

Extreme Energy Events Project @ ICD 2024 Il Solar Flare del 10 maggio 2024

Utilizzando i dati acquisiti da diversi telescopi EEE e dai rivelatori POLA-R studieremo le variazioni del flusso di muoni in occasione del Solar Flare del 10 maggio 2024.

I dati

Avete a disposizione (scaricandoli) i set di dati di vari rivelatori:

1. BOLO-02 (Bologna): BOLO-02_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
2. CAGL-01 (Cagliari): CAGL-01_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
3. LAQU-01 (L'Aquila): LAQU-01_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
4. VICE-01 (Vicenza): VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
5. POLA-01 (Ny Alesund): POLA-01_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
6. POLA-02 (Bologna): POLA-02_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
7. POLA-03 (Ny Alesund): POLA-03_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending
8. POLA-04 (Ny Alesund): POLA-04_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending

Sia in formato **csv** che in formato **root**, relativi ad un mese di acquisizione dal 16 aprile 2024 al 15 maggio 2024.

NOTA: potete scegliere quali e quanti set di dati utilizzare nella vostra analisi. In questa breve guida forniremo gli elementi base per l'analisi usando Excel con i file csv (**le istruzioni di seguito si riferiscono ad Excel in lingua inglese**).

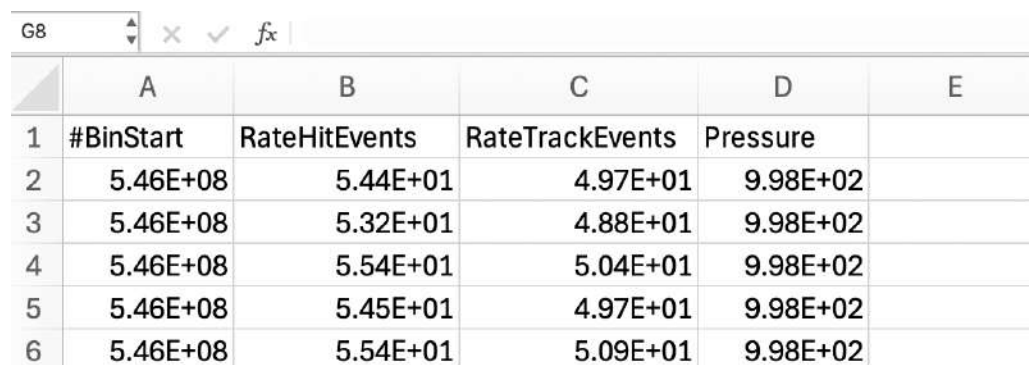
Tutti i file contengono le stesse informazioni e nello stesso ordine per comodità noi ci riferiremo ad uno di essi, in particolare: VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending.

Dopo aver scaricato tutti i file

- 1- Scegliere il set su cui fare l'analisi.
- 2- Del file scelto fare una copia aggiungendo al nome la dicitura orig (cioè originale)
- 3- A questo punto aprire il file senza tale dicitura, quindi VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_summary_Trending

Per aprire il file con Excel: **di solito è sufficiente il doppio click sul file.**

Il file si dovrebbe presentare come illustrato in figura (in caso i dati non risultassero divisi in colonne procedere alla loro suddivisione manuale dal menù Dati->Testo in Colonne):



	A	B	C	D	E
1	#BinStart	RateHitEvents	RateTrackEvents	Pressure	
2	5.46E+08	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02	
3	5.46E+08	5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02	
4	5.46E+08	5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02	
5	5.46E+08	5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02	
6	5.46E+08	5.54E+01	5.09E+01	9.98E+02	

#BinStart: Tempo in secondi dal primo gennaio 2007.

RateHitEvents: rate di eventi in cui è stato ricostruito un punto sulle camere ma senza aver controllato se c'è una traccia ricostruita.

RateTrackEvents: rate di eventi con traccia ricostruita.

Pressure(mbar): pressione atmosferica.

STEP 1 dell'esercitazione:

Trasformare la variabile **#BinStart** in una data.

