

Rivelatori di Radiazione e Fisica Medica

Leonello Servoli ,

Keida Kanxheri ,



+ altri

leonello.servoli@unipg.it, keida.kanxheri@unipg.it



Leonello Servoli - leonello.servoli@unipg.it



Rivelatori di Radiazione e Fisica Medica

Scopo: fornire risposte a problemi reali di misura delle radiazioni ionizzanti (rivelatori esistenti non adeguati).

Caratteristiche comuni a tutte le proposte:

- 1) **esiste un problema definito da altri ;**
- 2) gruppo di lavoro variabile ma solitamente interdisciplinare (fisici, ingegneri, medici, fisici medici,);
- 3) i rivelatori e le tecniche di lavoro possono essere diverse da caso a caso, ma **sempre necessaria una fase di analisi dati.**



GRUPPO DI RICERCA

INTERDISCIPLINARITÀ

INFN	DIP. FISICA e GEOLOGIA	DIP. INGEGNERIA ELETTRONICA	IOM - CNR
<i>Servoli L., Menichelli M., Ambrosi G., Barbanera M., Alpat B., Ionica M., Caprai M.</i>	<i>Fiandrini E., Kanxheri K.</i>	<i>Passeri D., Placidi P.</i>	<i>Pedio M., Moscatelli F.</i>

FISICI MEDICI	MEDICI
<i>Paolucci M., Italiani M., Iacco M., Zucchetti C., Fabiani S., Pentiricci A., Dipilato A.C., Talamonti C.</i>	<i>Aristei C., Dipilato A.C., Maselli A., Scarpignato M.</i>

COLLABORAZIONI	
Università italiane	<i>Univ. Firenze, Univ. Lecce, Univ. Sapienza</i>
Università estere	<i>Univ. Manchester (UK), Univ. Wollongong (AU)</i>
Istituti di ricerca	<i>EPFL Neuchatel (CH), GSI Darmstadt (D), CNR, INFN, ASI</i>
Istituti clinici	<i>CNAO Pavia, Centro Adroterapia Trento</i>
Ospedali	<i>Perugia, Foligno, Città di Castello, Terni, Firenze, Viterbo...</i>

Contatti con aziende produttrici di acceleratori medici e dispositivi di protezione individuale.

Leonello Servoli - leonello.servoli@unipg.it

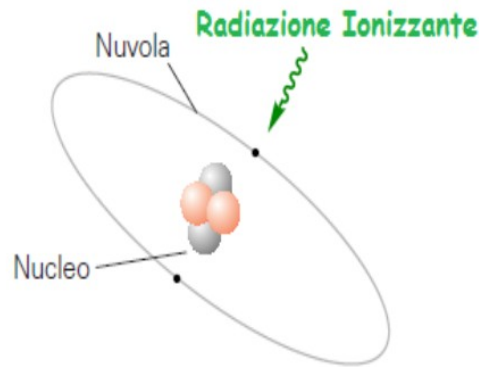
Cosa si impara in generale:

- Cosa sono le radiazioni ionizzanti;
- Come interagiscono con la materia;
- Come possono essere rivelate;
- Come si imposta una analisi dati;
- Come si valutano segnale e rumore;

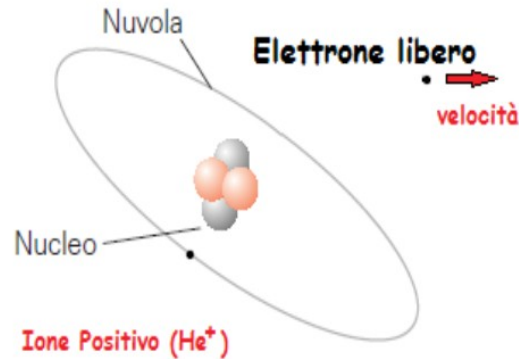


Cosa è la radiazione ionizzante?

Radiazione ionizzante: elettroni, protoni, ioni, fotoni, neutroni.....
→ portano energia e quantità di moto



Interazione di Coulomb per
particelle cariche

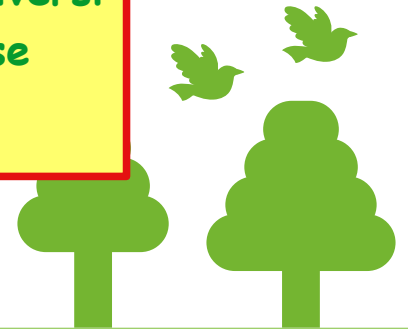


Interazione nucleare per
protoni, ioni, neutroni

Interazione elettromagnetica per i
fotoni:

Eff. Fotoelettrico,
Scattering Compton,
Creazione di coppie

Servono rivelatori diversi
per radiazioni diverse
(e per scopi diversi)





Esperimento HASPIDE:

Hydrogenated Amorphous Silicon Pixel DETectors



Uso di strati sottili di Silicio Amorfo idrogenato su substrati isolanti, usati per rivelare radiazioni ionizzanti.

L.Servoli, M. Menichelli, A. Morozzi, M. Ionica, K. Kanxheri, F. Cittadini (UniPd),
F. Peverini, D. Passeri^{PG}, P. Placidi, T. Croci (UniPG), M. Pedio, F. Moscatelli (CNR--IOM)

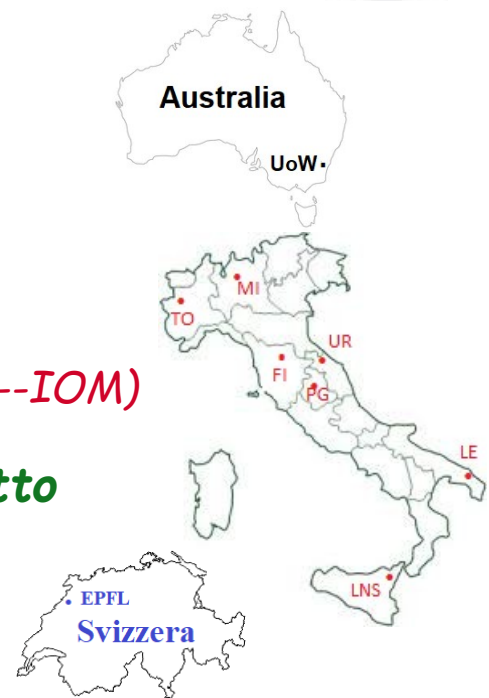
~ 40 ricercatori di 14 istituzioni: **INFN e UNIPG** capofila del progetto

