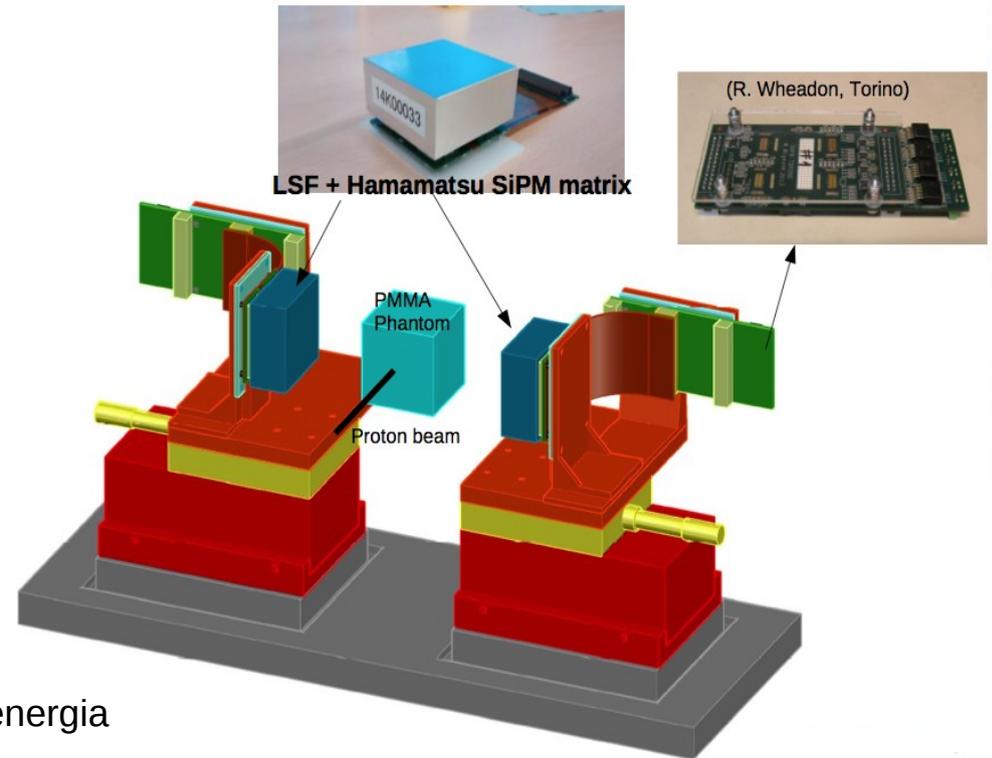


PET 1vs 1 prototype prompt events analysis

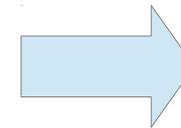
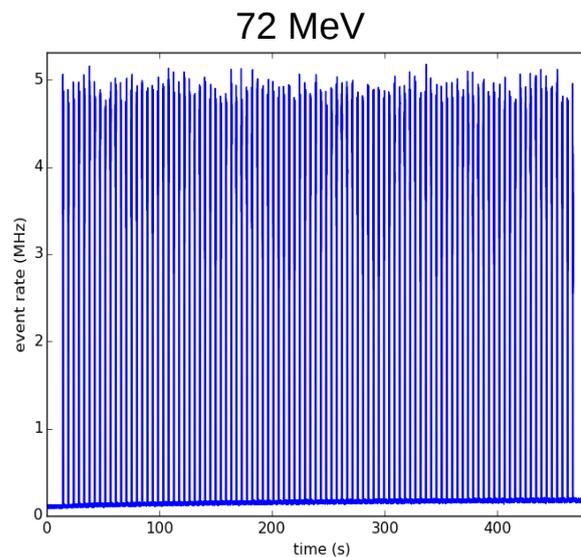
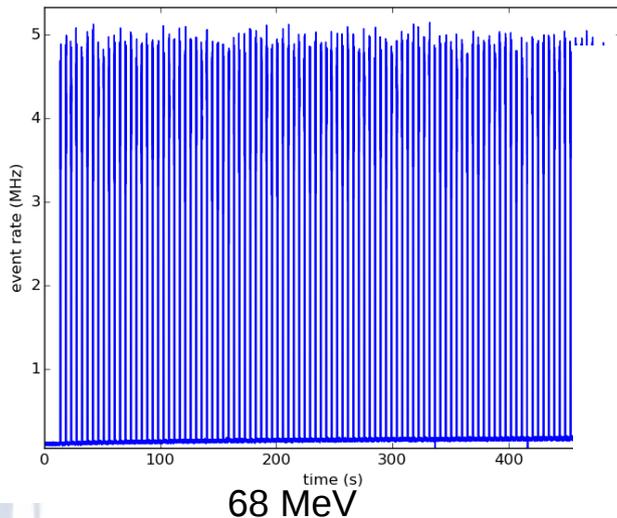
Misure sperimentali

- Proton beam on a PMMA phantom
- Single spot irradiation
- $2e^{11}$ protons
- Proton beam energies:
 - 68 MeV
 - 72 MeV
 - ~~- 84 MeV~~
 - ~~- 100 MeV~~

Problemi del fascio

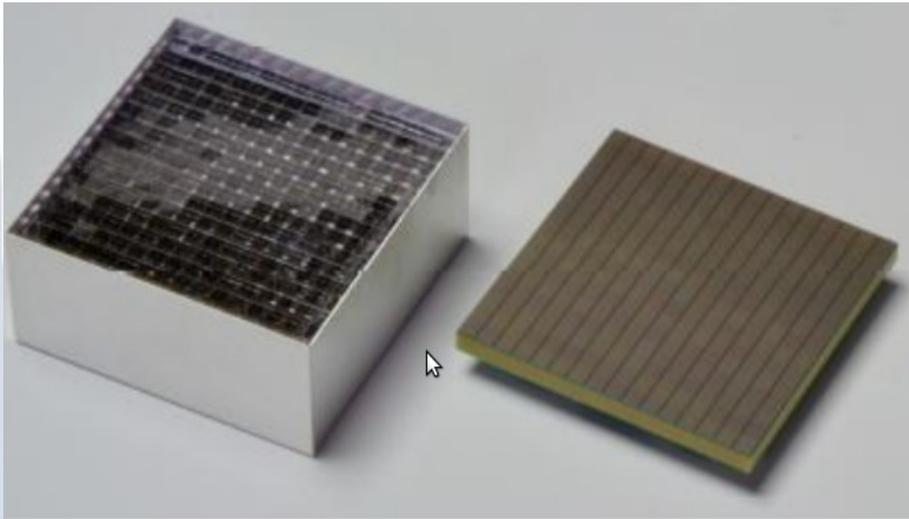


Rate di eventi di singola, nessuna selezione sull'energia



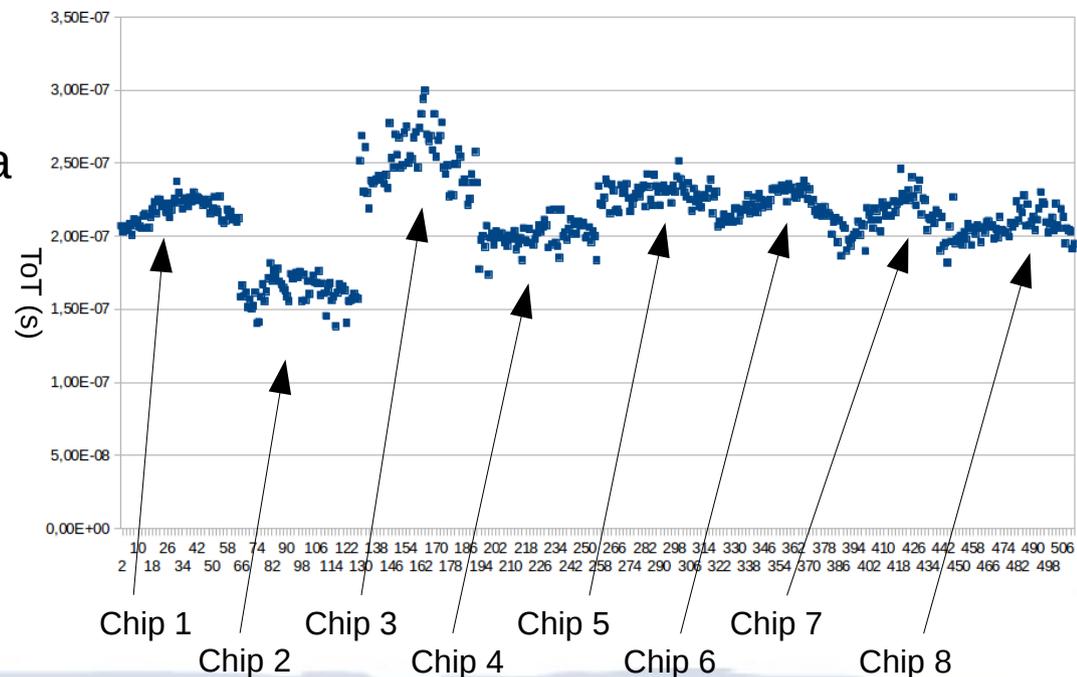
**Suddivisione dei dati
in spill e interspill**

Selezione eventi 511 keV



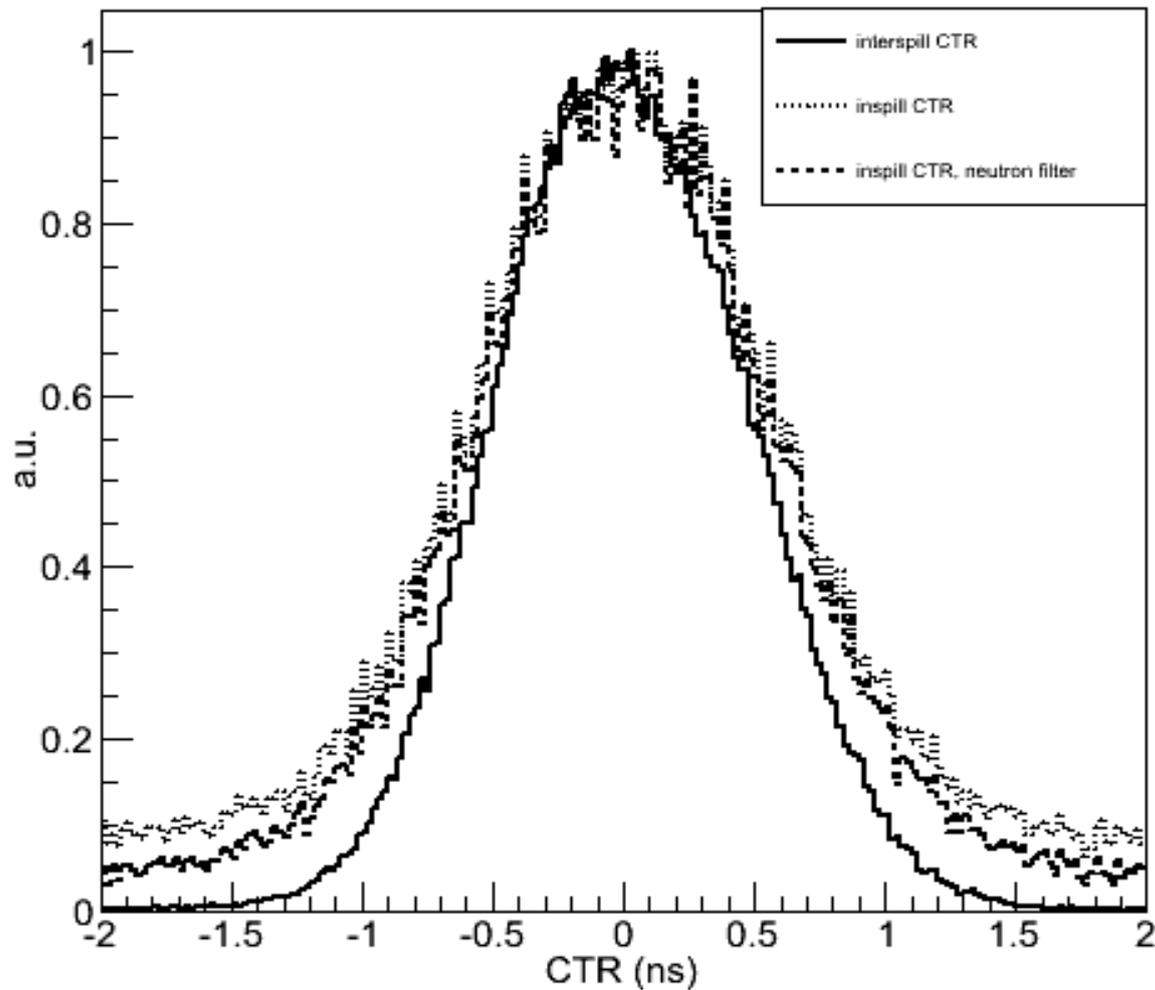
- Ogni modulo è composto da 256 cristalli. Ogni cristallo è accoppiato ad un SiPM.
- La lettura della carica dei SiPMs avviene tramite l'ASIC TOF-PET.
- Per ogni modulo sono necessari 4 ASICs.
- Energia dell'evento rivelato espresso tramite valori di ToT (Time over Threshold).

- Per ogni canale è stato selezionato il fotopicco, individuandone il valor medio e la sigma.
- La selezione è stata fatta sugli eventi interspill, dove era chiaramente visibile il picco relativo ai 511 keV.
- Le coincidenze sono state trovate impostando una finestra sul ToT di 2 sigma intorno al valor medio.



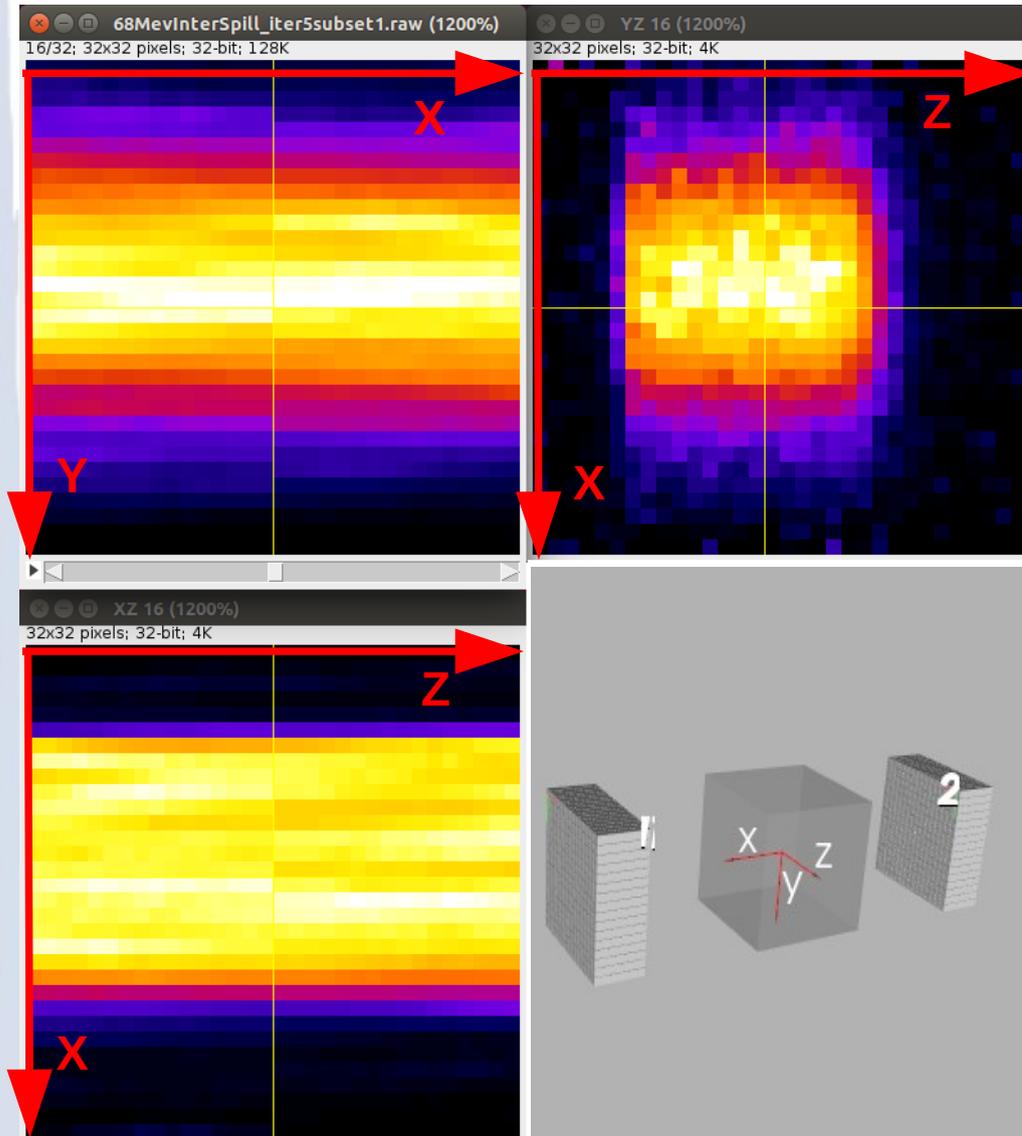
Coincidence Time Resolution (CTR)

(E. Fiorina, F. Pennazio)



	FHWM (ns)	FWTM (ns)
interspill	1.16	1.96
inspill	1.3	3.8

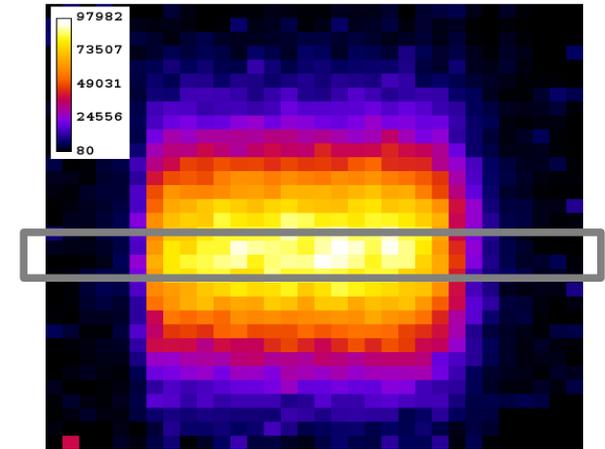
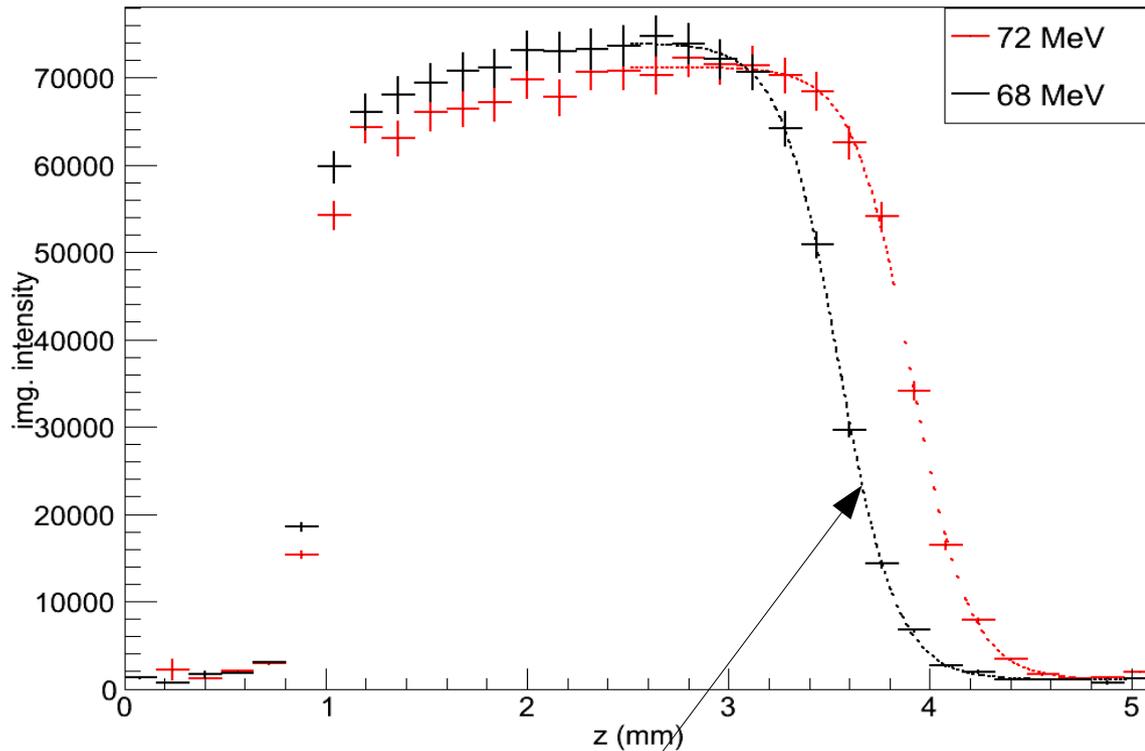
Software di ricostruzione dell' immagine



- Numero di moduli: 2
- Distanza fra i rivelatori: 50 cm
- Numero di cristalli per modulo: 256
- Grandezza singolo cristallo: $3 \times 3 \text{ mm}^2$
- Pitch 3.2 mm
- Dimensione FOV $51.2 \times 51.2 \times 51.2 \text{ mm}^3$
- Voxel size $1.6 \times 1.6 \times 1.6 \text{ mm}^3$
- Model size 102 Mb

Confronto profili di attività interspill

(E. Fiorina, F. Pennazio)



Fit con la funzione sigmoide:

$$i = B + \frac{A - B}{1 + e^{s(z-d)}}$$

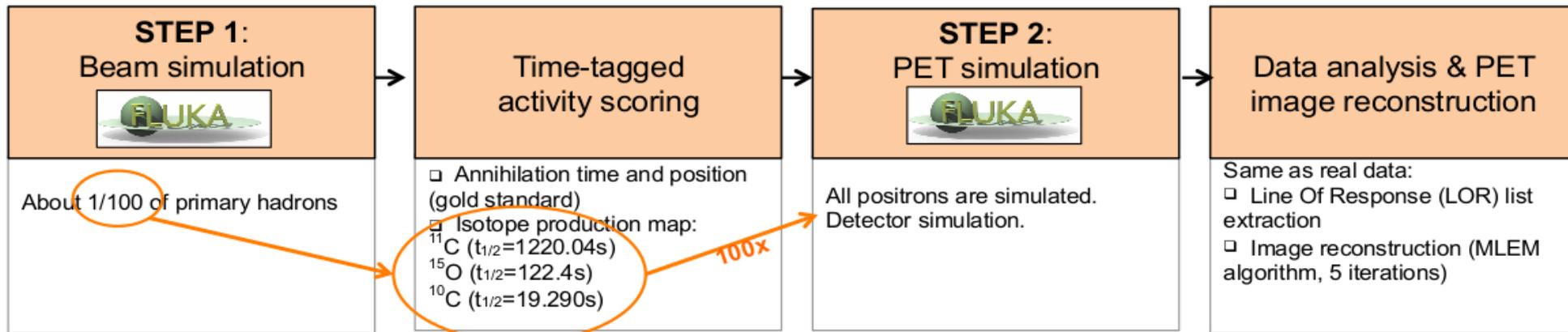
- d è il punto di inflessione.
- $d(E_1) - d(E_2)$ è stata considerata come la differenza nel range profili di attività.



Differenza nei profili di attività: **3.61 ± 0.1 mm**
 Ottimo accordo con il valore calcolato tramite il database NIST: **3.64 mm**

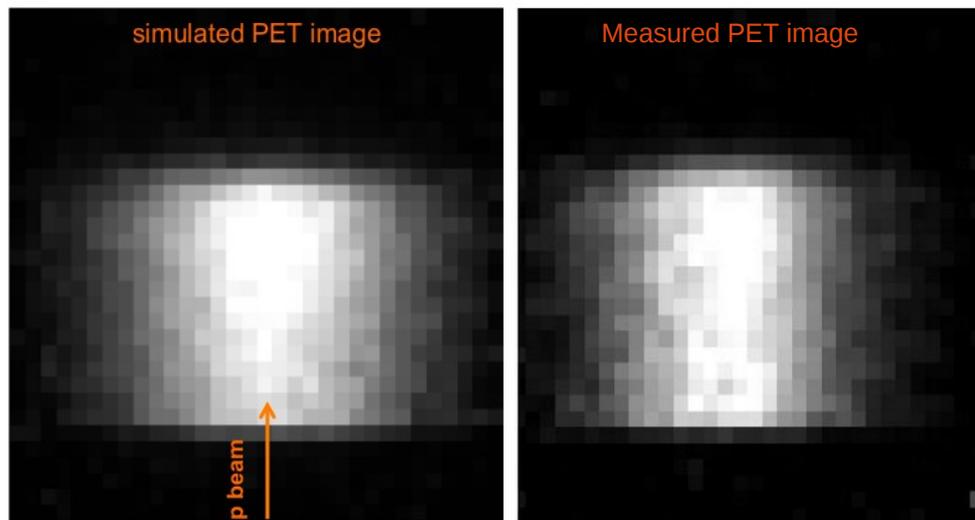
Simulazioni MC interspill

(E. Fiorina, F. Pennazio)

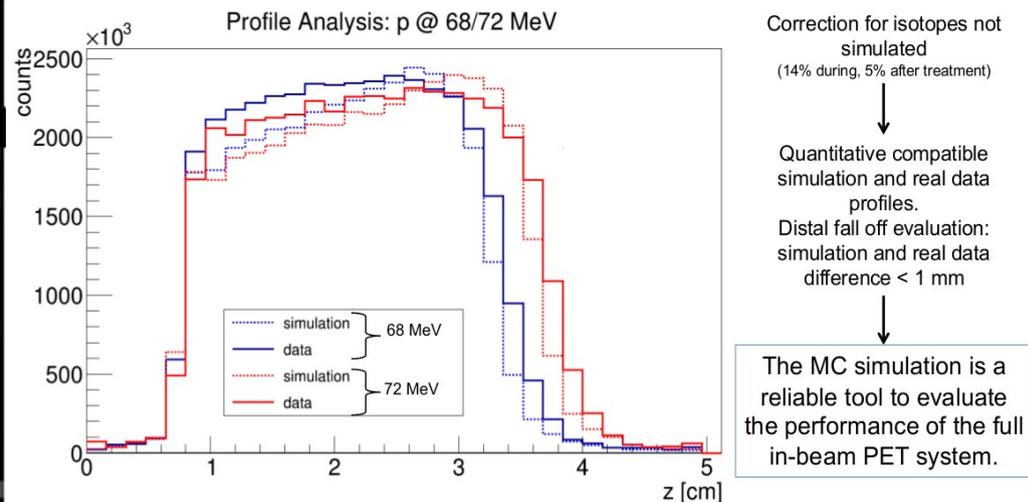


1) Creazione della mappa di attività interspill dei tre radioisotopi principali, nella configurazione sperimentale.

2) Simulazione del rivelatore e ricostruzione dell'immagine Monte Carlo. La sorgente di radiazione è la mappa di attività dei radioisotopi creata prima.



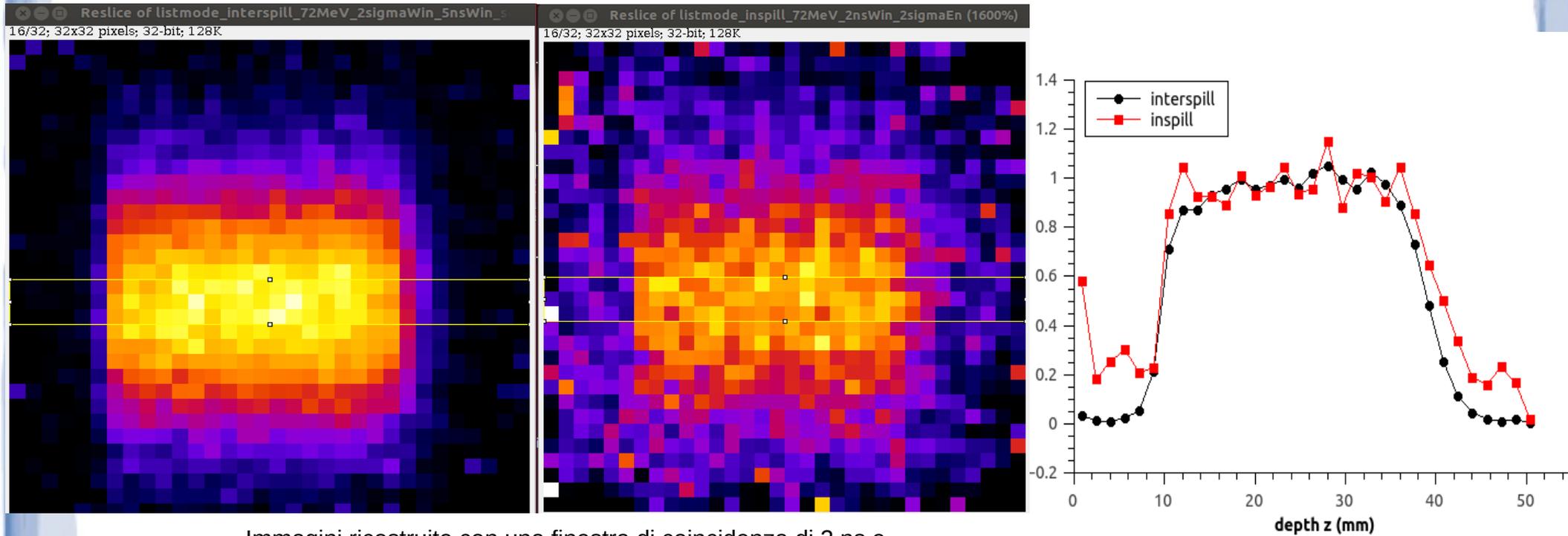
Immagini ricostruite con una finestra di coincidenza di 2 ns e una finestra energetica di 2 sigma intorno al fotopicco.



