

Preparazione alla presa dati del calorimetro elettromagnetico dell'esperimento CMS

Emanuele Usai

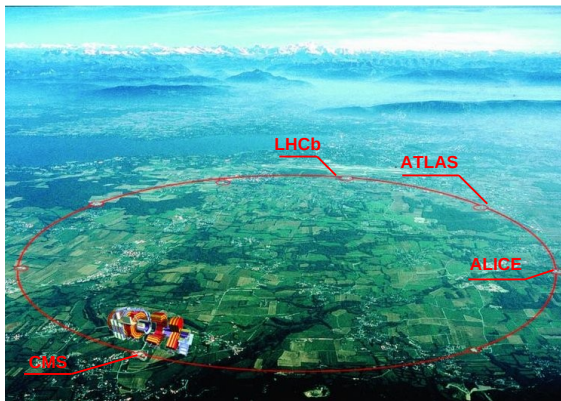
Relatore:
Dott. Stefano Argirò

Università degli Studi di Torino

5 Ottobre 2009

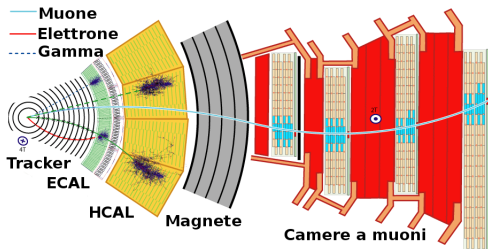
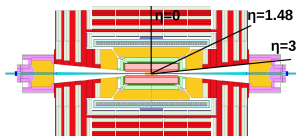
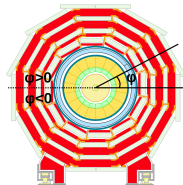
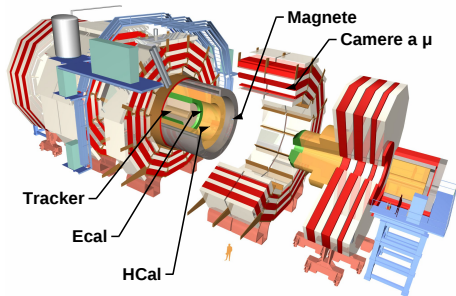
- 1 Misura di elettroni nel rivelatore:
ricerca dei δ -rays in CMS (elettroni *knock-on*)
- 2 Simulazione realistica del rivelatore:
validazione della procedura di Data Mixing per il calorimetro
elettromagnetico di CMS

Il Large Hadron Collider al CERN



- Collisioni pp a 3.5 TeV per particella a partire da Novembre 2009.
- Luminosità di progetto: $10^{34}\text{ cm}^{-2}\text{ s}^{-1}$.

L'esperimento CMS

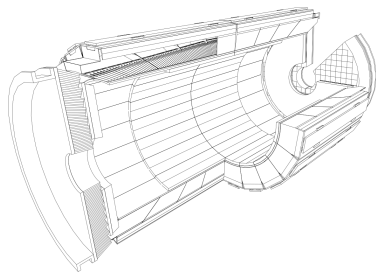


$$\eta = -\log\left(\tan\frac{\theta}{2}\right)$$

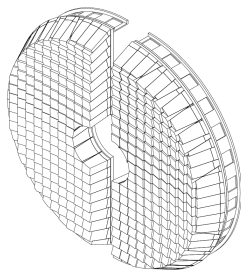
Barrel: $0 < |\eta| < 1.48$

Endcap: $1.48 < |\eta| < 3$

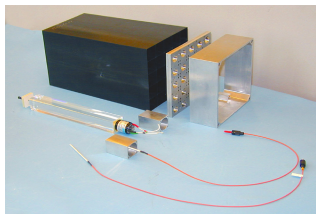
Il calorimetro elettromagnetico di CMS - 1/2