7 Sezioni INFN (**PG**, LE, FI, MI, TO, LNS, RM1)

Uni. Perugia, Uni. Firenze, Uni. del Salento, Uni. Sapienza (Roma),

Uni. Urbino, Uni. Wollongong (Australia),

Ecole Polytechnique Federale de Lausanne - Neuchatel (Svizzera)



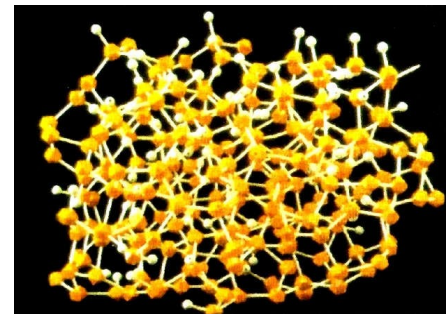


Esperimento HASPIDE



Uso di strati sottili di Silicio Amorfo idrogenato depositati su substrati isolanti come rivelatori radiazioni ionizzanti.

- *Semiconduttore disordinato*
- *alto assorbimento di fotoni ottici*
- *bassa mobilità portatori di carica*
- *resistenza alla radiazione elevatissima*
- *banda proibita: 1.75 eV → bassa corrente di buio*



- *tecnologia di deposizione molto sviluppata (pannelli fotovoltaici, flat panel per radiografie)*
- *spessori anche molto sottili (1 - 20 μm) depositabili su vari substrati anche flessibili*

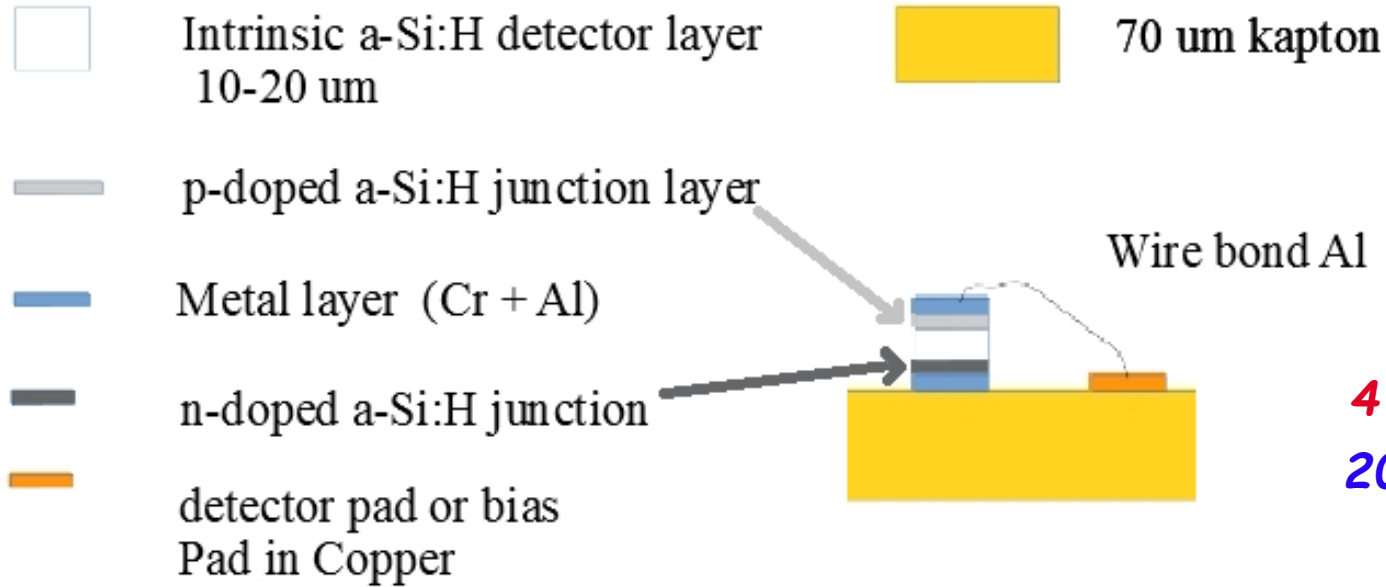




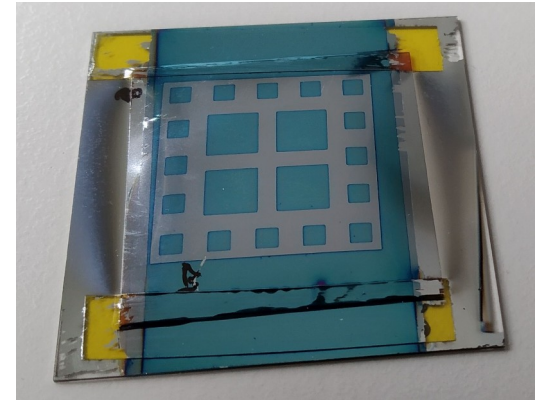
Esperimento HASPIDE



*Caratteristiche fondamentali: sensore sottile < 10 μm ;
attenzione alle connessioni e al rapporto segnale/rumore.*



2° generazione



4 diodes: 5x5 mm² x 2.5 μm
20 diodes: 2x2 mm² x 2.5 μm



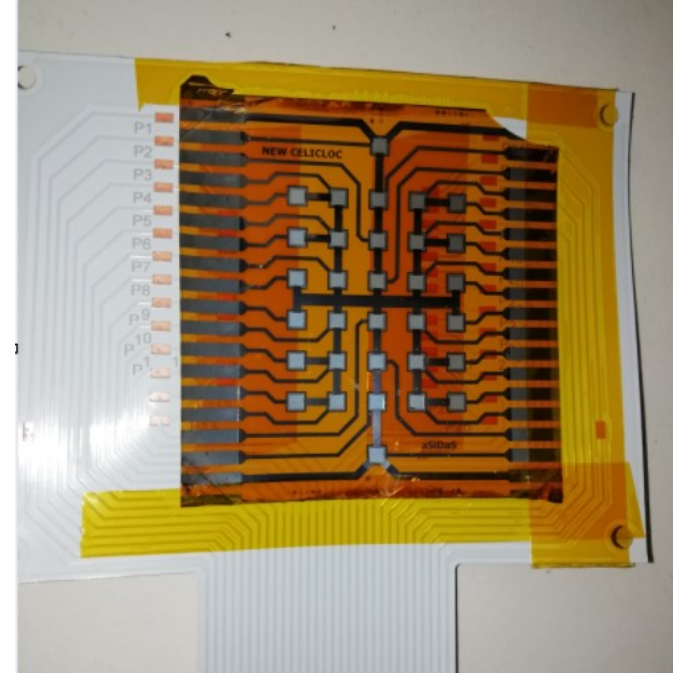


Esperimento HASPIDE

3° generazione: 6x5 pixel 2x2 mm

*Matrici bidimensionali di sensori depositate su kapton.
Incollate su circuito stampato su sottile supporto di kapton e connesse alle piste per il readout da parte di elettronica dedicata.*

