

PIANO TRIENNALE DI ATTIVITA' 2019-2021

PARTE III: schede di dettaglio

INDICE

| | |
|--|----|
| 1 Missione..... | 5 |
| 2 Dotazione Organica al 31-12-2018..... | 6 |
| 3 Fabbisogno del personale..... | 6 |
| 4 Partecipazioni (tipologia: in società, associazioni, fondazioni, ...)..... | 7 |
| 5.1 Attività di Ricerca: Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)..... | 14 |
| 5.2 Attività di Ricerca: Metrologia applicata e ingegneria (AE)..... | 26 |
| 5.3 Attività di Ricerca: Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)..... | 39 |
| 6.1 Infrastrutture di Ricerca: EURAMET - EMPIR | 51 |
| 6.2 Infrastrutture di Ricerca: EURAMET - European Metrology Networks (EMN)..... | 53 |
| 6.3 Infrastrutture di Ricerca: Galileo Timing Research Infrastructure | 55 |
| 6.4 Infrastrutture di Ricerca: Link Italiano Tempo e Frequenza (LIFT)..... | 58 |
| 6.5 Infrastrutture di Ricerca: Nanofacility Piemonte | 60 |
| 6.6 Infrastrutture di Ricerca: Piemonte Quantum Enabling Technologies (PiQuET) | 61 |
| 6.7 Infrastrutture di Ricerca: Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (IMPreSA)..... | 63 |
| 7 Attività di Terza Missione | 65 |

| | | |
|---|-----------------|--|
| 1 | Missione | <p>Finalità dell'Ente</p> <p>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 allo scopo di favorire lo sviluppo tecnologico nazionale e il miglioramento della qualità della vita e dei servizi per il cittadino.</p> <p>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.</p> <p>Svolge i compiti derivanti dalla firma dell'accordo internazionale di mutuo riconoscimento, tra le Nazioni firmatarie, dei campioni nazionali di misura e della validità dei certificati di taratura, misura e prova emessi dagli Istituti metrologici primari nazionali.</p> <p>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.</p> |
|---|-----------------|--|

2 Dotazione Organica al 31-12-2018

Il limite della dotazione organica è ormai sostituito dal rapporto finanziario di cui all'art. 9, comma 2, del Decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218, attuativo della legge 124/2015.

La dotazione organica, risultante dalla programmazione 2018, nella sua articolazione risulta essere pari a 252 unità per 119,7722 punti organico, con un valore economico di € 15.161.723,25. Tale valore economico porta l'indicatore di spesa dal **38,3%** al **47,99%**, ancora abbondantemente al di sotto del limite massimo dell'80%.

La dotazione organica dell'INRIM risulta pari alle unità di personale in servizio a tempo indeterminato alla data del 31 dicembre, incrementate dalle posizioni non ancora perfezionate al 31 dicembre 2018 e previste per l'anno 2017 nel PTA 2017-2019 e per l'anno 2018 nel PTA 2018-2020.

| Profilo | Livello | Dotazione organica budget 2018 | Personale in servizio a tempo indeterminato al 31-12-2018 | Personale in servizio a tempo determinato al 31-12-2018 |
|----------------------------------|---------|--------------------------------|---|---|
| Dirigente I fascia | | - | - | - |
| Dirigente II fascia | | 2 | 1 | - |
| Dirigente di ricerca | I | 8 | 8 | - |
| Primo ricercatore | II | 23 | 23 | - |
| Ricercatore | III | 61 | 54 | - |
| Dirigente tecnologo | I | 2 | 2 | - |
| Primo tecnologo | II | 10 | 9 | - |
| Tecnologo | III | 10 | 8 | 1 |
| Collaboratore tecnico E.R. | IV | 27 | 27 | - |
| Collaboratore tecnico E.R. | V | 12 | 12 | - |
| Collaboratore tecnico E.R. | VI | 41 | 21 | 1 |
| Operatore tecnico | VI | 8 | 8 | - |
| Operatore tecnico | VII | 5 | 5 | - |
| Operatore tecnico | VIII | 5 | 4 | - |
| Funzionario di amministrazione | IV | 3 | 3 | 4 |
| Funzionario di amministrazione | V | 8 | 4 | - |
| Collaboratore di amministrazione | V | 9 | 9 | - |
| Collaboratore di amministrazione | VI | 3 | 3 | - |
| Collaboratore di amministrazione | VII | 10 | 3 | 3 |
| Operatore di amministrazione | VII | 3 | 3 | - |
| Operatore di amministrazione | VIII | 2 | - | - |
| Totale | | 252 | 207 | 9 |

3 Fabbisogno del personale

In Allegato

| | |
|----------|--|
| 4 | Partecipazioni (tipologia: in società, associazioni, fondazioni, ...) |
|----------|--|

| | |
|------------|---|
| 4 A | società, associazioni, fondazioni, etc.. |
|------------|---|

| Denominazione | tipologia | anno di costituz./ partecipaz. | capitale/ fondo €X 1000 | % partecipaz. | Contributi/ Trasferim. annuali €X 1000 | 2016 €X 1000 | | 2017 €X 1000 | | 2018 €X 1000 | |
|---|---|--------------------------------|----------------------------|---------------|---|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|
| | | | | | | Utili | Perdite | Utili | Perdite | Utili | Perdite |
| ACCREDIA | Associazione senza scopo di lucro con personalità giuridica di diritto privato (INRIM è socio promotore) | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. |
| Associazione Italiana di Acustica (AIA) | Associazione senza fini di lucro, a carattere scientifico, apolitica, estranea a qualsiasi finalità commerciale e industriale, che promuove le seguenti attività: <ul style="list-style-type: none"> • Favorire gli scambi di informazioni scientifiche e tecniche e i rapporti di collaborazione tra i propri Soci. • Diffondere risultati di ricerche e notizie concernenti i vari temi dell'acustica. • Favorire e promuovere relazioni con altre Associazioni ed Enti italiani e internazionali. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. |
| Associazione Italiana Cultura Qualità (AICQ) | Federazione di associazioni territoriali senza fini di lucro, La cui finalità è di promuovere, favorire e realizzare lo studio, lo sviluppo e l'applicazione delle metodologie e dei sistemi per il miglioramento della cultura della qualità | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. | N.P. |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea (APRE) | Associazione di Ricerca non profit che, in stretto collegamento con il Ministero Istruzione, Università e Ricerca (MIUR), fornisce ai propri associati come pure a imprese, enti pubblici, privati e persone fisiche, informazioni, supporto ed assistenza per la partecipazione ai programmi e alle iniziative di collaborazione nazionale ed europee (INRIM è socio ordinario) | N.P. |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte "Biotecnologie e biomedicale (BioPmed)" | Polo di Innovazione della Regione Piemonte operante in ambito tecnologico-applicativo | N.P. |
| Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) | Associazione di diritto privato, senza scopo di lucro, responsabile in ambito nazionale della normazione tecnica in campo elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni; propone, elabora, pubblica e divulga Norme tecniche che costituiscono il riferimento per la presunzione di conformità alla "regola dell'arte" di prodotti, processi, sistemi e impianti elettrici | N.P. |
| Consorzio Interuniversitario Cineca | Consorzio Interuniversitario formato da 67 università italiane, 9 Enti di Ricerca Nazionali (tra cui CNR, INAF, INFN, OGS) e il MIUR. E' attualmente considerato il maggiore centro di calcolo in Italia e uno dei più importanti a livello mondiale. | N.P. |
| College International pour la recherche en productique (CIRP) | Organizzazione internazionale che promuove la ricerca scientifica in riferimento allo sviluppo delle tecnologie di produzione | N.P. |
| Cooperation in International Traceability of Analytical Chemistry (CITAC) | Network internazionale di enti con l'obiettivo di promuovere la riferibilità metrologica delle misure chimiche a livello internazionale | N.P. |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte operante nell'ambito tecnologico-applicativo per la protezione ambientale (CLEVER) | Polo di Innovazione della Regione Piemonte che opera nei seguenti ambiti tematici: – efficienza e uso razionale dell'energia; – economia circolare; – mobilità sostenibile; – efficienza e uso razionale delle risorse | N.P. |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| - CLEAN) | idriche; - cambiamenti climatici; - clean solutions | | | | | | | | | | |
| ETSI – The European Telecommunications Standards Institute | Organizzazione europea che opera nel campo delle norme riguardanti le telecomunicazioni. | N.P. |
| EURACHEM | Network europeo di enti con l'obiettivo di stabilire un sistema per la tracciabilità internazionale delle misure chimiche | N.P. |
| The European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) | Associazione che coordina la cooperazione degli NMI (Istituti Metrologici Nazionali) in Europa | N.P. |
| European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (EUSPEN) | Ente non a scopo di lucro che promuove la collaborazione tra ricerca e industria nei campi delle Nanotecnologie e dell'Ingegneria di Precisione | N.P. |
| Cluster “Fabbrica intelligente” e Cluster “Energia” | Cluster tecnologici nazionali promossi dal Miur, costituiti allo scopo di favorire la creazione di reti di soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale in settori quali la ricerca industriale, la formazione e il trasferimento tecnologico; i Cluster funzionano da catalizzatori di risorse per rispondere alle esigenze del territorio e del mercato, nonché per coordinare e rafforzare il collegamento tra il mondo della ricerca e quello delle imprese | N.P. |
| The European Foundry for Superconductive Electronics⁽¹⁾ (FLUXONICS) | Network europeo di enti di ricerca e università che opera nell'ambito della realizzazione di circuiti superconduttivi per applicazioni elettroniche dalla metrologia al calcolo quantistico | N.P. |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte “Information & Communication Technology” (ICT) | Il Polo ICT mette in rete PMI e start up innovatrici, grandi imprese, enti di ricerca che operano sul territorio piemontese. L'obiettivo del Polo è creare le migliori sinergie per aumentare la competitività delle imprese, individuando risorse per la ricerca, sviluppando le competenze e fornendo occasioni di business networking | N.P. |
| International Measurement Confederation (IMEKO) | Network mondiale degli enti metrologici che promuove scambi internazionali di informazioni scientifiche e tecniche nell'ambito della metrologia, favorendo anche la cooperazione tra ricerca e industria | N.P. |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Istituto Marchio Qualità (IMQ) | IMQ è un'associazione indipendente e senza scopo di lucro. E' un ente di certificazione italiano che opera nel campo della valutazione della conformità (sicurezza, qualità, sostenibilità) per l'Italia e per l'estero | N.P. |
| European Centre for Mathematics and Statistics in Metrology (MATHMET) | Network europeo costituito dagli Istituti metrologici europei attivi nell'ambito della matematica e della statistica in metrologia, avente l'obiettivo di promuovere la best practice nelle suddette materie e aumentare l'impatto della ricerca matematica e statistica fornendo un unico punto di riferimento per gli Istituti metrologici europei, l'industria e l'EURAMET | N.P. |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte "Meccatronica e Sistemi Avanzati di Produzione (MESAP) " | Polo di Innovazione della Regione Piemonte operante in ambito tecnologico-applicativo | N.P. |
| Consorzio PROPLAST | Consorzio per la promozione della cultura plastica (INRIM è socio ordinario) | N.P. |
| Società Italiana di Fisica (SIF) | Ente morale con lo scopo di promuovere, favorire e tutelare lo studio e il progresso della Fisica in Italia | N.P. |
| Consorzio Space Optical Clocks (SOC) | Consorzio a carattere scientifico con l'obiettivo di studiare la fattibilità di una missione per l'invio di un orologio ottico sulla ISS | N.P. |
| Consorzio Torino Piemonte Internet eXchange (TOP-IX) | Consorzio senza fini di lucro costituito nel 2002 allo scopo di creare e gestire un NAP (Neutral Access Point) per lo scambio del traffico Internet nell'area del Nord Ovest | N.P. |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fondazione Torino Wireless | Fondazione la cui missione consiste nel contribuire alla competitività del territorio, accelerando la crescita delle imprese che utilizzano le tecnologie come fattore strategico di sviluppo. Fornisce supporto alle imprese nella partecipazione a bandi e progetti finanziati (misure regionali, nazionali o comunitarie) e nella ricerca di partner e l'avvio di collaborazioni fra imprese, anche attraverso la creazione di opportunità di networking con potenziali partner di ricerca, industriali e commerciali. | N.P. |
| Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) | Associazione privata, senza fine di lucro, riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea; studia, elabora, approva e pubblica le norme tecniche volontarie - le cosiddette "norme UNI" - in tutti i settori industriali, commerciali e del terziario (tranne in quelli elettrico ed elettrotecnico); rappresenta l'Italia presso le organizzazioni di normazione europea (CEN) e mondiale (ISO); parte del personale INRIM partecipa attivamente ai Working Groups e alle Commissioni dell'ente | N.P. |
| UNIMET | Ente federato UNI, che si occupa della normativa nell'ambito dei metalli non ferrosi | N.P. |

N.P.: non pertinente

Tabella 4.1 Partecipaz. finalizzate alla valorizzazione della ricerca e al trasferim. tecnologico

| Denominazione | Codice fiscale | Tipologia e finalità prevalente | Indirizzo sito web |
|--|----------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| ACCREDIA | 10566361001 | A | www.accredia.it |
| Associazione Italiana di Acustica (AIA) | 03454330584 | | http://www.acustica-ia.it/ |
| Associazione Italiana Cultura Qualità (AICQ) | 80098850151 | | http://aicqna.it/ |
| Agenzia per la Promozione della Ricerca Europea (APRE) | | A | www.apre.it |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte "Biotecnologie e biomedicale – (BioPmed)" | 06608260011 | A | www.biopmed.eu |
| Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) | | | https://www.ceinorme.it/it/ |
| Consorzio Interuniversitario Cineca | 00317740371 | | https://www.cineca.it/ |
| College International pour la recherche en productique (CIRP) | | | https://www.cirp.net/ |
| Cooperation in International Traceability of Analytical Chemistry (CITAC) | | | http://www.citac.cc/ |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte operante nell'ambito tecnologico-applicativo per la protezione ambientale (CLEVER – CLEAN) | | | https://www.poloclever.it/ |
| ETSI – The European Telecommunications Standards Institute | | F | www.etsi.org |
| EURACHEM | | | https://www.eurachem.org/ |
| The European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) | | | https://www.euramet.org/ |
| European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (EUSPEN) | | | https://www.euspen.eu/ |
| Cluster " Energia " (Enea) | 01320740580 | | http://www.enea.it/ |
| Cluster " Fabbrica intelligente " | 03235521204 | | https://www.fabbricaintelligente.it/ |
| The European Foundry for Superconductive Electronics ^(*) (FLUXONICS) | | C | www.fluxonics.eu |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte "Information & Communication Technology" (ICT) | | | https://www.poloinnovazioneict.org/ |
| International Measurement Confederation (IMEKO) | | | https://www.imeko.org/ |

| | | | |
|--|-------------|---|---|
| Istituto Marchio Qualità (IMQ) | | | https://www.imq.it |
| European Centre for Mathematics and Statistics in Metrology (MATHMET) | | | http://www.mathmet.org/ |
| Polo di Innovazione della Regione Piemonte "Meccatronica e Sistemi Avanzati di Produzione (MESAP) " | 1045950019 | A | www.mesapiemonte.it |
| Consorzio PROPLAST | 96029550066 | E | www.proplast.it |
| Società Italiana di Fisica (SIF) | | | https://www.sif.it/ |
| Consorzio Space Optical Clocks (SOC) | | | |
| Consorzio Torino Piemonte Internet eXchange (TOP- IX) | 08445410015 | E | http://www.top-ix.org/it/ |
| Fondazione Torino Wireless | | | https://torinowireless.it/ |
| Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) | | | http://www.uni.com/ |
| UNIMET | | | http://www.uni.com/ |

| | | | | |
|----------------------------------|---|------------------|--|--------------------------|
| 5.1 | Attività di Ricerca: Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML) | | | |
| Area di specializzazione: | | | | |
| Indicare se | | | | |
| | | Divisione | | |
| Area di Intervento | x | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili x | | | |
| Descrizione Divisione | Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Data Inizio: | 01-01-2019 | Data Fine: | 31-12-2021 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

| | |
|---|--------------------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>L'attività di ricerca della Divisione "Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita (ML)" si sviluppa in linea con i programmi di ricerca europei per la metrologia e gli obiettivi del Piano Nazionale della Ricerca rivolti sia alle cosiddette "Societal Challenges" che ai materiali avanzati alla micro e nanoscala con diverse funzionalità (ad esempio nanofotoniche, spintroniche ed elettroniche) per l'impiego in diversi ambiti strategici e orientati ai temi di energia, mobilità sostenibile e salute. Si programmano in tali ambiti attività complementari rivolte sia alla sintesi mediante tecniche innovative e della scienza delle superfici, sia allo sviluppo di riferimenti metrologici e di tecniche di misura. L'attività per le scienze della vita sarà finalizzata all'approfondimento di nuove tecniche diagnostiche e terapeutiche e, in particolare, allo sviluppo di metodi di misura, materiali e strumenti di calcolo per applicazioni nell'ingegneria biomedica e nella medicina di laboratorio. Per sostenere l'evoluzione verso un ridotto impatto ambientale la Divisione si propone di fornire il supporto metrologico funzionale con lo sviluppo di riferimenti e tecniche di misura per il monitoraggio e controllo dei sistemi di distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica.</p> <p>La Divisione articola gli obiettivi scientifici di ricerca di base e applicativa in progetti nazionali e internazionali. Inoltre nell'ambito delle proprie attività di ricerca sulla metrologia in ambito europeo partecipa attivamente alle seguenti European Metrology Networks (EMN) (in collaborazione con le altre Divisioni) recentemente approvate in ambito EURAMET:</p> <ul style="list-style-type: none"> - European Network for Traceability in Laboratory Medicine; - European Metrology Network on Smart Electricity Grids; - European Metrology Network for Mathematics and Statistics; - European Metrology Network on Advanced Manufacturing; - European Metrology Network for Quantum Technologies. <p>Il ruolo NMI è svolto attraverso il coordinamento e partecipazione a confronti di misura in ambito EURAMET e CCM in tutte le grandezze. La disseminazione verrà mantenuta e rafforzata tramite attività di taratura. Le attività di trasferimento tecnologico avranno carattere sia di ricerca che di supporto metrologico al mondo industriale. Esse si articolano nelle varie tematiche scientifiche e consistono in: a) brevetti; b) Trasferimento tecnologico all'industria tramite consulenze e contratti; c) Organizzazione di Scuole scientifiche; d) Organizzazione di Simposi nazionali e internazionali; e) Formazione accademica, internazionale, tecnica con attivazione di attività di tutoring di studenti, tirocini curriculari per studenti universitari del terzo anno, tesi di Laurea Magistrale, tesi di Dottorato; f) attività di peer review presso altri Istituti Metrologici nazionali (NMI); g) supporto all'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA) con attività tecniche di ispezione; organizzazione di confronti iter-laboratorio (ILC); h) supporto all'industria; i) eventi di divulgazione.</p> | |
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
| Ricerca e sviluppo | |
| Scienza e Tecnologia alla Nanoscala | |

L'attività è rivolta a fornire il supporto metrologico per la realizzazione di sistemi modello per i materiali di riferimento e nonché per la crescita di vari sistemi (film sottili e 2D) per l'utilizzo in dispositivi nanoelettronici per la sensoristica, e magnetoelettronica. Processi nanolitografici sviluppati in questo contesto consentono inoltre lo sviluppo di sistemi adatti ad applicazioni biologiche.

E' previsto l'utilizzo di processi litografici basati su self-assembly alla nanoscala di nanosfere e copolimeri a blocchi e tecniche convenzionali (litografia UV, litografia a fascio elettronico e ionico) per sviluppare sistemi e materiali di riferimento 3D nanostrutturati, utili per affinare la riferibilità di tecniche di indagine chimica e superficiale e la relativa strumentazione analitica commerciale. E' previsto lo sviluppo di una tecnica litografica innovativa per progettazione di maschere sospese mediante evaporazione angolate, ottenute utilizzando multistrati di grafene cresciuti su cobalto che utilizza strati di grafene cresciuti su film di cobalto per la realizzazione di dispositivi mesoscopici. Per quanto riguarda l'attività di sviluppo di metamateriali si prevede la progettazione e fabbricazione di strutture fotoniche passive basati su metamateriali iperbolici autoassemblati (ad esempio guide d'onda, risuonatori ad anello, accoppiatori di reticoli, interferometri Mach-Zehnder, riflettori di Bragg lineari e circolari, cavità e membrane disordinate) e lo studio dell'accoppiamento con emettitori quantistici come i difetti N-V in diamante, molecole fluorescenti e quantum dot. I processi di self-assembly verranno impiegati la sintesi di materiali 2D e 3D ordinati e disordinati per lo studio delle proprietà fotoniche quali la dipendenza della densità locale di stati fotonici in risposta a diversi tipi di disordine in strutture aperiodiche (ad es., con disordine deterministico, stocastico, frattale, iperuniforme, quasicristallino, ecc.)

Verranno sviluppati dispositivi nanoelettronici per la sensoristica e la metrologia quali giunzioni Josephson (ad esempio nanomagnetometri SQUID, array Josephson ecc.), E' prevista inoltre la realizzazione di nanosensori e circuiti innovativi per elettronica quantistica e fotonica (nanoSQUID, nanobolometri, nanoTES, rivelatori a singolo fotone nanofilo superconduttori - SNSPD, ecc.) per il conteggio di singoli fotoni nelle regioni spettrali del visibile e IR. L'attività proseguirà con la fabbricazione di micro e nano-dispositivi basati su singoli nano-oggetti e caratterizzazione delle loro proprietà elettriche e termiche (per esempio dispositivi superconduttori, singoli nanofili e memristor).

La nanomanipolazione alla nanoscala consentirà lo studio e lo sviluppo di nuove funzionalità di materiali (isolanti topologici e materiali magnetici) cresciuti con controllo su scala nanometrica e a singolo layer (2D). Infine è previsto lo sviluppo di semiconduttori magnetici diluiti mediante drogaggio controllato aventi come l'obiettivo l'utilizzo della flessibilità dei semiconduttori per manipolare i singoli spin per attività in ambito spintronico.

Campi e sistemi elettromagnetici

Nel triennio l'attività sarà finalizzata allo sviluppo di riferimenti, sensori, metodi di previsione e misura per l'implementazione di sistemi elettrici ed elettromagnetici energeticamente efficienti e sicuri in relazione alle emissioni di campo. Gli studi riguarderanno principalmente i sistemi a trazione elettrica e sistemi di trasferimento dell'energia con tecnologia wireless e sensing remoto per applicazioni nei trasporti. E' prevista inoltre un'attività di caratterizzazione elettromagnetica di dispositivi e di valutazione dell'esposizione umana a campi elettromagnetici

Per quanto riguarda l'attività in sistema a trazione elettrica, Si svilupperanno setup per la caratterizzazione dell'intera catena per la misura on-board di potenza, energia e power quality (PQ) per applicazioni ferroviarie (16ENG04 MyRailS). Lo studio dei fenomeni di PQ verrà approfondito mediante campagne di misure on-site. Si condurranno studi modellistici ed esperimenti, sia in laboratorio, sia in campo, per la sviluppo di tecniche di identificazione dell'arco elettrico prodotto dal contatto strisciante. Verranno inoltre sviluppati, mediante approccio integrato modellistico-sperimentale sistemi e metodi per valutare l'efficienza energetica dei sistemi di conversione elettromeccanica e accumulo dell'energia e l'impatto conseguente all'introduzione di nuovi materiali.

Verrà inoltre completato il sistema di misura per tensioni continue DC e AC alternate fino a 1 kV e 300 kHz e si studierà l'influenza del segnale di ripple di tensione e corrente sull'incertezza di misura di potenza a bordo dei veicoli elettrici con ricarica induttiva (IPT) (16ENG08MICEV). Verrà sviluppato inoltre un sistema di misura sincronizzato mediante GPS per la determinazione dell'efficienza di trasmissione della potenza durante il processo di ricarica anche su veicoli in movimento. Il sistema includerà sistemi sensori per la misura dell'induzione magnetica in prossimità della stazione di ricarica e a bordo veicolo. Si effettuerà lo studio modellistico e sperimentale dell'esposizione umana ai campi elettromagnetici prodotti da sistemi IPT. Lo studio modellistico che include sorgenti, schermi e carrozzerie dei veicoli sarà condotto combinando codici elettromagnetici delle sorgenti e codici dosimetrici facenti uso di modelli anatomici umani dettagliati per quantificare l'esposizione umana in stazioni di ricarica reali.

Per quanto riguarda l'attività di taratura dei sensori si svilupperanno sistemi di riferimento di tensione con uscita analogica o digitale in presenza di forme d'onda di tensione reali, in grado di riprodurre eventi o sequenze di eventi di PQ in media tensione (17IND Future Grid II). Verranno inoltre studiati metodi per la caratterizzazione e la compensazione delle non linearità di sensori con nucleo magnetico quali i trasformatori

di misura induttivi (Premiale 2014 MATER-SMART). E' previsto uno studio sull'esposizione umana ai campi elettromagnetici prodotti da sistemi elettrici per trasporto e distribuzione dell'energia (richiesta di CESi S.p.A e Terna S.p.A). Sarà possibile valutare eventuali situazioni di rischio per il personale impiegato nei lavori sotto tensione, problema per cui la letteratura non è al momento esaustiva. Per l'analisi dell'interazione campi-uomo si impiegheranno farò uso di modelli dosimetrici sviluppati in INRIM, basati su modelli anatomici.

Acustica in Aria e Ultrasuoni

L'attività dell'acustica in aria è indirizzata al mantenimento dei servizi di taratura e certificazione con un'adeguamento dei sistemi di misura (programmi software di gestione delle catene di taratura) presenti nel laboratorio campioni di pressione acustica. L'obiettivo del triennio sarà la ricollocazione a ruolo primario dell'istituto per quanto riguarda le attività in ambito acustico, grazie anche ad un'attiva partecipazione ai lavori del comitato IEC TC 29 Electroacoustics e del sottocomitato EURAMET TCAUV/Sound in Air. E' previsto infine il completamento di una camera anecoica di dimensioni ridotte nell'ambito di attività finanziata da Progetto SEED.

Le attività in ambito degli Ultrasuoni saranno principalmente rivolte allo sviluppo della scienza metrologica per la salute connesse con il progetto EURAMET EMPIR 18HLT06 RaChy–Radiotherapy coupled with Hyperthermia- e riguarderanno la sonodinamica e la dosimetria sonora. In particolare è previsto uno studio per l'utilizzo di campi ultrasonori per il rilascio controllato di farmaci. In tale ambito, proseguirà l'attività rivolta alla realizzazione e caratterizzazione di sistemi d'insonazione basati su trasduttori ad onda piana e HIFU.

Per la dosimetria ultrasonora verrà effettuato lo sviluppo, la caratterizzazione e l'applicazione di sistemi d'insonazione operanti nel range di frequenza 1 MHz – 3 MHz basati su trasduttori ad onda piana e HIFU. Tali sistemi verranno utilizzati nella sperimentazione in vitro ed in vivo, svolta in collaborazione con istituzioni attive nella ricerca contro il cancro (e.g. unità di Fisica Sanitaria dell'Ospedale San Raffaele di Milano) finalizzata all'applicazione dei campi ultrasonori nelle tecniche terapeutiche basate sull'ipertermia ad ultrasuoni.

Scienze e tecnologie biomediche

L'attività sarà essenzialmente rivolta a fornire il supporto metrologico nell'ambito delle scienze e tecnologie biomediche e biologiche, sia sul piano delle tecniche di misura sia su quello delle diagnostiche. I settori sono vari e riguardano l'Imaging diagnostico (MRI), l'ipertermia elettromagnetica e mediata da nanoparticelle magnetiche, la misura di biomarcatori e lo studio delle interazioni tra materiali e sistemi biologici.

Nell'ambito del progetto EMPIT HLT MIMAS, è prevista la generazione di un database di scenari critici d'esposizione in ambito MRI (paziente con protesi + sequenza di applicazione dei campi di gradiente) e, tramite un'analisi modellistico-sperimentale, si valuterà la sovratemperatura indotta. Nel Progetto QUIERO si eseguirà una caratterizzazione degli algoritmi di EPT per la diagnostica, dalla verifica delle prestazioni con dati simulati all'utilizzo su acquisizioni in vivo con tomografi clinici. Si effettueranno inoltre esperimenti di ripetibilità/riproducibilità su phantom, realizzati per simulare distretti anatomici eterogenei e monitorati periodicamente per verificarne la stabilità. Per quanto riguarda l'attività in ambito terapeutico dell'ipertermia, nel Progetto Rachy si realizzeranno strumenti di calcolo e sperimentali per lo studio, in phantom ed in silico, di tecniche terapeutiche basate su ipertermia elettromagnetica (EM) alle radiofrequenze e ipertermia mediata da nanoparticelle magnetiche. L'attenzione sarà rivolta allo sviluppo di applicatori EM-RF per ipertermia EM, di phantom con proprietà fisiche controllate e di codici numerici per l'analisi di nanomateriali per ipertermia magnetica, mirati allo studio del trasporto in vasi sanguigni, del rilascio locale di calore e dell'incremento di temperatura indotto.