Percorso consigliato:

Aggiungere una colonna a destra della colonna Time come mostrato in figura:

	A	B	D	E
1	#BinStart	Rate	Pressure	
2	5.46E+08	5.	9.98E+02	
3	5.46E+08	5.	9.98E+02	
4	5.46E+08	5.	9.98E+02	
5	5.46E+08	5.	9.98E+02	
6	5.46E+08	5.	9.98E+02	
7	5.46E+08	5.	9.98E+02	
8	5.46E+08	5.	9.98E+02	

Dare un titolo alla colonna inserita (per esempio Date)

	A	B	C	D	E	F
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEv	Pressure	
2	5.46E+08		5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02	
3	5.46E+08		5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02	
4	5.46E+08		5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02	
5	5.46E+08		5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02	
6	5.46E+08		5.54E+01	5.09E+01	9.98E+02	

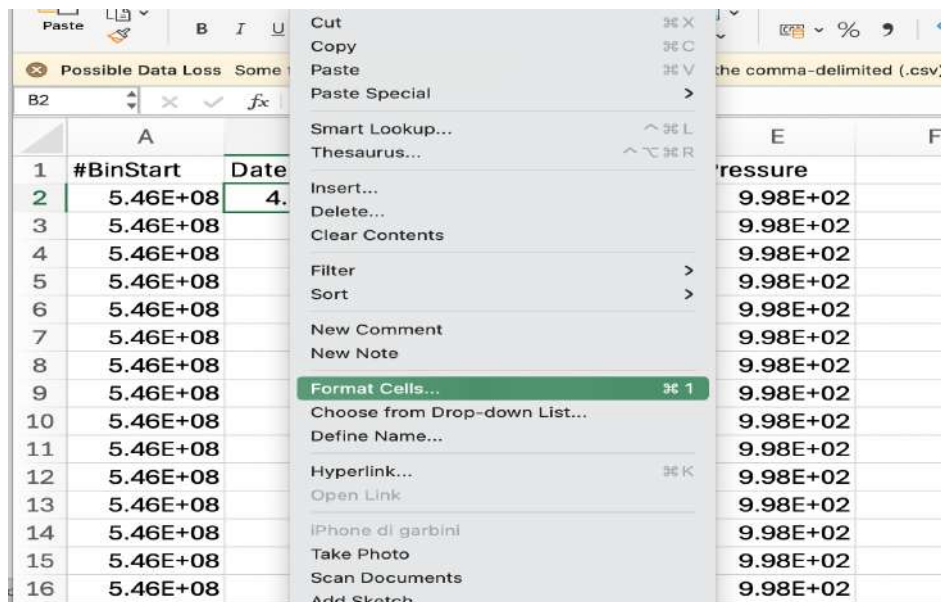
Ora dobbiamo calcolare la data relativa a ciascun **#BinStart**. Con riferimento alla figura ci posizioniamo nella cella B2 e scriviamo:

=(A2/86400)+DATE(2007,1,1) e premiamo invio (la funzione DATE si usa nel caso abbiate Excel in lingua inglese, per la lingua italiana la corrispondente funzione è DATA e gli argomenti della funzione sono separati dal ; DATA(2007;1;1)).