Spessore complessivo < 0.1 mm





Esperimento HASPIDE



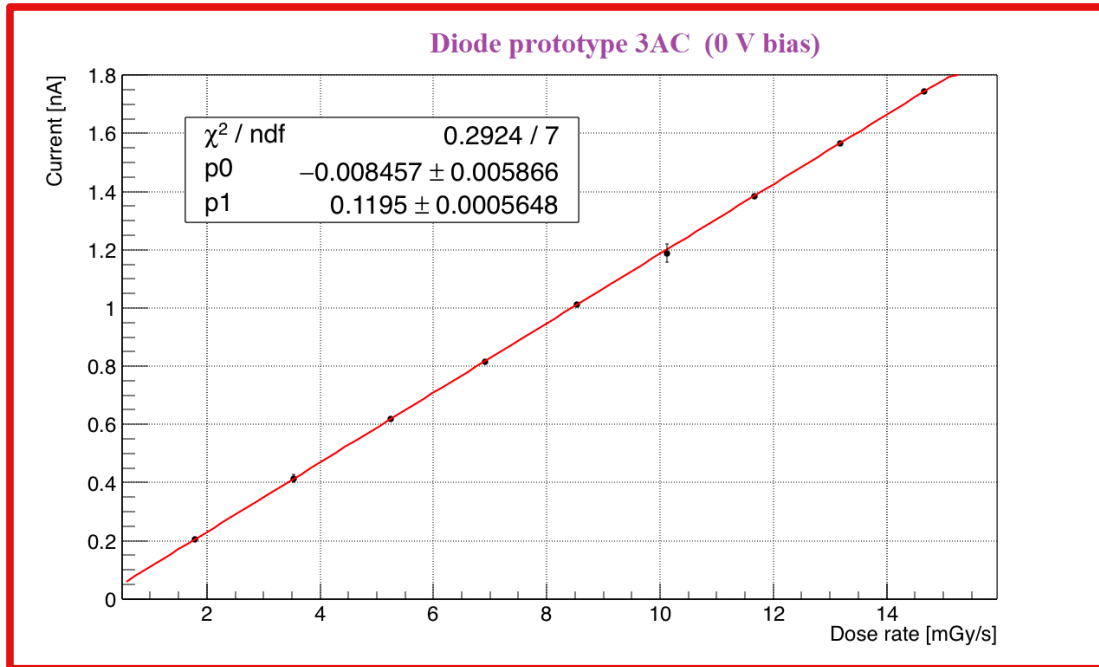
Problemi da affrontare con sensori a-Si:H

- *beam monitoring di LINAC clinici e anche altri tipi di acceleratori*
- *rivelazione di emissioni di radiazione solare nello spazio (Solar Energetic Particles events)*
- *rivelazione di neutroni* attraverso il deposito di un film di ^{10}B sopra uno strato a-Si:H per rivelare la particella α prodotta dalla interazione del neutrone col ^{10}B .

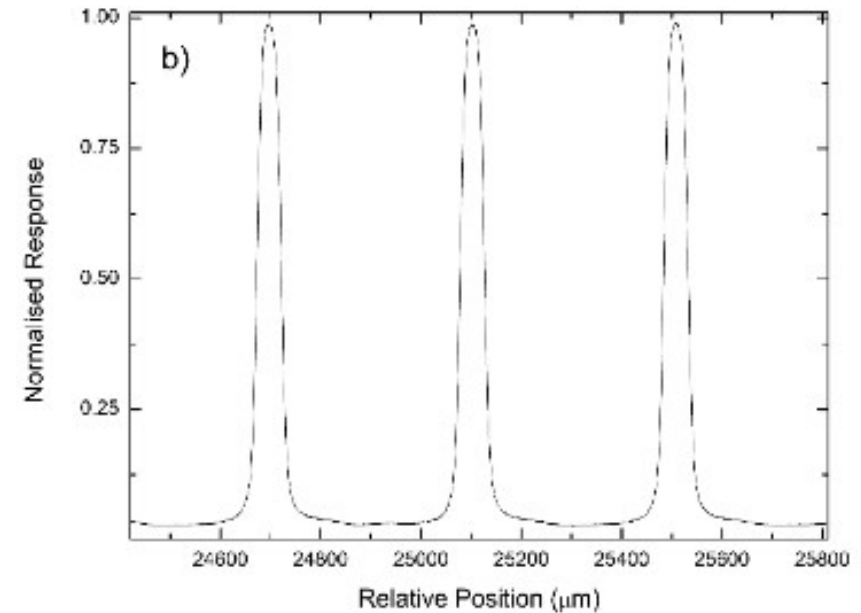




HASPIDE: esempi di risultati ottenuti:



Linearità della risposta (~ 1% precisione relativa)