In ambito In Vitro Diagnostic, si proseguirà lo sviluppo di metodi basati su ddPCR per la misura di biomarcatori molecolari estratti da biopsie liquide, per la diagnosi di malattie neurodegenerative (Progetto NEUROMET) e oncologiche. Si implementeranno tecniche di Spettroscopia a Forza Atomica per monitorare le variazioni del modulo elastico cellulare, come biomarcatore tumorale, e si caratterizzerà la motilità cellulare con AFM e microscopia multimodale. Nel campo della sensoristica biologica, si studieranno nanoparticelle in grado di generare un segnale di seconda armonica, da usarsi come sonde a livello intracellulare. Grazie agli strumenti di calcolo sviluppati nel Progetto NanoMag, si proseguirà lo studio di sensori di tipo FMR (risonanza ferromagnetica) per il rilevamento di nanoparticelle magnetiche per biolabeling. Riguardo alla tecnica INAA, si effettueranno misure di Co in campioni di capelli di pazienti con protesi metalliche in monitoraggio presso l'IOR di Bologna e del rapporto isotopico $^{121}\text{Sb}/^{123}\text{Sb}$ in campioni di riferimento ultra-puri, per la quantificazione della contaminazione da Sb.

Verrà effettuato lo studio dell'effetto antimicrobico di nanogocce ossigenate e di modelli 3D di pelle" (Progetto CRT "Le ferite croniche dell'anziano) e si studieranno nanoparticelle biocompatibili per il rilascio controllato di ossigeno e farmaci, grazie all'attivazione mediante campi ultrasonori. In medicina rigenerativa, si caratterizzerà, tramite ddPCR, metodi metabolici e tecniche di microscopia, il differenziamento cartilagineo e osseo di cellule staminali su diversi tipi di scaffold. Si proseguirà lo studio della riprogrammazione cellulare

per la rigenerazione cardiaca (Progetto BIORECAR) con ddPCR, AFM e nuove tecniche spettroscopiche. Al fine di migliorare le capacità di misura del microscopio multimodale CARS-TPEF-SHG, si svilupperanno nuove tecniche di microscopia Raman Coerente, i.e. Stimulated Raman Scattering ed Heterodyne CARS, e si implementeranno ottiche adattive per incrementare l'efficienza dei processi non lineari. Nell'analisi di immagini iperspettrali acquisite con microscopia CARS e tecniche interferometriche si svilupperanno algoritmi per il clustering e il pattern recognition per l'estrazione di dati chemometrici dei campioni misurati.

Magnetismo, Materiali e Spintronica

Lo sviluppo e la misura di materiali magnetici funzionali è di interesse per applicazioni aventi gli obiettivi più disparati quali risparmio energetico, ambiente e salute. Le attività verteranno principalmente sul trasporto di spin e della dinamica di magnetizzazione in nanostrutture magnetiche con impiega per una nuova classe di dispositivi spintronici e nei materiali per l'energia (risparmio energetico in motori elettrici/trasformatori).

In particolare, per la spintronica si prevede lo sviluppo di tecniche di misura innovative in materiali alla nanoscala e di modelli per la dinamica di magnetizzazione controllata da effetti di spin-torque e spin-orbita in diverse configurazioni (pareti di Bloch e Néel, vortici, skyrmion, spin waves). Proseguiranno studi di spincaloritronica di termodinamica di non-equilibrio per il trasporto di momento magnetico e calore nei solidi e nelle interfacce effetto spin Seebeck). Verranno sviluppati teorie e modelli per il processo di magnetizzazione scalare e vettoriale e per le trasformazioni di fase dei materiali funzionali per l'energia.

Si prevede lo sviluppo di tecniche innovative di misura degli effetti collegati all'esistenza di correnti di spin: spin-Hall, spin-Seebeck, spin-Peltier, spin-torque, etc.; misura della dinamica di magnetizzazione uniforme o non uniforme (spin-wave, vortici, skyrmions, etc.) tramite microonde, magneto-ottica, MFM; misura per l'ipertermia da nanostrutture magnetiche; misura di parametri collegati all'interazione spin-orbita (es. anisotropia magnetocristallina, costante di interazione Dzyaloshinskii-Moriya, spin-Hall angle, etc.); misura della costante di magnetostriazione in film sottili tramite microscopia a scansione di sonda (AFM); misura statica e dinamica per i materiali magnetici per l'energia (in regime mono e bi-dimensionale), per l'ambiente, l'archeologia e i beni culturali. Si svilupperanno tecniche di microscopia ad alta risoluzione con l'utilizzo di film indicatori magnetici ed MFM per la misura quantitativa riferibile di campi magnetici. Verranno effettuati confronti con risultati ottenuti mediante tecniche complementari (Progetto Nanomag: MFM calibrato, magneto-ottica con film indicatori).

Per quanto riguarda l'attività di preparazione di materiali per la spintronica, il nanomagnetismo e materiali innovativi verranno sviluppate nanostrutture da film sottili ottenuti da deposizione fisica da vapore e nanolitografia (convenzionale e self-assembly) o dealligazione per applicazioni in catalisi, biomedicina, per studio di spin waves e per la magneto-meccanica (Progetto ITN-SELECTA, BeMagic e EMPIR MAgnastand). Si realizzerà la sintesi e la funzionalizzazione di nanoparticelle magnetiche anche core-shell in vista di possibili impieghi nel campo biomedico (agenti di contrasto per diagnostica tramite risonanza magnetica, per ipertermia magnetica o per somministrazione guidata di farmaci). Si prepareranno leghe magnetiche in forma massiva, con differenti proprietà funzionali (dolci, dure, magnetocaloriche, magnetostrittive) tramite tecniche di solidificazione rapida (ad es. suction casting) e metallurgia delle polveri. Si proseguirà lo studio della tecnica sonochimica per l'idrogenazione di leghe metalliche per la refrigerazione magnetica e per l'immagazzinamento di idrogeno.

Ruolo NMI

Scienza e Tecnologia alla Nanoscala

Nel triennio è previsto lo sviluppo di punte per tecnica a scansione quali Atom Probe Tomography e nanoFTIR con la messa a punto della preparativa e dei processi per la loro realizzazione. E' previsto l'avvio, nell'ambito della collaborazione con IMEC (Leuven, Belgio) di un confronto internazionale di Atom Probe Tomography con campioni di riferimento fabbricati in INRIM.–Sarà inoltre avviato un confronto internazionale nell'ambito del TWA2 Surface Chemical Analysis del progetto Vamas (Versailles Project on Advanced Materials and Standards). L'INRIM ospiterà a Torino lo Steering Committee di VAMAS nel maggio 2021. Personale del settore contribuirà allo sviluppo della rete EMN European Metrology Network for Quantum Technologies. I campioni di riferimento per ATP sono stati sviluppati nell'ambito del progetto 14IND01 3DMetChemIT mediante 18 mesi n dottorato in cotutela presso IMEC, e a differenza dei processi di fabbricazione precedenti, non si avvale di lavorazioni Focused Ion Beam ma di litografia ottica ed elettronica e deep RIE, evitando così la contaminazione di ioni gallio.

Campi e sistemi elettromagnetici

L'attività nel triennio sarà finalizzata a rafforzare il ruolo NMI nei seguenti settori: campi e dosimetria elettromagnetica, misura di alte tensioni e forti correnti DC e AC, carica apparente.

In ambito EURAMET, l'INRIM contribuirà ai lavori del SC Power&Energy e all'avvio delle attività della rete

metrologica europea Smart Electricity Grids (EMN-SEG). In qualità di partner del progetto 18NET03-SEG-net, concentrerà il suo contributo sulla formazione con l'organizzazione di un programma di corsi, workshops e scuole di eccellenza.

Si estenderà la riferibilità nel campo delle misure di forti correnti alternate sino a 10 kA, per rapporti sino 2000 A/A e, per quel che riguarda le tensioni alternate e continue, alle misure in presenza di ripple o distorsioni e in condizioni dinamiche, quali quelle che si possono riscontrare nelle reti elettriche, nei sistemi ferroviari e in quelli di ricarica induttiva di potenza. I sistemi campione messi a punto saranno validati e saranno formulate specifiche CMC. Si organizzerà un confronto di misura di intensità di campo magnetico da 10 Hz a 150 kHz con NPL e SPEAG, per validare i sistemi di generazione di campo magnetico di riferimento realizzati nell'ambito del progetto 16ENG08MICEV. Si effettuerà inoltre un confronto di misura di carica apparente per sistemi di misura di scariche parziali (EURAMET.EM-S36).

Nel triennio proseguirà inoltre l'attività di disseminazione nei settori di competenza con l'emissione di certificati di taratura per laboratori nazionali ed esteri, operanti in ambito industriale e di protezione ambientale. Si effettuerà la revisione delle procedure tecniche di misura a valle delle risultanze delle visite ispettive interne e l'emissione di nuove procedure in relazione alla messa a punto di nuove capacità di misura. Si effettueranno confronti inter-laboratorio per strutture accreditate. Verrà organizzato un confronto di misura di induzione magnetica alternata (progetto MICEV). Infine, si prevede di emettere 10 procedure di taratura ed estensione del campo di misura della CMC relativa al rapporto di forti correnti alternate.

Acustica in Aria e Ultrasuoni

Nel triennio in oggetto proseguirà l'attività di collaborazione con gli enti di normazione nazionali, CEI, presiedendo il comitato CEI CT29/87 "Acustica e Ultrasuoni", enti di normazione internazionali, IEC TC 29 "Elettroacoustics" e IEC TC 87 "Ultrasonics". Personale del settore presiederà quindi il sottocomitato "Ultrasound and Underwater Acoustic" del TCAUV e parteciperà ai lavori del sottocomitato "Sound in Air". Il settore sviluppa tecnologie e metodi di misura d'interesse applicativo, mediante attività di ricerca finalizzata, raggiungendo un livello di maturità tecnologica dei prodotti realizzati pari alla validazione nell'ambiente in cui il settore opera. L'attiva partecipazione del personale ai lavori normativi internazionali (IEC TC29 e IEC TC87) consente di consolidare le metodologie di taratura e verifica delle caratteristiche di prodotti in ambito acustico e ultrasonoro al fine di assicurare la verifica del rispetto dei requisiti prestazionali definite dalle normative internazionali di prodotto. La consolidata esperienza permette all'istituto di esercitare un ruolo di assoluto riferimento per quanto riguarda aspetti normativi internazionali, con particolare attenzione alle più recenti innovazioni nel settore dell'elettroacustica e ultrasuoni per applicazioni biomedicali. Per mantenere i servizi legati alle attività di Acustica in Aria si prevede un adeguamento dei sistemi di misura (programmi software di gestione delle catene di taratura) presenti nel laboratorio campioni di pressione acustica. Gli aspetti di ricerca nel campo degli Ultrasuoni legati al progetto EMPIR 18HLT06-RaChy si prevede avranno delle importanti ricadute sulle seguenti specifiche tecniche: IEC TC87 TS 63081: "Methods for the characterisation of the ultrasonic properties of materials"; IEC TC87 TS 62900: "Measurement-based simulation in water and complex media".

Scienze e tecnologie biomediche

Nell'ambito delle attività per i campioni nazionali si prevede nel triennio di sviluppare il metodo k0-INAA per la misura di elementi principali e in tracce e la determinazione dell'incertezza; a questo proposito si effettueranno misure di gradiente di flusso neutronico nei canali di irraggiamento del reattore Triga Mark II e si implementerà e testerà un software per la valutazione del budget di incertezza.

Si prevede inoltre di valutare l'incertezza di misura nell'analisi cellulare/biomolecolare in linea con gli obiettivi del CCQM; nel CCQM-CAWG, si parteciperà allo studio pilota P197 ("Proliferative stem cell number per unit area") e ad uno studio preliminare sul confronto tra tecniche di microscopia e citofluorimetria, e si proporrà un confronto sulla quantificazione della proliferazione cellulare per unità di volume, propedeutico per lo sviluppo di CMC nell'IVD. Si completerà inoltre la guida ASTM WK55364 per la misura della proliferazione cellulare in scaffold 3D.

Si contribuirà alla creazione di una rete autosostenibile con obiettivi scientifici strategici, come lo sviluppo di software per "virtual experiment" nell'EMN MathMet, mentre in TraceLabMed si contribuirà all'organizzazione di confronti tra NMI e laboratori operanti nell'IVD.

Magnetismo, Materiali e Spintronica

Il settore proseguirà nel triennio con il consolidamento del ruolo primario a livello internazionale nelle misure magnetiche sui materiali e nella riferibilità delle unità magnetiche. Verranno poi effettuate attività mirate all'anticipare dei bisogni metrologici nei campi delle spintronica e nanomagnetismo in rapida evoluzione in cui manca in maniera pressochè totale sia l'esistenza di norme che la riferibilità.

L'attività nel triennio è volta al miglioramento e consolidamento delle CMC in ambito magnetico, in particolare nella metrologia del campo magnetico (< 20 mT) e nelle perdite di energia nei materiali magnetici

in regimi non convenzionali. Verrà effettuata disseminazione di misure di proprietà elettromagnetiche dei materiali. Il settore si propone di presentare e coordinare la proposta EMPIR JRP "Metrology of magnetic losses in electrical steel sheets for high-efficiency energy conversion". Proseguirà la partecipazione al progetto EMPIR PreNormative MagNaStand per la definizione di uno standard ISO per la caratterizzazione magnetica di sospensioni acquose di nanoparticelle. In questo ambito si prevede di valutare il budget dell'incertezza di misura delle grandezze magnetiche, quali magnetizzazione di saturazione e campo coercitivo in misure di magnetometria SQUID e VSM. In collaborazione con il gruppo Robert BOSCH GmbH e nell'ambito di un contratto industriale partirà un'attività per la caratterizzazione di lamierini magnetici in regime di magnetizzazione 1D e 2D.

Knowledge Transfer

Scienza e Tecnologia alla Nanoscala

Nel triennio si prevede di organizzare la prima edizione della scuola per giovani ricercatori " Winter School on Advanced Materials, Metrology and Standards". Nell'ambito della consueta attività di partecipazione simposi nazionali e internazionali il personale collaborerà all'organizzazione della conferenza NanoInnovation 2019, (Roma, Italia). Si prevede infine di sviluppare e divulgare on-line moduli e-learning per illustrare la micro e nanofabbricazione di dispositivi.

E' prevista un'attività per il trasferimento della proprietà intellettuale relativa al brevetto internazionale sul campione di lunghezza alla nanoscala ad alcuni stakeholder dei progetti EMPIR nell'ambito della collaborazione con IMEC (Leuven, Belgio) e PTB (Berlino, Germania), Verranno inoltre sviluppate tip per Atom Probe Tomography e nanoFTIR attraverso la messa a punto della preparativa per la realizzazione di punte per tecniche di nanoFTIR e APT (Atom Probe Tomography).

Campi e sistemi elettromagnetici

Nel triennio l'attività sarà finalizzata ad attività di trasferimento tecnologico e di formazione in relazione a risultati ottenuti e conoscenze maturate nell'ambito dei temi di ricerca in cui il settore è attivo, mediante presentazione di brevetti, partecipazione ad organismi tecnici, formazione, organizzazione di workshop e di eventi di divulgazione.

Si prevede di mettere a punto una richiesta di brevetto inerente la misura delle grandezze elettriche nei sistemi di ricarica induttiva. La richiesta si focalizzerà nell'ambito dei nuovi sistemi, dispositivi e algoritmi messi a punto nell'ambito delle attività del progetto MICEV.

Il Settore contribuirà alle attività di organismi tecnici e normativi nazionali e internazionali con riferimento all'esposizione ai campi elettromagnetici (CEI SC106) e alle misure sui sistemi elettrici ed elettromagnetici (IEC WG55, CEI TC38 e TC9.).

E' previsto lo svolgimento di tesi di dottorato in metrologia sull'uso di materiali magnetostrittivi per l'energy harvesting (EH) sulla metrologia per i sistemi elettrici ed elettromagnetici in ambito ferroviario e sulla caratterizzazione metrologica di sensori con uscita digitale. Verrà quindi organizzato un corso di formazione sulle misure di potenza ed efficienza e la dosimetria elettromagnetica nei sistemi di ricarica wireless per veicoli elettrici. A conclusione dei due progetti di ricerca (MICEV and MyRailS, nell'estate 2020) coordinati dall'INRIM verranno organizzati due eventi di divulgazione dei risultati ottenuti rivolti al modo dell'industriale, agli stakeholders e agli enti normativi.

Acustica in Aria e Ultrasuoni

Nell'ambito dell'attività di acustica in aria si prevede di organizzare confronti inter-laboratorio riguardanti le grandezze acustiche.

Le attività inerenti il tema degli ultrasuoni saranno principalmente indirizzate alla realizzazione degli obiettivi del progetto EURAMET EMPIR 18HLT06-RaCHy. Tra le finalità principali del progetto si evidenzia lo sviluppo di tecniche tali da consentire la predizione della deposizione di energia e dei profili di temperatura all'interno di colture biologiche e tessuti durante i cicli d'ipertermia mediati da ultrasuoni. Il profilo della temperatura verrà misurato durante l'esposizione, per garantire un trattamento sicuro ed efficace. L'obiettivo primario è quindi migliorare l'efficacia, la sicurezza e la gamma di applicabilità dei trattamenti d'ipertermia basati su campi US fornendo metodi validati per la caratterizzazione del campo ultrasonico oltre che il monitoraggio dell'esposizione durante la terapia. A questo scopo sono in fase di studio due approcci principali: la termometria MR, che fondamentalmente sfrutta le sequenze di eco-gradiente e la termometria US, utilizzando le tecniche B-mode o elastografia.

Scienze e tecnologie biomediche

Nell'ambito dell'attività di formazione, didattica universitaria e organizzazione di corsi verranno formati

studenti di III, II e I livello. Proseguirà il corso di III livello "Mathematical-physical aspects of electromagnetism" ed è programmato un corso nazionale sulla dosimetria MRI. Verrà organizzato l' "International Workshop on MR-based Electrical Properties Mapping". Infine, il workshop "Advanced Analytical Technologies for Life Sciences" verrà organizzato nell'ambito del meeting autunnale CCQM. Le attività saranno rivolte allo sviluppo e alla caratterizzazione di tecniche terapeutiche e diagnostiche e al potenziamento delle collaborazioni con stakeholder negli ambiti delle reti EMN Mathmet e TraceLabMed e dei progetti EMPIR.

Magnetismo, Materiali e Spintronica

Nel triennio si proseguirà con l'attività di addestramento di giovani ricercatori, insegnamento diretto alle scuole e divulgazione al grande pubblico. In particolare, si prevede la preparazione di piccoli esperimenti "portatili" per la divulgazione delle scuole. In tale ambito, verranno rafforzare le collaborazioni con gruppi leader in questo ambito tramite le partecipazioni al consorzio "Spintronic Factory" ed alla proposta "Nano-Engineering Flagship". Si prevede di partecipare all'attività di divulgazione del magnetismo presso la comunità scientifica e industriale con la collaborazione continua con l'Associazione Italiana di Magnetismo. In particolare, oltre all'organizzazione di congressi e scuole, è prevista la partecipazione ai gruppi di lavoro "Education & Outreach" e "AlMag Colloquia" dell'Associazione Italiana di Magnetismo, per la divulgazione e la disseminazione. Proseguirà il Corso di terzo livello "Magnetism, magnetic materials and measurements" per dottorandi del Politecnico di Torino e Corso di terzo livello "Python in the lab" per dottorandi del Politecnico di Torino (2 edizioni). E' prevista la partecipazione al Consorzio Interuniversitario per la Cristallografia Difrattometrica (CRISDI) dell'Università di Torino. Nell'ambito dell' attività di formazione, didattica universitaria e organizzazione di corsi verranno formati studenti di III, II e I livello. Si prevede inoltre l'accoglienza di studenti in progetti di alternanza scuola-lavoro previsti dalla Legge 107/2015.

c. Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Scienza e Tecnologia alla Nanoscala

NPL, Teddington (UK)
PTB, Berlino e Braunschweig (Germania)
DFM, Copenhagen (Danimarca)
NIST, Gaithersburg, MA (USA)
ICMAB-UAB, Barcellona (Spagna)
CEA-LETI, Grenoble (Francia)
IMEC, Leuven (Belgio)
UCSD, San Diego (USA)
LP2N, CNRS - IOGS - Univ. Bordeaux (Francia)
LTI - KIT, Karlsruhe (Germania)
CNR - IMM MDM, Agrate Brianza
CNR - INO, Sesto Fiorentino
CNR - ISASI, Pozzuoli
CNR - Center for Life Nano Science - Sapienza, Roma
CNR-IRSA, Bari
LENS - Università di Firenze, Sesto Fiorentino
INFN Legnaro
INFN Laboratori Nazionali Frascati
INFN Laboratori Nazionali Gran Sasso
INFN Genova
INFN Frascati-Trento

Campi e sistemi elettromagnetici

SL (NL), NPL (UK), LNE (FR), RFI, Trenitalia, HitachiRail Italy, HaslerRail (IT): misure per i sistemi a trazione elettrica;
NPL (UK), SPEAG (CH), PTB (GER): Ricarica induttiva di autoveicoli e valutazione esposizione umana ai campi elettromagnetici;
PTB (GER), UME (TR), CIRCE (ESP): caratterizzazione di sensori in presenza di fenomeni di PQ;
Istituto Italiano di tecnologia (IIT, Genova): Energy harvesting per ricarica di batterie
Ricerca sul Sistema Energetico (RSE), Milano, Italia: Trasduttori non-convenzionali e sensori digitali.

Acustica in Aria e Ultrasuoni

PTB, NPL, TUBITAK-UME, VSL (NMI)
OSR, Ospedale San Raffaele, Milano (Italia)
ISS, Istituto Superiore di Sanità, Roma (Italia)

ICR, The Institute for Cancer Research, Londra (UK)
ERASMUS MC, Erasmus Medical Center, Rotterdam, (Olanda)
TUDELFT, Technical University, Delft (Olanda)
IEO, Istituto Oncologico Europeo
U.S. Food & Drug Administration
FUS, Focused Ultrasound Foundation
Fondazione I.R.C.C.S. Istituto Neurologico Carlo Besta
ESHO, The European Society for Hyperthermic Oncology

Scienze e tecnologie biomediche

Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna (Italia): Dosimetria EM e Analisi di biomarcatori a livello tissutale
Esaote spa (Italia): Dosimetria EM
Zurich MedTech (Svizzera): Dosimetria EM
Medical Metrology Department, PTB (Germania): Dosimetria EM, MRI quantitativo e Diagnostica in vitro
Philips GmbH (Germania): MRI quantitativo
IRCC Stella Maris, Pisa (Italia): MRI quantitativo
Azienda ospedaliero-universitaria Careggi (Italia): MRI quantitativo
IMBiH (Bosnia-Erzegovina): MRI quantitativo
LGC (UK): MRI quantitativo, Misura di biomarcatori e Diagnostica in vitro
LNE (Francia): MRI quantitativo
TUBITAK (Turchia): MRI quantitativo e Ipertermia magnetica
Charité - Universitaetsmedizin Berlin (Germania): MRI quantitativo
Ultrasonics Group, NPL (UK): Modelli bio-heat
Erasmus University Medical Center (Paesi Bassi): Ipertermia EM e magnetica
Quantum Detection Group, NPL (UK): Sensori magnetici
Semiconductor Physics and Magnetism Department, PTB (Germania): Sensori magnetici
IFW Dresden (Germania): Sensori magnetici
NIST (USA): Misure di rapporto isotopico $^{121}\text{Sb}/^{123}\text{Sb}$
IRCCS Candiolo (Italia): Diagnostica in vitro
Department of Biotechnology and Systems Biology, NIB (Slovenia): Diagnostica in vitro
European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy – LENS (Italia): Microscopia multimodale

Magnetismo, Materiali e Spintronica

Progetto SELECTA: Universitat autonoma Barcelona, Cambridge University, Chalmers)
Progetto TOPS: Univ. of Leeds, UK; Johannes Gutenberg Universitaet Mainz, Ge; Université Paris Sud, FR;
PTB Braunschweig, GE; NPL, Teddington, GB; NIST Boulder, USA; TU Munich, GE; Univ. di Perugia, Italy;
KRIS, Daejeon, South Korea
Spin Seebeck: Univ. Loughborough, GB
Progetto MagNaStand: PTB, NPL, UCL et al.
Progetto BeMagic: Universitat autonoma Barcelona, Cambridge University, IFW, ETH)
Consorzio PROPLAST, Proprietà elettromagnetiche dei materiali (Diverse aziende piemontesi)
Istituto CNR IMEM (Film sottili, leghe a memoria di forma)
SATIE-ENS Universud Cachan FR
ENEA

d. Eventuali collaborazioni con le Università

Scienza e Tecnologia alla Nanoscala

Politecnico di Torino, DISAT, Torino
Università degli Studi di Torino, Torino
Università del Piemonte Orientale, UPO, Alessandria
Università di Pisa, Pisa
Università di Camerino, Camerino
Università di Cagliari, Cagliari
Université Savoie Mont Blanc, Chambéry (Francia)
Université de la Méditerranée LP3 Laser Labs, CNRS/Aix-Marseille Univ. (Francia)

Campi e sistemi elettromagnetici

Università Pontificia de Madrid (ESP), Strathclyde University, (UK): misure per i sistemi a trazione elettrica;
Università di Salerno, Università di Cassino, Politecnico di Torino: ricarica induttiva di veicoli elettrici;
Università della Campania Luigi Vanvitelli; Politecnico di Milano; Università di Palermo (IT): caratterizzazione in frequenza di trasduttori in media tensione e tecniche di correzione di non-linearità;
Università di Bologna, Dip. di Energia Elettrica e dell'Informazione (IT): caratterizzazioni di sensori in

presenza di eventi di PQ.

Acustica in Aria e Ultrasuoni

Università degli Studi di Torino (Italia), Dip. Scienza & Tecnologia del Farmaco;
Politecnico di Torino

Università degli Studi di Torino (Italia), Dip. Biotecnologie Molecolari & Scienze per la Salute

Scienze e tecnologie biomediche

Dip. Biotecnologie Molecolari e Scienze per la Salute, Università degli Studi di Torino (Italia): MRI quantitativo e Drug delivery

Dip. Scienza e Tecnologia del Farmaco, Università degli Studi di Torino (Italia): Drug delivery

Dip. Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, Politecnico di Torino (Italia): Medicina rigenerativa

Dip. Scienza Applicata e Tecnologia, Politecnico di Torino (Italia): Drug delivery

Dip. Scienze Cliniche e Biologiche, Università degli Studi di Torino (Italia): Drug delivery

Laboratorio Energia Nucleare Applicata (LENA), Università degli Studi di Pavia (Italia): Sviluppo tecnica k0-INAA

Technische Universitaet Dresden (Germania): MRI quantitativo

Univerza v Ljubljani (Slovenia): MRI quantitativo

Delft University of Technology (Paesi Bassi): Ipertermia EM e magnetica

Magnetismo, Materiali e Spintronica

Politecnico Torino, DET e DISAT e DENERG

Politecnico di Milano

Univ Torino Dipartimento di Fisica Sperimentale, Dipartimento di Materiali, Dipartimento di Chimica,

Università del Piemonte orientale, dipartimento di Chimica

Università di Camerino

Università di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia (Brillouin light scattering)

Associazione Gruppo Nazionale Misure Elettriche ed Elettroniche (GMEE)

Centro Interuniversitario di Magnetismo Naturale - Ciman, Peveragno (CN) - Università Torino, Milano, Parma, Roma, Chieti-Pescara, Urbino

Università di Rouen (Francia), Dipartimento Fisica dei Materiali

IMEM-CNR, Parma

e. Infrastrutture di ricerca

Tra le infrastrutture di ricerca, nella Divisione sono attivi: Laboratorio QR (Ed. QR), Nanofacility Piemonte (Ed. QR), Laboratori criogenici (Ed. B, C e D), Laboratorio Fotonica (Ed. B).

Scienza e Tecnologia alla Nanoscala

Laboratori QR

L'INRIM è, al momento, l'unico Istituto Nazionale di Metrologia in Europa, insieme al PTB, a possedere un centro di micro e nanofabbricazione. L'istituto vanta una pluriennale esperienza nel campo della litografia, sia ottica che laser, e nella nanolitografia a fascio elettronico, nella crescita e deposizione di film sottili e nell'attacco chimico liquido e gassoso dei materiali e possiede 20 m² di camera bianca in classe ISO5 e 150 m² di ambienti a controllo particellare in classe ISO6. Nel triennio, sono previsti alcuni lavori di riqualificazione della Palazzina Q che permetteranno l'espansione ad altri 150 m² di ambiente pulito da dedicare alle micro e nanotecnologie.

Nanofacility Piemonte

Nanofacility Piemonte INRiM è un laboratorio di nanofabbricazione mediante microscopia elettronica e ionica. È attivo dal 2010 grazie ad un contributo della Compagnia di San Paolo, e vanta al suo attivo migliaia di ore di funzionamento per servizi alla ricerca sul territorio e in metrologia.

