

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

CONSIGLIO DIRETTIVO

DELIBERAZIONE N. 15521

Il Consiglio Direttivo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, riunito in Roma in data 29 maggio 2020, alla presenza di n. 31 dei suoi componenti su un totale di n. 34;

- vista la legge 8 maggio 1989, n. 168;
- visto il decreto legislativo 5 giugno 1998, n. 204;
- visto il decreto legislativo 31 dicembre 2009 n. 213;
- visto il decreto legislativo 25 novembre 2016 n. 218;
- visto lo Statuto dell'INFN entrato in vigore il 1 gennaio 2018;
- considerato che per il perseguimento della propria missione, in conformità con le linee guida enunciate nel Piano Nazionale della Ricerca, ai fini della pianificazione operativa, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare deve adottare un Piano Triennale di Attività, aggiornato annualmente, approvato dal Consiglio Direttivo;
- vista la delibera CD n. 15011 del 25 gennaio 2019 con la quale è stato approvato il Piano Triennale dell'Istituto per il triennio 2019-2021;
- visto il rapporto d'attività relativo all'anno 2019, presentato dal Comitato di Valutazione Internazionale a seguito della riunione del 7-8 ottobre 2019;
- vista la nota circolare della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Funzione Pubblica n. DFP-0072298-P del 13 dicembre 2017 riguardante la definizione del costo medio annuo calcolato sulla base del costo medio della qualifica del dirigente di ricerca, secondo quanto indicato nell'art. 9, comma 6 lettera c) del D. Lgs n. 218/2016;
- considerato che il succitato decreto legislativo n. 218/2016 ha consentito di rivedere talune disposizioni normative nell'ottica di una concreta semplificazione delle attività degli EPR e, soprattutto di una loro autonomia programmatica;
- su proposta della Giunta Esecutiva;
- con voti n. 31 a favore;
- visto il risultato della votazione

DELIBERA

1. di approvare il Piano Triennale dell'Istituto per il periodo 2020-2022, indicato in premessa e allegato alla presente deliberazione della quale costituisce parte integrante e sostanziale;
2. di trasmettere il Piano Triennale di cui al punto 1 al Ministero dell'Università e della Ricerca, ai sensi dell'art. 7 del decreto legislativo n. 218/2016.

cd-I/01



**2020
2022**

PIANO TRIENNALE

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Ente

**ISTITUTO NAZIONALE FISICA NUCLEARE
INFN**



PIANO TRIENNALE DI ATTIVITÀ 2020 - 2022

AGGIORNAMENTO 2020

INDICE

INTRODUZIONE

1.	L'ISTITUTO	pag. 1
2.	LE RISORSE FINANZIARIE	pag. 3
3.	LE RISORSE DI PERSONALE	pag. 9
4.	PARTECIPAZIONI A CONSORZI, SOCIETÀ E FONDAZIONI	pag. 15
5.	L'ATTIVITÀ DI RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA	pag. 16
6.	INFRASTRUTTURE DI RICERCA	pag. 27
7.	PROGETTI CON ALTRI ENTI E UNIVERSITÀ, PROGETTI EUROPEI, ERIC E FONDI ESTERNI	pag. 33
8.	LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE E IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO	pag. 36
9.	VALUTAZIONE DELL'ENTE	pag. 41

CVI REPORT 2019

INTRODUZIONE

Il documento Piano Triennale 2020-2022 presenta il piano di sviluppo delle attività dell'Ente nei prossimi tre anni. È costruito per descrivere in modo sintetico e operativo le risorse e i finanziamenti legati sia all'attività di base dell'Istituto (la Missione) che ai progetti speciali.

Ricordo le principali caratteristiche dell'Ente:

- Una missione molto chiara: forte compattezza della comunità con conseguente grande efficienza dei progetti.
- Rapporto strettissimo con le Università che ha determinato la diffusione capillare sul territorio nazionale. L'INFN rappresenta una fonte di ricchezza e vivacità culturale, e di un continuo apporto di giovani, ma anche un cruciale sostegno all'attività di ricerca delle Università.
- Auto-governo responsabile: rappresentatività della comunità e controllo MUR in buon equilibrio e una gestione interna fortemente orientata dalla scienza. Nel caso dell'INFN oltre all'ampio coinvolgimento dei ricercatori negli organi di governo, il modello di gestione e organizzazione è lo stesso utilizzato dalla ricerca a livello internazionale, che prevede la partecipazione e il contributo continuo della comunità scientifica: proposte provenienti da tutta la comunità, revisione e controllo ex-post dei pari, pianificazione degli obiettivi scientifici e delle risorse da parte di organi rappresentativi della comunità scientifica. È uno degli elementi che maggiormente contribuisce alla solidità da preservare assolutamente nello spirito e nella sostanza, ha fatto la nostra storia e oggi rappresenta la nostra identità.
- Eccellente capacità di formazione a livello di lauree, dottorati (circa il 50% delle tesi di dottorato in Fisica) e attività *post-doc*. I giovani si qualificano e ottengono risultati eccezionali all'estero e costituiscono un grande serbatoio di competenze, che spesso trasferiscono alla società. Ambiente e infrastrutture di ricerca scientificamente attraenti anche per studiosi, in particolare giovani, dall'estero. La prova di questa capacità è negli ottimi risultati della valutazione e delle abilitazioni nazionali.
- Ricerca che si svolge in gran parte nell'ambito di grandi collaborazioni internazionali in cui rivestiamo un ruolo di primo piano. Abbiamo un laboratorio mondiale, il CERN, dove siamo leader. I Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), una infrastruttura di ricerca unica e al top a livello internazionale, nonché il più grande e più facilmente accessibile laboratorio sotterraneo del mondo. Il consorzio EGO (a partecipazione paritaria INFN e CNRS francese) a Cascina (Pisa), dove si svolge l'esperimento VIRGO, si è dimostrato strumento straordinario per il successo nella ricerca delle Onde Gravitazionali.
- 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). Questi laboratori, insieme ai tre centri nazionali (il CNAF di Bologna, il TIFPA a Trento e il GGI a Firenze), sono in grado di portare avanti ricerca di eccellenza e nel contempo permettono la formazione di giovani di assoluto valore. La sfida è quella di mantenere queste strutture competitive e rinnovarle, a questo proposito abbiamo già intrapreso un piano di potenziamento con i fondi nazionali e regionali.
- Le nostre ricerche fanno uso e richiedono lo sviluppo di tecnologie avanzate insieme al mantenimento di know-how. Questo ha ricadute naturali di alta utilità sociale: beni culturali, cloud computing e calcolo HPC, adroterapia e strumentazione di diagnostica medica, produzione di radioisotopi per la farmaceutica e molto altro.

- Esistenza da lungo tempo di un sistema di autovalutazione con la presenza di un comitato internazionale.

In questi ultimi anni è iniziata, ed è ora in piena attuazione, una trasformazione importante per l'Istituto. Potendo contare sui rilevanti output, scientifici, tecnologici e applicativi, che derivano dalla realizzazione della sua Missione, l'INFN sta investendo grandissime energie verso l'Europa sia partecipando in modo organico alle sue infrastrutture di ricerca (come definite nell'ambito di ESFRI), sia trasformando laboratori italiani in infrastrutture europee (ERIC). Ciò insieme a una forte valorizzazione del settore di Ricerca e Sviluppo e a un potenziamento del Trasferimento Tecnologico, nella convinzione che sia importante diventare sempre più competitivi nella sfida posta dal nuovo programma quadro della UE, Horizon Europe (2021-2027).

La strategia posta in essere dall'INFN per il Trasferimento Tecnologico si basa soprattutto sulla valorizzazione di idee e tecniche innovative, che nascono nell'ambito della ricerca di base, e si propone di facilitare e catalizzare i processi di scambio di conoscenza fra il mondo della ricerca e la società, sia essa intesa come il mondo delle imprese che in un qualunque altro contesto destinatario delle applicazioni, consentendo così alle nuove tecnologie di tradursi in beni e servizi per la collettività.

Sul piano dei risultati scientifici, la scoperta del bosone di Higgs e il premio Nobel a Englert e Higgs hanno coronato uno sforzo ventennale dell'INFN che ci vede orgogliosi protagonisti degli esperimenti a LHC al CERN. Vale la pena ricordare che l'Italia è l'unico paese al mondo ad avere avuto contemporaneamente tutti e quattro gli spokesperson degli esperimenti principali di LHC della propria nazionalità. Questa leadership dei fisici italiani ha contribuito non poco alla rielezione (per la prima volta nella storia del CERN) di Fabiola Gianotti alla direzione del CERN. In questo contesto l'INFN è risultato l'ente di ricerca migliore al mondo (fonte Nature¹) per quanto riguarda la "*big science*", superando nella classifica anche il CERN e il Fermilab !

Stiamo inoltre contribuendo all'elaborazione di una Strategia Europea per la Fisica delle Particelle (ESPP), contribuendo agli sforzi internazionali sullo studio delle potenzialità dei futuri acceleratori. Tra i numerosi prodotti vale la pena di citare il Conceptual Design Report del Future Circular Collider (FCC) del CERN, che descrive le potenzialità di fisica dei nuovi collisori che potrebbero essere installati in un nuovo tunnel circolare di 100 km di lunghezza (FCC-ee, FCC-hh, FCC-eh), o nell'attuale tunnel LHC (HE-LHC). In particolare, l'INFN ha contribuito agli studi di fisica e di rivelatori per un futuro collisore circolare e+e- (FCC-ee o la controparte cinese CepC), con l'obiettivo di fare un salto significativo nella conoscenza della fisica elettrodebole e del bosone di Higgs. L'INFN ha anche contribuito in maniera significativa ai gruppi di lavoro sulle future macchine ad adroni, come HE-LHC o FCC-hh, sfruttando l'esperienza acquisita negli esperimenti LHC e negli studi di preparazione per HL-LHC. Un'altra area di rilevante attività riguarda lo studio di futuri collisori di muoni che includono una tecnica originale (nata nell'INFN) che sfrutta la produzione di coppie di muoni in soglia (progetto LEMMA).

Siamo stati protagonisti della rivelazione delle Onde Gravitazionali, l'ultimo tassello mancante alla centennale teoria della Relatività Generale di Einstein, con uno straordinario contributo umano e tecnologico dell'INFN attraverso l'esperimento VIRGO. Il premio Nobel 2017 a Weiss, Thorne e Barish è stato un altro segno del successo di questa linea di ricerca. La collaborazione tra gli interferometri americani LIGO e VIRGO ha portato alla prima osservazione di una coalescenza di stelle di neutroni e con il coinvolgimento dell'intera comunità astronomica ha segnato di fatto l'inizio

¹ <https://www.natureindex.com/news-blog/top-ten-institutions-in-big-science-physics-and-astronomy>

di una nuova era nella ricerca astronomica: l'Astronomia Multimessaggera. Sull'onda di questo successo e per dare continuità allo sfruttamento di questa autentica miniera di informazioni sull'Universo, l'Italia intende candidarsi a ospitare EINSTEIN TELESCOPE, il rivelatore europeo di onde gravitazionali di futura generazione. Il sito, eccezionale per le sue caratteristiche, è stato identificato in Sardegna.

Ai LNGS, dove ospitiamo una vasta comunità internazionale, abbiamo ottenuto il limite di esclusione più stringente al mondo sulla ricerca della Materia Oscura per WIMPS con massa $> 3.5 \text{ GeV}/c^2$ (XENON1T) e tra i migliori risultati sul decadimento Doppio Beta senza emissione di neutrini (GERDA e CUORE), che se osservato verificherebbe l'ipotesi di Majorana, secondo cui i neutrini coinciderebbero con le loro antiparticelle. La tecnologia dimostrata ai LNGS dall'esperimento ICARUS, attualmente in funzione a Fermilab, guidato dal Premio Nobel Carlo Rubbia, è quella ivi scelta per il futuro esperimento su scala globale con fasci di neutrino. BOREXINO ci ha permesso di misurare tutti i processi di emissione di neutrini dal Sole e il suo recente compendio pubblicato da Nature ne è testimone. Riteniamo che sia importante potenziare i LNGS con nuovi esperimenti per confermare al top mondiale questo prestigioso e unico laboratorio. Inoltre, vogliamo sottolineare il nostro costante e rigoroso impegno e la nostra piena collaborazione per la tutela dell'ambiente e della risorsa idrica, e per la sicurezza del complesso Sistema Gran Sasso, di cui i nostri laboratori fanno parte.

È in fase di avanzata realizzazione il progetto KM3NeT ai LNS, inserito nella Road Map di ESFRI. KM3NeT prevede il dispiegamento di una rete di rivelatori nel Mar Mediterraneo al largo di Capo Passero in Sicilia e di Tolone in Francia, e rappresenterà una risorsa non solo per lo studio dei neutrini emessi nei processi più violenti che avvengono nella nostra galassia ma anche per ricerche interdisciplinari, dalla biologia marina alla geofisica, alcune già avviate in collaborazione con altri Enti e Università.

Ai LNL di Legnaro è in fase di completamento la messa a punto dell'acceleratore SPES, al servizio della ricerca nucleare di base, l'astrofisica nucleare, e con potenzialità straordinarie per la produzione di radiofarmaci, che si realizzerà in collaborazione col settore privato.

Al LABEC di Firenze le nostre tecnologie hanno un utilizzo importante nel settore dei beni culturali, e il polo di Firenze sarà un pilastro della rete europea per i beni culturali E-RIHS, anch'essa new entry nella Road Map di ESFRI. Un acceleratore di nuova concezione, costruito dall'INFN in collaborazione con il CERN, sarà presto installato presso l'Opificio delle Pietre Dure, che sarà il secondo museo in Europa a poter disporre di uno strumento di diagnostica così sofisticato.

Ai LNF di Frascati, laboratorio storico dell'INFN dove all'inizio degli anni '60 del secolo scorso è stato realizzato il primo anello di collisione elettrone-antielettrone del mondo *AdA*, stiamo puntando a sviluppare innovative tecniche di accelerazione ed elaboriamo progetti per possibili infrastrutture di ricerca, con vocazione interdisciplinare, da installare nel nostro Paese. Siamo infatti tra i leader del progetto EUPRAXIA, finanziato dalla UE, e ci candidiamo, con ottime possibilità di successo, a ospitare la macchina che verrà progettata.

In campo internazionale va sottolineato il notevole incremento di progetti in collaborazione con la Cina, potenza emergente della fisica. Abbiamo conquistato una partnership privilegiata specialmente nel campo degli esperimenti scientifici su satelliti (DAMPE, LIMADOU) e nella fornitura di tecnologie mutate dagli esperimenti al Gran Sasso (JUNO).

Nell'ambito di ESFRI è ormai pienamente definita e operativa una strategia comune dell'INFN con CNR e Sincrotrone di Trieste che identifica l'intera filiera che va dalla costruzione delle macchine acceleratrici fino al loro sfruttamento da parte dell'utenza (esempi ne sono XFEL, ESS, ELI, ESRF, EuroFel, SESAME). È in corso la costruzione di parti rilevanti della European Spallation Source (ESS) a Lund, in Svezia. Siamo partner dell'upgrade a ESRF a Grenoble, in Francia, abbiamo completato la fornitura delle cavità superconduttrici a XFEL ad Amburgo, in Germania, e contribuiamo in modo determinante al successo di quella straordinaria avventura scientifico-politica che è SESAME, ad Allan, in Giordania, un'infrastruttura di ricerca internazionale che vede collaborare allo stesso progetto popoli che difficilmente trovano altri terreni di dialogo. Ora siamo anche partner per la tecnologia delle cavità superconduttrici del nuovo acceleratore di Fermilab (PIP-II), sviluppata al LASA di Milano.

L'applicazione terapeutica delle radiazioni nucleari e delle particelle cariche rimane uno dei settori considerati strategici dall'INFN. Per quanto riguarda l'adroterapia, l'INFN si sta impegnando a consolidare le competenze sviluppate nel passato nel campo degli acceleratori per la cura dei tumori. In primo luogo si è rafforzato il rapporto con il CNAO, il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, dove l'INFN dopo aver collaborato con il CERN alla costruzione del cuore del Centro, il sincrotrone, ha recentemente contribuito alla realizzazione di una linea di ricerca dedicata. In secondo luogo si sta sviluppando l'attività a TIFPA, struttura costituita dall'INFN a Trento. Il TIFPA nasce come una struttura non tradizionale dove sin dall'inizio è presente un legame basilare tra l'INFN, l'Università, la Fondazione Bruno Kessler e l'azienda sanitaria locale che possiede un ciclotrone per la cura dei tumori e sul quale l'INFN ha anche messo in funzione la linea di ricerca. Grazie a queste competenze siamo partner per la costruzione di una "copia" del CNAO in Georgia (Europa).

Voglio ricordare con soddisfazione lo straordinario successo del Gran Sasso Science Institute (GSSI), la scuola di dottorato ubicata a L'Aquila, di cui l'INFN è stato ente attuatore. Forti della esperienza fatta col GSSI, abbiamo trasformato il Galileo Galilei Institute (GGI) ad Arcetri in Centro di Alta Formazione dell'INFN in collaborazione con l'Università di Firenze.

Mi piace segnalare che ci sarà anche l'Italia fra i Paesi Europei che ospiteranno un supercomputer con elevatissime capacità di calcolo. Il progetto prevede la collocazione presso il Tecnopolo di Bologna di un calcolatore di classe pre-exascale, caratterizzato da oltre 250 petaflops di potenza di picco, con un impegno economico complessivo del MUR pari a 120 milioni di Euro, distribuito su sette anni (2019-2025). L'assegnazione di questo progetto all'Italia è stata possibile grazie a un Consorzio guidato dal CINECA insieme all'INFN e alla Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA).

Come istituzione che opera su temi scientifici di frontiera, l'INFN ha quindi un rilevante impatto sul progresso della conoscenza, sullo sviluppo tecnologico e per l'economia del Paese. Consco di questo ruolo, e del fatto che per un ente pubblico è un dovere condividere con la società le proprie attività e i risultati che ne derivano, l'Istituto è fortemente impegnato nella attività di Terza Missione, non solo negli ambiti sopracitati del trasferimento tecnologico e dell'alta formazione, ma anche nella diffusione della cultura scientifica. Grazie a un coordinamento strategico centrale, l'Istituto promuove, progetta, organizza e realizza molteplici attività di comunicazione, outreach e public engagement su tutto il territorio nazionale, dedicate sia all'ampio pubblico, sia a pubblici specifici, come ragazzi, studenti e insegnanti.

Sul piano organizzativo dedichiamo una grande attenzione alla pianificazione e alla realizzazione del riammodernamento gestionale che prevede una razionalizzazione degli aspetti amministrativi e tecnici.

Un elemento di forte criticità è rappresentato dal modello di finanziamento che soffre dell'ambiguità dovuta all'attribuzione su base annuale dei finanziamenti. Ciò non è assolutamente adeguato alla programmazione, soprattutto in un contesto di ricerca e specialmente in rapporto alle realtà internazionali in cui la programmazione avviene tipicamente su base pluriennale.

Inoltre la programmazione del fabbisogno di personale, per l'INFN, non ha bisogno di una forzata stabilizzazione del personale precario, ma piuttosto il continuo reclutamento del personale migliore attraverso i concorsi.

Anche il rapporto con l'Università, elemento di forza qualificante del modello INFN, è oggi divenuto complesso. C'è una oggettiva separazione e chiusura che rende il sistema impermeabile. A questo si aggiunge la difficoltà di sfruttare l'attrattività nei riguardi di studiosi (stranieri o italiani) operanti all'estero per le condizioni al contorno: offerta economica, prospettiva di carriera, burocrazia.

L'INFN ha elaborato e presentato al Ministero un sintetico documento di visione a 10 anni che delinea quello che si dovrebbe e potrebbe fare potendo contare su una iniezione di risorse da dedicare principalmente al rafforzamento delle proprie infrastrutture di ricerca nazionali.

In sintesi, questo documento vuole illustrare brevemente quali sono le idee e le nuove iniziative che dovrebbero consentire all'Ente di mantenere il suo ruolo di leader nel campo della Fisica fondamentale e delle sue tecnologie e applicazioni.

Prima di concludere, aggiungo una breve riflessione legata al drammatico momento che la nostra società sta attraversando a causa della diffusione a livello mondiale del CoVid-19. L'INFN ha reagito prontamente a livello organizzativo per gestire l'emergenza, avendo come priorità la salute pubblica e del proprio personale, e cercando al contempo di dare il proprio contributo al Paese e al contrasto della pandemia. Abbiamo mantenuto l'Ente funzionante, cercando di incentivare quelle attività che potessero essere di sostegno per la società, come le attività amministrative per un contributo all'economia, e di comunicazione per un supporto alle scuole, a ragazzi e insegnanti. Inoltre, facendo leva sulla creatività e la capacità di innovazione proprie della ricerca di base, abbiamo reindirizzato le nostre competenze e le nostre risorse, come laboratori e infrastrutture di calcolo, per sostenere progetti multidisciplinari per il contrasto al CoVid-19. In particolare, per la ricerca di cure farmacologiche assieme al nostro spin-off Sibylla Biotech, e con il progetto europeo Exascalate4cov; per la validazione di materiali per la produzione di DPI con l'Anti_Cov_Lab; per lo sviluppo di dispositivi di supporto respiratorio come il progetto MVM certificato dalla FDA; per studi sulle possibili connessioni tra diffusione del virus, clima e inquinamento atmosferico; per l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale nella diagnosi e nella prognosi, o del cloud per la gestione dei dati sensibili; e per l'analisi statistica dei dati sulla diffusione della pandemia, con il progetto CovidStat, uno luogo pubblico di informazione che è anche uno strumento a disposizione e al servizio di altre comunità scientifiche. Credo che l'esperienza che stiamo vivendo dimostri ancora una volta che la ricerca scientifica, grazie alle sue capacità di reazione, di ingaggio in nuove imprese, di innovazione e di cooperazione, rappresenta una risorsa imprescindibile per affrontare le grandi sfide dei nostri tempi.

Chiudo con la dedica della copertina di questo Piano Triennale a Edoardo Amaldi, uno dei più sottovalutati scienziati nella storia della Fisica. A Dicembre 2019 ricorrevano i 30 anni dalla sua scomparsa e l'INFN ha finanziato la realizzazione del film-documentario "La scelta. Edoardo

Amaldi e la scienza senza confini". Documentario nel quale viene spiegata l'enorme portata della sua scelta che, nel dopoguerra, ha salvato non solo la Fisica italiana ma addirittura quella europea. Edoardo Amaldi, infatti, è sì il padre fondatore dell'INFN ma anche del CERN e del ESA. La dedica della copertina vuole essere un piccolo tributo alla figura di un personaggio così importante.

Antonio Zoccoli - Presidente INFN

1. L'ISTITUTO

L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) è l'ente pubblico di ricerca, vigilato dal MUR, dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e alle loro interazioni; la sua attività di ricerca, teorica e sperimentale si estende ai campi della fisica subnucleare, nucleare ed astroparticellare. L'Ente considera poi con grande attenzione tutte le applicazioni, derivanti da tale ricerca di base, che abbiano un significativo impatto sulla società, il territorio e il suo tessuto produttivo, e costituiscano un importante stimolo per l'innovazione tecnologica del nostro Paese.

Le attività di ricerca dell'INFN si svolgono tutte in un ambito di collaborazione e competizione internazionale e in stretta cooperazione con il mondo universitario italiano, sulla base di consolidati e pluridecennali rapporti. Numerose attività di ricerca dell'Ente sono condotte in modo sinergico con altri Enti di ricerca nazionali. La ricerca fondamentale in questi settori richiede l'uso di tecnologie e strumenti di ricerca d'avanguardia che l'INFN sviluppa sia nei propri laboratori che in collaborazione con il mondo dell'industria.

L'attività dell'INFN si basa su due tipi di strutture di ricerca complementari: le Sezioni e i Laboratori Nazionali (vedi Figura 1.1). I quattro Laboratori nazionali, con sede a Catania (Laboratori Nazionali del Sud – LNS), Frascati (Laboratori Nazionali di Frascati – LNF), Legnaro (Laboratori Nazionali di Legnaro – LNL) e Gran Sasso (Laboratori Nazionali del Gran Sasso – LNGS), ospitano grandi apparecchiature e infrastrutture messe a disposizione della comunità scientifica nazionale e internazionale. Le 20 Sezioni e i 6 Gruppi collegati alle Sezioni o Laboratori hanno sede in altrettanti dipartimenti di fisica universitari e realizzano la stretta connessione tra l'Istituto e le Università.

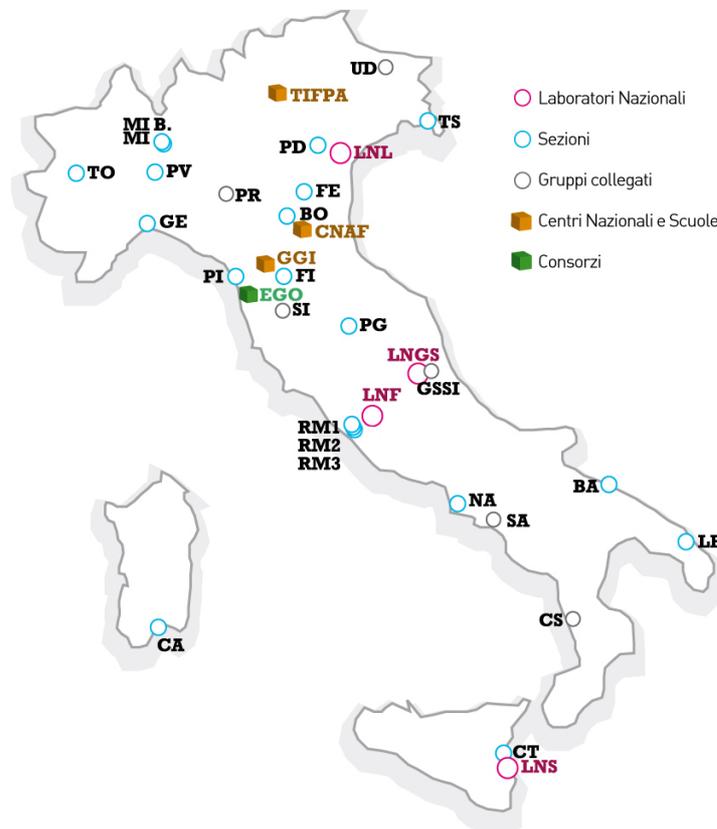


Figura 1.1

A supporto delle attività INFN vi sono inoltre tre centri nazionali: il CNAF di Bologna, che ospita il principale centro di calcolo dell'Ente; il TIFPA di Trento (Trento Institute for Fundamental Physics and Applications) un centro nazionale di scienza e tecnologia gestito insieme alla Provincia, all'Università ed alla Fondazione Bruno Kessler di Trento; il Galileo Galilei Institute (GGI), istituto d'eccellenza per l'alta formazione in Fisica teorica in collaborazione con l'Università di Firenze.

Per lo svolgimento dell'attività scientifica, l'Istituto si avvale di cinque Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), consultive del Consiglio direttivo. Esse coprono rispettivamente le seguenti linee scientifiche: fisica subnucleare (CSN1), fisica astroparticellare (CSN2), fisica nucleare (CSN3), fisica teorica (CSN4), ricerche tecnologiche e interdisciplinari (CSN5).

I 4 laboratori nazionali LNL, LNGS, LNF, LNS rappresentano un'ossatura fondamentale per tutte le iniziative dell'INFN ed in particolare ospitano infrastrutture e facilities messe a disposizione della comunità internazionale. Oltre a tali laboratori nazionali, l'Ente possiede altre grandi infrastrutture di ricerca che intende valorizzare ancor più nel prossimo triennio nel quadro di una programmazione ed incentivazione delle infrastrutture di ricerca in chiave europea. Ad esempio l'Osservatorio Gravitazionale Europeo (EGO) attivo dal 2000 per operare, mantenere e sviluppare l'interferometro VIRGO, per la ricerca delle onde gravitazionali.