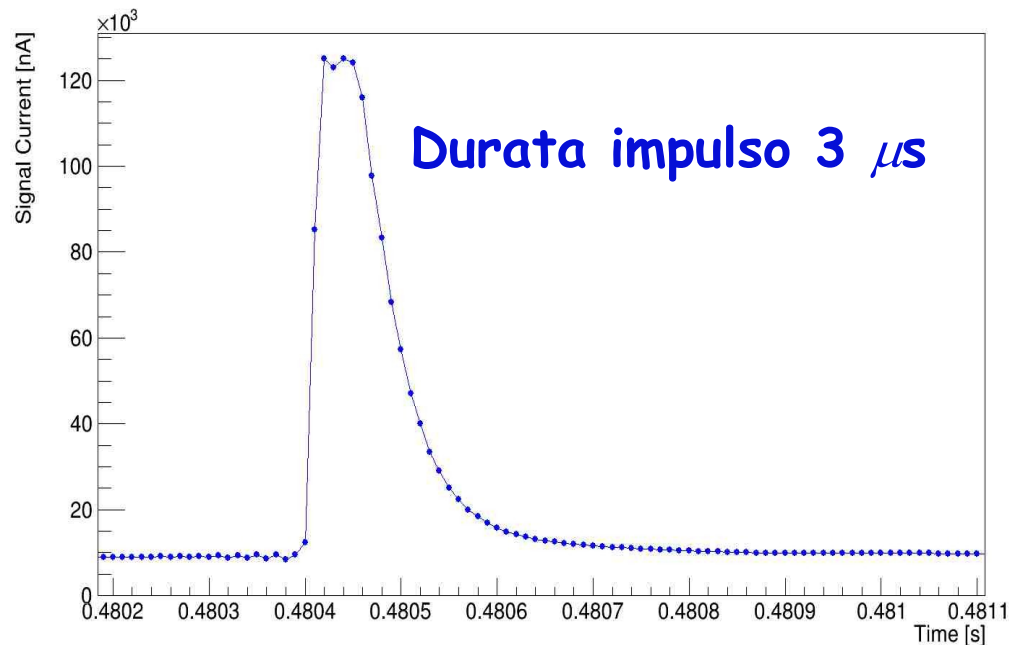
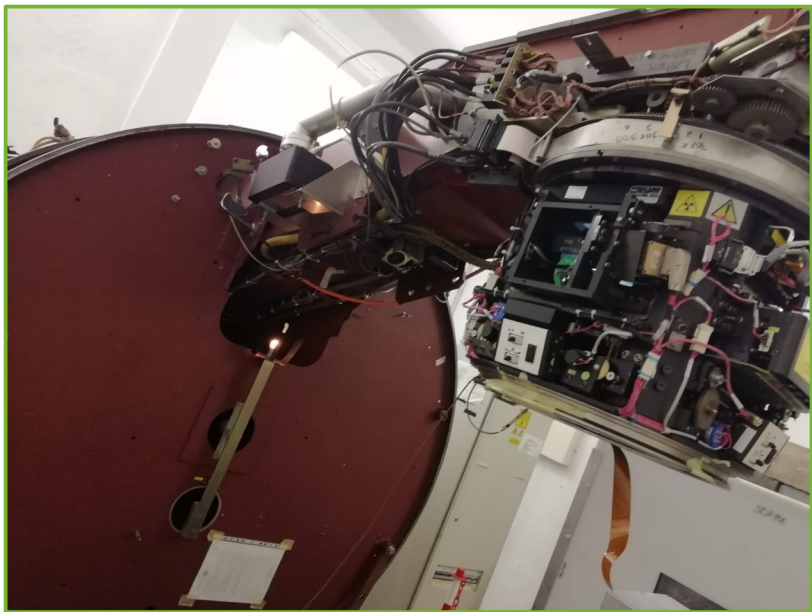


Precisione spaziale nella misura (~ 1 μm)





Esperimento HASPIDE scopi nel 2025: Misura di fasci di tipo FLASH



LINAC modificato per fascio elettroni FLASH - Torino





Esperimento HASPIDE scopi nel 2025:

Total Body Irradiation + skin dosimetry



Clinical Xray beams 6-10 MV delivered by Elekta linacs at Radioterapy Unit of University of Florence.

$2 \times 2 \text{ mm}^2 \times 2.5 \mu\text{m}$

*diodo trasparente
alla radiazione ma
capace di alto S/N*

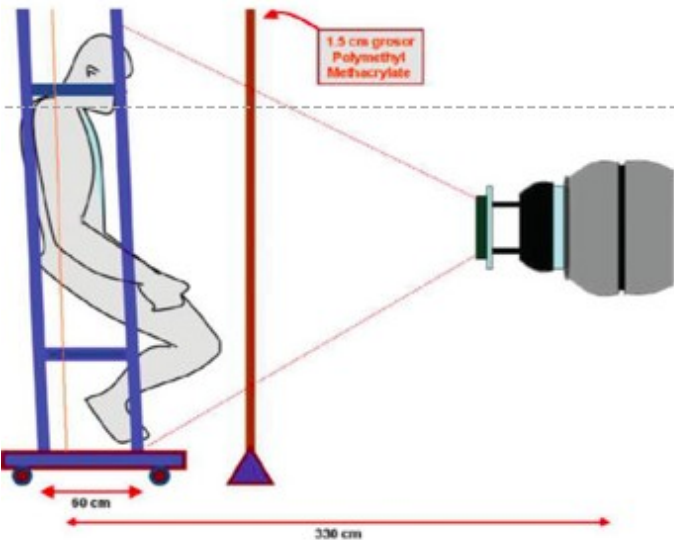
Single pixel:

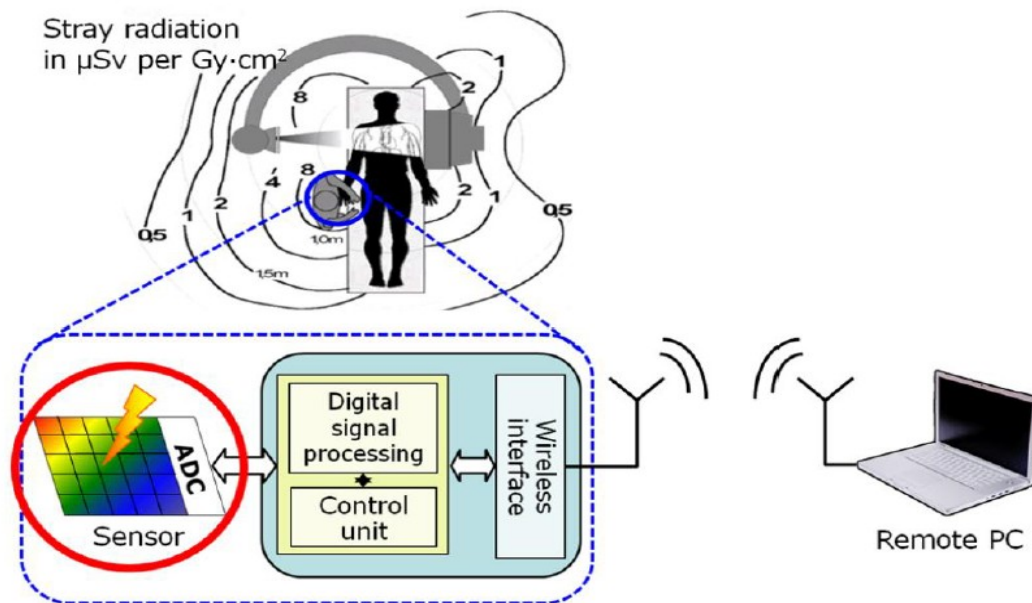


Skin dosimetry

Total body irradiation in-vivo dosimetry
(several single diodes can be placed on the patient during TBI for real-time in-vivo monitoring of the dose delivered)

