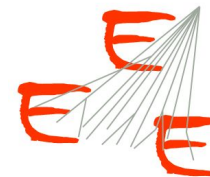




Liceo scientifico statale Benedetto Croce



Extreme
Energy
Events
Science inside Schools

MODULAZIONE INVERNO-ESTATE DEL RATE MUONICO

RELATORI:

SOFIA MARIA PIZZOLANTI

GIULIA DI CARA

GIORGIO TAORMINA

CL: 3Q

CL: 3N

CL: 3N

REFERENTE:

PROF. SSA PAOLA LA ROCCA

TUTOR:

PROF. VINCENZO DI MATTEO

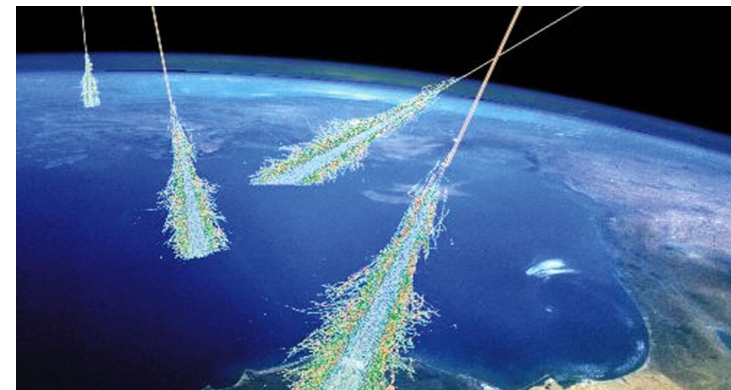
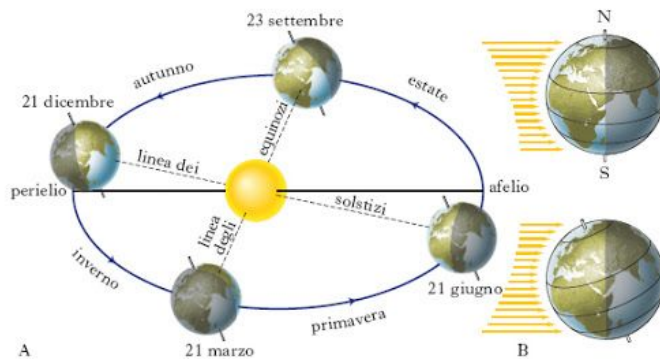
03/06/2020

INTRODUZIONE

L'effetto inverno-estate, conosciuto anche come “modulazione inverno-estate”, è quell'effetto per il quale si registra un maggiore flusso di muoni nel periodo invernale rispetto a quello estivo.

Attraverso i dati di uno dei telescopi EEE (TRIN-01) è stata effettuata un'analisi del rate medio di muoni, della temperatura e della pressione atmosferica su un periodo di almeno due settimane scelte nei mesi di gennaio e maggio del 2017, 2018 e 2019.

Il risultato sperimentale, limitato per adesso solo a questo strumento, ha portato ad affermare che l'aumento del rate nel periodo invernale dipende dalla diminuzione della temperatura atmosferica; la pressione media non determina invece effetti apprezzabili sul rate medio di eventi.



DESCRIZIONE DELL'ANALISI IMPLEMENTATA IN PYTHON



- Dal sito: <https://iatw.cnaf.infn.it/eee/monitor/> sono stati ottenuti i dati **csv_trending** relativi a ciascun giorno per il periodo di interesse.
- I dati sono stati **uniti cronologicamente** e sono state eliminate le **righe duplicate**.
- È stato rappresentato il **grafico del rate in funzione della pressione** per tutto il periodo in esame.
- È stato operato un **best fit lineare** del rate in funzione della pressione.
- È stata **migliorata la statistica** dei dati relativi al rate corretti in pressione attraverso una media di eventi su 120 minuti.
- È stato rappresentato il **rate medio su 120 minuti in funzione del tempo**.
- Infine è stata fatta la **media sull'intero periodo** del **rate non corretto in pressione**, della **pressione** e della **temperatura esterna e interna** alla stanza del telescopio.

