

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Αλκιβιάδης Μπάης¹, Χρήστος Ζερεφός², Ανδρέας Καζαντζίδης¹, Ευάγγελος Κοσμίδης¹,
Στυλιανός Καζαντζής¹ και Χρυσάνθη Τοπάλογλου¹

¹Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
²Εργαστήριο Κλιματολογίας και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Κατά το έτος 2004 εγκαθίσταται ένα δίκτυο από όργανα μέτρησης της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Το δίκτυο καλύπτει γεωγραφικά την Ελλάδα και την Κύπρο χρησιμοποιώντας τον καλύτερο δυνατό εξοπλισμό για τις μετρήσεις και τις πλέον σύγχρονες τεχνικές για την ανάλυση, την ερμηνεία και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Το δίκτυο αποτελείται από επτά περιφερειακούς σταθμούς μέτρησης της υπεριώδους ακτινοβολίας σε περιοχές με διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και από έναν κεντρικό σταθμό στην Θεσσαλονίκη, όπου πραγματοποιούνται μία σειρά από μετρήσεις της ακτινοβολίας και των ατμοσφαιρικών παραμέτρων που την επηρεάζουν. Σκοπός της δημιουργίας του δικτύου είναι η παρακολούθηση επί μακρό χρονικό διάστημα των επιπέδων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας στην Ανατολική Μεσόγειο και η χρήση των μετρήσεων για κλιματολογικούς σκοπούς, για την ενημέρωση και την ευαισθητοποίηση του κοινού. Η εγκατάσταση του δικτύου αποσκοπεί επίσης στην παροχή υψηλής ποιότητας μετρήσεων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας για επιστημονικές μελέτες.

Η συγκεκριμένη παρουσίαση του δικτύου αποσκοπεί στην περιγραφή των μεθόδων και των διαδικασιών που ακολουθούνται για τον χαρακτηρισμό, την βαθμονόμηση και την συντήρηση των επιστημονικών οργάνων, για την ανάλυση και τον έλεγχο ποιότητας των μετρήσεων και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

ESTABLISHMENT OF A NETWORK FOR UV MONITORING IN GREECE AND CYPRUS

Alkiviadis Bais¹, Christos Zerefos², Andreas Kazantzidis¹, Evaggelos Kosmidis¹, Stylianos Kazadzis¹ and Chrysanthi Topaloglou¹

¹ Laboratory of Atmospheric Physics, Aristotle University of Thessaloniki

² Laboratory of Climatology and Atmospheric Environment, University of Athens

Abstract

A network of narrowband multi-channel radiometers for measuring surface solar UV radiation, which covers geographically Greece and Cyprus, is being established. The network uses state of the art instrumentation and techniques for the measurement of solar ultraviolet radiation and the analysis, interpretation and dissemination of the results. It comprises seven satellite stations distributed at locations with different environments and a central station located at Thessaloniki, where a suite of radiation and other related measurements are performed. The aim of the network is to establish long term monitoring of UV radiation in the eastern Mediterranean, to be used for climatological purposes, for public information and awareness and for providing quality controlled measurements for scientific studies.

This presentation aims at introducing the network, and comprises descriptions of the methodologies and procedures to be followed for the characterization, calibration and maintenance of the instruments, for the analysis and quality control of the measurements and for the presentation and visualization of the results.

1. Εισαγωγή

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον, τόσο σε διεθνές όσο και σε εθνικό επίπεδο, για τη μείωση του στρώματος του όζοντος και τη συνεπαγόμενη αύξηση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος, σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει στο οικοσύστημα η υπερβολική έκθεση στην υπερϊώδη ακτινοβολία, έχουν στρέψει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας σε δραστηριότητες που σχετίζονται με την αξιόπιστη παρακολούθηση των τιμών της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και την βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη πρόβλεψη των επιπέδων της. Συγχρόνως, έχουν εκδηλωθεί παγκοσμίως πρωτοβουλίες από επιστημονικούς και κρατικούς φορείς με στόχο την ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τους τρόπους προστασίας τους από τις βιολογικές επιπτώσεις που συνεπάγεται η έκθεσή τους στην υπερϊώδη ακτινοβολία. Για τον σκοπό αυτό έχουν υπογραφεί και τεθεί σε εφαρμογή από πολλές χώρες διεθνείς συμβάσεις συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας.

Η ανάγκη διεξαγωγής υψηλής ποιότητας και πιστότητας μετρήσεων της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας έγινε γρήγορα αντιληπτή σε παγκόσμια κλίμακα και οδήγησε στη δημιουργία δικτύων για την μακροχρόνια παρακολούθηση των επιπέδων της. Ο απώτερος στόχος, εκτός από ερευνητικός, επικεντρώνεται στην υπεύθυνη και συνεχή ενημέρωση αρμόδιων κρατικών οργάνων, εθνικών και διεθνών φορέων, υπηρεσιών υγείας, διαφόρων ενδιαφερόμενων οργανισμών, αλλά και των πολιτών για τα πραγματικά επίπεδα και τις πιθανές επιπτώσεις από την έκθεση στις βιολογικά δραστικές υπερϊώδεις ακτίνες του ήλιου.

2. Περιγραφή του Δικτύου

Κατά τα έτη 1993-1997, το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, είχε προχωρήσει στην εγκατάσταση ενός πιλοτικού Δικτύου μέτρησης την ερυθματώδη δόση της υπερϊώδους ηλιακής ακτινοβολίας στον Ελλαδικό χώρο. Το Δίκτυο περιλάμβανε τέσσερις σταθμούς στην Κω (36.80° N, 27.09° E), στην Αθήνα (37.99° N, 23.73° E), στο Άκτιο (38.93° N, 20.77° E) και στη Θεσσαλονίκη (40.63° N, 22.96° E). Η έλλειψη οικονομικών πόρων όμως, δεν έδωσαν την δυνατότητα συντήρησης των περιφερειακών σταθμών του Δικτύου. Αντίθετα, ο σταθμός της Θεσσαλονίκης σε συνδυασμό με τις διατάξεις βαθμονόμησης και χαρακτηρισμού των οργάνων παρέμεινε σε πλήρη λειτουργία και επέδειξε σημαντική επιστημονική δραστηριότητα συμβάλλοντας στην διερεύνηση των μεταβολών της υπερϊώδους ακτινοβολίας σε σχέση με τις μεταβολές των ατμοσφαιρικών παραμέτρων που την επηρεάζουν, όπως το όζον, τα νέφη και τα αιωρούμενα σωματίδια (π.χ. Bais et al, 1993; Zerefos, 1997; Zerefos et al, 1998; Zerefos, 2002).

Κατά το έτος 2004 και στα πλαίσια του Εθνικού Ερευνητικού Προγράμματος με τίτλο «Ανάπτυξη Εθνικού Δικτύου Μέτρησης της Υπεριώδους Ηλιακής Ακτινοβολίας (GR-UVNET)», έχει ξεκινήσει μία νέα προσπάθεια για τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός νέου Δικτύου σταθμών. Για τον σκοπό αυτό επιχειρείται η εγκατάσταση σταθμών σε κατάλληλες περιοχές, ώστε να παρέχονται εγγυήσεις για την διασφάλιση της ποιότητας και της συνέχειας των μετρήσεων. Επίσης, αναμένεται η χρήση σύγχρονων τεχνικών μεθόδων για την μετάδοση, ανάλυση, παρουσίαση και διάχυση των δεδομένων των σταθμών του Δικτύου. Για την επιτυχή έκβαση του Ερευνητικού Προγράμματος είναι υπεύθυνες οι ερευνητικές ομάδες του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του Πανεπιστημίου Αθηνών και το προσωπικό των εταιρειών ALTEC, DOTSOFT και GEOINFO.

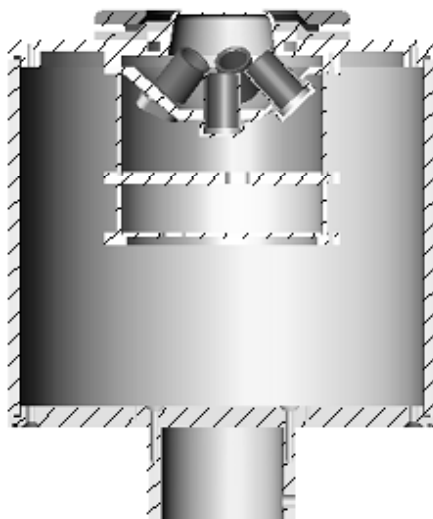
2.1 Τα όργανα του Δικτύου

Γενικά, τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν στο δίκτυο θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα μετρήσεων στις περιοχές UV-B και UV-A, αλλά και στο ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Τις συγκεκριμένες προϋποθέσεις πληρούν είτε όργανα ευρέως φάσματος, που καλύπτουν όλη την προαναφερόμενη περιοχή (π.χ. Yankee, UVB-1, Solar Light 501), είτε ακτινόμετρα πολλαπλών καναλιών που μπορούν να μετρούν τμήματα αυτής (π.χ. GUV

