

SABINA^{THz}

**l'infrastruttura per utenti con
radiazione THz prodotta da
fascio di elettroni**

Ilaria
BALOSSINO
ilaria.balossino@lnf.infn.it
in rappresentanza del
gruppo di lavoro



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Laboratori Nazionali di Frascati



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

SABINA

PRIMA PARTE

Il progetto e la linea di
accelerazione



THz

SECONDA PARTE

L'infrastruttura per utenti
con la radiazione THz

SABINA^{THz}

FUTURO

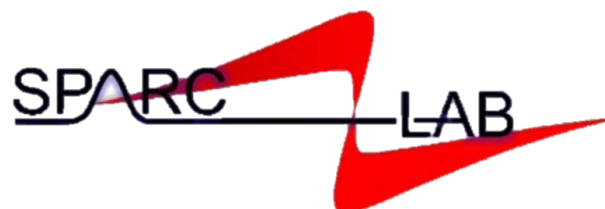
TERZA PARTE

L'esperienza di SPARC_LAB
sui progetti futuri

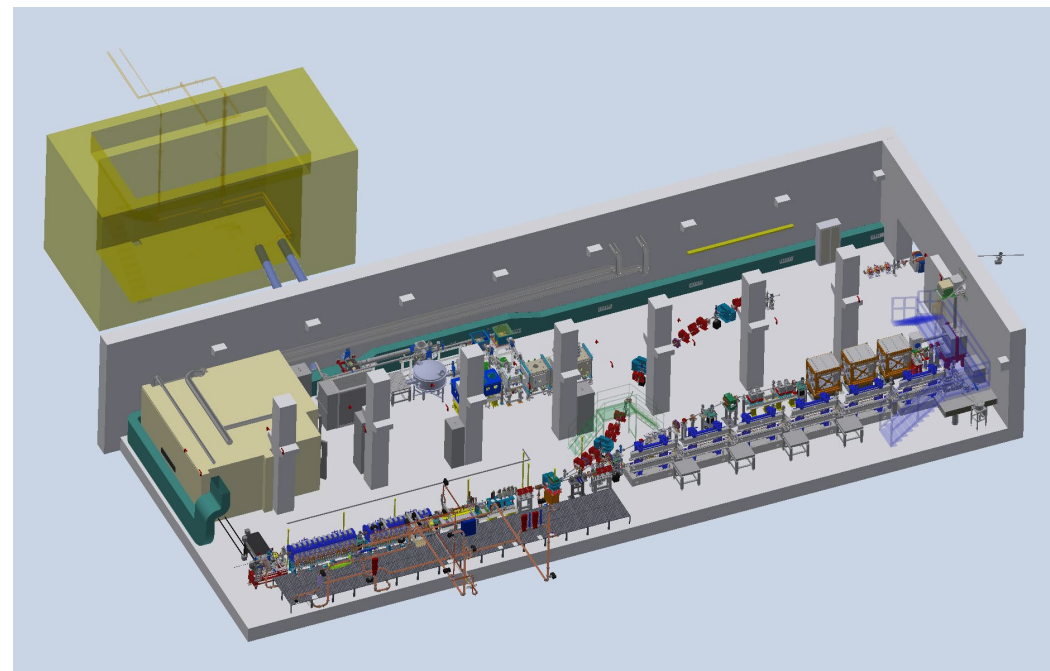




LABORATORIO MULTIDISCIPLINARE



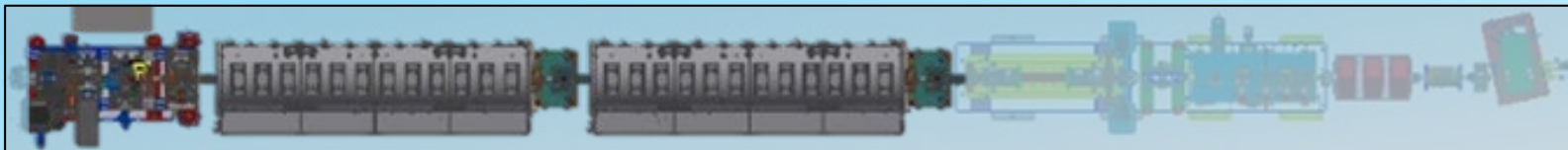
Realizzazione di sorgenti di radiazione innovative e sperimentazione di nuove tecniche di accelerazione di particelle mediante laser, sfruttando anche tecnologie non convenzionali e innovative, come l'accelerazione al plasma



un fotoiniettore di ultima generazione
energia fino a 170 MeV con alta corrente di picco ($>1\text{kA}$)
e bassa emittanza ($<2\text{ mm} - \text{mrad}$)

un laser di alta potenza
 $>200\text{ TW}$ in grado di generare
impulsi ultra corti ($<30\text{fs}$)

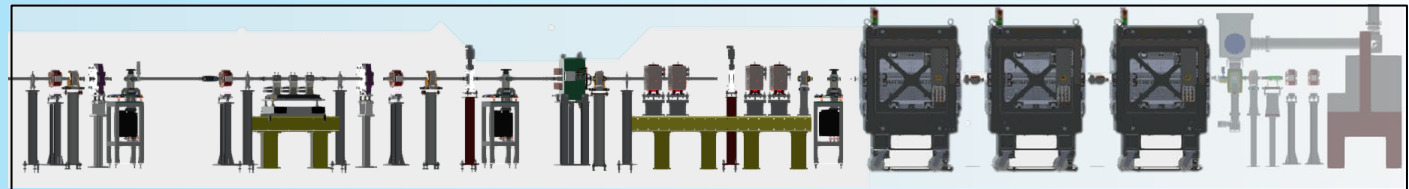
Source of **A**dvanced **B**eam Imaging for **N**ovel **A**pplications



