



GEMpix e sviluppi futuri

Gerardo Claps

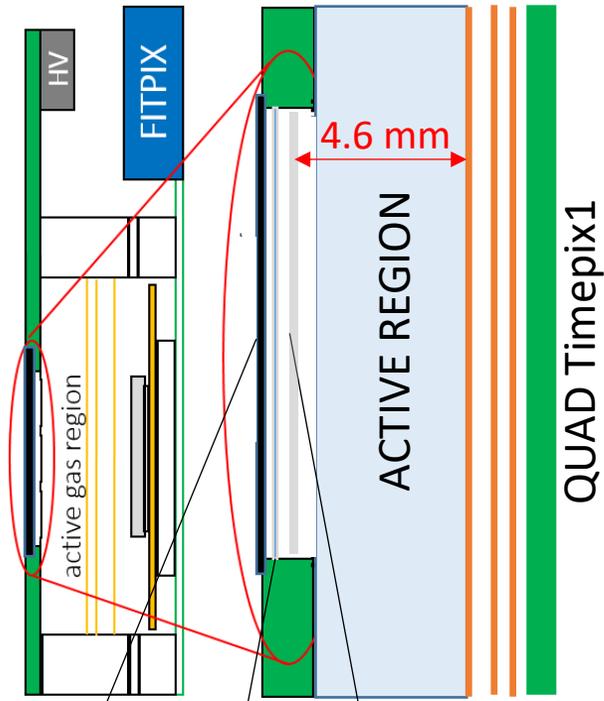
INFN - LNF & ENEA Frascati

*n_TOF Italy Meeting
BOLOGNA, 21-22 Novembre 2024*

SOMMARIO

- *Misura dei prodotti carichi con GEMpix: calibrazione e simulazioni*
- *Stato della realizzazione del sistema telescopico con GEMpix side-on e QUAD Timepix3*
- *Primi risultati con quad Timepix3 in EAR2 con bersagli di LiF*
- *Misura della distribuzione di ^{10}B con Quad Timepix3 per BNCT*
- *Attività previste per il 2025*

GEMpix @ n_TOF per la misura dei prodotti di reazione in EAR1 (Settembre 2023)



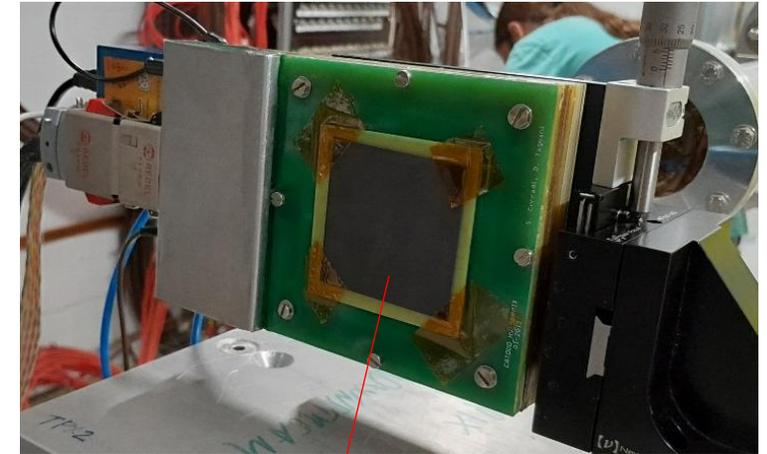
Alumina sheets

Aluminized mylar:
15 μm Mylar + 100 nm Al

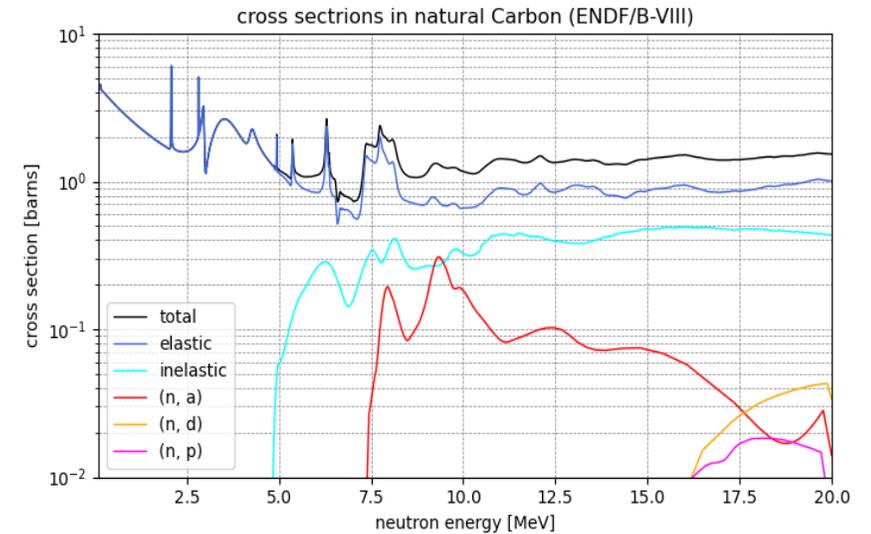
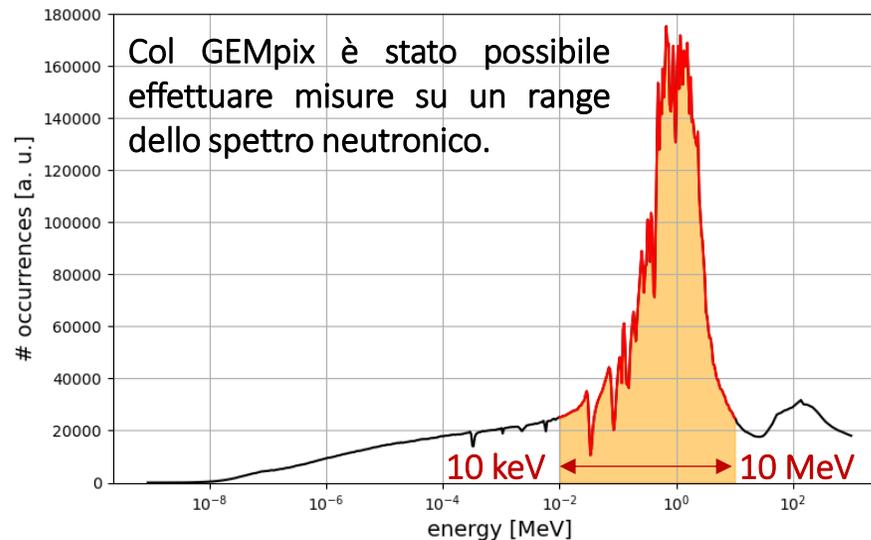
Bersaglio di Grafite: 500 μm

Risultati interessanti sono stati ottenuti nel range di energie neutroniche sotto a 10 MeV (fino a circa 10 keV).

- ✓ Le prime misure si sono effettuate con una camera GEMpix dotata di bersagli di allumina (Al_2O_3) da 400 μm di posizionati dopo la finestra in Mylar del rivelatore all'inizio della regione di drift.
- ✓ La camera GEMpix è stata sostituita con un'altra avente la medesima geometria, ma il bersaglio di carbonio è stato posizionato prima della finestra di mylar esternamente alla camera. Non è stato più possibile inserire il bersaglio di carbonio al posto dell'allumina.

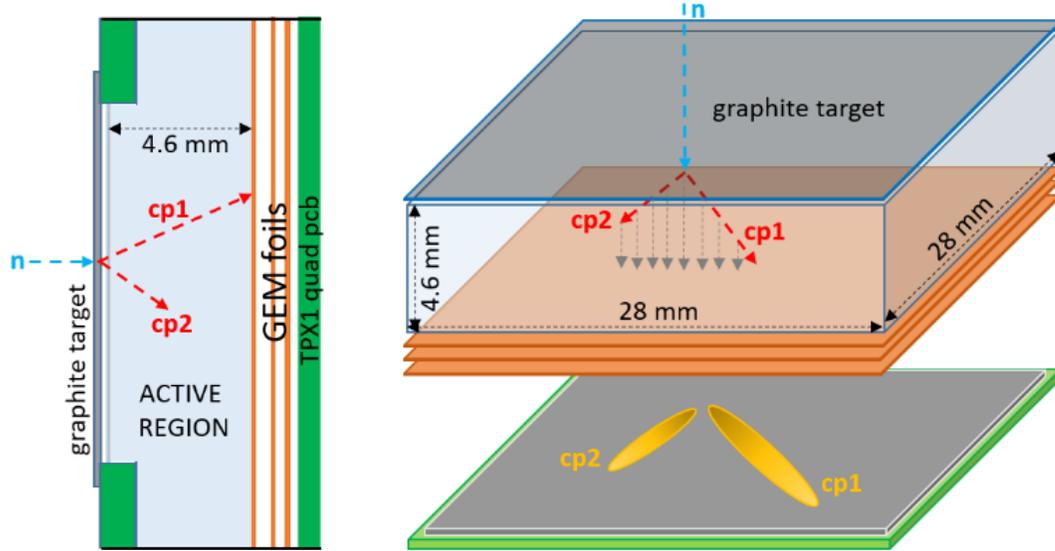


Bersaglio di Grafite da 500 μm



Il range di energie si è mantenuto sotto ai 20 MeV dello spettro neutronico per evitare l'eccessivo pile-up delle tracce osservato a energie più alte.

GEMpix @ n_{TOF} per la misura dei prodotti di reazione protoni, alpha e ioni per neutroni < 10 MeV (*Bersaglio di Carbonio*)



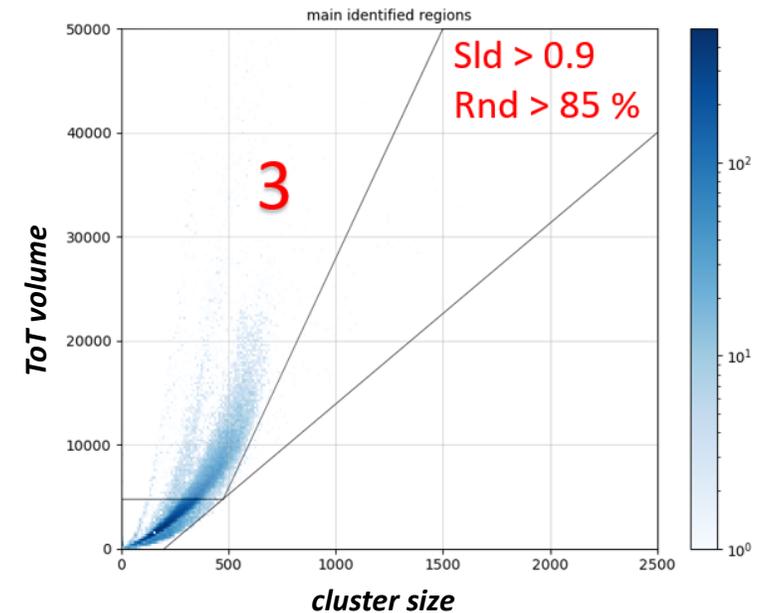
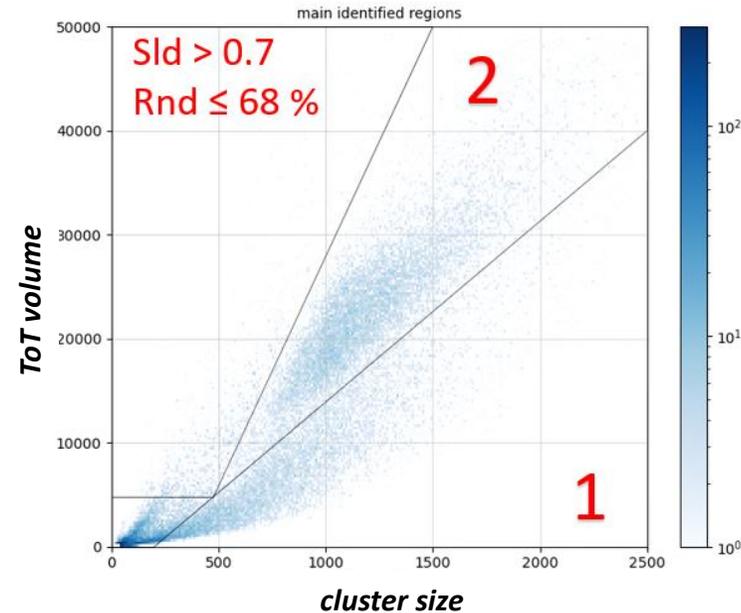
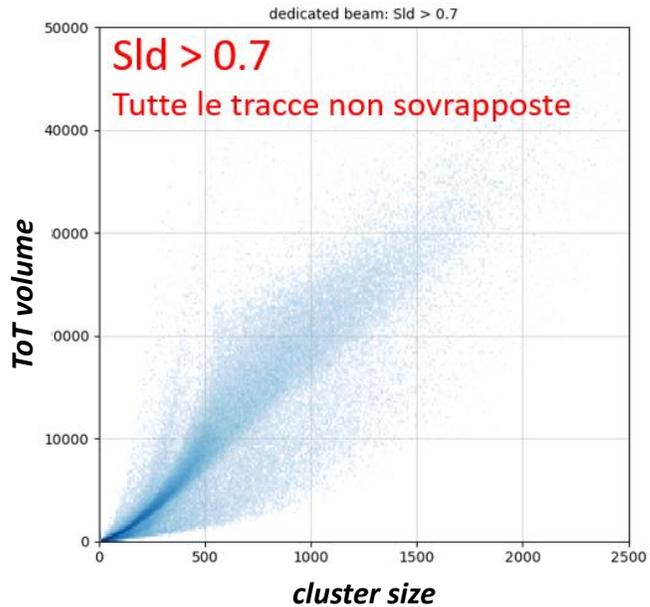
L'analisi di traccia è stata condotta tenendo conto dei seguenti parametri:

Solidity parameter (Sld): frazione tra cluster size e convex hull (ovvero il più piccolo insieme convesso che contiene la traccia). In questo modo le tracce sovrapposte possono essere escluse.