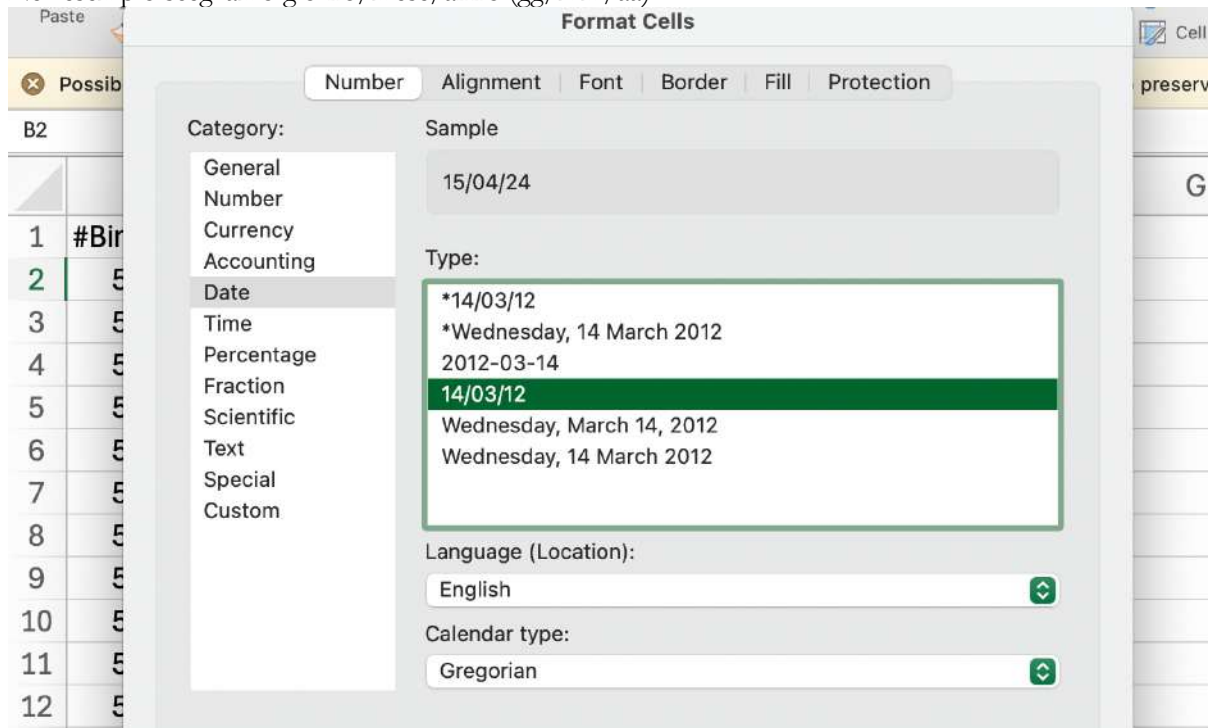
Premiamo invio ed otteniamo:

	A	B	C	D	E
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEv	Pressure
2	5.46E+08	4.54E+04	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02
3	5.46E+08		5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02
4	5.46E+08		5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02
5	5.46E+08		5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02
6	5.46E+08		5.54E+01	5.09E+01	9.98E+02
7	5.46E+08		5.56E+01	5.08E+01	9.98E+02

Ora selezioniamo la colonna B e diamo come formato cella quello di una data:



Scegliamo Format Cells (Formato Cella), e poi selezionando **Date** possiamo scegliere il formato della data. Nell'esempio scegliamo giorno/mese/anno (gg/mm/aa).



Premiamo **OK** e otteniamo il valore cercato.

	A	B	C	D	E	F	G
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEv	Pressure		
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02		
3	5.46E+08		5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02		
4	5.46E+08		5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02		
5	5.46E+08		5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02		
6	5.46E+08		5.54E+01	5.09E+01	9.98E+02		
7	5.46E+08		5.56E+01	5.08E+01	9.98E+02		

Ora ripetiamo l'operazione per tutta la colonna B. È sufficiente utilizzare le "scorciatoie di Excel": in particolare posizionare il mouse nello spigolo in basso a destra della cella B2. Come mostrato in figura

dovrebbe comparire una croce nera (ingrandita in figura) a quel punto facendo doppio click su essa Excel ripeterà per noi l'operazione della cella B2 su tutte le celle della colonna B.

B2 fx =(A2/86400)+DATE(2007,1,1)

	A	B	C	D	E	F	G
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEvent	Pressure		
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02		
3	5.46E+08		5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02		
4	5.46E+08		5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02		
5	5.46E+08		5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02		

Facendo doppio click otteniamo:

#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEvent	Pressure
5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.56E+01	5.08E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.56E+01	5.08E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.39E+01	4.88E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.47E+01	5.01E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.00E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.55E+01	5.07E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.53E+01	4.97E+01	9.98E+02
5.46E+08	15/04/24	5.55E+01	4.99E+01	9.98E+02

In questa fase abbiamo visto una semplice operazione che ci consente di controllare il periodo in cui sono stati acquisiti i dati e al contempo di imparare ad usare qualche scorciatoia di Excel.

STEP 2 dell'esercitazione: correzione per effetto barometrico

A questo punto passiamo a correggere i rate per gli effetti di pressione: effetto barometrico.

