certificati di taratura e supporto a organismi normativi e reti europee. L'attività comprende anche formazione avanzata, tutoring di studenti e dottorandi, trasferimento tecnologico verso imprese e pubbliche amministrazioni e iniziative di divulgazione scientifica rivolte alla società.

Risultati ottenuti

Le attività di ricerca svolte hanno prodotto risultati di rilievo scientifico, tecnologico e metrologico, con un impatto significativo sia sul progresso delle conoscenze fondamentali sia sullo sviluppo di applicazioni avanzate in ambito industriale, biomedicale ed energetico. Le ricerche si collocano in un quadro fortemente interdisciplinare e contribuiscono al posizionamento dell'Istituto come riferimento nazionale e internazionale nei settori della metrologia dei materiali innovativi e delle scienze della vita.

Nell'ambito della **computazione neuromorfica e memristori** è stato dimostrato che la dinamica molecolare indotta otticamente negli azopolimeri può essere sfruttata per l'elaborazione neuromorfica dei dati nel dominio analogico e per la computazione in materia. Tali materiali consentono l'implementazione di funzionalità sinaptiche avanzate, comprendenti memoria a breve e lungo termine e memoria visiva, oltre alle funzioni di archiviazione. In questo ambito si colloca l'avvio di un progetto ERC Starting Grant, "MEMBRAIN", focalizzato su dispositivi memristivi per applicazioni di computazione neuromorfica. È stato inoltre dimostrato uno standard intrinseco di resistenza basato su celle memristive nanoioniche, operanti in aria e a temperatura ambiente, direttamente utilizzabili dagli utenti. Portando tali dispositivi nel regime di conduzione quantistica, sono stati ottenuti livelli stabili di conduttanza quantizzata impiegabili come valori di riferimento SI. La validità metrologica è stata confermata tramite un confronto interlaboratorio, aprendo prospettive concrete per lo sviluppo di servizi metrologici su chip e di sistemi di misura autotarati, svincolati dalle tradizionali catene di riferibilità.

Nel corso delle attività inerenti alla **Fotonica e ai materiali intelligenti**, è stata realizzata la prima misura quantitativa del grado di anisotropia nel trasporto della luce in mezzi anisotropi complessi, includendo film polimerici, carta, materiali compressi e tessuti biologici. Il risultato fornisce nuovi strumenti per la caratterizzazione ottica di materiali disordinati e anisotropi, con ricadute in ambito biomedicale e dei materiali avanzati. In questo ambito si colloca l'avvio di un progetto ERC Starting Grant, "3DNanoGiant", dedicato allo sviluppo di componenti fotonici ad elevata non linearità.

Nel campo dell'**Energia e dell'efficienza dei sistemi**, è stata pubblicata la piattaforma FRESCO-board, basata su software e hardware open-source, per la caratterizzazione simultanea della temperatura minima raggiungibile e della potenza di raffreddamento di materiali radiativi. Sono inoltre state condotte campagne di misura su sistemi di trasporto pubblico (metropolitana di Madrid e tranvia di Hannover) finalizzate alla valutazione dell'efficienza energetica dei sistemi di conversione e recupero dell'energia di frenatura, mediante misure distribuite e sincronizzate. È stato sviluppato un metodo matematico per la valutazione dell'incertezza dei parametri di un modello circuitale equivalente a tre rami per supercondensatori a doppio strato, accompagnato dalla definizione di un test plan strutturato per la loro caratterizzazione metrologica.

In riferimento ai **materiali per l'ambiente e al recupero di risorse**, sono stati sviluppati e caratterizzati cryogel a base di acido acrilico per il recupero di metalli preziosi da acque di scarto industriali. I materiali mostrano un'elevata selettività per il recupero dell'oro da soluzioni metalliche miste, con potenziali applicazioni nel trattamento sostenibile dei rifiuti industriali.

Su tematiche relative a **imaging e biometrologia**, è stata sviluppata una nuova tecnica di tomografia delle proprietà elettriche basata su risonanza magnetica (MRI) e allestito un nuovo laboratorio dedicato alla caratterizzazione delle proprietà di rilassometria di materiali simulatori tissutali per applicazioni MRI. È stato inoltre sviluppato un modello in silico per la generazione di immagini mammografiche sintetiche ad elevato realismo, destinate all'addestramento e alla validazione di algoritmi di intelligenza artificiale per la diagnostica per immagini. Nel settore della biometrologia, sono stati pubblicati i risultati di un confronto interlaboratorio

CCQM (Cell Analysis), focalizzato sulla quantificazione di proprietà chiave di colture in vitro di cellule umane come potenziali biomarcatori di patologie.

Nel settore **Acustica e ultrasuoni**, sono stati realizzati trasduttori microfonici MEMS piezoelettrici e condotti test in vivo dell'efficacia dei campi ultrasonori per l'apertura della barriera emato-encefalica, in collaborazione con l'IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta, con potenziali ricadute in ambito terapeutico.

Infine, con riferimento alle tematiche inerenti al **magnetismo, alla spintronica e ai materiali magnetici**, sono stati ottenuti risultati di rilievo nello studio delle pareti di dominio magnetiche in sistemi con interazioni chirali, dimostrando teoricamente e sperimentalmente l'influenza critica della curvatura e del raggio delle bolle magnetiche sulla dinamica di creep e sulla riproducibilità delle misure di Dzyaloshinskii-Moriya. Sono stati inoltre sviluppati array di microdot di FeGa per applicazioni di Magnetic Unclonable Function, capaci di generare chiavi crittografiche ad elevata sicurezza; vetri metallici a base ferro prodotti tramite additive manufacturing, evidenziando il legame tra parametri di stampa e proprietà magnetiche; un modello teorico per il potenziamento dell'effetto magnetoelettrico in compositi magneto-polimerici. Infine, la misura dell'effetto Nernst in bismuto monocristallino ha evidenziato una marcata anisotropia legata alla struttura elettronica del materiale, fornendo indicazioni fondamentali per la progettazione di dispositivi termomagnetici.

Prodotti 2025 della Divisione ML:

- 79 pubblicazioni su riviste indicizzate, 25 articoli su atti di congresso
- 273 documenti emessi servizi di misura, taratura e prova
- 50 progetti attivi

7.3 – DIVISIONE METROLOGIA APPLICATA E INGEGNERIA

Le principali linee di attività della Divisione riguardano lo sviluppo della scienza metrologica e delle tecnologie con attenzione all'ingegneria e alle necessità industriali. Nel quadro del Sistema Internazionale delle unità di misura, e secondo il ruolo di Istituto Metrologico Primario, la Divisione cura la ricerca metrologica per le grandezze meccaniche termodinamiche e elettriche, la realizzazione pratica e la disseminazione delle relative unità di misura, anche in risposta alle nuove opportunità offerte dalla ridefinizione delle unità del SI. In particolare, la Divisione svolge attività di ricerca inerenti il monitoraggio ambientale e il **clima**, l'impiego razionale dell'**energia**, lo sviluppo di tecniche metrologiche per l'industria dell'**aerospazio**. La Divisione affronta anche le tematiche legate all'utilizzo dell'intelligenza artificiale e del *machine learning* alla metrologia applicata, quali lo studio della valutazione di incertezza in AI/ML e l'applicazione a reti di sensori.

La Divisione svolge il ruolo di **Istituto Metrologico Primario** realizzando e mantenendo i seguenti campioni:

- Campioni primari di Massa e Portata,
- Campioni primari di Forza, Pressione (e grandezze derivate),
- Campioni primari di Lunghezza e Angolo,
- Campioni primari di Temperatura
- Campioni Nazionali di Tensione e Resistenza in regime continuo

In questi settori garantisce la riferibilità delle misure eseguendo confronti internazionali (*Key Comparison*), tarature di campioni di prima linea per i laboratori accreditati, e gestendo confronti interlaboratorio. Agisce inoltre come supporto al sistema metrologico nazionale favorendo l'accreditamento di nuovi laboratori e l'avanzamento della tecnologia della misura in ambiti industriali. L'attività è prevalentemente supportata da finanziamenti interni e da contratti industriali. Come obiettivo strategico, al fine di ottimizzare le risorse e di mantenere la qualità del servizio, la Divisione opererà una azione di razionalizzazione dei servizi e dei contratti, e di investimento per l'automatizzazione delle operazioni di taratura.

Le principali linee scientifiche di ricerca attive in Divisione si possono così sintetizzare:

Aerospazio: la Divisione è attiva nella progettazione e prototipazione di sensori per missioni spaziali scientifiche per l'osservazione della Terra, esplorazione interplanetaria e scienza fondamentale. Sviluppa inoltre soluzioni metrologiche a supporto della manifattura di oggetti di grandi dimensioni (industria aerospaziale). In questo contesto propone soluzioni per problemi metrologici nel campo delle misure dimensionali (distanze, angoli, assetto), delle accelerazioni, forze e temperature ed esegue caratterizzazioni di strumenti e dispositivi sviluppati da terzi. L'attività è finanziata dalle agenzie spaziali e da contratti industriali.

Come obiettivo strategico, la Divisione mira a incrementare i rapporti con le agenzie, le realtà accademiche e industriali nazionali e europee (ASI, ESA, UniTN, Thales, Argotec); realizzare nuove facility di test; aumentare il TRL dei dimostratori INRIM (da 2/3 a 4/5).

Cambiamento climatico: la Divisione sviluppa metodologie di analisi di incertezza e procedure di taratura per le grandezze rilevanti, incluso lo studio delle interazioni termodinamiche e radiative a cui i sensori sono soggetti. A tal fine dispone di facility per la caratterizzazione di sensori in ambienti estremi (velocità, temperatura, umidità e pressione dell'aria, e radiazione solare), dispone di un laboratorio mobile per la caratterizzazione di stazioni in situ e di una stazione di riferimento climatologica. Per la riferibilità delle misure in traccia di CO₂ e Nox in atmosfera e nei mari e per la determinazione delle relative composizioni isotopiche la Divisione produce e verifica Materiali di Riferimento Certificati (CRM). L'attività è prevalentemente finanziata da contratti di ricerca nazionali ed europei. Come obiettivo strategico, la Divisione punta al rafforzamento del proprio status di *WMO Measurement Lead Center* anche attraverso la promozione di nuove stazioni di riferimento climatologiche sul territorio nazionale; all'approfondimento dello studio delle interazioni radiative dall'ultravioletto al medio infrarosso; all'attivazione di un servizio di taratura sui materiali certificati.

Settore energetico: la Divisione opera a supporto dell'innovazione nel settore, allo scopo di migliorare l'efficienza della produzione, di studiare nuovi vettori (gassosi e liquidi) dal punto di vista termodinamico e di garantire la riferibilità della relativa contabilizzazione. A tale scopo sono attivi laboratori per lo studio delle proprietà termodinamiche di combustibili e di refrigeranti, misuratori di portate e di densità di gas e liquidi. L'attività è prevalentemente finanziata da contratti di ricerca europei e da contratti industriali. L'esigenza di ridurre l'impatto ambientale e incrementare l'indipendenza energetica porta a una continua proposta di nuovi composti per la produzione e la trasformazione dell'energia. In questo contesto sono di particolare interesse gli studi per l'abbattimento della produzione di CO₂ e l'introduzione dell'idrogeno nella filiera di produzione, stoccaggio, trasporto e combustione. Su questi fronti la Divisione soddisferà e anticiperà le esigenze del settore realizzando nuovi laboratori e sviluppando nuove capacità di misura.

Risultati ottenuti

Le attività di ricerca svolte hanno prodotto risultati di rilievo scientifico, tecnologico e metrologico, con un impatto significativo sia sul progresso delle conoscenze fondamentali sia sullo sviluppo di applicazioni avanzate in ambito industriale, aerospaziale, energetico e ambientale.

Nell'ambito della **ricerca metrologica**, uno studio condotto dall'INRiM ha permesso di fare luce sul fenomeno della **sovrafusione nel gallio** evidenziando come questo sia dipendente dalla "storia-termica" del materiale. I risultati ottenuti aprono la strada all'utilizzo di celle del gallio come riferimento di temperatura in un numero più ampio di applicazioni, precedentemente precluse dall'impossibilità di raggiungere le temperature criogeniche necessarie a riportare il gallio allo stato solido. Sempre nel campo della termometria, una ricerca condotta all'INRIM ha permesso di ridurre di oltre un ordine di grandezza l'incertezza del **modello termodinamico della velocità del suono** in aria umida. Il modello è stato verificato mediante il confronto con due diversi metodi sperimentali mostrando un eccellente accordo tra i risultati sperimentali e le previsioni teoriche. Il modello permetterà di effettuare misure accurate della temperatura termodinamica dell'aria con metodi acustici. Sempre in campo termometrico, il laboratorio di Proprietà Termofisiche dell'INRIM ha misurato, per la prima volta, la velocità del suono in **stati metastabili dell'acqua** con tecnica *double pulse-echo*. I risultati ottenuti, nell'intervallo di temperatura (254.65 – 273.15) K, per pressioni fino a 190 MPa, hanno permesso l'osservazione di fenomeni di pre-congelamento, contribuendo alla comprensione dei processi di transizione di fase a livello molecolare, oltre che all'aggiornamento dell'equazione di stato fondamentale dedicata all'acqua sottoraffreddata.

Sono stati testati in via preliminare, **campioni innovativi di pressione** basati sulla costante di Boltzmann, tuttora in fase di sviluppo, dimostrando, allo stato attuale, di coprire un ampio range di pressione da 100 Pa a 3 MPa con incertezze minori di 100 ppm.

Nel campo della velocimetria applicata a micro sistemi per applicazioni biologiche è stato realizzato un sistema per la determinazione di **fenomeni oscillatori micro e nano-dinamici**, basato su un Laser-Doppler (μ -LDV), che consente di misurare vibrazioni fino a 24 MHz, ed è applicato per la determinazione delle costanti elastiche effettive flessionale e torsionale di cantilever utilizzati nella Microscopia a Forza Atomica

Per quanto riguarda l'attività sul miglioramento dei **servizi metrologici e campioni**, nell'ambito dei campioni primari di **temperatura e umidità** sono state completate misure temperatura termodinamica con metodo acustico nell'intervallo tra 10 K e 160 K, (progetto DireK-T); *commissioning* del nuovo campione primario per l'umidità in traccia nel campo da 4 nmol/mol a 1 mmol/mol (progetto PROMETH2O). È stato migliorato ed esteso il campo di misura delle CMC sui volumi di solidi e attivate nuove CMC sulle **misure di densità**. Sono stati riattivati e messi in servizio i servizi metrologici riferiti ai campioni secondari temperatura e umidità in seguito a interruzione per ristrutturazione laboratori; concluso confronto Euramet T-S7 "*Comparison of measurement parameters required in radiance temperature scale realisation from 156 °C to 1100 °C*"; realizzato nuovo campione primario per l'umidità in traccia nel campo fra -105 °C e -20 °C. Il **Laboratorio Campioni Primari** di Igrometria dell'INRIM ha consolidato il proprio ruolo nel panorama metrologico internazionale grazie all'ottimo risultato ottenuto nel confronto chiave CCT-K8 nel campo temperatura di rugiada (30; 95) °C, evidenziando prestazioni significativamente migliori rispetto alle CMC attualmente pubblicate nel range di temperatura di rugiada tra 30 °C e 95 °C, ponendo le basi sperimentali per future estensioni e miglioramenti delle capacità di misura.

