

MISURE DI RAGGI COSMICI PER GRANDI VALORI DI ZENIT: ALLA RICERCA DI CORRELAZIONI CON FATTORI ESTERNI

*S. Bevacqua ^{*a}, D. Chieppa ^{*a}, S. Del Santo ^{*b}, A. Di Leva ^{*c}, C. Di Vietri ^{*b}, E. Gozzelino ^{*a},
R. Mautino ^{*b}, F. Morgando ^{*d}, T. Morgante ^{**}, P. Porta ^{**}, D. Santoro ^{*b}, A. Serito ^{*c}, F. Vittone ^{*b}*

*** docenti referenti del liceo classico "V.Gioberti" di Torino*

**^a studente della 2 D classico*

**^b studente della 2 alfa classico*

**^c studente della 2 B classico*

**^d studente della 4H linguistico*

Introduzione

Questo documento illustra il lavoro condotto per la misurazione di raggi cosmici al fine di valutarne la variabilità in funzione dei parametri esterni che possono influenzarli. Tra questi, ci siamo concentrati sulla pressione atmosferica.

Per questo fine, nell'anno 2009 sono state condotte delle misure mediante un rilevatore di particelle nelle due sedi del nostro istituto, il Liceo Classico V.Gioberti di Torino.

Le misure ottenute con lo stesso strumento, contrariamente a quanto ci aspettavamo di verificare, non hanno mostrato un'evidente correlazione con gli andamenti della pressione atmosferica, ma hanno stranamente fornito valori sensibilmente differenti nelle due sedi di misura. Considerando che lo strumento è sempre stato lo stesso nelle due locazioni e che la sua installazione è sempre avvenuta con le stesse modalità, partendo dai dati sperimentali si è così voluto indagare in maniera più approfondita sulle possibili cause che possono avere portato alla diversità dei risultati.

Nel seguito del documento, riportiamo il nostro lavoro di analisi dei dati e di raffronto con quel parametro esterno che la letteratura scientifica indica come tra quelli influenzanti il numero di raggi cosmici: l'attività solare.

Il lavoro sperimentale svolto

Introduciamo il lavoro con una panoramica sui raggi cosmici, con particolare enfasi sui fattori che ne influenzano l'intensità. Viene poi fatta seguire una descrizione della strumentazione e delle installazioni utilizzate durante le campagne di raccolta dei dati.

I raggi cosmici

I raggi cosmici [1] [4] sono particelle energetiche (essenzialmente nuclei di atomi leggeri) che viaggiano ad alta velocità nell'universo e che colpiscono ininterrottamente la nostra atmosfera, producendo così una cascata secondaria di particelle (protoni, antiprotoni, neutrini, antineutrini, mesoni e iperoni) che possono giungere fino alla superficie terrestre ed essere così rilevate da specifiche apparecchiature.

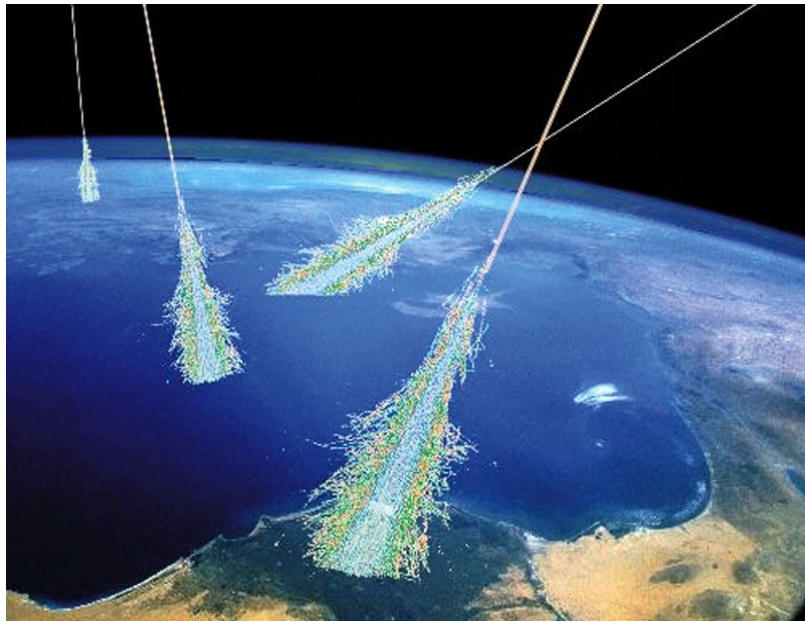


Figura 1: raggi cosmici attraverso l'atmosfera terrestre

Vennero scoperti nel 1912 da Franz Victor Hess, fisico austriaco che per primo rilevò che la presenza delle radiazioni aumentava con l'aumentare dell'altitudine. Si ipotizzò pertanto che le radiazioni non avessero origine terrestre, ma che provenissero invece dall'universo; da qui il nome di raggi cosmici.

