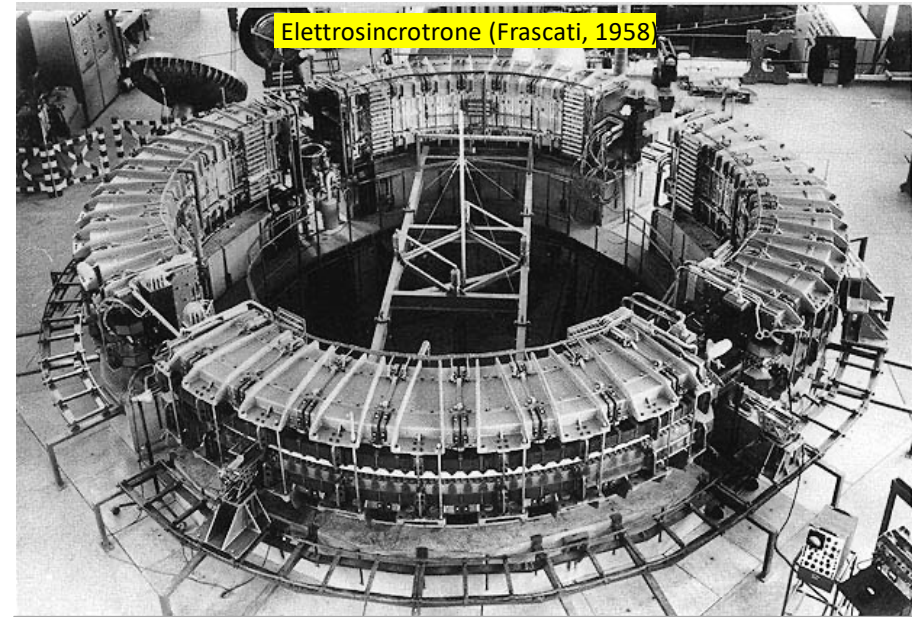




Acceleratori per la Fisica Fondamentale e la Societa'

... una passione che dura da 70 anni ...



Nel febbraio del 1953 il Consiglio Direttivo dell'INFN decide, su proposta del suo presidente G. Bernardini, la costruzione di un acceleratore per elettroni

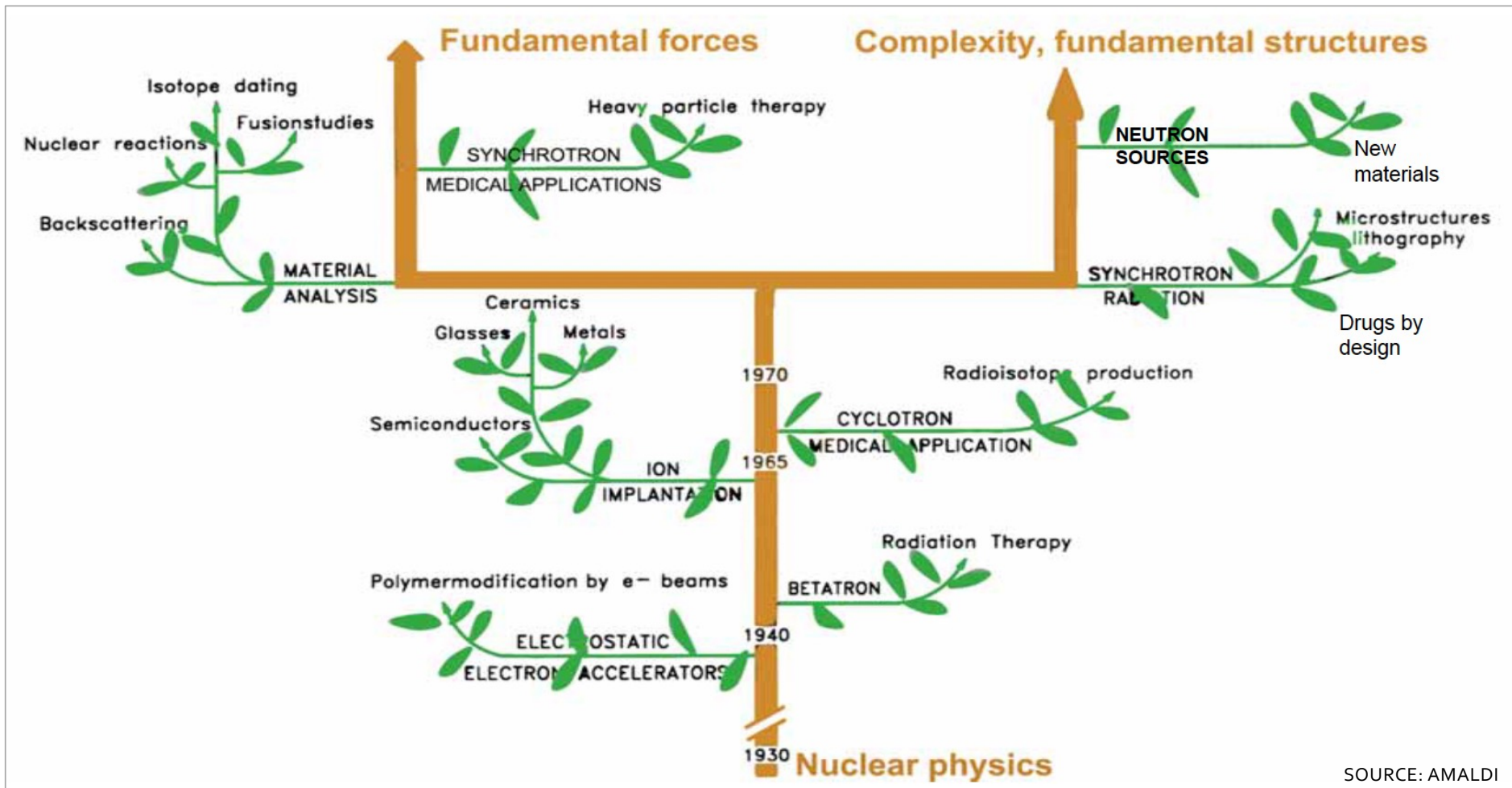


*"Bernardini ed io [E. Amaldi] presentammo, nel **maggio 1939**, la proposta di costruire un ciclotrone da esporre all'EUR, di caratteristiche tali da poter essere usato nel seguito come strumento di ricerca. [...] Visto che il governo intendeva investire somme considerevoli in questa grande fiera delle vanità, ci sembrava ragionevole ed opportuno cercare di orientare una piccola parte del denaro pubblico verso attrezzature scientifiche".*