Nell'ambito del Sistema Qualità le grandezze Durezza, Pressione e Vibrazioni sono state sottoposte a peer review internazionale (Euramet project 1123). I risultati hanno confermato l'adeguatezza del Sistema Qualità e delle capacità di misura nei laboratori relativi a tali grandezze, in conformità ai requisiti del CIPM MRA.

Riguardo alla **metrologia a supporto dell'industria aerospaziale e della geodesia**, si è concluso il progetto dell'ESA "LIG-on-a-chip" che riguarda la progettazione, realizzazione e caratterizzazione in collaborazione con la Fondazione Bruno Kessler di un interferometro costruito su chip con la tecnica della fotonica integrata. I chip prodotti hanno dimostrato la possibilità di ottenere un segnale da interferometro a eterodina con una risoluzione sullo spostamento di 300 pm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ per una banda di Fourier superiore a 1 Hz. È stato inoltre realizzato un prototipo di sensore ottico di assetto commissionato da ESA per satelliti di telecomunicazione di nuova generazione (Progetto ESA-ATOM). È stato effettuato, finanziato da ESA-ESTEC, uno studio su diverse tipologie di misuratori che verranno implementati nella **propulsione dei satelliti** per futura missione ESA-NGGM, al fine di valutare la risposta di tali strumenti in funzione delle condizioni di utilizzo. È stata istituita la **rete gravimetrica nazionale** di ordine zero (progetto PRIN ItaGraph2022-2025) in collaborazione con INGV, PoliMi e La Sapienza di Roma; è stato sviluppato un **sistema di riferimento per la sismologia** che consente di realizzare e misurare oscillazioni meccaniche ortogonali e parallele al campo gravitazionale, nel range di frequenza compreso tra 0.01 Hz e 10 Hz; è stato dato supporto metrologico al progetto ERC MEGANTE dell'INFN per la misura della costante gravitazionale con interferometria atomica.

Riguardo alla **metrologia a supporto della transizione energetica** è stato realizzato un dispositivo di misura del flusso netto radiativo per materiali raffrescanti di tipo *Passive Radiative Cooling* (PRC); sono state realizzate celle del punto fisso del Gallio miniaturizzate per tarature *in-situ* di sensori di temperatura in regioni remote o su satellite. È stato realizzato un *setup* di misura e confronto per caratterizzazione ottico-elettrica combinata di micro/nano termometri (progetti QUANTIFY e PhoQuS-T). Per la caratterizzazione delle **proprietà termofisiche dei vettori energetici** sono state completate misure di velocità del suono e modello termodinamico per miscele acquose di ammine e CO₂ ed è stato sviluppato un generatore di riferimento per l'idrogeno umido nel campo (0.2–50) mmol/mol fino a 6 MPa validato con un confronto internazionale. È stato infine sviluppato un metodo e realizzata una stazione per la generazione di **profili dinamici di portate** rapidamente variabili nel tempo per colmare una lacuna di riferibilità nei misuratori di portata.

Tra i risultati rilevanti nell'ambito dell'**attività per il clima e per l'ambiente**, la stazione climatologica CRS di Stupinigi è stata inclusa nel WIGOS (WMO Integrated Global Observing System) e nel database ORCAR. WIGOS coordina le osservazioni meteo-climatiche globali per garantirne la qualità. La stazione fa parte del **WMO Measurement Lead Center "Traceability and Field Metrology"** dell'INRiM, che nel 2025 ha ampliato le sue capacità con il completamento del tunnel "EDDIE", aggiungendo un simulatore solare per testare l'effetto delle radiazioni sulle misure termiche-ambientali. Sempre nell'ambito delle misure per l'ambiente la **riferibilità delle misure di inquinanti gassosi**, è stata pubblicata una nuova CMC sull'ozono sul BIPM KCDB (recependo la nuova sezione d'urto). Inoltre, è stato sviluppato basato sulla tecnica CRDS per l'assegnazione del valore di composizione isotopica del carbonio della CO₂ ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$) in miscele di CO₂ a concentrazione atmosferica in matrice di aria.

Tra gli eventi più significativi, dal 21 al 24 ottobre 2025 si è tenuto, presso il Campus INRiM di Torino, un incontro che ha visto coinvolto il **Gruppo di Lavoro sull'analisi di gas** (GAWG) del **Comitato Consultivo per la Quantità di Sostanza: Metrologia in Chimica e Biologia** (CCQM) del **Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure** (CIPM): si sono riuniti gli esponenti degli Istituti Metrologici Nazionali (NMI) e Istituti Designati (DI) di tutto il mondo attivi nel settore dell'analisi di gas, per discutere tematiche chiave legate alle attività tecniche in ambito metrologico.

Infine, la Divisione è attiva nella **normazione** e nel **trasferimento tecnologico**, in particolare: nell'ambito delle misure di durezza sono stati depositati due brevetti, uno su un sistema di misura primario ottico-interferometrico per la caratterizzazione geometrica dei penetratori di diamante e uno su un nuovo microdurometro campione che è stato inserito come nuovo campione.

La collaborazione in progetti IUPAC/CITAC sui **metodi statistici per la metrologia in chimica** ha prodotto una Guida sui confronti interlaboratorio di misurandi qualitativi, offrendo metodi statistici avanzati per la progettazione e l'elaborazione dei dati. La metodologia è stata anche applicata alla valutazione del rischio di errori umani nelle analisi chimiche.

Sono stati sviluppati strumenti software avanzati (INRiM Progetto EURAMET "RealMass Calibration") per la disseminazione della scala e svolto studi sulla determinazione degli errori di posizione nei comparatori di massa automatici.

Come risultato chiave del progetto INRiM "INCIPIT" 18NRM03, è stata pubblicata la **norma europea EN 18097:2025 - Hydrometry on Non-Catching Rain Gauges Calibration**. Inoltre, è stata pubblicata la WMO Guide to Instruments and Methods of Observation Volume II – Measurement of Cryospheric Variables – Ch.4 Permafrost, con co-presidenza del gruppo di lavoro che ha redatto la guida <https://wmo.int/media/news/wmo-issues-new-guidance-cryosphere-measurements>

Prodotti 2025 della Divisione AE:

- 50 pubblicazioni su riviste indicizzate, 40 articoli su atti di congresso
- 1.340 documenti emessi servizi di misura, taratura e prova
- 38 progetti attivi

7.4 – DIVISIONE METROLOGIA QUANTISTICA E NANOTECNOLOGIE

La Divisione di Metrologia Quantistica e Nanotecnologie ha il compito di sviluppare i campioni primari di misura nei settori delle grandezze elettriche, della fotometria e della radiometria e nel campo del tempo e della frequenza.

La Divisione realizza e mantiene i seguenti campioni primari:

- Campioni quantistici di tensione e resistenza elettrica;
- Campioni nazionali di: intensità di corrente elettrica, potenza ed energia elettrica, tensione, corrente e resistenza elettrica in regime alternato sinusoidale, capacità e induttanza elettrica e radiofrequenza.
- Campione di radianza
- Campioni di frequenza basati sulla fontana di cesio e sull'orologio ottico all'itterbio
- Scala di tempo nazionale UTC(IT)

Oltre alla realizzazione dei riferimenti primari di misura la Divisione si occupa dello sviluppo della scienza delle misure primarie nei campi delle misure elettriche, dell'elettronica quantistica, dell'ottica quantistica, della chimica-fisica, della fisica atomica e molecolare e degli algoritmi per la realizzazione delle scale di tempo. La Divisione è inoltre attiva da oltre venti anni nello sviluppo dei sistemi di timing di Galileo, sistema di navigazione satellitare europeo.

La Divisione, inoltre, vede collocate al proprio interno alcune delle principali infrastrutture dell'Ente quali la Cleanroom **PiQuET** (Piemonte Quantum Enabling Technology), centro di micro e nanofabbricazione per lo sviluppo di processi, la miniaturizzazione di dispositivi e sensori a supporto degli ambiti metrologici sviluppati dall'Ente e a supporto dello sviluppo tecnologico di aziende e imprese del territorio; **IMPreSA** (Infrastruttura Metrologica per la Sicurezza Alimentare), dedicata allo sviluppo ed all'offerta verso utilizzatori esterni di

avanzati protocolli e innovative tecniche di misura per la caratterizzazione chimico fisica degli alimenti, così come alla misura di possibili contaminanti in essi contenuti; **IQB** (Italian Quantum Backbone), infrastruttura in fibra estesa sul territorio nazionale per oltre 2000 km per la disseminazione di riferimenti di tempo e frequenza, la comunicazione quantistica ed il sensing ambientale in fibra. QN partecipa attivamente a **Quant-ITA**, infrastruttura nata per fornire un supporto metrologico alle attività industriali e di ricerca nel settore quantistico.

Le principali linee scientifiche di ricerca si possono così sintetizzare:

Metrologia per la salute, il cibo e l'ambiente: attività dedicata allo sviluppo e al perfezionamento di tecniche spettroscopiche e analitiche avanzate, capaci di rilevare e identificare composti chimici presenti anche a concentrazioni estremamente basse. L'obiettivo è quello di supportare la certificazione dell'origine e dell'autenticità dei prodotti alimentari, garantendo qualità e tracciabilità lungo l'intera filiera. Allo stesso tempo, queste metodologie permettono il monitoraggio accurato della presenza di contaminanti emergenti come micro e nanoplastiche, PFAS e altre sostanze potenzialmente dannose, contribuendo alla tutela della salute pubblica e alla protezione dell'ambiente.

Elettronica Quantistica: sviluppo della realizzazione quantistica delle unità elettriche dell'SI e nuovi sistemi di misura primari per i campioni nazionali e la disseminazione, dal regime continuo alla radiofrequenza e microonde. Dispositivi quantistici superconduttori per la metrologia primaria e il quantum sensing. Materiali, dispositivi e sistemi per l'energy storage.

Ottica Quantistica: in questo ambito disciplinare vengono applicati, nell'ambito della fotonica, i principi fondamentali della misura quantistica per superare i limiti classici della misura (in termini di rumore, risoluzione, sensibilità ...), per lo sviluppo della QKD e per lo sviluppo e la caratterizzazione dei rivelatori a singolo fotone. Inoltre vengono studiate sorgenti capaci di emettere singoli fotoni, ad esempio in nanodiamanti.

Tempo e frequenza: in questo ambito disciplinare vengono studiati differenti sistemi atomici, a ioni e molecolari di interesse per la metrologia e per le varie applicazioni tecnologiche degli orologi. Vengono sviluppati prototipi di orologi compatti e miniaturizzati nella regione ottica e microonda, per applicazioni terrestri e spaziali. Si conducono campagne di misura per la taratura di TAI e confronti internazionali di orologi ottici. Si sviluppano inoltre algoritmi avanzati per la realizzazione di scale di tempo, insieme a metodi per la loro disseminazione e per garantire una sincronizzazione remota con elevata accuratezza e stabilità. Si sviluppa e opera inoltre la dorsale quantistica italiana in fibra ottica (IQB) per timing, sensing e quantum communication.

Sintesi di materiali e tecnologie innovative per l'energia e l'ambiente: sintesi di materiali e sviluppo di tecnologie innovative a supporto di tematiche quali: recupero di contaminanti dalle acque reflue, energy storage, energy harvesting da fonti rinnovabili, sviluppo di batterie con materiali avanzati, sviluppo e caratterizzazione chimico-fisica di materiali porosi come catalizzatori per la produzione di e-fuels, filtri per la cattura di CO₂, sensori di carica.

Risultati ottenuti

Nel campo della **metrologia** legata al settore **agroalimentare**, si è contribuito principalmente allo sviluppo di tecniche per la caratterizzazione delle acque. Si è contribuito allo sviluppo norma ISO 16094-2:2025 Qualità dell'acqua: *"Analisi delle microplastiche nell'acqua Parte 2: Metodi di spettroscopia vibrazionale per acque con basso contenuto di solidi sospesi, incluse le acque potabili"*.

Nell'ambito della **metrologia dei sistemi elettrici ed elettronici** particolare rilievo hanno avuto le misure volte al consolidamento metrologico necessario per l'energy storage e per la corretta gestione delle energie alternative. Per quanto riguarda i riferimenti primari elettrici si sono estesi i margini operativi del campione quantistico di potenza elettrica fino a 100 kHz; si è realizzato un campione quantistico di capacità elettrica con ponti di impedenza digitale; sono stati caratterizzati alcuni dispositivi basati sull'effetto Hall quantistico in grafene. Inoltre sono stati caratterizzati materiali e dispositivi per l'energy storage (batterie, supercondensatori) con tomografia elettrica a resistenza (electrical resistance tomography) e spettroscopia di impedenza (electrical impedance spectroscopy).

Nel settore delle **tecnologie quantistiche** sono stati portati avanti esperimenti volti al consolidamento di nuove tecnologie sia nella regione ottica che nella regione delle microonde. Nel campo dei **sensori superconduttivi a microonda** sono state condotte misure preliminari su dispositivi per la generazione di correnti quantizzate

per effetto Josephson quantistico duale. Sono stati sviluppati e caratterizzati travelling-wave parametric amplifiers per il sensing quantistico. È stato implementato un sistema di misura dei parametri di scattering per la caratterizzazione di dispositivi a microonda criogenici nonlineari.

Nel campo dell'**ottica quantistica** si è realizzato uno schema di super-risoluzione basato sulle caratteristiche specifiche degli stati ottici quantistici (non-poissonianità) coniugata alla luce strutturata. Inoltre sono stati investigati nuovi centri di colore in diamante (ad esempio Sn) come promettenti emettitori di singolo fotone e si è studiata la compatibilità della misura ODMR con centri NV per campioni biologici.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle capacità di **nanofabbricazione** è stata completata la strumentazione della clean-room Piquet, installando nuova strumentazione in grado di abilitare processi di fabbricazione di dispositivi e sensori con caratteristiche dimensionali fino ai 20 nm e abilitare processi di deposizione di film sottili anche eterogenei. (Electron Beam Lithography, Laser Writer, Low Pressure Chemical Vapour Deposition, Co-Sputtering).