Nuovo fotoiniettore e nuovi solenoidi

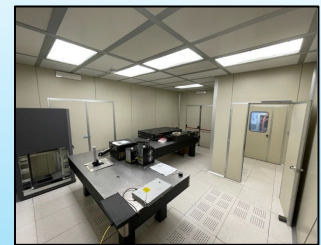
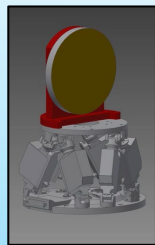
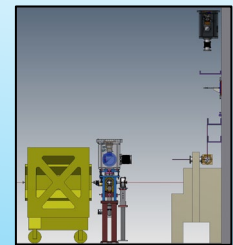
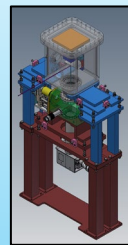
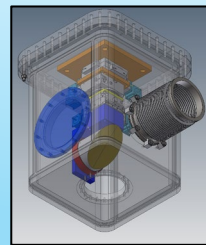
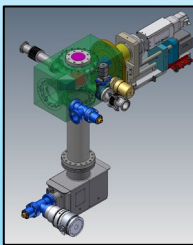
Fascio di elettroni di altissima qualità ad alta brillantezza

Gestione fine dei parametri di Twiss
Focalizzazione simmetrica,
polarizzazione variabile, generazione di armoniche ad alto guadagno



Ottimizzazione degli elementi magnetici in linea

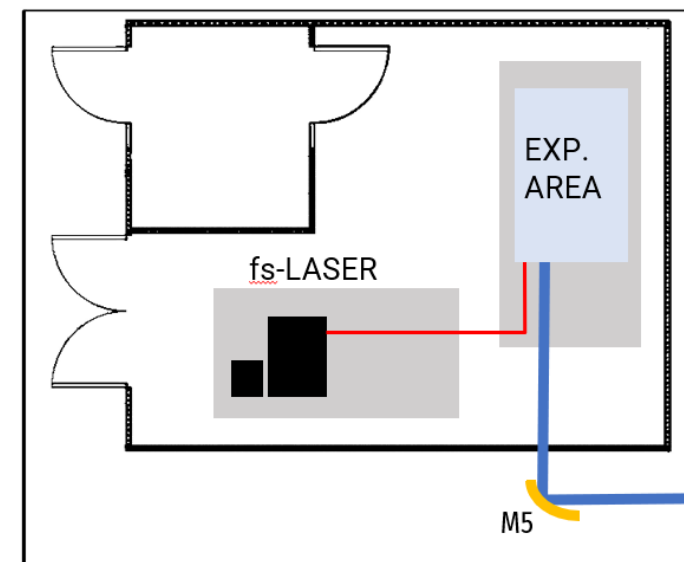
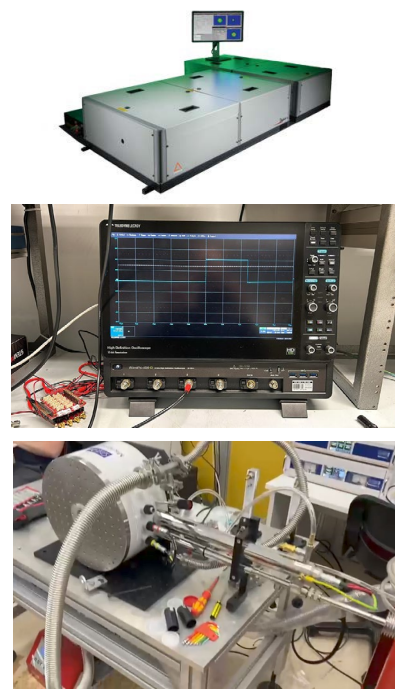
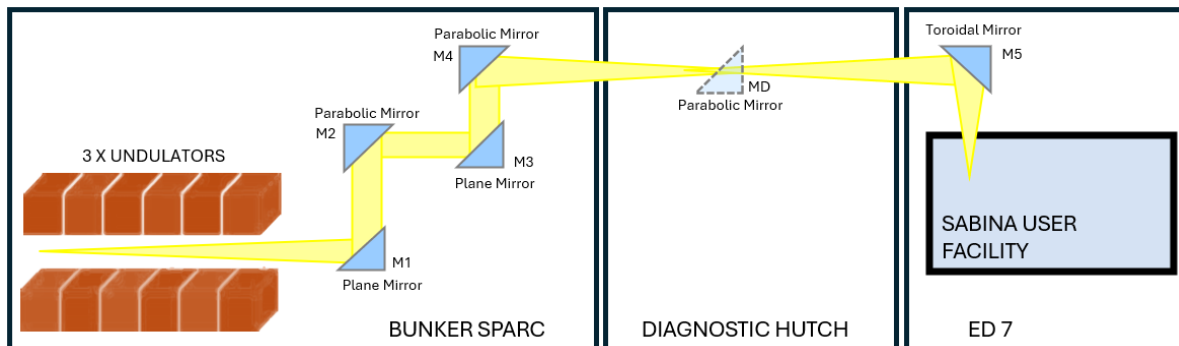
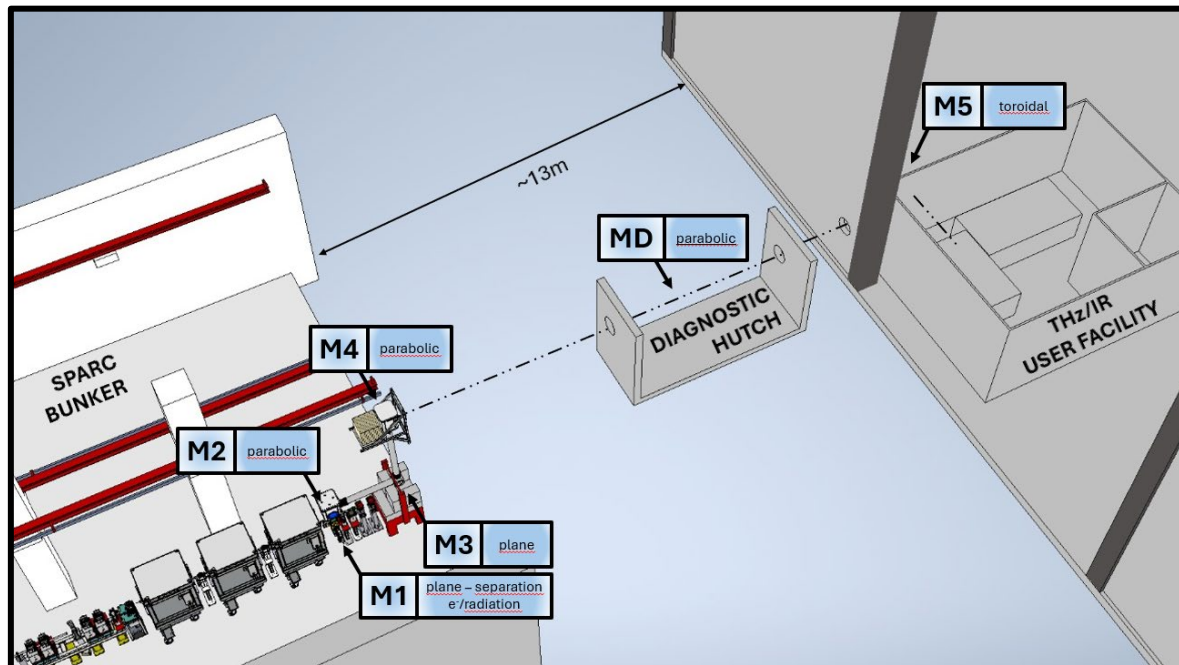
Ondulatori APPLE-X