SCELTA DEL TELESCOPIO



<https://eee.centrofermi.it/monitor> → «RUN 5 SUPERSUMMARY» → «TRIN-01»



Progetto Extreme Energy Events - La Scienza nelle Scuole

EEE MONITOR - DQM

[Official address: <http://eee.centrofermi.it/monitor>]

Ultimo aggiornamento: ore 22:42 - domenica 17 maggio 2020 [by e3monitor]



[EEE Monitor] Pausa tecnica per manutenzione
Total number of candidate tracks ($X^2 < 10$) in the database: 107403530128

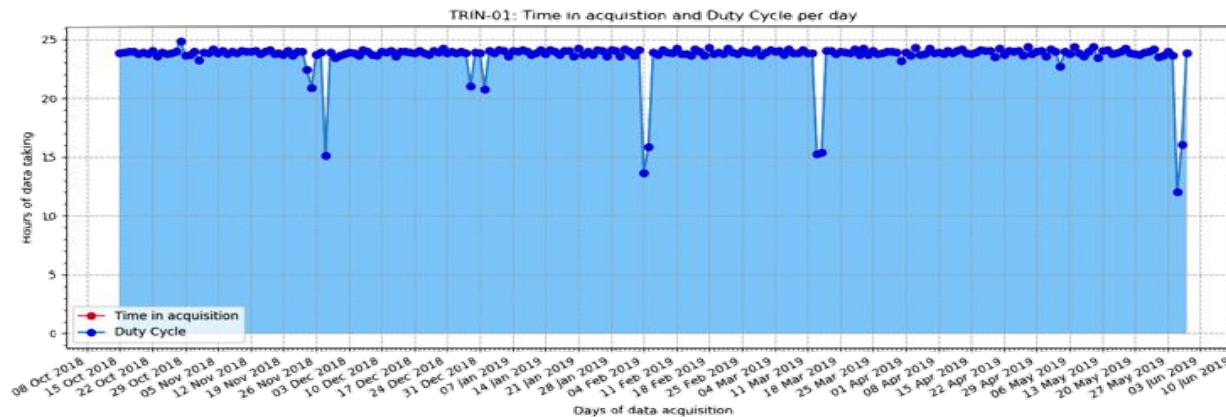
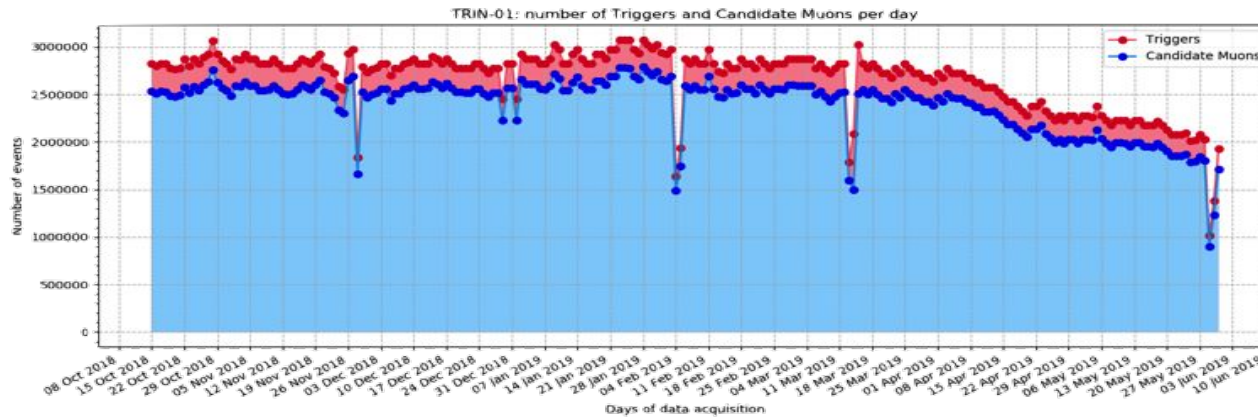
SCHOOLS ELOGBOOK for RUN 6	Telescope ELOGBOOK	EEE Tech Coord
Set Automatic Shift REPORT Messages	Automatic Shift Report ARCHIVE	
Home Page EEE	Run 5 SuperSummary	Download the Excel Sheet
Coincidences	Connectivity Report	Data Request

Tweets by [centrofermi](#)

La tabella qui sotto mostra la situazione dei telescopi in acquisizione:
In **verde** sono indicati i telescopi in presa dati e trasferimento nelle ultime 3 ore e con parametri di acquisizione ragionevoli nell'ultimo run analizzato.
In **giallo** sono indicati i telescopi in cui trasferimento e/o acquisizione sono sospesi da più di 3 ore o con tracce ($X^2 < 10$) minori di 10 Hz nell'ultimo run analizzato.
In **rosso** sono indicati i telescopi in cui trasferimento e/o acquisizione sono sospesi da più di due giorni o con tracce ($X^2 < 10$) minori di 5Hz nell'ultimo run analizzato.

PERCHÉ

TRIN-01



«TRIN-01» ha raccolto dati stabilmente per un periodo di almeno un anno.

