

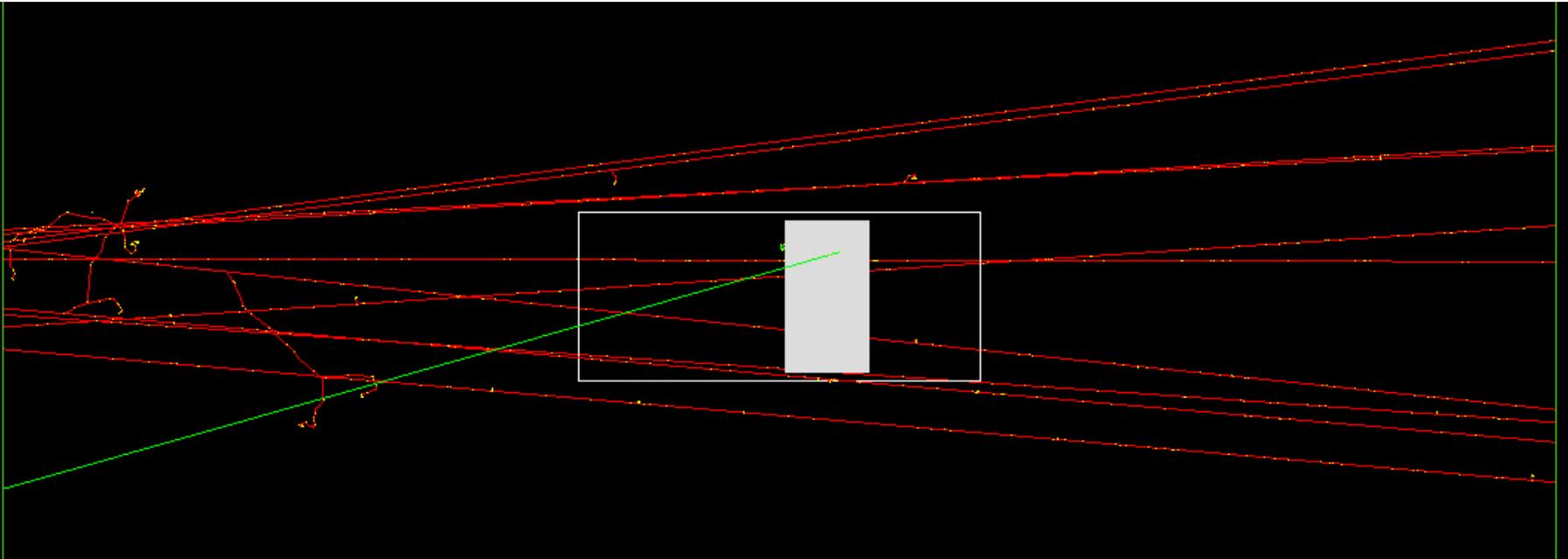
# **Studio di ottimizzazione della geometria del rivelatore MU-RAY**

# Outline

- Geometria implementata nella simulazione Geant4
- Schematizzazione del rivelatore con tre e con quattro piani di scintillatori
- Analisi delle discriminanti per i tagli in energia per la geometria a tre piani e per quella a quattro piani
- Selezione del segnale VS reiezione del fondo

# Geometria in Geant4

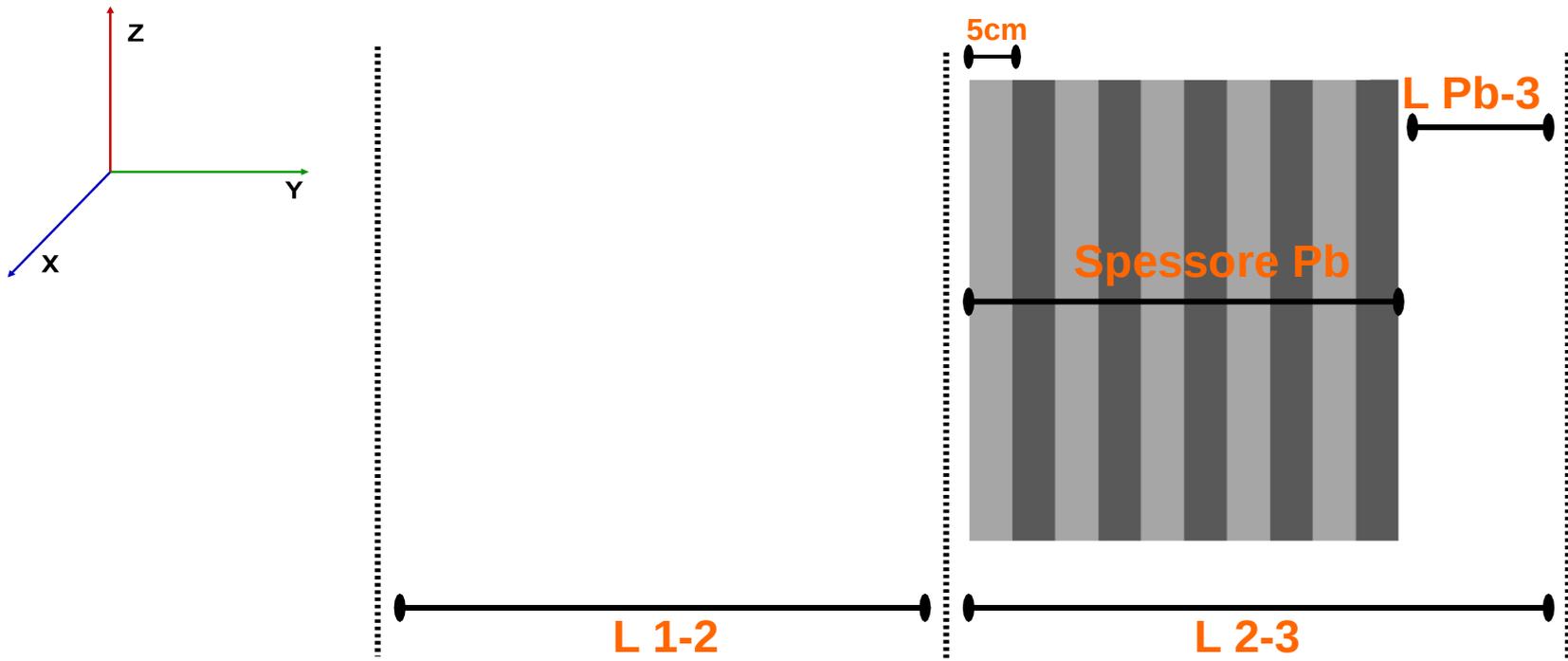
- 10 piani di piombo da 5 cm
- 1'000'000 muoni  $10\text{MeV} < E_\mu < 10\text{GeV}$  in un cono con angolo compreso tra  $-10^\circ$  e  $10^\circ$



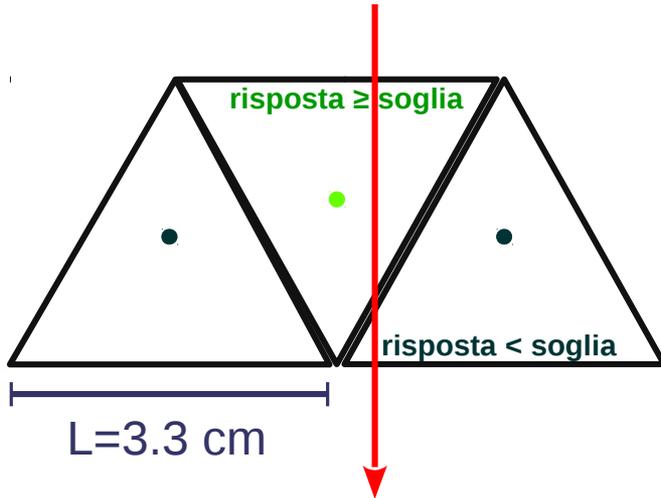
Dati da Geant4: posizione  $(x,y,z)$  e momento  $(p_x, p_y, p_z)$  in entrata e uscita ogni 5 cm di Pb

# Schematizzazione del rivelatore

- Distanza primo-secondo piano ( $L_{1-2}$ )
- Distanza secondo-terzo piano ( $L_{2-3}$ )
- Spessore del piombo
- Distanza tra fine del piombo e il terzo piano ( $L_{Pb-3}$ )



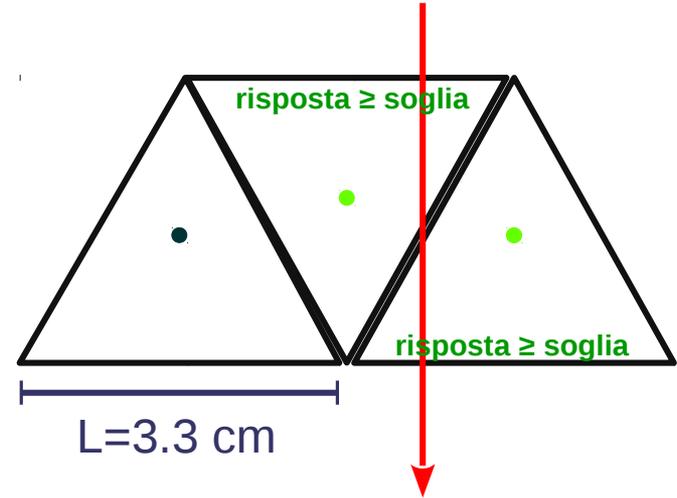
# Risoluzione



x e z estratti da una gaussiana

$\mu =$  posizione della fibra

$$\sigma = \frac{L}{\sqrt{12}}$$



x e z estratti da una gaussiana

$\mu =$  punto medio tra le due fibre

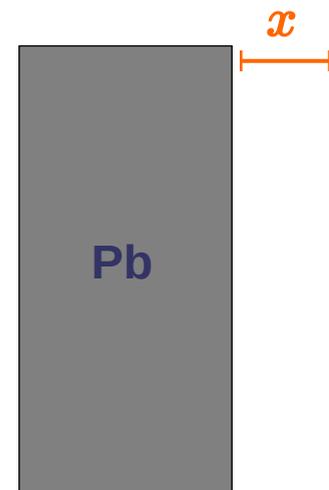
$$\sigma = \frac{L}{2\sqrt{12}}$$

La soglia è stata ottenuta a partire da considerazioni di tipo geometrico su tracce dritte: **non è una stima affidabile** di ciò che accade realmente