La precisa provenienza dei raggi cosmici è argomento molto dibattuto: queste particelle, infatti, durante il loro percorso sono soggette a campi magnetici che ne deviano continuamente la traiettoria, pertanto è molto difficile per gli scienziati definirne precisamente la sorgente. In ogni caso l'ipotesi più accreditata per l'origine dei raggi cosmici viene considerata l'esplosione di stelle in supernove e dei nuclei galattici attivi.

Ad influenzare l'intensità dei raggi cosmici contribuiscono diversi fattori:

- gli effetti meteorologici, come ad esempio la variazione della pressione: con l'aumentare della pressione infatti si verifica una riduzione dell'intensità dei raggi cosmici che è proporzionale alla variazione di pressione;
- le perturbazioni del campo magnetico terrestre, che deviano la traiettoria dei raggi cosmici producendo alcuni effetti quali il *east-west effect*, effetto secondo il quale le particelle cariche positivamente tendono a penetrare l'atmosfera maggiormente da ovest;
- i fenomeni solari: la maggior parte delle particelle ha infatti origine dal sole, e pertanto i fenomeni solari influenzano fortemente il flusso di particelle; alcune delle più importanti variazioni riguardano alcuni fenomeni delle macchie solari, ad esempio i brillamenti (in corrispondenza dei quali si verifica un aumento del flusso di raggi cosmici); un altro fenomeno è dovuto a grandi eruzioni sulla superficie solare che aumentano il campo magnetico in corrispondenza del quale l'intensità della radiazione cosmica diminuisce (questo fenomeno viene chiamato *diminuzione Furbush*); in pochi giorni l'intensità dei raggi cosmici torna al valore originario;
- il variare dell'angolo zenitale: infatti l'intensità dei raggi cosmici è massima in corrispondenza della direzione verticale, dove l'atmosfera è più sottile e pertanto le particelle anche con una minore energia, passano con più facilità; invece l'intensità diminuisce con l'aumentare dell'angolo zenitale, dove l'atmosfera si fa più spessa ed è quindi necessario che le particelle abbiano una maggior energia.

Strumentazione e collocazione sperimentale

Per effettuare le misure dei raggi cosmici abbiamo utilizzato la “*cosmic box*”, prestataci dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare [3], sezione di Torino.

Lo strumento è un parallelepipedo a base quadrata di lato 15,2 cm e di altezza 29 cm (vedere Figura 2). Nella parte inferiore ed in quella superiore sono posti due scintillatori, mentre in quella centrale è presente l'elettronica per l'elaborazione del segnale ricevuto dagli scintillatori e la visualizzazione del numero dei raggi cosmici da essi misurati.

Lo scintillatore è un tipo di rivelatore capace di emettere impulsi di luce, in genere visibile o ultravioletta, quando viene attraversato da fotoni di alta energia o da particelle elettricamente cariche.

Al suo passaggio la particella incidente cede parte della propria energia allo scintillatore, causando l'eccitazione di un elettrone che si sposta in un livello ad energia superiore. L'elettrone decade al livello iniziale attraverso due decadimenti successivi, emettendo due fotoni di cui uno nel visibile. L'intensità di tale impulso di luce viene raccolta da fotodiodi e trasformata in segnale elettrico opportunamente amplificato; infine il numero di rilevazioni eseguite verrà contato da un analizzatore. Il nostro rivelatore utilizza scintillatori plastici.

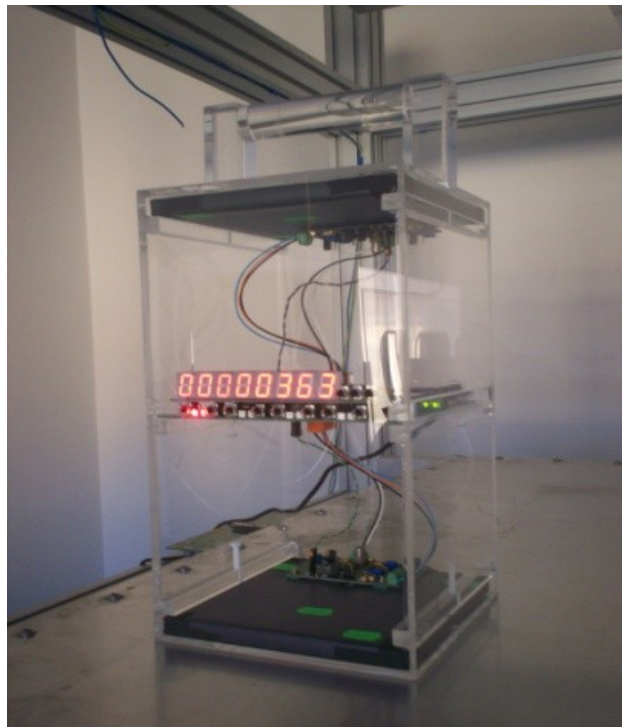


Figura 2: il rivelatore utilizzato durante le misure

Si può lavorare selezionando un singolo scintillatore in modo da misurare il flusso su 2π sr. oppure con i due scintillatori in coincidenza.

