

## EXECUTIVE SUMMARY

Il Piano Triennale di Attività 2023-2025 presenta il piano di sviluppo delle attività dell'ente nei prossimi tre anni. Una [pagina web](#) dedicata ai piani triennali mette a disposizione online tutti i documenti, oltre alle schede delle attività e dei progetti. L'accesso alla pagina richiede un account Microsoft 365 personale o aziendale (se necessario può essere ottenuto [qui](#)).

Le principali caratteristiche dell'ente sono:

- una missione molto chiara che si traduce in una forte compattezza della comunità con conseguente grande efficienza dei progetti;
- un auto-governo responsabile: buon equilibrio tra la rappresentatività della comunità e il controllo del MUR unito a una gestione interna fortemente orientata dalla scienza. L'auto-governo responsabile è uno degli elementi identitari dell'Istituto, che maggiormente ha contribuito e contribuisce al successo della nostra attività di ricerca, da preservare assolutamente nello spirito e nella sostanza;
- un rapporto strettissimo con le università grazie a una diffusione capillare sul territorio nazionale;
- un'eccellente capacità di formazione a livello di lauree, dottorati e attività *post-doc*. I giovani si qualificano e ottengono risultati eccezionali anche all'estero e costituiscono un grande serbatoio di competenze, che spesso trasferiscono alla società;
- attività di ricerca che si svolgono in gran parte nell'ambito di grandi collaborazioni internazionali in cui rivestiamo ruoli di primo piano;
- infrastrutture di ricerca proprie: oltre ai LNGS, altri tre grandi laboratori, i Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL), i Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) e i Laboratori Nazionali del Sud (LNS). La sfida di questi anni è rinnovare queste strutture e mantenerle competitive;
- ricadute di utilità sociale e trasferimento tecnologico: le nostre ricerche fanno uso e richiedono lo sviluppo di tecnologie avanzate insieme al mantenimento di know-how;
- attività strutturate di terza missione, *public engagement* e alta formazione, coordinate a livello nazionale e presenti nelle strutture sul territorio;
- esistenza da lungo tempo di un sistema di autovalutazione con l'ausilio di un Comitato di Valutazione Internazionale.

L'anno appena trascorso ha visto l'istituto fortemente impegnato nell'elaborazione dei progetti presentati nell'ambito della Missione 4 del PNRR. La nostra strategia è stata di utilizzare al meglio il *know-how* presente nell'ente per potenziare le nostre infrastrutture, sviluppare nuovi progetti di R&D per la ricerca e le applicazioni del futuro, coordinare e potenziare le nostre attività in settori tecnologici emergenti come la superconduttività a alta temperatura, il calcolo ad alte prestazioni, i *big data*, l'intelligenza artificiale e le tecnologie quantistiche, inserendo i nuovi progetti nell'ambito della politica di aggiornamento e potenziamento delle nostre infrastrutture di ricerca già avviata da alcuni anni. Questo eccezionale sforzo progettuale, realizzato con successo in pochi mesi, è un'ulteriore conferma delle capacità dell'Istituto nel pianificare e proporre nuove iniziative. La vera sfida, tuttavia, viene dall'esecuzione dei progetti che, per dimensioni e tempistiche, costituiscono un banco di prova formidabile per qualsiasi struttura amministrativa e gestionale. Il PNRR ha portato circa 300 milioni di euro all'INFN, aumentando il *budget* dell'ente del 50% per il 2022 e 2023, da investire entro i prossimi due-tre anni in risorse strumentali e umane, seguendo regole diverse da quelle delle procedure ordinarie. Questa impresa, per avere successo, ha bisogno di estrema chiarezza delle regole di rendicontazione, massima semplificazione delle procedure amministrative e collaborazione a tutti i livelli istituzionali. Per far fronte a questa emergenza, l'istituto ha costituito una struttura temporanea di missione PNRR che affianca la struttura amministrativa e gestionale ordinaria negli ambiti del reclutamento, del *procurement*, della rendicontazione e del *project*

*management*. Con la fine delle entrate legate al PNRR nel 2024, la spesa destinata alla ricerca subirà una diminuzione consistente, riassetandosi sui valori precedenti al 2022. Per consolidare le attività di ricerca attualmente sostenute dai fondi del PNRR, è indispensabile poter fare affidamento su un aumento stabile dei fondi destinati a spese per la ricerca.

L'istituto è anche fortemente impegnato a promuovere la candidatura italiana a ospitare ET, in competizione con il sito proposto da Belgio, Germania e Paesi Bassi, potendo contare sul pieno supporto del Governo e della Regione Sardegna, che hanno già reso disponibile una parte del finanziamento necessario al progetto.

Prosegue la politica delle risorse umane volta a valorizzare il personale e mantenere l'equilibrio tra i profili tecnici e quelli di ricerca. La differenziazione del preruolo tra università ed enti di ricerca ci rende meno competitivi nel reclutamento dei giovani ricercatori. L'istituto sta riflettendo sulle proprie politiche di reclutamento per fare fronte a questo problema, ma sarebbe auspicabile un intervento legislativo che riallineasse le due carriere.

La soluzione finale a tutte le criticità nell'acquisizione di risorse strumentali ed umane richiederebbe la definizione di un quadro normativo specifico per gli EPR, pensato per le esigenze della ricerca, che superi definitivamente la normativa generale della pubblica amministrazione.

## **LE RISORSE FINANZIARIE**

Il bilancio dell'ente si compone delle seguenti entrate:

- a) il FOE (Fondo di Finanziamento Ordinario) erogato dal MUR;
- b) gli ulteriori finanziamenti straordinari statali previsti dalla Legge di bilancio o da provvedimenti normativi d'urgenza;
- c) per l'esercizio 2023 i finanziamenti del PNRR per un ammontare complessivo finanziato di 353 M€, di cui 166 M€ accertati nell'esercizio 2022, e 187,5 M€ previsti per l'esercizio 2023;
- d) i finanziamenti per progetti esterni di ricerca o tecnologici provenienti da diverse fonti;
- e) in via del tutto residuale, i proventi dall'attività di trasferimento tecnologico.

Le Entrate destinate allo svolgimento dell'attività istituzionale sono tornate a crescere negli ultimi cinque anni. In particolare, si è registrato un aumento delle entrate destinate all'assunzione di nuovo personale a cui dovrebbe seguire e consolidarsi un aumento delle entrate per spese di ricerca. Di contro si è avuto un andamento altalenante delle entrate con vincolo di destinazione e delle entrate per progetti esterni; queste ultime si riferiscono a fondi destinati a progetti di ricerca o tecnologici di durata pluriennale provenienti da diverse fonti, tra cui i fondi dei programmi europei, i fondi regionali (PON e POR) e i fondi per lo sviluppo infrastrutturale. Il finanziamento sul PNRR ha notevolmente cambiato questo quadro nel breve periodo. Infatti, l'istituto si è attivato per avere accesso ai finanziamenti del PNRR che individua la ricerca e l'innovazione come motori per la ripartenza del Paese e come strumenti fondamentali per lo sviluppo economico e sociale. Ritenendola un'occasione unica per contribuire alla ripresa della Nazione, l'ente ha individuato una serie di iniziative progettuali in essere o da attivare che, grazie al finanziamento del PNRR, potranno essere portate a compimento in tempi rapidi. I prossimi anni vedranno quindi l'istituto fortemente impegnato nella gestione dei numerosi progetti ammessi al finanziamento e questo comporterà un notevole sforzo sia manageriale che organizzativo per raggiungere gli obiettivi prefissati. Con la fine delle entrate legate al PNRR, in assenza di ulteriori interventi, la spesa destinata alla ricerca subirà una diminuzione significativa. Nel futuro prossimo sarebbe importante poter fare affidamento su un

aumento stabile dei fondi, in modo da poter consolidare le attività di ricerca sostenute attualmente sia con il PNRR che con l'aumento del personale

L'Istituto è, inoltre, attivo – sia a livello centrale, da parte delle Commissioni Scientifiche Nazionali e degli organi di governo dell'Ente, sia a livello locale, da parte delle singole strutture territoriali - nella ricerca di fondi esterni finalizzati a specifiche finalità di ricerca, tali da integrare in quantità crescente il trasferimento dello stato (UE, regioni, ASI e altri enti di ricerca, privati).

Per quanto riguarda le spese, le previsioni per l'anno 2023 sono state valutate sulla base storica degli ultimi anni per quanto riguarda il funzionamento delle strutture ed i fondi centrali. Per quanto riguarda le attività di ricerca ci si è basati sullo stato dei progetti pluriennali in corso e sull'impatto dei nuovi progetti approvati. Il bilancio pluriennale è redatto solo in termini di competenza per un periodo non inferiore al triennio. Esso descrive, in termini finanziari, le linee strategiche dell'Istituto nel breve-medio periodo predisposte in ragione delle risorse finanziarie disponibili. È allegato al Bilancio di Previsione 2022 e non ha valore autorizzativo. Nella Tabella 2.4 del PTA 2023-25 viene rappresentata la previsione finanziaria pluriennale di spesa per il triennio 2023-2025.

## **LE RISORSE DI PERSONALE**

Nel 2023 è previsto l'ingresso di 50 giovani ricercatori a completamento del piano straordinario di reclutamento iniziato due anni fa. Abbiamo ancora 116 posizioni da primo ricercatore e tecnologo già autorizzate a cui si aggiungeranno ulteriori posizioni finanziate sui fondi dedicati previsti nella legge di Bilancio 2022 e recentemente sbloccati. La possibilità economica di svuotare il terzo livello fornisce un'opportunità unica per ripensare la politica di reclutamento di ricercatori e tecnologi nella direzione tracciata dalla riforma del reclutamento del preruolo approvata per l'università, ma purtroppo stralciata per gli enti di ricerca. Per l'Istituto è infatti vitale rimanere competitivo con il sistema universitario nel reclutamento dei giovani.