Barrel+Endcap



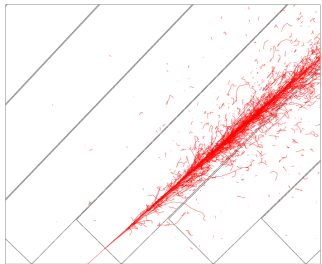
Endcap



Cristallo di Ecal

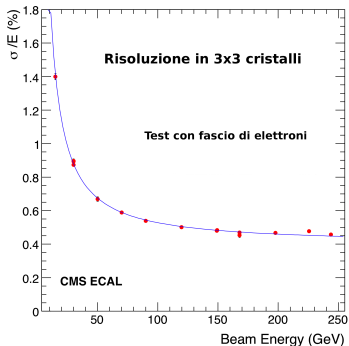
- 75 848 cristalli scintillanti
- $PbWO_4$ (tungstenato di piombo),
 $\rho = 8.3g/cm^3$
- sezione $\sim r_m$, profondità $\sim 25X_0$
- $4.5pe/MeV$

Il calorimetro elettromagnetico di CMS - 2/2



Caratteristiche del calorimetro

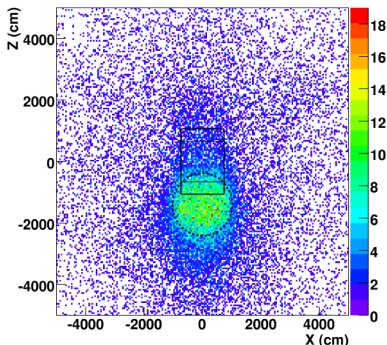
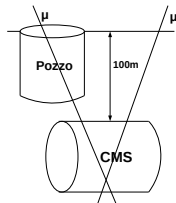
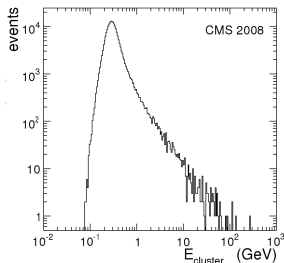
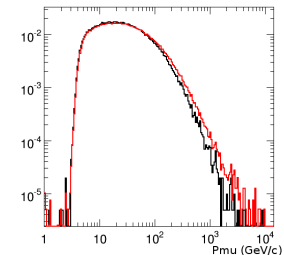
- compattezza
- alta granularità
- ottima risoluzione in energia



$$\left(\frac{\sigma}{E}\right)^2 = \left(\frac{2.9\%}{\sqrt{E}}\right)_{stoc}^2 + \left(\frac{125(MeV)}{E}\right)_{noise}^2 + (0.30\%)_{cost}^2$$

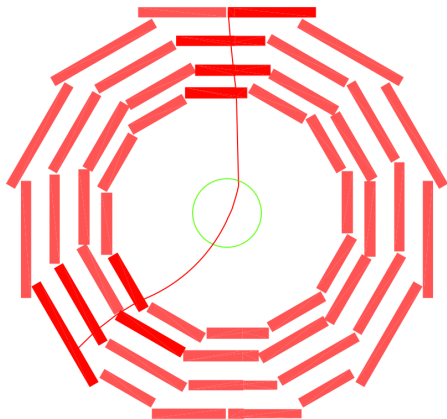
Preparazione alla presa dati con i raggi cosmici

- Commissioning '08: Ott-Dic 2008, circa 300M di eventi
- Commissioning '09: Lug-Ago 2009, circa 300M di eventi

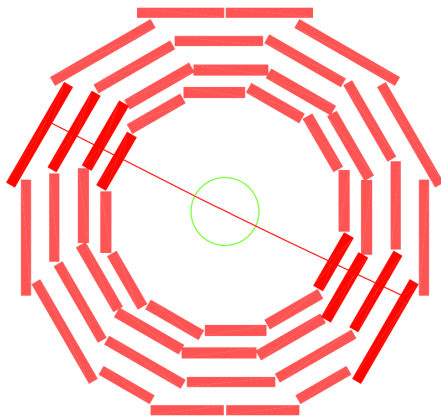


I raggi cosmici in CMS

$p_t \approx 10 \text{ GeV}$



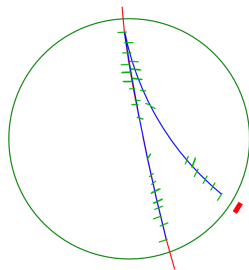
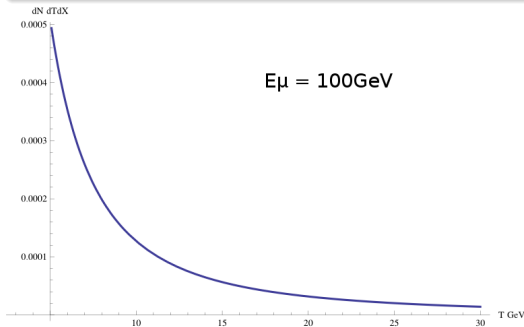
$p_t \approx 200 \text{ GeV}$



Scattering elastico di un μ cosmico su un e^- del materiale
 ($T_{e^-} \gg E_{ion}$)

Distribuzione di energia dei δ -rays

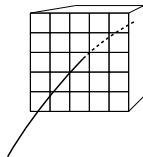
$$\frac{d^2N}{dT_e dX} = \frac{1}{2} K Z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta_\mu^2} \frac{1}{T_e^2}; \quad T_{max} = \frac{2m_e c^2 \beta_\mu^2 \gamma_\mu^2}{1 + 2\gamma_\mu m_e/m_\mu + (m_e/m_\mu)^2}$$



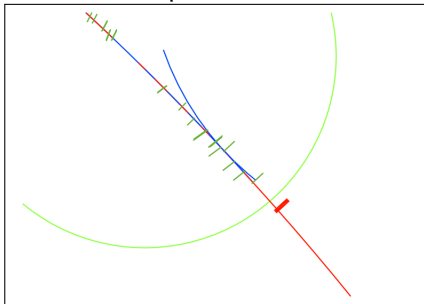
Selezione dei δ -rays - 1/2

Si richiede:

- Almeno due tracce nel tracker e un muone
- Esattamente due tracce con almeno 5 hit nel tracker e $p_T > 2\text{GeV}/c$
- Almeno una delle tracce con un deposito di energia in Ecal $E > 2\text{GeV}$ nella parte inferiore del calorimetro



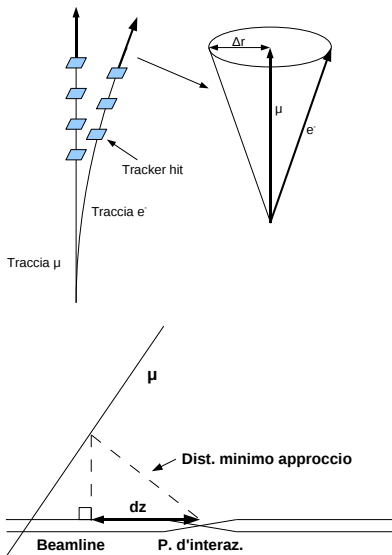
Casi problematici:

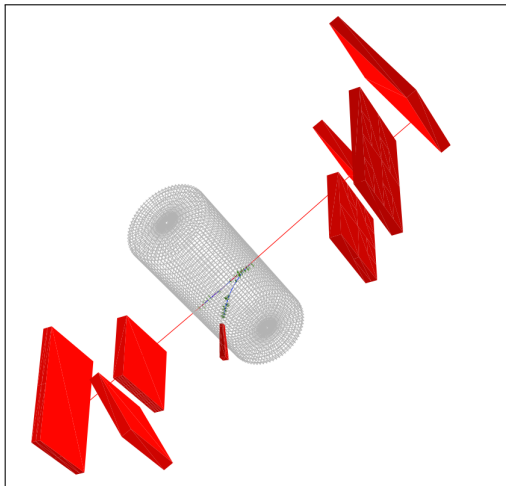


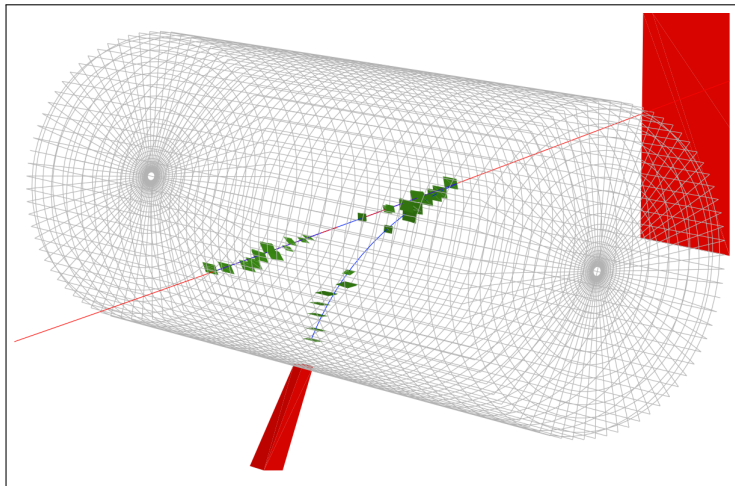
Selezione dei δ -rays - 2/2

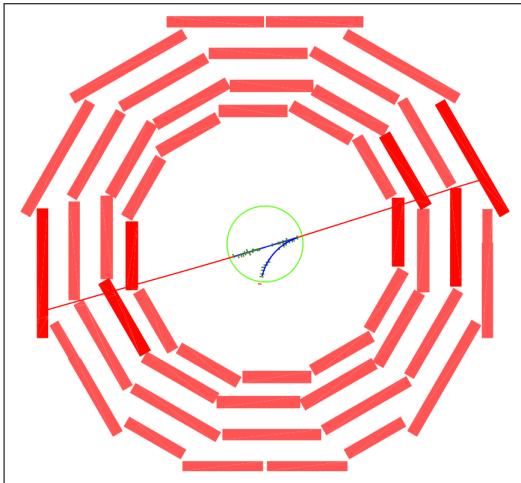
Condizioni aggiuntive:

- La traccia di p_T inferiore con deposito di energia maggiore rispetto a quello dell'altra traccia
- $\Delta r_{out} = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2} > 0.1$
- $\frac{|E_\mu - E_e|}{E_e} > 0.1$, $E_{\mu,e}$ = depositi di energia
- $|dz_\mu - dz_e| < 50cm$, dz = distanza dal centro del rivelatore proiettata sulla beamline

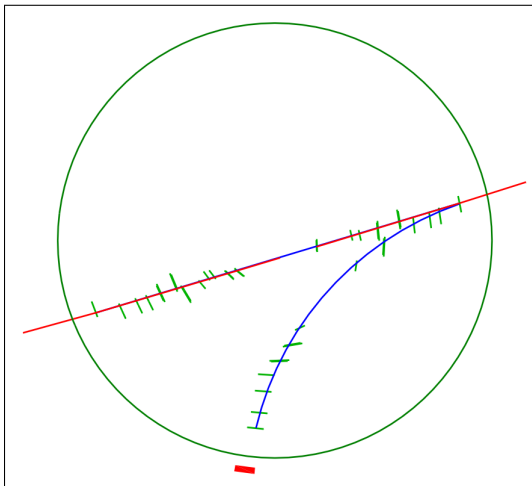








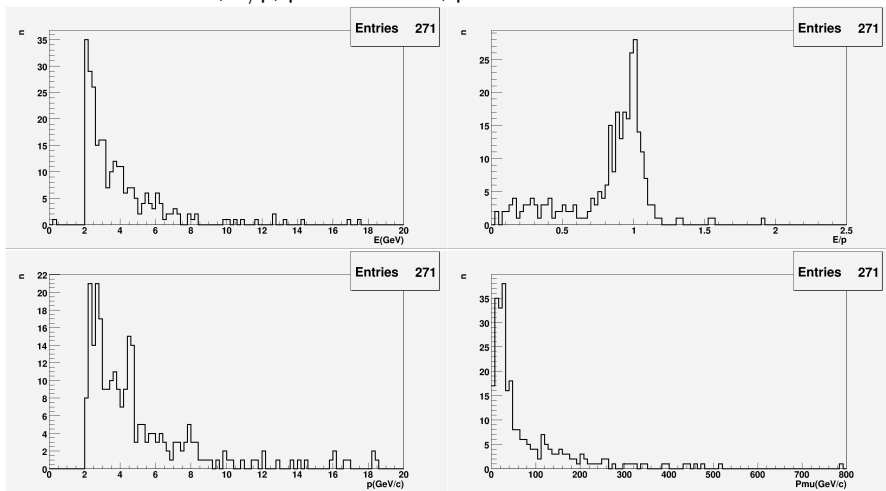
Event display - 4/4



Risultati run di cosmici del 2008

- Tracker pointing, run col magnete acceso
- 271 eventi selezionati su circa 300 000, 239 candidati elettroni su 271 con carica negativa.

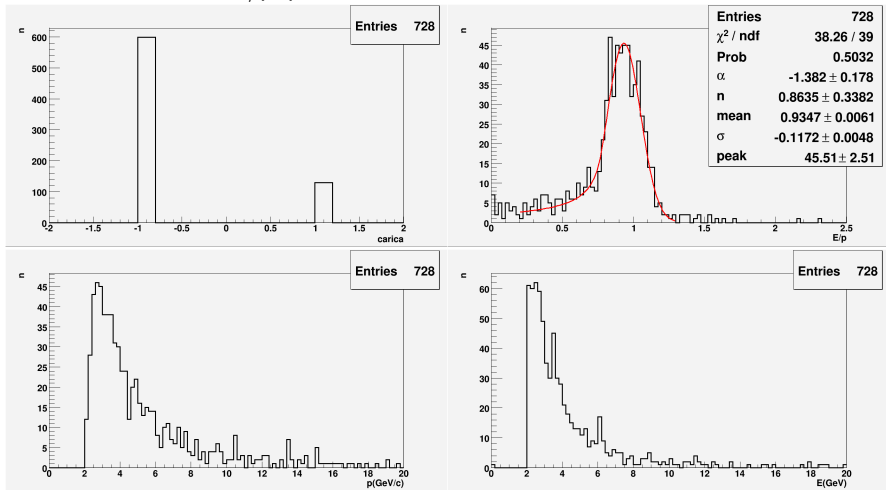
Distribuzioni di E, E/p, p dell'elettrone, p del muone



Risultati run di cosmici del 2009 - 1/2

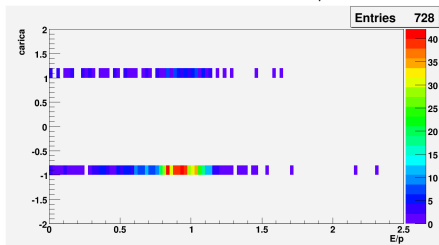
- Tracker pointing, run col magnete acceso
- 746 eventi selezionati su circa 1.5M, 610 candidati elettroni su 746 con carica negativa.

Distribuzioni di E, E/p, p e carica dell'elettrone

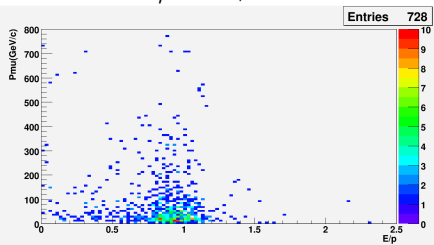


Risultati run di cosmici del 2009 - 2/2

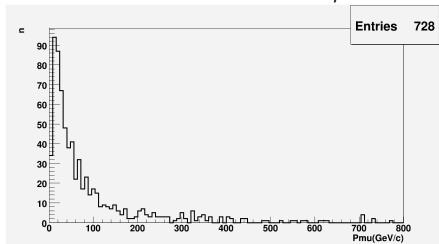
Carica vs E/p



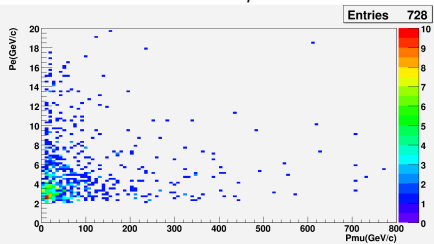
p_μ vs E/p



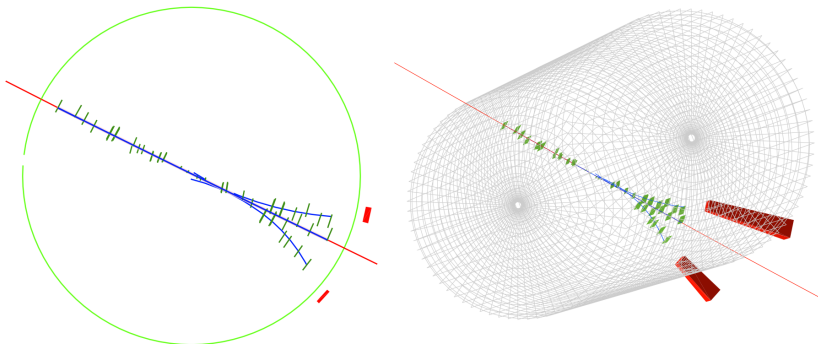
Distrib. di p_μ



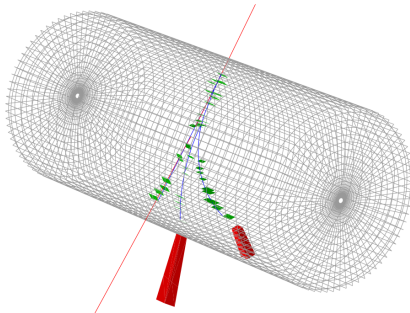
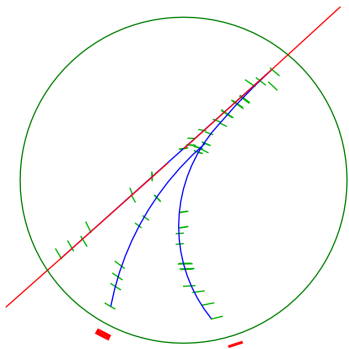
p_{e^-} vs p_μ



Conversione di un fotone di Bremstrahlung in una coppia e^+e^-



Scattering elastico di un knock-on e^- su un altro e^- del materiale



Simulazione realistica del rivelatore

Scopo

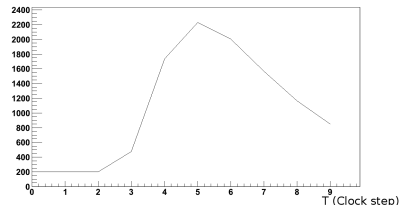
- Simulazioni di collisioni col rumore del rivelatore
→ eventi simulati + rumore vero
- Simulazioni di una collisione pp ad alta luminosità
→ collisione pp + eventi di background (pileup)

La soluzione è il Data Mixing: sovrapposizione dei segnali a livello di DIGI

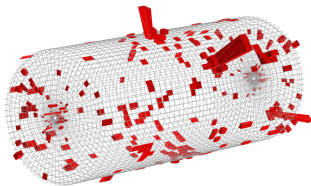
Catena di ricostruzione



ADC Counts

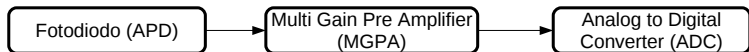


Esempio DIGI di Ecal



Esempio RecHits di Ecal

Elettronica di front-end di Ecal:



- Range dinamico di energie da 100MeV a 1TeV
- L'MGPA ha tre guadagni possibili
- L'ADC sceglie il guadagno più alto non saturato

Il Datamixer gestisce tutti i possibili casi di switch del guadagno.
Come validare l'algoritmo?

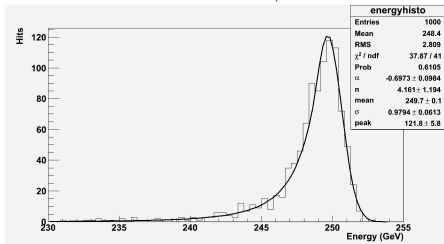
Validazione del Datamixer - 1/2

- Generazione campioni di γ di energia fissa nello stesso cristallo (per diverse energie dei γ)
- Ricerca del cluster 5x5 attorno al cristallo più energetico
- Distribuzione di energia dei cluster per tutti i campioni
- Fit delle distribuzioni con la funzione “crystal ball” (gaussiana con coda):

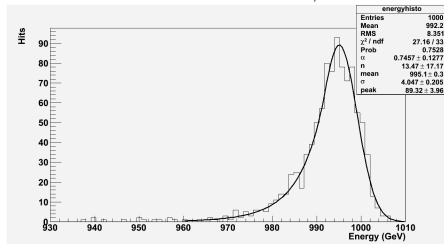
$$\text{per } \frac{E-E_0}{\sigma} > \alpha, f(E) = h e^{-\frac{(E-E_0)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\text{per } \frac{E-E_0}{\sigma} \leq \alpha, f(E) = h(n/\alpha)^n e^{-\alpha^2/2} \left(\frac{n}{\alpha} - \alpha - \frac{E-E_0}{\sigma}\right)^{-n}$$

Distrib. cluster max en. per $E_\gamma = 250\text{GeV}$



Distrib. cluster max en. per $E_\gamma = 1\text{TeV}$

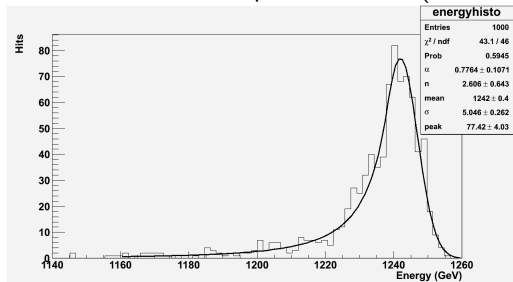


(campioni da 1000 eventi)

Validazione del Datamixer - 2/2

- Sovrapposizione di due campioni di γ di energia diversa
- Distribuzione energetica dei cluster per il campione miscelato
- Confronto dei valori medi delle distribuzioni

Distrib. cluster max en. del campione miscelato (1000 + 250) GeV



- Energia media cluster per il campione da 250 GeV: $(250 \pm 1) \text{ GeV}$
- Energia media cluster per il campione da 1000 GeV: $(995 \pm 4) \text{ GeV}$
- Semplice somma delle due energie: $(1245 \pm 4) \text{ GeV}$
- Energia media cluster per il campione da (1000 + 250) GeV: $(1242 \pm 5) \text{ GeV}$

Conclusioni e ringraziamenti

- Studio di elettroni prodotti da processi di scattering elastico di muoni cosmici col calorimetro elettromagnetico, primi elettroni visti in CMS
- Validazione di uno strumento utile per simulare realisticamente il comportamento del rivelatore (Datamixer)

Un ringraziamento particolare alla Dott.ssa Nadia Pastrone per il prezioso aiuto fornito