Abbiamo scelto questa seconda modalità per eliminare il rumore di fondo e per misurare i cosmici che arrivano in verticale con al massimo un'angolazione di $27,7^\circ$.

La cosmic box, mantenuta in posizione orizzontale durante le misure per conteggiare solamente i raggi cosmici che arrivano con direzione quasi parallela al suolo, è stata posta in prossimità di una stazione automatica per la rilevazione e raccolta dei valori della pressione atmosferica. L'asse dello strumento è stato allineato con la direzione nord-sud in entrambe le sedi di misura.

Per misurare la pressione abbiamo utilizzato un misuratore Leybold, sistema Cassy e per l'acquisizione automatica dei dati un computer.

La raccolta dei dati

Le misurazioni sono state effettuate nei laboratori di fisica: in sede al secondo piano, mentre in succursale al primo. La lettura dei valori è avvenuta tutti i giorni alla stessa ora, nel periodo da marzo a maggio in cui abbiamo avuto a disposizione il rilevatore.

In Figura 3 sono riportati, per ogni giorno di osservazione e per le due sedi, i valori dei conteggi orari del numero di particelle rilevate dalla “cosmic box”. Si noti come le misure presentino delle interruzioni: queste corrispondono al periodo di vacanze pasquali (con chiusura delle sedi) e a momenti di black-out e panne di un alimentatore.

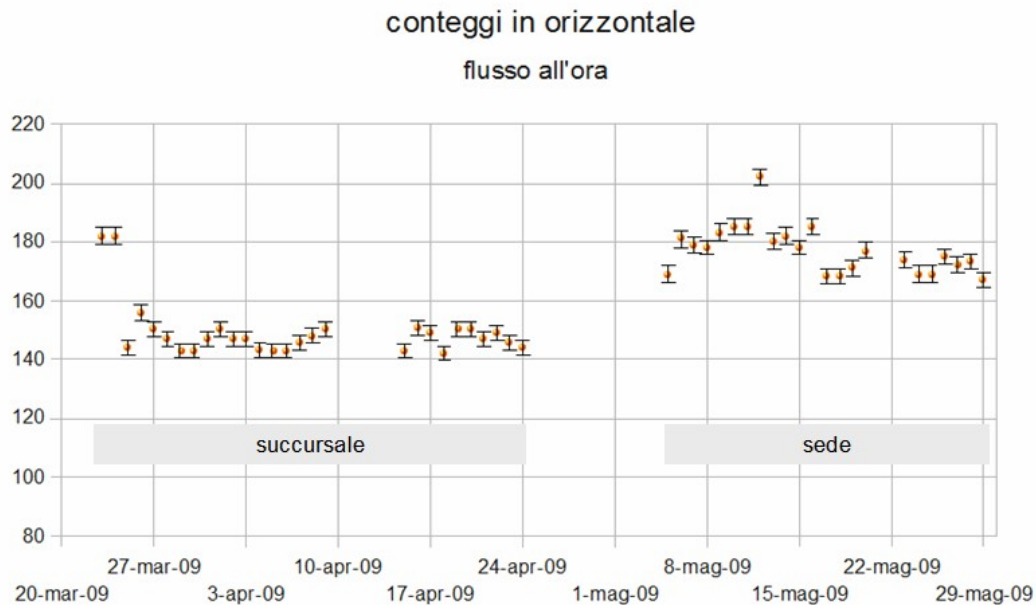


Figura 3: diagramma dei conteggi del rilevatore

Dal grafico precedente, è evidente che le due serie di misure (succursale e sede) si attestano su valori differenti. Il risultato ci ha sorpreso, in quanto ha evidenziato una forte variazione, indipendentemente dagli effetti di pressione atmosferica. Abbiamo quindi effettuato un'analisi dei dati per cercare di comprendere le cause del fenomeno osservato e di dare così una spiegazione plausibile alle differenze misurate.

Analisi dei Dati

La variazione dei dati nelle due serie ci ha portati a considerare in aggiunta alla pressione atmosferica, altre cause possibili: errori di misura, variazioni del flusso complessivo di raggi cosmici incidente sulla terra, influenza dell'attività solare.

Nel seguito illustriamo più in dettaglio ciascun aspetto.

Distribuzione delle frequenze

In Figura 4 è rappresentato il diagramma della distribuzione di frequenza [2] dei valori di flusso orario misurati nelle due sedi. Come evidente anche dal grafico di Figura 3, si tratta di due insiemi con valori medi differenti (149 per le misure in succursale, e 176 per quelli in sede).

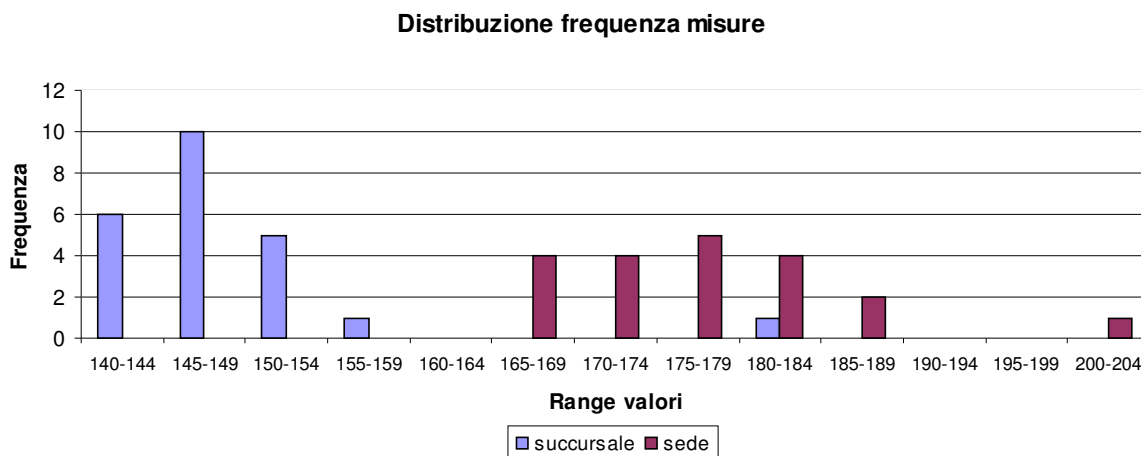


Figura 4: distribuzione di frequenza delle misure raccolte

Abbiamo ripensato alle installazioni (disposizione degli strumenti, orientamento, corretto funzionamento della elettronica di misura) e alle modalità di lettura dei dati (stessi orari nelle due sedi) e non abbiamo notato alcuna evidenza che potrebbe giustificare la differenza delle osservazioni.

Pressione atmosferica

Abbiamo poi confrontato i valori dei conteggi orari di particelle con gli andamenti della pressione atmosferica contestualmente rilevati durante la sperimentazione.

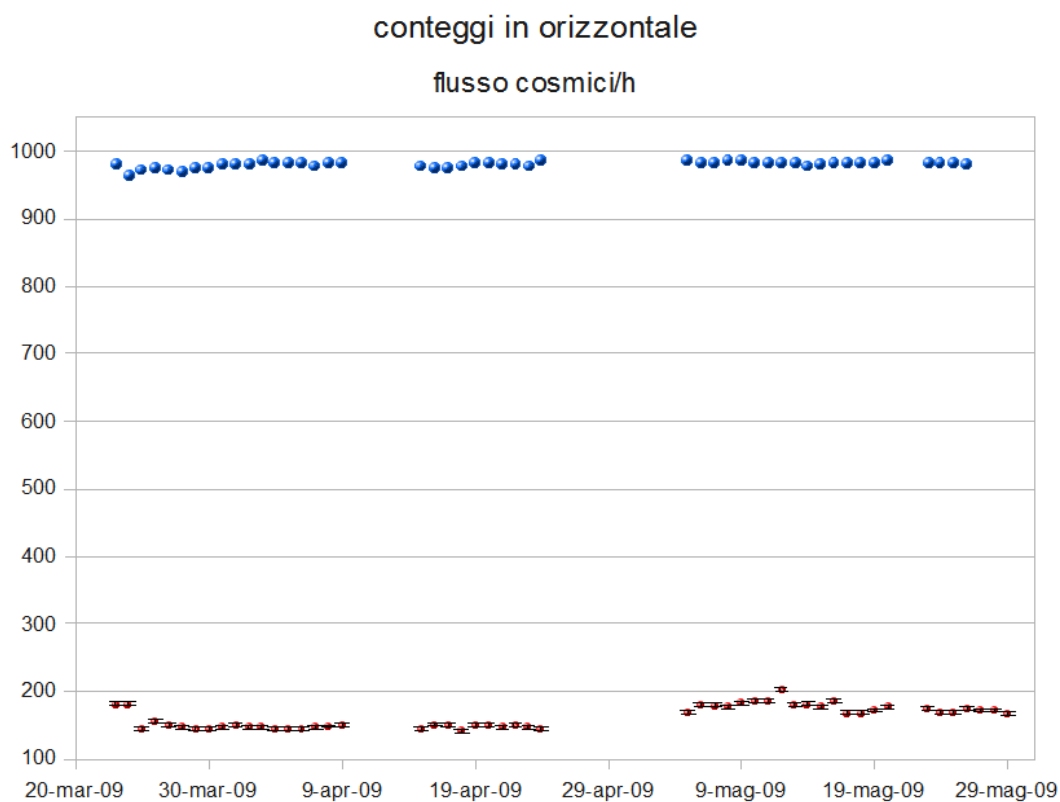


Figura 5: andamento pressione atmosferica (sfere blu) e conteggi raggi cosmici (quadrati rossi)

Il grafico di Figura 5 rappresenta i dati riguardanti il valore della pressione atmosferica e il numero di raggi cosmici misurati a Torino durante il periodo di ricerca.

I due andamenti (pressione – numero raggi cosmici) non sembrano correlati se non nei primissimi giorni in cui si sono effettuate le misure (ad un aumento della pressione atmosferica corrisponde un decremento del numero dei cosmici rilevati, come infatti ci si attende).

Cercando di investigare sul perché tale relazione con la pressione atmosferica non risulti evidente dal nostro insieme di dati, abbiamo ottenuto da istituti coinvolti nella collaborazione al progetto EEE (Extreme Energy Events) [10] di potere confrontare i nostri dati con quelli raccolti, nello stesso nostro periodo, da tre rilevatori per la misura dei raggi cosmici che sono in funzione in tre altri Licei di Torino. Questi rilevatori sono tra loro identici, sebbene differenti dallo strumento da noi utilizzato poiché misurano il flusso che arriva in verticale.

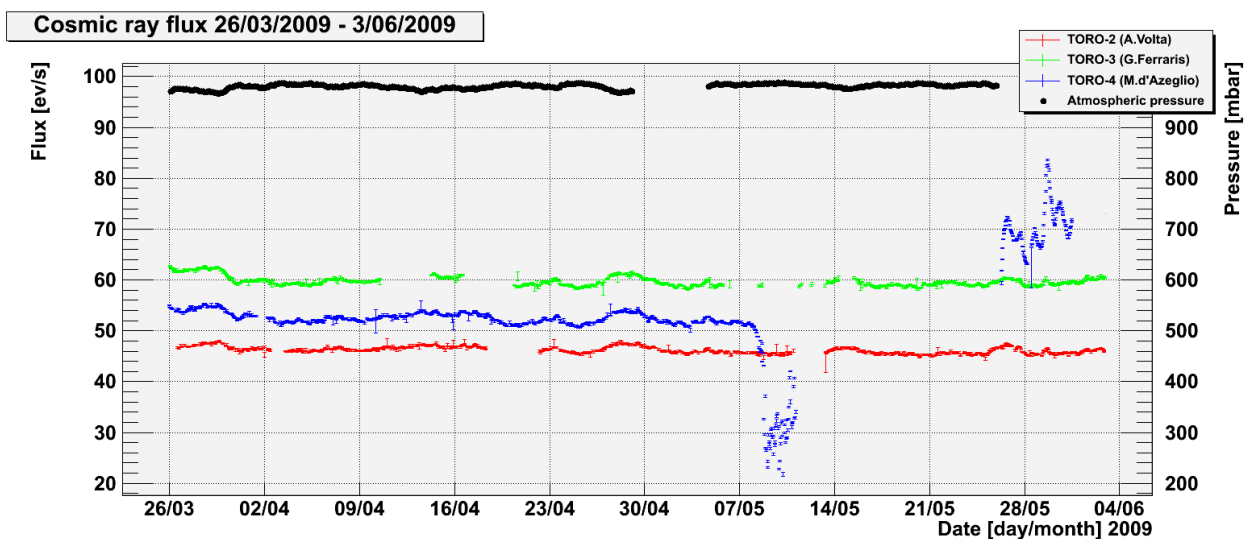


Figura 6: andamento pressione atmosferica e flussi raggi cosmici

Dal grafico di Figura 6, dove vengono confrontati i valori della pressione atmosferica e del flusso dei cosmici ottenuti, è possibile notare che nei periodi di rilevamento, nell'arco di tempo compreso tra il 26 marzo e il 31 marzo, i dati ottenuti dai rilevatori sono simili (la brusca flessione che si osserva per uno dei tre rilevatori è stata causata da un guasto allo strumento). Tale osservazione è valida per più segmenti del grafico, sebbene per la mancanza di alcuni dati non sia possibile effettuare un confronto di tutto il periodo dal 26 marzo al 4 giugno 2009. Inoltre in questo grafico risulta evidente e confermata la relazione esistente tra il numero di cosmici e la pressione atmosferica.

Andamento raggi cosmici incidenti sulla Terra

Abbiamo poi pensato che l'aumento dei valori ottenuti nelle nostre due serie potesse essere imputabile ad un incremento complessivo del numero dei raggi cosmici incidenti sulla Terra. Abbiamo così confrontato i nostri dati con quelli reperibili in Internet nello stesso periodo di misure, effettuando il confronto con i dati rilevati dal neutron monitor di Mosca [5].