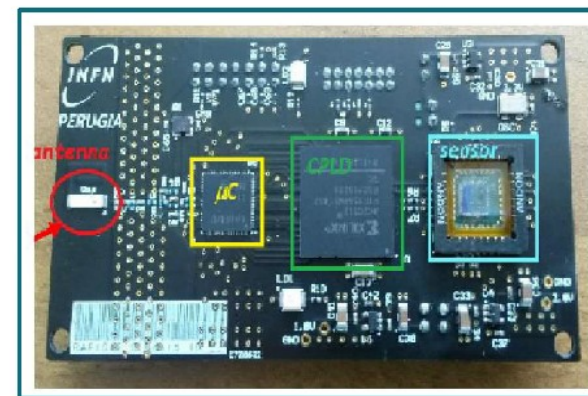
*Perturbazione del
fascio di
radiazione < 1%*





Servoli L., K. Kanxheri, Checcuci B., Fano L., Biasini M., Placidi P.
(Ingegneria Elettronica) Paolucci M. (Fisica Medica Foligno)

- 40 partecipanti, > 25 pubblicazioni, > 20 conferenze, 1 tesi PhD,
- > 15 tesi Fisica /Ingegneria / Informatica



Prototipo esistente e calibrato;
indossabile; > 8 ore di autonomia

Già utilizzato in > 50
procedure di radiologia
interventistica (ospedale di
Foligno)



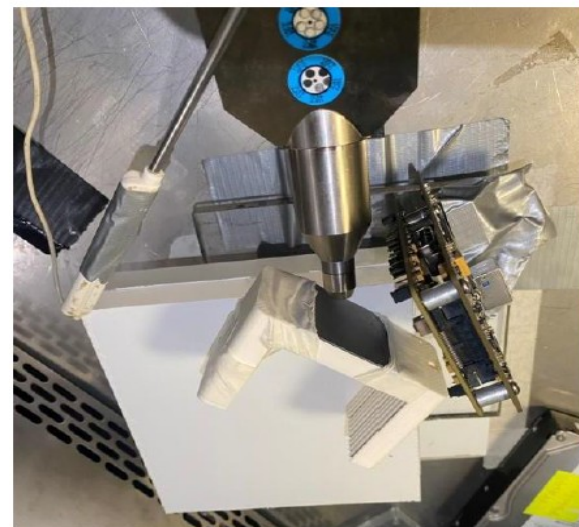
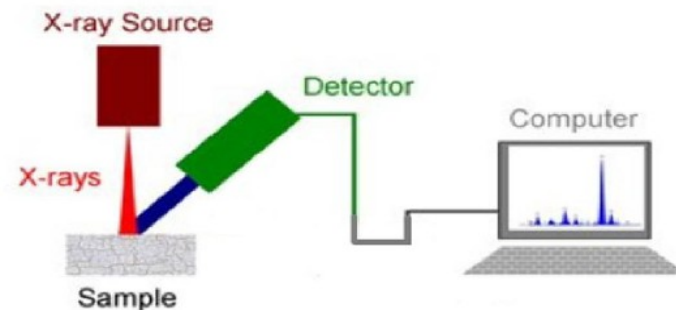
ARX3A0

Alta Velocità: Progettato per applicazioni che richiedono una rapida acquisizione e elaborazione delle immagini.

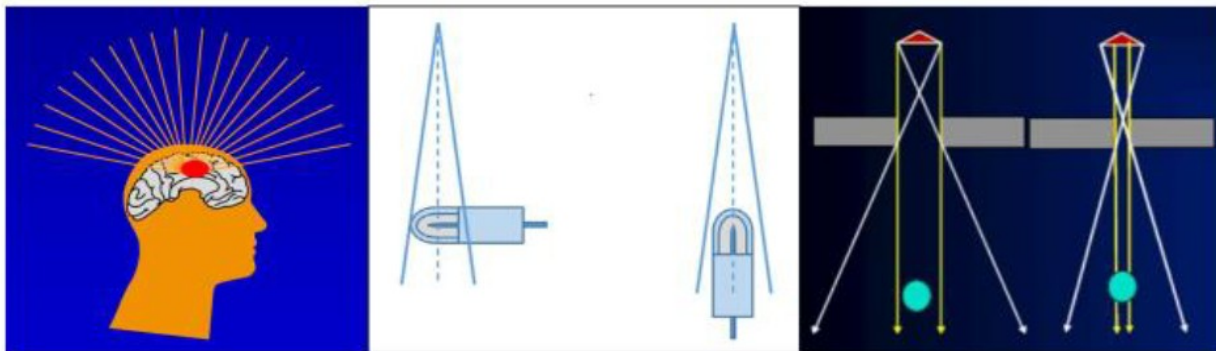
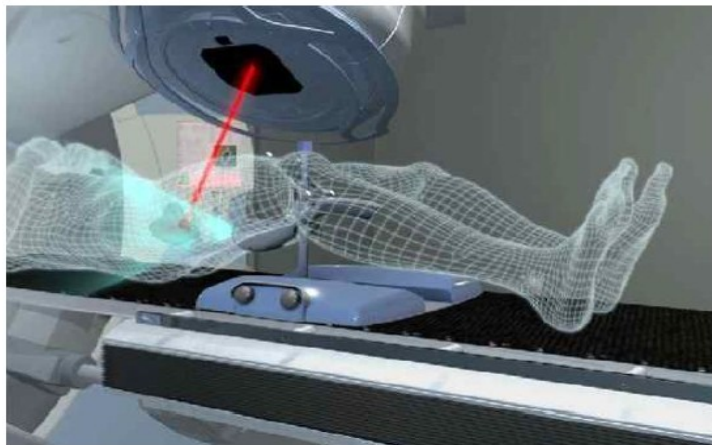
Basso Consumo Energetico:

Ideale per l'uso in dispositivi che necessitano di operare per lunghi periodi senza compromettere le performance.

Elevata Sensibilità: Capacità di operare efficacemente anche in condizioni di scarsa illuminazione.