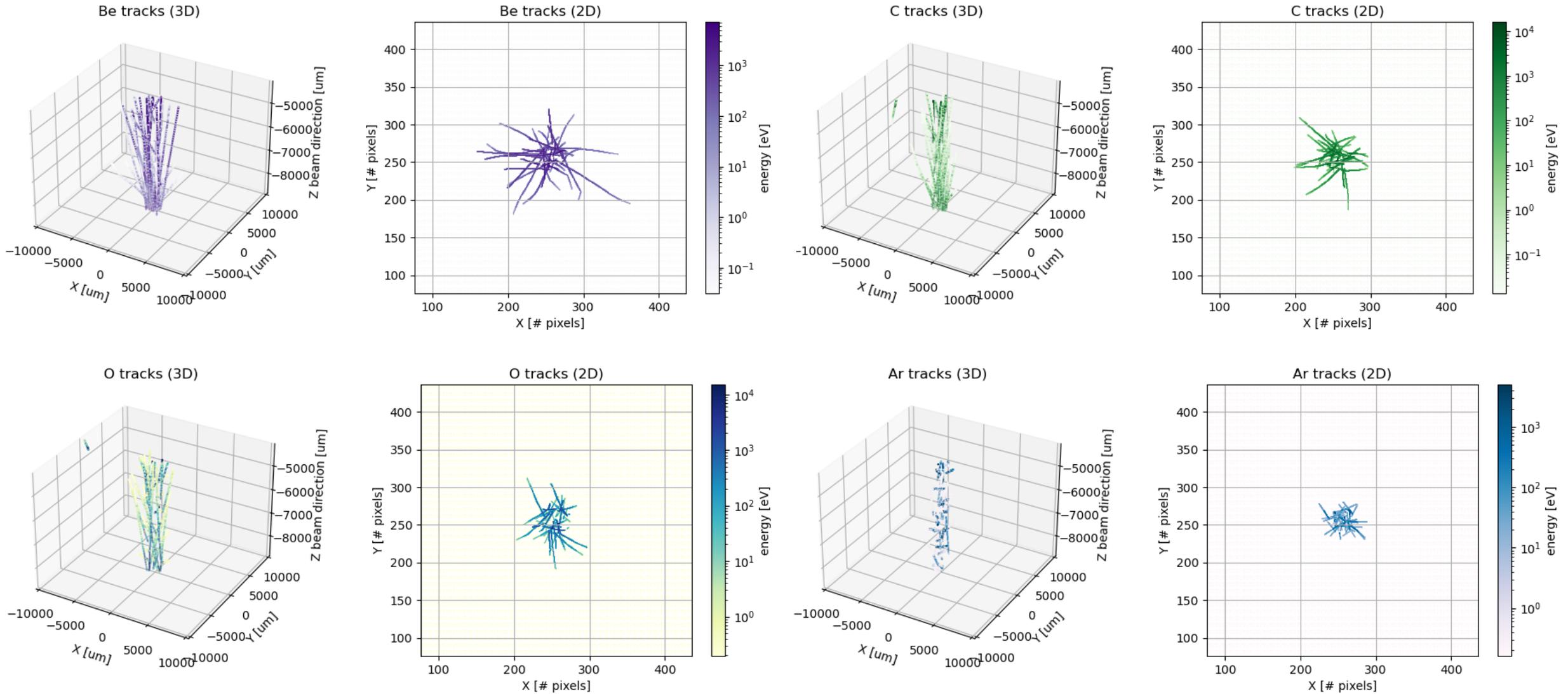
Cluster Size: somma dei pixel costituenti il cluster (dimensione del cluster)

ToTv: somma dei valori di ToT dei pixel costituenti il cluster (proporzionale alla carica rilasciata nel gas)

Roundness (Rnd): frazione tra Cluster Size e l'area della circonferenza di diametro pari alla distanza dei pixel più distanti nel cluster (consente di identificare i cluster di forma più circolare)



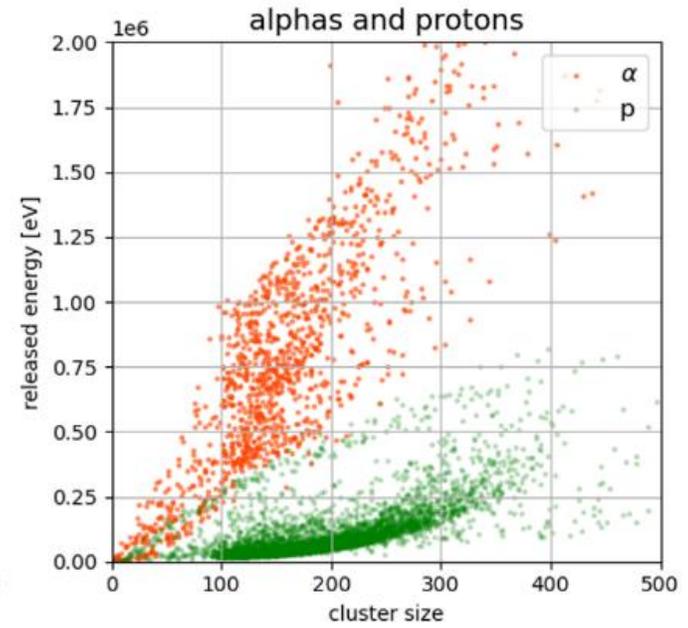
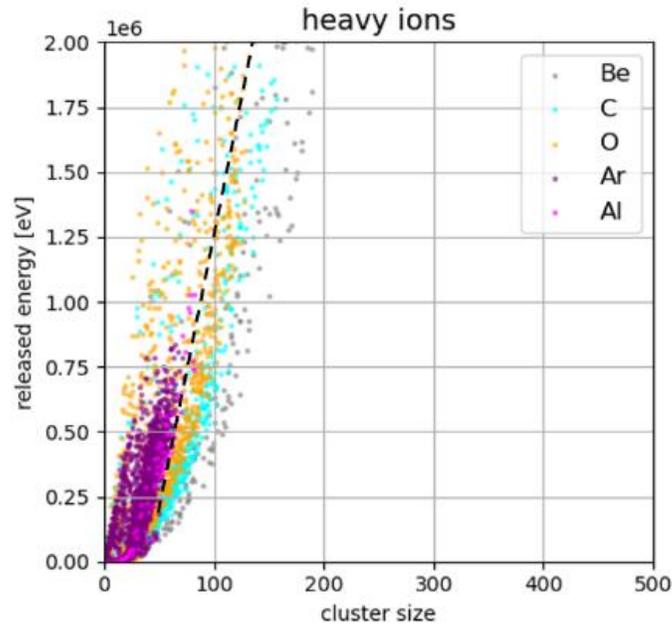
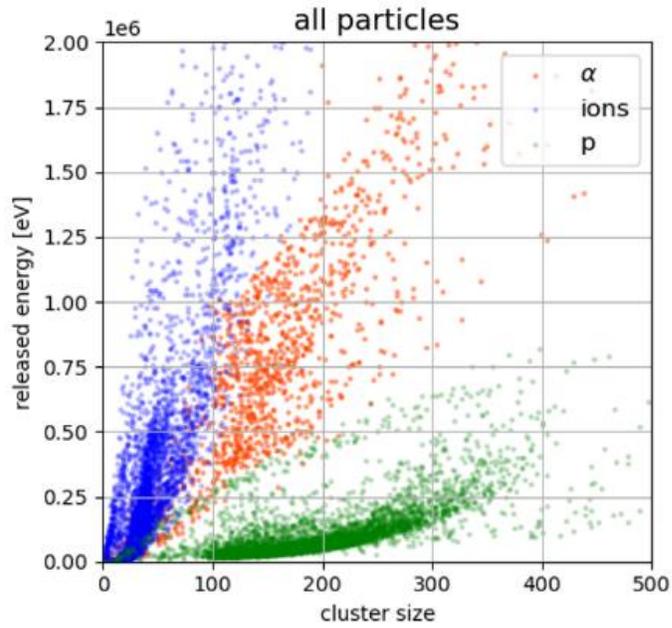
GEMpix @ n_{TOF} : simulazione delle tracce e della carica rilasciata



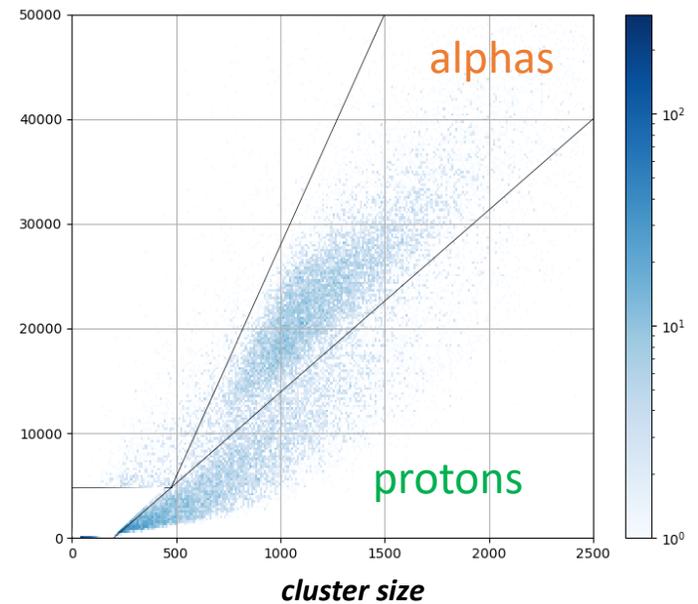
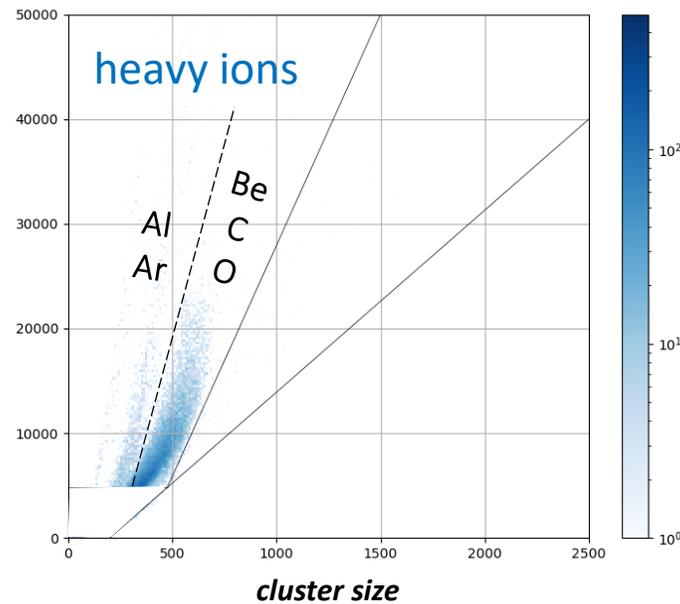
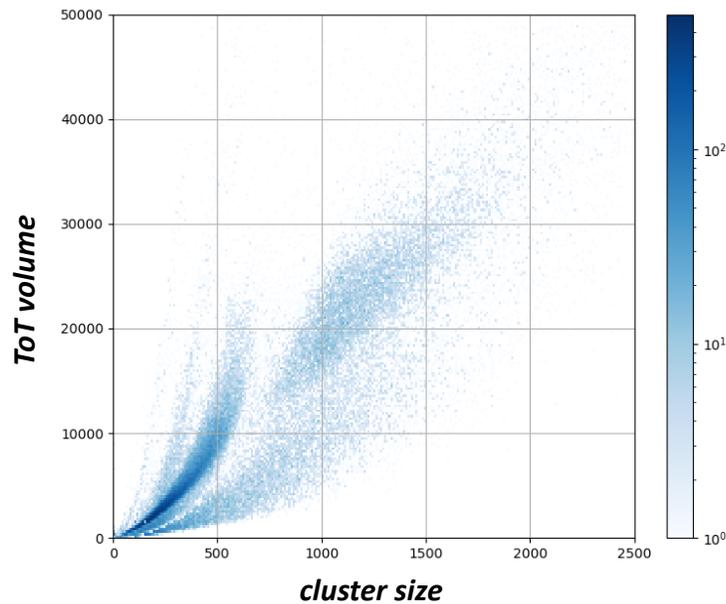
La risoluzione spaziale delle tracce ricostruite è la stessa del quad TPX1 ($55 \times 55 \mu\text{m}^2$)