Trasporto radiazione THz, laser a femtosecondi, generatori di frequenza e amplificatori ottici per utenti adattabile alle necessità del personale in linea

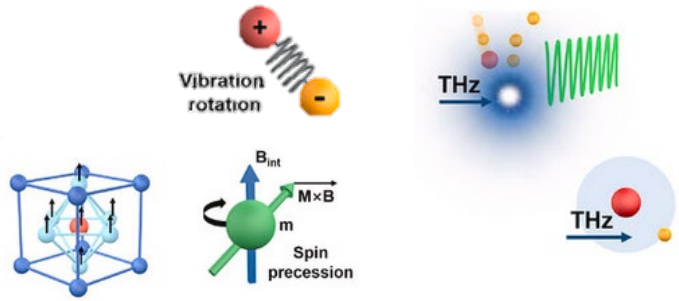
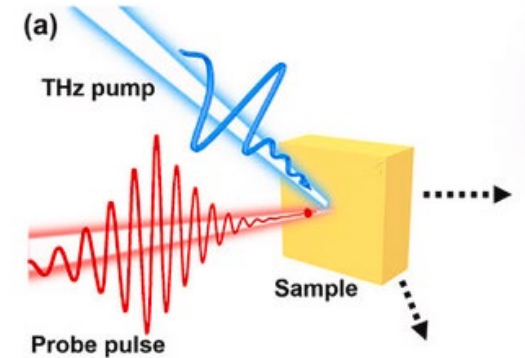
FEL THz & INFRAROSSO per SPETTROSCOPIA OTTICA

- Intervallo Spettrale disponibile esteso (3–30 THz)
- Alta Intensità (fino a centinaia di $\mu\text{J}/\text{impulso}$)
- Impulsi brevi o(ps)
- Polarizzazione della radiazione variabile
- Energia del fascio di elettroni 30–100 MeV
- Impulsi regolabili in energia



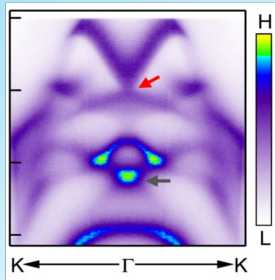
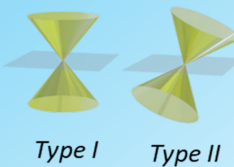
APPLICAZIONI & UTENTI

- MEDICINA miglioramento tecniche di imaging
- SICUREZZA applicazioni che necessitano capacità di penetrazione nei materiali
- SCIENZE DEI MATERIALI caratterizzazione di materiali quantici
- BIOLOGIA sistemi non distruttivi di rivelazioni ottiche
- SCIENZE AMBIENTALI rilevamento e caratterizzazione di particelle inquinanti