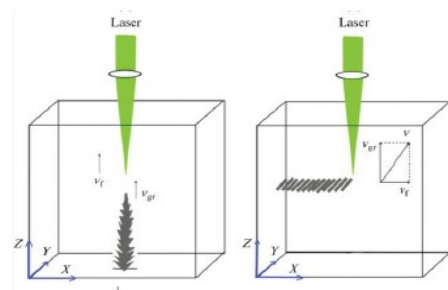


Diminuendo le dimensioni del fascio è sempre più difficile caratterizzarlo attraverso i rivelatori standard

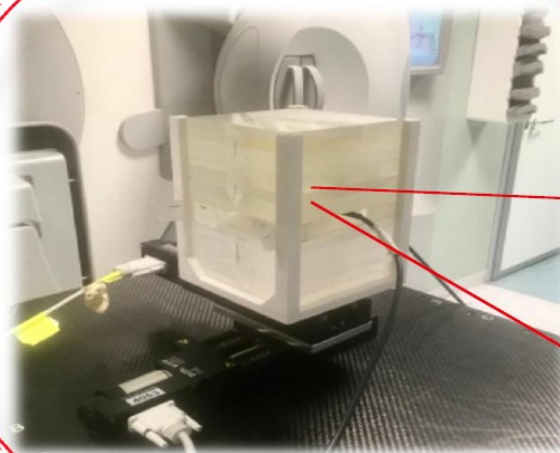
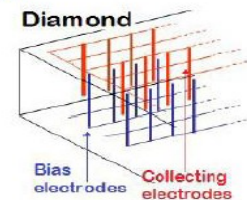


Una matrice di pixel 3D in Diamante policristallino

- Elevata resistenza alla radiazione
- Elevata risoluzione
- Tessuto equivalente
- Basse correnti di leakage

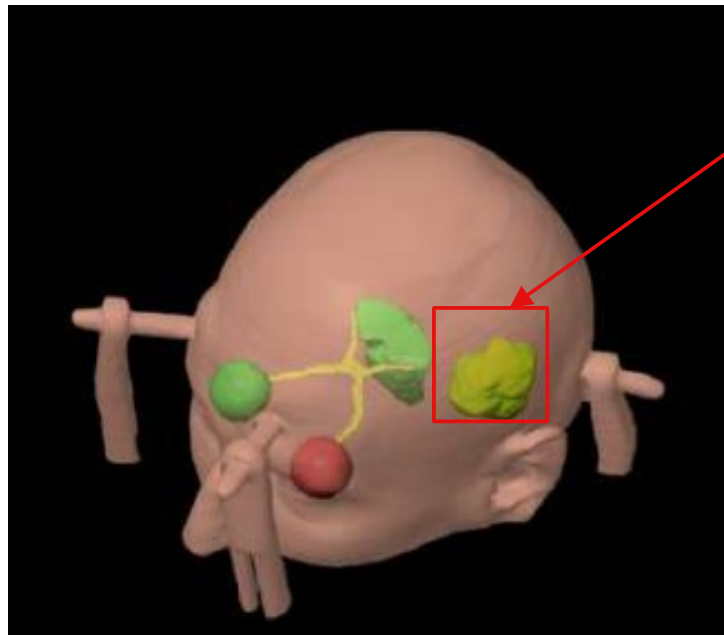
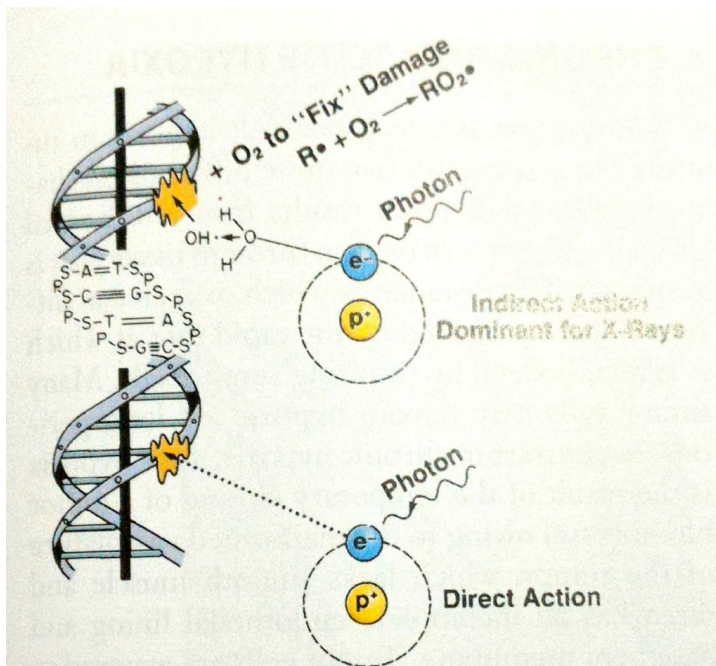


Nuovo tipo di rivelatore a
diamante per migliorare la
misura a livello dell'1% di
incertezza globale.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target