Per quanto riguarda il personale tecnico-amministrativo, nel corso del 2023 l'Ente programma di bandire 60 nuove posizioni in aggiunta al turnover, volte al riequilibrio della popolazione dei livelli IV-VIII in rapporto ai livelli I-III, in funzione delle esigenze operative dell'Istituto e tenendo anche conto delle circa 200 unità di personale a tempo determinato nei profili di tecnologo e di tecnico previste dai progetti finanziati dal PNRR. Ulteriori 42 unità di personale sono previste dal piano assunzionale riservato alle categorie protette nel rispetto degli obblighi previsti dalla L. 68/99. Infine, sempre nel corso dell'anno, sono previste 128 progressioni economiche ex art. 54 del CCNL 21/2/2002, oltre al completamento di 34 passaggi orizzontali ex artt. 52 e 65 del CCNL 21/2/2002.

Le Tabelle 3.2 e 3.3 del PTA 2023-25 riportano il dettaglio del fabbisogno del personale per l'anno 2023 separato in nuove assunzioni e progressioni. I dati sono riassunti nella Tabella 3.4 che include anche le cessazioni previste durante l'anno. Le previsioni del fabbisogno di personale e le politiche di sviluppo professionale per gli anni 2024 e 2025 sono illustrate dalle Tabelle 3.5 e 3.6.

L'attenzione all'organizzazione del lavoro, l'integrazione della dimensione di genere e l'attuazione delle pari opportunità nella ricerca sono i punti cardini necessari per un'efficace politica del personale attenta al benessere, all'equità e alla trasparenza. Questi elementi, al centro anche delle raccomandazioni europee, sono alla base del Piano Triennale di Azioni Positive (PTAP) che l'Ente adotta dal 2002 tramite il [CUG](#) (Comitato Unico di Garanzia). Nel 2022 è stato inoltre approvato il primo GEP (*Gender Equality Plan*), mentre per il 2023 è prevista la stesura del Bilancio di Genere.

## GLI OBIETTIVI GESTIONALI E ORGANIZZATIVI

Nel prossimo triennio si ritiene prioritario rendere più efficienti e completi i sistemi di gestionali di supporto agendo su:

- l'integrazione del software di gestione dei preventivi scientifici con i dati dei consuntivi al termine dell'anno finanziario;
- l'utilizzo di strumenti avanzati di "project management" per seguire su base pluriennale l'evoluzione dei progetti, la gestione delle risorse umane e strumentali e gli impegni finanziari;
- l'organizzazione di strutture in Amministrazione Centrale adeguate alla gestione dei progetti PNRR.

L'attenzione al personale da parte dell'Ente è sempre stata massima e l'analisi delle criticità gestionali è sempre stata costante. Proseguendo questo sforzo si provvederà:

- al monitoraggio ed all'aggiornamento continuo dello strumento di gestione degli emolumenti del personale incluse le banche dati di supporto;
- all'informatizzare definitivamente le pratiche concorsuali, inclusa la fase di presentazione delle domande da parte dei candidati;
- al perfezionamento e all'adattamento delle pratiche di valutazione delle performance gestionale ed amministrativa alle esigenze dell'Istituto, ed all'utilizzo di appositi applicativi per la gestione completa del ciclo della performance.

Le notevoli quantità di documenti generati richiedono:

- la revisione e il potenziamento dei sistemi di gestione degli archivi dati armonizzata con le procedure di caricamento ed estrazione dei dati stessi;
- la digitalizzazione dei documenti generati nei processi di valutazione e rendicontazione;
- la conservazione sostitutiva dei fascicoli prodotti.

## L'ATTIVITÀ DI RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

La missione principale dell'INFN è lo studio dei componenti di base della materia e la ricerca teorica e sperimentale nei campi della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare. Gran parte delle attività scientifiche sono condotte nell'ambito delle cinque Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN).

### ***Fisica delle particelle agli acceleratori***

A LHC, nel 2022, la CSN1 ha supportato ATLAS e CMS (i due grandi esperimenti *general-purpose*), l'esperimento LHCb, dedicato agli studi sul *flavour* ed esperimenti di dimensioni minori. Nel biennio 2021-2022, ATLAS e CMS sono stati fortemente impegnati nel completamento delle operazioni legate al LS2 (il secondo *long shutdown*), e alla partenza del nuovo periodo di presa dati (iniziato a luglio 2022) con energia nel centro di massa aumentata a 13.6 TeV. Il collaudo dei due apparati sperimentali, fortemente migliorati, è stato completato e i due esperimenti hanno raccolto circa  $38 \text{ fb}^{-1}$  di luminosità integrata ciascuno. Durante LS2 l'esperimento LHCb è stato completamente rivisto e notevolmente potenziato, consentendo di aumentare di cinque volte la frequenza di collisioni pp e la mole di dati raccolti. L'aggiornamento ha riguardato in particolare i sotto-rivelatori finanziati dall'INFN, ossia il sistema a muoni, il tracciatore upstream, il sistema RICH e il nuovo sistema SMOG2.

Altri esperimenti come LHCf, NA62, MUonE, SND@LHC al CERN, MEG 2 al PSI (Svizzera) e MU2E a Fermilab (USA) sono stati ultimati o migliorati con l'aggiunta di nuovi rivelatori e sono stati collaudati con successo. Altri esperimenti, come Muon g-2 a Fermilab (USA), PADME ai Laboratori Nazionali di Frascati, Belle II al collider  $e^+e^-$  SuperKEKB (Giappone) e BESIII a BEBC (Cina) nel 2022 hanno continuato la presa dati.

Nei prossimi tre anni ATLAS e CMS prevedono di triplicare la mole di dati a disposizione, approfondendo gli studi dettagliati delle proprietà del bosone di Higgs. L'esperimento LHCb sarà in grado di studiare con grande precisione le proprietà del *quark beauty*, aumentando di un fattore sei la quantità di dati raccolti. Nello stesso settore di fisica informazioni complementari arriveranno dall'esperimento Belle II.

Dati preliminari sembrano indicare una deviazione dalle previsioni teoriche per il momento magnetico anomalo del muone  $g-2$  e il risultato finale è atteso per i prossimi anni: una misura con altissima precisione è attualmente in corso grazie all'esperimento *Muon g-2* a Fermilab; un importante controllo di questa misura verrà dall'esperimento MUonE al CERN.

Un'attività rilevante per il prossimo triennio riguarda la preparazione e costruzione dei nuovi apparati per la fase di alta luminosità di LHC (HL-LHC, 2029-2038). Gli impegni dell'INFN comportano risorse significative, investite per la costruzione dei nuovi rivelatori. Molteplici studi e test sono inoltre previsti nei prossimi tre anni per fornire le informazioni necessarie al processo decisionale per lo studio di fattibilità per futuri collisori  $pp$  e  $e^+e^-$ , da collocarsi in un nuovo tunnel di grandi dimensioni (91 km) nell'area del CERN.

### **Fisica astroparticellare**

La CSN2 coordina le attività di ricerca nel campo della fisica astroparticellare. Gli argomenti sono raggruppati in quattro aree tematiche principali: radiazione dall'universo, gravità e fisica quantistica, fisica del neutrino e universo oscuro.

Alcuni esperimenti sono in fase avanzata di presa dati: DAMPE, MAGIC, FERMI, AMS2 e IXPE per la radiazione cosmica; ICARUS, CUORE e LEGEND per le proprietà del neutrino, XENONnT, DAMA per l'osservazione diretta della materia oscura e infine VIRGO per le onde gravitazionali. Altri rivelatori, come JUNO, KM3, DUNE, CTA o DARKSIDE sono in fase di realizzazione, oppure in fase di aggiornamento come AUGER e AMS2, oppure prossimi a entrare in attività, come EUCLID e GAPS. La situazione di progetti importanti come CUPID, LEGEND-1000 e HERD versa ancora in uno stato di incertezza legato all'instabilità della situazione internazionale. LiteBIRD procede regolarmente verso il lancio previsto nel 2029, mentre un grosso avanzamento è stato ottenuto da LISA, la cui *adoption* da parte ESA è stata anticipata al 2023. Un ruolo particolare è svolto dai LNGS che ospitano una frazione importante delle attività della CSN2 e continua a rappresentare una locazione unica e ideale per le ricerche di eventi rari.

Grande rilevanza ha avuto il PNR che ha coinvolto diverse attività con un importantissimo supporto finanziario che permetterà nei prossimi 3 anni di completare oltre metà del rivelatore ARCA di KM3NeT, buona parte delle principali infrastrutture di ET (*Einstein Telescope*), garantire la realizzazione di almeno due telescopi nel sito australe di CTA e potenziare i LNGS.

HK (*Hyper-Kamiokande*) e DUNE rappresentano il principale impegno della CSN2 per i prossimi anni nella fisica dei neutrini cosmici e da acceleratore. L'inizio della presa dati di HK è previsto per il 2027. In DUNE, i gruppi italiani hanno la responsabilità di uno dei *near detector* (SAND) e del sistema di lettura della luce di scintillazione nel *far detector*. I prossimi anni saranno cruciali anche per un altro importante esperimento sui neutrini, JUNO, la cui costruzione sta procedendo velocemente per iniziare la presa dati nel 2024.

La rivelazione diretta della materia oscura è dominata nei prossimi anni da DARKSIDE che entra ora nella fase di costruzione. Nel frattempo, XENONnT continua la presa dati.

C'è grande attesa per l'inizio del run O4 di VIRGO Adv+, previsto per la primavera del 2023 che estenderà la distanza di osservazione delle onde gravitazionali. Oltre che per l'approvazione del

programma ETIC (PNRR), il progetto ET, incluso nella roadmap ESFRI, sta ricoprendo un crescente interesse sia per le potenzialità sia per la possibilità che venga selezionato per la sua realizzazione il sito sardo di Sos Enattos.

Per la ricerca del decadimento doppio beta, CUORE continuerà la presa dati fino al 2024 mentre LEGEND-200 ha appena iniziato la presa dati.

AUGER-Prime completerà l'upgrade del rivelatore nel 2023 e inizierà una nuova presa dati prevista fino al 2030. Il lancio di EUCLID, ritardato solo di qualche mese grazie al reperimento di un nuovo lanciatore, è previsto nel 2023. Stesse tempistiche per GAPS, i cui risultati forniranno nuove informazioni sulla natura dell'energia e materia oscura.

Il supporto del PNRR, accoppiato al successo delle ultime campagne marine, sta aumentando le aspettative per KM3NeT. Il completamento della prima metà di ARCA è previsto nel 2025. L'installazione di nuovi moduli ha già dato inizio all'osservazione multi-messenger di sorgenti astrofisiche e continuerà con aumento costante della sensibilità.

### **Fisica nucleare**

La CSN3 si occupa degli esperimenti dedicati alla fisica nucleare e rivolti agli studi delle proprietà e delle caratteristiche dei nuclei in tutta la mappa dei nuclidi, dei processi nucleari fondamentali, del QGP (*Quark-Gluon Plasma*) primordiale e delle reazioni nucleari di rilievo per i processi astrofisici. Queste ricerche sono condotte sia in diversi laboratori internazionali (CERN, GSI, GANIL, JLAB, RIKEN, TRIUMF, etc.) sia nei laboratori italiani dell'INFN (LNS, LNF, LNGS e LNL) e CIRCE, a Caserta. Gli esperimenti usano diversi tipi di fascio, con energie che variano dal keV al TeV. La CSN3 segue anche esperimenti dedicati ad applicazioni biomediche. Le attività sono raggruppate in sei diverse linee di ricerca:

Dinamica dei Quark e degli Adroni: i gruppi italiani hanno partecipato alla definizione dell'esperimento EPIC, che sarà operativo intorno al 2030 presso il nuovo EIC (*Electron Ion Collider*) a BNL in USA. Con il collisionatore Daphne di LNF l'esperimento Siddharta ha raccolto la prima parte di dati per lo studio delle interazioni tra quarks strani e nucleoni.

Transizione di fase nella materia adronica: a LHC l'esperimento ALICE ha ricominciato la presa dati con nuovi rivelatori installati durante il LS2. Numerose le pubblicazioni, fra le quali spiccano le misure dell'effetto *dead-cone* della QCD e dell'interazione dei nuclei di anti-He. È in fase di studio la proposta di un *upgrade* ALICE3, previsto oltre il 2030.

Struttura nucleare e meccanismi di reazione: è ripresa l'attività sperimentale presso i LNL, in particolare con l'apparato AGATA che, dopo un *commissioning* di successo, è entrato nel vivo della prima campagna scientifica. In attesa della messa in funzione di SPES ai LNL e POTLNS ai LNS, i gruppi italiani hanno continuato i lavori di R&D e di costruzione.

Astrofisica nucleare: l'attività si è svolta ai LNGS, con l'inizio degli studi con LUNA-MV, presso i laboratori CIRCE di Caserta e in laboratori esteri. È iniziata la sperimentazione al CERN di n\_TOF con un nuovo fascio di neutroni ad alta intensità. PANDORA ai LNS ha iniziato la costruzione dell'apparato per misure di decadimenti in plasmi.

Simmetrie ed interazioni fondamentali: è iniziata la presa dati al nuovo deceleratore di antimateria ELENA al CERN, con numerosi gruppi italiani coinvolti. Iniziate le prime misure del raggio del protone a RAL. Proseguono le misure di effetti quantistici ai LNGS e le misure del momento di dipolo elettrico/magnetico presso l'acceleratore COSY (Germania).

Applicazioni e società: l'esperimento FOOT ha effettuato una prima serie di misure di sezioni d'urto di interesse medico per l'adroterapia e per lo studio di materiali adatti agli schermi di protezione dai raggi cosmici delle future missioni spaziali.

Nel periodo 2023-2025 proseguiranno le attività sperimentali in Italia e all'estero. La messa in funzione di SPES a LNL inizierà sul finire del 2024 mentre ai LNS le ricerche post-upgrade (POTLNS) dovrebbero partire nel 2025. Presso i LNS sarà completata la costruzione di PANDORA per misure di decadimento all'interno di plasmi, mentre si svilupperanno possibili future

sperimentazioni di fisica nucleare tramite l'uso di potenti laser. Sul piano più applicativo, al CNAO e in altri laboratori proseguiranno gli studi di FOOT sulle sezioni d'urto nucleari per adroterapia e per la radioprotezione nei viaggi spaziali.

### ***Fisica teorica***

Le attività di ricerca INFN nel campo della fisica teorica sono coordinate dalla CSN4. Una rilevante frazione della ricerca in fisica teorica è fortemente legata alla ricerca sperimentale.

Durante il 2022 la comunità teorica è stata organizzata in 35 progetti di ricerca (Iniziative Specifiche). Nel seguito sono commentate le attività scientifiche della CSN4.

Fisica di precisione del Modello Standard: la precisione raggiunta negli esperimenti a LHC e le proiezioni per i futuri *run* ad alta luminosità hanno dato un vigoroso impulso a tecniche di calcolo sempre più raffinate e alla realizzazione di strumenti computazionali adatti a un confronto significativo tra predizioni teoriche e dati sperimentali. Nell'ambito degli studi su futuri collider con fasci leptonici, sono state sviluppate descrizioni di altissima precisione delle collisioni leptoniche di alta energia.

Fisica oltre il Modello Standard: nell'ambito delle ricerche di nuove teorie che estendano il modello, particolare attenzione è stata dedicata allo studio delle possibili classi di modelli in grado di spiegare contemporaneamente alcuni recenti risultati sperimentali, come le anomalie osservate da LHCb concernenti possibili violazione dell'universalità leptonica e la discrepanza tra la predizione teorica e le recenti misure di  $g-2$ .

Fisica nucleare e adronica: in tale settore si segnalano le attività teoriche connesse con lo sviluppo del progetto e le attività relative all'interpretazione dei risultati di ALICE sulla materia adronica ad alta temperatura e densità e, infine, le ricerche in astrofisica nucleare.

Onde Gravitazionali: con la rivelazione sperimentale delle onde gravitazionali, le ricerche in fisica teorica hanno visto un notevole sviluppo, consolidato nel corso del 2022, nello studio delle sorgenti di tali segnali. Si segnalano gli studi sulle potenzialità future del progetto ET.

Fisica dei neutrini: degni di nota i progressi nelle analisi globali di tutti i dati sperimentali disponibili nel settore dei neutrini, mirate alla determinazione delle masse e dei parametri di oscillazione.

Cosmologia e Materia Oscura: sulla base dei dati di survey cosmologiche provenienti da esperimenti nello spazio, sono stati ottenuti progressi significativi nello studio teorico della natura del *dark universe* in relazione al modello cosmologico di riferimento.

Saranno ulteriormente sviluppate le tematiche che contribuiscono alla formulazione di nuovi modelli per migliorare la comprensione delle interazioni fondamentali. Grande attenzione sarà posta alle analisi globali dei dati sperimentali, includendo dati provenienti dagli acceleratori, dallo spazio, dagli interferometri per onde gravitazionali, da esperimenti che cercano la materia oscura e studiano le proprietà dei neutrini. Oggetto di indagine per la CSN4 saranno anche i grandi progetti futuri in cui l'INFN gioca un ruolo chiave, come i futuri collider (FCC, m collider, EIC) e il progetto ET.

### ***Ricerca tecnologica e interdisciplinare***

La CSN5 finanzia e coordina i progetti di R&D per il supporto tecnologico agli esperimenti di fisica fondamentale dell'INFN. Oltre alle applicazioni nella ricerca fondamentale, sono sviluppate attività con significativi impatti socioeconomici, come l'imaging medico, la diagnostica, l'analisi e la protezione dell'ambiente e del patrimonio culturale. Un impatto molto significativo è stato lo sviluppo di piani di trattamento radioterapico con particelle cariche e neutroni. Nel 2022, l'attività di CSN5 è stata sviluppata attraverso 94 progetti che spaziano dalle tecnologie quantistiche all'AI per la diagnostica medica, dai rivelatori per calorimetri ai beni culturali. Quasi il 40% del bilancio della CSN5 è dedicato a reti di grandi dimensioni e borse per giovani ricercatori.

Tra i diversi progetti è degno di nota il bando DARTWARS, con l'obiettivo di realizzare rivelatori superconduttori a basso rumore. L'obiettivo del bando FALAPHEL è invece quello di migliorare lo

stato dell'arte dei collegamenti dati ad alta velocità e dei circuiti di lettura a segnale misto per le future applicazioni di rivelatori di pixel ad alta velocità. Nel 2023 saranno finanziati diversi nuovi progetti basati sulle *quantum technologies*. UNIDET realizzerà un dispositivo, integrato otticamente, per la rivelazione simultanea del numero e della fase dei fotoni, che include la produzione di un chip utilizzabile per applicazioni nel *quantum sensing* e nel *quantum computing*. Qub-IT è un progetto rivolto alla costruzione di un rivelatore del singolo fotone che sorpassa i precedenti dispositivi in termini di efficienza e basso rumore. QU-ISS è un progetto dedicato allo sviluppo di un rivelatore basato sulla correlazione quantistica, utile per ottenere nelle immagini mediche risoluzioni eccellenti con piccolissimo rumore e per raggiungere elevatissime risoluzioni. Dal punto di vista dei beni culturali, metodi analitici basati sui neutroni sono in via di sviluppo in progetti come CHNET-BRONZE. Nel 2023, la ricerca interdisciplinare su argomenti all'avanguardia come la *flash therapy* dei tumori, perseguita dal bando FRIDA, permetterà anche di approfondire lo sviluppo di nuove tecnologie di acceleratori per l'erogazione di alte dosi focalizzate su impulsi brevi.

L'INFN è da sempre all'avanguardia nel calcolo scientifico. L'istituto ha infatti una lunga storia di supporto, sviluppo ed utilizzo di infrastrutture di calcolo e storage distribuito. Con l'avvento del LHC, sono aumentate drammaticamente le esigenze di calcolo e di storage e hanno portato all'evoluzione di un'infrastruttura di calcolo che è diventata parte integrante dell'istituto. Dall'altro lato anche le ricerche in fisica teorica richiedono l'impiego di rilevanti risorse che hanno richiesto e richiedono significativi investimenti nel campo del calcolo HPC (*High Performance Computing*). Negli ultimi due decenni l'INFN ha realizzato, grazie anche a un cospicuo contributo da progetti europei, un'infrastruttura nazionale multidisciplinare a supporto del calcolo scientifico tra le più vaste d'Europa, basata sul modello del *grid computing*, che riveste un ruolo fondamentale nella *grid* europea EGI (*European Grid Infrastructure*) e in WLCG (*Worldwide LHC Computing Grid*). L'infrastruttura è costituita da un *Tier-1* e 10 centri *Tier-2*. La leadership acquisita ha consentito all'INFN di contribuire in modo significativo allo sviluppo delle iniziative EOSC (*European Open Science Cloud*), EDI (*European Data Infrastructure*) e EuroHPC (*European HPC*). La piattaforma IBISCo, coordinata dall'INFN, ha comportato una stretta collaborazione con altri Enti di Ricerca (CNR, INAF e INGV) e le Università di Bari "Aldo Moro" e di Napoli "Federico II". In questo contesto si è collocato anche il progetto SUPER, POR-FESR della Regione Emilia-Romagna, che ha portato a un potenziamento e una maggiore integrazione delle risorse di CINECA e CNAF. Questo *hub* di calcolo è uno degli elementi chiave del modello *data lake* che l'INFN intende adottare per la gestione della grande quantità di dati prodotta a HL-LHC (*High Luminosity-LHC*) e rappresenta il prototipo dell'infrastruttura che si realizzerà con i progetti PNRR che si sono nel frattempo costituiti.

Nel 2022 si è concretizzata la proposta, coordinata dall'INFN, del Centro di *HPC, big data e quantum computing* (localizzata al Tecnopolo di Bologna) nell'ambito del PNRR, pensato per potenziare l'infrastruttura di calcolo nazionale. Il Centro Nazionale ICSC-XC, coinvolge oltre 1500 ricercatori di diversi EPR e Università con un budget di 320 M€ su tre anni. Nell'ambito dei progetti PNRR, l'INFN partecipa ad altri progetti per il calcolo: TeRABIT, Itineris, FAIR, ECOSISTER, THE e DARE.

Nel novembre 2022 è stato inaugurato al Tecnopolo di Bologna il supercalcolatore *pre-exascale* (250 PFlop) Leonardo, al quarto posto nella "Top-500" dei centri HPC mondiali, finanziato dalla JRU EuroHPC e dal MUR, in cui l'INFN e CINECA sono partner principali.

Grazie al notevole *know-how* nell'ambito delle architetture di calcolo e delle tecnologie associate, l'INFN riesce sempre ad avere un ruolo significativo nell' R&D nel settore HPC, come dimostrano i progetti H2020 ExaNeSt e il suo successore EuroExa, nonché la partecipazione alla *flagship* HBP (*Human Brain Project*) con il progetto WaveScale.

Per quanto riguarda le prospettive del calcolo scientifico, l'INFN partecipa a diversi progetti legati alla iniziativa europea EOSC e in EuroHPC di cui è partner principale, insieme a CINECA. Nel 2023 il *Tier-1* WLCG del CNAF si affiancherà a "Leonardo", costituendo in questo modo un *data center* unico nel panorama europeo per capacità di calcolo e di gestione e analisi di dati sperimentali.



Questo hub è uno degli elementi chiave del modello *data lake* che l'INFN intende adottare per la gestione della grande quantità di dati prodotta a HL-LHC. Un secondo *hub* è costituito dalla infrastruttura di calcolo realizzata dal progetto IBiSCo, finanziato dal MUR e di cui l'INFN è stato coordinatore. Nel contesto di ICDI (Infrastruttura Calcolo e Dati Italiana) saranno creati due nuovi centri di calcolo tematici ai LNF e ai LNGS, dedicati rispettivamente allo studio sulla resilienza ai disastri naturali e antropici. Nel prossimo decennio, le risorse necessarie per il calcolo scientifico aumenteranno in maniera consistente. Per affrontare questa sfida, l'INFN continuerà a partecipare a varie attività di R&D, anche attraverso progetti europei.

HPC: nei prossimi anni i sistemi HPC alla scala dell'ExaFlops raggiungeranno la maturità tecnologica necessaria per entrare in produzione nei centri di calcolo. La strategia europea per il supercalcolo viene attuata attraverso l'iniziativa EuroHPC JU (*Joint Undertaking*), che colleziona i finanziamenti a livello Europeo in ambito HPC e ha un comitato di indirizzo scientifico e finanziamento dell'infrastruttura di calcolo Europeo. L'INFN continuerà ad operare attivamente in questo ambito, per garantire l'evoluzione del sistema realizzato al Tecnopolo, partecipando inoltre alle attività di ricerca finalizzate all'esplorazione tecnologica e al progetto di sistema per piattaforme *ExaScale* europee previste, dall'ulteriore *pillar* di EuroHPC JU.

Quantum computing: Attualmente sono disponibili sistemi dotati di decine di *qubit entangled*, accessibili via modalità *cloud*. L'Europa ha deciso di scommettere sulle *Quantum Technologies* (un *superset* di *Quantum Computing*) come motore per lo sviluppo europeo, attraverso il progetto multimilionario e pluriennale *Flagship*: l'INFN farà parte del filone di ricerca e sviluppo sulle tecnologie quantistiche. L'INFN è l'unico partner non statunitense del progetto SQMS (*Superconducting Quantum Materials and Systems Center*), con sede al *Fermilab*, finanziato dal DOE (*Department of Energy*) con 115 M\$. L'Ente contribuirà al progetto grazie al suo *know-how* nelle tecnologie superconduttive e criogeniche e nello sviluppo di rivelatori. L'INFN è entrato nella rete europea QuantERA e sarà in grado di partecipare alle call in cui vengono svolti test per gli sviluppi delle tecnologie e degli algoritmi. Tramite la partecipazione alle attività su quantum computing del Centro Nazionale ICSC, che fra l'altro acquisirà un acceleratore quantistico per "Leonardo" e al partenariato esteso QST, l'INFN consoliderà ulteriormente il proprio ruolo in quest'ambito.

## LE INFRASTRUTTURE DI RICERCA

Le infrastrutture di ricerca dell'INFN si articolano in quattro grandi laboratori nazionali più altri centri di ricerca per iniziative specifiche. La linea seguita dall'INFN è sempre stata quella di evitare duplicazioni o frammentazioni nella realizzazione delle sue infrastrutture di ricerca, puntando alla valorizzazione delle peculiarità e specializzazioni di ciascuna di esse in un quadro di forte integrazione e collaborazione sinergica. I quattro Laboratori Nazionali, Frascati (LNF), Gran Sasso (LNGS), Legnaro (LNL) e Laboratori del Sud (LNS), sono laboratori di ricerca, vale a dire, oltre a dare supporto alle attività sperimentali che i propri ricercatori svolgono in altri laboratori, ciascuno di loro porta avanti importanti progetti di ricerca in loco.

LNF. Costruiti nel 1955, i LNF sono stati la prima struttura di ricerca italiana per lo studio della fisica nucleare e subnucleare con macchine acceleratrici e sono il più grande laboratorio di cui l'INFN dispone. La caratteristica principale dei Laboratori Nazionali di Frascati consiste nella progettazione e realizzazione di acceleratori di particelle. Attualmente sono in funzione a Frascati due acceleratori, DAFNE, un collisore elettroni-positroni che detiene il record mondiale di luminosità a bassa energia, e l'acceleratore lineare SPARC usato per produrre luce LASER con elettroni oscillanti in campo magnetico, detto FEL (*Free Electron LASER*). La produzione di luce LASER con questa tecnica è assolutamente di avanguardia. All'interno del complesso di DAFNE è presente una linea di fascio

denominata BTF (*Beam Test Facility*), che fornisce due fasci di positroni/elettroni sino ad un'energia massima di 500 MeV. Questi fasci sono impiegati per un'ampia gamma di ricerca sia di fisica fondamentale che applicata. Per le attività legate al progetto SPARC si sta procedendo con un'intensa attività di R&D volta alla realizzazione dei gradienti necessari per l'implementazione di nuove tecniche di accelerazione ultracompatte basate sull'interazione di fasci di elettroni con onde di plasma. Nel corso del 2022 sono stati ottenuti risultati di grandissimo rilievo: per la prima volta al mondo, è stata osservata produzione di luce laser prodotta da un fascio accelerato al plasma. Gli esperimenti su menzionati sono da considerarsi prodromici alla realizzazione del progetto europeo EuPRAXIA (*European Plasma Research Accelerator with eXcellence In Applications*). Il progetto, che prevede lo sviluppo di un nuovo acceleratore di particelle al plasma, consentirà di ridurre significativamente i costi e le dimensioni di un acceleratore di particelle ed è stato inserito ufficialmente nel programma delle infrastrutture europee (ESFRI). Nel corso del 2022 è stata sottomessa la richiesta per l'indizione della conferenza dei servizi, necessaria per dar via agli importanti lavori edili per la realizzazione della struttura atta ad ospitare la facility. Inoltre, nel 2022 sono stati approvate importanti iniziative che coinvolgono il Laboratorio nell'ambito del PNRR e che comporteranno grandi sforzi costruttivi nel corso del prossimo triennio.

LNGS. Si tratta del più grande ed importante laboratorio sotterraneo al mondo. Le grandi dimensioni dell'area sperimentale sotterranea, la facilità di accesso e l'imponente schermatura, oltre che la bassa radioattività intrinseca della roccia stessa, lo rendono un'infrastruttura di ricerca di riferimento a livello mondiale per la fisica "underground". A partire dagli anni '80, i LNGS hanno ospitato esperimenti dedicati allo studio dei neutrini emessi dai nuclei stellari, gettando per la prima volta luce sulle proprietà e l'evoluzione delle stelle. Esperimenti come GALLEX, GNO e infine Borexino hanno svolto un ruolo cruciale nella comprensione dei meccanismi di funzionamento della nostra stella più vicina: il sole. Esperimenti di ultima generazione sulla ricerca del doppio decadimento beta senza emissione di neutrini, come CUORE e GERDA, e i loro successori nel prossimo futuro, CUPID e LEGEND, studiano ancora più approfonditamente le proprietà del neutrino per cercare di confermare, o smentire le ipotesi sulla sua natura formulate negli anni '30 dal fisico italiano Ettore Majorana. Il processo di selezione sugli esperimenti che studiano questo decadimento raro ha permesso di identificare nei LNGS l'hub dove i più importanti esperimenti a livello europeo potrebbero essere realizzati nell'arco dei prossimi 5/7 anni. Inoltre, i LNGS si sono caratterizzati negli ultimi 35 anni come laboratorio leader a livello mondiale nello studio di un altro grande mistero dell'universo: la materia oscura. Esperimenti come XENON1T/XENONnT, CRESST, DAMA e DarkSide sono all'avanguardia a livello internazionale nello studio e nella ricerca della materia oscura. I LNGS perseguono anche attività di ricerca nell'ambito dell'astrofisica nucleare. Durante il 2022 la nuova "Enrico Bellotti *Ion Beam Facility*" è stata completata attraverso la messa in funzione del nuovo acceleratore da 3.5 MV e con l'inizio del 2023 inizieranno gli esperimenti per studiare nel dettaglio le reazioni che avvengono all'interno dei nuclei delle stelle al fine di meglio comprendere l'origine degli elementi che hanno portato all'evoluzione dell'Universo. I Laboratori Nazionali del Gran Sasso si stanno dotando inoltre, grazie ad un finanziamento del Ministero dell'educazione e della ricerca tedesco BMBF (*Bundesministerium für Bildung und Forschung*), di nuove infrastrutture che andranno a supporto sia degli esperimenti che delle attività di R&D. Oltre alle linee di ricerca di fisica fondamentale, i LNGS sono coinvolti nello sviluppo di sistemi e infrastrutture di ricerca per il calcolo quantistico. Sfruttando le competenze in ambito criogenico dei laboratori, oltre alla possibilità di condurre misure in sotterranea minimizzando l'effetto dei raggi cosmici, il progetto SQSM, nato da una collaborazione tra l'INFN e il FNAL (*Fermi National Laboratory*) e finanziato pressoché integralmente dal DoE (*Department of Energy*) americano, studia gli aspetti connessi allo sviluppo dei computer quantistici. In ambito geologico, l'accordo siglato tra INFN e INGV sta portando alla realizzazione del primo array sismico sotterraneo in Italia ed è uno dei più estesi al mondo. Il 2022 è risultato particolarmente importante per lo sviluppo delle future attività dei LNGS; infatti, nell'ambito

del PNRR il progetto presentato sulla linea delle Infrastrutture di Ricerca, LNGS-Future, ha ottenuto una eccellente valutazione risultando al terzo posto tra i progetti proposti in ambito nazionale.

LNL. Il laboratorio è dedicato alla fisica e astrofisica nucleare di base, assieme allo sviluppo delle tecnologie nucleari connesse, e trova i suoi punti di forza nello sviluppo di rivelatori di radiazioni nucleari e nella realizzazione di acceleratori innovativi per ioni. Ai LNL operano cinque macchine acceleratrici, tutte utilizzate con continuità dalla comunità scientifica nazionale e internazionale per studi in fisica nucleare, condotti con fasci di ioni pesanti, e per applicazioni volte allo studio dei materiali, alla fisica dei neutroni e per ricerche interdisciplinari. La strategia per il futuro del laboratorio è centrata sul progetto SPES, un'infrastruttura di ricerca, attualmente in fase di installazione, che sarà dedicata a studi di fisica nucleare tramite fasci di ioni instabili (studio della struttura di nuclei esotici, come quelli che si formano nelle ultime fasi di evoluzione delle stelle, e dei meccanismi di reazione in collisioni tra ioni pesanti a basse energie), ad attività di ricerca nel campo dei radioisotopi di interesse medico ed alla produzione di nuovi radiofarmaci per la medicina nucleare. Nell'ambito dello sviluppo di rivelatori a semiconduttore continueranno gli studi sulle tecnologie innovative applicate alla realizzazione di rivelatori al germanio iperpuro (HPGe) in collaborazione con il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli Studi di Padova. Per quanto riguarda il progetto IFMIF (*International Fusion Material Irradiation Facility*) sono in corso a Rokkasho (Giappone) le attività legate alla messa in funzione del Linac ad alta intensità. Prosegue inoltre l'attività di progettazione della facility DONES per il test dei materiali rilevanti per la fusione nucleare in Europa. Per quanto riguarda il progetto ESS (*European Spallation Source*) l'INFN, tramite LNL e la sezione di Torino, ha in carico la realizzazione del DTL (*Drift Tube Linac*). Nell'ambito del PNRR i Laboratori sono coinvolti in importanti progetti di ricerca INFN.

LNS. Il laboratorio opera nei campi della fisica nucleare e dell'astrofisica nucleare e particellare ed anche in differenti ambiti della ricerca applicata. Ai LNS sono infatti presenti una sala di irraggiamento per la protonterapia (Catana), un laboratorio per i beni culturali (LANDIS), un laboratorio per la radioattività ambientale e ulteriori laboratori per attività multidisciplinari (fotonica, biologia, chimica, ecc.). Da giugno 2020 gli acceleratori sono stati spenti per dare avvio al progetto di potenziamento dell'intera infrastruttura, mirato principalmente alla produzione di fasci di ioni leggeri ad alta intensità accelerati con il Ciclotrone Superconduttore (CS) e finanziato dal PON Ricerca e Innovazione 2014-2020. Attualmente, la consegna presso i LNS del nuovo magnete superconduttore è prevista per il secondo trimestre del 2024. Da quella data inizieranno le attività di rimontaggio e messa in funzione del CS. Procedono inoltre tutte le attività inerenti alla realizzazione della linea di produzione di fasci radioattivi in volo, che vedrà l'installazione del nuovo *fragment separator* FRAISE. La data prevista per il completamento del finanziamento del progetto è giugno 2023. L'obiettivo finale è quello di rendere possibili, presso l'infrastruttura, esperimenti di fisica Nucleare e Applicata che studiano processi rari e pertanto richiedono fasci intensi. A tal fine è in corso l'upgrade dell'apparato sperimentale MAGNEX, per la gestione dell'alta luminosità prevista dall'esperimento NUMEN che studierà gli elementi di matrice nucleare del doppio decadimento beta senza neutrini, tramite accurate misure di sezioni d'urto di doppio scambio di carica. Inoltre, il multirivelatore CHIMERA continuerà la sua attività principalmente nell'ambito dell'esperimento CHIRONE che punta a studiare l'equazione di stato della materia nucleare ed il ruolo dell'energia di simmetria, i meccanismi di reazione, l'influenza ed il ruolo dell'isospin e del clustering, la spettroscopia dei nuclei leggeri attorno alla *dripline* per neutroni, con l'obiettivo di individuare fenomeni di clusterizzazione esotica. Nel campo dell'Astrofisica Nucleare, alla riaccensione del TANDEM proseguirà l'intensa attività di studio del gruppo ASFIN, utilizzando sia fasci stabili che radioattivi con lo scopo di migliorare le conoscenze in molti campi di indagine astrofisica tuttora aperti, come la struttura ed evoluzione di stelle in sequenza principale, pre-sequenza o AGB, e stadi avanzati o esplosivi, nucleo sintesi ed energetica stellare e primordiale. Un ulteriore importante

sviluppo dei LNS nel campo multidisciplinare della fisica dei plasmi e dell'astrofisica nucleare è stato avviato con l'esperimento PANDORA, che mira a realizzare per la prima volta un esperimento per la misura dei decadimenti  $\beta$  in plasmi, di rilevanza astrofisica, e la misura delle opacità di plasmi di interesse astrofisico. Nel contesto delle attività di fisica astro-particellare e dell'astrofisica multi-messaggera, i LNS partecipano direttamente a quattro progetti: KM3NeT ed ET/Virgo, Dark Side e DUNE. In particolare, i LNS sono in prima linea nella costruzione del telescopio KM3NeT/ARCA che ha come obiettivo principale la rivelazione dei neutrini cosmici di alta energia e lo studio dei loro flussi e delle loro sorgenti. La stazione di terra di KM3NeT, situata all'interno del porto di Portopalo di Capo Passero (SR), è pienamente operativa ed ospita il centro di calcolo necessario alla gestione e trattamento dati (trigger/storage/data transfer) e il sistema che fornisce la potenza elettrica per l'alimentazione e operatività del telescopio per neutrini nella sua configurazione finale. Parte del laboratorio di terra sarà utilizzato per attività di ricerca multidisciplinari (geofisica, vulcanologia, biologia marina). Presso i LNS è inoltre presente un'intensa attività legata alla R&D e alle applicazioni della fisica in medicina. Presso INFN-LNS verrà inoltre realizzata una facility, denominata I\_LUCE (*INFN Laser IndUCed particle acceleration*), che renderà disponibili alla comunità i nuovi fasci laser-driven di elettroni, gamma e ioni per applicazioni nucleari e multidisciplinari che verrà finanziata anche dai progetti EuAPS, SAMOTHRACE e ANTHEM su fondi PNNR. Saranno altresì possibili studi basati sulla interazione di plasmi altamente densi, generati nella interazione laser-materia, con i fasci di ioni già disponibili presso LNS, e ciò renderà possibile un ampio ventaglio di studi, sia nell'ambito della fisica Nucleare, che dell'Astrofisica e della fisica dei Materiali. Il LNS è inoltre coinvolto in molteplici progetti INFN legati ai finanziamenti del PNRR.

Oltre ai 4 grandi laboratori, l'INFN possiede altri importanti centri di ricerca:

EGO è un consorzio internazionale (INFN, CNRS/ Francia e NIKHEF/Olanda) costituito nel 2000 per terminare la costruzione, operare, mantenere e sviluppare l'interferometro Virgo (collaborazione internazionale di 660 membri provenienti da 13 paesi), volto allo studio delle onde gravitazionali. Virgo è uno dei tre maggiori interferometri nel mondo, insieme ai due americani LIGO. Nella versione Advanced, che ha iniziato la presa dati nel 2017, ha contribuito in modo cruciale alla scienza degli ultimi anni, consentendo tra l'altro di rivelare la prima coalescenza di un sistema binario di stelle di neutroni e aprendo così le porte all'astronomia multi-messaggera. Per questo risultato Virgo è stata nominata nel 2021 *Milestone IEEE* per la scienza e la tecnologia. L'attività di EGO si inserisce in un programma di sviluppo a livello internazionale, mirato al potenziamento degli interferometri attuali (Virgo è in fase di upgrade verso la configurazione Advanced Virgo Plus) e allo sviluppo di futuri osservatori, quali ET, il progetto europeo per un osservatorio sotterraneo e criogenico di terza generazione che nel 2021 è stato inserito ufficialmente nella *roadmap* delle infrastrutture europee ESFRI ed è parte anche del programma INFN per il PNRR (progetto ETIC).

CNAF è stato fondato nel 1962 come centro tecnologico dell'INFN dedicato all'analisi e alle misure ad alta precisione delle pellicole fotografiche delle camere a bolle. Ora è il centro nazionale dell'INFN dedicato alla ricerca e allo sviluppo nel campo delle discipline informatiche e telematiche e alla gestione dei relativi servizi per le attività di ricerca dell'Istituto. Ospita il *Tier1*, il centro nazionale di calcolo dell'INFN, che fornisce risorse e servizi di calcolo e *storage* a più di 40 collaborazioni scientifiche alle quali l'INFN partecipa; attualmente il Tier1 mette a disposizione circa 50000 *core* di calcolo, una capacità di memorizzazione veloce (*online* su disco) di 50 petabyte (PB) e un sistema di archiviazione a lungo termine (su nastro) di quasi 100 PB. È uno dei 10 centri *Tier1* a livello mondiale del WLCG (*Worldwide LHC Computing Grid*) per la gestione e l'analisi dei dati degli esperimenti a LHC (che assommano a circa il 70% del totale dei dati memorizzati al CNAF). Dal 2020 il CNAF, in collaborazione con il CINECA, è impegnato nella realizzazione di un nuovo *data center* al Tecnopolo di Bologna, che permetterà di ospitare una quantità di risorse di calcolo e

storage almeno un ordine di grandezza superiore a quelli dell'attuale centro di calcolo. Con l'approvazione del PNRR, il Tecnopolo, già principale centro di calcolo per ECMWF, INFN e CINECA, assumerà ulteriore importanza nel panorama nazionale come uno dei pilastri fondamentali dell'ICSC (*Italian Center for Super Computing*), il nuovo centro nazionale su *Big Data*, *HPC* e *Quantum Computing*. Il centro, a guida INFN e con la partecipazione di EPR ed Università, oltre al CINECA ed al GARR, ha come obiettivo principale la creazione di una grande infrastruttura di calcolo, basata sui paradigmi di *cloud* e *data lake*, in grado di coprire le esigenze della comunità scientifica italiana.

LABEC è una struttura della Sezione INFN e dell'Università di Firenze, che ha come strumento principale un acceleratore di particelle (Tandem da 3 MV), col quale si effettuano applicazioni interdisciplinari di tecniche della fisica nucleare, soprattutto per applicazioni nel settore dei beni culturali (datazioni col metodo del Carbonio14 e analisi composizionale dei materiali usati in opere d'arte) e nell'ambito di problemi ambientali (controllo della qualità dell'aria con la misura della composizione delle polveri fini in atmosfera). Il LABEC è inoltre la sede centrale della rete di Trasferimento Tecnologico per i beni culturali CHNet, creata nel 2017. La rete è composta da laboratori INFN e da centri di ricerca nazionali e internazionali impegnati nello sviluppo e nell'applicazione di tecniche analitiche per lo studio dei beni culturali.

LASA è stato fondato nel 1987 presso la sezione INFN di Milano. La sua missione principale è quella di sviluppare, in collaborazioni internazionali, i grandi acceleratori di particelle basati sui sistemi superconduttori per l'accelerazione (cavità RF) e la guida dei fasci attraverso magneti. Accanto ai due filoni storicamente presenti originati dalla applicazione della superconduttività alla guida dei fasci (magneti superconduttori) per le future macchine acceleratrici del CERN (FCC, *muon collider*) ed alla accelerazione (cavità a RF) di macchine a elettroni/protoni, quali ESS e PIP-II, si è rafforzato negli ultimi anni un nuovo filone connesso allo sviluppo di iniettori per elettroni ad alta brillantezza e studio di schemi di accelerazione con una particolare attenzione alle problematiche di sostenibilità energetica degli acceleratori (*Energy Recovery Linac*). Queste ultime competenze, ora disponibili congiuntamente alla teoria e calcolo sulle sorgenti di radiazione avanzate (FEL e ICS), nonché alla fisica e tecnologia delle cavità ottiche *Fabry-Perot*, sono la base per la partecipazione alla realizzazione di macchine analitiche, interdisciplinari, in ambiente internazionale. Lo sviluppo e la realizzazione di nuovi e più potenti magneti superconduttori al LASA per i futuri collisori di particelle sono parte integrante del programma INFN finanziato con fondi PNRR.

GGI nasce del 2005 da un accordo tra INFN e Università degli Studi di Firenze come primo Istituto Europeo dedicato a programmi di ricerca (*workshop*) di lunga durata su argomenti di punta della fisica teorica. Oltre alla presenza di competenze ed alla sinergia tra le strutture di ricerca e formazione coinvolte, il successo del GGI, si deve anche al particolare formato dei programmi di ricerca che lascia ampio spazio a discussioni libere e a collaborazioni tra i partecipanti che richiama la tradizione del sito storico dove l'Istituto è ubicato. Il ruolo ed il successo del GGI come istituto di formazione e ricerca sono stati riconosciuti dall'INFN che lo ha promosso a Centro Nazionale di Studi Avanzati nel 2018. Contestualmente alla formazione del Centro, l'INFN ha istituito un premio, la *Galileo Galilei Medal*. Tale prestigioso riconoscimento viene consegnato ogni due anni a fisici che hanno dato, nei precedenti 25 anni, contributi rilevanti nel campo della fisica teorica.

TIFPA, nato nel 2013 da un accordo di collaborazione tra l'INFN, l'Università di Trento, la Fondazione Bruno Kessler (FBK) e l'APSS (Azienda Provinciale per i Servizi Sanitari) di Trento, intende potenziare prioritariamente le ricerche in nuovi settori che risultano strategici dal punto di vista tecnico-scientifico con ampie potenzialità di tipo applicativo/industriale. La principale infrastruttura del TIFPA è il centro di protonterapia ed in particolare la sala sperimentale che contiene

due linee di fascio, una dedicata agli studi preclinici di radiobiologia e fisica medica, e l'altra alla fisica spaziale, in particolare alle schermature per missioni in LEO o interplanetarie, e ad applicazioni industriali (danno alla microelettronica, Si-wafers ecc.). Inoltre, il centro TIFPA porta avanti una serie di progetti di ricerca sulla *quantum science and technology*, che insieme costituiscono un nuovo asse fondamentale della propria attività, anche in vista delle attività di ricerca finanziate con il PNRR. La partnership istituzionale con FBK e UniTn dà inoltre accesso a una serie di *facilities* e competenze sperimentali e teoriche nell'ambito delle scienze e tecnologie quantistiche (fotonica, CQED, dispositivi basati su ioni intrappolati) a vantaggio delle attività sia locali che nazionali dell'INFN e con potenziali ricadute nelle applicazioni industriali nella sensoristica e nelle infrastrutture di comunicazione.

