

**Ο ΝΕΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΓΑΛΑΞΙΑΚΗΣ ΚΟΣΜΙΚΗΣ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ**

Ε. Μαυρομιχαλάκη, Γ. Σουβατζόγλου, Χ. Σαρλάνης, Σ. Τάτσης

*Τομέας Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων, Τμήμα Φυσικής, Παν/μιο Αθήνας,
Παν/πολη- Ζωγράφου 15771 ΑΘΗΝΑ Email: emavromi@cc.uoa.gr*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μετά από πολλά χρόνια διακοπής ο Σταθμός Κοσμικής Ακτινοβολίας της Αθήνας ανανεώθηκε και μπήκε σε λειτουργία, γεγονός που οφείλεται στις συνδυασμένες προσπάθειες του Πανεπιστημίου Αθηνών και του IZMIRAN. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ιστορία και ο εκσυγχρονισμός του σταθμού καταμέτρησης νετρονίων (Neutron Monitor), ο οποίος παρέχει τις μετρήσεις του σε “πραγματικό χρόνο” στο διαδίκτυο. Παρουσιάζονται οι κύριες παράμετροι και μερικά πλεονεκτήματα του σταθμού σχετικά με την χρήση των δεδομένων του για τις έρευνες Διαστημικού Καιρού και Κοσμικής Ακτινοβολίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Μετρητές Νετρονίων, κοσμική ακτινοβολία, Διαστημικός καιρός

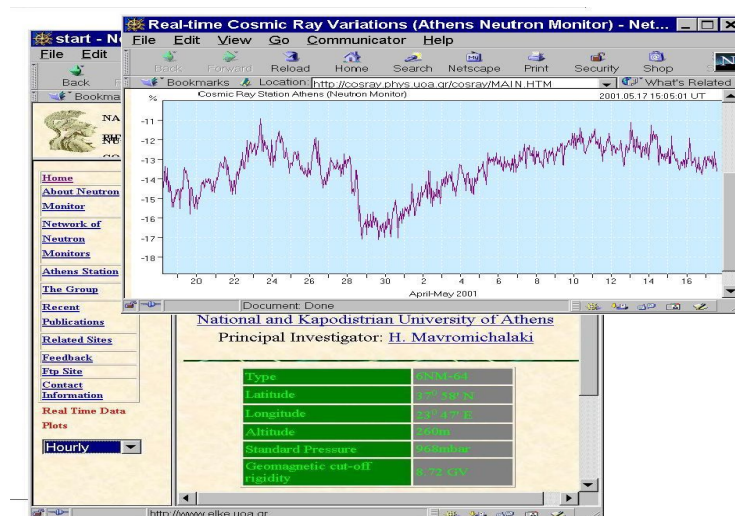
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μετρητές νετρονίων παρέχουν συνεχή καταγραφή της αδρονικής συνιστώσας της δευτερογενούς ατμοσφαιρικής ακτινοβολίας που συνδέεται με τις πρωτογενείς Κοσμικές Ακτίνες (ΚΑ). Το Παγκόσμιο Δίκτυο Μετρητών Νετρονίων είναι ένα δυναμικό εργαλείο που επιτρέπει μέτρηση του πρωτογενούς φάσματος των ΚΑ στις χαμηλές ενέργειες χρησιμοποιώντας το γήινο μαγνητικό πεδίο σαν φασματόμετρο. Η ενεργειακή περιοχή των Μετρητών Νετρονίων αρχίζει από το άνω όριο ενέργειας των ανιχνευτών ΚΑ που υπάρχουν στους δορυφόρους. Με το μεγάλο ρυθμό καταμέτρησης που έχουν μπορούν να μετρούν και μικρής κλίμακας μεταβολές της ΚΑ ειδικά όταν αυτές είναι ανισότροπες^{6,8}

Ο Μετρητής Νετρονίων της Αθήνας (3NM64) ήταν σε λειτουργία από το 1970 μέχρι το 1978 αλλά διάφορα προβλήματα είχαν το σταθμό εκτός λειτουργίας για πολλά χρόνια. Συντονισμένες προσπάθειες των ομάδων κοσμικής ακτινοβολίας του Πανεπιστημίου της Αθήνας και του Ιστιντούτου Γήινου Μαγνητισμού, Ιονόσφαιρας και Ραδιοκυμάτων της Ρωσικής Ακαδημίας Επιστημών (IZMIRAN) έθεσαν σε λειτουργία τον σταθμό της Αθήνας από τις 10 Νοεμβρίου του 2000. Ο σταθμός αυτός συνδέθηκε με το Παγκόσμιο Δίκτυο Μετρητών με παροχή “real time” δεδομένων, έτσι ώστε να εκπληρώνει όλες τις σύγχρονες απαιτήσεις παρουσίασης δεδομένων και να είναι εύκολη η χρήση τους στους διάφορους κλάδους της Διαστημικής έρευνας.

Ο νέος σταθμός κοσμικής ακτινοβολίας είναι τοποθετημένος σε ειδικά κατασκευασμένο χώρο στην οροφή του κτιρίου Φυσικής στην περιοχή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών σε ύψος 260m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Έχει κατακόρυφο κατώφλι γεωμαγνητικής δυσκαμψίας 8.53GV. Είναι μοναδικός σταθμός στην περιοχή των Βαλκανίων και της ανατολικής Μεσογείου. Για μία λεπτομερή μελέτη των μεταβολών της ΚΑ και των συνθηκών του Διαστημικού καιρού απαιτείται σύγκριση των δεδομένων ενός αριθμού σταθμών μεγάλης δυσκαμψίας με εξαιρετικής ποιότητας δεδομένα. Ο σταθμός της Αθήνας είναι ο πρώτος μικρού πλάτους και ο έκτος ανάμεσα στο παγκόσμιο δίκτυο Μετρητών Νετρονίων που παρέχει δεδομένα “πραγματικού

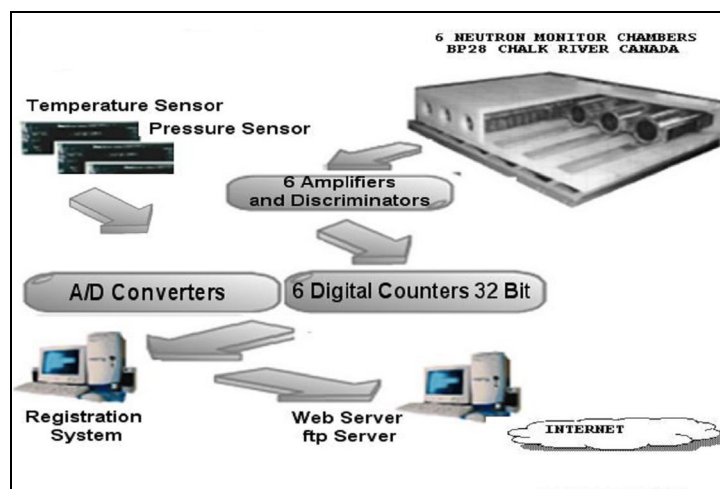
χρόνου” Η πρώτη σελίδα του Web Site του σταθμού δίνεται στο σχήμα 1 (<http://cosray.phys.uoa.gr>). Η ανάπτυξη αυτής της μεθόδου παρουσίασης των δεδομένων έχει πολλά πλεονεκτήματα για τις μελέτες του Διαστημικού καιρού.



Σχ.1.- Ιστοσελίδα του σταθμού της Αθήνας

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Ο εκσυγχρονισμός του συστήματος καταγραφής του μετρητή νετρονίων της Αθήνας και ταυτόχρονη επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι πολύ σημαντική, καθώς όλο και περισσότερα πειραματικά δεδομένα εμφανίζονται συνεχώς στο δίκτυο σε πραγματικό χρόνο. Το σχηματικό διάγραμμα του συστήματος φαίνεται στο σχήμα 2, όπου οι έξι ξεχωριστοί ανιχνευτές συνδέονται με ειδικούς προενισχυτές και διευκρινιστές με το σύστημα καταγραφής. Το σύστημα αυτό καταγράφει επίσης θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση. Το σύνολο των μετρήσεων συλλέγεται με κατάλληλες ψηφιακές κάρτες σε τοπικό δίκτυο υπολογιστών. Αναπτύχθηκαν και λειτουργούν προγράμματα αυτόματης επεξεργασίας των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Εγκαταστάθηκε επίσης και λειτουργεί σε εικοσιτετράωρη βάση Web Server και FTP Server ο οποίος προβάλλει τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο διαδίκτυο προκειμένου να χρησιμοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο.



