



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Φυσικής – Τομέας Πυρηνικής Φυσικής & Στοιχειωδών Σωματιδίων
Σταθμός Κοσμικής Ακτινοβολίας



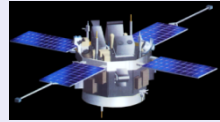
Μάθημα Επιλογής: Αστροσωματιδιακή και Κοσμική Ακτινοβολία

ΕΠΙΓΕΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΟΣΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ_ ΔΙΚΤΥΟ
ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ_ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

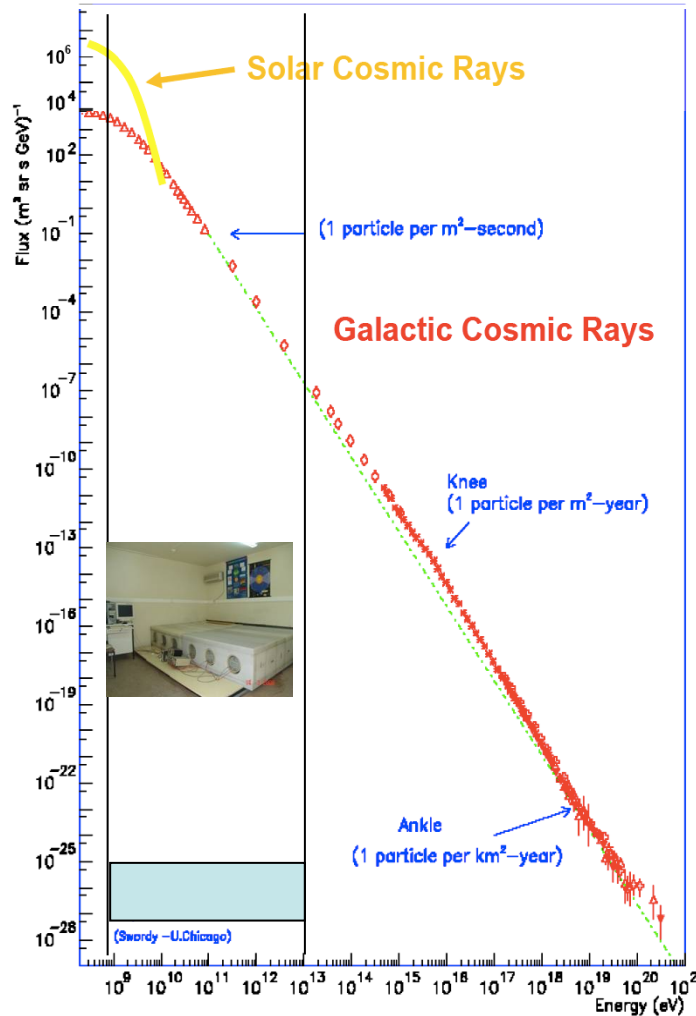
<http://cosray.phys.uoa.gr>

Τμήμα Φυσικής ΕΚΠΑ
Χειμερινό Εξάμηνο, 2023-2024

- Τυπικές Ενέργειες Ανιχνευτών
Κοσμικής Ακτινοβολίας



ACE, GOES



Μετρήσεις δορυφόρων: ≤ 500 MeV

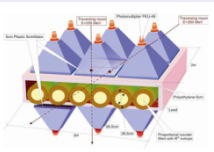
Ανιχνευτές Μιονίων: 10 MeV – μερικές εκατοντάδες MeV



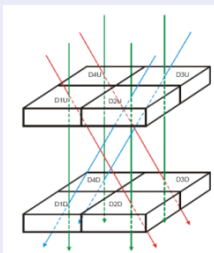
Οι Μετρητές Νετρονίων:

☀ Συμπληρώνουν ιδανικά τις μετρήσεις από δορυφόρους

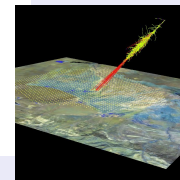
☀ Αντιστοιχούν σε ~ 4 από τις ~14 τάξεις μεγέθους στο ενεργειακό φάσμα



Υβριδικό Ανιχνευτές



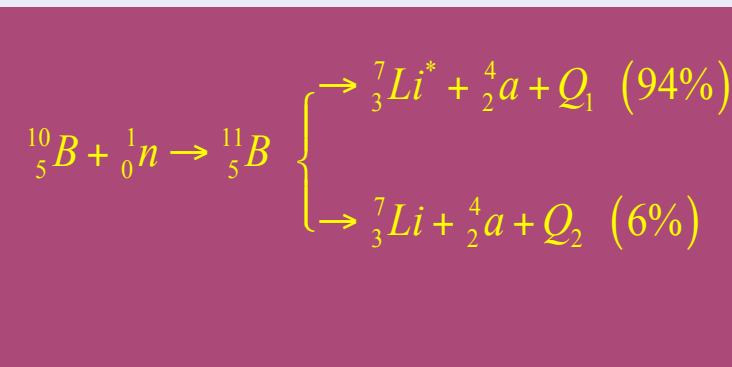
Τηλεσκόπια Μιονίων



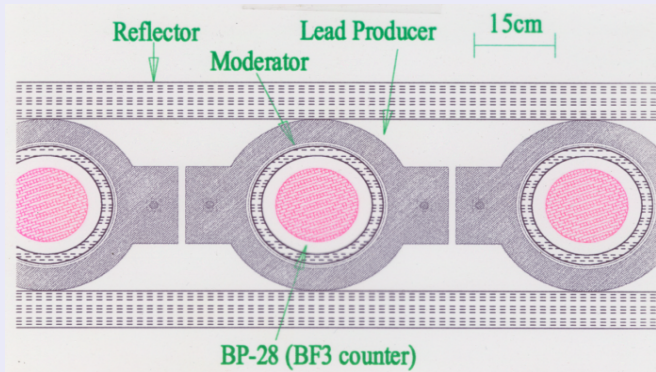
AUGER, ...

Πως είναι ένας μετρητής νετρονίων;