Infine per quanto riguarda la **metrologia di tempo e frequenza** sono proseguite sia le attività legate al ruolo NMI di realizzazione dei riferimenti primari della scala di tempo UTC(It) e frequenza (campioni primari all'Yb e al Cs). Inoltre sono stati investigati nuovi sistemi di molecole e ioni per esperimenti e misure di fisica fondamentale. Nel campo degli orologi ottici si è partecipato a un confronto internazionale mediante un orologio trasportabile del PTB ospitato in INRIM e la rete in fibra ottica europea. È stato completato il primo budget di accuratezza per l'orologio a ⁸⁸Sr, comprensivo di uno studio delle interazioni in atomi bosonici interspecie; sono state realizzate nuove tecniche di stabilizzazione di una sorgente laser agganciata a un riferimento interferometrico in fibra ed è proseguito lo sviluppo di una sorgente ultrastabile a bassissimo rumore di fase per orologi ottici. Nel settore della spettroscopia molecolare è stata sviluppata una sorgente a buffer gas per CaF con primo rallentamento laser; sono stati realizzati esperimenti con cristalli bidimensionali di ioni di Ba per l'emulazione della isomerizzazione di molecole; è stata inoltre realizzata una cavità ad alta finezza allineata con un cristallo di ioni. Il laboratorio per la generazione della scala di tempo è stato rafforzato grazie all'acquisizione di quattro nuovi orologi atomici commerciali ad elevate prestazioni. Si è avviato il potenziamento dell'infrastruttura Italian Quantum Backbone (IQB) per la disseminazione della scala di tempo italiana UTC(IT), con stabilità inferiore al nanosecondo, a supporto delle infrastrutture critiche sul territorio nazionale. Sono proseguite le attività a supporto metrologico dello sviluppo dei sistemi di timing del sistema di navigazione satellitare Galileo, nell'ambito di numerosi contratti con le principali Agenzie europee. In stretta cooperazione con la cleanroom Piquet è proseguito lo sviluppo e la caratterizzazione di componenti microstrutturati per orologi spaziali e applicazioni quantistiche.

Prodotti 2025 della Divisione QN:

- 66 pubblicazioni su riviste indicizzate, 24 articoli su atti di congresso
- 447 documenti emessi servizi di misura, taratura e prova
- 78 progetti attivi

8 – HIGHLIGHTS 2025

Ricerca e Sviluppo (R&S)

Il Progetto ERC MEMBRAIN sviluppa nuove architetture computazionali neuromorfiche per superare i limiti dei sistemi hardware attuali. Si realizzano reti di nanodendriti autoassemblati in grado di adattare la propria topologia agli stimoli elettrici esterni e sono stati implementati nuovi metodi di computazione. In futuro sarà possibile migliorare le capacità computazionali di sistemi autoassemblati grazie ad un approccio multidisciplinare tra nanotecnologie, machine learning e neuroscienze.

Il progetto ERC 3DnanoGiant punta a sviluppare nuovi materiali fotonici non lineari integrabili in piattaforme funzionali eterogenee che possano manipolare la luce solamente grazie alla luce che li attraversa. A questo scopo, vengono studiati nuovi materiali che combinano la gigantesca non linearità ottica dei cristalli liquidi (dieci ordini di grandezza più grande di quella del silicio) con una rete polimerica nano-porosa stampabile in 3D alla nanoscala.

Una ricerca nel campo della termodinamica ha permesso di ridurre di oltre un ordine di grandezza l'incertezza del modello termodinamico della velocità del suono in aria umida. Il modello è stato verificato mediante il confronto con due diversi metodi sperimentali e permetterà di effettuare misure accurate della temperatura termodinamica dell'aria con metodi acustici superando i limiti attuali in campo ambientale, geodetico e industriale.

M. Gozzelino, E. Cerrato, C. Gionco, S. Micalizio, G. Aprile, M. Crivellari, F. Levi, D. Calonico, Activation and characterization of Rb MEMS cells with an automatic system at wafer level, *Sensors & Actuators: A. Physical* 391 (2025). La pubblicazione, supportata dalla Cleanroom PiQuET, affronta il tema della miniaturizzazione degli orologi ottici attraverso lo sviluppo di un sistema automatico per l'attivazione, a livello wafer, di microcelle MEMS, i riferimenti di frequenza miniaturizzati.

Il laboratorio di Proprietà Termofisiche ha misurato la velocità del suono in stati metastabili dell'acqua con tecnica double pulse-echo. I risultati ottenuti, nell'intervallo di temperatura (254.65 – 273.15) K, per pressioni fino a 190 MPa, hanno permesso l'osservazione di fenomeni di pre-congelamento, contribuendo alla comprensione dei processi di transizione di fase a livello molecolare, oltre che all'aggiornamento dell'equazione di stato fondamentale dedicata all'acqua sottoraffreddata.

F. Picariello, E. Losero, S. Ditalia Tchernij, P. Boucher, M. Genovese, I. Ruo-Berchera, and I. P. Degiovanni, Quantum super-resolution microscopy by photon statistics and structured light, *Optica* 12(4), 490 (2025). La pubblicazione dimostra come si possa raggiungere un'ottima super-resoluzione accoppiando luce strutturata con emettitori sia sub che super-Poissoniani, dimostrandone sperimentalmente i vantaggi (quantum dots).

E' stato allestito un laboratorio di rilassometria NMR per la misura dei tempi di rilassamento di materiali liquidi o gelatinosi. Mediante un magnete NMR a campo magnetico variabile da 0.5 T a 3 T, si sta definendo la riferibilità delle misure di T1/T2 di fantocci per la qMRI (quantitative Magnetic Resonance Imaging). Un primo confronto interlaboratorio è stato avviato con oltre 60 centri ospedalieri nazionali nell'ambito del progetto che vede coinvolti il MIMIT, l'ENEA e l'INRIM.

Il progetto MetSuperCap (12 partners da 7 paesi europei), ha sviluppato un sistema di misura con software di simulazione per identificare un efficiente modello circuitale equivalente (ECM) di supercondensatori (SCs) a doppio stato elettrico. Il modello ECM riproduce il comportamento dei SCs con un errore relativo della tensione ai morsetti inferiore al 3%. Lo studio continuerà considerando l'integrazione dei SCs negli Hybrid Energy Storage Systems con batterie e il funzionamento in condizioni reali.

Nella metrologia a supporto dell'industria aerospaziale e della geodesia, si è concluso il progetto dell'ESA "LIG-on-a-chip" per la progettazione, realizzazione e caratterizzazione, in collaborazione con la Fondazione Bruno Kessler, di un interferometro costruito su chip con la tecnica della fotonica integrata. I chip prodotti hanno dimostrato di poter ottenere un segnale da interferometro a eterodina con una risoluzione sullo spostamento di $300 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ per una banda di Fourier superiore a 1 Hz.

G. Zanelli, E. Moreva, E. Bernardi, E. Losero, S. Ditalia Tchernij, J. Forneris, Ž. Pastuović, P. Traina, I. P. Degiovanni, M. Genovese, Interplay between dressed and strong-axial-field states in nitrogen vacancy centers for quantum sensing and computation, *Physical Review B* 112 (2025). La pubblicazione dimostra come un controllo delle sovrapposizioni dei livelli dei centri NV in naodiamante possa essere usato per migliorare le loro prestazioni come sensori.

Il monitoraggio acustico è sempre più importante per valutare l'impatto delle infrastrutture sul rumore. Sono stati sviluppati metodi a basso costo per migliorare affidabilità e precisione dei microfoni MEMS impiegati in reti ambientali, anche attraverso due progetti (Autostrada del Brennero S.p.A. e progetto NEXT-GEN), che hanno evidenziato il potenziale dei trasduttori MEMS piezoelettrici per il monitoraggio diffuso dell'inquinamento acustico.

Lo sviluppo di materiali intelligenti è di grande interesse per la transizione energetica e la sostenibilità ambientale. Film magnetostrittivi FeGa sono stati accoppiati a una rete a cristalli liquidi in grado di deformarsi sottoesposizione alla luce. La conseguente variazione di proprietà magnetiche ed elettriche nei film di Fe-Ga può essere controllata e modulata in modo reversibile e predicibile, aprendo nuove prospettive per applicazioni nell'attuazione, nel controllo e nel sensing magnetico.

Il congresso internazionale "Quantum 2025 – Advances in Foundations of Quantum Mechanics and Quantum Information with Atoms and Photons" (in collaborazione con Università degli Studi di Torino, Università degli Studi di Bari e Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), 300 ricercatori partecipanti a Torino
Il 14° simposio internazionale su Hysteresis Modeling and Micromagnetics (HMM) organizzato dall'INRiM, 70 ricercatori internazionali a Torino.



Ruolo Istituto Metrologico Primario (NMI)

T. Lindvall, M. Pizzocaro et al., Coordinated international comparisons between optical clocks connected via fiber and satellite links, *Optica* 12, 843 (2025). La pubblicazione è il risultato di una collaborazione internazionale che ha permesso la misura ad alta accuratezza dei rapporti di frequenza tra orologi ottici europei con prestazioni allo stato dell'arte, fornendo un contributo chiave per la futura ridefinizione del secondo.

Nel campo della velocimetria applicata a microsistemi per applicazioni biologiche è stato realizzato un sistema per la determinazione di fenomeni oscillatori micro e nano-dinamici, basato su un Laser-Doppler (LDV), che consente di misurare vibrazioni fino a 24 MHz, ed è applicato per la determinazione delle costanti elastiche effettive flessionale e torsionale di cantilever utilizzati nella Microscopia a Forza Atomica.

A.M. Giovannozzi et al, Interlaboratory Comparison Reveals State of the Art in Microplastic Detection and Quantification Methods, Analytical Chemistry (2025). La pubblicazione riporta i risultati di una interlaboratory comparison globale (84 laboratori internazionali) per valutare lo stato dell'arte dei metodi di rilevazione e quantificazione delle microplastiche in matrici ambientali ed alimentari. La ricerca si è svolta nell'ambito della piattaforma VAMAS TWA45 coordinata da INRIM e del progetto Plastic Trace.

La stazione climatologica CRS di Stupinigi (Torino) è stata inclusa nel WIGOS (WMO Integrated Global Observing System) e nel database ORCAR. WIGOS coordina le osservazioni meteo-climatiche globali per garantirne la qualità. La stazione fa parte del WMO Measurement Lead Center "Traceability and Field Metrology" dell'INRiM, che nel 2025 ha completato il tunnel "EDDIE" aggiungendo un simulatore solare per testare l'effetto delle radiazioni sulle misure termiche-ambientali.

M. Marzano, V. D'Elia, L. Callegaro et al, An International Trilateral Comparison Among the Newest Generations of Digital and Josephson Impedance Bridges, IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 74 (2025). La pubblicazione rappresenta la prima mutua validazione internazionale di ponti di impedenza digitali (sia elettronici che con sorgenti Josephson Array Waveform Synthesizer), effettuata in situ spostando fisicamente i ponti di misura presso il METAS (ente svizzero di metrologia).



Knowledge Transfer (KT)

Nel progetto PNRR METROFOOD-IT è stata sviluppata una piattaforma digitale per l'analisi dimensionale e morfologica di microplastiche in campioni alimentari, ambientali e biologici. Tale strumento permette di elaborare immagini acquisite con microscopia ottica in modo completamente automatizzato, consentendo la segmentazione di particelle di forma irregolare e all'interno di aggregati. Il servizio integra metodi tradizionali di computer vision con un modello di rete neurale addestrato e validato.

Sono stati depositati due brevetti nell'ambito delle misure di durezza: 1) sistema di misura primario ottico-interferometrico per la caratterizzazione geometrica dei penetratori di diamante; 2) nuovo microdurometro campione. E' in programma l'avvio di un percorso di sfruttamento, tramite accordi commerciali con LTF SpA (Bergamo).

Nell'ambito dell'infrastruttura di ricerca IMPreSA, è stata avviata la collaborazione con un'importante realtà industriale del settore alimentare per lo sviluppo di una metodologia analitica su barrette proteiche. Il lavoro ha riguardato la messa a punto dell'intero protocollo, dall'estrazione della frazione proteica da una matrice complessa alla caratterizzazione e quantificazione delle singole proteine. Il metodo è stato validato su campioni e successivamente applicato a prodotti commerciali.

9 – PRODUZIONE SCIENTIFICA E SUO ANDAMENTO NEGLI ULTIMI 4 ANNI

Si riportano i principali risultati dell'INRiM, con un confronto sul consuntivo del periodo 2022-2025.

➤ PUBBLICAZIONI, SERVIZI METROLOGICI, PROGETTI

9.1 – LE PUBBLICAZIONI

A partire dal 2015, l'INRiM ha adottato il sistema IRIS del Consorzio Interuniversitario Cineca come archivio istituzionale per la raccolta dei prodotti della ricerca dell'Istituto, al fine di conservarli nel tempo e renderli disponibili in rete alla comunità scientifica mondiale. Il deposito nell'archivio IRIS dell'INRiM, denominato METRICA, permette di disseminare i prodotti della ricerca dell'Istituto tramite la buona pratica dell'open access, adempiere agli obblighi riguardanti i progetti europei (Horizon Europe), selezionare i migliori prodotti da fornire ad Anvur per la Valutazione della Qualità della Ricerca (VQR).

Oltre a METRICA, l'INRiM utilizza, per il censimento delle pubblicazioni su rivista e atti di congresso, anche le banche dati Scopus (Elsevier) e Web of Science (Clarivate), che forniscono utili elementi di analisi e comparazione dei risultati scientifici.

La tabella successiva riporta la sintesi delle pubblicazioni dell'Istituto, mostrando il loro andamento nell'ultimo quadriennio.

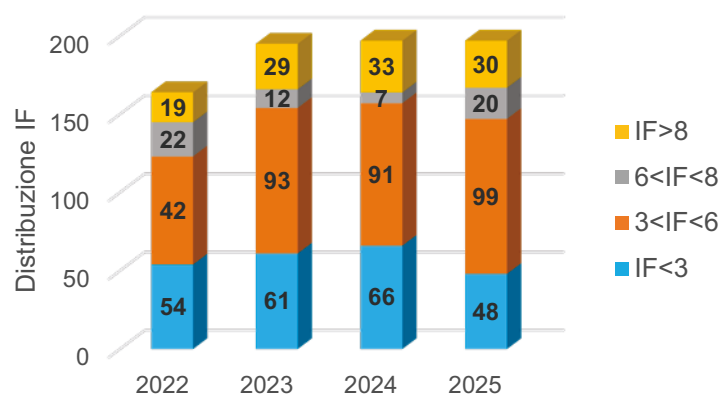
Tabella 7 – Pubblicazioni 2022-2025

Tipologia	2022	2023	2024	2025
Monografie/cap. di libro	7	4	1	4
Articoli su riviste indicizzate <i>(IF medio)</i>	175 ^(5.7)	205 ^(5.5)	208 ^(5.2)	202 ^(5.4)
Articoli su riviste non indicizzate	7	6	6	8
Articoli su atti di congresso (indicizzati e non)	55	77	73	91
Rapporti tecnici/reports di progetto/guide	54	48	48	47
Totali	298	340	336	352

La produzione scientifica dell'INRiM risulta essere in aumento nel corso del quadriennio, mantenendosi costante tra il 2024 e il 2025 per quanto riguarda le pubblicazioni su rivista indicizzata con Impact Factor.