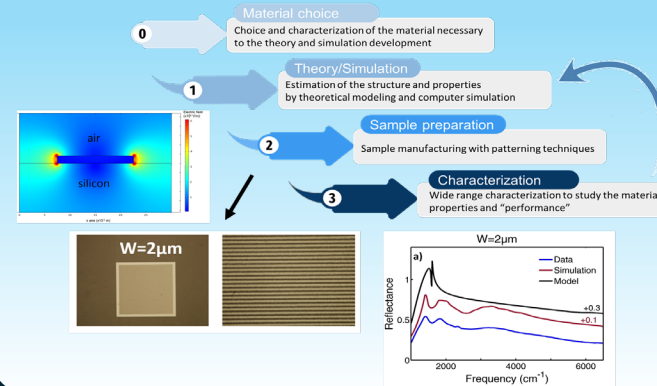


Investigazioni di materiali quantistici topologici

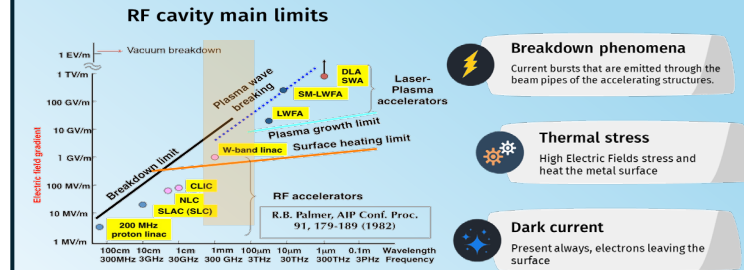
Dirac Topological Material



Investigazioni di materiali iperbolici e plasmonici



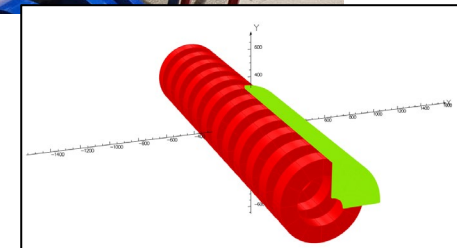
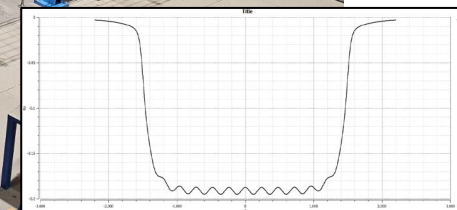
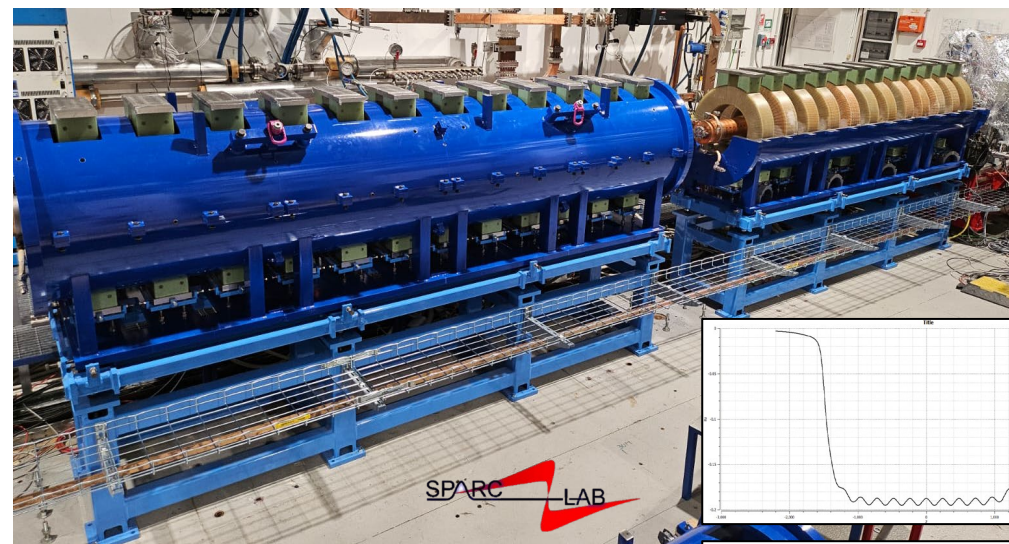
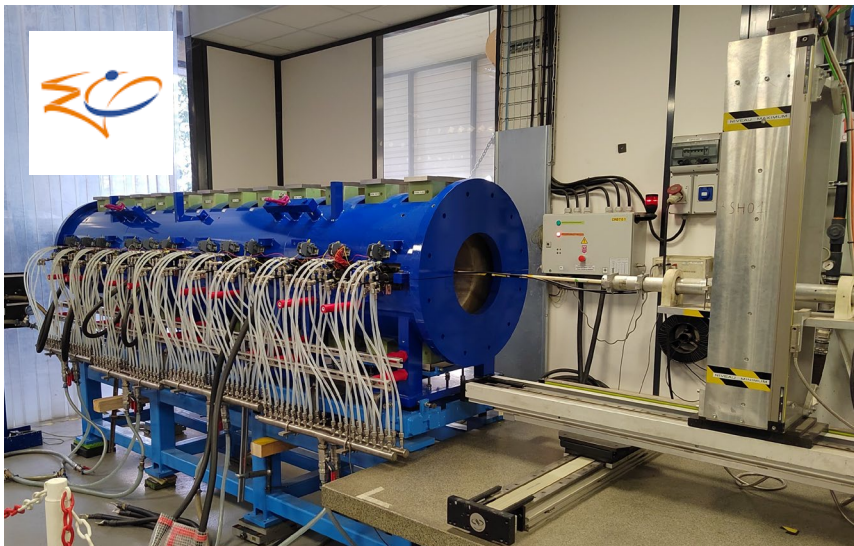
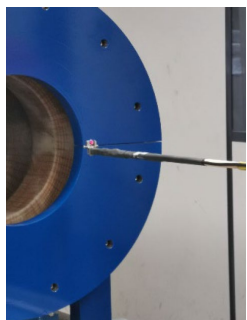
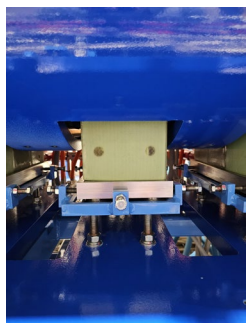
Investigazioni della risposta dei materiali ad campi ad alta intensità