L'infrastruttura è dedicata alla ricerca nel campo della nanofabbricazione e al controllo della materia a livello nanoscopico, per la realizzazione di micro e nano-dispositivi di interesse fondamentale e applicato, fornendo un servizio a livello regionale, nazionale ed europeo. Vengono sviluppate allo stato dell'arte le seguenti tecnologie: Electron Beam Lithography per ogni tipo di geometrizzazione su scala nanometrica, Ion beam Sculpting per la fabbricazione di dispositivi nanoSQUID, SET e dispositivi basati su whiskers e nanowires, ottiche diffrattive e nanostrutture per la plasmonica e la fotonica, preparative per microscopia elettronica in trasmissione e per tecnologie X (GISAX, NEXAFS, etc.). E ancora lavorazione FIB ed EBL+RIE del diamante per la fabbricazione di nanostrutture superficiali di estrazione della radiazione dai centri di luminescenza tramite nanolenti, lenti di Fresnel, nanopillars e guide d'onda. Tali tecniche sono accoppiate a litografia ottica e a litografia per self-assembly, con una continuità di risoluzione che va dai centimetri ai 10

nanometri. In questi ultimi anni, l'impegno del personale INRIM e delle risorse di micro e nanofabbricazione di Nanofacility nei progetti EMRP e EMPIR ha ottenuto un impatto di alto livello sulla comunità metrologica europea. Da questo, ne è conseguita una forte richiesta da parte dei principali NMI europei nella fabbricazione di dispositivi, modelli e campioni di riferimento alla nanoscala.

Campi e sistemi elettromagnetici

Laboratorio Misure per i sistemi elettrici in alta Tensione DC, AC e distorta.

Laboratorio Rapporto di forti correnti: trasduttori e sistemi di misura DC e AC.

Laboratorio Dispositivi elettromagnetici: caratterizzazione dispositivi magneto-elastici ed elettromagnetici.

Laboratorio integrato Generazione di campi elettrici e magnetici a bassa e media frequenza

Laboratorio Campi elettromagnetici a RF.

Acustica in Aria e Ultrasuoni

Laboratorio campioni di pressione acustica.

Camere acustiche: riverberante e semi-anechoica.

Camera isolamento e camera calpestio (attività sospesa)

Laboratorio Ultrasuoni, caratterizzazione di campi US

Scienze e tecnologie biomediche

Laboratorio Dosimetria Elettromagnetica

Laboratorio High Performance Computing

Laboratorio Metrologia delle Bioscienze

Laboratorio Microscopia Avanzata

Laboratorio Phantom Manufacturing & Cavitation Enhanced Drug Delivery

Laboratorio Analisi per Attivazione Neutronica, presso l'Università di Pavia

Magnetismo, Materiali e Spintronica

Sistema di misura a scansione di sonda (morfologia, proprietà magnetiche, proprietà meccaniche)

Realizzazione di nano-dispositivi e caratterizzazione ottica ed elettrica di nanodispositivi e nanomateriali.

Magnetometri ad alta sensibilità (SQUID, VSM e AGFM)

Preparazione di materiali magnetici per rapida solidificazione, di film sottili e di multistrati magnetici.

Caratterizzazione e studio delle proprietà fisiche di materiali magnetici dolci, duri, amorfi e nanostrutturati.

Laboratori per le misure magnetiche di alta sensibilità.

Laboratori per lo studio delle proprietà di trasporto in nastri e film sottili magnetici.

Sistema di misura dell'ipertermia magnetica.

| f. Personale Impiegato (rapporto giornate/persona) | | | | | |
|---|----------------------------|--------|---------|----------|----------|
| Tipo di personale | | Anno I | Anno II | Anno III | Anno "n" |
| a. | Personale di ruolo | 50.8 | 55.8 | 60.8 | |
| | Tecnici | 11.3 | 12.3 | 13.3 | |
| | Tecnologi/ricercatori | 39.5 | 43.5 | 47.5 | |
| b. | Personale non di ruolo | 1 | 4 | 6 | |
| | Amministrativi | | | | |
| | Tecnici | | 2 | 2 | |
| | Tecnologi/ricercatori | 1 | 2 | 4 | |
| c. | Altro Personale | 26.6 | 28.6 | 31.6 | |
| | Altri Incarichi di Ricerca | 8.4 | 9.4 | 9.4 | |
| | Assegnisti | 12 | 12 | 11 | |
| | Borsisti | | | | |
| | Co.Co.Co | | | | |
| | Comandi in Entrata | | | | |
| | Dottorandi | 6 | 7 | 11 | |

| | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|--|
| d. | Personale precedentemente citato proveniente dalle Università | 0.2 | 0.2 | 0.2 | |
|----|---|-----|-----|-----|--|

| g. Fonti di finanziamento | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Scienza e Tecnologia alla Nanoscala | | | | | |
| <p>Progetto EMPIR: 3DMetChemIT EUR_14IND01_I_201805 Progetto EMPIR: MetVBadBugs EUR_15HLT01_I_201904 (condiviso) Progetto EMPIR: Aeromet EUR_16ENV07_I_202005 Progetto Premiale 2016: ITA_VolumePhotography_I_202012 (condiviso) Progetto Premiale 2016: ITA_QUANTUMET_I_202012 (condiviso)</p> | | | | | |
| Campi e sistemi elettromagnetici | | | | | |
| <p>16ENG04 MyRails “Metrology for smart energy management in electric railway systems” – EMPIR 2016, Call Energy (01/09/2017 - 31/08/2020) 16ENG08 MICEV – “Metrology for inductive charging of electric vehicles”- EMPIR 2016, Call Energy (01/09/2017 - 31/08/2020) 17IND06 Future Grid II - “Metrology for the next-generation digital substation instrumentation - EMPIR 2017, Call Industry (01/06/2018 - 31/05/2021). 18NET03 SEG-NET "Support for a European Metrology Network on smart electricity grids" - EMPIR 2018 - Call Network (01/05/2019- 30/04/2023. MATER – “Materiali innovativi e tecnologie efficienti per le energie rinnovabili” – Premiale CNR 2014 – (01/01/2017 – 31/12/2019) Attività di disseminazione e contratti industriali- Introito previsto 150 - k€</p> | | | | | |
| Acustica in Aria e Ultrasuoni | | | | | |
| <p>EURAMET EMPIR 2018, Call HEALTH 18HLT06 RaChy – “Radiotherapy coupled with Hyperthermia” – (01/06/2019 - 31/05/2022) Attività di Servizio: taratura, prova e certificazione, confronti di misura interlaboratorio (ILC), (ex Commerciale)</p> | | | | | |
| Scienze e tecnologie biomediche | | | | | |
| <p>Progetto EMPIR 18HLT05 QUIERO “Quantitative MR-based Imaging of Physical Biomarkers” (01/06/2019 - 31/05/2022) Progetto EMPIR 18HLT06 RACHY “Radiotherapy coupled with hyperthermia - adapting the biological equivalent dose concept” (01/06/2019 - 31/05/2022) Progetto EMPIR 17IND01 MIMAS “Procedures allowing medical implant manufacturers to demonstrate compliance with MRI safety regulations” (01/06/2018 - 31/05/2021) Progetto EMPIR 15SIB06 NANOMAG “Nano-scale traceable magnetic field measurements” (01/09/2016 – 31/08/2019) Progetto EMPIR 15HLT04 NEUROMET “Innovative measurements for improved diagnosis and management for neurodegenerative diseases” (01/07/2016 – 30/06/2019) Progetto EMPIR 17NRM05 EMUE “Advancing measurement uncertainty - comprehensive examples for key international standards” (01/06/2018 – 31/05/2021) Network EMPIR 18NET02 TraceLabMed “Traceability in Laboratory Medicine” (01/06/2019 – 30/05/2024) Network EMPIR 18NET05 MATHMET “Support for a European Metrology Network for mathematics and statistics” (01/06/2019 – 30/05/2023) Progetto Fondazione CRT “Le ferite croniche dell’anziano: studio dell’effetto antimicrobico di nanogocce ossigenate e di modelli 3D di pelle” (2019-2020) Residui derivanti da Progetti Premiali/Strategici “Applicazioni biomedicali dell’elettromagnetismo” Residui derivanti da progetti finanziati da fonti esterne “Hyperspectral”</p> | | | | | |
| Magnetismo, Materiali e Spintronica | | | | | |
| <p>EMPIR 15SIB06 NANOMAG Nano-scale traceable magnetic field measurements EMPIR 16NRM04 MAGNASTAND Towards an ISO standard for magnetic nanoparticles EMPIR 16NRM02 SURFACE Pavement surface characterisation for smart and efficient road lighting EMPIR 17FUN08 TOPS Metrology for topological spin structures EMPIR 18HLT06 RACHY Radiotherapy coupled with hyperthermia - adapting the biological equivalent dose concept (2019 - 2022) Progetto Premiale 2016: Volume Phot</p> | | | | | |

Progetto Premiale 2016: Quantumet
 Progetto Premiale 2019: Nano for brain
 Progetto Industriale "Specific contract for and R&D collaboration for an extended characterization of magnetic steel sheets under alternating rotational and distorted flux" Voith Hydro Holding GmbH & Co KG
 Progetto MCSA-ITN "Selecta" (2015-2018)
 Progetto MCSA-ITN "BeMagic" (2019-2023)
 Progetto MCSA-ITN MagnEfi Magnetism and the effects of Electric Fields (2019-2023)
 Contratto industriale_Bosch "Performing a detailed magnetic characterization under alternating, circular and elliptical flux loci of one grade of magnetic lamination (M330 Steel Sheet), over a wide range of peak polarization, frequency and directions"

Attività di Servizio/disseminazione (ex Commerciale): conto terzi/contratti industriali circa 250 k€/anno

h. Costo complessivo

Finanziamenti a carico FOE

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III | Annualità "n" |
|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Personale di ruolo | 2660 kE | 2810 kE | 3340 kE | kE |
| Personale non di ruolo | - | 110 kE | 200 kE | kE |
| Altro personale | 108 kE | 156 kE | 205 kE | kE |
| Funzionamento | 285 kE | 310 kE | 345 kE | kE |
| Investimento | 380 kE | 395 kE | 420 kE | kE |

Eventuali ulteriori finanziamenti*

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III | Annualità IV |
|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Personale di ruolo | - | - | - | - |
| Personale non di ruolo | 50 kE | 135 kE | 210 kE | 35 kE |
| Altro personale | 272 kE | 260 kE | 190 kE | 35 kE |
| Investimento | 393 kE | 454 kE | 310 kE | 170 kE |
| Funzionamento | 259,3 kE | 247 kE | 175 kE | 80 kE |

| | | | | |
|--|--|------------------|--|--------------------------|
| 5.2 Attività di Ricerca: Metrologia applicata e ingegneria (AE) | | | | |
| Area di specializzazione: | | | | |
| Indicare se | | | | |
| | | Divisione | | |
| Area di Intervento | x | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili x | | | |
| Descrizione Divisione | Metrologia applicata e ingegneria | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Data Inizio: | 01-01-2019 | Data Fine: | 31-12-2021 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

| | |
|---|-----------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>La Divisione "Metrologia applicata e ingegneria" (AE) sviluppa la scienza metrologica e le tecnologie con attenzione all'ingegneria e alle necessità industriali. Nel quadro del Sistema Internazionale delle unità di misura, e secondo l'attribuzione a INRIM delle funzioni di Istituto Metrologico Primario (L. 273/1991), AE cura la ricerca metrologica per le grandezze di pertinenza, la realizzazione pratica e la disseminazione delle unità di misura delle grandezze meccaniche e termodinamiche e la disseminazione per le grandezze elettriche, anche in risposta alle nuove opportunità offerte dalla ridefinizione delle unità del SI. Nel corso del triennio sono inoltre programmate attività di ricerca inerenti il monitoraggio ambientale e il clima, l'impiego razionale dell'energia, lo sviluppo di tecniche metrologiche per il mondo della digitalizzazione.</p> <p>La Divisione sviluppa i propri piani di attività in linea con i programmi di ricerca metrologici europei (EMPIR) e con il Piano Nazionale della Ricerca nei temi di pertinenza. Partecipa inoltre attivamente alle seguenti reti metrologiche europee (European Metrology Network - EMN), anche in collaborazione con le altre Divisioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EMN on Climate and Ocean Observations; - EMN for Mathematics and Statistics (MATHMET). <p>È inoltre coinvolta nelle seguenti EMN in fase di costituzione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - EMN on Positioning, Navigation, Timing and Geodesy; - EMN on Advanced Manufacturing. <p>L'elevata interdisciplinarietà delle competenze all'interno della Divisione e la mutua interazione tra metrologia e ricerca applicata, si sviluppano in varie aree di ricerca organizzate in 5 settori scientifici: Metrologia della massa e delle grandezze apparentate, Metrologia della lunghezza, Misure elettriche ed elettroniche, Termodinamica Fisica, Termodinamica applicata.</p> <p>Il settore della Metrologia della massa e delle grandezze apparentate (masse, volumi, densità, portate di liquidi, portate e volumi di gas, pressioni e vuoto, forze, durezza, gravità), oltre a mantenere i campioni e disseminare le unità delle grandezze di competenza, conduce attività di ricerca per lo sviluppo di nuovi sistemi e metodi di misura e taratura e per l'estensione delle capacità di misura e taratura, anche legati alle possibilità offerte dal nuovo SI.</p> <p>Il settore della Metrologia della lunghezza, mantiene e dissemina i campioni delle grandezze dimensionali, conduce ricerche per migliorare le conoscenze, sviluppare dispositivi e tecniche nei campi della nanometrologia, delle misure industriali, della ricerca spaziale. Le attività connesse all'interferometria X/ottica (COXI), sono volte alla creazione di un nodo europeo presso INRIM a supporto degli NMI.</p> <p>Il settore delle Misure elettriche ed elettroniche, conduce attività di ricerca e sviluppo inerenti la metrologia elettrica primaria, anche in riferimento al mantenimento dei campioni materiali e delle scale. Un ulteriore contributo importante, alle realtà produttive del territorio, deriva dai laboratori di alte tensioni e forti correnti (LATFC) che permettono l'esecuzione di prove di importanti parametri elettrici, tra i quali: misure di corto circuito, capacità di stabilimento ed interruzione o prove di tenuta di breve durata, prove di sovratemperatura, prove ad impulso atmosferico, misure di scariche parziali e prove a frequenza di rete.</p> <p>Il settore della Termodinamica fisica, realizza, mantiene e dissemina i campioni delle unità di misura delle grandezze termodinamiche, sviluppa metodi di misura avanzati finalizzati alla realizzazione di nuovi campioni primari nel settore della termometria (acustici, a microonde, ottici) e alla determinazione delle differenze fra la temperatura termodinamica</p> | |

e la scala internazionale di temperatura, sviluppa sensori di temperatura innovativi anche basati su tecnologie quantistiche, generatori e campioni di umidità in matrice gassosa o solida, conduce attività di ricerca sulle misure di proprietà termofisiche di fluidi e materiali di particolare interesse scientifico o tecnologico in contesti aventi finalità ambientali, incluso il risparmio energetico, o di applicazione tecnologica e industriale.

Il settore di Termodinamica applicata si occupa di applicazioni industriali e ambientali della termodinamica, nelle misure termiche, in processi radiativi e in chimica delle miscele gassose. Le tematiche di sviluppo nel triennio riguardano e si sviluppano per mezzo di misure in chimica dei gas e dell'acqua, misure termiche e termodinamiche in atmosfera, interazioni termodinamiche in criosfera, studio delle caratteristiche di sensori termici per aeronautica e meteorologia, metodi matematici a supporto della metrologia, applicazioni di metodi radiometrici e fotometrici allo studio di proprietà dei materiali.

Per tutte le attività, ci si pone l'obiettivo di incrementare la capacità di modellizzazione e prototipazione a supporto della ricerca, nonché di incrementare la produzione scientifica.

Le attività di ricerca si svolgeranno principalmente, ma non esclusivamente, nell'ambito di progetti di ricerca nazionali e internazionali ammessi a finanziamento esterno. Dal momento che tali risorse dovranno essere principalmente impiegate per coprire oneri di personale, è necessario prevedere una quota di finanziamento FOE per poter mantenere tali attività.

b. Contenuto Tecnico Scientifico

Ricerca e sviluppo

Metrologia della massa e delle grandezze apparentate

Le attività di ricerca nelle aree **masse, volumi e densità**, saranno nel triennio fortemente indirizzate dalla ridefinizione del kilogrammo, mettendo a frutto le diverse competenze presenti all'interno della Divisione. Esse verteranno alla realizzazione di una bilancia elettrostatica riferibile alla costante di Planck per campioni di massa dell'ordine di 100 mg. Tale studio verrà anche esteso alla fattibilità per campioni di massa fino a 100 g e per campioni di forza riferibili alla costante di Planck. Verrà studiato un modello di calcolo per la misura dell'assorbimento dei campioni di massa nel passaggio vuoto-aria e al variare dell'umidità ambientale.

Nell'ambito delle **portate di liquidi**, verrà condotto uno studio di fattibilità per la realizzazione di sistemi di misura dell'energia termica per via indiretta, cioè senza la necessità di misurare la portata, in particolare volto alla realizzazione di un sensore da utilizzare nelle misurazioni energetiche legate agli impianti di riscaldamento. Per quanto riguarda **portate e volumi di gas**, verranno apportate migliorie agli impianti esistenti per ridurre le incertezze; verranno inoltre consolidate le competenze sui campionatori di aria mediante sviluppi teorici e impiego di strumentazioni dedicate e sviluppate competenze sui flussi rarefatti, accompagnate da analisi numerica. Verrà condotta un'analisi dell'incertezza per misure di volume tramite integrazione di portata.

Nell'ambito dell'area delle **pressioni e del vuoto**, verrà implementato un modello FEM per studiare l'effetto della pressione di un gas sulle deformazioni meccaniche di una cavità Fabry-Pérot e un interferometro a multi-riflessione. Verrà realizzato un campione ottico di pressione basato sulla misura dell'indice di rifrazione di un gas, mediante un interferometro a multi-riflessione. In particolare, verrà sviluppata una versione in grado di operare nell'intervallo tra 100 Pa e 150 kPa. Un'ulteriore attività, sarà legata allo sviluppo di un nuovo layout di un sistema di misura innovativo in cui la pressione è determinata attraverso la misura dello scattering Rayleigh in presenza di molecole di gas. Tale sistema sarà progettato e realizzato in modo da coprire l'ampio intervallo di pressione tra 10 Pa e 1 MPa.

Nell'area delle **forze**, lo studio degli effetti di tutte le componenti del vettore forza nelle macchine di prova è un elemento attualmente non considerato ma che può giocare un ruolo importante nella fase taratura e/o caratterizzazione metrologica e nel conseguente uso. A questo scopo, verranno sviluppate metodologie innovative per la taratura di macchine di prova multicomponenti nell'ambito del progetto EMPIR 18SIB08 ComTraForce. Verrà inoltre realizzata una nuova macchina campione di forza da 100 kN: lo sviluppo di nuovi campioni primari permette sia il loro miglioramento, sia lo studio di sistemi innovativi con conseguente miglioramento dell'incertezza nella realizzazione dell'unità di forza.

Lo studio dei parametri di influenza delle misure di **durezza** permette di realizzare la definizione delle varie scale a livello CIPM-CCM e di valutarne l'incertezza in modo più completo; lo sviluppo di nuovi campioni primari permette il miglioramento degli stessi e lo studio di sistemi innovativi al fine di ridurre l'incertezza nella realizzazione delle scale di durezza. In questo contesto, verranno analizzati i fattori d'influenza delle misure di durezza Rockwell, le caratteristiche meccaniche dei penetratori a sfera di carburo di tungsteno (collaborazione col Politecnico di Torino) e verranno sviluppati algoritmi di analisi di immagini interferometriche per la misura delle caratteristiche geometriche dei penetratori di diamante.

Nell'area della **gravità**, l'attività di ricerca sarà prevalentemente incentrata al miglioramento del gravimetro assoluto trasportabile IMGC-02, al fine di aumentarne l'affidabilità e ridurre l'incertezza di misura. In questo contesto, verrà implementato il nuovo interferometro ottico e studiato il sistema inerziale di riferimento per le misure interferometriche; verrà inoltre realizzato un nuovo sistema di lancio simmetrico del grave.

Nell'area delle **vibrazioni**, verrà realizzato un sistema di misura e taratura di accelerometri digitali MEMS triassiali da 0.1 ms⁻² a 20 ms⁻² (da 0.5 Hz a 5 kHz) e per lo shock (da 20 g a 10 000 g, da 5 Hz a 20 kHz): tale sistema prevede l'utilizzo di un opportuno supporto per la taratura simultanea su tre assi. Per quanto riguarda i sensori accelerometrici

MEMS digitali, è stata avviata una collaborazione esplorativa con ST Microelectronics per lo studio di fattibilità di taratura on-line e off-line. Parte dell'attività di ricerca sarà dedicata alla procedura per la determinazione del modulo di Young dinamico di materiali polimerici viscoelastici soft e ultra-soft, nel campo di frequenza tra 0.1 Hz a 1 kHz. Nelle attività legate al progetto PRIN2017 "Theoretical modelling and experimental characterization of sustainable porous materials and acoustic metamaterials for noise control", si annovera l'indagine delle procedure e delle tecniche di misurazione delle proprietà rifratto-negative, nell'ambito della trasmissione di onde elastiche, in materiali a struttura periodica, tra 1 Hz e 10 kHz. Per quanto concerne le attività sviluppate entro il progetto "ZeroNoise" finanziato in ambito MESAP - Smart products and Manufacturing, si sta supportando lo sviluppo di sistemi di misura basati sulla tecnica della velocimetria laser doppler per la valutazione e il controllo della trasmissione di vibrazioni in impianti idraulici e lo sviluppo di sistemi di mitigazione.

Metrologia della lunghezza

Nel campo della **metrologia dimensionale** prosegue l'impegno per la riduzione dell'incertezza nelle misure d'angolo (anche attraverso l'uso del Ring Laser) e delle righe ottiche, applicazione alla ricerca delle nuove tecniche di misura interferometriche sviluppate nell'ambito dei progetti EMPIR (LAME e Geometre) e ESA (LIG-A).

Per quanto riguarda la **nanometrologia e metrologia delle superfici**, lo sviluppo dei processi top-down e bottom-up pone l'esigenza di campioni atti a garantire la riferibilità della strumentazione alla nanoscala. La ricerca è indirizzata in particolare allo sviluppo di campioni a supporto della nanometrologia 3D, con l'obiettivo di produrre nanostrutture e materiali di riferimento, definire modelli e metodologie a supporto della riferibilità delle misurazioni ed alla metrologia ibrida con la fusione di dati da microscopia a sonda, SEM, profilometria a stilo ed ottica per la microscala. Verranno sviluppati metodi di misura AFM di nanoparticelle (NP) non sferiche (bipiramidi, piattine, cubi, in collaborazione con UniTO), e di nanostrutture di origine vegetale (in collaborazione con CNR-IPSP) come campioni di riferimento di forma e dimensioni alla nanoscala. Verranno inoltre portate avanti attività di caratterizzazione AFM/STM di superfici funzionali di NP e di campioni 3D nano e lo studio di metodologie "bottom-up" basate su "assembling" di nanostrutture. Nell'ambito della collaborazione con Applied Materials Italia e con CRF-FCA, saranno eseguiti lo studio e la definizione di parametri ad hoc per la correlazione tra la morfologia e le proprietà funzionali per alcuni casi di studio (collaborazione con Applied Materials Italia e con CRF-FCA). Verranno messi a confronto metodi di misura a contatto e non per la tessitura areale di geometrie complesse.

Nel campo della **metrologia a coordinate e lunghe distanze** proseguono le attività finalizzate allo sviluppo di metodi per la valutazione dell'incertezza applicabile nei settori industriali (coordinamento del progetto EMPIR 17NRM03 EUCom) e quelle legate alle applicazioni di grandi dimensioni (progetto EMPIR 17IND03 LaVA), in particolare nel campo delle macchine utensili di grandi dimensioni e dell'interferometria su lunghe distanze. Nell'ambito del progetto EUCom, verrà determinata la relazione fra i parametri normalizzati $E(Bi)$ e $\{E(UNI), P(Size), P(Form)\}$ allo scopo di separare gli errori di misura e costituire la base per predizioni dell'incertezza di misura. Si contribuirà inoltre allo sviluppo di un metodo a posteriori basato su *reversal*. Nell'ambito del progetto LaVA, verrà portata a vanti la prova del concetto di un sensore innovativo e a basso costo per la determinazione degli errori di geometria delle macchine utensili di grandi dimensioni. Verrà inoltre sviluppato un modello d'errore delle medesime e effettuata una prima valutazione (per simulazione) dell'identificabilità dei suoi parametri, in relazione con un'opportuna procedura di misura. La misura della velocità del suono in aria è un efficace metodo per la valutazione della misura della temperatura su lunghe distanze (a sua volta fondamentale per l'accuratezza delle misure interferometriche). Ad oggi l'accuratezza di queste misure è limitata a 300 ppm. In questo contesto, mettendo insieme le diverse competenze presenti nella divisione, verranno realizzati metodi e strumenti per la misura della velocità del suono in aria di riferimento (aria standard) riducendo l'incertezza al di sotto di 100 ppm (Progetti EMPIR 18SIB01 GeoMetre e 18SIB04 Quantum Pascal), con importanti ricadute sulla metrologia e sulla fisica dei gas.

Nel campo dell'**interferometria X/ottica (COXI)** a cristalli separati, prosegue lo studio e l'analisi dei possibili effetti di superficie sulla misura assoluta del parametro reticolare del silicio anche in collaborazione con IAC (International Avogadro Coordination). In questo contesto, verrà portata avanti la collaborazione internazionale con NMIJ e PTB per la realizzazione del kilogrammo supportando la misura dimensionale della distanza interatomica del silicio. Proseguirà lo studio sperimentale degli effetti dello stress superficiale in collaborazione con NMIJ e KEK-PF. La realizzazione dei nuovi laboratori sarà l'attività prioritaria del triennio. I lavori di ristrutturazione sono previsti da settembre 2019 ad agosto 2020. Successivamente sono previsti sei mesi per la messa in servizio dei locali ristrutturati a partire dalla realizzazione delle piattaforme antivibranti, sorgenti a raggi X, sistemi a vuoto, laser stabilizzati per la realizzazione del metro (Nd:YAG) e lo spostamento del materiale accessorio esistente (settembre 2020 - marzo 2021). Dall'aprile 2021 all'agosto 2021 si prevede di iniziare il ripristino dell'operatività dell'esperimento del parametro reticolare e il suo upgrade sperimentale, con successiva piena operatività e ripristino delle capacità di misura per la determinazione del parametro reticolare da settembre 2021 a marzo 2022. La crescente domanda di accuratezza alla scala del micrometro consiglia di attuare riferimenti di lunghezza attraverso la spaziatura del reticolo cristallino del silicio. INRIM è firmatario di un documento tecnico (congiuntamente con NPL e PTB) che è stato ratificato dal CCL. Il nascente laboratorio di interferometria X/ottica deve essere sviluppato ed orientato ad acquisire la leadership internazionale per la scala sub-nanometrica. La possibilità di utilizzare la spaziatura atomica come riferimento assoluto di lunghezza è una opportunità unica di sviluppo scientifico e tecnologico. Collaborazioni scientifiche sono in atto per trasferire le competenze INRIM nell'ambito della movimentazione alla scala della dimensione atomica all'interferometria a neutroni presso Institut Laue-

Langevin (Francia - Grenoble) e Atom Institute (Austria - Vienna). Nel campo dell'interferometria a neutroni, in collaborazione con ATI (Atom Institute - Vienna) e ILL (Institut Laue-Langevin - Grenoble), sono previsti esperimenti dedicati per definire il set-up sperimentale più idoneo per la separazione dei cristalli di un interferometro a neutroni. Prosegue inoltre la ricerca sulla topografia a contrasto di fase a supporto dell'interferometria X/ottica a cristalli separati per la verifica e lo studio del comportamento delle superfici e del bulk del cristallo, nonché lo studio sulle deformazioni elastiche sulle sfere dovute agli appoggi cinematici presenti negli esperimenti sviluppati per la misura di volume presso NMIJ e PTB.

L'INRIM è in costante collaborazione con l'industria aerospaziale e con le agenzie spaziali con attività di **metrologia per lo spazio** volte allo sviluppo di sistemi di misura per applicazioni spaziali. L'attività di ricerca sullo sviluppo di sistemi di misura per applicazioni spaziali è in costante crescita. In particolare, tutte le moderne missioni per lo studio del cosmo (GAIA, LISA) e per l'osservazione della terra (GRACE, GOCE, NGGM), per la conferma di principi della fisica (MICROSCOPE, GG), necessitano di raffinati strumenti di misura. Così come è necessaria la caratterizzazione metrologica di sottosistemi (thrusters, star-trackers, accelerometri). Le tecniche interferometriche nello spazio e di visione iperspettrale, sono uno dei punti su cui ESA sta sviluppando competenze che la distinguono dalle altre grandi agenzie sovranazionali e che stanno segnando il successo in missioni come LISA-Pathfinder, GOCE, PRISMA (ASI) e quelle future, LISA, NGGM, e su cui il settore scientifico potrà inserirsi fornendo competenze tecniche e scientifiche, e la riferibilità metrologica necessaria. Nel triennio è previsto, riunendo le diverse competenze presenti all'interno della divisione, un consolidamento della partecipazione di INRIM all'interno del consorzio della missione LISA (www.lisamission.org), al fine di supportare le fasi di realizzazione dell'antenna gravitazionale, sia dal punto di vista della realizzazione di test bed per soluzioni tecniche specifiche, sia per la individuazione e la valutazione dei contributi al bilancio di incertezza. È prevista una possibile collaborazione con il dipartimento di fisica dell'Università di Trento. Questa attività, oggi basata su una serie di contratti di taglia medio-piccola, può essere strutturata in modo più coordinato e arricchita da infrastrutture dedicate per incrementare la capacità di partecipazione a bandi futuri.

Misure elettriche ed elettroniche

Nel campo della **resistenza elettrica**, l'attività di ricerca sarà rivolta all'estensione delle capacità di misura della resistenza elettrica in regime continuo fino a 10 Pohn mediante sistemi auto costruiti e ponti automatici di tipo commerciale. Verranno inoltre portate avanti processi di caratterizzazione di resistori di altissimo valore (> 100 Tohm).

Per quanto riguarda la **tensione continua** nel triennio verrà progettato e realizzato un nano-divisore automatico di tensione continua a rapporti fissi in grado di realizzare rapporti decadici da 10:1 a 10^7 :1. Verranno portate avanti attività volte all'analisi e alla caratterizzazione delle tarature e d'uso per l'impiego nella taratura di nano-voltmetri.

Nel campo delle **alte tensioni e forti correnti**, continuerà l'attività sulla caratterizzazione degli archi elettrici in ambito ferroviario ai fini della diagnostica delle reti e l'analisi della power quality (progetto EMPIR 16ENG04 MyRails). Nel triennio, verranno effettuati studi sull'immunità e la robustezza degli APR (Droni) agli effetti dei campi elettrici a bassa frequenza, per stabilire requisiti e metodi di validazione per i velivoli che operano in prossimità di linee elettriche, ad esempio per ragioni ispettive e di controllo degli elettrodotti. Verrà inoltre sviluppato un sistema di caratterizzazione e validazione di strumentazioni per la diagnosi predittiva mediante firma elettrica.

Per quanto riguarda le **grandezze elettriche ac e dc**, una parte rilevante della ricerca riguarderà l'applicazione in ambito elettromedicale di tecnologie sviluppate nel campo della metrologia elettrica. In particolare continuerà la sperimentazione con i prototipi wearable per la messa a punto di software e firmware con lo sviluppo di nuove funzionalità. Verranno inoltre sperimentati sensori innovativi per la determinazione di disfunzioni neurodegenerative.

Termodinamica fisica

Una parte importante dell'attività di ricerca nel settore della **termometria**, è legata allo sviluppo di metodi di misura avanzati finalizzati alla realizzazione di nuovi campioni primari (acustici, a microonde, ottici). In questo contesto, nel triennio è prevista la realizzazione della nuova definizione del kelvin (*mise en pratique*) con metodi primari acustici (AGT) e a microonde (RIGT), anche nell'ambito dei progetti EMPIR 15SIB02 InK 2 e 18SIB02 Real-K. Verrà inoltre fornito un sostanziale contributo di metrologia termica a supporto di un metodo di termometria primaria spettroscopico (DBT) sviluppato in collaborazione. Verranno svolte ricerche volte alla determinazione delle differenze ($T-T_{90}$) fra la temperatura termodinamica T e la sua approssimazione T_{90} realizzata attraverso la Scala Internazionale di Temperatura (ITS-90). Per quanto riguarda la scala di temperatura, verranno condotte attività per il miglioramento della ITS-90 ad alta temperatura attraverso lo studio e l'utilizzo di punti fissi eutettici metallo-carbonio (Pt-C, Ru-C, Ir-C, Re-C) e, a temperature più basse, attraverso la realizzazione e lo studio di nuovi punti fissi (SF_6 o CO_2 , Xe) della ITS-90 proposti come alternativi al punto triplo del mercurio; verrà inoltre avviato uno studio su metodi di misura dell'omogeneità di termocoppie. Una parte importante dell'attività di ricerca sarà rivolta allo studio di metodi e tecniche di misura innovative, inclusi lo sviluppo di nuovi sensori basati su fosfori termosensibili e di sistemi di riferimento per la misura della temperatura superficiale con metodi non a contatto, la termometria cosiddetta *whispering gallery* basata sulla misura dell'indice di rifrazione di campioni solidi dielettrici. Nell'ambito del progetto EMPIR 17IND04 EMPRESS2, verrà sviluppato un termometro a fibra ottica basato su fosfori termografici per la misura in situ della temperatura superficiale (fino a 1000 °C) per lo sviluppo di sistemi di frenatura utilizzati in campo automobilistico. Grazie alle diverse competenze presenti in divisione, la partecipazione al progetto EMPIR 18SIB04 QuantumPascal porterà allo sviluppo

di campioni primari di pressione basati su metodi a microonde precedentemente utilizzati in termometria primaria. Si ritiene inoltre interessante avviare, nella seconda metà del triennio, un progetto di sviluppo di sensori in fibra ottica e di sensori *quantum-based* nanostrutturati. Tale progetto richiede la verifica della disponibilità del NIST, che è leader in questo campo di ricerca, a una fattiva collaborazione.

In **igrometria** l'attività di ricerca è rivolta allo sviluppo delle attuali capacità di misura per estenderne gli intervalli di lavoro in temperatura, con la realizzazione di nuovi generatori in grado di funzionare fra -100 °C e 180 °C, e in pressione, da valori sub-atmosferici fino a 0.6 MPa, anche con tecniche basate su risonatori a microonde. Tali capacità sono il presupposto per la realizzazione di nuovi campioni primari e lo sviluppo di metodi di misura utili in svariati ambiti di applicazione dalla caratterizzazione di parametri atmosferici ai processi di essiccamento industriali.

Le attività di ricerca rivolte alla misura di **proprietà termofisiche** riguardano una varietà di fluidi puri o miscelati in fase gassosa o liquida, anche metastabile, su un esteso intervallo di temperatura e pressione. I fluidi e materiali oggetto di studio, rivestono particolare interesse scientifico o tecnologico in contesti aventi finalità ambientali, incluso il risparmio energetico, o di applicazione tecnologica e industriale. Fra le proprietà e le sostanze che saranno oggetto di misura nel prossimo triennio vi sono: la velocità del suono e la polarizzabilità di gas inerti (He, Ar, Ne, Xe), la velocità del suono, la densità e la pressione di vapore dell'acqua (pura, oceanica, pesante, sottoraffreddata), la velocità del suono e la densità di refrigeranti a basso impatto ambientale (olefine fluorurate), la velocità del suono e la densità di idrocarburi e miscele di idrocarburi (metano, gas naturale anche liquefatto nell'ambito del progetto EMPIR 16ENG03 LNG3), la velocità del suono in aria secca e umida (anche nell'ambito del progetto EMPIR 18SIB01 Geometre).

Termodinamica applicata

Nel campo della **chimica e analisi statistica associata**, verranno sviluppati modelli e codici per il trattamento statistico di oggetti multicomponente, per applicazioni chimico/ambientali e campioni primari e materiali di riferimento di gas serra e loro precursori (CO₂ e NO_x) mediante due metodi primari complementari in grado di garantire i valori di incertezza obiettivo richiesti dal WMO (1 ppm per CO₂), con particolare riguardo alla composizione della matrice e alla identificazione e quantificazione delle impurezze. Accanto alla gravimetria, verranno condotte misure e sviluppati modelli per la diluizione dinamica. Verrà migliorato il sistema di preparazione di miscele in diluizione dinamica di CO₂ e NO_x, anche con automazione di alcune parti del sistema M e sviluppo della versione 2.0 del Calibration Curve Computing (CCC), al fine di migliorare le incertezze di preparazione e di verifica analitica, con il conseguente sviluppo del bilancio delle incertezze per la taratura di strumentazione analitica mediante miscele primarie da diluizione dinamica (EMPIR 17NRM05 EMUE). In relazione ai campioni di CO₂, verrà ottimizzata la procedura di preparazione di miscele gassose di riferimento e migliorata l'incertezza associata per la misura dei rapporti degli isotopi stabili del CO₂ nell'ambito del progetto EMPIR Metrology for Stable Isotope Reference Standards (16ENV06 SIRS).

Verrà avviato lo sviluppo di modelli per dati composizionali nell'ambito del progetto IUPAC/CITAC n. 2019-012-1-500 "Influence of a mass balance constraint on uncertainty of test results of a substance or material and risks in its conformity assessment", con l'implementazione di modelli probabilistici tramite Metodo Monte Carlo, applicato sia a dati simulati sia sperimentali, (es. purezza di materiali di riferimento, gas naturale). Si proseguirà nella collaborazione e supporto metrologico ad istituzioni nazionali che si occupano del monitoraggio di alcune Variabili Oceaniche Essenziali - EOVS (ENEA - Centro Ricerche Ambiente Marino, OGS), con l'obiettivo di stabilire dei corretti percorsi per la riferibilità metrologica delle misure in ambito marino (valutazione delle incertezze per misure di parametri chimico/fisici marini; sistemi e metodiche di misura di pCO₂ in acqua di mare). Verranno inoltre condotte attività di ricerca legate all'impiego della termogravimetria e allo studio di tecniche elettrochimiche (Titolazione Karl Fischer e analisi Evolved Water Vapour) per la determinazione del contenuto di acqua in matrici reali.

Nel campo della **termometria termodinamica per contatto**, gran parte delle attività di ricerca del triennio verranno condotte nell'ambito di progetti Europei. Le ricerche previste nel progetto H2020 MIDAS, riguarderanno la caratterizzazione in termini di incertezze di misura e condizioni operative (accelerazioni, altitudine, velocità relativa dell'aria) di sensori di temperatura innovativi e compatti per velivoli; verranno inoltre caratterizzati sensori innovativi di temperatura per velivoli, in collaborazione con SELT, Piaggio e Polito. I lavori si svolgeranno nel tunnel a vento EDDIE realizzato e operativo all'INRiM, in grado di riprodurre condizioni atmosferiche realistiche. In seguito all'avvio del progetto EMPIR 18SIB02 RealK, il contributo di questo settore riguarderà la valutazione dei contributi all'incertezza di misura dovuti alla "Type3 Non uniqueness" in termometri campioni ITS-90; si avvieranno i sistemi e verranno eseguiti i test preliminari. Sempre all'interno del progetto RealK, è stato proposto un Research Mobility Grant, da espletarsi presso LNE-CNAM a Parigi, per la realizzazione di un sistema attivo di controllo della pressione all'interno del circuito di gas del fast-AGT attualmente in sviluppo. Ulteriori attività di ricerca riguarderanno il miglioramento delle tecniche di misura mediante sistemi termodinamici a controllo di pressione "Heat Pipes" per la riduzione delle incertezze dei termometri campione ad alta temperatura HTSPRT tra 660 °C e 960 °C.

Per quanto riguarda le attività nell'ambito della **meteorologia e climatologia**, un'interessante applicazione sarà il supporto alla climatologia nella valutazione di serie storiche e record di temperatura. In questo contesto, verrà conclusa la valutazione dei due record di temperatura: Kuwait Mitribah luglio 2016, Pakistan Turbat maggio 2017 su mandato del WMO con conseguente inclusione dei due record nel database dei record e mediante comunicato stampa del WMO. Verrà inoltre realizzato un test site per il "Surface Reference Network" del Global Climate Observing System (GCOS)

delle Nazioni Unite. Proseguiranno studi e campagne di taratura anche on-site per sensori termici impiegati in climatologia, tra cui i siti di misura di permafrost alpino e di condizioni ambientali in grotta, con miglioramento delle tecniche di misura negli studi di aree glaciali, periglaciali e in grotta. In collaborazione con ISAC-CNR verrà fornito supporto alla realizzazione di un laboratorio permanente di metrologia in Artico (Svalbard).

Proseguirà lo studio delle caratteristiche tecniche e la valutazione dell'incertezza nella transizione tra radiosonde tipo RS92 a RS41 quali riferimenti di misura per il GCOS GRUAN, in tunnel "EDDIE", proseguiranno inoltre nell'ambito del progetto "Complete" (coordinato dal Politecnico di Torino) i lavori di caratterizzazione dei materiali per gli involucri delle miniradiosonde e sulle performance dei sensori. Nel progetto H2020 "Copernicus Climate Change Service" 311° - Lot.3 si svilupperà un "users uncertainty calculation tool" per la valutazione di incertezze nella "near surface temperature". Nell'ambito del progetto EMPIR 18NRM03 "INCIPIT", verrà sviluppato un sistema di taratura per pluviometri non a contatto. Si rende di rilievo l'acquisizione e montaggio in tunnel "EDDIE" di un generatore di spettro solare per completare l'impianto.

Sui temi relativi alle **interazioni radiative tra sorgenti e materiali**, verranno condotte attività di ricerca volte al miglioramento delle tecniche in applicazioni Smart, IoT anche per di mappatura diffusa, in applicazioni tecnologiche e ambientali e preseguirà il coordinamento del progetto EMPIR 16NRM02 SURFACE. Verranno portati avanti studi dell'invecchiamento di materiali esposti in campo e valutazione di prestazioni metrologiche e di caratterizzazione del comportamento radiometrico dei materiali e sorgenti generatrici di spettro. E' prevista l'installazione di un goniometro per l'analisi dei materiali e di sensori. Di particolare importanza saranno le attività svolte nell'ambito della collaborazione con UniTO per lo studio dell'Appearance e l'allestimento del laboratorio mobile per conto di ANAS.

Le attività di ricerca nell'area della **termometria applicata all'industria**, si svolgono in collaborazione con partner industriali nazionali su progetti europei, nazionali e regionali tra cui si annoverano il progetto EMPIR 17IND12 Metrology for the Factory of the Future – Met4FoF e il progetto HOME (POR/FESR 2014-20 Reg. Piemonte – Industria 4.0). L'INRIM in collaborazione con un partner industriale svilupperà un sistema di riferimento per la taratura di macchine automatiche di test (ATE) per sensori MEMS e un dimostratore di Digital Calibration Certificate (DCC). Verrà inoltre condotta la validazione metrologica di un dimostratore per l'immagazzinamento di energia termica e del sistema del processo della materia prima in biomassa presso un partner industriale regionale.

Ruolo NMI

La Divisione, nell'ambito del ruolo istituzionale di NMI, cura la realizzazione e la disseminazione delle unità di misura delle grandezze meccaniche e termodinamiche e la disseminazione delle unità di misura delle grandezze elettriche. In particolare, la disseminazione delle unità viene garantita attraverso la fornitura di servizi di taratura per i settori di competenza, con un fatturato annuo pari a circa 1200 keuro/anno. Garantisce la rappresentanza negli organismi metrologici europei e internazionali e nei rispettivi comitati tecnici e gruppi di lavoro (TC-AUV, TC-F, TC-L, TC-M, TC-MC, TC-T di EURAMET, CCL, CCAUV, CCM, CCQM, CCT del CIPM). Nell'ambito del ruolo NMI, la Divisione partecipa regolarmente ai confronti di misura in ambito EURAMET e CIPM nei settori della massa e grandezze apparentate, vibrazioni, lunghezza, termometria, elettromagnetismo, chimica (analisi di gas e analisi organica).

In questo contesto, la Divisione si propone i seguenti obiettivi di carattere generale: garantire la continuità nella disseminazione delle grandezze di pertinenza mediante attività di taratura e misura, migliorare il servizio in termini di tempi di emissione dei certificati, riduzione dell'incertezza e ottimizzazione delle risorse, migliorare la capacità di taratura e misura (CMC) esistenti e estenderle in funzione delle esigenze emergenti, mantenere il livello di eccellenza in campo internazionale attraverso la partecipazione a confronti internazionali di misura, anche con ruoli di coordinamento, organizzare confronti interlaboratorio (ILC) per conto di terzi e condurre attività di prova.

Metrologia della massa e delle grandezze apparentate

Nel campo **masse, volumi e densità**, verrà sviluppato un sistema automatico per misure di massa da 1 mg a 5 g. Il progetto è in attesa da oltre un anno a causa dei ritardi degli ordini. Verrà realizzato un nuovo sistema per pesate idrostatiche per la misura della densità di piccoli campioni, che si propone anche di dimostrare la fattibilità per la realizzazione di un sistema di misura per la misura di densità di sfere di silicio da 1 kg con incertezza relativa inferiore a 10 ppb. Per quanto riguarda le CMC, è prevista l'estensione delle CMC per la taratura di micro pipette e per le misure di densità e il miglioramento delle CMC per le misure di volume di solidi. Verrà inoltre coordinato un confronto EURAMET su campioni di massa, multipli e sottomultipli e sulla taratura di idrometri.

Nelle **portate di liquidi**, è prevista la realizzazione di un nuovo campione per la misura di basse portate, con estensione al di sotto dei 10 L/h, utile anche per dimostrare la fattibilità per la realizzazione di sistemi di misura per applicazioni radiomedicali. Verrà migliorato il banco di misura e, di conseguenza, le CMC associate.

Nel campo delle **pressioni e vuoto**, si porterà a compimento lo sviluppo del campione ad espansione statica, al fine di estendere l'attuale limite inferiore dell'intervallo di pressione coperto da tale campione (9×10^{-2} Pa), in modo da garantire la riferibilità fino alla decade 10^{-4} Pa; in particolare si finalizzerà il layout del sistema, si procederà alla caratterizzazione metrologica con determinazione dei rapporti di espansione e verrà eseguito un confronto bilaterale. Si terminerà il processo di revisione delle CMC con l'estensione delle capacità di misurazione nel campo da 1 Pa a 15 kPa, a supporto di applicazioni nel campo farmaceutico, delle nanotecnologie e dei semiconduttori.

Nel **portate e volumi di gas**, sono previste attività per la riduzione incertezze impianto MicroGas, l'automazione delle

misure dell'impianto BellGas e lo sviluppo del sistema di controllo dell'impianto MeGas per estendere le capacità di misura. Saranno inoltre avviate le attività preliminari per il laboratorio di taratura per fughe calibrate.

Per quanto riguarda la **forza**, si prevede il miglioramento della disseminazione delle misure di forza multicomponenti mediante lo sviluppo e l'implementazione di nuove metodologie di taratura e di analisi dell'incertezza e il miglioramento dei campioni primari.

Per le misure di **durezza**, verranno apportati miglioramenti dei campioni primari e dei sistemi di misura del laboratorio e realizzato un nuovo microdurometro campione; verranno migliorate le CMC attuali per la taratura dei penetratori di diamante.

Le attività connesse alla **gravità**, saranno indirizzate al ripristino della funzionalità del gravimetro assoluto trasportabile. Per quanto riguarda le CMC, saranno migliorate quelle attuali e richieste nuove CMC per la taratura dei gravimetri assoluti e relativi.

Nel campo delle **vibrazioni**, si lavorerà sulla riferibilità a sensori accelerometrici MEMS/NEMS digitali e definizione della sensibilità "digitalizzata", sulla base delle indicazioni del documento "Strategy 2017 to 2027", Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) del 2017, del Comitato consultivo per l'acustica, gli ultrasuoni e le vibrazioni (CCAUV). Verrà condotta la verifica sperimentale del sistema di taratura e la definizione del bilancio di incertezze dettagliato. In ambito del TC AUV di EURAMET, sono state individuate piattaforme comuni per lo sviluppo e il confronto di sistemi per la taratura di sensori digitali anche supportati da progetti di ricerca industriale.

Metrologia della lunghezza

Nell'ambito della **metrologia dimensionale**, particolare attenzione sarà dedicata al campione del metro, con sostituzione dell'elettronica di controllo dei due campioni He-Ne stabilizzati su I_2 e della cella del campione del Winters. Verrà messa in funzione della nuova sorgente verde Nd-YAG (I_2) per la stazione dei blocchetti corti, completato un set-up interferometrico "double-ended" per i blocchetti corti e eseguito un confronto iniziale delle misure; è prevista nel triennio la partecipazione ad un confronto sui blocchetti corti. Il campo di misura dei campioni a gradino verrà esteso fino ad 1 mm, con contestuale revisione delle CMC. È previsto lo svolgimento di ILC nel campo delle misure di rotondità e di rugosità. Si prevede di partecipare ad un confronto chiave CCL per le misure d'angolo e coordinare un confronto EURAMET; verrà aumentata l'automatizzazione delle misure d'angolo per migliorare l'incertezza e ridurre i tempi di taratura. È previsto l'aggiornamento software/hardware della macchina di misura Moore per campioni diametrali e lineari, con integrazione di una tavola rotante di precisione per la taratura completa dei campioni diametrali, con una riduzione stimata dell'incertezza a 70 nm per i diametrali e a 100 nm per i calibri a passo. Verrà coordinato il confronto chiave EURAMET.L-K4 sui campioni diametrali.

Per quanto riguarda la **nanometrologia e metrologia delle superfici**, si vuole estendere le capacità di misura senza contatto di forma e tessitura su campioni e superfici funzionali (metodo areale) e proporre nuove CMC per la taratura del diametro medio di nanoparticelle sferiche. È prevista la partecipazione a confronti di misura su campioni a larghezza di tratto e nanoparticelle.

Nella **metrologia a coordinate**, verrà sviluppata una nuova capacità di misura per la taratura, anche in eterno, di macchine di misura 1D, completata la stazione di taratura per calibri a passi fino a 1 020 mm, con estensione dell'attuale CMC (limitata ora a 420 mm). Verrà proposto l'aggiornamento (riduzione incertezza) per le CMC dei calibri a passo.

Nella **metrologia per lo spazio**, è prevista la realizzazione di una nuova stazione per la misura dei momenti d'inerzia di satelliti.

Misure elettriche ed elettroniche

Per quanto concerne la misura delle **grandezze elettriche ac e dc**, verranno condotte la caratterizzazione di una nuova serie di strumenti multifunzione di alto livello per misure elettriche di precisione, con progettazione di dispositivi atti alla taratura degli strumenti multifunzione, con particolare riferimento alle scale in corrente alternata e a quelle termiche di recente introduzione. È previsto il rinnovo della strumentazione di misura dei laboratori di taratura (laboratorio di taratura strumenti multifunzione, laboratorio campione nazionale di tensione continua e laboratorio di misura della resistenza elettrica) e delle relative procedure tecniche. Verranno condotte attività di sperimentazione per l'estensione delle scale di resistenza in regime continuo con l'acquisizione di nuovi campioni da 10 Pohn. Nel campo delle misure elettriche di alto livello sono stati recentemente introdotti nuovi strumenti con caratteristiche superiori a quelli in uso presso i laboratori metrologici primari e secondari. Questo richiederà un lavoro di caratterizzazione della strumentazione e la predisposizione di tecnologie e procedure per effettuare tarature con un livello di precisione adeguato. Verrà inoltre sviluppato un sistema completo di software per la taratura di nano-voltmetri orientativamente nel campo da 100 nV a 10 V. Previsti ILCs su multimetro numerale, calibratore multifunzione, misuratori Potenza ed Energia, resistenze di elevato valore, taratura di pinze amperometriche in regime continuo ed alternato organizzato per i centri LAT di elevato livello.

Per le **alte tensioni**, verrà condotta un'analisi di fattibilità per l'incremento della tensione per il sistema di generazione per alte tensioni impulsive con il duplice obiettivo di un allargamento del campo di taratura e dell'estensione ampliamento dei servizi di prova offerti. Verrà progettato e realizzato un volume a temperatura controllata per l'area di Alta Tensione, ai fini del miglioramento delle incertezze di taratura e delle possibilità di prova offerte. Verrà progettata e

realizzata una rete resistiva riferibile in grado di tarare la strumentazione per la misura dell'isolamento elettrico fino a 5 kV. Verrà inoltre realizzata un'area prove per la verifica dei quadri agli effetti dell'arco interno in bassa tensione e' prevista l'estensione e il miglioramento delle CMC dichiarate e la riattivazione delle CMC relative alle tarature di impulso atmosferico. Per le forti correnti, verranno revisionate e rinnovate le attrezzature per le prove di corto circuito e verrà messo in funzione il nuovo laboratorio per prove termiche di lunga durata (3 k€).

Termodinamica fisica

Sviluppo delle attività di mantenimento e disseminazione dei campioni nazionali di temperatura e umidità attraverso un incremento delle capacità di misura e taratura (CMC) e la riduzione delle incertezze associate.

In **termometria**, la disseminazione del kelvin, proseguirà tramite il mantenimento dei punti fissi della Scala Internazionale (ITS-90) nel campo delle temperature intermedie (84 K – 962 °C), criogeniche (4 K – 273 K), e al di sopra di 962 °C con tecniche di termometria a radiazione. In linea con gli sviluppi delle attività e dei progetti di ricerca, verranno collaudate innovative possibilità di disseminazione offerte dalla nuova definizione del kelvin. Tali possibilità assumono particolare rilievo nei campi criogenici e per temperature elevate. Verranno a questo scopo promosse attività di confronto a livello internazionale dedicate. Le attività di tarature di sensori industriali per confronto, con termometri tarati internamente fra -196 °C a 660 °C e con termocoppie campione fino a 1550 °C, saranno rivolte a un incremento del numero di CMC, ed è prevista un'attività di studio di nuovi metodi di misura rivolta alla riduzione dell'incertezza delle CMC esistenti. Nel dettaglio, verrà richiesta la pubblicazione di 9 nuove CMC in ambito CIPM MRA (1 per la taratura di RIRT per confronto da 4 K a 27 K, 5 per la taratura di termocoppie, 3 per la taratura di catene termometriche) e la modifica di 19 CMC già riconosciute nell'ambito del CIPM MRA per riduzione incertezza, campi e condizioni di misura. In particolare il campione al punto fisso del rame sarà rafforzato tramite il confronto fra celle di fabbricazione INRIM ed entrerà in servizio il punto eutettico Co-C con la redazione di una procedura per la taratura di termocoppie e la richiesta della corrispondente CMC. Verranno conclusi il confronto internazionale EURAMET.T-S3 sulla taratura di termocoppie Pt-Pd nell'intervallo fra 419,527 °C e 1492 °C e il confronto bilaterale Euramet 1457(T-S7) con Tubitak-UME sui parametri di influenza per la realizzazione di scale di radianza fra 156 °C e 1100 °C. Infine verrà progettata un'innovativa cella, utile per la taratura di termocoppie, che conterrà al suo interno tre diversi punti fissi (Cu, Ag, Al).

In **igrometria**, l'attività istituzionale prevede il mantenimento e la disseminazione del campione nazionale di umidità relativa attualmente compreso nell'intervallo di temperature di brina e rugiada da -80 °C a 95 °C e, nel corso del triennio lo sviluppo di un ulteriore campione primario per temperature di brina da -100 °C a -20 °C per pressioni fra 200 hPa e 100 kPa. Contestualmente verrà avviato il processo richiesta e riconoscimento di nuove CMC rese possibili da tale sviluppo. Per quanto concerne la partecipazione a confronti internazionali di misura, verranno concluse le misure per confronto EURAMET.T- K8.1 Comparison of realizations of local scales of dew-point temperature of humid gas, resi disponibili i risultati dei confronti EURAMET.T- K8 "Comparison in high dew-point temperatures" e CCT- K8 "Comparison of realizations of local scales of dew-point temperature of humid gas". E' prevista la partecipazione al confronto EURAMET P1442 Relative humidity from 10 %rh to 95 %rh at temperatures from -10 °C to 50 °C.

Nell'ambito delle **proprietà termofisiche**, sono previste attività propedeutiche alla riattivazione di una CMC per la densità dei liquidi con pesata idrostatica a pressione atmosferica e per temperature comprese tra (5 e 40) °C.

Termodinamica applicata

Nel settore relativo alla **chimica ed analisi statistica associata**, il modello probabilistico ed i relativi codici di calcolo sviluppati per determinare il rischio di decisioni errate nella valutazione di conformità di oggetti multicomponente verranno forniti al JCGM/WG1 come generalizzazione dell'approccio a singola componente descritto nella guida JCGM 106. Lo studio comparativo sulla valutazione dell'incertezza per il BaP tramite LPU e MCM verrà fornito alla rete dei laboratori AQUILA (progetto EMPIR EMUE). Verranno resi disponibili i risultati del confronto chiave CCQM-K74.2018 che supporteranno la preparazione di miscele gassose di biossido di azoto di interesse ambientale. Verranno presentate le CMC relative alla preparazione di miscele gassose primarie binarie o multicomponenti a seguito della validazione delle procedure associate.

Nel campo della **termometria termodinamica per contatto** si inserisce il coordinamento del progetto EURAMET 1459 "ATM Air Temperature Metrology" per la produzione di una linea guida per la taratura di termometri in aria assente sia in EURAMET sia in BIPM CCT. In questo contesto viene coordinato anche un loop del confronto inter-laboratorio di termometri misuratori della temperatura dell'aria tra -40 °C e 60 °C. Lo studio riguarderà il confronto delle attuali procedure di taratura in liquido rispetto alla taratura in aria (camera climatica, flusso). Si valuteranno le influenze di velocità dell'aria, irraggiamento, disposizione e dimensione dei sensori.

In ambito **meteorologia e climatologia**, si contribuirà alla stesura e alla revisione di documenti internazionali, quali la "Guide on Instruments and Methods of Observations della World Meteorological Organization (WMO) , l'Annex 1 della nuova Guida n. 8 WMO "Operational measurement uncertainty requirements and instrument performance requirements" e "implementing the internationally approved definitions on measurement uncertainty, published by BIPM (VIM)".

Nell'ambito delle **interazioni radiative tra sorgenti e materiali**, verranno realizzati materiali di riferimento nell'ambito applicazioni IoT per la parte interazione radiativa per la taratura di sensori multiscala visibile – infrarosso. Verrà inoltre condotto un confronto di misura sul coefficiente di luminanza nell'ambito del progetto EMPIR 16NRM02 SURFACE.

Nel campo della **termometria applicata all'industria**, le attività saranno volte alla disseminazione dell'unità di temperatura termodinamica, con taratura della strumentazione rilevante. Verranno inoltre condotti studi di sistemi per la riferibilità nel processo di testing di componenti elettronici e sensori MEMS e studi di metodi per la validazione metrologica di processi di immagazzinamento di energia termica.

La Divisione garantisce inoltre la rappresentanza, anche con ruoli di chairmanship e segreteria scientifica, in svariate organizzazioni internazionali: IMEKO (Delegato nazionale, chairperson di TC8 e TC9, Scientific Secretary del TC12), Task Team Uncertainties CIMO-WMO (Co-Chairmanship), Commission of Climatology – WMO (Chair-Rapporteur on Climate and reference stations), Expert team Surface CIMO-WMO, Expert team Classification CIMO-WMO, Expert team Metrology CIMO-WMO, Cooperation on International Traceability in analytical Chemistry” - CITAC (chairperson), Eurachem (delegato nazionale e segreteria), IUPAC.

Knowledge Transfer

La Divisione settore sostiene iniziative di trasferimento tecnologico a livello nazionale e internazionale mediante molteplici attività. Esegue attività di peer review presso altri NMI (tra cui IPQ-Portogallo, CEM-Spagna, INMETRO-Brasile, CENAM-Messico, UME-Turchia) e fornisce supporto all'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA) e a enti di accreditamento stranieri (tra cui UKAS.Regno Unito, COFRAC-Francia, TURKAK-Turchia, ISRAC- Israele, EIAC-Emirati Arabi) con attività tecniche di ispezione, anche organizzando e supervisionando confronti inter-laboratorio principalmente fra i laboratori accreditati. Partecipa all'attività di normazione nazionale (UNI/CT 002/SC 02/GL 02, presidenza UNI/CT047 TPD e GPS; coordinamento UNI/CT047/GL1, UNI/CT047/GL4, UNI/CT 016/GL 69 “Applicazioni dei metodi statistici”) e internazionale (ISO TC 164, ISO/TC213 WG16, WG10, AG1, ISO/TC 69/SC 6/ WG 7 “Statistical methods to support measurement uncertainty evaluation”; coordinamento ISO/TC213/WG4), anche mediante la partecipazione a progetti EMPIR normativi (sviluppo di template e esempi di valutazione dell'incertezza e della conformità di prodotti da fornire a comitati tecnici normativi di competenza nell'ambito del progetto EMPIR 17NRM05 EMUE). Partecipa inoltre a commissioni tecniche di settore (ACAE).

Nell'ambito delle interazioni e supporto alle industrie, organizza lo svolgimento di corsi di formazione per stakeholder industriali, anche nell'ambito di progetti EMPIR dedicati (), elabora contratti industriali e di cessione di know-how (es. realizzazione sistemi di misura multicomponenti, realizzazione di durometri campione, Si rende disponibile allo svolgimento di tirocini a vari livelli, anche nei confronti di personale proveniente da paesi emergenti.

La Divisione organizza conferenze internazionali nei settori di competenza. Promuove lo svolgimento di Dottorati di Ricerca presso le proprie strutture in vista di future opportunità di reclutamento; fornisce personale docente per corsi di primo e secondo livello attivi presso il Politecnico di Torino e l'Università di Torino, per corsi specialistici, per corsi di dottorato e per corsi di metrologia agli insegnanti. Promuove inoltre la cultura metrologica attraverso conferenze di divulgazione sul nuovo SI e partecipazione attiva alle settimane della scienza, con visite dei laboratori da parte delle scolaresche.

c. Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Collaborazioni con i maggiori Istituti Metrologici Nazionali e Istituti Designati, tra cui:

BEV (Austria), IMBH (Bosnia), NRC (Canada), NIM (Cina), DTI (Danimarca), MIKES (Finlandia), FMI (Finlandia), AALTO (Finlandia), LNE (Francia), LNE-CNAM (Francia), CETIAT (Francia), PTB (Germania), NMIJ (Giappone), JV (Norvegia), IRIS (Norvegia), VSL (Olanda), INTiBS (Polonia), IPQ (Portogallo), NPL (Regno Unito), CMI (Repubblica Ceca), SMU (Slovacchia), MIRS/UL-FE/LMK (Slovenia), CEM (Spagna), INTA (Spagna), NMISA (Sudafrica), RISE (Svezia), METAS (Svizzera), Tubitak-UME (Turchia), NIST (Usa).

Collaborazione con gli enti di ricerca internazionali:

IAC - International Avogadro Coordination, IAPWS – International Association for the Properties of Water and Steam, WMO-CIMO, WMO-CCI, ISTI (International Surface Temperature Initiative), GCOS-GRUAN GCOS-Upper Air Reference Network, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Swedish Meteorological and Hydrological Institute, MetOffice Field Site, Japan Meteorological Agency, Environmental Agency of The Republic of Slovenia, Agencia Estatal de Meteorologia, IGC International Glass Commission TC10, European Center for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas, JPI OCEANS

Istituti di ricerca Italiani:

Centro Ricerche Fiat, INAF-Osservatorio di Torino, INFN-Pisa, INFN-Ferrara, CNR-IMAMOTER, CNR-ITC, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC-CNR), IMAA – CNR Istituto Superiore di Sanità, Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, ENEA - Centro Ricerche Ambiente Marino, ENEA – Unità Tecnica Efficienza Energetica, Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo, Società Meteorologica Italiana, Associazione CMM Club Italia

Organizzazioni internazionali

BIPM e comitati Consultivi del CIPM (CCL, CCAUV, CCM, CCQM, CCT del CIPM) e relativi Working Group

Organizzazioni metrologiche regionali: EURAMET, APMP, AFRIMET, SIM, COOMET
Enti di accreditamento europei: ACCREDIA, COFRAC, UKAS, ENAC, TURKAK, ISRAC, EIAC
Eurachem, CITAC, IMEKO, IUPAC, Measurements International

d. Eventuali collaborazioni con le Università

Università di Torino (Dipartimento di Chimica, Dipartimento di Scienze Chirurgiche, Dipartimento di Matematica), Politecnico di Torino (DIGEP, DENER, DIMEAS, DISAT, DaD, DAUIN), Università di Bologna, Università di Cassino, Università degli Studi della Campania, Università del Sannio, Università di Firenze, Università de L'Aquila, Università di Ferrara, Università di Pisa, Università di Trento (Dipartimento di Fisica), Università di Messina, Università di Pavia, Università di Genova, University of Warsaw, Universidad de Valladolid, The Catholic University of America (USA), Ruhr-Universität Bochum (Germania), Universitat Rovira i Virgili, Universidad Politecnica de Catalunya, Université de Bordeaux (Institut de Mathématiques, France).

e. Infrastrutture di ricerca

Sono disponibili le seguenti strutture:

Laboratorio masse
Laboratorio densità
Laboratorio portate di liquidi
Laboratorio di simulazione termo fluidodinamica (Mockup)
Laboratorio alte pressioni gas
Laboratorio alte pressioni liquido
Laboratorio medio vuoto
Laboratorio portate e volumi di gas
Laboratori forze
Laboratorio durezza
Laboratorio gravità
Laboratorio vibrazioni
Laboratorio per l'interferometria X/ottica
Laboratorio per la stabilizzazione di laser e campioni ottici di frequenza
Laboratorio per la nano-metrologia e la metrologia delle superfici
Laboratori per la metrologia dei campioni a facce e lineari corti e dei campioni diametrali
Laboratorio per la metrologia dei campioni a facce lunghi
Laboratorio per la metrologia a coordinate
Laboratorio per la metrologia degli angoli e della rotondità
Laboratorio per l'interferometria a lunghe distanze (interferometro 28 m)
Laboratorio prototipazione stampanti 3D
Struttura ad alto vuoto grande volume a sospensione pneumatica
Tavolo ottico in camera bianca classe ISO 6
Laboratori di elettronica
Laboratorio campione nazionale di tensione e attività di ricerca collegate
Laboratorio campione nazionale di resistenza e attività di ricerca collegate
Laboratorio per la metrologia delle alte resistenze
Laboratorio sviluppo e prototipazione strumenti per la metrologia
Laboratorio per la metrologia dei rapporti di tensione
Laboratorio per la taratura degli strumenti elettrici programmabili e multifunzione
Laboratorio per la taratura dei misuratori di grandezze alternate
Laboratorio Termometria Primaria a temperature intermedie per realizzazione ITS-90 con SPRT a stelo
Laboratorio Termometria in Criogenia per realizzazione ITS-90 con SPRT a capsula
Laboratorio Termometria Primaria Acustica e a Indice di Rifrazione
Laboratorio Campioni Primari per termometria a radiazione per realizzazione ITS-90 ad alta temperatura
Laboratorio Tecniche per Termometria IR e caratterizzazioni spettrali di termometri a radiazione
Laboratorio Taratura termometri a radiazione e misuratori flusso termico radiativo
Laboratorio Termometria Industriale per contatto.
Laboratorio Termometria Superficiale e a fluorescenza.
Laboratorio Conducibilità Termica dei materiali.
Laboratorio Campioni Primari di Umidità nei gas.
Laboratorio Campioni secondari di umidità e temperatura dell'aria
Laboratorio di misura di umidità nei materiali
Laboratorio di misura di Proprietà Termofisiche di fluidi ad alta pressione
Laboratorio di misura della Densità di fluidi in fase liquida
Laboratorio metrologia Termodinamica Applicata
Tunnel a vento a controllo di temperatura, umidità e pressione – "EDDIE"
Camere portatili per tarature di termometri e barometri on site

Camere portatili per la valutazione dell'Appearance
 Laboratorio mobile per taratura sensori termici permafrost
 Camere climatiche, bagni termostatati
 Laboratorio Miscele gravimetriche e analisi organica
 Laboratorio primario di igrometria e temperatura dell'aria

f. Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

| Tipo di personale | | Anno I | Anno II | Anno III | Anno "n" |
|-------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|----------|
| a. | Personale di ruolo | 58.6 | 67.5 | 71.7 | |
| | Tecnici | 25.8 | 29.7 | 32.9 | |
| | Tecnologi/ricercatori | 32.8 | 37.8 | 38.8 | |
| b. | Personale non di ruolo | 0.5 | 3 | 2.5 | |
| | Amministrativi | | | | |
| | Tecnici | | 2 | 2 | |
| | Tecnologi/ricercatori | 0.5 | 1 | 0.5 | |
| c. | Altro Personale | 15.9 | 18.6 | 19.6 | |
| | Altri Incarichi di Ricerca | 1.0 (associato) | 1.0 (associato) | 1.0 (associato) | |
| | Assegnisti | 10.6 | 12.6 | 12.6 | |
| | Borsisti | | 1.0 | 1.0 | |
| | Co.Co.Co | | | | |
| | Comandi in Entrata | | | | |
| | Dottorandi | 4.3 | 4.0 | 5.0 | |
| d. | Personale precedentemente citato proveniente dalle Università | | | | |

g. Fonti di finanziamento

- Conto Terzi (tarature, ILC) (1200 k€ di fatturato annuo).
- Attività per ACCREDIA (105 k€)

NOTA: Queste entrate non sono al momento redistribuite. Poiché le attività di Conto Terzi (tarature, prove, ILC, ecc..) necessitano di laboratori attrezzati e funzionanti, senza un adeguato finanziamento per le spese di funzionamento, investimento e di personale, queste attività sono destinate inevitabilmente a ridursi e, ancora più grave, verrebbero messe a rischio le attività istituzionali di mantenimento e miglioramento dei campioni delle unità afferenti alla Divisione.

Sono attivi (o in fase di definizione) i seguenti progetti e contratti:

Progetti EMPIR

- EMPIR 18SIB04 Quantum Pascal (270 k€)
- EMPIR 18SIB08 ComTraForce (210 k€)
- EMPIR 18SIB01 GeoMetre (123 k€)
- EMPIR 18RPT01 ProbeTrace (15 k)
- EMPIR 18SIB02 - Real-K (300 k€)
- EMPIR 18NRM03 "INCIPIT" (70 k€)
- EMPIR 17IND12 Metrology for the Factory of the Future – Met4FoF (135 k€)
- EMPIR 17IND03 LaVA, Large Volume Metrology Applications (164 k€)
- EMPIR 17NRM03 EUCoM, Standards for the evaluation of the uncertainty of coordinate measurements in industry (80 k€)
- EMPIR 17IND04 - EMPRESS2 (75 k€)

- EMPIR 17NRM05 EMUE (50 k€)
- EMPIR 16ENG03 - LNG3 (130 k€)
- EMPIR 16ENG04 MyRails. (in collaborazione con la Divisione ML)
- EMPIR 16ENV06 "SIRS" (100 k€)
- EMPIR 16NRM02 SURFACE (70 k€)
- EMPIR 15SIB02 - Ink2 (5 k€);
- EMPIR 15RPT03 - HUMEA (10 k€)
- EMPIR 14IND09 (70 k€)

Contratti industriali

- Contratto con ditta CSEM (35 k€)
- Contratto industriale LTF (20 k€)
- Thales – LAME (20 k€)
- Thales – NGGM-PoC (50 k€)
- Contratto industriale IAM 2 . (216 k€)
- Contratto Industriale ECOWELD+. (20 k€)
- Contratto industriale MI. (royalties)

Contratti ESA

- LISA fase A (20 k€)
- CCN-COATS (20 k€)
- LIG-A (in collaborazione con la Divisione ML)

Altri contratti

- Contratto cessione know-how EASYDUR (circa 5 k€ annui)
- Contratto cessione know-how LTF (circa 5 k€ annui)
- ITA_LISA_C_201912-Programma LISA (23 k€)
- Contratto ASPI (8,5 k€)
- Contratto ANAS mezzo mobile (10 k€)

Altri progetti:

- Progetto "ZeroNoise" MESAP - Smart products and Manufacturing (130 k€)
- Progetto PRIN 2017 (Prot. 2017T8SBH9) (99 k€ di cui 24 k€ cofinanziamento)
- Gavioso_2019 (fondi contabili residui ante 2018, 17 k€)
- Albo_2019 (fondi contabili residui ante 2018, 50 k€)
- Iacomini_2019 (fondi contabili residui ante 2018, 19 k€)
- Pennechi_2019 (fondi contabili residui ante 2018, 14.5 k€)
- Spazzini_2019 (fondi contabili residui ante 2018, 5 k€)
- Picotto_2019 (fondi contabili residui ante 2018, 7 k€)
- IUPAC/CITAC Project n. 2018-004-1-500 (1 k€)
- IUPAC/CITAC Project n. 2019-012-1-500 (1 k€)
- Progetto H2020 "MIDAS" (100 k€)
- Progetto H2020 "C3S Lot 3 (5 k€ fondi missione)
- POR/FESR 2014-20 Reg. Piemonte – Industria 4.0 – HOME (5 k€)EMPIR 18SIB04 (270 k€)
- Cont_COXI 2019 (185 k€)

h. Costo complessivo del progetto

Finanziamenti a carico FOE

| Voce di spesa | | Annualità I 2019 | Annualità II 2020 | Annualità III 2021 | Annualità IV 2022 |
|---------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Personale di ruolo ⁽¹⁾ | 3250 | 3700 | 3950 | |
| | Personale non di ruolo | | | | |
| | Altro personale | | 200 | 200 | |
| | Investimento | 305 | 425 | 365 | 350 |
| | Funzionamento | 385 | 745 | 520 | 500 |

⁽¹⁾ costi da definirsi da ufficio stipendi secondo tabella afferente alla divisione e in base a immissioni di personale di ruolo

Eventuali ulteriori finanziamenti (finanziamenti da progetti già approvati):

| Voce di spesa | | Annualità I 2019 | Annualità II 2020 | Annualità III 2021 | Annualità IV 2022 |
|---------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Personale di ruolo | 11.6 | 11.6 | 11.6 | |
| | Personale non di ruolo ⁽²⁾ | 155 | 260 | 80 | |
| | Altro personale ⁽³⁾ | 225 | 260 | 215 | 82 |
| | Investimento | 150 | 275 | 70 | 15 |
| | Funzionamento | 165 | 200 | 95 | 33 |

⁽²⁾ Intesi come costi di personale a tempo determinate a carico di finanziamenti esterni

⁽³⁾ Intesi come costi di assegni, borse, ecc... a carico di finanziamenti esterni

| | | | | |
|--|--|------------------|--|--------------------------|
| 5.3 Attività di Ricerca: Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN) | | | | |
| Area di specializzazione: | | | | |
| Indicare se | | | | |
| | | Divisione | | |
| Area di Intervento | x | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili x | | | |
| Descrizione Divisione | Metrologia quantistica e nanotecnologie | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Data Inizio: | 01-01-2019 | Data Fine: | 31-12-2021 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

| | |
|---|-----------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>La Divisione "Metrologia quantistica e nanotecnologie (QN)" svolge la propria attività nell'ambito della fisica quantistica e delle nanotecnologie applicate alla scienza delle misure, allo sviluppo dei campioni primari delle unità del sistema internazionale e alle applicazioni quantistiche nello sviluppo di capacità di misura avanzate per la società e l'industria.</p> <p>Nel quadro del Sistema Internazionale delle unità di misura, e secondo l'attribuzione a INRIM delle funzioni di Istituto Metrologico Primario (L. 273/1991), QN realizza e dissemina le unità del tempo e della frequenza, delle grandezze fotometriche e radiometriche e delle grandezze elettriche.</p> <p>In QN, la mutua applicazione tra metrologia e temi quali la fisica atomica e molecolare, la fotonica, l'elettronica quantistica, i dispositivi quantistici e le misure quantistiche si articolano in vari settori di ricerca, organizzati in 5 settori scientifici omogenei: Chimica Fisica e Nanotecnologie (CFN); Elettronica Quantistica (QE); Fotometria e Radiometria (FR); Ottica Quantistica (QO); Tempo e Frequenza (TF).</p> <p>Il settore CFN studia le proprietà di materiali nanostrutturati e i metodi di misura e certificazione in ambiente biotecnologico e in particolare per la metrologia alimentare.</p> <p>Il settore QE realizza le unità di misura della resistenza e della tensione elettrica tramite gli effetti quantistici di Hall e di Josephson, le unità della potenza e della capacità elettrica e presidia le misure di conversione da correnti e tensioni continue ad alternate. Esplora le applicazioni del grafene e di singoli fotoni a microonda come frontiera della metrologia elettrica.</p> <p>Il settore di Fotometria e Radiometria realizza il campione primario d'intensità luminosa e cura le grandezze collegate. Svolge ricerche innovative per migliorare il campione applicando le tecnologie quantistiche della rivelazione a singolo fotone.</p> <p>Il settore di Ottica Quantistica svolge ricerche su misura imaging quantistici, sorgenti a singolo fotone e applicazione delle proprietà di singolo fotone alla crittografia quantistica, con un approccio metrologico attento alla standardizzazione dei dispositivi crittografici.</p> <p>Il settore di tempo e frequenza realizza il campione primario di frequenza con orologi atomici ad atomi freddi, sia nelle frequenze a microonda che in quelle ottiche, e genera la scala di tempo atomica UTC(IT). Distribuisce i segnali degli orologi con tecniche satellitari, e svolge un ruolo di rilievo nello sviluppo del Sistema di Navigazione Satellitare europeo Galileo.</p> <p>Ha realizzato e mantiene una dorsale in fibra ottica per la disseminazione avanzata dei segnali degli orologi atomici e lo sviluppo delle tecnologie quantistiche in campo reale.</p> <p>La divisione coordina e infrastrutture di ricerca dei progetti Impresa (tecnologie per la metrologia e la sicurezza alimentare) e Piquet (tecnologie quantistiche e nanofabbricazione), progetti dell'INRIM parte delle linee strategiche della Regione Piemonte per l'infrastrutturazione di ricerca e il trasferimento tecnologico al tessuto produttivo, finanziati attraverso fondi europei nel FESR 2014-2020 .</p> <p>La Divisione sviluppa i propri piani di attività in linea con i programmi di ricerca metrologici europei (EMPIR) e con il Piano Nazionale della Ricerca nei temi di pertinenza. Partecipa inoltre attivamente alle seguenti reti metrologiche europee (European Metrology Network - EMN), anche in collaborazione con le altre Divisioni: coordina a livello europeo l'EMN on Quantum Technologies e propone come coordinatrice l'EMN on Food Metrology, oltre a partecipare alla proposta dell'EMN on Positioning, Navigation, Timing and Geodesy.</p> | |

b. Contenuto Tecnico Scientifico

Ricerca e Sviluppo

Chimica Fisica e Nanotecnologia

Per la chimica fisica e le nanotecnologie, nel triennio il focus è sulla la metrologia alimentare, con l'obiettivo dello sviluppo di metodi metrologici per determinare a) la provenienza d'origine dei prodotti alimentari, b) le concentrazioni in tracce di sostanze contaminanti e c) individuare trattamenti effettuati sul prodotto alimentare, della complessa filiera alimentare. Nell'ambito dei **contaminanti e biosicurezza**, la divisione svilupperà nuove tecnologie per la determinazione e quantificazione di micotossine nelle matrici alimentari maggiormente soggette alla contaminazione, con metodi di misura alternativi, i.e. la voltammetria e la spettroscopia vibrazionale, da confrontare con la spettroscopia a fluorescenza. Metodi di misura rapidi e diretti con spettroscopia (IR) Raman e infrarossa per la determinazione dell'anidride solforosa presente nel vino. Metodi analitici innovativi per individuare tracce di pesticidi nelle matrici alimentari integre. Tecniche spettroscopiche avanzate, i.e. la *Surface Enhanced Raman Scattering* (SERS), che garantisca specificità chimica ed elevata sensibilità della misura. Con le tecniche enunciate è possibile l'analisi *non-contact* e non distruttiva del campione alimentare.

Sviluppo di metodi semplici, rapidi e affidabili, come le tecniche spettroscopiche (Raman, Fourier-Transform Infrared (FT-IR) e fluorescenza), per monitorare i processi di degradazione degli oli di oliva extra vergine secondo le indicazioni degli sviluppi più recenti della legislazione europea

Per l'area rilevante degli **imballaggi per alimenti**, si svilupperanno sistemi di misura per la caratterizzazione della superficie dei materiali per l'imballaggio alimentare; sviluppo di metodi e tecniche di analisi per la quantificazione della migrazione di agenti attivi (nanoparticelle o molecole naturali) dal materiale per l'imballaggio (imballaggio attivo) al cibo.

Nelle **Nanotecnologie per la metrologia alimentare**, si studierà l'uso di materiali nanostrutturati per lo sviluppo di tecniche analitiche ad alta sensibilità e specificità verso gli analiti. In particolare, impiego di materiali nanostrutturati metallici nella spettroscopia Raman per sfruttare effetti di amplificazione del segnale, al fine di incrementare la sensibilità analitica. Sviluppo di tecnologie nanofotoniche e spettroscopia Raman amplificata da effetti plasmonici mediante l'uso di nanoparticelle metalliche e/o di substrati solidi nanostrutturati in ambito SERS. Integrazione della microscopia a scansione di sonda con la spettroscopia Raman (Tip-Enhanced Raman Spectroscopy - TERS), con risoluzione nanometrica di immagini chimiche di substrati nanostrutturati e di molecole. Applicazioni del TERS per la caratterizzazione a livello nanometrico di superfici e multistrati destinati agli imballaggi alimentari, funzionalizzati con nanoparticelle o self assembled monolayer di molecole naturali o materiali biocompatibili, per lo sviluppo di imballaggi alimentari attivi e/o intelligenti

Elettronica Quantistica

Per l'elettronica quantistica, nel triennio l'attività di ricerca si concentra su a) sistemi e dispositivi a grafene per l'elettronica, b) sulla metodi innovativi per le grandezze della capacità, la potenza e la corrente e c) sulle tecnologie quantistiche a singolo fotone a micro-onda

Nella **caratterizzazione di dispositivi e sistemi**, continuerà l'attività di del Progetto 16NRM01 GRACE di caratterizzazione elettrica di dispositivi in grafene, oltre alla collaborazione con l'ente metrologico statunitense collaborazione con NIST per modellizzare, fabbricare e caratterizzare dispositivi e circuiti integrati per effetto Hall quantistico in grafene, da impiegare in sistemi di misura innovativi. Infine, si procederà con gli studi sulla caratterizzazione di materiali micro e nanostrutturati e di dispositivi elettronici quantistici in temperatura e campo magnetico.

Nel quadro delle ricerche su **capacità, la potenza e corrente**: saranno sviluppati nell'ambito del progetto 18SIB07 GIQS dispositivi per effetto Hall quantistico, in GaAs e grafene, per la realizzazione pratica del farad nel nuovo SI, con l'impiego ponti di impedenza digitali; sarà studiata e realizzata l'elettronica singolare per la realizzazione pratica dell'ampere, con dispositivi mesoscopici e setup di misura criogenico per la manipolazione e la rilevazione di cariche elettriche elementari per la metrologia delle basse correnti; partendo dai risultati del progetto 15RPT04 TracePQM, si svilupperanno metodi a campionamento simultaneo di profili d'onda arbitrari, riferiti ai campioni elettrici quantistici, per la misura della potenza elettrica, di parametri della qualità della potenza e lo sfasamento tra fasori isofrequenziali, con incertezza obiettivo di $<20 \mu\text{W/VA}$ il cui contributo dei digitalizzatori sia $<2 \mu\text{W/VA}$.

La **manipolazione di singoli fotoni nel regime delle microonde** vedrà nell'ambito del progetto 17FUN10 Parawave la modellizzazione e realizzazione di dispositivi per la manipolazione di singoli fotoni a microonda e sarà realizzata una piattaforma criogenica per la caratterizzazione a microonda di amplificatori a banda larga (cosiddetti a travelling-wave o TWJPA) e a banda stretta (risonatori) basati sull'effetto Josephson. Nel progetto INFN SIMP sarà studiata, in collaborazione con INFN TIPFA/FBK Trento, la possibilità di realizzare un setup per la caratterizzazione di rivelatori di singolo fotone alle microonde presso TIFPA/FBK Trento.

Fotometria e Radiometria

Lo sviluppo di questo settore nel triennio è focalizzato sullo sviluppo di fotorivelatori a singolo fotone per la transizione dalle tecniche classiche a quelle quantistiche nella fotometria e radiometria. In particolare, i temi più rilevanti saranno la **Modellizzazione di fotorivelatori predicibili (PQED)** e la loro validazione come campione primario; funzionamento duale fotoelettrico-radiometrico del PQED (progetto EMRP ChipScale); si continuerà la ricerca sui **Fotorivelatori criogenici a singolo fotone** con la realizzazione di dispositivi superconduttivi TES a bassa capacità termica con risoluzione energetica inferiore a 0.1 eV nell'IR e microonde di interesse per l'astronomia e più in generale per la fisica fondamentale; sviluppo di array di rivelatori superconduttivi MKID. Sarà rilevante lo sviluppo della **riferibilità di misure a singolo fotone** con lo sviluppo di strumenti e metodologie per la caratterizzazione di sorgenti e rivelatori a singolo fotone operanti nella prima e terza finestra (850 nm e 1550 nm) di interesse per le telecomunicazione e la QKD, oltre allo sviluppo di sorgenti singolo fotone quale campione per la radiometria (EMRP Sigust)

Infine, nell'area della **fotometria classica e quantistica** si svilupperanno di tecniche innovative per la misura della risposta spettrale dell'occhio per applicazioni fotometriche, in particolare con tecniche di ghost imaging e imaging plenottico per l'analisi della risposta spaziale della retina e lo sviluppo di sorgenti a singolo fotone e coppie di fotoni correlati per la determinazione della soglia di rivelazione dell'occhio con sorgenti quantistiche

Ottica Quantistica

L'ambito di sviluppo si articolerà su: a) **generazione, applicazione e misura di luce sub-Poissoniana** – Saranno sviluppate e ottimizzate sorgenti di singolo fotone, sia tramite heralding da sorgenti "parametric down conversion" sia tramite emissione da centri di colore in diamante. Le applicazioni riguarderanno protocolli e misure di conteggio di singolo fotone per la metrologia e l'informazione quantistica e l'imaging in fluorescenza a singolo fotone, in particolare in ambito biofisico. Saranno migliorate sorgenti di twin beams per applicazioni al ghost imaging e di nuovi protocolli di imaging quantistico. Verrà realizzata una sorgente di coppie fotoni entangled basata sull'interferometro di tipo Sagnac. Verranno realizzati e studiati interferometri ottici con l'obiettivo di superare i limiti di sensibilità imposti dallo shot noise sia mediante tecniche di correlazione tra interferometri, sia operando con twin beams e/o stati squeezed;

b) **nuovi paradigmi della misura quantistica** – studio di misure quantomeccaniche "deboli", al fine di giungere a misure amplificate di osservabili, per la realizzazione di protocolli innovativi nel campo delle tecnologie quantistiche (con particolare attenzione al quantum sensing) e la quantificazione delle risorse necessarie. Si studierà inoltre l'applicazione dell'effetto Zenone quantistico al fine di ridurre il rumore. Si studieranno infine i fondamenti della misura in meccanica quantistica e nuove idee nell'ambito della misura in meccanica quantistica, quali la teoria degli agents. Scopo ultimo di queste ricerche è lo sviluppo, all'interno della cosiddetta "second quantum revolution", di una metrologia "quantistica" (cioè basata sulle correlazioni specifiche degli stati quantistici).

c) **metrologia per le tecnologie quantistiche** – Saranno sviluppati metodi di caratterizzazione di risorse e dispositivi utilizzati in tecnologie quantistiche quali l'informazione quantistica; in particolare, la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche. Saranno studiati metodi quali la tomografia quantistica (di stati, canali e misuratori a valori operatoriali positivi) anche in relazioni a nuovi sviluppi quali la matrice pseudodensità, la quantificazione dell'entanglement (e misure di correlazioni quantistiche).

