

Extreme Energy Events Project @ ICD 2025

POLA-02 a bordo del Vespucci

Utilizzando i dati acquisiti dal rivelatore POLA-02 durante la missione a bordo del Vespucci (ottobre 2022) studieremo le variazioni del flusso di muoni in funzione della latitudine.

I dati

Avete a disposizione dati pre-analizzati del rivelatore POLA-02 che coprono sia il periodo relativo alle misure a bordo del Vespucci, sia le ultime misure durante la missione in auto da Bologna a Tromsø e ritorno.

NB:

1. Per l'ICD sono da usare **ESCLUSIVAMENTE** i dati relativi alla missione a bordo del Vespucci.
2. I dati sono disponibili in formato csv che in formato root.
3. Le istruzioni di seguito si riferiscono ad analisi da svolgere in Excel (**in lingua inglese**)
4. Le istruzioni rappresentano un punto di partenza per sviluppare le analisi.

Dopo aver scaricato il file fixed.csv

- 1- Fare una copia aggiungendo al nome la dicitura orig (cioè originale)
- 2- A questo punto aprire il file senza tale dicitura, quindi

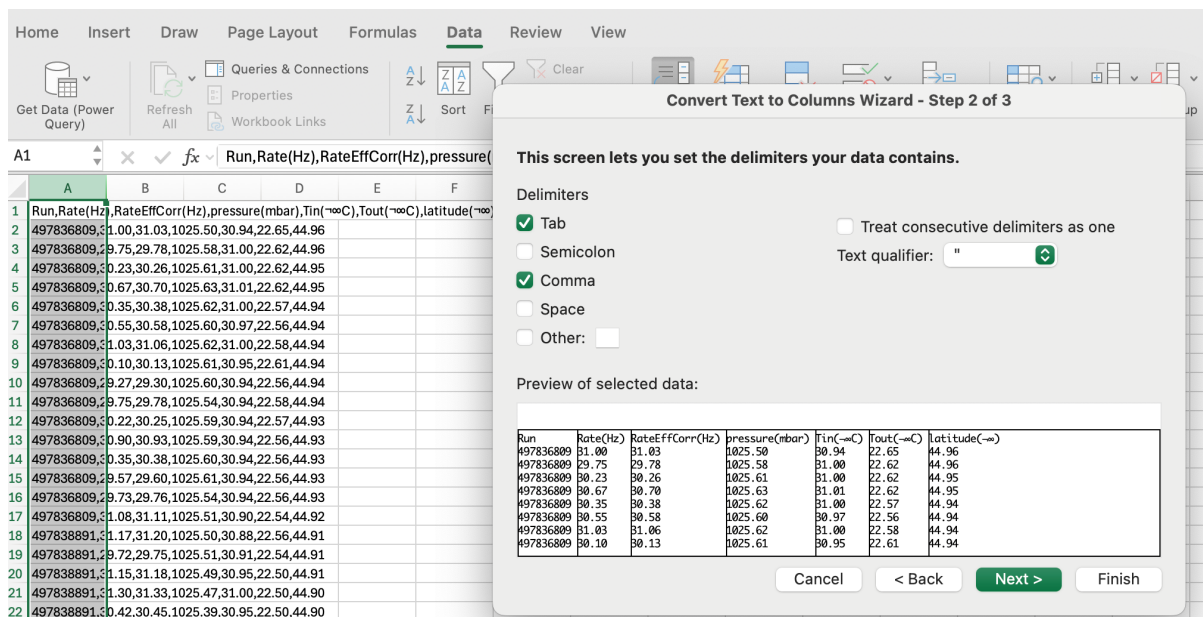
Per aprire il file con Excel: **di solito è sufficiente il doppio click sul file**; se non fosse così cliccare con il tasto destro sul nome del file e e selezione “Apri con” e selezionare “Excel”

Il file si dovrebbe presentare come illustrato in figura:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin($^{\circ}$ C)	Tout($^{\circ}$ C)	latitude($^{\circ}$)
2	497621850	30.60	30.81	1023.74	32.50	25.75	45.65
3	497621850	31.78	32.00	1023.67	32.50	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	30.60	30.81	1021.86	32.62	25.81	45.65
8	497621850	30.88	31.10	1022.25	32.69	25.88	45.65

Nel caso in cui i dati non risultassero divisi in colonne procedere alla loro suddivisione manuale dal menù Dati->Testo in Colonne e selezione virgola come separatore (Excel vi mostrerà un'anteprima)

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Data' tab selected. A 'Convert Text to Columns Wizard - Step 1 of 3' dialog box is open. The dialog box states: 'The Text Wizard has determined that your data is Delimited. If this is correct, choose Next, or choose the data type that best describes your data.' There are two radio buttons: 'Delimited' (selected) and 'Fixed width'. Below the radio buttons, it says: 'Preview of selected data:'. The preview shows a list of data rows, each containing eight columns of data separated by commas. The data rows are numbered 1 through 22. The first row is: '1 Run,Rate(Hz),RateEffCorr(Hz),pressure(mbar),Tin($^{\circ}$ C),Tout($^{\circ}$ C),latitude($^{\circ}$)'. The subsequent rows contain numerical data for each of these categories.



Cliccando su **Finish** avrete i dati nel formato corretto.

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

Guida all'analisi

La prima fase dell'esercitazione riguarda la selezione dei dati (cioè dei run) utili per l'analisi del flusso in funzione della latitudine. Per tale operazione facciamo riferimento alla seguente tabella riassuntiva relativa ai dati acquisiti quando il Vespucci non era in movimento.

Run Iniziale	Run Finale	Latitudine (°)
498897908	498942903	39.8
498396949	498431282	41.3
499232479	499279006	42.1
499342599	499380507	43.5
497949557	498003629	43.6
497621850	497651749	45.6

Tabella 1: range dei Run relativi alle misure in posizione fissa.

In base a questa tabella sarà necessario selezionare i run nel file fixed.csv i run relativi ad ogni posizione fissa.

STRATEGIA CONSIGLIATA:

1. **Rinominiamo la tab come fixed:** tasto destro sul nome della Tab (Sheet1) e Rename; nome suggerito "fixed"

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4344	592310837	33.33	33.42	1002.73	24.18	16.42	45.55					
4345	592310837	31.72	31.80	1002.72	24.31	16.45	45.55					
4346	592310837	32.87	32.95	1002.70	24.56	16.50	45.55					
4347	592310837	31.05	31.13	1002.71	24.68	16.50	45.55					
4348	592310837	31.37	31.45	1002.84	24.92	16.56	45.55					
4349	592310837	32.15	32.23	1002.85	24.99	16.61	45.55					
4350	592312037	32.00	32.09	1002.69	25.81	16.75	45.55					
4351	592312037	31.75	31.84	1002.70	26.04	16.79	45.55					
4352	592312037	30.77	30.85	1002.73	26.39	16.86	45.55					
4353	592312037	30.83	30.92	1002.72	26.50	16.88	45.55					
4354	592312037	31.88	31.97	1002.68	26.68	16.94	45.55					
4355	592312037	31.82	31.91	1002.65	26.89	16.98	45.55					
4356	592312037	30.70	30.79	1002.63	27.01	17.01	45.55					
4357	592312037	31.62	31.71	1002.63	27.12	17.06	45.55					
4358	592312037	31.23	31.32	1002.61	27.20	17.06	45.55					
4359	592312037	31.30	31.39	1002.62	27.56	17.14	45.55					
4360	592312037	31.70	31.79	1002.62	27.64	17.20	45.55					
4361	592313248	31.27	31.36	1002.62	27.97	17.25	45.55					
4362	592313248	31.03	31.13	1002.50	28.35	17.41	45.55					
4363	592313248	31.90	31.90	1002.40	28.66	17.50	45.55					
4364	592		.85	1002.38	28.85	17.56	45.55					
4365	592		.65	1002.37	28.94	17.59	45.55					
4366	592		.42	1002.31	29.31	17.75	45.55					
4367	592		.86	1002.26	29.41	17.78	45.55					
4368	592		.53	1002.34	29.47	17.81	45.55					
4369	592		.63	1002.27	29.60	17.84	45.55					
4370	592		.69	1002.31	29.77	17.94	45.55					
4371	592		.35	1002.30	29.83	17.94	45.55					
4372	592		.30	1002.37	30.00	18.00	45.55					
4373	592		.90	1002.36	30.13	18.05	45.55					
4374	592		.32	1002.33	30.21	18.08	45.55					

2. Correzione per effetto barometrico

A questo punto passiamo a correggere i rate per gli effetti di pressione: effetto barometrico. Applicheremo la correzione per effetto barometrico utilizzando il rate corretto per le efficienze dei rivelatori (colonna C). Ricordiamo che la formula per la correzione è:

$$\text{Rate_Corr} = \text{Rate_nonCorr} * \text{EXP}(\alpha * (\text{Pmis} - \text{P_ref}))$$

E useremo per tale correzione le seguenti quantità:

$$\alpha = 2.30\text{E-}03$$

$$\text{P_ref} = 1014 \text{ (mbar)}$$

Inseriamo quindi questi valori in due celle della Tab, come mostrato ad esempio in figura:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)				Press rif	Alpha
2	497621850	30.60	30.81	1023.74	32.50	25.75	45.65				1014	2.30E-03
3	497621850	31.78	32.00	1023.67	32.50	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					

Ora useremo la Colonna H (che rinominiamo RatePCorr) per calcolare la correzione per effetto barometrico del Rate in colonna C). Quindi nella cella H2 inseriamo la formula per la correzione considerando che i valori di Pressione di Riferimento e α saranno costanti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	RatePCorr			Press rif	Alpha
2	497621850	30.60	30.81	1023.74	32.50	25.75	45.65	$=C2*EXP(\$L\$2*(D2-\$K\$2))$			1014	2.30E-03
3	497621850	31.78	32.00	1023.67	32.50	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					

Premendo invio e poi ripetendo per tutte le celle si ottengono i valori di pressione corretti.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Run	Rate(Hz)	RateEffCorr(Hz)	pressure(mbar)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	RatePCorr	
2	497621850	30.60	30.81	1023.74	32.50	25.75	45.65	31.51	
3	497621850	31.78	32.00	1023.67	32.50	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		

Per replicare la formula a tutta la colonna H si può trascinare partendo dall'angolo in basso a destra della cella H2 oppure sempre dall'angolo in basso dare un doppio click del mouse.

Nel caso in cui la formula vi dia l'errore #VALUE! controllate il formato dei dati e i separatori (virgole e/o punti)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	h	Rate(Hz)	RateEffCorr	pressure(mb)	Tin(°C)	Tout(°C)	latitude(°)	RatePCorr			pressure	alfa			
2	97621850	30.60	30.81	1023.74	32.50	25.75	45.65	#VALUE!			1014	2.30E-03			
3	97621850	31.78	32.00	1023.67	32.50	25.75	45.65								
4	97621850	30.53	30.75	1023.13	32.56	25.75	45.65								
5	97621850	30.32	30.53	1023.01	32.56	25.75	45.65								
6	97621850	30.35	30.56	1021.16	32.62	25.81	45.65								
7	97621850	30.60	30.81	1021.86	32.62	25.81	45.65								
8	97621850	30.88	31.10	1022.25	32.69	25.88	45.65								
9	97621850	30.30	30.51	1022.72	32.78	25.91	45.65								
10	97621850	31.00	31.21	1021.58	32.84	25.94	45.65								
11	97621850	29.15	29.35	1021.90	33.00	26.00	45.65								
12	97621850	30.25	30.47	1022.53	33.06	26.00	45.65								
13	97621850	29.95	30.16	1021.76	33.06	26.06	45.65								
14	97621850	30.32	30.53	1021.51	33.09	26.06	45.65								
15	97621850	29.33	29.53	1020.56	33.19	26.12	45.65								
16	97621850	30.42	30.63	1020.84	33.22	26.12	45.65								
17	97621850	30.77	30.98	1020.43	33.31	26.22	45.65								
18	97621850	29.65	29.85	1021.06	33.40	26.25	45.65								
19	97621850	30.67	30.88	1020.98	33.50	26.31	45.65								
20	97623924	30.98	31.49	1021.08	33.71	26.41	45.65								
21	97623924	29.88	30.37	1020.91	33.75	26.46	45.65								

NB: lasciamo a voi l'inserimento delle unità di misura ove necessario.

Proseguiamo con la ricerca dei rate medi per i range di run relativi alle misure in posizione fissa.

3. Aggiungere una tab al foglio Excel, premendo il “+” come mostrato in figura e rinominarla (ad esempio Mean Rate) come mostrato in precedenza

23	497623924	30.82	31.32	1021.01	33.88	26.38	45.65	31.88
24	497623924	29.65	30.14	1020.95	33.90	26.56	45.65	30.63
25	497623924	29.92	30.40	1021.20	34.00	26.65	45.65	30.91
26	497623924	30.88	31.39	1021.82	34.03	26.69	45.65	31.96
27	497623924	28.83	29.31	1021.52	34.06	26.72	45.65	29.82
28	497623924	30.77	31.26	1021.12	34.06	26.75	45.65	31.78
29	497623924	30.33	30.82	1020.92	34.12	26.81	45.65	31.31
30	497623924	29.97	30.46	1020.41	34.12	26.84	45.65	30.91
31	497623924	29.53	31.02	1020.46	34.12	26.88	45.65	31.48

4. Calcolare i valori medi del rate per i range di run interessati

Ora dovremo utilizzare le informazioni della Tab originale con i valori medi per Run ed estrarre le informazioni media per ciascun set di Run. Intanto creiamo le intestazioni delle colonne:

	A	B	C	D	E
1	Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate	
2					
3					

Usando le informazioni della Tabella 1 riportare i range di Run in tabella.

	A	B	C	D	E
1	Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate	
2	498897908	498942903			
3	498431282	498431282			
4	499232479	499279006			
5	499342599	499380507			
6	497949557	498003629			
7	497621850	497651749			

Ora dobbiamo calcolare il rate medio nell'intervallo di Run interessati. Possiamo usare la funzione: **AVERAGEIFS((average_range, criteria_range1, criteria1, [criteria_range2, criteria2], ...)** che restituisce la media aritmetica di un range di celle che soddisfano vari criteri. Il significato dei termini è: **Average_range** – Obbligatorio. Una o più celle da mediare, incluse cifre o nomi, array o riferimenti che contengono numeri.

Criteria_range1, criteria_range2, ... – *Criteria_range1* è obbligatorio, mentre gli intervalli di criteri successivi sono facoltativi. Da 1 a 127 intervalli nei quali valutare i criteri associati.

Criteria1, criteria2, ... – *Criteria1* è obbligatorio, mentre i criteri successivi sono facoltativi. Da 1 a 127 criteri sotto forma di numero, espressione, riferimento di cella o testo che definiscono quali celle verranno mediate. Ad esempio, i criteri possono essere espressi come **32**, **"32"**, **">32"**, **"apples"** o **B4**.

Quindi possiamo inserire nella cella C2 la funzione per calcolare la media della colonna H della tab "fixed" quando il numero di Run (Colonna A) è maggiore o uguale a Run Min (colonna A della Tab MeanRate) e minore o uguale a Run Max (colonna B della Tab MeanRate).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate			
2	498897908	498942903	=AVERAGEIFS(fixed!H:H,fixed!A:A,">="&A2,fixed!A:A,"<="&B2)				
3	498431282	498431282					
4	499232479	499279006					
5	499342599	499380507					

Nel caso in cui la formula vi dia l'errore controllate i separatori nella formula (virgole e/o punti e virgole)

Ripetendo per i sei range a disposizione otteniamo:

Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate
498897908	498942903		30.74
498396949	498431282		31.05
499232479	499279006		31.22
499342599	499380507		31.41
497949557	498003629		31.62
497621850	497651749		31.40

5. Valutazione dell'errore

In colonna D si calcoli l'errore su tale rate medio. (Suggerimento: considerando che si hanno N misure di rate per ogni range, si può quindi valutare l'errore come sulla media delle misure)

6. Grafico Rate vs. latitudine

Per costruire il grafico della variazione del rate in funzione della latitudine aggiungiamo in colonna E della Tab MeanRate i valori di latitudine (possono essere estratti dalla tab fixed cercando il valore medio della latitudine nel range di run di interesse (come fatto per il rate medio) usando la funzione AVERAGEIFS.

	A	B	C	D	E
1	Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate	Latitude
2	498897908	498942903		30.74	39.81

Per inserire il grafico la soluzione più veloce è:

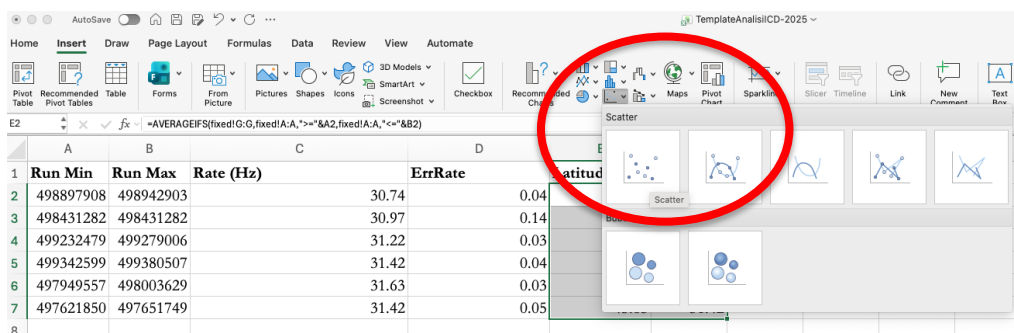
Inserire in colonna F i valori di rate della colonna C.

Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate	Latitude	Rate
498897908	498942903	30.74	0.04	39.81	30.74
498431282	498431282	30.97	0.14	41.31	30.97
499232479	499279006	31.22	0.03	42.09	31.22
499342599	499380507	31.42	0.04	43.55	31.42
497949557	498003629	31.63	0.03	43.62	31.63
497621850	497651749	31.42	0.05	45.65	31.42

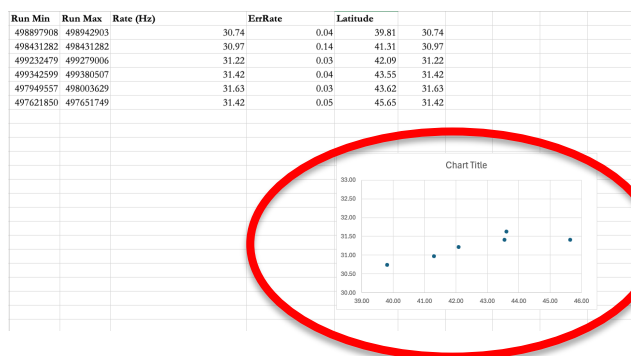
Selezionare i dati nella colonna E (latitudine) e poi tenendo premuto il tasto Ctrl (o Command in MacOS) selezionare la colonna F della tab MeanRate, come mostrato in figura.