L'organizzazione manageriale e scientifica è mostrata in Figura 1.2.

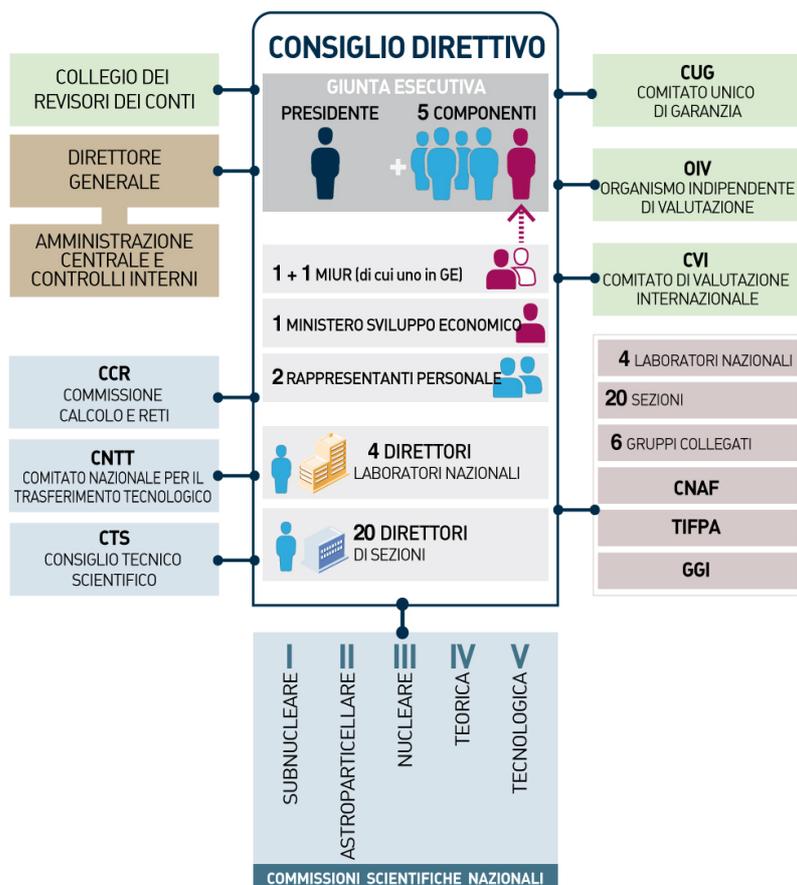


Figura 1.2

2. LE RISORSE FINANZIARIE

2.1 L'EVOLUZIONE STORICA DEL BILANCIO INFN

La figura sottostante (Fig. 2.1) illustra la serie storica di dati tratti dai bilanci consuntivi dell'Istituto rettificati con il sistema dei "prezzi costanti", completata con le previsioni di bilancio per gli anni 2020-2022:

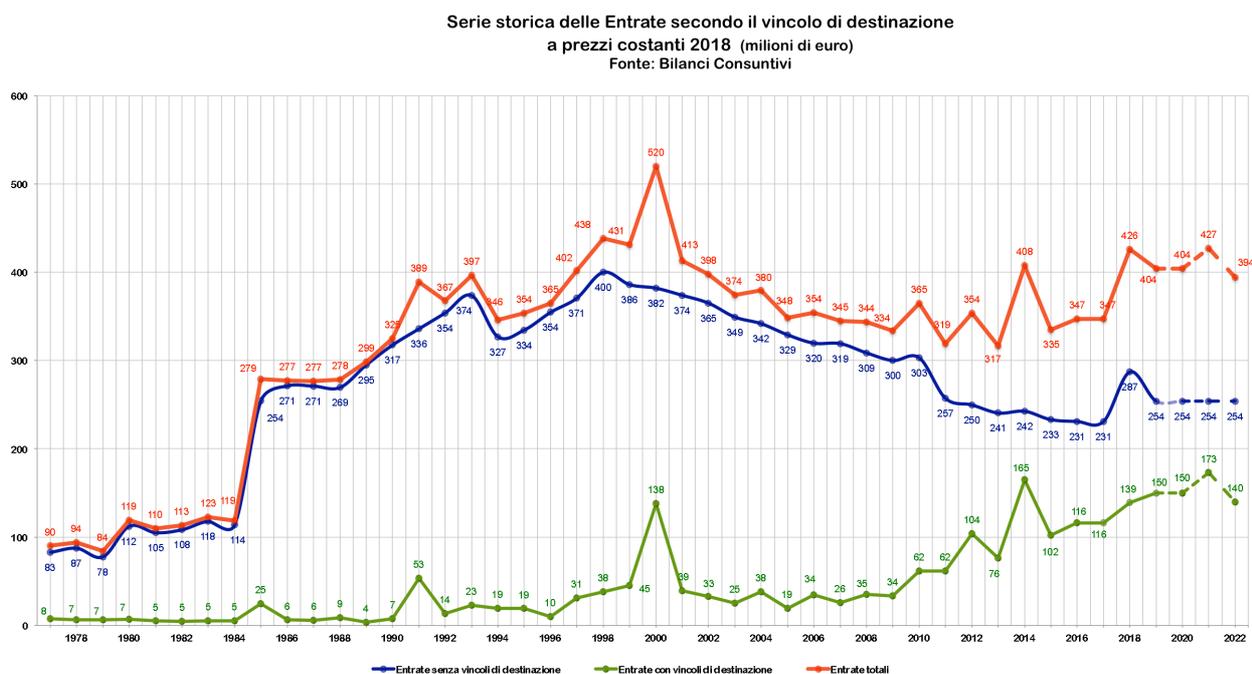


Fig. 2.1 Serie storica delle Entrate

Le Entrate senza vincolo di destinazione (FOE Assegnazione Ordinaria) dopo una progressiva e costante riduzione rispetto ai massimi del 2000, negli ultimi anni sembrano essersi stabilizzate vicino al livello rilevato nell'anno 1985, con la differenza che in quell'anno l'Istituto era nel pieno dell'espansione delle attività. Per affrontare questa situazione negli ultimi anni l'INFN ha intrapreso una duplice azione volta da una parte al contenimento delle spese, dall'altra al reperimento di nuove sorgenti di finanziamento, in modo tale da poter mantenere le attività di ricerca in cui è impegnato ai livelli di eccellenza raggiunti.

Questa strategia ha portato alla crescita, verificatasi negli ultimi anni, dei finanziamenti con vincoli di destinazione (Fig. 2.1, riga verde del grafico). Si tratta principalmente di fondi destinati a progetti di ricerca o tecnologici di durata pluriennale provenienti da diverse fonti quali ad esempio: i fondi dei programmi europei FP7 ed H2020, i fondi regionali (PON e POR), i fondi MIUR Premiali e per progetti a valenza internazionale.

Questa evidente diminuzione delle Entrate senza vincolo di destinazione, unita al fatto che una parte considerevole del bilancio è costituita da spese di personale che, per loro natura, sono incompressibili, rappresenta un fattore fortemente limitante. Questa riduzione incide prevalentemente sulle spese di ricerca e di funzionamento per le quali, come detto, è quindi fondamentale ricorrere ai finanziamenti esterni a destinazione vincolata.

2.2 LE RISORSE ORDINARIE

Il budget INFN viene assegnato dal MIUR attraverso il FOE e si compone di diverse parti che sono riassunte nella tabella 2.1, che riporta l'assegnazione del FOE 2019.

Assegnazione ordinaria	€ 253.757.624
Progettualità a carattere straordinario	€ 16.100.000
Attività di ricerca a valenza internazionale	€ 30.950.000
Totale	€ 300.807.624

Tabella 2.1

Tra queste diverse voci solo la prima non ha una destinazione vincolata ed i corrispondenti fondi possono essere spesi, oltre che per gli stipendi, per le attività di ricerca istituzionali dell'INFN, quali ad esempio le ricerche presso laboratori internazionali come il CERN di Ginevra, o presso laboratori nazionali come i Laboratori INFN di Frascati, di Legnaro, del Sud (Catania) e del Gran Sasso.

I fondi per "Attività di ricerca a valenza internazionale" sono invece vincolati a progetti soggetti ad accordi internazionali, stipulati dal governo italiano, come ad esempio la European Spallation Source (ESS) in Svezia o lo European X-Ray Free-Electron Laser (European XFEL) in Germania. L'INFN è solo un gestore di questi fondi che sono in realtà definiti in questi accordi.

A partire dal 2011 a questi fondi si sommava il contributo Premiale, assegnato in parte sulla base della valutazione ANVUR ed in parte sulla base di progetti presentati dagli Enti di Ricerca (EPR). Dal 2018 il budget premiale è stato riassorbito nella assegnazione ordinaria ed assegnato ai diversi EPR proporzionalmente al loro budget.

Con il 2018 è terminato il contributo straordinario di 15 M€/anno deliberato nella legge di bilancio del 2015.

Nella tabella 2.2 si vede l'andamento del budget INFN a partire dal 2010:

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Stima 2020	Stima 2021	Stima 2022
FOE	283	242	243	235	238	228	231	231	231	254	254	254	254
Progetti internazionali	6	14	16	32	39	36	32	29	30	31	31	31	31
Prog. Straordinari	-	-	-	-	-	-	-	0,5	3	16	16	16	16
Progetti bandiera	19	22	24	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Progetti premiali		35	41	39	32	30		39	16	-	-	-	-
Finanziamento straordinario L.B.							15	15	15	-	-	-	-
Totale da MIUR	308	313	324	307,5	309	294	275	314,5	295	301	301	301	301

Tabella 2.2

Come si può vedere il budget totale INFN fino al 2014 è stato di circa 310 M€ per poi scendere negli anni successivi a circa 295 M€ (le oscillazioni del 2016 e 2017 sono dovute al fatto che la quota premiale 2016 è stata assegnata nel 2017). Nel 2016 e 2017 il fondo premiale del FOE è stato ridotto di più del 30% rispetto al 2015, con conseguente contrazione della parte assegnata all'INFN. L'effetto di questa riduzione sul budget INFN è stato mitigato dall'assegnazione straordinaria di 15 M€, purtroppo terminata nel 2018. A partire dal 2019 il finanziamento premiale è stato assorbito nel contributo ordinario e il budget complessivo, grazie al finanziamento di nuovi progetti a carattere straordinario si attesta di nuovo sui 300 M€. Il livello globale di **spesa corrente** dell'INFN negli ultimi anni è parimenti attestato intorno ai 300 ML€ e questo numero riflette le reali esigenze finanziarie legate alla ordinaria attività di ricerca dell'Ente.

Nelle ultime tre colonne è mostrata una stima del budget INFN per gli anni 2020, 2021 e 2022, assumendo invariate le assegnazioni rispetto al 2019.

I progetti di ricerca dell'INFN si caratterizzano per una durata pluriennale che può facilmente raggiungere, e in alcuni casi superare, il decennio: in questo periodo il profilo e il tipo di spesa variano considerevolmente (progettazione, ingegnerizzazione, costruzione, messa in opera e funzionamento). È dunque indispensabile poter contare su un flusso ragionevolmente costante di risorse, o almeno su una **programmazione pluriennale di finanziamento** che permetta di ottimizzare l'uso delle risorse e la programmazione scientifica.

Nella figura 2.2 si rappresenta anche graficamente l'andamento delle entrate dal MIUR:

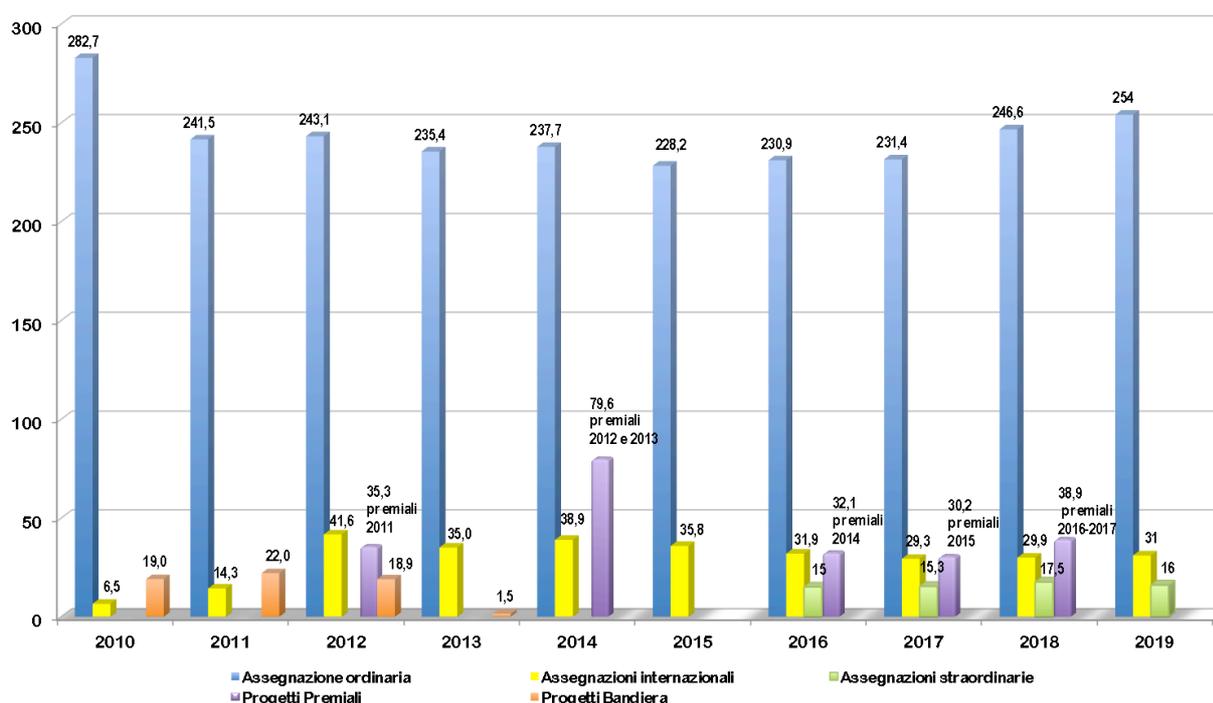


Fig. 2.2 Differenti tipologie di Entrate

Come si può vedere, rispetto al 2010, l'assegnazione ordinaria proveniente dal MIUR è calata di circa 50 M€, fino al 2017, per poi risalire negli ultimi anni dopo il superamento dei programmi di PNR legati ai programmi Bandiera o Premiali. Sempre dal 2010 sono contestualmente cresciute le assegnazioni straordinarie (tipicamente con vincolo di destinazione), anche se non in misura tale

da compensare la decrescita sopra citata. Una diversa impostazione del finanziamento della ricerca comincerà a mostrare i suoi effetti nei prossimi anni grazie ai programmi pluriennali di potenziamento delle infrastrutture di ricerca, tramite il Fondo investimenti dall'art.1, comma 95 della legge n. 145/2018 e il capitolo 7936 del Bilancio dello Stato che prevede un finanziamento specifico per i progetti da realizzare nei Laboratori di ricerca, come si dettaglierà nel seguito.

2.3 IL PROFILO TRIENNALE DELLE RISORSE DISPONIBILI E DELLA SPESA 2020-2022

Le previsioni di spesa per gli esercizi compresi nel bilancio pluriennale sono basate sui seguenti criteri di riferimento:

ENTRATE

Le entrate per il primo esercizio del bilancio pluriennale, escluse le partite di giro, sono state determinate in € 353.502.724.

Per gli esercizi 2021 e 2022 si prevede una espansione delle entrate. In particolare, come già citato, si considera la seguente proiezione temporale per (tabella 2.3):

- il finanziamento già previsto nel Fondo investimenti dall'art.1, comma 95 della legge n. 145/2018 che cofinanzia il progetto HPC per la realizzazione di un **supercomputer Exascale** nell'ambito del progetto comunitario Euro Hpc

e

- il capitolo 7936 del Bilancio dello Stato che prevede un finanziamento specifico per i progetti da realizzare nei diversi Laboratori di ricerca e che per INFN sarà concentrato sulla realizzazione di EuPRAXIA

	Descrizione intervento	Capitolo bilancio	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	TOT
			Importi in milioni di euro													
soggetto		denominazione	8	22	53	20	20	17	16	13	12	12	12	6	2	213
INFN	HPC	PG.2= Finanziamento per l'integrazione delle infrastrutture di calcolo scientifico di INFN e CINECA e per la creazione di un Hub europeo per i big data	5	20	52	10	10	5	3	-	-	-	-	-	-	105
INFN	LABORATORI	CAP.7936= Finanziamento all'INFN per i progetti da realizzare nei diversi laboratori	3	2	1	10	10	12	13	13	12	12	12	6	2	108

Tabella 2.3 Finanziamenti Fondo investimenti

SPESE

Le spese previste per l'anno 2020 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.

L'Istituto è, inoltre, attivo – sia a livello centrale, da parte delle Commissioni scientifiche 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 (es.: Unione Europea, Regioni, ASI, altri enti di ricerca, privati); la stima di tali fondi, effettuata su base storica, è pari a circa 20 M€.

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 predisposte in ragione delle risorse finanziarie disponibili. E' allegato al Bilancio di Previsione 2020 e non ha valore autorizzativo. Il Bilancio pluriennale presenta un'articolazione delle poste coincidente con quella del Bilancio Annuale finanziario decisionale e la prima annualità corrisponde al presente Bilancio Annuale finanziario decisionale dell'Esercizio 2020. Il Bilancio pluriennale viene annualmente aggiornato in occasione della presentazione del Bilancio di Previsione e non forma oggetto di approvazione.

Nella seguente tabella 2.4 viene rappresentata la previsione finanziaria pluriennale di spesa per il triennio 2020-2022.

Bilancio Triennale	2020		2021		2022	
Personale	169,969	48,08%	171,000	45,42%	171,000	49,78%
<i>personale fondi interni</i>	165,157	46,72%	166,000	44,09%	166,000	48,33%
<i>personale fondi esterni</i>	4,812	1,36%	5,000	1,33%	5,000	1,46%
Funzionamento	24,122	6,82%	24,500	6,51%	23,000	6,70%
Attrezzature	20,756	5,87%	21,000	5,58%	21,000	6,11%
Ricerca	120,093	33,97%	141,000	37,45%	110,500	32,17%
Spese Centrali Varie	18,564	5,25%	19,000	5,05%	18,000	5,24%
Grand Total	353,503	100,00%	376,500	100,00%	343,500	100,00%

Tabella 2.4 previsione pluriennale delle spese 2020-2022

Dall'analisi della tabella risulta un andamento altalenante nei finanziamenti a partire dall'esercizio 2020 che avrà inevitabile impatto sulla programmazione delle spese per la ricerca.

Con riferimento alle spese di personale occorre precisare che la previsione 2021 è fatta in ragione della previsione di incremento delle unità di personale previste.

Si precisa inoltre che la previsione di spesa del personale riportata nella tabella 2.4 si riferisce, ovviamente, al costo del personale come risultante dalla somma dei capitoli di spesa del Nuovo Piano dei conti integrato riferiti al personale. Tale somma pertanto differisce da quella indicata nel paragrafo successivo "Risorse di personale" che riporta i costi del Conto annuale.

La seguente tabella 2.5 riassume il quadro complessivo delle risorse disponibili e della previsione di spesa per il triennio 2020-2022.

	2020	2021	2022
ENTRATE:			
FOE ordinario MIUR	253,758	253,760	253,760
FOE internazionali	22,950	22,950	22,950
FOE straordinario	16,100	16,100	16,100
Progettuali	56,940	79,940	46,940
Entrate diverse	3,755	3,750	3,750
Totale Entrate	353,503	376,500	343,500
SPESE:			
ATTIVITÀ DI RICERCA:			
Fisica delle particelle	20,000	20,000	20,000
Fisica Astroparticellare	13,700	13,700	13,700
Fisica Nucleare	9,000	9,000	9,000
Fisica Teorica	3,000	3,000	3,000
Ricerche Tecnologiche	5,500	5,500	5,500
	51,200	51,200	51,200
Progetti Strategici, Speciali, Calcolo, C3M e Trasferimento Tecnologico	5,964	5,964	5,964
Attività di ricerca	56,929	77,836	47,336
FONDO DI RISERVA	6,000	6,000	6,000
Totale Ricerca	120,093	141,000	110,500
FUNZIONAMENTO STRUTTURE			
Personale	169,969	171,000	171,000
Fondi centrali e partecipazione a Consorzi	18,564	19,000	18,000
Totale Spese	353,503	376,500	343,500

Tabella 2.5 Previsione pluriennale 2020-2022

3. LE RISORSE DI PERSONALE

L'Istituto alla data del 31 dicembre 2019 ha registrato un organico di **2011 dipendenti** a tempo indeterminato, con un incremento complessivo, rispetto all'anno precedente, di 53 dipendenti. Questo risultato è stato ottenuto grazie al completamento delle procedure per l'assunzione di nuovi ricercatori e tecnologi, a seguito della legge di stabilità 2017 (DM 163/2017), del proseguimento per le assunzioni secondo la legge 68/99 e tenendo conto del totale delle cessazioni registrate nell'anno.

Come riportato nella tabella 3.1 si evidenzia il totale del personale, suddiviso per profili professionali e per genere, a tempo indeterminato e a tempo determinato alla data del 31 dicembre 2019 e il riscontro del personale a tempo indeterminato alla data del 31 dicembre 2018.

Profilo	Livello	Personale a tempo indeterminato alla data del 31/12/2018	Personale a tempo indeterminato al 31/12/2019			Personale a tempo determinato al 31/12/2019		
			M	F	Totale	M	F	Totale
Dirigente I fascia		0						0
Dirigente II fascia		2		2	2			0
Dirigente di ricerca	I	96	102	21	123			0
Primo ricercatore	II	241	185	54	239			0
Ricercatore	III	301	239	74	313	31	8	39
Dirigente tecnologo	I	38	47	3	50			0
Primo tecnologo	II	82	81	17	98	1		1
Tecnologo	III	200	153	47	200	43	12	55
Collaboratore tecnico E.R.	IV	279	254	15	269			0
Collaboratore tecnico E.R.	V	170	158	12	170			0
Collaboratore tecnico E.R.	VI	114	111	7	118	41	1	42
Operatore tecnico	VI	56	46	3	49			0
Operatore tecnico	VII	10	10		10			0
Operatore tecnico	VIII	50	43	12	55			0
Funzionario di amministrazione	IV	29	7	19	26			0
Funzionario di amministrazione	V	20	4	25	29	2	5	7
Collaboratore di amministrazione	V	135	21	97	118			0
Collaboratore di amministrazione	VI	56	12	42	54			0
Collaboratore di amministrazione	VII	60	15	54	69	6	29	35
Operatore di amministrazione	VII	4		4	4			0
Operatore di amministrazione	VIII	15	7	8	15			0
Totale		1.958	1.495	516	2.011	124	55	179

Tabella 3.1 Totale del personale al 31 Dicembre 2019

L'ente considera prioritario continuare a ripopolare il primo e il secondo livello dei profili di ricercatori e tecnologi per venire incontro alle esigenze di progressione di carriera e per riconoscere al personale l'inquadramento adeguato a ricoprire ruoli di responsabilità, anche nel contesto internazionale.

Per il triennio 2020-2022 l'Istituto ha definito una politica assunzionale e di sviluppo professionale del proprio personale utile al raggiungimento degli obiettivi operativi e strategici previsti dalla strategia scientifica dell'Istituto, descritta nel presente PTA, e nello stesso tempo nel rispetto dei vincoli stabiliti dall'art. 9 del D. Lgs 218 del 2016.

Nell'attuazione di questa strategia per il triennio 2020-2022 l'Ente, oltre al completamento della programmazione prevista nei PTA degli anni precedenti, intende nel corso del 2020 bandire un numero di posizioni pari almeno a tutto il personale tecnologo e TA previsto in cessazione nel triennio. Inoltre la politica di sviluppo professionale, che l'Istituto intende attuare per il proprio

personale per l'anno 2020, anche a seguito degli ultimi chiarimenti forniti dall'ARAN sulla costituzione del fondo art. 90 del CCNL 2016 – 2018 utile per finanziare le progressioni ex art. 54, prevede di bandire 427 passaggi di livello ai sensi dell'art. 54 del CCNL 21/02/2002 e 302 posizioni per progressioni economiche ai sensi dell'art. 53 del CCNL 21/02/2002.

La seguente tabella 3.2 riporta in dettaglio il fabbisogno del personale per l'anno 2020 comprese le cessazioni previste:

FABBISOGNO DI PERSONALE INFN ANNO 2020 PER DIRIGENTE, LIVELLI I - III e IV - VIII															
Profilo e livello	Personale in servizio al 31/12/2019	Assunzioni				Cessanti anno 2020	Progressioni					Posti liberati con i concorsi e con le progressioni	Previsione di personale in servizio al 31/12/2020		
		Personale da assumere PTA precedenti	Previsioni assunzionali PTA 2020 - 2022		Personale assunto Art. 20, co. 1 D. Lgs 75/17		Rispetto obblighi legge 68/99	Attuazione art. 15 del CCNL	Attuazione art. 65 del CCNL	Attuazione art. 54 del CCNL	Attuazione art. 53 del CCNL			Attuazione art. 52 del CCNL	Attuazione art. 22 Legge Madia
			Vincitori	Riserve											
Dirigente I fascia	0	0	0									0	0		
Dirigente II fascia	2	0	0									0	2		
Dirigente di ricerca	123	1	25			5						0	144		
Primo ricercatore	239	30	35			5						25	274		
Ricercatore	313	0	0	21		5						63	266		
Dirigente tecnologo	50	0	10			3						0	57		
Primo tecnologo	98	28	25	1		1						10	141		
Tecnologo	200	24	10	32								51	215		
CTER IV	269	1	4			7			166	175		0	433		
CTER V	170	0	0			3			112			166	113		
CTER VI	118	21	25	2	7	1					65	112	125		
Op.tec. VI	49	0	0			3			2	35		7	41		
Op.tec. VII	10	0	0						3			10	3		
Op.tec. VIII	55	0	4		4							53	10		
Funz. Amm. IV	26	0	0			1			29	20		0	54		
Funz. Amm. V	29	7	4									29	11		
Coll. Amm. V	118	0	0			4			54	69		0	168		
Coll. Amm. VI	54	0	0						58			54	58		
Coll. Amm. VII	69	9	16		10						11	58	57		
Op. Amm. VII	4	0	0						3	3		0	7		
Op. Amm. VIII	15	0	0									14	1		
Totale	2.011	121	158	56	21	38	0	0	427	302	0	76	2.180		

Tabella 3.2 fabbisogno di personale 2020

Le previsioni del fabbisogno di personale e le politiche di sviluppo professionale per gli anni 2021 e 2022 sono illustrate dalle seguenti tabelle 3.3 e 3.4:

FABBISOGNO DI PERSONALE INFN ANNO 2021 PER DIRIGENTE, LIVELLI I - III e IV - VIII													
Profilo e livello	Previsione del personale in servizio al 31/12/2020	Assunzioni				Cessanti anno 2021	Progressioni					Posti liberati con i concorsi e con le progressioni	Previsione di personale in servizio al 31/12/2021
		Previsioni assunzionali PTA 2020 - 2022		Rientro dei cervelli ex D. Lgs. 218/16	Rispetto obblighi legge 68/99		Attuazione art. 15 del CCNL	Attuazione art. 65 del CCNL	Attuazione art. 54 del CCNL	Attuazione art. 52 del CCNL	Attuazione art. 53 del CCNL		
		Vincitori	Riserve										
Dirigente I fascia	0												0
Dirigente II fascia	2												2
Dirigente di ricerca	144					5							139
Primo ricercatore	274					7							267
Ricercatore	266					2							264
Dirigente tecnologo	57					1							56
Primo tecnologo	141					2							139
Tecnologo	215	10				2							223
CTER IV	433	4				14					88		423
CTER V	113					1							112
CTER VI	125	18			10								153
Op.tec. VI	41					5					11		36
Op.tec. VII	3												3
Op.tec. VIII	10	1			3								14
Funz. Amm. IV	54					5					5		49
Funz. Amm. V	11	3			4								18
Coll. Amm. V	168					4					46		164
Coll. Amm. VI	58												58
Coll. Amm. VII	57	6			4								67
Op. Amm. VII	7										1		7
Op. Amm. VIII	1				1								2
Totale	2.180	42	0	0	22	48	0	0	0	0	151	0	2.196

Tabella 3.3 fabbisogno di personale 2021

FABBISOGNO DI PERSONALE INFN ANNO 2022 PER DIRIGENTE, LIVELLI I - III e IV - VIII														
Profilo e livello	Previsione del personale in servizio al 31/12/2021	Assunzioni					Cessanti anno 2022	Progressioni					Posti liberati con i concorsi e con le progressioni	Previsione di personale in servizio al 31/12/2022
		Previsioni assunzionali PTA 2020 - 2022		Rientro dei cervelli ex D. Lgs. 218/16	Rispetto obblighi legge 68/99	Attuazione art. 15 del CCNL		Attuazione art. 65 del CCNL	Attuazione art. 54 del CCNL	Attuazione art. 52 del CCNL	Attuazione art. 53 del CCNL			
		Vincitori	Riserve											
Dirigente I fascia	0												0	
Dirigente II fascia	2												2	
Dirigente di ricerca	139					6							133	
Primo ricercatore	267					7							260	
Ricercatore	264					2							262	
Dirigente tecnologo	56					2							54	
Primo tecnologo	139					4							135	
Tecnologo	223												223	
CTER IV	423	4				12							415	
CTER V	112					3							109	
CTER VI	153	16				7	3						173	
Op.tec. VI	36					3							33	
Op.tec. VII	3												3	
Op.tec. VIII	14	1				2							17	
Funz. Amm. IV	49												49	
Funz. Amm. V	18	5				1							24	
Coll. Amm. V	164												164	
Coll. Amm. VI	58												58	
Coll. Amm. VII	67	8				5							80	
Op. Amm. VII	7												7	
Op. Amm. VIII	2												2	
Totale	2.196	34	0	0	15	42	0	0	0	0	0	0	2.203	

Tabella 3.4 fabbisogno di personale 2022

L'indicatore del limite massimo alle spese di personale, calcolato rapportando le spese complessive per il personale di competenza dell'anno di riferimento alla media delle entrate complessive dell'Ente, come risultante dai bilanci consuntivi dell'ultimo triennio, è pari a un coefficiente assunzionale di circa 29%, lontano dal vincolo del 80% previsto dalla legge n.218/2016. La tabella 3.5 riporta il dettaglio della percentuale del coefficiente assunzionale.