# Efficienza geometrica

$$\frac{N_x}{N_2}$$

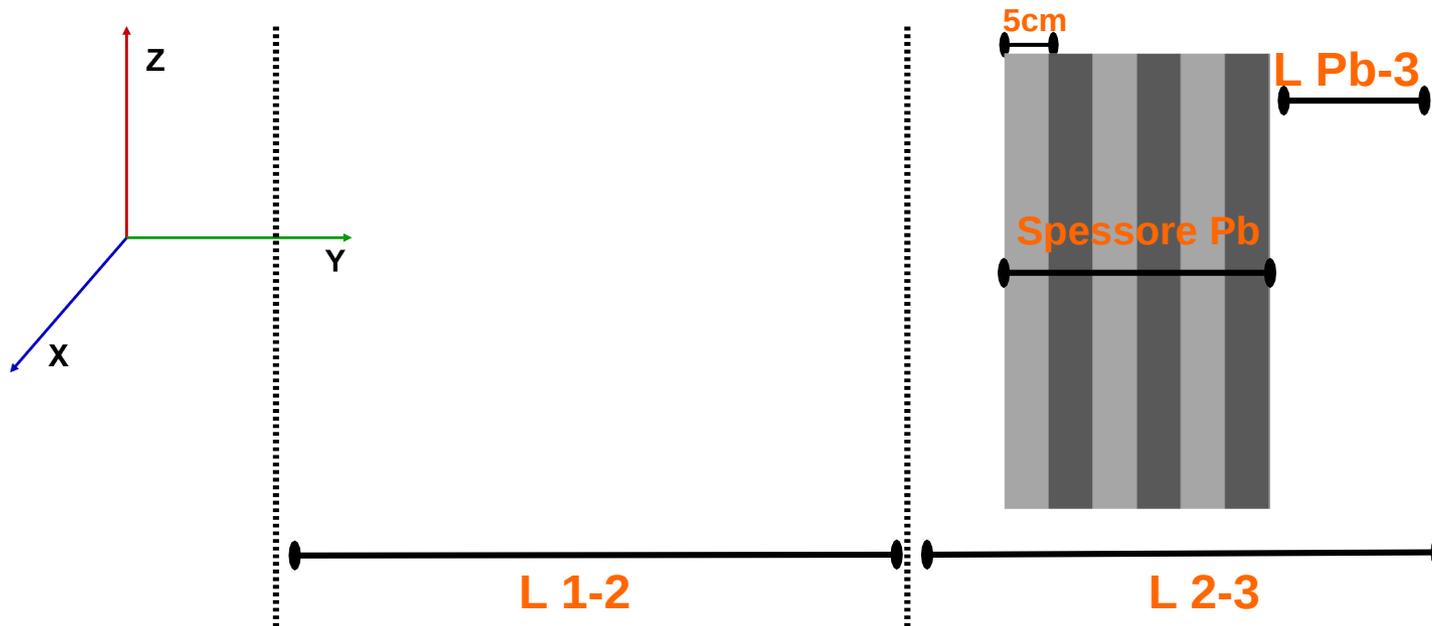
Rapporto tra Muoni che arrivano sul terzo piano posto a distanza  $x$  dalla fine del piombo e quelli che arrivano sul terzo piano posto a 2 cm dalla fine del piombo



Distanza 2-3	Dist 3-Pb	Piombo	$N_x/N_2$	Piombo	$N_x/N_2$	Piombo	$N_x/N_2$
30 cm	10 cm	15 cm	0,98	20 cm	0,98	25 cm	
50 cm	10 cm		0,98		0,98		0,98
	20 cm		0,95		0,95		0,95
	30 cm	0,92	0,92	0,92			
70 cm	10 cm	0,98	0,98	0,98			
	20 cm	0,95	0,95	0,95			
	30 cm	0,92	0,92	0,92			

**x massimo 10 cm**

# Configurazioni con tre piani

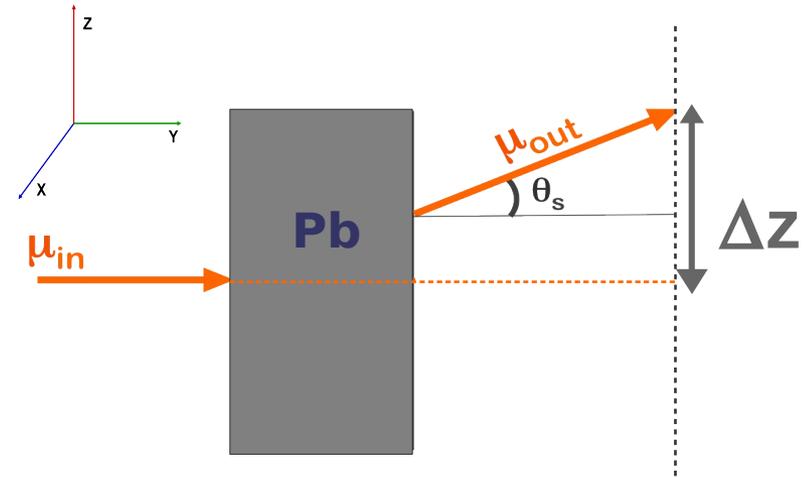


- $L\ 1-2 + L\ 2-3 \leq 180\ \text{cm}$
- $50\ \text{cm} \leq L\ 1-2 \leq 100\ \text{cm}$
- $15\ \text{cm} \leq \text{Spessore Pb} \leq 50\ \text{cm}$
- $L\ \text{Pb-3} \leq 10\ \text{cm}$

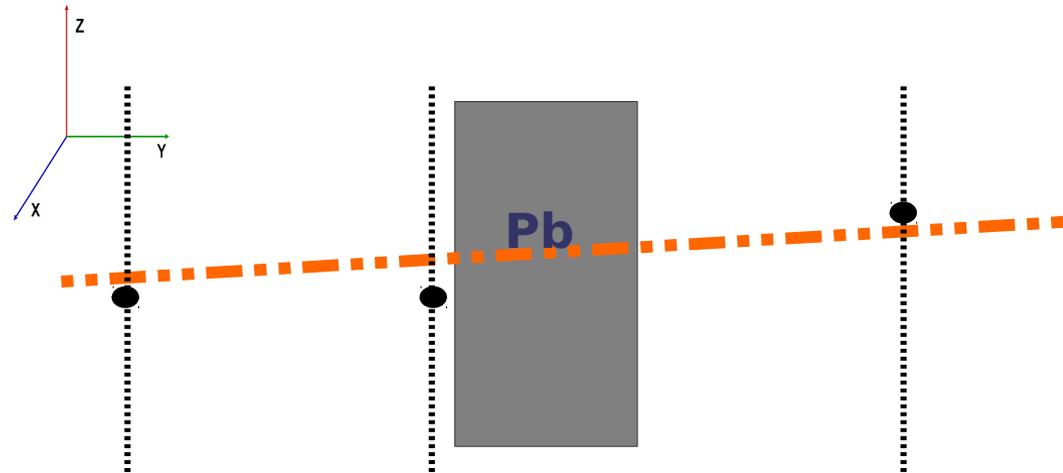
Spessore Pb	$E_{\mu}$ fermati nel Pb
15 cm	~300 MeV
20 cm	~350 MeV
25 cm	~400 MeV
30 cm	~450 MeV
50 cm	~750 MeV

# Discriminanti disponibili con tre piani

- displacement  $\Delta x$  e  $\Delta z$



- $\chi^2$  del fit della traccia

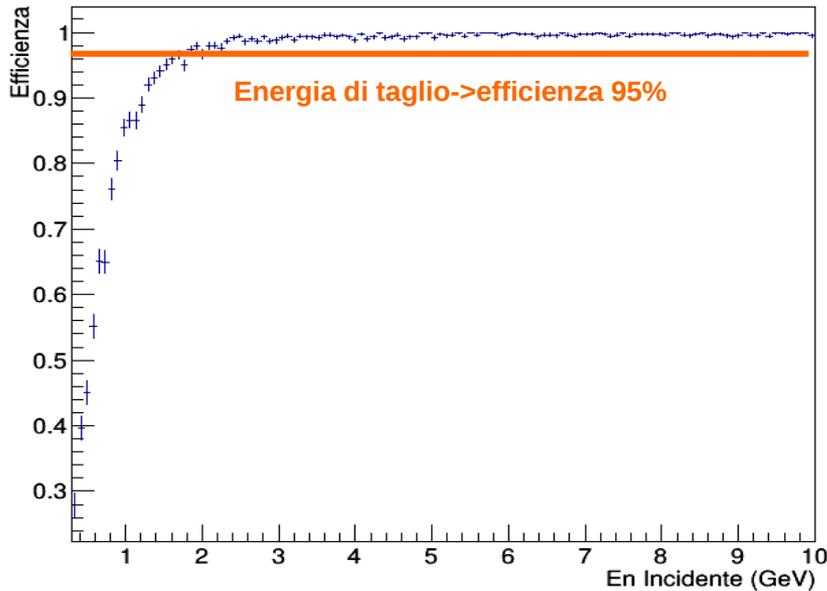


# Tagli in $\chi^2$

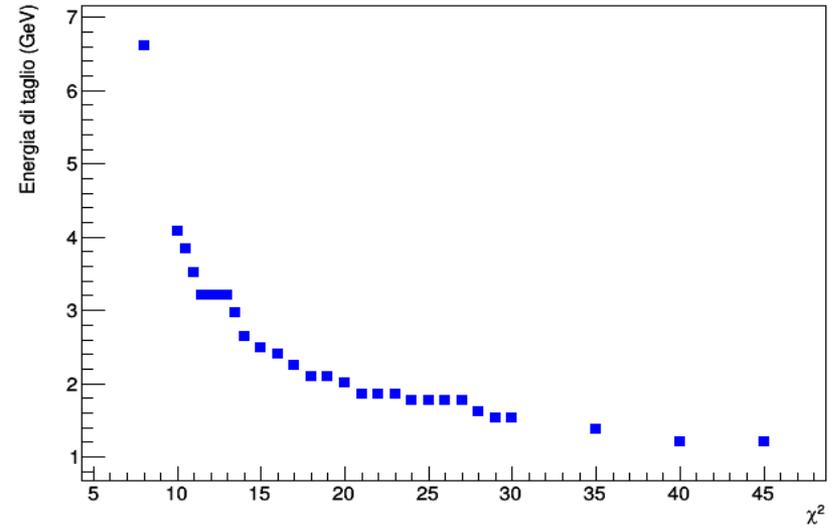
Energia di taglio  $\rightarrow$  efficienza 95%

$$\chi^2_{xy} < 15.0 \ \&\& \ \chi^2_{zy} < 15.0$$

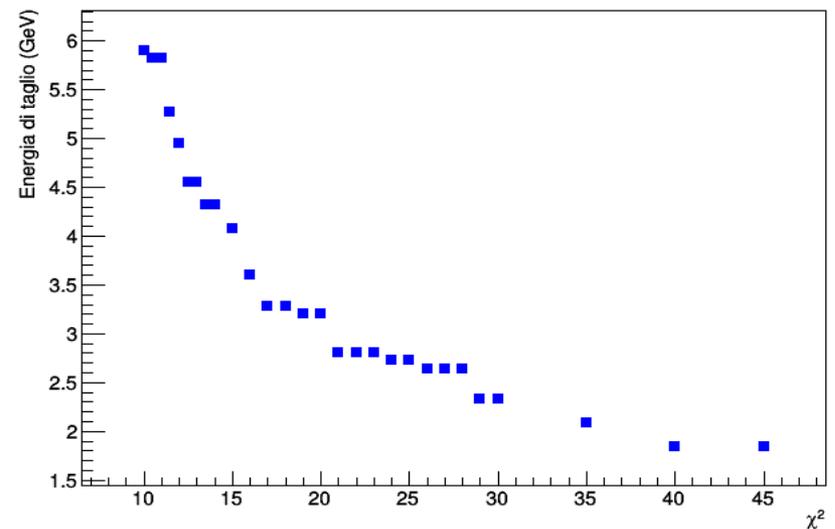
Energia di taglio  $\rightarrow$  efficienza 95%



35 cm Pb L 1-2=85cm L 2-3=45cm L Pb-3=5cm



50 cm Pb L 1-2=105cm L 2-3=65cm L Pb-3=5cm

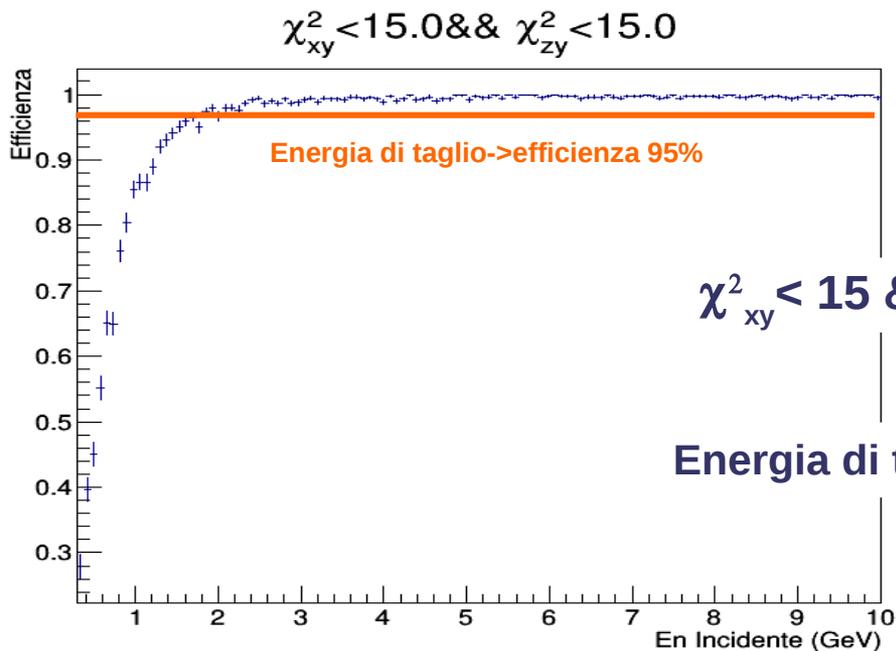


$$\frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{3PianiPb}}$$

# Dipendenza angolare del taglio in $\chi^2$

Configurazione: L 1-2= 85cm L 2-3=45cm Pb=20cm L Pb-3=10cm

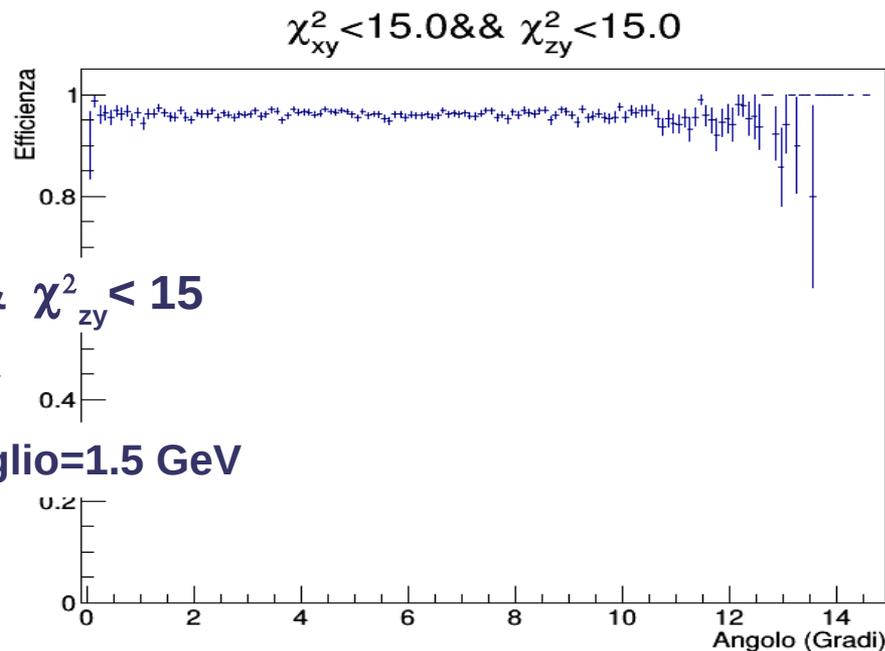
Il taglio in  $\chi^2$  varia con l'inclinazione della traccia per compensare lo spessore di piombo attraversato



$\chi_{xy}^2 < 15 \&\& \chi_{zy}^2 < 15$

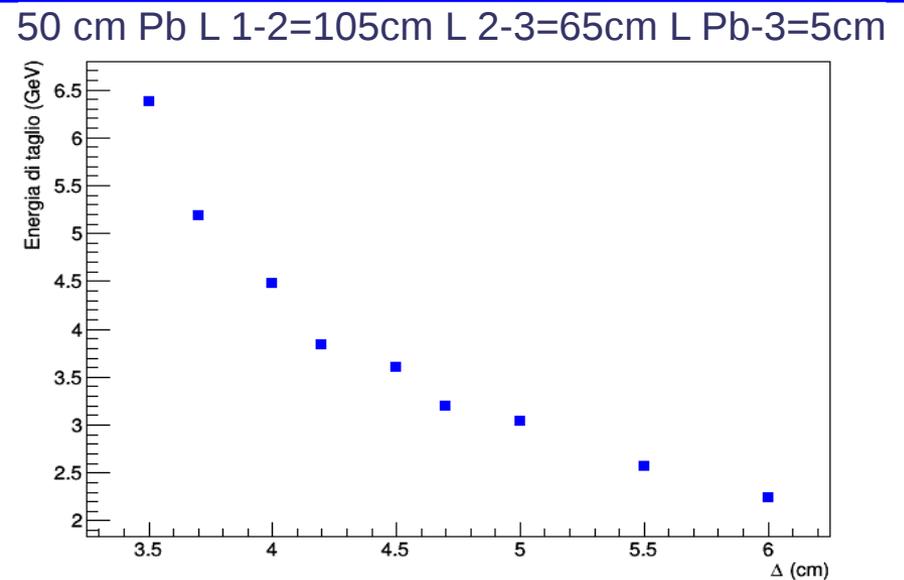
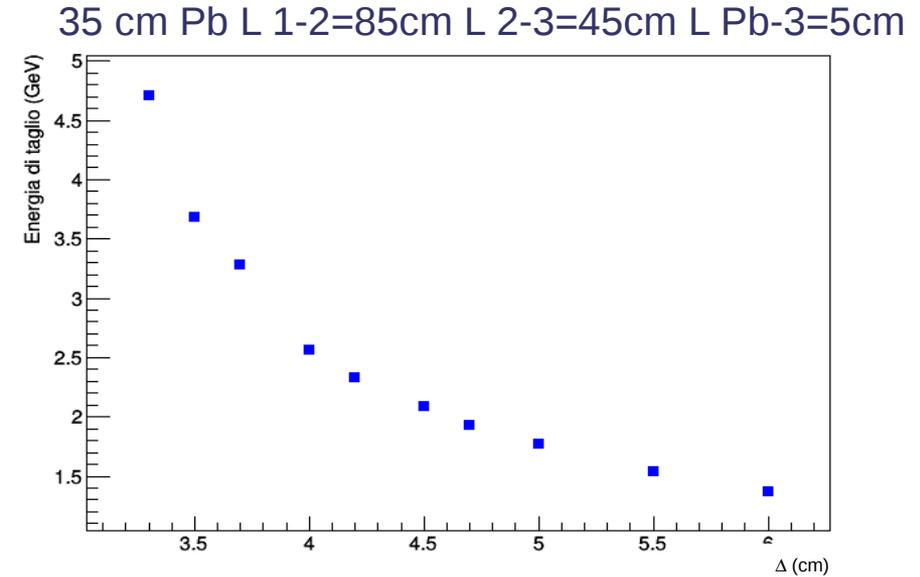
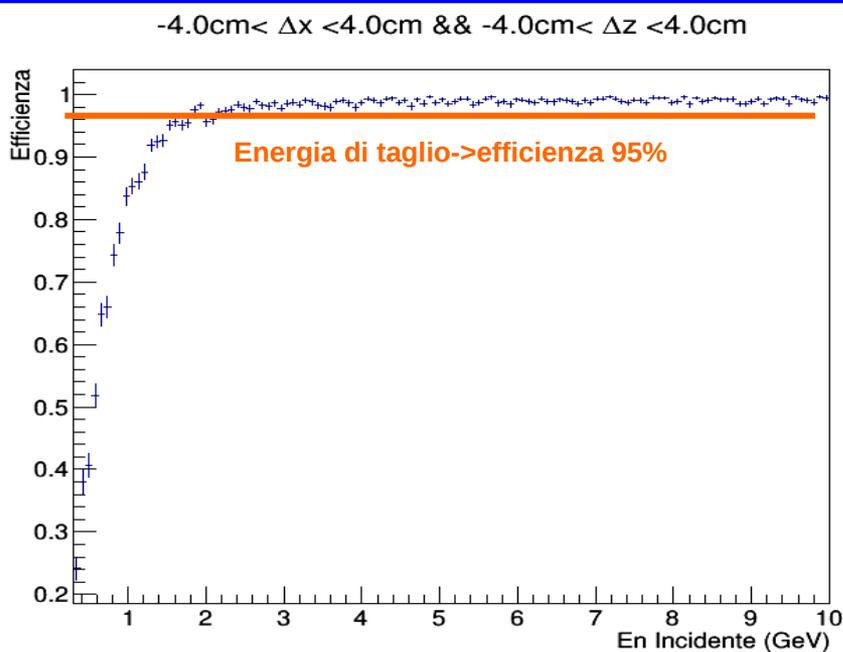
↓