Potete scegliere se lavorare con RateHitEvents o RateTrackEvents.

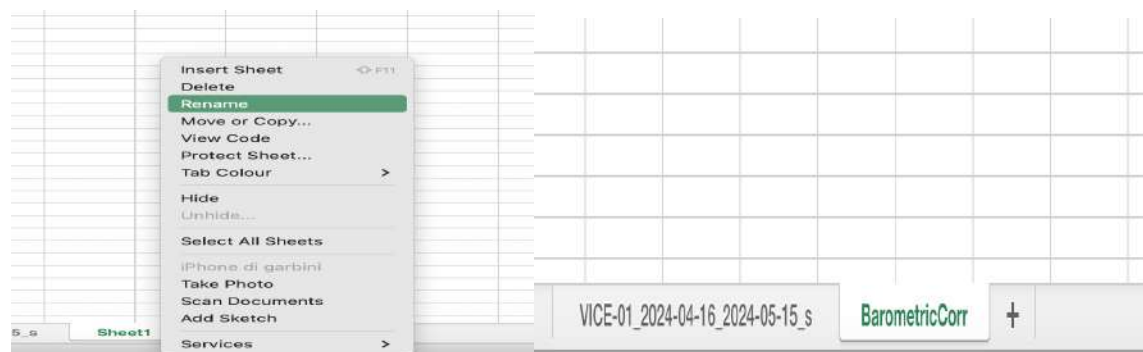
Partiamo con

- aggiungere una tab al foglio Excel, premendo il "+" come mostrato in figura.

12	5.46E+08	15/04/24	5.55E+01	5.
13	5.46E+08	15/04/24	5.53E+01	4.
14	5.46E+08	15/04/24	5.55E+01	4.
15	5.46E+08	15/04/24	5.38E+01	4.
16	5.46E+08	15/04/24	5.35E+01	4.

VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_s +

- diamo un nome alla tab: come mostrato in figura tasto destro e rename (BarometricCorr)



Vogliamo studiare la correlazione tra rate e pressione. Procediamo nel foglio di lavoro appena creato a calcolare il rate medio (HitEvents o TrackEvents) per i valori di pressione misurati. Procediamo come segue:

- 1- Determiniamo il minimo e il massimo valore della pressione osservati nel periodo in questione; nel foglio di partenza

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEv	Pressure			
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02		P_min	=MIN(E:E)
3	5.46E+08	15/04/24	5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02			
4	5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02			
5	5.46E+08	15/04/24	5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02			

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEv	Pressure			
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02		P_min	990
3	5.46E+08	15/04/24	5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02		P_max	=MAX(E:E)
4	5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02			

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEv	Pressure			
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02		P_min	990
3	5.46E+08	15/04/24	5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02		P_max	1016
4	5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02			

- 2- Nella nuova tab creata costruiamo la colonna Pressure da popolare con valori di pressione dal minimo individuato al punto precedente al massimo con step di 1 mbar.

The screenshot shows a new worksheet with a column of pressure values. The values range from 990 to 1016, increasing by 1 mbar per row. The column is labeled 'Pressure' in the first row.

- 3- Dobbiamo calcolare ora il valore medio del rate medio per ogni valore di pressione. Ci sono varie possibilità per farlo, la nostra proposta è usare la funzione AVERAGEIF di Excel: la funzione restituisce la media aritmetica di tutte le celle di un intervallo che soddisfano un criterio specificato. La sintassi è AVERAGEIF(intervallo;criteri; [intervallo_media])

Gli argomenti della sintassi della funzione MEDIA.SE sono i seguenti:

- **Intervallo** Una o più celle, di cui calcolare la media, compresi numeri o nomi, matrici o riferimenti che contengono numeri. Nel nostro caso questi sono i valori di pressione misurati, quindi la colonna E del foglio di lavoro iniziale.
- **Criteri** Criteri in forma di numeri, espressioni, riferimenti di cella o testo che determinano le celle di cui verrà calcolata la media. I criteri possono, ad esempio, essere espressi come 32, "32", ">32", "mele" o B4. Nel nostro caso il criterio per calcolare la media è che la pressione (**Intervallo**) sia uguale al valore di pressione della cella in esame.
- **Intervallo_media** Insieme effettivo di celle di cui calcolare la media. Se omesso, viene usato il valore intervallo. Nel nostro caso vogliamo mediare la colonna rate (ad esempio colonna C del foglio iniziale).