L'Impact Factor medio delle pubblicazioni 2025 su rivista indicizzata è 5,4, in aumento rispetto alla media di IF 5,2 calcolata sulle pubblicazioni del 2024.

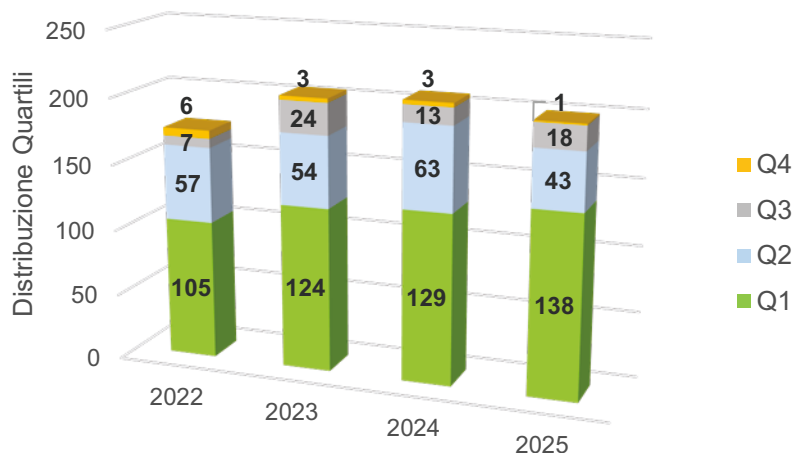
Il grafico seguente mostra la **distribuzione numerica delle pubblicazioni su rivista indicizzata dell'INRiM (anni 2022-2025) nelle classi di IF**. I valori di Impact factor $3 < IF < 6$ sono rimasti sostanzialmente costanti, mentre si evidenziano una diminuzione dei valori di $IF < 3$, un moderato aumento nel tempo dei valori di $IF > 8$ e una risalita dei valori $6 < IF < 8$ tra il 2024 e il 2025.



Distribuzione valori di IF pubblicazioni 2022-2025.

Il grafico successivo riporta invece la **distribuzione degli articoli su rivista indicizzata dell'INRiM nei**

quartili di rivista. La maggioranza degli articoli del **quadriennio 2022-2025** è pubblicata su riviste Q1. Mentre, nel periodo 2022-2024, la percentuale di pubblicazioni Q1 oscilla tra il 60% e il 62%, **nel 2025 la percentuale delle pubblicazioni Q1 tocca il 70%.**



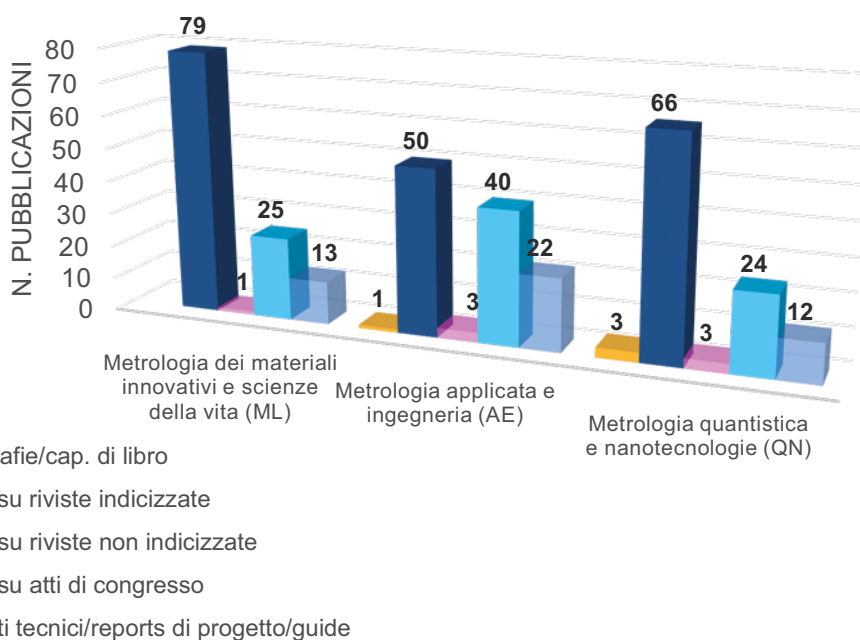
Distribuzione degli articoli su rivista indicizzata 2022-2025 nei quartili di rivista.

Nel 2025, l'aumento dell'IF medio e la tendenza a pubblicare su riviste con IF più elevato nel 1° quartile, sono un segnale di miglioramento qualitativo delle pubblicazioni di Istituto e del diverso approccio del personale a questo tema.

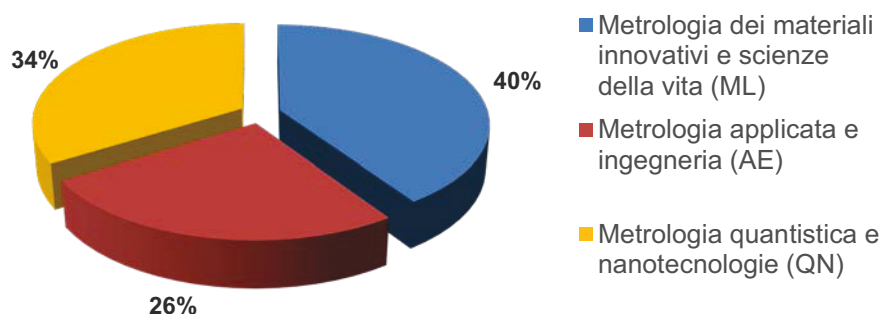
Considerando 176 tra ricercatori e tecnologi (a tempo determinato e indeterminato), e 197 pubblicazioni con IF, nel 2025 l'INRiM ha **1,1 pubblicazioni/addetto**, valore in linea con la dimensione dell'ente.

I grafici seguenti mostrano infine la distribuzione, nelle strutture dell'INRiM, di:

- tutte le tipologie di prodotto 2025
- gli articoli su rivista indicizzata 2025



Distribuzione articoli su rivista indicizzata



9.1.1 Il gruppo di lavoro per l'Open Science

La Scienza Aperta promuove una ricerca responsabile e di qualità, collaborativa e trasparente in tutti i suoi stadi - dalla produzione dei risultati alla validazione, disseminazione e valutazione degli stessi – grazie alla condivisione della conoscenza sempre più immediata e ampia resa possibile dalle tecnologie digitali. Fare scienza aperta moltiplica le opportunità di analisi, validazione e riutilizzo dei risultati della ricerca scientifica, favorendone la riproducibilità e l'interdisciplinarietà e accelerandone il progresso. Potenziare l'accessibilità dei risultati della ricerca - sotto forma di pubblicazioni, dati e software open source - valorizza e preserva il patrimonio culturale scientifico, crea le condizioni per una scienza più inclusiva ed equa, può facilitare il trasferimento tecnologico. L'INRiM intende dare un forte impulso alla cultura e alla pratica della Scienza Aperta da parte della sua comunità.

A questo scopo è stato istituito nel 2020 il Gruppo di lavoro Open Science, a cui è assegnato il compito di definire proposte alle Direzioni dell'Ente in merito alle politiche di promozione, sensibilizzazione e sostegno all'apertura delle pubblicazioni scientifiche, dei dati e del software.

Più in dettaglio, il Gruppo si propone di: formulare proposte per l'attuazione del principio dell'Accesso Aperto e intrattenere rapporti con le istituzioni che lo promuovono; provvedere alla revisione e all'aggiornamento delle policy di Istituto, verificandone lo stato di attuazione; predisporre linee guida operative di ausilio alle Autrici e agli Autori e supportarli nella gestione dei diritti d'autore in fase di pubblicazione; curare il deposito, la validazione, la gestione dei diritti dei prodotti nell'Archivio Istituzionale METRICA (IRIS/Cineca); formulare proposte in merito all'Archivio Istituzionale dell'INRiM, al fine di renderlo più performante; definire e supportare attività e iniziative di formazione e sensibilizzazione per la promozione e il sostegno alla pubblicazione ad Accesso Aperto; suggerire linee guida per la sottoscrizione di contratti editoriali di abbonamento a risorse bibliografiche in accordo con i principi dell'Open Access e dell'Open Science.

Nel 2025 le attività del Gruppo di lavoro OS si sono concentrate sulle seguenti attività:

- procedure per l'attivazione di un bando da tecnologo a tempo determinato, a cui dovrebbe seguire l'assunzione di un Data Steward che possa supportare il personale nelle operazioni di gestione dei dati della ricerca e/o laboratorio e della progettazione e compilazione dei Data Management Plans;
- selezione preliminare dei prodotti presentati dall'INRiM per la VQR 2020-2024, con particolare attenzione al controllo dei metadati e dei file allegati in ottemperanza alle regole del bando VQR sull'accesso aperto delle pubblicazioni e dei dati;
- organizzazione del workshop "Open Science a colazione", con interventi di esperti provenienti da INFN Frascati, Università degli Studi di Torino, Padova e Bologna;
- partecipazione al progetto EURAMET TC-IM 1449 "Research data management and the European Open Science Cloud"; training specifico su Open Science and Research Data Management per i progetti EPM Euramet, con la stesura di linee guida per il research data management nell'ambito della metrologia;

- stesura di contributi per la newsletter istituzionale INRiM Open Science;
- collaborazione con il gruppo OS di CoPER per il censimento dei contratti trasformativi e costi APC e partecipazione al convegno;
- preparazione di un sondaggio, rivolto al personale tecnico/scientifico, sulle esigenze di risorse informatiche per facilitare la corretta gestione dei dati della ricerca e la condivisione “as open as possible, as closed as necessary”.
- attivazione di un Tirocinio in collaborazione con il Master Analisi dei dati per la business intelligence e Data Science, con un progetto di studio su dati della ricerca nell’ambito biomedico e la riconciliazione tra openness e protezione dei dati;
- partecipazione attiva alle attività di divulgazione organizzate dalla Open Science Community Torino (OSCT);
- studio preliminare sulla fattibilità/utilità dell’adesione dell’INRiM alla Coalition for Advancing Research Assessment; studio sui benefici e costi dei contratti trasformativi e abbonamenti degli editori scientifici e valutazione di alternative Open Science.

9.2 I SERVIZI METROLOGICI

Nel suo ruolo di Istituto Metrologico Nazionale, INRiM mette a disposizione del Sistema Paese un’articolata attività di **servizi di taratura e misura** nei principali settori metrologici. Le oltre 460 *Calibration and Measurement Capability* (CMC) mantenute dall’INRiM all’interno del *CIPM Mutual Recognition Arrangement* (CIPM MRA) sono un patrimonio consolidato e in crescita, a supporto dell’esportazione e del libero scambio delle merci (<https://www.bipm.org/kcdb/>) insieme ai servizi di taratura e misura erogati dall’istituto nell’ambito delle funzioni di Istituto Metrologico Primario italiano (L. 273/91) che hanno portato all’aggiornamento e pubblicazione del catalogo di tali servizi (<https://www.inrim.it/it/servizi/servizi-di-metrologia>).

In tale contesto INRiM effettua **produzione di materiale di riferimento certificati** relativa a miscele gassose primarie di riferimento.

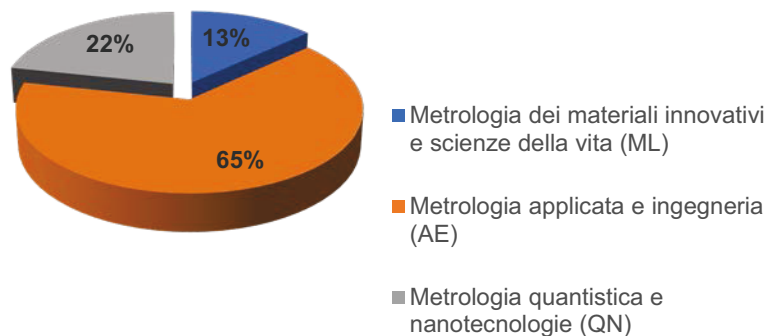
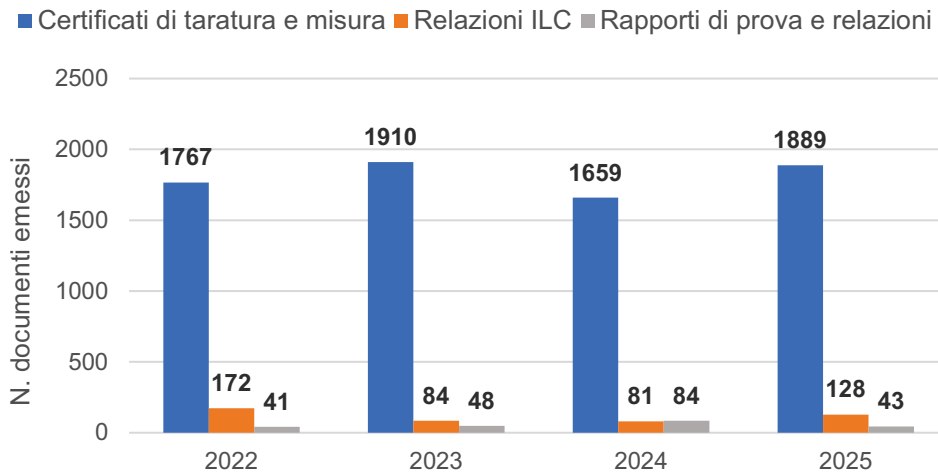
Tabella 8 – Evoluzione delle CMC INRiM nel quadriennio 2022-2025

Aree metrologiche	2022	2023	2024	2025
Acustica, Ultrasuoni e Vibrazioni	42	41	41	41
Chimica	10	10	12	13
Elettricità e Magnetismo	140	135	135	137
Lunghezza	51	51	51	51
Massa e grandezze apparentate	63	64	71	84
Fotometria e radiometria	17	17	17	15
Termometria	111	111	111	111
Tempo e frequenza	10	10	10	10
Totali	444	439	448	462

L’INRiM fornisce anche **servizi di prova** su apparecchiature elettriche ed è riconosciuto come laboratorio di prova dell’Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche (ACAE).

Inoltre, sulla base delle esigenze dei clienti e dei propri impegni, organizza **circuiti di confronti interlaboratorio** (ILC) di taratura per le grandezze ed i settori in cui opera, prevalentemente a supporto del processo di accreditamento dei Laboratori di taratura.

I grafici mettono a confronto la numerosità dei documenti emessi nel periodo 2022-2025 e la numerosità dei documenti emessi da ciascuna Divisione.