Energia di taglio=1.5 GeV



# Tagli in displacement

Energia di taglio → efficienza 95%



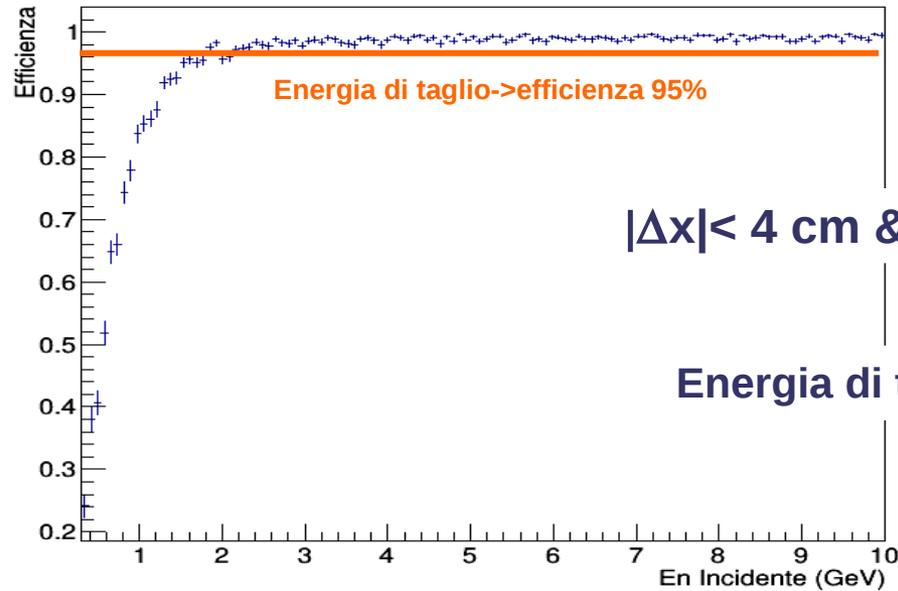
$$\frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{3PianiPb}}$$

# Dipendenza angolare del taglio in $\Delta$

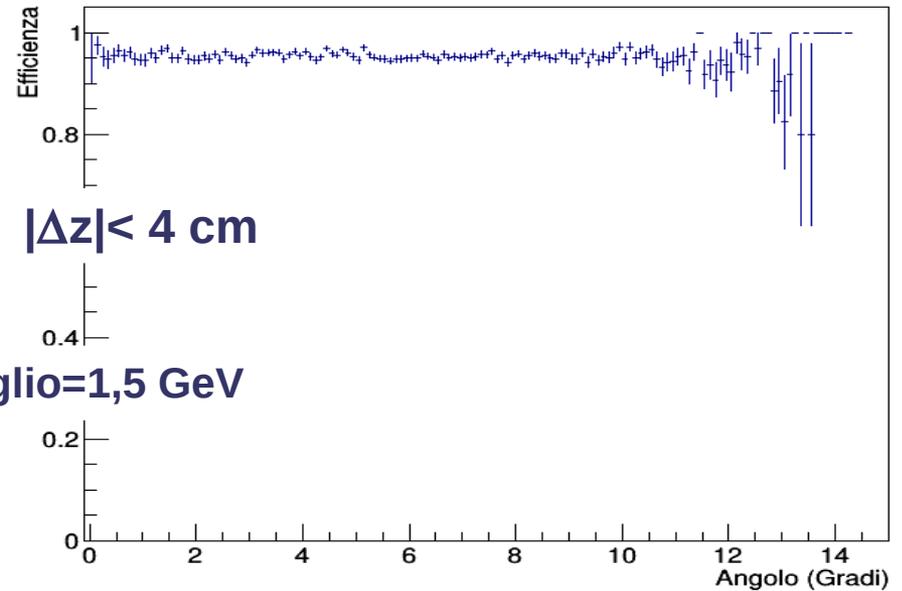
Configurazione: L 1-2= 85cm L 2-3=45cm Pb=20cm L Pb-3=10cm

Il taglio in  $\Delta$  varia con l'inclinazione della traccia per compensare lo spessore di piombo attraversato

$-4.0\text{cm} < \Delta x < 4.0\text{cm} \ \&\& \ -4.0\text{cm} < \Delta z < 4.0\text{cm}$



$-4.0\text{cm} < \Delta x < 4.0\text{cm} \ \&\& \ -4.0\text{cm} < \Delta z < 4.0\text{cm}$



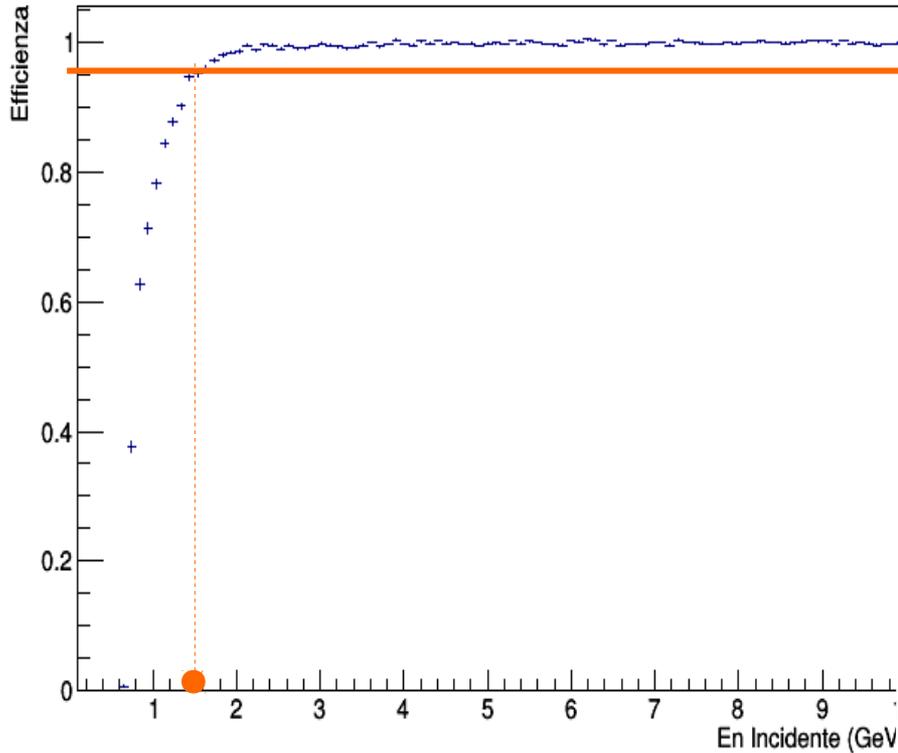
$|\Delta x| < 4 \text{ cm} \ \&\& \ |\Delta z| < 4 \text{ cm}$



Energia di taglio = 1,5 GeV

# Segnale

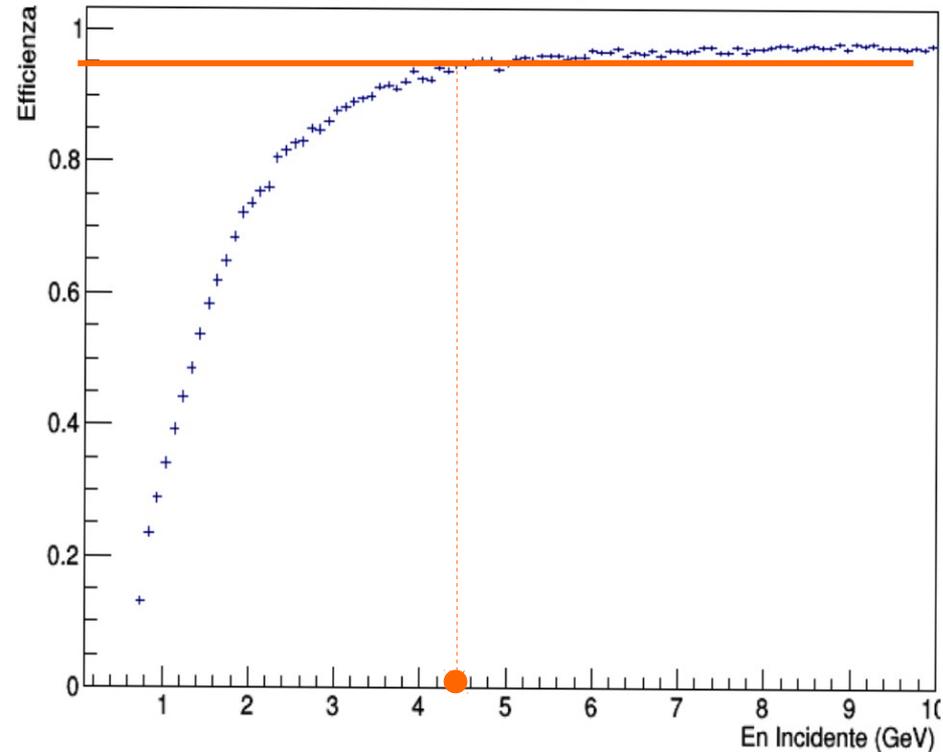
## Taglio 1



**Variare il taglio software  
corrisponde a una variazione  
dell'energia in  
corrispondenza della quale  
l'efficienza satura al 95%**

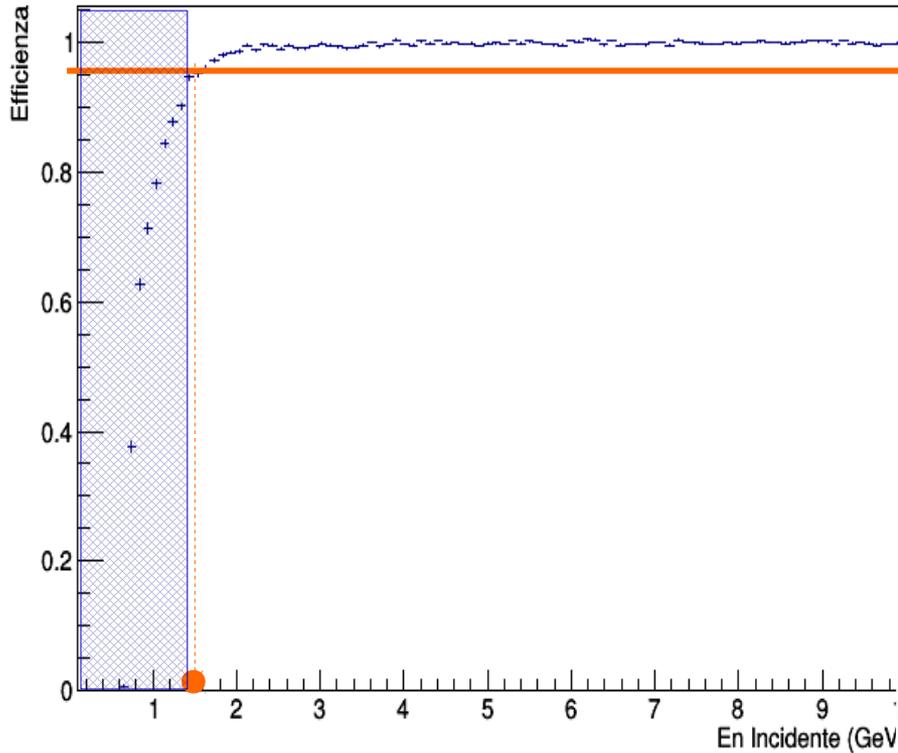
**Energia di taglio->efficienza 95%**

## Taglio 2



# Fondo

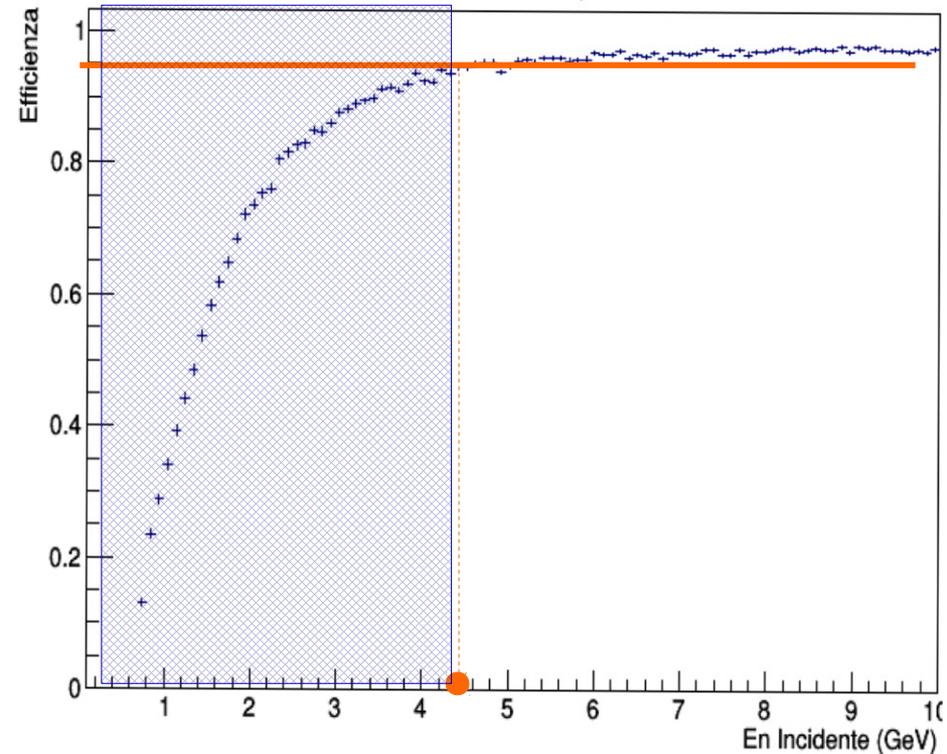
## Taglio 1



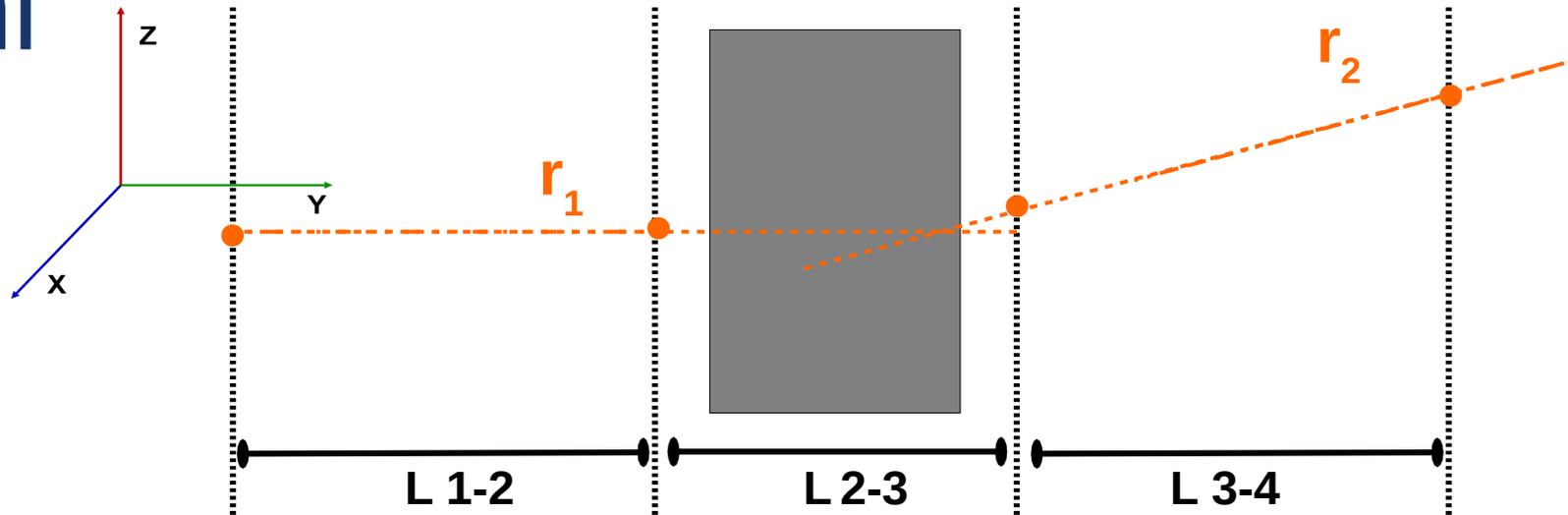
L'energia di taglio varia ma la curva non trasla, cambiare il taglio corrisponde a un cambiamento di pendenza

I tagli software non permettono di rigettare adeguatamente il fondo

## Taglio 2



# Discriminanti disponibili con quattro piani



Hit su quattro piani:

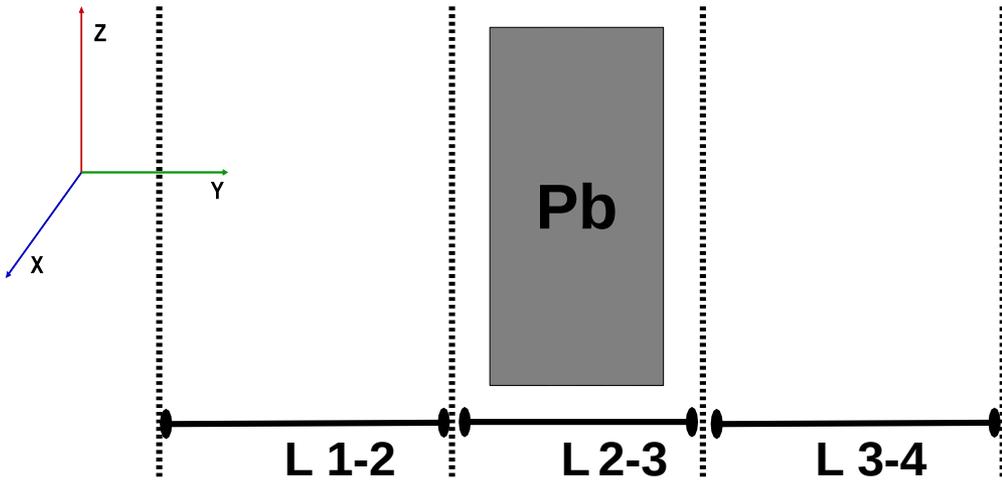
- Angolo di scattering
- Punto di massimo avvicinamento tra  $r_1$  e  $r_2$

Hit su tre piani:

- Displacement
- $\chi^2$

+

# Configurazioni con quattro piani



- $L_{1-2} = L_{3-4} = 65 \text{ cm}$
- $L_{2-3} = 45 \text{ cm}$
- Spessore Pb = **25 cm**
- $L_{\text{Pb-3}} = 10 \text{ cm}$

1

lunghezza complessiva = **175 cm**

- $L_{1-2} = L_{3-4} = 50 \text{ cm}$
- $L_{2-3} = 35 \text{ cm}$
- Spessore Pb = **25 cm**
- $L_{\text{Pb-3}} = 5 \text{ cm}$