*Il presidente dell'E42, sen. V. Cini, chiede allora alla società Galileo di "farsi onore [...] offrendo questo capolavoro della tecnica alla grande manifestazione di Roma, iniziando senz'altro la preparazione [...] senza parlare di pagamento". Amaldi si reca a Berkeley per raccogliere dati costruttivi e la Galileo gli fa sapere che ha difficoltà a fargli avere i **50 dollari** necessari per riprodurre i disegni dell'ultimo ciclotrone (da 60") realizzato da Lawrence. La cosa finisce lì' ...*

Progettiamo & costruiamo acceleratori perché :

- ci permettono di studiare come funzionano le leggi dell'Universo (i raggi cosmici non ci bastano)
- la fisica e la tecnologia sottostante esprimono una «Grande Bellezza»
- hanno un profondo impatto sociale, culturale ed economico
- rappresentano uno **strumento unico** di produzione di conoscenza a grande spettro





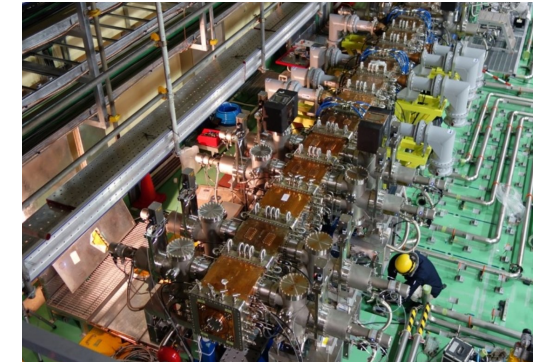
LHC (CERN) – Fisica Fondamentale



HZDR (D) – Impiantazione ionica

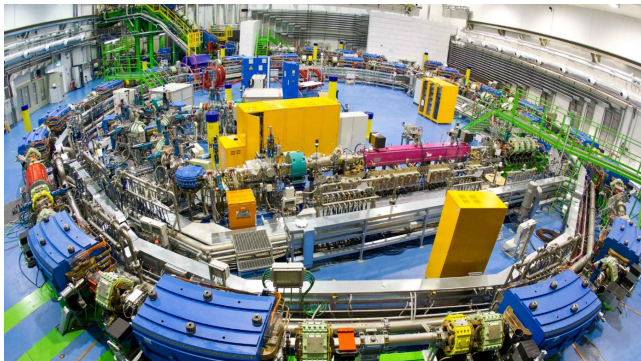


LABEC (IT) – Beni culturali



IFMIF (JP) – Studio della Fusione

**Acceleratori come
strumento di conoscenza e
sviluppo della società'**



CNAO(IT) – Cura dei tumori



ESRF (F) – Scienza dei materiali,
Agro-Bio-Farma, Beni culturali



MYRRAH (BE) – Scorie nucleari, medicina

Acceleratori e Societa'

Sono circa 30'000 gli acceleratori di particelle in operazione nel mondo

Solo ~ 1% viene usato per la ricerca di base

1/3 trovano applicazioni in Medicina

Il volume di affari generato dalla costruzione di acceleratori e' di circa 5 B\$/y

Research		6%
	Particle Physics	0.5%
	Nuclear Physics, solid state, materials	0.2 – 0.9%
	Biology	5%
Medical Applications		~ 35%
	Diagnostics/treatment with X-ray or electrons	33%
	Radio-isotope production	2%
	Proton or ion treatment	0.1%
Industrial Applications		~ 60%
	Ion implantation	34%
	Cutting and welding with electron beams	16%
	Polymerization	7%
	Neutron testing	3.5%
	Non destructive testing	2,3%

Le Tecnologie Abilitanti (assi portanti per lo sviluppo degli acceleratori)

- fisica di macchina
- magneti (caldi, SC, HTS)
- cavita' e sistemi RF (calde e SC)
- diagnostica
- vuoto & criogenia
- ingegneria: meccanica, elettrica, elettronica, impianti, civile
- sorgenti & targhette
- plasmi & laser
- photon science (FEL & rad. sincrotrone)
- controlli & calcolo
- radioprotezione & sicurezze
- project management
- transizione energetica/ambientale
- formazione superiore & tecnica
- ...

L'INFN e' uno dei **pochi Enti al mondo** in grado di costruire/utilizzare un acceleratore (**e/h/γ**) completo

- abbiamo competenze distribuite in tutti gli ambiti delle Tecnologie Abilitanti che consentono di sviluppare e costruire infrastrutture avanzate e innovative
- abbiamo competenze nell'utilizzo degli acceleratori sia nella componente di fisica fondamentale che nel campo delle applicazioni

Un patrimonio di competenze da mantenere, coltivare, sviluppare

Quali direzioni per lo sviluppo ? [1]



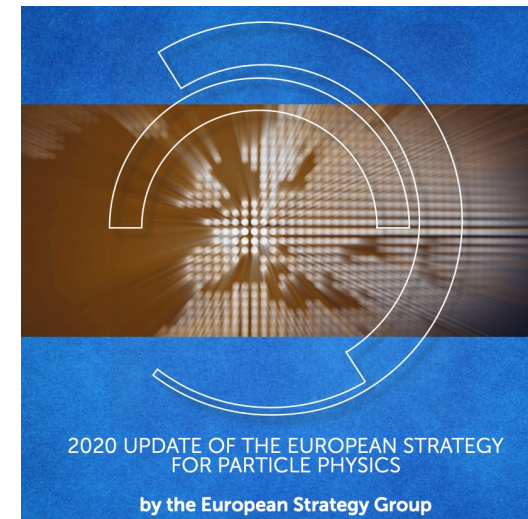
Innanzitutto nel solco della «strategy» ESPPU 2020-2026