Nel 2024 il numero di certificati di taratura è diminuito significativamente a causa dei lavori di ristrutturazione di alcuni laboratori. Nel 2025, pur con i lavori ancora in corso, l'attività è ripresa riportandosi ai livelli degli anni precedenti, con un fatturato di circa 1,7 milioni di euro che ha visto coinvolti più di 300 organismi tra aziende, laboratori accreditati ed enti pubblici; il valore dei servizi erogati per addetto è di circa 5.500 euro/addetto.

Nell'ambito della **digitalizzazione dei processi dei servizi metrologici**, dal 1 luglio 2025 INRiM emette documenti tecnici (certificati, rapporti, relazioni...) dematerializzati con firma digitale qualificata.

Il **Sistema di Gestione per la Qualità dell'INRiM (SGQ)**, necessario per soddisfare i requisiti per la partecipazione all'accordo CIPM MRA e per il mantenimento della qualifica di laboratorio ACAE, ha svolto 46 audit interni sui 65 laboratori operanti all'interno del SGQ e sono state riesaminate 47 procedure tecniche e 2 procedure generali. L'INRiM riferisce annualmente circa il funzionamento del proprio SGQ all'EURAMET TC-Q ed in occasione del TC-Quality Meeting 2025, tenutosi a Oslo presso il Justervesenet (Istituto Metrologico Nazionale norvegese) il *QMS Annual Report for the year 2023 by INRiM* è stato valutato positivamente dallo *Steering Committee del TC-Quality*. INRiM partecipa al progetto EURAMET 1123 "On site peer review", in collaborazione con gli Istituti Metrologici Nazionali di Spagna (CEM) e Portogallo (IPQ), per effettuare peer visits a copertura delle aree metrologiche in cui opera. Nel 2025 sono state svolte due peer review: 10-11 dicembre 2025 in Hardness (NPL), 15-16 dicembre 2025 in Pressure (IPQ), Vibration (CEM), Photometry and Radiometry (IPQ).

Nell'ambito della **valutazione della conformità a livello internazionale**, INRiM supporta le richieste che pervengono al suo personale esperto per svolgere attività di ispezione tecnica a favore degli Istituti Metrologici Nazionali (National Metrology Institutes - NMI) e Designated Institutes (DI) di altri Paesi. Nel 2025 sono state eseguite *peer visit* al CMS-ITRI (Taiwan) in *Force, Torque and Hardness*, al CMI (Repubblica Ceca) in *Mass, volume and density*, e nell'ambito dell'EURAMET Project 1123 in Spagna al CEM in *Acoustics e Electricity*, al

ROA per il QMS, all'INTA in *Humidity*, al ISCII in *Ozono* e in Portogallo al IPQ per il QMS.

Riguardo alla collaborazione con gli enti di accreditamento (AB) esteri, nel 2025 INRiM ha collaborato con DANAK (AB danese), UKAS (AB inglese), RVA (AB olandese) e SLOVENSKA (AB sloveno) ed è in corso il rinnovo dell'accordo con COFRAC (AB francese) per attività previste nel 2026.

INRiM collabora con ACCREDIA (l'Ente Italiano di Accreditamento) con cui condivide il comune interesse istituzionale all'assicurazione della riferibilità. Nel 2025 si è collaborato nella partecipazione a iniziative in fiere, su temi come i certificati di taratura digitali (DCC) e nell'organizzazione della terza edizione della Summer School INRiM ACCREDIA ENEA che ha visto 79 partecipanti, 121 ore di formazione teorica e tecnico-pratica in laboratorio ed a cui l'INRiM ha contribuito con la predisposizione di laboratori per la taratura di ambienti termostatici e climatici e la taratura e verifica periodica di strumenti per pesare a funzionamento non automatico (NAWI) e con l'impiego dei suoi esperti sia sui moduli online sia in presenza nel campus.

Infine, nell'ambito dell'attività di **promozione delle attività** connesse ai Servizi metrologici, durante l'anno sono stati eseguiti interventi a seminari e webinar su *Proficiency Testing* e *Digital Calibration Certificate (DCC)*, oltre alla presenza in fiera ad A&T a Torino agli Stati Generali delle Prove e delle Misure e al CIM2025 a Lione.

9.3 – I PROGETTI

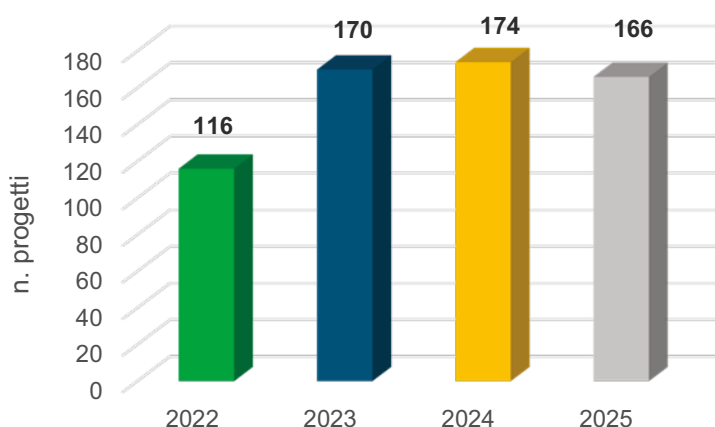
L'INRiM finanzia la propria attività di ricerca partecipando ai programmi di finanziamento di ricerca internazionali, europei, nazionali e regionali, ma anche sottoscrivendo convenzioni e accordi con industrie nell'ambito dell'attività di ricerca commissionata.

9.3.1 Andamento dell'attività progettuale - anni 2022-2025

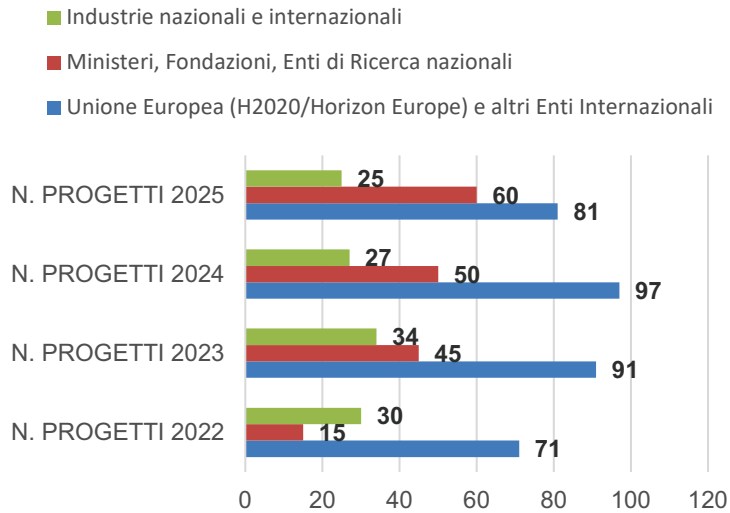
Si riporta di seguito il **panorama dei progetti delle Divisioni scientifiche**, il cui finanziamento va ad integrare le risorse del FOE. I progetti sono suddivisi in base alla tipologia dell'ente finanziatore, vengono messi in evidenza la numerosità e i finanziamenti ottenuti.

I grafici a seguire mostrano rispettivamente:

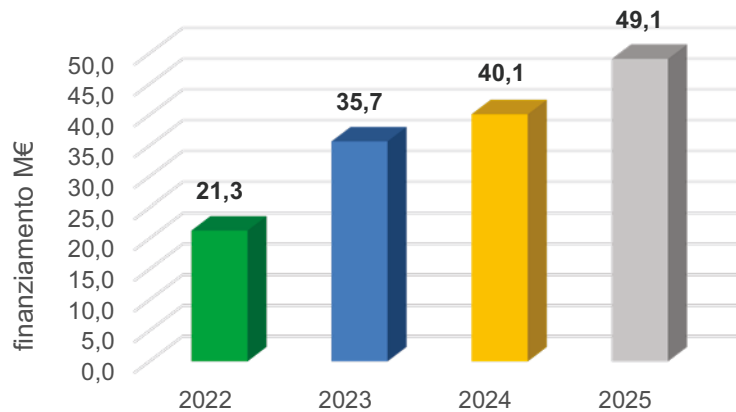
- la numerosità dei progetti attivi nell'anno: si evidenziano un consistente aumento tra il 2022 e il 2023 (si passa da 116 a 170 progetti attivi) e una sostanziale stabilità nel triennio 2023-2025;

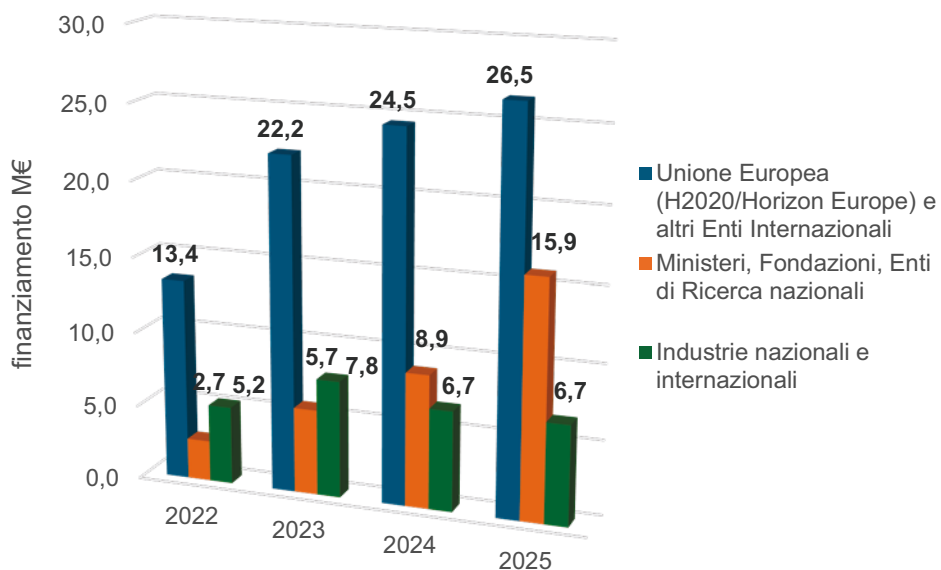


- la numerosità dei progetti attivi nell'anno, suddivisi per tipologia di finanziamento: il grafico riporta un costante e significativo aumento dei progetti a finanziamento nazionale (da 15 del 2022 a 60 del 2025), mentre sono in leggera flessione i progetti europei (si passa da 97 del 2024 a 81 del 2025); risultano sostanzialmente costanti i progetti industriali.



I dati riguardanti il finanziamento, riportati nei grafici successivi, non si riferiscono alle quote incassate da bilancio ma sono stati ricavati sommando le quote di finanziamento complessive indicate nei singoli contratti dei progetti attivi nell'anno. I grafici mostrano un costante incremento dei **finanziamenti ottenuti (M€)**, che passano, tra il 2024 e il 2025, da 40,1 a 49,1 M€, grazie soprattutto all'apporto dei progetti nazionali. L'entità di **finanziamento esterno per attività di ricerca per addetto**, nel 2025, da dati di bilancio, tocca **ca 165.000 euro/addetto**, un valore di eccellenza che si intende aumentare.





Particolare rilievo rivestono i **progetti di eccellenza** quali coordinamenti di progetti europei, numero di grant dello European Research Council (ERC), dello European Innovation Council (EIC) e del Fondo Italiano per la Scienza (FIS). Nel 2025 INRiM conta 22 progetti di eccellenza che, in rapporto al numero di addetti (296 dipendenti a tempo indeterminato), valgono **0,07 grant/addetto**.

9.3.2 Sintesi dei progetti attivi nel 2025

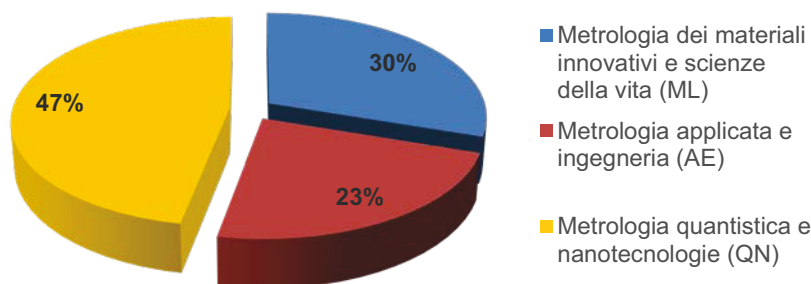
I progetti attivi dell'INRiM nel 2025 sono 171, per un totale di finanziamento di 84,1 milioni di euro.

Tabella 9 – Progetti attivi nel 2025

TIPOLOGIA	INRiM		Divisioni					
			ML		AE		QN	
	N.	Finanz. (€)	N.	Finanz. (€)	N.	Finanz. (€)	N.	Finanz. (€)
PROGETTI DELLE DIVISIONI SCIENTIFICHE								
Progetti europei								
Euramet	50	11.277.350	17	4.454.750	15	2.589.720	18	4.232.880
H2020	2	588.000	1	402.000	1	186.000		
Horizon Europe	22	13.564.115	8	4.980.645	1	64.000	13	8.519.470
Altri internazionali	7	1.025.264			1	178.000	6	847.264
Tot.	81	26.454.729	26	9.837.395	18	3.017.720	37	13.599.614
Progetti industriali (industria, conto terzi e trasferimento tecnologico)	25	6.672.740	2	155.200	10	279.550	13	6.237.990
Tot.	25	6.672.740	2	155.200	10	279.550	13	6.237.990
Progetti nazionali								
MUR-PRIN	25	2.278.000	12	932.000	4	296.000	9	1.050.000
MUR/MASE-PNRR	8	3.519.620	2	420.000	1	1.435.000	5	1.664.620
MUR-FISA	1	641.970	1	641.970				
Altri Ministeri (MIMIT, MAECI, MSAL)	8	854.000	6	668.000	1	100.000	1	86.000
Altri nazionali	11	7.702.230			4	712.770	7	6.989.460
Tot.	53	14.995.820	21	2.661.970	10	2.543.770	22	9.790.080
Regionali e Fondazioni	7	930.000	1	65.000			6	865.000
Tot.	7	930.000	1	65.000			6	865.000
TOTALE PROGETTI FINANZIATI	166	49.053.289	50	12.719.565	38	5.841.040	78	30.492.684
TOTALE PROGETTI DI ISTITUTO (MUR-FOE)	5	35.063.424						
TOTALE COMPLESSIVO	171	84.116.713						

I dati riguardanti il finanziamento sono stati ricavati sommando le quote di finanziamento complessive indicate nei singoli contratti dei progetti attivi nell'anno; considerando la diversa durata di vita di ciascun progetto, il periodo coperto dai 171 progetti va dal 2017 al 2035.

Il grafico seguente illustra la distribuzione dei 166 progetti delle Divisioni nelle tre strutture.