- Breakdown phenomena**
Current bursts that are emitted through the beam pipes of the accelerating structures.
- Thermal stress**
High Electric Fields stress and heat the metal surface
- Dark current**
Present always, electrons leaving the surface

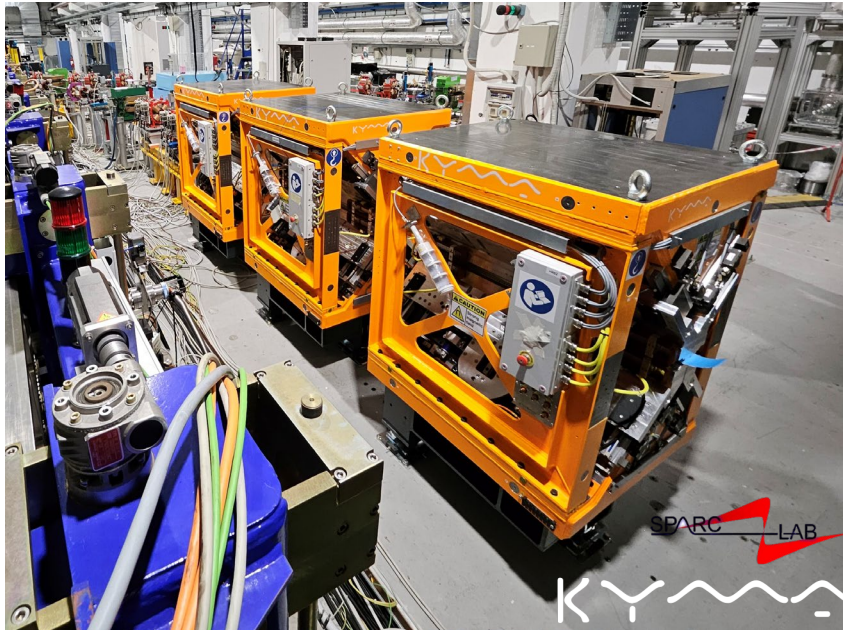
Porzione dello spettro elettromagnetico fondamentale per studi multidisciplinari che possono quindi esplorare campi come superconduttività, fenomeni ottici non lineari o metamateriali

Progettazione ed implementazione di un nuovo sistema di solenoidi intorno alle strutture acceleranti per un controllo fine di qualità del fascio durante le fasi di accelerazione

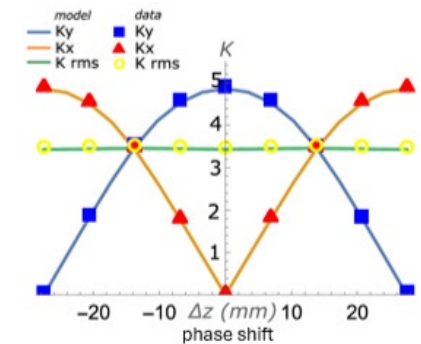
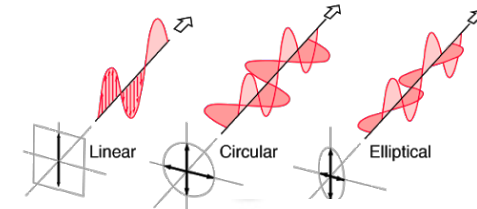


- Sistema allineamento giogo e singole bobine indipendenti
- Sistema allineamento sezione accelerante indipendente dal giogo e dalle bobine
- Giogo diviso in due gusci, con guscio superiore apribile in 3 settori separati
- Alimentazione in triplotti in operazione, oppure singola bobina per manutenzione
- Misure magnetiche effettuate su singola bobina, ma anche a solenoide completamente assemblato

Progettazione costruzione caratterizzazione di nuovi e innovativi ondulatori APPLE-X per la produzione della radiazione THz mediante deflessioni multiple del fascio di elettroni