Σχ.2.- Σχηματικό διάγραμμα του σταθμού της Αθήνας

Το ανιχνευτικό σύστημα αποτελείται από έξι αναλογικούς απαριθμητές τύπου BP28 Chalk River Canada που περιέχουν BF_3 εμπλουτισμένο με το ισότοπο B^{10} . Τα νετρόνια περνούν από πλάκες πολυαιθυλενίου και ειδική μολύβδινη θωράκιση που μετριάζει τις ενέργειές τους. Στη συνέχεια αντιδρούν με τριφθοριούχο βόριο, δίνοντας διηγεμένο λίθιο και σωματίδια α . Η καταγραφή των σωματιδίων α από τους απαριθμητές δίνει τη ροή των νετρονίων. (Σχ.3)



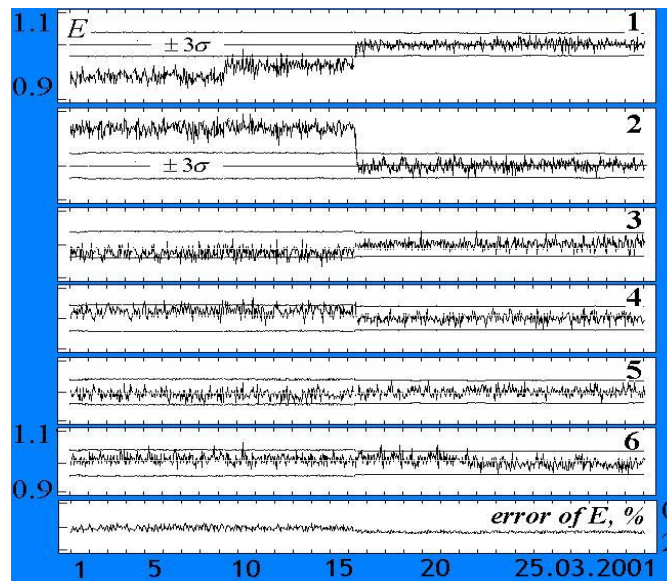
Σχ.3.- Η ανιχνευτική διάταξη του σταθμού της Αθήνας

Διαγράμματα μηνιαίων, ημερησίων, ωριαίων και 1-min διορθωμένων με την πίεση τιμών της έντασης της ΚΑ δίδονται στο διαδίκτυο μέσω του Server. Η ανάλυση γίνεται σε κάθε ανιχνευτή ξεχωριστά με τη βοήθεια ενός προγράμματος επεξεργασίας των πρωταρχικών δεδομένων και υπολογισμό της ποιότητας αυτών για κάθε κανάλι³. Προς τούτο κατασκευάστηκαν ειδικοί προενισχυτές μεγάλης σταθερότητας.

Η παρουσίαση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και η ταυτόχρονη επεξεργασία δίνει την ευκαιρία για:

- Έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων
- Κατευθείαν σύγκριση με τους άλλους σταθμούς ΚΑ
- Έλεγχο και διόρθωση των μεταβολών των οργάνων
- Διόρθωση για μετεωρολογικούς παράγοντες
- Αυτόματο έλεγχο όλων των καναλιών

Ένα ειδικό πρόγραμμα βασισμένο σε αλγόριθμο¹ επιτρέπει τον υπολογισμό της απόδοσης για κάθε κανάλι θέτοντας εκτός λειτουργίας κανάλια και διορθώνοντας δεδομένα αυτών των καναλιών. Επίσης υπολογίζονται τα στατιστικά σφάλματα από τα χαρακτηριστικά κάθε καναλιού και ολόκληρου του ανιχνευτικού συστήματος. Ένα παράδειγμα του ελέγχου των δεδομένων παρουσιάζεται στο σχήμα 4. Αλλαγή στην ηλεκτρονική στάθμη δύο καναλιών επιφέρει μεταβολές της απόδοσης αυτών. Το τελικό όμως αποτέλεσμα είναι σωστό λόγω της αυτόματης διόρθωσης. Η διαδικασία του ελέγχου και της έκδοσης των δεδομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την παρουσία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο όπου οι απαιτήσεις για την ποιότητα των δεδομένων είναι εξαιρετικά μεγάλη.



Σχ.4.- Παράδειγμα ελέγχου των δεδομένων για κάθε κανάλι.

Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης γίνεται με αισθητήρα MPX4115A της εταιρείας MOTOROLA που παρέχει μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας και σταθερότητας.. Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της αδιόρθωτης ροής της έντασης της KA και της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι πολύ υψηλός ($r = 0.987$), ακόμα και χωρίς διορθώσεις για τις πρωτογενείς μεταβολές και ο βαρομετρικός συντελεστής για την Αθήνα ελήφθη $\alpha = (0.704 \pm 0.012)\%/mb$.

3. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ

Ο νέος σταθμός Κ.Α. της Αθήνας φαίνεται να έχει πολλές δυνατότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επιστημονικούς και ερευνητικούς σκοπούς.