Tempo e Frequenza

Lo sviluppo del triennio è articolato, con temi principali quali:

a) **Campioni ottici di frequenza, lungo tre sviluppi complementari. il Campione ottico Yb** con raggiungimento accuratezza in parti per $1E-18$. Il campione a Itterbio è operativo e oggi capace di un'accuratezza di $3e-17$. Lo sviluppo ulteriore si concentrerà sulla riduzione dell'incertezza da corpo nero e da effetti da reticolo ottico. i **nuovi campioni ottici quantum enhanced**, basati su atomi di Sr. La tecnica dello spin squeezing con tecniche cosiddette di cavity-QED mira a migliorare la stabilità del campione sotto il limite classico di misura, con il fine di guadagnare un fattore dieci per raggiungere l'accuratezza di parti in $1e-18$ in meno di 1000 secondi. Un **campione ottico in regione UV**, basato su atomi di Cd. La regione dell'ultravioletto, pur essendo molto importante per l'analisi chimica, anche nei settori della metrologia alimentare già presente in divisione, di fatto non vede l'uso diffuso campioni primari e tecniche di misura avanzate, che ne migliorerebbero le prestazioni. Il campione al Cadmio vuole colmare questo gap metrologico, e al tempo stesso sfruttare le proprietà del cadmio per assicurare orologi più accurati attraverso la riduzione degli effetti di corpo nero (il Cd ha una sensibilità di dieci volte inferiore rispetto a Yb e Sr).

b) **Nuovi oscillatori ultrastabili ottici e a microonda**. La possibilità di avere sorgenti a basso rumore di fase è indispensabile in applicazioni scientifiche T/F. La catena nella regione del visibile deve consolidare la capacità di produrre incertezze inferiori a $1e-17$ su tutta la scala temporale delle misure. L'uso di cavità ultrastabili e pettini ottici di frequenza permette di generare microonda a basso rumore e di trasferire alta stabilità in varie regioni dello spettro visibile.

c) **Applicazioni scientifiche basate sul sistema Galileo**. Oltre che per la navigazione e la distribuzione di segnali di tempo, l'insieme degli orologi di Galileo e degli orologi a terra permette l'indagine nella fisica fondamentale, in particolare quella sulla materia oscura e sugli effetti gravitazionali. Studi condotti usando anche il link ottico di frequenza sono possibili e in fase di progettazione in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Italiana

d) **Sistemi quantistici molecolari e ibridi**. Da un lato, si proseguiranno gli studi di sistemi molecolari rallentati e/o

raffreddati con tecniche laser. Dall'altro di studieranno sistemi ibridi con l'accoppiamento di ioni di Bario e atomi di Litio ultrafreddi. Realizzazione di cristalli di Bario in trappole elettro-ottiche, e di gas degeneri di Litio fermionico. Misura della transizione di orologio dello ione di Bario a 1762nm.

e) Tecniche T/F in fibra ottica in applicazioni di radioastronomia, geodesia spaziale e geofisiche, monitoraggio sismico ed ambientale. Il collegamento di due radiotelescopi (a Bologna e a Matera) permetterà l'uso di un orologio comune per le due radioantenne, con uno studio sul miglioramento dell'indagine astronomica e geodetica, oltre che per il monitor dei ritardi introdotti dalla troposfera. La possibilità di usare le tecniche T/F su fibra nell'ambito sismologico verrà approfondito, in collaborazione con partner internazionali, per valutare lo sviluppo di network sottomarini di monitor sismico.

Ruolo NMI

Chimica Fisica e Nanotecnologia

Attività nei principali gruppi di lavoro del Comitato Consultivo per la Quantità di Sostanza (CCQM), quali quelli relativi all'analisi organica, alle proteine, all'inorganica, agli acidi nucleici e all'analisi di superficie. Partecipazione a confronti internazionali organizzati da CCQM ed EURAMET per mantenere attive le CMC.

Partecipazione ai confronti prenormativi interlaboratorio, tra cui quelli denominati VAMAS TWA 42 (Measurement of lateral and axial resolution of Raman microscope); VAMAS TWA 42 (Raman shift calibration)

Coordinamento del confronto: VAMAS TWA 42 (Raman spectroscopy for TiO₂ nanoparticles mixtures)

La Divisione svilupperà:

a) **un sistema di misura primario per la conducibilità elettrolitica** per il controllo dell'acqua e delle bevande. L'acqua è il componente principale di molte derrate alimentari, inoltre è utilizzata per il lavaggio e sanificazione di contenitori e strumenti per la conservazione del cibo. Nel controllo di qualità dell'acqua, la conducibilità elettrolitica è un metodo di misura comunemente impiegato per determinarne la purezza ionica complessiva. I valori di conducibilità sono affidabili solo se sono riferibili al Sistema Internazionale delle unità (SI).

b) **un sistema di misura primario basato sull'attivazione neutronica** per l'individuazione di elementi in tracce negli alimenti. L'analisi per attivazione neutronica - NAA è usata per la determinazione di elementi, anche in traccia, in diverse matrici alimentari. Si basa sull'irradiazione con neutroni di nuclei di atomi stabili, che diventano radioattivi, emettendo raggi gamma. L'analisi dell'emissione gamma permette un'analisi qualitativa e quantitativa degli elementi investigati. La tecnica di misura dell'attivazione neutronica è un sistema di misura primario a livello internazionale, previa la partecipazione a confronti internazionali e una valutazione metrologica dell'incertezza di misura.

c) **la riferibilità delle misure di spettroscopia Raman alle unità S.I.** La spettroscopia Raman usa la luce diffusa per identificare e mappare la distribuzione di sostanze chimiche e strutture a livello micro o nanometrico. Utilizzata nei settori farmaceutico, sanitario, biotecnologico, delle nanotecnologie e delle scienze forensi, è un metodo rapido e non distruttivo. E' in corso un'attività normativa, 1) per migliorare l'affidabilità delle misurazioni, stabilendo la riferibilità alla mole e al metro SI e sviluppando campioni di riferimento e 2) per garantire standard di misurazione nella risoluzione spaziale, della profondità e la confocalità, su richiesta specifica dei produttori di dispositivi.

Elettronica Quantistica

Alla Divisione afferiscono i campioni quantistici delle unità SI delle unità elettriche, e i campioni nazionali di resistenza elettrica, capacità, induttanza, potenza ed energia. Lo sviluppo si concentrerà principalmente sui campioni di tensione, impedenza, potenza elettrica e *power quality*, grandezze elettriche di piccolo valore. Il settore rappresenta l'INRIM in ambito EURAMET TC-EM e CCEM. La struttura di riferibilità è mantenuta in qualità con la revisione delle procedure di taratura e la partecipazione e il piloting di confronti internazionali.

Sono in corso di preparazione per il triennio i confronti internazionali EURAMET.EM-K5, EURAMET.EM-K13 ed EURAMET.EM-K12. Per questi ultimi due è in corso di realizzazione di scala di resistenza con comparatore criogenico.

Gli ambiti di attività specifica sono:

a) **Unità e scale di impedenza elettrica.** Sperimentazione di nuovi ponti di impedenza digitali per la taratura di campioni materiali di capacità e di induttanza a partire dal campione di resistenza elettrica in regime alternato, nell'ambito del progetto 17RPT04 VersICaL e in preparazione ai confronti EURAMET.EM-K3 (10 mH, 1 kHz) e EURAMET.EM-K4 (10-100 pF, 1592 Hz).

b) **Riferibilità delle grandezze elettriche all'estremo inferiore della scala.** a) Sperimentazione di metodi di taratura di amplificatori sincroni (lock-in) per tensioni inferiori a 100 μ V, nell'ambito del progetto EURAMET #1466 *Calibration of lock-in amplifiers*. b) La realizzazione (per carica di capacità) della scala delle piccole correnti continue (10 fA - 100 pA) verrà validata da un confronto con un amplificatore a transresistenza (Ultrastable low-noise current amplifier, ULCA). Estensione della dichiarazione CMC per la corrente continua nel range 10 fA - 5 μ A.

c) Metrologia per RF&MW. Realizzazione del campione di Parametri di Scattering. Partecipazione a ciclo chiave internazionale di confronto in ambito CCEM attualmente in fase di definizione. Verifica ed eventuale aggiornamento delle CMC INRIM.

d) Campione nazionale di potenza, tensione e corrente elettrica in regime alternato. Partecipazione al confronto EURAMET.EM-K5 *Key comparison of 50/60 Hz electric power*.

e) Realizzazione pratica dell'ohm tramite l'effetto Hall quantistico. Realizzazione del campione e della scala di resistenza elettrica in regime continuo con incertezza base di parti in $1e9$.

f) Metrologia delle forti correnti. Sviluppo di capacità di taratura di sensori per forti correnti, con dichiarazione di CMC.

g) Struttura di riferibilità delle unità elettromagnetiche. Realizzazione pratica, nel nuovo SI, dell'ampere, ohm, siemens, coulomb, farad, henry, watt, joule. Mantenimento dei campioni nazionali (DM 591/1994) di: intensità di corrente elettrica, potenza elettrica, energia elettrica, tensione elettrica in regime alternato sinusoidale, resistenza elettrica in regime alternato sinusoidale, capacità elettrica, induttanza elettrica. Realizzazione del campione quantistico di resistenza e del campione di rapporti di tensione alternata.

h) Internazionalizzazione in ambito CCEM e EURAMET TC-EM. EURAMET: Alternate to the General Assembly (2018-). EURAMET TC-EM: Chairmanship (-2019); Working Group on Strategic Planning (2019-2022). CCEM: Delegate (2017-), Working group on Regional Metrology Organizations (2019-2022). CPEM Executive Committee, member-at-large (2019-2022).

i) Realizzazione pratica del volt tramite effetto Josephson quantistico. Realizzazione del campione nel triennio

Fotometria e Radiometria

La realizzazione e disseminazione delle unità radiometriche e fotometriche per la caratterizzazione di rivelatori e materiali, con partecipazione ai confronti internazionali in ambito EURAMET e CCPR fanno parte dei compiti NMI della divisione.

Tra i confronti interlaboratorio previsti nel triennio, la taratura in intensità luminosa di lampade LED con PQED (EMPIR PhotoLED), oltre alla **Riferibilità di misure a singolo fotone** - Pilot study on the detection efficiency of single-photon detectors – Si-SPAD (850nm) Le CMC vengono supportate dai confronti internazionali in ambito EURAMET e CCPR; in particolare nel prossimo triennio sono previsti i confronti di misura per i radiometri UV-A, e per i filtri neutri. Per quanto riguarda il regime di conteggio è prevista la partecipazione a confronti di misura pilota (CCPR WG SP) dell'efficienza di fotorivelazione di rivelatori singolo fotone (SPAD) nel visibile (850 nm, free space) e nel vicino infrarosso (1550 nm, fibre coupled); con l'obiettivo di estendere le capacità di misura, verranno sviluppate appropriate catene di riferibilità e protocolli di misura, a partire dal radiometro criogenico (100 μ W) a scendere (-100 dB) al regime di singolo fotone. Nell'ambito del progetto EMPIR PhotoLED è in corso un confronto interlaboratorio per validare l'uso del PQED per la misura diretta dell'intensità luminosa di lampade campione a LED.

Ottica Quantistica

L'attività NMI in questo settore si focalizza sulla definizione di standards per le emergenti tecnologie quantistiche in collaborazione con ETSI, ed eventualmente CEN CENELEC e ISO. Già nel 2019 si avrà un significativo contributo alla pubblicazione di documenti di standardizzazione per la distribuzione quantistica di chiavi crittografiche nell'ambito del ETSI Industry Specification Group sulla QKD, in particolare verranno pubblicati i documenti: ETSI GS QKD 013 - Quantum Key Distribution (QKD) Characterisation of Optical Output of QKD transmitter modules [INRIM è il "Rapporteur", autore principale]

Proseguirà la collaborazione con lo European Telecommunication Standard Institute per la definizione di standard per la crittografia quantistica.

Si contribuirà all'attività di CEN CENELEC nell'ambito dell'identificazione di tecnologie quantistiche che necessitino di attività di standardizzazione.

Tempo e Frequenza

Le attività NMI della divisione saranno articolate in:

- a) Realizzazione di una scala di tempo media in tempo reale. Sviluppo di prototipo Hardware, e studio di algoritmi software.
- b) Test nuovi modem per TWSTFT
- c) Contributi al tempo atomico internazionale con il campione a Itterbio

d) Confronti tra campioni di frequenza ottici europei attraverso la fibra ottica e tecniche radioastronomiche

Lo **Sviluppo di algoritmi per sistemi di timing robusti e ottimizzati** si occuperà d'incrementare la stabilità e accuratezza della scala di tempo UTC(IT), già tra le migliori al mondo, rispetto a UTC con l'inclusione in medie di insieme degli orologi commerciali (maser all'idrogeno) e di laboratorio (primario a fontana di Cesio, orologio ottico all'itterbio) attraverso algoritmi di predizione e confronto tra gli orologi di tipo ottimale. Inoltre, lo sviluppo hardware di sistemi di switch permette la prevenzione di failure degli orologi in dotazione.

Il **Trasferimento di tempo più accurato** sarà al centro dello sviluppo triennale del ruolo NMI, con lo sviluppo di nuove tecnologie, in particolari digitali, sia per satellite che fibra ottica. Tra le tecniche digitali, nel triennio sviluppo dei modem SDR, sia in ricezione che trasmissione; realizzazione della distribuzione PTP ad alta accuratezza ("White Rabbit" su tutto il link ottico di frequenza, e suo miglioramento con la Coordinazione del progetto 17IND14 WRITE.)

L'affidabilità di campioni ottici e integrazione nella generazione della scala di tempo. costituirà un'importante sviluppo. Il campione a Itterbio sarà dotato di tecnologia per l'operatività estesa (> un mese) con servo-sistemi "unmanned" e di controllo remoto, in modo da poter gettare le basi per una scala di tempo completamente ottica.

Nel triennio sarà infine dato un **regolare contributo alla scala di tempo atomico internazionale** con le realizzazioni del secondo SI tramite fontana atomico e orologio ottico all'itterbio

Knowledge Transfer

Un livello diffuso di **Formazione in metrologia** è garantito alla Divisione attraverso Secondment di ricercatori internazionali, il Dottorato in Metrologia, Politecnico di Torino, partecipazione al Consiglio di Dottorato e erogazione di corsi di dottorato, il Tutoring di studenti.

Chimica Fisica e Nanotecnologia

Attraverso l'Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (IMPResA), si garantirà un sostegno alle aziende per le misure necessarie allo sviluppo di materiali innovativi per l'imballaggio alimentare, nel rispetto delle normative internazionali, rispondendo sia alle richieste di verifica da parte delle autorità di controllo sia alla tutela del consumatore.

Il nucleo della collaborazione di Impresa è costituito dall'associazione temporanea di scopo (ATS), con IZSTO, CREA, ISPA, IPSP.

INRIM come ente capofila del progetto IMPResA metterà a disposizione spazi e impianti per realizzare l'infrastruttura, dando il supporto metrologico. Coordinerà i partecipanti sia dal punto di vista scientifico/tecnologico che finanziario, garantendo la verifica dei risultati ottenuti. La prevenzione dei rischi connessi alla creazione e al mantenimento dell'infrastruttura sarà gestita da personale tecnico e ricercatore.

Elettronica Quantistica

Diversificato è il supporto a normazione e regolamentazione: progetto EMPIR 16NRM01 GRACE. Capacity Building: progetti 17RPT04 VersiCaL (impedenza) e 15RPT04 TracePQM (potenza, power quality). Certificazione tecnica, attività per accreditamento LAT. Formazione universitaria. Diffusione della revisione dell'SI nel paese.

L'articolazione delle attività di KT si basa su a) **Supporto a normazione e regolamentazione.** Progetto 16NRM01 GRACE (-2020): submission di Draft Technical Specifications per la caratterizzazione elettrica del grafene al Technical Committee IEC TC/113.

b) **Capacity Building.** a) Progetto 17RPT04 VersiCaL (2018-2021): virtual lab per la metrologia dell'impedenza e training di NMI europei. b) Progetto 15RPT04 TracePQM: training NMI sui software aperti per la digitalizzazione simultanea e la ricostruzione di profili d'onda arbitrari di tensione e corrente finalizzati alla riferibilità delle grandezze elettriche in alternata e la caratterizzazione di dispositivi e sorgenti AC.

c) **Training.** Progetto 15RPT04 TracePQM (2017-2019): Training di Istituti Primari Metrologici sull'utilizzo di applicativi software aperti, sviluppati per la digitalizzazione simultanea e la ricostruzione di profili d'onda arbitrari di tensione e corrente, per studi di riferibilità delle grandezze elettriche in alternata e la caratterizzazione di dispositivi e sorgenti AC.

d) **Certificazione tecnica e accreditamento.** Emissione di ca. 120 certificati/anno verso centri di taratura, 50 certificati/anno verso l'INRIM, certificati per audit interni ed esterni. Attività per ILC nell'ambito impedenza e potenza ed energia elettrica. Expertise tecnica per ACCREDIA: ispettori tecnici ed esperti per le grandezze elettriche (impedenza, potenza), membership Comitato Settoriale *Accreditamento laboratori di taratura*.

Tempo e Frequenza

Nel triennio l'articolazione delle attività KT della divisione in questo settore è la seguente:

- a) Completamento attività KT verso Leonardo per la realizzazione di orologio POP qualificato spazio, quale candidato orologio Galileo seconda generazione
- b) Supporto al sistema Galileo ed EGNOS per validazione aspetti di timing.
- c) Contributo definizione algoritmi per seconda generazione Galileo e TSP.
- d) Consulenza a METAS per la realizzazione di link coerente in Svizzera
- e) Realizzazione dell'Infrastruttura di ricerca PiqueT
- f) Riferibilità a UTC(IT) del segmento terra per il timing di Galileo al Fucino

In particolare, si attendono risultati significativi attraverso le seguente attività:

- 1) **Ingegnerizzazione dell'orologio compatto POP**, in collaborazione con Leonardo, con relativa qualificazione spazio, finalizzata sia alle applicazioni industriali che soprattutto quale candidato orologio Galileo seconda generazione.
- 2) **Validazione dei sistemi di timing** nei sistemi Galileo ed EGNOS con supporto ad aziende come Telespazio e Thales Alenia Space. Definizione algoritmi per seconda generazione per Galileo e il Timing Service Provider
- 3) **Consulenza a METAS** per la realizzazione di link coerente in Svizzera di 300 km.
- 4) **Infrastruttura di ricerca PiqueT**. Il laboratorio "Piemonte Quantum Enhanced Technology sarà un'infrastruttura di ricerca con grande attenzione per il KT verso l'industria. Coordinato da INRIM, in collaborazione con Politecnico e Università di Torino, crea un laboratorio in camera pulita allo stato dell'arte di circa 500 m² in cui sono conferiti strumenti per la micro/nanofabbricazione e la comunicazione e sensoristica quantistica. Nel triennio il laboratorio sarà messo a regime, e cominceranno le linee di ricerca innovative per la realizzazione di dispositivi quantum (di ottica quantistica, orologi on chip, QKD in fibra, MEMS, materiali innovativi)
- 5) **Riferibilità a UTC(IT)** per l'industria. Sarà esteso l'erogazione del servizio di time stamping su fibra usato da Intesa San Paolo; completato e reso permanente il link ottico di T/F per Leonardo, messo in operazione il link ottico di tempo ultra-accurato (sub-ns) per Telespazio e ASI e il centro di timing di Galileo al Fucino.

c. Eventuali collaborazioni nazionali/internazionali

Collaborazioni con Istituti Metrologici Nazionali:

NPL (Regno Unito), PTB (Germania) CMI (Repubblica Ceca), VTT-MIKES (Finlandia), ROA (Spagna); VSL (Olanda), PTB (Germania), NIST (Stati Uniti), LNE-SYRTE (Francia), DFM (Danimarca), TUBITAK (Turchia), NICT (Giappone), IMBiH (Bosnia and Herzegovina), IPQ (Portogallo), SMD (Belgio), NRCAN (Canada)

Collaborazione con gli enti di ricerca internazionali:

C.N.R.S (Francia), Max Planck Institute (Germania), BAM (Germania),

Istituti di ricerca Italiani:

C.N.R., I.N.F.N., Centro "E. Fermi", I.N.G.V., I.N.A.F., A.S.I.

Istituto Zooprofilattico (IZS), Ricerca Corrente "insetti"

Centro di Ricerca per l'agricoltura e l'enologia CREA-VE

Istituto Mario Negri

d. Eventuali collaborazioni con le Università

Politecnico di Torino e di Milano;

Università di Torino, Piemonte Orientale, Milano, Pavia, Como, Padova, Firenze, Bologna, Camerino, Roma La Sapienza.

e. Infrastrutture di ricerca

Laboratorio per l'Attivazione Neutronica presso l'Università di Pavia Dipartimento di Chimica

Laboratorio Impresa (metrologia alimentare)

Laboratorio microbiologia

Laboratorio Campione Nazionale di Resistenza a effetto Hall

Laboratorio Tensioni realizzate per effetto Josephson

Laboratorio Resistenze

Laboratorio Capacità e Induttanza

Laboratorio AC/DC

Laboratorio di Fotometria

Laboratorio TES

Laboratorio di Radiometria

Laboratorio di Quantum Imaging

Laboratorio QKD e sorgenti a singolo fotone
 Laboratorio Quantum Sensing
 Laboratorio misure quantistiche innovative
 Laboratorio di Spettroscopia molecolare

Laboratorio di elettronica
 Laboratorio della Scala di Tempo
 Laboratorio Galileo
 Laboratori campioni atomici a microonda
 Link ottico nazionale in fibra ottica (Dorsale Quantistica)
 Laboratorio di Orologi Ottici
 Laboratorio Trappole a ioni
 Laboratorio Piquet (metrologia quantistica e nanofabbricazione)

f. Personale Impiegato (indicare il rapporto giornate/uomo)

| Tipo di personale | | Anno I | Anno II | Anno III | Anno "n" |
|-------------------|---|--------|---------|----------|----------|
| a. | Personale di ruolo | 48.5 | 54 | 54 | |
| | Tecnici | 13.5 | 16 | 16 | |
| | Tecnologi/ricercatori | 35 | 38 | 38 | |
| b. | Personale non di ruolo | 1 | 1 | 1 | |
| | Amministrativi | | | | |
| | Tecnici | | | | |
| | Tecnologi/ricercatori | 2 | 4 | 6 | |
| c. | Altro Personale | 27.2 | 33.2 | 31.2 | |
| | Altri Incarichi di Ricerca | 1.2 | 1.2 | 1.2 | |
| | Assegnisti | 13 | 16 | 15 | |
| | Borsisti | | | | |
| | Co.Co.Co | | | | |
| | Comandi in Entrata | | | | |
| | Dottorandi | 12.8 | 15.8 | 14.8 | |
| d. | Personale precedentemente citato proveniente dalle Università | | | | |

g. Fonti di finanziamento

Sono attivi (o in fase di definizione) i seguenti progetti:

| | Nome Progetto | Finanziatori | Tipo Progetto | Validità |
|----|---|---|---|-----------------|
| 1 | Volume Photography: measuring three dimensional light distributions without opening the box | MIUR | Finanziamento FOE da MIUR (premiati finalizzati) | 2018-2020 |
| 2 | 17FUN06 SIQUST | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 3 | SUPERGALAX | EUROPEAN COMMISSION | Finanziamento CE tramite programma H2020 | 2019-2022 |
| 4 | 18SIB07 GISQ | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2019-2022 |
| 5 | 17RPT04 VersiCaL | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 6 | 16NRM01 GRACE | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2017-2020 |
| 7 | SEQUEL | NATO NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION | Altri finanziamenti tramite bando competitivo | 2018-2021 |
| 8 | OTTEMPO - TOP IX | TOPIX | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2018 - 2019 |
| 9 | OTTEMPO - HAL SERVICE | HAL SERVICE | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2018-2019 |
| 10 | TIFOON | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2019-2022 |
| 11 | 17IND14 WRITE | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 12 | 17IND14-RMG1 | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2019 |
| 13 | PIQUET | FINPIEMONTE S.P.A. | Finanziamento amm. regionali tramite programma POR FESR | 2018-2020 |
| 14 | Q-SENSE MSCA-RISE | EUROPEAN COMMISSION | Finanziamento CE tramite programma H2020 | 2016-2020 |
| 15 | DTFMATERA | ASI | Altri finanziamenti senza bando competitivo (Accordi e collaborazioni scientifiche) | 2017-2020 |
| 16 | CLONETS | EUROPEAN COMMISSION | Finanziamento CE tramite programma H2020 | 2017-2020 |
| 17 | LABMED | MIUR | Finanziamento FOE da EPR | 2017-/2019 |

| | | | | |
|----|--|---------------------------|---|------------|
| 18 | Acquisizione di due esemplari di analizzatore di tempo e fasometro multicanale | ESA | Attività di ricerca commissionata | 2018-2020 |
| 19 | OFTEN | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2016-2019 |
| 20 | Q-SECGROUNDSPACE | MIUR | Finanziamento FOE da MIUR (premiati finalizzati) | 2016-2019 |
| 21 | 17FUN10 ParaWave | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 22 | Microanalisi FEI Inspect F, mediante la spettrometria a dispersione di energia (EDS) | ITT ITALIA S.R.L. | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2019 |
| 23 | PATHOS | EUROPEAN COMMISSION | Finanziamento CE tramite programma H2020 | 2019-2023 |
| 24 | Agent-based irreversibility in quantum theory | SILICON VALLEY FOUNDATION | Altri finanziamenti tramite bando competitivo | 2019-2020 |
| 25 | 17FUN01 BECOME | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 26 | QKDLINK NATO | CAL State University-NATO | Attività di ricerca commissionata | 2017-2020 |
| 27 | QUARTET | EUROPEAN COMMISSION | Finanziamento CE tramite programma H2020 | 2019-2022 |
| 28 | HgDoppler Spectroscopy | MIUR | Finanziamento MIUR tramite programma PRIN | 2016-2020 |
| 29 | 17FUN03 USOQS | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 30 | Q-Clocks QuantERA 2017 | MIUR | Finanziamento MIUR tramite programma QuantERA | 2018-2021 |
| 31 | Contabili AFS2019 | | | 2018- 2022 |
| 32 | DTFGALILEO | ASI | Altri finanziamenti senza bando competitivo (Accordi e collaborazioni scientifiche) | 2017- 2020 |
| 33 | ISOC-ISS SPACE OPTICAL CLOCK | ESA | Attività di ricerca commissionata | 2017- 2018 |
| 34 | ROCIT | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2019-2022 |
| 35 | OC18 | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2016- 2019 |
| 36 | 18SIB10 chipSCALE | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2019-2022 |
| 37 | Contabile Tes2019 | | | 2018-2022 |
| 38 | IMPRESA | FINPIEMONTE S.P.A. | Finanziamento amm. regionali tramite programma POR FESR | 2018- 2020 |

| | | | | |
|----|---|--|--|--------------------------|
| 39 | CIBO E SALUTE PREMIALE CNR 2014 | CNR-MIUR | Finanziamento FOE da EPR | 2017-2019 |
| 40 | Design e realizzazione di celle elettrolitiche | TUBITAK National Metrology Institute (UME) | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2019-2020 |
| 41 | Contabili Galileo2019 | | | 2018-2022 |
| 42 | TGVF-X | GMV AEROSPACE AND DEFENCE SAU ACCOUNT PAYABLE | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2018-2021 |
| 43 | TSP-TIME SERVICE PROVIDER | SPACEOPAL-ESA | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2017-2021 |
| 44 | EGNOS SPMS 2015 | CNES-ESA | Altri finanziamenti tramite bando competitivo | 2015-2022 |
| 45 | FOEXPLO-Galileo Exploitation Phase System and Service Support Activities | THALES ALENIA SPACE ITALIA S.P.A. | Attività di ricerca commissionata (conto terzi) | 2017-2020 |
| 46 | CC4C | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 2018-2021 |
| 47 | PLUSONE | EUROPEAN COMMISSION | Finanziamento CE tramite programma H2020 | 2015-2020 |
| 48 | ULTRACOLDPLUS SIR | MIUR | Finanziamento MIUR tramite programma SIR | 2015-2018 |
| 49 | ULTRAION-ULTRACOLD ION CRYSTALS | MIUR | Finanziamento MIUR tramite programma FARE | 01/09/2017 31/08/2020 |
| 50 | GRC MS | CNES-ESA | Altri finanziamenti tramite bando competitivo | 01/09/2018 31/08/2019 |
| 51 | 15SIB04 QUADC | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 01/06/2016 31/05/2019 |
| 52 | 17RPT03 DIG-AC | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 01/06/2018 31/05/2021 |
| 53 | 15RPT04 TRACEPQM | EURAMET e.V. | Finanziamento EURAMET tramite programma EMPIR | 01/06/2016 31/05/2019 |

h. Costo complessivo del progetto

Finanziamenti a carico FOE

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III |
|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Personale di ruolo | 2.500 | 2.750 | 3.025 |
| Personale non di ruolo | | | |
| Altro personale | 600 | 600 | 650 |
| Funzionamento | 400 | 420 | 440 |
| Investimento | 500 | 520 + 400* | 540 |

Eventuali ulteriori finanziamenti (finanziamenti da progetti già approvati):

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III |
|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Personale di ruolo | | | |
| Personale non di ruolo | 100 | 200 | 300 |
| Altro personale | 800 | 900 | 1.000 |
| Investimento | 2000 | 2000 | 2000 |
| Funzionamento | 2100 | 1900 | 1700 |

6.1 Infrastrutture di Ricerca: EURAMET - EMPIR

| | | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------|--|--------------------------|
| | X | Infrastruttura | | |
| Area di Intervento | X | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| Descrizione Infrastruttura | European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) - European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR) | | | |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Specificare l'Area di Intervento: | Rete europea per ricerca e sviluppo nel campo della metrologia e programma di ricerca |
|-----------------------------------|---|

| | | | | |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Data EMPIR: | Inizio | 01-01-2014 | Data Fine EMPIR: | 31-12-2024 |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-------------------|

a. Finalità e Obiettivi

EURAMET è la rete europea per la promozione della collaborazione per la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel campo della metrologia. Non dispone né realizza infrastrutture proprie, ma promuove l'utilizzo comune, coordinato e sinergico delle infrastrutture metrologiche nazionali. Nella prospettiva di convergenza della metrologia europea in una struttura integrata, l'obiettivo dell'INRIM è creare opportunità per la localizzazione di una sede scientificamente rilevante in Italia.