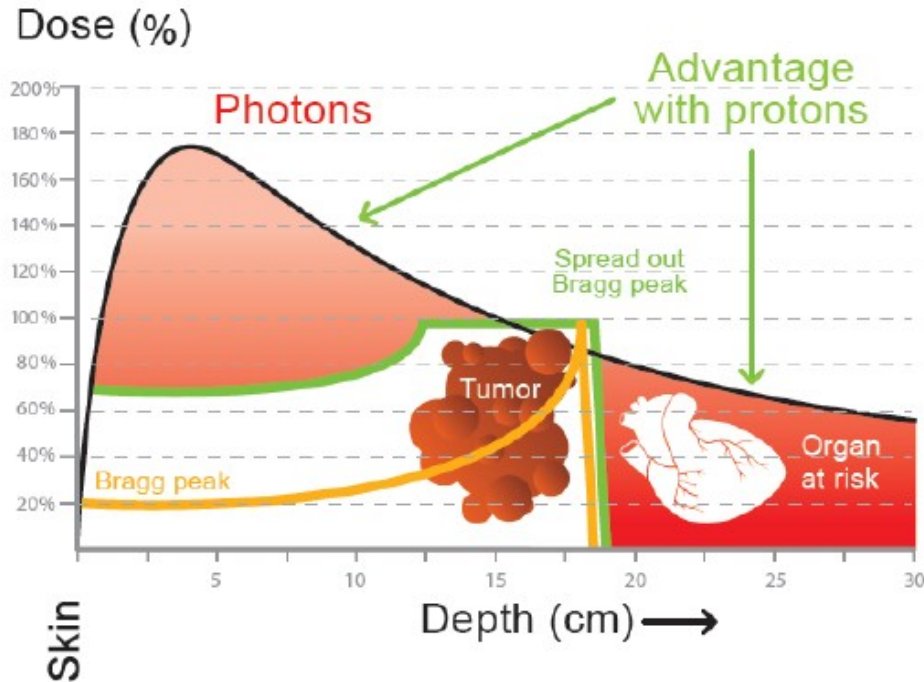
*Tumore
solido*

*Come
rimuoverlo?*





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

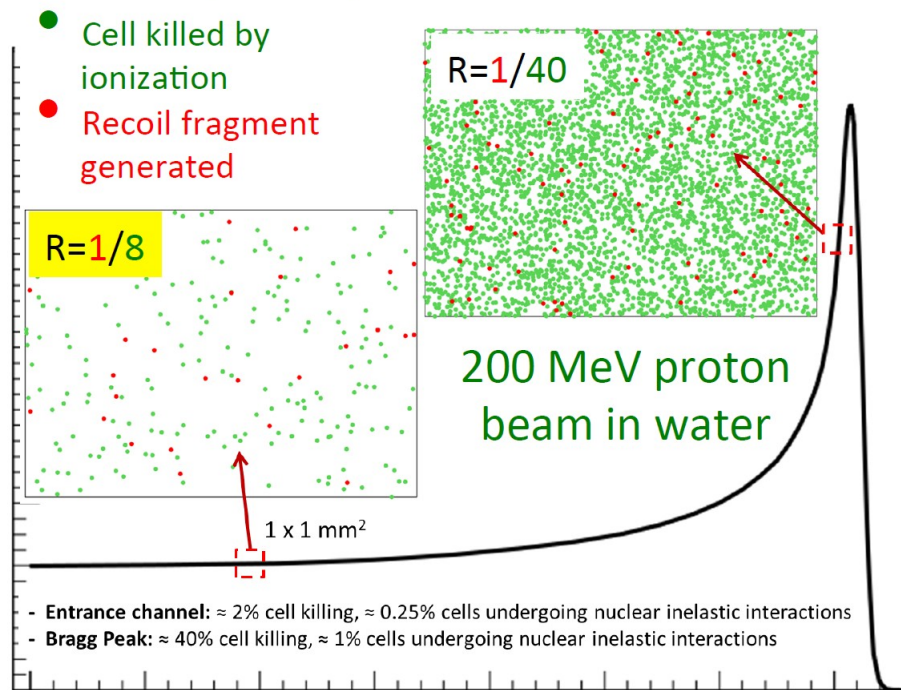


La adroterapia si basa sul fatto che le particelle cariche più pesanti degli elettroni rilasciano meno energia durante il percorso per arrivare alla zona tumorale, sono meno sottoposti a diffusione laterale e non rilasciano energia oltre una certa distanza precisamente definita dalla energia iniziale.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target



Manca una comprensione adeguata del deposito di energia nei tessuti sani antecedenti alla zona tumorale. I protoni producono anche reazioni nucleari e **occorre studiare la frammentazione dei nuclei** per capire le particelle rilasciate e il loro effetto sulle cellule circostanti.





Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

10 Sezioni INFN
12 Università
~100 ricercatori

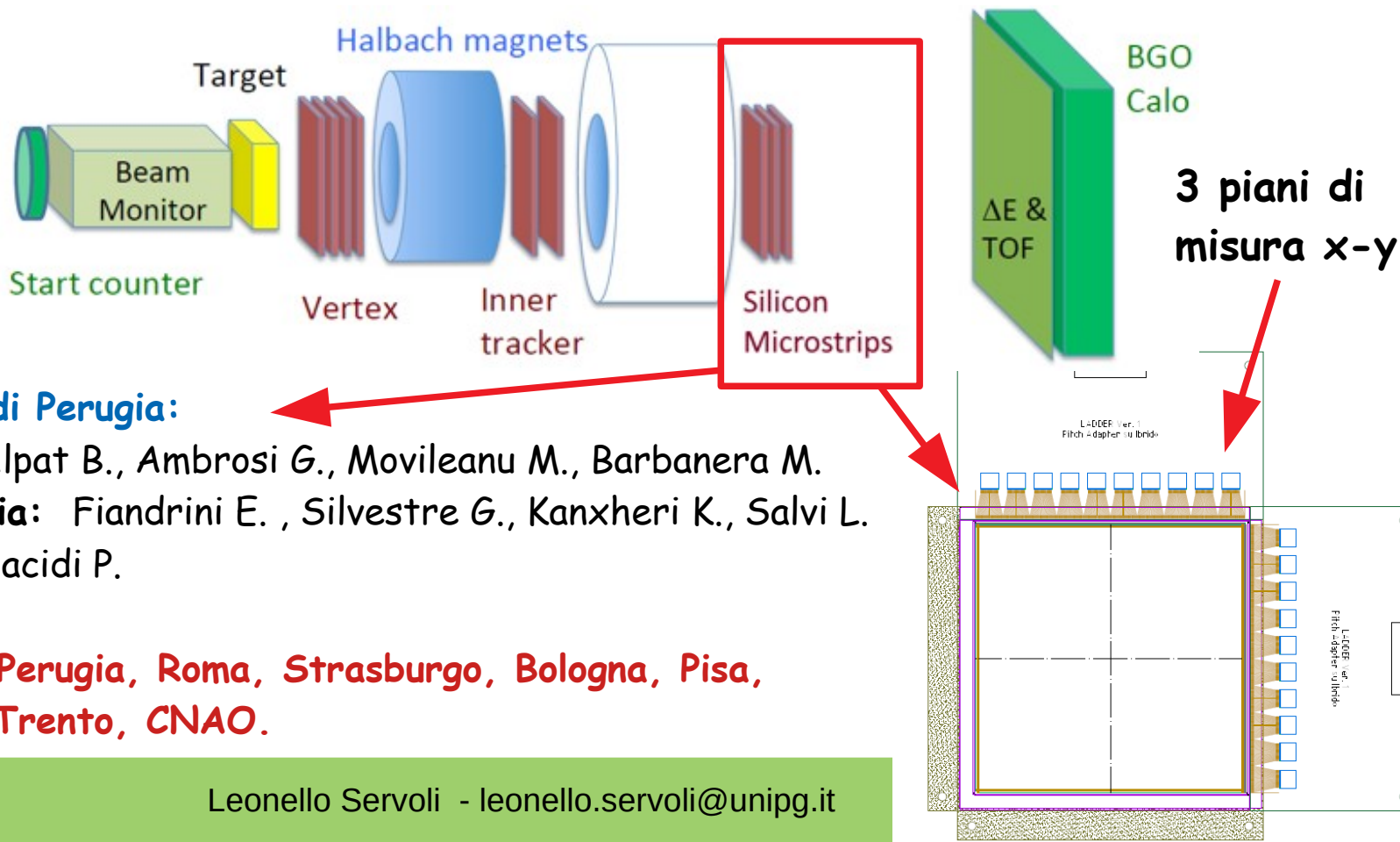
Membri del gruppo di Perugia:

INFN: Servoli L., Alpat B., Ambrosi G., Movileanu M., Barbanera M.