Le principali fonti di finanziamento sono:

Bandi competitivi europei (74 progetti per un budget complessivo di 25,4 milioni di euro)

Sono la parte più cospicua del finanziamento INRiM e comprendono i **progetti EURAMET** dedicati alla metrologia e i progetti dei programmi quadro dell'Unione Europea **Horizon 2020** (2014-2020) e **Horizon Europe** (2021-2027). Sono da segnalare due **progetti ERC** avviati nel 2025, vinti da giovani ricercatori dell'INRiM nell'ambito dei bandi starting grants promossi dall'*European Research Council* (ERC). I bandi dello European Research Council sono tra i più competitivi a livello europeo e supportano la ricerca di frontiera, finanziando progetti altamente innovativi, proposti da ricercatrici e ricercatori di elevato profilo internazionale.

Ministeri ed enti nazionali (53 progetti per un budget complessivo di 15 milioni di euro)

I progetti si sviluppano su diversi fronti:

- **Ministeri:** MUR (programmi PRIN, PNRR, FISA), Ministero della Salute, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, Ministero delle Imprese e del Made in Italy, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Ministero della Difesa.
- **Enti nazionali:** in particolare, Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte/Liguria/Valle d'Aosta, FinPiemonte, Università degli Studi di Milano.

Industrie (25 progetti per un budget complessivo di 6,7 milioni di euro)

Da segnalare i progetti a matrice **ESA** (European Space Agency), in collaborazione con aziende quali **Leonardo SpA**, **Thales Alenia Space** e **GMV Madrid**, per la definizione, sviluppo e sperimentazione degli aspetti di tempo del sistema di navigazione satellitare europeo Galileo, nonché per lo sviluppo di orologi atomici e dispositivi per l'esplorazione spaziale.

Enti internazionali (7 progetti per un budget complessivo di 1 milione di euro)

I progetti con organizzazioni internazionali sono meno numerosi ma si sviluppano tramite collaborazioni con enti prestigiosi, quali **CNES** (Agenzia Spaziale Francese), **EUSPA** (Agenzia Europea per i Sistemi di Navigazione Satellitare), **ESA** (European Space Agency) e alcune università internazionali (**Tokyo University**, **Princeton University**, **CAL State L.A. University**).

Bandi regionali e Fondazioni (7 progetti per un budget complessivo di 930.000 euro)

I progetti sono finanziati nell'ambito del **programma regionale POR FESR** (in collaborazione con il Politecnico di Torino) e da **fondazioni locali** (**San Paolo e CRT**).

MUR-FOE (5 progetti per un budget complessivo di 35,1 milioni di euro)

Si tratta di progetti trasversali che coinvolgono più strutture dell'Istituto e sono finanziati tramite fondi FOE.

- **iEntrance:** selezionato nell'ambito delle Call PNRR per Infrastrutture di Ricerca, Infrastrutture Tecnologiche di Innovazione e Partenariati estesi, il progetto, che ha come capofila il Consiglio Nazionale della Ricerca (CNR), punta alla creazione di un'infrastruttura per la ricerca su nanomateriali

per l'energia, processi e dispositivi per produzione verde, stoccaggio e distribuzione di energia, caratterizzazione di materiali alla micro e nanoscala, tecnologie per la realizzazione di strumenti e sistemi.

- **Italian Quantum Backbone**: il progetto si propone lo sviluppo di un'infrastruttura che collega l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica con diversi centri di ricerca e laboratori del paese, attraverso oltre 1800 km di fibra ottica; la rete copre l'intero territorio nazionale (da Torino a Matera e al confine con la Francia) e dal 2021 è collegata agli Istituti Metrologici di Francia, Regno Unito e Germania.
- **METRO-INN**: il progetto si propone di sviluppare un'infrastruttura nazionale per la qualità delle misure a garanzia dell'innovazione sostenibile, con particolare riguardo all'Economia Circolare (sprechi alimentari e soluzioni di imballaggio innovative), al Risparmio Energetico (reti elettriche smart e ricarica degli autoveicoli), Sostenibilità Ambientale (reti estese di sensori e siti di riferimento metrologico).
- **Next - Generation Metrology**: finanziato dal MUR tramite il **fondo per la "Progettualità di carattere continuativo"**, si sviluppa lungo 14 linee di attività, per un totale di 17 sotto-progetti; l'obiettivo del progetto è lo sviluppo di nuova metrologia e nuovi sensori per la transizione energetica e l'economia circolare, basati sulle tecnologie micro-nano e quantistiche.
- **Better Measurements for Energy Storage**: finanziato dal MUR tramite il **fondo per la "Progettualità di carattere continuativo"**, si prefigge di sviluppare nuove attività di ricerca sul tema dell'immagazzinamento e del riutilizzo dell'energia elettrica, in relazione alle tecnologie attuali per l'accumulo di energia elettrica e a quelle più innovative.

10 – LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE

10.1 - AZIONI DI SUPPORTO ALLA ALTA FORMAZIONE

L'INRiM svolge diverse attività di formazione, sia partecipando attivamente a programmi di alta formazione offerti da università e altre istituzioni accademiche italiane e straniere, che organizzando percorsi di perfezionamento e di specializzazione post laurea.

Borse di dottorato

L'INRiM e il Politecnico di Torino hanno avviato un Programma congiunto di collaborazione denominato **Scienza e Tecnologia per le Misure**, che consiste, a partire dal XXXIX ciclo di dottorato, nell'allargare la visibilità del dottorato estendendo la collaborazione con tutti i corsi di dottorato attivi, promuovendo quindi un approccio interdisciplinare e innovativo e consentendo al contempo l'applicazione della scienza e tecnologia della misura. Nel 2025, per il 41° ciclo di dottorato, il Politecnico di Torino ha approvato la proposta INRiM per 9 borse nell'ambito dei collegi di Fisica, Ingegneria Elettrica Elettronica e delle Comunicazioni, Ingegneria Gestionale e della Produzione. L'INRiM ha stipulato convenzioni con il Politecnico di Torino relativamente al finanziamento di altre tre borse di studio per i corsi di dottorato in Scienza e Tecnologia dei Materiali, Fisica e Materiali, processi e tecnologie sostenibili per fotovoltaico e stoccaggio nella transizione energetica. L'INRiM collabora anche con l'Università di Torino, finanziando borse di studio per il corso di dottorato in "Scienze chimiche e dei materiali".

Docenze universitarie

L'Alta Formazione in collaborazione con il mondo accademico coinvolge parte del personale dell'ente, che svolge attività di docenza sia a livello locale, presso il Politecnico di Torino (12 corsi con titolari INRiM) e l'Università degli Studi di Torino, che presso altre realtà accademiche nazionali e internazionali.

Scuole di perfezionamento

Ad ottobre 2025 l'INRiM ha organizzato a Matera, presso la Casa delle Tecnologie Emergenti, la prima edizione della **Scuola Internazionale "Quantum Timekeepers 2025": Emerging Systems and Architectures for Atomic Clocks**". La scuola ha rappresentato un'occasione di alta formazione e confronto scientifico internazionale, rivolta a studenti magistrali, dottorande/i e giovani ricercatrici e ricercatori interessati ai fondamenti e agli sviluppi più recenti degli orologi atomici ottici.

A luglio 2025 si è tenuta a Varenna la **Summer School for Metrology**, uno dei corsi estivi della **International**

School of Physics "Enrico Fermi", organizzata dalla Società Italiana di Fisica (SIF) in collaborazione con l'INRiM, il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), il Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) e il Centro Español de Metrología (CEM). La scuola, dedicata a dottorandi e post doc, si pone l'obiettivo di formare le future generazioni di scienziati, approfondendo temi specifici e all'avanguardia della fisica.

Tirocini e formazione

L'INRiM offre anche attività di sostegno e formazione per studenti laureandi, che possono seguire tirocini curriculari (in convenzione con il Politecnico e l'Università di Torino) per laurea triennale/ tesi magistrale (circa 50/anno), ed inoltre fruire di laboratori, attrezzature e infrastrutture di ricerca. Altri tirocini sono richiesti ed attivati con università e centri di ricerca italiani e stranieri, attraverso la stipula di apposite convenzioni.

Nella tabella a seguire sono riportati i dettagli riguardanti l'Alta Formazione dell'INRiM nel 2025.

Tabella 10 – I numeri dell'Alta Formazione universitaria nel 2025

Tipologia	N.
Corsi universitari erogati (corsi di laurea, master e dottorati di ricerca)	52
Ore di didattica universitaria erogate	1.060
Ricercatori e tecnologi coinvolti nelle attività di docenza	39
Studenti di dottorato (borse in convenzione)	28
Tirocinanti/tesisti	49

10.2 - FORMAZIONE PROFESSIONALE CONTINUA E PERMANENTE

L'INRiM contribuisce ad ampliare conoscenze, capacità e competenze - in ambito personale, sociale e professionale - tramite attività di formazione permanente che comprendono corsi, seminari e workshop finalizzati all'acquisizione, allo sviluppo ed all'aggiornamento di specifiche competenze professionali.

Il personale dell'Istituto svolge docenze in corsi di formazione di argomento metrologico, e non solo, che coinvolgono il personale di imprese, enti di certificazione, enti di ricerca nazionali/internazionali e associazioni, nonché i docenti di scuole di ogni ordine e grado. Un'altra fetta di attività di docenza è invece dedicata alla formazione di studenti e giovani ricercatori, tramite seminari o lezioni tenute presso scuole nate nell'ambito di convegni o workshop, per approfondire determinate tematiche al di fuori dei percorsi universitari istituzionali.

Dal 4 giugno al 3 luglio 2025, si è svolta la **Summer School dell'ACCREDIA Academy**, organizzata in collaborazione con l'INRiM e l'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI) dell'ENEA, al fine di formare competenze tecniche nel settore della taratura. La scuola è dedicata al personale di laboratori e organismi accreditati, ai dipendenti di Pubbliche Amministrazioni, agli ispettori ed esperti qualificati da ACCREDIA e ai laureati in discipline STEM.

Nel corso del 2025 il personale dell'INRiM ha tenuto inoltre i seguenti corsi di formazione/workshop/seminari, per un totale di 60 ore, in collaborazione con:

- **CMM Club Italia:** seminari di argomento metrologico (storia della metrologia, sistemi di riferimento e loro incertezza).
- **Elettronica S.p.A.:** corso di formazione su sistemi di generazione e misura per alte tensioni.
- **ePIXFab:** cross-fertilization workshop (CFW) su nozioni riguardanti piattaforme fotoniche integrate per applicazioni quantistiche, sorgenti quantistiche, algoritmi, comunicazioni, elaborazione e applicazioni di rilevamento quantistico.
- **School on Nanotechnologies (NanoInnovation 2025, Roma):** seminario su litografia basata su copolimeri a blocchi e tecnologie di base.
- **Summer School METROFOOD-IT**, in collaborazione con Sapienza Università di Roma ed ENEA: corsi dedicati alle aziende della filiera agroalimentare, con un focus sulle soluzioni innovative per il controllo qualità e la certificazione dei prodotti.

10.3 - ATTIVITÀ DI PUBLIC ENGAGEMENT: CONFERENZE, MOSTRE, CANALI SOCIAL

Con l'espressione *Public Engagement* si intende l'insieme delle iniziative di comunicazione, a carattere educativo, culturale e di sviluppo, finalizzate a trasferire alla società i benefici dell'istruzione e i risultati della ricerca, attraverso attività di condivisione e disseminazione.

Gli obiettivi strategici e i compiti della Unità Organizzativa "Comunicazione", che riguardano la promozione dell'Ente, la valorizzazione della ricerca scientifica e il supporto alle attività di Terza Missione, comprendono: programmazione e coordinamento delle attività di comunicazione, sviluppo e presidio dell'immagine coordinata, gestione e sviluppo dei siti web istituzionali, pianificazione e gestione della comunicazione sui social media, supporto alla comunicazione interna, progettazione e realizzazione di materiali e progetti di comunicazione, gestione dei rapporti con i media.

Gli strumenti utilizzati per la comunicazione delle attività dell'Istituto includono:

- portale istituzionale INRiM;
- stampa e media locali e nazionali;
- social network (*Facebook, YouTube, LinkedIn, Instagram*);
- intranet: spazio web interno destinato al personale, con contenuti informativi e organizzativi;
- newsletter interna: inviata settimanalmente, con l'obiettivo di favorire la circolazione delle informazioni e incentivare l'utilizzo della Intranet.

I risultati ottenuti nel 2025 si sono sviluppati nell'ambito delle seguenti attività:

- presidio e sviluppo dell'immagine coordinata;
- comunicazione di eventi organizzati o partecipati dall'Istituto (congressi, seminari, workshop, meeting ed eventi nazionali e internazionali);
- gestione delle relazioni con i media;
- redazione e diffusione di comunicati stampa;
- ideazione e realizzazione di campagne di comunicazione;
- produzione di pubblicazioni.

L'INRiM ha realizzato 16 campagne di comunicazione, dedicate a:

- *progetti di ricerca*: promozione di 11 progetti, con l'obiettivo di valorizzarne i risultati, garantirne la visibilità e rispondere agli obblighi previsti dai programmi di finanziamento;
- *infrastrutture*: valorizzazione dell'infrastruttura PiQuET;
- *comunicazione organizzativa e istituzionale*: 4 campagne ("INRiM c'è", "Lavora in INRiM", "INRiM per il PNRR", "INRiM GO Green") volte a promuovere le attività dell'Ente in modo trasversale valorizzandone l'immagine e le opportunità.

Tra gli eventi gestiti dall'INRiM, **Domenica in scienza: un viaggio nel mondo delle misure** ha riscosso un significativo successo di pubblico: in occasione della Giornata Mondiale della Metrologia – che nel 2025 ha celebrato i 150 anni dalla firma della Convenzione del Metro – l'Istituto ha aperto le porte del proprio campus, accogliendo circa 900 visitatori. L'iniziativa ha offerto al pubblico l'opportunità di scoprire le attività di ricerca dell'Ente e di avvicinarsi al mondo delle misure attraverso un ricco programma di iniziative, tra cui visite guidate ai laboratori, talk scientifici, attività di divulgazione ed esperienze ludico-scientifiche. Sempre nel quadro delle celebrazioni 150esimo anniversario, si segnala l'evento istituzionale tenutosi a Roma, **Convenzione del Metro: INRiM per lo sviluppo scientifico e industriale dell'Italia**, dedicato al ruolo della metrologia nello sviluppo del Paese e alla valorizzazione del contributo dell'Istituto nel contesto nazionale e internazionale.