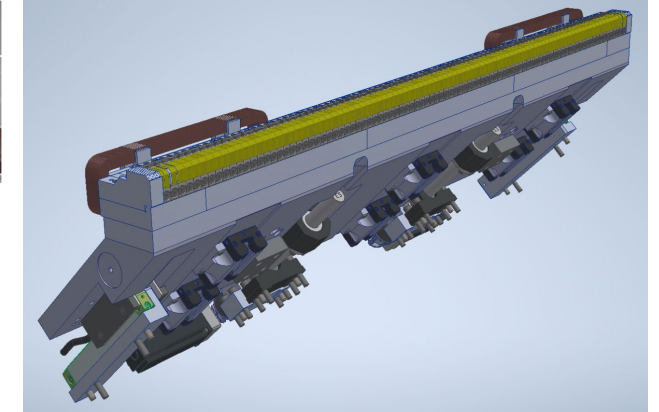
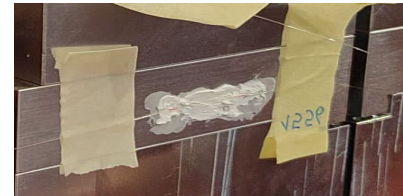
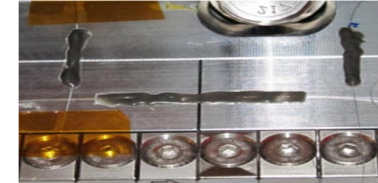
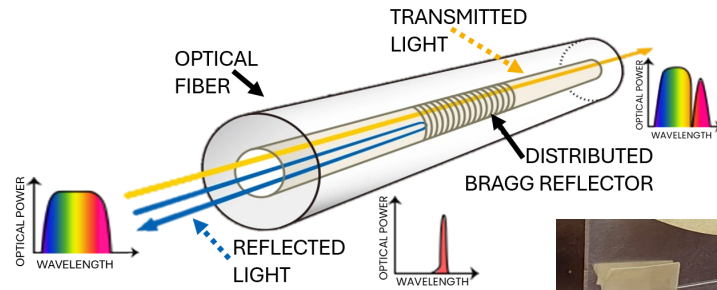
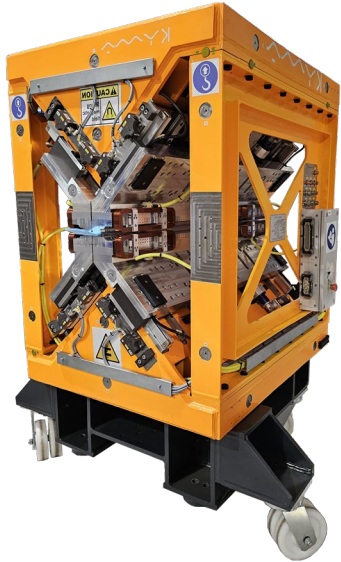


Gap amplitude range	5 ÷ 150 mm
Phase (shift) range	$-\lambda/2 \div \lambda/2$
K_{max} at horizontal polarization	4.803
K_{max} at circular polarization	3.396
Peak field at horizontal polarization	0.935 T
Peak field at circular polarization	0.66 T
Period length	55.0 mm
Number of periods	24
Vacuum chamber diameter	10.0 mm

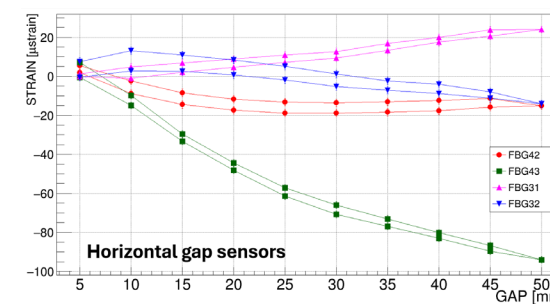
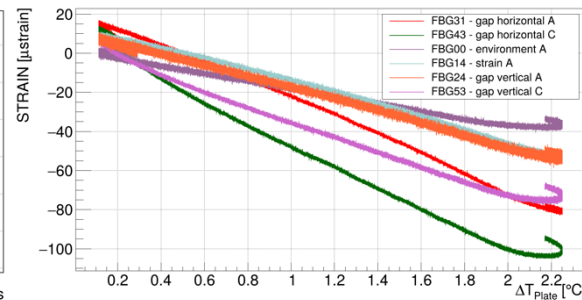
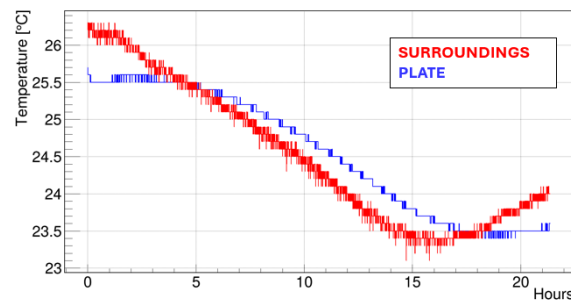


- Moduli separati ma identici per sopperire alle necessità di trasporto ed installazione
- Meccanica di supporto più leggera
- Movimentazione radiale degli assi magnetici per regolazioni desiderate del campo magnetico
- Movimentazione longitudinale degli assi magnetici per permettere di scegliere tra polarizzazione lineare, circolare ed ellittica
- Caratterizzazione magnetica compatibile con simulazioni [FEL2024->TUP207.pdf]

Progettazione costruzione caratterizzazione di nuovi e innovativi ondulatori APPLE-X per la produzione della radiazione THz mediante deflessioni multiple del fascio di elettroni



- Caratterizzazione meccanica effettuata tramite FEM da KYMA [FEL2022->WEP47.pdf]
- Ulteriore controllo parti meccaniche di supporto dei magneti permanenti effettuata con sensori di Bragg
 - ✓ Caratterizzazione della risposta a variazioni di temperatura ambientali
 - ✓ Caratterizzazione della risposta alle movimentazioni meccaniche



Deformazione massima misurata compatibile con i valori misurati tramite FEM

Sensori di separazione < 2µm/cm
Sensori uniformi << 1µm/cm

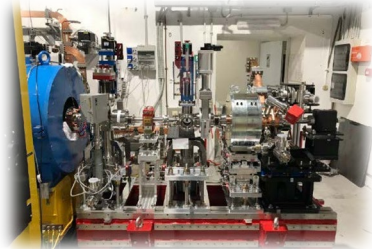
VALIDAZIONE COMPLETA DELLA STRUTTURA MECCANICA