2

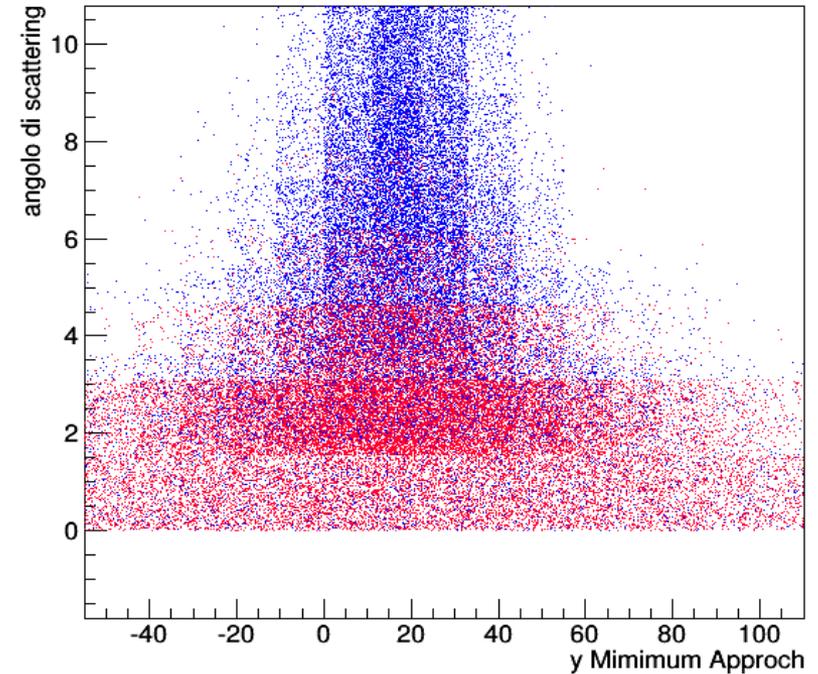
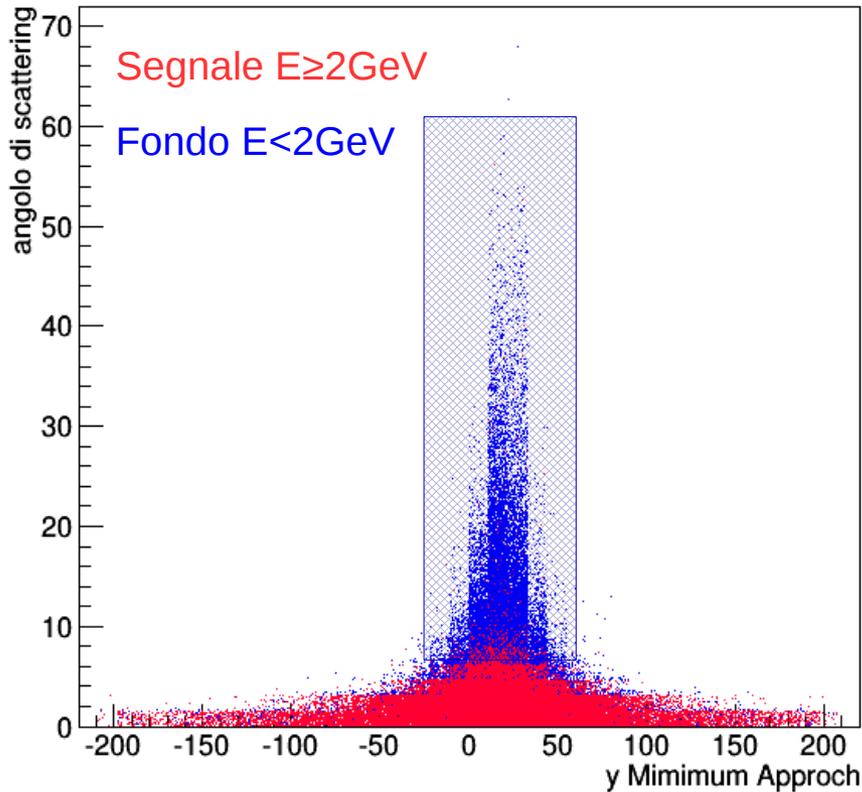
lunghezza complessiva = **135 cm**

- $L_{1-2} = L_{3-4} = 50 \text{ cm}$
- $L_{2-3} = 60 \text{ cm}$
- Spessore Pb = **50 cm**
- $L_{\text{Pb-3}} = 5 \text{ cm}$

3

lunghezza complessiva = **160 cm**

# Tagli software su quattro piani



Combinazioni di 9 tagli:

- $\alpha \leq 3^\circ, 4^\circ, 5^\circ$
- $y \notin [10\text{cm intorno al punto centrale del Pb}]$ 
  - $y \notin [\text{Pb}]$
  - $y \notin [\text{intervallo tra 2 e 3 piano}]$

# Efficienze

$$E = \frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N}$$

Rapporto tra numero di muoni che hanno hit sui tutti i piani, superando il piombo e il taglio software, e quelli che hanno hit sui tutti i piani senza piombo

**Efficienza piombo + taglio software**

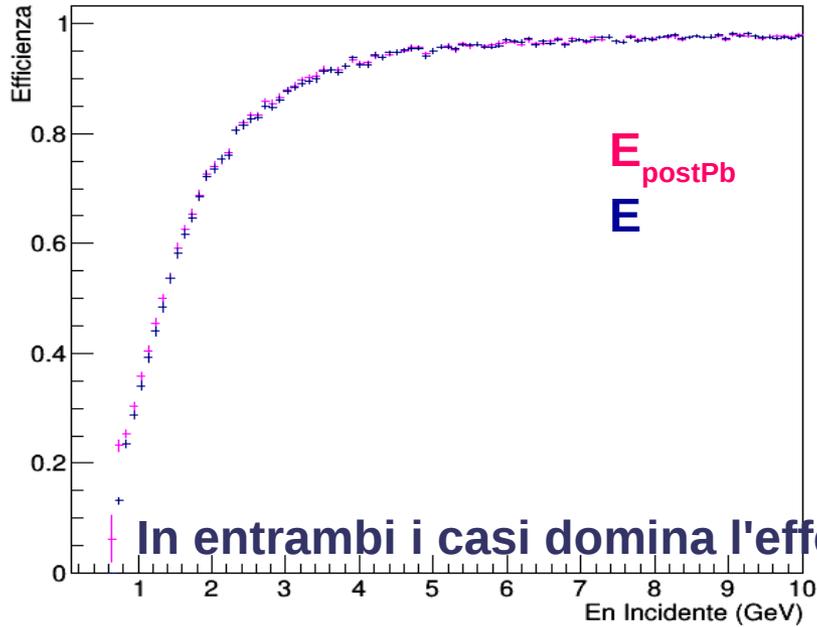
$$E_{pp} = \frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{PostPb}}$$

Rapporto tra numero di muoni che hanno hit sui tre piani, superando il piombo e il taglio software, e quelli che hanno hit su tutti i piani superando il piombo

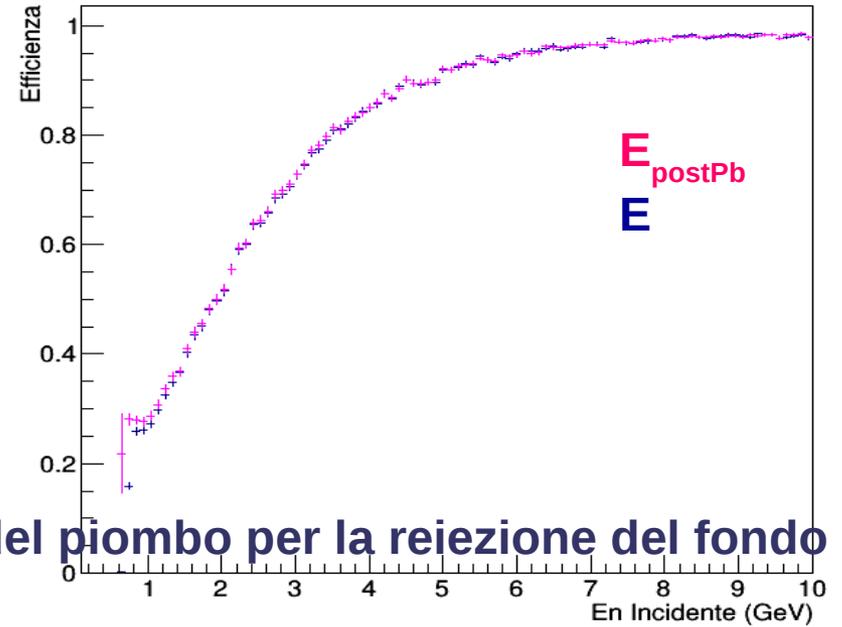
**Efficienza del taglio software**

# Confronto tra le efficienze

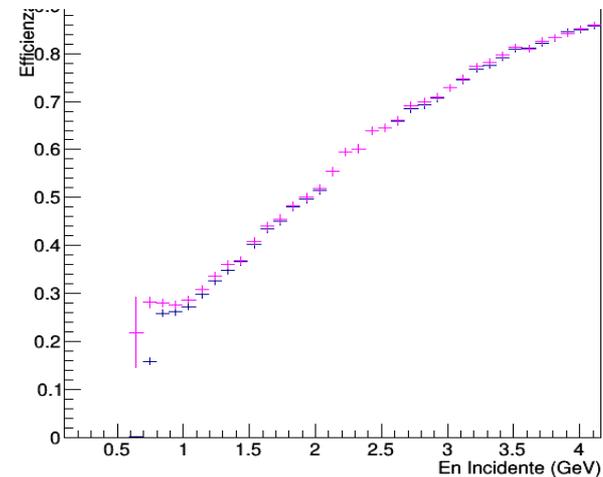
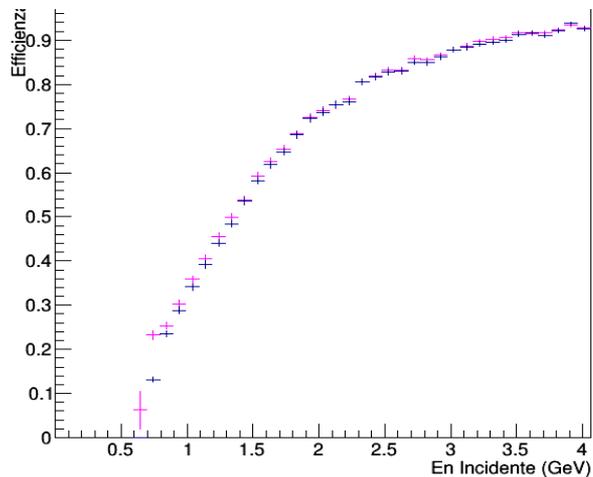
3 piani



4 piani



In entrambi i casi domina l'effetto del piombo per la reiezione del fondo

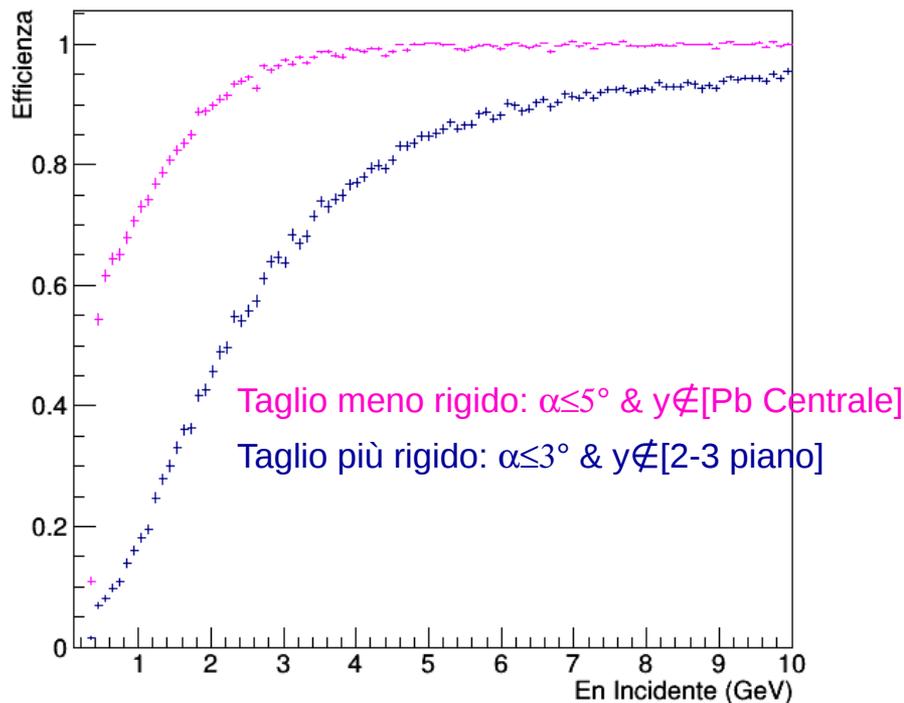


# Studio di diverse configurazioni a 4 piani

L 1-2 = L 3-4 = 65 cm; L 2-3 = 45 cm; Spessore Pb = 25 cm; L Pb-3 = 10 cm  
 lunghezza complessiva= 175 cm