Attraverso lo sviluppo di accordi collaborativi con CERN (e altre istituzioni europee) sia per lo sviluppo della futura macchina al CERN (**FCC-ee/-hh**) che per altre iniziative regionali e non

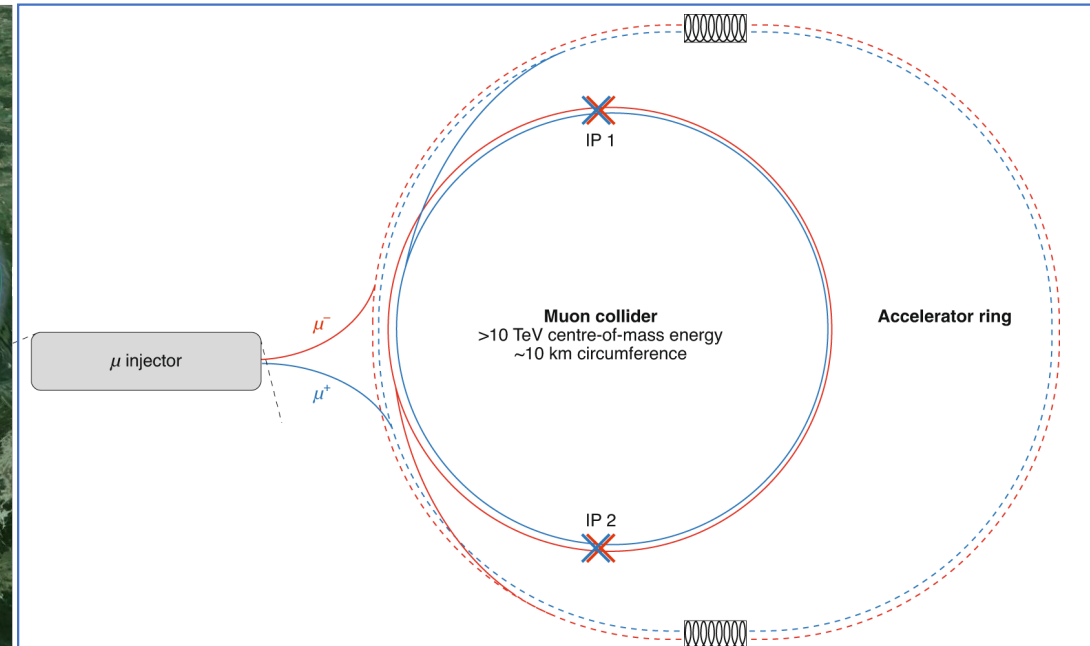
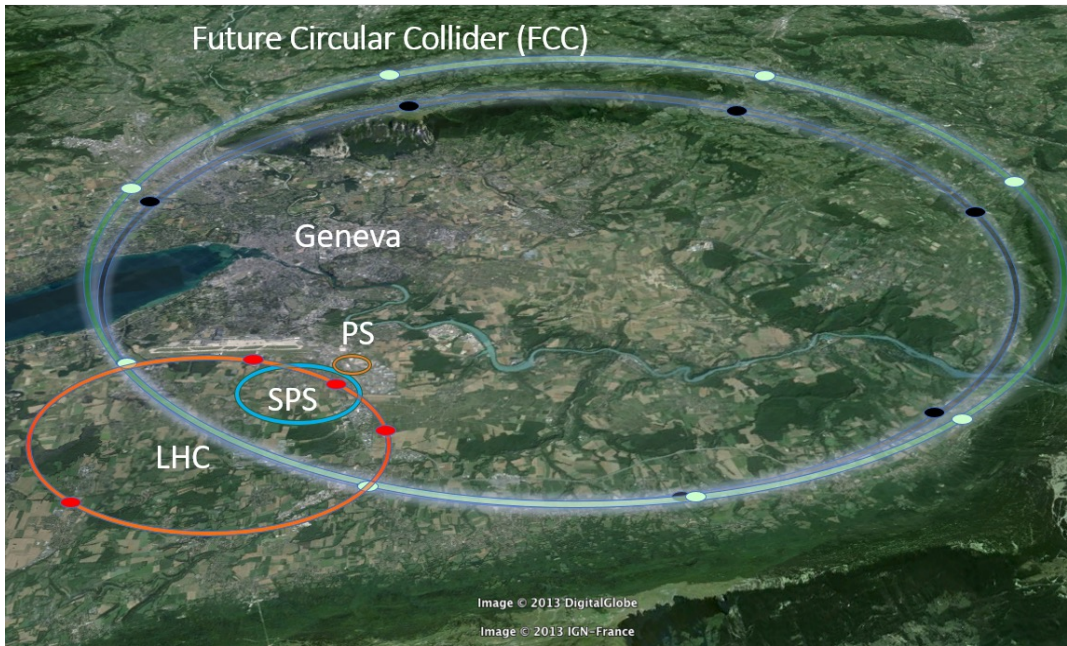
→ Particolare attenzione al «ritorno» in termini di know-how tecnologico per i nostri progetti:

- Cavita' a Radio Frequenza ad alto guadagno/alta efficienza
- Sviluppo di magneti ad alto campo (→ Falcon D, IRIS nel PNRR)
- Accelerazione con il Plasma (→ EuPRAXIA, accelerazione con laser)
- Muon Collider (→ Design Study Europeo)
- (Energy Recovery Linac)

Ruolo strategico svolto dalle attività nelle strutture INFN



Le grandi future macchine per andare oltre LHC (2035-2070)



Un tunnel da 100 km

- (1) FCC-ee, Higgs Factory, fino a 360 GeV [top mass]
- (2) FCC-hh a 100 TeV, se la tecnologia dei magneti lo consentira'

Una macchina di nuova generazione (ad alta efficienza)

Energia nel c.m. 3-10 TeV

Una grande complessita' tecnologica e di operazione

Partecipazione allo studio di fattibilita' per FCC (2021-2026)

Un impegno «*extra moenia*» strategico per l'INFN perche' teso a mantenere la leadership mondiale del CERN (e la sua stessa ragione d'essere)
 Non banale, vista la discussione fatta nella strategy e visti i tempi ...