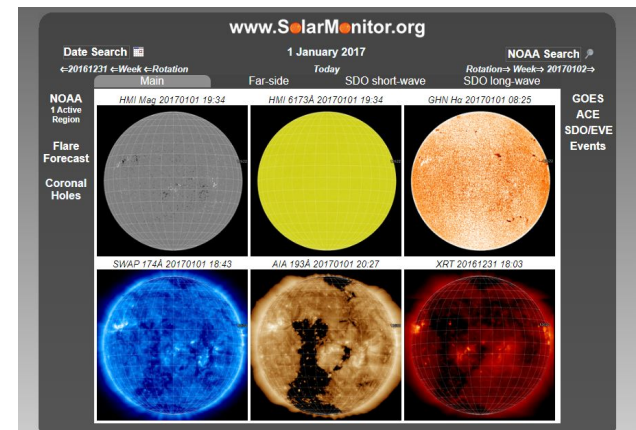
ATTIVITÀ SOLARE

Per escludere l'influenza dell'attività solare nelle misurazioni abbiamo controllato che nei periodi presi in considerazione non si fossero verificati fenomeni di brillamenti solari **SF** o **CME** (coronal mass ejection, cioè espulsione di una nube di plasma coronale da parte del Sole)

Le particelle solari cariche emesse dal Sole, infatti, generano un campo magnetico; per questo motivo un vento solare con intensità superiore alla media produce un campo magnetico più intenso e ha quindi la capacità di rafforzare la protezione naturale di cui la Terra dispone nei confronti dei raggi cosmici.

Per fare questo, abbiamo consultato due siti:

- <https://www.solarmonitor.org/> per verificare, attraverso immagini ai raggi X, che non ci fossero dei brillamenti nella zona coronale del sole;
- <https://www.spaceweatherlive.com/en/solar-activity/top-50-solar-flares> per verificare l'intensità di possibili brillamenti.



month January year 2017

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
						1 Kp4-
2 Kp2+	3 Kp4-	4 B1.8 Kp4-	5 B1.4 Kp4	6 Kp4-	7 Kp4+	8 Kp4
9 Kp3+	10 B8.8 Kp4-	11 B5.0 Kp3-	12 C3.8 Kp2+	13 Kp2-	14 B2.1 Kp2-	15 Kp2
16 B1.9 Kp1-	17 Kp2	18 B1.3 Kp4-	19 Kp3+	20 B5.3 Kp3+	21 C9.3 Kp3+	22 B2.4 Kp3+
23 Kp2	24 B5.2 Kp2	25 B8.5 Kp3	26 B4.1 Kp4-	27 B5.4 Kp4+	28 C2.8 Kp3+	29 Kp3-
30 Kp3-	31 G1					

month May year 2017

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
1 B9.9 Kp2+	2 B1.3 Kp2	3 Kp1+	4 Kp3+	5 B4.7 Kp3-	6 B3.5 Kp2-	7 Kp3
8 Kp2	9 Kp2	10 Kp3-	11 Kp3-	12 Kp3	13 Kp1+	14 Kp3
15 Kp4-	16 B2.2 Kp3-	17 Kp2+	18 B1.1 Kp4-	19 Kp4-	20 Kp4+	21 B1.4 Kp3-
22 B1.5 Kp3	23 B4.4 Kp3	24 B3.8 Kp1+	25 B5.0 Kp1	26 B2.9 Kp1	27 B9.2 G2	28 C3.3 G3
29 B6.8 Kp4	30 B6.8 Kp3+	31 C2.0 Kp1+				

month January year 2018

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
1 Kp4-	2 Kp2	3 Kp1	4 Kp1+	5 A3.7 Kp2	6 Kp1+	7 A7.6 Kp1
8 Kp4-	9 Kp4-	10 Kp2-	11 Kp1	12 B1.9 Kp1+	13 Kp3	14 G1
15 Kp4-	16 Kp2	17 Kp1-	18 B9.7 Kp0+	19 Kp3-	20 B1.7 Kp3	21 Kp3
22 B9.5 Kp3+	23 Kp2	24 Kp4	25 Kp3	26 Kp3	27 Kp3-	28 Kp2-
29 Kp1	30 B1.3 Kp2+	31 Kp3-				

month May year 2018

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
	1 B1.6 Kp1	2 Kp2	3 Kp1+	4 Kp1+	5 G2	6 A1.1 G2
7 Kp4	8 Kp4-	9 Kp4	10 A1.1 Kp3+	11 Kp4-	12 Kp4-	13 Kp2+
14 Kp2	15 Kp1+	16 Kp1+	17 Kp3	18 Kp2-	19 Kp1	20 Kp1
21 Kp1	22 B8.9 Kp2	23 C2.0 Kp3+	24 B9.8 Kp1+	25 B3.7 Kp1+	26 B1.3 Kp1+	27 B1.1 Kp1+
28 C2.7	29 Kp2-	30 B2.7 Kp2-	31 B1.3 Kp2-	B5.0 Kp4+		