Dip. Fisica e Geologia: Fiandrini E., Silvestre G., Kanxheri K., Salvi L.

Dip. Ingegneria: Placidi P.

Altre sedi: Milano, Perugia, Roma, Strasburgo, Bologna, Pisa,
Napoli, Trento, CNAO.



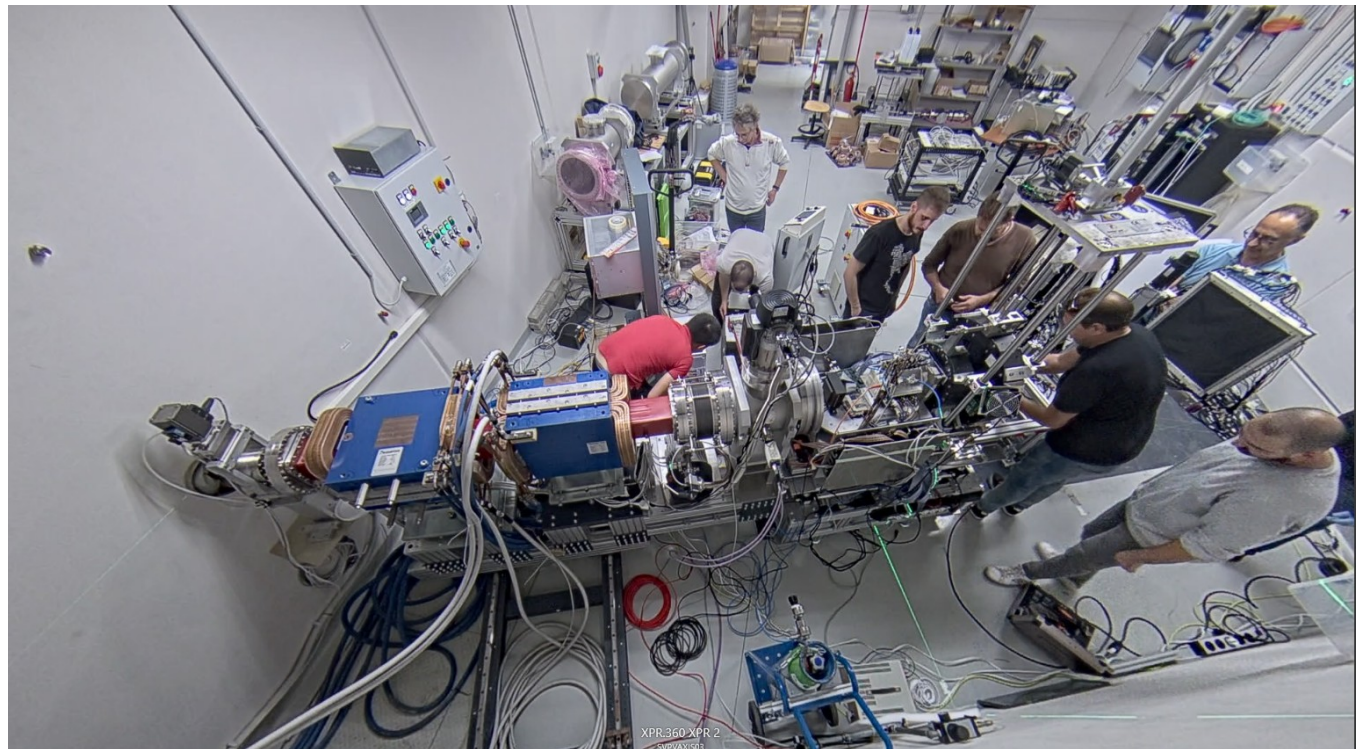


Esperimento FOOT: Fragmentation Of Target

Ultima presa dati
novembre/dicembre 2024
presso

Centro Nazionale
Adroterapia Oncologica
(CNAO - Pavia)

Stiamo analizzando i dati.
Prossima presa dati autunno
2025. Nel 2026 presa dati
Presso GSI (Darmstadt)



Le attività proposte saranno parte dei nostri progetti di ricerca; gli argomenti specifici saranno pertanto individuati nel periodo in cui lo studente sarà disponibile.

Esempi di competenze acquisite:

- Conoscenza dei meccanismi di interazione radiazione - materia/tessuti viventi
- Studio e **caratterizzazione** di nuovi prototipi utilizzati negli esperimenti descritti (**set up di misura**)
- **Calibrazione** di rivelatori in laboratorio e in condizioni cliniche
- Sviluppo di algoritmi per la lettura ed **elaborazione di segnali** provenienti da i rivelatori (Python, C++...)
- Gestione e analisi dei dati
- Sviluppo di **sistemi di misura** automatizzati/sviluppo interfacce grafiche

Possibili tesi triennali, magistrali e tirocini per quasi tutte le tematiche

TESI DI LAUREA

Le attività proposte saranno parte dei nostri progetti di ricerca; gli argomenti specifici saranno pertanto individuati nel periodo in cui lo studente sarà disponibile.

Inseriti in collaborazioni nazionali e internazionali:

- esperienze formative presso istituti clinici e di ricerca
- lavoro in team

Le competenze acquisite forniscono un ottimo curriculum:

- per continuare nel campo della ricerca accademica
- per inserirsi in realtà produttive e/o di ricerca industriale

Possibili tesi triennali, magistrali e tirocini per quasi tutte le tematiche



LE PERSONE...



Grazie e ricordate ...

può sempre **"saltar fuori"** qualcosa di nuovo dal punto di vista di tesi di laurea. Quindi chiedete senza timori...