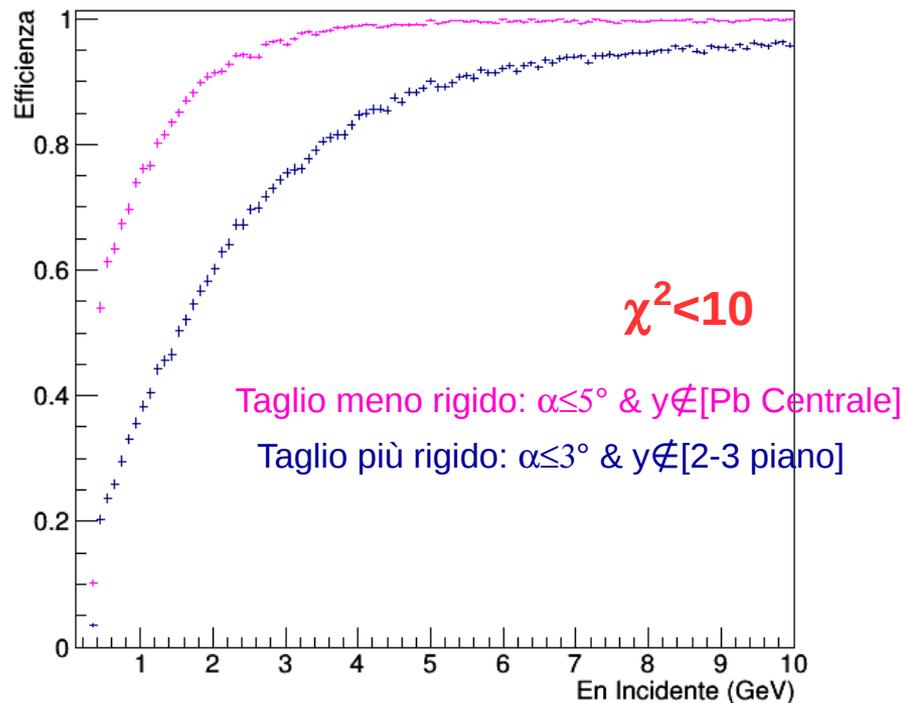
1

Eventi con hit sui 4 piani



$$\frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{4Piani}}$$

Eventi con hit solo sui 3 piani + 4 piani



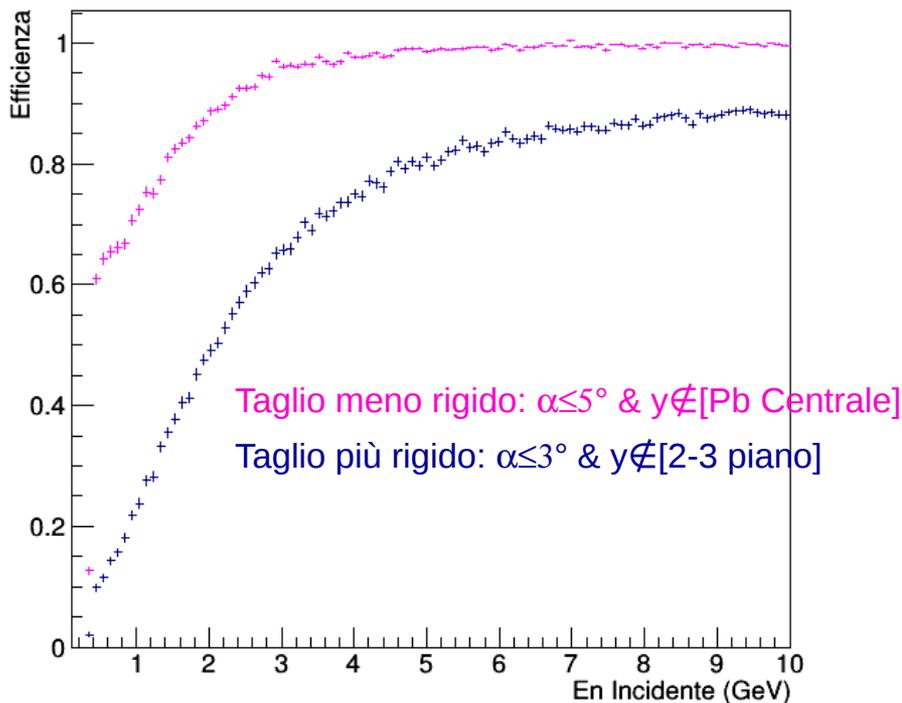
$$\frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{Almeno3Piani}}$$

# Studio di diverse configurazioni a 4 piani

L 1-2 = L 3-4 = 50 cm; L 2-3 = 35 cm; Spessore Pb = 25 cm; L Pb-3 = 5 cm  
 lunghezza complessiva= 135 cm

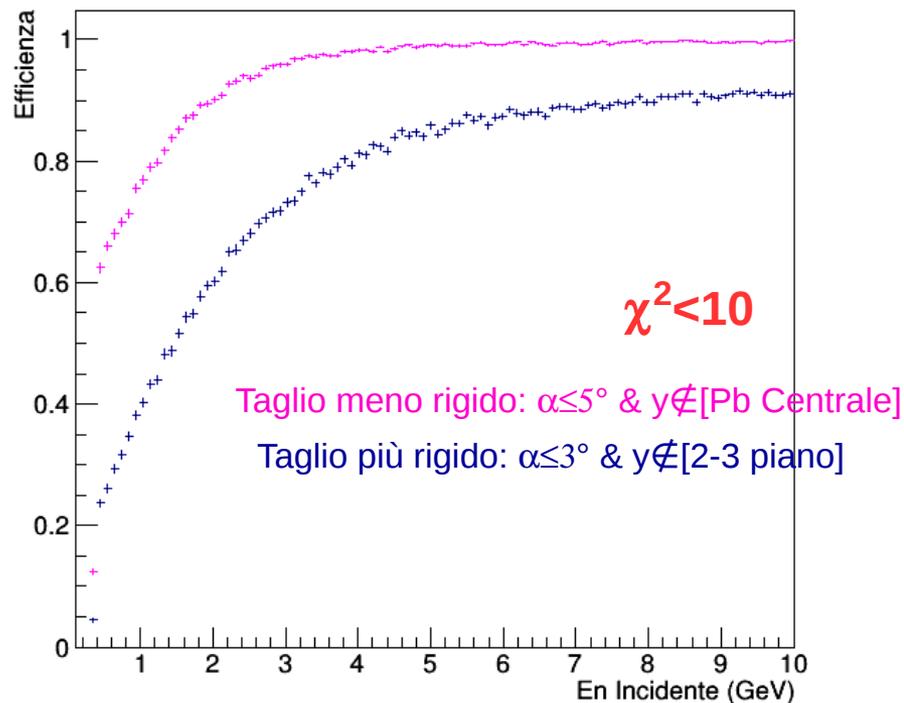
2

Eventi con hit sui 4 piani



$$\frac{N_{\text{PostPb\&\&Tagli}}}{N_{4\text{Piani}}}$$

Eventi con hit solo sui 3 piani + 4 piani



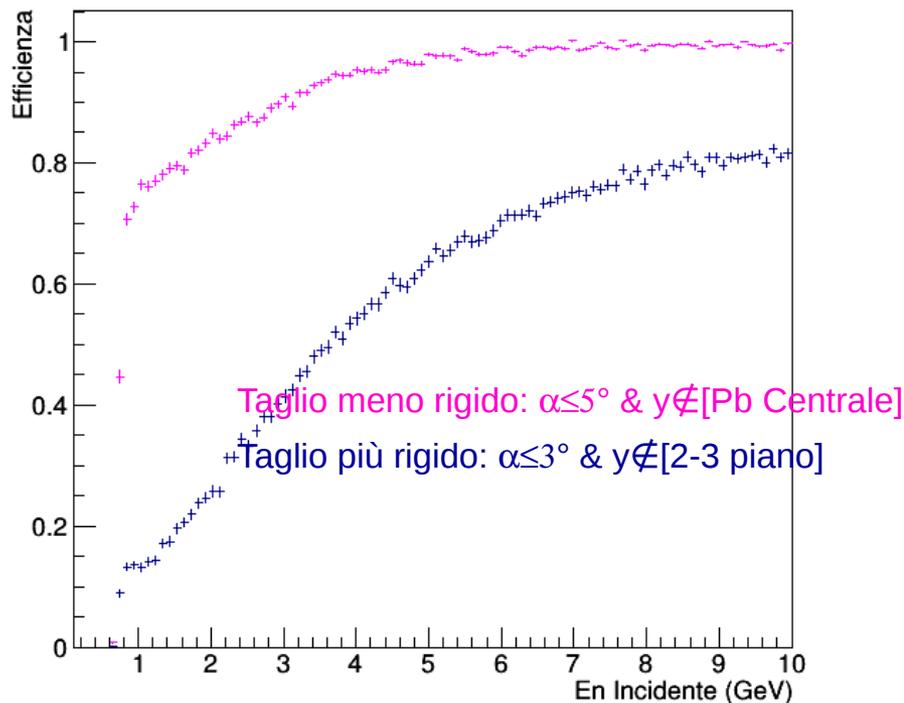
$$\frac{N_{\text{PostPb\&\&Tagli}}}{N_{\text{Almeno3Piani}}}$$

# Studio di diverse configurazioni a 4 piani

L 1-2 = L 3-4 = 50 cm; L 2-3 = 60 cm; Spessore Pb = 50 cm; L Pb-3 = 5 cm  
**lunghezza complessiva= 160 cm**

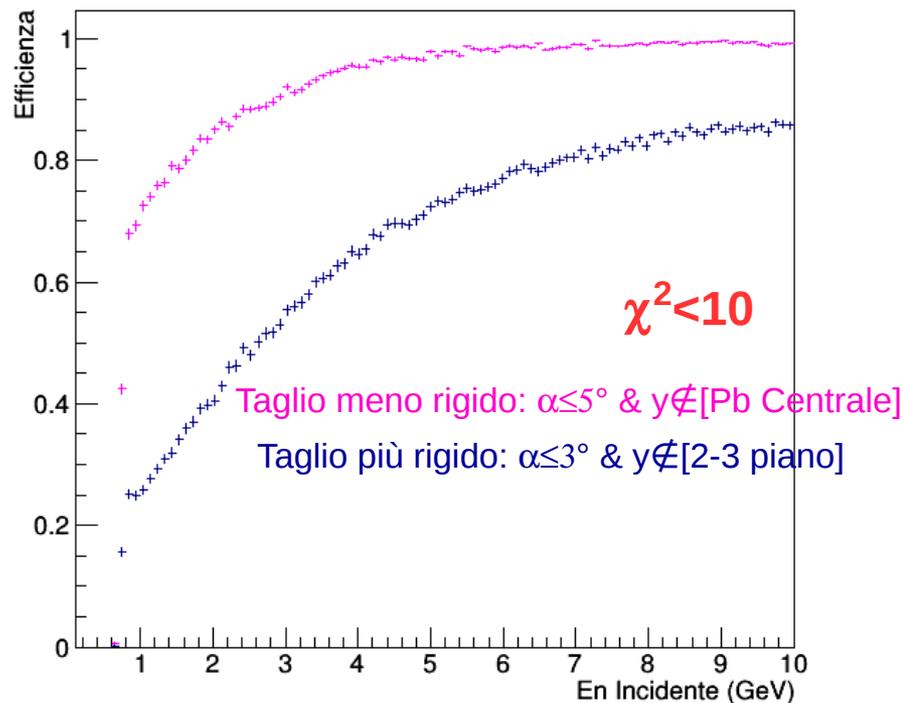
3

Eventi con hit sui 4 piani



$$\frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{4Piani}}$$

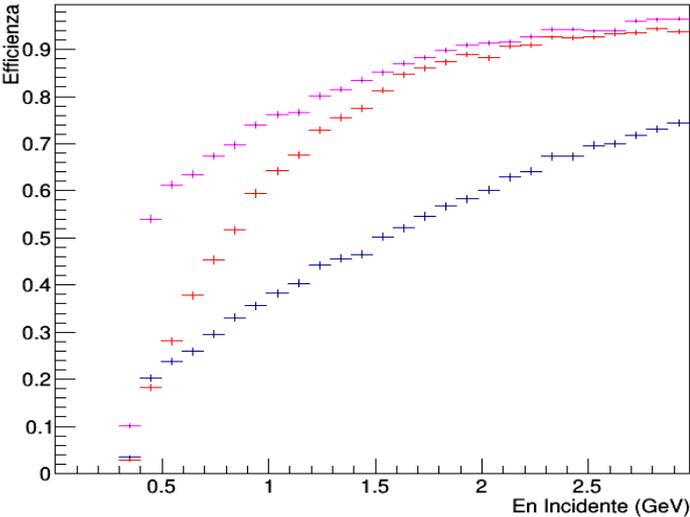
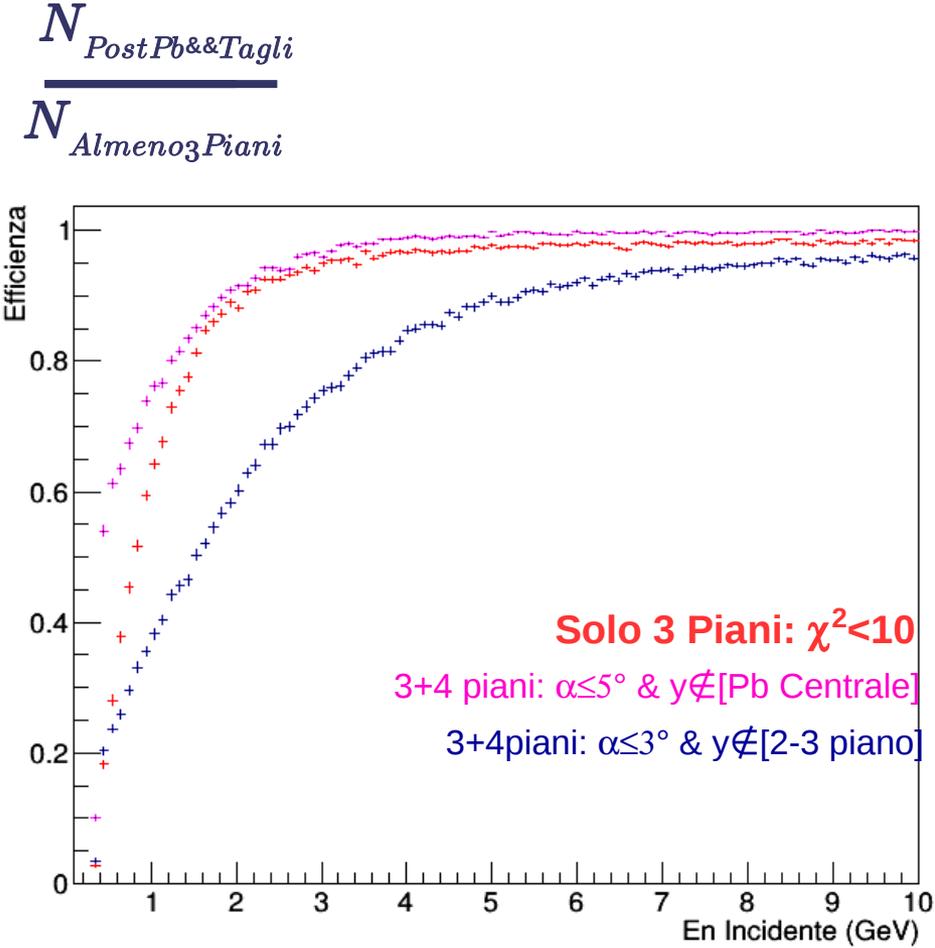
Eventi con hit solo sui 3 piani + 4 piano



$$\frac{N_{PostPb\&\&Tagli}}{N_{Almeno3Piani}}$$

# Confronto configurazioni a 3 e 4 piani

L 1-2 = L 3-4 = 65 cm; L 2-3 = 35 cm; Spessore Pb = 25 cm; L Pb-3 = 10 cm



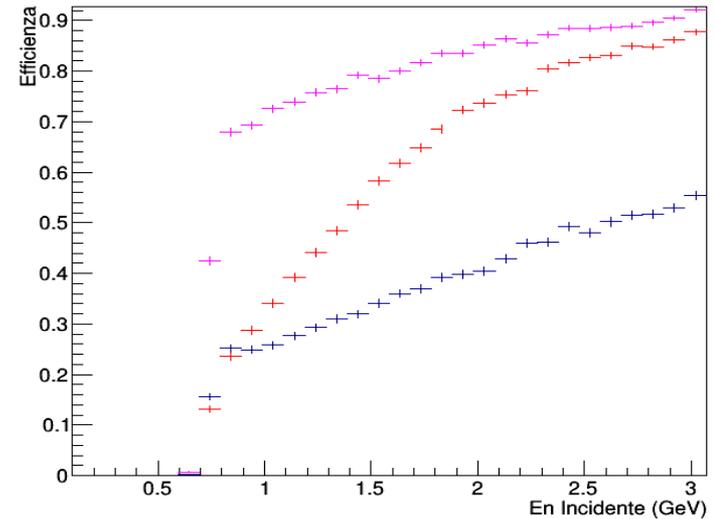
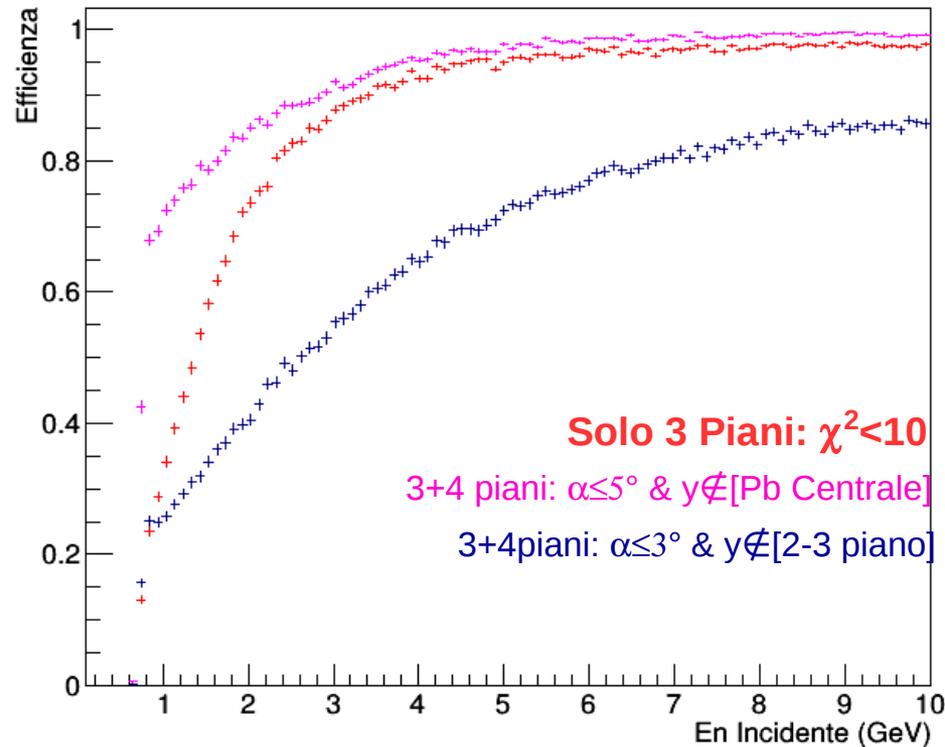
- **Taglio soft (3+4) piani:** minore potere di reiezione;
- **Taglio hard (3+4) piani:** maggiore potere di reiezione ma scarsa efficienza (>10% eventi di segnale persi)

# Confronto configurazioni a 3 e 4 piani

L 1-2 = L 3-4 = 50 cm; L 2-3 = 60 cm; Spessore Pb = 50 cm; L Pb-3 = 5 cm

$$N_{PostPb\&\&Tagli}$$

$$N_{Almeno3Piani}$$



- **Taglio soft (3+4) piani:** minore potere di reiezione;
- **Taglio hard (3+4) piani:** maggiore potere di reiezione ma scarsa efficienza (>20% eventi di segnale persi)

# Conclusioni

- **50 cm di Piombo** rappresentano l'unico modo per eliminare la componente fino a 750 MeV.  
A questo punto, sono sufficienti 50 cm per eliminare il fondo?
- **La configurazione a tre piani è più efficiente.** La configurazione a quattro piani migliora la reiezione fino a circa 1 GeV ma si rigetta oltre il 10% di eventi di segnale con 25 cm di Pb e oltre il 20% con 50 cm di Pb.