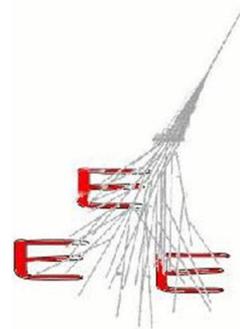


Ripartenza e collaudo del telescopio BARI-01 Report preliminari



Liceo Scientifico Statale "Arcangelo Scacchi"- Bari
Claudia Tortorella 4I
Simone Ragno 5M
Samantha Monno 4G
Valerio Ciavarella 4C
Team EEE



Chi siamo

- 🧑 20 Studenti Junior
(classi 3^a e 4^a)
- 🎓 4 Studenti Senior (classi 5^a)
- 🧑 4 Docenti di Matematica
e Fisica



Sommario

- 01 *Collaudo del telescopio BARI-01 con miscela eco-friendly: misure di efficienza, condizione attuale*
- 02 *Valutazione effetto barometrico: confronto tra BARI-01 e AREZ-01*
- 03 *Analisi dati dal 16 al 24 aprile 2025*
- 04 *Conclusioni*

La timeline del nostro TELESCOPIO

2007

Convenzione con Centro Fermi e nascita del gruppo EEE sotto la supervisione della Sezione INFN di Bari

2009

8 studenti EEE costruiscono il telescopio al CERN



2011

Installazione e attivazione del telescopio nei locali del Liceo Scacchi



2012

Il prof. Zichichi inaugura il nostro telescopio
Si registrano i primi eventi

2020



2024

Riaccensione del telescopio con la nuova miscela eco-friendly

Attività svolte

- Corsi teorici di fisica delle particelle, statistica, linguaggi di programmazione
- Monitoraggio quotidiano del telescopio
- Analisi dati
- Partecipazione agli eventi ufficiali EEE
- Partecipazione a contest internazionali (primi classificati nella BeamLine for Schools del 2021)
- Pubblicazioni su riviste scientifiche



L'INFLUENZA DEI FATTORI AMBIENTALI SUL FUNZIONAMENTO DEL TELESCOPIO BARI-01 DELLA RETE EXTREME ENERGY EVENTS

**M.F. Muscarella, M. Abbrescia,
B. Fanti, V. Guida, I. Iusco, S. Turbacci,**

Per la Collaborazione EEE

Extreme Energy Events
Science Inside Schools

LICEO SCIENTIFICO STATALE
"Arangelo Scacchi"

INTERNATIONAL COSMIC DAY

COSMIC RAYS RATE VS LATITUDE
Study and analysis of the cosmic ray flow as a function of latitude

[as] selfie
Blazar, che passione!

By EEE Team of Liceo Scientifico Statale



Il giorno 5 aprile 2019 noi studenti del Liceo Scientifico "A. Scacchi" di Bari abbiamo avuto la possibilità di partecipare a un'esperienza unica nel suo genere: la Fermi Masterclass, organizzata dall'Infn e tenutasi presso la locale sezione di Bari, al Dipart. timento Interateneo di Fisica "M. Merlin". Per noi studenti, una "full immersion" nel mondo della fisica astroparticellare. Il satellite Fermi, in orbita dall'11 giugno 2008, ospita un particolare rivelatore, il Lat (Large Area Telescope), che è studiato per essere sensibile alle frequenze più alte, i raggi gamma, dello spettro elettromagnetico. Il Lat è basato su una tecnologia di tracciatori a microstrip di silicio. L'emissione di raggi gamma è associata a fenomeni o



Funzionamento telescopio con nuova miscela eco-friendly

Fondamentale per il funzionamento del telescopio, prima ancora di riempire le camere con la miscela di elio (He) e tetrafluoro-propene ($C_3H_2F_4$), è che queste ultime siano a tenuta stagna.

Per le prove di tenuta abbiamo prima di tutto, durante l'inflating stage, riempito manualmente le camere d'aria tramite una siringa, misurando di volta in volta l'aria inserita e la pressione nella camera, in modo da ricostruire la formula che ci permetta di collegare, nella fase successiva, la pressione al volume di aria perso.

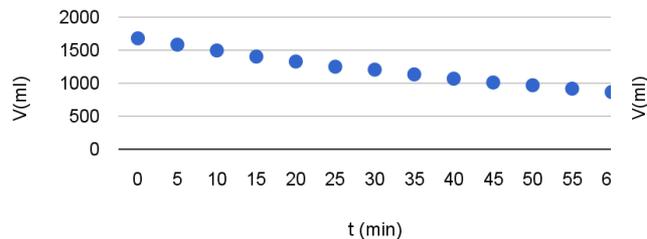
Prove di tenuta delle camere

Finito l'inflating stage, abbiamo misurato la pressione ogni cinque minuti ed effettuato la conversione in volume perso.

Abbiamo così potuto calcolare la perdita in l/h ottenendo dei risultati che, entro circa un'ora, si stabilizzavano a valori accettabili.

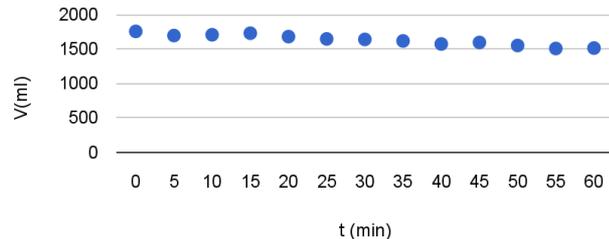
Volume decrease bottom chamber

average leakage 0.81l/h



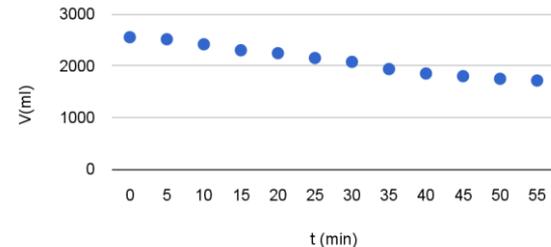
Volume decrease middle chamber

average leakage 0.24l/h



Volume decrease top chamber

average leakage 0.89l/h



Misure di efficienza: *cosa sono e come si svolgono*

La misura di efficienza di un telescopio serve a determinare la percentuale di eventi che il telescopio riesce a rivelare rispetto a quelli effettivi: affinché il telescopio legga un evento questo deve passare e attivare tutte e tre le camere, ma non sempre quando passa una particella una camera si attiva, possiamo quindi dire che vi è una probabilità ε , per ogni camera, che quando passa una particella la camera la registri. Quindi il numero totale di eventi N che il telescopio legge è dato dalla formula seguente:

$$N = N_{tot} \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3$$

Per capire l'efficienza del nostro telescopio dobbiamo, quindi, trovare i parametri ε per ogni camera. A tal fine escludiamo dall'acquisizione dati una delle tre camere, ad esempio la 3, e quindi avremo che il numero totale di eventi N per le camere 1 e 2 è dato da:

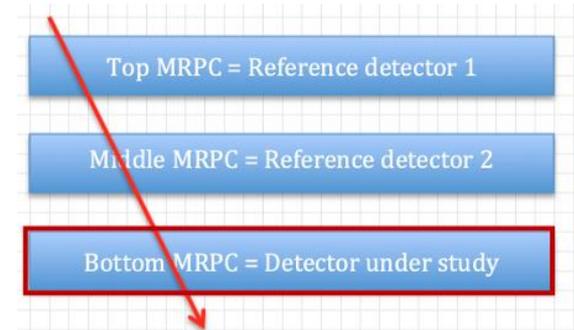
$$N_{1,2} = N_{tot} \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2$$

Misure di efficienza: *cosa sono e come si svolgono*

Ora facendo il rapporto tra le 2 misurazioni possiamo ottenere una formula per l'efficienza della camera 3 (a sinistra abbiamo un numero, il rapporto dei dati totali durante 2 run, e a destra il parametro da trovare):

$$\frac{N}{N_{1,2}} = \frac{N_{tot} \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3}{N_{tot} \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \varepsilon_3$$

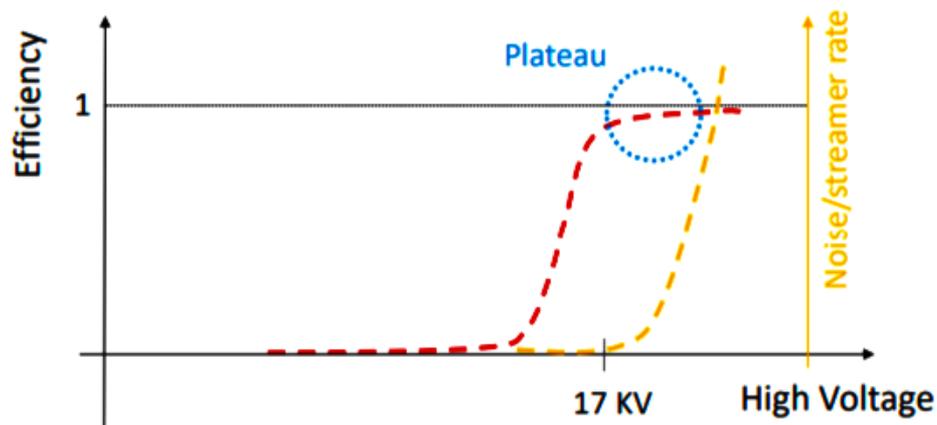
Svolgendo tale procedimento per tutte e tre le camere abbiamo ottenuto i parametri di efficienza del nostro telescopio. Tale parametro andrà ovviamente misurato in funzione della tensione utilizzata, questo perché più è alta la tensione più è probabile che un evento venga letto.