LASER FOTOCATODO



produzione elettroni ad alta qualità e omogeneità

FOTOINIETTORE



iniettore fascio elettroni stabile ed ad alta qualità

SOLENOIDI



trasporto del fascio di elettroni durante l'accelerazione

ONDULATORI



creazione radiazione FEL a diverse polarizzazioni

APPARECCHIATURE UTENTI



tavoli ottici per la strumentazione THz

OSCILLATORE LASER



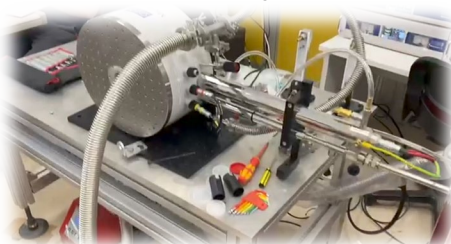
creazione impulsi ad alta potenza

controllo delle valvole per il vuoto della beam line



ARIA COMPRESSA

ampliamento opportunità di misure per gli utenti



CRIOSTATO

termalizzazione impianti



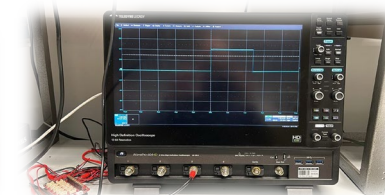
DRY COOLER

genera segnali a radiofrequenza per stazioni di potenza per campi acceleranti



LOW LEVEL RF

lettore segnali elettrici ad alta precisione per gli utenti



OSCILLOSCOPIO

affidabilità sistema di impulsi di radiofrequenza



MODULATORE

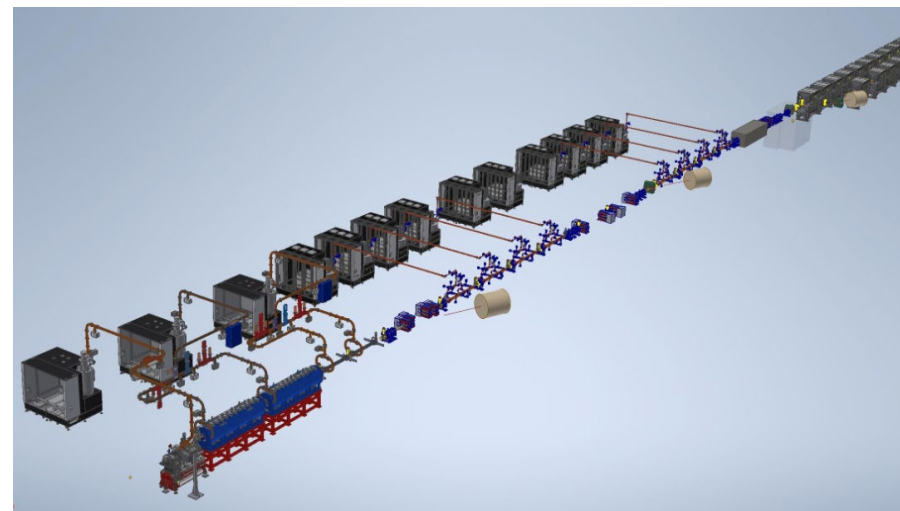
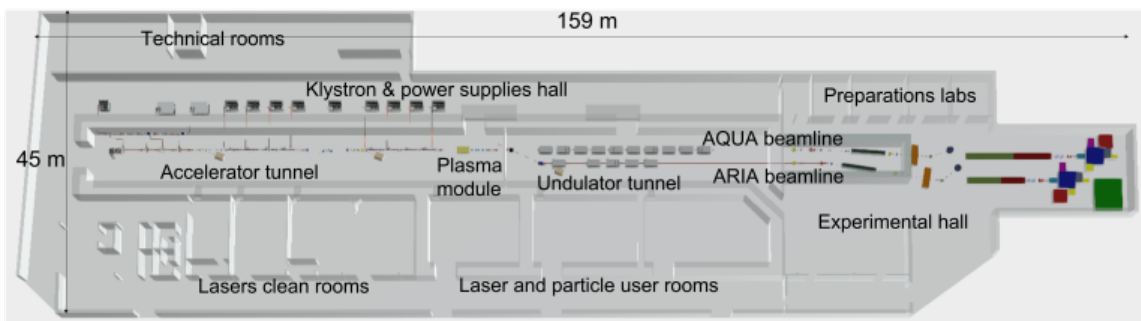
MAGGIOR PERIODO E MIGLIORE QUALITA' DI FUNZIONAMENTO

MIGLIOR CONTROLLO PER DIAGNOSTICA E TRASPORTO

COMPONENTISTICA DEDICATA ALL'AVANGUARDIA

Fascio di elettroni di alta qualità
 RF X-band LINAC più alto al mondo
 Nuovi concetti di accelerazioni al plasma e tecnologia laser
 Due linee utenti: soft X-ray SASE FEL e VUV seeded HGHG FEL

Strumento innovativo ed evolutivo per indagini multidisciplinari in un ampio campo di applicazioni scientifiche, tecnologiche e industriali



Produzione di elettroni, fotoni (da THz a raggi γ), neutroni, protoni e positroni, che saranno disponibili per un'ampia comunità scientifica nazionale e internazionale interessata a trarre vantaggio da fonti avanzate di particelle e radiazioni

AQUA

PWFA	X-BAND
3-10 [nm]	4-10 [nm]
415-120 [eV]	310-120 [eV]
$0.25-1 \times 10^{12}$	$0.25-1 \times 10^{12}$
0.3%	0.3%
SASE	

PARAMETER
Radiation Wavelength
Photon per Pulse
Photon Bandwidth
Configuration

PWFA	X-BAND
50-180 [nm]	50-180 [nm]
25-8 [eV]	25-8 [eV]
$10-60 \times 10^{12}$	$12-150 \times 10^{12}$
0.05%	3%
HGHG seeding	

ARIA



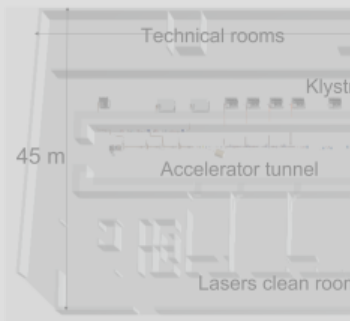
Strumento innovativo ed evolutivo per indagini multidisciplinari in un ampio campo di applicazioni scientifiche, tecnologiche e industriali

Fascio di elettroni di alta qualità

RF X-band LINAC più

Nuovi concetti di acc

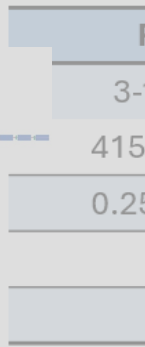
Due linee utenti: soft



Produzione di

comunità scientifi

AQUA



COMUNICATI STAMPA 2025

EUPRAXIA: AI LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI DELL'INFN TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL SISTEMA LAZIO

17 Settembre 2025

Si è svolto questa mattina, presso la Biblioteca Altiero Spinelli della Regione Lazio, l'evento "Acceleratori al plasma: la prossima frontiera della tecnologia", promosso dalla Regione Lazio in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), per EuPRAXIA, l'innovativo progetto di eccellenza scientifica e tecnologica a livello europeo che nascerà nel Lazio.

Ad aprire l'evento sono stati gli interventi di Roberta Angelilli, vicepresidente e assessore a Sviluppo economico, Commercio, Artigianato, Industria, Internazionalizzazione della Regione Lazio e Antonio Zoccoli, presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN).

"Il progetto EuPRAXIA è una straordinaria opportunità per il Lazio: innanzitutto per il suo forte valore scientifico e tecnologico, perché rappresenta anche un'infrastruttura di ricerca aperta alle imprese, e per le ricadute concrete sul tessuto produttivo e occupazionale del territorio. La Regione è orgogliosa di sostenere un'iniziativa che unisce ricerca, innovazione e sviluppo industriale, rafforzando il nostro ruolo nel panorama europeo della scienza applicata", ha dichiarato **Roberta Angelilli**.

"Lo sviluppo di acceleratori al plasma ultracompati introdurrà un vero e proprio salto tecnologico con vantaggi che andranno ben al di là della ricerca fondamentale: in questo senso EuPRAXIA rappresenta una grande sfida e una grande opportunità. Da un lato richiederà, infatti, un imponente sforzo congiunto di tutti i laboratori europei che si sono uniti nel Consorzio EuPRAXIA, tra cui i Laboratori Nazionali di Frascati dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare che è capofila del progetto. Dall'altro permetterà di derivare una vasta serie di applicazioni innovative in molte discipline e a vantaggio anche dell'industria. Inoltre, è importante ricordare che EuPRAXIA è una grande infrastruttura di ricerca europea e in quanto tale sarà attrattore e produttore di risorse, in particolare in termini di competenze scientifiche e tecnologiche, spingendo la competitività del suo territorio e del Paese", ha sottolineato **Antonio Zoccoli**, presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

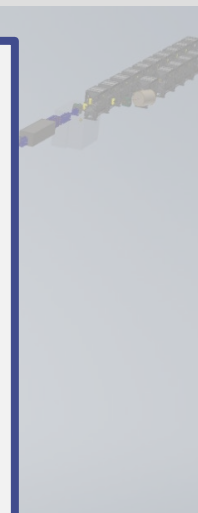
Si tratta di un progetto strategico per il Lazio, grazie a un investimento complessivo di circa 120 milioni di euro entro il 2030, di cui 10 milioni provenienti dai fondi PR FESR 2021-2027 della Regione Lazio. EuPRAXIA è destinato a generare ricadute economiche e occupazionali rilevanti sul territorio. Le stime parlano di un impatto complessivo sul Pil pari a circa due volte la spesa, con benefici per 21 settori industriali e una forte spinta all'innovazione e alla crescita dell'indotto locale.

I Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN saranno il cuore pulsante del progetto, con lo sviluppo di tecnologie all'avanguardia in ambiti ad alto impatto per l'industria e le persone, come in medicina, per nuove tecniche di microscopia ottica e micro-radiografie per diagnosi più precise; nei beni culturali, con l'utilizzo dei raggi X per la conservazione e analisi delle opere d'arte; nell'aerospazio, per lo studio avanzato dei materiali per applicazioni strutturali; nella formazione e nel trasferimento tecnologico, con la creazione



Evento Acceleratori al plasma: la prossima frontiera della tecnologia, nella sede della Regione Lazio

infn.it



l'ampia
radiazioni

RIA

SABINA^{THz}

grazie per l'attenzione

Ilaria
BALOSSINO
ilaria.balossino@lnf.infn.it
in rappresentanza del
gruppo di lavoro



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Laboratori Nazionali di Frascati



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



**Ministero
dell'Università
e della Ricerca**



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA