

Παρατηρήσεις της αφρικανικής σκόνης πάνω από την Θεσσαλονίκη με χρήση αχτίνων Laser

Γιάγκου Ανδρέας¹, Κατέρης Βαγγέλης² και Τράκας Σταύρος³
1^ο Πειραματικό ΓΕ.Λ. Θεσσαλονίκης

anyiangou@gmail.com¹, vaggelkateris@yahoo.gr², stavrostrakas@hotmail.com³

Επιβλέπουσα καθηγήτρια : Δρ Κλαίρη Αχιλλέως

Ειδικότητα: Καθηγήτρια Φυσικής, 1^ο Πειραματικό ΓΕ.Λ. Θεσσαλονίκης
cachilleosa@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακολούθηση της σύστασης της ατμόσφαιρας με τη χρήση πηγών laser πραγματοποιείται με μια διάταξη lidar. Το lidar είναι ακρωνύμιο του όρου “ light detection and ranging” και παραπέμπει στο γνωστό μας radar μόνο που σε αυτή την περίπτωση δεν χρησιμοποιούμε ραδιοκύματα ως πηγή ακτινοβολίας αλλά μια πηγή laser ορατού φωτός.

Αυτό που καταγράφουμε σε μια τέτοια διάταξη είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της ακτινοβολίας με τα συστατικά της ατμόσφαιρας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας της διάταξης και κατόπιν τα αποτελέσματα της μέτρησης ρύπων καθώς και των μετρήσεων κατά τη διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης από την έρημο της Σαχάρας πάνω από τη Θεσσαλονίκη. Η μεταφορά της σκόνης σχετίζεται με συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες και είναι πιο συχνή στην Θεσσαλονίκη την Άνοιξη και το Φθινόπωρο. Όπως δείχνουν οι μετρήσεις η σκόνη κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου εντοπίζεται σε ύψη 2-3 Km πάνω από το έδαφος. Η σκόνη της ερήμου επιδρά σημαντικά τόσο στην ποιότητα του αέρα της περιοχής όσο και στο κλίμα της.

Για την ανάλυση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν επικουρικά δορυφορικές εικόνες και εργασία ανάλυσης των επικρατούντων μετεωρολογικών συνθηκών.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: αφρικανική σκόνη, lidar, laser, μετεωρολογικές συνθήκες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή μελετούμε τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας είτε ως ανθρωπογενείς ρύπους, είτε είναι σωματίδια που προήλθαν από την αφρικανική σκόνη. Γίνεται επίσης παρουσίαση της αρχή λειτουργίας της διάταξης lidar (light detection and ranging) με την οποία μελετώνται τα προαναφερθέντα φαινόμενα.

Το φαινόμενο της μεταφοράς σκόνης από την Αφρική είναι σημαντικό τόσο για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην νοτιοανατολική Μεσόγειο όσο και για την ανθρώπινη υγεία. Σε ημέρες με υψηλή θερμοκρασία και σχετικά υψηλή υγρασία η ποιότητα του αέρα πάνω από αστικά κέντρα πολλές φορές φτάνει σε βλαβερά επίπεδα με κύριο πρωταγωνιστή τα αιωρούμενα σωματίδια (THE NEW WORLD ORDER

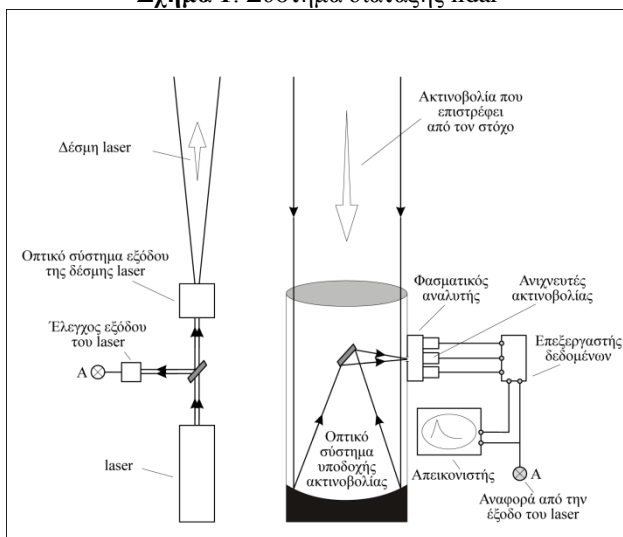
,SUN_files ,2011). Επίσης προκαλείται πρόβλημα στις αερομεταφορές καθώς τα σωματίδια μπορούν να απειλήσουν την ασφάλεια των αεροπορικών πτήσεων αφού μερικές φορές μειώνεται η ορατότητα πάνω από ρυπασμένες περιοχές .

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ LIDAR

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές lidar για την τηλεπισκόπηση ατμοσφαιρικών παραμέτρων οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικές αλληλεπιδράσεις της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας και των διάφορων συστατικών της ατμόσφαιρας. Μια δέσμη laser αλληλεπιδρά με την ύλη που συναντά (σκεδαάζεται) και επιστρέφει πίσω σε κατάλληλη υποδοχή. Εκεί, μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Τα δεδομένα που μεταφέρει επεξεργάζονται ηλεκτρονικά και απεικονίζονται σε διαγράμματα με τη βοήθεια Η/Υ (Ε. Γιαννακάκη ,2009).

Το σύστημα lidar που μελετήθηκε αποτελείται από 5 βασικά υποσυστήματα: 1) έναν εκπομπό, ο οποίος συνήθως είναι ένα παλμικό laser, 2) μια διάταξη οπτικών για την εκπομπή της δέσμης, 3) ένα οπτικό σύστημα υποδοχής της ακτινοβολίας που οπισθοσκεδαάζεται, 4) έναν ανιχνευτή και 5) ένα ηλεκτρονικό σύστημα για την επεξεργασία απεικόνιση και αποθήκευση των μετρήσεων (Ελίνα Γιαννακάκη ,2009). Στο σχήμα 1 φαίνεται η μονάδα εξόδου της δέσμης Laser καθώς και η μονάδα υποδοχής της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας.

Σχήμα 1: Σύστημα διάταξης lidar



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ :

Η πειραματική διαδικασία εκτελέστηκε στο Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης σε βραδινές ώρες .

Για την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε διάταξη LIDAR με την οποία είναι δυνατόν να μετρηθούν τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Την ημέρα του

πειράματος παρατηρήσαμε κυρίως σωματίδια από την αστική ρύπανση καθώς και ένα μικρό σύννεφο αφρικανικής σκόνης που υπήρχε τότε πάνω από την πόλη. Χρησιμοποιούμε επίσης αποτελέσματα μετρήσεων, που έγιναν παλαιότερα σε μέρες που υπήρχε αφρικανική σκόνη πάνω από την πόλη.

Η πειραματική διαδικασία υλοποιήθηκε με τον εξής τρόπο :

Αρχικά μέσω της διάταξης LIDAR εκπέμφθηκαν δύο δέσμες φωτός στην ατμόσφαιρα. Μία πράσινη δέσμη (ορατή ακτινοβολία) μήκους κύματος 532nm και μία μη ορατή δέσμη (υπεριώδης ακτινοβολία) μήκους κύματος 355nm. Τα δύο μήκη κύματος διαφέρουν ως προς τις μετρήσεις για λόγους που αναφέρονται στην συνέχεια .

Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας των LIDAR, η δέσμη που στέλνουμε στην ατμόσφαιρα προσκρούει στα σωματίδια της ατμόσφαιρας και οπισθοσκεδαζόμενη ένα μέρος της επιστρέφει πίσω. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα είναι πολλοί. Αυτοί σχετίζονται κυρίως με το είδος των σωματιδίων της ατμόσφαιρας. Τα σωματίδια ποικίλουν από τόπο σε τόπο, τόσο σε αριθμό ,όσο και σε σύσταση και μέγεθος. Για παράδειγμα τα σωματίδια δεν έχουν όλα την ίδια ακτίνα. Συνήθως παρατηρούνται σωματίδια με ακτίνα 500-700 nm. Το μέγεθος ενός σωματιδίου παίζει σημαντικό ρόλο στις μετρήσεις. Όταν το μέγεθος των σωματιδίων και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι παρόμοιας τάξης μεγέθους η φασματική εξάρτηση της έντασης της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας ποικίλει και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντλήσουμε πληροφορίες για το μέγεθος των σωματιδίων από 50nm μέχρι και μερικά μm.(Ε. Γιαννακάκη, 2009).

Η υπεριώδης ακτινοβολία όπως ειπώθηκε ,έχει μικρότερο μήκος κύματος από την ορατή, άρα μεγαλύτερη ενέργεια, για αυτό και η οπισθοσκεδαζόμενη ακτινοβολία στο UV είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την ορατή όταν και οι δύο προσπίπτουν σε ένα σωματίδιο. (Δ. Μπαλής, προφορικό μάθημα,2011). Πολλές φορές μπορεί να παρατηρηθεί και το φαινόμενο της απορρόφησης της δέσμης από το σωματίδιο.

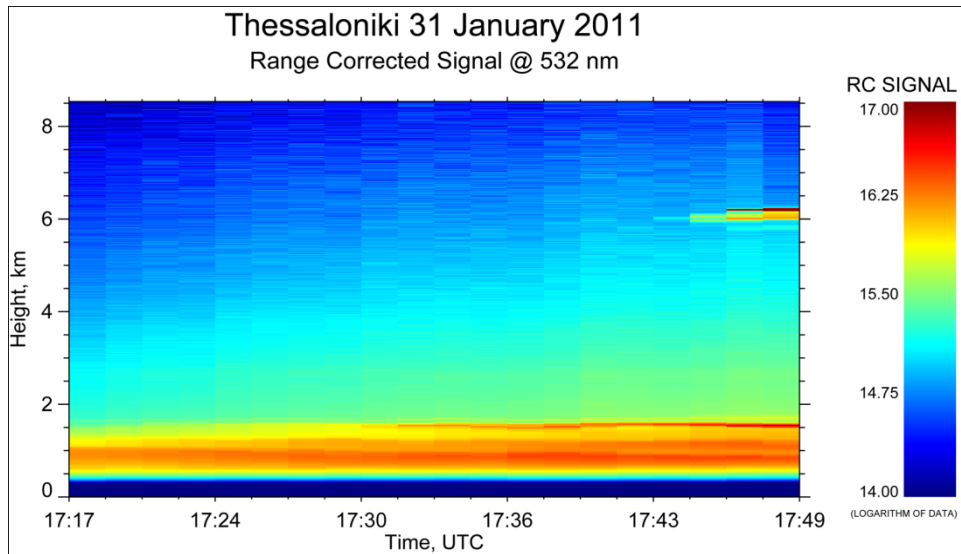
Τα σωματίδια μπορούν να βρίσκονται σε διαφορετικά ύψη και να ποικίλουν σε αριθμό σε κάθε ύψος. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο το lidar είναι φτιαγμένο έτσι λειτουργικά ,ώστε να λαμβάνουμε μετρήσεις από διαφορετικά ύψη .Όταν εκπέμπεται η δέσμη φωτός στην ατμόσφαιρα σχεδόν στιγμιαία το σύστημα ανίχνευσης κάνει πολύ γρήγορη δειγματοληψία (σε εκατομμυριοστά του δευτερολέπτου) και κάθε φορά λαμβάνει φως από 15 m πιο ψηλά (Δ. Μπαλής, προφορικό μάθημα). Με αυτόν τον τρόπο έχουμε μετρήσεις από διαφορετικά ύψη.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η παρατήρηση των αιωρούμενων σωματιδίων στις 31-1-2011

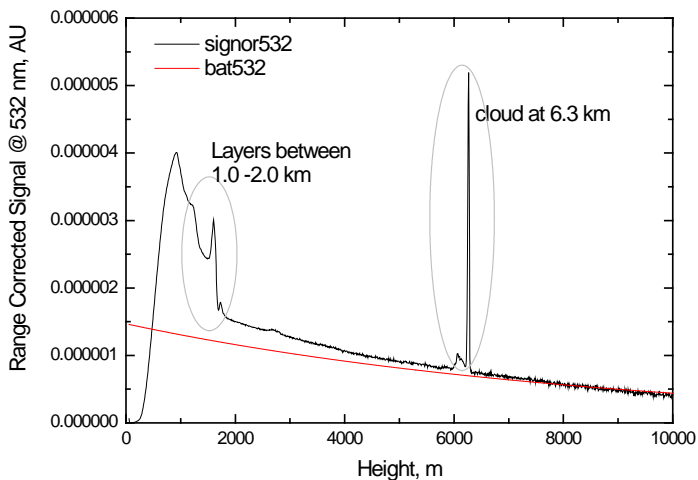
Στο σχήμα 2 βλέπουμε την ανάλυση των ρύπων ,που μετρήσαμε στη διάρκεια του πειράματος μας (DREAM MODEL). Στο σχήμα φαίνεται τα η κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων καθ' ύψος σε σχέση με το χρόνο. Τα αποτελέσματα αυτά βασίζονται στην οπισθοσκέδαση της ακτινοβολίας των 532nm (πράσινη ακτινοβολία). Σύμφωνα με την ανάλυση υπάρχει ένα μεγάλος αριθμός σωματιδίων πάνω από την Θεσσαλονίκη από την αρχή της μέτρησης μέχρι και το τέλος μέχρι περίπου τα 2 χιλιόμετρα .Εμφανίζεται, επίσης, σε ύψος 6 Km ένα μικρό σύννεφο αφρικανικής σκόνης. Το φαινόμενο παρατηρείται περίπου στις 17:43 το απόγευμα. Τόσο τα αστικά σωματίδια όσο και το σύννεφο σκόνης παριστάνονται με το κίτρινο χρώμα .

Σχήμα 2 : Κατανομή των σωματιδίων καθ' ύψος κατά την διάρκεια της μέτρησης από τις 17:17 έως τις 17:49 .



Στο Σχήμα 3 υπάρχει ένα διάγραμμα το οποίο αναφέρεται στην ίδια μέτρηση .Όπως στο προηγούμενο έτσι και σ' αυτό ,σε ύψος 1-2 km εμφανίζονται διάφοροι ρύποι και απεικονίζονται με την καμπύλη γραμμή στον μικρό κύκλο .Το σύννεφο αφρικανικής σκόνης απεικονίζεται με την καμπύλη γραμμή στον μεγαλύτερο κύκλο και φαίνεται κι

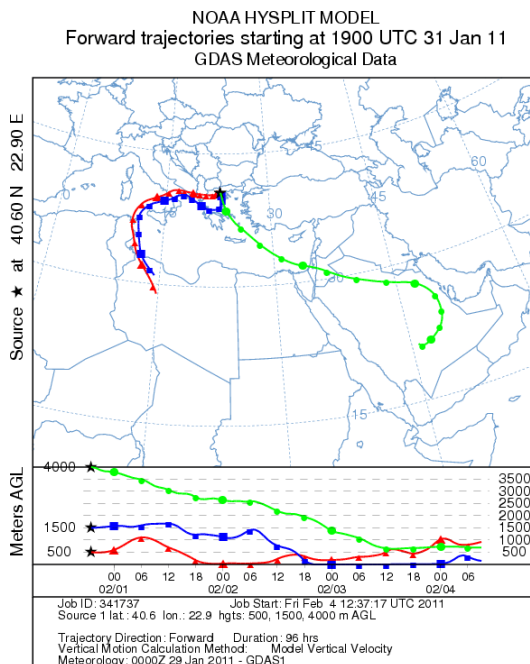
Σχήμα 3 : Γραφική ανάλυση των ρύπων κατά ύψος .



εδώ ότι βρίσκεται στα 6,3Km.

Στο Σχήμα 4 φαίνονται οι εμπροσθοτροχιές των αερίων μαζών που βρέθηκαν πάνω από τη Θεσσαλονίκη την ημέρα της μέτρησης. Οι εμπροσθοτροχιές μας δείχνουν την πορεία που ακολουθούν τα σωματίδια της ατμόσφαιρας τις επόμενες μέρες. Όπως βλέπουμε το μικρό σύννεφο της Αφρικανικής σκόνης κατεβαίνει χαμηλότερα τις επόμενες μέρες και κατευθυνόμενο νοτιοδυτικά καταλήγει στην Ασία (πράσινη γραμμή). Η κόκκινη και η μπλε γραμμή δείχνουν την πορεία των αστικών σωματιδίων τις επόμενες μέρες. Αυτές τις μέρες οι ρύποι βρίσκονται σε ύψος 500 m έως 1500m κατευθύνονται δυτικά προς την Ιταλία και στη συνέχεια κάνοντας στροφή κατευθύνονται νότια και καταλήγουν στην Αφρική.

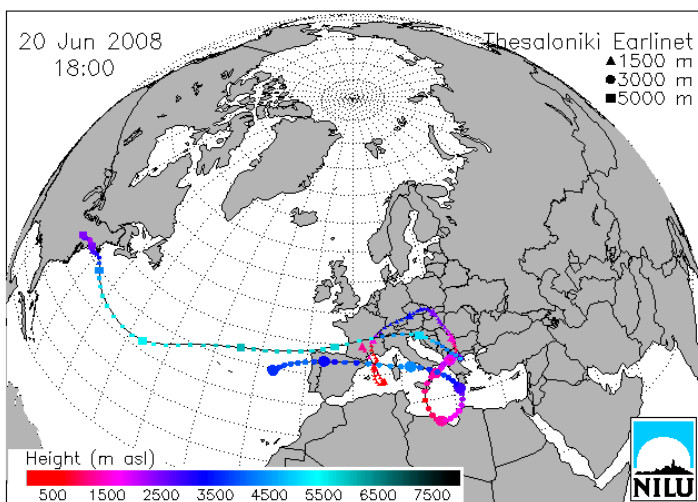
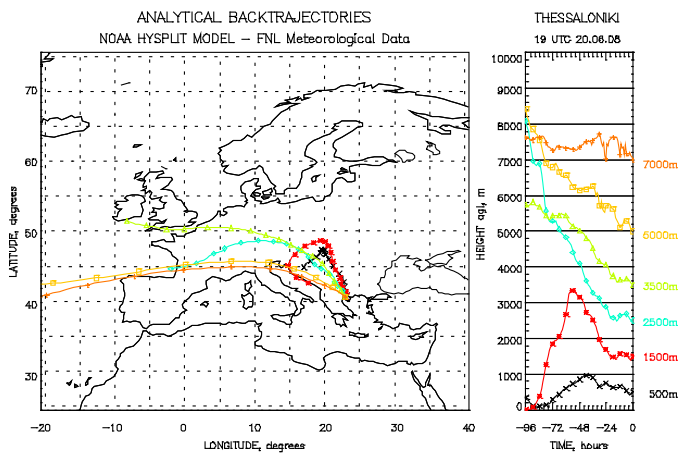
Σχήμα 4 : Αναλυτική περιγραφή των εμπροσθοτροχιών της αφρικανικής σκόνης στις 31 Ιανουαρίου 2011 .



Οι παρατηρήσεις της Αφρικανικής σκόνης στις 24/9/2001 και στις 20/6/2008.

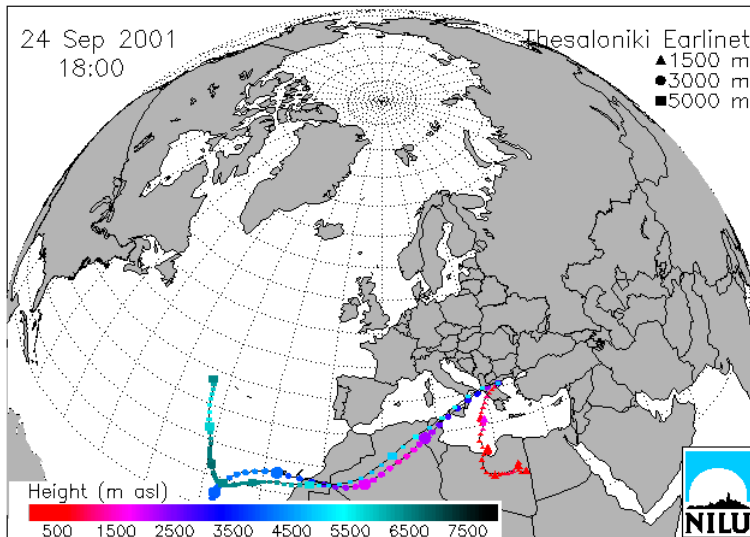
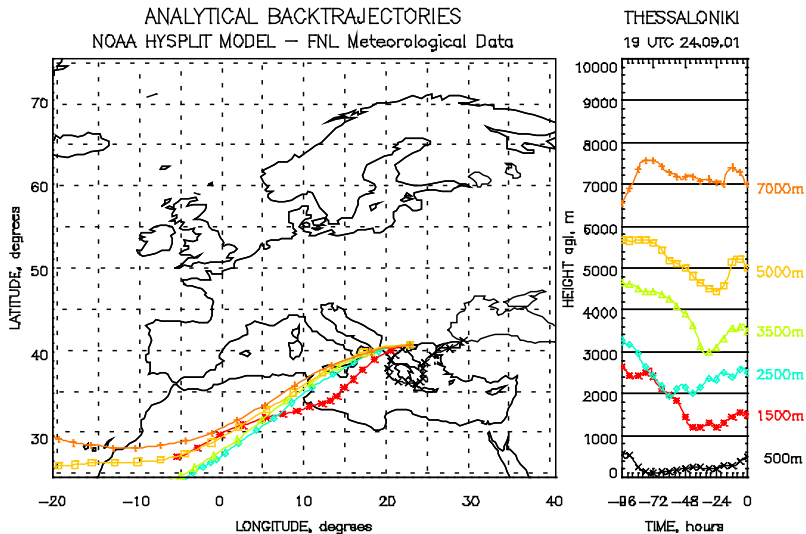
Στις 24 Σεπτεμβρίου 2001 και στις 20 Ιουνίου 2008 παρατηρήθηκε πάνω από την πόλη της Θεσσαλονίκης Αφρικανική σκόνη. Έγινε παρατήρηση της σκόνης με τη βοήθεια του συστήματος LIDAR. Χρησιμοποιήσαμε το μοντέλο (HYSPLIT model) για να δούμε τη πορεία που ακολούθησε η σκόνη πριν φτάσει πάνω από την Θεσσαλονίκη. Στα σχήματα 5 και 6 φαίνονται οι οπισθοτροχιές της σκόνης. Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι στις 20/6/2008 η Αφρικανική σκόνη έφτασε στην Θεσσαλονίκη από τις Βόρειες περιοχές και όχι κατευθείαν από την Σαχάρα.

Σχήμα 5 :Αναλυτική περιγραφή οπισθοτροχιών στις 20.06.08 .



Από την άλλη πλευρά παρατηρούμε ότι η σκόνη που ήταν πάνω από την πόλη στις 24 Σεπτεμβρίου το 2001 ήρθε κατευθείαν από την Αφρική.

Σχήμα 6 : Αναλυτική περιγραφή οπισθοτροχιών στις 24.09.01



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έπειτα από την υλοποίηση της έρευνας και την μελέτη των σχημάτων και πινάκων που βρίσκονται παραπάνω ,καταλήξαμε σε συγκεκριμένα συμπεράσματα όσον αφορά την αφρικανική σκόνη .

Αρχικά διαπιστώθηκε πως η πορεία που ακολουθεί η σκόνη δεν είναι καθορισμένη και δεδομένη .Τα σύννεφα αφρικανικής σκόνης μπορούν να φτάσουν στη πόλη από τα δυτικά η και από τα βόρεια (σχήματα 5,6), και όχι κατευθείαν από τη Σαχάρα όπως πολλοί πιστεύουμε. .Το ίδιο συμβαίνει και με τα σωματίδια ρύπων που βρίσκονται πάνω από την πόλη. Κάποια από αυτά δημιουργούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι εμπροσθοτροχιές (σχήμα 4), μας δείχνουν ότι οι ρύποι αυτοί δεν είναι στατικοί αλλά μετακινούνται με αποτέλεσμα να επηρεάζουν τις ατμοσφαιρικές συνθήκες περιοχών πολύ μακριά. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στην ύπαρξη ανέμων στην ατμόσφαιρα οι οποίοι κινούν την σκόνη αλλά και του ρύπους .

Τα διαγράμματα μας δίνουν μια ακόμα σημαντική πληροφορία σχετική με την κίνηση των σύννεφων σκόνης .Παρατηρούμε ότι (σχήματα 5,6) ,το σύννεφο της σκόνης ή των σωματιδίων κατά την διάρκεια της κίνησης του προς ή από την Θεσσαλονίκη αλλάζει ύψη .Η σκόνη ξεκινάει από ένα υψόμετρο των 500 m και όταν φτάνει στην Θεσσαλονίκη βρίσκεται στα 5500 m. Από την άλλη πλευρά οι ρύποι (σχήμα 4) βρίσκονται σε ύψος 1500 m πάνω από την πόλη και καθώς φεύγουν κατεβαίνουν πιο χαμηλά. Άρα καταλαβαίνουμε πως το σύννεφο δεν μένει ποτέ μόνο σε ένα ατμοσφαιρικό στρώμα μα αλλάζει διαρκώς .

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ, κ. Δημήτριο Μπαλή., καθώς και την συνεργάτιδα του κ. Ελίνα Γιαννακάκη για τον πολύτιμο χρόνο που μας αφιέρωσαν βοηθώντας μας στη διάρκεια του πειράματος αλλά και στην κατανόηση θεμάτων που αφορούσαν την εργασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γιαννακάκη Ε. (2009) ,Μελέτη των οπτικών και φυσικών ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων με την μέθοδο τηλεπισκόπησης laser .

Μπαλής Δ. (2011) ,προφορικό μάθημα στο εργαστήριο φυσικής της ατμόσφαιρας του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης .

New world order, sun_files (2011)

Dream model (2011) , <http://www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM/>

HYSPLIT MODEL (2011) , <http://ready.arl.noaa.gov/htsplit-bin/trajtype.pl?runtype=archive>