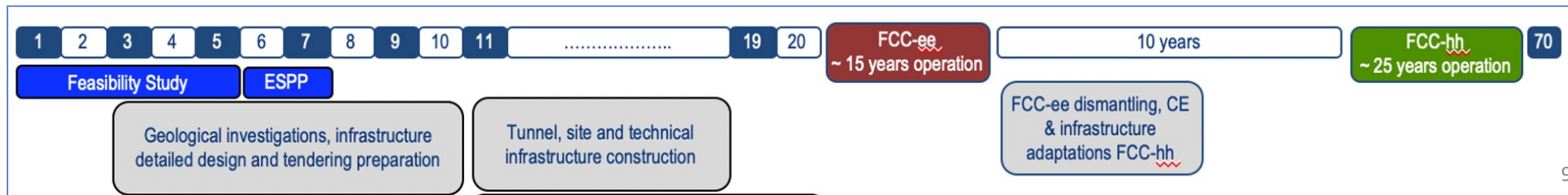
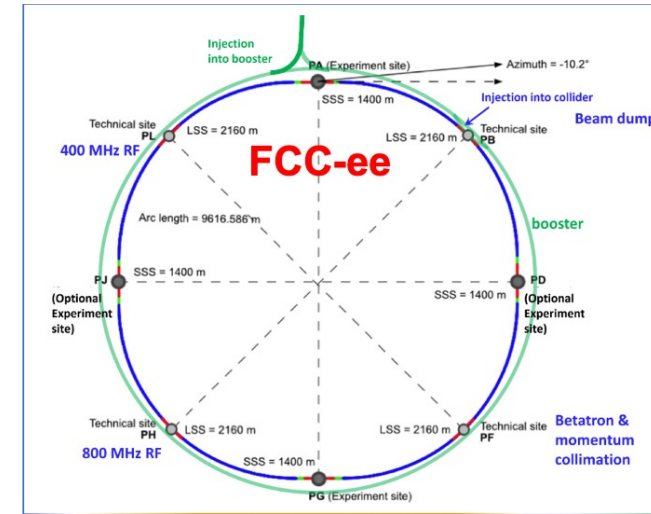
Il primo FCC Italy Workshop ha mostrato l'interesse dei gruppi a collaborare su item di FCC ee (oltre quelli sui quali c'e' gia' attivita', incluso per HFM), anche in funzione di un potenziale coinvolgimento di ditte italiane:

- Machine Detector Interface & Beam Impedance (LNF, Roma 1)
- Magneti (GE), Cavita' SRF (LASA, LNL), Fisica di Macchina, etc...

Restano da definire gli strumenti con cui formalizzare la collaborazione con il CERN

Forti sinergie con altri programmi, in particolare con Muon Collider (SRF, Magneti, MDI)

Necessita' di avere massa critica con attivita' coerenti tra le strutture, anche facendo leva sui fondi del PNRR



Quali direzioni per lo sviluppo ? [2]



Crescita/sviluppo/consolidamento attività nazionali o verso altre strutture internazionali di ricerca

Sviluppo/operazione macchine nei Laboratori Nazionali (LNF, LNL, LNS, ... e anche LNGS)

Attività tecnologiche in centri/sezioni: MI-LASA, Genova, Salerno, LABEC, Roma₁ & 2, Napoli, Bari
+CNAO +TIPFA

Contributi sostanziali a grandi progetti internazionali:

- in passato : XFEL, CNAO, dipoli LHC & solenoidi degli esperimenti
- piu' recenti : HL-LHC, ESS, PIP II, IFMIF/DONES, DTT, FAIR & MU₂E (magneti), ...

INFN anche nel ruolo di «contractor»: ELI-NP, STAR/STAR₂ (... con alterne vicende ...)

Esistenza di «flagship programs» nei Laboratori dell'INFN



Frascati – EuPRAXIA

Un'infrastruttura europea (entrata nella Roadmap 2021 ESFRI)
per un FEL operato con l'accelerazione al plasma (sito LNF)



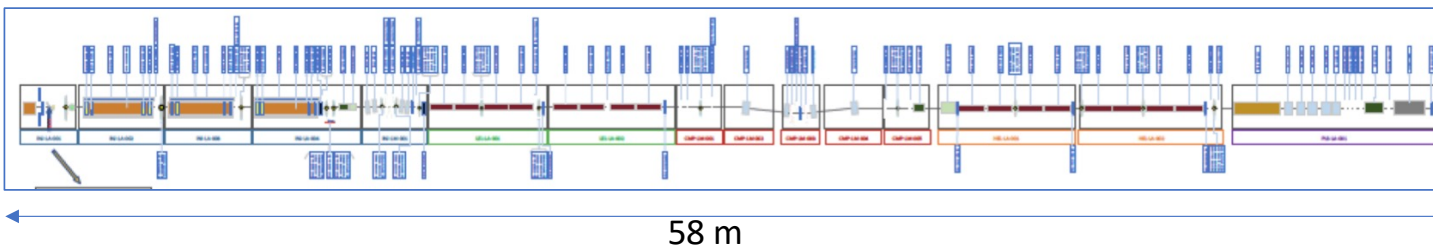
- **Un Linac in banda X (fino a 1 GeV) + una cella al plasma + un FEL a 4 nm + linee per utenti**

Fondo Investimento Infrastrutture MUR (~ 110 ME) + contributi Regione Lazio + Fondi EU per la *Preparatory Phase*