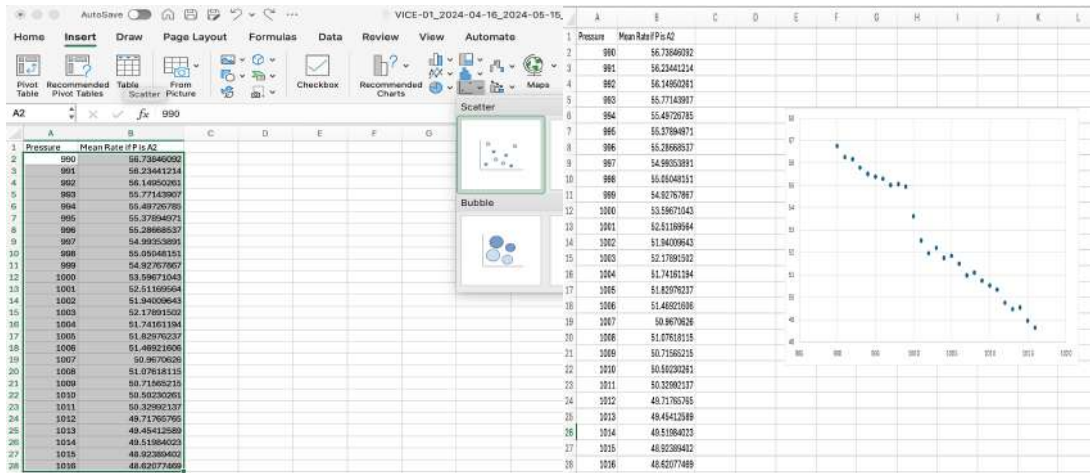
In questo caso per ogni valore di Pressure del Foglio attuale (colonna A) inseriamo nella colonna B la formula:

=AVERAGEIF(colonna E del foglio iniziale, valore di pressione della cella Pressure, Colonna C del foglio iniziale). Per la sintassi corretta vedere la figura.

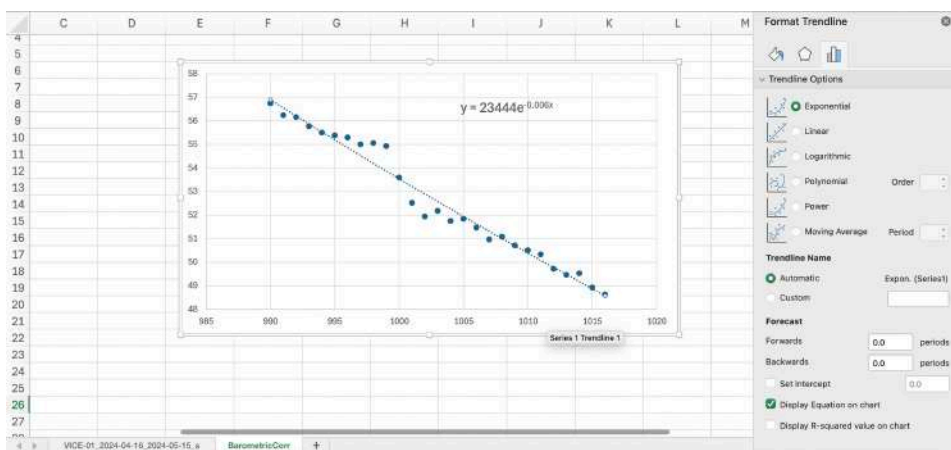
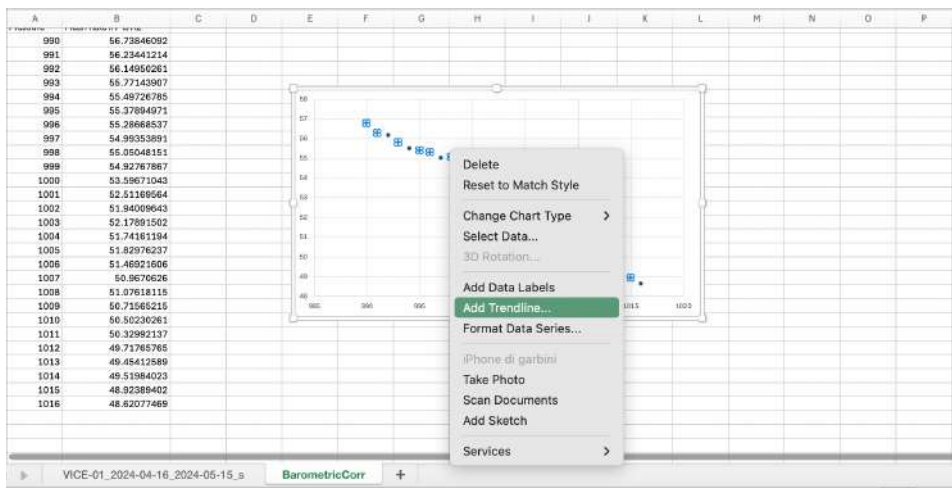
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Pressure	Mean Rate if P is A2									
2	990	56.73846092									