Tra i convegni organizzati da INRiM, il workshop internazionale **Quantum 2025 – Advances in Foundations of Quantum Mechanics and Quantum Information with Atoms and Photons** (in collaborazione con Università degli Studi di Torino, l'Università degli Studi di Bari e Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), ha riunito a Torino circa 300 ricercatori provenienti da tutti i continenti per discutere i progressi nel campo delle tecnologie quantistiche. Da citare anche il 14° simposio internazionale su **Hysteresis Modeling and Micromagnetics (HMM)** organizzato dall'INRiM: si è tenuto dal 25 al 28 maggio 2025 e ha riunito circa 70 ricercatori internazionali che hanno discusso dei progressi nei settori della scienza e della tecnologia relativi alla modellazione dell'isteresi e alla micromagnetica.

Nel corso del 2025 sono stati realizzati numerosi prodotti e attività a supporto della comunicazione istituzionale: *produzioni video* (ad esempio per la Giornata Internazionale delle Donne e delle Ragazze nella Scienza), *materiale di comunicazione per eventi* (workshop “L’INRiM a Matera: Ricerca metrologica e servizi per il territorio”, inaugurazione sede di Sesto Fiorentino “Metrologia, ricerca e impresa: sinergie per il futuro”, School of Metrology a Matera “Quantum Timekeepers 2025: Emerging Systems and Architectures for Atomic Clocks”, Summer School CODIGER 2025), *attività grafiche e branding* (grafiche per i canali social, sviluppo e aggiornamento dei template istituzionali, progettazione di allestimenti, supporto alla creazione di loghi e identità visive per progetti di ricerca), *gestione contenuti e canali* (gestione editoriale del portale istituzionale, aggiornamento dei contenuti web, presidio dei canali social), *supporto operativo* (gestione del materiale di comunicazione e congressuale, supporto per attività di comunicazione e disseminazione).

10.4 - PARTECIPAZIONI A SPIN-OFF, SOCIETÀ E FONDAZIONI

L’INRiM ha istituito nel corso del 2022 un’Unità Operativa Knowledge Transfer (UO KTr), con l’obiettivo di potenziare le attività della Terza Missione attraverso un supporto centrale strutturato e mirato. Queste iniziative rappresentano un passo strategico per promuovere l’interazione tra ricerca scientifica e mondo industriale, incrementando l’impatto delle competenze e tecnologie sviluppate dall’Istituto.

Nel corso del 2025 le attività dell’Ufficio di Trasferimento Tecnologico (UTT) dell’INRiM si sono sviluppate in continuità con il percorso di rafforzamento delle funzioni di valorizzazione della ricerca e trasferimento tecnologico, anche in relazione al finanziamento ottenuto tramite bando MIMIT (UTT) – Bando 2025 “Finanziamento di progetti di potenziamento degli Uffici di trasferimento tecnologico e capacity building”, nell’ambito del progetto **PoTeMi** (Potenziamento Terza Missione). Tale contesto ha contribuito a consolidare il ruolo dell’UTT quale struttura di riferimento per la gestione e valorizzazione della proprietà intellettuale e per il raccordo tra attività di ricerca e sistema produttivo.

In coerenza con gli ambiti di attività delineati nel piano triennale, le azioni dell’UTT si sono concentrate sulla tutela e valorizzazione della proprietà intellettuale, sul supporto alle collaborazioni con imprese e istituzioni e sulla promozione di iniziative imprenditoriali basate sui risultati della ricerca.

Nel corso dell’anno sono stati esaminati circa 12 accordi di riservatezza (Non-Disclosure Agreement, NDA), a supporto delle attività di collaborazione con partner industriali e istituzionali. Tali attività hanno favorito lo sviluppo di nuove opportunità progettuali e garantito una gestione strutturata delle informazioni riservate e del know-how generato all’interno dell’Ente.

Per quanto riguarda la tutela della proprietà intellettuale, nel 2025 sono stati depositati 5 nuovi brevetti, a conferma della vitalità delle attività di ricerca con potenziale applicativo. L’UTT ha supportato i ricercatori nelle fasi di valutazione delle invenzioni, nella definizione delle strategie di protezione e nella gestione delle procedure di deposito, contribuendo al rafforzamento e alla valorizzazione del portafoglio brevettuale dell’INRiM.

Parallelamente, sono proseguite le attività di supporto al trasferimento tecnologico attraverso servizi di consulenza “a sportello”, attività di scouting tecnologico e promozione di opportunità di collaborazione con il sistema produttivo. Tali azioni hanno facilitato il dialogo tra ricerca e impresa, favorendo l’individuazione di ambiti applicativi e percorsi di valorizzazione dei risultati scientifici.

Particolare attenzione è stata dedicata alla promozione dell’imprenditorialità della ricerca. In tale ambito, nel 2025 è stato avviato il percorso di costituzione di uno spin-off, la cui finalizzazione è prevista nei primi mesi del 2026. Questa iniziativa rappresenta un importante risultato in termini di trasferimento tecnologico e valorizzazione delle competenze sviluppate all’interno dell’Ente.

Le attività svolte si sono integrate con il rafforzamento delle competenze interne e con il consolidamento dei processi organizzativi, anche grazie alle azioni previste dal progetto PoTeMi. L’UTT ha operato in sinergia con le strutture amministrative e tecniche, contribuendo a rendere più efficaci ed efficienti i processi di gestione della proprietà intellettuale e di trasferimento tecnologico.

Nel complesso, i risultati conseguiti nel 2025 evidenziano un consolidamento delle attività dell’UTT e una crescente capacità dell’INRiM di valorizzare i risultati della ricerca. Le azioni intraprese hanno rafforzato il ruolo dell’Ente nel panorama del trasferimento tecnologico, ponendo le basi per un ulteriore sviluppo delle attività nei prossimi anni, in coerenza con gli obiettivi strategici della Terza Missione.

Appendice 1: Struttura organizzativa dell'INRiM nel 2025

<p>Presidente: Pietro Asinari (DM 329 del 03-04-2025) - Diederik Sybolt Wiersma (fino al 02/04/2025)</p>
<p>Delega funzioni Presidente ai sensi dell'art. 6, comma 4 dello Statuto INRiM: Vito Fericola</p>
<p>Consiglio di Amministrazione: Pietro Asinari (dal 03/04/2025), Diederik Sybolt Wiersma (fino al 02/04/2025), Vito Fericola, Giovanni Betta</p>
<p>Consiglio Scientifico: Pietro Asinari (Presidente, dal 03/04/2025), Diederik Sybolt Wiersma (Presidente, fino al 02/04/2025), Luca Boarino, Zaccaria Del Prete, Valeria Mazzoni, Martin J.T. Milton, Simone Montangero, Francesca Romana Pennechi, Candido Fabrizio Pirri</p>
<p>Collegio dei revisori dei conti: Dal 7/04/2025: Emanuela Sciaudone (Presidente), Raffaele Petrarulo (membro effettivo), Sara Rossi (membro effettivo), Sara Scavone (membro supplente) Fino al 14/02/2025: Roberto Forneris (Presidente), Diego De Magistris (membro effettivo), Raffaele Di Giglio (membro effettivo), Stefano De Santis (membro supplente)</p>
<p>Magistrato della Corte dei Conti, delegato al controllo sulla gestione: Ivano Malpesi (delegato titolare) Maria Rosaria Pedaci (delegato sostituto)</p>
<p>Organismo Indipendente di Valutazione: Vincenzo Di Felice</p>
<p>Comitato di indirizzo per la qualità: Pietro Asinari, Diederik Sybolt Wiersma (fino al 02/04/2025), Moreno Tivan, Davide Calonico, Luigi Iacomini, Natascia De Leo, Filippo Levi, Marco Pisani</p>
<p>Direttore Scientifico: Davide Calonico (dal 1/03/2025), Pietro Asinari (fino al 28/02/2025)</p> <p>Divisioni Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (Natascia De Leo) Metrologia applicata e ingegneria (Marco Pisani) Metrologia quantistica e nanotecnologie (Filippo Levi)</p>
<p>Divisione Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (Natascia De Leo) Settori Scientifici Omogenei (SSO): ML1: Scienza e tecnologia alla nanoscala (Luca Boarino dal 21/10/2025, Natascia De Leo fino al 20/10/2025) ML2: Campi e sistemi elettromagnetici (Mauro Zucca) ML3: Acustica e ultrasuoni (Giovanni Durando) ML4: Scienze e tecnologie biomediche (Alessandra Manzin) ML5: Magnetismo, materiali e spintronica (Marco Coisson dal 21/10/2025, Gianfranco Durin fino al 20/10/2025)</p> <p>Divisione Metrologia applicata e ingegneria (Marco Pisani) Settori Scientifici Omogenei (SSO): AE1: Metrologia della massa e delle grandezze apparentate (Domenico Mari dal 21/10/2025, Alessandro Germak fino al 20/10/2025) AE2: Metrologia della lunghezza (Massimo Zucco dal 21/10/2025, Marco Pisani fino al 20/10/2025) AE3: Misure elettriche ed elettroniche (Pier Paolo Capra) AE4: Termodinamica fisica (Roberto Maria Gavioso) AE5: Termodinamica applicata (Chiara Musacchio dal 21/10/2025, Andrea Merlone fino al 20/10/2025)</p> <p>Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie (Filippo Levi) Settori Scientifici Omogenei (SSO): QN1: Chimica fisica e nanotecnologie (Andrea Mario Rossi) QN2: Elettronica quantistica (Luca Callegaro) QN3: Infrastrutture interdivisionali di ricerca (Giulia Aprile dal 21/10/2025, Davide Calonico fino al 20/10/2025) QN4: Ottica quantistica e fotometria (Marco Genovese) QN5: Tempo e frequenza (Ilaria Sesia dal 21/10/2025, Filippo Levi fino al 20/10/2025)</p>
<p>Consiglio di Direzione: Davide Calonico, Pietro Asinari (fino al 28/02/2025), Natascia De Leo, Filippo Levi, Marco Pisani, Marco Coisson, Paola Iacomussi, Claudio Origlia, Ivano Ruo Berchera</p>
<p>Direttore generale: Moreno Tivan</p> <p>Direzioni Direzione Supporto alla Ricerca e Innovazione – DiRI (Anna Galletti) Direzione Tecnica – DiTE (ad interim Moreno Tivan)</p>

Direzione Supporto alla Ricerca e Innovazione – DiRI (Anna Galletti)

Unità Organizzative della DiRI

KTR: Knowledge Transfer (Aldo Di Gioia)

SME: Servizi Metrologici (Luigi Iacomini)

SUR: Supporto alla Ricerca (Giulia Aprile)

Direzione Tecnica – DiTE (*ad interim* Moreno Tivan)

Unità Organizzative della DiTE

CTE: Coordinamento Tecnologico (Claudio Rolfo)

LMA: Logistica e Manutenzioni (Giovanni Di Palermo)

SET: Servizi Tecnici (Gaetano Chirico)

SIR: Sistemi Informatici e Reti (Sandra Denasi)

Unità Organizzative della Direzione Generale

ATL: Acquisti Tecnici e Lavori (Daniele Ceccato)

APP: Approvvigionamenti (Daniela Cutugno)

COM: Comunicazione (Barbara Fracassi)

GCO: Gare e contratti (Suele Zoppetti)

PCO: Pianificazione e Controllo (Ilaria Balbo)

RSE: Risorse Economiche (fino al 30/09/2025 Raffaello Bomboni, dal 1°/10/2025 (*ad interim*) Moreno Tivan)

RUM: Risorse Umane (Chiara Spada)

SGE: Segreteria Generale (fino al 31/03/2025 (*ad interim*) Anna Galletti, dal 1°/04/2025 al 05/11/2025 (*ad interim*) Moreno Tivan, dal 06/11/2025 Adriana Pirrera)

SPP: Servizio di Prevenzione e Protezione (Marta Ferrero)

TEP: Trattamento Economico del Personale (Cristina Chiaberto)

Appendice 2: Elenco convenzioni attive nel 2025

Internazionali

Contraenti	Oggetto della convenzione
52 enti (NMI, enti di ricerca, Università e aziende) di 17 paesi	MoU per la partecipazione al progetto FOREST - Fiber-based Optical network for European Science and Technology nell'ambito della Call of Proposal ESFRI roadmap 2026
BIPM - Bureau international des poids et mesures (Francia), NMIA (Australia), NMIJ/AIST - National Metrology Institute of Japan (Giappone), PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germania)	Memorandum of understanding per rafforzare la cooperazione nell'uso di Avo28 e delle parti che ne derivano: le due sfere da 1 kg, i due interferometri a raggi X, campioni realizzati per ulteriori studi e residui per realizzare il chilogrammo con i raggi X metodo della densità dei cristalli dopo la ridefinizione
Centre for Research and Technology-Hellas (CERTH)/Chemical Process and Energy Resources Institute (CPERI), Grecia	Cooperazione scientifica e tecnologica nel campo delle proprietà delle ferriti sinterizzate
CFA ISTP Ingénierie (Istituto di Alta Formazione)	Contratto di tirocinio curricolare internazionale
CFA INGENIEURS 2000	2 Contratti di tirocinio curricolare internazionale
Georgian National Agency for Standards, Technical Regulation and Metrology (GEOSTM), Georgia	Memorandum of Understanding (MoU) tra INRiM e GEOSTM, in qualità di membri EURAMET, per lo sviluppo di un'infrastruttura di misurazione integrata a livello internazionale per l'Europa
Institut polytechnique de Grenoble	Contratto di tirocinio internazionale nell'ambito del percorso formativo: Laurea Magistrale in Ingegneria
National Institute of Metrology - NIM (Cina)	Protocollo d'intesa per la cooperazione in aree di ricerca di interesse comune
National Measurement Institute of the Commonwealth of Australia (NMIA), National Research Council of Canada (NRC), National Physical Laboratory of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (NPL), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology acting through its National Metrology Institute of Japan (NMIJ), Physikalisch-Technische Bundesanstalt of the Federal Republic of Germany (PTB), National Institute of Standards and Technology of the United States of America (NIST), Laboratoire national de Métrologie et d'Essais of the Republic of France (LNE)	MoU NMI-Q - Collaborazione nella ricerca scientifica e tecnologica tra i partecipanti al NMI-Q, per lo sviluppo di basi scientifiche delle misurazioni su cui fondare gli standard internazionali per la creazione di un mercato globale equo e aperto per le tecnologie quantistiche
Technische Universität Wien (TU Wien) – Austria e Institute Laue-Langevin (ILL) - Francia	Memorandum of understanding per la cooperazione nelle attività di ricerca, al fine di sfruttare le reciproche potenzialità scientifiche, tecnologiche e organizzative, e accelerare e rendere più efficienti le attività di comune interesse. Ambito: metrologia (in particolare dei raggi X e dell'interferometria ottica), fisica dei neutroni e interferometria dei neutroni
The National Institute of Standards and Technology of the Department of Commerce of the United States of America (NIST)	Memorandum of understanding, con il Material Measurement Laboratory (a capo del programma Materials Genome Initiative - MGI), finalizzato alla cooperazione scientifica e tecnologica nell'ambito di digitalization, artificial intelligence e materiali
Università Côte d'Azur	Contratto di tirocinio internazionale nell'ambito del percorso formativo: Laurea Magistrale in Ingegneria