Confronto profili di attività: protoni 72 MeV

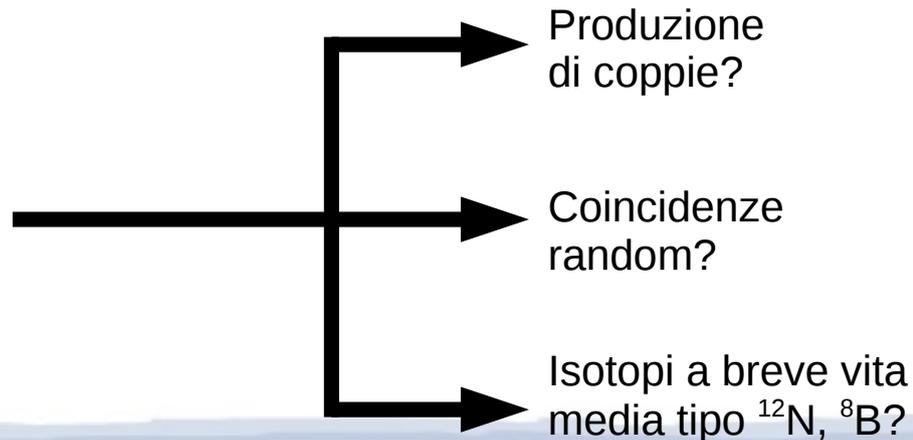
Interspill

Inspill

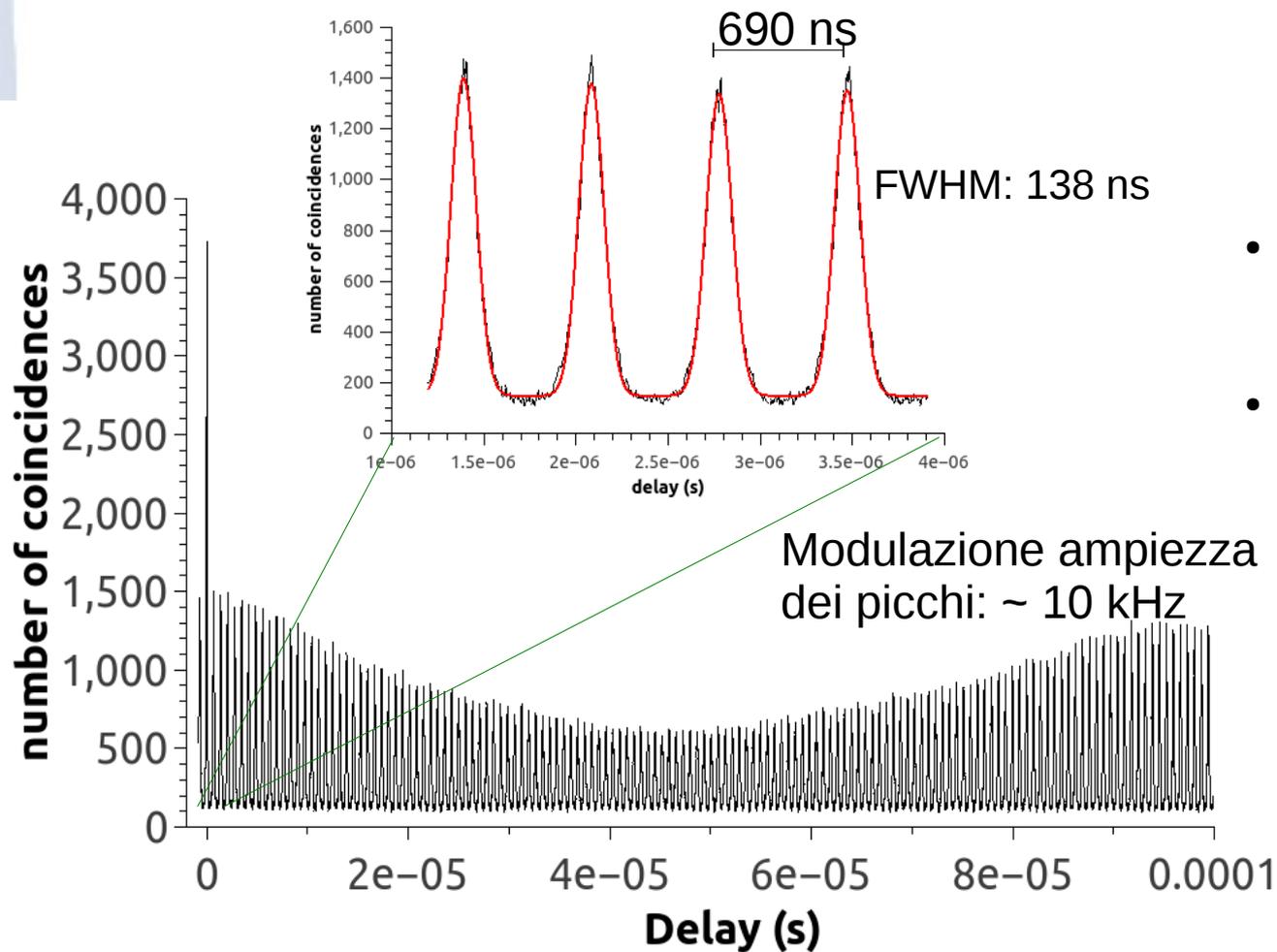


Immagini ricostruite con una finestra di coincidenza di 2 ns e una finestra energetica di 2 sigma intorno al fotopicco.

A cosa sono dovuti gli eventi intorno alla zona irraggiata?