E ripetere l'operazione per tutta la colonna A del foglio Pressure.

- 4- I valori ottenuti si mettono in un grafico a dispersione con pressione in ascisse e rate medio in ordinate:



5- Aggiungiamo una linea di tendenza, in particolare Fit esponenziale:



Dal fit otteniamo il coefficiente Barometrico $\alpha = 6 \times 10^{-3}$ che ci permette di correggere i rate per tenere conto dell'effetto della pressione atmosferica. Attraverso la formula:

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

Dove il Rate_nonCorr è il rate misurato, α è il coefficiente barometrico ottenuto, Pmis è la Pressione misurata e P_ref è una pressione di riferimento che assumiamo pari a 1000 mbar. Quindi nel primo foglio di lavoro aggiungiamo la colonna Rate_Corr: Inseriamo questi due valori nelle celle J4 e J5 del foglio di lavoro originale.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	#BinStart	data	RateHitEvent	RateTrackEw	Pressure						
2	5.46E+08		5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02						
3	5.46E+08		5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02						
4	5.46E+08		5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02				alpha	6.00E-03	
5	5.46E+08		5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02				P_ref	1000	
6	5.46E+08		5.54E+01	5.09E+01	9.98E+02						
7	5.46E+08		5.56E+01	5.08E+01	9.98E+02						

E poi in colonna F calcoliamo il Rate corretto (i “\$” sono utilizzati per mantenere costanti i valori di alpha e P_ref).

F2		fx =C2*EXP(\$J\$4*(E2-\$J\$5))									
	A	B	C	D	E	F					
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEw	Pressure	Rate_Corr					
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02	5.38E+01					

Ed estendiamo all'intero set di misure.

Abbiamo ora i rate corretti per effetto barometrico.

NB: grafici e colonne devono essere completi di unità di misura e leggibili.

Avere a disposizione un set di dati di un mese permette di valutare bene il coefficiente barometrico.

STEP 3 dell'esercitazione: Stima della diminuzione del rate in coincidenza con il flare solare.

Avendo corretto i rate per effetto barometrico possiamo evidenziare variazioni di rate dovuti ad altri eventuali fenomeni.

Come primo passo costruiamo il grafico del rate in funzione del tempo. In questi casi è però utile creare un grafico mediato su intervalli temporali di qualche ora (nel nostro esempio 2).

- Dalla prima scheda estrarre il primo e l'ultimo valore di #BinStart (Start e Stop, celle H8e H9 della seguente figura).
- Calcolare l'intervallo temporale tra questi due valori (Duration, cella I10):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	#BinStart	Date	RateHitEvent	RateTrackEw	Pressure	Rate_Corr				
2	5.46E+08	15/04/24	5.44E+01	4.97E+01	9.98E+02	5.38E+01		P_min	990	
3	5.46E+08	15/04/24	5.32E+01	4.88E+01	9.98E+02			P_max	1016	
4	5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.04E+01	9.98E+02			alpha	0.006	
5	5.46E+08	15/04/24	5.45E+01	4.97E+01	9.98E+02			P_ref	1000	
6	5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.09E+01	9.98E+02					
7	5.46E+08	15/04/24	5.56E+01	5.08E+01	9.98E+02					
8	5.46E+08	15/04/24	5.36E+01	4.90E+01	9.98E+02			Start	545609574	
9	5.46E+08	15/04/24	5.39E+01	4.88E+01	9.98E+02			Stop	548201305	
10	5.46E+08	15/04/24	5.47E+01	5.01E+01	9.98E+02			Duration	2591731	
11	5.46E+08	15/04/24	5.54E+01	5.00E+01	9.98E+02			Interval	7200	
12	5.46E+08	15/04/24	5.55E+01	5.07E+01	9.98E+02					
13	5.46E+08	15/04/24	5.53E+01	4.97E+01	9.98E+02					

- Creare una nuova scheda di lavoro
- Nelle colonne A e B della nuova costruire gli intervalli temporali di durata pari a due ore (7200 secondi); attenzione a non superare l'ultimo valore temporale del set di dati.
- Calcolarne il punto centrale (trasformandolo in una data): questo passaggio ci permette di mettere in relazione un valore di tempo (il punto medio dell'intervallo di tempo appunto) e il rate medio (da calcolare come indicato nel seguito) in quel determinato intervallo.

	A	B	C	D
1	Start Time Interval	Stop Time Interval	Date of Time interval start	
2	545609574	545616774	15/04/24 21:12	
3	545616774	545623974		
4	545623974	545631174		

f) Ora dobbiamo calcolare il rate medio all'interno dell'intervallo temporale. In questo caso suggeriamo di utilizzare la funzione di Excel (nella versione in lingua inglese) AVERAGEIFS (in italiano è MEDIA.PIÙ.SE) che restituisce la media aritmetica di tutte le celle che soddisfano più criteri. La Sintassi è:

AVERAGEIFS(intervallo_media; intervallo_criteri1; criteri1; [intervallo_criteri2; criteri2]; ...)

Gli argomenti sono i seguenti:

- **Intervallo_media.** Una o più celle, di cui calcolare la media, compresi numeri o nomi, matrici o riferimenti che contengono numeri.
- **Intervallo1_criteri, intervallo2_criteri, ...** Intervallo1_criteri è obbligatorio, mentre gli intervalli criteri successivi sono facoltativi. Indica da 1 a 127 intervalli in cui valutare i criteri associati.
- **Criterio1, criterio2, ...** Criterio1 è obbligatorio, mentre i criteri successivi sono facoltativi. Indica da 1 a 127 criteri in forma di numeri, espressioni, riferimenti di cella o testo che determinano le celle di cui verrà calcolata la media. I criteri possono, ad esempio, essere espressi come 32, "32", ">32", "mele" o B4.

Si vuole calcolare il rate medio (colonna F prima scheda) quando il valore di tempo (#BinStart prima scheda) è maggiore del limite inferiore dell'intervallo temporale e minore del limite superiore dell'intervallo temporale. Quindi in ogni cella della colonna D della nuova scheda la formula sarà del tipo:

AVERAGEIFS(Prima Scheda Colonna F, Prima scheda Colonna A > limite inferiore intervallo temporale in esame, Prima Scheda colonna A < limite superiore intervallo temporale in questione)

Più precisamente:

AVERAGEIFS('VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_s'!F:F,'VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_s'!A:A,">"&A2,'VICE-01_2024-04-16_2024-05-15_s'!A:A,"<"&B2)

g) Graficare rate medio vs Data

Possibile spunto di analisi:

- Identificare (se visibile) il periodo contemporaneo al Flare solare (nel quale si dovrebbe apprezzare una diminuzione del rate (effetto Forbush).
- confrontare per uno stesso rivelatore il comportamento del rate non corretto per effetto barometrico e corretto per effetto barometrico commentando il risultato in termini dell'effetto Forbush.
- confronto tra più rivelatori: in questo caso è utile normalizzare i rate utilizzando la formula:

$rate_norm = (Rate\ medio\ nell'intervallo\ temporale\ i) / (rate\ medio\ di\ tutti\ gli\ intervalli\ temporali)$