*GEMpix @ n_TOF per la misura dei prodotti di reazione
protoni, alpha e ioni per neutroni < 10 MeV (Bersaglio di Carbonio)*

Simulazioni MC

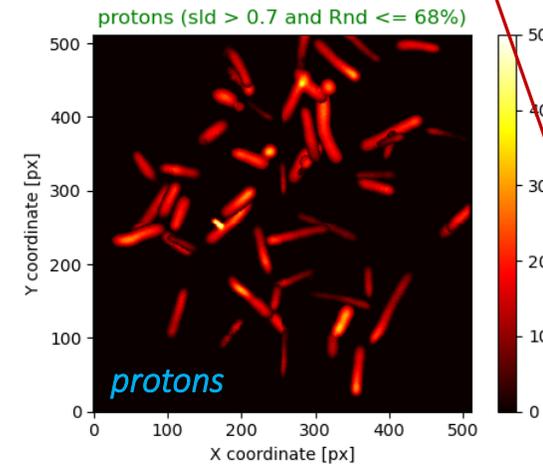
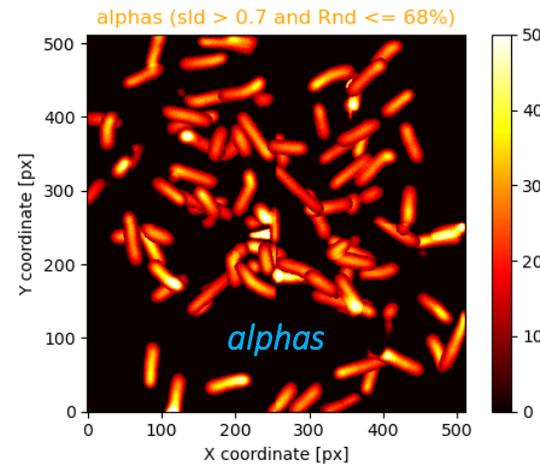
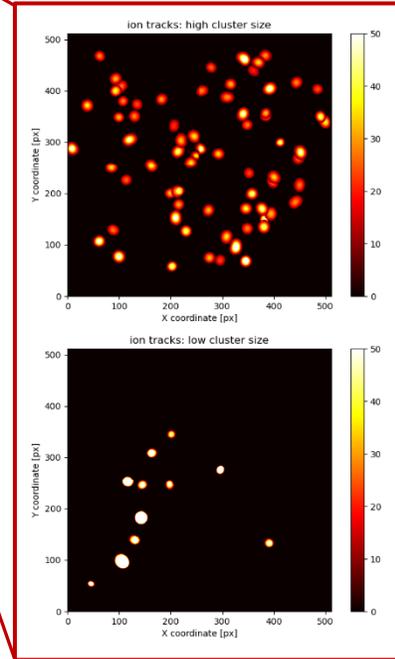
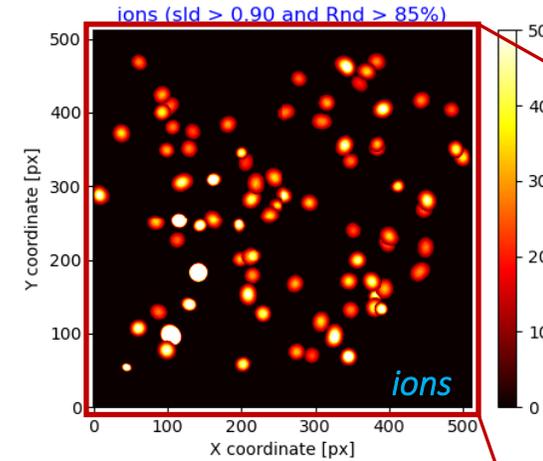
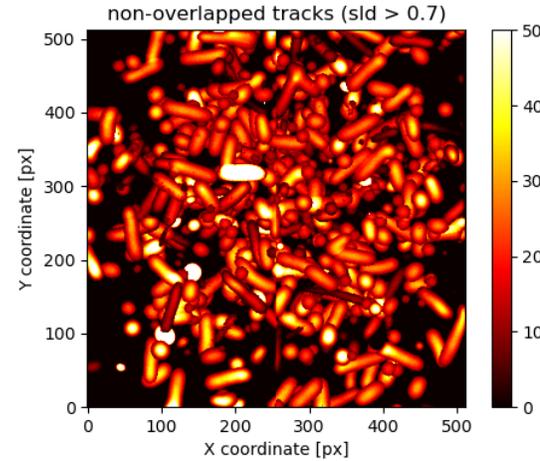
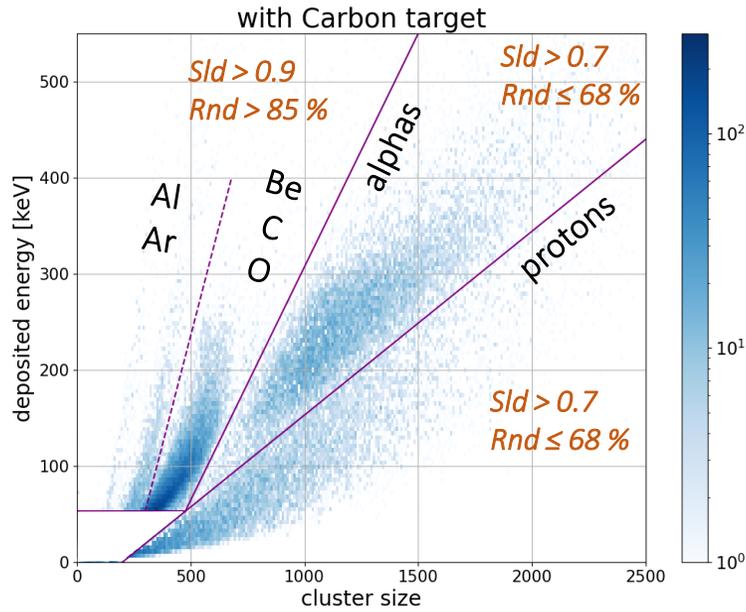


Risultati sperimentali



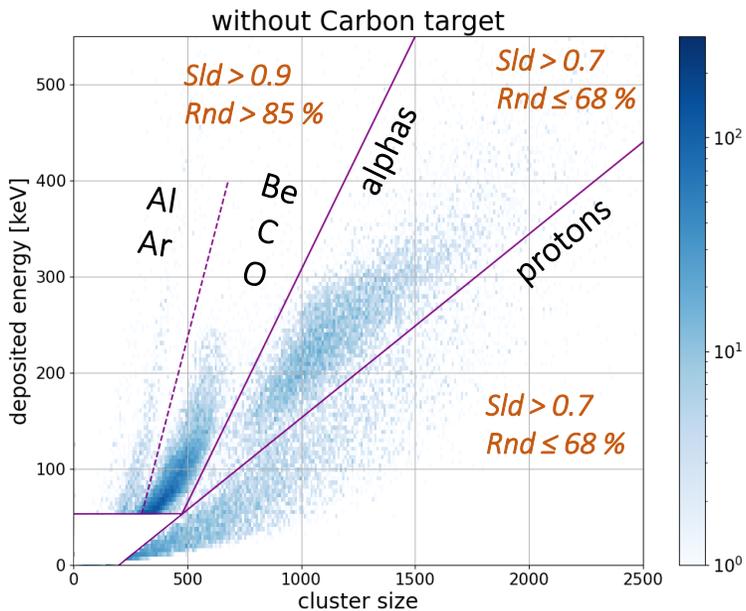
GEMpix @ n_TOF per la misura dei prodotti di reazione protoni, alpha e ioni per neutroni < 10 MeV (*Bersaglio di Carbonio*)

con bersaglio di Carbonio



More than one ion population can be distinguished.