Un consorzio di 40+ laboratori europei per un'infrastruttura basata su 2 siti (PWFA: **LNF**; LWFA: Praga ?)
+ centri di eccellenza. Periodo 2021-2025 dedicato alla *preparatory phase* (redazione di un TDR)

Sito LNF: CDR (2018) + progetto definitivo edificio (fine 2021) + conferenza dei servizi (2022-23)
Inizio costruzione edificio meta' 2024. Inizio installazione macchina 2028+

LINAC footprint





Legnaro – SPES

Una facility di Fisica Nucleare che integra il complesso di macchine di LNL

- **α : completamento ciclotrone e infrastruttura**
- **β : fasci radioattivi (40 keV) + ri-accelerazione con ADIGE/ALPI (10 MeV/u)**
- **γ e δ : applicazioni (radioisotopi: ISOLFARM, LARAMED; neutroni per applicazioni sui materiali)**

Fondi INFN (~ 55 ME+). Commissioning del ciclotrone nel 2017

In corso di completamento la preparazione dell'infrastruttura (prevista per il 2023)

Primi esperimenti con fasci radioattivi verso fine 2023, ri-accelerazione degli ioni nel 2024, attraverso il complesso delle macchine di LNL

Per il completamento del programma, necessario mantenere sia un parco macchine (... vetuste ...) che le competenze su uno spettro molto ampio («croce e delizia» dell'interdisciplinarieta')





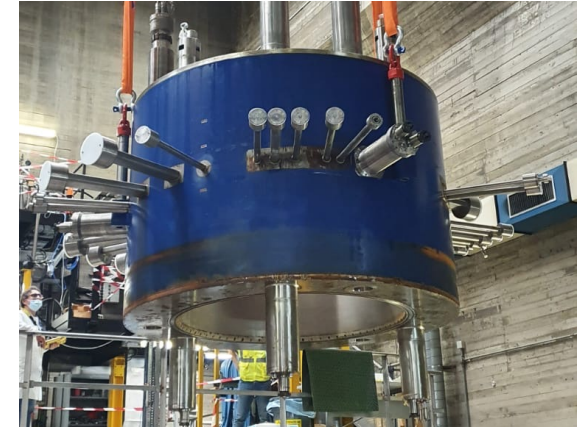
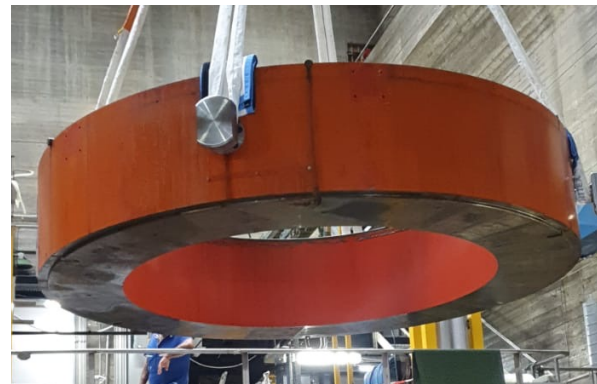
SUD – Upgrade del Ciclotrone Superconduttore

Un completo rifacimento della macchina e dell'infrastruttura che la ospita

Obiettivo: raggiungere i 10^{14} pps con ioni leggeri ($A < 40$)
 $14 \text{ MeV} < E/\text{amu} < 70 \text{ MeV}$ per lo studio di eventi rari a sezione d'urto bassa
+ NUMEN, studio degli elementi di matrice nucleare per misure di $\beta\beta$
+ FRAISE, facility per caratterizzare fasci esotici

Inizio progetto 12/2019 – conclusione 2023 - Uso di fondi PON + INFN (~ 25 ME+)

Use case per il Project Management





Le tecnologie INFN degli acceleratori nel PNRR (1)

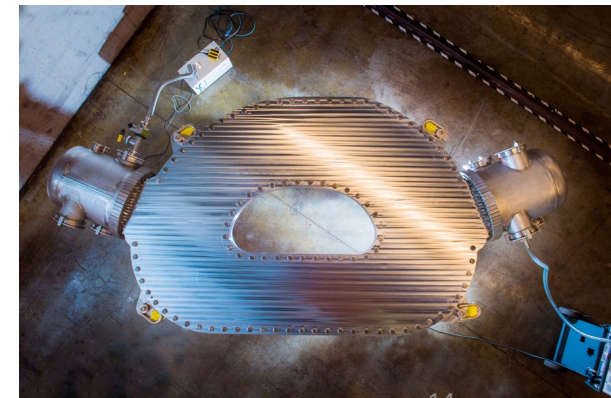
IRIS (Innovative Research Infrastructure on Applied Superconductivity)

Un progetto approvato nell'ambito del PNRR – Bando Infrastruttura di Ricerca (60 ME).
INFN (LASA, GE, SA, LNF), CNR Spin, UniMi, UniGE, UniNa, UniSa, UniSalento.

