

## **Σύγκριση δεδομένων του όζοντος από σύγχρονες επίγειες και δορυφορικές μετρήσεις σε περιοχές της Νοτιοανατολικής Μεσογείου**

**A. Καζαντζίδης, A. Μπάης, Δ. Μπαλής, X. Μελέτη**

**Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης**

### **Περίληψη**

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η μείωση της συγκέντρωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος σε συνδυασμό με την αύξηση της υπεριώδους-B ακτινοβολίας και τις επιπτώσεις που έχει στη βιόσφαιρα, έχει οδηγήσει τη διεθνή επιστημονική κοινότητα σε μία προσπάθεια για την ανάπτυξη και χρήση οργάνων υψηλής ποιότητας.

Στην παρούσα εργασία, συγκρίνονται οι μετρήσεις όζοντος από σταθμούς του δικτύου GR-UVNET με δορυφορικές μετρήσεις. Με βάση τα αποτελέσματα των συγκρίσεων θα αξιολογηθεί η ποιότητα των οργάνων του δικτύου και θα διερευνηθούν οι πιθανές πηγές των διαφορών.

Υπεριώδης ακτινοβολία, όζον, επίγειες και δορυφορικές μετρήσεις

## **Comparison of ground-based measurements of ozone with satellite estimates at Southern East Mediterranean Sea**

**A. Kazantzidis, A.F. Bais, D.S. Balis, C. Meleti**

**Laboratory of Atmospheric Physics, Physics Department, Aristotle University of Thessaloniki**

### **Summary**

The stratospheric ozone depletion during the last two decades, the increase of UV-B irradiance levels at the ground and the possible impact on the biosphere has led scientists to develop and use instruments of high accuracy for UV measurements.

In this study, ground-based measurements of ozone from the Greek UV Network (GR-UVNET) are compared with satellite estimates, in order to testify the quality control and assurance of network measurements and examine the sources of possible differences with satellite retrievals.

Ultraviolet radiation, ozone, ground-based and satellite measurements

### **1. Εισαγωγή**

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η αξιολόγηση των μετρήσεων του ολικού όζοντος που πραγματοποιούνται στους σταθμούς μέτρησης του Εθνικού Δικτύου μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας ([www.uvnet.gr](http://www.uvnet.gr)). Για τον σκοπό αυτό, επιχειρείται η σύγκριση με τις εκτιμήσεις του οργάνου OMI (Ozone Monitoring Instrument) που βρίσκεται στο δορυφόρο AURA.

### **2. Όργανα μέτρησης**

#### **2.1 Επίγειες μετρήσεις**

Οι επίγειες μετρήσεις προέρχονται από έξι σταθμούς που βρίσκονται σε περιοχές της Ελλάδας και της Κύπρου. Οι σταθμοί και ο χρόνος έναρξης της λειτουργίας τους παρουσιάζονται

στον πίνακα 1. Όλοι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ακτινόμετρα πολλαπλών καναλιών τύπου NILU-UV. Τα συγκεκριμένα όργανα έχουν τη δυνατότητα παροχής μονόμεπτων μετρήσεων σε 6 φασματικές περιοχές. Από αυτές, δύο βρίσκονται στην περιοχή της υπεριώδους Β (με κεντρικά μήκη κύματος τα 302 και 312nm) και τρεις στην περιοχή του υπεριώδους Α (με κεντρικά μήκη κύματος τα 320, 340 και 380nm). Τέλος, το έκτο κανάλι έχει τη δυνατότητα μέτρησης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR). Τα συγκεκριμένα όργανα έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για δίκτυα μέτρησης της υπεριώδους ακτινοβολίας για διάφορες περιοχές του κόσμου (π.χ. Bernhard et al., 2005, Lakkala et al., 2005)

Σταθμος μετρησης	εναρξη λειτουργιας
Θεσσαλονίκη	12-2004
Αθήνα	12-2004
Μυτιλήνη	01-2005
Λευκωσία	05-2005
Ιωάννινα	10-2005
Πάτρα	10-2005

Πίνακας 1. Περιοχές στις οποίες έχουν εγκατασταθεί οι σταθμοί μέτρησης του Εθνικού Δικτύου μέτρησης της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και χρόνοι έναρξης της λειτουργίας τους

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις από το πρώτο (302nm) και τρίτο (320nm) κανάλι, ώστε να υπολογιστεί το ολικό όζον με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε από τον Dahlback (1996). Επιπροσθέτως, χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις από το τέταρτο κανάλι (340nm), που δεν επηρεάζεται από το όζον, με σκοπό να υπολογιστεί η διαπερατότητα της ατμόσφαιρας στο υπεριώδες. Για τον υπολογισμό των μέσων ημερήσιων τιμών χρησιμοποιήθηκαν οι μονόμεπτες μετρήσεις που βρίσκονται σε χρονικό διάστημα μίας ώρας από το τοπικό μεσημέρι (χρονικά κοντά στο πέρασμα του δορυφόρου) και για τις οποίες η διαπερατότητα της ατμόσφαιρας ήταν μεγαλύτερη του 50%. Επίσης, δεν λήφθηκαν υπόψη οι μονόμεπτες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν όταν η ζενίθια γωνία του ηλίου ήταν μεγαλύτερη από 70°, έτσι ώστε να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα από το συνμητονοειδές σφάλμα στη γωνιακή απόκριση των οργάνων.