Indicatore art. 9, comma 2 del D. Lgs 218/2016	2020
Previsione di spesa complessiva per il personale al 31/12/2019	€ 116.089.059,2
Media delle entrate complessive dell'ultimo triennio	€ 401.527.444,0
Rapporto assunzionale al 31/12/2020	28,91%

Tabella 3.5 Dettaglio della percentuale del coefficiente assunzionale

Inoltre, l'Istituto soddisfa anche il secondo requisito definito dall'art. 9, co. 6, lettera b) dello stesso decreto legislativo. Infatti, la spesa media delle assunzioni e delle progressioni previste nel 2020 è inferiore al margine a disposizione rispetto al limite dell'80%. Infine, la tabella 3.6 evidenzia anche che alla data del 31 dicembre 2020, tenuto anche conto del costo aggiuntivo per le nuove assunzioni e nuove progressioni e del risparmio ottenuto con le cessazioni previste nell'anno, calcolato sempre sulla base del costo medio, il rapporto assunzionale diventerà pari al 32%.

Indicatore art. 9, comma 6 lett b) del D. Lgs 218/2016	2019
Previsione di spesa complessiva per il personale al 31/12/2019	€ 116.089.059,2
Media delle entrate complessive dell'ultimo triennio	€ 401.527.444,0
Costo delle assunzioni e delle progressioni previste nel 2020	€ 14.841.243,8
Risparmio ottenuto con le cessazioni previste nel 2020	€ 2.408.890,9
Rapporto assunzionale previsto al 31/12/2020 a media delle entrate invariata	32,0%

Tabella 3.6 Rapporto assunzionale nel 2020

L'INFN continua a dare seguito al piano assunzionale straordinario riservato alle categorie protette, nel rispetto degli obblighi previsti dalla legge 68/99. Dall'ultima denuncia presentata dall'Istituto in data 31 dicembre 2019 emerge, che sono stati assunti 99 dipendenti appartenenti alle categorie protette, a fronte di un obbligo assunzionale di 157 unità, da completare nell'arco della durata delle singole convenzioni sottoscritte con i Centri per l'Impiego presenti nelle Regioni dove risiedono le Strutture INFN. In conseguenza dell'aumento del personale sarà effettuato il ricalcolo della quota sulla base della denuncia annuale e saranno aggiornate le convenzioni con i centri per l'impiego.

La distribuzione tra i profili del personale presente nell'Ente è rappresentata in figura 3.1. È da notare che l'incidenza del personale amministrativo sul totale del personale è limitato al 16%, molto al di sotto dell'incidenza media negli EPR. L'aumento del carico di lavoro legato a nuovi adempimenti legislativi e allo sforzo di reperimento di fonti esterne di finanziamento sta sovraccaricando la struttura amministrativa.

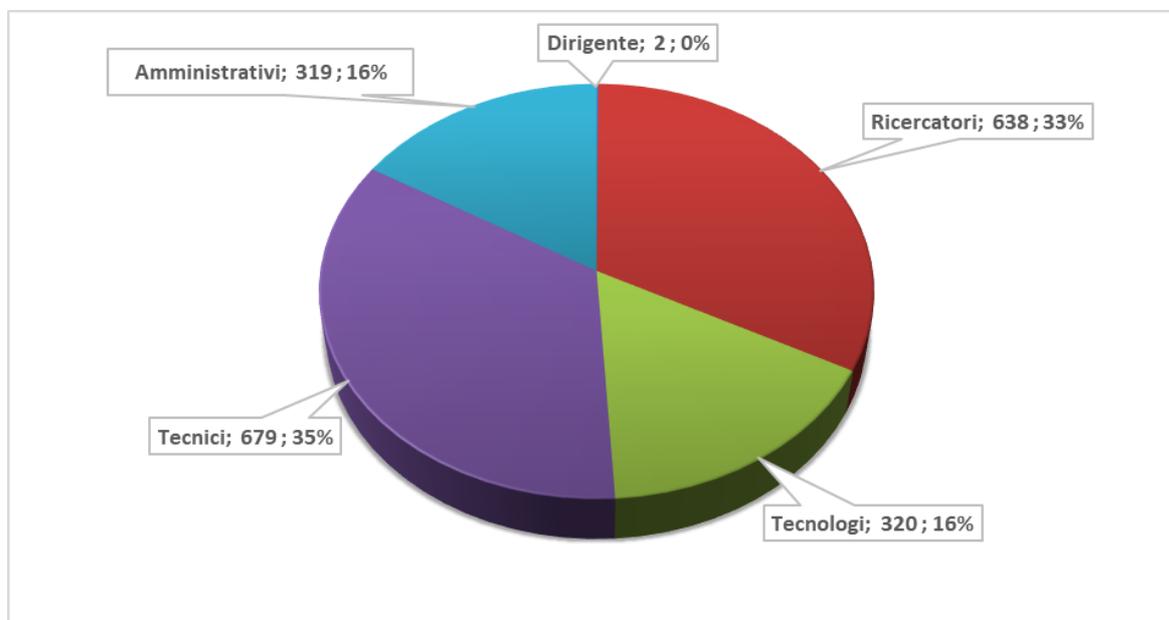


Fig. 3.1 Distribuzione dei profili del personale

Il seguente grafico (Fig. 3.2) mostra l'andamento del numero di dipendenti, suddivisi per ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi, dal 1980 ai giorni nostri.

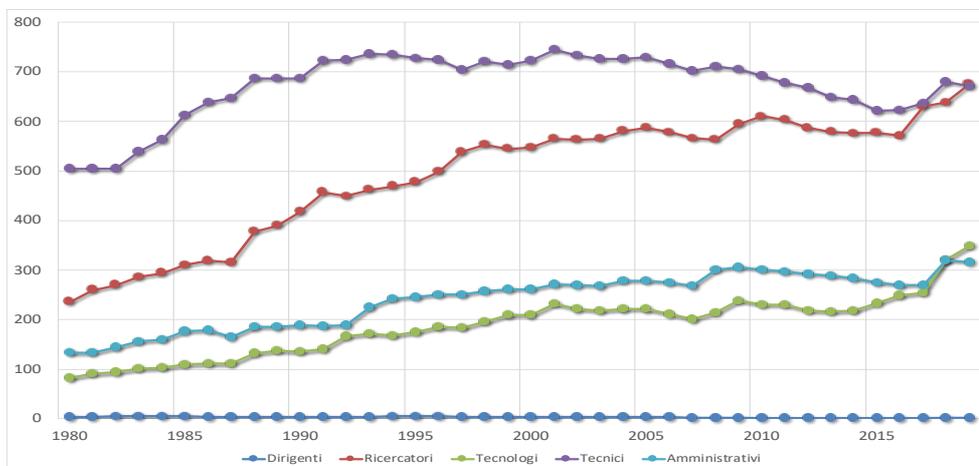


Fig. 3.2 Variazione temporale di ricercatori, tecnologi, tecnici e amministrativi

È interessante notare come il numero complessivo di personale appartenente al profilo tecnico, dai primi anni 2000, abbia registrato una diminuzione passando dal 41% (723 su 1745 unità) del 2000 al 33% (671 su 2011 unità) del 2019. Questo è stato in parte compensato dall'aumento dei tecnologi che nello stesso periodo è passato dal 12% (210 su 1745 unità) del 2000 al 17% (348 su 2011 unità) del 2019 e si spiega con le mutate esigenze dello sviluppo tecnologico che richiede personale sempre più qualificato (ingegneri, informatici, gestionali, ecc.). Nell'ambito della programmazione del fabbisogno di personale per il prossimo triennio, l'Ente ha intenzione di continuare a mantenere elevata la sua capacità di progettazione e realizzazione di esperimenti ad alto contenuto scientifico e tecnologico, assumendo tecnici e tecnologi.

Ulteriore personale dell'Istituto è principalmente composto da giovani in formazione quali borsisti e assegnisti (vedi tabella 3.7). Questo personale fornisce un contributo essenziale alle attività di ricerca dell'Ente e numericamente è circa pari al 40% del personale ricercatore e tecnologo.

Altro Personale	Personale in servizio al 31/12/2019		
	M	F	Totale
Assegnisti	177	85	262
Borsisti	81	31	112
Co.Co.Co	14	4	18
Comandi in Entrata	1	4	5
Totale	273	124	397

Tabella 3.7 Giovani in formazione nel 2019

L'Istituto inoltre si avvale per le sue ricerche anche di personale universitario o appartenente ad altri Enti di Ricerca, che viene associato a vario titolo alle sue strutture ed alle sue attività. Le diverse tipologie di associazione sono presentate nella tabella 3.8. Come si può vedere il 34% del personale associato è rappresentato da personale in formazione, quale borsisti, assegnisti e dottorandi, mentre gli incarichi di ricerca sono di norma assegnati a personale universitario, la cui attività di ricerca è svolta in prevalenza con l'INFN. In particolare, segnaliamo che dei 1006 dottorandi associati ben 263 (pari a circa il 30%) sono direttamente finanziati dall'INFN, tramite opportuni accordi e convenzioni con le Università.

Personale associato con tipi di associazione	Personale impiegato in ricerca al 31/12/2019			
	M	F	Totale	%
Incarichi di ricerca	640	160	800	20%
Assegnisti	230	80	310	8%
Borsisti	30	11	41	1%
Dottorandi	752	254	1006	25%
Altre associazioni	1117	558	1675	42%
Associazioni tecniche	152	24	176	4%
Totale	2.921	1.087	4.008	100%

Tabella 3.8 Diverse tipologie di associazione nel 2019

4. PARTECIPAZIONE A CONSORZI, SOCIETA` 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. Alcuni, come COMETA, hanno specifici obiettivi nel campo della fisica spaziale (Lisa Pathfinder) o delle infrastrutture di calcolo (EGI) con trasferimenti verso paesi terzi (el4Africa, EarthServer). Nel settore dell'energia il Consorzio RFX gioca un ruolo primario, con la partecipazione ai progetti di fusione nucleare ITER e IFMIF. Nel campo delle reti informatiche, significativo è il contributo dell'Ente nell'Associazione Consortium GARR. Particolarmente rilevante è altresì la partecipazione dell'INFN al consorzio EGO che partecipa alla rete internazionale degli osservatori di onde gravitazionali (GWIC). Nel 2016 l'INFN ha aderito al Cluster nazionale Scienza della vita-ALISEI (Advanced Life Science in Italy). Inoltre, dal 2015, l'INFN ha aderito all'Associazione Cluster Fabbrica Intelligente e all'Associazione Smart Cities and Communities promuovendo la collaborazione tra i soci nei settori strategici tipici delle Smart Cities, secondo i paradigmi innovativi dell'Agenda Digitale Europea. L'INFN è socio dell'Associazione Festival della Scienza di Genova, una delle iniziative più rilevanti a livello europeo nella divulgazione scientifica.

La quasi totalità dell'impegno finanziario sopramenzionato è concentrata nei contributi erogati in favore di EGO e GARR e, in misura inferiore, di RFX.

5. L'ATTIVITÀ DI RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

L'attività di ricerca di base dell'Ente si rivolge ai grandi quesiti aperti nell'ambito della fisica dei costituenti elementari della materia e delle loro interazioni fondamentali. Due grandi recenti scoperte, di cui l'INFN è stato tra i principali protagonisti, caratterizzano in modo cruciale il nostro cammino di conoscenza delle leggi fondamentali che regolano l'evoluzione dell'Universo: da una parte, la scoperta del bosone di Higgs rappresenta il tassello fondamentale per completare la verifica della validità della teoria nota come Modello Standard nella descrizione dell'Universo a livello microscopico (microcosmo); dall'altra, la teoria che da un secolo descrive l'Universo nelle sue strutture più grandi (macrocosmo), la Relatività Generale di Einstein, ha ricevuto la recente clamorosa conferma di una sua cruciale predizione grazie alla rivelazione diretta delle onde gravitazionali. La scoperta delle onde gravitazionali, annunciata nel 2016, è stata premiata col premio Nobel per la fisica 2017. Grazie all'entrata in funzione dell'interferometro gravitazionale VIRGO nell'infrastruttura di ricerca di Cascina (Pisa), è stato possibile realizzare, in concomitanza con le osservazioni dei due interferometri americani di LIGO, la rivelazione del primo evento di emissione di onde gravitazionali a seguito della fusione di due stelle di neutroni e, cosa molto importante, l'individuazione della direzione di provenienza del segnale (l'individuazione della direzione di provenienza è possibile solo con una triangolazione a tre rivelatori per cui il ruolo di VIRGO è cruciale). Ciò ha permesso di accompagnare lo studio delle onde gravitazionali con quello della radiazione elettromagnetica associata attivando opportunamente una vasta rete di telescopi (a terra e nello spazio) collegati a LIGO-VIRGO mediante un ampio programma di intesa. È nato così un nuovo modo di osservare le sorgenti astrofisiche mediante un approccio che cerca di individuare simultaneamente i vari "messaggeri cosmici" emessi da tali sorgenti – radiazione elettromagnetica, raggi cosmici carichi, neutrini di alta energia e onde gravitazionali. Va sottolineata la forte competizione internazionale. A partire dal 2022 altri rivelatori saranno messi in funzione in Giappone e in India. È di fondamentale importanza il fatto che l'Italia e l'INFN possano continuare a migliorare le caratteristiche di VIRGO e la sua capacità di osservazione per non perdere il ruolo di leadership faticosamente conquistato.

Come abbiamo visto, per lo svolgimento dell'attività scientifica l'Istituto si avvale di cinque Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN): **fisica subnucleare (CSN1)**, **fisica astroparticellare (CSN2)**, **fisica nucleare (CSN3)**, **fisica teorica (CSN4)**, **ricerche tecnologiche e interdisciplinari (CSN5)**.

Nel corso del 2019 gli esperimenti di **fisica subnucleare (CSN1)**, effettuati ad acceleratori di particelle, hanno esplorato molti aspetti del settore, tutti alla frontiera della ricerca internazionale in questo campo di fisica fondamentale. In modo complementare si è svolta un'attività di ricerca e sviluppo su rivelatori, elettronica, trigger e calcolo innovativi e su alcuni aspetti specifici per studiare le opzioni per i Futuri Acceleratori, che sono discussi nell'ambito dell'aggiornamento della Strategia Europea della Fisica delle Particelle (ESPP), il cui completamento è previsto nel corso del 2020. L'INFN ha partecipato attivamente ai gruppi di lavoro istituiti a livello internazionale per preparare ESPP e per scrivere i relativi documenti. Tra i numerosi prodotti vale la pena di citare i quattro volumi del Conceptual Design Report del Future Circular Collider (FCC) del CERN, che descrivono le potenzialità di fisica dei futuri collisori che potrebbero essere installati in un nuovo tunnel circolare di 100 km di lunghezza (FCC-ee, FCC-hh, FCC-eh), o nell'attuale tunnel LHC (HE-LHC). In particolare, INFN ha contribuito agli studi di fisica e di rivelatori per un futuro collisore

circolare e^+e^- (FCC-ee o la controparte cinese CepC), con l'obiettivo di raccogliere dati all'energia corrispondente al polo di massa del bosone Z fino alla soglia di produzione di coppie di quark top-antitop, per fare un salto significativo nella conoscenza della fisica elettrodebole e del bosone di Higgs. L'INFN ha anche contribuito in maniera significativa ai gruppi di lavoro sulle future macchine ad adroni, come HE-LHC o FCC-hh, sfruttando l'esperienza acquisita negli esperimenti LHC e negli studi di preparazione per HL-LHC. Un'altra area di rilevante attività riguarda lo studio di futuri collisori di muoni che includono una tecnica originale (nata nell'INFN) che sfrutta la produzione di coppie di muoni in soglia utilizzando un intenso fascio di positroni su elettroni a riposo in un bersaglio (progetto LEMMA).

Al CERN l'LHC, raggiunta nel 2015 l'energia nel centro di massa di 13 TeV, ha superato i limiti di disegno in quantità e qualità dei dati forniti agli esperimenti **ATLAS** e **CMS** che hanno saputo raffinare le tecniche di selezione ed analisi con un'efficienza altissima. A soli sette anni dalla scoperta, lo studio del bosone di Higgs ha raggiunto risultati che hanno superato le previsioni e competono in precisione con le predizioni teoriche. Grazie a tale messe di dati è stato possibile portare avanti incisivamente un programma di ricerca di nuova fisica oltre il Modello Standard aumentando considerevolmente il territorio esplorato per le particelle supersimmetriche o per nuove particelle presenti in teorie con nuove dimensioni spazio-temporali, con particolare riguardo a candidati di materia oscura. Un altro importante modo di cercare segnali di tale nuova fisica è mediante **ricerche indirette** che si avvalgono dello studio dettagliato delle masse e dei mescolamenti tra loro delle particelle elementari (**fisica del flavour**). Questo campo vede impegnato l'ente sia al CERN con gli esperimenti **LHCb** e **NA62** che in Giappone con l'esperimento **Belle II** dove sono utilizzate tecniche sperimentali e di analisi dei dati all'avanguardia. L'INFN si è da sempre distinto in queste ricerche curandone sia gli aspetti teorici (ricordiamo il contributo di Nicola Cabibbo, ad esempio) che sperimentali. Ricordiamo inoltre lo studio delle interazioni forti e la ricerca di nuove particelle a energie intermedie, in particolare con l'esperimento **BES III** a Pechino che rappresenta un esempio di successo nella collaborazione tra Italia e Cina nella ricerca di base. Nell'ambito delle misure di precisione continuerà nei prossimi anni la collaborazione con il laboratorio Fermilab negli Stati Uniti e con il PSI in Svizzera per studiare le proprietà dei leptoni, in particolare del muone, una promettente finestra per la fisica al di là del Modello Standard.

Come sopra ricordato, la scoperta delle onde gravitazionali (in cui fisici, ingegneri e tecnici INFN della collaborazione VIRGO hanno dato un significativo contributo) è fondamentale non solo per avvalorare una delle più affascinanti predizioni della teoria della Relatività Generale, ma anche, e forse ancora più importante, per inserire le onde gravitazionali tra i "messaggeri cosmici" (al pari dei fotoni e neutrini di alta energia e dei raggi cosmici carichi) aprendo di fatto la nuova era della "astronomia gravitazionale".

La ricerca e lo studio delle onde gravitazionali rientra nel campo della cosiddetta **fisica astroparticellare (CSN2)**, ovvero lo studio di processi fisici che combina sinergicamente aspetti di fisica delle particelle elementari, della cosmologia e dell'astrofisica. Per l'INFN queste ricerche si articolano su 4 linee principali, con un impegno quasi equidistribuito: Radiazione Cosmica, Universo Oscuro, Proprietà dei neutrini ed infine Gravitazione e Fisica fondamentale.

Lo studio della radiazione cosmica mira a comprenderne l'origine e le proprietà ed è focalizzato principalmente sulle particelle di alta energia che rappresentano la fonte più informativa della fisica che caratterizza le sorgenti più distanti ed esotiche. Le loro energie possono essere decine di

milioni di volte superiori a quelle prodotte dagli attuali acceleratori più potenti. Anche se caratterizzata da energie bassissime, la radiazione cosmica di fondo non è da meno. Nasconde le tracce più recondite dell'Universo primordiale e dal suo studio si possono trarre informazioni inaspettate sulle proprietà di particelle come il neutrino oppure capire come ha avuto origine l'Universo. Nello studio della radiazione cosmica, una vera e propria rivoluzione è stata innescata dalla possibilità di misurare simultaneamente radiazioni di natura diversa. Questo approccio, che è stato definito multi-messenger permette di correlare informazioni complementari (e finora impensabili) sulle sorgenti e include oltre all'usuale radiazione elettromagnetica e a quella carica anche i neutrini e le onde gravitazionali.

L'INFN contribuisce in maniera significativa a molte di queste osservazioni con esperimenti e tecnologie diverse localizzate a terra (CTA, AUGER, QUBIC, ecc), sotto il mare (KM3), sotto terra (BOREXINO) e nello spazio (AMS2, FERMI, IXPE, DAMPE, GAMMA, HERD, LITEBIRD, ecc).

Un'altra questione fondamentale al cui studio l'INFN contribuisce in maniera importante è quella della massa ed energia oscura dell'universo. Qui le ricerche mirano sia alla rivelazione diretta delle interazioni dei possibili costituenti (DAMA, DARKSIDE, XENONnT, QUAX, ecc), che a quella dei loro effetti sulla dinamica cosmica (EUCLID), nonché ai possibili effetti secondari indotti dalla loro dinamica (ad es. decadimenti). In questo ambito, un ruolo speciale è giocato dai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) che ospitano buona parte degli esperimenti più sensibili per la ricerca diretta di materia oscura a livello mondiale

Il neutrino è stato, fin dalla sua nascita, fonte di sorprese ed è stato in tantissimi casi un vero e proprio grimaldello con cui aprire porte inaspettate ed insperate. Ancora oggi ci mancano dettagli importanti sulla sua natura e sulla sua massa e siamo convinti che una loro comprensione possa ancora una volta svelare nuovi scenari al di là di quelli con cui descriviamo in maniera estremamente precisa i fenomeni che riguardano le particelle elementari. In effetti, nonostante questa incredibile capacità, non sappiamo ancora dare risposta ad alcune domande fondamentali come quella dell'asimmetria cosmica tra materia ed antimateria. Per questo motivo la fisica del neutrino continua a ricoprire un interesse particolare. Per ciò che riguarda la massa, l'INFN ha un programma di misure dirette con tecnologie di precisione (HOLMES_2) ed ha cominciato a contribuire alle misure delle fluttuazioni della radiazione cosmica di fondo. Da sempre è interessato all'indagine della sua natura tramite lo studio del decadimento doppio beta (CUORE, GERDA), e dà un contributo importante allo studio delle sue proprietà di propagazione (BOREX, T2K, ICARUS, DUNE, JUNO). Queste potrebbero infatti nascondere i segnali di nuovi fenomeni come la violazione di CP e dunque fornire una possibile soluzione al problema della carenza di antimateria nel cosmo.

Infine, l'osservazione delle onde gravitazionali, cui l'INFN ha dato un contributo importante ed innegabile, è solo uno degli approcci alla comprensione della forza che paradossalmente conosciamo di meno: la gravità. Lo studio delle proprietà della relatività generale è affrontato anche con una lunga serie di misure di alta precisione che mettono in campo gli ultimi ritrovati delle tecnologie quantistiche, oltre che l'ingegno dei nostri ricercatori e mirano a sondarne i limiti in condizioni di campi intensi (VIRGO, ET, LISA) e deboli (G-GRANSASSO, MOONLIGHT, MAGIA, ecc..). Non c'è dubbio che lo studio delle onde gravitazionali oltre ad aprire nuove frontiere per lo studio della gravità, abbia aperto anche uno dei nuovi canali più rivoluzionari della astronomia multimessaggera come dimostrato dall'osservazione della fusione di stelle di neutroni.

Ci aspettiamo che nel prossimo triennio, il **laboratorio del Gran Sasso** manterrà una leadership mondiale nel campo della fisica degli eventi rari con particolare riferimento alla ricerca della **Materia Oscura** e del **Doppio Decadimento Beta senza emissione di neutrini** (l'esistenza di tale processo mostrerebbe che il neutrino coincide con la sua antiparticella così come ipotizzato da Ettore **Majorana** circa 80 anni fa).

Il terzo grande settore della ricerca di base condotta dall'INFN concerne la **fisica nucleare (CSN3)**. L'obiettivo scientifico della Fisica Nucleare moderna è quello di indagare la struttura dei nuclei e le diverse fasi della materia nucleare, nonché alcune proprietà fondamentali come il raggio del protone o il momento di dipolo magnetico degli adroni. Questa missione rappresenta una sfida molto impegnativa ed è cruciale per fornire la risposta a una serie di domande chiave relative alla genesi dell'Universo e alla nucleosintesi primordiale, nonché alla comprensione del meccanismo di formazione degli elementi dalle esplosioni stellari.

A questo si aggiunge la necessità di misurare con sempre maggior precisione le proprietà nucleari per poter permettere nuove applicazioni in campo medicale e/o tecnologico. La comunità italiana dei fisici nucleari afferente all'INFN si è distinta in ambito nazionale e internazionale per l'impegno e la qualità tecnologica degli esperimenti condotti.

L'esperimento **ALICE** opera presso l'acceleratore LHC del CERN e, in questo settore, è attualmente quello con il maggior numero di ricercatori INFN coinvolti. Il suo compito principale è studiare le interazioni tra ioni pesanti alla ricerca dello stato della materia che si ritiene abbia caratterizzato l'universo nei primissimi istanti della sua nascita, il cosiddetto plasma di quark e gluoni. In tale stato, in luogo dei protoni e neutroni che oggi vediamo, erano ancora presenti allo stadio di particelle elementari deconfinati i quark e i messaggeri delle interazioni nucleari forti, i gluoni. Dopo importanti risultati ottenuti in questi anni grazie anche al confronto con interazioni protone-ione e protone-protone, ALICE nei prossimi due anni apporterà sostanziali miglioramenti alla strumentazione e ciò permetterà un aumento di un fattore 10 nella statistica accumulata. Il contributo italiano è particolarmente significativo nei rivelatori di tracciamento interno (ITS), di "tempo di volo" (TOF) e di misura dei muoni (MUON) e beam-remnant (ZDC).

Nei prossimi tre anni l'attività sperimentale vedrà il completamento delle nuove infrastrutture nei Laboratori Nazionali, in particolare **SPES** ai LNL a Legnaro che fornirà fasci di ioni esotici per la fisica nucleare, l'upgrade del ciclotrone ai LNS a Catania che fornirà fasci di maggiore intensità e miglior qualità per la fisica e astrofisica nucleare, **LUNA-MV** ai LNGS, una nuova struttura per lo studio dei processi a bassa energia di interesse astrofisico. Inizierà quindi la fase degli esperimenti, con il coinvolgimento di numerosi e importanti apparati come lo spettrometro a tracciamento per raggi gamma **AGATA** (la cui installazione ai LNL è prevista già per il 2021) per lo studio della struttura nucleare o l'esperimento **NUMEN** con lo spettrometro **MAGNEX** per le misure di doppio scambio carica, volte a determinare l'elemento di matrice nucleare del doppio decadimento beta senza neutrini. Un importante periodo di presa dati si preannuncia per l'acceleratore DAPHNE ai LNF con l'esperimento **SIDDHARTA** per la misura di nuclei Kaonici e delle loro proprietà in una struttura unica al mondo. Il nuovo esperimento **PANDORA** ai LNS misurerà il decadimento di diversi isotopi all'interno di un plasma e quindi in condizioni realistiche rispetto a quanto avviene nelle stelle. Oltre che nei propri laboratori, l'INFN porterà avanti programmi di fisica in diversi laboratori europei ed extra-europei. Quelli maggiormente utilizzati sono **GANIL** in Francia, **Mainz** e **GSI** in Germania, **RIKEN** in Giappone, **ISOLDE** in Svizzera, **TRIUMF** in Canada. Negli USA la comunità dei fisici nucleari italiani è concentrata nel laboratorio **JLAB**, dove contribuisce agli esperimenti delle sale A e B e dove ha diversi ruoli di responsabilità (al momento il responsabile della Hall B è italiano). Inoltre nei prossimi anni l'INFN sarà impegnato nella misura di alcune proprietà fondamentali dell'antimateria con gli esperimenti

ASACUSA e **AEGIS** al CERN, sulle interazioni con fasci di neutroni al CERN (**n-TOF**), sulla violazione del Principio di Pauli con l'esperimento **VIP** ai LNGS, sulla determinazione del dipolo elettrico in protoni e nuclei con l'esperimento **JEDI** a COSY in Germania e la misura del raggio del protone con **FAMU** a RAL.

In campo applicativo la comunità nucleare è impegnata nella costruzione dello spettrometro di **FOOT** per la misura delle sezioni d'urto di frammentazione di fasci di ioni leggeri, misure fondamentali per l'ottimizzazione delle tecniche di adroterapia.

Infine si è formalizzato l'interesse della comunità scientifica italiana a partecipare a due nuovi progetti: i) la sperimentazione con l'acceleratore **EIC** (Electron-Ion-Collider) in corso di definizione negli USA e ii) l'esperimento **NA60+** per la misura del punto critico nel quark-gluon plasma.

La Commissione Scientifica Nazionale 4 (**CSN4**) coordina le ricerche in **fisica teorica** che sviluppano ipotesi, modelli e teorie fisiche, sia per spiegare i risultati sperimentali già acquisiti, sia per aprire nuovi scenari per la fisica del futuro. I principali argomenti, su cui sono impegnati i fisici teorici della CSN4, sono le indagini sull'origine della massa delle particelle elementari, la natura e le proprietà della cosiddetta materia oscura e l'unificazione a livello quantistico di tutte le interazioni fondamentali, inclusa la gravità, anche mediante la teoria delle stringhe. Altre ricerche riguardano lo studio della natura e della struttura intrinseca dello spazio-tempo, la fisica del nucleo e delle particelle che lo costituiscono, inclusi i processi all'epoca del Big-Bang e la successiva evoluzione dell'Universo. Tali studi teorici si avvalgono, da un lato, dei risultati sperimentali prodotti dagli acceleratori di particelle e dagli esperimenti di fisica astroparticellare e, dall'altro, di metodi matematici e strumenti sia formali che numerici. L'attività coordinata dalla CSN4 è organizzata in sei settori, detti Linee Scientifiche, che coprono i campi più importanti della ricerca in fisica teorica, e precisamente: 1) Teoria dei campi e delle stringhe, 2) Fenomenologia delle particelle elementari, 3) Fisica nucleare e adronica, 4) Metodi Matematici, 5) Fisica astroparticellare e cosmologia, 6) Meccanica Statistica e teoria dei campi applicata. Un'altra attività importante e tradizionale della CSN4 è la formazione di giovani ricercatori e studenti. Ciò si riflette anche nell'elevato numero di pubblicazioni i cui autori o co-autori sono dottori di ricerca o dottorandi; queste rappresentano circa il 30% della produzione scientifica totale della CSN4.

Lo studio dei problemi fondamentali della fisica nucleare e delle particelle elementari è entrato in una fase di grande interesse a causa dello sviluppo dei fronti sperimentali lungo le linee dell'alta energia, dell'alta intensità e della fisica astroparticellare. Il cosiddetto "**fronte dell'alta energia**" consiste nel cercare di produrre nuove particelle pesanti usando acceleratori ad alta energia e ad alta frequenza di collisioni come il Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Ginevra. Il cosiddetto "**fronte dell'alta intensità**" consiste invece nella ricerca di nuovi fenomeni, di nuove particelle e di nuove proprietà usando acceleratori ad energia medio-alta ma con un'altissima frequenza di collisioni. Infine, il cosiddetto "**fronte astroparticellare**" consiste nel considerare l'Universo stesso come una macchina naturale per produrre particelle e per fornirci indicazioni sulle proprietà della materia ed energia oscura, dei raggi cosmici etc. In questo contesto il compito della fisica teorica è quello di fornire metodi e modelli per interpretare le osservazioni sperimentali ed in particolare formulare teorie per estendere il Modello Standard delle interazioni fondamentali, al fine di includere i nuovi fenomeni della fisica elettrodebole e del sapore e di trovare candidati particellari di materia oscura. Esistono fondamentalmente due approcci per raggiungere questi obiettivi: uno detto "**bottom-up**", che partendo dai dati sperimentali e dalla fenomenologia arriva all'elaborazione di modelli e teorie di nuova fisica, e uno detto "**top-down**" che partendo invece da teorie astratte spesso basate su sofisticati strumenti matematici giunge ad implicazioni fenomenologiche da confrontare con i risultati sperimentali. Nell'approccio "bottom-up" molto importante è lo studio degli aspetti fenomenologici delle interazioni forti alla scala di Fermi

(esplorata dagli esperimenti di LHC) o lo studio dei meccanismi di rottura della simmetria elettrodebole per spiegare l'origine della massa. Inoltre è fondamentale continuare l'analisi dei dati provenienti dagli esperimenti di astrofisica al fine di trovare correlazioni tra segnali diretti o indiretti di materia oscura nei diversi esperimenti. La correlazione tra questi segnali e l'eventuale produzione di materia oscura a LHC costituisce una delle sorgenti più interessanti per teorie di nuova fisica oltre il Modello Standard. A questi studi si affianca l'attività di ricerca sulla fisica del sapore, sui meccanismi di leptogenesi nel contesto di teorie unificate, lo studio del mescolamento delle diverse specie di fermioni in modelli con o senza supersimmetria alla scala debole o in modelli con "dimensioni extra", cioè con altre dimensioni oltre quelle corrispondenti allo spazio e al tempo che conosciamo.

Un esempio tipico e molto importante dell'approccio "top-down" della fisica teorica è rappresentato dalla teoria delle superstringhe che fornisce uno schema consistente per l'unificazione a livello quantistico di tutte le forze fondamentali, inclusa la gravità, nell'ambito del quale le particelle elementari e i mediatori delle forze sono associati a diversi modi di vibrazione di oggetti estesi unidimensionali detti stringhe. Nel limite in cui la lunghezza delle stringhe diventa trascurabile, questa teoria si riduce alla relatività generale (ovvero alla sua estensione supersimmetrica, la supergravità) unificata con le altre interazioni fondamentali descritte dalle teorie di gauge. Negli ultimi anni lo studio della teoria delle stringhe e delle loro generalizzazioni a più dimensioni, dette membrane o più concisamente "brane", è stato uno degli argomenti di punta della ricerca fondamentale in fisica teorica a livello mondiale, portando alla formulazione dei cosiddetti modelli di "brane-world" per la descrizione della fisica delle particelle elementari. Inoltre, lo studio delle "brane" e della geometria ad esse associata ha aperto nuove prospettive per la comprensione del settore non-perturbativo delle teorie di gauge portando alla formulazione di varie corrispondenze gauge/gravità il cui prototipo è la dualità AdS/CFT che oggi trova applicazioni e sviluppi in numerosi settori, dalla idrodinamica alla fisica della materia condensata. L'attività coordinata dalla CSN4 non si esaurisce nei temi menzionati finora, ma ha importanti estensioni nello studio degli aspetti più formali della teoria dei campi, nella fisica matematica, nella fisica nucleare e adronica, nella fisica statistica, nella fisica dei sistemi complessi, nella biofisica, nella biologia computazionale, nella turbolenza.

L'INFN è da sempre all'avanguardia nel **Calcolo Scientifico**. Negli ultimi due decenni l'INFN ha realizzato, grazie anche ad 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. La sua interconnessione con le infrastrutture delle altre nazioni la rende una componente fondamentale della Grid europea EGI (European Grid Infrastructure) e di WLCG (Worldwide LHC Computing Grid). L'utilizzo è sempre stato dominato dalle collaborazioni LHC, ma recentemente hanno assunto un ruolo importante anche gli esperimenti astro-particellari. L'infrastruttura è costituita da un Tier-1 e 9 centri Tier-2, dotati di *data center* di varie dimensioni, capaci di offrire servizi basati su standard comuni. I centri forniscono risorse di calcolo e storage a varie comunità scientifiche, sia a livello nazionale che internazionale, rendendo INFN un punto di riferimento per il calcolo scientifico. La leadership di INFN in questo importante settore si è confermata anche negli anni recenti contribuendo in modo significativo allo sviluppo delle iniziative europee di European Open Science Cloud (EOSC), European Data Infrastructure (EDI) e di iniziative nell'ambito High Performance Computing (EuroHPC).

L'INFN partecipa inoltre a diversi progetti legati alla iniziativa europea EOSC (European Open Science Cloud) mentre in EuroHPC (High Performance Computing) è partner principale insieme a CINECA del consorzio che ha portato in Italia, al Tecnopolo di Bologna, il supercalcolatore pre-

exascale (250 PFlop) “Leonardo” finanziato in modo paritetico dalla JRU EuroHPC e dal MIUR che si affiancherà nei data hall del Tecnopolo al Tier1 WLCG del CNAF costituendo in questo modo un data center unico nel panorama europeo per capacità di calcolo e di gestione ed analisi di dati sperimentali. In questo contesto si colloca anche il progetto POR-FESR della Regione Emilia-Romagna SUPER, che prevede un potenziamento e una maggiore integrazione delle risorse di CINECA e CNAF. Questo hub di calcolo è uno degli elementi chiave del modello “datalake” che INFN intende adottare per la gestione della grande quantità di dati prodotta a HL-LHC. Il modello prevede un consolidamento dei dati in pochi centri, con CPU potenzialmente distribuite anche in centri satellite, sia pubblici sia privati. Un secondo hub del modello “datalake” è costituito dalla infrastruttura di calcolo promossa dal progetto IBiSCo nell’ambito del programma PON Ricerca e Innovazione 2014-2020 finanziato dal MIUR e di cui INFN è coordinatrice.

INFN è tra i promotori di ICDI (Infrastruttura Calcolo e Dati Italiana), un forum creato dai rappresentanti delle principali infrastrutture di calcolo di ricerca italiane, con lo scopo di promuovere sinergie nei servizi per i dati scientifici a livello nazionale e ottimizzare la partecipazione italiana a sfide europee e globali in questo campo. Al momento ICDI coinvolge i principali fornitori di infrastrutture per la comunità della ricerca italiana (rete, storage, informatica, servizi cloud) e le comunità di ricerca, caratterizzate dalla partecipazione a vaste iniziative nazionali e internazionali, che fanno uso intensivo di dati. A lungo termine, ICDI mira a creare un organismo nazionale di coordinamento, che sia rappresentativo delle infrastrutture italiane e interagisca con istituzioni nazionali ed europee a loro nome. Il Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca è entrato a far parte di ICDI come osservatore e ha espresso interesse per l’iniziativa in quanto è un buon candidato per rappresentare le parti interessate e sostenere il Ministero nella definizione di strategie nazionali nel campo della ricerca basata sui dati. I principali partner ICDI, tra cui INFN, partecipano al progetto EOSC-Pillar insieme al consorzio francese per OpenScience e ai rappresentanti della Federazione tedesca dati, Helmholtz. L’obiettivo generale di EOSC-Pillar è l’implementazione della EOSC sfruttando le iniziative nazionali.

Nel prossimo decennio, le risorse necessarie per il calcolo scientifico aumenteranno in maniera consistente. Oltre alla crescita prevista di circa un ordine di grandezza per High Luminosity LHC, diventeranno più significative le necessità di altri esperimenti (es. CTA), raggiungendo la scala attuale di un esperimento a LHC. Per affrontare questa sfida, l’INFN ha partecipato e partecipa a varie attività di R&D, in particolar modo attraverso progetti europei.

Nell’ottica dell’evoluzione della infrastruttura di calcolo scientifica italiana verso un’infrastruttura di calcolo e dati comune, l’INFN coordina il progetto IBiSCo nell’ambito del programma PON Ricerca e Innovazione 2014-2020 finanziato dal MIUR. Questo progetto, che si inquadra in maniera significativa nel “Pillar 2: Infrastructure” di *Important Project of Common Interest on High Performance Computing and Big Data enabled Applications (IPCEI-HPC-BDA)*, intende potenziare l’attuale infrastruttura ReCaS del Sud Italia, realizzata, oltre che con finanziamenti ordinari dell’Ente, anche con passati progetti PON e il progetto DHTCS in collaborazione con il CNR, l’INAF, l’INGV e il GARR. Lo scopo del progetto è la creazione di un sistema distribuito geograficamente nel Sud Italia che appaia logicamente come un unico nodo connettendo ad alta banda passante i siti di Bari, Catania e Napoli attraverso una rete Science DMZ di 100 Gbps connessa con il Tier1 del CNAF e il PoP GARR di Milano, accesso alla rete internazionale della ricerca GEANT. La piattaforma IBiSCo prevede inoltre una strettissima collaborazione con altri Enti di Ricerca come il CNF, l’INAF, l’INGV e le Università degli Studi di Bari Aldo Moro e Napoli

Federico II. Si propone, quindi, come il primo passo concreto e reale verso ICDI.

High Performance Computing (HPC): oltre alle attività sperimentali anche numerose aree di ricerca in fisica teorica e modellistica dei sistemi richiedono un supporto rilevante di specifiche risorse di calcolo che in alcuni casi raggiungono il limite delle odierne capacità tecnologiche: esempi in questo campo sono tra l'altro simulazioni di teorie di gauge su reticolo, lo studio della turbolenza e la modellizzazione ed implementazione di neural network applicate sia allo studio del comportamento del cervello umano come anche ai sistemi di controllo ed alla ricostruzione/analisi offline di eventi agli esperimenti HEP. Negli ultimi anni, l'enorme investimento economico richiesto per realizzare sistemi di calcolo HPC a scala estrema, ha ridotto per l'INFN la finestra di opportunità di realizzazione di sistemi dedicati completamente custom, ma grazie al ricco e prezioso bagaglio di know-how nell'ambito delle architetture di calcolo, e delle tecnologie associate l'INFN riesce sempre ad avere un ruolo significativo nelle attività di ricerca e sviluppo del settore, come testimoniano i progetti H2020 ExaNeSt e il suo successore EuroExa nonché la partecipazione alla flagship Human Brain Project (HBP) con il progetto WaveScales.

Nei prossimi 5-7 anni i sistemi HPC alla scala dell'ExaFlops raggiungeranno la maturità tecnologica necessaria per entrare in produzione nei centri di calcolo. Il costo per l'impiego in campo scientifico è oggi stimato in diversi Miliardi di Euro (3-5) e dovrà quindi essere affrontato a livello continentale. La futura strategia della politica Europea per il supercalcolo e la sua implementazione, verrà attuata attraverso una specifica iniziativa denominata EuroHPC JU (Joint Undertaking), che prevede di collezionare i finanziamenti a livello Europeo in ambito HPC e realizzare un comitato multi-nazionale di indirizzo scientifico e finanziamento economico all'infrastruttura di supercalcolo Europeo. Nel 2019 EuroHPC JU ha concluso la procedura di selezione dei consorzi Europei per l'installazione e la gestione di 3 macchine pre-Exascale e 8 sistemi Petascale. Il consorzio Italo-Sloveno composto per la parte italiana da CINECA, INFN e SISSA è stato selezionato e co-finanziato per realizzare, entro la fine del 2020 una delle 3 installazioni continentali di sistema pre-ExaScale, che verrà costruita presso il tecnopolo di Bologna. In parallelo l'INFN partecipa attivamente alle attività di ricerca finalizzate all'esplorazione tecnologica ed al progetto di sistema per piattaforme ExaScale Europee come previste a partire dal 2024, dall'ulteriore pillar di EuroHPC JU. In questo quadro e con l'obiettivo di indirizzare le scelte future per l'HPC Europeo verso le necessità del calcolo scientifico dell'Ente, diversi gruppi INFN sono attualmente coinvolti, con ruoli chiave di management e contribuzione scientifico/tecnologica, nella redazione di proposte per la partecipazione alle call EuroHPC apportando contributi per la parte di disegno architeturale e sistemistico e proponendo significativi *use case* applicativi per il co-design ed il benchmark dei nuovi sistemi. Attualmente è attivo un Grant PRACE visto dall'INFN, per 30 Milioni di ore di calcolo sulla partizione A2 della macchina Marconi, in cui l'INFN sta sperimentando la fornitura di ore di calcolo alle collaborazioni LHC in modo trasparente a queste ultime. Questo progetto, per quanto piccolo rispetto alle ore di calcolo di cui gli esperimenti LHC necessiteranno, è importante per stabilire connessioni con il centro HPC, e per poter essere pronti in fase di progettazione delle nuove macchine CINECA ad una fruizione condivisa delle risorse.

Quantum Computing: il meccanismo fisico che rende un computer quantistico potenzialmente più veloce di un sistema classico è il fatto che ogni qubit possa essere programmato in uno stato di entanglement rispetto agli altri, in modo che un computer quantistico "perfetto" con N qubit possa in linea di principio essere capace di descrivere 2^N stati contemporaneamente. Con l'aumentare di

N, la potenza di calcolo teorica aumenta esponenzialmente. Al giorno d'oggi il coinvolgimento di grandi aziende come Google, IBM, Intel e Microsoft sta guidando verso enormi progressi tecnologici, con sistemi con decine di qubit entangled accessibili via modalità cloud. L'Europa ha deciso di scommettere su Quantum Technologies (un superset di Quantum Computing) come motore per lo sviluppo europeo, attraverso un progetto multimilionario e pluriennale "Flagship" e l'INFN può e vuole far parte del filone di ricerca e sviluppo sulle tecnologie quantistiche. Anche se non è realistico immaginare che l'INFN costruisca un computer quantistico nei suoi laboratori, le sue comunità intendono partecipare alla ricerca su come utilizzare al meglio l'hardware che sarà disponibile, sia tramite emulatori che su sistemi reali. La comunità dei fisici è la più adatta per studiare e implementare algoritmi utilizzando questa nuova tecnologia; gli interessi vanno dalla fisica delle basse, medie e alte energie, agli algoritmi per la minimizzazione generica e ai simulatori quantistici (sistemi quantistici in grado di riprodurre il comportamento di altri sistemi quantistici). L'INFN è entrato nella rete QuantERA e sarà in grado di partecipare alle call in cui vengono testati gli sviluppi delle tecnologie e degli algoritmi. L'obiettivo è di partire da semplici applicazioni, per lo più su emulatori quantistici, e poi passare verso applicazioni più complesse, al fine di essere pronti a trarre profitto dalla "supremazia quantistica" in caso di scoperte tecnologiche nei prossimi anni.

Possiamo suddividere le attività di **Fisica Medica** dell'INFN nei seguenti macrosettori: Bio-imaging, Radio- e Adroterapia, Dosimetria, Radiobiologia, Medicina Nucleare. A questi macrosettori appartengono una serie di progetti specifici con obiettivi a medio-lungo termine che citeremo nel seguito. Ciascuno di questi progetti, pur operando nell'ambito del proprio macrosette, viene monitorato attraverso un sistema di "peer reviewing" sotto la responsabilità della **CSN5**.

Per quel che riguarda il bio-imaging, dopo aver portato a maturazione importanti esperienze sulla diagnostica delle malattie degenerative del sistema nervoso (quali l'uso della Risonanza Magnetica ad alto campo e le tecniche CAD applicate all'imaging neurologico), nei prossimi anni l'Ente studierà lo sfruttamento di innovative sorgenti di luce collegate allo sviluppo delle tecniche di accelerazione di particelle: produzione di raggi X monocromatici da FEL (Free Electron Laser) o ICS (Inverse Compton Scattering): in questo contesto, sono da menzionare sia lo sviluppo di sensori a deriva di silicio innovativi per sorgenti di luce di sincrotrone di ultima generazione (esperimento REDSOX2), sia la call TERA per quanto riguarda la realizzazione di sorgenti di radiazione nel range del THz per imaging medicale. Gli sviluppi sulle camere a deriva di silicio condotti in CSN5 da REDSOX2 hanno condotto, tra l'altro, alla realizzazione di un rivelatore avanzatissimo a 64 canali per la linea di fascio XAFS/XRF della macchina di luce SESAME, in Giordania. La luce di sincrotrone può essere inoltre usata per applicazioni tomografiche, settore dove l'INFN, tramite la CSN5, ha acquisito grande esperienza e know-how. Sempre in questo settore, si è iniziato lo sviluppo di tecniche KES (K-Edge Subtraction), sia planare che in tomografia (CT), utilizzando il fascio di sincrotrone presso Elettra o presso altre facility, a seconda dell'energia (esperimenti KISS e MARIX-RAD). Nel settore imaging, infine, il progetto 3CATS si pone l'obiettivo di sviluppare un prototipo di rivelatore di CdZnTe ad alta segmentazione, con capacità spettrometrica e risoluzione spaziale 3D per imaging spettroscopico di fotoni nel range da alcune decine di keV a 1000 keV; le applicazioni in fisica medica di questo sviluppo sono focalizzate sul settore BNCT-SPECT.

L'applicazione terapeutica delle radiazioni nucleari e delle particelle cariche rimane uno dei settori considerati strategici dall'INFN. Per quanto riguarda l'adroterapia, l'INFN si avvia a consolidare le competenze sviluppate nel passato, per affrontare, con un approccio globale e coordinato, gli

aspetti di ricerca che sono considerati prioritari a livello mondiale. L'INFN continuerà a impegnarsi, insieme al **CNAO** e alla proton-terapia di Trento, per proporre nuovi progetti e per rafforzare la rete italiana per la ricerca in adroterapia, in modo da potenziarne la capacità di crescita infrastrutturale. In questo senso si inquadra l'attività della "call" MOVE_IT, che prevede lo sviluppo di modelli per piani di trattamento (TPS) con fasci di ioni, ottimizzati su modelli biologici, e la loro validazione sperimentale. In particolare, l'attività prevede l'implementazione nei TPS dell'effetto delle interazioni nucleari (integrando le misure che saranno fornite dall'esperimento FOOT, CNS3), della disomogeneità del tessuto tumorale e dei modelli di controllo dei rischi su tessuto sano. Sempre in ambito adroterapico, la nuova call NEPTUNE si propone lo studio della reazione $p + {}^{11}\text{B} \rightarrow 3\alpha$ per migliorare l'efficacia di un trattamento di protonterapia, inquadrandosi, insieme alle altre iniziative del settore, nel disegno strategico complessivo che prevede di approfondire quelle attività di fisica nucleare applicata e di radiobiologia, che possono contribuire a chiarire maggiormente una serie di incertezze evidenziate ad oggi nella pratica clinica, con lo scopo di contribuire a potenziare ed affermare questo approccio terapeutico. È inoltre da menzionare il sostegno strategico che la CSN5 dà alla collaborazione con il CNAO attraverso il progetto ENTER-BNCT, finalizzato allo studio e alla realizzazione di una nuova linea congiunta protonterapia-BNCT. L'apporto allo sviluppo dell'adroterapia si caratterizza anche nella ricerca su nuove tecniche di accelerazione. Su quest'ultimo punto è da menzionare l'esperienza ELIMED sulla produzione e accelerazioni di protoni per uso terapeutico con impulsi laser, nell'ambito dell'infrastruttura europea ELI (Extreme Light Infrastructure).

Nel settore della dosimetria, l'INFN vanta diverse esperienze, giunte ormai a uno stadio maturo per realizzazione e capacità di trasferimento tecnologico, che risulteranno utili sia in radioprotezione, sia in radioterapia e adroterapia. L'esperimento NIRVANA sta sviluppando un nuovo rivelatore per misure di struttura di traccia a livello del nanometro.

Infine, per quanto riguarda il settore della medicina nucleare, l'INFN è attivo con gli esperimenti METRICS (produzione ${}^{52}\text{Mn}$ in forma radionuclidica pura) e ISOLPHARM_AG (indirizzato ad iniziare l'attività della facility Isolpharm, utilizzando come *case study* il ${}^{111}\text{Ag}$ 111). Queste attività sono strettamente sinergiche con l'infrastruttura LARAMED, (Laboratorio per RADionuclidi di interesse MEDico) di LNL: forte anche dell'approvazione di specifici progetti premiali, LARAMED realizzerà sinergie fra scienza di base e applicazioni tecnologiche, ponendo l'Italia all'avanguardia internazionale in questo campo. In questo settore confluiscono anche le competenze di carattere radiochimico che fanno parte del patrimonio scientifico dell'INFN.

Nel complesso, va sottolineato che nell'INFN esistono le conoscenze di base e le competenze specialistiche per **introdurre efficaci innovazioni** e realizzare il loro trasferimento **al mondo della medicina**. Tuttavia, affinché questo trasferimento abbia successo, sia da un punto di vista scientifico che sociale, è necessario che l'Istituto nel prossimo decennio operi in stretta cooperazione e sinergia con la fisica medica e con il mondo medico. Nel tracciare la prospettiva futura bisognerà continuare a programmare investimenti su tecniche e tecnologie consolidate da trasferire al mondo industriale, che a sua volta le sviluppi nei suoi aspetti di affidabilità e riproducibilità per l'utilizzo operativo in campo medico. In una prospettiva di più lungo termine, sarà altresì necessario continuare ad investire su nuove idee che, seppure ora alla frontiera della conoscenza, potranno, se ben indirizzate e coordinate, portare nel futuro a sviluppi strategici nella prevenzione, diagnosi e terapia. Il successo in questa direzione dipende anche dalla capacità che l'INFN metterà in campo per partecipare ad iniziative in sinergia, sia con altri Enti di ricerca che con soggetti operanti nel settore della medicina, anche per accedere a finanziamenti specifici. Per

questo scopo l'INFN ha aderito al Cluster per le Scienze della Vita della Regione Lombardia e al Cluster nazionale ALISEI.

È stata formalizzata la rete di **trasferimento tecnologico per i Beni Culturali (INFN-CHNet)**. La rete ha una struttura basata su tre livelli di afferenza: il primo livello è costituito da una rete "interna", comprendente 17 Strutture INFN, il secondo da una rete nazionale "esterna" di laboratori universitari, centri di restauro ed associazioni che offrono competenze complementari a quelle della rete interna, e il terzo da una rete di laboratori scientifici internazionali che agiscono a loro volta da catalizzatori per la costituzione di reti di Beni Culturali nei paesi di origine. Allo stato attuale, sono in atto le convenzioni con UniSassari, UniSalerno e i centri di restauro "Opificio delle Pietre Dure" di Firenze e il Centro della Venaria Reale di Torino. Per quanto riguarda i nodi internazionali è stato approvato un MoU con l'Università Pubblica di San Martin (Buenos Aires) e la New York University di Abu Dhabi. La rete si configura al contempo come una rete di ricerca ed una infrastruttura di servizio e di trasferimento tecnologico ed è organizzata in tre piattaforme operative: la strumentazione per analisi in laboratorio (**FIXLAB**), la strumentazione per le analisi in situ (**MOLAB**) e i servizi di raccolta e fruizione dei dati acquisiti dalle analisi diagnostiche (**DIGILAB**).

FIXLAB (linee di sviluppo dei laboratori fissi): attività al reattore di ricerca TRIGA Mark II presso il LENA di Pavia nell'ambito dell'esperimento CHNet_NICHE finanziato dalla CSN5; progettazione della prima facility in ambito INFN per radiografie e tomografie con fasci di neutroni; partecipazione al progetto EU IPERION-HS per attività di accesso transnazionale con le Strutture di Firenze per il radiocarbonio e dei LNGS per i rapporti isotopici.

MOLAB (linee di sviluppo per strumentazione mobile): INFN-CHNet in collaborazione col CERN ha progettato e disegnato un sistema per analisi *in situ* con fasci di ioni, basato su un acceleratore portatile, il progetto, il cui nome è MACHINA (*Movable Accelerator for Cultural Heritage In-situ Non-destructive Analysis*), si svolge nell'ambito di un finanziamento dedicato del MIUR e prevede la costruzione di una macchina acceleratrice di energia massima di 2 MeV e di ingombri, pesi e consumi estremamente ridotti per poter operare in musei e centri di restauro, partner del progetto è anche l'Opificio delle Pietre Dure, dove l'acceleratore avrà la sua base di riferimento; è in fase di sviluppo e miglioramento un sistema di macro/micro-XRF, che possa operare su grandi superfici ad alta velocità di scansione; è stato sviluppato un primo sistema mobile di radioluminescenza basato su sorgenti X poco intense, simili a quelle usate per XRF che verrà integrato negli apparati XRF a scansione. INFN-CHNet sta anche lavorando per sviluppare uno strumento che, tramite l'aggiunta di un flat panel esegua insieme radiografie e immagini XRF; inoltre prosegue lo sviluppo, il miglioramento e la sperimentazione di 2 sistemi tomografici mobili leggeri e la sperimentazione di nuovi rivelatori per alte energie.

DIGILAB (linee di sviluppo dei laboratori digitali): INFN-CHNet, con Opificio delle Pietre Dure, sta implementando una piattaforma digitale che consenta un'archiviazione completa dei risultati delle misure di diagnostica svolte nell'ambito della rete, per renderle poi accessibili e fruibili sia all'interno che all'esterno della collaborazione, quest'attività si svolge anche in collaborazione con il progetto europeo AriadnePlus (finanziato per il 2019-2023), di cui INFN è partner attraverso INFN-CHNet e EOSC-Pillar (2019-2022) di cui INFN-CHNet è responsabile per lo *use case* sui beni culturali.

6. 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 dell'INFN 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 - La caratteristica principale di questo laboratorio consiste nella progettazione e realizzazione di acceleratori di particelle per elettroni/positroni. Sono in funzione a Frascati due macchine: 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). Per il prossimo triennio si prevede il completamento della sperimentazione a DAFNE con l'esperimento SIDDHARTA2 e la possibile trasformazione della macchina in una facility di interesse internazionale per lo sviluppo di tecnologie degli acceleratori (DAFNE-TF). All'interno del complesso di DAFNE è presente una linea denominata Beam Test Facility (BTF), che fornisce fasci di positroni/elettroni sino ad un'energia massima di 500 MeV. Questi fasci sono utilizzati per un'ampia gamma di usi di ricerca sia fondamentale che applicata. L'esperimento PADME, che utilizza il fascio della BTF continuerà a studiare per una parte del prossimo triennio, la possibile esistenza di particelle che possano spiegare l'esistenza di un "dark sector". Nel 2020 si completerà il raddoppio delle linee di fascio della BTF per consentirne l'uso parallelo ad altri utenti. Per le attività legate a 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 ultra-compatte basate sull'interazione di fasci di elettroni con onde di plasma, nell'ambito del progetto europeo EuPRAXIA, che nel 2020 verrà sottoposto alla Roadmap ESFRI. Il Design Study, completato nel 2019, prevede che Frascati ospiti uno dei due "pillar" dell'infrastruttura distribuita europea. Nel 2020 si intende completare la progettazione definitiva ed esecutiva del nuovo edificio che intende ospitare il primo FEL basato su accelerazione al plasma, per poi passare nel triennio successivo, all'inizio della realizzazione dell'edificio. L'INFN ha sottoposto una richiesta di finanziamento al MIUR, a valere sul "Fondo per il finanziamento degli investimenti e lo sviluppo infrastrutturale" (legge 145/2018 c. 95).

LNGS - Si tratta del **più grande laboratorio sotterraneo al mondo, completamente operativo**. Un'infrastruttura di ricerca che grazie al suo accesso orizzontale, tramite il traforo autostradale, consente l'ingresso di grandi apparati e di personale in ogni fascia oraria, a differenza di altri laboratori situati in miniere o in aree impervie. Grazie alla sua vicinanza alla capitale, il laboratorio è facilmente raggiungibile in auto o con mezzi pubblici nel giro di un'ora. Oltre alle tre grandi sale sotterranee, il laboratorio è dotato di una grande infrastruttura in superficie che ospita il centro direzionale, gli uffici per il personale ed i ricercatori, un magazzino, un'officina e vari servizi, oltre ad una vasta area per lo stoccaggio e l'assemblaggio degli apparati sperimentali. La copertura garantita dalla montagna e la buona qualità della roccia creano poi le condizioni ideali per le ricerche di eventi rari che non potrebbero essere condotte altrove. Il laboratorio ha così ospitato

fin dalla sua nascita negli anni '80, esperimenti di punta per lo studio dei neutrini solari e di supernova, la ricerca di decadimenti radioattivi rarissimi come il doppio decadimento beta, la ricerca diretta di possibili candidati per la materia oscura ed anche un piccolo acceleratore per lo studio di reazioni nucleari di importanza astrofisica. A tutt'oggi nei laboratori sotterranei sono condotti esperimenti tra i più sensibili al mondo per la fisica del neutrino e quella astroparticellare più in generale, condotti da grandi collaborazioni internazionali. Alcuni dei punti salienti dell'attività ai LNGS nel triennio a venire sono: i) la ricerca del neutrino di Majorana attraverso l'osservazione del Doppio Decadimento Beta senza emissione di neutrini, condotta sia con GERDA, che completerà la fase 2 e avvierà l'upgrade, denominato LEGEND-200, sia con CUORE, progetto leader a livello mondiale per l'impiego di grandi masse di cristalli mantenute a temperature bassissime, dell'ordine di circa 10 mK; ii) la ricerca diretta della materia oscura, con l'installazione dell' esperimento Xenon-nT e di DarkSide-20k, che utilizzeranno, rispettivamente, lo Xenon liquido e l'Argon liquido quale bersaglio; iii) l'installazione di LUNA-MV, una facility del laboratorio che potrà studiare in dettaglio alcune delle più importanti reazioni nucleari che avvengono nelle stelle o che sono avvenute pochi istanti dopo il Big Bang, quando si formarono i primi nuclei di materia.

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 radiazione nucleare e nella realizzazione di acceleratori innovativi per ioni. I LNL sono dotati di cinque macchine acceleratrici, tutte utilizzate con continuità dalla comunità scientifica nazionale e internazionale per studi in fisica nucleare degli 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, che prevede la realizzazione di un'infrastruttura di ricerca per lo studio della fisica nucleare tramite fasci di nuclei esotici e per la produzione di radioisotopi per la medicina nucleare. Il laboratorio ha un notevole impatto sulla formazione e divulgazione del territorio con circa 3300 visitatori italiani e stranieri e numerose iniziative quali cicli di conferenze per la cittadinanza, corsi di alta formazione per l'orientamento agli studi universitari, eventi scientifici, notte europea della ricerca. Di particolare rilievo le attività di trasferimento tecnologico che sfruttano le eccellenze del laboratorio, in particolare per quanto riguarda le tecnologie di trattamento di superfici e, per il futuro, la produzione di radioisotopi di interesse biomedicale. I principali obiettivi per il prossimo triennio sono: lo svolgimento di campagne di misura con gli apparati sperimentali presenti a LNL, il completamento degli upgrade degli apparati sperimentali anche in preparazione alla sperimentazione con SPES, la preparazione di nuovi punti di misura per apparati innovativi per la sperimentazione con SPES; lo sviluppo del progetto SPES, che comprende la messa in funzione del nuovo ciclotrone e del sistema di bersaglio ISOL, l'estrazione di fasci radioattivi di bassa energia, l'installazione del sistema di Charge Breeder; la messa in funzione del pre-acceleratore RFQ normal conduttivo e l'iniezione in ALPI per la riaccelerazione; l'inizio della sperimentazione con fasci non riaccelerati (linea di bassa energia); il completamento, mediante accordi con altri enti di ricerca e con aziende del settore, di un centro per ricerche, produzione e distribuzione di radioisotopi di interesse medico, basato sulla seconda uscita del Ciclotrone da 70 MeV (progetto LARAMED, fase gamma del progetto SPES); nel 2018 è stato firmato il contratto con la ditta canadese Best Theratronics per la produzione di radioisotopi, l'inizio dell'attività è previsto entro la fine del 2020; il commissioning e quindi la sperimentazione all'acceleratore RFQ per il progetto IFMIF/EVEDA, già installato in Giappone e relativo allo studio degli effetti di irraggiamento neutronico sui materiali dei futuri reattori a fusione nucleare; la partecipazione al progetto della European Spallation Source, con la progettazione, realizzazione e commissioning di parte dell'acceleratore; lo sviluppo di una infrastruttura "Laboratorio Tecnologie Acceleratori" (LATA) dove poter effettuare test di nuovi acceleratori con particolare riguardo a una

sorgente neutronica, ad alta intensità per applicazioni interdisciplinari (progetto MUNES); l'installazione, nella seconda metà del 2021, del rivelatore di fotoni AGATA nella prima sala sperimentale degli LNL; l'inizio della sperimentazione di AGATA con fasci stabili nella prima metà del 2022.

LNS - Il laboratorio opera nei campi della fisica nucleare e dell'astrofisica nucleare contraddistinguendosi anche in differenti ambiti della ricerca applicata. Ai LNS sono, infatti, presenti una sala di irraggiamento dedicata ai trattamenti di adroterapia oculare con fasci di protoni (CATANA), una sala di irraggiamento multidisciplinare dedicata agli irraggiamenti con fasci esterni di protoni e ioni pesanti, un laboratorio per i beni culturali (LANDIS), un laboratorio per la radioattività ambientale e ulteriori laboratori per attività multidisciplinari (fotonica, radiobiologia in-vitro e in vivo, chimica, ecc.). Nei prossimi anni è anche prevista l'installazione di una nuova sorgente di ioni ed elettroni basata sulla interazione tra laser ad impulso corto e materia e che sarà dedicata agli studi degli effetti radiobiologici di tali nuovi fasci. Per l'Astrofisica particellare è in costruzione KM3NeT che costituirà la più grande infrastruttura di ricerca ad alta profondità nel Mar Mediterraneo. L'obiettivo principale di KM3NeT è la ricerca e lo studio di neutrini cosmici di alta energia, sia provenienti da sorgenti puntiformi che sotto forma di un flusso diffuso. La rivelazione di neutrini in coincidenza spazio-temporale con eventi osservati da altri rivelatori (ottico, gamma, radio, raggi cosmici, onde gravitazionali) fornirà informazioni fondamentali nell'ambito della astronomia multi-messaggero. Nel prossimo triennio, la parte terrestre del telescopio verrà completata attraverso l'installazione di un nuovo centro di calcolo nella seconda ala del laboratorio. Il nuovo centro di calcolo si aggiungerà a quello già presente, fornendo la potenza macchina necessaria alla gestione del telescopio per neutrini nella sua configurazione finale. Un secondo cavo sottomarino sarà installato, inclusi i sistemi di terra per l'alimentazione e controllo. Parte del laboratorio sarà utilizzata anche in attività di ricerca multidisciplinari (geofisica, vulcanologia, biologia marina, ecc.). Per la fisica e l'astrofisica nucleare è stato avviato in Giugno 2019 il progetto di potenziamento dell'intera infrastruttura, mirato alla produzione di fasci di ioni leggeri ad alta intensità accelerati con il Ciclotrone Superconduttore, e finanziato dal PON Ricerca e Innovazione 2014-2020 dedicato al Potenziamento delle Infrastrutture di Ricerca. L'obiettivo finale è quello di rendere eseguibili presso l'infrastruttura esperimenti di Fisica Nucleare e Applicata che studiano processi rari e pertanto richiedono fasci intensi. Il potenziamento dei LNS consiste nell'adeguamento del Ciclotrone Superconduttore alla produzione di fasci ad alta intensità, nell'installazione del nuovo fragment separator FRAISE per la produzione di fasci radioattivi in volo e nell'aggiornamento dell'apparato sperimentale MAGNEX per l'esperimento NUMEN, che studia la fisica del neutrino attraverso reazioni di doppio scambio carica con ioni. Il progetto nel suo complesso ha una durata prevista di 32 mesi, a partire dal Giugno 2019. Le attività maggiormente critiche sotto l'aspetto della programmazione temporale sono già iniziate e il progetto sta rispettando pienamente la pianificazione preliminare. Al fine di consentire l'esecuzione delle attività di potenziamento, è, al momento, prevista una sospensione della produzione di fasci di ioni accelerati dal giugno del 2020 alla primavera 2022.

Un ulteriore importante sviluppo dei LNS nel campo multidisciplinare della fisica dei plasmi e dell'astrofisica nucleare è stato avviato con l'esperimento PANDORA. L'obiettivo è quello di realizzare un plasma di alta temperatura confinato tramite campi magnetici nel quale studiare decadimenti radioattivi rari all'interno di un plasma. Infatti, malgrado il plasma sia la forma di aggregazione più diffusa nel cosmo, gli studi condotti in laboratorio hanno luogo in ambienti molti diversi da quelli astrofisici, con importanti effetti sulla probabilità di decadimento.

Agli sviluppi scientifici si affiancano vari contributi tecnologici, in particolare quelli indirizzati alla costruzione della European Spallation Source, con il completamento di una seconda sorgente PS-ESS da consegnare nel 2020, e al potenziamento del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica con la costruzione di una sorgente di tipo AISHa.

A luglio del 2019 si è inaugurato il Visitor Center che attraverso testi, immagini, video e spazi interattivi di elevata qualità, consentirà di aumentare la già intensa attività di public engagement dei LNS, che raggiunge già oltre 3000 persone, in gran parte studenti in formazione secondaria e terziaria, offrendo una esposizione degli attuali campi di indagine dei laboratori. E' stata approvata e finanziata (dicembre 2019) la nuova edizione del Joint Master Degrees (Erasmus Mundus) che include la partecipazione dei LNS come partner associato nel progetto formativo per i prossimi cinque anni, nell'ambito del Corso di Laurea Magistrale in Physics del Dipartimento di Fisica e Astronomia "Ettore Majorana" dell'Università di Catania.

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

- **EGO** (Osservatorio Gravitazionale Europeo) è un consorzio internazionale. Il consorzio è attivo dal 2000 per terminare la costruzione, operare, mantenere e sviluppare l'interferometro **VIRGO**, ai fini dello studio delle onde gravitazionali. L'estesa infrastruttura è collocata nella campagna a una decina di chilometri da Pisa. VIRGO è uno dei tre maggiori interferometri nel mondo, insieme ai due americani LIGO e ha nella versione Advanced, che ha iniziato la presa dati nella prima metà del 2017, una sensibilità paragonabile a quella che ha permesso agli interferometri LIGO di osservare la prima onda gravitazionale. Al tempo stesso, EGO, in collaborazione con gli altri maggiori centri mondiali di ricerca sulle onde gravitazionali, porta avanti un importante programma di R&D sia su ulteriori avanzamenti della sensibilità sperimentale degli attuali interferometri in superficie che sulla possibilità di avere in futuro grandi interferometri sotterranei.
- Il **LABEC** (Laboratorio di Tecniche Nucleari Applicate ai Beni Culturali) è una struttura della Sezione di Firenze, basata come strumento principale su un acceleratore di particelle (Tandem), col quale si effettuano applicazioni interdisciplinari di tecniche della fisica nucleare, soprattutto per applicazioni nel settore dei Beni Culturali (datazioni col metodo del ^{14}C 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 dei beni culturali INFN-CHNet creata nel 2017. Alla rete afferiscono 17 Strutture INFN, Università, Centri di restauro e Laboratori esteri.
- Il **CNAF** 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 centro nazionale di calcolo dell'INFN e partecipa a vari progetti di ricerca e sviluppo nel campo del calcolo distribuito Grid e Cloud, sia a livello nazionale che internazionale, svolti in collaborazione con aziende ICT e pubbliche amministrazioni. Tutti i principali esperimenti di INFN si servono delle "facility" di calcolo del CNAF, che mette a disposizione circa 40000 core di calcolo, una capacità di memorizzazione veloce di 40 PByte e un sistema di archiviazione a lungo termine di oltre 70 PByte. E' uno dei 10 centri Tier1 a livello mondiale del "Worldwide LHC Computing Grid" per la gestione e l'analisi dei dati degli esperimenti LHC. Il 25% delle risorse di calcolo del centro sono dedicate ad esperimenti di astro-particelle tra cui VIRGO/Ligo, AMS, DARKSIDE, KM3, EUCLID e molti altri. La decennale capacità di gestione di Big Data e la leadership del centro sul fornire servizi innovativi tipo Cloud hanno permesso al CNAF di stringere collaborazioni con istituzioni che operano nel settore bio-medico, genomico e oncologico in particolare come l'Associazione Contro il Cancro

e il progetto EU “Harmony” e di ospitare quindi nei propri sistemi di memorizzazione i loro data base garantendone la privacy e la protezione essendo il CNAF un centro certificato ISO 27001. Come citato nell’introduzione, il CNAF è attualmente impegnato, in collaborazione con il CINECA, nella realizzazione del nuovo data center al Tecnopolo di Bologna, con capacità di calcolo, di memorizzazione, di potenza elettrica e capacità di cooling di almeno un ordine di grandezza superiore a quelli dell’attuale centro di calcolo. Questo permetterà di rispondere alle sfide poste dagli esperimenti di HL-LHC e da quelli astro-particellari di ultima generazione.

- Al **LASA** (Laboratorio Acceleratori e Superconduttività Applicata) di Milano si applica la superconduttività sia per la guida dei fasci (magneti SC) per le future macchine del CERN, sia per la parte accelerante (cavità RF) di macchine a elettroni/protoni, quali ESS e PIP-II, nonché si sviluppano fotocatodi per le sorgenti di elettroni ad alta brillantezza, con ricadute sulle aziende tecnologiche nazionali per entrambi i settori. Queste 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 e confluiscono nel progetto della nuova infrastruttura MariX per il campus MIND con Unimi, il cui design study è stato recentemente completato con la pubblicazione del Conceptual Design Report e della relativa fase di R&D sulla sostenibilità dei fasci di elettroni di alta potenza media, che sarà l’obiettivo principale del dimostratore BriXSino, il cui TDR verrà preparato nell’arco del 2020. Queste attività sugli acceleratori hanno portato negli anni allo sviluppo di applicazioni multidisciplinari, sia medicali con acceleratori, sia di dosimetria che di produzione di radionuclidi presso il laboratorio di radiochimica.
- Il **TIFPA** (Trento Institute for Fundamental Physics and Applications) intende contribuire alla ricerca di base in tutti le aree di interesse INFN e allo stesso tempo potenziare le ricerche in nuovi settori che risultano strategici dal punto di vista tecnico-scientifico con ampie potenzialità di tipo applicativo/industriale. È per questo motivo che, oltre al partner istituzionale Università di Trento (UNI-TN), il TIFPA coinvolge la Fondazione Bruno Kessler (FBK) e l’Agenzia Provinciale Servizi Sanitari (APSS). Il TIFPA funge da interfaccia con FBK per lo sviluppo di dispositivi microelettronici innovativi. La principale infrastruttura del TIFPA è la sala sperimentale del centro di protonterapia di APSS. Questa è dedicata agli studi preclinici di radiobiologia e fisica medica, ai test di rivelatori e allo studio di danno da radiazione a materiali, sensori e componentistica microelettronica. Questo tipo di attività risulta di grande interesse sia per applicazioni di carattere industriale che per la fisica spaziale, principalmente per lo studio di schermature per missioni in LEO (Low Earth Orbit) o interplanetarie.
- Il **GGI** (Gaileo Galilei Institute for Theoretical Physics), nato del 2005 da un accordo tra INFN e Università degli Studi di Firenze, come primo Istituto Europeo dedicato a workshop di lunga durata sulle linee di punta della fisica teorica, è, dal 2017, Centro Nazionale INFN di Studi Avanzati. A partire dal 2014, il centro organizza ogni anno 5 scuole di livello internazionale per studenti di dottorato. Queste comprendono lezioni avanzate di teoria dei campi e di stringa, teoria delle interazioni fondamentali, teoria statistica dei campi, fisica nucleare e adronica e fisica astroparticellare. Con la partecipazione di più di 300 studenti ogni anno, provenienti da tutto il mondo, Il GGI di Firenze è diventato un punto di riferimento per la formazione dei futuri ricercatori in fisica teorica. Il ruolo ed il successo del GGI come centro di ricerca è stato riconosciuto dal prestigioso Grant della SIMONS Foundation. L’alto livello della ricerca è testimoniato dal numero di pubblicazioni scientifiche nate al GGI da idee e discussioni (<https://www.ggi.infn.it/preprints.html>). Il formato dei programmi al GGI rende inoltre possibile la preziosa collaborazione tra comunità di fisici con background diversi. Questo è stato il caso, ad esempio, del recente workshop su “Next Frontiers in the Search for Dark Matter” dove fisici

astroparticellari, cosmologi, astrofisici, sia teorici che sperimentali, hanno condiviso le loro conoscenze e lavorato a progetti comuni. Nel 2019, in collaborazione con il GGI, l'INFN ha consegnato la prima Medaglia Galileo Galilei al Fisico argentino Juan Martin Maldacena. Il premio viene consegnato ogni due anni a fisici teorici che hanno dato, nei precedenti 25 anni, contributi rilevanti nel campo della fisica teorica.

7. PROGETTI CON ALTRI ENTI E UNIVERSITÀ, PROGETTI EUROPEI, ERIC E FONDI ESTERNI

L'Istituto, grazie alla sua struttura geograficamente distribuita sul territorio nazionale, alla natura pervasiva della sua esistenza nei Dipartimenti di Fisica delle Università e alle eccellenze presenti nei Laboratori e nelle Sezioni, si configura in modo naturale come attore in molte iniziative di collaborazione scientifica a livello nazionale e internazionale con i principali enti pubblici di ricerca italiani e i principali laboratori internazionali. L'INFN ha da sempre promosso e favorito ogni iniziativa intesa a intensificare i rapporti scientifici con le istituzioni e i ricercatori stranieri, sia attraverso appositi programmi di ospitalità di studiosi in Italia, sia attraverso lo scambio di ricercatori sulla base di convenzioni e accordi specifici, con in media circa 500 ricercatori stranieri che visitano le nostre Strutture ogni anno. La risorsa maggiore che si ricava da queste collaborazioni rimane quella del capitale umano, che attraverso lo scambio culturale e intellettuale tra i diversi soggetti è uno dei motori principali dell'innovazione e del cambiamento. 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 e con il CINECA.

L'INFN, per la natura delle ricerche che promuove e coordina, tradizionalmente opera in un vasto contesto di collaborazioni internazionali. L'Istituto opera al CERN di Ginevra con un ruolo di primo piano in tutti gli esperimenti LHC: al momento i portavoce internazionali delle collaborazioni ALICE, CMS e LHCb sono italiani, a testimoniare l'enorme contributo dell'Ente alle attività del laboratorio più grande del mondo in questo campo di ricerca. L'Istituto 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 quasi 100 accordi di **cooperazione scientifica** con Istituti di ricerca situati in 30 Paesi tra cui quelli recenti firmati con istituzioni scientifiche quali ICHEP (Israele) e SESAME (Giordania).

Al fine di un sempre maggiore coordinamento delle attività di ricerca scientifica, la Giunta Esecutiva dell'Istituto partecipa annualmente a **incontri bilaterali** con i rappresentanti delle principali Istituzioni di ricerca dei seguenti paesi: Cina (IHEP), Francia (CNRS/IN2P3), Regno Unito (STFC), Russia (JINR, Kurchatov), Stati Uniti (DOE, NSF).

Sono **31 le Università dove l'INFN ha proprie strutture** e altre 8 con cui ha accordi quadro attivi. Complessivamente l'INFN versa annualmente alle Università convenzionate circa **2 milioni di Euro** come contributo alle biblioteche e alle spese di gestione delle strutture universitarie. Nel corso del 2019 sono stati erogati circa 4.5 ML€ per 182 borse di dottorato, circa 0.85 ML€ per 67 assegni cofinanziati di cui 100 k€ da fondi esterni e circa 1.5 ML€ per 14 posizioni di ricercatore tipo A di cui 0,67 ML€ da fondi esterni, infine circa 1.4 ML€ per 4 posizioni di professori ordinari e straordinari. Si tratta di numeri che danno un'idea solo parziale dell'apporto dell'Istituto al sistema Universitario giacché non indicano né l'apporto per le attività di ricerca al personale Universitario associato all'Istituto (circa 3500 persone) né il fondamentale contributo "in kind" che l'Istituto naturalmente corrisponde al sistema universitario.

L'INFN collabora con CNR e ELETTRA allo sviluppo delle Infrastrutture di Ricerca (IR) europee nell'ambito del programma ESFRI. Queste IR sono basate su acceleratori di elettroni che alimentano sorgenti di raggi X da sincrotrone o da Free Electron Laser (facility **ESRF**, **EuroFEL** e **XFEL**) o sorgenti di impulsi ultrabrevi e ultraintensi (facility **ELI**). Una seconda categoria di IR è basata su acceleratori di ioni (protoni) che alimentano sorgenti di spallazione di neutroni (**ESS-European Spallation Source**). La partecipazione italiana a tali IR ha una grande rilevanza sia per la vasta comunità di utenti, ampiamente distribuita nelle Università e nei Consorzi Interuniversitari, che copre un ampio spettro di aree scientifiche, sia per l'industria italiana. Sono infatti numerose le aziende italiane che posseggono requisiti per partecipare attivamente alla costruzione delle IR, attraverso la fornitura di componentistica e strumentazione ad alta tecnologia.

Dobbiamo segnalare che a Magurele, in Romania, l'associazione Eurogammas, di cui INFN è capofila, partecipa alla realizzazione dell'acceleratore **ELI-NP**. La produzione dei componenti a carico dell'INFN è terminata e quasi tutti i componenti sono stati inviati al sito in Romania. A seguito della verifica sulla conformità dell'edificio per l'acceleratore, a carico di IFIN-HH (Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica si Inginerie Nucleara Horia Hulubei), è nato un contenzioso tra Eurogammas e IFIN-HH. Tale contenzioso ha portato a un tentativo di conciliazione condotto dalla "DG Regio UE", che non ha avuto esito positivo. In seguito IFIN-HH ha risolto unilateralmente il contratto con Eurogammas, aprendo così un contenzioso legale in sede giudiziale. Tuttavia rimangono aperte le trattative per una soluzione conciliatoria.

L'INFN dal 2013 partecipa 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.

La trasformazione di significative grandi infrastrutture di ricerca nazionali in **ERIC** (European Research Infrastructure Consortium) è vista con grande interesse sia dai nostri Ministeri (MIUR e MAE) che dall'INFN. Accanto ad indubbe facilitazioni di ordine pratico (esenzione IVA, regole europee per appalti, gare e contratti), riteniamo vi sia un grande valore e potenziale nell'apertura di alcune nostre grandi IR, nel quadro del vasto ed interessante Spazio della Ricerca Europea. In particolare, come già prima menzionato, l'Ente, con il forte supporto del MIUR, sta perseguendo questa finalità per due IR, LNGS ed EGO-VIRGO. Per quanto concerne LNGS, per poter ospitare nuovi grandi progetti di terza generazione, per la ricerca sia di materia oscura che del doppio decadimento beta senza neutrini, e per poter esser sede di una rilevante facility per l'intera Europa per la crescita di cristalli ultrapuri, è auspicabile che LNGS possa compiere il salto da laboratorio nazionale a IR di tipo internazionale, in particolare secondo la modalità offerta dagli ERIC. Olanda, Germania, Francia, Spagna, oltre che altri paesi quali Ungheria e Svezia, hanno manifestato interesse in tale ERIC. Il secondo ERIC su cui da tempo stiamo lavorando concerne la creazione di un Osservatorio Europeo per lo studio delle Onde Gravitazionali, ERIC EGO (European Gravitational Observatory). Non c'è dubbio che la recente scoperta delle onde gravitazionali ha messo ancor più in evidenza la rilevanza e l'urgenza di procedere in modo compatto in Europa verso una grande IR paneuropea, eventualmente multi-sito, dedicata alla neonata astronomia gravitazionale. La nostra IR VIRGO a Cascina dovrà costituire naturalmente almeno uno dei siti di tale Osservatorio, che potrà prevedere anche la presenza di un grande interferometro sotterraneo (ET – Einstein Telescope). L'iniziativa di questo ERIC è sostenuta da Italia, Francia, Germania, Olanda, Spagna, UK e Ungheria. Inoltre, l'INFN sostiene l'iniziativa capitanata dall'Olanda di dar vita a un ERIC, relativo alla costituzione di una grande stazione sottomarina distribuita in Europa, basato sul progetto KM3NeT. Infine, l'INFN gioca un ruolo importante in un ERIC già esistente ed operante dal 2015, l'European Spallation Source ERIC, un'IR multi-disciplinare in Svezia che fa

uso della più potente sorgente di neutroni al mondo. L'Italia è tra i soci fondatori dell'ESS ERIC che conta, al momento, ben 12 paesi europei (destinati a divenire 15 in un prossimo futuro).

L'impegno dell'Istituto sui fondi strutturali rimane costante, ricordando anche che il nostro Ente ha avuto e continua ad avere un ruolo attivo di ausilio ad Autorità nazionali e regionali nello studio delle strategie e delle politiche per alcuni Programmi Operativi della nuova programmazione. La diffusione capillare delle strutture INFN nel nostro Paese rappresenta un punto di forza del sistema socio-economico, attraverso cui accrescere il potenziale di ricerca e innovazione presente nei vari territori, nel rispetto della peculiarità di ciascuno di essi e dunque delle strategie espresse nella Smart Specialisation Strategy (S3). Sui PON Smart Cities e su alcuni POR regionali finanziati in ambito FSE e FESR, l'Istituto ha ottenuto risultati di grande rilievo sia per progetti in appoggio ad una migliore gestione delle amministrazioni locali sia per la connessione con le imprese, anche attraverso numerose azioni di formazione direttamente connesse alle necessità del mondo produttivo. Attraverso questi canali, naturalmente, l'INFN apre anche nuovi flussi di finanziamento che, seppure in settori indirizzati, fanno da complemento all'erogazione ordinaria del MIUR e dimostrano la capacità dell'Ente di attrarre risorse esterne. Nel campo del Programma Operativo Nazionale (PON) vanno ricordate ad esempio oltre alla già citata iniziativa **KM3NeT**, **RECAS** e **PRISMA** in passato e **IBISCo** recentemente sottomesso per le infrastrutture di calcolo, **NAFASSY** per test di manufatti che utilizzano tecnologie superconduttive. Nei contesti regionali e locali (Programma Operativo Regionale e assimilabili) l'azione dell'Istituto è diretta a garantire la collocazione di un determinato territorio in collegamenti (network) di valore internazionale, che è un asset fondamentale dell'Ente. Inoltre nuovi settori di R&D tecnologici potranno dare vita, in un prossimo futuro, a nuovi cluster tecnologici (anche di tipo cross-cluster). Tutto ciò sposa la strategia di Europa 2020 e dunque il nuovo programma europeo di finanziamento della ricerca. In effetti, l'approccio innovativo che l'Unione Europea ha adottato per il finanziamento della Ricerca e dell'Innovazione nel settennio 2014-2020, prevede il coordinamento di diversi strumenti e, in primis, il coordinamento tra le iniziative del Programma Horizon2020 e quelle dei Fondi Strutturali e di Investimento europei. I pilastri di H2020 hanno priorità e finalità in linea con gli obiettivi prefissi ed il bagaglio di conoscenze proprie dell'INFN, sia dal punto di vista delle strategie sia per quanto riguarda azioni specifiche. Gli sforzi e gli interessi dei ricercatori INFN si concentrano principalmente nel primo pilastro, Excellent Science, che, con la presenza di azioni principalmente bottom-up, lasciano spazio a progetti scientifici di frontiera in linea con la missione e bagaglio di conoscenze dell'Istituto. Tuttavia, anche gli altri due pilastri, Industrial Leadership e Societal Challenges, meritano una menzione, in quanto la storia dell'INFN è costellata di storie di successo legate alla cooperazione industriale (per esempio nella costruzione dei rivelatori di LHC o delle infrastrutture di calcolo) o alle ricadute nella società civile (ad esempio nel settore delle scienze biomediche). Per quanto riguarda le infrastrutture di calcolo si sottolinea l'importante ruolo che l'INFN svolge nei progetti nell'ambito della European Open Science Cloud (EOSC) per la gestione dei dati della ricerca.

8. LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE E IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

8.1 LE ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE

Le attività di terza missione sono monitorate da una struttura, Gruppo di Lavoro sulla Valutazione (GLV), che stila un rapporto annuale inviato al management dell'Ente e al Comitato di Valutazione Internazionale. Per effettuare il monitoraggio delle attività di Trasferimento Tecnologico (TT), come brevetti, contratti di collaborazione, spin-off, ecc., il GLV si avvale dell'aiuto del Comitato Nazionale di Trasferimento Tecnologico e del Servizio Trasferimento Tecnologico. Le attività di *Public Engagement (PE)* sono monitorate, in collaborazione con l'Ufficio Comunicazione, grazie ad un database che raccoglie, sin dal 2005, le attività effettuate nelle singole Strutture INFN. A partire dal 2017, consapevole della sua importanza strategica, l'Ente si è anche dotato di un Comitato di Coordinamento della Terza Missione (CC3M) con il compito specifico di coordinare le iniziative locali di diffusione della cultura scientifica con impatto a livello nazionale per rafforzarne l'efficacia.

Numerose sono le attività che l'INFN svolge nell'ambito della terza missione. Esse sono intrinsecamente presenti nell'attività dell'INFN e negli ultimi anni sono state rafforzate dall'attenzione rivolta alle ricadute della scienza sulla società.

Sul fronte del Trasferimento Tecnologico, l'Ente promuove la nascita e lo sviluppo di network ricerca-imprese-territorio, che possano contribuire alla competitività e allo sviluppo economico e imprenditoriale del Paese e delle sue articolazioni territoriali, almeno nei settori in cui possono trovare applicazione le tecnologie sviluppate dall'INFN.

Ricordiamo qui che la valutazione della Terza Missione della VQR 2011-2014 ha evidenziato le prestazioni eccellenti dell'Ente a livello centrale, sia in ambito PE che di TT. A questo proposito ha anche indicato le Masterclass di fisica, iniziativa di outreach per gli studenti delle superiori, come una *buona prassi* di *Public Engagement* e sottolineato la dinamicità degli spin-off dell'INFN.

Anche se non specificamente parte della Terza Missione, è importante ricordare che l'INFN è impegnato anche nell'ambito dell'alta formazione.

In fine vi è un aspetto altrettanto importante della formazione volto a migliorare e aggiornare le competenze e le conoscenze del personale nel contesto di un progetto di formazione permanente. La formazione del personale è gestita nell'Ente attraverso la Commissione Nazionale Formazione (CNF), che è arrivata al XX anno di attività.

8.1.1 LE ATTIVITÀ DI COMUNICAZIONE E DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

Consapevole dell'importanza della diffusione della cultura scientifica e delle attività di sensibilizzazione del pubblico, l'INFN dedica grandi sforzi alla progettazione, all'organizzazione e alla realizzazione di eventi, mostre e prodotti per il grande pubblico o mirate a pubblici specifici. Grazie all'azione sinergica, a livello nazionale e internazionale, dell'Ufficio Comunicazione, della CC3M e con il fondamentale contributo del personale coinvolto nelle singole strutture, sono state

realizzate 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, arrivando ad avere nel 2017 oltre 8500 citazioni sulle testate italiane, cartacee, web e circa 300 su TV e radio (numeri in costante aumento negli ultimi anni). In occasione di notizie scientifiche rilevanti, l'attività di ufficio stampa si rivolge anche verso i principali media internazionali.

Per la comunicazione istituzionale, l'INFN è dotato di un sito web (bilingue italiano e inglese) che aggiorna regolarmente e sta investendo sulla comunicazione con i social media (Facebook, Twitter e Instagram), organizzando campagne e prodotti di comunicazione pensati per questi canali. Produce materiale di promozione e presentazione dell'Istituto e delle proprie attività, brochure, poster, infografiche, video (questi ultimi fruibili attraverso il canale YouTube dell'Ufficio Comunicazione).

L'INFN, attraverso l'Ufficio Comunicazione, cura la produzione di una newsletter mensile, bilingue in italiano e in inglese, che viene inviata a tutto il personale INFN e a destinatari esterni, appartenenti al mondo della politica, dell'industria, dei media e delle istituzioni di ricerca italiane ed estere, per un totale di 7.000 lettori raggiunti. L'INFN pubblica una rivista monografica semestrale, dedicata ai grandi argomenti della fisica, *Asimmetrie* (tiratura cartacea di circa 20.000 copie, anche disponibile su web e applicativo per smartphone), rivolta agli insegnanti delle scuole secondarie di secondo grado e ai loro studenti, al fine di offrire uno strumento di approfondimento da utilizzare in classe per introdurre i temi della ricerca di frontiera.

L'INFN partecipa a festival e manifestazioni pubbliche, nazionali e internazionali, sia di carattere scientifico sia inerenti ad altri ambiti culturali, come il Festival della Filosofia di Modena, Carpi e Sassuolo, o i Festival della Scienza di Genova e Roma, il Festival della Scienza e Filosofia di Foligno.

Con l'obiettivo di raggiungere il grande pubblico, raccontando di scienza in modo coinvolgente e suggestivo, l'INFN progetta e cura conferenze-spettacolo, realizzate in collaborazione con protagonisti del mondo culturale, che portano sulla scena scienziati, musicisti, scrittori, 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. Anche in questo caso si tratta spesso di eventi con grande partecipazione di pubblico: solo a titolo di esempio, ricordiamo che la Mostra Gravity, realizzata in collaborazione con il Museo Nazionale MAXXI a Roma e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ha visto la partecipazione di circa 110000 visitatori.

La diffusione scientifica e la comunicazione si svolgono in tutte le unità locali e, in particolare, nei quattro Laboratori Nazionali. A questo proposito, con l'intento di rendere le iniziative locali più efficaci, da qualche anno l'INFN ha attivato moduli annuali di corsi di formazione alla comunicazione scientifica rivolti al proprio personale, che hanno lo scopo di fornire gli strumenti di base, soprattutto ai ricercatori, per gestire i rapporti con i media e le attività per le scuole e il grande pubblico.

Negli ultimi anni l'INFN ha deciso di destinare cospicue risorse alla creazione di Visitor Centers presso i quattro Laboratori Nazionali. Dopo quello presso il Laboratorio di Legnaro è stato recentemente inaugurato il nuovo centro del Laboratorio Nazionale di Frascati. Il centro, sviluppato

su un'area di circa 150 mq, consiste in un'esposizione permanente rivolta a tutti coloro che vogliono conoscere i fondamenti della Fisica delle Particelle. Ogni anno una media di circa 30000 persone visitano i Laboratori Nazionali, circa 10000 solo a Frascati. Oltre ai percorsi formativi delle visite settimanali i Laboratori giocano un ruolo importante nel campo della divulgazione, ospitando una larga frazione degli eventi di terza missione organizzati dall'INFN.

Il numero totale di eventi organizzati nel 2018 è 648 (531 nel 2016), circa il 40% destinato al grande pubblico. Il 70% dei corsi viene svolto nelle singole Sezioni, il restante 30% nei Laboratori Nazionali. La maggior parte di questi eventi consiste in mostre, conferenze-spettacolo, realizzati in collaborazione con protagonisti del mondo culturale, seminari divulgativi, visite guidate, percorsi formativi.

La seguente Tabella 8.1 riporta il numero di eventi, divisi nelle varie tipologie, organizzati dall'INFN negli ultimi anni.

Classe Evento	N. Eventi 2014	N. Eventi 2015	N. Eventi 2016	N. Eventi 2017	N. Eventi 2018
Pubblico	153	226	287	219	271
Scuola	261	296	296	312	362
Alta Formazione	15	21	11	16	15
Totale	429	543	583	531	648

Tabella 8.1 – Numero di eventi totali organizzati dall'INFN (2014-2018)

8.2 L'INFN PER L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E LA COMPETITIVITÀ INDUSTRIALE

Il trasferimento di tecnologia e know-how (KTT) dagli enti di ricerca a vari soggetti interessati della comunità economica (ad esempio aziende, istituzioni pubbliche, ecc.) è considerato fondamentale per aumentare l'innovazione e la competitività della comunità economica sul mercato nazionale ed internazionale. L'INFN da sempre presta particolare attenzione al trasferimento di conoscenze e tecnologie: le strutture e i laboratori sono costantemente coinvolti nella produzione di nuove conoscenze, sia rispetto alla tecnologia tangibile sia a conoscenze e risorse immateriali, rendendo il processo KTT una parte intrinseca delle attività di ricerca dell'INFN.

La strategia posta in essere dall'INFN per il trasferimento tecnologico si basa soprattutto sulla valorizzazione di idee e tecniche innovative, che nascono nell'ambito della ricerca di base, e, successivamente, si propone di facilitare/catalizzare i processi che guidano lo scambio di conoscenza fra il mondo della ricerca e la società, sia essa intesa come il mondo delle imprese che un qualunque contesto che possa essere destinatario delle applicazioni, consentendo così alle nuove tecnologie di tradursi in beni e servizi fruibili dalla collettività.

Parte della strategia è anche costruire strumenti di valutazione interna e di monitoraggio delle attività e dei prodotti del KTT e più in generale delle conoscenze trasferibili dell'Ente.

Per raggiungere questo scopo l'INFN si è dotato di una organizzazione ad hoc che copre aspetti di

carattere amministrativo-giuridico e scientifico-tecnologico, il tutto coordinato da un comitato d'indirizzo: il Comitato Nazionale di Trasferimento Tecnologico (CNTT) è l'organo preposto al coordinamento di queste attività. Il collegamento con gli organi direttivi centrali è assicurato dalla partecipazione di un componente della Giunta Esecutiva.

Il CNTT è supportato operativamente dal Servizio di Trasferimento Tecnologico (STT), che cura aspetti amministrativi e di sostegno ai ricercatori. Il servizio comprende risorse umane qualificate che coprono i diversi profili di competenza (giuridico/brevettuale, economico, tecnologico), specifici di un settore fortemente interdisciplinare.

Una rete di referenti locali (RL) nelle singole strutture INFN, vera spina dorsale delle azioni KTT, consente una capillare interazione con gli stakeholders economici locali sul tessuto nazionale. La rete dei RL è direttamente coordinata dal CNTT.

L'attività di KTT dell'Ente si è via via trasformata e consolidata su un percorso ricco di azioni che vanno anche oltre quelle più classiche e più strettamente tecnologiche, quali i contratti di ricerca e consulenza con committenza esterna, i brevetti, la creazione di imprese spin-off, la partecipazione a incubatori e consorzi. Queste attività hanno beneficiato anche della creazione di reti di competenza interne, che tramite percorsi sinergici, e hanno permesso KTT anche all'interno della rete stessa.

Questi percorsi sono volti principalmente a rafforzare la conoscenza e la diffusione di alcune tecnologie tipiche dell'INFN nelle sue Strutture sul territorio nazionale, in modo da utilizzare tutti i possibili contributi e rispondere in maniera più ampia alla richiesta esterna di KTT.

Specifici regolamenti sul KTT hanno fornito un set di regole per la valorizzazione della ricerca. Si è definito un nuovo schema di incentivi agli inventori, oltre al regolamento spin-off, alle Strutture che li ospitano, al budget del CNTT, al salario accessorio dei dipendenti. I regolamenti stabiliscono la possibilità di conferire deleghe alle singole Strutture INFN, per gestire localmente alcune tipologie di KTT, così da accelerare le procedure e favorire il processo stesso. I risultati possono essere monitorati dal sistema contabile e resi disponibili per analisi di impatto socio-economico.

Il portale è stato potenziato con l'obiettivo di farne uno strumento interattivo, dove le parti interessate al KTT (ricercatori, imprese, altre istituzioni interessate) possono accedere ai servizi messi a disposizione dall'Istituto. Il sito è strumento di dialogo con i ricercatori (modulistica, assistenza brevetti e spin off) e con le imprese (ricerca di tecnologie, ricerca di collaborazioni, ricerca di servizi o strumentazione di alta tecnologia).

Nel corso degli ultimi anni, il lavoro congiunto e coordinato della CNTT, STT e RL ha consentito 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. Alcuni di questi risultati sono mostrati nelle Tabelle 8.2 e 8.3.

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
Licenses/options active at 31/12	3	3	6	6	10	14	17	15	18
Licenses granted to Italian enterprises	1	1	3	3	6	11	12	12	13
Licenses granted to EU enterprises	2	2	3	3	3	2	2	1	3
Licenses generating revenue in year	0	2	3	3	4	9	5	6	4
Licenses linked to a patent	3	3	3	3	2	1	2	5	6

Tabella 8.2 – Licensing. E' evidente una crescita stabile del "licensing" nel corso degli anni

(i dati 2019 sono da considerarsi provvisori)

Metric	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
Invention disclosures	5	7	20	24	21	10	23	14	16
Confidentiality agreement	N/A	N/A	N/A	N/A	11	16	9	25	22
Priority applications filed (Italy)	1	7	10	11	10	5	5	11	4
Priority application filed	1	7	15	19	25	14	10	12	4
Patents (applications and issued)	5	10	20	59	63	71	86	94	113

Tabella 8.3 – Gestione della proprietà intellettuale (i dati 2019 sono da considerarsi provvisori)

Nel 2017 la prima società di spin-off dell'INFN, PIXIRAD, ha firmato un accordo per la sua acquisizione da parte della compagnia PANalytical, società olandese leader mondiale nella strumentazione per analisi e caratterizzazione dei materiali con tecniche ai raggi X. PIXIRAD nata nel 2012 da un gruppo di ricerca della Sezione INFN di Pisa, aveva l'obiettivo di portare sul mercato internazionale rivelatori di radiazione altamente innovativi e in grado di contribuire allo sviluppo sociale ed economico nei settori della radiologia digitale e dell'imaging industriale e scientifico.

Sulla base dell'esperienza acquisita il CNTT ha definito nuove regole per società spin-off atte a favorire e razionalizzare la diffusione di nuove tecnologie INFN, con l'ottica di ottimizzarne la presentazione per il mercato industriale. Sulla base di queste nuove regole tre nuove startup hanno richiesto il riconoscimento come spin-off INFN: Sibylla Biotech ha completato la procedura. Un accordo con il CERN che prevede la partecipazione dell'INFN ai Business Incubator Centers (BIC) tramite una rete di incubatori in Italia, coordinata dall'INFN, con l'obiettivo di creare nuove opportunità di business a partire dalle tecnologie sviluppate dal CERN e dall'INFN. La rete è denominata "Research to Innovation" (R2I) e nasce con l'intento di supportare il KTT nel nostro paese promuovendo lo sviluppo di prodotti e servizi innovativi a partire dalle tecnologie di frontiera della ricerca fondamentale in fisica delle alte energie.

Per la finalizzazione dei progetti di ricerca tecnologica INFN e renderli una vera innovazione di mercato, il programma denominato R4I (Research for Innovation) è stato avviato 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. In molti casi, la fase di "avvicinamento finale" è gestita direttamente in collaborazione con società esterne, che aiutano principalmente a focalizzare gli sviluppi del progetto per soddisfare le richieste del mercato.

E' stata condotta un'importante indagine che dimostra come l'interazione con INFN abbia un impatto positivo sulle aziende, soprattutto sul lato delle attività immateriali. Inizialmente, l'impatto principale è sul miglioramento dell'immagine delle aziende, seguito dall'acquisizione di competenze tecniche specifiche, grazie alla stretta collaborazione con i ricercatori e il personale tecnico dell'INFN. In particolare, il 40% delle aziende evidenzia un miglioramento dell'immagine aziendale, mentre il 31% ha testimoniato l'acquisizione di nuove competenze tecniche. Altri aspetti positivi sono: il miglioramento del volume delle vendite (28%) e la creazione di nuove collaborazioni o partnership. Al contrario, altri aspetti sembrano essere meno rilevanti, come nel caso della creazione di società spin-off (7%), sviluppo di nuovi prodotti (3%) e brevetti (2%). Da questi e altri parametri della ricerca si evince come la collaborazione tra INFN e aziende garantisca a queste ultime un accesso privilegiato a nuove tecnologie ed un supporto alla loro attività di R&D con positive ricadute sia in termini di acquisizione di know how che importanti impatti sull'acquisizione di quote di mercato.

9. VALUTAZIONE DELL'ENTE

L'INFN è sempre stato focalizzato nel controllo dei propri programmi di ricerca, grazie all'esistenza di diverse strutture che eseguono la valutazione ex-ante, in itinere ed ex-post di esperimenti e iniziative. Oltre alle Commissioni Scientifiche Nazionali (CSN), che hanno un ruolo in tutte le fasi dei progetti, il **Consiglio Tecnico Scientifico** (CTS) ha un ruolo consultivo nella valutazione ex-ante nel caso di progetti di particolare rilevanza. Il CTS è composto da esperti internazionali e nazionali, tutti esterni all'INFN, con l'eccezione del suo presidente. Il CTS valuta la congruità delle risorse umane e finanziarie e l'adeguatezza delle infrastrutture per i progetti con maggiore impatto economico.

Fin dal 1997 l'Ente si avvale di un **Comitato di Valutazione Internazionale** (CVI), che viene rinnovato ogni quattro anni dall'INFN, costituito da esperti internazionali, sia nei campi dove l'Istituto conduce le proprie attività di ricerca, sia in settori che sono interessati o connessi a tali attività, come quello industriale e produttivo o più in generale quello economico. Nessun ricercatore INFN, dipendente o associato, è componente del CVI. Il CVI redige annualmente un rapporto sulla qualità della ricerca INFN, in cui fornisce anche indicazioni e raccomandazioni per migliorarne la performance globale. Tale rapporto è inviato dall'INFN al MUR allegato al Piano Triennale.

Dopo l'ottimo risultato riportato dall'Ente nella Valutazione Qualità della Ricerca (VQR) 2004-2010, nei risultati della VQR 2011-2014, pubblicati nel febbraio 2017 da ANVUR (www.anvur.it), l'INFN ha visto un ulteriore miglioramento di tutti i suoi indicatori, risultando primo tra i grandi Enti, sia se si considera il voto medio dei prodotti presentati (0.89), che la frazione di prodotti eccellenti sul totale (90.51%).

Infine il controllo e la verifica delle attività gestionali e amministrative sono affidati all'Organismo Indipendente di Valutazione delle prestazioni. Seguendo le linee guida ANVUR (2015) e del DFP (2017) per ottimizzazione del ciclo della Performance negli EPR, INFN ha istituito un gruppo di lavoro del Consiglio Direttivo che, con la consulenza dell'Organismo Indipendente di Valutazione (OIV), ha il compito di aggiornare criticamente i documenti "Piano della Performance" e "Sistema di Misurazione e Valutazione" già elaborati negli anni precedenti e di sviluppare un modello di valutazione adeguato alla specificità dell'Ente.

Report to the President of the INFN

Il Comitato di Valutazione Internazionale (CVI)

N. Amodio, Confindustria, Italy; M. Bosman, IFAE, Barcelona, Spain; A. Brandolini, Banca d'Italia; I. Dillmann, TRIUMF, Vancouver, Canada; R.K. Ellis, University of Durham, UK; M.N. Harakeh, KVI-CART, Groningen, Netherlands; A. J. S. Smith, Princeton University, USA (chair); C. Spiering, DESY, Germany; and E. Zaninotto, Università di Trento, Italy

November 2019

Introduction and General Comments

The CVI meeting this year was held in Genova from the 6th through the 8th of October. Our charge was to evaluate the accomplishments of the INFN National Scientific Commissions (CSN's), Technology Transfer group, National Laboratories, and Senior Administration; and to advise on priorities for the upcoming year. INFN continues to perform excellent science, and to work on increasing the effectiveness of technology transfer and education/outreach. We continue to be concerned, however, that recent mandates for new appointments and automatic, premature granting of permanent positions are likely to damage the quality and quantity of INFN science. Finally, we should like to express our thanks to the Genova staff for their outstanding hospitality and support for the meeting.

Governance and Strategy

Scientific directions and priorities. This year marks a major transition as President Ferroni and two other members of the executive board completed their second term. We congratulate him and his colleagues for their outstanding successes in strengthening INFN. There is impressive progress across all divisions, with INFN scientists in leading positions in international projects. INFN is well-positioned at CERN, and enjoys vibrant domestic research programs in particle astrophysics, nuclear physics and gravitational wave astronomy. At the time of our meeting, incoming President Zoccoli and his team were still in the review and planning process. The lack of an overall strategic view of INFN made it difficult for the CVI to put the activities of CVIs and Labs in a coherent frame. We look forward to receiving their new strategic plan in the near future!

Staffing. The INFN staff continues to increase, in large part because of mandated hiring which negatively impacts the optimal allocation of resources for research. As we stated last year, further mandated hires are not sustainable, and the restricted boundary conditions, which can change from year to year, present a challenge to achieving an optimal mix of skills among researchers, engineers and technicians, and to long-term planning. Early-retirement plans have not been a significant help because people do not want to leave. However, the recent change in promotion procedures in which tenure decisions must be made after only 2 years is even more serious. Highly damaging and disruptive to research, this issue must be solved for INFN to maintain its excellence.

Budget. President Zoccoli summarised the budget situation. The 2019 base budget has increased over 2018 from 240 M€, to 260-270 M€, allocated as follows: Salaries 140, Research 55, Infrastructure 50, Operations 20. An additional ~10-15% in EU and regional funds are available for “one-shots.” Of great importance, INFN submitted a request last year for 300 M€ special funding over ten years for infrastructure, mainly for EuPRAXIA (110 M€) and HPC (240 M€, equally funded by MIUR and the EU)

Central Administration

Central Administration has progressed along the path presented during the 2018 CVI meeting. The reorganization of activities in four processes (in&out management; research services; resource management and systems management) has taken foot. At the same time the major bottleneck that the Administration was facing, i.e. lack of human resources, has been partially addressed. Some results are apparent: despite the high volume of purchases, and the strict and burdensome procedures imposed by the new regulation of public procurement, the Administration was able to run the process rather smoothly, with almost no court cases. As we underlined in our previous report, it is of the utmost importance to demonstrate that the reorganization of Central Administration brings clear results. As for human resource management, we applaud the plan of internal temporary mobility among central and peripheral administrative units. For a decentralized structure like INFN, it is important to look at problems from different perspectives, and to share common values, approaches and languages. The initiative undertaken will be definitely useful for the achievement of a more cohesive administration.

Comments:

The progress in the directions highlighted in previous reports is impressive. Still, open issues clearly emerge from the report of the General Director. We wish to highlight some of them:

- While planning, reporting and accounting closely follow national standards for public accounting, an effort must be done to better reconcile accounting, financial, and economic views, in order to obtain more readable and coherent reports and help decision making. A fundamental improvement would be the adoption of a multi-year scrolling budget in order to gather a full view of the financial impact of strategic choices;
- The survey on the perception of Administrative services has been postponed, for understandable reasons (change of President and INFN boards). It is important to start it in 2020, as a part of a wider plan of quality enhancement and the introduction of a PCDA (Plan, Check, Do, Act) cycle;
- The increase of Administration staff has been obtained mostly using temporary contracts. While this is a reasonable short-term solution, on a longer time perspective it brings the risk of high turnover, less motivated and less trained staff. A rebalance, within the limits imposed by national regulation, must be considered;
- Software for management and productivity tools seem still inadequate to support administrative procedures and the exchange of information between central administration and local units. Investment both on data management and report standardisation should be considered.

Recommendations:

CA-1. Adopt a multi-year (three years) budgetary plan.

CA-2. Start the survey on service satisfaction of Administrative services, and use it in a quality assurance PCDA frame.

CSN1 – Accelerator-based Particle Physics

The First National Scientific Committee (CSN1) coordinates INFN activities in Particle Physics at Accelerators. CSN1 supports experiments with internationally recognized high impact on the field and promotes research and development for high profile future projects. It is a large sector with about 820 affiliated FTEs, slightly growing in the last few years. The budget is 20 M€ with an additional 2 M€ of external funds. CSN1 gives strong and very visible contributions to a broad set of international experiments: ATLAS and CMS (63% of the activities), Flavour Physics including LHCb (25%), Charged Lepton Physics (8%), Proton Structure (3%) and R&D for Future Accelerators (1.5%).

There were various highlights in 2018 marked by the end of LHC Run2 with 150 fb^{-1} of high-quality collected data at 13 TeV. These include ATLAS and CMS measurements of Higgs boson differential cross cross-sections, observation of the $t\bar{t}H$ process with more than 3σ significance in an individual decay mode ($\gamma\gamma$), and a determination of the Higgs width from interference effects. Very rare processes, like tZq production, could also be observed for the first time and many searches for Beyond the Standard Model

physics achieved an unprecedented reach in mass. LHCb further tested lepton universality, made new precise measurements of CP-violation in Bs decays and observed it for the first time in the charm quark sector with 5σ significance. The characterization of the penta-quark was improved. The TOTEM and LHCf forward detectors also collected data and produced physics results.

There was also good progress in the experiments at other accelerators. The Belle II detector performed well during the first run at SuperKEKB. First physics results are becoming available. BESIII observed a new decay mode of the X(3872) shedding further light in hadron spectroscopy in the charm quark region. The third physics run of NA62 took place at the SPS in 2018, and 2017 data were analysed. Two very clean $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ events were observed. The foreseen tracker upgrade should improve background rejection and maintain the quality during the high intensity runs. The KLOE-2 collaboration is now focusing on the physics exploitation of the large ϕ -meson data set collected at DAΦNE until 2017. Many new results have already been presented at conferences. The progress of PADME and SIDDHART2 is reported in the LNF section.

The programme of measurements of charged leptons properties is progressing. After overcoming some technical difficulties, the flavour violation experiment MEG II at PSI is now preparing for data-taking in 2020. The construction of Mu2e at FNAL is well under way. The muon anomalous magnetic moment experiment E989 at FNAL completed the first physics run and a letter of intent for a related μe scattering measurement has been submitted (MuONE at SPS).

The COMPASS experiment dedicated to the study of proton structure is analysing the Drell-Yan data collected in 2018, preparing for an approved run with a polarized target in 2021 and also has submitted a proposal for a future extension of the programme.

We congratulate CSN1 for their rich and successful programme, their critical contributions and leadership role in many experiments and the excellent record of published physics results.

There are also many activities in preparation for the future. The LHC Long Shutdown 2 is ongoing at CERN (2019-2020). Intense Phase I detector upgrade activities are taking place at ATLAS and CMS, as well as at LHCb, with an important INFN participation. These projects are in general progressing satisfactorily, despite some delays. Two ATLAS projects are experiencing difficulties. HV instabilities affect the construction of resistive MicroMegas chambers for the New Small Wheels (forward muon detectors). INFN played a leading role in diagnosing and finding solutions to the problem and provided support to production sites in other countries. INFN is now on track for completing its production. However, the overall schedule of the New Small Wheels project is uncertain, with at most one of the two wheels to be installed during LS2. A Readiness Review will take place in November 2019 at CERN. This delay affects the schedule of another project under INFN responsibility, the installation of new RPCs in the barrel-endcap transition region. The ATLAS Fast Tracker project (hardware tracking for the trigger) also accumulated serious delays, in spite of INFN's completing most of its part of the project. After the CVI meeting, on 11.10.2019, the ATLAS Collaboration voted to terminate the FTk project.

Longer term projects include the SHIP experiment, a beam dump facility for the search of sterile neutrinos. There is ongoing test beam activity, pending on the European Strategy statement before further pushing the project. Bent silicon crystals have been developed for beam collimation and successfully tested in TOTEM. A collaboration agreement has been signed with CERN to design and build collimators for the HL-LHC. INFN made various contributions to the Circular Colliders Conceptual Design Report submitted to the European Strategy, and participates in many European R&D projects related to future colliders. One relevant project is LEMMA, an innovative concept for a low emittance muon source for a future muon collider, that was well received by the European Strategy. We support exploring further this approach and suggest INFN to try to gather support from CERN and other countries.

Recommendations:

CSNI-1. Closely watch the schedule for the LHC Phase I upgrades. Push for critical reviews and realistic schedules. Try to mitigate the impact of delays on the construction of the upcoming Phase II projects.

CSNI-2. Further develop good indicators to quantify INFN contributions to large international experiments and put them in context of relevant examples.

High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC)

The HL-LHC project consists of major improvements to the collider to increase the maximum instantaneous luminosity to approximately $7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, and to the detectors to allow them to maintain their current physics capabilities under the demanding conditions of high rates and backgrounds. The detector upgrades are being implemented in two phases:

Phase I: All 4 detectors (ATLAS, CMS, LHCb and ALICE) are constructing upgrades in preparation for Run 3, a 3-4 year campaign scheduled to begin in 2021 at somewhat increased luminosities. Progress is largely going well, although as mentioned above the ATLAS “New Small Wheel” muon detector has experienced delays.

Phase II: Here we have massive upgrades to most ATLAS and CMS systems, including new silicon trackers. The cost of these upgrades is approximately CHF 270M per experiment in core funding. CERN and the two collaborations have been marshalling core funding with good success, such that the “Money Matrices” were sufficiently-well defined to receive approval from the CERN RRB in 2018, with MOU’s with the funding agencies in the process of being signed.

INFN scientists play leading roles in all aspects of this critical program for world High Energy Physics, with strong financial support from INFN and provision of resources from the INFN institutes. In particular INFN groups have huge responsibility for the CMS Silicon Tracker and are heavily involved in ATLAS and CMS muon upgrades. The upgrade program is funded at a level of 56M€ + 8M€ contingency, covering core expenses, extra personnel needed to carry out the program (114 FTE for ATLAS, 123 for CMS), infrastructure and prototyping. Finding good people and ensuring continuity over the many years of the project present serious challenges, but so far so good!

Comments:

The main INFN upgrade projects are highly dependent upon the delivery of unprecedented numbers of silicon sensors, at a time when the load on Hamamatsu is extraordinarily high. As a result the current LHC schedule is impossible to meet. As key players in the LHC science program INFN should protect their programs by participating assertively in the upcoming CERN deliberations on revising the LHC schedule.

Recommendations:

None.

CSN2 – Astroparticle Physics

The 57% increase in CSN2 personnel over the last five years illustrates the attractiveness of the field. Just over the last year, the personnel count has grown from 770 to 862 FTE, with a quarter of people having moved from other CSN’s to CSN2 and the rest from outside. This development does not come without reason: as in previous years 2019 was rich and successful in scientific results. New, tight limits have been reported from XENON1T, CRESST and Darkside50 (Dark Matter search), and from GERDA and CUORE (neutrino-less double beta decay). For the first time, CUORE has been able to operate stable over several months. Xenon1T has observed a double electron-capture process with the longest lifetime ever observed for rare processes, demonstrating the enormous capabilities of the technique. Rich astrophysical results have been provided by MAGIC, Fermi, AMS-02 and DAMPE, the latter for the first time precisely measuring the cosmic proton spectrum from space up to an energy of 100 TeV. Virgo has started running with improved sensitivity and detected several new gravitational wave events. The XENON collaboration moves swiftly from XENON1T to XENONnT, with a planned commissioning mid-2020 (see more on the LNGS program below). The transformation of GERDA to LEGEND-200 is in progress. Last but not least, ideas/activities towards new projects in CSN2 have been developed – scientifically a blessing but at the same time a burden from a funding point of view.

We now discuss the central INFN astroparticle projects for the next few years: Darkside20T, KM3NeT and Virgo.

Darkside20k: is a key experiment in searching for dark matter, using argon depleted in the radioactive ^{39}Ar isotope. We observe progress with URANIA (USA), delivering pre-purified argon, and with ARIA (Sardinia), finally purifying the argon via distillation. We are pleased to hear that URANIA funding in the USA is now secured. The global collaboration is substantially growing; for many (but not for all) of the new members it became obvious how strong their commitments, in particular the non-labour costs, are. Going from 50 liters argon to 20 tons, a highly-ambitious factor 400 in searches for rare processes, bears considerable risks. These risks can only be justified by an extremely tough worldwide competition situation. While in the very long term the liquid argon technology is perhaps the only way to go to the 100-ton scale and beyond, the competition with next generation xenon detectors requires speed. DarkSide20k plans to start data taking in 2024, which on the one hand is a significant delay compared to the original plans, but on the other hand, seen from today, appears still to be a very demanding schedule. We learned at our meeting that the DarkSide community is considering operating a 1-ton prototype at CERN. The scientific goals of this device, and its impact on the cost, schedule and technical personnel were not at all clear to us from the presentations and discussion, and should be defined in detail as soon as possible. Darkside20k is an approved LNGS proposal, and hence INFN/LNGS should require a full-blown technical design report (TDR). INFN/LNGS should then conduct a scientific/technical review of the Darkside20k TDR, followed by a full-fledged cost and schedule review à la those performed by the DOE or the CERN Upgrade Cost Group.

KM3NeT: Results with 4 (1) Detection Units for ORCA (ARCA) demonstrate a *potentially excellent performance* for the full configuration. The past technical problems, which have been extremely concerning and delaying, have been analyzed with resulting substantial changes. The in-depth analysis of reasons for failures and the new technical solutions both seem appropriate (as far as one can judge from outside). As in our 2018 report, we note that KM3NeT is not yet “out of the woods,” and 2020 will be the year-of-truth for ARCA’s reliability and long-term operation feasibility. Progress towards full deployment of Phase-1 should be carefully and continuously monitored. The current plan envisages ARCA Phase-1 (with 24 DUs) to be installed until middle of 2021, and the first full ARCA block of ~100 strings to be completed in mid/end 2023. We note that Baikal GVD has already now the same installed photocathode area as ARCA-Phase 1, so ARCA will have to convince by quality rather than only by size. The scientific case for KM3NeT remains extremely high: with 100 strings, ARCA would reach nearly the size of one full cluster and could do excellent physics comparable to IceCube.

Virgo/ET: Virgo successfully started the O3 run period on April 1 and has recorded a number of gravitational wave events. At least until 2021, when KAGRA in Japan will start operation, Virgo will keep its position as the third of worldwide three top interferometers and will provide unique information for pinpointing the direction of GW events. Upgrade work towards the O4 run are ongoing. The work on the Einstein Telescope ET is now budgetarily separate from Virgo, preventing possible conflicts. Italy is proposing a site for ET in Sardinia, in competition with a site in the Netherlands-Belgium-Germany triangle. While the site parameters in Sardinia seem to be superior to the Dutch site, the potential funding situation from three “host-countries” creates an uphill-battle situation for Italy, increasing the importance of making the Sos Enattos candidature appealing and promoting Sardinia as a potential site. (See more on ET in a separate section below)

Recommendations:

CSN2.1. INFN/LNGS should require a full-blown technical design report (TDR) for DarkSide20 and conduct a scientific/technical review of the TDR. This review should be followed by a full-fledged cost and schedule review.

CSN2.2. INFN should start an organized process of down-selecting the new initiatives in CSN2.

CSN3 – Nuclear Physics

CSN3 has a well-balanced, internationally acknowledged, diverse research program with a healthy amount of external funding. In addition to fundamental research in the four CSN3 sectors, application-oriented research has been pursued in radiobiology and in interdisciplinary research, e.g., antimatter properties. The ongoing facility upgrades at LNL (SPES) and at LNS (SC-Cyclotron, FRAISE) are crucial for extending the research capabilities of this group in the next decade. We are, however, concerned that the expected increase in experiments will put the existing staff under a lot of pressure. More details are given in the LNS and LNL discussions.

Highlights from the 4 research lines:

- Quarks and Hadron Physics:
 - The R&D activities in support of the US Electron-Ion Collider (EIC) could lead to strong involvement in future construction of this facility. A clear INFN strategy should be formulated towards this project.
 - Considering the excellent INFN expertise in polarisation technology and spin physics, we endorse the involvement in the JEDI experiment at COSY, Jülich, for measuring the electric dipole moment of the deuteron.
 - The results of the CLAS collaboration at JLAB indicating modification of the quark-gluon structure of a nucleon bound in an atomic nucleus by the surrounding nucleons (EMC effect) are exciting. The collaboration published two Nature papers since 2018 and several Phys. Rev. Letters where the effect can be explained by a universal modification of the structure of nucleons with n-p Short Range Correlation (SRC) pairs.
- Phase Transition in Hadronic Matter:
 - In an interesting development, plans for a new experiment, NA60+, in addition to the ALICE experiment at CERN are being developed, which would complement and further the research with ALICE.
 - The Italian groups are strongly involved in several aspects of the ALICE upgrade. Prior to the LHC shutdown, ALICE produced extensive data, which led to several highlights, in particular regarding the formation of baryons in pp and p -Pb collisions.
- Nuclear Structure and Reaction Dynamics:
 - About 1/3 of the manpower is concentrated in the GAMMA experiment, which is mainly pursued at LNL but also at other labs worldwide. Nuclear structure studies include the indirect measurement of the neutron skin of light mirror nuclei, measurements of shape coexistence of neutron-rich nuclei to determine the microscopic origin of nuclear deformation and quantum phase transitions.
 - The NUMEN_GR3 experiment at LNS uses the MAGNEX spectrometer to measure cross sections for double-charge-exchange nuclear reactions for the study of nuclear matrix elements that are crucial in the search for the neutrino-less double- β decay ($0\nu\beta\beta$). An important finding was that possible contributions from competing channels from multi-neutron transfer for the three investigated $0\nu\beta\beta$ systems could be excluded on basis of the comparison between the data and theoretical calculations. The NUMEN experiment is now ready for the construction phase and a TDR is in preparation.
- Nuclear Astrophysics and Interdisciplinary Research:
 - This research line is distributed between the four experiments ASFIN at LNS, ERNA at CIRCE, LUNA at LNGS, and the n_TOF experiment at CERN. LUNA's transition into the LNGS and getting LUNA-MV installation started should continue to have high priority. In 2020, the PANDORA experiment at LNS will add a new research branch. The discovery of the increase in the astrophysically-important $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ fusion reaction rate (Nature 2018) via the indirect Trojan Horse method has triggered a lot of discussion in the nuclear astrophysics community. ERNA has

also published direct reaction data on the $^{12}\text{C}+^{12}\text{C} \rightarrow ^{23}\text{Na} + \text{p}$ channel, and data analysis is ongoing on the $^{20}\text{Ne} + \alpha$ channel.

- CERN n_TOF experiments are presently affected by the 2-year shutdown at CERN but the collaboration continues analysing data. The publication of the $^7\text{Be}(n,p)^7\text{Li}$ cross section with a radioactive ^7Be target ($t_{1/2}= 53$ d) produced at the ISOLDE facility shows the unique capabilities of the facility in terms of direct neutron-capture cross-section measurements of short-lived isotopes.
- An overview of the contributions of the astrophysics experiments has been published in Rivista Nuovo Cimento Vol. 042 (2019).

Recommendations:

CSN3-1. Support travelling experimental setups to maximize capabilities of Italian National Labs, e.g., give high priority to AGATA@LNL experiments starting in 2021.

CSN3-2. Support the PANDORA project at LNS since it will add a unique research capability, and define a local operating group including experimental nuclear (astro) physicists.

CSN4 – Theory

The theoretical physics programme undertaken by staff and associates of the INFN remains one of the strongest national programmes in Europe. The basis of this success is the quality staff, both those directly employed by the INFN, and the associated staff employed by the Universities. In CSN4 there are 1014 individuals contributing effort made up of associated staff and direct employees of INFN. The direct employees whose salary is paid by INFN are about 115. There are some INFN units (sezioni) which are large, (in particular, TS and TO), and some which have less than 10 staff (LNS, LNF) which may lack the critical mass to function effectively as theory groups.

The scientific work is divided into six research lines

LS1: String and Field Theory

LS2: Particle Physics Phenomenology

LS3: Hadronic and Nuclear Physics

LS4: Mathematical Methods

LS5: Astroparticle Physics and Cosmology

LS6: Statistical and Applied Field Theory

The three aspects of this research program which the INFN can manage are the post-doc program, the hiring of permanent staff, and the “Iniziativa specifiche” (IS).

a) Post-doc program

Since 2012 the INFN has funded about 12 new post-doctoral positions each year, so that in any one year there are about 24 in post. The committee is pleased to see that in recent years this number is increasing. The INFN is to be congratulated on the FELLINI project, which leverages INFN funding with co-funding from the EU. Both the INFN-funded post-docs and the Fellini program are extremely positive for training of early career researchers. Statistics over the last 5 years show that about three quarters of INFN post-docs remain in academia, (and about one third of that number progress to faculty positions), and a further 11% go to work in industry. It is to be noted that spread over more than 20 INFN units + National Labs this number is not extremely high. For comparison in the UK, at any moment there are 36 post-doctoral fellow in particle theory in post, compared with 24 in the INFN, and anecdotal evidence suggests that this number may be much higher in Germany.

b) Permanent staff

The recruitment of 15 new staff in 2016-2017 and 10 new staff in 2019 is an extremely positive development. With 115 total INFN staff working in theoretical particle physics, it is expected that (with a flat age distribution) approximately 4 should retire every three years. However, the management of the program and establishment of a sustainable age distribution of the staff would be easier to manage if calls for new staff occurred on a more regular basis.

c) Iniziative specifiche (IS)

These are networks including personnel from different INFN units, which run for three years. It is foreseen that there will be new IS starting in 2020. These initiatives are important also to make decisions on the distribution of budget and of post-doctoral positions.

Comments: The section on CSN4 in CVI report 2019 contains about 12 pages of one-line descriptions of the work undertaken. Whilst this does reflect the broad spectrum of research undertaken, it is hard to evaluate. In 2020, there will be a new program of “Iniziative specifiche”. Therefore in 2020 it would be appropriate to evaluate the strengths and weaknesses of the previous round of IS and report on the changes implemented in the new IS.

Recommendations:

CSN4-1. There are currently about 35 IS. The CVI report for 2020 should focus on the changes instituted in the IS programme and the rationale for those changes.

CSN4-2. The INFN should present bibliometric information for the associates and employees separately.

CSN5 – Technological and Interdisciplinary Research

The Fifth National Scientific Committee (CSN5) coordinates advanced technological research for INFN experimental activities and promotes the development of instruments, methods and techniques for fundamental physics and their application in other fields. These transversal activities across committees contribute to strengthening links with universities and national research institutes.

There are three main areas of activity: *i)* development of radiation detectors, electronics and software (47% of budget); *ii)* production and development of particle accelerators and new prototypes (26%); *iii)* interdisciplinary applications (27%). Technologies are widely used also outside physics research and have social and economic impacts (e.g. medical imaging, cancer therapy, protection of cultural and environmental heritage). Both the number of experiments and the number of FTE have been increasing since 2014, although they are still below the 2010 level. External funds for CSN5 experiments amounted to almost 10M€ in 2018 (according to report), which is about a third of the total 29M€ for 2013-18 (according to presentation). Resources are allocated to three types of projects. In 2018 “standard” projects accounted for the largest proportion of resources: 62% of the budget and 77% of FTE. “Calls for proposals”, a scheme introduced in 2013 to enhance excellence, synergies and prioritisation of resources, absorbed 28% of the budget and 17% of FTE. “Grants for young researchers”, which were also introduced in 2013 to enhance young researchers’ scientific autonomy and capacity to manage external applications (6 per year since 2014), accounted for 10% of the budget and 6% of FTE.

Following the CVI 2017 recommendation, the results of “Calls for proposals” are regularly monitored. The CSN5 evaluation of the first 5 projects which terminated their activities (CALOCUBE, CHIPIX65, MAGIX, AXIOMA, COSINUS) was “very positive”. Seven other projects are ongoing (SiCILIA, MOVE_IT, TIMESPOT, TERA, NEPTUNE, ARCADIA, FIRE).

Comments:

We appreciate the very important role played by CSN5 both *substantively*, by developing new technologies and methods, and *instrumentally*, by promoting cooperation across committees and laboratories and with non-INFN research. The search for excellence and capability-building clearly informs the new funding schemes introduced in 2013: “Calls for proposals” and “Grants for young researchers.”

While motivations and results are well discussed, we judge that the assessment would benefit from more extensive information on two aspects.

- *Resource allocation criteria among three types of projects.* Standard projects still receive by far the largest share of funding. How are funds allocated to these projects? Are they largely determined by previous commitments for major research endeavours? How are new Standard projects selected? Is

there any plan to shift resources towards the two new funding schemes (“Calls;” “Grants for Young Researchers”), or is the current distribution considered to be satisfactory?

- *Evaluation of the two new funding schemes.* What factors brought the CSN5 to reach a “very positive evaluation” of the first 5 Calls projects? Is the assessment based only on the achievement of pre-established aims and scientific output (e.g. number/quality of publications) or does it take into account also possible/actual applications either internally in large scale INFN projects or externally by private/public enterprises? More generally, how do the outcome and impact of research carried out by CSN5 inform the evaluation?

Recommendation:

CSN5.1. Describe the criteria used to allocate resources among the three active CSN5 programs: Standard proposals, Calls for Proposals, and Grants for Young Researchers.

CSN5.2. Review and explain the criteria developed to evaluate the success of the two newer funding schemes: “Calls for Proposals: and “Grants for Young Researchers.”

Technology Transfer

The Commission for the Coordination of Third Mission (CC3M) coordinates all activities that imply a transfer of knowledge for non-academic purposes such as Public Engagement (PE), Life-Long Learning (LLL) and Technological Transfer (TT). The composition of CC3M is such to ensure the development of a common strategy for the Communication Office (CO), the National Committee for Technological Transfer (CNTT), the Technology Transfer Service (STT) and the Local Referents (LR) network for TT. A rich set of activities was put in place by INFN for PE and LLL. As to TT, INFN tried to improve coordination of different entities (CNTT, STT, LR) where LR are the backbone of activities. Following the definition and implementation of new rules, guidelines and information tools in 2016, the LR network now has a more structured approach.

As a result of the reorganisation of TT activities and of training programmes, the INFN reports a significant improvement in the management of Intellectual Property (IP). The number of invention disclosures, confidential agreements, priority applications filed (in Italy), patent applications filed increased considerably since 2011; the end-of-year stock of active patents steadily rose from 5 in 2011 to 92 in 2018. At the same time, there was an increase in the numbers of licenses granted to EU enterprises (from 3 to 11) and in the number of licenses generating revenues (from 0 to 6).

Several TT-linked activities were implemented in 2018: *i)* new rules regulating spinoffs; *ii)* the Research for Innovation (R4I) programme, selecting technologies ready for external applications (3 R4I projects signed licence agreements with commercial partners); *iii)* the Research to Innovation (R2I) programme, aimed at supporting start-up enterprises; *iv)* contacts with Venture Capitalists to support INFN start-up and spinoff enterprises. Some evaluation exercises analysed the impact of INFN TT activities.

Information on TT activities is also separately provided for INFN national laboratories. It includes two new infrastructure projects (LATINO, SABINA) largely funded by Regione Lazio (LNF); five different contracts with (presumably) private businesses (LNS); a significant TT programme (LNL), including the Master in Surface Treatments for Industrial Applications; the AMD–Additive Metamorphosis of Design project (LNGS).

Comments:

We recognise the value of the multiple PE and LLL activities carried out by INFN. They vary widely in scope and format and contribute to reinforce the scientific leadership of INFN in Italy and to render the INFN an authoritative reference for the public debate.

Our assessment for TT activities is somewhat more complex. There was no specific presentation at the Genova meeting and, as seen, information is scattered around the CVI Report 2019. On the basis of this information, it is our view that INFN has taken seriously TT objectives. On the other hand, the INFN achieves world excellence in a country which is lagging behind other advanced countries in terms of innovation and R&D, and hence transfer of knowledge accumulated through INFN research may reveal crucial assets for the Italian economy and society. The aim should be to further step up the INFN TT

activities and their effectiveness, paying attention equally to economic values (potential commercial uses) and social values (benefits for human well-being, e.g., medical applications). No need to say that this aim must be pursued without distorting and compromising the primary scientific objectives of INFN research. A case in point is to optimise the program at BEST between medical isotope production and LNL basic science.

We therefore conclude that a full assessment of TT activities should consider a number of aspects.

- *Overall architecture of TT activities.* It is unclear what different roles CC3M, CNTT and STT play and the relationships of both, CNTT and STT with LR.
- *Summary classification of TT initiatives within a common frame.* An account of all actions at the local and national level would help grasping the extent of INFN engagement in TT aims.
- *Classification of different relationship with external public/private entities in the development of projects,* e.g. partnership from the outset of the project vs. potential uses of the applications afterwards.
- *Rules and procedures for IP protection:* entitlements to possible benefits (e.g. royalties); training of researchers; structure of legal advice.
- *Qualitative monitoring of patents and licenses.* Provide information not only about numbers but also about uses and results (incidentally, what is the revenue from licenses?).
- *Report on activities of R4I and R2I programmes started in 2018.*

Recommendation:

TT.1. INFN should consider launching a medium-term comprehensive review of its Knowledge and Technology Transfer activities that would lead to a final report in 2021. Proper attention should be given to TT for both economic and social purposes.

Cultural heritage

The Cultural Heritage Network (CHNet) is a growing, very active field of activity in INFN. This is a three level network: a first level connects Italian INFN laboratories; a second level links national laboratories with Universities, Restoration centres and associations involved in cultural heritage; and a third level connects with foreign Universities and research centres. This structure depicts a global research infrastructure of high value and potential. The INFN network enjoys good funding perspectives: currently (year 2019-20) founding (4.5M€) is granted by research projects (European, national, regional, 2.95 M€), the selling of services (0.25 M€) and Universities (1.3 M€). Activities are organized around three main missions: research (50%), education (20%) and third mission (30%). Among the results obtained by the CHNet, the development of the RFQ-based MACHINA project is particularly noteworthy. The project, founded by MIUR and involving INFN, CERN, and Opificio delle Pietre Dure, is aimed at the development of a transportable accelerator for in situ diagnostics of artworks with pulsed beams. MACHINA is a highly promising device, featuring low power consumption, low weight, small footprint and low radiation emission.

Comments: We consider CHNet as an exciting and important activity, promising from the point of view as a service to the country, and as an aid in dealing with property rights and technological transfer.

Given the perspectives of this branch of activities and its potential, a clearer strategic vision of its development should be developed. A fundamental issue regards the balancing of different goals (science, public service and the commercialization of services and licences), and the definition of a structure of incentives in accord to the strategic goals. Given the high potential market interest on the development of instrumentation, special attention must be devoted to the management of intellectual property rights. In this respect, it seems that CHNet is disconnected with the Technology Transfer

Recommendation:

CH.1. Explore opportunities for the management of IP of instrumentation, with the Technology Transfer organization in INFN (National committee, Technology Transfer Service, and Local Referents).

Laboratori Nazionali di Frascati (LNF)

The Frascati National Laboratory (LNF), the largest and the oldest among the INFN National Laboratories, is devoted to the development, construction and operation of accelerators, and the design and construction of forefront particle detectors for particle, nuclear and astroparticle experiments. The research infrastructure comprises the DAΦNE collider and the Beam Test Facility complex; SPARC_LAB and the future EuPRAXIA@SPARC_LAB infrastructure; SCF_LAB to characterize lasers; large assembly halls with several clean rooms and various technical services; and a visitor center. LNF had 288 employees with permanent contract, recovering the level of previous years after the hiring-by-law process. There were in addition 29 temporary, 195 associated (including Cosenza University), and 389 external users in 2018. LNF has devised a clear strategy for the future of the laboratory that is being steadily deployed. Here we report on some of recent highlights and progress.

Research Programme: PADME (search for dark photons) at BTF took its first data taking run from November 2018 to February 2019. The detector is working well, and an improved Monte Carlo simulation can reproduce the background from tails in the positron energy distribution and motivate design improvements for the next run. An incident that interrupted the access to the experiment hall last July is now being fixed and PADME is scheduled to resume data taking in 2020 and collect 10^{13} positrons on target in about 120 days. KLOE2 stopped data taking in April 2018 and the large data sample is now being analyzed. One of the interaction points has been refurbished to host SIDDHARTA-2 (study of Kaonic atoms). A subset of the detector has been installed in April 2019 to check beam background conditions. Various hardware problems slowed down somewhat the commissioning process. The plan is to reach good beam conditions by the end of 2019, complete the detector installation and run during 2020 to collect 800 pb^{-1} of luminosity. PADME and SIDDHARTA2 need different bunch lengths, 200 ns and 5 ns, respectively and cannot run simultaneously. The time sharing in 2020 will be adjusted to optimize the use of the various installations. A run is also foreseen for *BeamLine4Schools* in Autumn 2020. The SCF_LAB produced the Laser Retro-Reflector for Insight (LaRRI) that was taken to Mars soil by the NASA Insight lander. Further reflectors will be taken to Mars by new NASA and ESA missions in 2020 to form the first network of measurement points for geophysics and gravitation measurement by orbiting lasers. LNF plays a strong role in the LHC experiments and its upgrade process (reported in the CSN1 section).

EuPRAXIA Project: The EuPRAXIA H2020 Design Study prepares for pilot infrastructures operating a plasma-based e^- accelerator for a Free Electron Laser up to 5 GeV for photon users. The project has two legs, one beam-driven, the other laser-driven. LNF proposes a new on-site infrastructure, EuPRAXIA@SPARC_LAB, to host the beam-driven plasma accelerator (SPARC_LAB is the existing infrastructure at LNF that does R&D for the above projects), There has been significant progress on that front during last year.

A Conceptual Design Report for EuPRAXIA@SPARC_LAB was released in May 2018, with a cost of the order of 100 M€. The project involves in addition to LNF various INFN institutes, three Italian institutes, and CERN. Regarding funding, INFN has already provided 14 M€ and has applied to a governmental program for the development of infrastructure for 116 M€ (a Research Minister decree should make the funds available soon). LNF also participated in a call from Regione Lazio for EU related funds: the SABINA project granted with 6 M€ to exploit and upgrade SPARC_LAB. An international committee of renowned experts made a detailed review of the EuPRAXIA@SPARC_LAB Conceptual Design Report. The feedback delivered in August 2019 is in general very positive and the committee strongly recommends to move to the Technical Design Report. The detailed review identifies strengths and elements to be improved like the need of a more detailed breakdown of all aspects of the project and an urgent R&D program at SPARC_LAB. Since the release of the CDR, 4,000 m^2 of new land have been acquired. The bid for the new building was published in July 2018 and assigned to a company from Aosta on May 2019. The contract is still to be finalized. The hope is to be able to start soon the contact with the enterprise. A Project Office has been set-up to organize and manage the project in a professional way, with the aim of completing the TDR in about 3 years. SPARC_LAB activity, with many tests and

simulations, has been focused on the demonstration of electron bunches acceleration by particle-driven plasma in the context of EuPRAXIA 2020 study and addressing specific issues of EuPRAXIA@SPARC_LAB. Concerning manpower, LNF turn-over can be used to maintain current competences in accelerator technology and in support of technical infrastructures. However, an injection of extra personnel will be necessary in fields currently outside Lab's competences, like plasma simulation, photon beam lines, lasers, etc. This requires a careful evaluation by the Project Office. It is also worth noting that LNF management has asked the review committee to keep reviewing the project on a yearly basis, which should be beneficial for the project.

The EuPRAXIA H2020 collaboration will hold its final event in October 2019 presenting the CDR for both accelerator facilities, beam-driven and laser-driven. This will be the input for the ESFRI application in May 2020. LNF proposes to host the beam-driven facility, while DESY was originally proposing to host the laser-driven facility. However, DESY recently renounced to this proposal, leaving the laser-driven site still to be identified. This gives an opportunity to LNF and INFN to lead the project at European level and work together with five excellence centers from France, Germany, UK, Portugal, the Czech Republic, etc. While EuPRAXIA@SPARC_LAB fits well within the EuPRAXIA scheme, should the ESFRI submission fail, LNF is ready to continue the project and to prepare specific collaboration agreements with major European Labs. The situation will need careful follow-up during the coming months.

Other recent initiatives at LNF include: LEMMA, a low-emittance muon source for future muon collider (see CSN1), DAΦNE_TF a future infrastructure to use DAΦNE as a test facility for new accelerator technologies (no big progress yet, but raising interest like Crab-Waist technology test for FCC-ee), LATINO (Laboratory in Advanced Technologies for INnOvation) to facilitate access to technology and reindustrialize the local area together with help of the Lazio Region, a successful Visitor Center inaugurated last year, and an ambitious project of a large Science Center being defined.

Recommendation:

LNF-I. INFN should give strong support to EuPRAXIA and EuPRAXIA@SPARC_LAB

Laboratori Nazionali del Sud (LNS)

The KM3NeT experiment, a major activity of LNS, is discussed in section CSN2 above, and some of the LNS nuclear physics activities are covered in the CSN3 section.

LNS has been successful in obtaining several projects of great importance for the future of the lab. Researchers are involved in a large number of research collaborations in addition to the scientific programs at home. The local science program is focused on its two operating accelerators: a 15 MV Tandem Van de Graaff accelerator and the K800 super-conducting cyclotron (SC). The two accelerators accelerate heavy-ion beams in a very wide range of mass and energy and allow nuclear structure, nuclear reactions, and nuclear astrophysics studies, as well as applications of nuclear physics techniques in particle therapy, cultural heritage and other multidisciplinary activities.

The 19.35 M€ upgrade of the research infrastructure is funded by the *POTLNS (POTenziamento Laboratori Nazionali del Sud)* initiative and driven by the physics case of the NUMEN experiment. It includes the upgrade of the SC cyclotron, the installation of the new in-flight fragment separator FRAISE, as well as the upgrade of the MAGNEX spectrometer for the NUMEN experiment. The goal of the upgrade project is to accelerate and deliver high intensity light ion beams with a power of several kW and intensities up to 10^{14} pps by 2022/23. The POTLNS initiative started in June 2019 and must be concluded within 32 months, with a possibility of a 4 months extension. Several critical calls for tender (e.g. new SC magnet, technical specifications of beamlines and stripper etc.) are ready to be submitted before the end of the year, and civil work and technical service upgrades are planned to start at the beginning of 2020.

Comments: The upgrades and possible delays in construction will put the local support groups under pressure and will have negative impact on important research activities like the NUMEN experiment. The required prolonged shutdown (summer 2020 until end of 2022 for internal users, reopening as user facility in summer 2023) should be communicated quickly and transparently by the management, so that the scientific staff and external users can start planning for the “local scientific drought”. This gap will have to be bridged not only by completing the analysis of already procured data but also by reaching out for beam time at other radioactive beam facilities, not an easy task since several facilities are presently in shutdown (e.g. ISOLDE, RCNP Osaka), will go into a shutdown-phase soon (NSCL), or have only a reduced amount of beam time available (e.g. GANIL, GSI, RIKEN, TRIUMF).

The upcoming extension of the science program is exciting and will require additional support for outside users. The PANDORA (Plasmas for Astrophysics Nuclear Decays Observation and Radiation for Archaeometry) experiment will add a unique capability to the nuclear physics landscape but the project is technically challenging since no one has done it before. A lot of R&D will be necessary, as well as more involvement of experimental nuclear (astro)physicists. It is very important to plan for staff to operate and maintain the device on a day-to-day basis once it is commissioned.

Recommendations:

LNS-1. Communicate a detailed shutdown-plan as soon as possible to staff and users.

LNS-2. Define a local PANDORA group that operates the device on a day-to-day basis.

Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS)

The Darkside 20T experiment is discussed in section CSN2 above.

Observations: LNGS is producing excellent physics in spite of dealing with severe restrictions, imposed mainly by the regional government. Unfortunately, Borexino and LVD will be terminated by end of 2020, while in the meantime negotiations and safety studies will hopefully be finalized to allow short term running. Several new experiments remain delayed or on hold because of slowness in ESH evaluations -- they should only take 60 days, but are taking much longer. As yet another disruption, the removal of LVD and hydraulic engineering interventions interfere with experiments, mainly in Hall A (CUORE, LEGEND). XENONnT now plans to use Gd-doped water for its veto, the design of which must be approved, and a process for extracting the Gd must be developed.

Status of new experiments: CUPID is moving ahead appropriately. LUNA-MV is now approved to be an LNGS facility; SABRE now has one good quality crystal, but progress is slow in commissioning it because the collaboration wants to make measurements that involve polyethylene in excess of 5 t, mandating a full safety approval with resulting delays. This problem could be mitigated by avoiding polyethylene but the collaboration doesn't want to go this route.

LNGS conducted a review of DAMA/LIBRA that required a formal review of a CDR and TDR for phase-3 approval. Response from the collaboration so far has been inadequate.

Comments: Excellent physics results continue, and the lab is coping as well as possible with the unfortunate environmental/political situation.

Recommendations:

LNGS-1. We strongly support the LNGS requirement that DAMA/LIBRA sustain a formal review of a CDR and TDR for it to continue.

LNGS-2. (Repeated from 2018) The laboratory should set up a stepwise “gateway” process for approving and supporting proposed new experiments and upgrades, going beyond assessment of the physics potential to make sure the safety issues and impact on LNGS resources are understood and covered.

Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL)

The local research at LNL is driven by the accelerator infrastructure, which involves the TANDEM-ALPI-PIAVE complex consisting of a 15 MV Tandem accelerator and two superconducting LINACs (ALPI and PIAVE) which are focussed on nuclear physics and nuclear astrophysics experiments (~75% of the beamtime) as well as interdisciplinary research (~25% of the beamtime). Additionally, two small electrostatic accelerators, CN and AN2000, are used for applications of nuclear physics to environmental, material, and cultural heritage science.

The newest facility at LNL is a dual-exit high-current cyclotron for extraction of proton energies between $E_p=35-70$ MeV, manufactured in Ottawa Canada by Best Theratronics, Ltd., which will be the driver for rare isotope production at SPES.

The research of the laboratory continues to be driven by a healthy mix of fundamental and applied research. The presently ongoing research program in Nuclear Physics and Astrophysics consists of the investigation of nuclear structure and reaction dynamics in the collision of heavy ions, and the study of nuclear processes relevant for the creation of elements in stars. This research is carried out at the TANDEM-ALPI-PIAVE accelerators. The required one-year shutdown for maintenance of the tandem and upgrade of the LINACs in 2018/19 was mostly successful, and the tandem is slowly approaching its nominal maximum voltage of 15 MV again (13 MV are planned to be reached in Dec 2019, then a gradual increase up to 14.5 MeV is planned in 2020). A second one-year shutdown is planned to accommodate further installations for SPES. The plan was to do commissioning with non-accelerated RI beams in 2020, and then go to reaccelerated RI beams up to 10-11 MeV/u in 2021 for the SPES nuclear reactions program. A very prestigious and high-priority European project is the installation of the AGATA (Advanced GAMMA Tracking Array) setup at LNL which will start in the second half of 2021. So far 60 Letters of Intent have been received, and a Program Committee will help to down-select and prioritize these cases. It is planned to run 6 months stable and 6 months radioactive beam in 2022. Up to 60% of the total available beamtime will then go to AGATA experiments.

The Applied Physics research program uses the small electrostatic CN and AN2000 accelerators, both of which have delivered ~1000 h of beam, for interdisciplinary physics research like radiobiology, microdosimetry and microanalysis of materials using the ion microprobe, novel detector development tests, novel methods of surface treatment, and studies of radiation damage.

With the LARAMED program, the focus of the SPES facility will shift towards research on new radioisotopes for medical applications (RILAB) and the medical radioisotope production at RIFAC in collaboration with Best Theratronics, Ltd. The contract with Best Theratronics, Ltd. assigns (up to) 2350 h (~14 weeks) per year of cyclotron beamtime for medical isotope production, starting in 2020. The main focus will be the production of ^{82}Sr ($t_{1/2}=25$ d) for $^{82}\text{Sr}/^{82}\text{Rb}$ radioisotope generators. ^{82}Rb ($t_{1/2}=1.27$ min) is the most prevalent generator-produced radionuclide used in clinical applications and is used as cardiac PET (positron emission tomography) isotope for myocardial perfusion imaging to show the function of the heart muscle and scan for heart conditions, e.g., coronary artery disease. Revenues from this medical isotope production contract will cover operational costs and additional human resources.

The research in the accelerator division is focussed strongly on the development and construction of accelerators and accelerator components. The three main involvements of the group are the commissioning of the radiofrequency quadrupole (RFQ) for IFMIF (Japan), the construction of a drift tube linac (DTL) for the European Spallation Source ESS in Sweden, and the construction of a high-intensity RFQ for the MUNES project. A new test facility for various accelerator components at LNL, called LATA, is ready to be launched and constructed.

The INFN RFQ at IFMIF was successfully tested at 5 MeV with a 125 mA pulsed deuteron beam in July 2019. In the coming months the gradual increase of the duty cycle up to continuous beam and 9 MeV beam energy is planned. The DTL at ESS will accelerate the beam from 3.5 to 90 MeV and is developed in collaboration with INFN Torino and industry partners. The construction and testing are progressing

with an aggressive schedule that has the goal to assemble the first (out of five) tanks at ESS still within 2019 and to carry out commissioning in early 2020.

Comments:

The installation and commissioning of the cyclotron are completed but work on the local infrastructure at SPES is delayed for various internal and external reasons. These upgrades and delays put local support groups under pressure and will have negative impact on research.

- **Delayed SPES schedule:** It was unfortunate to hear about the delays following the rosy picture given last year about the strict timeline for the SPES project. There seems to be a discrepancy between the Accelerator Division and the Research Division what the highest priority project is. It appears that external international projects have been given higher priority although it was mentioned several times that SPES has presently the highest priority for LNL. In view of the unforeseen shortage in manpower, a better hiring strategy for technical personnel and administrative support should be worked out, and internal priorities be reconsidered. As a short-term solution it should be explored if existing skilled personnel from other INFN projects can be shifted part-time to support the timely completion of the SPES project. An updated SPES schedule was promised for early 2020 and should be included in the midterm report.
- **Ambiguity of beamtime distribution at SPES:** Presently, the two exit ports at the cyclotron will only allow parasitic operation in parallel to the medical radionuclide production if the same energy is used. While the present UC_x target design cannot take more than 40 MeV protons at 200 μ A for the nuclear physics program, the production of medical radionuclides, e.g., ^{82}Sr via $^{85}\text{Rb}(p,4n)$ will require higher energies. A joint committee consisting of members of INFN and Best Theratronics has been proposed and will address beam scheduling conflicts, but it was made clear that priority will be given to medical isotope production to fulfill the contract with Best. This can lead to conflicts and cancellations of other high-priority beamtimes, e.g. AGATA, in case of unexpected longer shutdowns and repairs. The dual-energy upgrade is not yet included in the funding but is something that should have high priority to allow independent operation of both ports to maximize the research output and run both programs simultaneously even at different energies.
- **Funding and personnel:** The funding level of LNL seems adequate to run the lab under “normal” conditions but without any contingency. The large extension of the science program with SPES will require more funding and personnel, and more scientific support for outside users.

Recommendations:

LNL-1: Include funding for the dual-energy upgrade of the cyclotron in the upcoming budget plans to enable experiments at both ports with different energies and maximize the research output.

LNL-2: Provide an updated SPES schedule in midterm report and develop a plan on how to move technical personnel temporarily to ensure a timely SPES completion and operation of AGATA@LNL starting in Q2/2021.

CNAF Tier-1 Center

CNAF in Bologna has been the main INFN computing center since 2003. It hosts one of 13 LHC Tier-1 centers in the world, with growing needs in recent years for more space, power, resources, and a safer site after the flooding in 2018.

One of the three pre-exascale class computers funded by the European High-Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC) will be hosted in Italy by Cineca at the Bologna Technopole. The Italian supercomputer (LEONARDO) will have a peak power of 270 petaflops and will be one of the 5 most powerful supercomputers in the world. The total cost over 5 years is 250M€, funded equally by the MIUR and the European Commission. The new Technopole site in Bologna is thus ideally suited to facilitate also the new Tier-1 infrastructure and include necessary upgrades for the HL-LHC era. The need for the move is driven by increased space and power requirements and is a very good investment in the future.

However, the anticipated timeline for the move within 2 months before LHC Phase 3 starts in February 2021 is very tight, if not impossible. Alternative plans were shown to move whenever the site is ready and without service interruptions.

Recommendations:

None.

Einstein Telescope

The Einstein Telescope (ET) is a proposed third generation (3G) European gravitational wave detector that will increase the sensitivity to gravitational waves by an order of magnitude with respect to Advanced Virgo, and extend the frequency coverage in the range below 10Hz. This facility will be part of a network of planned three 3G detectors comprising the Einstein Telescope, the Cosmic Explorer in the USA and a third 3G detector in a location that maximizes the sky localization ability of the network. This network of 3G detectors will survey the Universe with unprecedented reach into deep space. The Gravitational Wave International Committee (GWIC) has been set up to coordinate planning for the worldwide network.

The ET is the most advanced of the 3G gravitational wave detector projects, having produced a conceptual design report in 2011. The next step for the project is a submission in April 2020 for inclusion in the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) 2021 roadmap, with a site decision potentially in 2022. The Italian government, INFN, Sassari University, and Regione Sardegna support the candidature of a site close to Sos Enattos (Sardinia) for the Einstein Telescope infrastructure. The ET collaboration will submit the proposal to ESFRI with the site in Sardinia and the South Limburg (NL) site on the border with Belgium and Germany. The site in Sardinia has been qualified in a preliminary way and found to have high quality geological, seismic, and environmental characteristics. While the site parameters in Sardinia seem to be superior to those in the Netherlands, the Dutch site presents considerable competition to Italy because three host countries can consider it their own. This emphasizes the importance of working hard to promote the Sardinian site. Construction and exploitation of the ET infrastructure shares many features with high-energy physics (vacuum and cryogenics, civil infrastructure, computing and data analysis, and project management). These topics lie within the traditional expertise of INFN (and CERN). Full qualification of the Sardinian site is now a high priority for the ESFRI submission.

We note that the funds are available to qualify the Sardinian site, but there is a shortage of technical personnel for both civil engineering and vacuum studies. If these personnel cannot be found inside INFN, the ET team needs administrative support from INFN to help in working with external partners.

Recommendations:

ET 1. We encourage the INFN to facilitate the full qualification of the Sardinian site for the Einstein Telescope.

Appendix I. Agenda

MONDAY, 7 OCTOBER

08:45 → 09:15 **A. Zoccoli/S.Smith: brief introduction and charge to CVI** ⌚ 30m
Speakers: Antonio Zoccoli (BO), Prof. Arthur John Stewart Smith (Princeton University)

09:15 → 10:15 **Report from CSN1** ⌚ 1h
Speaker: Roberto Tenchini (PI)
 CVI-7oct-CSN1-com...

10:15 → 10:45 **coffee break** ⌚ 30m

10:45 → 11:45 **Report from CSN2** ⌚ 1h
Speaker: Marco Pallavicini (GE)
 Report-CVI-Oct2019_

11:45 → 12:45 **Report from CSN3** ⌚ 1h
Speaker: Rosario Nania (BO)

12:45 → 13:45 **Lunch Break - CVI in closed session** ⌚ 1h
CVI in closed session

13:45 → 14:45 **Report from CSN4** ⌚ 1h
Speaker: Fulvio Piccinini (PV)
 piccinini_CSN4.pdf

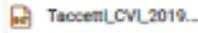
14:45 → 15:45 **The KM3NET project** ⌚ 1h
Speaker: Mauro Gino Taluti (GE)
 KM3NeT_Seminar_...  KM3NeT_Seminar_...  wWnS964alk.mp4

15:45 → 16:15 **coffee break-short** ⌚ 30m

16:15 → 16:45 **Report from LNL** ⌚ 30m
Speaker: Diego Bettoni (FE)
 Bettoni-LNL-2019.pdf  Bettoni-LNL-2019.p...

16:45 → 17:15 **Report from LNGS** ⌚ 30m
Speaker: Stefano Ragazzi (MI8)
 LNGS_CVI_2019.pdf  LNGS_CVI_2019.pptx

17:15 → 17:45 **Report from LNS** ⌚ 30m
Speaker: Santo Gammino (LNS)
 Report_from_LNS-C...

08:00	→ 08:30	INFN Budget report ⌚ 30m Speaker: Antonio Zoccoli (BO) 
08:30	→ 09:00	Report from AC ⌚ 30m Speaker: Bruno Albino Alain Quarta (AC) 
09:00	→ 10:00	Report from CSN5 ⌚ 1h Speaker: Valter Bonvicini (TS)   
10:00	→ 10:25	Coffee Break ⌚ 25m
10:25	→ 10:55	INFN and Cultural Heritage ⌚ 30m Speaker: Francesco Taccoetti (FI)  
10:55	→ 11:45	The INFN Tier1@Teohnopole Project ⌚ 50m Speaker: Gaetano Maron (LNL)
11:45	→ 12:35	High Luminosity LHC ⌚ 50m Speaker: Nadia Pastrone (TO) 
12:35	→ 13:50	Lunch Break - CVI in closed session ⌚ 1h 15m Closed Session of CVI (lunch continues in room)
13:50	→ 14:40	The Eupraxia Project ⌚ 50m Speaker: Pierluigi Campana (LNF) 
14:40	→ 15:30	The Einstein Telescope Project ⌚ 50m Speaker: Michele Punturo (PG) 
15:30	→ 17:00	CVI in executive session ⌚ 1h 30m
17:00	→ 17:15	Closeout with INFN: management, heads of the CSN's, etc.

Appendix II. Recommendations

CA-1. Adopt a multi-year (three years) budgetary plan.

CA-2. Start the survey on service satisfaction of Administrative services, and use it in a quality assurance PCDA frame.

CSN1-1. Closely watch the schedule of LHC Phase I upgrade projects. Push for critical reviews and realistic schedules. Try to mitigate the impact of delays on the construction of the coming Phase II projects.

CSN1-2. Further develop good indicators to quantify INFN contributions to large international experiments and put them in context of relevant examples.

CSN2.1 INFN/LNGS should require a full-blown technical design report (TDR) for DarkSide20 and conduct a scientific/technical review of the TDR. This review should be followed by a full-fledged cost and schedule review.

CSN2.2 INFN should start an organized process of down-selecting the new initiatives in CSN2.

CSN3-1: Support travelling experimental setups to maximize capabilities of Italian National Labs, e.g., give high priority to AGATA@LNL experiments starting in 2021.

CSN3-2: Support the PANDORA project at LNS since it will add a unique research capability, and define a local operating group including experimental nuclear (astro) physicists.

CSN4-1. There are currently about 35 IS. The CVI report for 2020 should focus on the changes instituted in the IS programme and the rationale for those changes.

CSN4-2. The INFN should present bibliometric information for the associates and employees separately.

CSN5.1. Describe the criteria used to allocate resources among the three active CSN5 programs: Standard proposals, Calls for Proposals, and Grants for Young Researchers.

CSN5.2. Review and explain the criteria developed to evaluate the success of the two newer funding schemes: “Calls for Proposals: and “Grants for Young Researchers.”

TT.1. INFN should consider launching a medium-term comprehensive review of its Knowledge and Technology Transfer activities that would lead to a final report in 2021. Proper attention should be given to TT for both economic and social purposes.

CH.1. Explore opportunities for the management of IP of instrumentation, with the Technology Transfer organization in INFN (National committee, Technology Transfer Service, and Local Referents).

LNF-1. INFN should give strong support to EuPRAXIA and EuPRAXIA@SPARC_LAB

LNS-1: Communicate a detailed shutdown-plan as soon as possible to staff and users.

LNS-2: Define a local PANDORA group that operates the device on a day-to-day basis.

LNGS-1. We strongly support the LNGS requirement that DAMA/LIBRA sustain a formal review of a CDR and TDR for it to continue.

LNGS-2. (Repeated from 2018) The laboratory should set up a stepwise “gateway” process for approving and supporting proposed new experiments and upgrades, going beyond assessment of the physics potential to make sure the safety issues and impact on LNGS resources are understood and covered.

LNL-1: Include funding for the dual-energy upgrade of the cyclotron in the upcoming budget plans to enable experiments at both ports with different energies and maximize the research output.

LNL-2: Provide an updated SPES schedule in midterm report and develop a plan how to move technical personnel temporarily to ensure a timely SPES completion and operation of AGATA at LNL starting in Q2/2021.

ET 1. We encourage the INFN to facilitate the full qualification of the Sardinian site for the Einstein Telescope.

Appendix III: Requests and suggestions for next year's report and for the CVI meeting.

1. As in past years we would appreciate receiving a mid-year report, including documentation of INFN's response to our recommendations, along with significant highlights (and lowlights).
2. INFN should be sure to deliver the 2020 GLV report a month or more before the meeting, i.e. on or before Sept 15, 2020. Only then it can be ensured that all committee members have enough time for detailed reading and feedback. The sections of the report should be more streamlined to ensure that they contain a similar amount of information.
3. To make the meeting more efficient, we would like to have a round of Q&A before the meeting, so that it is unnecessary for speakers to spend valuable time in their presentations to address questions.
4. Committee members lamented the lack of a high-level "Governance and Strategy" section in this year's report, and the absence of an "Overview" presentation at the CVI meeting. We assume these items will be included next year, covering main mission and vision, financials, personnel, main projects, major problems arose in the last year, charge to the committee, etc.
5. We plan to circulate next year's draft agenda to CVI members for comments and suggestions for changes, and therefore ask INFN to please send it to the CVI chair by the first week in September.
6. Presentations should be available and posted two days before the meeting, to allow CVI members to download and study them before boarding their planes.
 - a. The presentations should be more streamlined and focus on main achievements, funding, personnel, significant issues, mission, future plans, rather than repeating in detail what is in the GLV report.
 - b. More analysis, less detail.
7. The total time allocated to presentations needs to be shortened to free up time for committee discussion and closeout. To simplify planning, we propose that all presentations be finished by 13:00 of the second day.
8. Proposed afternoon program for second day:
 - a. 13:00 – 15:30 committee lunch and executive session;
 - b. 15:30-17:30 closeout. Lengthening the closeout will allow substantive discussion, fact-checking, etc.
9. Finally, it would be great to have name tags for participants and committee members with their affiliations and functions. (e.g. Lab director, Deputy lab director, CSN Group Leader, Giunta Esecutiva member).