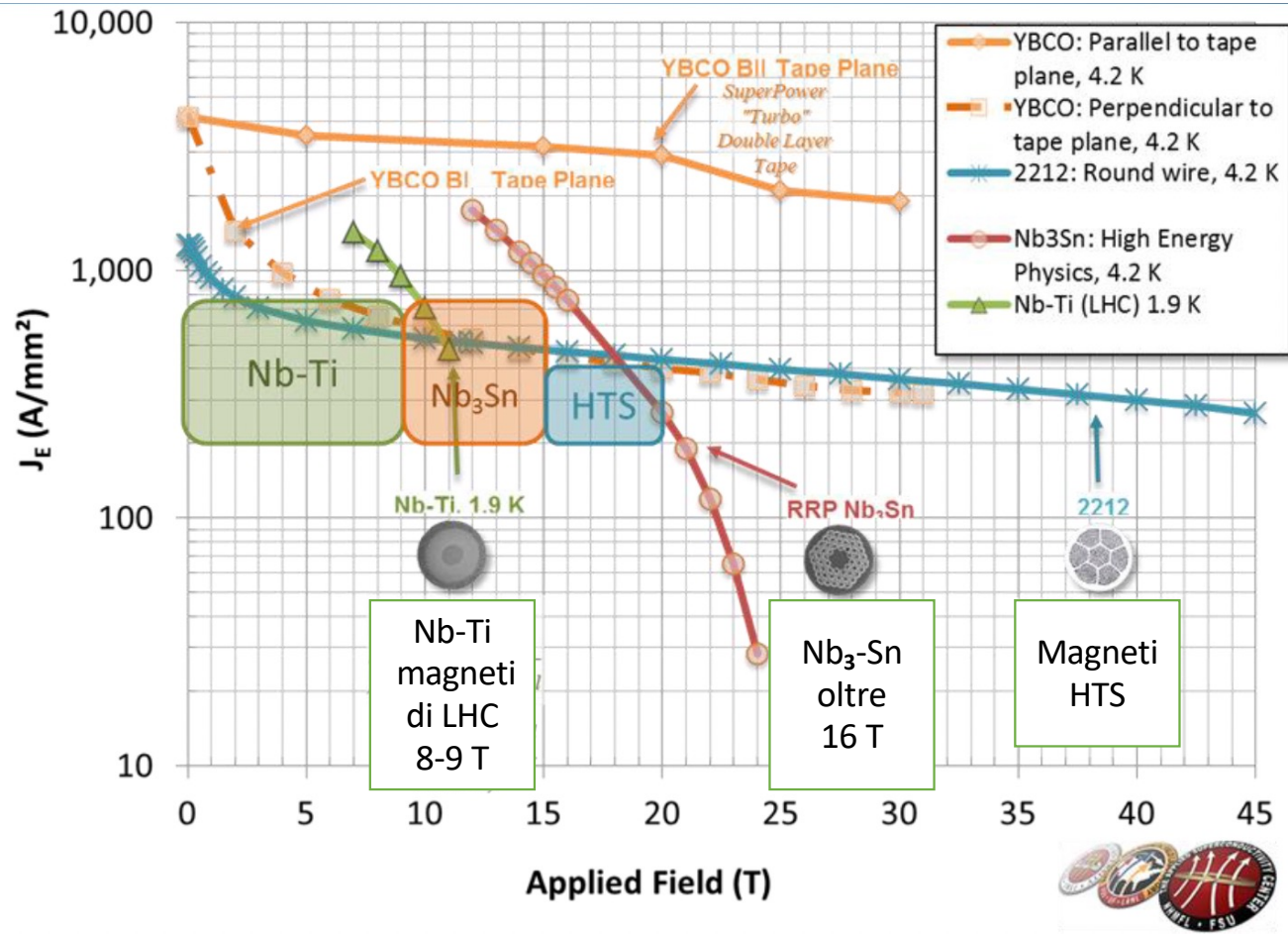
- Costruzione di una linea conduttrice HTS (~200 m in MgB_2) «HVDC line» 1 GW, zero dispersione
- **Realizzazione di magneti HTS alto campo (per HEP) >> connessione con la Strategy**
- Potenziamento infrastrutture LASA, Genova, Salerno
- Coinvolgimento industriale
- Reclutamento & Formazione

Sviluppo di un centro di eccellenza europeo presso G.C. Salerno per il test dei cavi di potenza HTS (1 GW)

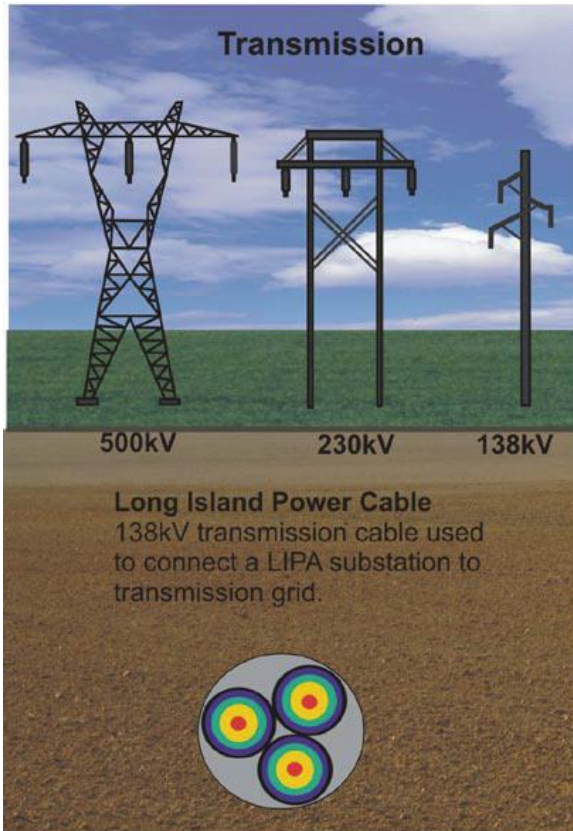
Prevista collaborazione con RSE (cavo HVDC), CERN e altri centri di ricerca per i magneti HTS



Perche' studiare i cavi HTS (High Temperature Superconductivity) ?