Biospherical Instruments Inc., NILU-UV). Η δεύτερη κατηγορία οργάνων παρέχει όμως τα εξής πλεονεκτήματα:

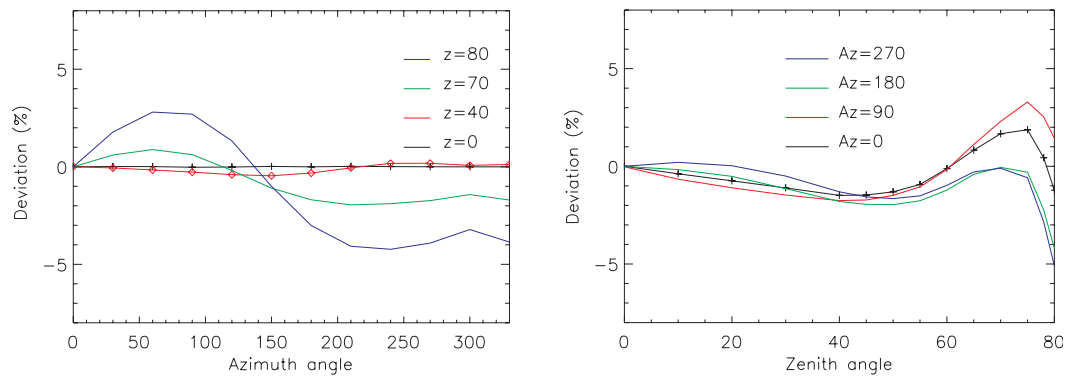
- α) είναι συσκευές που χρησιμοποιούν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας όσον αφορά την μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας
- β) παρέχουν την δυνατότητα υπολογισμού του φάσματος στο υπεριώδες από τις μετρήσεις σε συγκεκριμένα τμήματά του και
- γ) δίνουν την δυνατότητα εκτίμησης των σημαντικότερων ατμοσφαιρικών παραμέτρων που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία, όπως νεφοκάλυψη, το ολικό όζον και το οπτικό βάθος των αιωρούμενων σωματιδίων.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, επιλέχθηκαν τα ακτινόμετρα πολλαπλών καναλιών για εγκατάσταση στους σταθμούς του δικτύου. Τα όργανα NILU-UV που επιλέχθηκαν, παρέχουν μετρήσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας σε πέντε μήκη κύματος (305, 312, 320, 340 and 380 nm) με ολικό εύρος ημι-μέγιστου ύψους (full width at half maximum) στα 10 nm, ενώ δίνεται και η δυνατότητα μέτρησης της ολικής ακτινοβολίας στην ορατή περιοχή του ηλιακού φάσματος (PAR). Επίσης, στην διάταξη συμπεριλαμβάνεται και σύστημα αποθήκευσης δεδομένων (data logger). Η σχηματική παράσταση του οργάνου παρουσιάζεται στο σχήμα 1, ενώ η αζιμουθιακή και συννημιτονοειδής απόκρισή του στο σχήμα 2.



Σχήμα 1. Τεχνικό σχέδιο του ακτινόμετρου NILU-UV.

Τα δεδομένα των σταθμών του Δικτύου θα διαχέονται άμεσα από την σχετική σελίδα που θα υπάρχει στο διαδίκτυο. Εκτός από τις μετρήσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στα μήκη κύματος που μετρούν τα ακτινόμετρα NILU-UV, θα παρέχονται δεδομένα και για άλλες ακτινομετρικές ποσότητες, όπως η ερυθρηματώδης δόση, η ολική UV-B και UV-A ακτινοβολία, αλλά και εκτιμήσεις για την νεφοκάλυψη και την ολική ποσότητα του όζοντος. Οι υπολογισμοί των παραπάνω μεγεθών θα πραγματοποιούνται με την χρήση κατάλληλου λογισμικού που βασίζεται στην προτεινόμενη μεθοδολογία από τον A. Dahlback (1996). Με την χρήση μοντέλων διάδοσης της ακτινοβολίας θα παρέχονται από την ίδια ιστοσελίδα και προγνώσεις για τα επίπεδα της υπεριώδους ακτινοβολίας και τον ασφαλή χρόνο έκθεσης στον ήλιο σε όλο τον Ελλαδικό χώρο. Τέλος, τα δεδομένα των σταθμών του Δικτύου θα είναι διαθέσιμα και από την Ευρωπαϊκή Βάση Δεδομένων της UV Ακτινοβολίας (European UV Database, EUVDB).



Σχήμα 2. Η αζιμουθιακή και η συνιμιτονοειδής απόκρισή του οργάνου για διάφορες ζενίθιες (αριστερά) και αζιμούθιες (δεξιά) γωνίες.

2.2 Χωροθέτηση των σταθμών

Για την τελική χωροθέτηση των σταθμών έπρεπε να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- α) Για την πλήρη γεωγραφική κάλυψη απαιτείται η ανάπτυξη σταθμών, οι οποίοι θα εκτείνονται από τα βόρεια έως τα νοτιότερα άκρα της Ελλάδας, και οι οποίοι θα είναι τοποθετημένοι κοντά στο επίπεδο της θάλασσας.
- β) Το γεγονός ότι η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία αυξάνεται σημαντικά με το υψόμετρο.
- γ) Το ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά κατά πολύπλοκο τρόπο στη διάδοση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας μέσα από την ατμόσφαιρα. Θα πρέπει να προστεθεί εδώ ότι, λόγω της μεγάλης σημασίας του τουρισμού για την Ελλάδα κατά τη θερινή περίοδο, είναι σκόπιμο να υπάρχουν μετρήσεις και σε περιοχές με σημαντική τουριστική δραστηριότητα.
- δ) Το ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες, και ιδιαίτερα η νέφωση παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος.

Όσον αφορά τον αριθμό των οργάνων που θα πρέπει να εγκατασταθούν, προκύπτει ότι η ύπαρξη των τεσσάρων σταθμών του παλαιότερου πιλοτικού Δικτύου σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Κω και Άκτιο δεν καλύπτει την απαίτηση για πλήρη γεωγραφική κάλυψη. Επίσης, από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι η διαφορά μεταξύ των μέγιστων και των ελάχιστων τιμών της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει με το γεωγραφικό πλάτος, κυρίως λόγω των διαφορετικών καιρικών συνθηκών. Απαιτείται λοιπόν, η εγκατάσταση σταθμών σε κατάλληλες τοποθεσίες, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη γεωγραφική κάλυψη έχοντας υπόψη και τις ιδιαίτερες μετεωρολογικές συνθήκες της Β. Ελλάδας. Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση επτά σταθμών (αντί τεσσάρων που είχε το πιλοτικό Δίκτυο), από τους οποίους οι έξι θα εγκατασταθούν σε περιοχές κοντά στο επίπεδο της θάλασσας και ο έβδομος σε περιοχή με σχετικά μεγάλο υψόμετρο.

Δύο από τους σταθμούς θα εγκατασταθούν στις εγκαταστάσεις του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του Πανεπιστημίου Αθηνών, καλύπτοντας έτσι τις ανάγκες για την συνεχή παρακολούθηση της καλής λειτουργίας των οργάνων, την πληθυσμιακή κάλυψη και την αξιολόγηση της επίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Όσον αφορά του περιφερειακούς σταθμούς, θα πρέπει να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή γεωγραφική κατανομή με έμφαση στις ιδιαίτερες μετεωρολογικές συνθήκες της Β. Ελλάδας, η ύπαρξη σταθμών σε περιοχές με σημαντική τουριστική δραστηριότητα και η διασφάλιση της ποιότητας και της συνέχειας των μετρήσεων. Με βάση τα παραπάνω, ζητήθηκε η συνδρομή επιστημόνων που εργάζονται σε περιφερειακά Πανεπιστήμια της χώρας, ώστε αν εγκατασταθούν όργανα στις περιοχές αυτές, να συνεισφέρουν στην επίβλεψη της λειτουργίας τους. Αναμένεται λοιπόν η εγκατάσταση οργάνων στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο (Ξάνθη), στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου (Μυτιλήνη) και στο Πανεπιστήμιο Κρήτης (Ηράκλειο). Η χωροθέτηση ενός ακόμα σταθμού σε περιοχή με σχετικά μεγάλο υψόμετρο δεν έχει επιτευχθεί, μια που πρέπει να βρεθεί και η κατάλληλη τοποθεσία και να παρέχονται οι βασικές συνθήκες για την ομαλή λειτουργία του, όπως η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και η δυνατότητα πρόσβασης στην περιοχή όλο τον χρόνο. Τέλος, στο Δίκτυο θα

περιληφθεί και ένας σταθμός στην Κύπρο, ο οποίος θα επεκτείνει την αντιπροσωπευτικότητα του δικτύου προς την ανατολική Μεσόγειο. Ο σταθμός αναμένεται να τοποθετηθεί στις εγκαταστάσεις του Ερευνητικού Ιδρύματος «Frederick Research Center / Frederick Institute of Technology».

Οι θέσεις των σταθμών του Δικτύου παρουσιάζονται στον χάρτη του σχήματος 2.



Σχήμα 2. Οι θέσεις εγκατάστασης των σταθμών μέτρησης του Δικτύου

3. Αναμενόμενα αποτελέσματα από την λειτουργία του Δικτύου

Η λειτουργία του Δικτύου παρακολούθησης της υπεριώδους ακτινοβολίας αναμένεται να προσφέρει τα εξής:

- Παρουσίαση των επιπέδων υπεριώδους ακτινοβολίας από τους σταθμούς μέτρησης σε πραγματικό χρόνο στην ιστοσελίδα του δικτύου και διάχυσή τους για επιστημονικούς και ενημερωτικούς σκοπούς.
- Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την βραχυπρόθεσμη πρόγνωση των επιπέδων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας στον ελλαδικό χώρο, σε συνδυασμό με προβλέψεις της νεφοκάλυψης.
- Αποτελεσματικότερη πληροφόρηση των πολιτών για την προστασία τους από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία.
- Βελτίωση της ανταγωνιστικότητας σε επίπεδο προσέλκυσης ερευνητικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την υπεριώδη ακτινοβολία, λόγω της διαθεσιμότητας ποιοτικά ελεγμένων μετρήσεων που καλύπτουν γεωγραφικά μια ευρεία περιοχή (π.χ. πιστοποίηση δορυφορικών μετρήσεων, διερεύνηση βιολογικών επιπτώσεων, επιδημιολογικές ή ιατρικές έρευνες, κ.α.).
- Προβολή της χώρας μέσω της παρουσίας μετρήσεων και πληροφοριών σε διεθνείς βάσεις δεδομένων, αλλά και των αναμενόμενων μελλοντικών δραστηριοτήτων που θα σχετίζονται με τη χρήση του δικτύου.

Ευχαριστίες

Η εγκατάσταση του Δικτύου παρακολούθησης της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα και την Κύπρο πραγματοποιείται με την υποστήριξη της Γενικής Γραμματείας

Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης στα πλαίσια του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης.

Βιβλιογραφία

Bais, A.F., Zerefos C.S., Meleti C., Ziomas I.C., Tourpali C., Spectral measurements of solar UVB radiation and its relations to total ozone, SO₂ and clouds, *Journal of Geophysical Research*, vol. 98, No. D3, pp. 5199-5204, March 20, 1993

Dahlback, A., Measurements of biologically effective UV doses, total ozone abundances, and cloud effects with multichannel, moderate bandwidth filter instruments, *Applied Optics*, Vol. 35., No.33, 6514-6521, 1996

Zerefos, C.S., C. Meleti, D. Balis, K. Tourpali and A.F. Bais, Quasi-biennial and longer-term changes in clear sky UV-B solar irradiance, *Geophysical Research Letters*, vol. 25, No 23, 4345-4348, 1998

Zerefos, Long-term ozone and UV variations at Thessaloniki, Greece, *Physics and Chemistry of the Earth*, 27, 455-460, 2002