Chamber interdistance = 50 cm



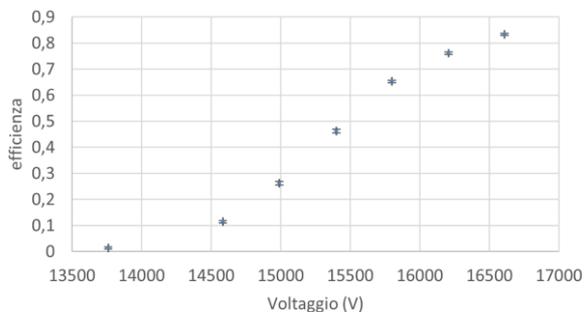
Misure di efficienza: *risultati*



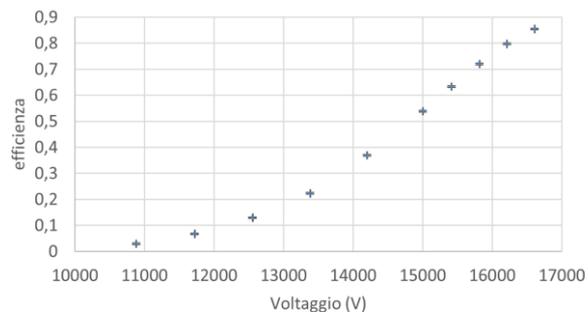
Idealmente la misura dovrebbe presentare un comportamento come in figura: il valore di efficienza tende a 1 asintoticamente, tale comportamento è definito plateau.

Misure di efficienza: *risultati*

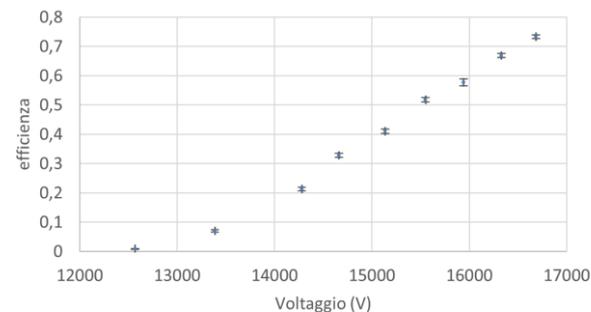
Misura di efficienza camera BOTTOM



Misura di efficienza camera MIDDLE



Misura di efficienza camera TOP



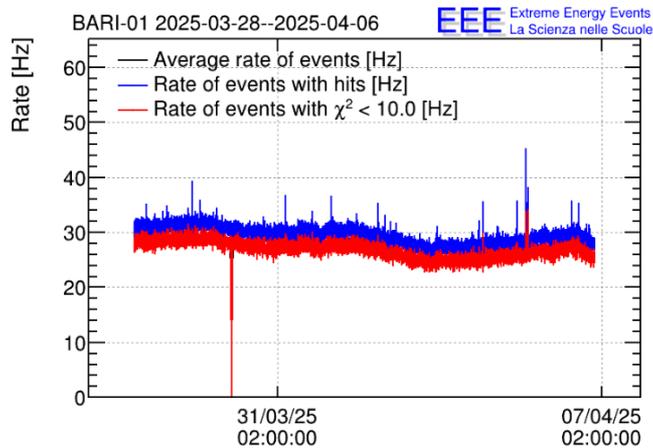
Bottom:
 $\Delta V=16608 \text{ V}$ $\varepsilon=0,83278$

Middle:
 $\Delta V=16608 \text{ V}$ $\varepsilon=0,853441$

Top:
 $\Delta V=16684 \text{ V}$ $\varepsilon=0,732575$

Condizione attuale del telescopio

A seguito del lavoro di collaudo che ha tenuto occupato il team EEE in questi ultimi mesi, il telescopio BARI-01 è ritornato funzionante in condizioni accettabili dal giorno 06/03/2025.

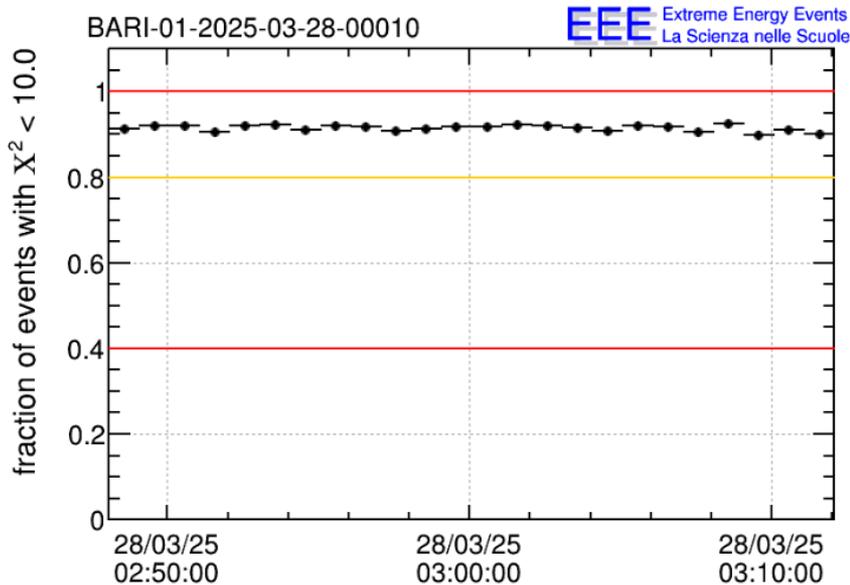


Grafici del 28/03 (variazione del Rate nel tempo)

Da quel giorno ad oggi il telescopio ha registrato eventi quotidianamente con un rate medio intorno ai 30 Hz.

Nel grafico si osserva una differenza tra il grafico rosso e quello blu determinata dal fattore χ^2 , che ci permette di capire se una terna di hit sia considerata compatibile con una traccia reale. Questo perché non sempre le strip che si accendono sono legate al passaggio effettivo della particella, motivo per cui rispetto ai segnali che registriamo le tracce ricostruite possono essere di meno. Il valore di riferimento $\chi^2 < 10$ nel nostro caso assicura che si scartino solo lo 0.7% di tracce "buone".

Condizione attuale del telescopio



Il grafico riportato mostra la variazione nel tempo del rapporto tra il RateTrackEvents e il RateHitEvents.

La linea rossa in corrispondenza dell'uno indica che questo rapporto è di 1:1: in quel caso il telescopio funziona perfettamente.