Οι παρατηρήσεις του σταθμού της Αθήνας στα πλαίσια του Παγκοσμίου Δικτύου Μετρητών Νετρονίων θα βοηθήσουν στην καλύτερη απεικόνιση της γήινης ατμόσφαιρας και ηλιόσφαιρας στην περιοχή των Βαλκανίων και της Ανατολικής Μεσογείου θάλασσας, καθότι είναι μοναδικός στην περιοχή αυτή. Καλύπτει μεγάλο ενεργειακό κενό (8.53 GV) από το σταθμό της Ρώμης (6.32GV) μέχρι το σταθμό του ESOI (10.8GV).

Είναι σταθμός σε μικρό υψόμετρο και μεγάλο κατώφλι δυσκαμψίας απαραίτητος για τη μελέτη των ανισοτροπιών της KA (11-ετής και 22-ετών μεταβολές, 27 ημερών, Forbush effects κ.λ.π.). Είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το ενεργειακό όριο των σωματιδίων στα μεγάλα πρωτονικά γεγονότα, δεδομένου ότι το άνω όριο των σωματιδίων που επιταχύνονται στον ήλιο κυμαίνεται από 5-10GeV πολύ κοντά στην ελάχιστη ενέργεια των σωματιδίων που καταγράφονται στην Αθήνα.

Είναι μεταξύ των 10 σταθμών KA που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και μελέτη των ηλιακών νετρονίων (Solar neutron enhancements) και με ορισμένες επεκτάσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόγνωση καταγίδας ηλιακών σωματιδίων (GLEs)

Μια σπουδαία εφαρμογή του σταθμού είναι ότι δύναται να χρησιμοποιηθεί για τη διόρθωση δεδομένων άλλων σταθμών από την επίδραση του χιονιού, η οποία μπορεί να εισάγει σφάλμα 4-5% στις μετρήσεις.

Πέρα από τις παραπάνω εφαρμογές η ανάλυση των δεδομένων της κοσμικής ακτινοβολίας σε πραγματικό χρόνο θα είναι χρήσιμη για πρόγνωση φαινομένων του διαστήματος που είναι επικίνδυνα για τα ηλεκτρονικά των δορυφόρων, όπως επίσης για την ανθρώπινη υγεία και την τεχνολογία πάνω στη γη ^{4,5,7,2}. Ουσιαστική πρόοδος προς την

κατεύθυνση αυτή αναμένεται από τις μετρήσεις δικτύων Μετρητών Νετρονίων μεγάλου πλάτους.

Ευχαριστίες : Αυτό το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από τον ειδικό λογαριασμό Κονδυλίων έρευνας του Πανεπιστημίου της Αθήνας. Η ομάδα του IZMIRAN χρηματοδοτήθηκε εν μέρει από το RFFR, κονδύλια 99-02-18003 και 01-02-17580.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Belov, A.V., Blokh, Ya. L, Klepach, and Yanke, V.G., 1988, 'Primary Processing of Cosmic Ray Station Data: Algorithm, Computer Program and Realization, *Kosmicheskie Luchi, Moscow, Nauka no.25, 113-134*
- [2] Belov, A. V., Dorman, L.I., Eroshenko, E. A., Iucci, N., Villorresi, G., and Yanke, V.G.: 1995, 'Search for predictors of Forbush decreases', *Proc. 24th ICRC (Rome), 4, 888.*
- [3] Belov, A.V., Belov, M.A., Gushchina, R.T., Eroshenko, E.A., Struminsky, A.B., Kartyshev, V.G., Yanke V.G.: 1999, 'Monitoring of Cosmic Rays in Real Time and Information System of the Moscow Cosmic Ray Station', *Workshop on Space Weather, 11-13 Nov. ESTEC, ESA, the Netherlands, WPP-155, 471-476.*
- [4] Dorman, L.I., Iucci, N., Ptitsyna, N.G., and Villorresi, G.:1999, 'Cosmic Ray Forbush decreases as Indicators of space dangerous Phenomena and Possible use of Cosmic Ray data for their Prediction', *Proc. 26th ICRC (Salt Lake City), 6, 476.*
- [5] Kudela, K., Storini, M., Hofer, M.Y., and Belov, A. V.,: 2000, 'Cosmic Rays in Relation to Space weather', *Space Science, Rev., 93, 153.*
- [6] Moraal, H., Belov, A., Clem, J. M.,: 2000, 'Design and coordination of Multi-Station International Neutron Monitor Networks', *Space Science Review, 285, 303.*
- [7] Pyle, K.R.: 2000, 'Public Access to Neutron Monitor Datasets', *Space Sci. Rev. 93, 381.*
- [8] Simpson, J.A.:2000, 'The Cosmic Ray Nucleonic Component.: The Invention and Scientific uses of the Neutron Monitor', *Space Sci. Rev., 93, 11-32.*