## **I PROGETTI CON ALTRI ENTI E UNIVERSITÀ, EUROPEI, ERIC E FONDI ESTERNI**

L'INFN mantiene in maniera stabile l'integrazione con il sistema universitario nazionale nell'ambito di un rapporto fortemente sinergico che prevede la messa in comune di risorse umane e strumentali, con notevole risparmio di sistema. Ciò si realizza tramite la presenza diretta nei Dipartimenti di Fisica in ventisei Università (20 Sezioni, 4 Laboratori Nazionali 6 Gruppi Collegati tre Centri Nazionali) e forme di collaborazione quadro stabili con dieci Università. La disciplina dei rapporti con le Università è regolata, come da Statuto, con apposite Convenzioni Quadro che regolano l'utilizzo di spazi, personale e attrezzature per le attività di comune interesse; ed a diversi Accordi specifici che disciplinano singole iniziative e che possono riguardare laboratori o Strutture di ricerca congiunti, l'assunzione di ricercatori a tempo determinato, l'attivazione di corsi di dottorato o master congiunti, forme di mobilità del rispettivo personale e altre specifiche iniziative.

L'INFN promuove e favorisce ogni iniziativa intesa a intensificare i rapporti scientifici con le istituzioni e i ricercatori stranieri con in media circa 500 ricercatori stranieri che visitano le nostre Strutture ogni anno. L'Istituto da tempo collabora con i principali enti pubblici nazionali di ricerca (CNR, ENEA, ASI, INGV, Sincrotrone Trieste, INAF, Centro Fermi e INRIM) e sono inoltre attive altre collaborazioni con il CNISM, con il CINECA, con lo IOV, il CNAO e diverse IRCCS quali il Policlinico S. Martino di Genova e l'Istituto Tumori Giovanni Paolo II di Bari.

L'INFN opera in un vasto contesto di collaborazioni internazionali: al CERN di Ginevra mantiene un ruolo di primo piano in tutti gli esperimenti LHC; è presente anche negli altri grandi laboratori internazionali, quali, per citarne alcuni: FERMILAB, SLAC, BNL, e JLAB (Stati Uniti); PNPI, BINP e JINR (Federazione Russa); IHEP (Cina); RIKEN e KEK (Giappone); BARC (India), DESY e GSI (Germania); ESRF (Francia), ecc. L'INFN ha sottoscritto più di 100 accordi di cooperazione scientifica con Istituti di ricerca situati in 30 Paesi; inoltre sono programmati annualmente incontri bilaterali con i rappresentanti delle principali Istituzioni di ricerca dei seguenti paesi: Cina (IHEP), Francia (CNRS/IN2P3, CEA), Regno Unito (STFC), Russia (JINR, Kurchatov Institute), Stati Uniti (DOE, NSF). Viste le attuali condizioni internazionali, i rapporti di cooperazione e gli scambi scientifici con la Russia sono interrotti.

L'Istituto è impegnato nella realizzazione di Infrastrutture di Ricerca (IR) localizzate in Italia e generalmente in Europa nell'ambito del programma ESFRI. Nel 2022 la Roadmap di ESFRI ha visto l'approvazione, con l'inizio della *Preparatory Phase*, dei progetti ET ed EuPRAXIA.

L'INFN prosegue la collaborazione con CNR ed ELETTRA allo sviluppo delle IR europee basate su acceleratori di elettroni che alimentano sorgenti di raggi X da sincrotrone o da Free Electron Laser (facility ESRF, EuroFEL e XFEL) su sorgenti di impulsi ultra-brevi e ultra-intensi (facility ELI) e su acceleratori di ioni (protoni) che alimentano sorgenti di spallazione di neutroni (ESS).

Ha inoltre partecipato alla realizzazione di SESAME (*Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East*), che costituisce il più importante centro di ricerca internazionale del Medio Oriente, nel quale sono coinvolti Israele, Giordania, Iran, Cipro, Pakistan, Egitto, Palestina e Turchia e recentemente, grazie ad un accordo trilaterale con SESAME e PSI, è stato fatto un upgrade del LINAC per migliorare le prestazioni di macchina.

L'Ente, con il forte supporto del MUR, sta perseguendo trasformazione delle due grandi infrastrutture di ricerca nazionali LNGS ed EGO-VIRGO in ERIC (*European Research Infrastructure Consortium*), mentre nel caso di KM3NeT, inizialmente pensato come ERIC, si stanno finalizzando tutti i documenti previsti per la costituzione di una associazione internazionale no-profit (AISBL) basato sulla legislazione belga con sede di rappresentanza in Sicilia.

L'Italia, con INAF ed INFN, partecipa altresì al progetto CTA (*Cherenkov Telescope Array*), grande collaborazione internazionale che beneficia del contributo di oltre 1400 scienziati e ingegneri di tutti e cinque i continenti.

L'Istituto ha sviluppato una strategia di accesso ai finanziamenti per la Ricerca e l'Innovazione nazionali ed internazionali.

Per quanto riguarda il principale programma europeo di interesse per la Ricerca ed Innovazione, Horizon Europe, gli sforzi si concentrano principalmente nella *excellent science*, dove sono presenti bandi bottom up dedicati alla ricerca *curiosity driven*, quali ERC (*European Research Council*) e MSCA (*Marie Skłodowska Curie Actions*), e azioni dedicate al consolidamento, apertura, integrazione ed interconnessione delle Infrastrutture di Ricerca. C'è comunque una crescente attenzione e partecipazione verso i bandi di finanziamento degli altri due pilastri e verso le altre iniziative di R&I transnazionale, interdisciplinare e/o applicata.

La disponibilità dei fondi per il PNRR, che individua la ricerca e l'innovazione come motori per la ripartenza del Paese e come strumenti fondamentali per lo sviluppo economico e sociale, è considerata dall'Ente una occasione unica per contribuire alla ripresa della Nazione. L'Ente ha individuato una serie di proprie iniziative già in essere che grazie al finanziamento del PNRR potranno essere portate a compimento in tempi rapidi. Di particolare rilevanza per le azioni dell'Ente, è la Missione 4 del PNRR, "Istruzione e Ricerca", nello specifico la Componente 2, "Dalla ricerca all'impresa", che prevede diverse linee di intervento su cui le competenze scientifiche e tecnologiche e le IR dell'Istituto possono dare un contributo di grande valore per la realizzazione degli obiettivi del Piano. L'INFN ha partecipato a tutti i bandi che il MUR ha previsto per la Missione 4: Centri Nazionali, Ecosistemi dell'Innovazione, Partenariato esteso, Infrastrutture di Ricerca. In alcuni di questi progetti l'INFN rappresenta l'Ente capofila, mentre in altri è partner.

Nell'ambito dell'Investimento per la creazione dei Centri Nazionali su tecnologie abilitanti, l'INFN ha ottenuto il finanziamento per la realizzazione dell'[ICSC](#) – Centro Nazionale HPC, Big data e Quantum Computing. Realizzato e gestito dalla Fondazione ICSC, è uno dei cinque Centri Nazionali istituiti dal PNRR e conta 52 partecipanti tra enti pubblici, istituti privati e aziende.

Per quanto riguarda gli investimenti PNRR per la creazione, il rafforzamento o il network di Infrastrutture di Ricerca (IR), identificate come a priorità alta o media nel Piano Nazionale delle Infrastrutture di Ricerca (PNIR), l'Istituto ha ottenuto il finanziamento di sei progetti nell'ambito ESFRI *Physical Sciences and Engineering* e nell'ambito DIGIT. Le IR dell'Ente che potranno usufruire dei finanziamenti sono i LNGS, ET, KM3NeT ed EuPRAXIA. A queste si aggiungono un progetto ambizioso per potenziare il know-how tecnologico italiano nella superconduttività (IRIS) e la realizzazione di un network tra i principali computing center italiani (TeRABIT).

Inoltre, grazie alla capillarità della presenza delle strutture INFN sul territorio nazionale, l'Ente partecipa a livello regionale anche ad alcune proposte in risposta al bando sugli Ecosistemi dell'Innovazione, con cui sostenere e contribuire alla crescita della competitività regionale su temi di rilevanza per la ripartenza del Paese. I progetti finanziati sono ECOSISTER in Emilia-Romagna, RAISE in Liguria, Rome Technopole, SAMOTHRACE e THE in Toscana.

In altri programmi, quali ad esempio CTA+ c'è una forte collaborazione con INAF, mentre in ITINERIS e eBRAINS -Italy la collaborazione è con il CNR. Di particolare rilievo anche le partnership negli Ecosistemi dell'Innovazione di Emilia-Romagna, Lazio, Liguria, Toscana, e Sicilia, e nei partenariati estesi su *quantum technologies*, *artificial intelligence* e attività nello spazio.

Complessivamente, l'INFN gestirà fondi per circa 300 ME negli anni 2023-2025, durata prevista ad oggi dei programmi del PNRR.

Oltre alle fonti di finanziamento sopra citate, un ulteriore importante canale resta quello dei fondi strutturali e di investimento europei (FESR e FSE in primis), la cui programmazione entrerà nel vivo a valle della firma dell'Accordo di Partenariato italiano da parte della Commissione Europea e da cui prenderanno il via i Programmi Operativi Nazionali e Regionali (PON e POR).

Infine, nel 2006 l'INFN ha lanciato la linea di ricerca INFN-E, il cui fine è lo sviluppo di competenze e strumentazioni nel settore delle applicazioni della fisica nucleare al campo dell'energia, con particolare attenzione agli aspetti relativi alla sicurezza (intesa sia come *safety* sia come *security*). Grazie ad una intensa collaborazione con la Commissione trasferimento tecnologico, la Direzione servizi alla ricerca, il Servizio fondi esterni e la CSN5, vengono esplorate possibili collaborazioni con aziende e la partecipazione a bandi UE, principalmente in ambito Euratom, e ad altri bandi di carattere nazionale e internazionale.