Super xNM- 64 Detector



Clem and Dorman, SSR, 2000



*McCracken et al.
IQSY Instruction Manual 10, London, 1965*

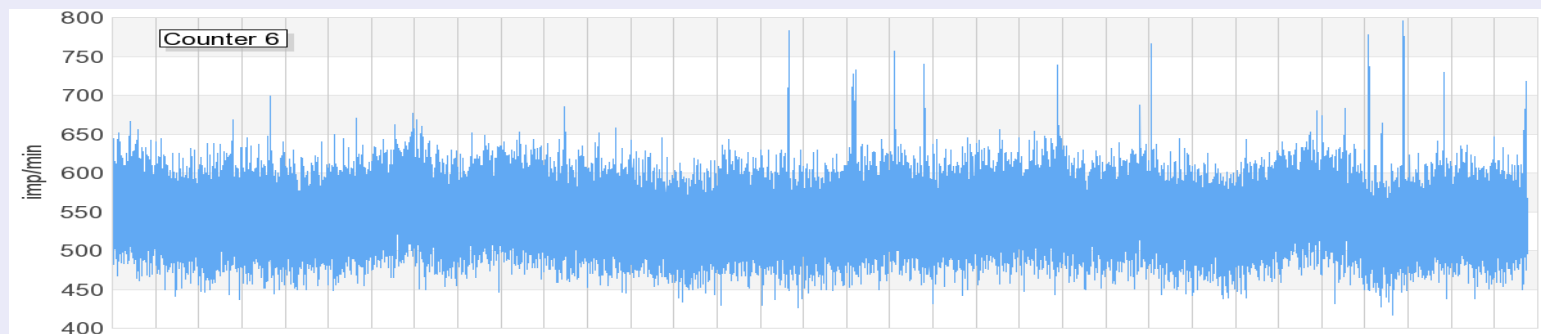




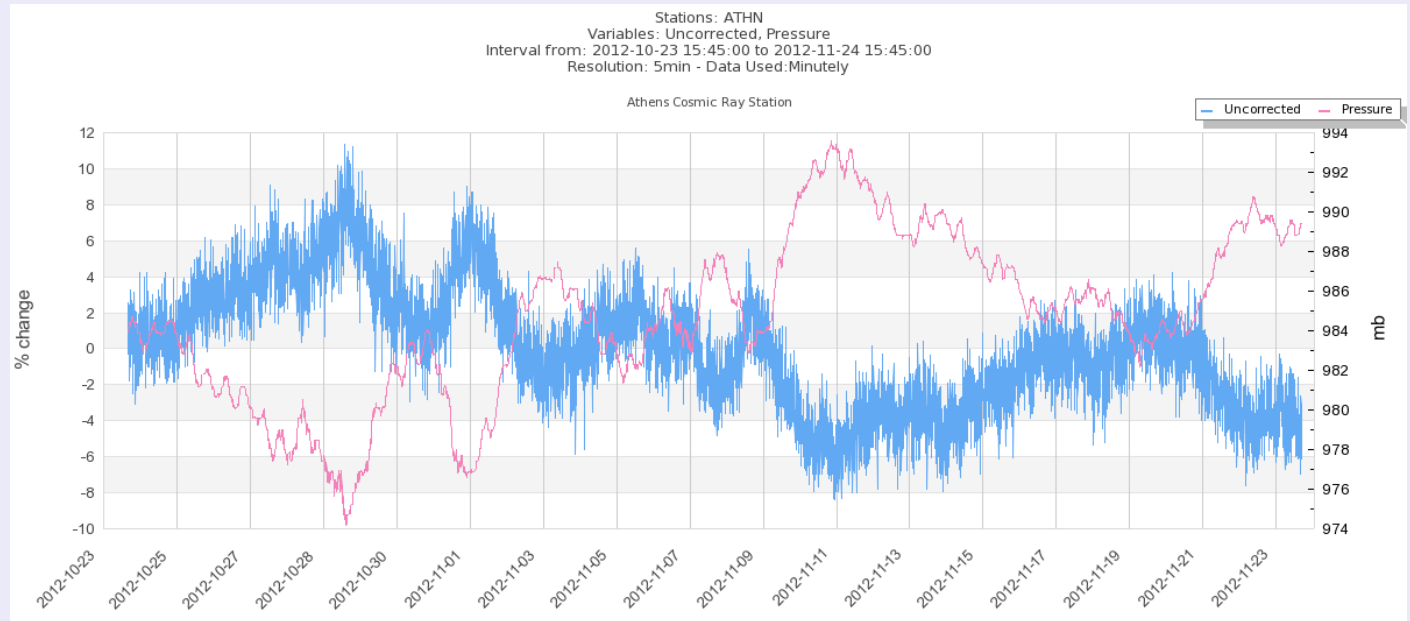
PC running Windows XP

Use of PCI cards

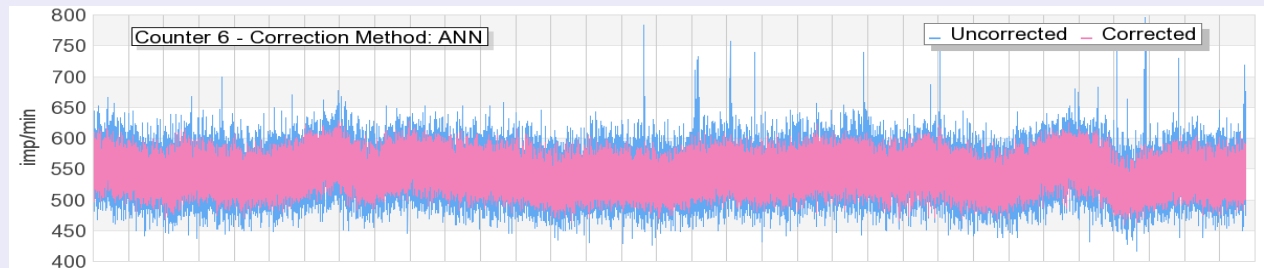
1 minute measurements



Διορθώσεις μετρήσεων

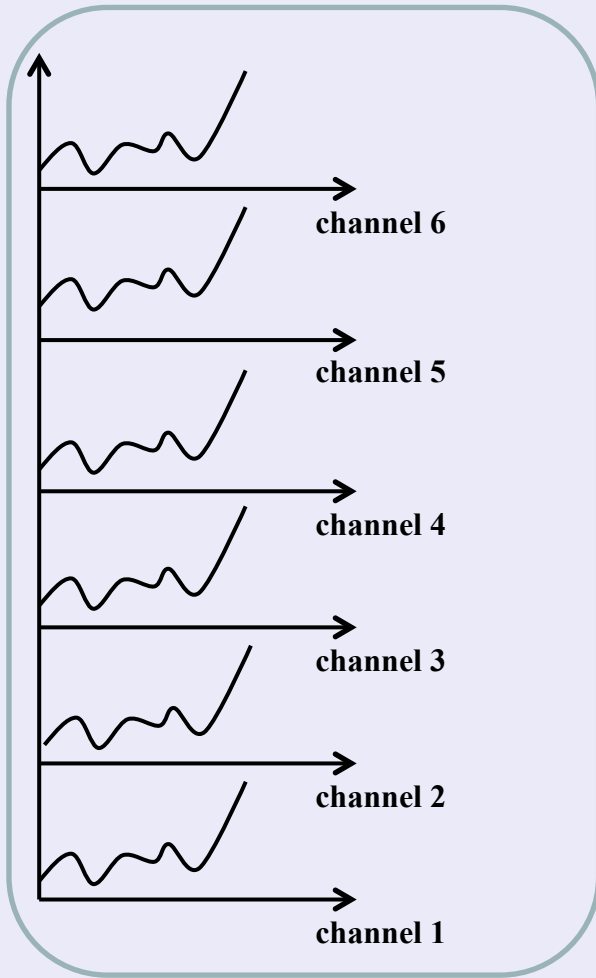


Διόρθωση Πίεσης

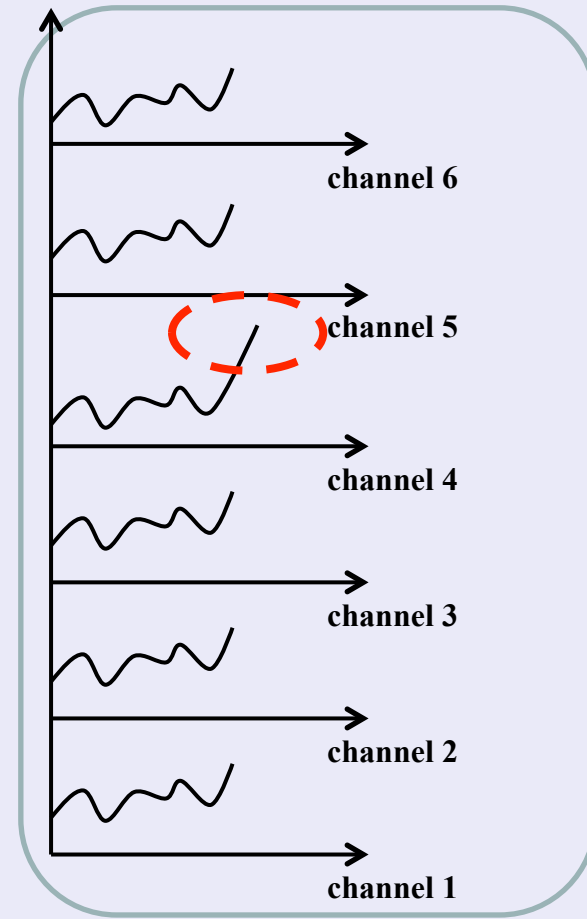


Διόρθωση
σποραδικών
σφαλμάτων

Αλγόριθμοι διόρθωσης δεδομένων



Σωστό



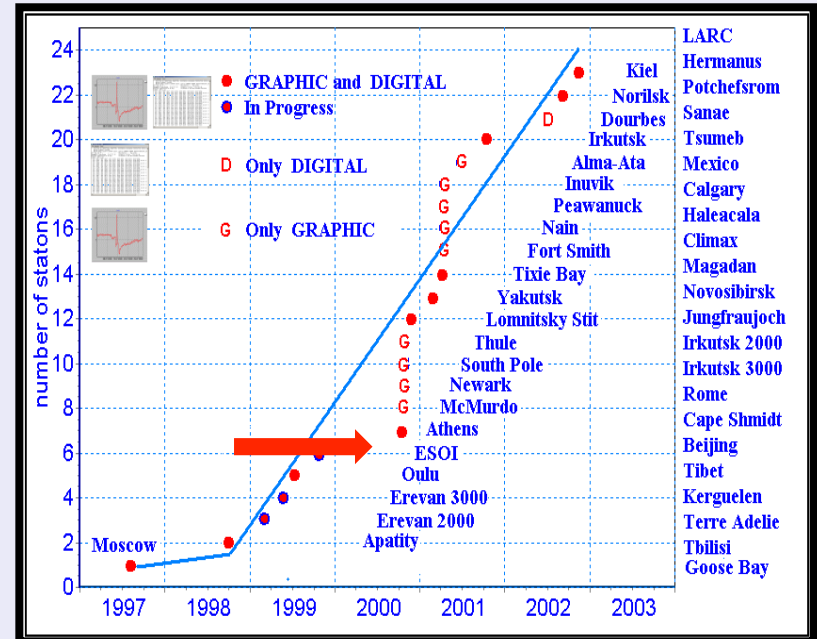
Λάθος

- Median Editor – Median Editor Plus
- ANN – ANN Plus (Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα)
 - Edge Editor

Σταθμός Κοσμικής Ακτινοβολίας Πανεπιστημίου Αθηνών



Τύπος	Super 6NM64
Γεωγραφικό πλάτος	37° 58' N
Γεωγραφικό μήκος	23° 47' E
Υψόμετρο	260m
Πίεση	968mbar
Γεωμαγνητικό Κατόφλι Δυσκαμψίας	8.53 GV



Welcome to the ESA Space Weather Service Network
Please note that all ESA-SWE Services are under review/construction

THE EUROPEAN SPACE AGENCY

Expert Service Centres / ESC Space Radiation / anemos-federated /

Federated products from the NKUA Cosmic Ray Group (NKUA)

Welcome to the European Neutron Monitor Service

A.Ne.Mo.S
The new real-time GLE-Alert++

SATURDAY, 27 NOVEMBER 2021, 18:26:07 UTC
STATUS NOW: QUIET

General Alert Status

Science & More
Galactic and Solar Cosmic Rays (GCRs) and Galactic Cosmic Rays (GCRs)

Η Αθήνα είναι ο 4^{ος} σταθμός πραγματικού χρόνου παγκοσμίως.

Τμήμα Φυσικής ΕΚΠΑ
Χειμερινό Εξάμηνο, 2023-2024

<http://cosray.phys.uoa.gr>

A.Ne.MoS
Athens Neutron Monitor Station (A.Ne.MoS)

Home About the Group GLE Alert Plus Space Weather Report DVASTIMA ICMES Contact Us

Physics
Data
Neutron Monitor DataBase (NMDB)
ESA Neutron Monitor Service
Applications
Greek version (Educational)
Funded Research
Publications
Conferences
Workshops
Links

Welcome to the Athens Neutron Monitor Station A.NE.MO.S!
NEW GLE Detected on October 28, 2021! See information here

Despite their decades of tradition, ground based neutron monitors (NMs) remain the state-of-the-art instrumentation for measuring Cosmic Rays.

Athens Cosmic Ray Station (Neutron Monitor) 27/11/2021 18:55:17 UTC

Graphical representation of Athens NM data in real-time

Principal Investigator: Prof. H. Mavromichalaki

Type	Super 6NM-64
Latitude - Longitude	37°58' N - 23°47' E
Altitude	260 m
Standard Atmospheric Pressure	980 mbar
Geomagnetic cut-off rigidity	8.53 GV

Solar X-rays: **NORFALL** Geomagnetic Field: **OLMET**

The installation and operation of this station has been supported entirely by
The Special Research Account of the Athens University

THE EUROPEAN SPACE AGENCY

Welcome to the ESA Space Weather Service Network
Please note that all ESA-SWE Services are under review/construction

ESAs

CURRENT SPACE WEATHER Expert Service Centres / ESC Space Radiation /

SPACE WEATHER AT ESA

SERVICE DOMAINS

EXPERT SERVICE CENTRES

- ESC Solar Weather
- ESC Heliospheric Weather
- ESC Space Radiation
- ESC Ionospheric Weather
- ESC Geomagnetic Conditions

OTHER RESOURCES

CONTACT

REQUEST FOR REGISTRATION

Space Radiation Expert Service Centre (R-ESC)

ESC Objectives Contributions Product demonstration Contributors

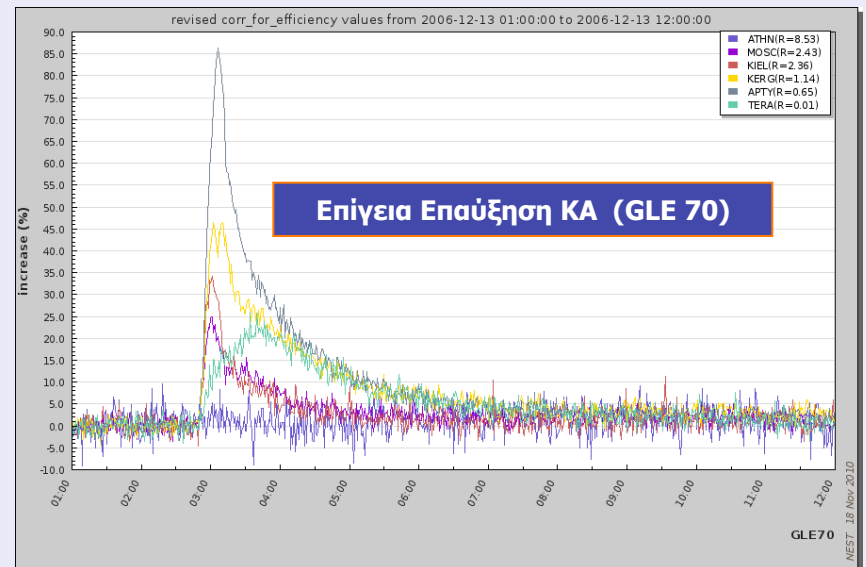
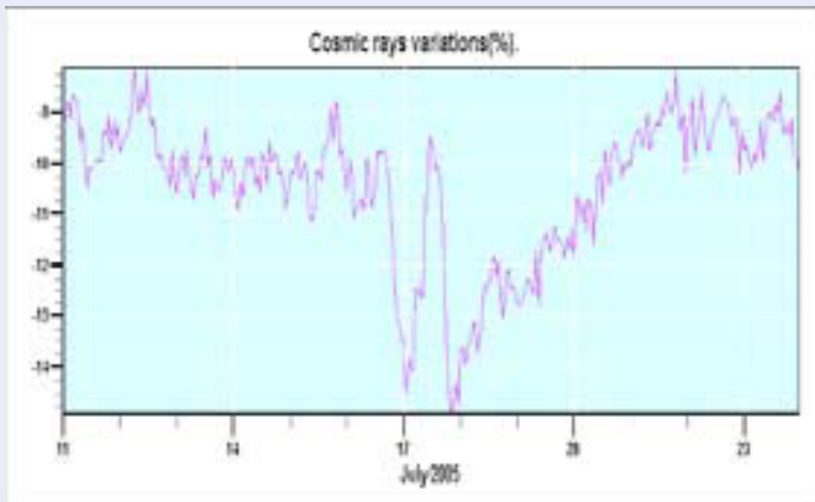
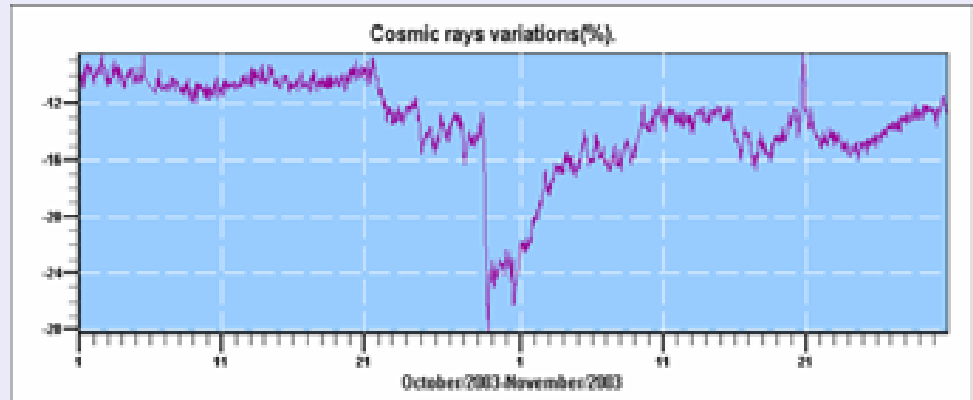
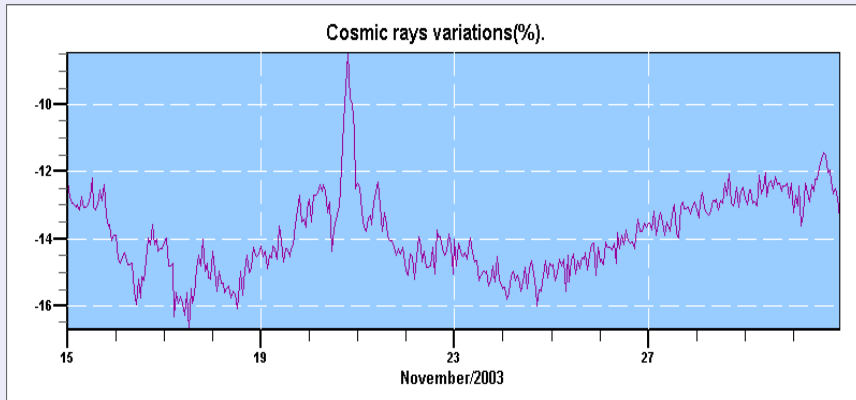
Current products provided by the R-ESC and available in SWE services:

- BIRA-IASB Space Weather Services (BIRA-IASB)
- British Antarctic Survey (UKRI/BAS)
- Center for Space Radiations (UCL/CSR)
- Department Radiation Biology (DLR-IAM)
- Mullard Space Science Laboratory (UCL/MSSL)
- NKUA Cosmic Ray Group (NKUA/ANeMos)
 - ANeMos
 - R.102 GLE Alert++ service
 - R.108 Multi-station neutron monitor data
 - DVASTIMA
 - R.137 D'ynamic Atmospheric Shower Tracking Interactive Model Application (DVASTIMA)
- Paul Buehler (PB)
- Radiation Hardness Assurance and Space Weather (SU/RAS)
- Space Research Laboratory, Department of Physics and Astronomy, University of Turku (UTU/SRL)
- SWE Data Centre (ESOC/SWE Portal)
- UK Met Office (UKMO)

<https://swe.ssa.esa.int/web/guest/space-radiation>

Τμήμα Φυσικής ΕΚΠΑ
Χειμερινό Εξάμηνο, 2023-2024

Τι μετράει ο Μετρητής Νετρονίων?



Γιατί τους μετρητές νετρονίων;

- Έχουν μεγάλη ανιχνευτική επιφάνεια

- Είναι τοποθετημένοι στο έδαφος



εύκολη και σχετικά οικονομική συντήρηση / αναβάθμιση των συστημάτων τους

- Δίνουν πληροφορία για τη ροή ΚΑ στην περιοχή της Γης στην ενεργειακή περιοχή του φάσματος που **δεν καλύπτεται** από τους δορυφόρους

- Είναι πολλοί και βρισκόμενοι σε διάφορες τοποθεσίες καλύπτουν:
διαφορετικές ενεργειακές περιοχές του πρωτογενούς φάσματος
μεγάλο εύρος διευθύνσεων άφιξης πρωτογενών σωματίων

- Έχουν **μεγάλη σταθερότητα** στις μετρήσεις τους

- Η **βάση δεδομένων** τους καλύπτει μία σειρά ~ 60 ετών

Στο σταθμό της Αθήνας καταγράφονται
δεδομένα

1-hour

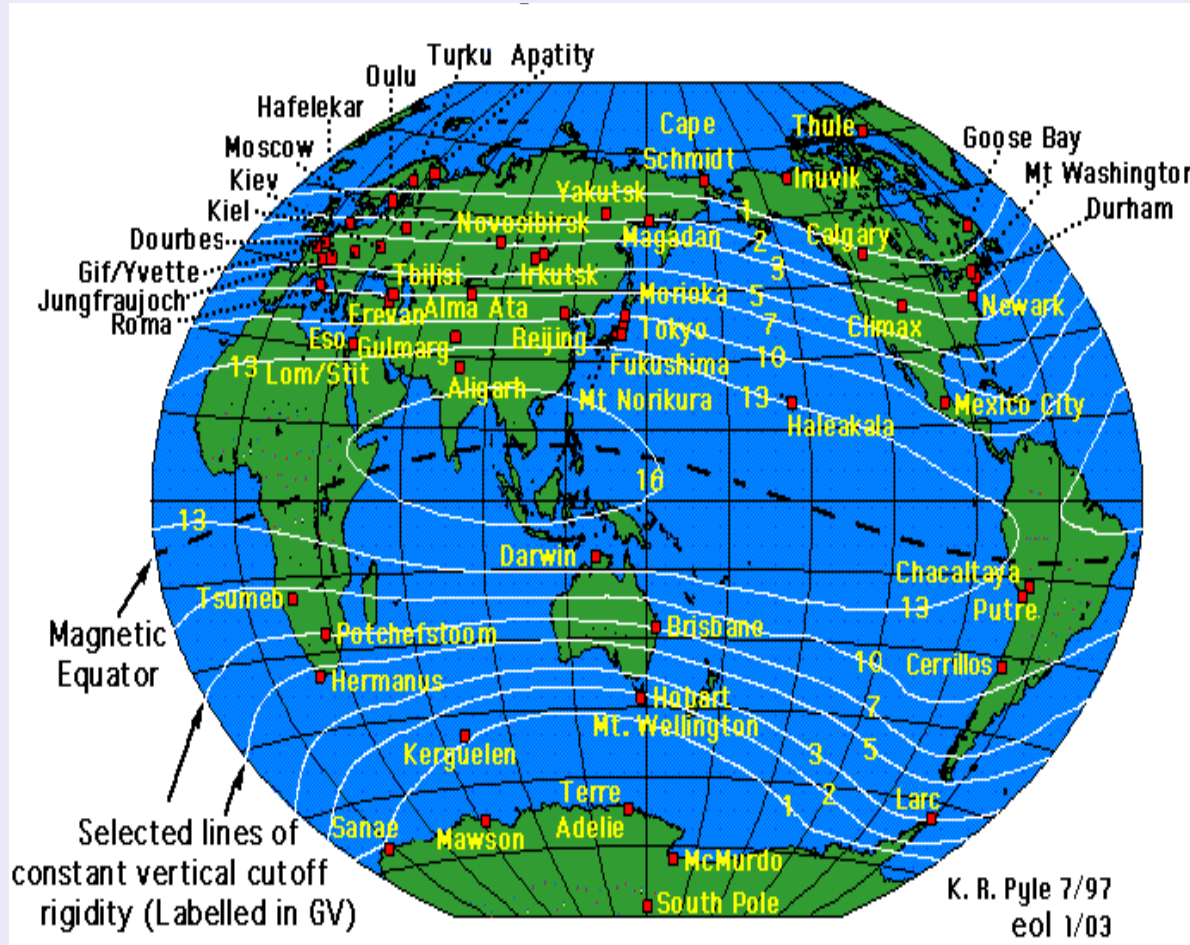
1-min

1-sec

Πλεονεκτήματα του Σταθμού της Αθήνας

- Λόγω του υψηλού κατωφλίου δυσκαμψίας (8.53 GV) μπορούν να υπολογιστούν τα φάσματα των ηλιακών κοσμικών ακτίνων
- Επειδή βρίσκεται σε χαμηλό πλάτος είναι σημαντικός σταθμός για τη μελέτη μαγνητοσφαιρικών γεγονότων.
- Τα δεδομένα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διόρθωση δεδομένων άλλων σταθμών (π.χ. από το χιόνι).
- Είναι μοναδικός σταθμός στην περιοχή των Βαλκανίων καλύπτοντας ένα μεγάλο ενεργειακό κενό μεταξύ 6 και 11 GV.

Παγκόσμιο Δίκτυο Μετρητών Νετρονίων



Κατώφλι δυσκαμψίας

$$0 \text{ GV} \leq R_c \leq 15 \text{ GV}$$



Κατώφλι Ενέργειας

$$0 \text{ GeV} \leq E_c \leq 20 \text{ GeV}$$

Διεθνής Βάση υψηλής ανάλυσης δεδομένων Μετρητών Νετρονίων High Resolution Neutron Monitor Database (NMDB)

<http://www.nmdb.eu>

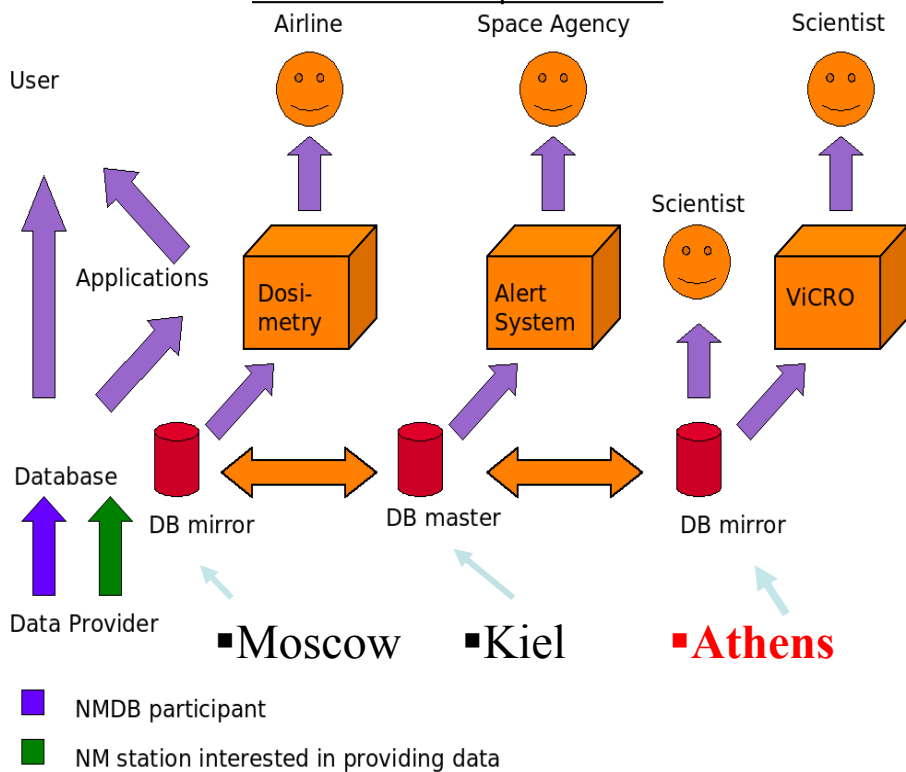


- 12 χώρες
- 22 σταθμοί Κ.Α. σε πραγματικό χρόνο
- 52 σταθμοί Κ.Α



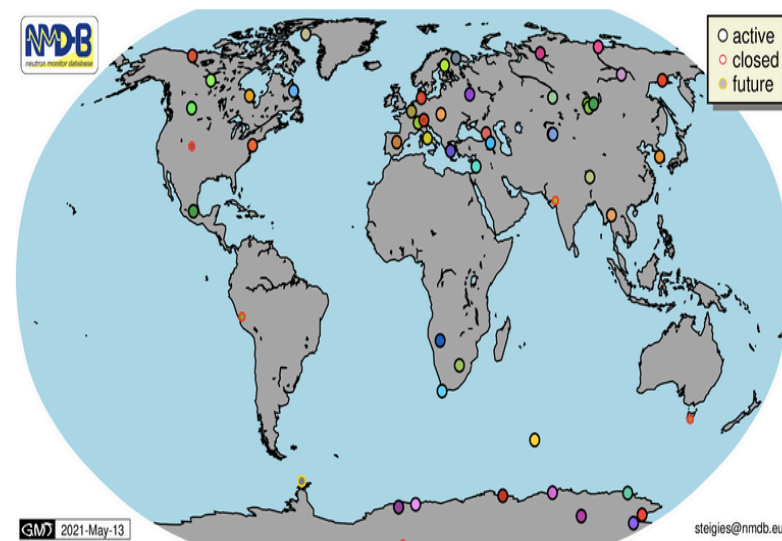
HIGH RESOLUTION NEUTRON MONITOR DATABASE

Schematic concept of NMDB



NMDB stations

The following Neutron Monitor stations provide data to NMDB.



<http://www.nmdb.eu>

Παγκόσμια βάση μετρήσεων

Neutron Monitor
Station 1

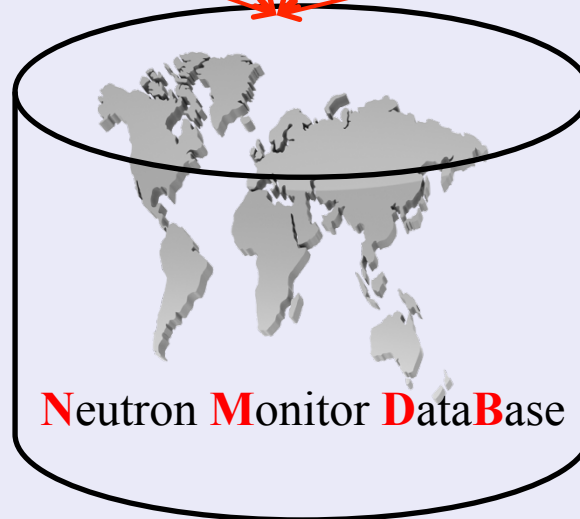
Neutron Monitor
Station 2

• • •

Neutron Monitor
Station n

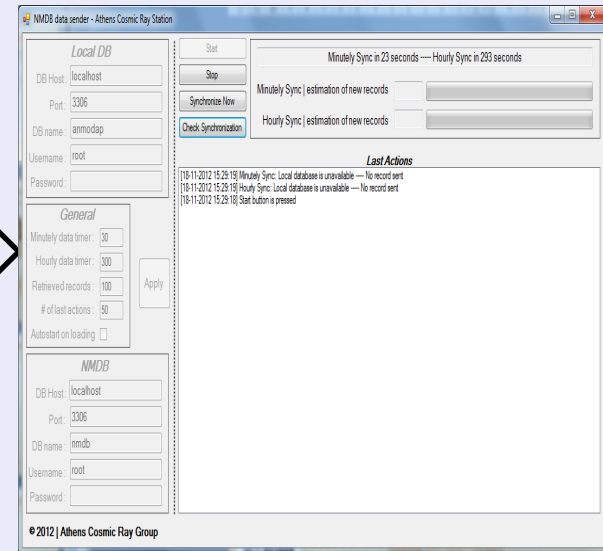
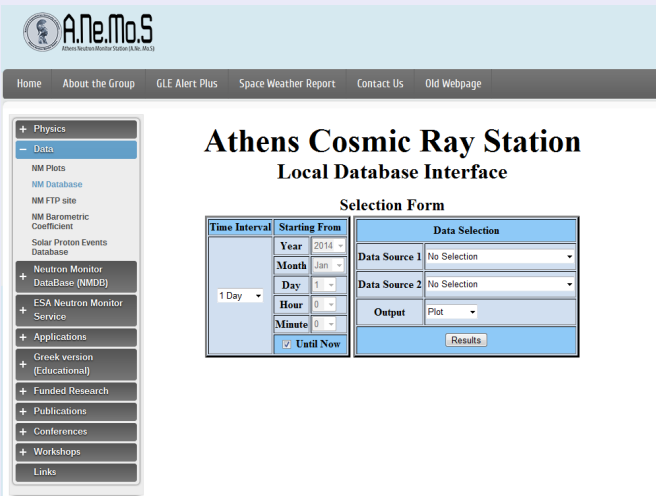
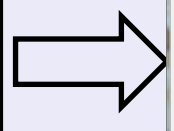
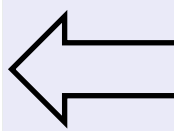
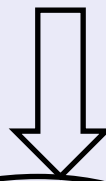
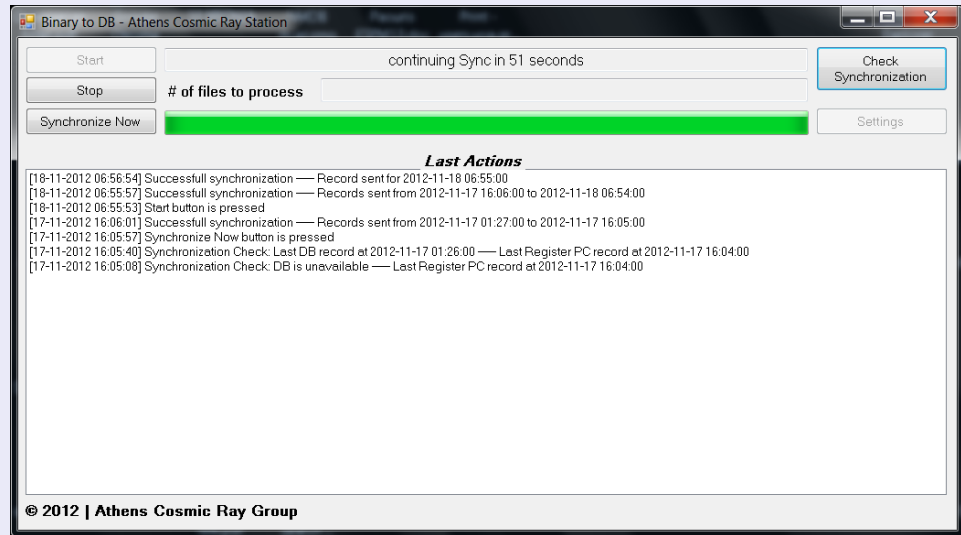
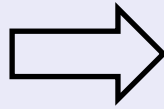
Real time μετρήσεις

- Μετρήσεις 1 λεπτού
- Αποστολή κάθε λεπτό



Τύποι δεδομένων

- Uncorrected data
- Corrected with pressure
- Corrected with pressure and efficiency
- Pressure



Web interface for data access

Barometric Coefficient tool

Athens Cosmic Ray Station
Barometric Coefficient Form

	Year	Month	Day	Hour	Minute
From	2014	Jan	1	0	0
To	2014	Jan	31	23	59

Resolution
 1 Hour 1 Day

Plot Type
 Beta Calculation Monthly Variation

Allow usage of 1 minute data table

Define the average pressure:

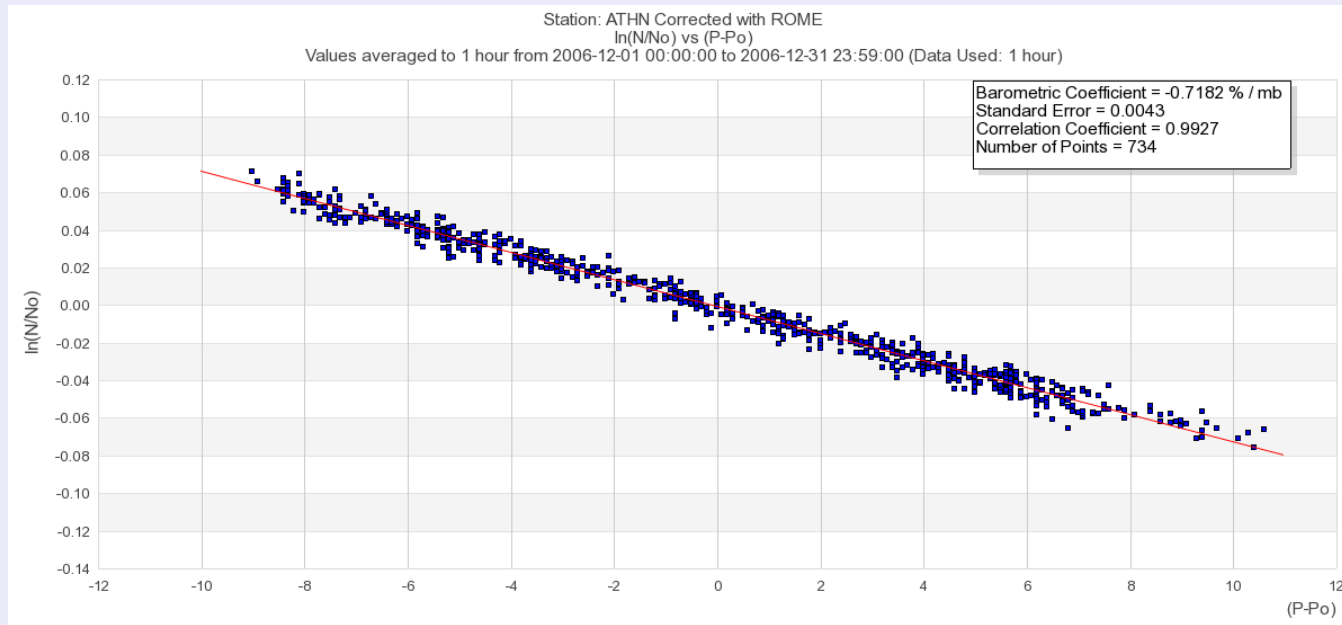
Main Station	Reference Station
ATHN	No Correction

Results

Brief Description

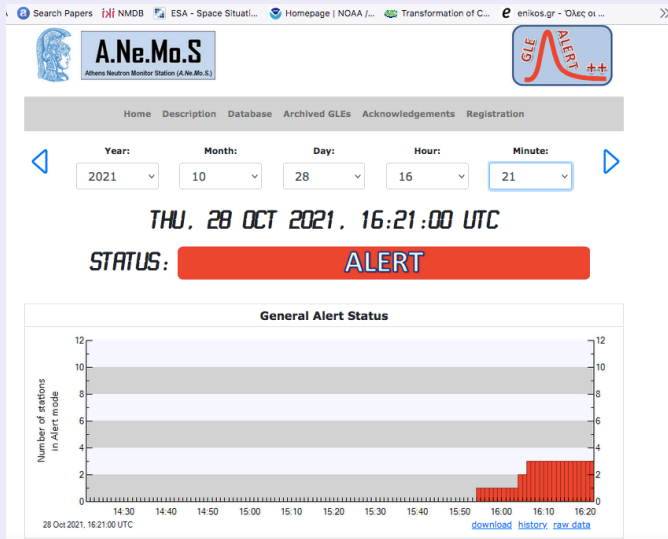
- The Barometric Coefficient of Neutron Monitors is calculated using the NMDB Data
- Due to performance reasons, the "1 Hour" resolution is limited to 3000 points. For more points the resolution is forced to "1 Day"
- The resolution of the "Monthly Variation" plot is forced to "1 Day" for time periods more than 5 years.
- checkbox "Allow usage of 1 minute data table": use of the 1 minute data of the stations in case of 1 hour data absence
- checkbox "Define the average pressure": allows the user to enter the desired average pressure of the station

[\[REF\]](#) Online application for barometric coefficient calculation of the NMDB stations
P.Paschalis, H.Mavromichalaki, V.Yanke, A.Belov, E.Erosheenko, M.Geronidou, I.Koutrompi, New Astronomy, 19,10-18, 2013

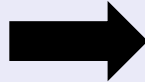
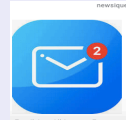


ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Προειδοποιητικά Σήματα



+



A new alert is registered on 2021-10-28 16:06:00 based on stations:
ESNT
SOPB
SOPD

Please visit <https://glealertplus.phys.uoi.gr/glealertplus/> for more info.

Welcome to the ESA Space Weather Service Network

THE EUROPEAN SPACE AGENCY

Expert Service Centres / ESC Space Radiation

SPACE WEATHER AT ESA

SERVICE DOMAINS

EXPERT SERVICE CENTRES

ESC Solar Weather

ESC Heliospheric Weather

ESC Space Radiation

ESC Ionospheric Weather

ESC Geomagnetic Conditions

OTHER RESOURCES

CONTACT

REQUEST FOR REGISTRATION

Space Radiation Expert Service Centre (R-ESC)

ESC Objectives Contributions Product demonstration Contributions

Mission Statement

The mission of the Space Radiation ESC (R-ESC) is to provide and develop the functionalities, capabilities and expertise in the domain of Space Radiation that are needed within the ESA SWIE network to achieve as a collaborative enterprise its mission of demonstrating and assessing the influences of Space Weather and informing and supporting end users through the provision of accurate, reliable and timely products and (pre-) operational services, tailored to their requirements. The Space Radiation ESC ensures that the monitoring, modelling and forecasting of space particle radiation (ambient plasma, solar energetic particles, radiation belts, galactic cosmic rays), micron-size particulates (from meteoroids and space debris), as well as all types of phenomena induced effects on technologies and biological systems, are fully covered in regard to the near-Earth space environment.

Space radiation refers to high-energy ionized particles of different origin present in space and affecting spacecraft, components and biological systems. It covers mainly the galactic cosmic ray (GCR) background, solar energetic particle (SEP) events and the Earth's trapped radiation belts. Micron-size particulates are also considered as part of the R-ESC domain.

GCRs originate from outside the Solar System and are composed of high-energy protons, alpha particles and heavier nuclei. Their flux is constant and modulated by solar activity. GCRs are a threat to astronauts and spacecraft electronics on interplanetary missions. Life on Earth is protected from GCRs by the Earth's magnetic field and atmosphere. However, GCRs could be a health concern for aircraft crew flying regularly at high altitudes and latitudes.

SEPs consist primarily of protons and electrons accelerated by solar flares or interplanetary shock waves associated with Coronal Mass Ejections (CMEs). Their intensity and occurrence are difficult to predict. SEPs cause similar damage as GCRs. They are also a threat for astronauts during an extravehicular activity (EVA) and a source of solar panel degradation.

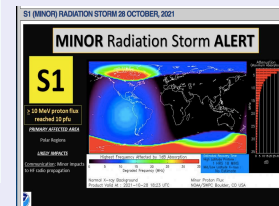
Trapped radiation belts surround planets with a substantial magnetic field, such as Earth or Jupiter. The radiation belts are composed mostly of protons and electrons. The dose deposition and non-ionizing energy loss caused by the radiation belt population interacting with spacecraft materials generate degradation in solar panels and other spacecraft components. The radiation belt populations may also cause spacecraft charging effects.

Micron-sized particle impacts over a period of time will degrade optical surfaces on spacecraft.

SOD10 images altered by solar energetic particles (© SOD10 - ESA & NASA)

Ground Level Enhancement (GLE) on 28.10.2021 !

The **relevant Alert of >100 MeV protons** and flux > 1pfu from GOES was issued in real-time by NOAA, on **October 28, 2021 at 16:51 UT**



The GLE Alert ++ signal by NKUA/ANeMoS was issued 45 min earlier than the one issued by GOES!!!

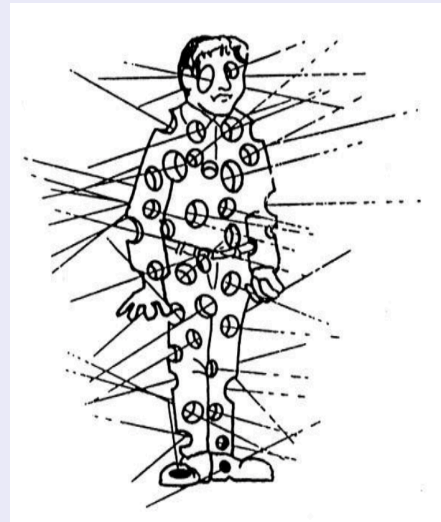
Τμήμα Φυσικής ΕΚΠΑ
Χειμερινό Εξάμηνο, 2023-2024

Δόση Ακτινοβολίας από Κοσμική

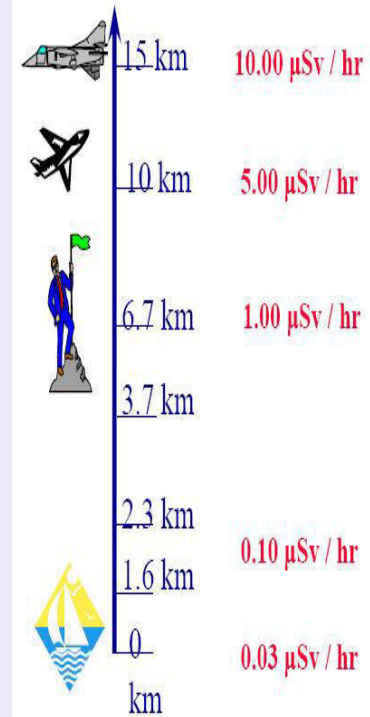


☀ Τα **νετρόνια** που δημιουργούνται από τους ατμοσφαιρικούς καταιγισμούς εμφανίζουν **μέγιστο ροής ~ 20 km**.

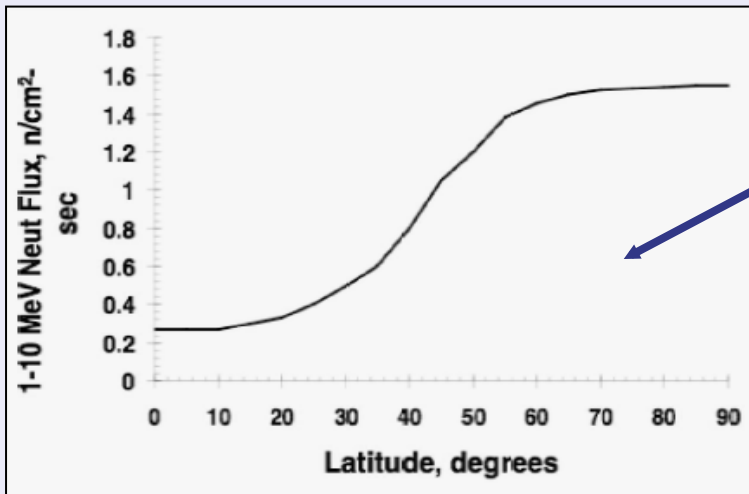
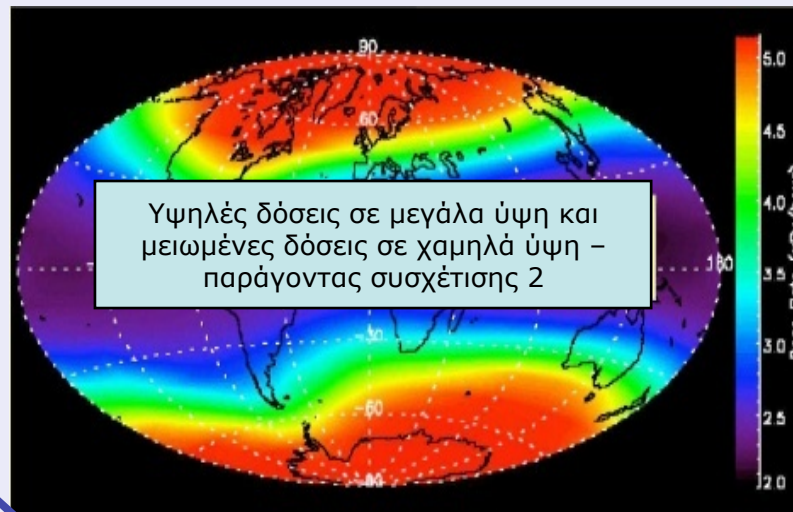
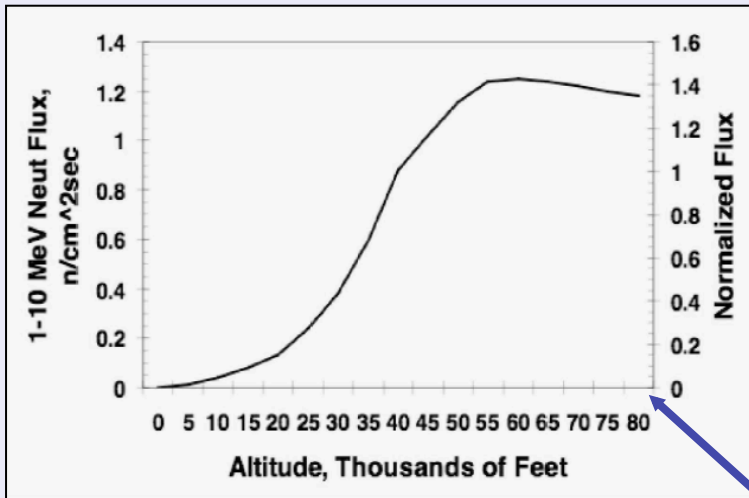
☀ Στα **10 km** τα νετρόνια είναι ~ **1/3** της μέγιστης ροής και στο **έδαφος** το **1/400** της μέγιστης ροής.



Κοσμική ακτινοβολία και υψόμετρο



100.000 σωματίδια/h διαπερνούν το σώμα μας στην επιφάνεια της θάλασσας.



Το ύψος και το γεωγραφικό πλάτος είναι καθοριστικοί παράγοντες για το μέγεθος της προσλαμβανόμενης δόσης.

☀ Υπολογισμός δόσεων ακτινοβολίας

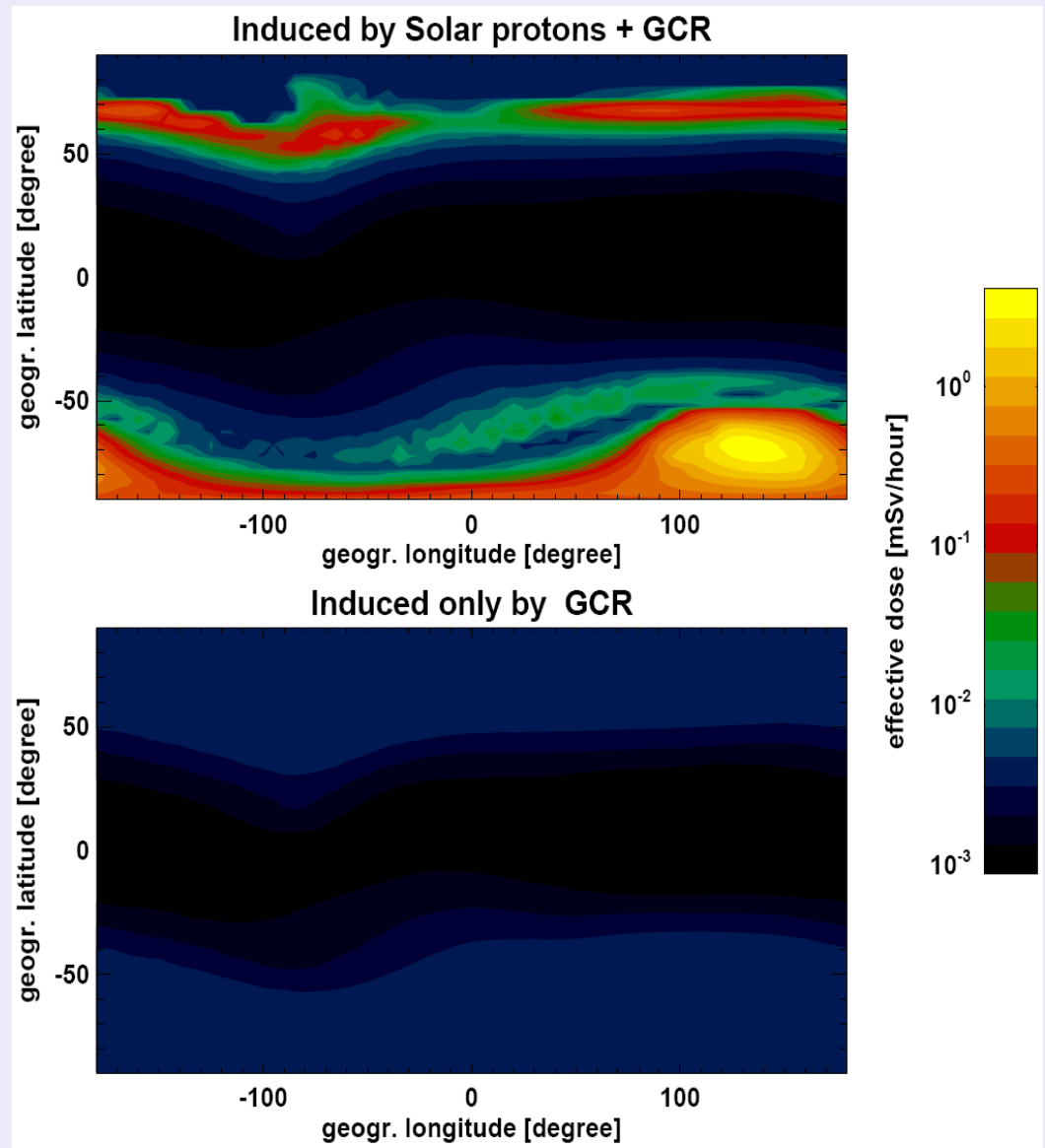
GLE69: 20/01/2005
(SOPO 5000%)

⇒ Συνεισφορά της Ηλιακής Κ.Α.
εμφανίζει ένα κέντρο αυξημένης
δόσης ~ 250°E

⇒ Η αύξηση της δόσης ξεπερνά
τις 2 τάξεις μεγέθους



R. Buetikofer for the NMD-B Collaboration



	Solar Minimum (10/86)		Solar Maximum (7/89)	
Altitude (x1000 ft)	35 degrees North Latitude	70 degrees North Latitude	35 degrees North Latitude	70 degrees North Latitude
0	0.0401	0.0412	0.0374	0.0380
10	0.190	0.207	0.173	0.181
20	0.985	1.14	0.875	0.953
30	3.25	4.06	2.85	3.24
40	6.78	9.02	5.88	6.99
50	9.71	13.8	8.36	10.3
60	11.1	17.1	9.49	12.3
70	11.4	19.2	9.68	13.3
80	11.2	20.6	9.44	13.8

Αύξηση Κινδύνου

Αύξηση Ύψους

Αεροπορικά ταξίδια

- Ένα μεγάλο ποσοστό του παγκοσμίου πληθυσμού ταξιδεύει πολλές φορές ετησίως σε υψόμετρα με μεγάλη ραδιενεργή δόση (πληρώματα πτήσεων και επιβάτες).
- Υψηλή δόση ακτινοβολίας πληρωμάτων/επιβατών αεροπλάνων σε μεγάλα πλάτη (μέχρι 100 chest-XRs).

Το προσωπικό και οι επιβάτες των πτήσεων εκτίθενται σε επιπλέον ακτινοβολία λόγω της αυξημένης κοσμικής ακτινοβολίας στα μεγάλα ύψη. Το 50% της απορροφούμενης δόσης οφείλεται στα ατμοσφαιρικά **νετρόνια**.

Στα **συνήθη ύψη** των πτήσεων (30.000 - 40.000 πόδια ή 9 - 12 km), η έκθεση είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερη από ότι στο έδαφος.

Η έκθεση στην **περιοχή των μαγνητικών πόλων** είναι περίπου διπλάσια από ότι στην περιοχή του ισημερινού (φαινόμενο γεωγραφικού πλάτους, Geographic Latitude effect).

Ενδεικτικές τιμές δόσης ραδιενέργειας λόγω κοσμικής ακτινοβολίας

	Έκθεση (mSv/y)
Γενικός πληθυσμός	~0.3
Ταξιδιώτες	~1
Πληρώματα πτήσεων	~ 2 - 9

Τυπικές δόσεις κατά την πτήση με αεροπλάνο σε διάφορες διαδρομές

(Bentley, 2006 ; Dyer, 2004)

Διαδρομή	Αριθμός Πτήσεων	Μέση Δόση / Διαδρομή (μSv)	Σφάλμα / Διαδρομή (μSv)
London – Tokyo Tokyo – London	4 3	52.5 59.3	3.7 2.7
London – Athens Athens – London	4 4	11.4 13.0	0.9 0.6
London – New York New York – London	3 2	33.8 29.8	2.3 1.2
London – Boston Boston – London	6 4	30.7 25.9	3.1 3.2
London – Hon Kong Hon Kong – London	1 1	30.7 25.9	2.5 1.8

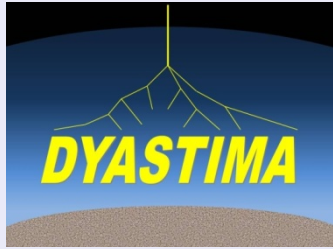
Τυπικό όριο απορροφόμενης ακτινοβολίας ανά χρόνο: 1 mSv *

* Οδηγία Ευρωπαϊκής Ένωσης 96/29 – άρθρο 42

- Διάγραμμα Υπολογισμού Δόσεων Ακτινοβολίας

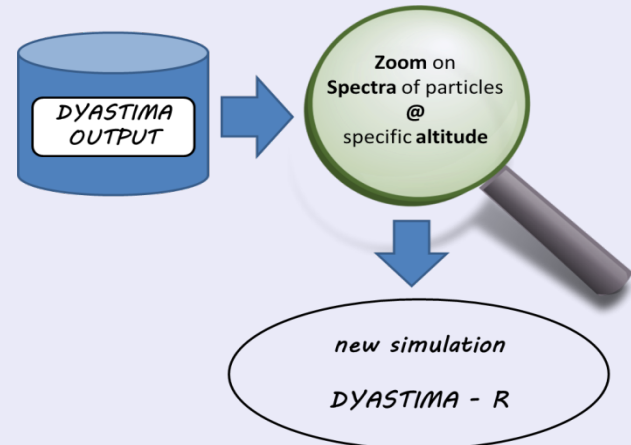


DYASTIMA-R



DYNAMIC Atmospheric Shower Tracking Interactive Model Application (DYASTIMA)

Simulation of the showers that are produced in the atmosphere of a planet due to CR

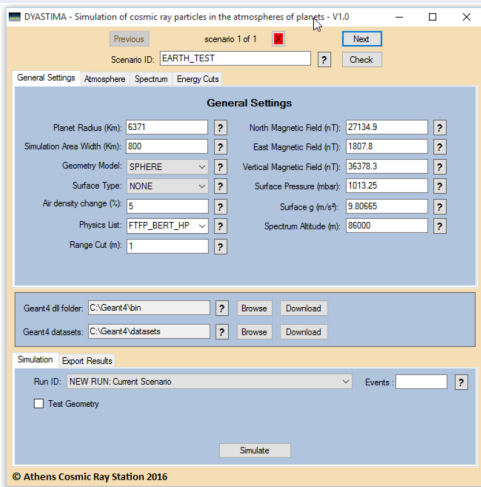
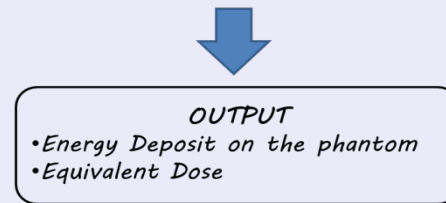
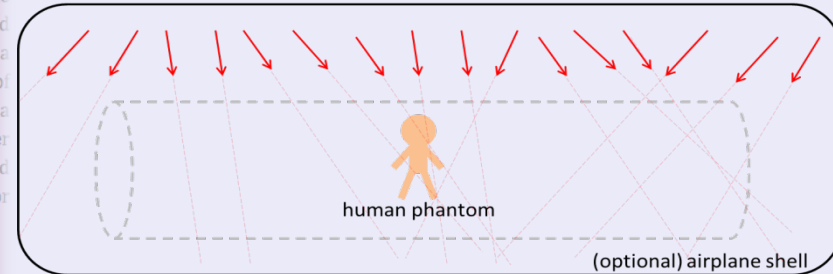


The absorbed dose D is calculated by using the mean energy dE deposited in a volume of mass dm at each step along a particle's trajectory (eq. 1) while the equivalent dose H is calculated by using the absorbed dose D averaged over the phantom, multiplied by a quality factor related to the biological effectiveness of the radiation, w_R (eq. 2)[1], [6]. w_R is defined as a function of the unrestricted linear energy transfer (LET) in water, which is the energy lost by a charged particle divided by the path length. Values of w_R for different particles are presented in Table 1.