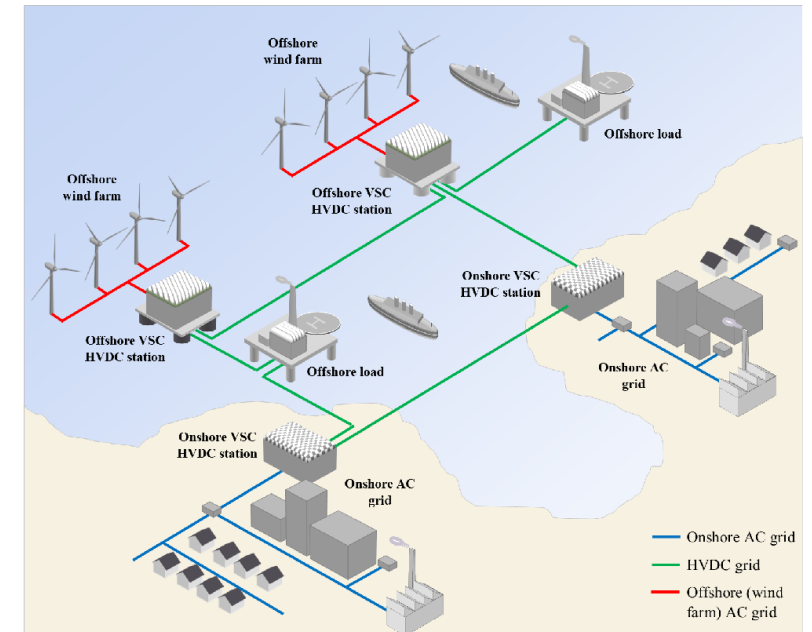
L'uso dei cavi HTS nella distribuzione dell'energia elettrica



RIDUZIONE DELLE PERDITE
SULLE GRANDI DISTANZE E
MINORE IMPATTO AMBIENTALE

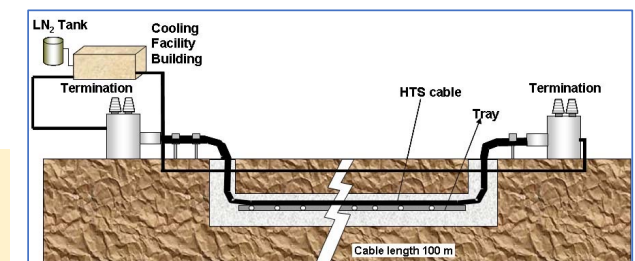


GRANDI RETI DORSALI
DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA
PREVISTE IN GERMANIA



CONNESSIONI TRA DIVERSI SISTEMI ELETTRICI E
FONTI ENERGETICHE E PROTEZIONE DELLE RETI

POSSIBILITA' DI INTEGRARE
TUBATURE FLUIDI FREDDI PER CAVI
CON RETE H₂ PER TRASPORTO





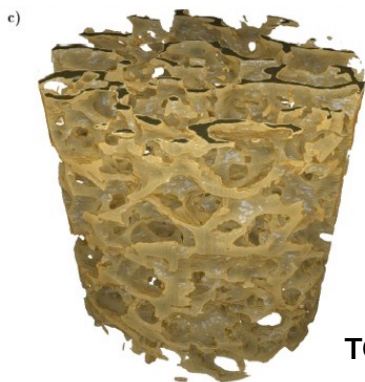
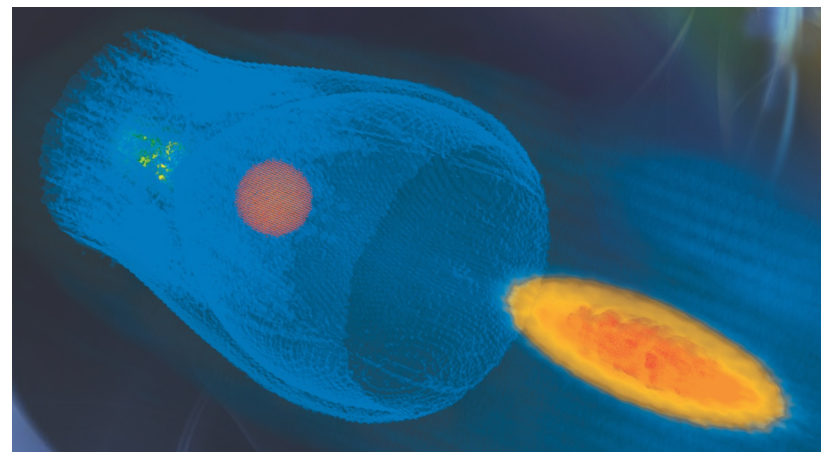
Le tecnologie INFN degli acceleratori nel PNRR (2)

EUAPS (EuPRAXIA Advanced Positron Source)

Un progetto approvato nell'ambito del PNRR
Bando Infrastruttura di Ricerca (**22 ME**)
INFN (LNF, LNS, MI), CNR-INO, CNR-ISM, UniRoma2

L'accelerazione al plasma utilizzando un laser ha come fenomeno secondario un'intensa emissione di raggi X (~ keV) da parte degli elettroni

Sperimentazione possibile già sia nell'ambito di Sparc_Lab che nella futura EuPRAXIA. Pieno allineamento con la programmazione scientifica di EuPRAXIA



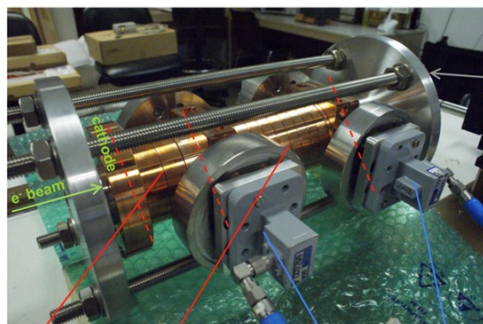
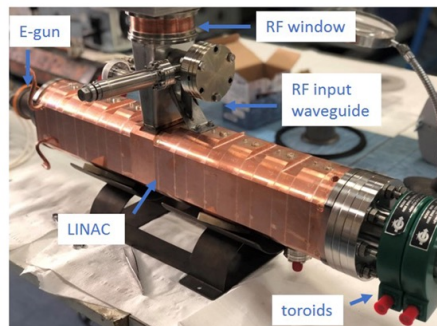
TOMOGRAFIA OSSEA 3D

Vantaggi di questa tecnologia

- Emissione quasi puntiforme di raggi X
- Immagini ad alto contrasto.
- Risoluzione al livello del micron
- Alto flusso con EuPRAXIA (x 1,000)