Analisi dati inspill: coincidenze random

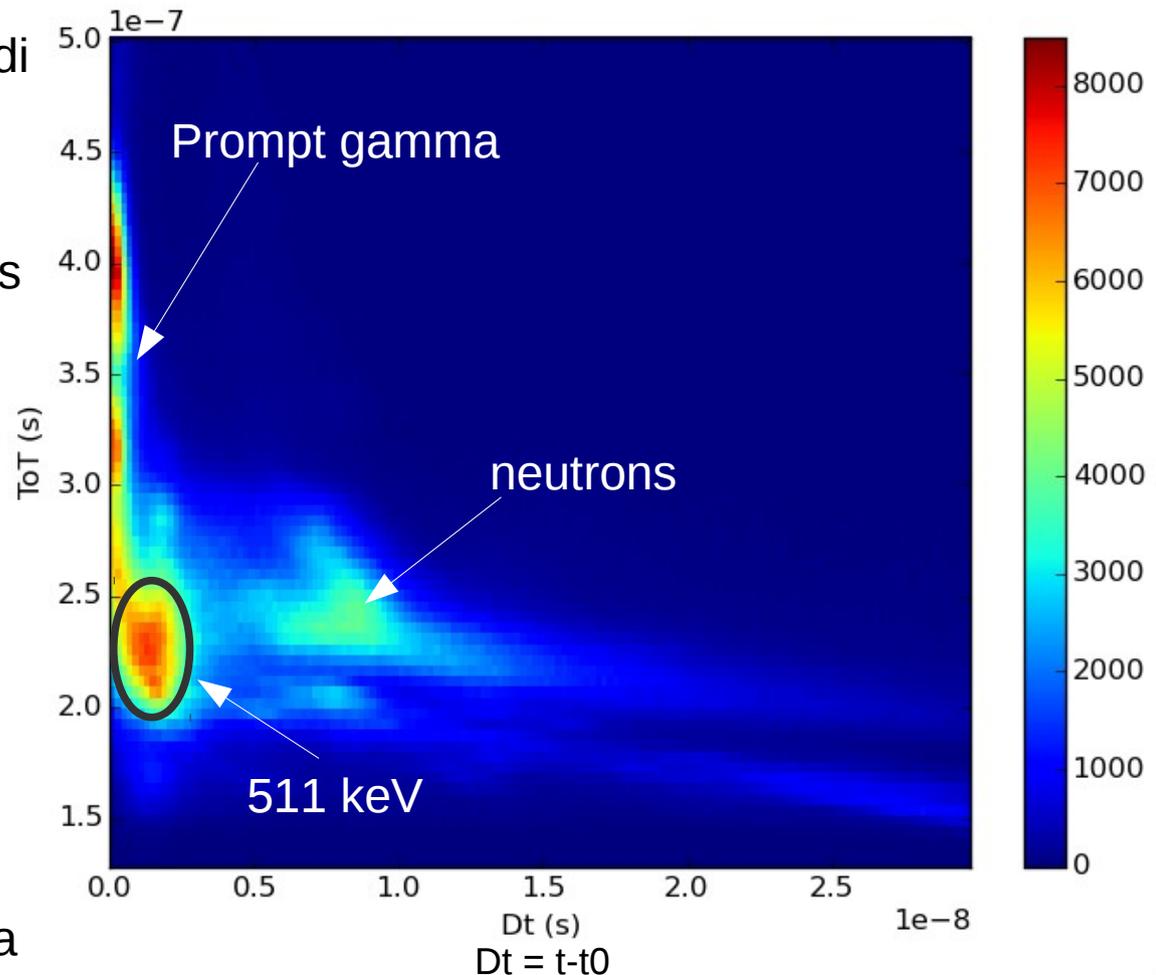


- 690 ns : periodo di accelerazione (RF accelerator frequency)
- 10 kHz: dovuto a tecniche di omogeneizzazione del fascio

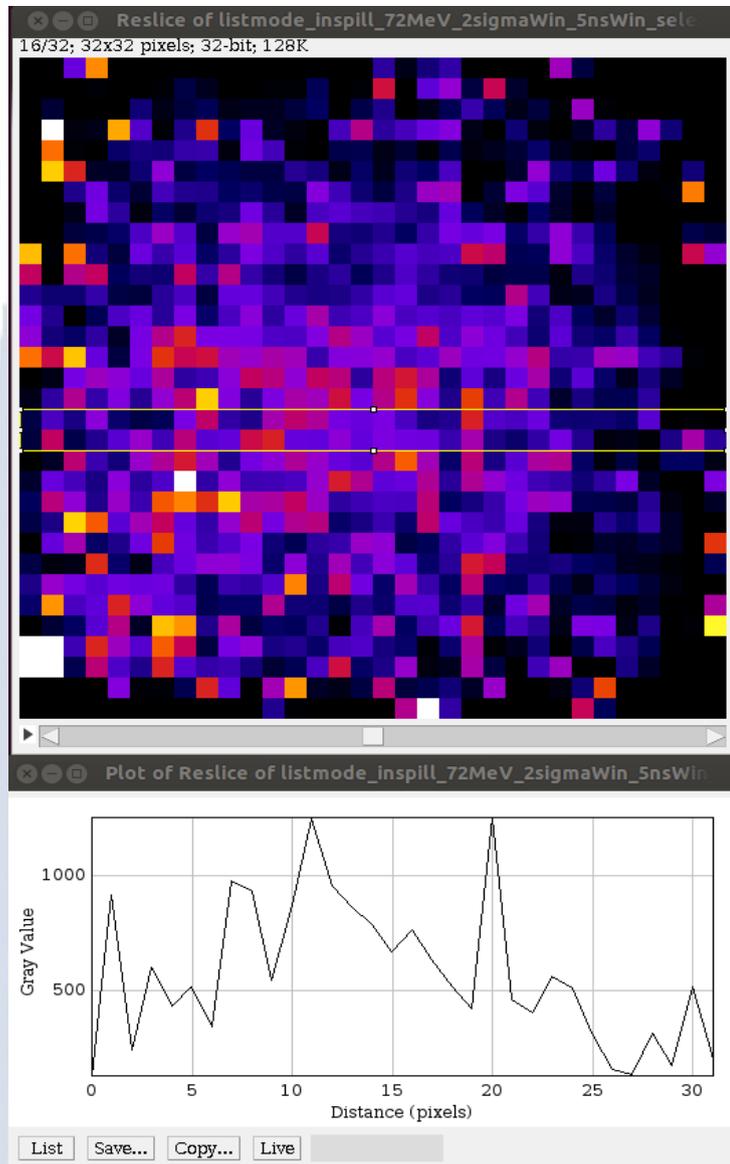
Analisi dati inspill: normalizzazione tempi di rivelazione

- Prompt gamma emessi durante il bunch sono di alta energia, cioè ToT maggiore di 300 ns (circa)
- Inizio primo bunch: tempo assoluto t del primo evento con ToT maggiore di 300 ns
→ $t_0 = t$
- Inizio secondo bunch: quando un evento di alta energia ha $t - t_0 > 590$ ns
- t_0 viene aggiornato al nuovo t e così via

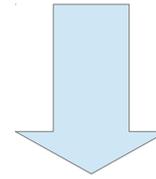
Ovviamente una normalizzazione dei tempi così fatta non è precisa, però il grafico dell'energia Vs tempo di volo è coerente con i dati di letteratura, quindi la normalizzazione non è totalmente a caso.



Selezione degli eventi di annichilazione: pausa fra due bunches



- Nel bunch ci sono prompt gamma e neutroni che possono creare coincidenze random e quindi rendere l'immagine più rumorosa

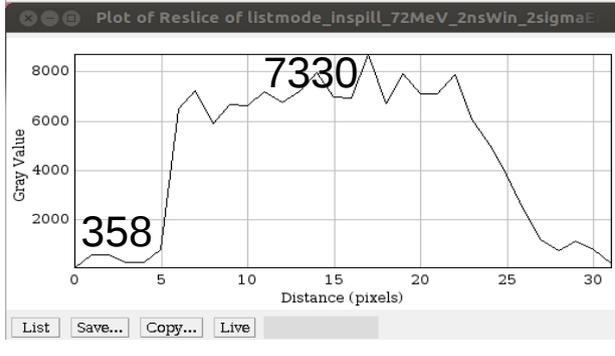
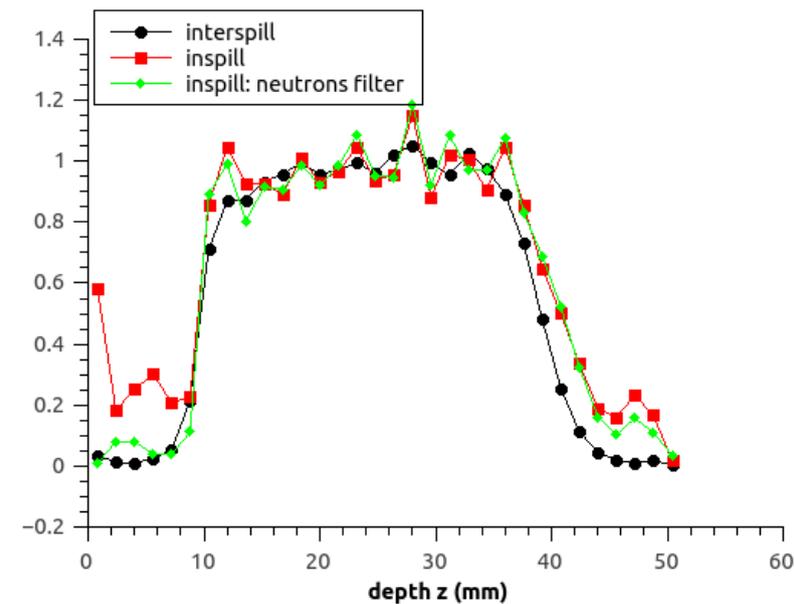
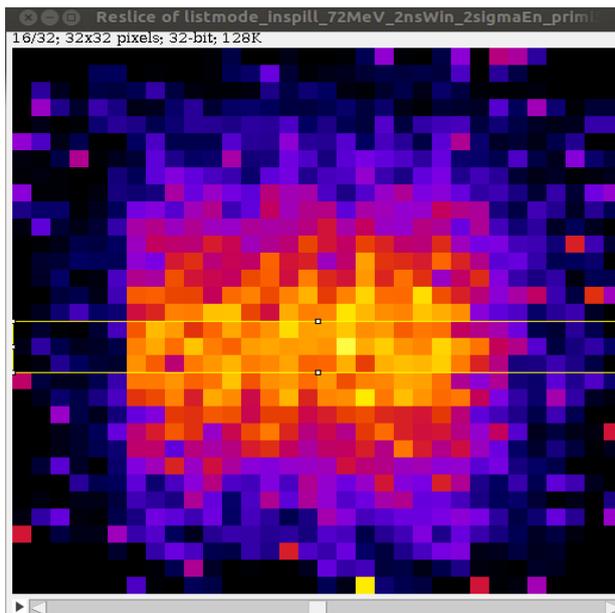
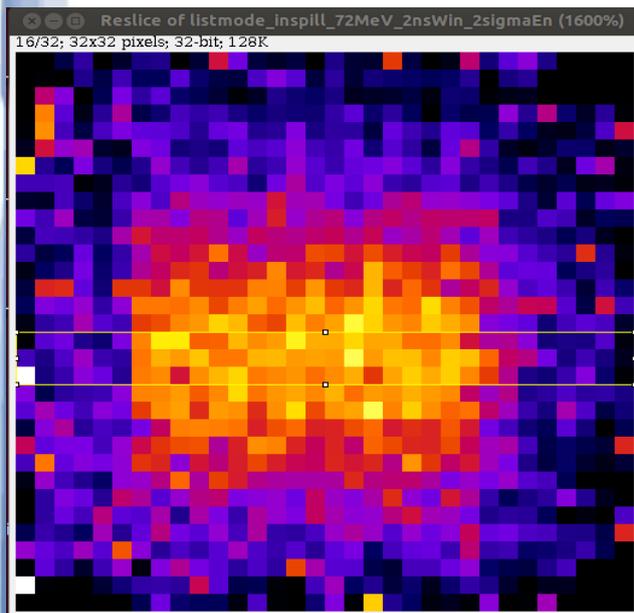


- Selezioniamo gli eventi al di fuori del bunch, cioè fra 15 ns e 590 ns:
4400 coincidenze rispetto ai 33500 totali, come è possibile? Dopo il bunch il nostro sistema è paralizzato e quindi non acquisisce?

Selezione degli eventi di annichilazione: sottrazione neutroni

Tutti gli eventi

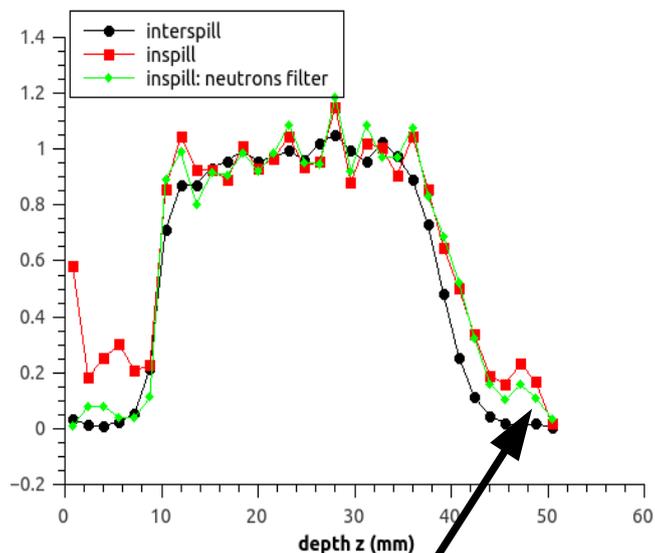
Senza neutroni
(trascurando gli eventi da 5 ns a 15 ns)



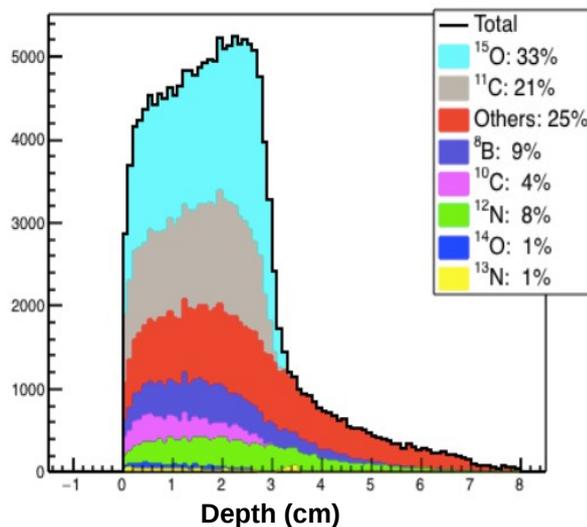
Simulazioni MC inspill

(A. Kraan, FLUKA code)

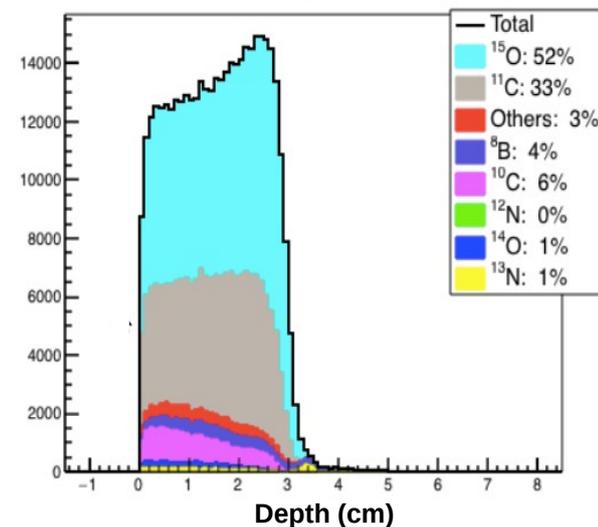
Capire l'effetto del positron range degli isotopi a breve emivita e della produzione di coppie, rispetto ai decadimenti di ^{15}O e ^{11}C



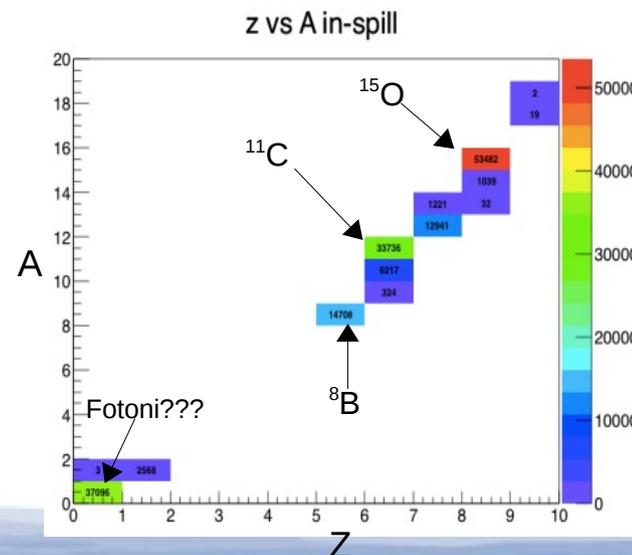
In-spill contribution: $t = [0, 500 \text{ s}]$



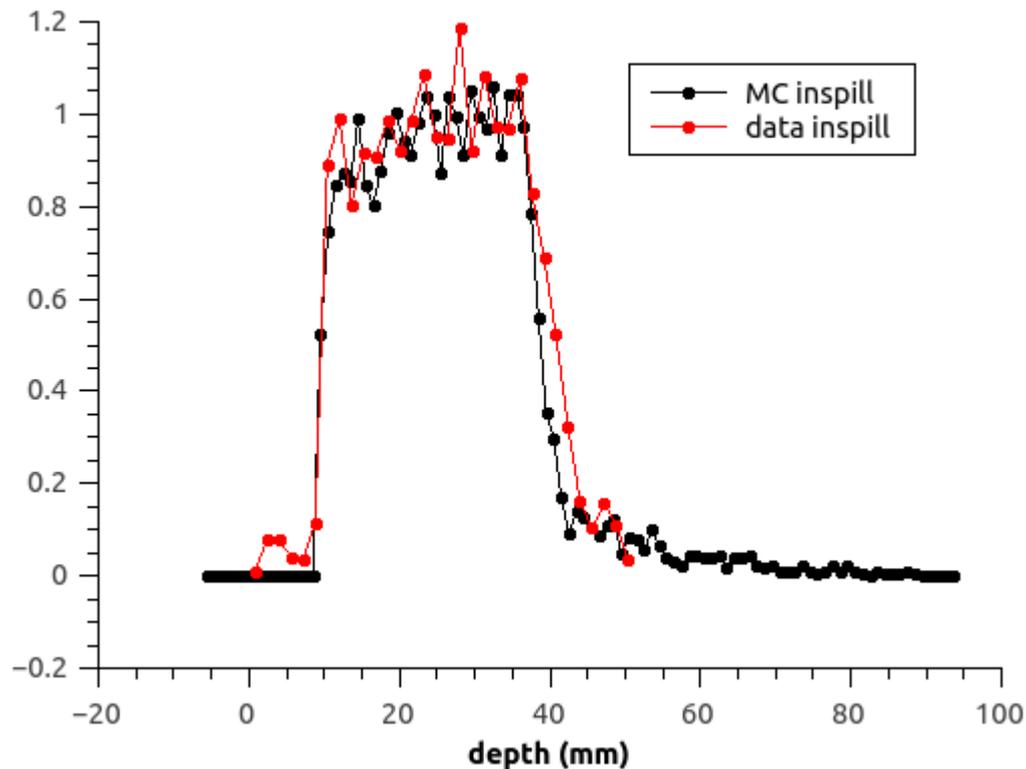
Intra-spill contribution: $t = [0, 500 \text{ s}]$



- A quanto pare la coda più lunga è dovuta principalmente all'effetto di "Others".
- "Others" dovrebbero essere le annichilazioni provenienti dalla produzione di coppie, come mostra il grafico A vs Z...



Confronto profili inspill dati sperimentali con Monte Carlo



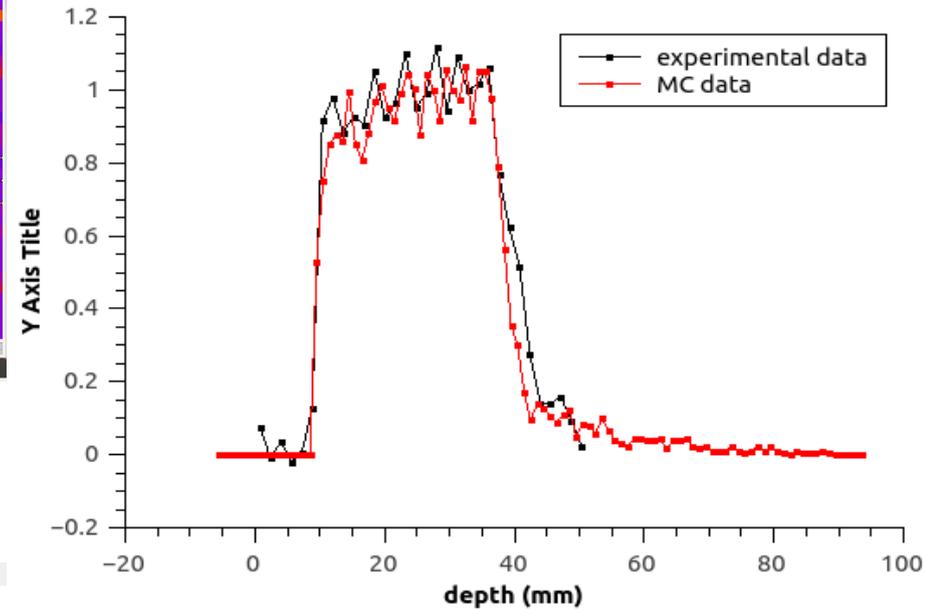
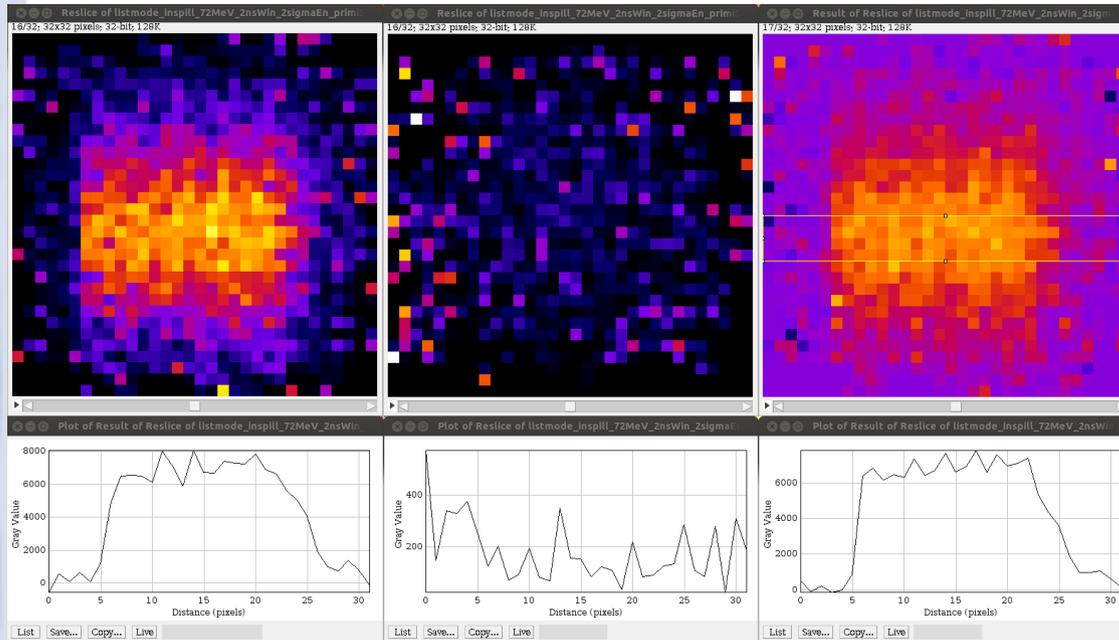
- La coda più lunga viene riprodotta in modo soddisfacente nei dati sperimentali
- Lunghezza profilo sperimentale più lungo di circa 2 mm. Come mai? Random?

Profilo inspill con sottrazione dell'immagine delle random

Immagine originale

Immagine delle coincidenze random

Immagine originale - random



Conclusioni

- Il sistema ha funzionato in modo stabile durante l'acquisizione
- E' stato possibile ricostruire un'immagine con i soli dati in spill
- I profili di attività, sia interspill che in spill, sono coerenti con le simulazioni Monte Carlo
- Il sistema ha le potenzialità per selezionare gli eventi all'interno dello spill in modo da diminuire il contributo delle coincidenze casuali e quindi migliorare la qualità dell'immagine.