



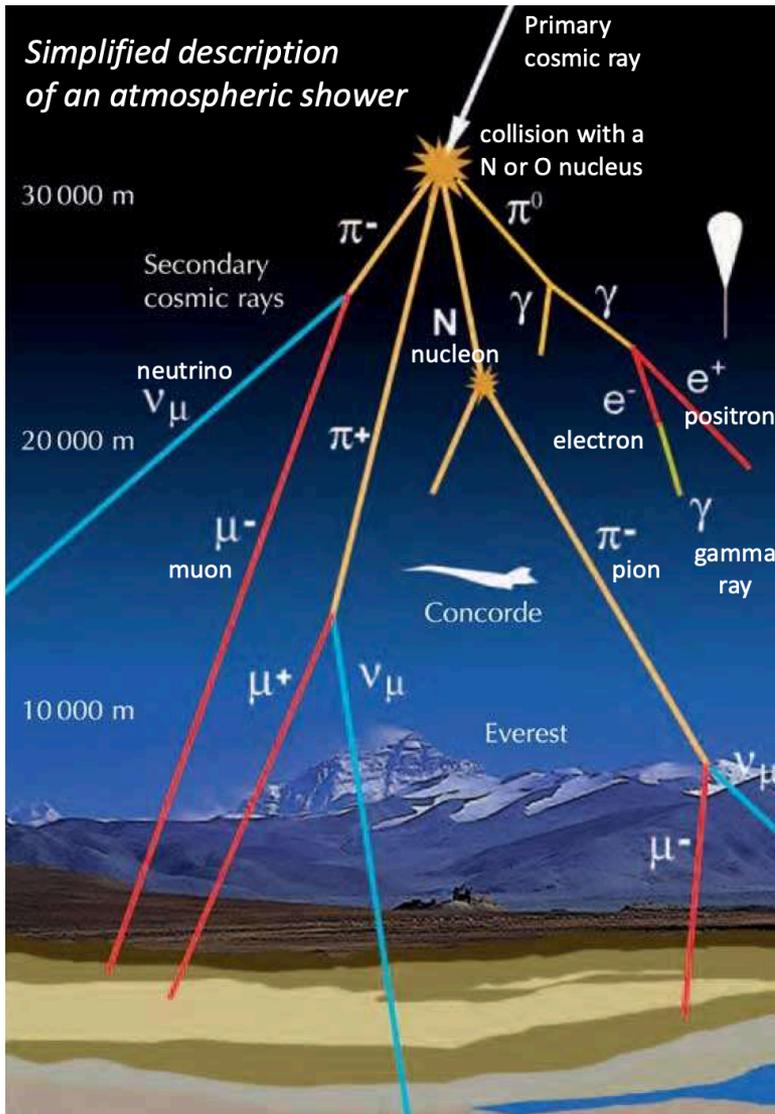
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Studio della muografia come metodo d'indagine di un terrapieno

Relatore: Vitaliano Ciulli

Candidato: Andrea Betti

Raggi cosmici



I raggi cosmici sono particelle di origine galattica o extragalattica

Si dividono in due categorie:

- Raggi cosmici primari
- Raggi cosmici secondari

I pioni che si generano in alta atmosfera decadono con tempi nell'ordine di $\tau = 2.6 \cdot 10^{-8}$ s producendo Muoni

I muoni sono le particelle più abbondanti al suolo e per le loro caratteristiche le più penetranti

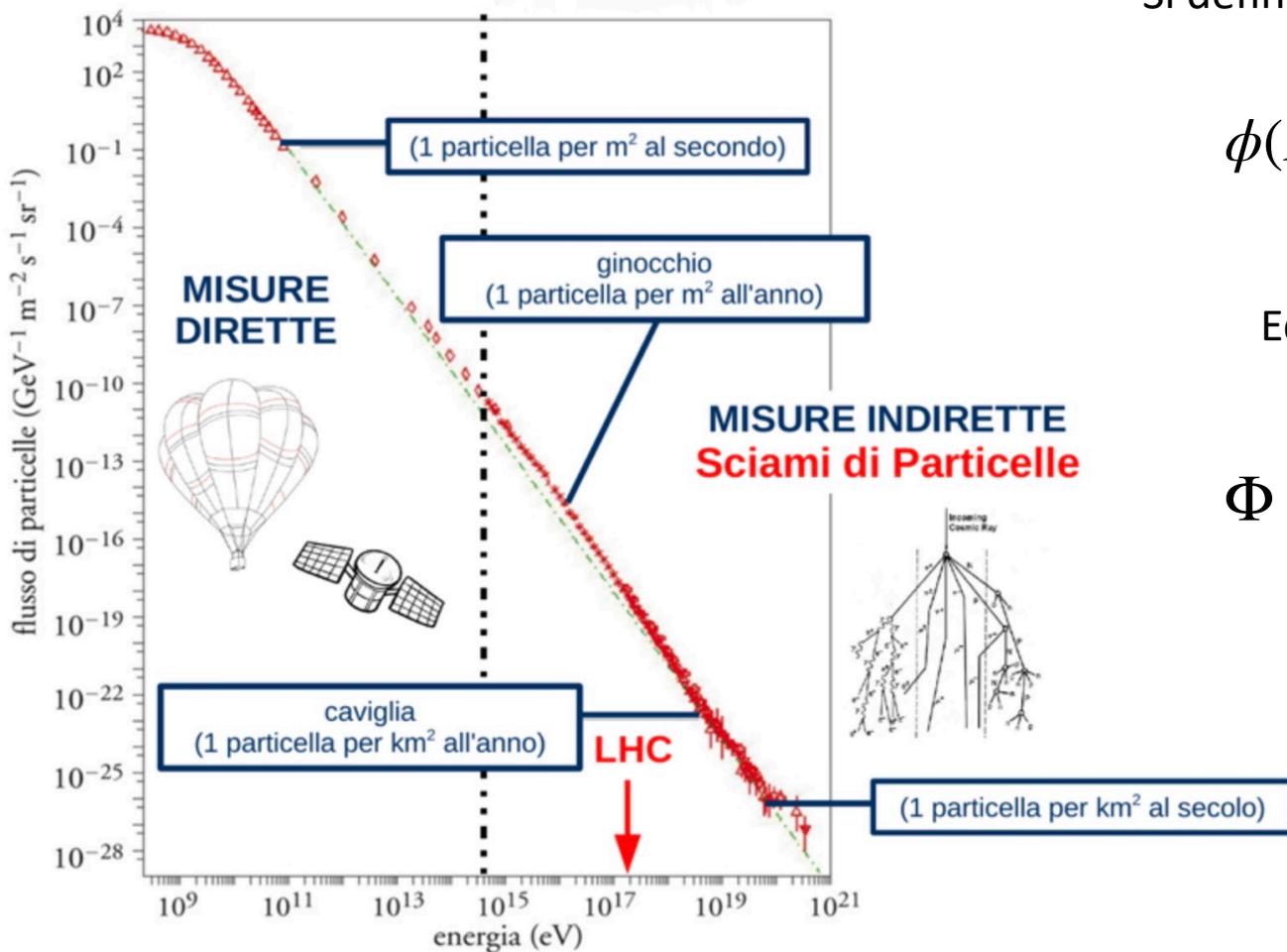
Raggi cosmici

Si definisce il *flusso differenziale*:

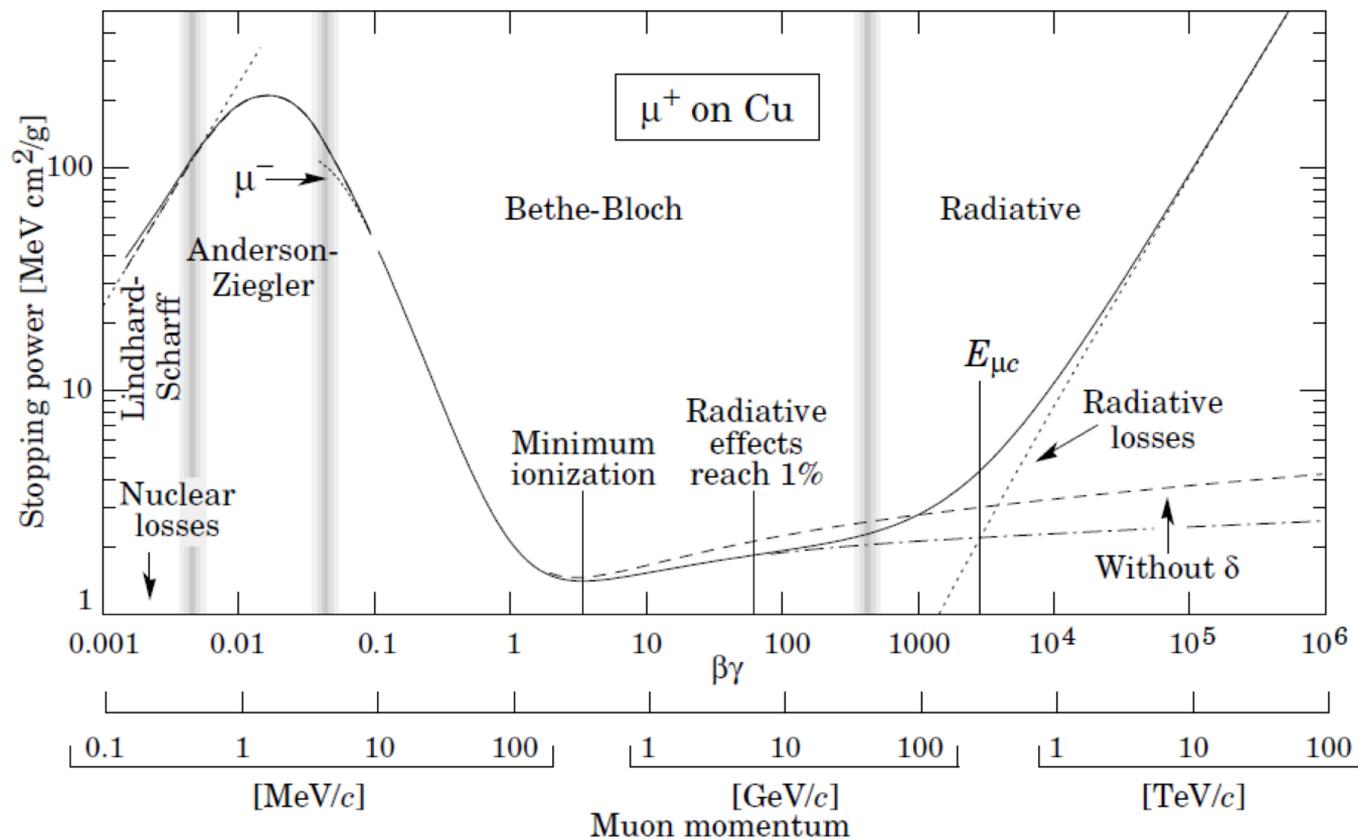
$$\phi(E) = \frac{dN}{dSdEd\Omega dt}$$

Ed il *flusso integrale*:

$$\Phi = \int_{E_{min}}^{\infty} \phi(E) dE$$



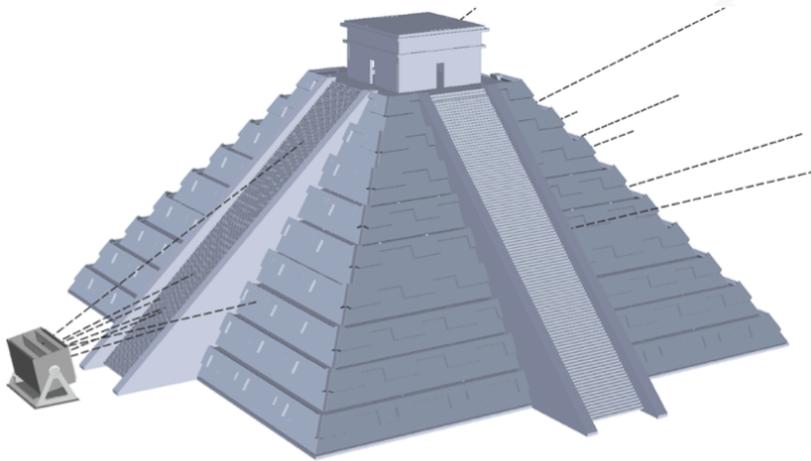
Raggi cosmici



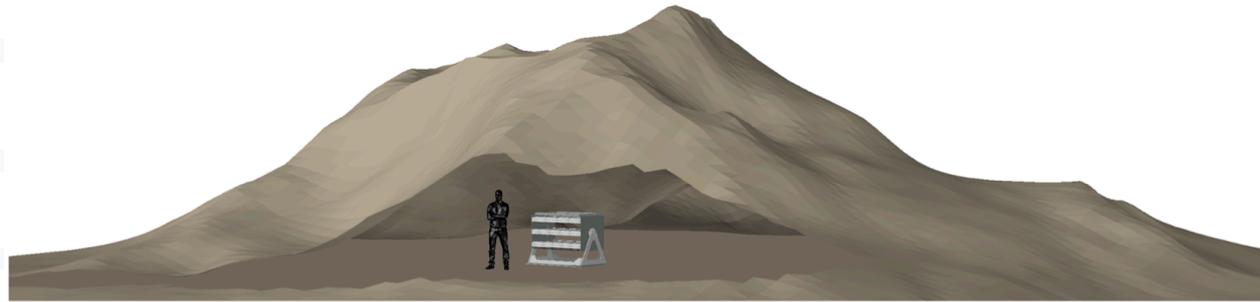
Stopping power dei muoni in funzione dell'energia.
Il minimo si raggiunge per energie di circa 3 GeV

Muografia

Tecnica di *imaging* che utilizza i muoni atmosferici per la ricostruzione di immagini digitali.



Muografia per assorbimento



Tecnica muografica

Basandosi sull'assorbimento dei μ da parte di un *target*, per la ricostruzione delle mappe di assorbimento si definisce l'*opacità*:

$$X = \int \rho(l, \theta, \varphi) dl$$

Usando un modello adatto di flusso a terra dei muoni si ricavano:

$$\Phi^{free-sky}(\theta, \varphi) = \int_{E_0}^{\infty} \phi(\theta, \varphi, E) dE \quad \Phi^{target}(\theta, \varphi, \bar{\rho}) = \int_{E_{min}}^{\infty} \phi(\theta, \varphi, E) dE$$

Per definire la *trasparenza*:

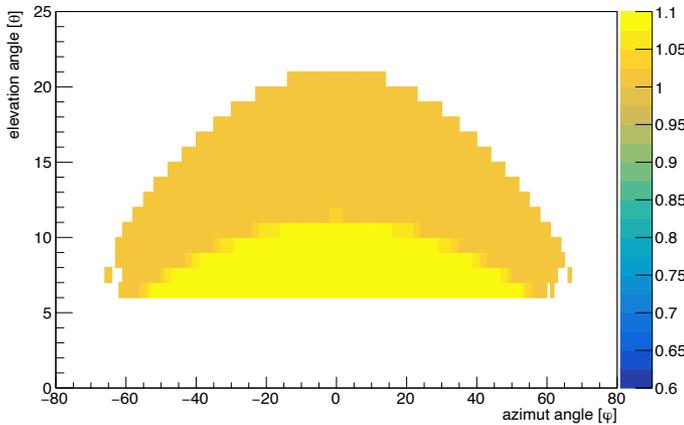
$$t(\theta, \varphi, \bar{\rho}) = \frac{\Phi^{target}(\theta, \varphi, \bar{\rho})}{\Phi^{free-sky}(\theta, \varphi)}$$

Dati preliminari

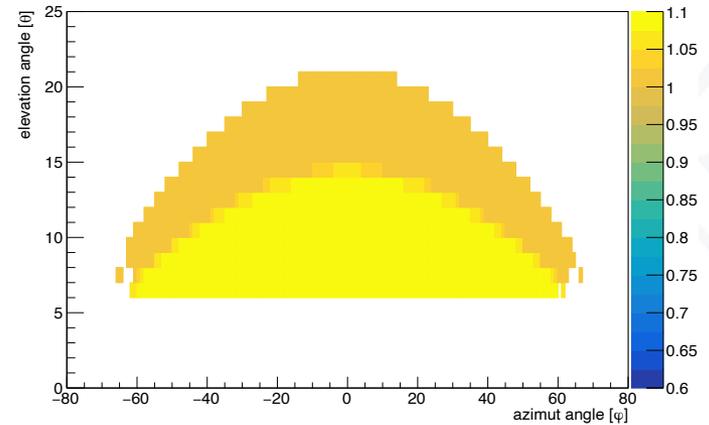
Dal modello della diga si ottengono le mappe di opacità da cui, attraverso la mappa di *free-sky*, si ottengono le trasparenze nei tre diversi casi.

Esse vengono poi divise tra loro ottenendo:

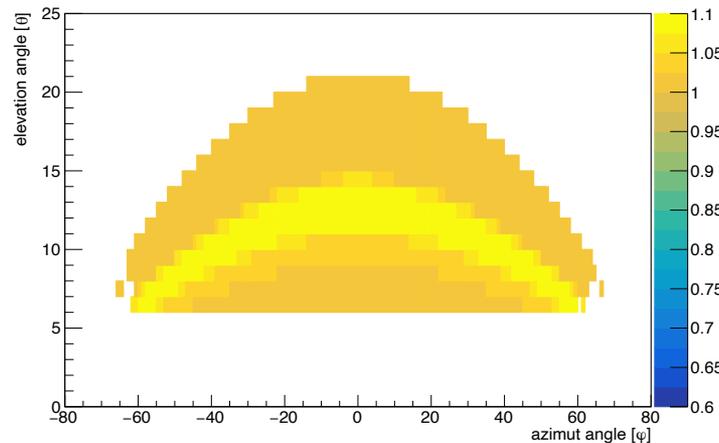
trasm1/trasm2 simulata



trasm1/trasm3 simulata



trasm2/trasm3 simulata



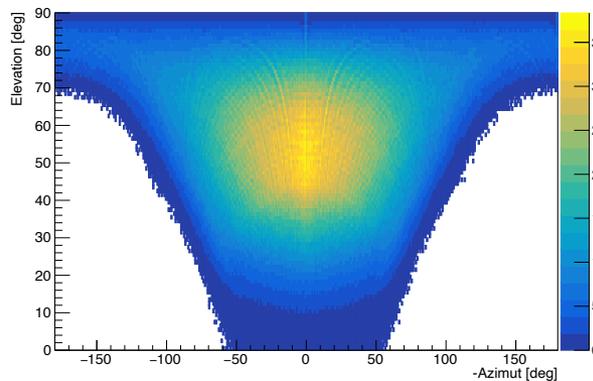
Generazione dei dati

Partendo dalle trasmissioni simulate, si ottengono gli istogrammi di conteggi per ognuna delle casistiche attraverso:

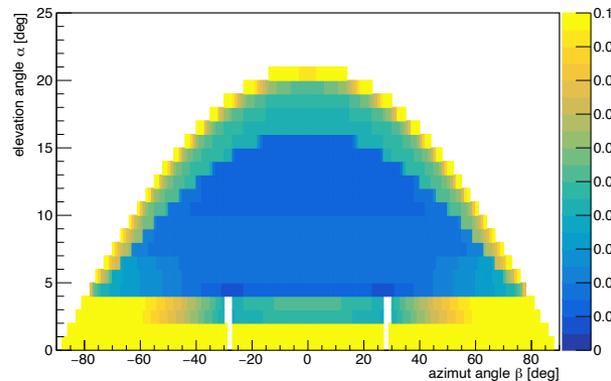
$$N_{i,j}^{target} = n_{i,j}^{free-sky} \cdot t_{i,j}^{simu}$$

Nel caso di *fango infiltrato*:

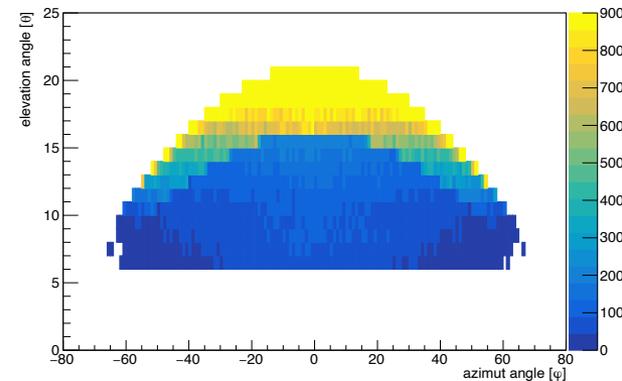
Track angular distribution for no-target config in the zenith reference frame



expected transparency: target/freesky



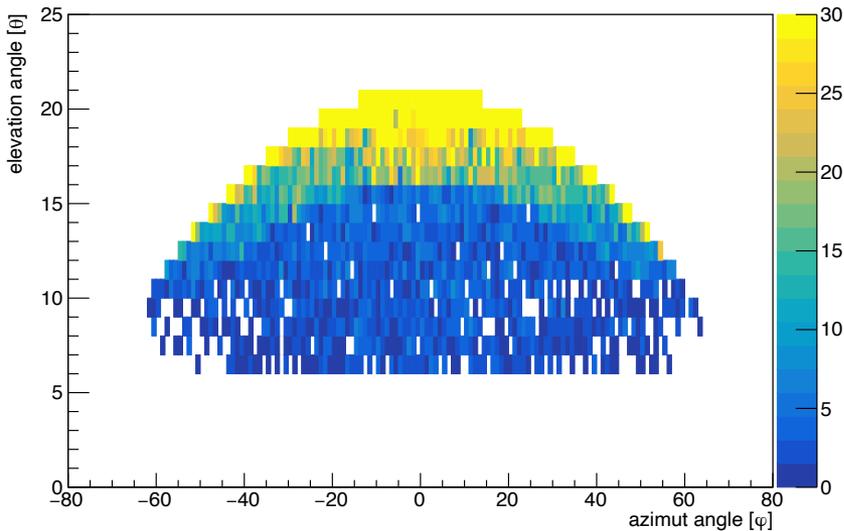
conteggi_target_t caso 3



Generazione dati

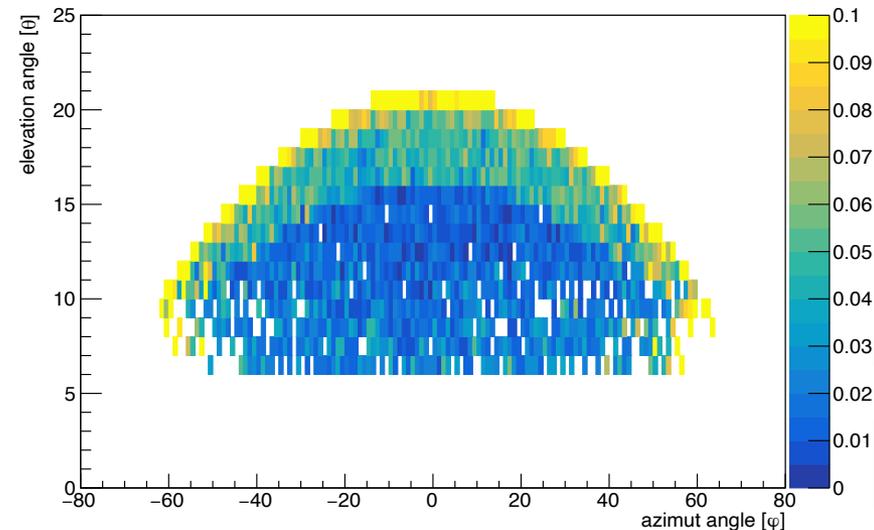
Per ottenere una misura vera è necessario fluttuare i conteggi su ogni canale:

conteggi_target_fluttuazioni caso 3



Le fluttuazioni seguono una distribuzione poissoniana oppure una gaussiana rispetto al numero di conteggi nel canale

trasmissione misurata caso 3

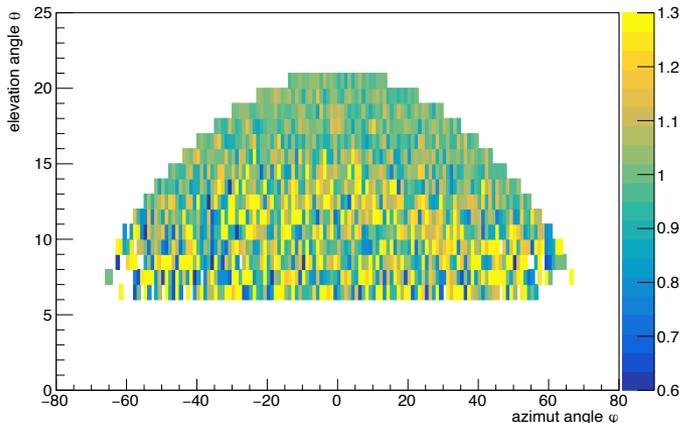


Molti Bin sono vuoti a causa del basso numero di conteggi

Si ha la necessità di aumentare la statistica per una miglior analisi del problema

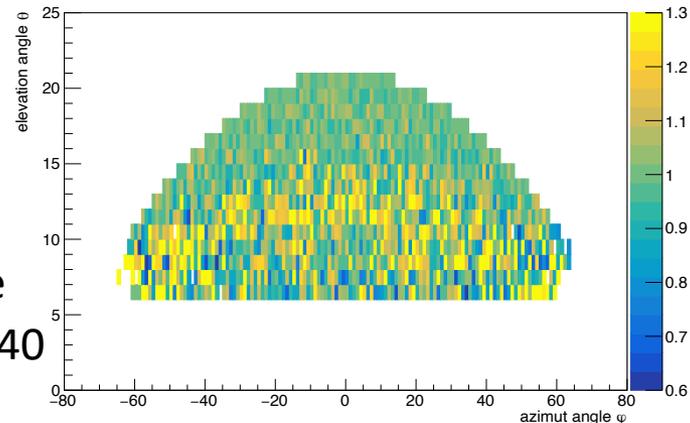
Generazione dei dati

trasm2/trasm3



Bin 1x1 fattore
moltiplicativo 20

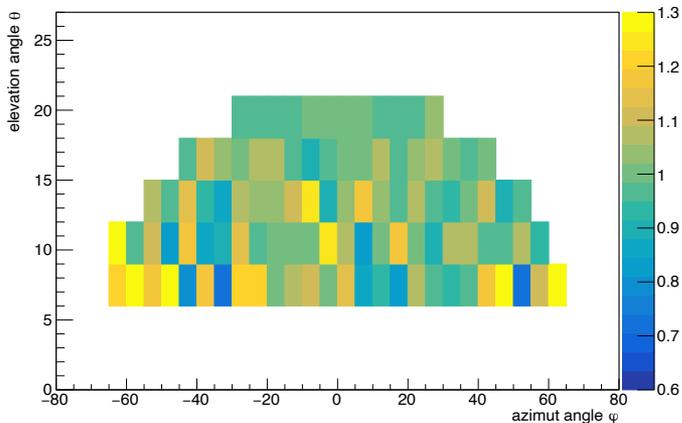
trasm2/trasm3



Bin 1x1 fattore
moltiplicativo 40

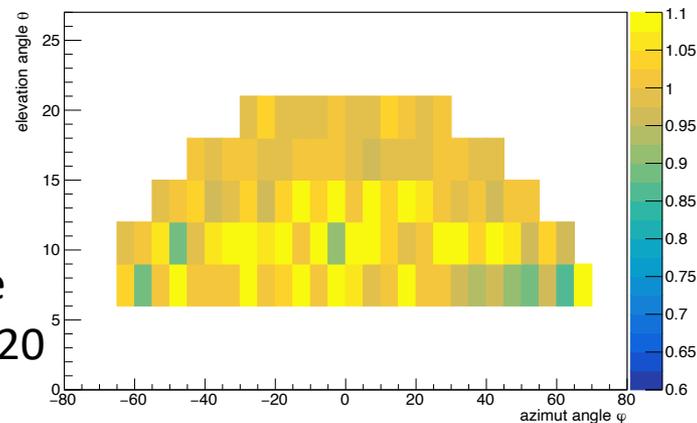
- Aumentare la dimensione dei canali degli istogrammi
- Moltiplicare il *free-sky* per una costante (interpretabile come un aumento della superficie attiva del rivelatore o un aumento del tempo di presa dati)

trasm2/trasm3



Bin 3x5 fattore
moltiplicativo 4

trasm2/trasm3



Bin 3x5 fattore
moltiplicativo 20

Analisi Dati

Ipotizzando di compiere due misure, per sapere quanto ci si discosta dal caso *fango in zona sicura*, che si conosce con certezza, per capire se la seconda misura corrisponde o meno allo stesso caso è stata definita la *significanza*:

$$S = \frac{t_2^{\text{no-flut}} - t^{\text{flut}}}{\Delta t_2}$$

Definendo poi due insiemi A, B, il primo con i valori veri ed il secondo con i valori ottenuti da una misura si possono poi definire la *purezza*:

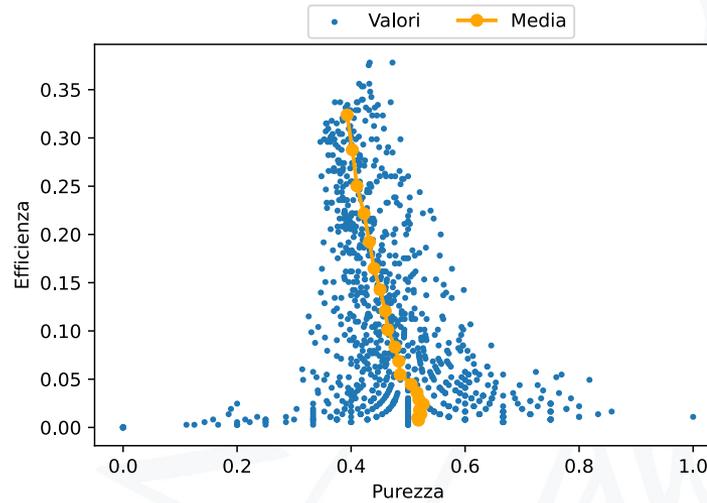
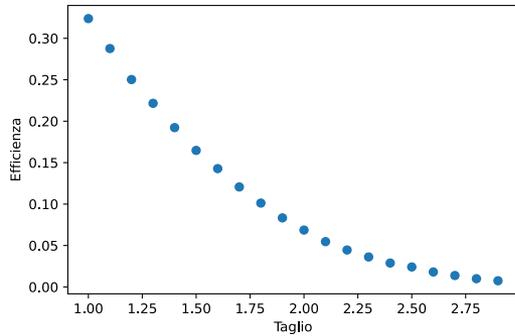
$$P = \frac{A \cap B}{B}$$

E l'*efficienza*:

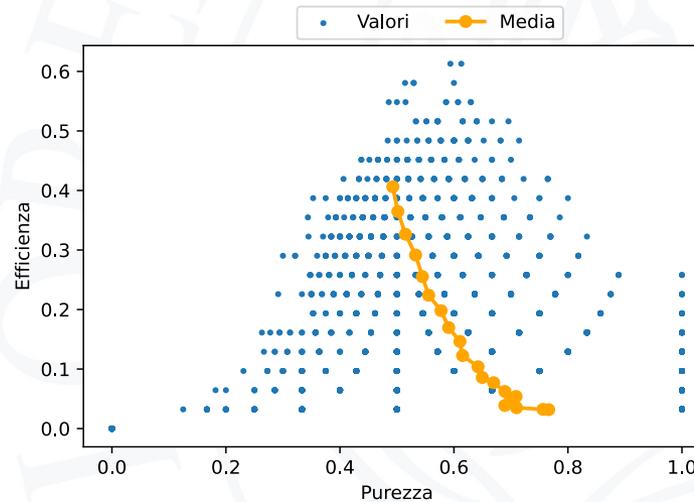
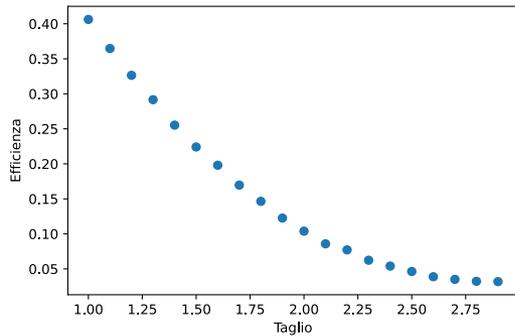
$$E = \frac{A \cap B}{A}$$

Analisi dati

Attraverso un programma da noi prodotto, attuando dei tagli sul segnale, si ottengono i seguenti plot:



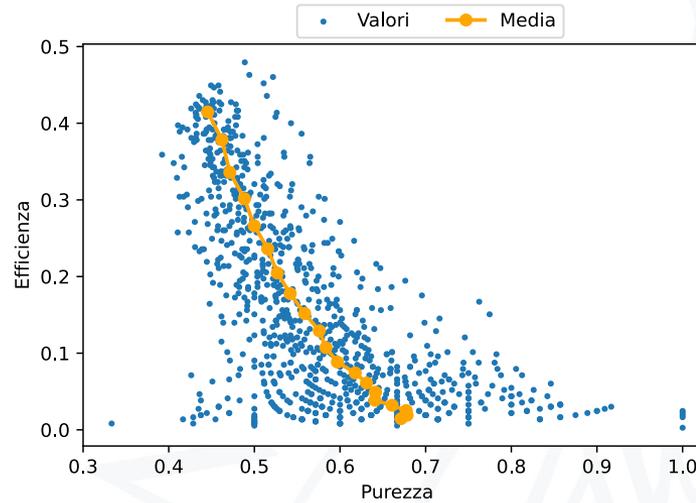
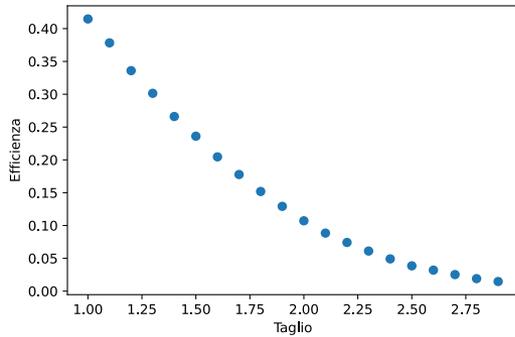
Bin 1x1 fattore
moltiplicativo 20



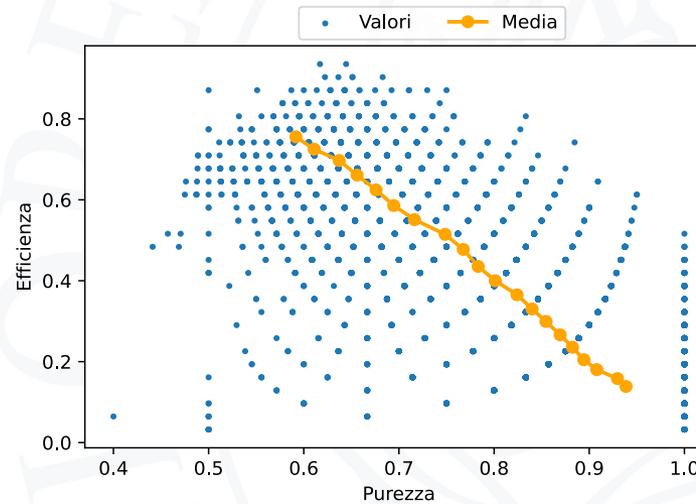
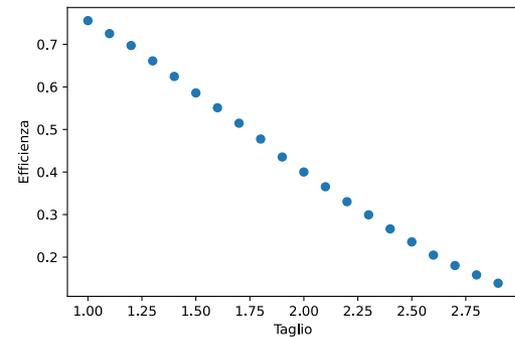
Bin 3x5 fattore
moltiplicativo 4

Analisi dati

Attraverso un programma da noi prodotto, attuando dei tagli sul segnale, si ottengono i seguenti plot:



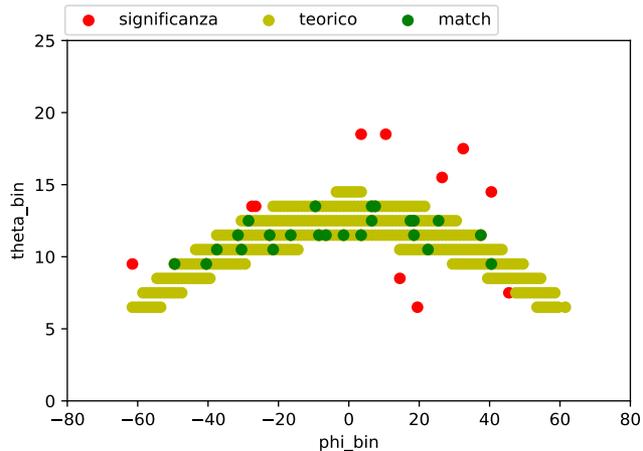
Bin 1x1 fattore
moltiplicativo 40



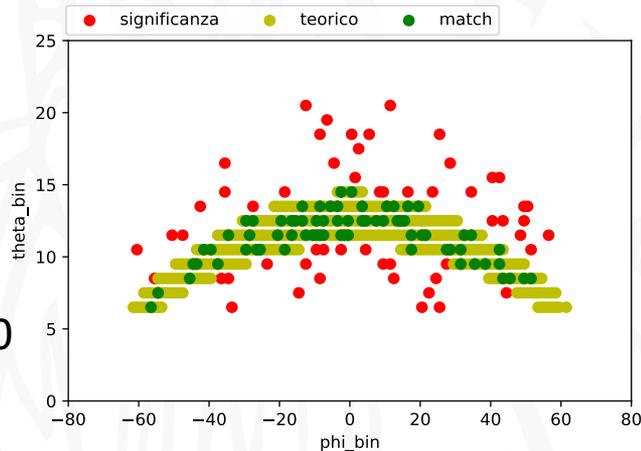
Bin 3x5 fattore
moltiplicativo 20

Analisi dati

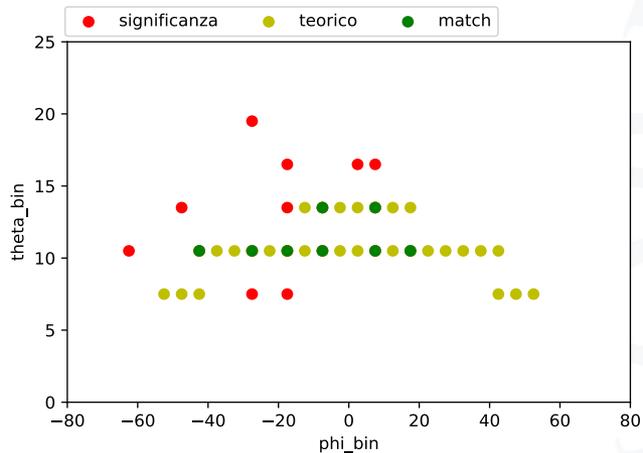
È possibile anche osservare graficamente la parte ricostruita



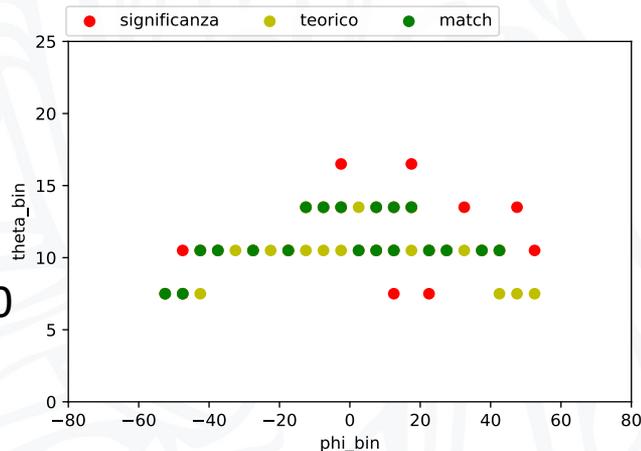
Bin 1x1 fattore 20
taglio 2.2



Bin 1x1 fattore 40
taglio a 1.7



Bin 3x5 fattore 4
taglio 1.3

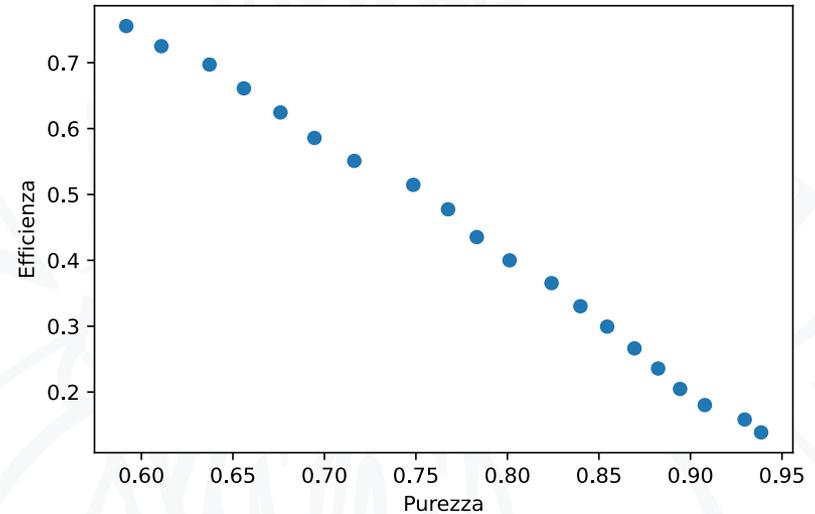


Bin 3x5 fattore 20
taglio 1.6

Conclusioni

Nel caso di bin 3x5 con fattore moltiplicativo 20 si osserva che la curva di purezza ed efficienza produce dei valori accettabili

Diventa necessario lo sviluppo di metodologie di clustering più avanzate



È quindi possibile monitorare le variazioni di densità della diga, ma con lunghi tempi di presa dati

La muografia per assorbimento si dimostra una tecnica adatta al monitoraggio di queste strutture a causa della non invasività della misura, è tuttavia necessario avere tempi sufficienti e per l'analisi in dipendenza dalle dimensioni dei rivelatori.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