I Neutron Monitors [6] sono dispositivi standard di rilevamento dei cosmici situati in 50 diversi punti del globo; per rilevare i neutroni essi sfruttano la differenza fra le reazioni provocate da neutroni a bassa e alta energia ottenendo dati sui neutroni con energia compresa tra 0.5-20 GeV, che non sono rilevabili dai rilevatori spaziali con la stessa facilità e accuratezza.

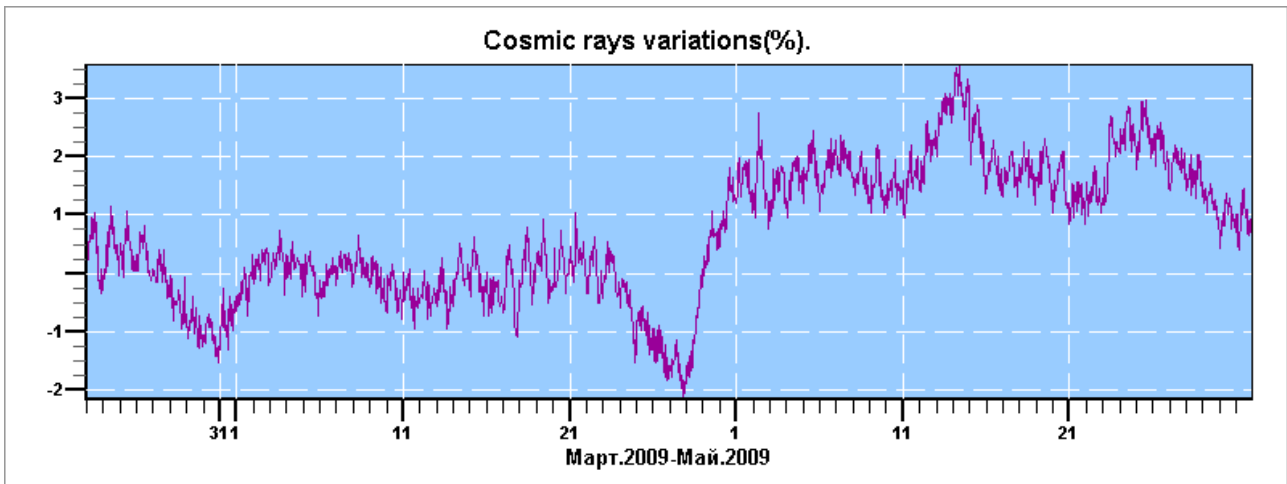


Figura 7: variazioni andamento raggi cosmici (fonte: Moscow neutron monitor)

Il grafico contenente i dati dei raggi cosmici rilevati dal Moscow neutron monitor dal 23-03 al 29-05 presenta (Figura 7) delle oscillazioni percentuali intorno ad un valore medio intorno allo 0% per i primi 29 giorni (l'intensità dei cosmici è rimasta quindi costante) negli ultimi 29 giorni invece si è assistito ad una variazione costante in positivo intorno al valore del 2% per cui l'intensità dei cosmici è aumentata; è interessante notare che fra i due periodi c'è stata una significativa diminuzione dei cosmici seguita da un brusco aumento di quattro punti percentuali di variazione nell'arco di tre giorni.

Tale grafico sembrerebbe in accordo (almeno come andamento) con i dati da noi ottenuti in laboratorio nello stesso periodo: la differenza tra i valori medi dei conteggi da noi raccolti nelle due serie (145 e 176, vedere paragrafo "Errore: sorgente del riferimento non trovata") è tuttavia di molto superiore (circa 20%) alle oscillazioni percentuali (2%) misurate dal Moscow neutron monitor.

Attività solare

Per cercare di giustificare la differenza nell'insieme delle misure da noi ottenute nei due laboratori della scuola, su indicazione degli astronomi dell'INAF [7] di Torino, ci siamo allora anche documentati sull'attività solare analizzando dati rilevati dal satellite Soho (Solar and Heliospheric Observatory) [8] nel nostro stesso periodo di sperimentazione.

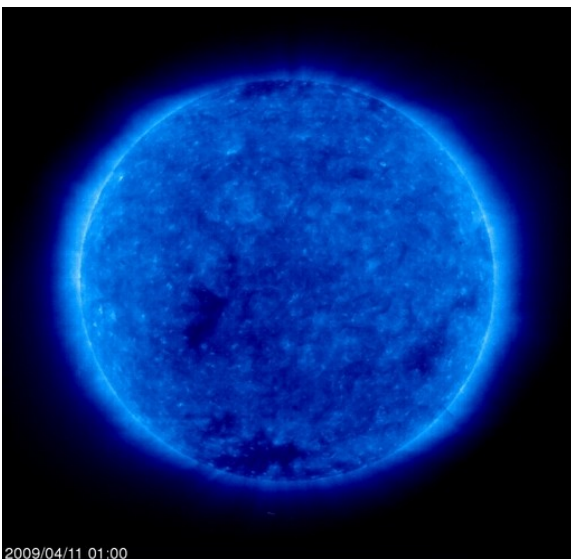


Figura 8 Attività solare in corrispondenza di un massimo del vento solare.