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1) \quad H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} \quad (2)$$

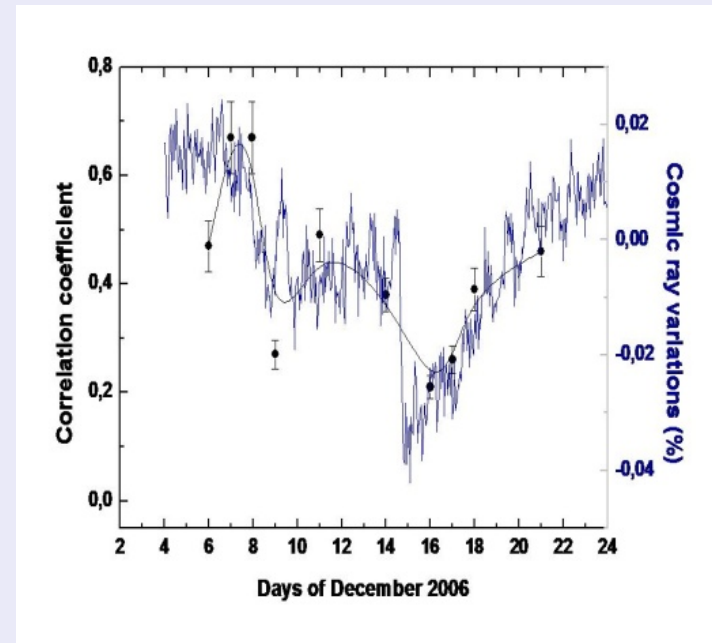
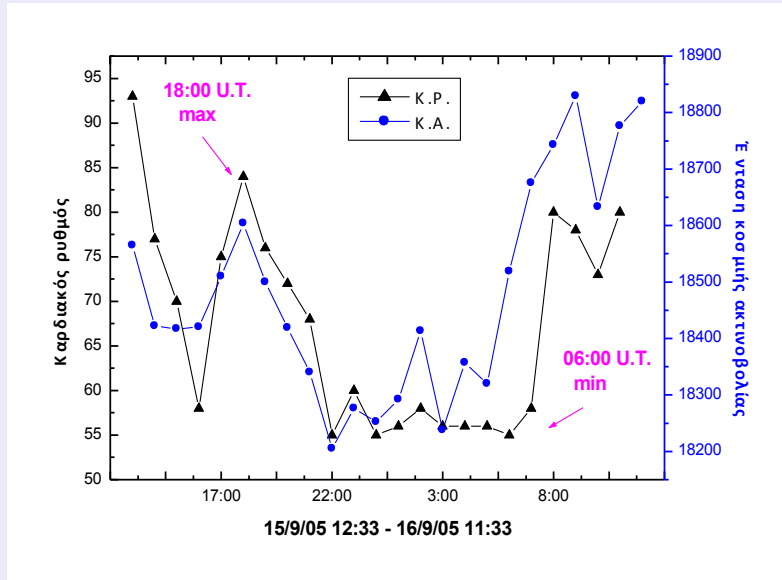
Since the radiation exposure field consists of different particles and energies, the total absorbed dose and total equivalent dose are calculated as the sum of the individual absorbed doses and equivalent doses respectively [1].

$$D_T = \sum_R D_{T,R} \quad (3) \quad H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \quad (4)$$



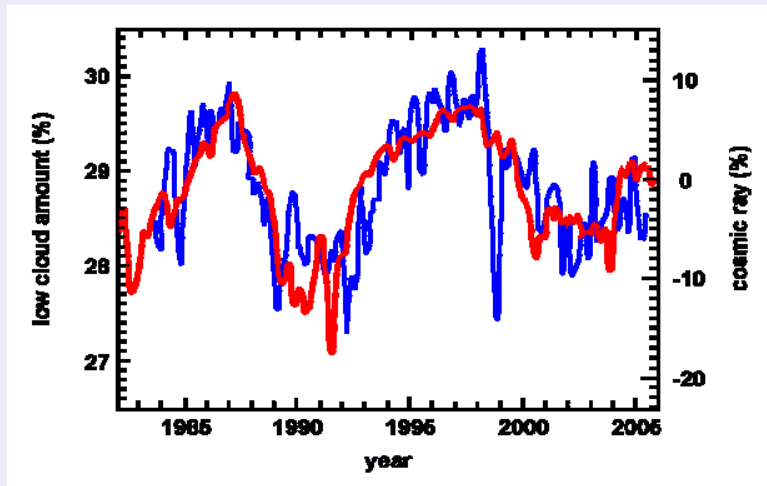
Στον άνθρωπο / Κλινική Κοσμοβιολογία - Βιογεωμαγνητισμός

Υπάρχει στατιστική συσχέτιση μεταξύ του καρδιακού ρυθμού και της μεταβολής στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας



Ο καρδιακός ρυθμός, επίσης, σχετίζεται με γεωμαγνητικές διαταραχές και μεταβολές στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας. Πιο συγκεκριμένα αύξηση της γεωμαγνητικής δραστηριότητας και μείωση στην ένταση της κοσμικής ακτινοβολίας σχετίζονται με μείωση του καρδιακού ρυθμού (Mavromichalaki et al., 2009b; Papailiou et al., 2011a).

- Στο κλίμα | Συσχετίσεις με χαμηλά νέφη



Svensmark, JGR, 2007

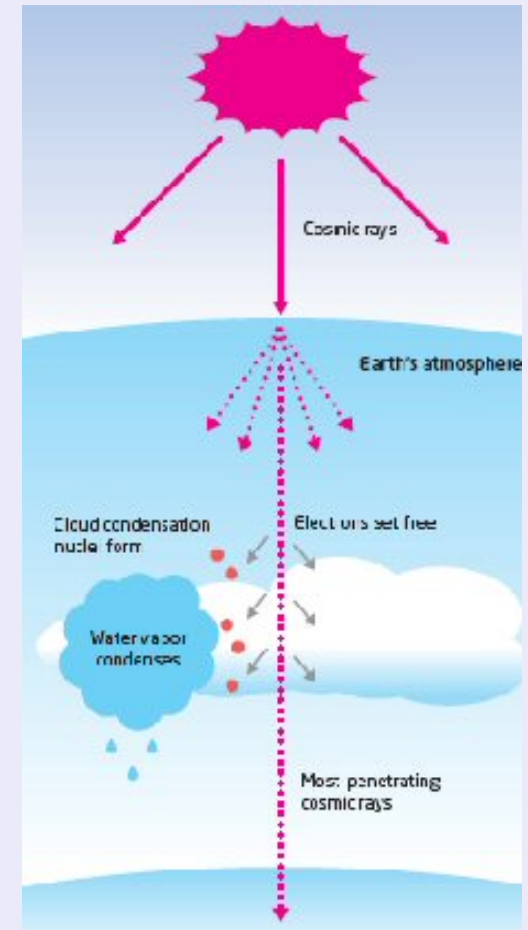
Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες ερευνητών στο Δανικό Διαστημικό Ινστιτούτο της Copenhagen, οι κοσμικές ακτίνες από τον γαλαξία μας παίζουν σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της συνολικής κάλυψης από νέφη πάνω από την Γη. Henrik Svensmark κατά τον τελευταίο ενδεκαετή κύκλο δραστηριότητας του ήλιου, η κάλυψη της γης με νέφη ήταν συσχετισμένη περισσότερο με τη ροή κοσμικών ακτίνων προερχομένων από τον υπόλοιπο γαλαξία παρά από την ακτινοβολία του ηλίου.

Οι πιθανότητες να επικρατεί συννεφιά κάποια μέρα αυξάνονται κατά 20% περίπου όταν υπάρχει αύξηση της ροής των κοσμικών σωματιδίων. Όταν οι κοσμικές ακτίνες προσπίπτουν στην ατμόσφαιρα, παράγουν φορτισμένα σωματίδια τα οποία φαίνεται να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη των σταγονιδίων των νεφών. Σε σύγκριση με τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου, η επίδραση των κοσμικών ακτίνων στο κλίμα είναι μικρή. Το γεγονός αυτό όμως θα μπορούσε να βοηθήσει στην εξήγηση ορισμένων από τις πιο μυστηριώδεις κλιματικές αλλαγές που έχουν σημειωθεί στο παρελθόν.

- Στο κλίμα | Συσχετίσεις με χαμηλά νέφη

«The Cosmic Ray Hypothesis»

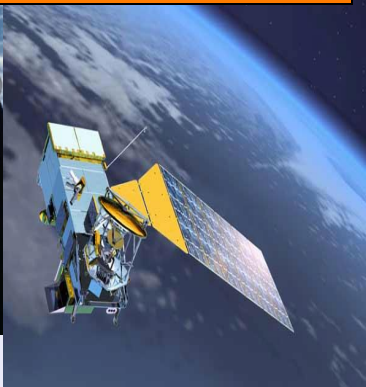
Η Κ.Α. προκαλεί μεταβολές στη γήινη νέφωση, η οποία με τη σειρά της ευθύνεται για τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Τα ιόντα των κοσμικών ακτίνων επιταχύνουν τον σχηματισμό πυκνών νεφώσεων στα χαμηλά ατμοσφαιρικά στρώματα. Ο σχηματισμός νεφώσεων στα υψηλά ατμοσφαιρικά στρώματα αντανακλά το εισερχόμενο ηλιακό φως, ενώ στα χαμηλά ατμοσφαιρικά στρώματα -σε γενικές γραμμές- διατηρεί και παγιδεύει την επιφανειακή θερμότητα (όπως δηλαδή συμβαίνει σε ένα θερμοκήπιο). Έτσι, τα πυκνότερα σύννεφα στα χαμηλά τμήματα της γήινης ατμόσφαιρας συνεισφέρουν κατά μεγάλο μέρος στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.



ΠΙΘΑΝΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ



Satellite Operation Centers



Scientists