EURAMET gestisce programmi di ricerca e sviluppo nel campo della scienza delle misure (anche per applicazioni nei settori emergenti dell'energia, ambiente e salute) per l'integrazione dei laboratori nazionali e l'innovazione di prodotti e processi di produzione. Tali programmi sono cofinanziati (attraverso l'art. 185 del trattato comunitario) dagli stati nazionali e la comunità europea (European Metrology Research Programme, EMRP, 2009-2017, 400 M€ – European Metrology Programme for Innovation and Research, EMPIR, 2014-2024, 600 M€). Sono consorziati gli istituti metrologici e gli istituti delegati alla funzione di istituto metrologico di 37 stati europei (circa 120 istituti). L'Italia è il quarto partner con un impegno economico di circa l'8%, ma il terzo per produzione scientifica; ricercatori INRIM sono ai primi posti per quantità e qualità delle pubblicazioni indicizzate prodotte dei programmi di ricerca EURAMET. INRIM rappresenta l'Italia nell'assemblea dei soci, nel consiglio di amministrazione e nel comitato di gestione dei programmi di ricerca.

L'obiettivo di EMPIR è di assicurare solide fondamenta scientifiche e tecnologiche alla scienza della misura e al sistema internazionale delle unità e sviluppare capacità di misura non ancora disponibili – anche in aree quali l'energia, la salute, l'ambiente, la qualità della vita – attraverso attività di ricerca e sviluppo coordinate e cooperative. Il programma, attraverso la creazione di un sistema europeo integrato con massa critica, risorse e interazioni europee e internazionali adeguate, contribuisce al raggiungimento degli obiettivi di HORIZON 2020, alla coesione europea e allo sviluppo coordinato e sinergico di capacità scientifiche e tecniche, anche in risposta alla domanda di risorse economiche e umane.

b. Contenuto Tecnico Scientifico

Il programma i) sviluppa conoscenze e soluzioni integrate atte promuovere l'innovazione e la competitività; ii) sviluppa tecnologie di misura indirizzate alle sfide poste dai problemi energetici, della salute e dell'ambiente; iii) crea un sistema di ricerca integrato con massa critica e impegni a livello nazionale, europeo e internazionale; iv) realizza infrastrutture metrologiche europee ove appropriato.

È articolato in bandi annuali (2014 – 2020) per progetti di ricerca di durata triennale di costo mediamente pari a 4 M€ (inclusi cofinanziamenti nazionali). Tali bandi sono raggruppati in quattro moduli:

1. Scienza (metrologia scientifica fondamentale e ricerche indirizzate all'energia, ambiente, salute)
2. Innovazione (ricerche indirizzate alle esigenze industriali; progetti di trasferimento tecnologico ritagliati su necessità industriali e che prefigurano un rapida applicazione; attività per sviluppare l'impatto di specifici risultati)
3. Normativa (attività di ricerca e sviluppo necessarie alla normazione e alla definizione della legislazione europea)
4. Sviluppo di competenze (attività indirizzate allo sviluppo di capacità e delle risorse umane, in particolare nelle regioni della convergenza)

Il programma è aperto alla partecipazione di enti di ricerca, università e industrie.

| | |
|-----------|---|
| c. | Personale Impiegato (rapporto giornate/uomo) |
|-----------|---|

Vedere attività di ricerca delle Divisioni.

| | |
|-----------|-------------------------------|
| d. | Fonti di finanziamento |
|-----------|-------------------------------|

I costi di gestione dei programmi di ricerca EMRP (2009 – 2017) e EMPIR (2014 – 2024), sono definiti nella misura del 5% del costo totale dei programmi (400 M€ e 600 M€, rispettivamente). Essi sono interamente a carico dei membri di EURAMET.

La quota associativa a EURAMET (in carico a IMRIM) è 20 k€/anno

Il contributo italiano per la gestione dei programmi di ricerca congiunti (in carico a INRIM) è

- 1.4 M€ per EMRP (2009-2017)
- 2.4 M€ per EMPIR (2014-2024)

I costi di partecipazione nazionale agli organismi di EURAMET (comitato di gestione dei programmi di ricerca, assemblea dei soci, consiglio direttivo, comitati tecnici) ammontano a 10 k€/anno.

Il costo totale di EMPIR è 600 M€, di cui

- 300 M€ impegni nazionali (principalmente in-kind),
- 300 M€ cofinanziamento della comunità (art. 185 del trattato di Lisbona).

La ripartizione del costo totale è

- 30 M€ costi di gestione del programma
- 570 M€ costo totale dei progetti di ricerca congiunti, di cui
 - 90 M€ cofinanziamento comunitario riservato ai non membri EURAMET
 - 210 M€ cofinanziamento comunitario ai membri EURAMET
 - 270 M€ cofinanziamenti nazionali.

Il costo totale della partecipazione Italiana è atteso in 48 M€ (8% del totale), di cui

- 2.4 M€ contributo ai costi di gestione (INRIM, cfr. scheda infrastrutture);
- 21.6 M€ impegno nazionale
- 24.0 M€ co-finanziamento della comunità, di cui 7.2 M€ università, altre istituzioni ricerca e industrie

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| e. | Costo complessivo del progetto |
|-----------|---------------------------------------|

Vedere attività di ricerca delle Divisioni.

| | | | | |
|-----------------------------------|--|--------------|-----------------------|--------------------------|
| 6.2 | Infrastrutture di Ricerca: EURAMET - European Metrology Networks (EMN) | | | |
| | | X | Infrastruttura | |
| | | | | |
| Area di Intervento | | HORIZON 2020 | X | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali X | | | |
| Descrizione Infrastruttura | European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) - European Metrology Networks (EMN) | | | |
| | | | | |
| Specificare l'Area di Intervento: | Reti europee per ricerca e sviluppo nel campo della metrologia | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|---|
| Data Inizio: | 01-01-2018 | Data Fine: | - |
|---------------------|-------------------|-------------------|---|

| | |
|---|--------------------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>Le European Metrology Networks (EMN) sono le reti approvate alla General Assembly di EURAMET del 2018 e costituiscono lo strumento necessario per affrontare le sfide future nelle scienze della misurazione e fornire un valore aggiunto per l'Europa. Le EMN si propongono di analizzare i bisogni di metrologia europea e globale e di rispondere a tali esigenze in modo coordinato, formulando strategie comuni in ambiti quali la ricerca, le infrastrutture, il trasferimento di conoscenze e lo sviluppo di servizi. Le reti ambiscono ad essere strutture strategiche e sostenibili, che rappresenteranno il punto di riferimento per i rispettivi specifici ambiti metrologici fornendo informazioni, contribuendo ai processi di regolamentazione e standardizzazione, promuovendo la creazione e la diffusione della scienza delle misure.</p> | |
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
| <p>Le European Metrology Networks in cui è coinvolto l'INRIM sono le seguenti:</p> <p><u>EMN Quantum Technologies</u>, coordinata dall'INRIM, ambisce a sviluppare la metrologia necessaria per favorire lo sviluppo delle tecnologie quantistiche (EMN-Q) e dei dispositivi quantistici. Le tecnologie quantistiche offrono opportunità e sfide per l'industria e l'innovazione europee. Alcune grandi aziende hanno già iniziato a sviluppare dispositivi quantistici o hanno iniziato a integrarli nei loro prodotti. L'industria europea necessita di avere un punto di riferimento univoco per le proprie necessità metrologiche relative alle nuove tecnologie quantistiche, in particolare verso le attività di standardizzazione. La rete soddisferà queste esigenze fornendo un coordinamento attivo delle attività di ricerca metrologica europea, contribuendo a mantenere la competitività europea nel campo delle tecnologie quantistiche. L'EMN-Q concentrerà i propri sforzi su attività coerenti con gli obiettivi della Quantum Flagship europea e con le necessità industriali che si paleseranno, fornendo un efficace contributo allo sviluppo delle tecnologie quantistiche europee.</p> <p><u>EMN on Smart Electricity Grid</u>, coordinata da VSL, si propone come punto di contatto tra la comunità metrologica e gli stakeholder del sistema elettrico, in grado di massimizzare l'impatto delle attività di ricerca e sviluppo e di fornire risposte coerenti alle problematiche di misura relative al futuro delle reti elettriche e alla transizione energetica in corso. L'INRIM è inoltre coinvolto nel progetto EMPIR 18NET03 SEG-Net, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.</p> <p><u>EMN on Climate and Ocean Observation</u>, coordinata da NPL, si propone di costituire una rete collaborativa in grado di fornire competenza metrologica per i numerosi stakeholder che effettuano e utilizzano misure per le osservazioni in ambito climatologico e oceanico. La rete è suddivisa in tre sezioni tematiche: Atmosphere Observation, Ocean Observation, Land and Earth Observation, coordinate rispettivamente da METAS, LNE, NPL. Il progetto EMPIR 18NET04 ForClimateOcean, a supporto della EMN, vede come partner interni esclusivamente i coordinatori della EMN e delle tre sezioni (NPL, LNE, METAS).</p> <p><u>EMN for Mathematics and Statistics</u>, coordinata da PTB, si propone di costituire un punto di coordinamento</p> | |

per gli istituti metrologici, gli enti normatori, il mondo accademico e l'industria, sui temi della matematica e della statistica in metrologia, fornendo linee-guida, sviluppando codici di calcolo e favorendo la disseminazione della conoscenza attraverso pubblicazioni e convegni dedicati. La rete origina dal Centro Europeo per la Matematica e la Statistica in Metrologia (MATHMET) costituito nel 2014, di cui INRIM è membro. L'INRIM è inoltre coinvolto nel progetto EMPIR 18NET05 MATHMET, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

EMN on Traceability in Laboratory Medicine, coordinata da PTB, si propone di costituire un punto di riferimento a livello europeo per i laboratori clinici che operano nel contesto della medicina di laboratorio e della diagnostica in vitro, con riferimento alla nuova Regolamentazione EU (European In-Vitro Diagnostic Device Regulation (IVDR) 2017/746), che richiede la riferibilità delle misure e dei materiali di riferimento. L'INRIM è inoltre coinvolto nel progetto 18NET02 TraceLabMed, finalizzato a favorire la rapida implementazione della EMN.

| | |
|-----------|---|
| c. | Personale Impiegato (rapporto giornate/uomo) |
|-----------|---|

Vedere attività di ricerca delle Divisioni.

| | |
|-----------|-------------------------------|
| d. | Fonti di finanziamento |
|-----------|-------------------------------|

Vedere attività di ricerca delle Divisioni.

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| e. | Costo complessivo del progetto |
|-----------|---------------------------------------|

Vedere attività di ricerca delle Divisioni.

| | | | | |
|--|--|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 6.3 Infrastrutture di Ricerca: Galileo Timing Research Infrastructure | | | | |
| | | X | Infrastruttura | |
| Area di Intervento | X | Contratti CE/GSA/ESA | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali X Offerta di servizio all'utenza per almeno il 30% di provenienza internazionale X Offerta di servizio all'utenza industriale X | | | |
| Descrizione Infrastruttura | Galileo Timing Research Infrastructure | | | |
| Data Inizio: | 01-01-2010 | Data Fine: | 31-12-2030 | |

| | |
|---|--------------------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>L'Europa è impegnata nella costruzione di un sistema di navigazione satellitare per il quale sono necessarie competenze di metrologia del tempo attualmente sparse e non sempre formate. L'infrastruttura Galileo dell'INRiM promuove le capacità di ricerca e formazione sia per lo sviluppo della navigazione europea, sia per lo sviluppo di applicazioni industriali e nuove tecnologie. Rappresenta la base per una rete di laboratori per l'applicazione della metrologia del tempo alle missioni spaziali europee valorizzando le competenze già presenti sul territorio italiano. L'infrastruttura si basa sulle competenze e le strutture costruite in INRiM a supporto del timing del sistema Galileo e su contratti ESA e della comunità europea. L'infrastruttura costituisce:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un incubatore e "test bed" per algoritmi, elementi di timing di terra e di bordo, servizi con dimostrazione e validazione end-to-end, l'aggiornamento tecnologico del sistema, lo sviluppo di applicazioni tecniche e scientifiche; 2. una struttura di riferimento metrologico per la validazione e monitoring in tempo reale del segnale di Galileo, degli orologi di bordo e di terra, del Galileo System Time, e della disseminazione del tempo universale coordinato del segnale Galileo; 3. un centro di formazione e addestramento sia a livello scientifico (con un programma di Dottorato ed un Master di II livello del Politecnico di Torino), sia a livello industriale. | |
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
| <p>L'attività si articola in programmi.</p> <p>1) Definizione, operazione e miglioramento del sistema di timing di Galileo</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Validazione e stima in tempo quasi reale sia degli orologi di bordo e della scala di tempo di Galileo, e monitoring della disseminazione di UTC e del GPS To Galileo Time Offset fatta da Galileo (contratto FOC Exploitation: supporto al SETA team di Thales Alenia Space Italia); b. Monitoring del timing di EGNOS, il sistema di completamento europeo al GPS (Contratto EGNOS monitoring con CNES, progetto H2020 GSA – European GNSS Agency) c. Coordinamento scientifico del Galileo Time Service Provider, infrastruttura dedicata alla sincronizzazione della scala Galileo con UTC con la collaborazione degli istituti metrologici europei coordinati da INRiM. INRiM ha coordinato lo sviluppo dell'infrastruttura avvenuto nel 2017, e da Dicembre 2017 il TSP è operativo presso i centri di controllo di Galileo. Da Gennaio 2018 INRiM partecipa inoltre al Galileo Time Service Provider inviando quotidianamente e su base oraria prodotti di riferimento basati sulla scala di tempo nazionale UTC(IT) utilizzati per lo steering del Galileo System Time e per la validazione delle performance di timing di Galileo d. Supporto alla validazione degli aspetti di timing di Galileo come contributo degli Stati Membri dell'UE con invio regolare al Galileo Reference Center di prodotti per la valutazione delle performance degli orologi spaziali di Galileo e prodotti di confronto fra il tempo disseminato da Galileo e la scala di tempo nazionale UTC(IT) (Contratto GRC-MS con CNES, progetto GSA – | |

European GNSS Agency)

- e. Upgrade ed Operazione della Galileo Experimental Sensor Station operante presso INRiM dal 2006 e che contribuisce al sistema Galileo mediante invio regolare di prodotti in tempo reale (Contratto TGVF-X con GMV, progetto ESA – European Space Agency)

2) Studio e sperimentazione dei servizi di timing di Galileo

- a. Dimostrazione di servizi di timing di Galileo che aggiungano caratteristiche di accuratezza, disponibilità e certificazione al tempo trasmesso da Galileo con nuove possibilità di time transfer (contratto H2020 DEMETRA, 16 partners di 8 paesi coordinati da INRiM). Dopo la sperimentazione del progetto DEMETRA restano attivi il servizio di disseminazione in fibra ottica e di monitoring di scale di tempo con il Precise Point Positioning. E' inoltre prevista la sperimentazione della disseminazione di tempo su satellite Geostazionario in collaborazione con ANTARES, a partire da fine 2019.
- b. INRiM partecipa inoltre al Galileo Reference Center creato dai Member States, dal 2018 al 2021, per la validazione dei servizi di timing di Galileo a livello utente (contratto GRC –MS)

c. Personale Impiegato (rapporto giornate/uomo)

Vedere attività di ricerca della Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie

d. Fonti di finanziamento

L'infrastruttura è stata finanziata dall'ESA e dalla comunità europea sia direttamente (senza bando di selezione), sia attraverso bandi competitivi. I finanziamenti finora ricevuti sono:

| Anno | Fondi NON MIUR k€ |
|------|----------------------|
| 2010 | 1254 |
| 2011 | 150 |
| 2012 | 76 |
| 2013 | 940 |
| 2014 | 400 |
| 2015 | 2000 |
| 2016 | 2500 |
| 2017 | 900 |
| 2018 | 660 |
| 2019 | 760 |
| 2020 | 740 |
| 2021 | 270 |

I contratti attivi sono:

1. CE/GSA EGNOS SPMS - EGNOS SERVICE PERFORMANCE MONITORING SUPPORT
2. ESA Galileo FOC Exploitation Phase System Engineering Technical Support Activities
3. CE/GSA TSP Galileo Service Operator
4. ESA TGVF-X: Galileo Time and Geodetic Validation Facility for the Exploitation Phase
5. ESA RRAFS, studi su miglioramenti del Rubidio di bordo
6. CE GRC MS – validazione del timing di Galileo a livello utente

| e. | | Costo complessivo del progetto | | | |
|----------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Voce di spesa | | Annualità I 2018 | Annualità II 2019 | Annualità III 2020 | Annualità "n" 2021 |
| | Personale di ruolo | | | | |
| | Personale non di ruolo | 0,00 | 102.751,67 | 142.965,00 | 142.965,00 |
| | Altro personale | 0,00 | 8.000,00 | 157.333,33 | 74.666,67 |
| | Funzionamento | 388.685,95 | 753.162,20 | 435.597,59 | 178.500,00 |
| | Investimento | 19.520,00 | 133.240,00 | 82.432,00 | 30.000,00 |

Anche incluso nella scheda di Metrologia quantistica e nanotecnologie

| | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------|--|--------------------------|
| 6.4 | Infrastrutture di Ricerca: Link Italiano Tempo e Frequenza (LIFT) | | | |
| | X | Infrastruttura | | |
| Area di Intervento | X | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili X Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali X Offerta di servizio all'utenza industriale X | | | |
| Descrizione Infrastruttura | Link Italiano Tempo e Frequenza (LIFT) | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Data Inizio: | 01-01-2018 | Data Fine: | 31-12-2025 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

| | |
|---|--------------------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>L'infrastruttura di Tempo e Frequenza su Fibra (LIFT) distribuisce con stabilità e accuratezza senza precedenti segnali di tempo e frequenza campione usando fibre ottiche commerciali. LIFT porta i segnali campioni dell'INRIM in centri scientifici e industriali del paese senza degrado delle prestazioni, offrendo rispetto ad altri sistemi un sostanziale miglioramento dell'accuratezza, la stabilità, la velocità di misura e la sicurezza. Inoltre LIFT permette di realizzare sensoristica innovativa distribuita sul territorio (per es. per la sismologia) e applicare tecnologie quantistiche su fibra ottica in campo reale (per es. la QKD).</p> <p>Gli obiettivi di LIFT sono: i) distribuire stabilmente i segnali campione INRIM in fibra a una decina di centri italiani e transfrontalieri per l'accesso alle reti europee; ii) creare un sistema che dalla dorsale irraggi in siti secondari, con la finalità di costruire una piattaforma tempo/frequenza di qualità superiore in Italia; iii) estendere e perfezionare la ricerca di eccellenza sulla sperimentazione di metrologia e crittografia quantistica in campo reale e sulle possibilità di una rete sismologica innovativa che utilizza la distribuzione di un laser ultrastabile e la tecnica interferometrica propria di LIFT; iv) obiettivo di metrologia primaria è nel prossimo triennio la costituzione della prima rete tra 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.</p> | |
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
| <p>I segnali di riferimento per il tempo e la frequenza sono generati dall'INRIM mediante un insieme di orologi atomici, mantenuti costantemente allo stato dell'arte. Questi segnali sono attualmente distribuiti con varie tecniche (radiotelevisiva, internet, satelliti). L'uso di fibre ottiche commerciali permette la distribuzione senza degrado di precisione, consentendo all'utente remoto di ricevere segnali di qualità pari a quella presente nei laboratori INRIM. Questo si ottiene generando una radiazione laser a frequenza ultrastabile, idonea al trasporto su fibra ottica commerciale e riferita agli orologi dell'INRIM. L'infrastruttura in fibra si compone della fibra e degli apparati di amplificazione e rigenerazione. L'architettura deve essere completamente ottica e bidirezionale per compensare il rumore di fase introdotto dalla fibra stessa, che degraderebbe l'accuratezza del segnale. LIFT prevede sia l'uso di fibre dedicate sia la distribuzione sulla medesima fibra di traffico dati e segnali metrologici (attraverso multiplexing di frequenza).</p> <p>Gli utenti di LIFT sono: gli osservatori radioastronomici con le antenne di Bologna, Noto e Cagliari; la geodesia spaziale di Matera (ASI); il centro di controllo di terra degli orologi del sistema satellitare Galileo al Fucino; aziende di aerospaziali di eccellenza in Lombardia e Lazio; sedi finanziarie (Torino e Milano); osservatori astronomici (Val d'Aosta); i centri di eccellenza scientifica (LENS, Università, CNR-INO – Firenze; CNR-IFN – Milano; CNR-INO – Napoli); i centri di sismologia e sensoristica in ambiente marino, a seguito della sperimentazione con successo di un link tra Sicilia e Malta che ha evidenziato come le tecniche di LIFT siano utilizzabili per ottenere monitor sismologico sottomarino laddove i dati sono estremamente carenti.</p> <p>La distribuzione dei campioni atomici coesisterà con la distribuzione di tecnologie quantistiche per la *sensoristica e la crittografia, utilizzando reti ibride.</p> <p>LIFT guarda all'Europa, per creare il ramo meridionale di una rete di link ottici che hanno i nodi principali nei maggiori Istituti Metrologici europei. Il raccordo europeo utilizzerà inizialmente il collegamento transfrontaliero italo-francese (Tunnel del Frejus, Lione, Strasburgo, Parigi) e successivamente anche quello italo-austriaco (Brennero).</p> | |

Vedere attività di ricerca della Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie.

d. Fonti di finanziamento

1. Progetti europei
2. Progetti nazionali

e. Costo complessivo del progetto

Vedere attività di ricerca della Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie.

| | | | | |
|---|--|---|-----------------------|----------------------------|
| 6.5 Infrastrutture di Ricerca: Nanofacility Piemonte | | | | |
| | | √ | Infrastruttura | |
| Area di Intervento | | | HORIZON 2020 | √ Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili X Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali X Offerta di servizio all'utenza per almeno il 30% di provenienza internazionale X | | | |
| Descrizione Infrastruttura | Nanofacility Piemonte | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Data Inizio: | 01-01-2010 | Data Fine: | 31-12-2021 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

| | |
|-----------|-----------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
|-----------|-----------------------------|

L'INRIM è, al momento, l'unico Istituto Nazionale di Metrologia in Europa, insieme al PTB, a possedere un centro di micro e nanofabbricazione. L'istituto vanta una pluriennale esperienza nel campo della litografia, sia ottica che laser, e nella nanolitografia a fascio elettronico, nella crescita e deposizione di film sottili e nell'attacco chimico liquido e gassoso dei materiali e possiede 20 m² di camera bianca in classe ISO5 e 150 m² di ambienti a controllo particellare in classe ISO6. Nel triennio, sono previsti alcuni lavori di riqualificazione della Palazzina Q che permetteranno l'espansione ad altri 150 m² di ambiente pulito da dedicare alle micro e nanotecnologie.

Nanofacility Piemonte INRIM è un laboratorio di nanofabbricazione mediante microscopia elettronica e ionica. È attivo dal 2010 grazie ad un contributo della Compagnia di San Paolo, e vanta al suo attivo migliaia di ore di funzionamento per servizi alla ricerca sul territorio e in metrologia. In questi ultimi anni, l'impegno del personale INRIM e delle risorse di micro e nanofabbricazione di Nanofacility nei progetti EMRP e EMPIR ha ottenuto un impatto di alto livello sulla comunità metrologica europea. Da questo, ne è conseguita una forte richiesta da parte dei principali NMI europei nella fabbricazione di dispositivi, modelli e campioni di riferimento alla nanoscala.