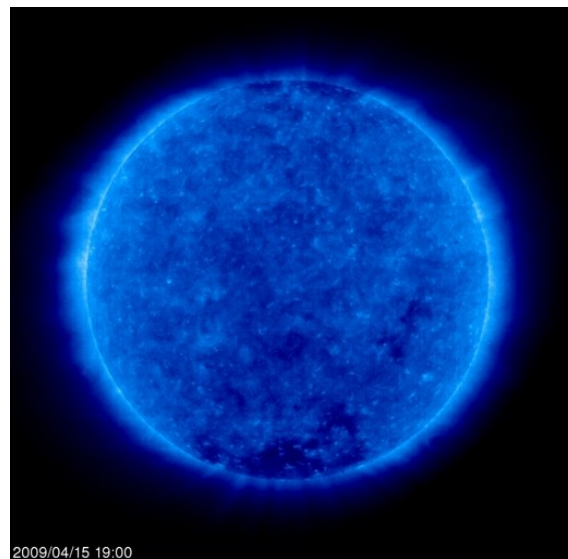


Figura 9: Attività solare in corrispondenza di un minimo del vento solare

Soho è stato lanciato in orbita nel 1995 per opera della Nasa e della ESA; uno dei suoi scopi principali è quello di studiare la struttura interna del sole, il vento solare e la corona solare. Soho usa una tecnica innovativa, chiamata eliosismologia, che studia le alterazioni della turbolenta superficie del sole ed è il primo satellite stabilizzato su tre assi senza l'aiuto di giroscopi ad essere usato ed è rivolto incessantemente verso il sole. Orbita attorno al sole nel punto L1 con lo stesso periodo di rivoluzione della Terra.

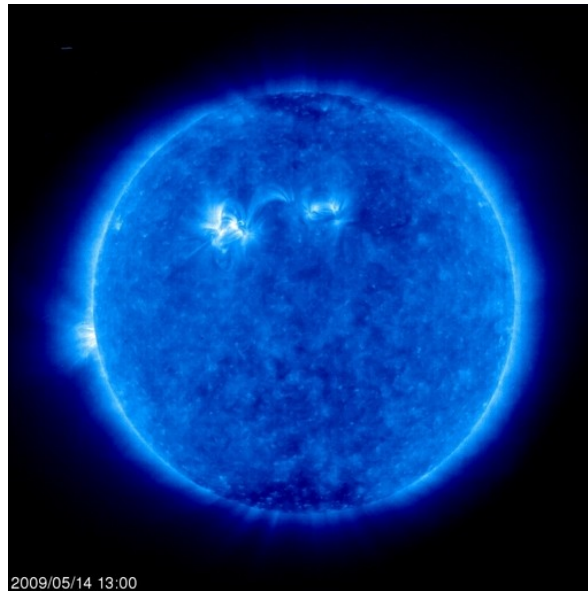


Figura 10: Attività solare che denota la presenza di Flares in corrispondenza di valori medi del vento solare

Nel periodo concomitante con le nostre misure, l'unica macchia solare rilevata, di modesta entità, è apparsa sulla superficie nei giorni dal 27/03 al 29/03.

Abbiamo ricavato i valori del vento solare dal 23 Marzo al 29 Maggio dal sito dell'Università del Maryland (USA) [9] contenente i dati di una rilevazione ogni ora del giorno. Di questi abbiamo calcolato una media giornaliera osservando che il valore più alto è stato ottenuto in data 11 Aprile, per un valore di 502 Km/sec, mentre il più basso è stato ottenuto in data 27 Maggio, per un valore di 271 Km/sec.

Infine abbiamo realizzato un grafico (Figura 11) confrontando i dati giornalieri ricavati dal sito dell'Università del Maryland con le nostre misure.

A causa dell'interruzione dei dati relativi al flusso dei raggi cosmici risulta difficile trovare una correlazione tra la velocità del vento solare e il numero dei raggi cosmici rilevati; sembra esserci un lieve aumento dei cosmici in corrispondenza dei minimi della velocità del vento solare.

Abbiamo inoltre notato che la velocità del vento solare non è influenzata né dalla presenza di macchie solari né dal verificarsi di Flares.