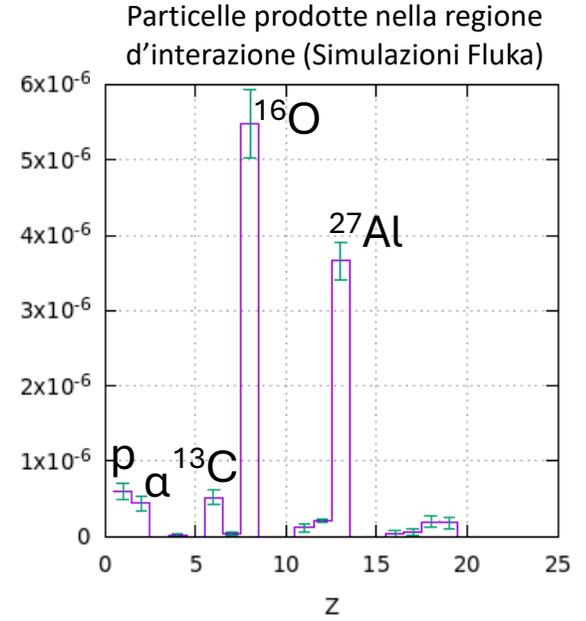
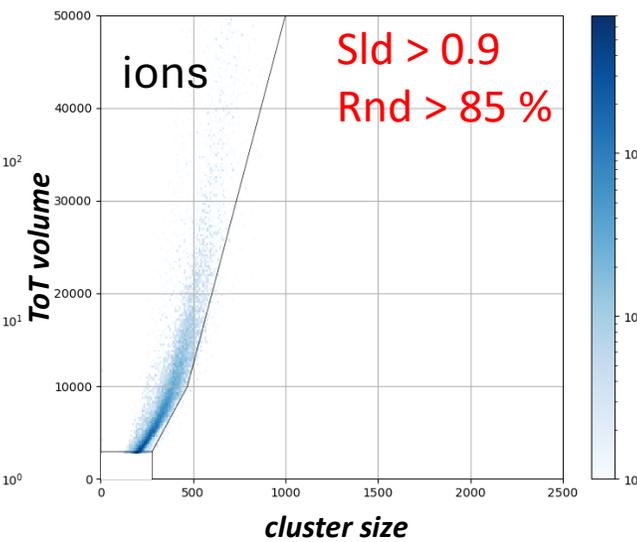
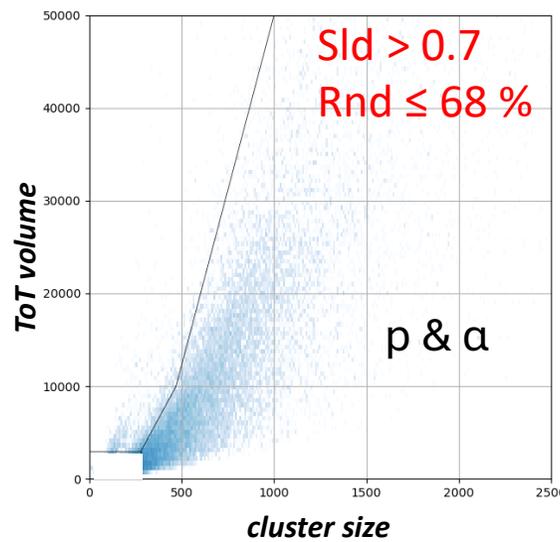
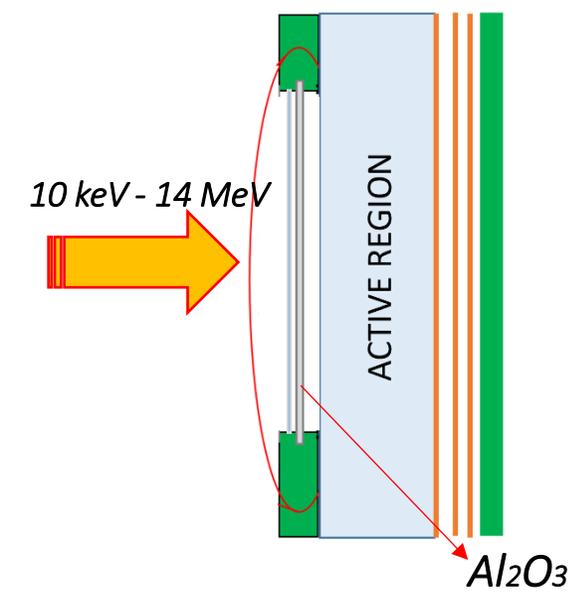
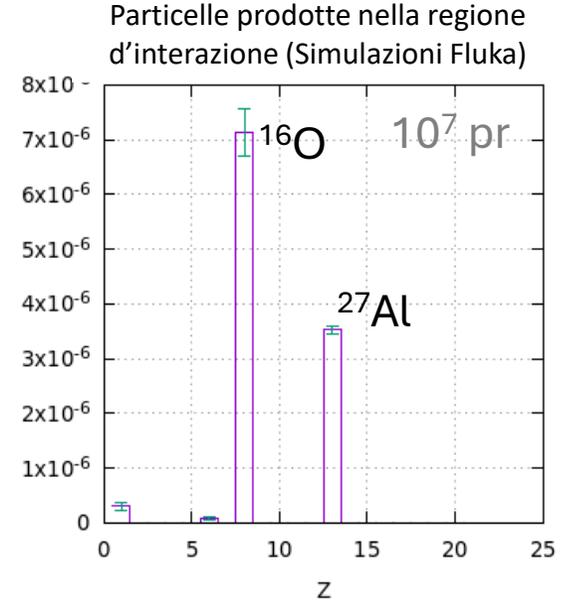
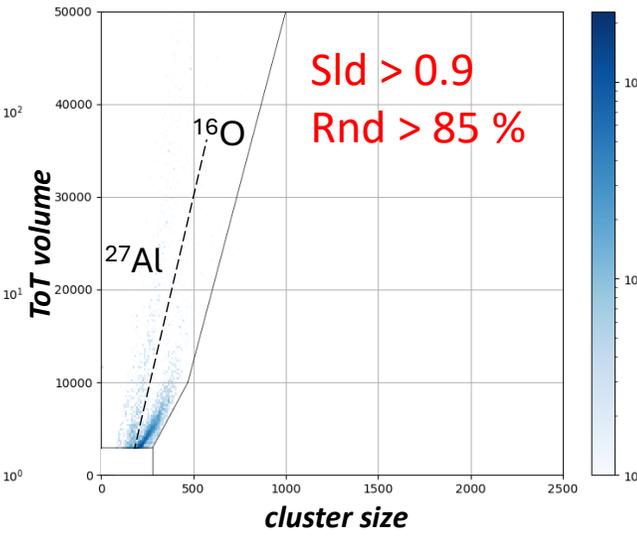
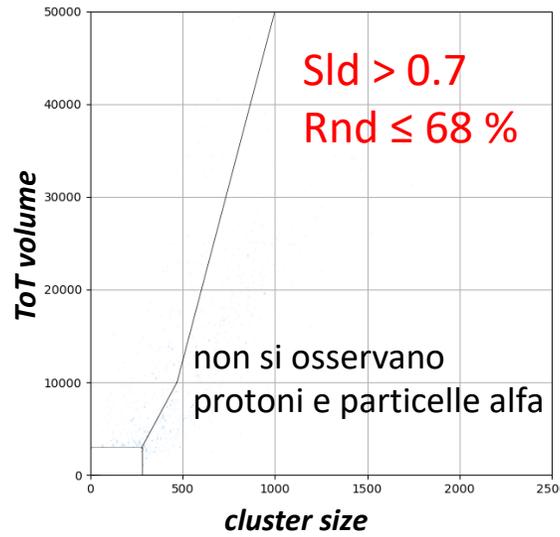
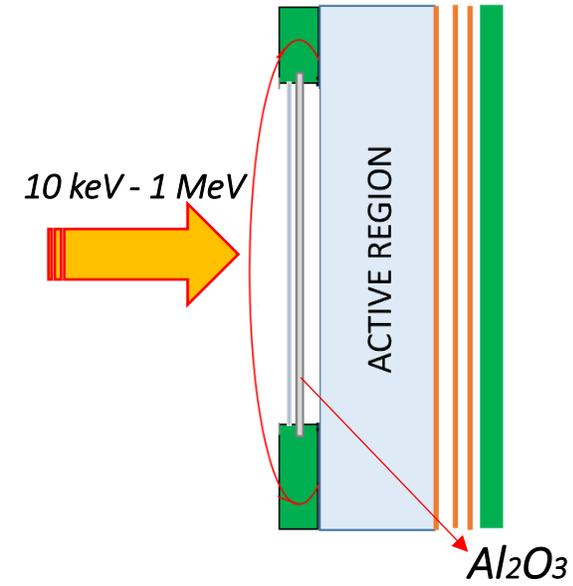
senza bersaglio di Carbonio



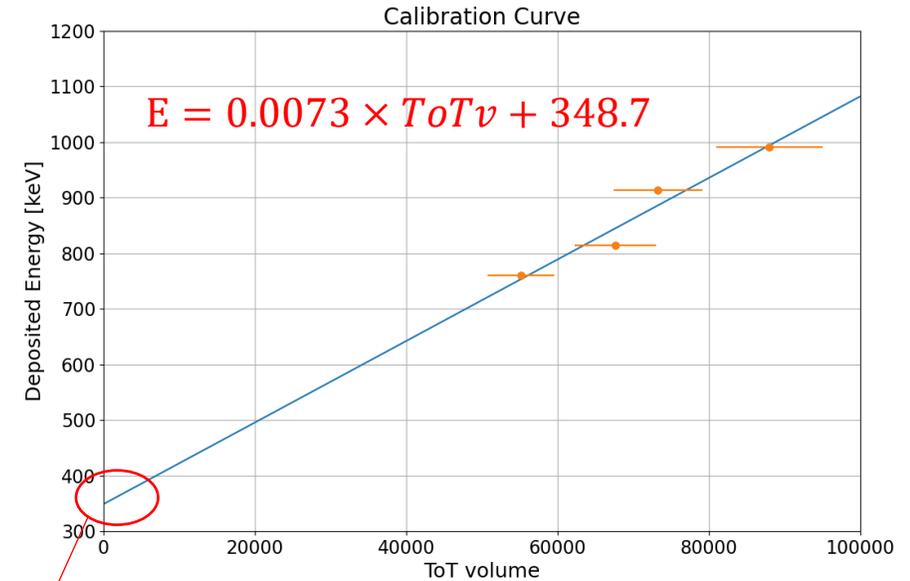
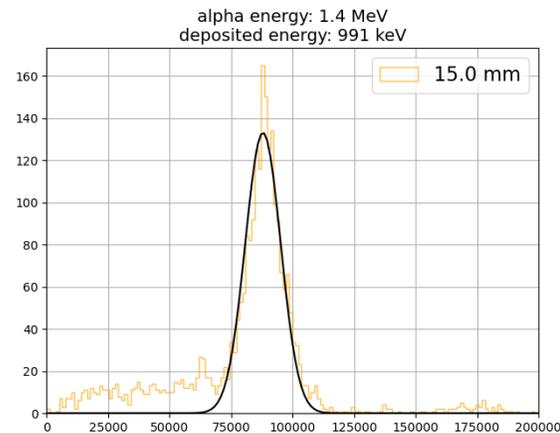
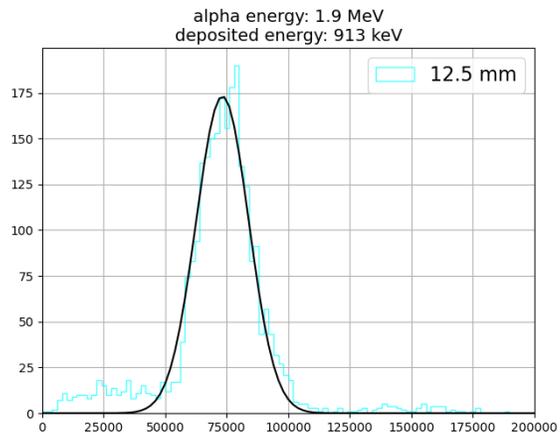
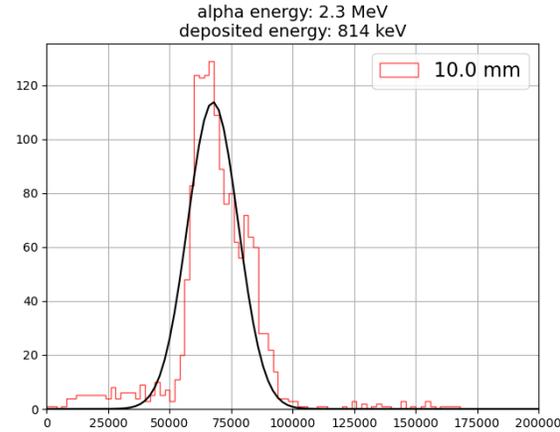
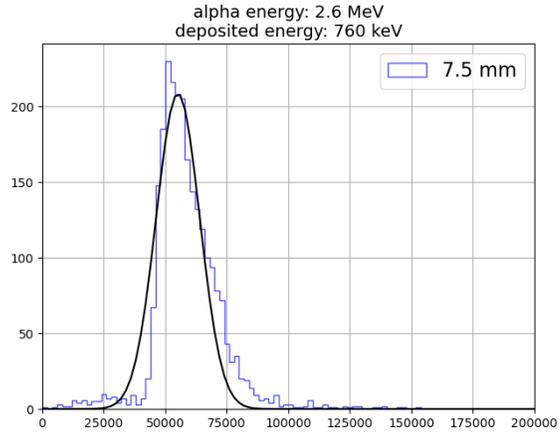
graphite	protons [$\times 10^3$]	alphas [$\times 10^3$]	heavy ions [$\times 10^3$]	Total [$\times 10^3$]
with target	8.98 ± 0.09	12.2 ± 0.1	14.4 ± 0.1	35.6 ± 0.2
without target	8.52 ± 0.09	11.2 ± 0.1	13.3 ± 0.1	33.0 ± 0.2

Con il target di carbonio, il **numero di particelle stimate** aumenta di circa **8%** rispetto al background e l'energia minima stimata raggiunge valori inferiori a **0.1 MeV**.

GEMpix @ n_{TOF} per la misura dei prodotti di reazione bersaglio di Allumina (Al_2O_3)



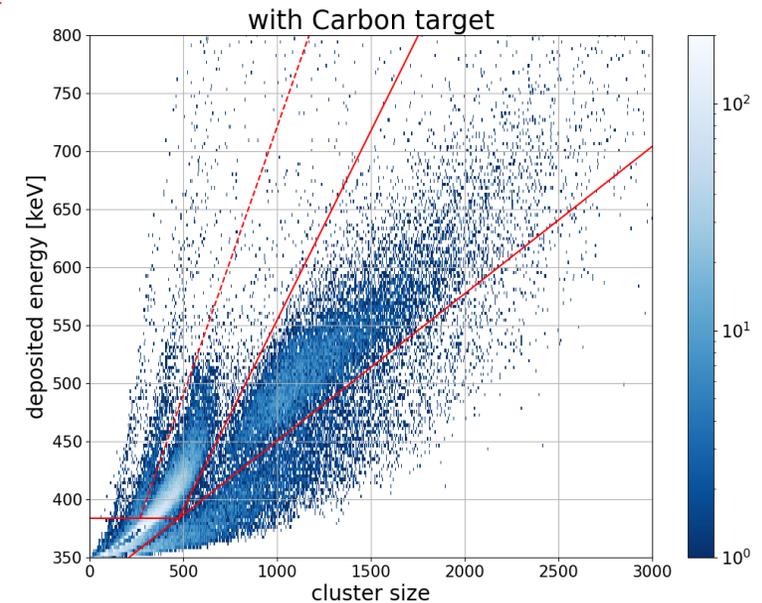
GEMpix: calibrazione in carica con sorgente di ^{210}Po



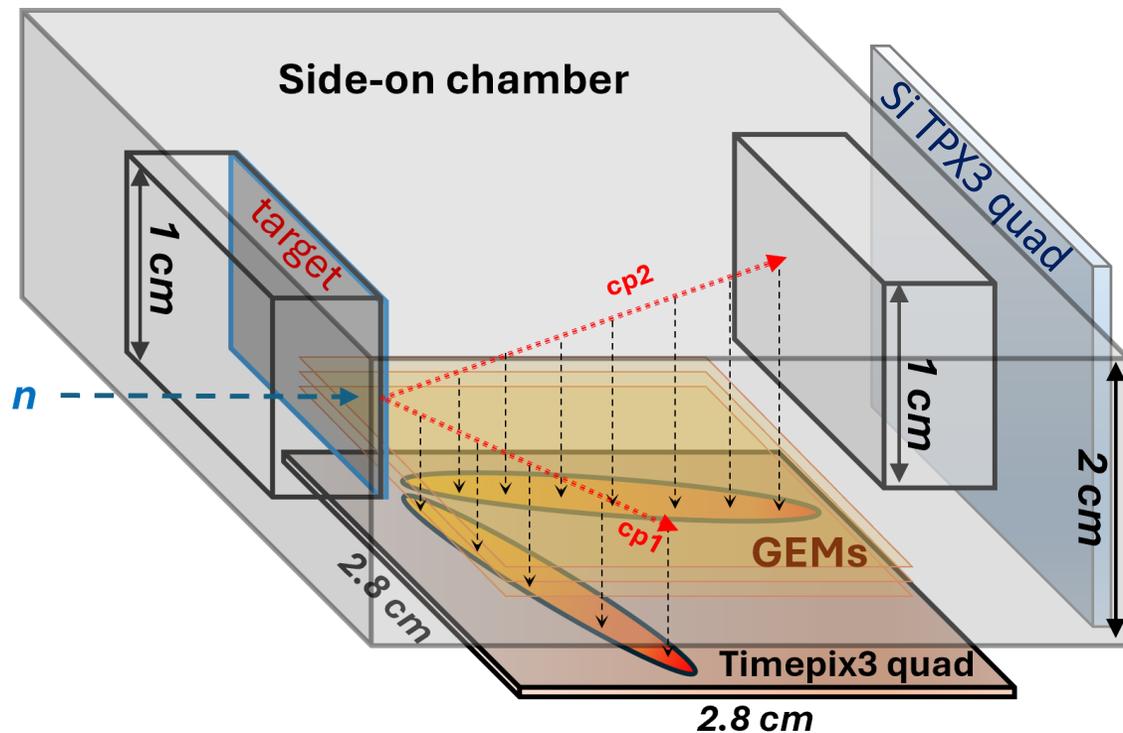
La calibrazione effettuata tramite sorgente di ^{210}Po posizionata a varie distanze in aria e simulando l'energia depositata dalle alfa nella regione attiva.

La retta di calibrazione ottenuta mostra un minimo di energie misurabili a 350 keV, valore più alto di quello ottenuto dal confronto con le simulazioni.

Le simulazione andranno riviste applicando un taglio sulla minima energia misurabile.



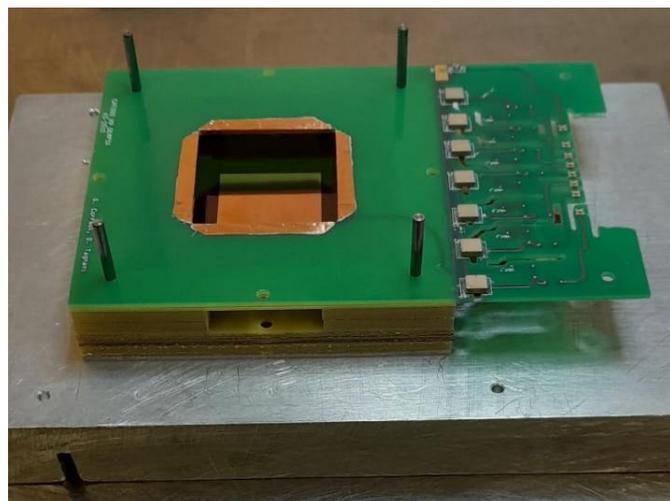
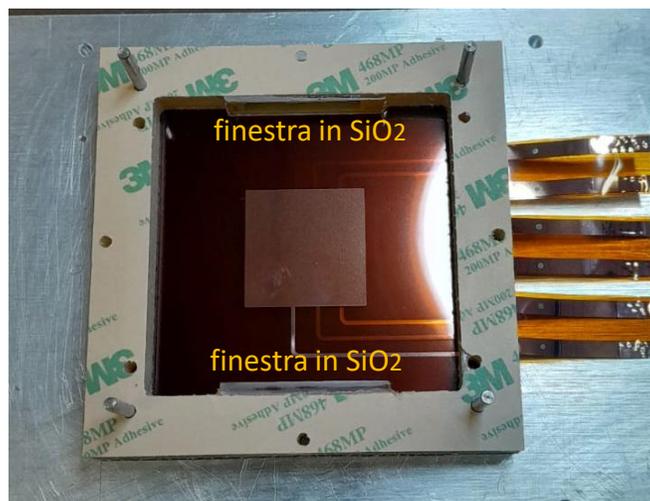
Stato realizzazione del sistema telescopico con GEMpix side-on e quad Timepix3



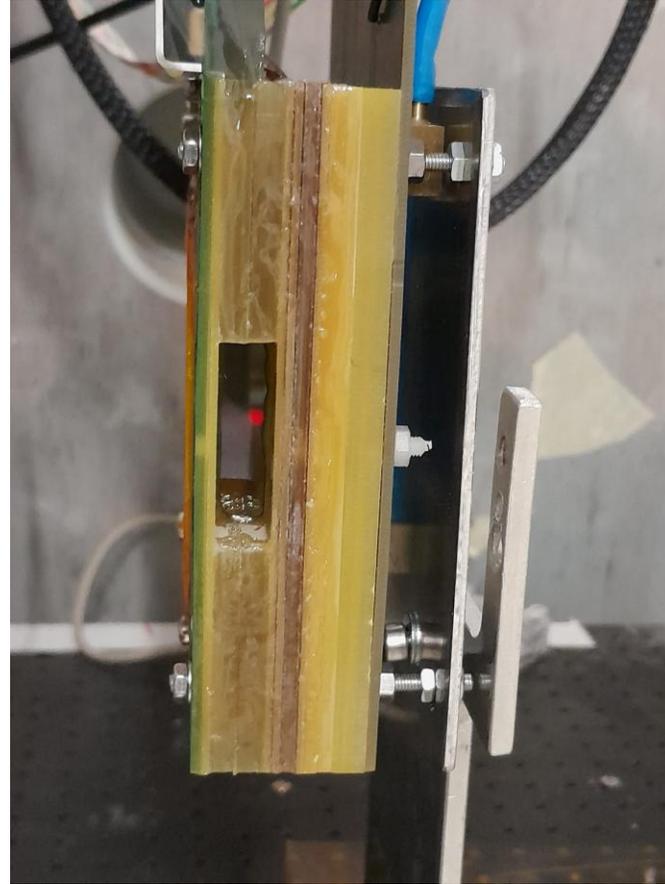
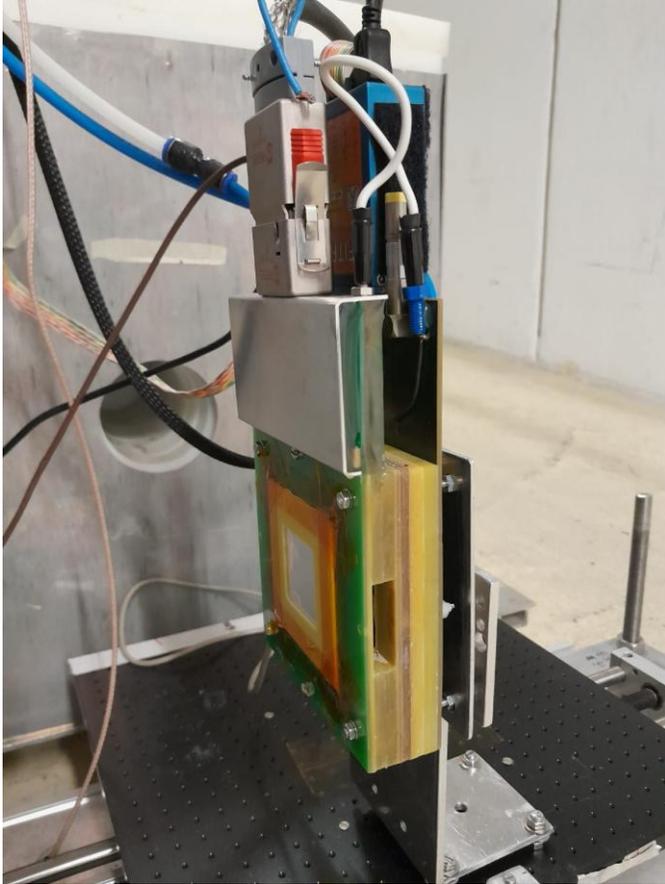
Al momento si dispone di un QUAD Timepix3 al Silicio spesso $500\ \mu\text{m}$ che è stato recentemente testato in EAR2.

La scheda con QUAD TPX3 senza silicio per la lettura della camera GEMpix side-on è in fase di progettazione.

Nel frattempo si è realizzata una camera GEMpix side-on di prova con lettura TPX1.



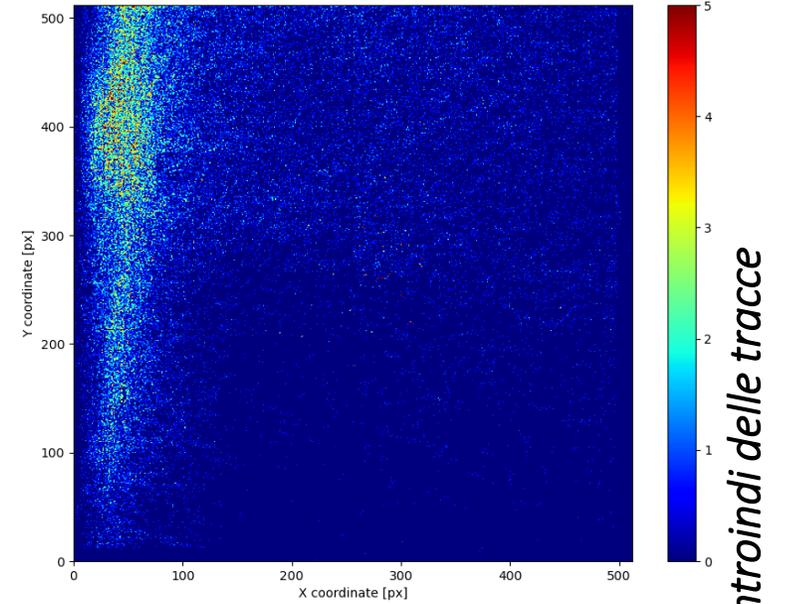
Misure col GEMpix side-on nella DUMP AREA (3 – 11 Novembre 2024)



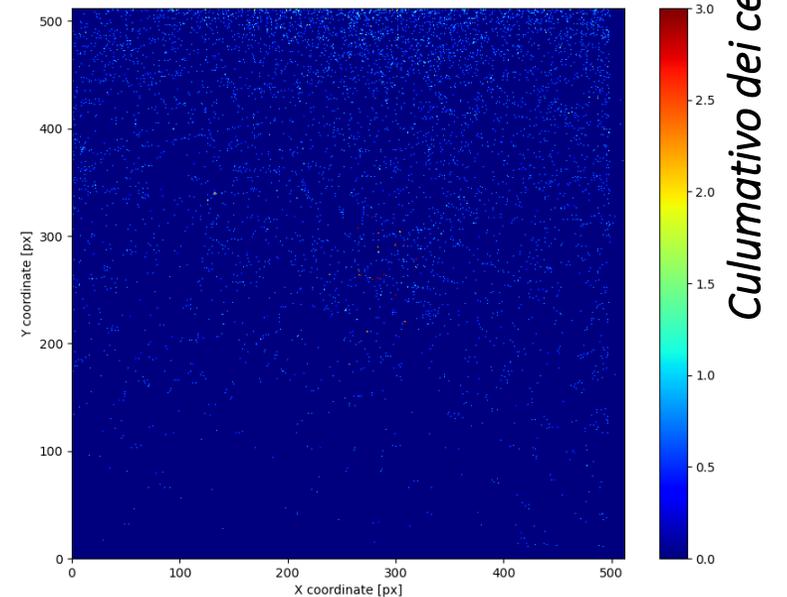
Nonostante il detector abbia funzionato col campo residuo della prima GEM, si potuto verificare l'effetto della presenza del target rispetto al fondo.

I dati presi andranno valutati attentamente viste le condizioni operative insolite legate probabilmente alla tensione del drift.

con bersaglio di LiF



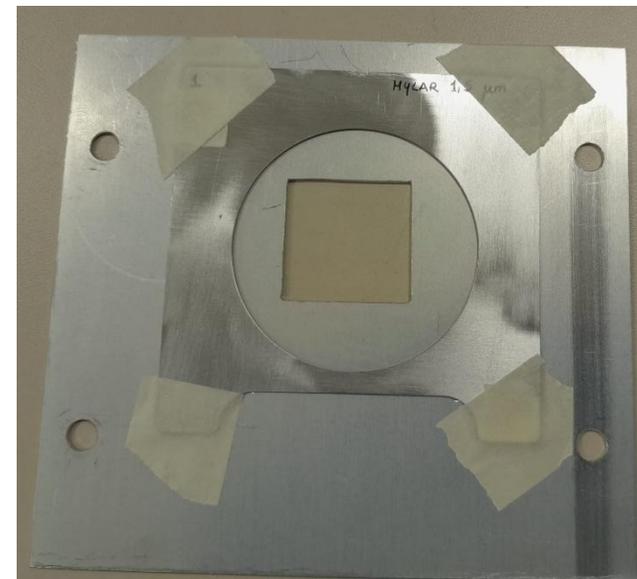
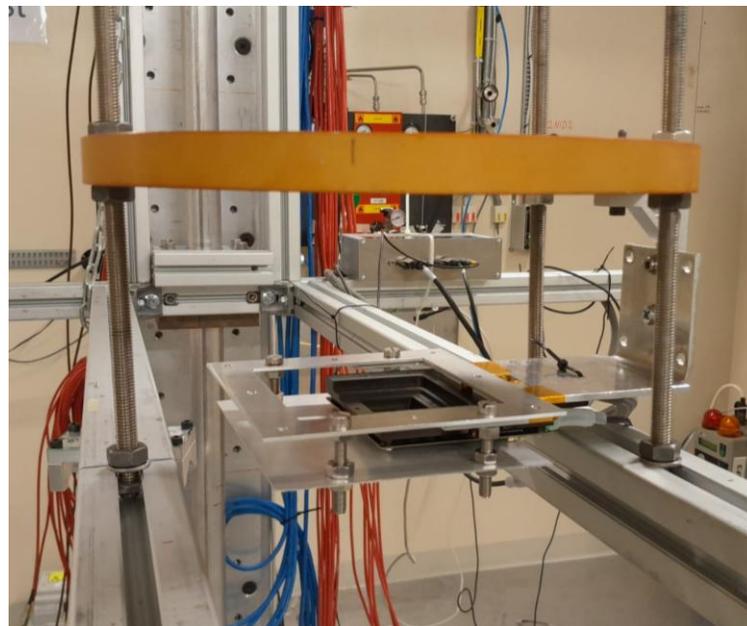
senza bersaglio di LiF



Primi risultati col QUAD TPX3 in EAR2 (31 Ottobre – 11 Novembre 2024)



Il QUAD è stato posizionato a circa 3 m dal pavimento dopo il rivelatore anulare in EAR2.

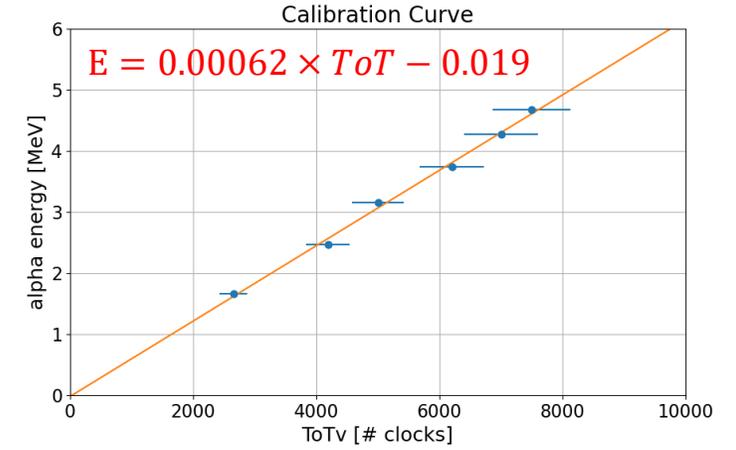
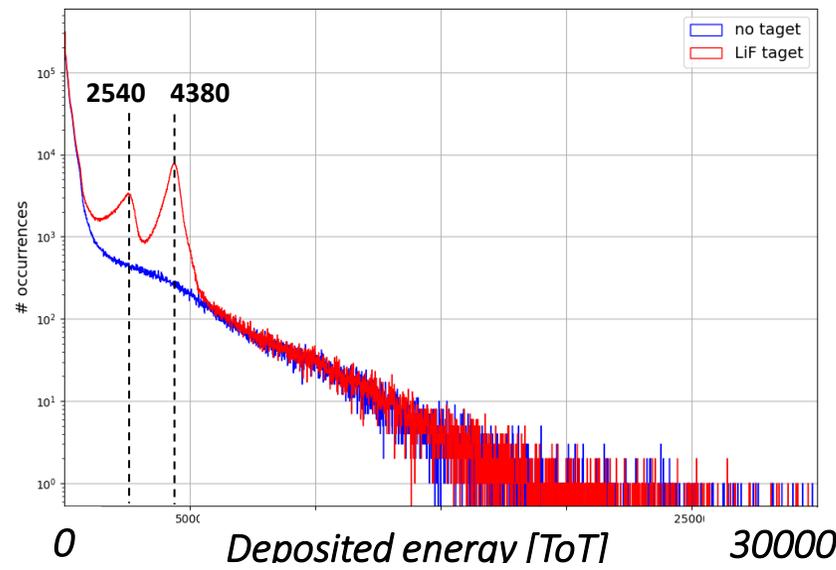
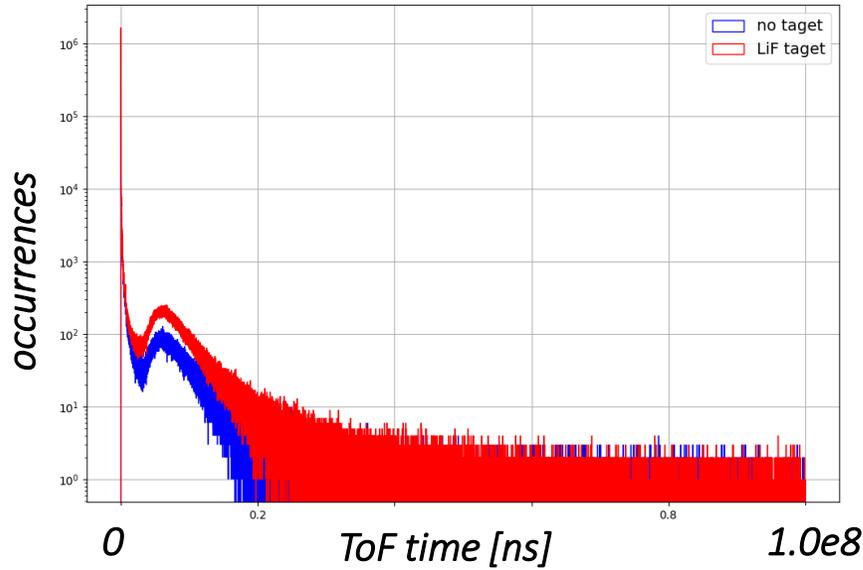


Il test è stato effettuato utilizzando campioni di mylar ($1.6 \mu\text{m}$) depositati con LiF arricchito al 95% di ^6Li ($100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) spesso 400 nm .

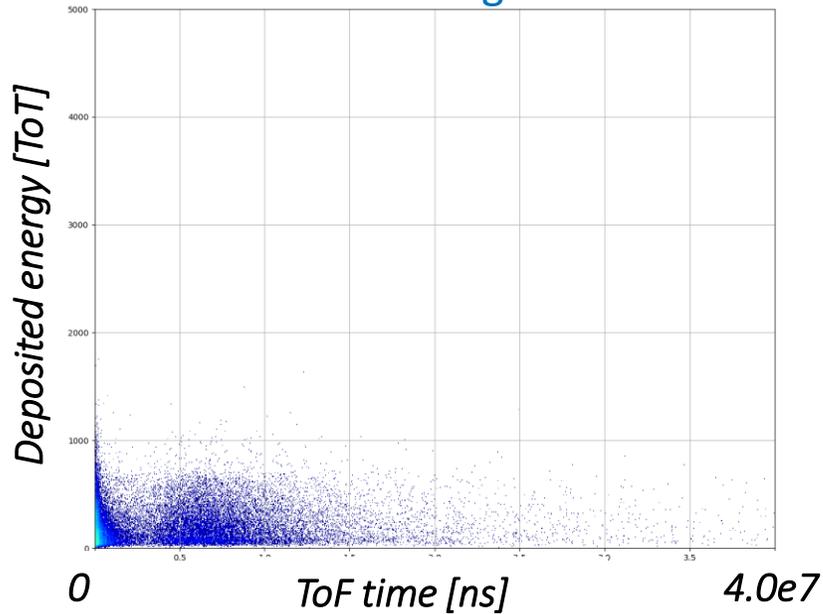
Il corretto funzionamento del QUAD si è ottenuto applicando un delay hardware di $2.5 \mu\text{s}$ rispetto al gamma flash e decentrando il detector rispetto al fascio.

Primi risultati col QUAD TPX3 in EAR2 (31 Ottobre – 11 Novembre 2024)

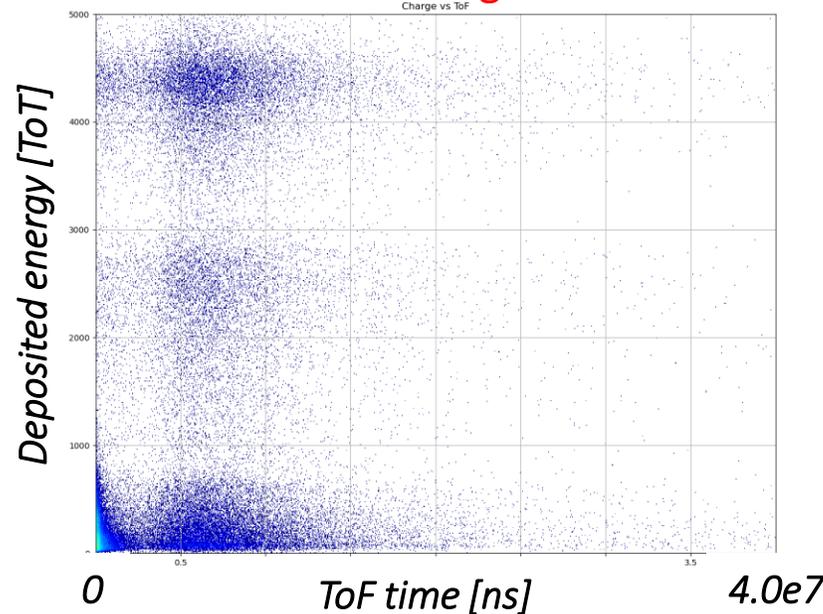
4000 Triggers, campione di LiF su tutta la superficie



senza LiF target



con LiF target



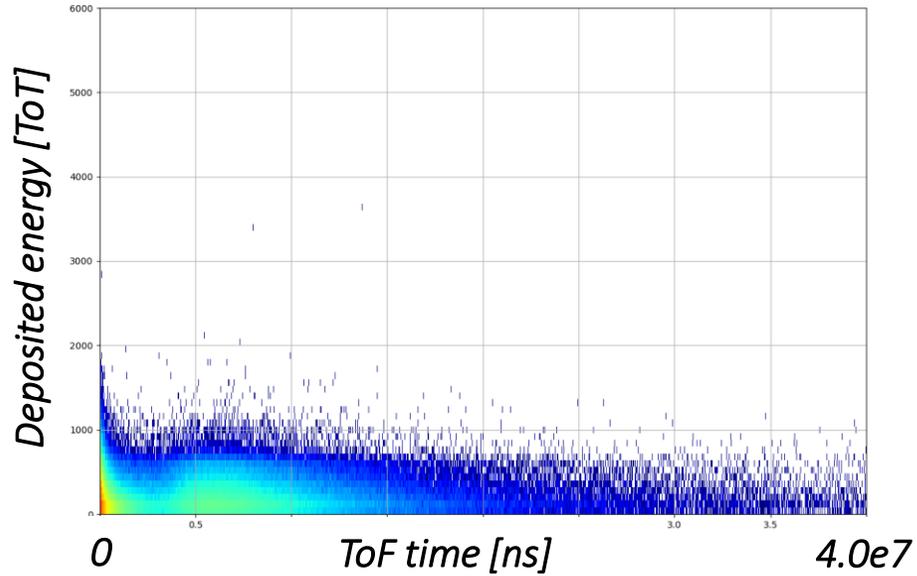
Si evidenzia chiaramente la presenza dei contributi di alfa e tritoni dovuti al LiF

In più, applicando la retta di calibrations, i valore delle energie stimate in corrispondenza dei picchi risultano sono circa 1.5 e 2.7 MeV, compatibili con le energie dei prodotti del ${}^6\text{Li}$.

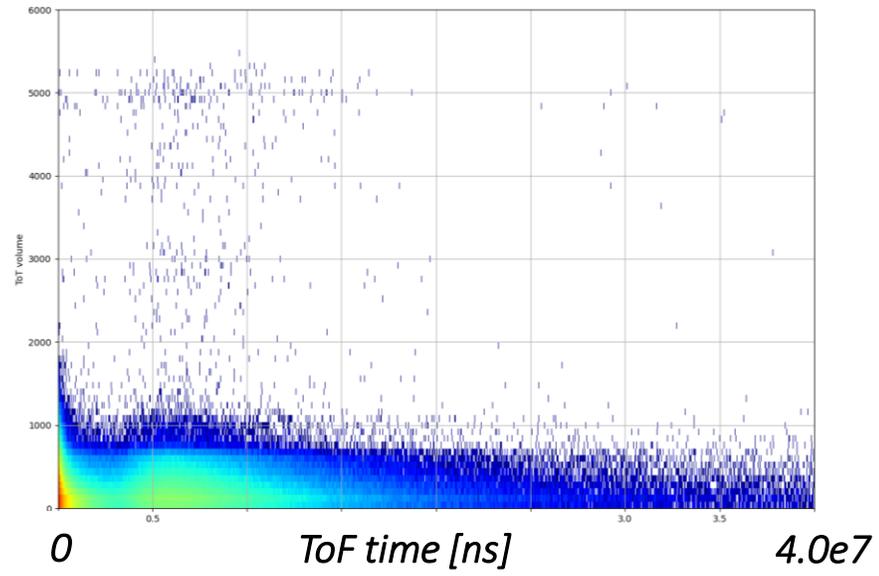
Primi risultati col QUAD TPX3 in EAR2 (31 Ottobre – 11 Novembre 2024)

7000 Triggers, campione di LiF su area circolare da 3 mm

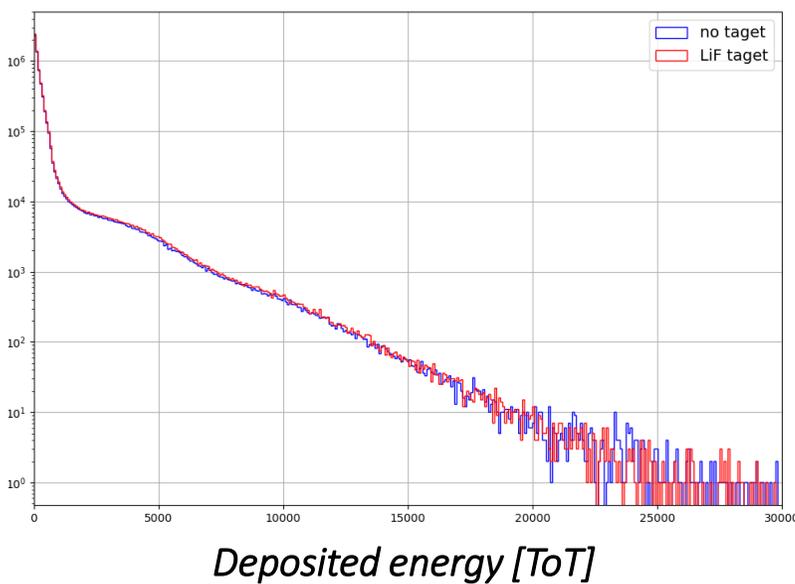
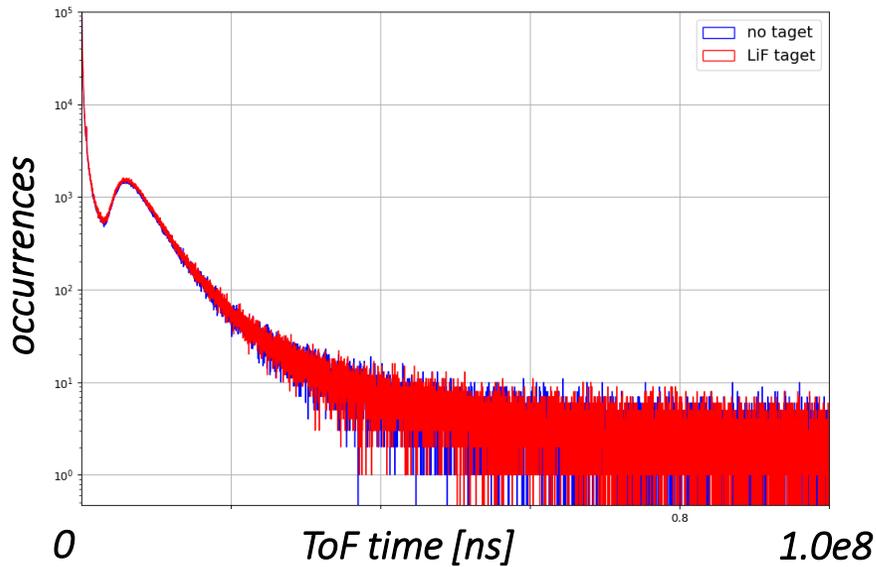
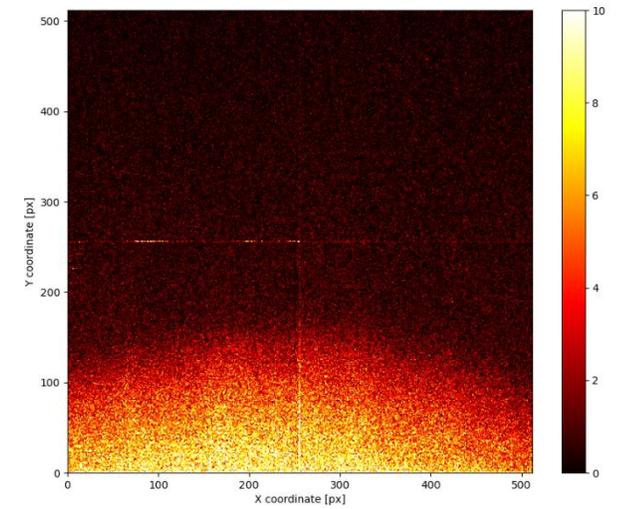
senza LiF target



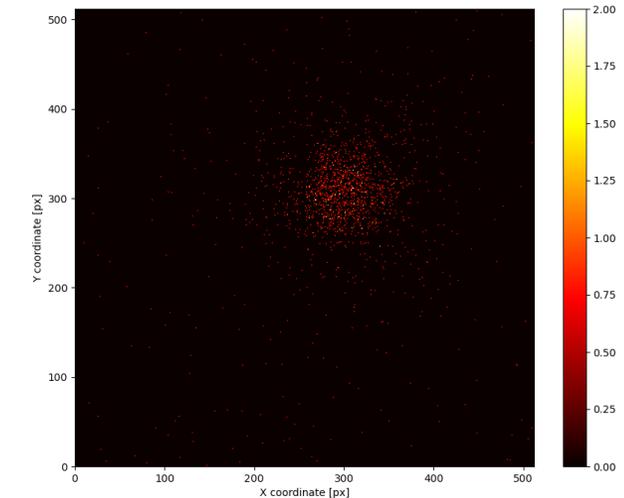
con LiF target



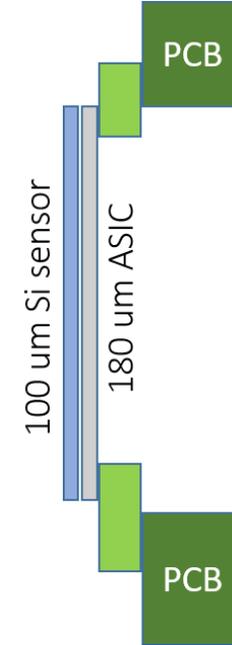
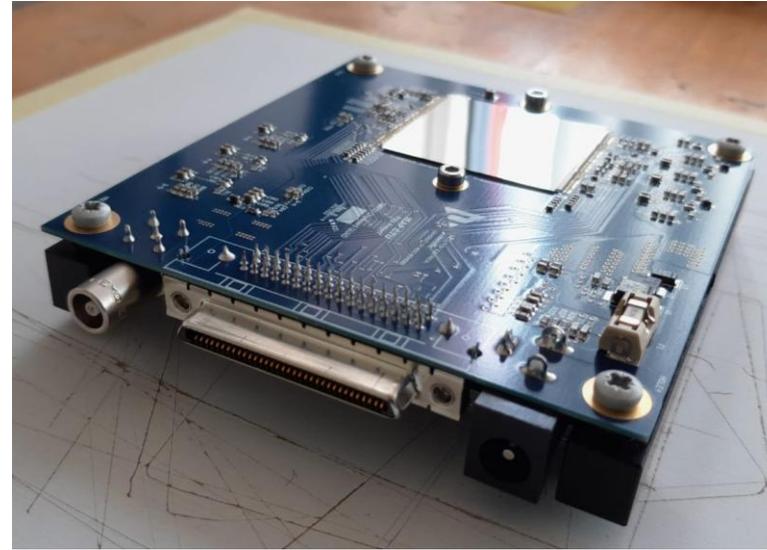
Cumulativo centroidi tracce



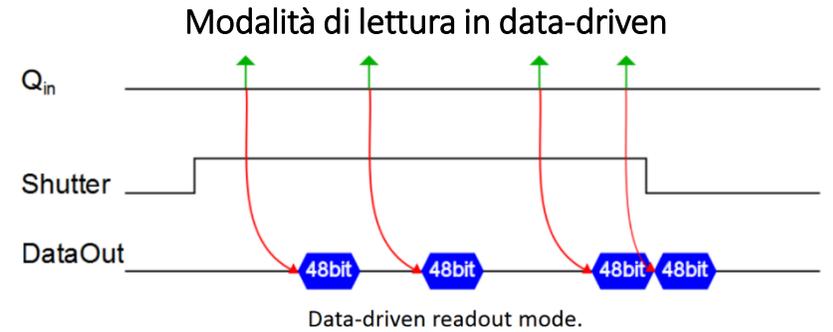
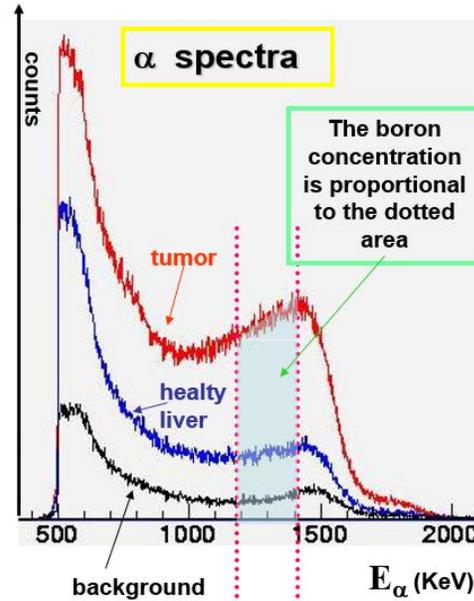
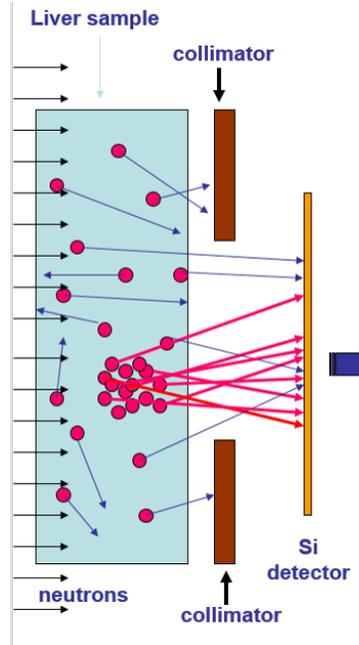
Cumulativo centroidi tracce



QUAD TIMEPIX3 CON SILICIO DA 100 μm per misure di concentrazione di Boro su tessuti per BNCT



Al momento si dispone di un QUAD Timepix3 con Si da 100 μm , il quad è stato montato su una scheda "forata" per cui si riduce l'effetto del background proveniente dal PCB



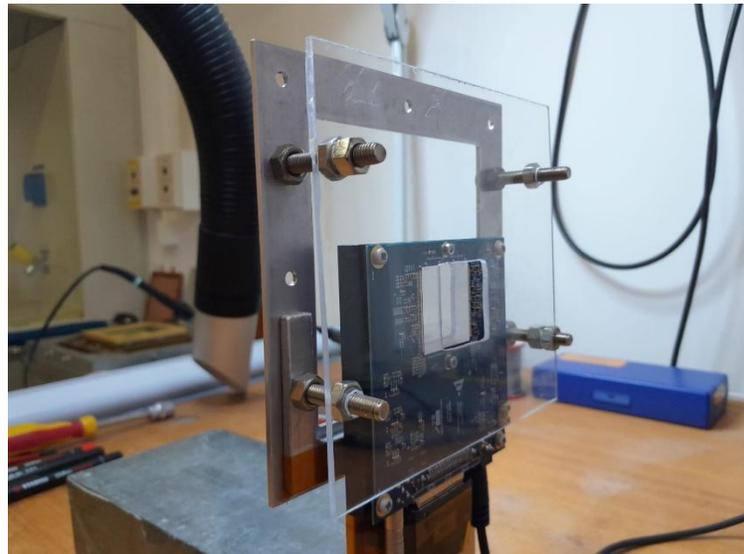
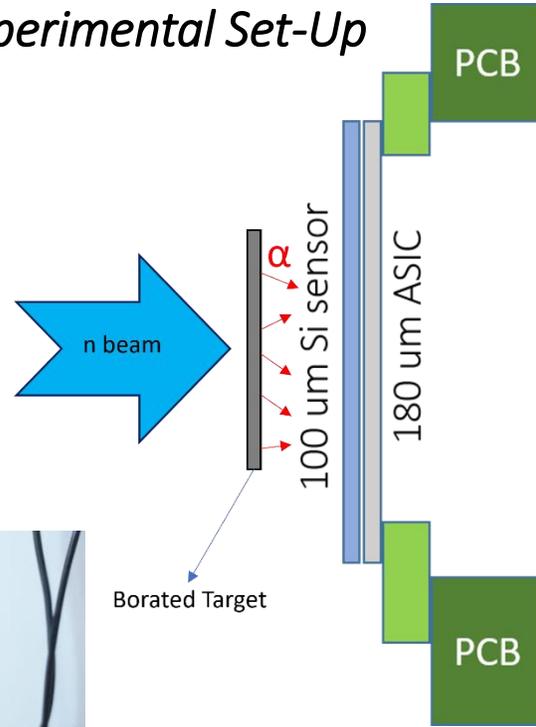
Il Timepix3 può acquisire *simultaneamente* in:

- ✓ Counting (medipix mode)
- ✓ Carica (Time over Threshold mode)
- ✓ Tempo (Time of Arrival mode), risoluzione 1.6 ns

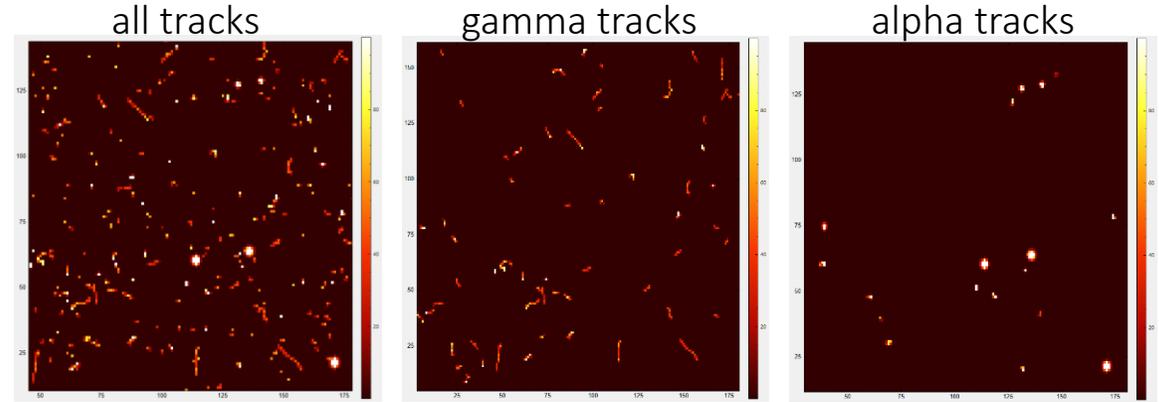
QUAD TIMEPIX3 CON SILICIO DA 100 μm per misure di concentrazione di Boro su tessuti per BNCT



Experimental Set-Up



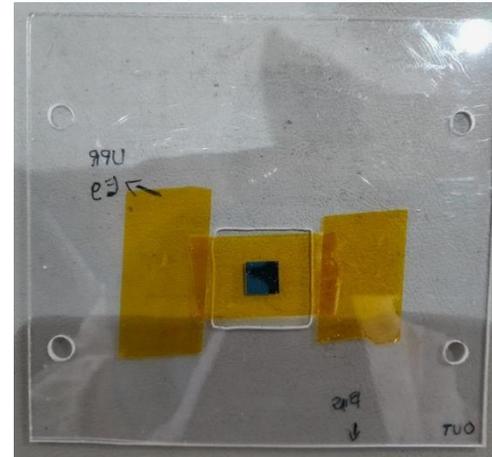
NIST SAMPLE
(10^{15} atoms/cm²)



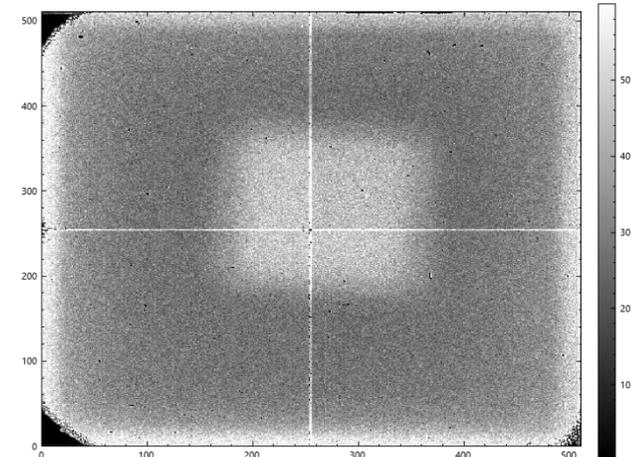
Analisi di traccia e imaging

Applicando un taglio sui parametri morfologici e sulla carica, è possibile identificare le tracce da particelle alfa. Selezionando le particelle alfa con energia minore di circa 0.8 MeV, è stato possibile realizzare una immagine del campione certificato NIST, plottando il cumulative dei centroidi delle tracce così selezionate

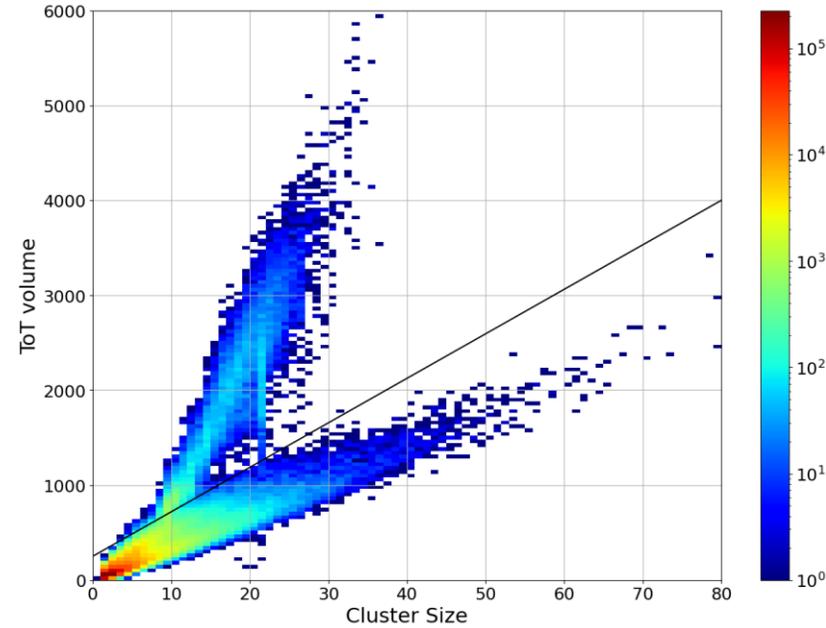
Kapton support with nist samples



n beam with nist sample

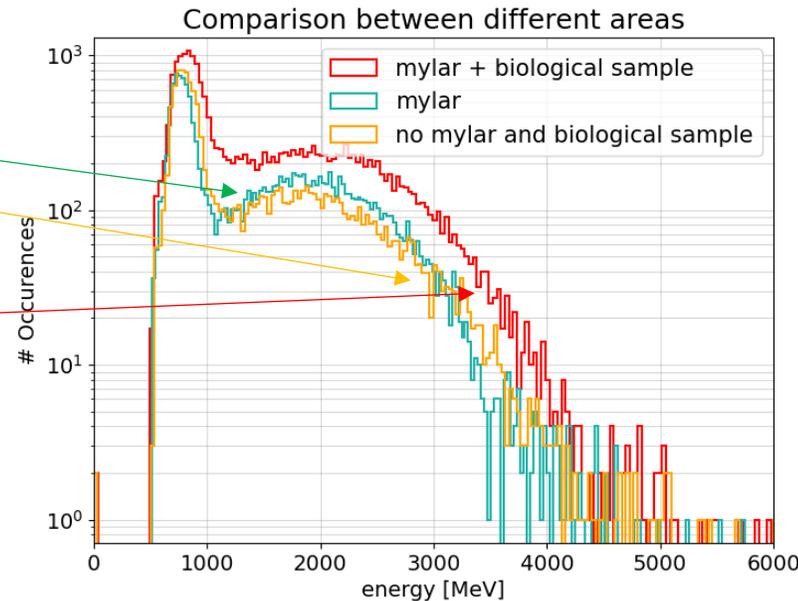
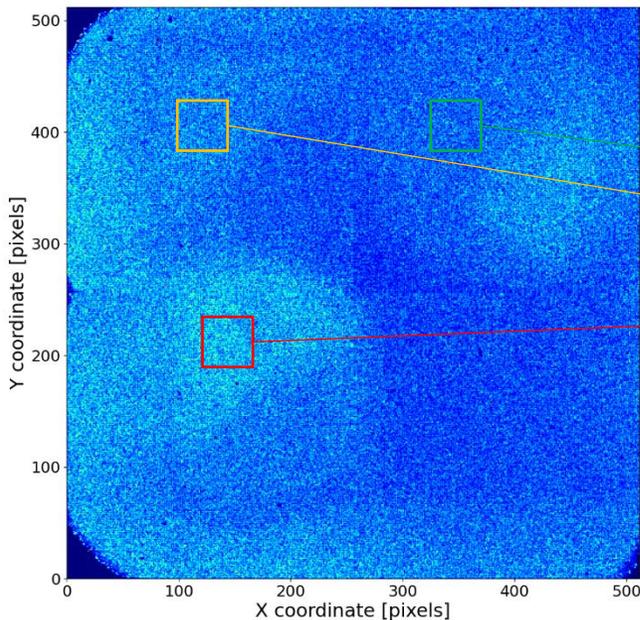


QUAD TPX3 CON SILICIO DA 100 μm per misure di concentrazione di Boro su tessuti per BNCT (Aprile 2024)



Selezionando le tracce con $CS > 5$, è stato possibile individuare nel piano ToT vs CS un semipiano dove si osserva chiaramente il contributo di protoni, alfa e ioni dal background dovuto soprattutto ai gamma.

L'immagine dei centroidi delle particelle del semipiano "campioni" evidenzia la presenza delle zone ricoperte dai campioni biologici (tessuti di fegato) spessi da 60 a 100 μm e aventi una concentrazione di ^{10}B di 50 ppm.



Il confronto delle distribuzioni di energia rilasciata (in ToT) su 3 diverse aree mostra il contributo dovuto alla presenza del campione. La differenza rispetto all'area col mylar fornisce una misura della concentrazione.

Attività previste per il 2025

- ✓ Le misure effettuate col GEMpix head-on del 2023 verranno validate con ulteriori simulazioni in seguito alle calibrazioni effettuate in laboratorio. Questo permetterà di fornire valori più accurate soprattutto nella misura dell'energia e ottimizzare il modello utilizzato per le misure sui prodotti carichi.
- ✓ Al fine di validare correttamente il GEMpix side-on, sarà necessario ripetere il prima possibile le misure. I test verranno effettuati presso la facility HOTNES dell'ENEA di Frascati (neutroni termici) per poi rifare le misure nella DUMP area appena ci sarà disponibilità.
- ✓ Nel frattempo è in fase di costruzione la nuova camera che ospiterà la scheda quad TPX3. La sua realizzazione è prevista entro la prima metà del 2025.
- ✓ Allo scopo di ottimizzare le misure effettuate col QUAD TPX3 al silicio, stiamo valutando la possibilità di utilizzare quello con spessore da 100 μm che potrebbe lavorare direttamente sul fascio in EAR2. Test effettuati a giugno nel DUMP hanno dimostrato che lavora correttamente sul fascio.
- ✓ In aggiunta QUAD TPX3 stiamo valutando anche la possibilità di utilizzarlo in camera da vuoto in modo da poterlo posizionare fuori fascio senza perdita di efficienza.
- ✓ Le misure presso il LENA di Pavia verranno completate in modo da effettuare una calibrazione in concentrazione con tessuti aventi quantità note di ^{10}B . Il risultato potrebbe essere oggetto di un proposal su n_TOF nell'ambito BNCT e non solo.