## **LA PARTECIPAZIONE A CONSORZI, SOCIETÀ E FONDAZIONI**

Alcune collaborazioni dell'Istituto si sono tradotte nella costituzione e nella partecipazione a consorzi, società, fondazioni e, in generale, diversi organismi associativi radicati sul territorio. Complessivamente l'INFN partecipa a una trentina di organismi associativi di queste tipologie, per un impegno finanziario di oltre 10 milioni di euro annui. La quasi totalità di questo finanziario è concentrata nei contributi erogati in favore del consorzio EGO e dell'Associazione Consortium GARR (*Gestione Ampliamento Rete Ricerca*) e, in misura minore, del consorzio RFX nel settore della fusione nucleare.

All'inizio del 2022 è stata formalizzata la costituzione del Consorzio HPC4DR (*High Performance Computing for Disaster Resilience*), al quale l'INFN partecipa in qualità di socio fondatore e la cui infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni è collocata presso i LNGS. L'INFN ha inoltre aderito all'associazione HAMU che ha tra le proprie finalità quella di elaborare proposte inerenti ai fondi strutturali della politica di coesione e i fondi di Next Generation, Green Deal, e altri fondi UE che possono determinare effetti sui territori di Abruzzo, Marche e Umbria.

Dal mese di giugno 2022 l'INFN, in relazione all'attività progettuale a valere sui fondi PNRR in cui si trova coinvolto, ha formalizzato l'adesione a 7 fondazioni di diritto privato e 2 società consortili, tutte aventi il ruolo di *hub*, ovvero di soggetti attuatori dei vari progetti.

## **LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE E ALTA FORMAZIONE**



L'INFN, consapevole dell'importanza dell'impatto sociale delle proprie ricerche, ormai da diversi anni pone molta attenzione alle attività di TM (Terza Missione) articolate in attività di PE (*Public Engagement*) e Comunicazione, attività di TT (Trasferimento Tecnologico) e attività di Formazione Continua. Le attività sono organizzate sia a livello centrale che con il coinvolgimento delle diverse strutture dell'ente.

Le attività di TT sono coordinate dal CNTT (Comitato Nazionale per il Trasferimento Tecnologico) e dal Servizio Trasferimento Tecnologico presso l'Amministrazione Centrale. Le attività di comunicazione e PE organizzate a livello centrale sono coordinate dall'Ufficio Comunicazione mentre il Comitato di Coordinamento della Terza Missione (CC3M) coordina le iniziative di diffusione della cultura scientifica, organizzate a livello locale con impatto sul territorio nazionale.

La sensibilità verso le tematiche di TM è diffusa in tutto l'ente. I recenti risultati della VQR (2015-2019) ne sono una testimonianza, evidenziando prestazioni eccellenti sia nel TT che nel PE. Nel caso del PE, in particolare, l'ultima VQR ha evidenziato un maggior allineamento tra i livelli di eccellenza delle iniziative multistruttura e quelle organizzate centralmente, a dimostrazione del maggior coordinamento dei progetti sotto la guida del CC3M e della sempre maggiore sinergia con le attività promosse dall'Ufficio Comunicazione.

Numerose attività di *knowledge transfer* sono intrinsecamente presenti nell'attività dell'Istituto e recentemente sono state rafforzate dall'attenzione rivolta all'interazione tra scienza e società. Nel corso degli ultimi anni, c'è stato un notevole incremento delle iniziative di ricerca collaborativa e in conto terzi condotte con le imprese, protezione e valorizzazione della proprietà intellettuale, attività a supporto della creazione di *spin-off*. Nel 2022, il numero di brevetti dell'Ente ha raggiunto le 189 unità. In questa direzione va anche il programma R4I (*Research for Innovation*), lanciato per la prima volta dall'Ente nel 2018 con l'intento di analizzare le nuove tecnologie proposte dai gruppi di ricerca dell'INFN e sviluppare progetti mirati ad applicazioni di mercato, e arrivato, nel 2022, alla sua quinta edizione con 23 progetti finanziati, il 90% dei quali ha portato ad una valorizzazione delle tecnologie sviluppate attraverso licenze, cessioni di brevetto o creazione di *spin-off*.

Per quanto riguarda le attività di comunicazione e divulgazione scientifica, l'INFN progetta e cura conferenze-spettacolo, realizzate con protagonisti del mondo culturale, che portano sulla scena scienziati, attori, artisti e vedono la partecipazione di un ampio pubblico. Stesso scopo hanno le mostre, realizzate anche in questo caso in collaborazione con professionisti del mondo dell'arte e della cultura. Il 2022 ha visto una ripresa di tutte le attività in presenza, pur mettendo a valore l'esperienza di metodologie innovative di comunicazione sviluppate durante la pandemia. Tra gli eventi di particolare successo del biennio il 2021-2022 vale la pena di ricordare quelli ospitati all'auditorium Parco della Musica di Roma, al festival della scienza di Genova e al Festival Futuro Remoto di Napoli. Inoltre, celebrare i 70 anni dell'INFN, nel biennio 2021-22 sono stati organizzati 20 eventi presso le strutture in tutta Italia allo scopo di celebrare l'anniversario attraverso la storia delle sue strutture locali. Le celebrazioni si sono chiuse a Torino nel settembre 2022.

Nel corso degli anni, il comitato CC3M ha promosso proprie iniziative volte a coprire specifiche carenze in termini di copertura territoriale della attività di PE o attinenti tematiche specifiche. La CC3M supporta attività di grande impatto, che coinvolgono più strutture o che sono comunque significative a livello nazionale. Alcune di queste iniziative sono ormai esperienze consolidate, coinvolgendo da anni migliaia di studenti in attività di stage e laboratori *hands-on*. L'edizione 2022 del Premio Asimov per la divulgazione scientifica ha segnato un record di partecipazione con oltre 12000 studenti coinvolti nel recensire e votare il vincitore tra una cinquina di libri scelti da un comitato di selezione. Una menzione a sé, infine, la merita l'attività di INFN Kids che si rivolge soprattutto al pubblico dei più piccoli. Nato nel 2019, dopo una prima fase fortemente influenzata dall'emergenza

COVID-19, dal 2022 ha ripreso con le attività in presenza.

Tra le tematiche più care all'Ente c'è anche la promozione della parità di genere nelle STEM, portata avanti attraverso numerose iniziative.

Per quanto riguarda il rapporto con i media, l'ufficio stampa dell'INFN si è ormai consolidato da anni come un'importante fonte di informazione e un punto di riferimento per le agenzie di stampa e i giornalisti scientifici italiani. Riscontro di ciò è il numero di citazioni, che nel 2022 sono state 7.483 sulle testate italiane cartacee e digitali, e 240 su TV e radio, a fronte di 54 comunicati stampa diffusi e 85 web-news pubblicate.

Oltre ad attività di divulgazione, c'è un crescente impegno nel proporre attività di formazione continua, e, in particolare, l'aggiornamento professionale di docenti di scuola di ogni grado, attraverso scuole e seminari dedicati.

L'INFN oltre che nelle attività di terza missione è significativamente impegnato anche nell'ambito dell'alta formazione. Sulla base di apposite convenzioni con gli atenei, molti ricercatori INFN svolgono attività didattica, fanno da relatori o correlatori per tesi di laurea che ricadono nell'ambito delle ricerche svolte dall'ente ed è particolarmente attivo nell'attività formativa di terzo livello, grazie ad un programma di finanziamento di borse di dottorato di ricerca e, soprattutto, alla attivazione di dottorati congiunti. Ad oggi l'Istituto conta 13 programmi di dottorato di ricerca di cui è co-titolare con una tendenza crescente negli ultimi cinque cicli di dottorato. Finanzia ogni anno oltre 60 borse di dottorato di ricerca e annualmente vengono discusse circa 170 tesi di Dottorato in ambito INFN.

## **LA VALUTAZIONE DELL'ENTE**

L'INFN ha da sempre posto molta attenzione al controllo ed alla valutazione dei propri programmi di ricerca, e per questo si è dotato di molteplici strutture che eseguono la valutazione ex-ante, in itinere ed ex-post di esperimenti e iniziative. Le Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN) hanno un ruolo di gestione e controllo interno in tutte le fasi dei progetti, mentre il Consiglio Tecnico Scientifico (CTS) e il Comitato di Valutazione Internazionale (CVI) operano una valutazione esterna delle attività scientifiche e tecnologiche dell'INFN. La qualità molto elevata della ricerca dell'Istituto è inoltre confermata dagli ottimi risultati riportati dall'Ente nelle valutazioni periodiche che l'ANVUR opera a scadenza regolare con le VQR (Valutazione Qualità della Ricerca). Siamo estremamente soddisfatti del risultato dell'ultima VQR 2015-2019 che ci vede primi tra i grandi Enti con un valore dell'indicatore di qualità R pari a 1.074, e secondi per le attività di terza missione con R pari a 1.111.

L'INFN da qualche anno ha deciso di ammodernare e rendere sistematica la gestione dei progetti dell'Istituto preparandosi alle loro crescenti complessità. L'Istituto ha definito un proprio modello di PM (Project Management) e di QA (Quality Assurance) adattabili a tutti i progetti scientifici e tecnologici dell'INFN. Il piano formativo in materia di PM e QA è andato a regime nel 2022. L'utilizzo di metodologie di PM e di QA è ormai consolidato nell'Istituto per tutti i nuovi progetti e verrà progressivamente esteso anche ai progetti approvati negli anni passati.

È stata operata una profonda revisione che ha portato ad un nuovo SMVP (Sistema di Misurazione e Valutazione della Performance) approvato nel 2022. Dal 2021 l'INFN si è dotato di un applicativo per la gestione della performance organizzativa e di funzionamento complessiva dell'Istituto e per la gestione della performance individuale dei dipendenti. Nel corso del 2022, questo prodotto è stato interfacciato con le banche dati dell'Istituto e sarà messo in produzione per il ciclo della performance 2023.