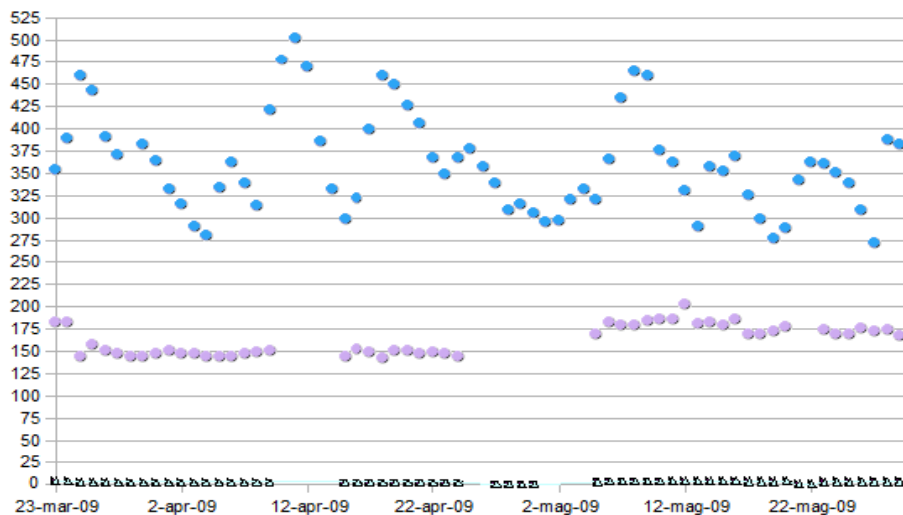


Figura 11: vento solare e conteggi di raggi cosmici

Sviluppi futuri

Pur avendo cercato una causa plausibile che potesse giustificare i risultati da noi ottenuti, quanto finora svolto mantiene ancora possibili varie interpretazioni. Siamo consci che le serie di dati da noi ottenute possono non essere statisticamente consistenti, e che troppi elementi di variazione possono aver influito negativamente sulle misure.

Contiamo pertanto di continuare con il nostro lavoro: come prima e semplice azione, stiamo prolungando il periodo delle osservazioni nelle due sedi, utilizzando contemporaneamente in ciascuna di esse una cosmic box, in modo da rendere le correlazioni più evidenti e significative. Inoltre intendiamo sottoporre a verifica una recente ipotesi: i diversi valori di flusso di raggi cosmici nelle due sedi potrebbero essere influenzati dalla struttura fisica degli edifici, costruiti in tempi e con tecniche diverse.

Conclusioni

Questo lavoro ci ha permesso di avvicinarci e comprendere meglio in prima persona il metodo scientifico e di indagine. Dallo scopo iniziale di “semplice” osservazione e verifica strumentale del fenomeno fisico dei raggi cosmici, ci siamo inaspettatamente trovati davanti alla realtà, con l’evidenza oggettiva di fatti e misure discordanti dalle nostre attese, che ci hanno così portato a dover riconsiderare con senso critico tutto il lavoro svolto, e nel contempo ad ipotizzare possibili spiegazioni alternative per giustificare i dati ottenuti, cercandone un riscontro oggettivo.

Ci siamo così “seduti sulle spalle dei giganti” sia passati sia presenti: le ipotesi sono naturalmente scaturite dalla letteratura (non abbiamo certo la presunzione di aver scoperto nulla di non noto), e la loro validazione è stata resa possibile soprattutto dalla relazione con altri scienziati e ricercatori che hanno condiviso con noi parte del loro lavoro. Abbiamo imparato così l’importanza del lavoro di gruppo, e della incrementalità dei risultati che si ottiene solamente con la condivisione della conoscenza.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare la Sezione di Torino dell’INFN per il prezioso supporto tecnico, il Dr. Vladimir Frolov collaboratore nel progetto EEE per il continuo confronto. Un grazie sentito va anche alla Dr.ssa Lucia Abbo e al Dr. Alberto Cora dell’INAF di Pino Torinese per la disponibilità e i suggerimenti.

Bibliografia

- [1] Rivista Scientifica “Le scienze”, ottobre 2009
- [2] Saggio “Introduzione all'analisi degli errori 2° edizione” di John R. Taylor, anno 2000, Zanichelli

Sitografia

- [3] <http://www.lngs.infn.it> - INFN
- [4] http://it.wikipedia.org/wiki/Raggi_cosmici - raggi cosmici
- [5] <http://cr0.izmiran.rssi.ru/mosc/main.htm> - Moscow Neutron Monitor
- [6] <http://www.nmdb.eu/> - descrizione del Neutron monitor
- [7] <http://www.inaf.it/> - INAF
- [8] <http://sohowww.nascom.nasa.gov> - Sonda SoHo
- [9] <http://umtof.umd.edu/pm/> - Università del Maryland
- [10] <http://www.centrofermi.it/eee/index.html> - Progetto EEE