	A	B	C	D	E	F
1	Run Min	Run Max	Rate (Hz)	ErrRate	Latitude	
2	498897908	498942903	30.74	0.04	39.81	30.74
3	498431282	498431282	30.97	0.14	41.31	30.97
4	499232479	499279006	31.22	0.03	42.09	31.22
5	499342599	499380507	31.42	0.04	43.55	31.42
6	497949557	498003629	31.63	0.03	43.62	31.63
7	497621850	497651749	31.42	0.05	45.65	31.42

Una volta selezionate le due colonne (nell'ordine indicato) andare nel menù Insert e selezionare il tipo di grafico Scatter, come mostrato in figura, e premere Invio

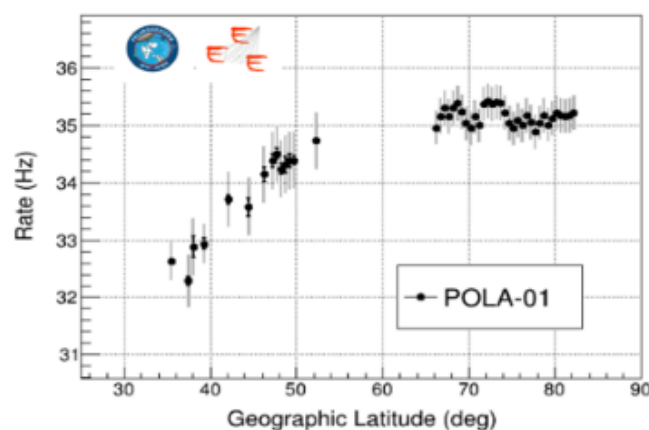


Otterremo così il grafico mostrato in figura (aggiungere le barre di errore in y e completare il grafico con unità di misura e altro).



Spunti per l'analisi

- Discutere brevemente il risultato ottenuto anche confrontandolo con quanto pubblicato: M. Abbrescia et al. (EEE Collaboration), "Measurement of the cosmic charged particle rate at sea level in the latitude range $35^{\circ} \div 82^{\circ}$ N with the PolarquEEEst experiment", Eur. Phys. J.C 83, 293 (2023). <https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11353-w>.



- Scaricare i dati riportati nel file **moving.csv** contenente le misure prese sia durante la missione a bordo del Vespucci sia durante la campagna di misura in auto del 2025. Ripetere la misura utilizzando **ESCLUSIVAMENTE** i run relativi alle misure in movimento sul Vespucci facendo riferimento alla sottostante tabella per selezionare i run: per questa analisi la selezione dei run dovrà essere in base sia al range di run sia in base al range di latitudine.

Run Iniziale	Run Finale	Latidue Min	Latitude Max
400000000	500000000	37.75	38
400000000	500000000	38	38.25
400000000	500000000	38.25	38.5
400000000	500000000	38.5	38.75
400000000	500000000	38.75	39
400000000	500000000	39	39.25
400000000	500000000	39.25	39.5
400000000	500000000	39.5	39.75
400000000	500000000	39.75	40
400000000	500000000	40	40.25
400000000	500000000	40.25	40.5
400000000	500000000	40.5	40.75
400000000	500000000	40.75	41
400000000	500000000	41	41.25
400000000	500000000	41.25	41.5
400000000	500000000	41.5	41.75
400000000	500000000	41.75	42
400000000	500000000	42	42.25
400000000	500000000	42.25	42.5
400000000	500000000	42.5	42.75
400000000	500000000	42.75	43
400000000	500000000	43	43.25
400000000	500000000	43.25	43.5
400000000	500000000	43.5	43.75
400000000	500000000	43.75	44
400000000	500000000	44	44.25
400000000	500000000	44.25	44.5
400000000	500000000	44.5	44.75
400000000	500000000	44.75	45

Come valore di latitudine utilizzare la media aritmetica delle latitudini misurate nel range in questione.