



Masterclass EEE

F. Noferini (INFN Bologna & Centro Ricerche E. Fermi)

Centro Fermi (Roma), 12/11/2025

Scopo

La masterclass di questi giorni ha come obiettivo la **misura dei del flusso dei raggi cosmici secondari a livello del mare in funzione della latitudine** con i dati acquisiti recentemente durante la spedizione OvEErland2025.

Link utili:

- Istruzioni per ICD → <https://agenda.centrofermi.it/event/311/page/23-icd2025>
- Spreadsheet con informazioni per la masterclass
→ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1PJ5HI1HyDJ2p0rp9x3MqaYFXRmVZ3683d1yrxHx2Dsg/edit?usp=sharing>
- Mappa spedizione
→ <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1Y6D6g6H8yKcTn9HEdGLNX35H4jjfCmBP&ll=44.67034917639257%2C11.125642837237821&z=8>

La presa dati

Come sapete dal 17/09 al 8/10 si è svolta la spedizione OverEEElan: un viaggio di **andata e ritorno** da Bologna a Tromso....

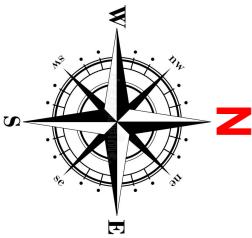


... con uno dei rivelatori POLA-R
(POLA-02 lo stesso che è stato
sull'Amerigo Vespucci!)

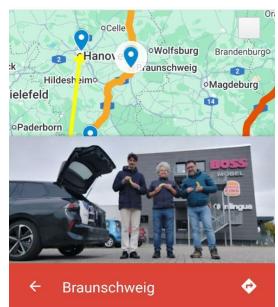
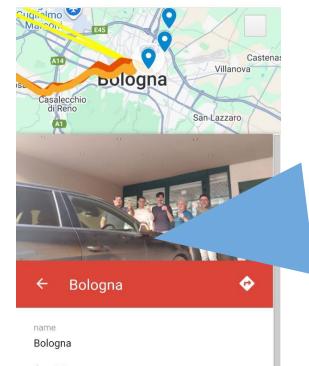
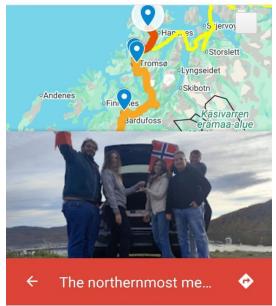
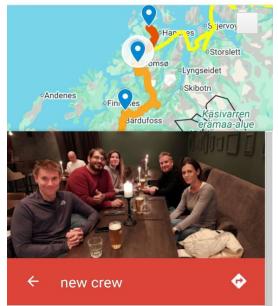
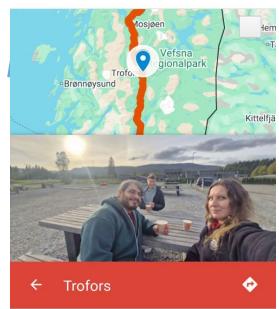
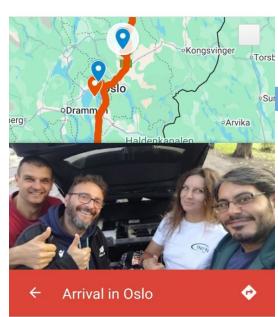
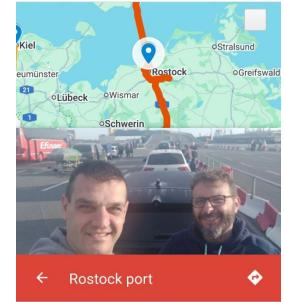
Abbiamo coperto una distanza di oltre
8000 km prendendo dati:

- In condizioni statiche (pause lungo il tragitto) → misure fisse
- Durante gli spostamenti (sempre!) → misure in movimento





4



Dati a disposizione

In occasione dell'ICD sono stati distribuiti due set di dati con misure in postazioni fisse e in movimento (formato [CSV](#) e [ROOT](#)).

La sorgente di dati contiene misure fatte sia sul Vespucci nel 2022, sia con la nuova spedizione 2025.

NB|| poiché il numero del run è definito (a inizio run) dal numero di secondi trascorsi dal 1 gennaio 2007, i due set di dati si distinguono facilmente:

- Vespucci → run **49**....
- OvEErland → run **59**...

Run in posizioni fisse

L'elenco completo disponibile qui → <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1PJ5HI1HyDJ2p0rp9x3MqaYFXRmVZ3683d1yrxHx2Dsg/edit?gid=0#gid=0>

Run Start	Run Stop	Date Start	Date Stop
590496185	590500214	17/09/2025	17/09/2025
590571372	590573826	18/09/2025	18/09/2025
590582502	590588934	18/09/2025	18/09/2025
590658209	590664589	19/09/2025	19/09/2025
590658209	590664589	19/09/2025	19/09/2025
590673637	590677397	19/09/2025	19/09/2025
590753933	590756402	20/09/2025	20/09/2025
590775227	590777706	20/09/2025	20/09/2025
590834332	590836753	21/09/2025	21/09/2025
590842842	590845472	21/09/2025	21/09/2025
590935883	590939373	22/09/2025	22/09/2025
590945411	590949129	22/09/2025	22/09/2025
591012840	591017448	23/09/2025	23/09/2025
591022015	591026723	23/09/2025	23/09/2025
591104002	591106281	24/09/2025	24/09/2025
591116332	591118835	24/09/2025	24/09/2025
591120711	591121757	25/09/2025	25/09/2025

49 misure!!!

Nell'intervallo di latitudini:
45° - 70° N

Istruzioni per ICD (excel) → <https://agenda.cernfermi.it/event/311/page/23-lcd2025>

Nelle prossime slide (google spreadsheet)

Informazioni

Le informazioni contenute nel file sono:

Run: Numero di Run, è il numero che identifica un file di acquisizione.