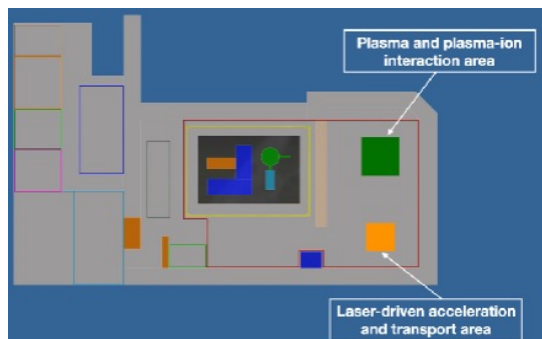
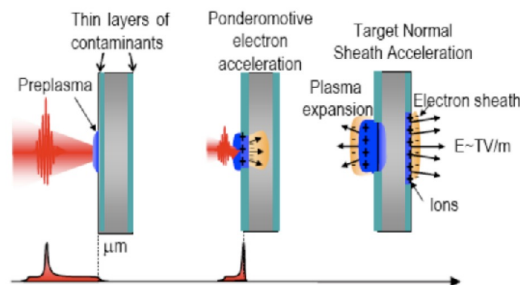
Sviluppo di Acceleratori per la Medicina sfruttando le Tecnologie per la Fisica delle Particelle

LINAC di piccole dimensioni per lo studio della FLASH Therapy (RM1)

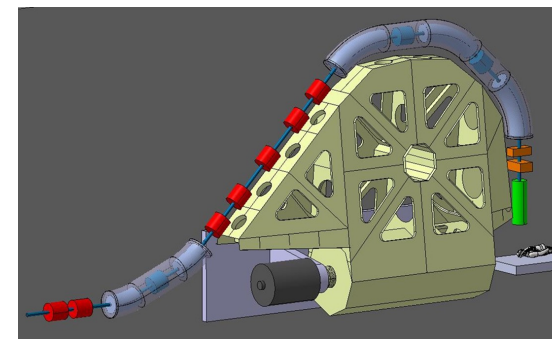
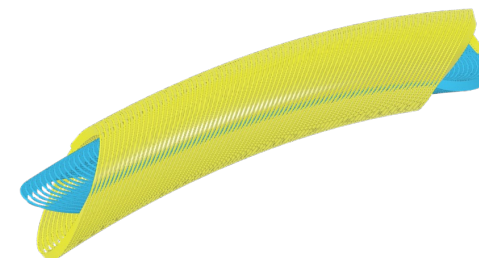


2,5 cells SW part TW part Input Power coupler Output Power Coupler

Fasci di protoni generati da Laser: Mi-LASA, Pisa, LNS I-LUCE facility @ LNS



Magneti SC per portali di radioterapia con ioni: Mi-LASA (CERN, Cnao, MedAustron)



Le Tecnologie degli Acceleratori per la conservazione dei Beni Culturali

LABEC (Laboratorio di Tecniche Nucleari Applicate ai Beni Culturali, Firenze) per misure di spettroscopia di massa con acceleratore Ams (datazioni col metodo del carbonio-14), sia per le analisi non distruttive con fasci ionici, che servono per scoprire in maniera non distruttiva di quali elementi chimici è composto un materiale.



**MACHINA: UN ACCELERATORE PORTATILE SVILUPPATO
CON IL CERN PER L'ANALISI DEI BENI CULTURALI
PRESSO L'OPIFICIO DELLE PIETRE DURE (FI)**



CHNet (Cultural Heritage Network) è la rete di competenza per i Beni Culturali dell'**INFN**. Pera sia come una rete di ricerca, sia come un'infrastruttura distribuita di servizio, in connessione sia con Università', altri Enti di Ricerca, Poli Museali e realtà industriali. Accesso coordinato a fondi Europei, Regionali, ecc...



Gli strumenti

Il **Comitato INFN Acceleratori** (chair L. Rossi, UniMi) ha la funzione di favorire la creazioni di **reti** all'interno dell'INFN su tematiche degli acceleratori e delle loro tecnologie (magneti, medicale, RF, ...) per facilitare l'accesso a programmi EU, la collaborazione su progetti internazionali, stabilire relazioni strutturate tra ricercatori/tecnologi del settore
Riunioni periodiche, seminari, etc...

Il **Machine Advisory Committee** (chair G. Bisoffi, LNL), un comitato di esperti nazionali e internazionali, monitora con regolarita' le iniziative dei LN, con particolare riferimento a quelle di maggiore rilevanza



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare | INFN
Acceleratori

HOME COMITATO □ STRUTTURE □ RETI □ ATTIVITÀ E RICERCA □ INFO & SEMINARS □



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorato in FISICA DEGLI ACCELERATORI

DIPARTIMENTO DI FISICA

Home / FISICA DEGLI ACCELERATORI / **Presentazione**

L'INFN investe nella formazione di giovani acceleratoristi (**Dottorato in Acceleratori** c/o Sapienza).
Corsi seguibili da remoto, ampio spettro di tematiche.
Esempio unico in Europa (coordinatore D. Del Re, Sapienza).
In programma un follow-up sistemico dei giovani post-dottorato (ad es. con postdoc presso LN)

Conclusioni

La progettazione e la costruzione di acceleratori fanno parte del DNA dell'INFN e ne rappresentano un aspetto «costitutivo», sia per l'impatto sulla fisica fondamentale che sulle ricadute applicative

Buona parte dell'immagine comunicativa e sociale dell'Ente passa attraverso la parola «acceleratori»: rappresenta un efficace *anello di congiunzione* tra ricerca di base e applicata

Management/comunita' scientifica hanno l'obbligo provvedere alle risorse/garantire la massima efficienza e coordinamento nel loro utilizzo

Processo tipicamente bottom/up con un necessario occhio alla strategia. Giusto mix tra attivita' nei LN e nelle strutture e nelle attivita' internazionali di alto livello (... *bisogna giocare in champions league* ...)

Attenzione massima ai giovani: i risultati di fisica di LHC ci indicano che adesso servono acceleratoristi ...