Nazionali

Contraenti	Oggetto della convenzione
Accademia Europea di Bolzano (EURAC Research)	Collaborazione e cooperazione nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale nei settori concernenti lo studio multidisciplinare di beni culturali di origine sia antropica che naturale
ACCREDIA - Organismo Italiano di Accreditamento	Convenzione al fine di assicurare, come interesse comune, la riferibilità delle misure
Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), Università degli Studi di Parma, Università degli Studi di Siena, Università degli Studi di Napoli Federico II, Università La Sapienza (Roma), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Università degli Studi del Molise, Università degli Studi di Bari	Accordo ai sensi dell'art. 15 della legge n. 241/1990 e s.m.i. (Avviso n. 310 del 18/03/2025) - Progetto "Ecosistema METROFOOD-EMPHASIS per l'Open Innovation pubblico-privato agroalimentare nel Mezzogiorno (METROFOOD-IT4SOUTH)"
AIFM - Associazione Italiana di Fisica Medica	Protocollo di intesa per collaborazione su materie di comune interesse
ASI - Agenzia Spaziale Italiana	Collaborazione negli ambiti di comune interesse, avente come obiettivo la realizzazione congiunta e coordinata di iniziative, attività e programmi, che si attueranno concretamente tramite specifici Accordi attuativi (nuova sede INRiM presso il Centro di Geodesia Spaziale dell'ASI a Matera)
Associazione per la Certificazione delle Apparecchiature Elettriche (ACAE)	Collaborazione per l'esecuzione di prove su apparecchiature elettriche di bassa tensione industriali, finalizzate alla certificazione
Centro Interuniversitario per la promozione dei principi delle 3R nella didattica e nella ricerca 3R (Pisa)	Collaborazione nelle attività di interesse comune nell'ambito delle 3R attraverso: scambi scientifici e la condivisione di buone pratiche; partecipazione/organizzazione di eventi congiunti (workshop e congressi); predisposizione di materiale scientifico per la divulgazione (articoli scientifici, relazioni ecc); partecipazione a progetti di ricerca e didattica
Centro Laboratorio Energia Nucleare Applicata dell'Università di Pavia – LENA	Rete sinergica nel settore della metrologia in chimica analitica, con particolare riferimento allo sviluppo e all'applicazione di metodi basati sull'analisi per attivazione neutronica
Comune di Matera	Convenzione per la definizione di accordi attuativi su tematiche di comune interesse nell'ambito delle telecomunicazioni sicure mediante QKD, del monitoraggio dell'ambiente agricolo e del clima, della digitalizzazione del contesto urbano (collaborazione con la Casa delle Tecnologie Emergenti di Matera)
Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR (Roma)	Cooperazione per l'individuazione e lo sviluppo di un portafoglio di programmi di ricerca, formazione e altre iniziative comuni nell'ambito delle scienze fisiche, degli obiettivi strategici Energia, Ambiente, Agroalimentare e Salute, della ricerca per l'industria e delle tecnologie abilitanti
Consiglio Nazionale delle Ricerche, Politecnico di Torino, Università degli Studi di Bologna, Università La Sapienza (Roma), Università degli Studi Roma Tre, Università degli Studi di Napoli, Università degli Studi di Cagliari	Accordo di collaborazione ai sensi dell'articolo 15 della legge 7 agosto 1990 n. 241 per il coordinamento delle attività progettuali e l'attuazione del progetto denominato "Coordinated Research Infrastructure One Stop Shop for Circularity and Energy Transition - CRIOSS4CET"
Distretto Aerospaziale Piemonte	Collaborazione per la fornitura, da parte di INRiM, di servizi di metrologia a favore delle imprese associate al Distretto
DITEN - Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni dell'Università di Genova	Protocollo di intesa per: formazione culturale di dottorandi, laureandi e diplomandi, al fine di ampliare le loro opportunità di inserimento nel mondo del lavoro; sviluppo di attività di innovazione e di ricerca da parte del personale tecnico e scientifico dell'INRiM e dei ricercatori di DITEN
Ente di gestione delle aree protette dei Parchi Reali (EGAP) - Venaria Reale (TO) e Società Meteorologica Italiana (SMI) – Moncalieri (TO)	Convenzione per la collaborazione scientifica e la realizzazione sperimentale di una stazione meteorologica di riferimento per la climatologia a Torino
European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy (LENS, Firenze)	Convenzione quadro per: regolamentare i rapporti di collaborazione nei campi della ricerca scientifica e dell'alta formazione professionale nelle aree di comune attività; mutuo potenziamento attraverso lo scambio delle rispettive conoscenze ed esperienze
Fondazione IRCCS Istituto Neurologico Carlo Besta (FINCB) di Milano	Accordo di collaborazione scientifica per lo sviluppo di linee di ricerca pre-clinica, clinica e tecnica nell'ambito della terapia con ultrasuoni

Fondazione Istituto Italiano di Tecnologia (IIT)	Accordo di partenariato nell'ambito del progetto, promosso dal Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica (MASE), "Metodologie per la definizione di Standard e normative per l'idrogeno (MAESTRI)"
Fondazione Poliambulanza – Istituto Ospedaliero - Centro di Ricerca Eugenia Menni (CREM)	Collaborazione su materie di comune interesse: fornitura del materiale da parte di CREM e suo utilizzo da parte di INRiM, al fine di sviluppare un modello che imiti i tessuti placentari precoci per poter testare in modo sicuro sostanze chimiche e farmaceutiche
I3P Scpa – Incubatore Imprese Innovative del Politecnico di Torino (Incubatore I3P)	Protocollo d'intesa finalizzato a esplicitare il supporto dell'INRiM alle attività dell'ESA Business Incubation Centre
IIS Amaldi Sraffa (Orbassano)	Convenzione PCTO (attività di formazione ed orientamento)
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale	Protocollo di intesa per collaborazione su materie di comune interesse
Istituto di Candiolo - Fondazione del Piemonte per l'Oncologia-IRCCS	Agreement nell'ambito del progetto Genomemet
Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)	Accordo quadro di collaborazione scientifica per la condivisione di scenari tecnologici e ricerca congiunta, partecipazione congiunta a bandi e programmi di ricerca, attività di ricerca e di consulenza tecnico- scientifica, creazione e accesso condiviso ad infrastrutture di ricerca e laboratori comuni
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - INFN (Torino)	Collaborazione nel campo delle lavorazioni meccaniche di precisione
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) - Frascati (RM)	Convenzione quadro finalizzata alla collaborazione nell'attività di ricerca scientifica e della formazione professionale su tematiche di comune interesse
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale (OGS), Università degli Studi di Bari, Università degli Studi di Cagliari, Università degli Studi di Napoli Federico II, Consiglio Nazionale delle Ricerche	Accordo ex art. 15 L. n. 241 del 07/08/1990 per il coordinamento delle attività progettuali e della attuazione del progetto "Potenziamento delle Infrastrutture di Ricerca (IR) pubbliche che operano in ambito S3 finalizzato all'avanzamento tecnologico delle imprese" (GEOREAL)
ITIS PININFARINA (Moncalieri)	Convenzione PCTO (attività di formazione ed orientamento, tirocini curricolari)
Liceo Avogadro (Vercelli)	Convenzione PCTO (attività di formazione ed orientamento, tirocini curricolari)
Liceo Gobetti (Torino)	Convenzione PCTO (attività di formazione ed orientamento, tirocini curricolari)
Liceo Scientifico Statale "F. Vercelli" (Asti)	Convenzione PCTO (attività di formazione ed orientamento, tirocini curricolari)
Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT)	Collaborazione per lo sviluppo di servizi metrologici avanzati per la validazione di sistemi di misura innovativi nell'ambito della mobilità sostenibile
Ministero delle Imprese e del Made in Italy (MIMIT), Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)	Collaborazione per la realizzazione di un programma nazionale di promozione dell'affidabilità delle misure nel settore delle radiazioni elettromagnetiche ionizzanti e non ionizzanti basato su confronti interlaboratorio (ILC)
Ministero per lo Sviluppo Economico (MISE) – Direzione generale per la politica industriale, l'Innovazione e le Piccole e Medie Imprese (Roma)	Collaborazione nel campo spaziale finalizzata al raggiungimento degli obiettivi dell'Asse I <i>Space Economy</i> del Piano operativo imprese e competitività FSC 2014-2020, mediante la realizzazione congiunta di iniziative, attività e programmi, che si realizzeranno tramite specifici accordi attuativi (Programma Mirror Copernicus)
Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como	Rinnovo della convenzione di collaborazione scientifica
Politecnico di Torino	Convenzione per l'erogazione di contributo in denaro destinato al finanziamento dell'attività di ricerca attraverso l'attivazione di borse di studio per i corsi di dottorato del Politecnico di Torino (39°-40°-41° ciclo)
Politecnico di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in Ingegneria elettrica, elettronica e delle comunicazioni (39° ciclo)
Politecnico di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in Energetica (39° ciclo)
Politecnico di Torino	Adesione al dottorato di ricerca di interesse nazionale in Intelligenza Artificiale - Industria di durata triennale, a partire dall'a.a. 2024/2025– ciclo XL

Politecnico di Torino	Convenzione per l'adesione alla proposta del Dottorato Nazionale in Materiali, Processi sostenibili e Sistemi per la Transizione Energetica, che mira a formare figure di ricercatori e tecnici che svolgeranno un ruolo strategico nel raggiungimento degli obiettivi del PNRR
Politecnico di Torino	Accordo attuativo per la realizzazione di iniziative riguardanti attività di formazione nell'ambito del Trasferimento Tecnologico e della Cultura Imprenditoriale rivolte al personale di ricerca e/o tecnico-amministrativo
Politecnico di Torino	Convenzione per l'attivazione e il funzionamento del corso di Dottorato di interesse Nazionale in materiali, processi e tecnologie sostenibili per fotovoltaico e stoccaggio nella transizione energetica (41° ciclo).
Politecnico di Torino	Convenzione per l'erogazione di contributo in denaro destinato al finanziamento di n. 1 borsa di studio per il dottorato di ricerca in fisica sulla tematica "Quantum Measurements" (41° ciclo)
Politecnico di Torino	Convenzione per l'erogazione di contributo in denaro destinato al finanziamento di n. 1 borsa di studio per il dottorato di ricerca in scienza e tecnologia dei materiali sulla tematica "Optical and electrical techniques for fabrication and metrological characterization of transport properties in materials for energy application" (41° ciclo)
Politecnico di Torino, Fondazione LINKS	Accordo per la costituzione dell'Associazione Temporanea di Scopo (ATS) per la realizzazione del progetto di ricerca dal titolo "DigiMiQ-Digital Microelectronic Design, Quantum & Photonic Systems", per regolare i rapporti reciproci, finanziato nell'ambito del Bando regionale INFRA+ (capofila: PolITO)
Politecnico di Torino, Università degli Studi di Torino	Accordo per la costituzione dell'Associazione Temporanea di Scopo (ATS) per la realizzazione del Progetto di ricerca dal titolo "Piemonte Quantum Enabling Technologies Plus (Piquet+)" finanziato nell'ambito del Bando regionale INFRA+
Politecnico di Torino e Università degli Studi di Torino	Convenzione per la collaborazione in attività di ricerca e trasferimento tecnologico e per la realizzazione e la gestione di laboratori condivisi, tra cui l'infrastruttura Piquet
Società Italiana di Fisica (SIF)	Collaborazione finalizzata alla conoscenza, all'aggiornamento e alla promozione dei processi innovativi nello svolgimento di attività tecnico-scientifiche e di sviluppo congiunte
UNI – Ente Italiano di Normazione	Accordo quadro di collaborazione per una gestione razionale ed efficace della partecipazione dei rappresentanti INRiM alle attività di pre-normazione e normazione nell'ambito di Tavoli e Commissioni Tecniche UNI e delle rappresentanze nazionali nelle sedi normative europee (CEN) ed internazionali (ISO)
Università degli Studi di Firenze	Convenzione quadro di collaborazione scientifica nei campi della ricerca scientifica, delle applicazioni tecnologiche, della formazione di laureandi e dottorandi nelle aree di comune attività dell'INRiM e dell'Università
Università degli Studi di Firenze e Laboratorio Europeo di Spettroscopia non-lineare (LENS)	Accordo di collaborazione per attività di ricerca scientifica congiunta presso gli spazi dell'Università: apertura di una nuova sede dell'Istituto
Università degli Studi di Milano	Collaborazione nei campi della ricerca scientifica, delle applicazioni tecnologiche ed industriali, della formazione di laureandi e dottorandi nelle aree di comune attività dei due enti
Università degli Studi di Pavia	Convenzione per lo svolgimento di ricerche nel campo della Chimica applicata alla metrologia
Università degli Studi di Pisa	Accordo quadro per collaborazione su materie di comune interesse
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"	Convenzione quadro per l'attivazione di tirocini curricolari tra INRiM e l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
Università degli Studi di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in Scienze chimiche e dei materiali (39° ciclo)
Università degli Studi di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in Matematica (39° ciclo)
Università degli Studi di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in Fisica (39° ciclo)
Università degli Studi di Torino	Convenzione per il finanziamento di n. 1 borsa di studio per il dottorato di ricerca in Scienze chimiche e dei materiali (40° ciclo)
Università degli Studi di Torino	Convenzione di collaborazione per l'attivazione del Master di secondo livello in "Mathematical and physical methods for space sciences" - A.A. 2024-2025
Università degli Studi di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in Scienze chimiche e dei materiali (40° Ciclo) - "Sviluppo e validazione di metodi target basati sulla spettrometria di massa per la quantificazione di PFAS in matrici alimentari e in imballaggi alimentari"

Università degli Studi di Torino	Convenzione per l'erogazione di un finanziamento destinato all'attivazione di una borsa di studio per il dottorato di ricerca in "Scienze chimiche e dei materiali" (40° Ciclo) - "Sviluppo di metodi di screening basati sulla spettrometria di massa per l'identificazione di contaminanti organici e inorganici in matrici alimentari e in imballaggi alimentari"
Università degli Studi di Torino (Dipartimento di Scienze della Terra e Centro Interuniversitario di Magnetismo Naturale - CIMAN)	Collaborazione nei campi della ricerca scientifica e della formazione professionale concernente lo studio del magnetismo naturale nel campo della geologia e dei beni culturali e ambientali
Università della Calabria	Convenzione per la portabilità del finanziamento - FIS 2 Procedura competitiva per lo sviluppo delle attività di ricerca fondamentale, a valere sul fondo italiano per la scienza 2022 – 2023 (Bando FIS 2) – Progetto "Active synergy between light and matter"