Rate (Hz): Rate di eventi misurato durante il Run

RateEffCorr (Hz): Rate di eventi corretto per le efficienze del rivelatore.

pressure(mbar): Pressione atmosferica misurata in mbar

Tin (°C): Temperatura nella box di elettronica del rivelatore

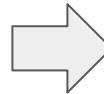
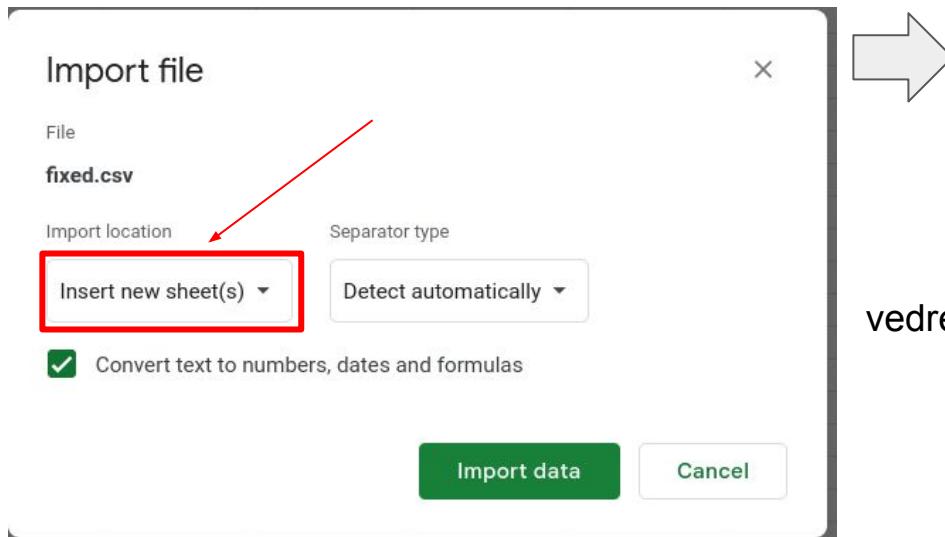
Tout (°C): Temperatura ambiente esterno

Latitudine (°): Latitudine

Operazioni preliminari

Importare i dati su google spreadsheet

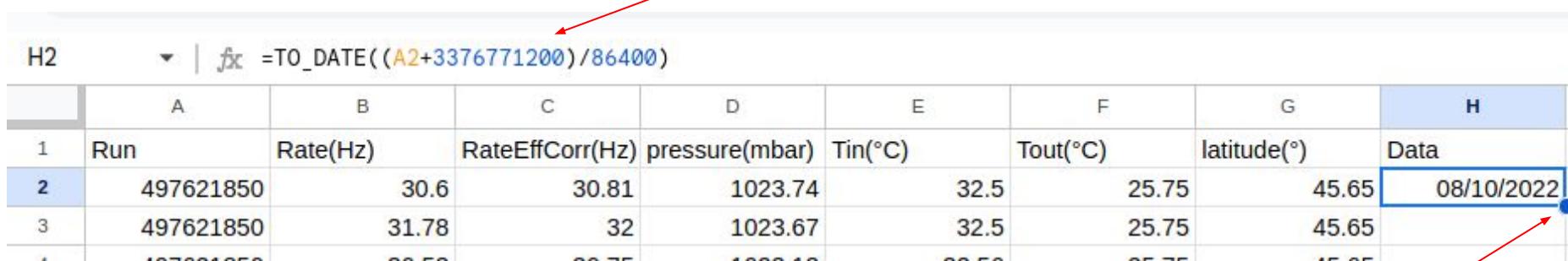
File → Import → Upload → fixed.csv



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)		
2	497621850	30.6	30.81	1023.74	32.5	25.75	45.65		
3	497621850	31.78	32	1023.67	32.5	25.75	45.65		
4	497621850	30.53	30.75	1023.13	32.56	25.75	45.65		
5	497621850	30.32	30.53	1023.01	32.56	25.75	45.65		
6	497621850	30.35	30.56	1021.16	32.62	25.81	45.65		
7	497621850	30.6	30.81	1021.86	32.62	25.81	45.65		
8	497621850	30.88	31.1	1022.25	32.69	25.88	45.65		
9	497621850	30.3	30.51	1022.72	32.78	25.91	45.65		
10	497621850	31	31.21	1021.58	32.84	25.94	45.65		
11	497621850	29.15	29.35	1021.9	33	26	45.65		
12	497621850	30.25	30.47	1022.53	33.06	26	45.65		
13	497621850	29.95	30.16	1021.76	33.06	26.06	45.65		
14	497621850	30.32	30.53	1021.51	33.09	26.06	45.65		
15	497621850	29.33	29.53	1020.56	33.19	26.12	45.65		

vedrete che il file è caricato in una tab denominata **fixed**

Convertire run a data



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	Data
2	497621850	30.6	30.81	1023.74	32.5	25.75	45.65	08/10/2022
3	497621850	31.78	32	1023.67	32.5	25.75	45.65	
4	497621850	30.50	30.75	1023.10	32.50	25.75	45.65	

TO_DATE → trasforma un numero di giorni (contando, per *convenzione*, dal 30/12/1899) in una data (A2 espresso in secondi dal 1/1/2007)

NB|| Se fate l'analisi con excel esiste un metodo analogo ma la *convenzione* è da verificare

Espandere a linee sotto (doppio click sul cerchio blu)

Correzione barometrica

I2 $=C2*EXP(0.0022*(D2-1014))$ Pressione di riferimento → 1014

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	Data	RatePCorr(Hz)
2	497621850	30.6	30.81	1023.74	32.5	25.75	45.65	08/10/2022	31.47732082
3	497621850	31.78	32	1023.67	32.5	25.75	45.65	08/10/2022	32.68806095
4	497621850	30.53	30.75	1023.13	32.56	25.75	45.65	08/10/2022	31.37388924
5	497621850	30.32	30.53	1023.01	32.56	25.75	45.65	08/10/2022	31.14120328

Coefficiente barometrico 2.2×10^{-3} mbar $^{-1}$

Il coefficiente barometrico è piuttosto stabile nel tempo → utilizziamo il valore che abbiamo sempre usato
Per la pressione di riferimento (arbitraria) utilizziamo lo stesso valore fornito per l'ICD (i.e. 1014 mbar)

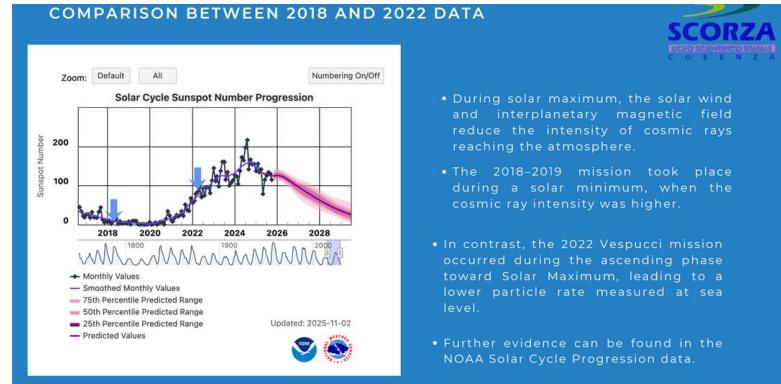
Analisi

Rate di riferimento

Il flusso dei raggi cosmici a livello del mare non è costante nel tempo per diversi effetti (ciclo solare, variazione stagionale/effetto di temperatura, ...).

Se vogliamo isolare l'effetto di latitudine e confrontare set di dati diversi (2018-2019, 2022, 2025) dobbiamo tenere conto che ci sono delle variazioni legate al momento della presa dati.

Calcolare le normalizzazioni necessarie non è in genere cosa facile (in questa sede dovremo fare alcune approssimazioni).



Alcuni studenti hanno fatto considerazioni simili durante il lavoro per l'ICD

Rate normalizzato

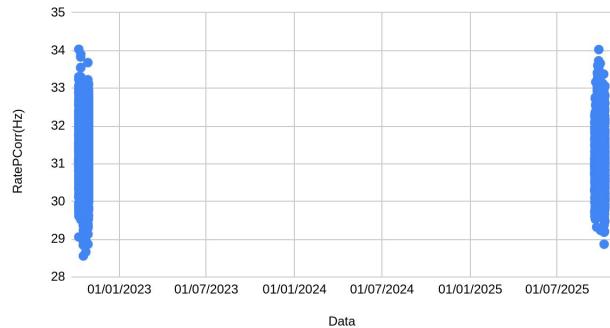
J2											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	Data	RatePCorr(Hz)	Ratio	Rate riferimento
2	497621850	30.6	30.81	1023.74	32.5	25.75	45.65	08/10/2022	31.47732082	0.8993520235	
3	497621850	31.78	32	1023.67	32.5	25.75	45.65	08/10/2022	32.68806095	0.9339445987	2022
4	497621850	30.53	30.75	1023.13	32.56	25.75	45.65	08/10/2022	31.37388924	0.8963968356	35
5	497621850	30.32	30.53	1023.01	32.56	25.75	45.65	08/10/2022	31.14120328	0.8897486652	
6	497621850	30.35	30.56	1021.16	32.62	25.81	45.65	08/10/2022	31.04519246	0.887005499	
7	497621850	30.6	30.81	1021.86	32.62	25.81	45.65	08/10/2022	31.34739949	0.8956399853	2025
8	497621850	30.88	31.1	1022.25	32.69	25.88	45.65	08/10/2022	31.66961865	0.9048462472	30
9	497621850	30.3	30.51	1022.72	32.78	25.91	45.65	08/10/2022	31.10005415	0.888509860	

Possiamo definire un rate normalizzato a 1 (dove 1 è il valore che assumiamo sia misurato sopra i 65-70° N)

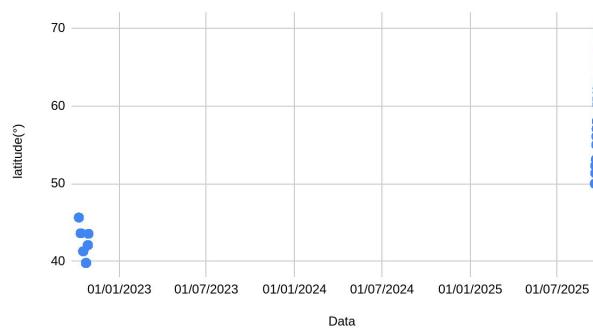
Questi numeri li fisseremo alla fine imponendo delle condizioni di raccordo con le misure precedenti → dati pubblicati

Latitudine / Rate vs tempo

RatePCorr(Hz) vs Data



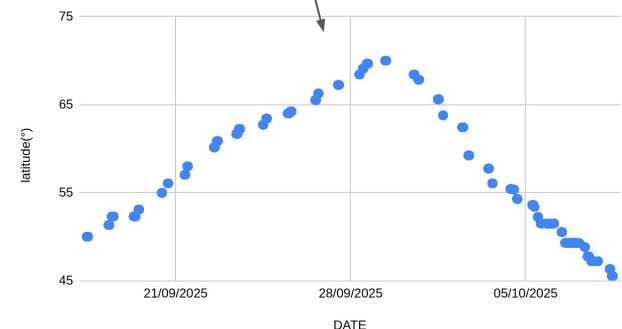
latitude(°) vs Data



Meglio farlo per ogni anno separatamente

Nel tragitto di andata e ritorno sono state ripetute in punti alla stessa latitudine (circa) → può essere interessante confrontare tali misure tenendole fin dall'inizio distinte per tratta

latitude(°) vs DATE



Misure medie (latitudine)

In una nuova tab potete preparare una tabella con le misure medie per ognuna delle 49 misure fisse (se volete potete aggiungere anche le misure del Vespucci fornite per l'ICD ma attenti alle normalizzazioni!)

	A	B	C	D	E	F
1	Run Start	Run Stop	latitudine	RatePCorr(Hz)	Ratio	
2	590496185	590500214	50.021	30.9738608	1.032462027	
3	590571372	590573826				
4	590582502	590588934				
5	590658209	590664589				

Misure medie (rate corretto)

In una nuova tab potete preparare una tabella con le misure medie per ognuna delle 49 misure fisse (se volete potete aggiungere anche le misure del Vespucci fornite per l'ICD ma attenti alle normalizzazioni!)

D2 ▾ | $=AVERAGEIFS(fixed!I:I, fixed!A:A, ">=" & A2, fixed!A:A, "<=" & B2)$

	A	B	C	D	E	F
1	Run Start	Run Stop	latitudine	RatePCorr(Hz)	Ratio	
2	590496185	590500214	50.02	30.9738608	1.032462027	
3	590571372	590573826				
4	590582502	590588934				
5	590658209	590664589				

Misure medie (rate normalizzato)

In una nuova tab potete preparare una tabella con le misure medie per ognuna delle 49 misure fisse (se volete potete aggiungere anche le misure del Vespucci fornite per l'ICD ma attenti alle normalizzazioni!)

	A	B	C	D	E	F
1	Run Start	Run Stop	Latitudine	RatePCorr(Hz)	Ratio	
2	590496185	590500214	50.02	30.9738608	1.032462027	
3	590571372	590573826				
4	590582502	590588934				
5	590658209	590664589				

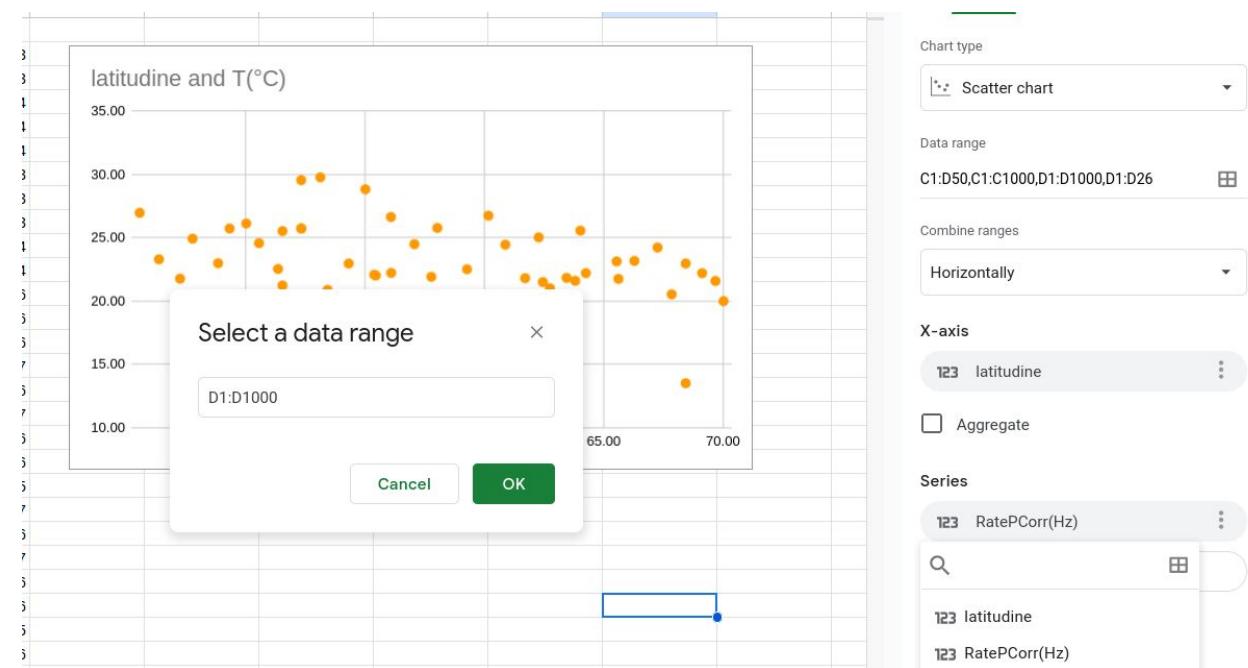
Misure medie

In una nuova tab potete preparare una tabella con le misure medie per ognuna delle 49 misure fisse (se volete potete aggiungere anche le misure del Vespucci fornite per l'ICD ma attenti alle normalizzazioni!)

G9	A	B	C	D	E	F
1	Run Start	Run Stop	Latitudine	RatePCorr(Hz)	Ratio	
2	590496185	590500214	50.02	30.97	1.03	
3	590571372	590573826	51.35	30.93	1.03	
4	590582502	590588934	52.32	31.11	1.04	
5	590658209	590664589	52.32	31.13	1.04	
6	590658209	590664589	52.32	31.13	1.04	
7	590673637	590677397	53.12	31.00	1.03	
8	590753933	590756402	55.01	30.93	1.03	
9	590775227	590777706	56.08	30.85	1.03	
10	590834332	590836753	57.06	31.19	1.04	
11	590842842	590845472	58.03	31.18	1.04	
12	590935883	590939373	60.17	31.79	1.06	
13	590945411	590949129	60.88	31.78	1.06	
14	591012840	591017448	61.71	31.89	1.06	
15	591022015	591026723	62.27	31.95	1.07	
16	591104002	591106281	62.74	31.88	1.06	
17	591116332	591118835	63.44	32.00	1.07	
18	591190544	591194537	64.02	31.88	1.06	
19	591200809	591203318	64.25	31.80	1.06	

Espandete su tutte le righe

Andata vs Ritorno

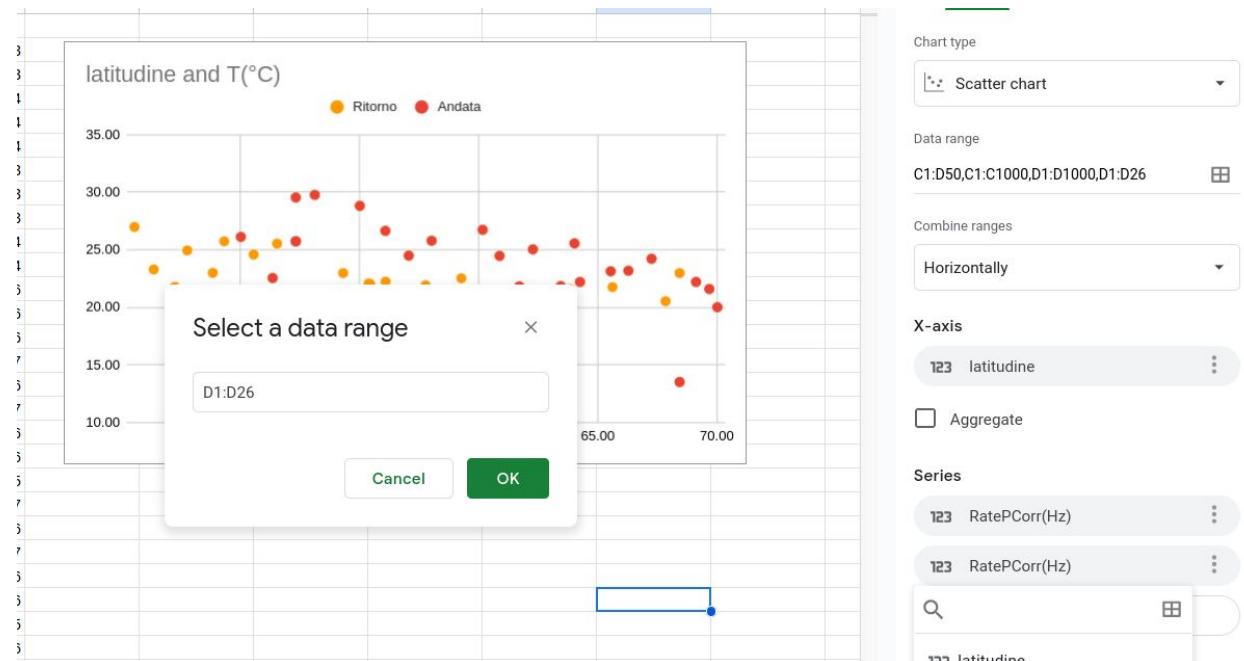


Per graficare separatamente (ma sullo stesso plot) si può procedere in due step:

- Fare un grafico su tutto il range

Per esempio → grafico temperatura

Andata vs Ritorno

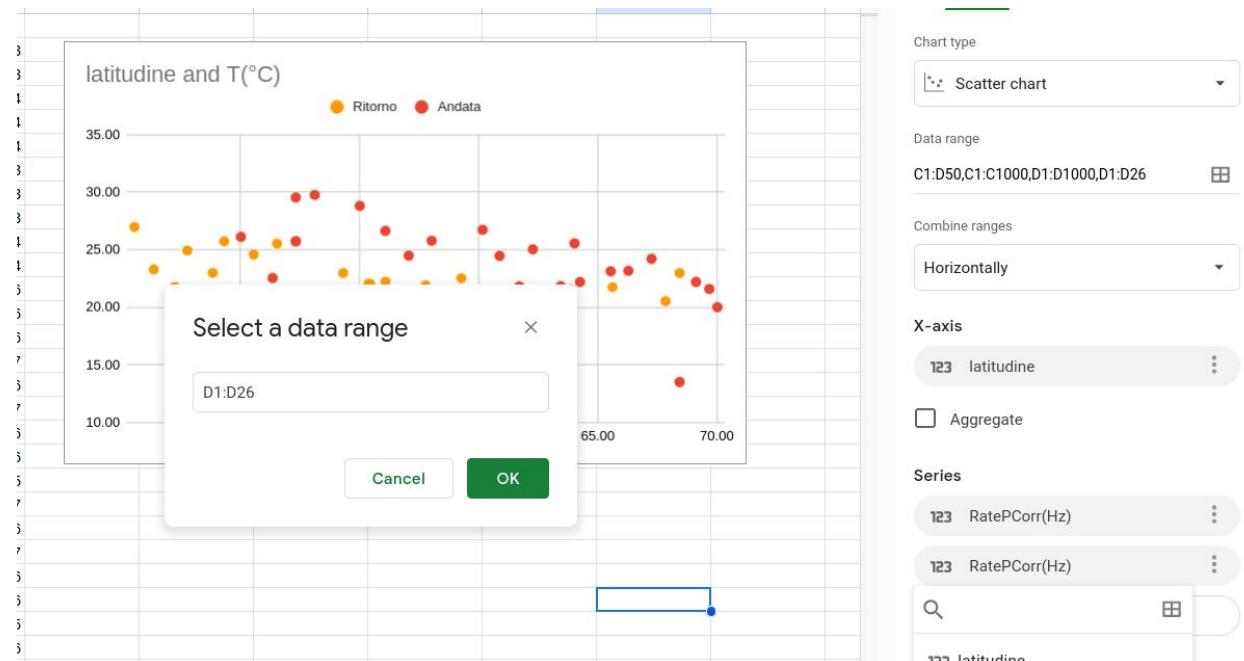


Per graficare separatamente (ma sullo stesso plot) si può procedere in due step:

- Fare un grafico su tutto il range
- Sovrapporre un grafico in un range ridotto

Per esempio → grafico temperatura

Andata vs Ritorno



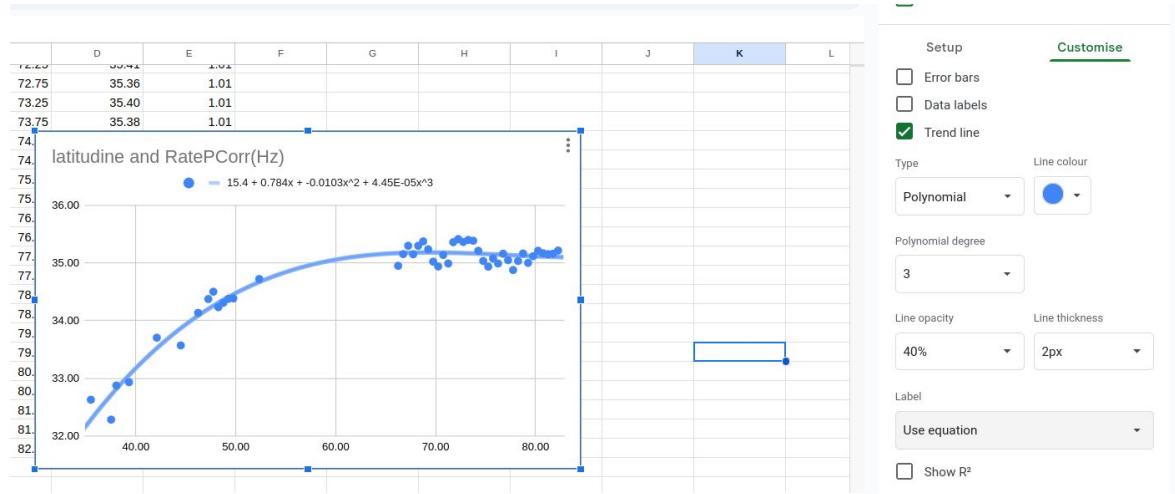
Per esempio → grafico temperatura

Per graficare separatamente (ma sullo stesso plot) si può procedere in due step:

- Fare un grafico su tutto il range
- Sovrapporre un grafico in un range ridotto
- Ovviamente si può applicare anche al caso di più di due grafici (es: andata, ritorno, Vespucci, ...)

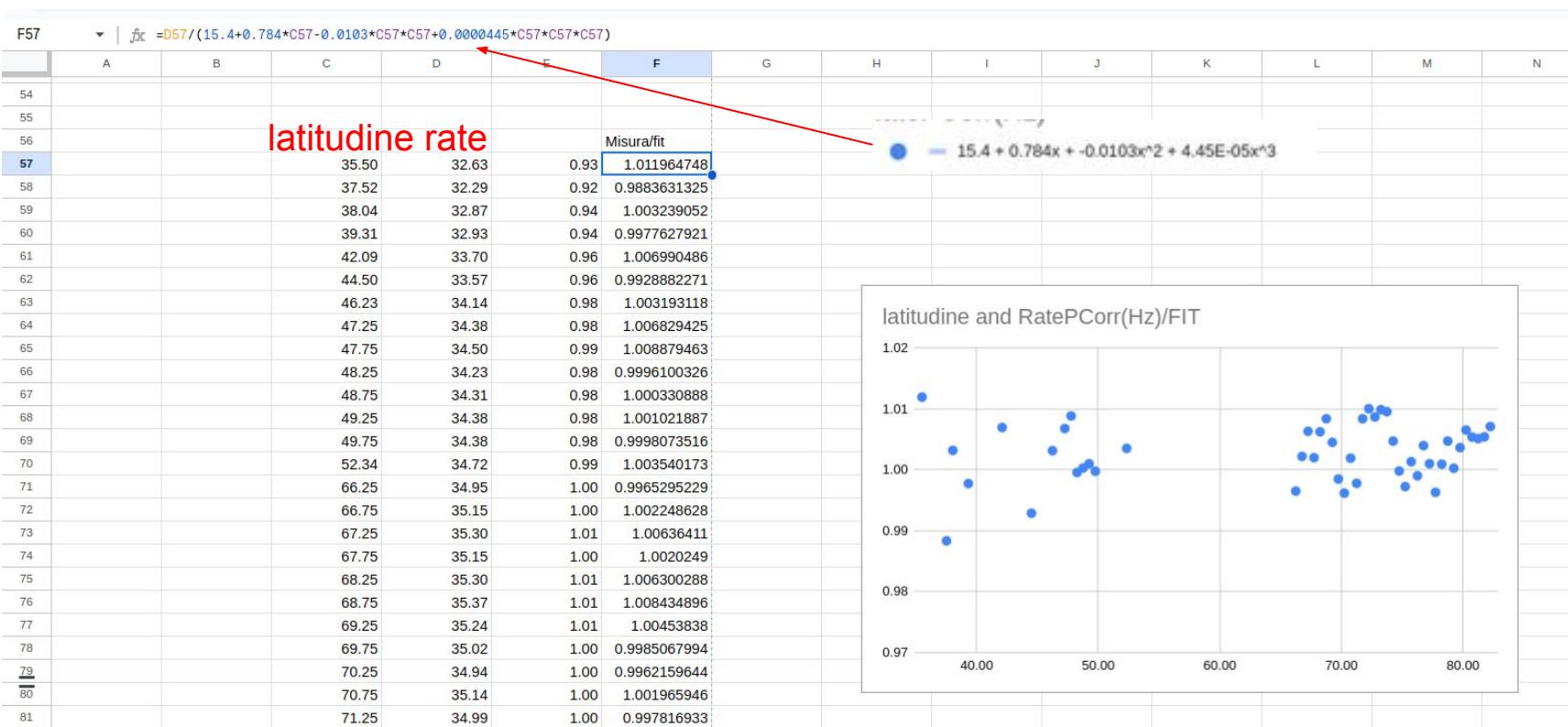
Normalizzazione

Un possibile approccio è quello di partire dai dati pubblicati → [dati pubblicati](#)

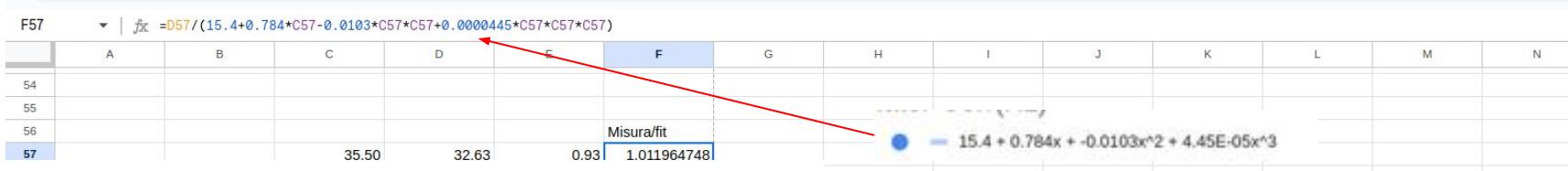


Fate un fit e ricavate la parametrizzazione. Dividendo il rate per l'estrapolazione del fit vi aspettate di avere un valore prossimo a uno per tutti i valori di latitudine

Controllo qualità del fit

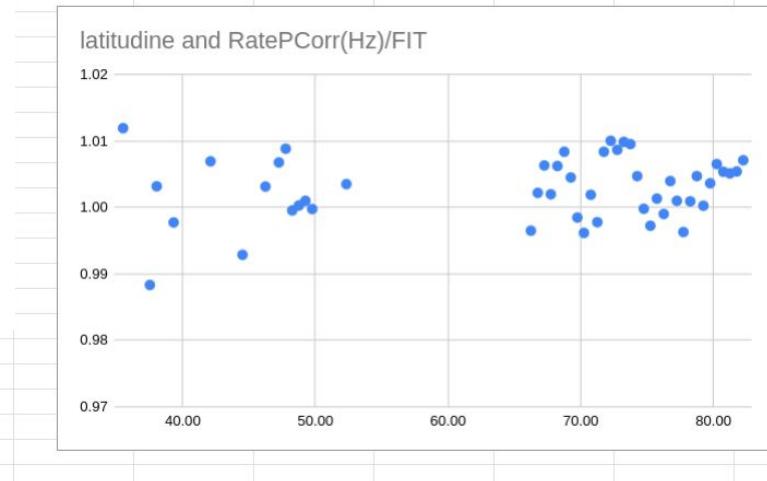


Controllo qualità del fit



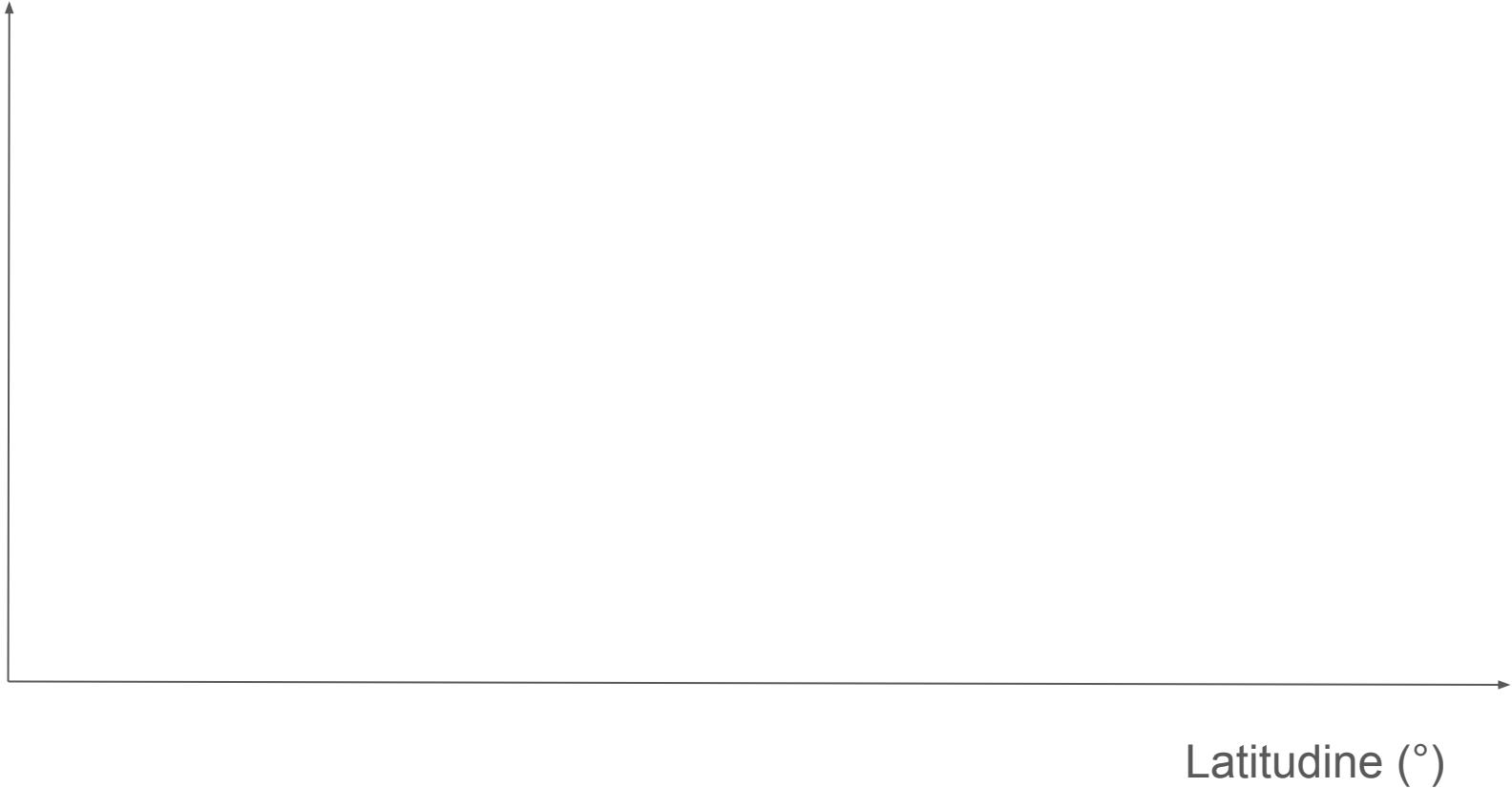
Una volta soddisfatti potete andare a fare la stessa cosa sul vostro set di dati per vedere se ottenete un comportamento costante → il valore della costante è la vostra normalizzazione

NB|| è un metodo veloce per confrontare i set ma le normalizzazioni dovranno in futuro essere estratte in modo più rigoroso



Risultato

Rate Normalizzato



Latitudine (°)

Dati ulteriori

Misure in movimento

Potete importare in un nuovo foglio le misure prese in movimento (moving.csv) e analizzarle in una nuova tab.

La filosofia è la stessa ma ora invece che accorpare le misure in base al numero di run andranno accorpate per latitudine.

Vogliamo però distinguere la tratta di **andata** da quella di **ritorno**.

C2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Lat min	Lat Max	latitudine	RatePCorr(Hz)	Ratio					
2	44	45	44.6054023	30.13804579	0.9514773731					
3	45	46								
4	46	47								
5	47	48								

Misure in movimento

latitudine

Run range
(solo dati
ovEErland)

Intervallo di
latitudini

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Lat min	Lat Max	latitudine	RatePCorr(Hz)	Ratio					
2		44	45	44.6054023	30.13804579	0.9514773731				
3		45	46							
4		46	47							
5		47	48							

Organizzazione del lavoro

Team work

Abbiamo suddiviso la lista dei run nelle posizioni fisse tra i vari gruppi (1 run → 2 gruppi) per cercare di coprire tutto il periodo. I gruppi sono [qui](#)

La lista è disponibile al [link con le informazioni](#)

Vi chiediamo di controllare nel dettaglio i run che via abbiamo assegnato e in caso riscontriate “problemi” segnalatecelo.

È il vostro gruppo?

	A	B	C	D	E	F
1	Run Start	Run Stop	Date Start	Date Stop	Gruppo A	Gruppo B
2	590496185	590500214	17/09/2025	17/09/2025	1	2
3	590571372	590573826	18/09/2025	18/09/2025	3	4
4	590582502	590588934	18/09/2025	18/09/2025	5	6
5	590658209	590664589	19/09/2025	19/09/2025	7	8
6	590658209	590664589	19/09/2025	19/09/2025	9	10
7	590673637	590677397	19/09/2025	19/09/2025	11	12
8	590753933	590756402	20/09/2025	20/09/2025	13	4
9	590775227	590777706	20/09/2025	20/09/2025	1	6
10	590834332	590836753	21/09/2025	21/09/2025	3	8
11	590842842	590845472	21/09/2025	21/09/2025	5	10

Torniamo alle informazioni

Le informazioni contenute nel file sono:

Run: Numero di Run, è il numero che identifica un file di acquisizione.

Rate (Hz): Rate di eventi misurato durante il Run

RateEffCorr (Hz): Rate di eventi corretto per le efficienze del rivelatore.

pressure(mbar): Pressione atmosferica misurata in mbar

Tin (°C): Temperatura nella box di elettronica del rivelatore

Tout (°C): Temperatura ambiente esterno

Latitudine (°): Latitudine

Nel file avete anche altre informazioni. Per alcune delle misure fisse suggeriamo anche di controllare il comportamento di alcune di queste variabili:

- Efficienza = Rate / RateEffCorr → è stabile? Dipende da altri parametri?
- Pressione → è stabile? Quanto varia?
- ...

Analisi singola posizione

In una tab a parte potete creare un set filtrato dei dati di origine con solo le misure di run specifici

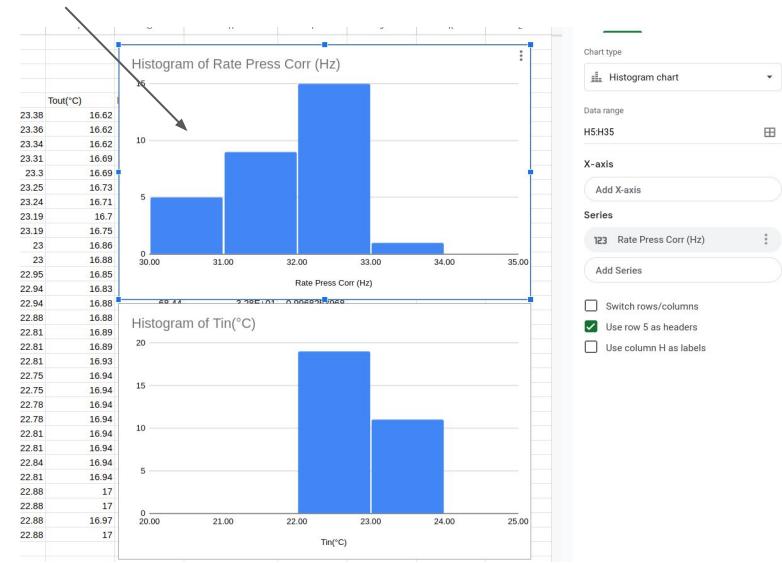
Selezzionate le colonne che volete tenere

A	B	C	D	E	F	G	I	
1	Run Start	Run Stop						
2	591625848	591628352						
3								
4								
5	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	Rate Press
6	591625848	29.65	29.75	1031.34	23.38	16.62	68.44	
7	591625848	29.42	29.51	1031.35	23.36	16.62	68.44	
8	591625848	31.75	31.86	1031.35	23.34	16.62	68.44	
9	591625848	30.18	30.28	1031.35	23.31	16.69	68.44	
10	591625848	30.67	30.77	1031.36	23.3	16.69	68.44	
11	591625848	30.85	30.95	1031.37	23.25	16.73	68.44	
12	591625848	30.55	30.65	1031.34	23.24	16.71	68.44	
13	591625848	30.68	30.78	1031.36	23.19	16.7	68.44	
14	591625848	30.5	30.6	1031.39	23.19	16.75	68.44	
15	591627100	31.28	31.39	1031.35	23	16.86	68.44	
16	591627100	29.78	29.88	1031.3	23	16.88	68.44	
17	591627100	30	30.1	1031.36	22.95	16.85	68.44	
18	591627100	29.85	29.95	1031.34	22.94	16.83	68.44	
19	591627100	31.4	31.5	1031.31	22.94	16.88	68.44	
20	591627100	31.02	31.12	1031.35	22.88	16.88	68.44	

Analisi singola posizione

In una tab a parte potete creare un set filtrato dei dati di origine con solo le misure di run specifici
Guardate nel dettaglio le distribuzioni delle variabili

	A	B	C	D	E	F	G	I
1	Run Start	Run Stop						
2	591625848	591628352						
3								
4								
5	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	Rate Press
6	591625848	29.65	29.75	1031.34	23.38	16.62	68.44	
7	591625848	29.42	29.51	1031.35	23.36	16.62	68.44	
8	591625848	31.75	31.86	1031.35	23.34	16.62	68.44	
9	591625848	30.18	30.28	1031.35	23.31	16.69	68.44	
10	591625848	30.67	30.77	1031.36	23.3	16.69	68.44	
11	591625848	30.85	30.95	1031.37	23.25	16.73	68.44	
12	591625848	30.55	30.65	1031.34	23.24	16.71	68.44	
13	591625848	30.68	30.78	1031.36	23.19	16.7	68.44	
14	591625848	30.5	30.6	1031.39	23.19	16.75	68.44	
15	591627100	31.28	31.39	1031.35	23	16.86	68.44	
16	591627100	29.78	29.88	1031.3	23	16.88	68.44	
17	591627100	30	30.1	1031.36	22.95	16.85	68.44	
18	591627100	29.85	29.95	1031.34	22.94	16.83	68.44	
19	591627100	31.4	31.5	1031.31	22.94	16.88	68.44	
20	591627100	31.02	31.12	1031.35	22.88	16.88	68.44	



Programma masterclass

Wed 12/11 | Thu 13/11 | Fri 14/11 | All days | Print | PDF | Full screen | Detailed view | Filter

14:00

Benvenuto e apertura lavori | Prof. Angela Bracco et al. | 14:30 - 15:00

Masterclass | 1h 30m

Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 15:00 - 16:30

Coffee Break | Centro Ricerche Enrico Fermi | 16:30 - 17:00

Team work | 2h

Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 17:00 - 19:00

Welcome drink | Centro Ricerche Enrico Fermi | 19:00 - 19:45

Wed 12/11 | Thu 13/11 | Fri 14/11 | All days | Print | PDF | Full screen | Detailed view | Filter

09:00

Team work | 1h 15m

Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 09:30 - 10:45

ICD: International Cosmic Day - Student tasks | Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 10:45 - 12:00

ICD: International call | Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 12:00 - 12:30

Foto di gruppo | 12:30 - 13:00

Lunch | Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 13:00 - 14:00

Team work | 1h

Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 14:00 - 14:45

Wed 12/11 | Thu 13/11 | Fri 14/11 | All days | Print | PDF | Full screen | Detailed view | Filter

15:00

KM3Net-ARCA: il più grande rivelatore sottomarino del mondo nell'era dell'astronomia con neutrini di alta energia | Prof. Giorgio Riccobene | Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 15:00 - 16:00

Coffee Break | Centro Ricerche Enrico Fermi | 16:00 - 16:30

Team work | 45 m

Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 16:30 - 17:15

Team work - Presentazioni studenti | Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 17:15 - 19:15

presentazioni

Aula Fermi, Centro Ricerche Enrico Fermi | 19:00 - 19:15

presentazioni

Domani pomeriggio chiuderemo con una sessione in cui presenterete i vostri risultati.

Abbiamo previsto 2 ore per le presentazione.

Cristina vi darà indicazioni su come abbiamo pensato di organizzare la sessione.

BUON LAVORO!!!