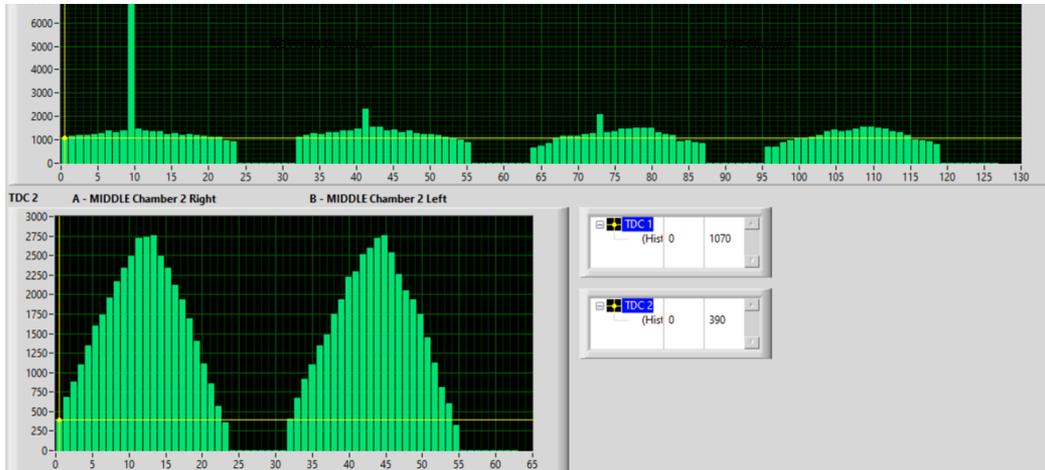
La linea gialla identifica un "valore limite" cioè 0.8.

Se questo rapporto si mantiene tra questi due valori il telescopio funziona in maniera accettabile.

Condizione attuale del telescopio

Bottom

Top



Di seguito riportiamo gli istogrammi di distribuzioni delle strip di una presa dati tipo dell'ultimo periodo di acquisizione.

Possiamo notare nella camera BOTTOM una strip particolarmente rumorosa.

Questo potrebbe giustificare la diminuzione del rapporto Track/Hit osservata nell'ultimo periodo.

Fattori che influenzano il rate

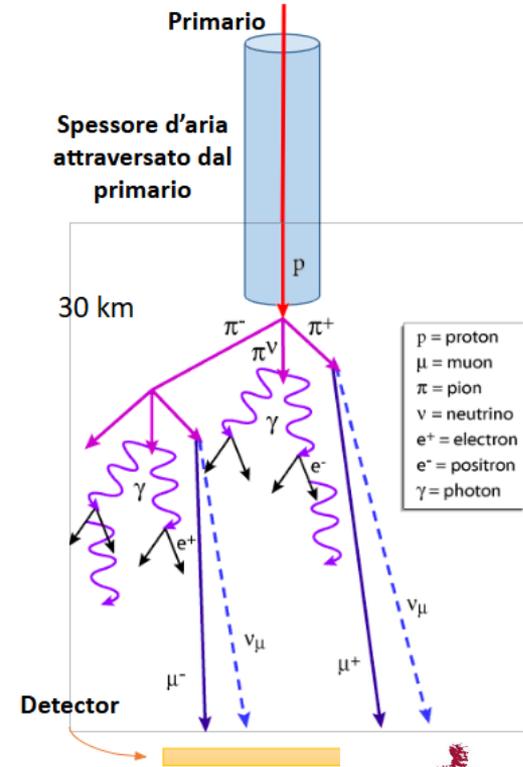
- **Eventi solari** : eventi associati a variazioni transitorie del flusso di raggi cosmici osservati a Terra, in tutte le loro componenti, sono noti come effetto **Forbush**.
- **Campo magnetico terrestre** che comporta variazione nel flusso osservato con la latitudine
- **Caratteristiche del luogo** in cui si trova il rivelatore
- **A livello del mare**, la variazione è dovuta essenzialmente ad effetti sulla produzione e propagazione di muoni nell'atmosfera

Effetto barometrico

- Quanto più densa è la colonna d'aria attraversata dal primario, tanto più in alto viene prodotto lo sciame.
- I muoni, in particolare, dovendo percorrere un cammino maggiore per arrivare a terra, perdono più energia e/o possono decadere in numero maggiore.
- Maggiore è la densità dell'aria attraversata, minore è l'intensità del flusso di muoni rivelata a terra.
- L'intensità dei muoni sulla superficie della terra dipende dalla pressione e dalla temperatura dell'atmosfera
- Se x è lo spessore di aria attraversato e λ è la lunghezza di interazione del primario, allora, l'intensità dei muoni rivelati a terra varia con una legge esponenziale del tipo:

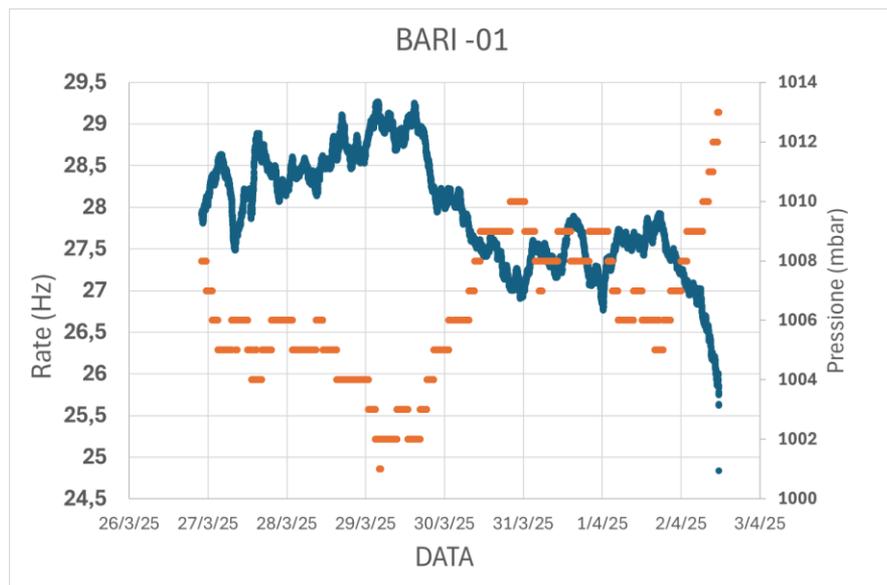
$$I = I_0 e^{-\frac{x}{\lambda}}$$

- La lunghezza di interazione λ dipende dalla densità del mezzo, ed è pertanto funzione di pressione e temperatura.



Effetto barometrico

Da questo grafico si nota come, nella zone in cui la pressione diminuisce, si crei una curva nella quale il rate raggiunge i valori massimi.



Possiamo anche notare dal grafico come la pressione e il rate siano legati da una anticorrelazione.

Coefficiente barometrico

Il calcolo del **coefficiente barometrico** permette di correggere e normalizzare le misure del rate di conteggio dei muoni, eliminando l'influenza delle variazioni di pressione atmosferica.

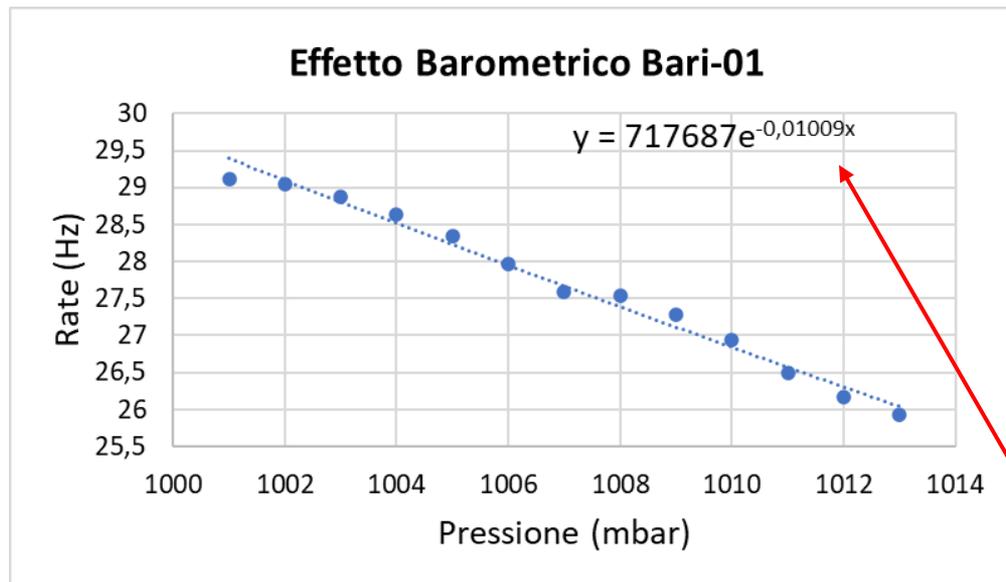
Per calcolarlo si devono seguire diversi step:

- 1) Si misura il rate di conteggio dei muoni in un periodo in cui la pressione atmosferica varia, in assenza di flares solari.
- 2) Si rappresentano graficamente i dati sperimentali, osservando come il rate cambia con la pressione;
- 3) Si utilizza la relazione $R = R_0 e^{\beta(p-p_0)}$ (β =coefficiente barometrico) che utilizza un modello di tipo esponenziale per fare un fit dei dati sperimentali.

BARI-01

41°N 16°E 20 s.l.m.

Grafico Rate vs Pressure e individuazione del coefficiente barometrico (23/3/25 - 2/4/25)



$$\beta = 0,01009 \text{ mbar}^{-1} = 1,009 \text{ \%/mbar}$$

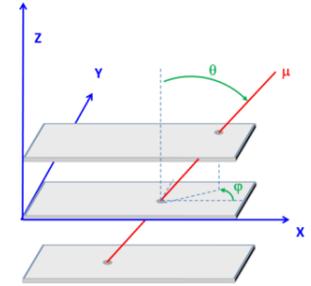
Per realizzare i seguenti grafici abbiamo utilizzato una tabella dove ad ogni valore di **pressione** misurata è assegnato il valore medio dei valori del **rate** misurati a quella pressione.

Abbiamo in seguito aggiunto la linea di tendenza del Fit esponenziale e da essa abbiamo ricavato il valore del **coefficiente barometrico** (β).

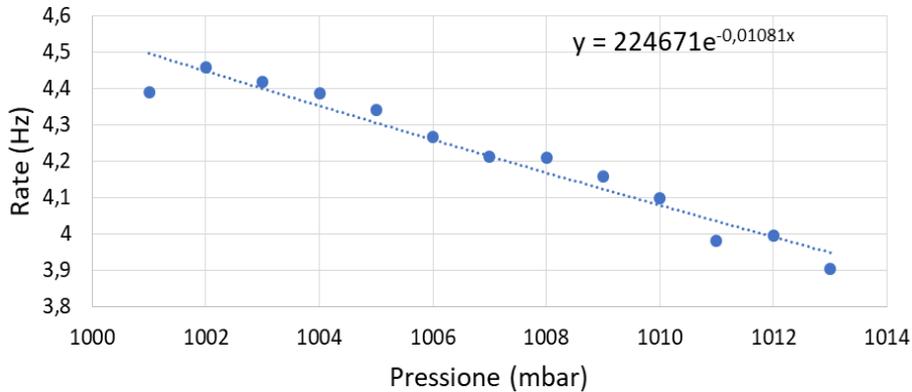
$$R_0 = R e^{-\beta(p-p_0)}$$

BARI-01

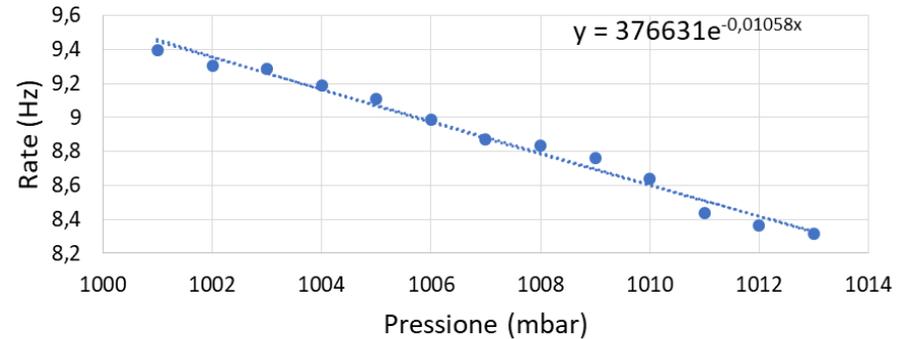
Determinazione del coefficiente barometrico per definite direzioni
(valori di θ)



Effetto Barometrico Bari per θ 0°-10°



Effetto Barometrico Bari per θ 10°-20°



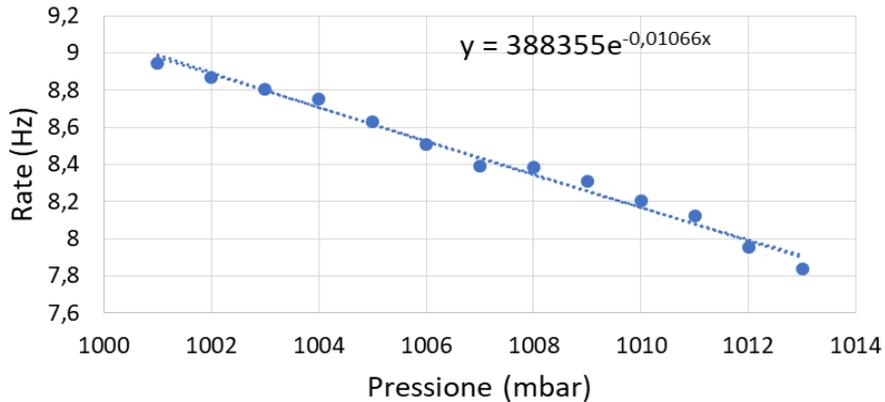
$$\beta = 0,01081 \text{ mbar}^{-1} = 1,08 \text{ \%/mbar}$$

$$\beta = 0,01050 \text{ mbar}^{-1} = 1,05 \text{ \%/mbar}$$

BARI-01

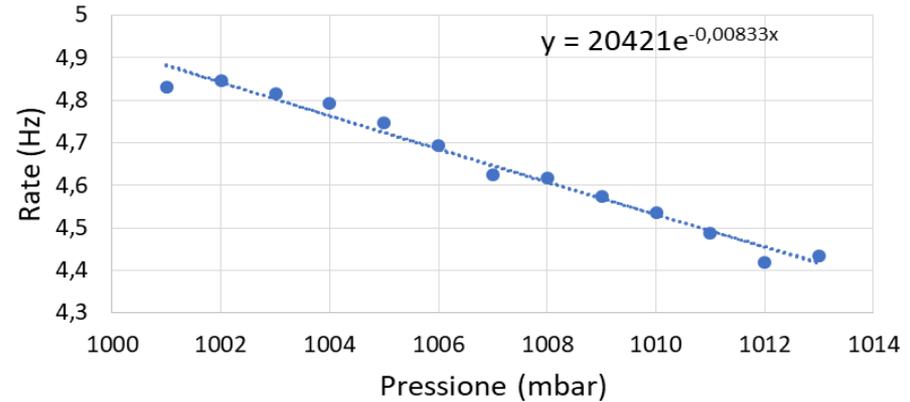
Determinazione del coefficiente barometrico per definite direzioni (valori di θ)

Effetto Barometrico Bari per θ 20°-30°



$$\beta = 0,01066 \text{ mbar}^{-1} = 1,06 \text{ \%/mbar}$$

Effetto Barometrico Bari per θ 30°-40°

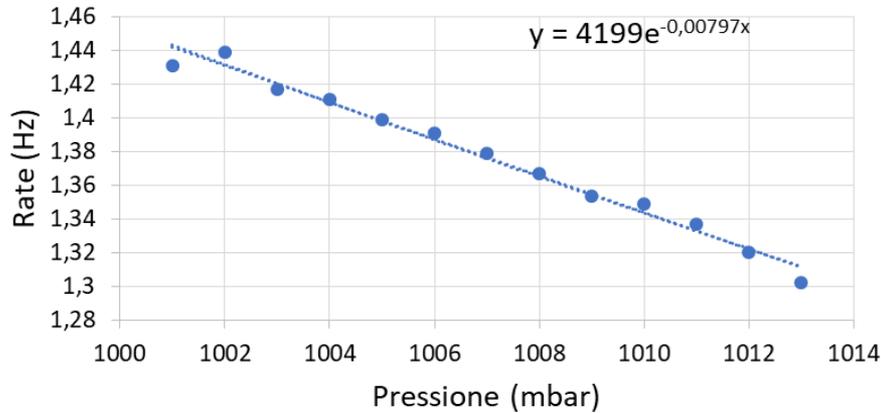


$$\beta = 0,00833 \text{ mbar}^{-1} = 0,83 \text{ \%/mbar}$$

BARI-01

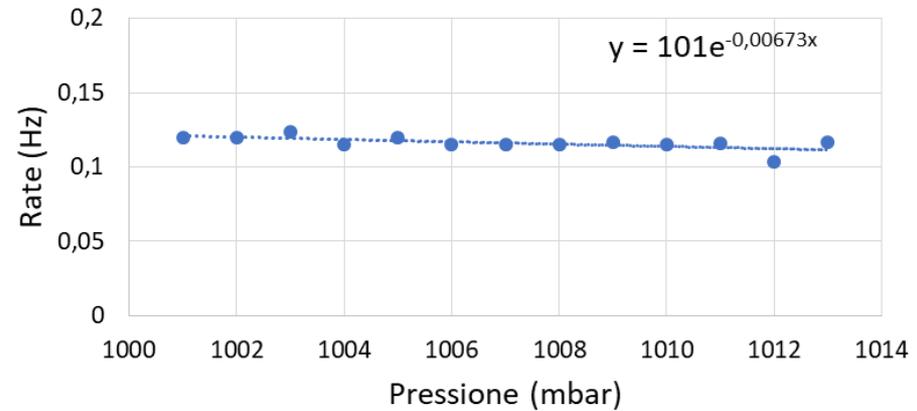
Determinazione del coefficiente barometrico per definite direzioni (valori di θ)

Effetto Barometrico Bari per θ 40°-50°



$$\beta = 0,00797 \text{ mbar}^{-1} = 0,79 \text{ \%/mbar}$$

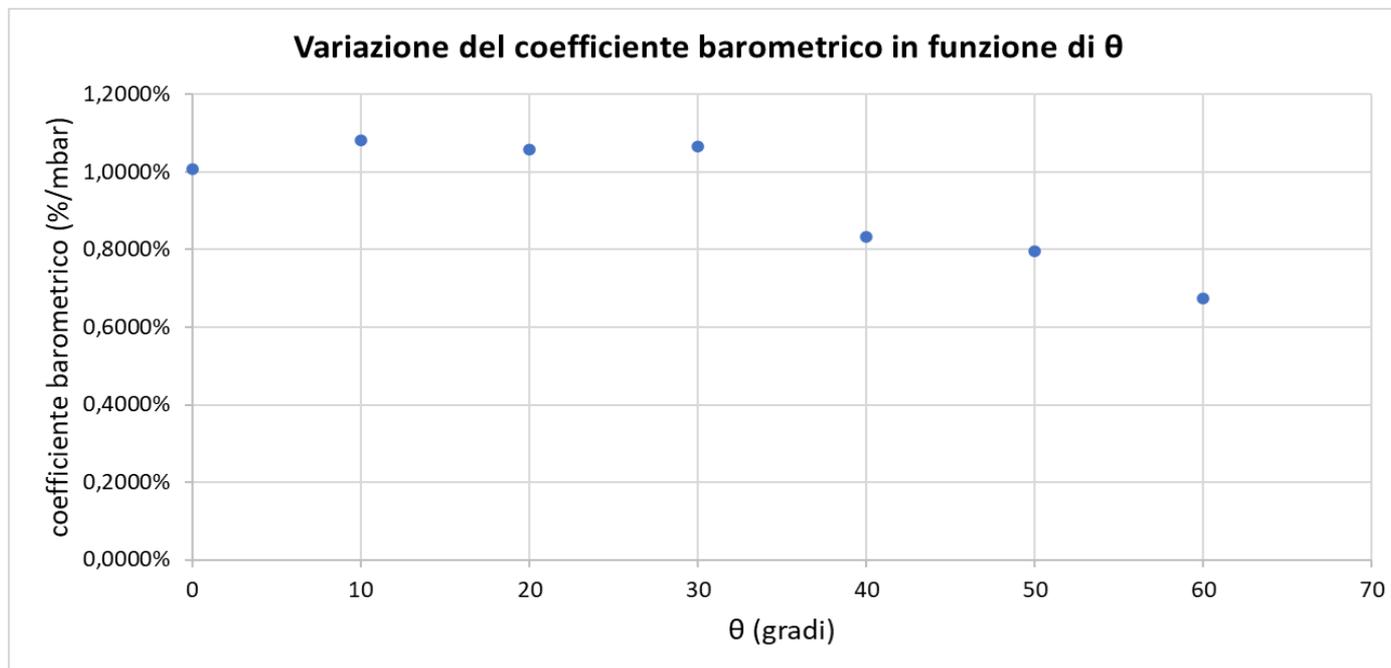
Effetto Barometrico Bari per θ 50°-60°



$$\beta = 0,00673 \text{ mbar}^{-1} = 0,67 \text{ \%/mbar}$$

BARI-01

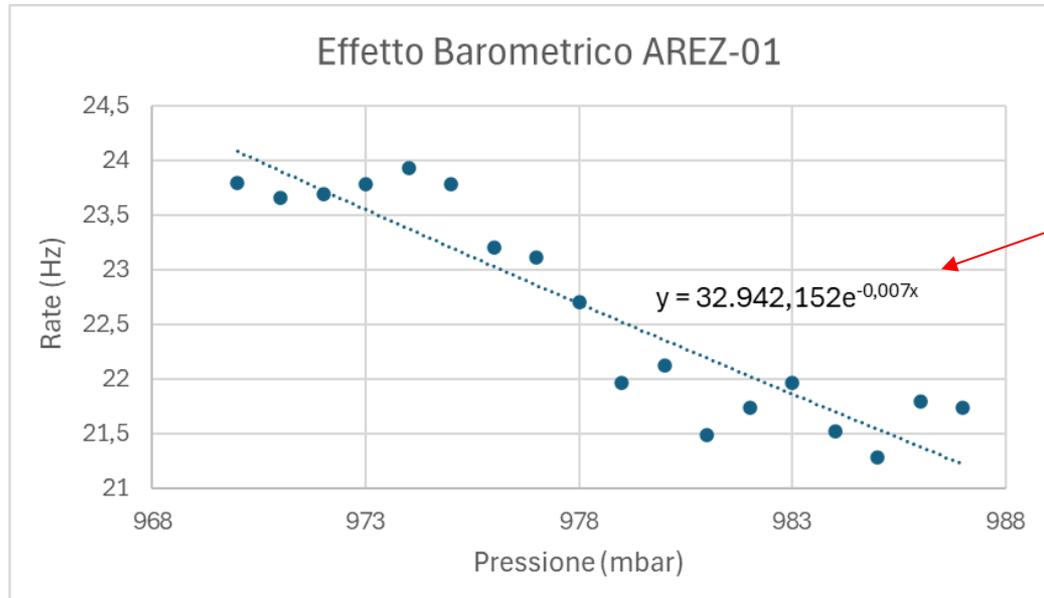
Coefficiente barometrico in funzione di θ



AREZ-01

43°N 11°E 262 s.l.m.

Grafico Rate vs Pressure e individuazione del coefficiente barometrico (23/3/25 - 2/4/25)

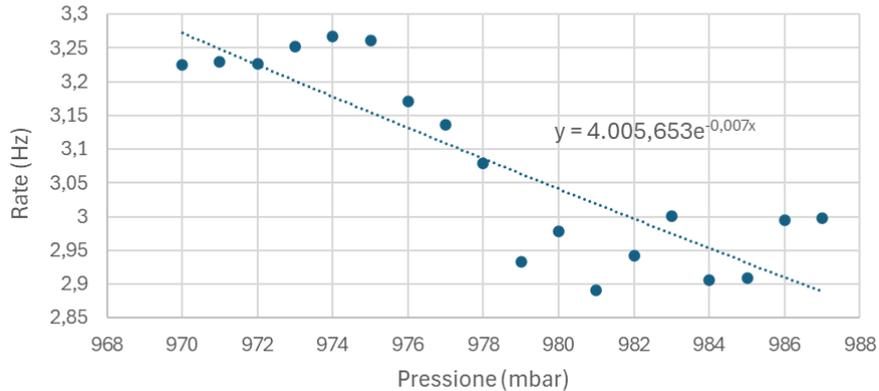


$$\beta = 0,007\text{mbar}^{-1} = 0,7 \% / \text{mbar}$$

AREZ-01

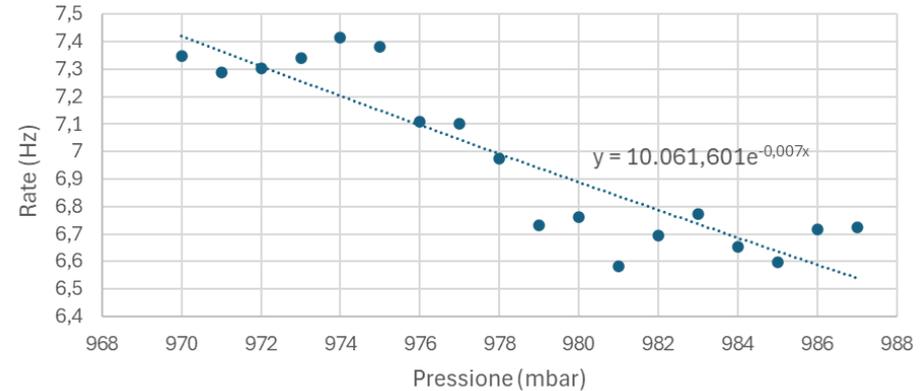
Determinazione del coefficiente barometrico per definite direzioni (valori di θ)

Effetto Barometrico AREZ-01 per θ 0° - 10°



$$\beta = 0,007 \text{ mbar}^{-1} = 0,7 \% / \text{mbar}$$

Effetto Barometrico AREZ-01 per θ 10° - 20°

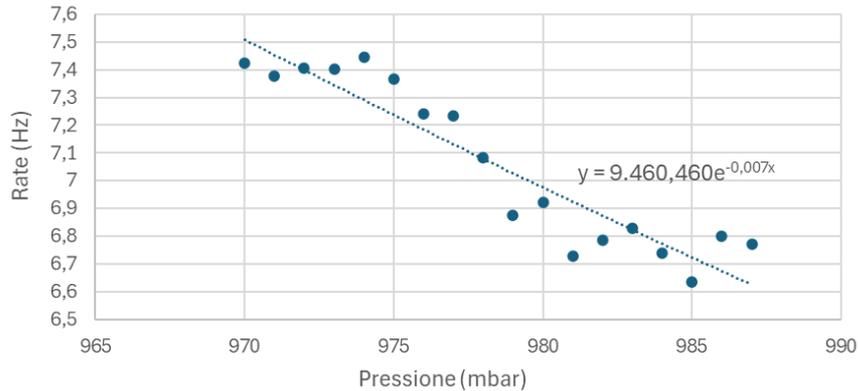


$$\beta = 0,007 \text{ mbar}^{-1} = 0,7 \% / \text{mbar}$$

AREZ-01

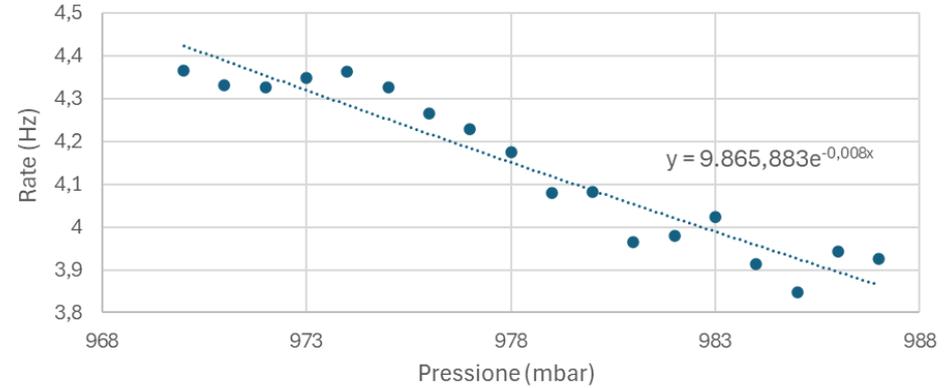
Determinazione del coefficiente barometrico per definite direzioni (valori di θ)

Effetto Barometrico AREZ-01 per θ 20° - 30°



$$\beta = 0,007 \text{ mbar}^{-1} = 0,7 \% / \text{mbar}$$

Effetto Barometrico AREZ-01 per θ 30° - 40°

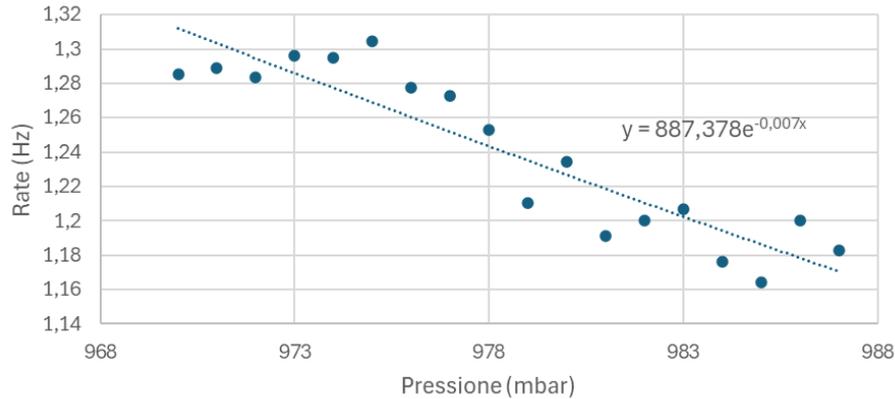


$$\beta = 0,008 \text{ mbar}^{-1} = 0,8 \% / \text{mbar}$$

AREZ-01

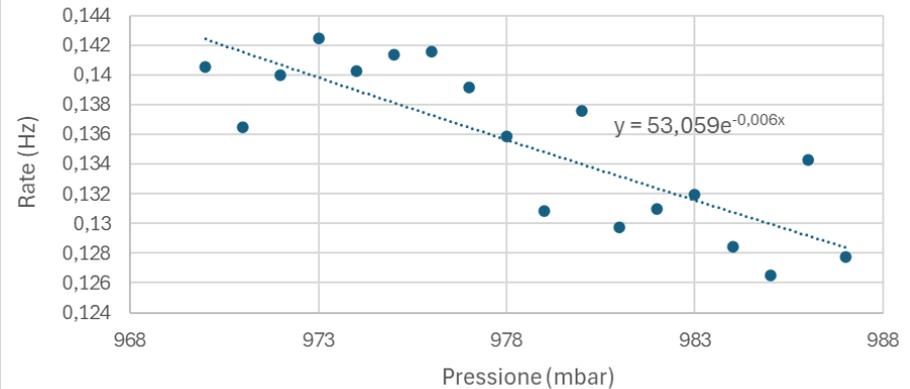
Determinazione del coefficiente barometrico per definite direzioni (valori di θ)

Effetto Barometrico AREZ-01 per θ 40° - 50°



$$\beta = 0,007 \text{ mbar}^{-1} = 0,7 \% / \text{mbar}$$

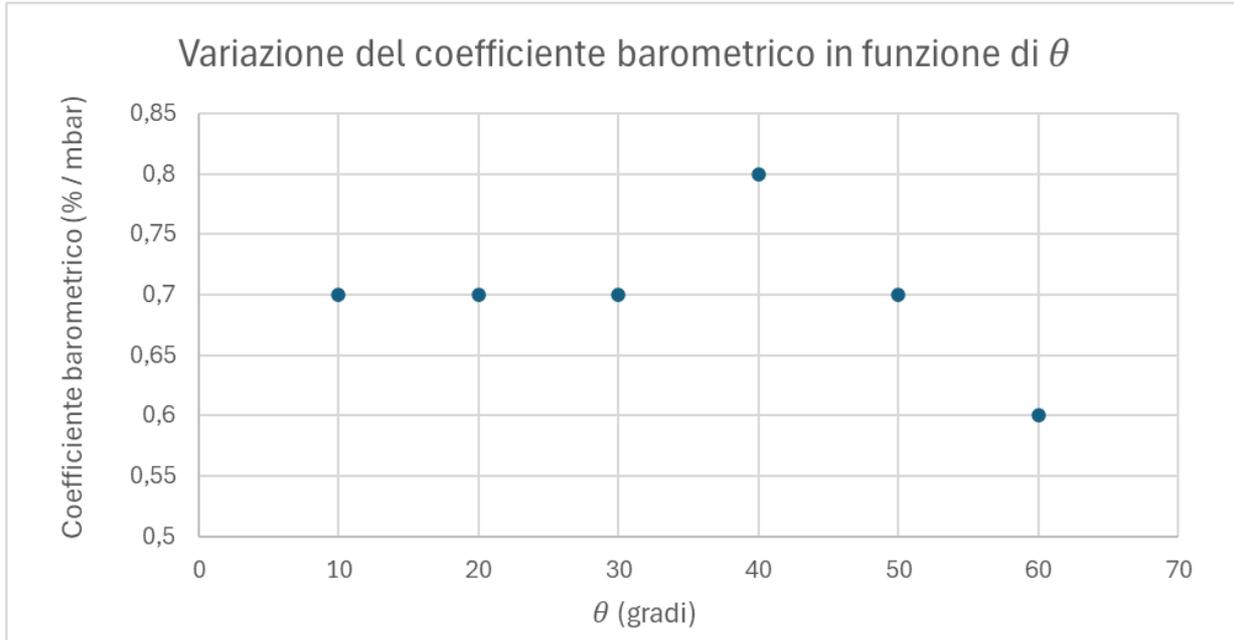
Effetto Barometrico AREZ-01 per θ 50° - 60°



$$\beta = 0,006 \text{ mbar}^{-1} = 0,6 \% / \text{mbar}$$

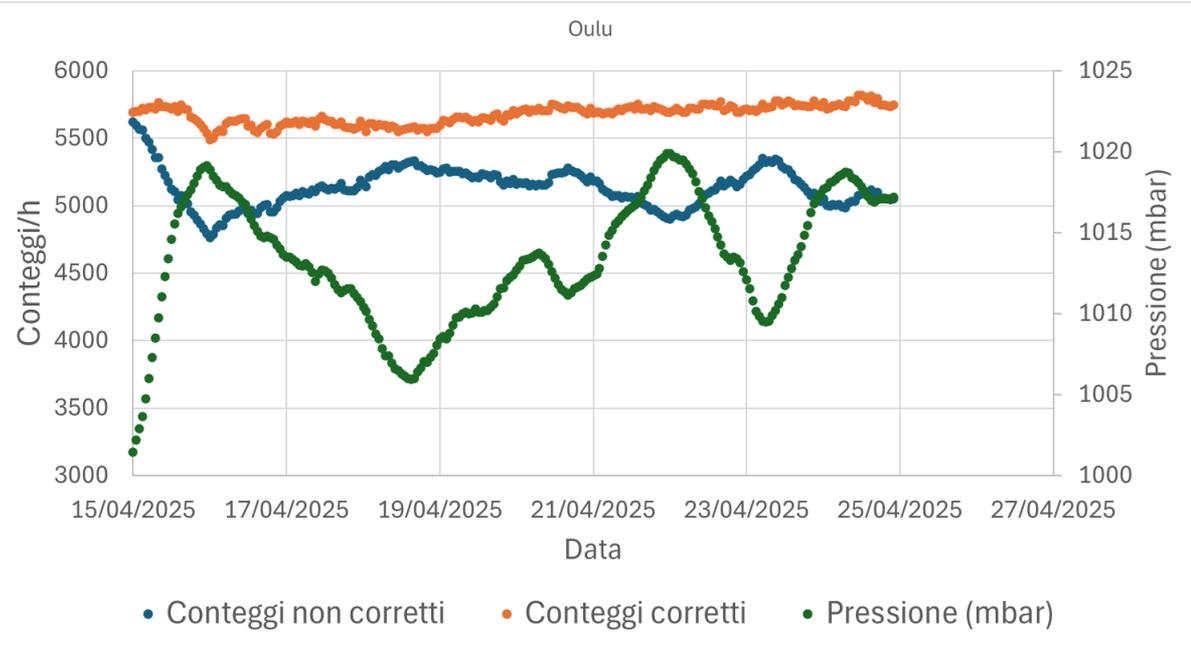
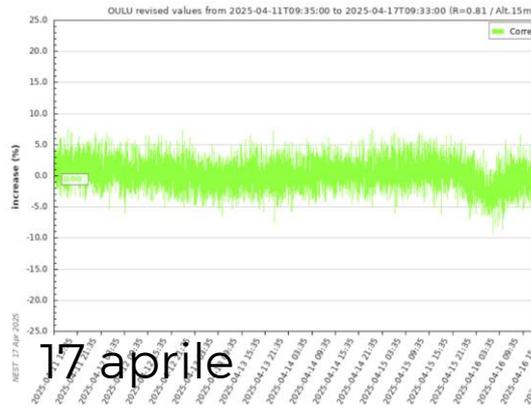
AREZ-01

Coefficiente barometrico in funzione di θ

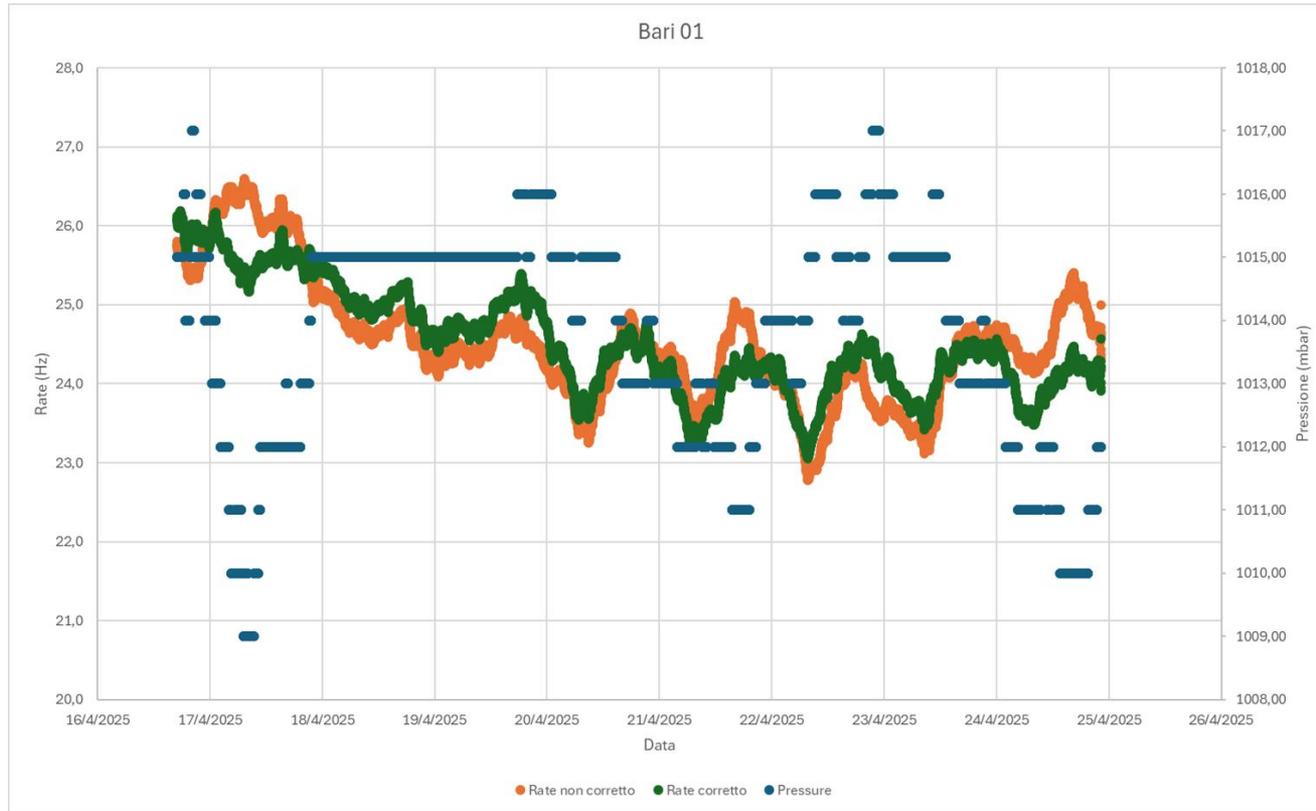


Abbiamo realizzato un grafico a dispersione che mette in relazione il valore del **coefficiente barometrico** con i diversi **angoli** di incidenza (θ).

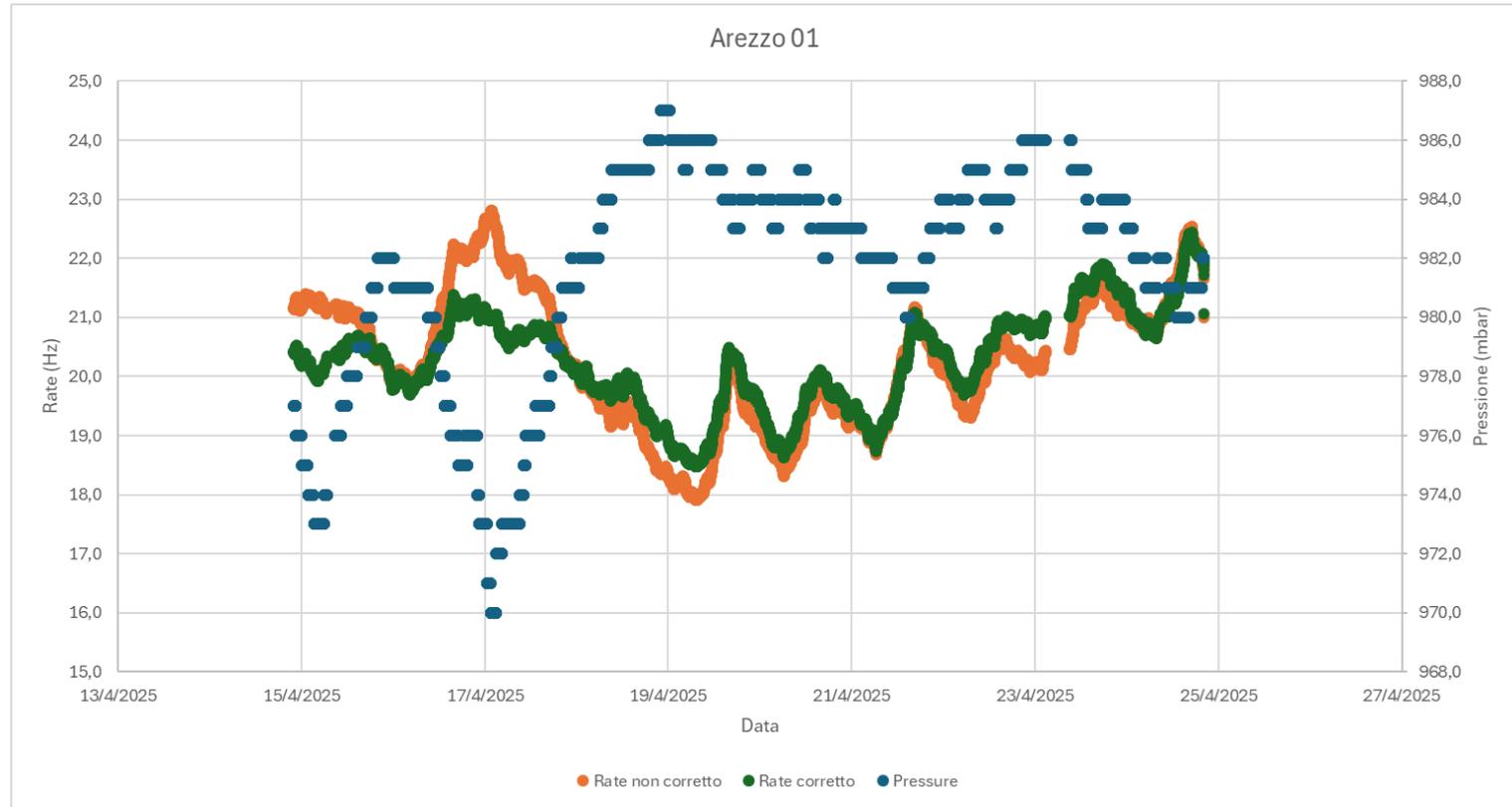
Confronto dati dal 15/04 al 24/04: Oulu



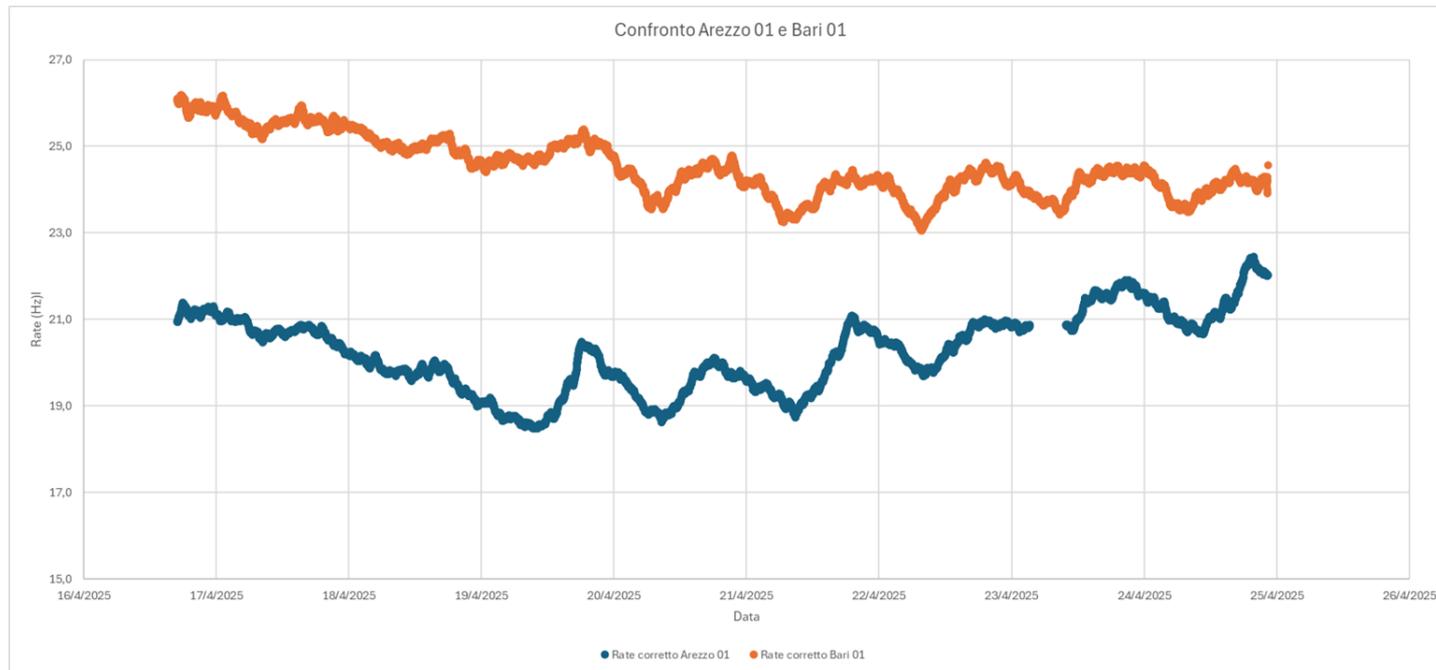
Dati dal 16/04 al 24/04: BARI-01



Dati dal 14/04 al 24/04: AREZ-01



Confronto rate corretto tra AREZ-01 e BARI-01 (16/04 - 24/04)



Confronto tra AREZ-01, BARI-01 e Oulu

Come è stato possibile osservare dalle analisi dei dati dei telescopi di Arezzo, Bari e Oulu:

- Nei tre grafici si può notare che la curva del rate ha un andamento anti-correlato alla pressione
- Il rate di Arezzo è meno stabile del rate di Bari
- La curva del rate corretto è più stabile della curva del rate non corretto
- Il rate di Arezzo è minore del rate di Bari, ma è interessante notare come gli andamenti, dopo la correzione barometrica, siano molto simili.
- Il rate di Oulu appare piuttosto stabile nel complesso, tuttavia intorno al 16/04 si nota una variazione del rate dovuta probabilmente a un aumento della pressione
- Nel complesso i Rate di Oulu, Arezzo e Bari sembrano piuttosto stabili, escludendo quindi l'ipotesi di un evento solare visibile a latitudine coperta dai telescopi di EEE.

Conclusioni

- Dopo le operazioni di collaudo, il telescopio BARI-01 ha mantenuto un funzionamento stabile, con una buona efficienza alla tensione di lavoro di circa 17000V.
- Il coefficiente barometrico calcolato per il telescopio BARI-01 è in linea con quello di altri telescopi, mostrando una lieve diminuzione all'aumentare dell'angolo θ .
- Una applicazione della correzione barometrica è stata effettuata sul set di dati dal 16 al 24 aprile
- Le misure di efficienza potranno essere ripetute in autunno prima dell'inizio dell' ECO Run.

Email: muscarella.mariafilomena@liceoscacchibari.it

turbacci.stefania@liceoscacchibari.it

Bibliografia

- EEE Monitor - Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi
- https://agenda.centrofermi.it/event/256/sessions/159/attachments/875/1301/MasterclassEEE_Roma_Nov24-1.pdf
- <https://cosmicrays.oulu.fi/>
- M. Abbrescia et al., "Eco-friendly gas mixtures for resistive plate chambers based on tetrafluoropropene and helium," JINST, vol. 11, p. P08019, 2016
- EEE-Gas Efficiency Masterclass - Material
- https://agenda.centrofermi.it/event/197/sessions/138/attachments/763/1134/Erice_Masterclass_2021_1117.pdf