Για την ερμηνεία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν και μετρήσεις ολικού όζοντος από φασματοφωτόμετρα από τη βάση δεδομένων που υπάρχει στο πρόγραμμα Ozone Monitoring Satellite Application Facility (O3M-SAF) της Eumetsat ([lap.physics.auth.gr/eumetsat](http://lap.physics.auth.gr/eumetsat)). Οι συγκρίσεις αφορούν επίγειες μετρήσεις από φασματοφωτόμετρα Brewer και Dobson με τις εκτιμήσεις του δορυφόρου για την ίδια περιοχή (Balis et al., 2006)

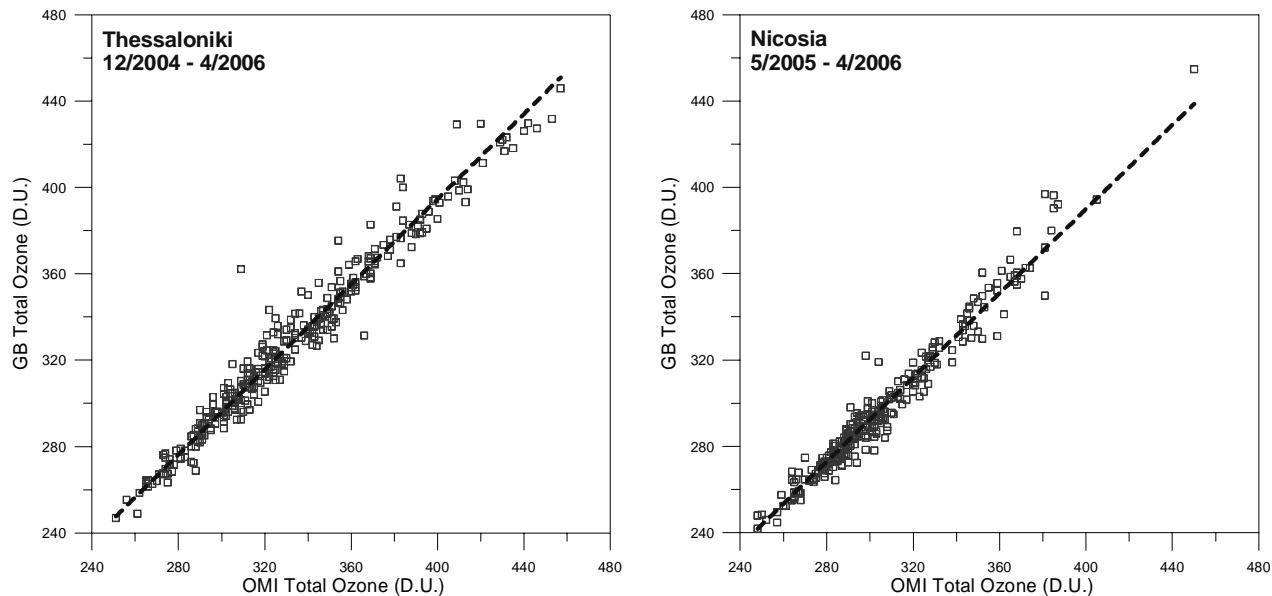
## 2.2 Δορυφορικές μετρήσεις

Οι δορυφορικές εκτιμήσεις του ολικού όζοντος παρέχονται από το όργανο OMI (Ozone Monitoring Instrument). Το συγκεκριμένο όργανο είναι ένα από τα τέσσερα όργανα που βρίσκονται στο δορυφόρο NASA EOS-AURA, ο οποίος εκτοξεύτηκε τον Ιούλιο του 2004. Ο δορυφόρος παρέχει μετρήσεις ολικού όζοντος από τον Σεπτέμβριο του 2004 με πολύ ικανοποιητική ακρίβεια (13x26 km) βασιζόμενος στον αλγόριθμο TOMS v8, που έχει χρησιμοποιηθεί και στο όργανο TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) και αποτελεί προκάτοχο του OMI (Bhartia P.K, and C. Wellemeyer, 2004). Οι μετρήσεις του OMI για τις περιοχές των σταθμών του Δικτύου (Πίνακας 1) παρέχονται σε ημερήσια βάση και κοντά στο τοπικό μεσημέρι.

### 3. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

#### 3.1 Σύγκριση των δορυφορικών με τις μετρήσεις των σταθμών του Δικτύου

Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις του δορυφόρου και οι επίγειες μετρήσεις για τους σταθμούς της Θεσσαλονίκης και της Λευκωσίας, οι οποίοι αποτελούν τον πιο Βόρειο και πιο Νότιο σταθμό του Δικτύου αντίστοιχα. Όπως παρατηρείται και για τις δύο περιοχές, η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι ικανοποιητική, με μία τάση των δορυφορικών δεδομένων να υπερεκτιμούν ελαφρά το όζον σε σχέση με τις επίγειες μετρήσεις. Αντίστοιχα αποτελέσματα προκύπτουν και για τους υπόλοιπους σταθμούς και παρουσιάζονται στον πίνακα 2.



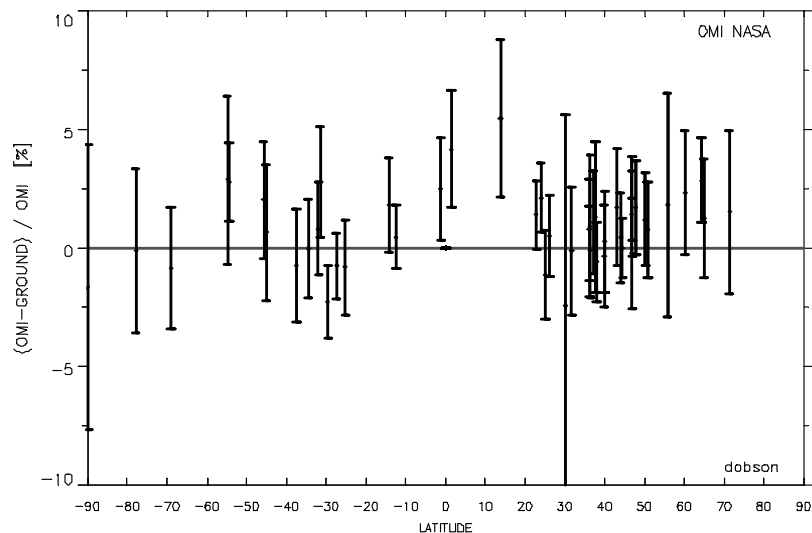
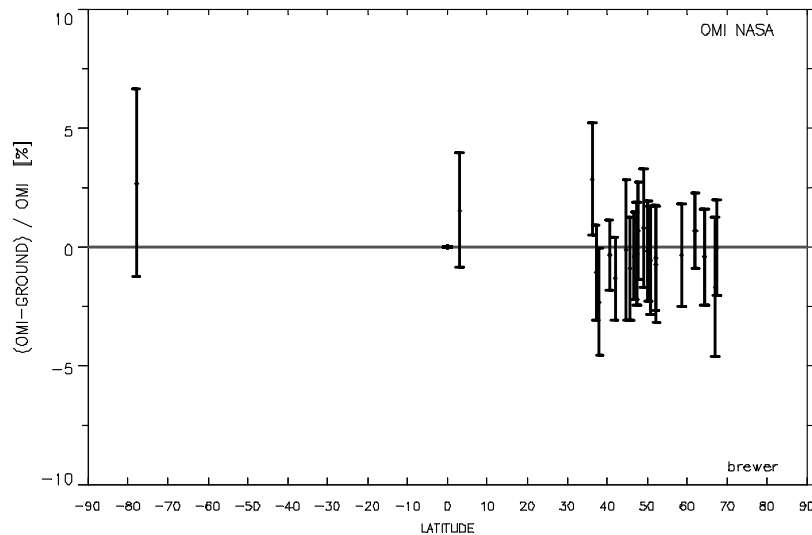
Σχήμα 1. Παρουσίαση των τιμών ολικού όζοντος από τον όργανο OMI (οριζόντιος άξονας) σε συνάρτηση με τις επίγειες μετρήσεις (κάθετος άξονας) για τις περιοχές της Θεσσαλονίκης (αριστερά) και της Λευκωσίας (δεξιά).

Περιοχή	Διαφορές και τυπική απόκλιση (%)	Αριθμός ημερών
Θεσσαλονίκη	1.3 (2.3)	323
Αθήνα	1.7 (3.0)	352
Μυτιλήνη	1.8 (3.0)	338
Λευκωσία	2.5 (2.0)	296
Ιωάννινα	2.4 (1.9)	142
Πάτρα	3.0 (2.1)	147

Πίνακας 2. Παρουσίαση των διαφορών και των τυπικών τους αποκλίσεων ανάμεσα στις εκτιμήσεις του δορυφόρου και τις επίγειες μετρήσεις για τις περιοχές των σταθμών του Δικτύου

### 3.2 Σύγκριση των δορυφορικών εκτιμήσεων με μετρήσεις φασματοφωτομέτρων

Για την αξιολόγηση των προαναφερόμενων διαφορών ανάμεσα στις εκτιμήσεις του δορυφόρου και τις μετρήσεις των σταθμών του Δικτύου είναι απαραίτητη η σύγκριση και με φασματοφωτόμετρα. Τα συγκεκριμένα όργανα (κυρίως Brewer και Dobson) είναι και τα κατεξοχήν αποδεκτά όργανα για την μέτρηση του ολικού όζοντος από έδαφος. Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι διαφορές (%) ανάμεσα σε δορυφορικές και επίγειες μετρήσεις από τους δύο τύπους οργάνων. Όπως παρατηρείται, οι διαφοροποιήσεις με τα φασματοφωτόμετρα Brewer είναι πολύ μικρές (0.12% κατά μέσο όρο), σε αντίθεση με τα φασματοφωτόμετρα Dobson (2.7%). Οι διαφοροποιήσεις αυτές μπορούν να αποδοθούν κατά κύριο λόγο στην επίδραση των αλλαγών της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Η συγκεκριμένη παράμετρος επηρεάζει κατά περίπου 4% τα όργανα Dobson (Bernhard et al., 2005), αλλά λιγότερο από 1% τα Brewer (Van Roosendael et al., 1998). Παρόλα αυτά, οι διαφορές των φασματοφωτομέτρων είναι αντίστοιχες αυτών που υπολογίστηκαν και με τα όργανα του Δικτύου, ενώ παρόμοιες είναι και οι τυπικές αποκλίσεις από τις μέσες τιμές (πίνακας 1).



Σχήμα 2. Διαφορές (%) ανάμεσα στις δορυφορικές εκτιμήσεις και τις επίγειες μετρήσεις από φασματοφωτόμετρα Brewer (επάνω) και Dobson (κάτω) ως συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους των περιοχών των επίγειων σταθμών

#### 4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται συγκρίσεις των μετρήσεων ολικού όζοντος στους σταθμούς του Εθνικού Δικτύου μέτρησης της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας με το όργανο OMI του δορυφόρου NASA EOS-AURA για το χρονικό διάστημα 12-2004 έως 04.2006.

Από τη σύγκριση των μετρήσεων προέκυψε ότι σε όλους τους σταθμούς υπάρχει ικανοποιητική συμφωνία και των απόλυτων τιμών και των διακυμάνσεων με μία τάση των δορυφορικών εκτιμήσεων να υπερεκτιμούν το ολικό όζον σε σχέση με τις επίγειες μετρήσεις από 1% έως και 3%.

Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων είναι ανάλογα με αυτά που προκύπτουν από αντίστοιχη μελέτη χρησιμοποιώντας επίγειους σταθμούς με φασματοφωτόμετρα, τα οποία θεωρούνται τα πλέον κατάλληλα όργανα για την μέτρηση του ολικού όζοντος

#### Βιβλιογραφία

Balis et al., Validation of OMI total ozone using ground-based Brewer observations, ESA Atmospheric Science Conference, 8-12 May 2006, Frascati, Italy

Bhartia P.K, and C. Wellemeyer, TOMS version 8 Algorithm Theoretical Basis Document, <http://toms.gsfc.nasa.gov>, 2004-11-24, 2004.

Bernhard G., Charles R. Booth, James C. Ebrahimian, Real-time ultraviolet and column ozone from multichannel ultraviolet radiometers deployed in the National Science Foundation's ultraviolet monitoring network, *Optical Engineering*, 44(4), 041011 (April 2005)

Bernhard G., R.D. Evans, G.J. Labow, S.J. Oltmans, Bias in Dobson Total Ozone Measurements at High Latitudes due to Approximations in Calculations of Ozone Absorption Coefficients and Airmass, *J. Geophys. Res*, 110, doi:10.1029/2004JD0055592005

Lakkala K., A. Redondas, O. Meinander, C. Torres, T. Koskela, E. Cuevas, P. Taalas, A. Dahlback, G. Deferrari, K. Edvardsen and H. Ochoa, Quality assurance of the solar UV network in the Antarctic, *Journal of Geophysical Research*, VOL. 110, D15101, doi:10.1029/2004JD005584, 2005  
Van Roozendaal, et al., Validation of Ground-based UV-visible Measurements of Total Ozone by Comparison with Dobson and Brewer Spectrophotometers, *J. Atm. Chem.*, 29, 55-83, 1998.