month January year 2019

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
	1 Kp3-	2 B2.8 Kp0+	3 B1.9 Kp1	4 B4.2 Kp3+	5 G1	6 C1.6 Kp3
7 B1.1 Kp2+	8 Kp2+	9 Kp2-	10 Kp1+	11 Kp3+	12 A1.1 Kp1	13 Kp1
14 Kp3-	15 Kp3-	16 Kp3-	17 Kp3-	18 Kp2	19 A1.1 Kp3-	20 Kp2-
21 Kp2-	22 Kp2	23 B1.2 Kp4	24 B1.2 Kp4+	25 B7.0 Kp3+	26 C5.0 Kp3	27 Kp2
28 B1.9 Kp1-	29 C2.0 Kp2-	30 C5.2 Kp1	31 B7.2 G1			

month May year 2019

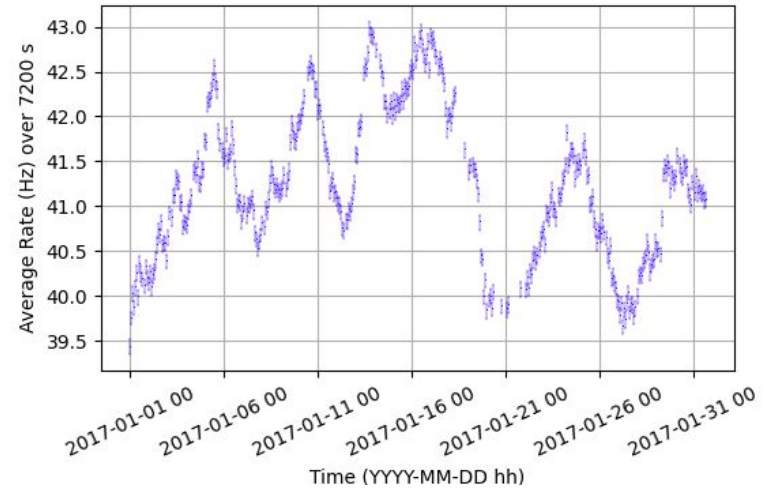
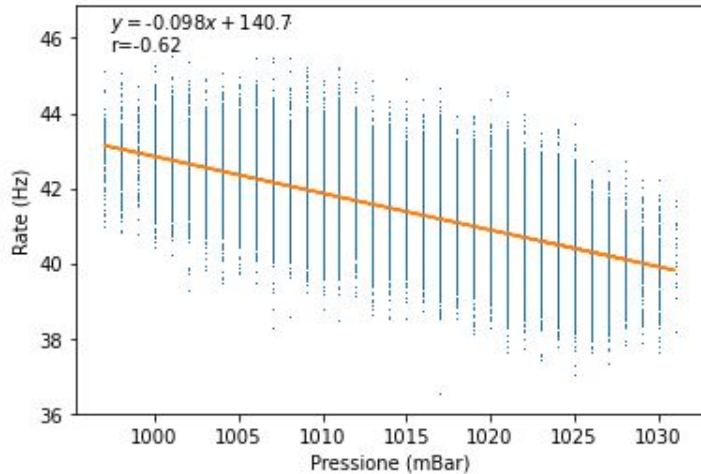
Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
		1 Kp4	2 Kp3+	3 C1.0 Kp3-	4 C2.0 Kp3-	5 B9.8 Kp1+
6 C9.9 Kp2-	7 C1.4 Kp2	8 B1.9 Kp1	9 C6.7 Kp2+	10 B2.2 Kp3	11 G1	12 B3.7 Kp2-
13 B3.5 Kp3-	14 G2	15 C2.0 Kp2+	16 B1.4 Kp3	17 Kp2+	18 Kp2	19 Kp2-
20 Kp3+	21 Kp2-	22 Kp2-	23 A7.0 Kp2-	24 Kp2-	25 Kp2-	26 Kp3
27 Kp3+	28 Kp3	29 Kp4-	30 A1.0 Kp3	31 Kp2-		

CALENDARIO
BRILLAMENTI
SOLARI:
GENNAIO E MAGGIO
2017, 2018 e 2019

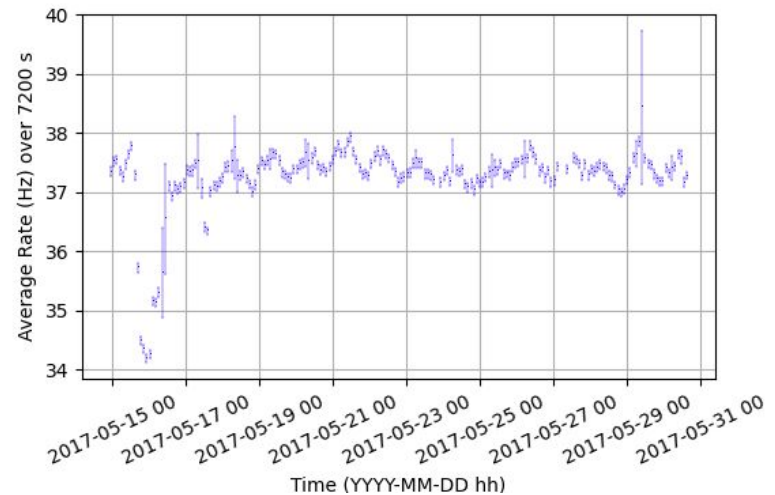
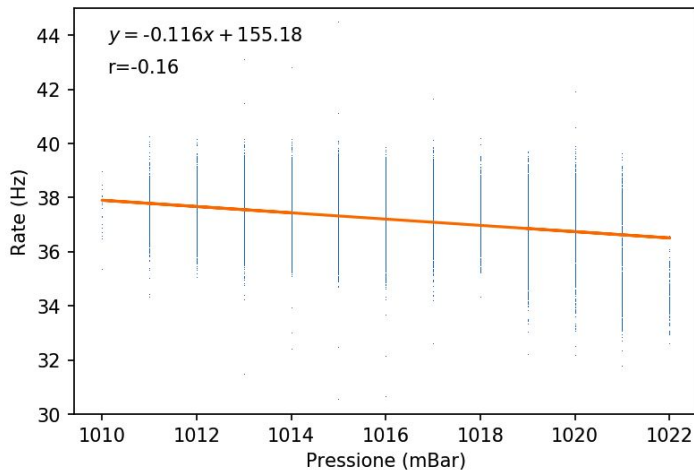
ANALISI DATI TRIN-01

2017

Settimane invernali (2017-01-01/2017-01-31)

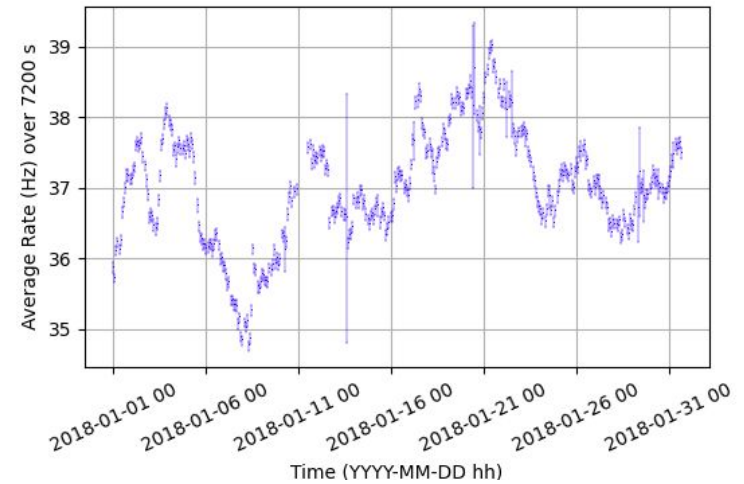
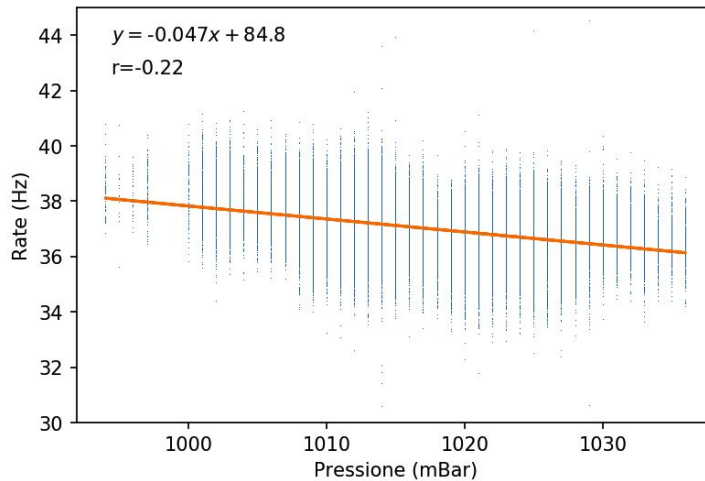


Settimane estive (2017-05-15/2017-05-30)

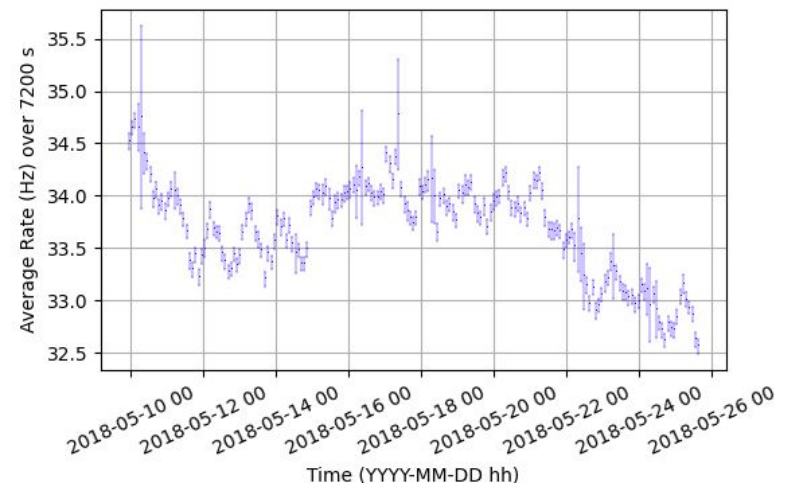
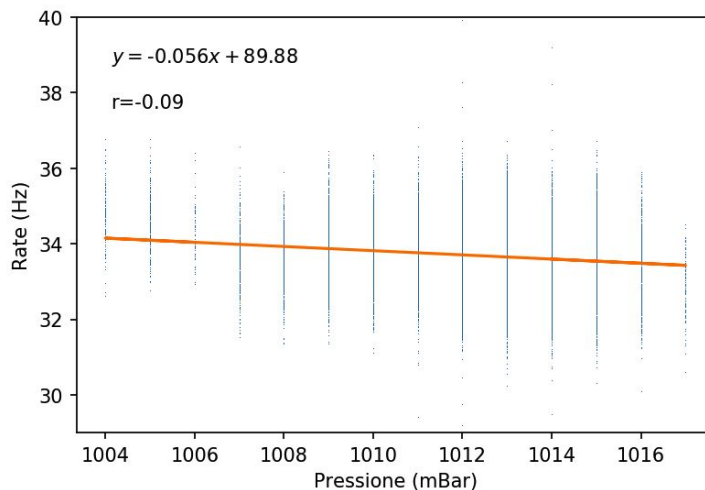


ANALISI DATI TRIN-01 2018

Settimane invernali (2018-01-01/2018-01-31)



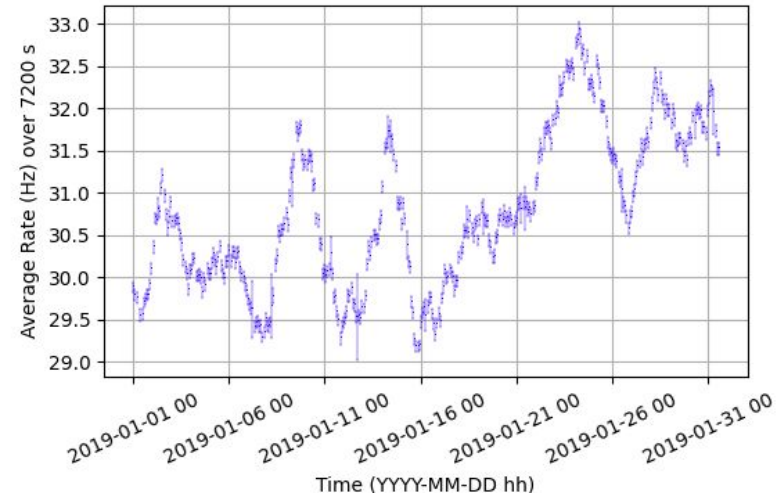
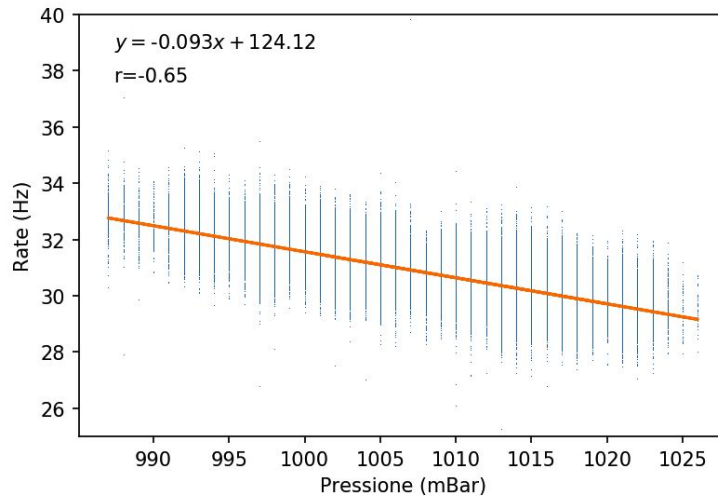
Settimane estive (2018-05-10/2018-05-25)



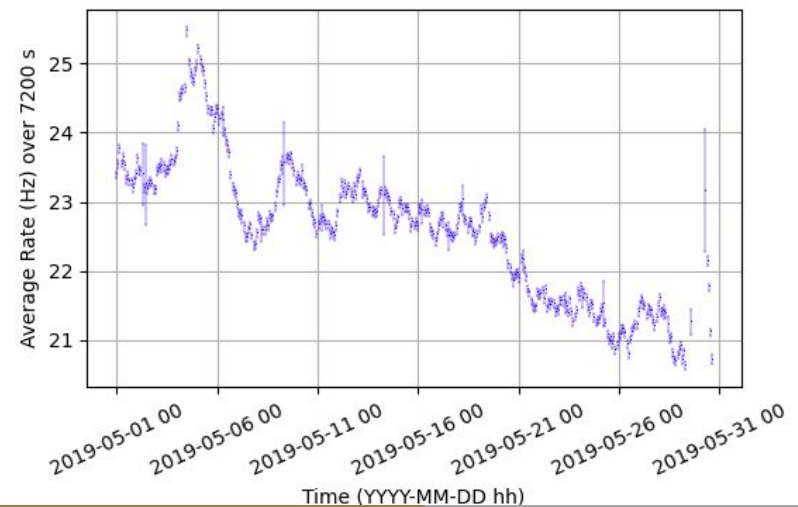
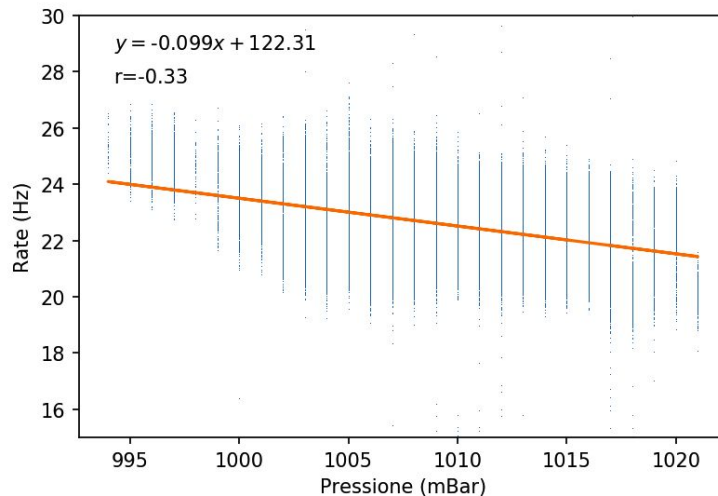
ANALISI DATI TRIN-01

2019

Settimane invernali (2019-01-01/2019-01-31)



Settimane estive (2019-05-01/2019-05-31)



RISULTATI SPERIMENTALI

TELESCOPIO: TRIN-01

PERIODO	RATE MEDIO (Hz)	PRESSIONE MEDIA (mbar)	TEMPERATURA MEDIA ESTERNA (°C)	TEMPERATURA MEDIA INTERNA (°C)
2017-01-01 2017-01-31	41,24 ± 0,15	1016,34 ± 0,72	13,61 ± 0,33	18,15 ± 0,16
2017-05-15 2017-05-30	37,26 ± 0,18	1015,56 ± 0,23	22,83 ± 0,41	27,12 ± 0,04
2018-01-01 2018-01-31	37,01 ± 0,17	1017,40 ± 0,80	14,29 ± 0,43	22,22 ± 0,20
2018-05-10 2018-05-25	33,69 ± 0,14	1012,31 ± 0,22	21,49 ± 0,40	27,00 ± 0,04
2019-01-01 2019-01-31	30,78 ± 0,12	1008,48 ± 0,85	13,44 ± 0,36	23,44 ± 0,14
2019-05-01 2019-05-31	22,60 ± 0,14	1009,73 ± 0,46	18,58 ± 0,34	23,95 ± 0,07

r_{inv}/r_{est} : -11,1%
 T_{inv}/T_{est} : +3,1%
 p_{inv}/p_{est} : -0,08%

r_{inv}/r_{est} : -9,9%
 T_{inv}/T_{est} : +2,5%
 p_{inv}/p_{est} : -0,5%

r_{inv}/r_{est} : -13,7%
 T_{inv}/T_{est} : +1,8%
 p_{inv}/p_{est} : +0,02%

OSSERVAZIONI

Premesso che:

- dato che il telescopio non si trova in una camera climatizzata, la temperatura interna segue un andamento simile a quella esterna ma con deviazioni dalla media ridotte. Esso viene inoltre spento a giugno e avviato a ottobre.

Analizzando i dati raccolti da TRIN-01 su un periodo di almeno due settimane in inverno (gennaio) e in estate (maggio-giugno) per tre anni consecutivi (2017/2018/2019) risulta evidente una variazione stagionale del flusso di raggi cosmici; si registra quindi un flusso maggiore di muoni in inverno e uno minore in estate.

In particolare:

- la riduzione percentuale del rate medio riscontrata tra inverno ed estate nel medesimo anno varia tra il 9,9 % ed il 13,7%;
- l'incremento percentuale della temperatura media esterna tra inverno ed estate nel medesimo anno varia tra l'1,8% ed il 3,1%;
- la variazione percentuale della pressione media esterna risulta compresa tra lo 0,02% e lo 0,5%.

CONCLUSIONI

- La **pressione atmosferica** non varia in modo significativo.
- La variazione del rate sembra dipendere principalmente dalla temperatura media, in accordo a **recenti pubblicazioni***.
- Nei casi esaminati le variazioni di flusso non sono giustificabili interamente dall'effetto dovuto alla temperatura dell'aria all'esterno dell'edificio.
- Ipotizziamo una **variazione di efficienza del telescopio EEE dovuta alla temperatura interna** alla stanza del rilevatore.

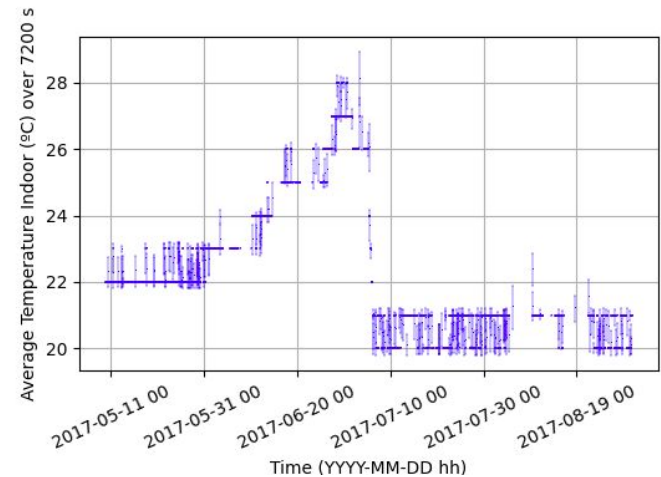
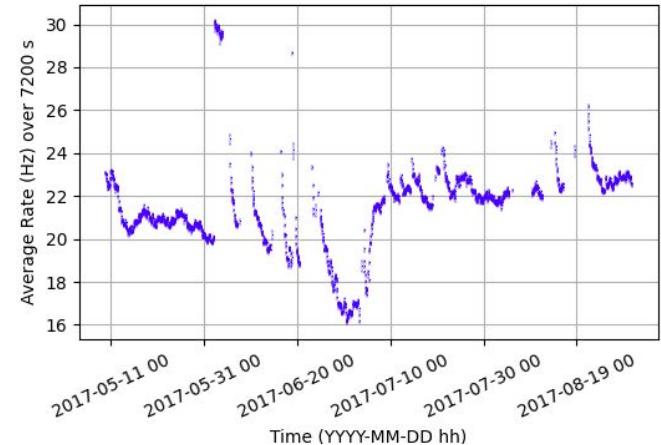
*Tesi di laurea di F. Cacciari (Noferini, Scioli), Misura della variazione stagionale di raggi cosmici con PolarquEEEst, Università di Bologna, AA 2017/2018. In questo lavoro è stata rilevata una variazione del rate molto minore (1,79%) rispetto a quella ottenuta in questo contesto (si tratta di rilevatori di diversa tipologia, posti a latitudini molto più alte).

CONCLUSIONI

Da un ulteriore studio fatto sul telescopio “TRAP-01” localizzato dentro una stanza climatizzata, dove l'impianto è stato inattivo per circa due mesi, si è osservato il comportamento nel rate di eventi mostrato a lato.

Sospettiamo ci sia un'anti-correlazione tra la temperatura all'interno della stanza dello strumento e l'efficienza dello strumento stesso. Se così fosse la riduzione del rate estivo potrebbe essere dovuta quindi a questo effetto.

Ci proponiamo di estendere l'analisi su qualche altro telescopio al fine di confermare queste conclusioni.



Grazie per l'attenzione!