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
|-----------|--------------------------------------|

L'infrastruttura è dedicata alla ricerca nel campo della nanofabbricazione e al controllo della materia a livello nanoscopico, per la realizzazione di micro e nano-dispositivi di interesse fondamentale e applicato, fornendo un servizio a livello regionale, nazionale ed europeo. Vengono sviluppate allo stato dell'arte le seguenti tecnologie: Electron Beam Lithography per ogni tipo di geometrizzazione su scala nanometrica, Ion beam Sculpting per la fabbricazione di dispositivi nanoSQUID, SET e dispositivi basati su whiskers e nanowires, ottiche diffrattive e nanostrutture per la plasmonica e la fotonica, preparative per microscopia elettronica in trasmissione e per tecnologie X (GISAX, NEXAFS, etc.). E ancora lavorazione FIB ed EBL+RIE del diamante per la fabbricazione di nanostrutture superficiali di estrazione della radiazione dai centri di luminescenza tramite nanolenti, lenti di Fresnel, nanopillars e guide d'onda. Tali tecniche sono accoppiate a litografia ottica e a litografia per self-assembly, con una continuità di risoluzione che va dai centimetri ai 10 nanometri.

| | |
|-----------|---|
| c. | Personale Impiegato (rapporto giornate/uomo) |
|-----------|---|

Vedere tabelle schede attività di ricerca della Divisione Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita.

| | |
|-----------|-------------------------------|
| d. | Fonti di finanziamento |
|-----------|-------------------------------|

Progetti EMPIR, progetti premiali, contratti industriali, attività di conto terzi
 Vedere altre schede attività di ricerca, in particolare quella della Divisione Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita.

| | |
|-----------|---------------------------------------|
| e. | Costo complessivo del progetto |
|-----------|---------------------------------------|

Vedere tabelle schede attività di ricerca della Divisione Metrologia dei materiali innovativi e scienze della vita.

| | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------|--|--------------------------|
| 6.6 | Infrastrutture di Ricerca: Piemonte Quantum Enabling Technologies (PiQuET) | | | |
| | X | Infrastruttura | | |
| Area di Intervento | X | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili X Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali X Offerta di servizio all'utenza industriale X | | | |
| Descrizione Infrastruttura | Piemonte Quantum Enabling Technologies (PiQuET) | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|---|
| Data Inizio: | 09-02-2018 | Data Fine: | - |
|---------------------|-------------------|-------------------|---|

| | |
|---|--------------------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>La Commissione Europea con la Quantum Technology Flagship finanzia la ricerca sulle tecnologie quantistiche (TQ): l'INRIM vuole cogliere questa occasione per uno sviluppo economico duraturo attraverso l'innovazione e la ricerca, con un investimento che potenzi il know-how già presente, induca un forte trasferimento tecnologico, attragga risorse nazionali/europee e crei una robusta filiera produttiva, per affermarsi come eccellenza nei prossimi 10 anni.</p> <p>Nasce così l'iniziativa della nuova Infrastruttura di Ricerca Piemonte Quantum Enabling Technologies, PiQuET, coordinata da INRIM con la partecipazione di Politecnico (PoliTO) e Università (UniTO) di Torino, progetto co-finanziato dal Programma Operativo Regionale Piemonte Fesr 2014/2020 Attraverso il Bando "INFRA-P Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche".</p> <p>INRIM, PoliTO e UniTO (in seguito Organismi di Ricerca, OdR) operano in due settori chiave delle TQ: (i) lo sviluppo di materiali, dispositivi e sensori micro/nanostrutturati (ii) le TQ legate ad orologi atomici e comunicazione quantistica, distribuite sul territorio tramite fibra ottica.</p> <p>PiQuET ricerca l'eccellenza nel settore:</p> <ul style="list-style-type: none"> • con un'IR moderna, centralizzata e condivisa per la nanofabbricazione di sensori, dispositivi e materiali e la loro integrazione; • con un'IR sul territorio per la metrologia e la comunicazione quantistica, che si avvale del polo di nano fabbricazione; • con la collaborazione tra OdR e industria, favorendo nuova occupazione. | |
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
| <p>Lo sviluppo delle tecnologie quantistiche in PIQuET segue due linee fondamentali: l'applicazione sempre più estesa di principi fisici del mondo quantistico, dall'altro la miniaturizzazione dei dispositivi. Alcuni principi quantistici sono già presenti in alcuni dei nostri dispositivi (come i microscopi a effetto tunnel) mentre altri (sovrapposizione quantistica, entanglement) sono alla base dei camioni atomici di frequenza o della comunicazione quantistica, dove si hanno i primi sviluppi commerciali.</p> <p>PiQuET offre i benefici della nanofabbricazione, con dispositivi integrati, prestazioni migliori e costi ridotti rispetto alle prime realizzazioni in tecnologie "bulk" non integrate.</p> <p>D'altro canto, la nanofabbricazione potrà incorporare i principi quantistici più complessi, che possono potenziare e trasformare i materiali e i dispositivi finora prodotti.</p> <p>Per loro natura, le TQ richiedono quindi un ecosistema di ricerca e industriale coeso e un ambiente di sviluppo dove la ricerca e la produzione siano più legati e sia possibile introdurre nel mondo industriale uno sviluppo di materiali e dispositivi quantistici "by design".</p> <p>Elemento centrale di PiQuET è l'impianto di camera pulita da 500 m2 (6 ambienti ISO7) ad alto controllo della qualità ambientale e dei contaminanti, secondo i moderni criteri ISO 14644-1 (vedi par. 1.7), in cui PiQuET:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aggrega in un solo luogo macchine conferite dagli OdR, oggi sparse in 4 laboratori (Chivasso, INRIM Torino Sud, Torino Crocetta, PoliTO) che pur capaci di uso integrato, oggi lavorano disaggregate; • Crea un'IR allo stato-dell'arte per la ricerca, in luogo di camere pulite non moderne e frammentate, che impediscono processi più moderni; | |

- Abilita nuove linee di ricerca per i dispositivi di comunicazione quantistica e di campioni atomici di frequenza miniaturizzati.

d. Fonti di finanziamento

3. Fondi Europei POR-FESR
4. Altri Progetti Europei
5. Fondi d'Istituto

e. Costo complessivo del progetto

Vedere attività di ricerca della Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie.

| | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------|--|--------------------------|
| 6.7 | Infrastrutture di Ricerca: Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (IMPreSA) | | | |
| | | | | |
| | X | Infrastruttura | | |
| | | | | |
| Area di Intervento | X | HORIZON 2020 | | Altra Area di Intervento |
| | Attività di ricerca con risultati pubblicabili X Attività di ricerca in collegamento con altre infrastrutture nazionali ed internazionali X Offerta di servizio all'utenza industriale X | | | |
| Descrizione Infrastruttura | Infrastruttura Metrologica Per la Sicurezza Alimentare (IMPreSA) | | | |
| | | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|---|
| Data Inizio: | 01-05-2018 | Data Fine: | - |
|---------------------|-------------------|-------------------|---|

| | |
|---|--------------------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
| <p>IMPreSA ha l'obiettivo di garantire il rispetto delle normative internazionali e di essere di supporto alle aziende per le misure necessarie allo sviluppo di materiali innovativi per l'imballaggio alimentare. Essa fornirà un supporto ai soggetti attivi nel settore che devono rispondere sia alle richieste di verifica da parte delle autorità di controllo sia alla tutela del consumatore.</p> <p>L'infrastruttura, al fine di garantire la sicurezza alimentare, fornirà competenze scientifiche, strumentazione analitica e supporto metrologico per il controllo e lo sviluppo di materiali destinati all'imballaggio alimentare. Le due macro-aree d'interesse sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controllo e sicurezza: determinazione di sostanze non intenzionalmente aggiunte nel materiale di imballaggio (NIAS, Non-Intentionally Added Substances) e della loro possibile migrazione negli alimenti. • Sviluppo di nuovi materiali: sviluppo di materiali di imballaggio attivi per aumentare la shelf-life dei prodotti e garantire la sicurezza alimentare | |
| b. | Contenuto Tecnico Scientifico |
| <p>INRIM come ente capofila del progetto metterà a disposizione spazi e impianti per realizzare l'infrastruttura, e darà il supporto metrologico. Coordinerà i diversi partecipanti del progetto sia dal punto di vista scientifico/tecnologico sia dal punto di vista finanziario, garantendo lo svolgimento del progetto e la verifica dei risultati ottenuti. La prevenzione dei rischi connessi alla creazione e al mantenimento dell'infrastruttura sarà gestita da personale tecnico e ricercatore ed eventuali emergenze verranno fronteggiate e gestite mediante la figura del Risk Manager.</p> <p>Il Laboratorio contaminanti ambientali e il Laboratorio Istopatologia dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale Torino (IZSTO) collaborerà al progetto per la ricerca di MOCA (Materiali e Oggetti a contatto con Alimenti) negli alimenti, focalizzandosi sullo sviluppo di metodi analitici sensibili e specifici per la determinazione, nel food packaging, di nano particelle metalliche (NPs). Inoltre verranno sviluppate tecniche analitiche ufficiali per l'individuazione di MOSH (idrocarburi saturi, sia lineari che ramificati) e MOAH (idrocarburi aromatici, costituiti da uno o più anelli benzenici), olii minerali derivati dal petrolio. L'unità svilupperà inoltre sistemi biologici atti ad evidenziare interferenti endocrini presenti nel food packaging.</p> <p>IL Centro di Ricerca Viticoltura Enologia (CREA-VE) metterà a disposizione le proprie conoscenze sul packaging in ambito enologico. In particolare studierà le problematiche relative alla determinazione in vino di contaminanti provenienti da tappi in materiale naturale (p.es tricloroanisolo da sughero) e sintetico. Apporterà competenze relative ai sistemi di chiusura delle bottiglie e l'Oxygen Transfer Rates (OTR) attraverso le stesse, finalizzate a studi di shelf life dei prodotti vitivinicoli.</p> <p>L'Istituto per la Protezione e Sostenibilità delle Piante (IPSP) CNR contribuirà allo sviluppo di composti naturali in alternativa agli agenti chimici con proprietà antimicrobiche e antiossidanti e che sono riconosciuti come sicuri nelle concentrazioni utilizzate nei prodotti alimentari. Coinvolgerà personale tecnico per il mantenimento delle attrezzature riguardanti il progetto, con particolare riferimento alle biotecnologie microbiche e vegetali per la produzione di componenti utili allo sviluppo di nuovi packaging attivi con proprietà antimicrobiche.</p> <p>L'Istituto Scienze Produzioni Alimentari (IPSP) CNR ha competenze nell'ambito della proteomica, con</p> | |

consolidato background nell'ambito dell'applicazione della spettrometria di massa all'analisi delle proteine e dispone strumentazioni e competenze utili alla determinazione del profilo composizionale degli alimenti e della presenza di contaminanti quali micotossine.

IMPreSA ha l'ambizione di diventare un centro nazionale dedicato al food packaging di supporto alle aziende e agli enti di controllo. La nuova IR incentiverà la possibilità di finanziarsi sia a livello locale sia europeo. L'acquisizione di strumentazione all'avanguardia permetterà all'IR di raggiungere livelli di eccellenza.

INRiM insieme agli altri partner fanno parte della infrastruttura metrologia alimentare europea *Metrofood*.

Vedere attività di ricerca della Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie.

d. Fonti di finanziamento

1. Programma Operativo Regionale "Investimenti per la crescita e l'occupazione" F.E.S.R. 2014/2020 INFRA-P Sostegno a progetti per la realizzazione, il rafforzamento e l'ampliamento di IR pubbliche
2. METROFOOD Infrastructure for Promoting Metrology in Food and Nutrition

e. Costo complessivo del progetto

2132Keuro

Vedere attività di ricerca della Divisione Metrologia quantistica e nanotecnologie.

| | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|---|--------------------------|
| 7 | Attività di Terza Missione | | | |
| | X | Settore | | |
| Area di Intervento | | Knowledge Transfer | X | Altra Area di Intervento |
| Descrizione Settore | Attività di Terza Missione | | | |

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Data Inizio: | 01-01-2019 | Data Fine: | 31-12-2021 |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|

| | |
|-----------|-----------------------------|
| a. | Finalità e Obiettivi |
|-----------|-----------------------------|

L'attività di terza missione comprende la valorizzazione e la promozione dei risultati della ricerca in metrologia, contestualizzando i risultati e i prodotti ottenuti per favorire l'avanzamento delle conoscenze sia a fini produttivi, sia a fini sociali.

L'impegno dell'INRIM su questo fronte è molteplice ed è incentrato sui seguenti obiettivi:

- diffusione della cultura scientifica/metrologica (rientrano in quest'ambito sia le attività legate all'Alta Formazione e alla Formazione Continua o Permanente dedicate agli addetti ai lavori, che le attività di Public Engagement rivolte invece al vasto pubblico);
- potenziamento dei servizi conto terzi e diffusione della cultura della qualità in applicazione dei requisiti necessari per la partecipazione all'accordo CIPM MRA (tra cui l'esecuzione di peer review) e come strumento di gestione per molteplici attività (in quest'ambito rientra anche la gestione dei certificati di taratura e prova, in applicazione delle indicazioni della procedura QG04 del Sistema di Gestione per la Qualità (SGQ) dell'INRIM che riguarda le attività a carattere amministrativo per la preparazione dei certificati di taratura e prova);
- sviluppo dell'attività relativa al deposito di Brevetti e partecipazione a Programmi MIUR a supporto della valorizzazione dell'attività di brevettazione della ricerca pubblica italiana;
- promozione della costituzione di imprese fondate sull'impiego di saperi e di tecnologie sviluppate in INRIM (Spin Off).

| | |
|-----------|------------------|
| b. | Contenuti |
|-----------|------------------|

| | |
|------------|---|
| b1. | Diffusione della cultura scientifica/metrologica |
|------------|---|

L'INRIM svolge numerose attività di Terza Missione volte a promuovere la diffusione della cultura scientifica/metrologica.

In particolare, la Direzione Scientifica si dota, a livello interdivisionale, di un Settore che persegue l'obiettivo di diffondere la cultura metrologica e della qualità (in conformità all'accordo CIPM MRA) e di promuovere le attività di Public Engagement coinvolgendo sempre più il tessuto sociale del Paese. INRIM è Istituto Nazionale e pertanto si vorrebbe estendere la sua capacità di penetrazione dal territorio provinciale e regionale ad iniziative divulgative a carattere nazionale, anche attraverso la ricerca di fonti di finanziamento.

Le attività in cui l'Istituto si impegna, suddivise tra Alta Formazione e Formazione Continua o Permanente da un lato e Public Engagement dall'altro, sono le seguenti:

Alta Formazione e Formazione Continua o Permanente

- collaborazione ad attività formative istituzionali svolte dalle Università (rivolta agli studenti);
- formazione continua o permanente (rivolta a personale di imprese, enti pubblici e scuole che necessiti di ampliare la propria formazione professionale).

Public Engagement

- partecipazione a Comitati e Commissioni di enti normatori;
- visite di scuole e privati ai laboratori dell'INRIM; collaborazioni con le scuole;
- organizzazione di eventi pubblici a carattere scientifico/metrologico;
- comunicazione e divulgazione rivolta al grande pubblico;
- produzione e gestione di beni culturali.

Di seguito sono descritte le attività nel dettaglio.

b1.1 Attività di alta formazione: collaborazione ad attività formative istituzionali svolte dalle Università

Un importante ambito di attività di terza Missione è quello legato al mondo accademico. Numerosi ricercatori e tecnologi dell'INRIM svolgono attività di docenza, sia a livello locale presso il Politecnico di Torino e l'Università degli Studi di Torino, che presso altre Università italiane.

Un ulteriore prestigioso punto di contatto con il mondo universitario è rappresentato dal Corso di Dottorato in Metrologia, attivato attraverso una convenzione stipulata tra l'INRIM e il Politecnico di Torino, che vantano una lunga tradizione di studi condivisi in campo metrologico.

E' prevista l'attivazione di uno sportello INRIM per il dottorato, in collaborazione con le analoghe realtà del Politecnico e dell'Università, che possa fare da punto di riferimento per i dottorandi.

I ricercatori e tecnologi sono impegnati anche in attività di sostegno e formazione degli studenti laureandi, che in INRIM hanno la possibilità di seguire qualificati tirocini curriculari; inoltre vengono svolte tesi di Laurea Magistrale.

Collaborazione per anno ad attività formative istituzionali svolte dalle università

| | |
|---|-----|
| Numero totale di corsi di didattica universitaria (corsi di laurea, master) erogati | 14 |
| Numero totale di ore di didattica universitaria complessivamente erogate | 350 |
| Numero di ricercatori e tecnologi complessivamente coinvolti | 22 |
| Numero totale di corsi di dottorato in convenzione | 1 |
| Numero totale di studenti di dottorato attivi nell'anno | 51 |
| Numero di borse di dottorato erogate dall'ente nell'anno | 13 |
| Numero di tirocini curriculari + tesi magistrali | 60 |

b1.2 Attività di alta formazione: formazione continua o permanente

L'INRIM attiva corsi di formazione di argomento metrologico rivolti al personale di imprese e ad enti pubblici, nonché ai docenti di scuole di ogni ordine e grado. Nell'ambito scolastico (secondaria di secondo grado) partecipa ad azioni relative ai Progetti per le Competenze Trasversali e l'Orientamento (PCTO, ex ASL) con numerosi studenti che svolgono tirocini curriculari (su richiesta delle scuole) presso i laboratori.

Nel corso del 2019 l'INRIM ha avviato l'attivazione di 20 tirocini extra-curriculari, dedicati agli studenti che si sono diplomati; l'iter è in corso e verrà definita una procedura ad hoc.

A richiesta si tengono seminari sul Sistema Internazionale e si partecipa in qualità di docenti ad eventi formativi proposti da associazioni (es. AIF- Associazioni Insegnanti di Fisica, "La Fisica in gioco" per l'orientamento universitario...); l'INRIM propone agli insegnanti di ogni ordine e grado seminari e corsi sperimentali per la formazione nella scienza della misura, con il coinvolgimento di studenti in attività sperimentali e possibilità di stage.

Si prevede un progetto per l'allestimento di un locale adibito a laboratorio didattico dove installare in modo permanente alcuni esperimenti da presentare agli studenti in visita per migliorare l'offerta verso l'esterno e implementare l'attività di diffusione metrologica. Un contributo didattico più qualificato a tutta questa attività potrebbe essere fornita da un collaboratore (un assegnista) con competenze scientifiche integrate da interessi pedagogici.

Formazione continua o permanente per anno

| | |
|---|-----|
| Numero totale di corsi erogati | 19 |
| Numero totale di ore di didattica assistita complessivamente erogate | 195 |
| Numero totale di partecipanti | 320 |
| Numero di ricercatori e tecnologi coinvolti complessivamente | 10 |
| Numero di organizzazioni esterne coinvolte come utilizzatrici dei programmi | 20 |
| di cui imprese | 7 |
| di cui enti pubblici | 1 |
| di cui istituzioni no profit | 4 |
| di cui scuole | 8 |
| Numero di tirocini curriculari | 55 |
| Numero di tirocini extra-curriculari | 20 |

b1.3 Attività di public engagement: partecipazione a Comitati e Commissioni

Il personale dell'INRIM fa parte dei comitati tecnici dei seguenti enti normatori: CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), CEN (Comitato Europeo di Normazione), IEC (International Electrotechnical Commission), UNI (Ente

Italiano di Normazione). Periodicamente gli enti indicano riunioni di comitato, allo scopo di provvedere allo sviluppo e alla creazione di norme, ovvero documenti che definiscono le caratteristiche di prodotti, processi o servizi, specificando come fare bene le cose, garantendo sicurezza, rispetto per l'ambiente e prestazioni certe.

Budget: 20.000 euro

Link a siti web

<http://www.ceiweb.it/it/> <https://www.cen.eu> <http://www.iec.ch/> <http://www.uni.com/>

| | |
|-------------|--|
| b1.4 | Attività di public engagement: visite scuole/privati ai laboratori INRIM e collaborazioni con le scuole |
|-------------|--|

L'INRIM organizza/partecipa a iniziative di orientamento e interazione rivolte alle scuole (di ogni ordine e grado) e ai privati cittadini.

Nel triennio si prevede di portare avanti le iniziative consolidate ma anche di allargare a nuovi ambiti, anche in considerazione dell'entrata in vigore del nuovo SI:

- Bambini e bambine: un giorno all'università (ITER-Comune To e Agorà scienza): visite ai laboratori;
- Le sfide della metrologia e l'evoluzione tecnologica (Settimana della Scienza- Centroscienza): visite ai laboratori;
- Altre visite ai laboratori rivolte a scuole + privati+ associazioni, organizzate, su richiesta, direttamente dal personale dell'Istituto;
- Progetto BATTI il 5! (in collaborazione con Fondazione Mirafiori) per scuole primarie e medie: interventi didattici a cura dei ricercatori dell'INRIM;
- La scienza della misura nell'insegnamento scientifico (per insegnanti e studenti con MIUR e CESEDI Città Metropolitana);
- Percorso PTCO per una classe di 4 liceo di Luino (Va)- 2020;
- Organizzazione di una giornata di seminari e visite presso INRIM sul nuovo SI in favore della Scuola di Storia della fisica dell'AIF -2020;
- INFOSTAGE - Politecnico di Torino;
- Sperimentazioni didattiche con alcune classi (primarie e medie inferiori) del territorio: si tratta di iniziative di approfondimento della metrologia come esperienza di ogni giorno, che prevedono laboratori svolti presso le scuole;
- Pubblicazione di materiale documentale su sito Registrazione su piattaforma Miur SOFIA per certificazione dei corsi tenuti da INRIM secondo l'art.1 comma 5 della direttiva MIUR 170/2016;
- Giornata di presentazione dei tirocini/tesi INRIM agli studenti della laurea triennale del Politecnico e del Dipartimento di Fisica (UNITO).

Link a siti web

www.inrim.it/formazione

www.comune.torino.it/crescere-in-citta

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ifp/cesedi>

www.centroscienza.it/

| | |
|-------------|---|
| b1.5 | Attività di public engagement: organizzazione di eventi pubblici |
|-------------|---|

Notte dei ricercatori

Si tratta di un evento promosso dalla CE attraverso i progetti di Horizon 2020 in molte città europee. Si svolge in collaborazione con Agorà Scienza e Centroscienza (nel 2019 l'iniziativa è stata autogestita con il coordinamento di Ricercatrici UNITO).

L'INRIM aderisce con ricercatori e dottorandi che propongono alla cittadinanza esperimenti e curiosità legate alla fisica e metrologia; il numero di visitatori di passaggio presso gli stand allestiti è di alcune migliaia.

https://www.torinoscienza.it/notizie/notte-europea-dei-ricercatori-2019#attivita_programma

World Metrology Day

Nel 2019 sono state dedicate due giornate (18 e 20 maggio 2019) alla celebrazione della Giornata Mondiale della Metrologia, attraverso l'organizzazione di seminari divulgativi (rivolti anche alle scuole nel corso del 2019) e una conferenza dedicata all'entrata in vigore del nuovo SI e alle costanti della fisica (in collaborazione con l'Accademia delle Scienze e Centroscienza Torino).

b1.6 | Attività di public engagement: comunicazione e divulgazione rivolta al grande pubblico

L'INRIM svolge una costante opera di comunicazione e divulgazione anche attraverso le seguenti attività:

- Conferenze, congressi e seminari divulgativi rivolti al grande pubblico (Conference course "Il Tempo della Scienza – I Seminari");
- Open Day: laboratori aperti alla cittadinanza;
- Interviste e servizi radio-televisivi e online;
- Pubblicazioni divulgative su riviste e giornali nazionali;
- *Performance* teatrali divulgative;
- Didattica online "Il mondo delle misure: le video-lezioni di INRIM su weschool.com" (piattaforma d'istruzione digitale);
- Divulgazione online su portale (Portale della metrologia "Simisura.it");
- Rassegna stampa online sul portale INRIM;
- Profilo Facebook dell'INRIM.

Si stima un impatto di alcune migliaia di persone nel triennio.

Link a siti web

www.ansa.it

www.researchitaly.it/conoscere

www.centroscienza.it

www.oggi scienza.it

www.torinoscienza.it

http://www.inrim.it/events/rassegnaStampa_i.shtml

b1.7 | Attività di public engagement: produzione e gestione di beni culturali

Tra i beni culturali più rilevanti dell'INRIM spicca l'edificio della sede storica dell'INRIM, situato a Torino in Corso Massimo D'Azeglio 42.

In particolare si è provveduto, e si continuerà a provvedere nel triennio, alla riqualificazione di:

- sala convegni "Vallauri";
- collezioni scientifiche legate alla storia della metrologia industriale (l'INRIM possiede un ricco patrimonio di materiale storico, che non è stato ancora valorizzato a livello museale; si prevede nel triennio di sviluppare quest'attività, coinvolgendo il personale in possesso delle necessarie competenze);
- biblioteca storica.

Rientrano nel progetto di riqualificazione della sede le seguenti iniziative, volte a promuovere non solo gli aspetti storici della metrologia ma anche quelli più attuali:

- World Metrology Day: seminario su Galileo Ferraris presso la biblioteca storica ed esposizione antichi strumenti di misura (18 maggio 2019);
- Open House 2019: apertura straordinaria della sede storica al pubblico (visite gratuite dell' 8 e 9 giugno 2019), a cura dell' Associazione Culturale Open House Torino;
- Notte dei Ricercatori 2019: ricercatori e dottorandi propongono ai visitatori esperimenti e curiosità legate alla fisica e metrologia (27 settembre 2019).

Numero di visitatori nell'anno: 1.120

c. | Servizi conto terzi

L'INRIM svolge un'intensa attività di taratura e prova di sensori, strumenti e manufatti, sulla base delle capacità di taratura dell'istituto riconosciute in ambito internazionale (CIPM-MRA). Tale attività, che avviene su base commerciale, è sviluppata riscontrando le richieste di riferibilità e di misura, anche in nuove aree scientifiche, provenienti dai settori dell'industria e della pubblica amministrazione, e contestualizzando l'offerta e i risultati ottenuti per favorire l'avanzamento delle conoscenze sia a fini produttivi che a fini sociali.

Tra le altre attività, il Settore interdivisionale della Direzione Scientifica si occupa di diffondere la cultura metrologica e della qualità, in applicazione dei requisiti necessari per la partecipazione all'accordo CIPM MRA (tra cui l'esecuzione di peer review) e come strumento di gestione per molteplici attività; la diffusione è svolta sia all'interno dell'Ente (attraverso il supporto al personale) che all'esterno tramite seminari dedicati. E' attiva una collaborazione del settore

all'interno della EMN "Tracelabmed" per la riferibilità delle misure in medicina, allo scopo di lavorare sulla riferibilità delle misure in medicina e dell'organizzazione in qualità di un laboratorio medicale, operante in base alla norme UNI EN ISO 15189:2013.

Il personale del settore provvede inoltre a gestire le operazioni di preparazione delle pratiche di certificati di taratura, rapporti di prova e relazioni ILC, in ottemperanza alla procedura QG04 del Sistema di Gestione per la Qualità (SGQ). In particolare, il settore mette in atto operazioni di controllo relativamente alla correttezza dell'intera pratica, predispone la documentazione per l'invio attraverso un software dedicato (di produzione Cineca), che assolve al compito di protocollazione e di trasmissione ai responsabili tecnici dell'attività e agli uffici amministrativi di competenza.

Per supportare l'utenza sul mercato internazionale, favorendo l'esportazione e il libero scambio delle merci, l'INRIM ha sviluppato e rende disponibili oltre 400 capacità di taratura e misura riconosciute a livello internazionale; ulteriori capacità e servizi di misura sono erogati su richiesta dell'utenza, nell'ambito delle funzioni di Istituto Metrologico Primario italiano.

Impegno strategico in tale contesto è il mantenimento di tali servizi, che richiedono importanti risorse per quanto riguarda l'impegno di personale, l'adeguamento dei laboratori e delle apparecchiature, lo sviluppo di nuove *facilities*, oltre che un modello organizzativo che consenta di supportare e avviare nuovi e/o migliori servizi.

Nella tabella seguente sono riportati i dati dei certificati di taratura e prova previsti per il triennio 2019-2021.

Attività di taratura, misura e prova prevista per il triennio 2019-2021

| Anno | Numero di documenti emessi | | | | |
|------|----------------------------|-------------------|---------------|------------------------------|--------|
| | Certificati di taratura | Rapporti di prova | Relazioni ILC | Altri certificati e rapporti | Totale |
| 2019 | 1.900 | 35 | 150 | 200 | 2.285 |
| 2020 | 1.900 | 35 | 150 | 200 | 2.285 |
| 2021 | 1.900 | 35 | 150 | 200 | 2.285 |

d. Brevetti

L'INRIM persegue la tutela e la valorizzazione dei risultati della ricerca, promuovendo il deposito e l'utilizzo dei brevetti d'invenzione nonché azioni intese a favorire il trasferimento tecnologico e l'applicazione (*uptake*) di soluzioni innovative all'industria.

A tal riguardo, sono in predisposizione documenti di policy riguardanti lo sviluppo della cooperazione con altre organizzazioni pubbliche e private e la partecipazione a iniziative in materia di innovazione e di trasferimento della conoscenza, anche in convenzione, per stimolare l'interesse del sistema delle imprese all'applicazione dei risultati della ricerca.

E' da segnalare un'interessante iniziativa a cui l'INRIM aderirà nel triennio, intitolata "Agorà Brevetti e Innovazione (Innovagorà)", promossa dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca (MIUR) e organizzata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) insieme al Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano. La prima edizione della manifestazione si è tenuta dal 6 all'8 maggio 2019 presso il Museo della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci" di Milano ed è il punto di partenza di un nuovo Programma MIUR a supporto della valorizzazione dell'attività di brevettazione della ricerca pubblica italiana.

InnovAgorà è la prima "piazza dell'innovazione italiana", con l'obiettivo di presentare a imprese, a potenziali investitori e ai media nazionali una selezione di tecnologie brevettate generate dalla Ricerca Pubblica, le relative applicazioni e i principali benefici sotto il profilo dell'impatto in termini di innovazione, per favorirne il trasferimento tecnologico e la valorizzazione presso il tessuto imprenditoriale italiano.

e. Imprese Spin off

L'INRIM promuove la costituzione di imprese fondate sull'impiego di saperi e di tecnologie sviluppate prevalentemente al proprio interno. A tal riguardo, sono in corso di preparazione documenti di policy per regolamentare modalità e percorsi atti a favorire la creazione di spin-off e rafforzarne le capacità competitive nell'offerta di tecnologia avanzata.

| f. Personale Impiegato (rapporto giornate/uomo) | | | | | |
|--|--|---------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Tipo di personale | | Anno I | Anno II | Anno III | Anno "n" |
| a. | Personale di ruolo | | | | |
| | Amministrativi | 3 | 3 | 3 | |
| | Tecnici | 13 | 11 | 10 | |
| | Tecnologi/ricercatori | 5 | 4 | 4 | |
| b. | Personale non di ruolo | | | | |
| | Amministrativi | | | | |
| | Tecnici | | | | |
| | Tecnologi/ricercatori | | | | |
| c. | Altro Personale | | | | |
| | Altri Incarichi di Ricerca | | | | |
| | Assegnisti | | 1 | 1 | |
| | Borsisti | | | | |
| | Co.Co.Co | | | | |
| | Comandi in Entrata | | | | |
| | Dottorandi | | | | |
| d. | Personale precedentemente citato proveniente dalle Università | | | | |

| g. | Fonti di finanziamento |
|-----------|---|
| | E' prevista la richiesta di un contributo (15 k€) alla Compagnia di San Paolo per l'allestimento di un laboratorio di metrologia didattica. |

| h. | Costo complessivo |
|-----------|--------------------------|
|-----------|--------------------------|

Trasferimenti a carico FOE

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III | Annualità "n" |
|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Personale di ruolo | 1.500.000 | 1.450.000 | 1.400.000 | |
| Personale non di ruolo | - | 24 | 24 | |
| Altro personale | - | - | - | |
| Investimento | 350.000 | 350.000 | 330.000 | |
| Funzionamento | 450.000 | 410.000 | 460.000 | |

Eventuali ulteriori finanziamenti

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III | Annualità "n" |
|------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Personale di ruolo | 220.000 | 210.000 | 210.000 | |
| Personale non di ruolo | | | | |
| Altro personale | 135.000 | 165.000 | 165.000 | |
| Investimento | 190.000 | 160.000 | 150.000 | |
| Funzionamento | 250.000 | 220.000 | 215.000 | |

Fondi trasferiti a terzi

| Voce di spesa | Annualità I | Annualità II | Annualità III | Annualità "n" |
|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |