

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στην
ατμόσφαιρα της Μεσογείου»**



Μαμμή-Γαλάνη Ελένη

Εξεταστική Επιτροπή:

Λαζαρίδης Μιχάλης (Επιβλέπων Καθηγητής)

Κατσαούνης Αλέξανδρος

Τσούτσος Θεοχάρης

Χανιά, Ιούλιος 2010

«ὥς ἔφατ', οὐδ' ἀπίθησε πατήρ ἀνδρῶν τε θεῶν τε·

αἱματοέσσας δὲ ψιάδας κατέχευεν ἔραζε

παῖδα φίλον τιμῶν»

«Εἶπε, κι ο κύρης των αθάνατων και των θνητῶν το δέχτη,

Και ματερές ψιχάλες έριξε στο χώμα, να τιμήσει

τον ακριβό το γιο του θέλοντας»

Ιλιάδα

Ραψωδία Π στ. 458-460

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μιχάλη Λαζαρίδη για την ανάθεση αυτού του πολύ ενδιαφέροντος θέματος καθώς και για την άριστη συνεργασία μας. Επίσης, ευχαριστώ τους καθηγητές κ. Κατσαούνη Αλέξανδρο και κ. Τσούτσο Θεοχάρη για την αποδοχή τους να αποτελέσουν την εξεταστική μου επιτροπή.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Κοπανάκη Ηλία για την διάθεση των δεδομένων του σταθμού, τις σταθμικές μετρήσεις και τη βοήθεια του σε οτιδήποτε χρειάστηκα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τους φίλους μου για την στήριξη τους και ιδιαίτερα τη φίλη μου Νικολέττα.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης της αφρικανικής σκόνης στην ατμόσφαιρα της Μεσογείου.

Σκοπός της εργασίας είναι η εύρεση και η ανάλυση όλων των επεισοδίων σκόνης που έλαβαν χώρα την επταετία 2004-2010. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης στην περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων. Επιπλέον γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων από σταθμικές μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων που πραγματοποιήθηκαν στο μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης το χρονικό διάστημα 12-19/4/2010.

Αρχικά έγινε εκτενής μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας. Παρατίθενται οι πηγές προέλευσης της σκόνης, η πορεία που ακολουθεί και οι περιοχές που επηρεάζει με έμφαση στην περιοχή της Μεσογείου. Γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων γενικά αλλά και ειδικότερα στα χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων της αφρικανικής σκόνης. Επιπλέον παρατίθενται οι επιδράσεις του φαινομένου στην ανθρώπινη υγεία, στο κλίμα, στους ωκεανούς, στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου, στη χλωρίδα και στην πανίδα και αναλύεται η επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στην αύξηση της συχνότητας των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης. Τέλος γίνεται αναφορά στην περιοχή μελέτης και στα όργανα μέτρησης των μετεωρολογικών παραμέτρων, του όζοντος και των αιωρούμενων σωματιδίων, τόσο του μόνιμου αυτόματου οργάνου FH62 I-R όσο και των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν στις σταθμικές μετρήσεις.

Στη συνέχεια της εργασίας γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων του σταθμού για τον προσδιορισμό των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης για τα έτη 2004-2010 με την ακόλουθη μεθοδολογία. Αρχικά υπολογίστηκαν όλες οι μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις για το σύνολο των ετών και με παρατήρηση βρέθηκαν οι τιμές που ήταν πάνω από τα όρια. Για τις ημέρες που παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο HYSPLIT4 του NOAA των ΗΠΑ, για να βρεθεί η προέλευση των αερίων μαζών (backward trajectory analysis). Επιπλέον για τις ημερομηνίες που βγήκε το συμπέρασμα ότι υπήρχε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης αναζητήθηκε η ύπαρξη δορυφορικών εικόνων, από το όργανο MODIS για την πιστοποίηση του επεισοδίου. Για το 2010 χρησιμοποιήθηκε το προγνωστικό μοντέλο SKIPΩN, του Πανεπιστημίου Αθηνών, για να παρατηρηθεί κατά πόσο υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης. Επιπλέον

υπολογίστηκαν όλες οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις για να βρεθεί ο αριθμός των υπερβάσεων των ορίων ανά έτος και το ποσοστό αυτών που οφειλόταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης.

Τέλος παρουσιάζονται οι σταθμικές μετρήσεις που έλαβαν χώρα στο μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης το χρονικό διάστημα 12-19/4/2010 και γίνεται μια σύγκριση των σταθμικών οργάνων μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων με το αυτόματο όργανο μέτρησης του σταθμού.

Περιεχόμενα

1^ο Κεφάλαιο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
------------------	---

2^ο Κεφάλαιο

2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΗΜΟ ΣΑΧΑΡΑ.....	4
2.1 Η έρημος Σαχάρα	4
2.2 Πηγές προέλευσης της σκόνης	5
2.3 Πορεία της αφρικανικής σκόνης	7
2.4 Μεταφορά της σκόνης πάνω από τη Μεσόγειο	9
2.5 Χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων της αφρικανικής σκόνης.....	10
2.6 Επίδρασεις της αφρικανικής σκόνης.....	11
<u>2.6.1</u> Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στην ανθρώπινη υγεία	11
2.6.1.1 Ελεύθερα σωματίδια ή σωματίδια που έχουν συσσωματωθεί με ρύπους	11
2.6.1.2 Βιοαεροζόλ	13
<u>2.6.2</u> Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στο κλίμα	17
<u>2.6.3</u> Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στους ωκεανούς	19
<u>2.6.4</u> Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου.....	21
<u>2.6.5</u> Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στη χλωρίδα και στην πανίδα	22
2.7 Επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στην αύξηση των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης.....	23

3^ο Κεφάλαιο

3. ΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ.....	25
3.1 Ορισμός και κατηγοριοποίηση	25
3.2 Μορφές αιωρούμενων σωματιδίων	27

3.3	Πηγές εκπομπής των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και μηχανισμοί απομάκρυνσης	28
3.4	Κατανομή μεγέθους σωματιδίων (Size distribution).....	29
3.5	Νομοθεσία.....	31
4 ^ο Κεφάλαιο		
4.	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ.....	33
4.1	Περιοχή μελέτης	33
4.2	Όργανα σταθμού.....	34
4.2.1	Όργανα μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων	34
4.2.1.1	Θερμοκρασία – Υγρασία	34
4.2.1.2	Ταχύτητα ανέμου.....	35
4.2.1.2	Διεύθυνση ανέμου	36
4.2.3	Όργανο μέτρησης συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων DUST MONITOR FH 62 I – R	37
4.3.	Σταθμικές μετρήσεις συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων	40
4.3.1.	Όργανο μέτρησης μάζας αιωρούμενων σωματιδίων Andersen Ambient Sampler	40
4.3.2.	Όργανο μέτρησης μάζας αιωρούμενων σωματιδίων Sequential Sampler FH 95 SEQ, THERMO.....	41
5 ^ο Κεφάλαιο		
5.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ	44
5.1	Μεθοδολογία	44
5.2	Εύρεση ρετροπορειών αερίων μαζών με το HYSPLIT MODEL.....	45
5.3	Όργανο λήψης δορυφορικών εικόνων MODIS.....	47
5.4	Το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ (SKIRON MODEL)	48

6° Κεφάλαιο

6. ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2004-2010.....	51
6.1 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2004	51
6.2 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2005	55
6.3 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2006	58
6.4 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2007	61
6.5. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2008	63
6.6. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2009	69
<u>6.7 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2010</u>	721° Κεφάλαιο

7° Κεφάλαιο

7. ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΚΟΝΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2004-2010	85
7.1 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2004.....	85
7.2 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2005.....	89
7.3 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2006.....	93
7.4 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2007.....	99
7.5 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2008.....	104
7.6 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2009.....	108
7.7 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2010.....	112
7.8 Σύγκριση των ετών 2004 - 2010.....	115

8° Κεφάλαιο

8	ΣΤΑΘΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 12/2-19/4/2010	118
8.1	Andersen Ambient Sampler	118
8.2	Sequential Sampler FH 95.....	120
8.3	Σύγκριση των σταθμικών οργάνων και του οργάνου καταγραφής σε πραγματικό χρόνο FH62 I-R	121
8.4	Επεισόδια μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα το διάστημα 12/2-19/4/2010.....	123
9.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	125
	Βιβλιογραφία:	131
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	- 1 -
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	- 4 -

Ευρετήριο εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 2.1: ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΡΗΜΟΥ ΣΑΧΑΡΑ (ΑΝΑΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΠΟ GOOGLE MAP).	4
ΕΙΚΟΝΑ 2.2: ΟΙ ΔΥΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΣΚΟΝΗΣ (ΑΝΑΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΠΟ NASA, AEROSOL INDEX FROM TOMS 1980-1992).	6
ΕΙΚΟΝΑ 2.3: Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΚΑΠΟΙΕΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΟΡΕΙΕΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΔΥΟ ΜΕΛΕΤΕΣ (STUUT Κ.Α. 2008).	8
ΕΙΚΟΝΑ 2.4: ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (ICRP, 1994).	12
ΕΙΚΟΝΑ 2.5: ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗ ΣΚΟΝΗ ΚΑΙ Η ΑΜΕΣΗ ΚΑΙ ΕΜΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΚΛΙΜΑ (ΑΝΑΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΠΟ CARMICHAEL Κ.Α. 2008).	19
ΕΙΚΟΝΑ 2.6: ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ RED TIDES ΔΙΝΕΙ ΑΥΤΟ ΤΟ ΚΟΚΚΙΝΟ ΧΡΩΜΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ. ...	20
ΕΙΚΟΝΑ 2.7: ΚΟΡΑΛΛΙ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΜΥΚΗΤΑ ASPERGILLUS ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ.	21
ΕΙΚΟΝΑ 2.8: Η ΣΥΝΕΧΩΣ ΣΥΡΡΙΚΝΟΥΜΕΝΗ ΛΙΜΝΗ ΤΣΑΝΤ. Α) Η ΛΙΜΝΗ ΤΟ 1960 Β) Η ΛΙΜΝΗ ΤΟ 199 (NASA).	24
ΕΙΚΟΝΑ 3.1: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ PM10 ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ.	26
ΕΙΚΟΝΑ 3.2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ (ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ, 2007).	27
ΕΙΚΟΝΑ 3.3: ΣΧΗΜΑ ΠΗΓΩΝ – ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ (ΑΝΑΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΠΟ IPCC).	29
ΕΙΚΟΝΑ 3.4: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΟΓΚΟΥ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΕΝΤΟΝΗ ΚΙΝΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	30
ΕΙΚΟΝΑ 4.1: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ (ΑΝΑΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΠΟ GOOGLE EARTH).	34
ΕΙΚΟΝΑ 4.2: COMBINED TEMPERATURE/ HUMIDITY SENSOR IN SHELTER 3030 (FRIEDRICHS & CO).	35
ΕΙΚΟΝΑ 4.3: WIND SPEED SENSOR TYPE 4034 (FRIEDRICHS & CO).	36
ΕΙΚΟΝΑ 4.4: Α) WIND DIRECTION SENSOR TYPE 4122(FRIEDRICHS & CO), Β) ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΜΟΙΡΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ	36
ΕΙΚΟΝΑ 4.5: ΑΡΟΑ -360 AMBIENT OZONE MONITOR.	37
ΕΙΚΟΝΑ 4.6: DUST MONITOR FH 62 I – R.	39

ΕΙΚΟΝΑ 4.7: ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ DUST MONITOR FH 62 I – R (ΑΝΑΔΙΑΜΟΡΦΩΜΕΝΗ ΑΠΟ THERMO ESM ANDERSEN)	39
ΕΙΚΟΝΑ 4.8: Α) ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ Β) ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ-ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	40
ΕΙΚΟΝΑ 4.9: Α) ANDERSEN AMBIENT SAMPLER Β) ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ ΚΑΘΕ ΣΤΑΔΙΟΥ	41
ΕΙΚΟΝΑ 4.10: SEQUENTIAL SAMPLER	42
ΕΙΚΟΝΑ 4.11: ΖΥΓΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ SARTORIUS CP 225D	43
ΕΙΚΟΝΑ 5.1: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 9/6/2007 (NASA, MODIS)	47
ΕΙΚΟΝΑ 6.1: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 17/4/2005 (NASA, MODIS)	58
ΕΙΚΟΝΑ 6.2: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ ΣΤΙΣ 17/4/2005.	58
ΕΙΚΟΝΑ 6.3: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 24/2/2009 (NASA, MODIS)	61
ΕΙΚΟΝΑ 6.4: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 23/1/2009 (NASA, MODIS)	72
ΕΙΚΟΝΑ 6.5: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 17/2/2010 (NASA, MODIS)	77
ΕΙΚΟΝΑ 6.6: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 18/2/2010 (NASA, MODIS)	77
ΕΙΚΟΝΑ 6.7: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΙΣ 20/2/2010 (NASA, MODIS)	78
ΕΙΚΟΝΑ 6.8: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΦΑΡΟΥ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ ΣΤΙΣ 8/3/2010.	84
ΕΙΚΟΝΑ 6.9: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΟ ΚΟΥΜ ΚΑΠΙ ΣΤΙΣ 8/3/2010.	84

Ευρετήριο σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 5.1: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ 18/04/2005.	46
ΣΧΗΜΑ 5.2: ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 21/11 ΣΤΙΣ 14:00.	50
ΣΧΗΜΑ 6.1: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM 10 ΚΑΤΑ ΤΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΚΟΝΗΣ ΠΟΥ ΕΛΑΒΑΝ ΧΩΡΑ ΤΟΝ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ ΤΟΥ 2004.	52
ΣΧΗΜΑ 6.2: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 24/02/2004. Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 25/02/2004.	53
ΣΧΗΜΑ 6.3: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 6/02/2004. Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 27/02/2004.	54
ΣΧΗΜΑ 6.4: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 28/02/2004.	54
ΣΧΗΜΑ 6.5: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 28/3/2005.	56
ΣΧΗΜΑ 6.6: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 16/4/2005. Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 17/04/2005.	57
ΣΧΗΜΑ 6.7: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 24/02/2006.	60
ΣΧΗΜΑ 6.8: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 1/11/2007 Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 2/11/2007.	63
ΣΧΗΜΑ 6.9: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ 2/5/2008 Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ 3/5/2008.	68
ΣΧΗΜΑ 6.10: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 30/6/2008.	68
ΣΧΗΜΑ 6.11: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 23/01/2009.	71
ΣΧΗΜΑ 6.12: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 10/02/2010 Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 11/02/2010.	74
ΣΧΗΜΑ 6.13: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM 10 ΚΑΤΑ ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 17-21/2/2010	75
ΣΧΗΜΑ 6.14: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 17/02/2010 Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 18/2/2010.	75
ΣΧΗΜΑ 6.15: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 19/02/2010 Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 21/2/2010.	76
ΣΧΗΜΑ 6.16: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 20/02/2010.	76
ΣΧΗΜΑ 6.17: ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 18/2 ΣΤΙΣ 2:00.	78
ΣΧΗΜΑ 6.18: ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 18/2 ΣΤΙΣ 14:00.	79

ΣΧΗΜΑ 6.19: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 20/2 ΣΤΙΣ 00:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 20/2 ΣΤΙΣ 06:00.....	79
ΣΧΗΜΑ 6.20: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 20/2 ΣΤΙΣ 12:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 20/2 ΣΤΙΣ 18:00.....	80
ΣΧΗΜΑ 6.21: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 21/2 ΣΤΙΣ 00:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 21/2 ΣΤΙΣ 06:00.....	80
ΣΧΗΜΑ 6.22: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 21/2 ΣΤΙΣ 12:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 21/2 ΣΤΙΣ 18:00.....	81
ΣΧΗΜΑ 6.23: ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΙΣ 8/03/2010.	81
ΣΧΗΜΑ 6.24: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 8/3 ΣΤΙΣ 00:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 8/3 ΣΤΙΣ 06:00.....	82
ΣΧΗΜΑ 6.25: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 8/3 ΣΤΙΣ 12:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 8/3 ΣΤΙΣ 18:00.....	82
ΣΧΗΜΑ 6.26: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 9/3 ΣΤΙΣ 00:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 9/3 ΣΤΙΣ 06:00.....	83
ΣΧΗΜΑ 6.27: Α) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 9/3 ΣΤΙΣ 12:00 Β) ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΚΙΡΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ 9/3 ΣΤΙΣ 18:00.....	83
ΣΧΗΜΑ 7.1: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ ΓΙΑ ΤΟ 2004.....	86
ΣΧΗΜΑ 7.2: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΤΟ 2004.	87
ΣΧΗΜΑ 7.3: ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2004.	88
ΣΧΗΜΑ 7.4: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ ΓΙΑ ΤΟ 2005.....	90
ΣΧΗΜΑ 7.5: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΤΟ 2005.	91
ΣΧΗΜΑ 7.6 : ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2005.	91
ΣΧΗΜΑ 7.7: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2005.	93
ΣΧΗΜΑ 7.8: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ.	94
ΣΧΗΜΑ 7.9: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΤΟ 2006.	95
ΣΧΗΜΑ 7.10: : ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2006.	96
ΣΧΗΜΑ 7.11: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 2.5 ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2006.	98
ΣΧΗΜΑ 7.12: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 10 ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2006.	98

ΣΧΗΜΑ 7.13: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ.....	100
ΣΧΗΜΑ 7.14: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΤΟ 2007.....	101
ΣΧΗΜΑ 7.15: ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 2.5 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2007.	102
ΣΧΗΜΑ 7.16: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 10 ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007.	103
ΣΧΗΜΑ 7.17: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 2.5 ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007.....	103
ΣΧΗΜΑ 7.18: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ.....	105
ΣΧΗΜΑ 7.19: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 10 ΤΟ 2008.	106
ΣΧΗΜΑ 7.20: ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 10 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2008.	107
ΣΧΗΜΑ 7.21: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 10 ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2008.	108
ΣΧΗΜΑ 7.22: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ.....	109
ΣΧΗΜΑ 7.23: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 10 ΤΟ 2009.	110
ΣΧΗΜΑ 7.24: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 10 ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009.	112
ΣΧΗΜΑ 7.25: ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΑΝΑ ΜΗΝΑ.....	113
ΣΧΗΜΑ 7.26: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 10 ΤΟ 2010.....	114
ΣΧΗΜΑ 7.27: ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΤΩΝ PM 10 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2008.....	114
ΣΧΗΜΑ 7.28: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 10 ΓΙΑ ΤΟ 2010.....	115
ΣΧΗΜΑ 8.1: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM 2.1 ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 12/4/2010 ΜΕ 19/4/2010.	119
ΣΧΗΜΑ 8.2: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM 10 ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 12/4/2010 ΜΕ 19/4/2010.	119
ΣΧΗΜΑ 8.3: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ PM 10 ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 12/4/2010 ΜΕ 19/4/2010.	120
ΣΧΗΜΑ 8.4: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ PM 10 ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	121
ΣΧΗΜΑ 8.5: ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ SEQUENTIAL ΜΕ FH62I-R.	122
ΣΧΗΜΑ 8.6: Α) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ 16/04/2010 Β) ΡΕΤΡΟΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ 18/04/2010.	124

Ευρετήριο πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ (KELLOGG Κ.Α. 2006)	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΌΡΙΑ ΓΙΑ PM ₁₀ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΟΔΗΓΙΕΣ 1999/30/ΕΚ ΚΑΙ 96/62/ΕΚ.....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2: ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΥΓΕΙΑΣ (WHO GUIDELINES).....	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2004.....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2005.....	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2006.....	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2007.....	62
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2008.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6: ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 22-17 ΙΟΥΝΙΟΥ.....	66
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2009.....	69
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8: ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2010.....	72
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ 2004.....	86
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟ 2004	87
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ.....	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2005.....	89
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ PM _{2.5} ΤΟ ΕΤΟΣ 2005.....	90
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 2005.	92
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2006.....	94
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ PM _{2.5} ΤΟ ΕΤΟΣ 2006.....	95
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.9: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ PM ₁₀ ΤΟ ΕΤΟΣ 2006.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.10: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 2006.	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2007.	99
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.12: ΠΙΝΑΚΑΣ 7.13: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2007. ...	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.14: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 2007.	102
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.15: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2008.	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.16: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2008.....	105
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.17: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 2008.	107

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.18: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2009.	109
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.19: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2009.	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.20: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 2009.	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.21: ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΦΡΙΚΑΝΙΚΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΟ 2010.	112
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.22: ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2010.	113
ΠΙΝΑΚΑΣ 7.23: ΜΕΣΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 2010.	115
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1: ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΡΜ 10 ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ (ΜΕ ΚΟΚΚΙΝΟ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΕΣ)	121

1^ο Κεφάλαιο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρά τις προσπάθειες που έχουν γίνει από διάφορες χώρες για την μείωση των εκπομπών των ρύπων, η ποιότητα του αέρα σε πολλές Ευρωπαϊκές περιοχές απέχει πολύ από τις κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας αλλά, σε πολλές περιπτώσεις και από τα όρια που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Η χημική σύσταση της ατμόσφαιρας προσδιορίζεται από μια δυναμική ισορροπία, η οποία οφείλεται σε μια πολύπλοκη αλληλουχία φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Η πολυπλοκότητα του προβλήματος δημιουργεί εμπόδια στον σχεδιασμό αποτελεσματικών και οικονομικά εφικτών στρατηγικών ελέγχου της ρύπανσης. Πολλοί ατμοσφαιρικοί ρύποι έχουν μικρούς χρόνους παραμονής στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα οι επιπτώσεις του να περιορίζονται σε τοπικό επίπεδο. Κατά συνέπεια μέχρι πριν λίγες δεκαετίες, η έρευνα με θέματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης εστιαζόταν σε προβλήματα τοπικής κλίμακας, όπου εμφανίζονται και οι μέγιστες συγκεντρώσεις. Παρόλα αυτά πολλοί ατμοσφαιρικοί ρύποι έχουν μεγαλύτερους χρόνους παραμονής στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτή η μεταφορά των ρύπων ονομάζεται διασυννοριακή ρύπανση και μια πηγή τέτοιας ρύπανσης είναι η Σαχάρα που είναι το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Σύμφωνα με το πρόγραμμα συνεργασίας για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της μεγάλης κλίμακας μεταφοράς των αερίων ρύπων στην Ευρώπη (EMEP) η ποσοστιαία συμμετοχή της διασυννοριακά μεταφερόμενης ρύπανσης πρωτογενών αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου μέχρι 2.5μm στην Ελλάδα φτάνει το 45% (Ασσαέλ κ.ά. 2009)

Συνολικά υπολογίζεται ότι παγκοσμίως η σκόνη που κυκλοφορεί στην ατμόσφαιρα φτάνει το 1 δισεκατομμύριο τόνους το χρόνο. Η κατάσταση επιδεινώνεται με την αποψίλωση των δασών και τη θέρμανση του πλανήτη, που επιφέρουν κλιματικές αλλαγές, με αποτέλεσμα τη μείωση των βροχών σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Η έρημος Σαχάρα είναι η μεγαλύτερη πηγή σωματιδίων σκόνης στον κόσμο και υπολογίζεται ότι περίπου 220 εκατομμύρια τόνοι σκόνης μεταφέρονται ετησίως με τη βοήθεια του ανέμου προς διάφορες κατευθύνσεις (Mitsakou κ.ά. 2008).

Το φαινόμενο μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα υπήρχε από την αρχαιότητα. Σύμφωνα με τον καθηγητή Andrew Goudie η πρώτη αναφορά στο φαινόμενο της λασποβροχής, με μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα, στον ελληνικό χώρο πρέπει να

αποδοθεί στον Όμηρο (Goudie κ.ά. 2001). Στην Ιλιάδα γίνεται λόγος για «ματωμένες σταγόνες» (αίματοέσσας ψιάδας) που έριξε ο Δίας για να εκδικηθεί το σκοτωμό ενός από τους γιους του, του Σαρπηδόνα, από τον Πάτροκλο (Ιλιάδα, Ραψωδία Π στ.458-460).

Παρόλο που το φαινόμενο υπήρχε από την αρχαιότητα δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Τις τελευταίες δεκαετίες άρχισε να απασχολεί ιδιαίτερα την επιστημονική κοινότητα το φαινόμενο αυτό λόγω των επιδράσεων του στην ανθρώπινη υγεία και το κλίμα. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 άρχισε η παρατήρηση και ανάλυση ατμοσφαιρικών φαινομένων σε παγκόσμια κλίμακα. Σε αυτό βοήθησε η ανάπτυξη της τεχνολογίας καθώς στις παρατηρήσεις χρησιμοποιήθηκαν πολλοί δορυφορικοί δέκτες όπως ο TOMS (NASA). Η τηλεπισκόπηση της ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με την ανάπτυξη του επίγειου δικτύου μετρήσεων, επιτρέπει σήμερα την ύπαρξη ενός αναπτυγμένου παγκόσμιου συστήματος παρακολούθησης των εκπομπών και της μεταφοράς της σκόνης. Είναι δυνατή η χωρική και χρονική ανάλυση της μεταφερόμενης σκόνης κι έτσι κατασκευάστηκαν επιχειρησιακά μοντέλα που μας δίνουν πληροφορίες πρόβλεψης και εξέλιξης επεισοδίων μεταφοράς σκόνης όπως το μοντέλο του Πανεπιστημίου Αθηνών «ΣΚΙΡΩΝ».

Η σκόνη από τη Σαχάρα μεταφέρεται με τη βοήθεια του ανέμου προς τρεις κατευθύνσεις: δυτικά φτάνει στη Βόρεια και Νότια Αμερική, βόρεια στη νότια Ευρώπη και κάποιες φορές έχει φτάσει μέχρι την Σκανδιναβία και ανατολικά κατευθύνεται προς την Μέση Ανατολή. Οι περισσότερες μελέτες για την ανάλυση και κατανόηση του φαινομένου καθώς και για τις ποικίλες επιδράσεις του έχουν γίνει στην Αμερική (Kellogg κ.ά. 2003, 2004 και 2006· Griffin κ.ά. 2001 κ 2006· Gyan K κ.ά 2005). Όσον αφορά την περιοχή της Μεσογείου, πιο συστηματικά έχει μελετηθεί η περιοχή της Δυτικής Μεσογείου (Rodriguez κ.ά., 2002· Querol κ.ά., 2004). Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου έχει μελετηθεί περιστασιακά (Mitsakou κ.ά. 2008 Kallos κ.ά. 1999) και η είναι αναγκαία η διεξαγωγή περεταίρω μελέτης, λόγω των συχνών επεισοδίων μεταφοράς σκόνης, που αυξάνουν ιδιαίτερα τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων με αποτέλεσμα να γίνεται συχνά υπέρβαση του θεσπισμένου ορίου.

Είναι η αναγκαία η μελέτη του φαινομένου μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα λόγω των πολλών επιδράσεων του, οι οποίες είναι θετικές και αρνητικές, και λόγω της αύξησης της συχνότητας του τα τελευταία χρόνια. Τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης επιδρούν στην ανθρώπινη υγεία προκαλώντας καρδιακά και αναπνευστικά προβλήματα στις ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού και μεταφέροντας μικροοργανισμούς. Επιπλέον η μεταφορά σκόνης επιδρά στο κλίμα άμεσα και έμμεσα και εμπλουτίζει τους ωκεανούς και το τροπικό δάσος του Αμαζονίου με θρεπτικά συστατικά. Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει

συντελέσει στην αύξηση των επεισοδίων σκόνης τόσο προκαλώντας αλλαγές στο κλίμα όσο και με την κακή χρήση γης που οδηγεί σε ερημοποίηση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην περιοχή του Ακρωτηρίου Χανίων. Στην Κρήτη γενικότερα καταγράφονται υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων αν και είναι μία περιοχή στην οποία οι ανθρώπινες δραστηριότητες με αξιοσημείωτες εκπομπές δεν είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες. Στις υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων συνεισφέρουν η μεταφορά σκόνης από την Αφρική, οι ρυπογόνες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην Βόρεια Ευρώπη καθώς και η ύπαρξη της θάλασσας (παραγωγή θαλάσσιων αεροζόλ).

Η εργασία αυτή εστιάζει στη μεταφορά σκόνης από την έρημο Σαχάρα. Με τη χρήση των δεδομένων από τον μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης, που ανήκει στο εργαστήριο ατμοσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, επιχειρείται η εύρεση και η ανάλυση όλων των επεισοδίων σκόνης που έλαβαν χώρα την επταετία 2004-2010. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται για τις ημέρες που παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις το μοντέλο HYSPLIT4 του NOAA των ΗΠΑ, για την εύρεση της προέλευσης των αερίων μαζών (backward trajectory analysis). Επίσης έγινε αναζήτηση δορυφορικών εικόνων, από το όργανο MODIS της NASA, για την πιστοποίηση των επεισοδίων και επιπλέον για το 2010 χρησιμοποιείται το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ, του Πανεπιστημίου Αθηνών για να διαπιστωθεί κατά πόσο υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης. Τέλος υπολογίζονται όλες οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις για να βρεθεί ο αριθμός των υπερβάσεων των ορίων ανά έτος και το ποσοστό αυτών που οφείλεται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης.

Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν σταθμικές μετρήσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στο μετεωρολογικό σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης το χρονικό διάστημα 12-19/4/2010 και γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους καθώς και σύγκριση τους με το αυτόματο όργανο μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων FH62I-R.

2^ο Κεφάλαιο

2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΗΜΟ ΣΑΧΑΡΑ

2.1 Η έρημος Σαχάρα

Η Σαχάρα είναι η μεγαλύτερη μη πολική έρημος της γης και καλύπτει επιφάνεια $9 \times 10^6 \text{ Km}^2$. Καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της βορείου Αφρικής και εκτείνεται από την ερυθρά θάλασσα μέχρι τον ατλαντικό ωκεανό συμπεριλαμβανομένων των παράλιων της μεσογείου. Οι χώρες οι οποίες καλύπτει ολόκληρες ή μέρος τους, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.1 είναι: η Τυνησία, το Μαρόκο, το Σουδάν, η Μαυριτανία, το Μαλί, η Αλγερία, η Λιβύη, το Τσαντ, η Νιγηρία και τη Δυτική Σαχάρα.



Εικόνα 2.1: Τα όρια της ερήμου Σαχάρα (αναδιαμορφωμένη από google map).

Το μισό περίπου τμήμα της Σαχάρα δέχεται μόνο 20mm ύψος βροχής ετησίως ενώ το υπόλοιπο δέχεται μέχρι 10cm το χρόνο. Υπάρχουν περιοχές που μπορεί να μην έχει βρέξει για δέκα χρόνια. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, τη μέρα η θερμοκρασία ανεβαίνει στους 45 °C ενώ το βράδυ πέφτει κάτω από το μηδέν. Η Σαχάρα είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια στον κόσμο (περίπου 4.300 ώρες το χρόνο) και

αυτό σε συνδυασμό με τις ελάχιστες βροχοπτώσεις έχει ως συνέπεια η περιοχή αυτή να είναι ιδιαίτερα ξηρή.

Η Σαχάρα είναι η μεγαλύτερη πηγή σωματιδίων σκόνης στον κόσμο και υπολογίζεται ότι περίπου 220 εκατομμύρια τόνοι σκόνης μεταφέρονται ετησίως με τη βοήθεια του ανέμου προς διάφορες κατευθύνσεις. Για να έχουμε ανύψωση της σκόνης πρέπει η ταχύτητα του ανέμου να ξεπεράσει ένα όριο. Το όριο αυτό είναι ανάλογο κάποιων παραμέτρων όπως η τραχύτητα της επιφάνειας του εδάφους, το μέγεθος των κόκκων άμμου, η υγρασία του εδάφους και αν καλύπτεται από φυτά. Η ταχύτητα του ανέμου για να έχουμε ανύψωση της σκόνης στην περιοχή της Σαχάρα πρέπει να είναι 8m/s κατά μέσο όρο και κυμαίνεται από 5m/s έως 12m/s (Engelstaedter κ.ά. 2006).

2.2 Πηγές προέλευσης της σκόνης

Είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστεί από ποιες ακριβώς περιοχές της ερήμου Σαχάρα γίνεται η ανύψωση της σκόνης που μεταφέρεται προς τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις. Μπορούμε να πούμε ότι από όλη την έκταση της Σαχάρα έχουμε μεταφορά σκόνης αλλά υπάρχουν κάποιες περιοχές από τις οποίες οι ποσότητες σκόνης που μεταφέρονται είναι πολύ μεγαλύτερες.

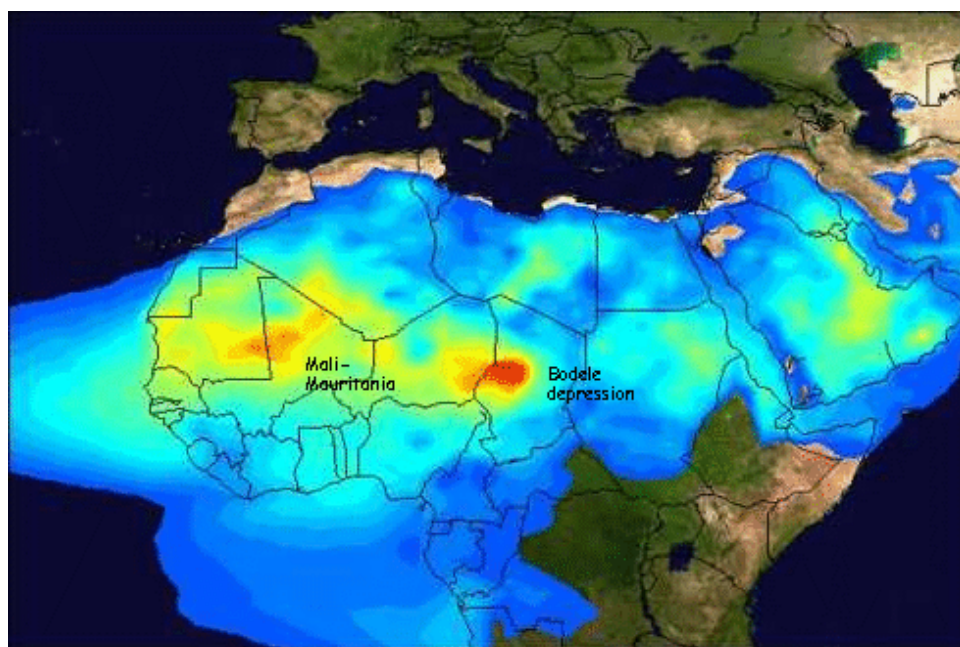
Κάποιες από τις βασικές πηγές, οι οποίες εντοπίστηκαν μέσω του δορυφόρου TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) που μπορεί να ανιχνεύσει τα αιωρούμενα σωματίδια που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, είναι οι εξής (Prospero κ.ά. 2001):

- Τυνησία και βορειοανατολική Αλγερία: η πιο έντονη δραστηριότητα ξεκινά τον Απρίλιο-Μάιο και εντείνεται Αύγουστο - Σεπτέμβριο
- Ανατολική Λιβύη: αυτή η πηγή είναι ενεργή όλο το χρόνο αλλά η δραστηριότητα της εντείνεται από το Μάιο ως τον Ιούνιο
- Αίγυπτος: παρουσιάζει έντονη δραστηριότητα από τον Μάρτιο ως τον Οκτώβριο
- Σουδάν και τα υψίπεδα της Αιθιοπίας: μέγιστη δραστηριότητα από Μάιο μέχρι Ιούλιο
- Μαυριτανία και τη Δυτική Σαχάρα: πιο έντονη δραστηριότητα από Ιανουάριο μέχρι Μάιο
- Μαλί, Μαυριτανία: τους θερινούς μήνες υπάρχει πολύ έντονη δραστηριότητα
- Λίμνη Τσαντ και «Bodele Depression»: η πηγή με την μεγαλύτερη δραστηριότητα στον κόσμο

(οι πηγές σκόνης βρίσκονται σε τμήματα των χωρών που αναφέρονται παραπάνω)

Παρατηρείται ότι σε όλες τις χώρες που καλύπτει η Σαχάρα υπάρχουν πηγές σκόνης και ότι η πιο έντονη δραστηριότητα είναι τους θερινούς μήνες. Όλες αυτές οι περιοχές είναι περιοχές που δέχονται πολύ λίγες βροχοπτώσεις και έχουν ετήσιο ύψος βροχής κάτω από 200mm. Μορφολογικά αυτές οι περιοχές είναι συνήθως ξηρές λίμνες, λίμνες που περιοδικά έχουν νερό και ξηροί ποταμοί (Engelstaedter κ.ά. 2006).

Η κοιλάδα «Bodele» βρίσκεται ανάμεσα στη λίμνη Τσαντ και τα βουνά «Tibesti» και είναι η πηγή με την πιο έντονη δραστηριότητα στον κόσμο. Υπολογίζεται ότι περίπου η μισή ποσότητα σκόνης που μεταφέρεται από την Αφρική προέρχεται από αυτή την περιοχή. Αυτή η περιοχή δέχεται μόνο 17mm ύψος βροχής το χρόνο γι' αυτό είναι πολύ ξηρή αν και σε εκείνη την περιοχή παλιότερα εκτεινόταν η λίμνη Τσαντ (Goudie κ.ά. 2001). Η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή σκόνης είναι μια περιοχή στα σύνορα του Μαλί με την Μαυριτανία. Στην εικόνα 2.2 φαίνονται οι δύο μεγαλύτερες πηγές σκόνης. Η εικόνα αυτή είναι από τον δορυφόρο TOMS και με κόκκινο είναι οι περιοχές που υπάρχουν περισσότερα αιωρούμενα σωματίδια.



Εικόνα 2.2: Οι δύο βασικές πηγές σκόνης (αναδιαμορφωμένη από Nasa, aerosol index from TOMS 1980-1992).

Στην Μεσόγειο η σκόνη μεταφέρεται κυρίως από την Τυνησία, την Αλγερία, την Λιβύη και την Αίγυπτο ενώ στην δυτική Ευρώπη μεταφέρεται κυρίως από την Αλγερία και το Μαρόκο

2.3 Πορεία της αφρικανικής σκόνης

Η αφρικανική σκόνη μεταφέρεται προς τρεις βασικές κατευθύνσεις: δυτικά περνά πάνω από το βόρειο Ατλαντικό και φτάνει στη Βόρεια και Νότια Αμερική, βόρεια περνά από τη Μεσόγειο και κατευθύνεται προς της νότια Ευρώπη και κάποιες φορές έχει φτάσει μέχρι την Σκανδιναβία και ανατολικά περνά πάνω από την ανατολική Μεσόγειο και κατευθύνεται προς την Μέση Ανατολή. Οι άνεμοι που κατευθύνουν και μεταφέρουν την σκόνη ανήκουν σε διαφορετικά κλίματα και αλλάζουν όνομα ανάλογα με τη περιοχή (Engelstaedter κ.ά. 2006)

Κίνηση προς την Αμερική

Μεγάλος όγκος σκόνης μεταφέρεται κάθε χρόνο πάνω από τον ατλαντικό ωκεανό και φτάνει στην Αμερική. Επεισόδια σκόνης λαμβάνουν χώρα στις ΗΠΑ, στη νότια Αφρική και στην Καραϊβική. Έχει υπολογιστεί ότι περίπου 20 εκατομμύρια τόνοι σκόνης εναποτίθενται στην Καραϊβική κάθε χρόνο. Τα επεισόδια σκόνης σ' αυτή την περιοχή μπορεί να διαρκέσουν μέχρι και δέκα μέρες (Schlatter, κ.ά. 2005). Μεταφορά μεγαλύτερου όγκου σκόνης γίνεται τον Ιούνιο και τον Ιούλιο ενώ μικρότερου από τον Δεκέμβριο μέχρι τον Φεβρουάριο (Prospero 1996) Ποιες είναι συγκεκριμένα οι πηγές της σκόνης που κινείται δυτικά δεν είναι διαπιστωμένο. Σύμφωνα με κάποιες μελέτες η σκόνη αυτή μπορεί να προέρχεται από την Μαυριτανία, το Μαλί και το Μαρόκο.

Κίνηση προς την Ευρώπη:

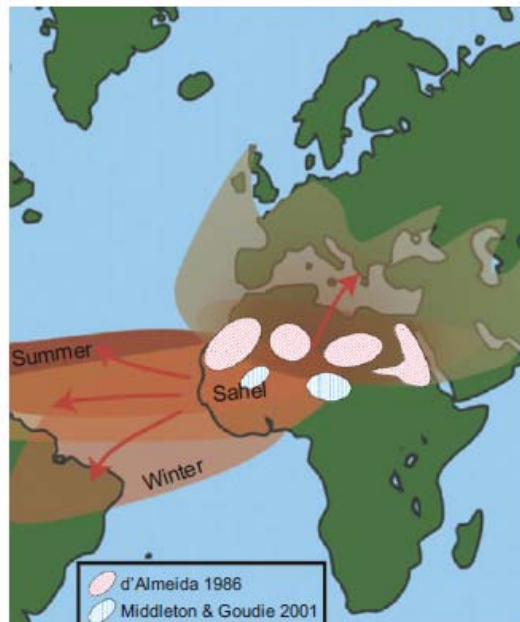
Η αφρικανική σκόνη συχνά εναποτίθεται με τη βοήθεια των βροχοπτώσεων στις χώρες της νότιας Ευρώπης συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Ακόμα και σε αρχαία κείμενα υπάρχουν αναφορές σε «κόκκινες» βροχοπτώσεις κάτι που δείχνει ότι το φαινόμενο αυτό υπήρχε πάντα. Η αφρικανική σκόνη πιο σπάνια μεταφέρεται προς την Βρετανία και την Ολλανδία και έχει φτάσει μέχρι και την Σκανδιναβία. Για παράδειγμα σε ένα επεισόδιο σκόνης τον Μάρτιο του 1991 η σκόνη έφτασε από την Σικελία μέχρι τη

Σουηδία και την Φιλανδία (Burt κ.ά. 1991). Από μελέτες έχει υπολογιστεί ότι κάθε χρόνο 80-120 εκατομμύρια τόνοι σκόνης μεταφέρονται προς αυτή την κατεύθυνση και ότι περίπου 3,9 εκατομμύρια τόνοι εναποτίθενται κάθε χρόνο στη Μεσόγειο θάλασσα. Από μελέτη των ρετροπορειών συμπεραίνεται ότι οι πιο συχνές πηγές από τις οποίες μεταφέρεται η σκόνη προς την Ευρώπη είναι η ανατολική και δυτική Αλγερία, η Τυνησία, η Λιβύη και το Μαρόκο (Goudie κ.ά. 2001). Μεγαλύτερη μεταφορά σκόνης λαμβάνει χώρα από το Μάρτη μέχρι τον Αύγουστο και ελάχιστη μεταφορά έχουμε κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα.

Κίνηση προς την Μέση Ανατολή:

Κίνηση της αφρικανικής σκόνης προς την Μέση Ανατολή παρατηρείται κυρίως κατά τους ανοιξιάτικους μήνες, κάτι που συνδέεται με την κίνηση των χαμηλών βαρομετρικών προς την ανατολή. Η άφιξη της σκόνης στη Μέση ανατολή συνοδεύεται από κρύο και βροχοπτώσεις και τα επεισόδια σκόνης διαρκούν 2-4 μέρες. Η βασική πηγή σκόνης που κατευθύνεται προς την ανατολή είναι η Αλγερία.

Στην εικόνα 2.3 φαίνεται η πορεία της σκόνης προς την Αμερική, την Ευρώπη και την Μέση Ανατολή.



Εικόνα 2.3: Η μεταφορά της σκόνης από κάποιες βασικές πηγές προς τις τρεις πορείες που ακολουθεί σύμφωνα με δύο μελέτες (Stuut κ.ά. 2008).

2.4 Μεταφορά της σκόνης πάνω από τη Μεσόγειο

Μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων αναγνωρίστηκαν τρεις κύριες καταστάσεις, ανάλογα την εποχή, που ευθύνονται για την μεταφορά σκόνης πάνω από τη Μεσόγειο. Την άνοιξη υπάρχουν οι κυκλώνες Sharav οι οποίοι μετακινούνται ανατολικά, κατά μήκος της βόρειας αφρικανικής ακτογραμμής και μεταφέρουν μαζί τους σκόνη στην ανατολική Μεσόγειο. Το καλοκαίρι όμως οι υψηλές πιέσεις πάνω από τη Λιβύη εμποδίζουν την περαιτέρω ανατολική διάδοση των κυκλώνων αυτών και η μεταφορά συντελείται στην κεντρική Μεσόγειο. Στο τέλος του καλοκαιριού οι χαμηλές πιέσεις κοντά στις Βαlearίδες νήσους έχουν ως αποτέλεσμα η μεταφορά σκόνης να γίνεται κυρίως στην δυτική Μεσόγειο (Kaskaoutis κ.ά. 2008).

Η μεταφορά της σκόνης στην Ελλάδα είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ενός βαρομετρικού συστήματος πάνω από τη βορειοδυτική Αφρική και τη δυτική Μεσόγειο και την ταυτόχρονη επικράτηση νοτιοδυτικών ανέμων. Οι συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες εμφανίζονται κυρίως την άνοιξη, γι' αυτό και το φαινόμενο παρουσιάζει έξαρση από αρχές Μαρτίου έως αρχές Ιουνίου.

Στην περιοχή της ανατολικής μεσογείου εντοπίζονται τρεις περίοδοι αύξησης των συγκεντρώσεων της σκόνης στην ατμόσφαιρα. Οι περίοδοι αυτές είναι την άνοιξη (Μάρτιο, Μάιο), το καλοκαίρι (Ιούλιο, Αύγουστο) και το φθινόπωρο (Σεπτέμβριο, Νοέμβριο). Τις περιόδους αυτές έχουμε αισθητές μεταβολές στα μεγέθη των μεταφερόμενων σωματιδίων από τη Σαχάρα. Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο μεταφέρονται σωματίδια των οποίων η αεροδυναμική διάμετρος είναι περίπου $3\mu\text{m}$ ενώ την άνοιξη σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου περίπου $1,5\mu\text{m}$. Οι οπτικές ιδιότητες των σωματιδίων του καλοκαιριού και του φθινοπώρου διαφέρουν από αυτές της άνοιξης. Οι αλλαγές αυτές στις φυσικές και οπτικές ιδιότητες οφείλονται στη μεγάλη ποικιλία στη χημική σύσταση των σωματιδίων της σκόνης, στις διαφορετικές πηγές προέλευσης τους καθώς και στη διαφορετική διαδρομή που ακολουθούν ανά εποχή (Engelstaedter κ.ά. 2006)

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες η μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα μπορεί να είναι υπεύθυνη για το 10-20% των επεισοδίων σωματιδιακής ρύπανσης σε Μεσογειακές χώρες (Goudie κ.ά. 2006). Κατά τη διάρκεια μάλιστα επεισοδίων μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα, η συμμετοχή της μεταφερόμενης σκόνης στα επίπεδα των PM 10 δε Μεσογειακές χώρες μπορεί να ξεπεράσει το 60%.

2.5 Χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων της αφρικανικής σκόνης

Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων ποικίλει ανάλογα με την απόσταση της περιοχής που γίνεται η μελέτη από την πηγή. Τα μεγαλύτερα αιωρούμενα σωματίδια εναποτίθενται κοντά στη πηγή ενώ τα μικρότερα μπορούν να μεταφερθούν μέσω του ανέμου σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Για παράδειγμα σε μελέτη που έγινε στη Νιγηρία (McTainsh κ.ά. 1982) βρέθηκαν σωματίδια που είχαν αεροδυναμική διάμετρο μέχρι και 74μm ενώ τα αιωρούμενα σωματίδια που μεταφέρονται στην Ευρώπη έχουν συνήθως αεροδυναμική διάμετρο 5-30μm, με μεγαλύτερα αυτά που φτάνουν στις χώρες της Μεσογείου και μικρότερα αυτά που φτάνουν στις πιο βόρειες χώρες. Ποια είναι η μέγιστη διάμετρος των σωματιδίων που μεταφέρονται δε γνωρίζουμε αλλά έχουν βρεθεί και σωματίδια με διάμετρο 150μm στις ακτές του Σουδάν (Schroeder κ.ά. 1985).

Τα σωματίδια της αφρικανικής σκόνης που μεταφέρονται χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στα μικρά και στα μεγάλα. Στα μικρά ανήκουν τα σωματίδια με διάμετρο 4 - 8μm (λεπτόκοκκη ιλύς) και 2 - 4μm (πολύ λεπτόκοκκη ιλύς) ενώ στα μεγάλα ανήκουν τα σωματίδια με διάμετρο 16 - 31μm (χονδρόκοκκη ιλύς) και 31 - 62μm (πολύ χονδρόκοκκη ιλύς) (Stuut κ.ά. 2008). Σωματίδια και από τις δύο κατηγορίες μεταφέρονται στη Ευρώπη αλλά τα μεγάλα φτάνουν μόνο μέχρι τις νότιες χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία). Τα μεγάλα σωματίδια είναι αυτά που συνήθως εναποτίθενται με «κόκκινες βροχές» ενώ τα μικρά με λευκές. Φυσικά στο χρώμα της βροχής παίζει ρόλο και η προέλευση της σκόνης καθώς και η σύστασή της. Οι λευκές βροχές είναι αποτέλεσμα εναπόθεσης σωματιδίων που περιέχουν, σε μεγάλο ποσοστό, φώσφορο, κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο, ενώ οι ερυθρές σωματιδίων που περιέχουν πυρίτιο, άργιλο και σίδηρο.

Η σκόνη ανάλογα από την πηγή προέλευσης της αποτελείται από διαφορετικά χημικά στοιχεία. Χαρακτηριστικά μέταλλα που κυριαρχούν στην αφρικανική σκόνη είναι ο χαλαζίας (SiO_2) και το οξείδιο του αργιλίου γνωστό ως αλουμίνα (Al_2O_3). Επίσης περιέχει σημαντικές ποσότητες οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3), οξειδίου του μαγνησίου (MgO) και οξειδίου του ασβεστίου (CaO). Ποσότητες φωσφόρου έχουν επίσης ανιχνευτεί. Το φώσφορο εμπλουτίζει τους ωκεανούς με θρεπτικά συστατικά (Goudie κ.ά. 2001). Ανάλογα με την περιοχή προέλευσης της σκόνης η αναλογία αυτών των στοιχείων είναι διαφορετική. Η σκόνη που προέρχεται από τη βόρειο και δυτική Αφρική αποτελείται κυρίως από ιλλίτη (ορυκτό της αργίλου) ενώ αυτή που προέρχεται από την νότια και κεντρική Αφρική αποτελείται κυρίως από καονίτη (ορυκτό της αργίλου με διαφορετική

σύσταση από τον ιλλίτη) (Caquineau κ.ά. 1998). Επίσης η σκόνη από τη νότια Σαχάρα περιέχει λιγότερα ανθρακικά πετρώματα από ότι η σκόνη της βορείας και κεντρικής Σαχάρας (Sarnthein κ.α 1982). Η σκόνη από τη βασικότερη πηγή, την κοιλάδα «Bode», λόγω του ότι παλιά εκεί εκτεινόταν η λίμνη Τσαντ, αποτελείται κυρίως από διατομίτη.

2.6 Επιδράσεις της αφρικανικής σκόνης

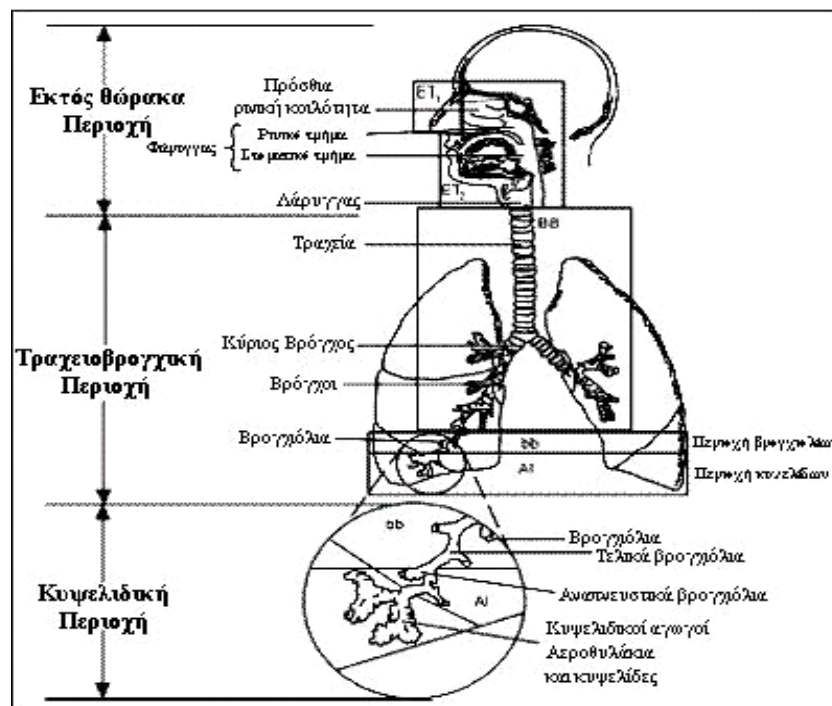
2.6.1 Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στην ανθρώπινη υγεία

Τα σωματίδια της αφρικανικής σκόνης είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία όχι μόνο επειδή είναι εισπνεύσιμα λόγω του μικρού μεγέθους τους αλλά και επειδή ενσωματώνουν ρύπους και βιοαεροζόλ.

2.6.1.1 Ελεύθερα σωματίδια ή σωματίδια που έχουν συσσωματωθεί με ρύπους

Τα σωματίδια που φθάνουν στην Ελλάδα από τη Σαχάρα, είναι τα μικρότερα και ελαφρύτερα, διότι τα μεγαλύτερα, ως βαρύτερα, καθιζάνουν καθοδόν. Το μέγεθος των μικρότερων σωματιδίων είναι της τάξης του ενός μικρομέτρου ή λιγότερο. Αυτό τα καθιστά απόλυτα εισπνεύσιμα και, ως εκ τούτου, επικίνδυνα. Στον άνθρωπο ο καθαρισμός του αέρα πραγματοποιείται μέσω πρόσκρουσης και διασποράς στην πρόσθια ρινική είσοδο και συνεχίζει με φιλτράρισμα των σωματιδίων στο τριχωτό που βρίσκεται πίσω από την είσοδο. Το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου (εικόνα 2.4) αποτελείται από τρία μέρη: την εκτός θώρακα περιοχή (ET), την τραχειοβρογχική περιοχή (TB) και την κυψελιδική περιοχή (AI). (Λαζαρίδης, 2008). Το μεγαλύτερο ποσοστό των αιωρούμενων σωματιδίων παραμένει στην εκτός θώρακα περιοχή και μόνο τα πολύ μικρά σωματίδια μπορούν να φτάσουν στην κυψελιδική περιοχή. Υπολογίζεται ότι το 10% των εισπνεόμενων σωματιδίων εισχωρούν στην κυψελιδική περιοχή (Mitsakou κ.ά. 2008). Τα μικροσωματίδια, εισερχόμενα βαθιά στους πνεύμονες, μπαίνουν στην κυκλοφορία του αίματος και μπορούν να προσβάλουν μέχρι και την καρδιά, προκαλώντας καρδιακή ανεπάρκεια. Εισχωρώντας στον πνεύμονα προκαλούν φλεγμονές και πνευμονική υπέρταση (Prospero κ.ά. 1999). Η ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων που εισπνέεται κατά ένα επεισόδιο σκόνης είναι ίσο με το ποσό που εισπνέεται σε μια πόλη με ρύπανση η σε χώρο καπνίζόντων.

Σύμφωνα με έρευνες κατά τα επεισόδια σκόνης αυξάνονται οι εισαγωγές στα νοσοκομεία ανθρώπων με αναπνευστικά προβλήματα. Σε έρευνα που έγινε σε ένα νησί της Καραϊβικής (Gyan κ.ά. 2005) βρέθηκε ότι το ποσοστό των ανθρώπων που πάσχουν από άσθμα έχει πολλαπλασιαστεί δεκαεφτά φορές εξαιτίας των επεισοδίων σκόνης από την Σαχάρα που φτάνουν στην περιοχή. Περισσότερες πιθανότητες να εμφανίσουν άσθμα έχουν οι ευπαθείς ομάδες, δηλαδή τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι. Τα παιδιά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στα αιωρούμενα σωματίδια της σκόνης επειδή έχουν μικρότερους αεραγωγούς.



Εικόνα 2.4: Ανατομία του αναπνευστικού συστήματος (ICRP, 1994).

Σύμφωνα με μία έρευνα (Patial κ.ά.1999) από την εισπνοή των σωματιδίων της σκόνης από την έρημο μπορεί κάποιος να πάθει πυριτίαση (Silicosis) η οποία εκδηλώνεται με δυσκολία στην αναπνοή, κόπωση και πυρετό και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσει θάνατο. Μία άλλη ασθένεια που προκαλείται από την εισπνοή σωματιδίων σκόνης που προέρχονται από την έρημο είναι η «πνευμονία της ερήμου».

Τα αιωρούμενα σωματίδια στη διαδρομή από την πηγή μέχρι να φτάσουν στην Ελλάδα, συσσωματώνονται με χημικές ρυπαντικές ενώσεις που υπάρχουν στα μεγάλα

αστικά κέντρα με υψηλά επίπεδα ρύπανσης, όπως διάφορα οξείδια με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνα για την υγεία. Σύμφωνα με έρευνα του Πανεπιστημίου Αθηνών, η σκόνη που μεταφέρεται από την Αφρική στην Ελλάδα (Γκοντελίτσας κ.ά.2006) περιέχει εννέα βαρέα μέταλλα: μόλυβδο, αρσενικό, σίδηρο, μαγγάνιο, βανάδιο, νικέλιο, χρώμιο, χαλκό και ψευδάργυρο. Οι ουσίες αυτές θεωρούνται επικίνδυνες για τον ανθρώπινο οργανισμό και ανάλογα με την κατανομή τους πάνω στα συστατικά της σκόνης, έχουν τοξική δράση. Μάλιστα, ο μόλυβδος και το αρσενικό κατέχουν τις δύο πρώτες θέσεις στη λίστα με τις πιο επικίνδυνες ουσίες για τον άνθρωπο. Για την ύπαρξη των επικίνδυνων αυτών χημικών ενώσεων στη μεταφερόμενη σκόνη ευθύνεται, κατά κύριο λόγο, η ανθρωπογενής μόλυνση στη Σαχάρα, όπως η χρήση κάποιων φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες που είναι απαγορευμένα σε Ευρώπη και Αμερική, κίνηση οχημάτων και η απόρριψη αποβλήτων καθώς τα βαρέα μέταλλα που είχαν προσκολληθεί στους κόκκους άμμου υποδήλωναν ότι προέρχονταν από πηγές όπως διάφορα μέταλλα, σκουπίδια, κράματα, δομικά υλικά και από ρυπογόνα φορτία εξατμίσεων και βιομηχανικών καύσεων. Επειδή δεν έχουν φυσική ορυκτή προέλευση θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα και από αυτήν την έρευνα υπολογίστηκε ότι κάθε χρόνο μερικά κιλά βαρέων μετάλλων μεταφέρονται στην ξηρά και στις ελληνικές θάλασσες.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στην Κρήτη (Prokopoulos κ.ά. 2007) είναι πιθανό η ραδιενέργεια από την καταστροφή του Τσερνομπίλ να συσσωματώθηκε στην περιοχή της ερήμου με την άμμο και τα σωματίδια που μεταφέρθηκαν στην Κρήτη κατά τη διάρκεια επεισοδίων σκόνης να ήταν ραδιενεργά με αποτέλεσμα να αυξήσουν τα κρούσματα καρκίνου του θυρεοειδούς.

2.6.1.2 Βιοαεροζόλ

Τα επεισόδια σκόνης επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με μεγάλο όγκο μικροοργανισμών και γύρης. Επομένως παίζουν ρόλο στη μεταφορά παθογόνων και στην παρουσία, λόγω της διασποράς, σε μεγάλη απόσταση συγκεκριμένων μικροοργανισμών σε περιοχές που δεν αναμενόταν η παρουσία τους. Τα επεισόδια σκόνης έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη βιολογία και την οικολογία των οικοσυστημάτων.

Το θέμα της διηπειρωτικής μεταφοράς βιοαεροζόλ άρχισε πρόσφατα να μελετείται λόγω των πιθανών προβλημάτων που δημιουργούν στην ανθρώπινη υγεία τα παθογόνα και τα αλλεργιογόνα που περιέχονται στην σκόνη. Η ελλιπής έρευνα οφείλεται εν μέρει στο ότι

θεωρείτο ότι όλοι οι μικροοργανισμοί στα σύννεφα σκόνης σκοτώνονται από την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία, την έλλειψη θρεπτικών συστατικών και την αποξήρανση κατά τη διάρκεια του πολυήμερου ταξιδιού τους. Στην πραγματικότητα, κάποιοι μικροοργανισμοί επιβιώνουν το πολυήμερο ταξίδι αφού μέχρι και ακρίδες που παγιδεύονται στα σύννεφα σκόνης φτάνουν ζωντανές από την Αφρική στη Καραϊβική. Ορισμένα γένη βακτηρίων (π.χ. *Bacillus*) και κυρίως οι μύκητες μπορούν να δημιουργήσουν σπόρια και έτσι γίνονται ανθεκτικοί σε ξήρανση, θερμότητα, ακτινοβολία και έλλειψη θρεπτικών συστατικών. Επίσης τα σύννεφα σκόνης που βρίσκονται σε πιο πάνω τμήματα της ατμόσφαιρας λειτουργούν σαν φίλτρο και έτσι μικρότερη ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας φτάνει στα πιο κάτω, με αποτέλεσμα οι μικροοργανισμοί στα πιο κάτω να επιβιώνουν. Οι μικροοργανισμοί κάποιες φορές ενσωματώνονται στα σωματίδια της σκόνης με τέτοιο τρόπο που τα σωματίδια τους κάνουν σκιά και έτσι δεν καταστρέφονται από την υπεριώδη ακτινοβολία (Griffin κ.ά. 2001).

Αρκετοί μηχανισμοί συμβάλλουν στο μικροβιακό φορτίο της αφρικανικής σκόνης. Στις άγονες περιοχές οι τοπικοί άνεμοι ανυψώνουν μεγάλες ποσότητες της σκόνης τους εδάφους που εκτιμάται ότι περιέχει περίπου 10^6 βακτήρια g^{-1} . Επιπλέον σε πολλά μέρη της Αφρικής η διαχείριση αστικών αποβλήτων γίνεται με καύση με αποτέλεσμα βακτήρια και σπόρια μυκήτων να μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα μέσω του καπνού που παράγεται από την καύση (Garrison κ.ά. 2003). Τέλος οι άνεμοι μεταφέρουν τη σκόνη πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό και έτσι οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί μεταφέρονται και επικολλούνται στα αεροζόλ με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν και αυτοί το μικροβιακό φορτίο της ατμόσφαιρας.

Τα αερομεταφερόμενα βακτήρια συνήθως μεταφέρονται σε απόσταση μικρότερη του ενός χιλιομέτρου από την πηγή ενώ τα βακτήρια που σχετίζονται με τη σκόνη μπορεί να μεταφερθούν σε απόσταση πάνω από 5000χλμ. (από την Αφρική προς την Καραϊβική) (Kellogg κ.ά. 2003). Τα σπόρια των μυκήτων και η γύρη μπορούν να μεταφερθούν χιλιάδες χιλιόμετρα παρουσίας ή όχι σκόνης. Η διάρκεια του χρόνου που δαπανάται στην ατμόσφαιρα ποικίλλει.

Τα μικρόβια, η γύρη και τα μεταλλικά σωματίδια σκόνης τελικά απομακρύνονται από την ατμόσφαιρα μέσω κατακρημνίσεων ή λόγω της βαρύτητας.

Βακτήρια που σχετίζονται με τη σκόνη

Στις τέσσερις μελέτες που τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στον πίνακα 1 βρέθηκαν βακτήρια τα οποία είναι Gram θετικά, δημιουργούν σπόρια γι αυτό είναι πιο ανθεκτικά στην ξήρανση. Η μέθοδος του φιλτραρίσματος που χρησιμοποιήθηκε είναι πιο αποτελεσματική γι αυτό το είδος των βακτηρίων δηλαδή αυτών που είναι ανθεκτικά στην ξήρανση αλλά αυτά είναι τα είδη που είναι πιθανότερο να επιβιώσουν σε υπερατλαντικές μεταφορές. Τα αριθμητικά κυρίαρχα γένη βακτηρίων που απομονώθηκαν είναι τα: *Bacillus* και *Microbacterium*

Μύκητες που σχετίζονται με τη σκόνη

Σε έρευνες που έχουν γίνει όχι για επεισόδια σκόνης από την έρημο Σαχάρα έχει βρεθεί ότι μερικά είδη μυκήτων υπήρχαν στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις 1-12 φορές μεγαλύτερες κατά τη διάρκεια επεισοδίων σκόνης. Οι μύκητες αυτοί είναι οι εξής: *Basidiospores*, *Aspergillus*, *Nigrospora*, *Arthrimum*, *Curvularia*, *Stemphylium*, *Cercospora*, *Pithomyces*. Επίσης κάποια σπόρια βρέθηκαν σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια επεισοδίων σκόνης (*Cladosporium*, *Ganoderma*, *Arthrimum/Poularia*, *Cercospora*, *Periconia*, *Alternaria*, *Botrytis*). Σε αρκετές μελέτες το *Cladosporium* και ο *Aspergillus* ήταν οι κυρίαρχοι αριθμητικά μύκητες αν και γενικά και οι δύο υπάρχουν σε συνθήκες υποβάθρου, παρουσιάζουν όμως ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί είναι αλλεργιογόνα.

Ιοί που σχετίζονται με τη σκόνη:

Υπάρχει μία έρευνα (Griffin κ.ά. 2001) που αναφέρει ότι σωματίδια ιών σχετίζονται με επεισόδια σκόνης. Η αύξηση των σωματιδίων ιών μεταξύ των συνθηκών υποβάθρου και των συνθηκών επεισοδίου σκόνης στην συγκεκριμένη μελέτη που έγινε στην Καραϊβική ήταν μία τάξη μεγέθους από 10^4 m^{-3} με $2,10^5 \text{ m}^{-3}$.

Γύρη που σχετίζεται με τη σκόνη:

Σύμφωνα με μία έρευνα που έγινε στην Κόρδοβα της Ισπανίας κατά τη διάρκεια κάποιου επεισοδίου σκόνης βρέθηκε γύρη από 5 φυτά που δεν υπήρχαν στην περιοχή (Carinanos κ.ά. 2004) Η μεταφορά της γύρης κατά τα επεισόδια σκόνης αυξάνει την πιθανότητα υβριδοποίησης των φυτών μιας περιοχής από την γύρη που μεταφέρεται από άλλες. Παρ' όλα αυτά δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι έχει συμβεί υβριδοποίηση από γύρη που μεταφέρεται σε επεισόδιο σκόνης.

Πίνακας 2.1: Αποτελέσματα μελετών για την ύπαρξη μικροοργανισμών σε δείγματα σκόνης από τη Σαχάρα (Kellogg κ.ά. 2006).

Απόσταση από τη Σαχάρα	Μικροοργανισμοί	Μέθοδος συλλογής	Ανάλυση	Συγκέντρωση μικροοργανισμών κατά τη διάρκεια επεισοδίου σκόνης	Συγκέντρωση μικροοργανισμών σε συνθήκες υπόβαθρου	Πηγή
0 km (δυτική Αφρική)	Βακτήρια Μύκητες	φιλτράρισμα	Καλλιέργεια Απομόνωση και προσδιορισμός αλληλουχίας DNA	720–15 700 CFU /m ³ 80–370 μυκητιακών CFU/m ³	200–1100 βακτηριακών CFU/m ³ 0–130 μυκητιακών CFU /m ³	Kellogg κ.ά. (2004)
5500 km (Παρθένοι Νήσοι)	Βακτήρια Μύκητες	φιλτράρισμα	Καλλιέργεια Μικροσκοπική	0–20 βακτηριακών CFU/ m ³ 0–16 μυκητιακών CFU /m ³	0 βακτηριακών CFU /m ³ 0 μυκητιακών CFU /m ³	Prospero κ.ά. (2005)
6000 km (Μπαρμπάντος)	Βακτήρια Μύκητες	φιλτράρισμα	Καλλιέργεια Απομόνωση και προσδιορισμός αλληλουχίας DNA	0–20 βακτηριακών CFU /m ³ 0–16 μυκητιακών CFU /m ³ 90–350 βακτηριακών CFU /m ³ 30–60 μυκητιακών CFU /m ³ 0–185 βακτηριακών CFU /m ³ 0–90 μυκητιακών CFU/ m ³	0 βακτηριακών CFU /m ³ 0 μυκητιακών CFU /m ³ 100 βακτηριακών CFU /m ³ 60 μυκητιακών CFU /m ³ 0–66 βακτηριακών CFU/ m ³ 0–40 μυκητιακών CFU/ m ³	Griffin κ.ά. (2001)
	Μύκητες	φιλτράρισμα	Καλλιέργεια Μικροσκοπική Απομόνωση και προσδιορισμός αλληλουχίας DNA	50–83 μυκητιακών CFU /m ³	0–50 μυκητιακών CFU /m ³	Weir-Brush, κ.ά. (2004)

Ο πίνακας 2.1 είναι μία σύγκριση των μελετών που έχουν γίνει για μικροοργανισμούς που σχετίζονται με τη σκόνη. Όλες αυτές οι μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν μικρόβια, που σχετίζονται με τη σκόνη, σε υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια των επεισοδίων σκόνης. Παρόλα αυτά το μέγεθος των συγκεντρώσεων και το ποία μικρόβια σχετίζονται με επεισόδια σκόνης δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως και υπάρχει ένα ευρύ φάσμα τιμών συγκεντρώσεων μικροοργανισμών. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στο ότι δεν έχει χρησιμοποιηθεί η ίδια μεθοδολογία σε όλες τις μελέτες και έτσι τα αποτελέσματα δε μπορούν να συγκριθούν. Η αριθμητικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων μπορεί να οφείλεται στην ανομοιογένεια της μικροβιακής κοινότητας κατά τη διάρκεια του επεισοδίου σκόνης.

Κάποια βακτήρια όσο είναι ζωντανά ή μετά τον θάνατο τους απελευθερώνουν ενδοτοξίνες, από την εισπνοή των οποίων μπορεί να προκληθεί πυρετός και αναπνευστικά προβλήματα. Οι μύκητες απελευθερώνουν μυκοτοξίνες, η εισπνοή των οποίων μπορεί να προκαλέσει από τα συμπτώματα που έχει ένα απλό κρύωμα μέχρι και θάνατο (Yang κ.ά.).

Αν και έχουν βρεθεί στην αερομεταφερόμενη σκόνη μικροοργανισμοί που προκαλούν συγκεκριμένες ασθένειες δεν υπάρχουν επιβεβαιωμένα κρούσματα. Η μόνη ασθένεια που συσχετίζεται σίγουρα με τα επεισόδια σκόνης είναι το άσθμα.

Τέλος, θα μπορούσαμε να κατατάξουμε στις αρνητικές επιδράσεις που έχουν τα επεισόδια σκόνης αεροπορικά δυστυχήματα που έχουν συμβεί λόγω της μειωμένης ορατότητας που προκαλούν τα σύννεφα σκόνης.

2.6.2 Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στο κλίμα

Η σκόνη που αιωρείται στην ατμόσφαιρα επιδρά στο κλίμα με διάφορους τρόπους. Η αφρικανική σκόνη μπορεί να επηρεάσει το κλίμα άμεσα, μεταβάλλοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα μέσω της απορρόφησης και της σκέδασης της ηλιακής ακτινοβολίας (Li κ.ά. 1996) και έμμεσα με διεργασίες που αλλάζουν τις φυσικές ιδιότητες των νεφών (Rosenfeld κ.ά., 2001). Στην εικόνα 2.5 φαίνεται η άμεση και η έμμεση επίδραση της αφρικανικής σκόνης στο κλίμα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια της σκόνης απορροφούν την υπέρυθρη, την ορατή και την υπεριώδη ακτινοβολία και γι' αυτό η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα μπορεί να οδηγήσει είτε στην θέρμανση είτε στην ψύξη του πλανήτη. Η θέρμανση ή ψύξη του

πλανήτη εξαρτάται επίσης από το μέγεθος, τον αριθμό και την χημική σύσταση των σωματιδίων της σκόνης (Fouquart κ.ά. 1987). Όταν τα σωματίδια της σκόνης φτάσουν στη μεσαία και στην άνω τροπόσφαιρα προκαλείται θέρμανση του πλανήτη. Μέσω της απορρόφησης και της σκέδασης αλλάζει η ανακλαστική ικανότητα του πλανήτη (αλμπέντο) και μειώνεται το ποσό της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης (Mitsakou κ.ά. 2008).

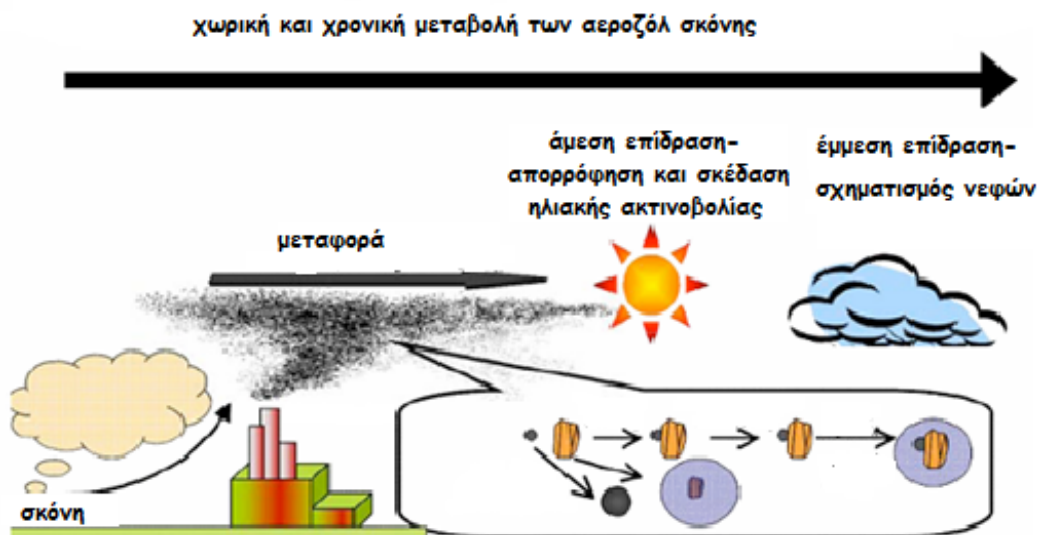
Τα σωματίδια της σκόνης συνεισφέρουν στη δημιουργία νεφών ως πυρήνες συμπύκνωσης και αλλάζουν τις φυσικές, τις χημικές και τις οπτικές ιδιότητες των νεφών (φωτεινότητα, διάρκεια ζωής, δομή, μέγεθος, παραγωγικότητα βροχής (Gerasopoulos κ.ά. 2009).

Οι αλλαγές στη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και το ότι τα αιωρούμενα σωματίδια λειτουργούν ως πυρήνες συμπύκνωσης για τον σχηματισμό νεφών επηρεάζουν τη συχνότητα των βροχοπτώσεων

Επίσης τα σύννεφα σκόνης πάνω από τους ωκεανούς μειώνουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια τους, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία των υδάτων οπότε μειώνεται και η μεταφορά υδρατμών στην ατμόσφαιρα και η λανθάνουσα θερμότητα, παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά το κλίμα. Έτσι οι βροχοπτώσεις μειώνονται και έχουμε φαινόμενα ξηρασίας (Prospero κ.ά. 2003).

Από μία έρευνα που έγινε στην Κορσική (1984) πάνω στην χημική σύσταση της βροχής μετά από επεισόδιο αφρικανικής σκόνης διαπιστώθηκε ότι εξαιτίας του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) που περιέχεται στη σκόνη αυξάνεται το pH της βροχής και η βροχή γίνεται πιο βασική (Loÿe-Pilot κ.ά. 1986). Οι βάσεις που περιέχονται στην σκόνη εξουδετερώνουν τα οξέα της βροχής (Hedin κ.ά. 1996)

Έχει διαπιστωθεί ότι η ύπαρξη μικρής ποσότητας σκόνης πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό αποδυναμώνει τους προϋπάρχοντες τροπικούς κυκλώνες της περιοχής (Dunion κ.ά. 2004). Η εναπόθεση σκόνης στις Άλπεις επηρεάζει το περιβάλλον και το κλίμα γιατί μειώνει την αντανάκλαστική ικανότητα των πάγων, κάτι που οδηγεί σε λιώσιμο τους (Psenner, 1999)



Εικόνα 2.5: Ενσωμάτωση των ρύπων στη σκόνη και η άμεση και έμμεση επίδραση της στο κλίμα (αναδιαμορφωμένη από Carmichael κ.ά. 2008).

2.6.3 Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στους ωκεανούς

Η σκόνη που μεταφέρεται από την έρημο μέσω του ανέμου είναι σημαντική πηγή ιχνοστοιχείων για τους ωκεανούς. Περιέχει μέταλλα όπως το αλουμίνιο (Al) και ο μόλυβδος (Pb), τα οποία έχουν ένα τυπικό προφίλ εναπόθεσης με υψηλές συγκεντρώσεις στην επιφάνεια, λόγω της επαφής με την ατμόσφαιρα, και χαμηλότερες όσο αυξάνεται το βάθος και άλλα όπως το Μαγγάνιο (Mn) και ο σίδηρος (Fe), στοιχεία τα οποία είναι θρεπτικά συστατικά για το φυτοπλαγκτόν και έχουν πιο περίπλοκα προφίλ εναπόθεσης. Η διάλυση του μαγγανίου εξαρτάται από τη συγκέντρωση του στη σκόνη ενώ η εναπόθεση σιδήρου στους ωκεανούς δεν σημαίνει απαραίτητα την αύξηση της συγκέντρωσης του (Jeffrey Mendez κ.ά. 2008). Η αερομεταφερόμενη σκόνη είναι η πιο σημαντική πηγή μαγγανίου και σιδήρου για τους ωκεανούς. Άλλα θρεπτικά συστατικά που μπορεί να εναποτεθούν στους ωκεανούς μέσω της αερομεταφερόμενης σκόνης είναι ο φώσφορος και το άζωτο. Περίπου 10^{12} g φωσφόρου εναποτίθενται μέσω της αερομεταφερόμενης σκόνης στους ωκεανούς κάθε χρόνο από τα οποία το 30-40% προέρχεται από τη Σαχάρα. (Guieu et al., 2002).

Ο φώσφορος και ο σίδηρος έχει αποδειχθεί ότι αυξάνουν τον πληθυσμό των φυκιών λόγω του ότι αποτελούν θρεπτικά συστατικά γι αυτά, με αποτέλεσμα κάποιες φορές να αυξάνονται τόσο πολύ που να έχουν αρνητικές συνέπειες. Με τον υπερπληθυσμό τους

μειώνεται το διαθέσιμο οξυγόνο των ωκεανών και απελευθερώνονται τοξίνες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες σε ζώα και ανθρώπους.

Σε μία έρευνα (Lenes κ.ά. 2001), κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου σκόνης κοντά στη Φλόριντα βρέθηκε αύξηση κατά εκατό φορές ενός μικροοργανισμού που μετατρέπει το ανόργανο άζωτο σε οργανικό στους ωκεανούς και αυτός ο μικροοργανισμός θεωρήθηκε συνυπεύθυνος μαζί με κάποιους άλλους παράγοντες για την εμφάνιση του φαινομένου red tides 2 μήνες αργότερα. Έτσι υπάρχουν ενδείξεις ότι η μεταφορά σκόνης από την Σαχάρα συνδέεται μ' αυτό το φαινόμενο, το οποίο αλλάζει το χρώμα της θάλασσας, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6: Το φαινόμενο red tides δίνει αυτό το κόκκινο χρώμα στη θάλασσα.

Από το 1970 και μετά η μεταφορά αφρικανικής σκόνης έχει αυξηθεί σημαντικά λόγω κλιματικών αλλαγών, αλλαγή της τοπικής μετεωρολογίας και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στη Σαχάρα. Αυτή η αύξηση έχει συνδεθεί με την καταστροφή των κοραλλιογενών υφάλων στην Καραϊβική. Η σκόνη μεταφέρει πολλούς μικροοργανισμούς και ένα από αυτούς είναι ο μύκητας *Aspergillus* ο οποίος οφείλεται για την καταστροφή των κοραλλιογενών υφάλων (εικόνα 2.7). Είναι γνωστές έξι αρρώστιες που σχετίζονται με τα επεισόδια σκόνης και καταστρέφουν τα κοράλλια (Kellog κ.ά. 2006).. Η καταστροφή

των κοραλλιών έχει σαν συνέπεια το θάνατο και άλλων θαλάσσιων οργανισμών, όπως οι αχινοί.

Με τα επεισόδια σκόνης έχει συνδεθεί ο θάνατος κάποιων θαλάσσιων ζώων όπως δελφίνια, φώκιες, χελώνες και αμφίβια. Έχει βρεθεί ότι κοντά στα Κανάρια νησιά θαλάσσιες χελώνες πέθαναν από το βακτήριο σταφυλόκοκκο που μεταφέρθηκε στη θάλασσα μέσω της σκόνης (Griffin κ.ά. 2001) και ότι στο Πουέρτο Ρίκο πολλά είδη αμφιβίων εξαφανίστηκαν λόγω ασθενειών που τους μεταδόθηκαν από τη σκόνη (Stallard, 2001)



Εικόνα 2.7: Κοράλλι πριν και μετά την επίδραση του μύκητα *Aspergillus* που προκαλεί και την καταστροφή του.

2.6.4 Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στο τροπικό δάσος του Αμαζονίου

Το τροπικό δάσος του Αμαζονίου παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του κλίματος της Γης γιατί επηρεάζει τους παγκόσμιους βιοχημικούς κύκλους και ιδιαίτερα αυτόν του άνθρακα. Για να διατηρείται η ισορροπία μεταξύ του τροπικού δάσους και της ατμόσφαιρας θα πρέπει το δάσος να δέχεται από την ατμόσφαιρα μια σημαντική ποσότητα θρεπτικών συστατικών. Όμως οι αυξημένες βροχοπτώσεις που έχουν σαν επακόλουθο μεγάλες πλημμύρες «ξεπλένουν» το έδαφος από μεγάλο ποσοστό θρεπτικών συστατικών, με αποτέλεσμα να αφήνουν άγονα εδάφη με ελάχιστα διαθέσιμα για την ανάπτυξη των

φυτών θρεπτικά συστατικά. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα θρεπτικά που χάνονται μπορούν να αναπληρωθούν από την εναπόθεση της σκόνης από τη Σαχάρα, η οποία είναι πλούσια σε θρεπτικά. Η αφρικανική σκόνη τροφοδοτεί το τροπικό δάσος με σίδηρο (Fe), τιτάνιο (Ti), ασβέστιο (Ca) και άργιλο (Al). Έχει υπολογιστεί ότι κάθε χρόνο 13 εκατομμύρια τόνοι σκόνης εναποτίθενται στο δάσος του Αμαζονίου, κυρίως από τον Φεβρουάριο μέχρι τον Απρίλιο (Griffin κ.ά. 2001). Η πηγή προέλευσης της σκόνης που μεταφέρεται στο δάσος του Αμαζονίου είναι η περιοχή της λίμνης Τσαντ (Bodele depression) (Ben-Ami κ.ά. 2010)

2.6.5 Επίδραση της αφρικανικής σκόνης στη χλωρίδα και στην πανίδα

Η αφρικανική σκόνη περιέχει πολλά παθογόνα που μπορούν να βλάψουν τόσο τα φυτά, όσο και τα ζώα. Σε καλλιέργειες φυτών έχουν εντοπισθεί ασθένειες που προήλθαν από μικροοργανισμούς που μεταφέρθηκαν μαζί με την αφρικανική σκόνη. Καλλιέργειες μπανάνας και ζαχαροκάλαμου καταστράφηκαν στην Καραϊβική από μύκητες τα σπόρια των οποίων εικάζεται ότι μεταφέρθηκαν με τη σκόνη. Επίσης καλλιέργειες ρυζιού, φασολιών αλλά και δέντρων φρούτων ασθένησαν εξαιτίας βακτηρίων που περιέχονταν στην σκόνη (Kellogg κ.ά. 2003). Σε μελέτες που έχουν γίνει σε δείγματα αέρα από την Αφρική έχει βρεθεί ότι το 5-25% των μικροοργανισμών που περιέχονταν σ' αυτά μπορούν να βλάψουν τα φυτά. Παράδειγμα είναι το βακτήριο «ruminans» που προσβάλλει τις ροδακινιές και το βακτήριο «megaterium» που προκαλεί στα δέντρα την ασθένεια «wetwood» (Kellogg κ.ά. 2006).

Όσον αφορά τα ζώα έχουν βρεθεί βακτήρια τα οποία προκαλούν ασθένειες σε πουλιά, χοίρους και βοοειδή. Οι μύκητες *Aspergillus* και *Cladosporium* και το βακτήριο *Salmonella* έχουν εντοπιστεί σε δείγματα σκόνης που είχε μεταφερθεί σε φάρμες ζώων. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες στα ζώα. Κρούσματα αφθώδους πυρετού (foot-and-mouth-disease) στην Βρετανία αλλά και στην Αμερική έχουν συνδεθεί με την μεταφορά της αφρικανικής σκόνης, αν και δεν έχει εντοπιστεί ο ιός σε δείγματα αέρα που προέρχονται από την Σαχάρα. Η σύνδεση αυτή έγινε λόγω του ότι σε περιόδους με πολλά κρούσματα υπήρχε επεισόδιο σκόνης, αλλά χρειάζεται περεταίρω έρευνα για τη συσχέτιση της αφρικανικής σκόνης μ' αυτή την ασθένεια (Griffin κ.ά. 2001). Ο αφθώδης πυρετός προσβάλλει βοοειδή, αιγοπρόβατα και χοίρους και σπάνια μεταδίδεται σε άνθρωπο.

2.7 Επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας στην αύξηση των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης

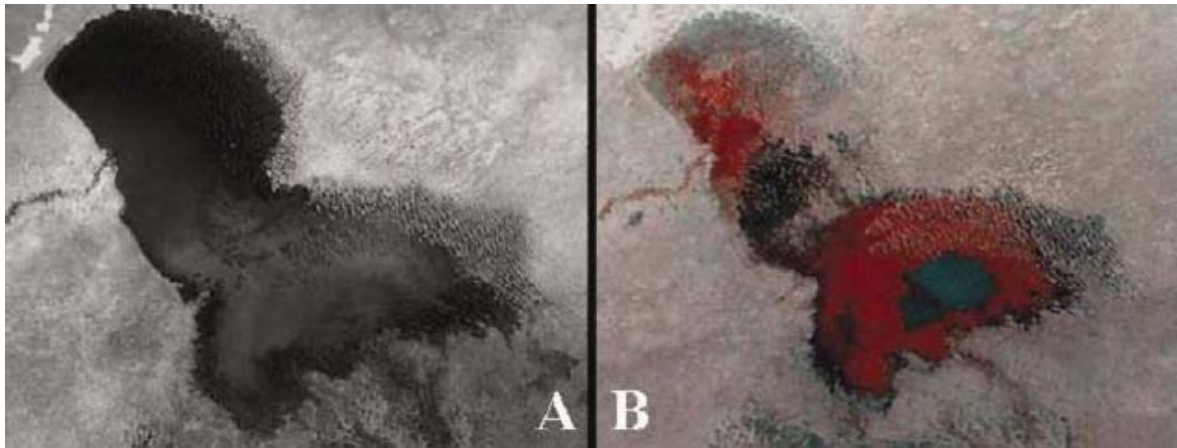
Κατά τη διάρκεια των αιώνων οι εκπομπές σκόνης παρουσίαζαν άλλοτε αύξηση και άλλοτε μείωση ανάλογα με τις κλιματικές αλλαγές. Τα τελευταία πενήντα χρόνια οι αμμοθύελλες με προέλευση τη Σαχάρα έχουν δεκαπλασιαστεί. Σύμφωνα με κάποιες μελέτες μπορεί το γεγονός αυτό να οφείλεται εν μέρει στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Ο άνθρωπος μπορεί να επηρεάσει τη συχνότητα των επεισοδίων σκόνης με δύο τρόπους.

Ο ένας τρόπος είναι προκαλώντας αλλαγές στην επιφάνεια του εδάφους με διάφορες δραστηριότητες του, όπως με την εντατική γεωργία την εξόρυξη ορυκτών, την υπερβόσκηση, την χρήση μηχανημάτων και άλλες του δραστηριότητες. Η εντατική γεωργία και η άρδευση συμβάλλουν ιδιαίτερα στην ερημοποίηση περιοχών. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο λόγω της χρήσης μη αειφόρων μεθόδων γεωργίας ερημοποιούνται 100 εκατομμύρια στρέμματα γης.

Ο άλλος τρόπος με τον οποίο μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στις εκπομπές σκόνης είναι προκαλώντας αλλαγές στο κλίμα, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν αλλαγές στη φυτοκάλυψη και στους επιφανειακούς ανέμους (Griffin κ.ά. 2001).

Είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί το ποσοστό συμβολής της ανθρώπινης δραστηριότητας στις εκπομπές σκόνης αν και έχει επιχειρηθεί από αρκετές μελέτες. Αν και μπορεί το ποσοστό συμβολής της ανθρώπινης δραστηριότητας να μην είναι πολύ μεγάλο, είναι σημαντική η συμβολή της γιατί συνήθως αυξάνει τις εκπομπές κοντά σε κατοικημένες περιοχές.

Η ερημοποίηση περιοχών συμβάλει ιδιαίτερα στη ποσότητα των εκπομπών σκόνης. Η Αφρική είναι η ήπειρος που παρουσιάζει το εντονότερο πρόβλημα ερημοποίησης αφού πάνω από το 60% της ηπείρου καλύπτεται από ερήμους και ξηρές εκτάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κοιλάτητα «Bodele» που όπως έχει προαναφερθεί είναι η μεγαλύτερη πηγή σκόνης παγκοσμίως. Η κοιλάτητα «Bodele» βρίσκεται εκεί που άλλοτε εκτεινόταν η λίμνη Τσαντ. Από το 1963 που η λίμνη έφτανε τα 25.000km² το 1997 είχε έκταση 1350 km², δηλαδή απέμεινε το 1/20 της λίμνης και το υπόλοιπο μέρος ερημοποιήθηκε. Από μελέτη που έγινε το 1997 από την κοιλάτητα «Bodele» απελευθερώνονταν 1.270 εκατομμύρια τόνοι σκόνης το χρόνο, δηλαδή 10 φορές περισσότερη από όταν άρχισαν οι μετρήσεις το 1947 (Engelstaedter κ.ά. 2005). Στην εικόνα 2.8 φαίνεται η συνεχώς συρρικνούμενη λίμνη Τσαντ (με κόκκινο χρώμα φαίνεται η μείωση της έκτασης).



Εικόνα 2.8: Η συνεχώς συρρικνούμενη λίμνη Τσαντ. Α) Η λίμνη το 1960 Β) Η λίμνη το 1999 (Nasa).

3^ο Κεφάλαιο

3. ΤΑ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

3.1 Ορισμός και κατηγοριοποίηση

Ως αεροζόλ, ορίζεται ένα σταθερό αιώρημα στερεών ή υγρών σωματιδίων ή και των δύο στον αέρα. Το ατμοσφαιρικό αεροζόλ είναι ο συνδυασμός όλων των συμπυκνωμένων συστατικών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα καθώς επίσης και ο αέρας στον οποίο περιέχονται τα συμπυκνωμένα σωματίδια. Συχνά στην βιβλιογραφία η έννοια των αιωρούμενων σωματιδίων και του αεροζόλ ταυτίζεται. Ο ρόλος των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα είναι ιδιαίτερα σημαντικός, τόσο στη δυναμική της όσο και στη ρύπανση. Τόσο στις αστικές όσο και στις αγροτικές περιοχές οι ποσότητες της σωματιδιακής ρύπανσης είναι σημαντικές και η συγκέντρωσή τους φτάνει συχνά τα 10^7 με 10^8 σωματίδια /cm³. Τα βασικά χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων είναι το μέγεθος, η χημική τους σύσταση και η φάση τους.

Με βάση την προέλευση τους και τους μηχανισμούς σχηματισμού, τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να ταξινομηθούν είτε σαν πρωτογενή ή σα δευτερογενή. Τα πρωτογενή σωματίδια παράγονται από φυσικές και χημικές διεργασίες μέσα στην πηγή (μέσω ανθρωπογενών διεργασιών, διάβρωσης του εδάφους και στη συνέχεια αιώρησης λόγω ανέμου, σταγονίδια της θάλασσας) και εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα, όπου συνήθως δε μεταβάλλονται σημαντικά. Τα δευτερογενή σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα (συμπύκνωση, πυρηνοποίηση, χημική μετατροπή) σαν αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων των αερίων (Οικονομόπουλος 2000).

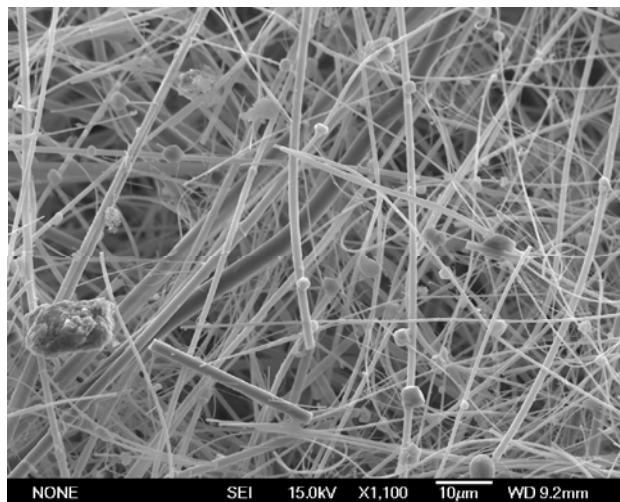
Ένας διαχωρισμός των αιωρούμενων σωματιδίων γίνεται βάση του μεγέθους τους. Τα ατμοσφαιρικά αιωρούμενα σωματίδια απαντώνται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών, από μερικές 10/άδες Å έως κάποιες 100/άδες μm (Seinfeld και Pandis, 2006). Οι κατηγορίες που τα διακρίνουμε είναι οι εξής:

- Μικροί πυρήνες (nucleation mode): Σωματίδια πρόσφατα σχηματισμένα με διαδικασίες πυρηνοποίησης και με διάμετρο <10 nm. (Ως κατώτερο όριο της κατηγορίας αυτής συνήθως θεωρείται >3nm)
- Σωματίδια Άιτκεν (Aitkin mode): Σωματίδια που προέρχονται από πυρηνοποίηση

αερίων ή από σωματίδια πυρήνων με διαδικασίες συμπύκνωσης και με διάμετρο $10\text{nm} < d < 100\text{nm}$.

- Σωματίδια στην περιοχή συσσώρευσης (Accumulation mode): Σωματίδια που δημιουργούνται κατά την συσσωμάτωση των μικρότερων σωματιδίων ή την συμπύκνωση αέριων συστατικών. Η διάμετρος τους κυμαίνεται από $0,1 < d < 1$ έως $3\text{ }\mu\text{m}$.
- Υπέρλεπτα σωματίδια (ultrafine particles): Περιλαμβάνει τις κατηγορίες Aitkin mode και nucleation mode.
- Λεπτά σωματίδια (fine particles): Περιλαμβάνει τις κατηγορίες πυρηνοποίησης (nucleation), Aitkin και την περιοχή συσσώρευσης (accumulation mode).
- Χονδρά σωματίδια (coarse particles/mode): Σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από την ελάχιστη τιμή στην κατανομή των ολικών σωματιδίων (συνήθως $d > 1-3\text{ }\mu\text{m}$) (Λαζαρίδης, 2007).

Μία άλλη μέθοδος κατηγοριοποίησης των αιωρούμενων σωματιδίων βάση του μεγέθους τους είναι σύμφωνα με τις ποσότητες που σχετίζονται με την έκθεση του πληθυσμού στις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των σωματιδίων. Ο συνήθης διαχωρισμός τους είναι σε PM10 και PM2.5. Ο αριθμός αναφέρεται στην μέγιστη αεροδυναμική διάμετρο των σωματιδίων. Η ισοδύναμη αεροδυναμική διάμετρος είναι μια πολύ χρήσιμη παράμετρος που εκφράζει το μέγεθος των σωματιδίων με ομοιόμορφο τρόπο. Πρόκειται για τη διάμετρο μιας σφαίρας με πυκνότητα 1g/cm^3 που έχει την ίδια ταχύτητα καθίζησης. Στην εικόνα 3.1 φαίνονται αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $10\text{ }\mu\text{m}$ στο μικροσκόπιο.

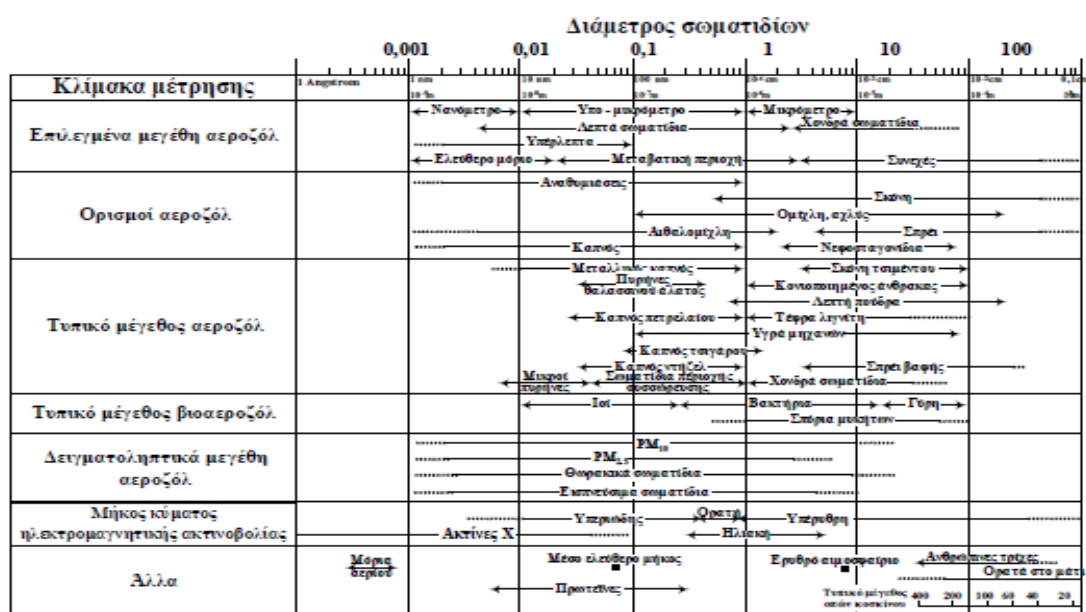


Εικόνα 3.1: Φωτογραφία των PM10 από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

3.2 Μορφές αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια με βάση την μορφή τους ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες (Seinfeld κ.ά., 1996):

- Σκόνη (dusts) : Ο σχηματισμός οφείλεται στη διάβρωση στερεών υλικών. Το μέγεθος των σωματιδίων είναι μεγαλύτερο από 1μm.
- Ομίχλη (fog) : Ορατά υδροσταγονίδια σε διασπορά στην ατμόσφαιρα. Συνήθως βρίσκονται κοντά στο έδαφος.
- Αναθυμιάσεις (fume) : Στερεά σωματίδια τα οποία προκύπτουν από συμπύκνωση ατμών, κυρίως από πτητικές ουσίες, ή ως αποτέλεσμα οξειδωτικών αντιδράσεων. Συνήθως η ουσία που την αποτελεί είναι επιβλαβής. Η διάμετρος τους είναι μικρότερη από 1μm.
- Άχλης (hazes) : Μικρά σωματίδια τα οποία μειώνουν την ορατότητα, μπορεί να είναι μείγμα υδροσταγονιδίων, ρύπων και σκόνης. Οι διάμετροί τους είναι μικρότερες από 1μm.
- Αιθαλομίχλη (smog) : Συνδυασμός ομίχλης και καπνού. Σήμερα ο όρος χρησιμοποιείται πολλές φορές για κάθε είδος ρυπασμένου αέρα.
- Καπνός (smoke) : Μικρά σωματίδια προερχόμενα από την ατελή καύση άνθρακα ή άλλων καυσίμων, σε ικανή συγκέντρωση ώστε να είναι ορατά ανεξάρτητα από την παρουσία άλλων στερεών. Η διάμετρος τους είναι μεγαλύτερη ή ίση από 0,001 μm .
- Αιθάλη (soot) : Συσώρευση σωματιδίων άνθρακα εμποτισμένα με πίσσα. που δημιουργείται από την ατελή καύση οργανικών ενώσεων.



Εικόνα 3.2: Κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων της Ατμόσφαιρας (Λαζαρίδης, 2007).

3.3 Πηγές εκπομπής των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και μηχανισμοί απομάκρυνσης

Οι πηγές εκπομπής των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι φυσικές ή ανθρωπογενείς.

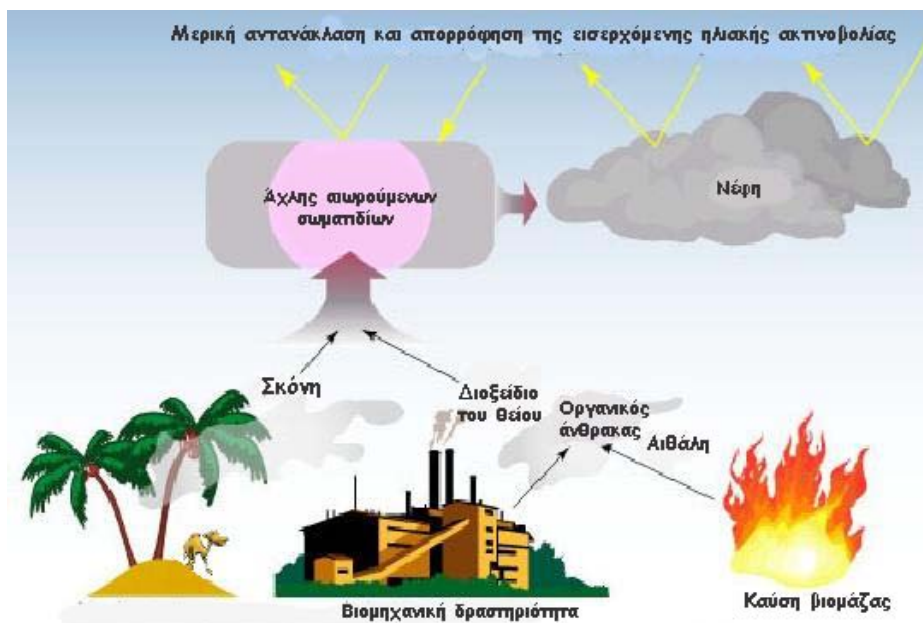
Οι φυσικές πηγές πρωτογενών σωματιδίων είναι:

- Σκόνη από το έδαφος. Προέρχεται από την τυρβώδη ροή του ανέμου πάνω από έρημες περιοχές του πλανήτη όπως η Σαχάρα που αποτελεί και το θέμα της παρούσας διπλωματικής, ημιάγονα όρια ερήμων, αποξηραμένες λίμνες, περιοχές με λίγη βλάστηση και από περιοχές διαταραγμένες από την ανθρώπινη δραστηριότητα.
- Θαλάσσια άλατα τα οποία σχηματίζονται λόγω της διαταραχής που προκαλεί ο άνεμος στην επιφάνεια της θάλασσας και ο σχηματισμός τους εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου.
- Ηφαιστειακή σκόνη που οφείλεται σε εκρήξεις ηφαιστείων.
- Βιολογικής προέλευσης. Σωματίδια οργανικής ύλης κυρίως από φυτά. Τέτοια σωματίδια είναι τα βακτήρια, η γύρη, οι σπόροι και άλλα.

Φυσικές πηγές δευτερογενών σωματιδίων είναι:

- Τα θειικά άλατα από βιογενή αέρια
- Θειικά άλατα από ηφαιστειακό SO₂
- Οργανική ύλη από βιογενή VOC
- Νιτρικά άλατα NO_x

Ανθρωπογενή πρωτογενή σωματίδια προέρχονται από τη βιομηχανική δραστηριότητα και κυρίως από διεργασίες καύσης άνθρακα, μεταλλουργίας, τσιμεντοβιομηχανίες, καύση αποβλήτων και μεταφορές. Δευτερογενή ανθρωπογενή σωματίδια είναι η δημιουργία στην ατμόσφαιρα θειικών αλάτων από το εκπεμπόμενο SO₂, δημιουργία νιτρικών αλάτων από NO_x και οργανικών ενώσεων VOC. Στην εικόνα 3.2 φαίνονται κάποιες πηγές αιωρούμενων σωματιδίων και οι εκπομπές τους.



Εικόνα 3.3: Σχήμα πηγών – εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (αναδιαμορφωμένη από ipcc).

Οι μηχανισμοί απομάκρυνσης των σωματιδίων είναι δύο:

- Η ξηρή εναπόθεση, δηλαδή η βαρυτική εναπόθεση στην επιφάνεια της γης και
- Η υγρή εναπόθεση, δηλαδή η ενσωμάτωσή των αιωρούμενων σωματιδίων στα υδροσταγονίδια και η απόπλυσή τους με τη βροχή.

3.4 Κατανομή μεγέθους σωματιδίων (Size distribution)

Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα, όπως προαναφέρθηκε, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς το μέγεθος τους. Μπορούν να κατανεμηθούν βάση της μάζας τους, της επιφάνειάς τους, του αριθμού ή του όγκου τους (εικόνα 3.4). Οι κατανομές όγκου, επιφάνειας, αριθμού σωματιδίων και μάζας σχεδιάζονται έτσι ώστε οι τιμές τους σε οποιοδήποτε εύρος μεγέθους να ισούνται με το εμβαδόν της επιφάνειας κάτω από την καμπύλη, η οποία είναι λογαριθμική κανονική. Η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων βάση της μάζας τους ακολουθεί τρεις λογαριθμικές κατανομές. Η λογαριθμική κανονική κατανομή χρησιμοποιείται για την γραφική απόδοση της μάζας των σωματιδίων. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη της κάθε κατανομής είναι η μέση αεροδυναμική διάμετρος μάζας, δηλαδή η αεροδυναμική διάμετρος για την οποία το 50% της μάζας των σωματιδίων έχει μέγεθος μεγαλύτερο από αυτήν, και η τυπική απόκλιση της κάθε λογαριθμικής κανονικής

κατανομής. Η εξίσωση της κατανομής μάζας των σωματιδίων με δύο λογαριθμικές κατανομές (λεπτά και χονδρά σωματίδια) είναι:

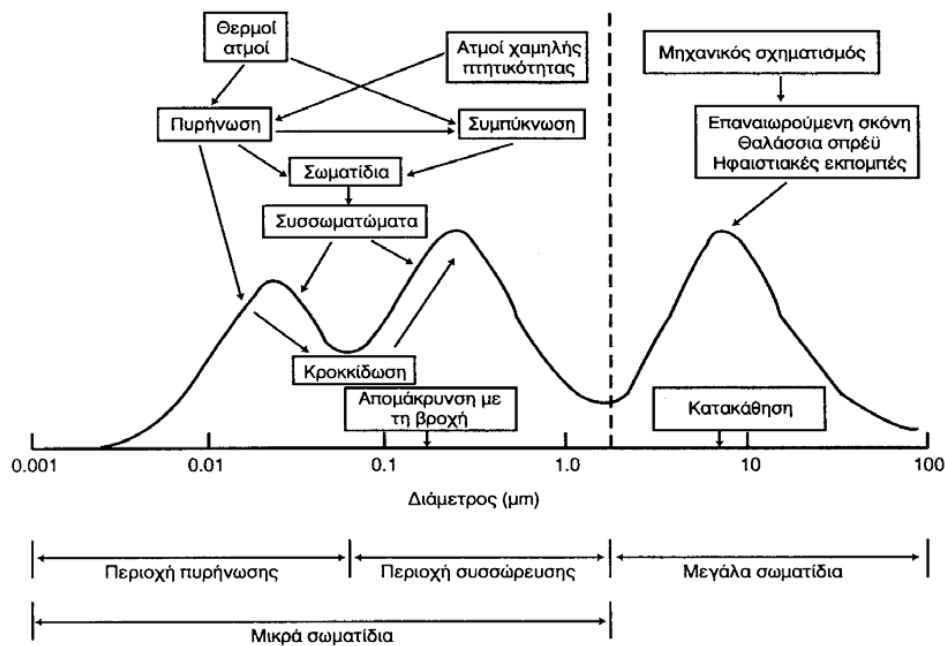
$$f(d_{ae}) = \frac{a}{\sqrt{2\pi} \ln(\sigma_{g,F})} \exp\left(-\frac{(\ln d_{ae} - \ln \mu_F)^2}{2 \ln \sigma_{g,F}^2}\right) + \frac{1-a}{\sqrt{2\pi} \ln(\sigma_{g,C})} \exp\left(-\frac{(\ln d_{ae} - \ln \mu_C)^2}{2 \ln \sigma_{g,C}^2}\right)$$

Όπου,

a : το ποσοστό των λεπτών σωματιδίων και

μ : η μέση διάμετρος

Οι συντελεστές F και C αναφέρονται σε λεπτά και μεγάλα σωματίδια αντίστοιχα.



Εικόνα 3.4: Στατιστική κατανομή όγκου των αιωρούμενων σωματιδίων σε περιοχή με έντονη κίνηση οχημάτων (US E.P.A, 2004).

3.5 Νομοθεσία

Τις παλαιότερες δεκαετίες οι μελέτες επικεντρώνονταν κυρίως στις επιπτώσεις που έχουν τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSP) στην ανθρώπινη υγεία. Τα τελευταία όμως χρόνια διαπιστώθηκε ότι τα PM 10 και τα PM 2.5 είναι από τους πιο επικίνδυνους ρύπους αφού προκαλούν ποικίλα προβλήματα, κυρίως σε ευπαθείς ομάδες πληθυσμού, όπως οι ηλικιωμένοι, οι ασθενείς και τα παιδιά. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία τα PM 2.5 θεωρούνται τα πλέον επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να διεισδύσουν βαθύτερα στο αναπνευστικό σύστημα και συνεπώς να προκαλέσουν μεγαλύτερες βλάβες.

Όσον αφορά τα PM 10 υπάρχει Ευρωπαϊκή νομοθεσία την οποία πρέπει να τηρούν όλα τα κράτη μέλη. Η ισχύουσα Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (Κοινοτική Οδηγία 2008/50/EK) προβλέπει για τα PM 10 να μην υπερβαίνεται το όριο των $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ περισσότερες από 35 φορές το έτος (ημερήσιες υπερβάσεις), ενώ ο ετήσιος μέσος όρος θα πρέπει να κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα των $40\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η Κοινοτική Οδηγία 2008/50/EK που τέθηκε σε εφαρμογή 21 Μαΐου 2008 μετά από μακροχρόνια διαβούλευση αποτελεί φυσική συνέχεια της αντίστοιχης Κοινοτικής Οδηγίας 1999/30/EK. με μοναδική διαφοροποίηση ως προς τα PM_{2.5}, για τα οποία δεν υπήρχε μνημία ως τότε. Στον πίνακα 3.1 φαίνονται τα όρια που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή κοινότητα για τα PM 10. Για τα PM 2.5 από την Οδηγία 2008/50/EK τέθηκε ετήσια τιμή στόχος τα $25\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Πίνακας 3.1: Όρια για PM₁₀ σύμφωνα με τις οδηγίες 1999/30/EK και 96/62/EK.

	<u>Φάση 1</u> από 1 Ιανουαρίου 2005	<u>Φάση 2</u> από 1 Ιανουαρίου 2010
Ετήσιος μέσος όρος	$40\mu\text{g}/\text{m}^3$	$20\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ημερήσιος μέσος όρος (24-ωρο)	$50\mu\text{g}/\text{m}^3$	$50\mu\text{g}/\text{m}^3$
Επιτρεπτός αριθμός υπερβάσεων/χρόνο	35	7

Για τα PM 2.5 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα δεν έχει θεσπίσει ημερήσιο όριο, όμως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) προτείνει κάποια όρια. Για τα PM 2.5 το ημερήσιο όριο που προτείνει είναι τα $25\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο πίνακα 3.2 φαίνονται τα όρια που προτείνει για τα PM_{2.5} και PM 10.

Πίνακας 3.2: Προτεινόμενα όρια από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO guidelines)

PM 2.5	Ετήσιος μέσος όρος	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ημερήσιος μέσος όρος (24-ωρο)	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 10	Ετήσιος μέσος όρος	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Ημερήσιος μέσος όρος (24-ωρο)	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Στην παρούσα διπλωματική εργασία για τη σύγκριση των δεδομένων του σταθμού με τα όρια, θα χρησιμοποιηθούν για τα PM 10 τα όρια της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (η φάση 1). Για τα PM 2.5 για το ετήσιο όριο θα χρησιμοποιηθεί η τιμή στόχος, που ορίζει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και για το ημερήσιο όριο η τιμή που προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, δηλαδή τα 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4^ο Κεφάλαιο

4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

4.1 Περιοχή μελέτης

Ο μετεωρολογικός σταθμός ($35^{\circ} 31' N$, $24^{\circ} 03' E$) του Πολυτεχνείου Κρήτης ανήκει στο εργαστήριο ατμοσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων, του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος και βρίσκεται όπως και το Πολυτεχνείο στο Ακρωτήρι Χανίων. Βρίσκεται σε υψόμετρο 135 μέτρων από την θάλασσα και απέχει από αυτήν 2,1km βόρεια, 10,8km ανατολικά, 3,6km νότια και 2,2km δυτικά. Το κοντινότερο αστικό κέντρο, που είναι η πόλη των Χανίων, βρίσκεται 5km νότιο-δυτικά από τον σταθμό (google earth, όλες οι αποστάσεις είναι σε ευθεία γραμμή), οπότε οι εκπομπές από την κίνηση των οχημάτων και από άλλες πηγές ρύπων στην πόλη επηρεάζουν τα επίπεδα συγκέντρωσης στον σταθμό όταν πνέει βόρειο-ανατολικός άνεμος. Γενικά τα Χανιά (~70.000 κάτοικοι) δεν μπορούν να χαρακτηριστούν σαν μία έντονα ρυπασμένη περιοχή. Υπάρχουν οι κλασικοί αστικοί ρύποι οι οποίοι προέρχονται κυρίως από τα αυτοκίνητα, τη θέρμανση και κάποια υποτυπώδη βιομηχανία που λειτουργεί στην ευρύτερη περιοχή. Δίπλα στο σταθμό υπάρχει ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων του κτιρίου του τμήματος μηχανικών ορυκτών πόρων και σε απόσταση 30m από τον σταθμό βρίσκεται ο δρόμος της Πολυτεχνειούπολης. Ο κεντρικός οδικός άξονας της περιοχής βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της Πολυτεχνειούπολης και απέχει από το σταθμό περίπου 500m. Στην εικόνα 4.1 φαίνεται η θέση του σταθμού σε σχέση με το χώρο στάθμευσης, τον δρόμο της Πολυτεχνειούπολης και τον κεντρικό οδικό άξονα. Η κίνηση των οχημάτων μέσα στην Πολυτεχνειούπολη είναι αυξημένη κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες, ενώ στον κεντρικό δρόμο της περιοχής κατά τη διάρκεια σχεδόν όλης της μέρας. Στην εικόνα φαίνεται η θέση του σταθμού σε σχέση με το χώρο στάθμευσης, τον δρόμο της Πολυτεχνειούπολης και τον κεντρικό οδικό άξονα. Επίσης στην περιοχή του Ακρωτηρίου βρίσκεται ο Αερολιμένας Χανίων, η στρατιωτική βάση του NATO και η 115 Πτέρυγα Μάχης, όλα σε απόσταση 10km περίπου ανατολικά.

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι η περιοχή των μετρήσεων δεν μπορεί να χαρακτηριστεί αστική (urban) αλλά ούτε και απομακρυσμένη (remote), αφού η απόσταση από την πόλη

είναι σχετικά μικρή. Η απόστασή της από τη θάλασσα είναι επίσης μικρή, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι διατηρεί τα βασικά χαρακτηριστικά μιας παραθαλάσσιας περιοχής (marine).



Εικόνα 4.1: Μετεωρολογικός σταθμός πολυτεχνείου Κρήτης (αναδιαμορφωμένη από google earth).

Οι μετεωρολογικοί παράγοντες που μετριοούνται στο σταθμό είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, το όζον και αιρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου είτε μέχρι 2.5μm είτε μέχρι 10μm ανάλογα με την κεφαλή που έχουμε τοποθετήσει στο όργανο.

4.2 Όργανα σταθμού

4.2.1 Όργανα μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων

4.2.1.1 Θερμοκρασία – Υγρασία

Η καταγραφή των τιμών της υγρασίας και της θερμοκρασίας στο σταθμό γίνεται με το όργανο «Combined Temperature/ Humidity sensor in shelter 3030» του οίκου Theodor Friedrichs & CO (εικόνα 4.2). Ο αισθητήρας της θερμοκρασίας αποτελείται από μία

αντίσταση από πλατίνα Pt 100. Το εύρος θερμοκρασιών που μπορεί να μετρήσει είναι από -40°C έως $+60^{\circ}\text{C}$. Ο αισθητήρας υγρασίας μπορεί να δώσει τιμές από 0-100% (Friedrichs & CO).



Εικόνα 4.2: Combined Temperature/ Humidity sensor in shelter 3030 (Friedrichs & CO).

4.2.1.2 Ταχύτητα ανέμου

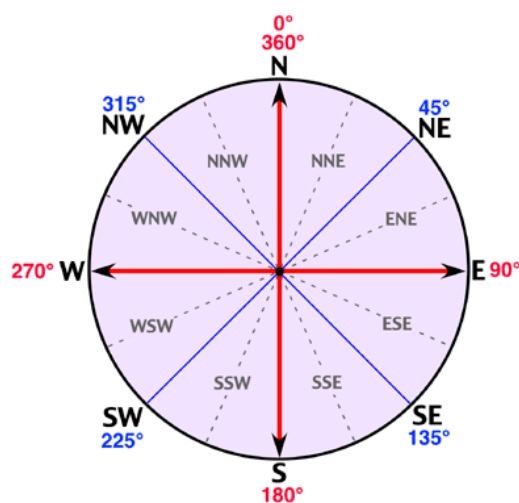
Η καταγραφή της ταχύτητας του ανέμου πραγματοποιείται με το όργανο «Wind speed sensor type 4034» του οίκου Theodor Friedrichs & CO (εικόνα 4.3). Το όργανο αποτελείται από τρία κύπελλα. Τα κύπελλα στηρίζονται σε έναν άξονα, η βάση του οποίου είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο ώστε να αντανακλά το φως. Πάνω στη βάση αυτή, υπάρχουν 15 τομείς με μαύρο χρώμα σε μορφή πτερυγίων οι οποίοι απορροφούν το φως. Η περιστροφή των κυπέλλων και του στελέχους τους δημιουργεί μία σειρά από παλμούς ανάκλασης και απορρόφησης, των οποίων η συχνότητα είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου. Σε ένα εύρος συχνοτήτων 0 έως 600Hz αντιστοιχεί ένα εύρος ταχυτήτων από 0 έως 60 m/s. Η μέγιστη ταχύτητα στην οποία μπορεί να λειτουργήσει το όργανο είναι τα 60 m/s και η ελάχιστη 0,3 m/s ((Friedrichs & CO).



Εικόνα 4.3: Wind speed sensor type 4034 (Friedrichs & CO).

4.2.1.2 Διεύθυνση ανέμου

Η καταγραφή της διεύθυνσης του ανέμου γίνεται με το όργανο «Wind direction sensor type 4122» του οίκου Theodor Friedrichs & CO (εικόνα 4.4Α). Το όργανο αποτελείται από έναν ανεμοδείκτη. Αυτός βρίσκεται συνεχώς παράλληλος στην τοπική διεύθυνση του ανέμου. Όταν ο ανεμοδείκτης κινείται, ανάλογα με τη διεύθυνση του ανέμου, εμφανίζεται ένα αντίστοιχο ψηφιακό σήμα. Το εύρος μετρήσεων του οργάνου είναι από 0° έως 360°. Στην εικόνα 4.4B φαίνεται η αντιστοιχία μοιρών και διεύθυνσης ανέμου.



Εικόνα 4.4: Α) Wind direction sensor type 4122(Friedrichs & CO), Β) αντιστοιχία μοιρών διεύθυνσης ανέμου

4.2.2. Όργανο μέτρησης συγκέντρωσης όζοντος

Η μέτρηση του όζοντος (O_3) στον σταθμό γίνεται με το όργανο «APOA-360 Ambient Ozone Monitor» (εικόνα 4.5) του οίκου Horiba. Το όργανο αυτό για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του όζοντος βασίζεται στην φωτομετρία με υπεριώδη ακτινοβολία. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται λάμπα υδραργύρου, χαμηλής πίεσης που εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία στα 254nm όπου έχουμε και τη μέγιστη απορρόφηση O_3 . Το όργανο δεν επηρεάζεται από μεταβολές στις περιβάλλουσες συνθήκες (πίεση, θερμοκρασία), καθώς διαθέτει δύο ρυθμιστές που αντισταθμίζουν κάθε φορά κατάλληλα τις τιμές πίεσης και θερμοκρασίας (HORIBA).



Εικόνα 4.5: APOA -360 Ambient Ozone Monitor

4.2.3 Όργανο μέτρησης συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων DUST MONITOR FH 62 I – R

Το όργανο Dust Monior FH 62 I-R (εικόνα 4.6) χρησιμοποιείται για την συνεχόμενη καταγραφή των συγκεντρώσεων των αιρούμενων σωματιδίων στο σταθμό του Πολυτεχνείου. Κάποιες περιόδους χρησιμοποιείται για την μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 2.5 μ m (PM 2.5) και κάποιες άλλες για την μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 10 μ m (PM 10). Το Dust Monior FH 62 I-R έχει τη δυνατότητα μέτρησης της συγκέντρωσης PM 2.5, PM 10 και TSP ανάλογα με την κεφαλή που επιλέγουμε. Η μάζα των αιωρούμενων σωματιδίων

μετράται μέσω της εξασθένισης της δέσμης της ακτινοβολίας β' η οποία προσπίπτει στο δείγμα. Αυτή η μεθοδολογία ονομάζεται ραδιομετρική αρχή εξασθένισης της ακτινοβολίας β' με τη μέθοδο της αντιστάθμισης. Με αυτή τη διεργασία επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια της μέτρησης καθώς για κάθε μετρούμενη τιμή ορίζεται μια τιμή αναφοράς σε διαφορετικό τμήμα μέτρησης του οργάνου. Αυτό το τμήμα αναφοράς συνδέεται με φυσικό τρόπο με το τμήμα μέτρησης, οπότε υπάρχει και στα δύο συστήματα η ίδια επίδραση από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της πίεσης του περιβάλλοντος. Αυτή είναι και η βασική συνθήκη για την ακρίβεια και τη σταθερότητα της αντιστάθμισης (Οικονόπουλος).

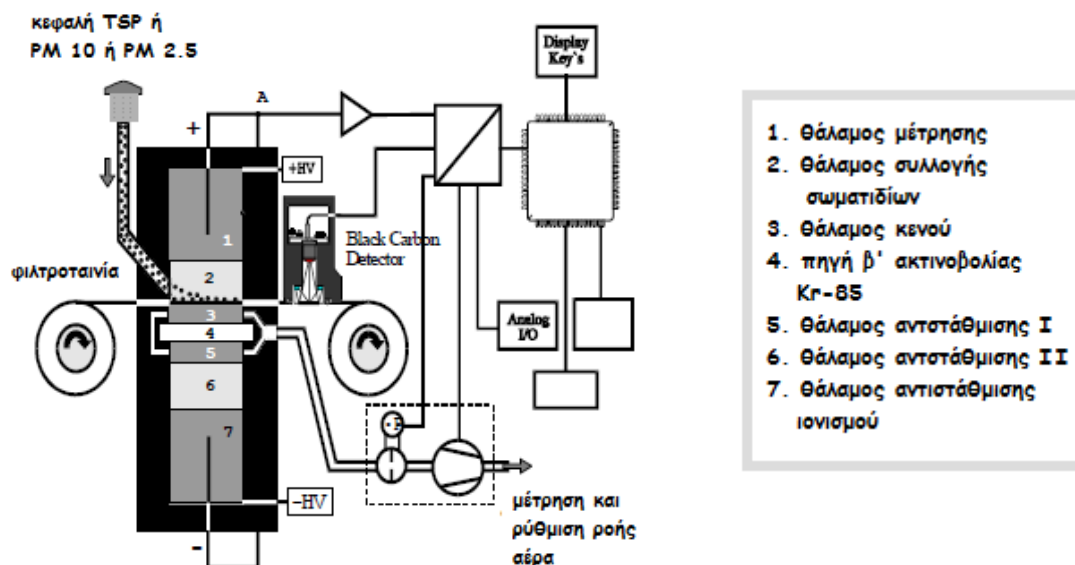
Στην εικόνα 4.7 φαίνεται η αρχή λειτουργίας του FH 62 I-R. Η διαδικασία μέτρησης είναι η ακόλουθη: Ένα καθαρό τμήμα της ταινίας φίλτρου μετακινείται στη θέση μέτρησης (2). Ο αέρας του περιβάλλοντος αναρροφάται από το σύστημα δειγματοληψίας. Οι επιλεκτικοί ως προς το μέγεθος συλλέκτες καθορίζουν το μέγεθος των σωματιδίων που θα ληφθούν κατά τη δειγματοληψία. Πριν εκτεθεί το φίλτρο στο ρεύμα αέρα εισέρχεται αέρας μέσω των συλλεκτών αυτών, ο οποίος απομακρύνει όλα τα σωματίδια που η αεροδυναμική τους διάμετρος είναι μεγαλύτερη από μία συγκεκριμένη τιμή. Τα σωματίδια σκόνης που περιέχονται στον αέρα εναποτίθενται στο φίλτρο. Για τη δειγματοληψία των σωματιδίων χρησιμοποιείται η αρχή της μοναδικής κηλίδας στο φίλτρο. Ένα κομμάτι φίλτρου παραμένει για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα στο θάλαμο συλλογής και μέτρησης των σωματιδίων (2) μέχρι να αποκτήσει το μέγιστο φορτίο που έχουμε ορίσει ή να ξεπεραστεί κάποια από τις παραμέτρους αλλαγής του φίλτρου (χρόνος ημέρας, προεπιλεγμένος χρόνος δειγματοληψίας, παροχή αέρα). Έπειτα το γεμάτο τμήμα του φίλτρου μετακινείται και το αντικαθιστά ένα καθαρό τμήμα στο σημείο μέτρησης.

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας στο φίλτρο στο τμήμα (2) ο αριθμός των σωματιδίων που κατακάθονται στο φίλτρο αυξάνεται. Το στρώμα των σωματιδίων με αυξανόμενο πάχος, εξασθενίζει την ένταση της ακτινοβολίας β στο τμήμα (4-2-1). Το ηλεκτρικό σήμα στην έξοδο Α αυξάνεται. Αυτό το σήμα εξόδου δίνει ανά πάσα στιγμή τη μάζα σωματιδίων που έχει συλλεχθεί στην κηλίδα του φίλτρου. Αυτό το σύστημα είναι λοιπόν ένας άμεσος παρατηρητής της μάζας της σκόνης στο σημείο 2. Με τη μάζα στην κηλίδα του φίλτρου γνωστή ανά πάσα στιγμή μπορεί κανείς να υπολογίσει την ταχύτητα της δειγματοληψίας σωματιδίων.

Το σήμα μέτρησης στην έξοδο Α ενισχύεται και φτάνει μέσω ενός αναλογικού/ψηφιακού μετατροπέα στην κεντρική υπολογιστική μονάδα. Από τη χρονική αύξηση της μάζας της σκόνης υπολογίζεται και δίνεται στην οθόνη μέτρησης η συγκέντρωση (Οικονομόπουλος 2003).



Εικόνα 4.6: DUST MONITOR FH 62 I – R.



Εικόνα 4.7: Αρχή λειτουργίας του οργάνου μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων DUST MONITOR FH 62 I – R (αναδιαμορφωμένη από Thermo ESM Andersen)

Στην εικόνα 4.8A φαίνεται ο σταθμός του Πολυτεχνείου Κρήτης που μέσα στεγάζονται όλα τα όργανα που προαναφέραμε και στην εικόνα 4.8B βλέπουμε το πάνω μέρος του σταθμού όπου φαίνονται ο συλλέκτης του οργάνου μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων FH 62 I – R και ένα μέρος του οργάνου μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας.



Εικόνα 4.8: Α) Μετεωρολογικός σταθμός Πολυτεχνείου Β) όργανα μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων και υγρασίας-θερμοκρασίας

4.3. Σταθμικές μετρήσεις συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων

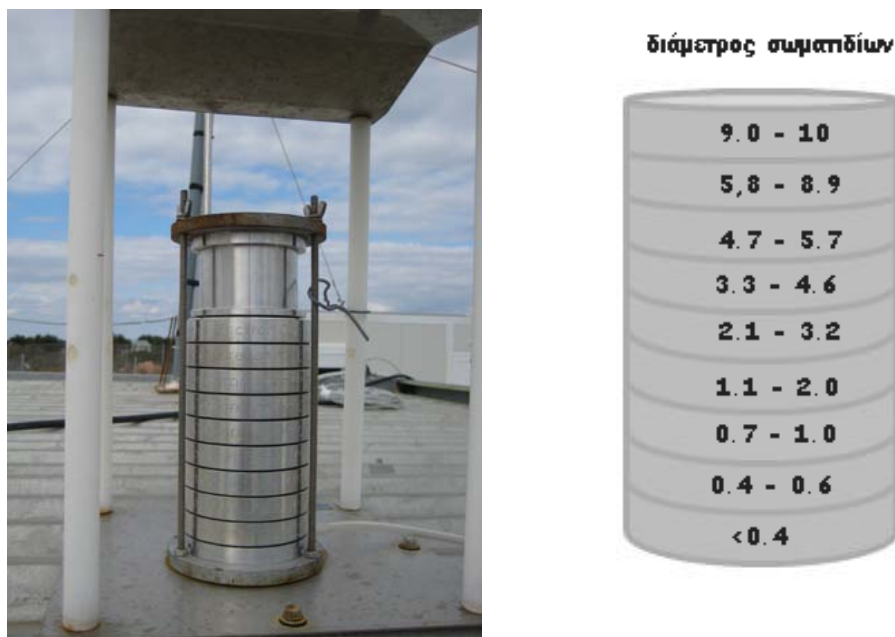
Από 12/4/2010-19/4/2010 χρησιμοποιήσαμε 2 βαρομετρικές μεθόδους για την μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων . Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ανήκουν και αυτά στο εργαστήριο ατμοσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων, του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, και είναι το Andersen 1 ACFM Ambient Sampler και το Sequential Sampler FH 95 SEQ, THERMO.

4.3.1. Όργανο μέτρησης μάζας αιωρούμενων σωματιδίων Andersen Ambient Sampler

Το Andersen Ambient Sampler (εικόνα 4.9Α) χρησιμοποιείται για την μέτρηση της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην σταθμική (βαρομετρική) μέτρηση της μάζας των σωματιδίων που συλλέγονται πάνω σε φίλτρα με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας. Η συλλογή του αερολύματος γίνεται κατά 8 στάδια με βάση την αεροδυναμική διάμετρο των σωματιδίων. Όσο μικρότερο είναι το σωματίδιο τόσο βαθύτερα εισέρχεται στον δειγματολήπτη (κατά αντιστοιχία με τον ανθρώπινο πνεύμονα). Στην εικόνα 4.9Β φαίνεται το εύρος τιμών του κάθε σταδίου. Τα σωματίδια με διάμετρο

μικρότερη από αυτή που συγκρατείται στο τελευταίο στάδιο (0.4 – 0.6) συλλέγονται στο backup filter (< 0.4) (Λαζαρίδης).

Το όργανο τοποθετήθηκε πάνω στον μετεωρολογικό σταθμό, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.9Α, και τα φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν «Quartz Fiber Filters».



Εικόνα 4.9: Α) Andersen Ambient Sampler Β) Εύρος τιμών κάθε σταδίου

4.3.2. Όργανο μέτρησης μάζας αιωρούμενων σωματιδίων Sequential Sampler FH 95 SEQ, THERMO

Το Sequential Sampler (εικόνα 4.10) χρησιμοποιείται για την μέτρηση της μάζας των αιωρούμενων σωματιδίων που συλλέγονται πάνω σε φίλτρα με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας. Πρόκειται για έναν χαμηλού όγκου δειγματολήπτη (low-volume sampler), ο οποίος λειτουργεί με ροή αέρα που κυμαίνεται από 1,5 έως 3 m³/h. Για την συλλογή των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο ακροφύσιο. Ο μέγιστος αριθμός φίλτρων που μπορούν να τοποθετηθούν στο όργανο είναι δεκαέξι και πραγματοποιείται αυτόματη αλλαγή φίλτρου κάθε 24 ώρες.

Το Sequential Sampler κανονικά έπρεπε να τοποθετηθεί στο ίδιο ύψος με τα άλλα δύο όργανα μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων αλλά λόγω του μεγάλου βάρους του τοποθετήθηκε στο έδαφος. Τα φίλτρα αλλάζονταν κάθε δύο μέρες για να μην επηρεάζονται από την παραμονή τους στο όργανο.



Εικόνα 4.10: Sequential Sampler

4.3.3. Ζυγός ακριβείας Sartorius CP 225D

Η ζύγιση των φίλτρων που χρησιμοποιήθηκαν για τις σταθμικές μετρήσεις της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM10 και για τα δύο όργανα πραγματοποιήθηκαν στον ζυγό ακριβείας Sartorius CP 225D (Sartorius AG, Goettingen, Germany). Ο ζυγός έχει ακρίβεια 0,01mg. Στην εικόνα 4.11 φαίνεται ο ζυγός που είναι τοποθετημένος σε ένα ειδικά διαμορφωμένο έπιπλο, ώστε να μένει σταθερός, στο εργαστήριο ατμοσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων.



Εικόνα 4.11: Ζυγός ακριβείας Sartorius CP 225D.

5^ο Κεφάλαιο

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΣΚΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ

5.1 Μεθοδολογία

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα στα Χανιά σύμφωνα με τις μετρήσεις του σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης για τα έτη 2004-2010 είναι η εξής:

- Υπολογίστηκαν όλες οι μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις για το σύνολο των ετών και με παρατήρηση βρέθηκαν οι τιμές που ήταν πάνω από τα καθορισμένα όρια. Δεν χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις γιατί ένα επεισόδιο σκόνης μπορεί να διαρκέσει από κάποιες ώρες μέχρι μέρες με αποτέλεσμα αν το επεισόδιο έχει διάρκεια μόνο κάποιες ώρες και τις υπόλοιπες η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένη να μην ξεπεραστεί το ημερήσιο όριο.
- Για τις ημέρες που παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις χρησιμοποιήθηκε το HYSPLIT4 για να βρεθεί η ρетроπορεία των αερίων μαζών. Στις περιπτώσεις που το HYSPLIT έδειχνε ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στον σταθμό είχαν περάσει πάνω από περιοχές που καλύπτει η έρημος Σαχάρα γινόταν αντιληπτό ότι έχουμε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης.
- Επιπλέον για τις ημερομηνίες που είχε βγει το συμπέρασμα ότι υπάρχει επεισόδιο σκόνης έγινε αναζήτηση δορυφορικών εικόνων για να πιστοποιηθεί ότι έχουμε επεισόδιο. Η λήψη αυτών των δορυφορικών εικόνων γίνεται από το όργανο MODIS.
- Χρησιμοποιήθηκε, για το 2010, το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ για να παρατηρηθεί κατά πόσο υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης των επεισοδίων μεταφοράς σκόνης.
- Τέλος υπολογίστηκαν όλες οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις για να βρεθεί πόσες φορές ξεπεράστηκε το θεσπισμένο ημερήσιο όριο και το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης

5.2 Εύρεση ρетроπορειών αερίων μαζών με το HYSPLIT MODEL

Οι ρетроπορείες υπολογίζονται με τη χρήση του μοντέλου HYSPLIT 4, το οποίο δημιουργήθηκε από το Air Resources Laboratory (ARL), του National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) των ΗΠΑ. Το HYSPLIT MODEL (HYbrid Single – Particle Lagrangian Integrated Trajectory) έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει έναν μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων που σχετίζονται με μακράς διάρκειας μεταφορά, διάχυση και απόθεση ρύπων. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι Λαγκρανζιανό και προσομοιώνει απλά την πορεία μίας αέριας μάζας, λαμβάνοντας υπόψη τη διασπορά, την εναπόθεση που λαμβάνει χώρα και το πεδίο των ανέμων (Draxler, 1992).

Αυτό το μοντέλο όπως και άλλα παρόμοια υπολογίζουν τις τροχιές των αερίων μαζών με μεγάλη αβεβαιότητα. Τα λάθη στον υπολογισμό των τροχιών οφείλονται κυρίως στο ότι δεν είναι πάντα διαθέσιμα τα μετεωρολογικά δεδομένα (που συνεχώς μεταβάλλονται σε χώρο και χρόνο) για καθορισμένη τοποθεσία σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Rolph κ.ά. 1990). Το τυπικό σφάλμα στον υπολογισμό της απόστασης που διανύει μια αέρια μάζα είναι της τάξης του 20%-30%. Γι' αυτό τον λόγο οι τροχιές που υπολογίζονται πρέπει να θεωρούνται μια καλή εκτίμηση της μέσης κίνησης μιας αέριας μάζας.

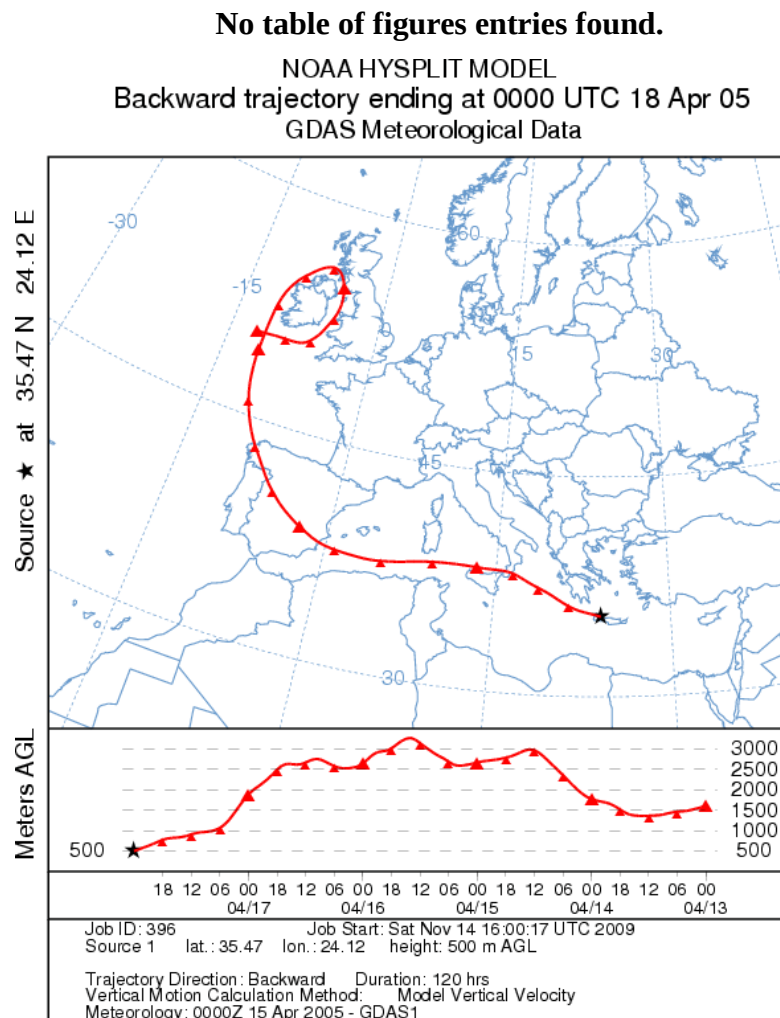
Στη παρούσα διπλωματική εργασία το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των ρетроπορειών των αερίων μαζών σε μέρες με αυξημένες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων για να εξακριβωθεί αν ο λόγος που οι συγκεντρώσεις ήταν αυξημένες ήταν το ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν πάνω από την έρημο Σαχάρα.

Για τον υπολογισμό της ρетроπορείας χρειάζονται ορισμένα δεδομένα εισόδου. Αρχικά επιλέγεται η βάση δεδομένων από την οποία θα χρησιμοποιηθούν μετεωρολογικά στοιχεία. Στην περίπτωση που θέλουμε να βρούμε ρетроπορεία αερίων μαζών για ημερομηνία μέχρι το έτος 2006 επιλέγουμε FNL (Final run) ενώ στην περίπτωση που θέλουμε να βρούμε ρетроπορεία αερίων μαζών για ημερομηνία από το 2006 μέχρι σήμερα επιλέγουμε GDAS (Global Data Assimilation System). Στη συνέχεια μας ζητείται να βάλουμε τον κωδικό της περιοχής ενδιαφέροντος ο οποίος για τη Σούδα στα Χανιά (35° 47' N, 24° 12' E) είναι LGSA. Χρησιμοποιήσαμε το σταθμό της σούδας ως τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Μετά επιλέγουμε την εντολή «backward» γιατί μας ενδιαφέρει η προέλευση των αερίων μαζών. Αφού βάλουμε αυτά τα δεδομένα επιλέγουμε την ημερομηνία που και την

ώρα που μας ενδιαφέρει. Στις περισσότερες περιπτώσεις η ώρα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η 00:00 UTC, δηλαδή + 2 ώρες από την ελληνική χειμερινή ώρα και +3 από την ελληνική θερινή ώρα. Τέλος ως συνολικός χρόνο (run time) χρησιμοποιήθηκαν οι 120h δηλαδή οι 5 ημέρες.

Βάζοντας αυτά τα δεδομένα εισόδου προκύπτει κάθε φορά ένας χάρτης ρетроπορείας που απεικονίζει ένα εναέριο πλάνο της πορείας της αέριας μάζας μέχρι να φτάσει στην περιοχή ενδιαφέροντος καθώς και μία κατακόρυφη εικόνα της κίνησής του σε διαφορετικά ύψη. Στο σχήμα έχουμε ένα τέτοιο χάρτη για τις 18/04/2005. Στο παράρτημα I παρατίθεται η φόρμα συμπλήρωσης του μοντέλου.



Σχήμα 5.1: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 18/04/2005.

5.3 Όργανο λήψης δορυφορικών εικόνων MODIS

Το MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) είναι ένα πολύ σημαντικό όργανο που έχει τοποθετηθεί στην εξωτερική επιφάνεια δύο δορυφόρων του Terra (EOS AM) και του Aqua (EOS PM). Οι τροχιές των δύο αυτών δορυφόρων είναι έτσι προγραμματισμένες ώστε ο Terra να κινείται από το βορρά νότια προς τον ισημερινό το πρωί ενώ ο Aqua από το νότο βόρεια προς τον ισημερινό το απόγευμα. Έτσι από αυτούς τους δύο δορυφόρους έχουμε μια πλήρη εικόνα της Γης κάθε 1 με 2 μέρες, με δεδομένα από 36 φασματικές ζώνες (MODIS, NASA).

Αυτά τα στοιχεία βοηθούν στην κατανόηση των διεργασιών που συμβαίνουν στη γη, στους ωκεανούς, καθώς και στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Το MODIS παίζει ζωτικό ρόλο στην δημιουργία παγκόσμιων μοντέλων που θα μπορούν να προβλέψουν με αρκετά μεγάλη ακρίβεια τις πλανητικές αλλαγές ώστε να ληφθούν κατάλληλες αποφάσεις σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντός (NexSat).

Η εικόνα 5.1 είναι ένα παράδειγμα δορυφορικής εικόνας από τον δορυφόρο Terra που μας δείχνει τη μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα στην Μεσόγειο.



Εικόνα 5.1: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 9/6/2007 (Nasa, MODIS).

5.4 Το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ (SKIRON MODEL)

Το Σύστημα Πρόγνωσης Καιρού ΣΚΙΡΩΝ αναπτύχθηκε από το Τμήμα Φυσικής (Υπεύθυνος: Αν. Καθηγητής Γ. Κάλλος) και το Εργαστήριο Μετεωρολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών με τη συνεργασία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY), της Brainware ΑΕ, του Εργαστηρίου Υπολογιστών Υψηλών Αποδόσεων Αθηνών (ΕΡΥΥΕΑ) και της ITC ΑΕ. Αναπτύχθηκε για να εφαρμοσθεί επιχειρησιακά στην Ελληνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, στα πλαίσια του έργου "Ανάπτυξη ενός συστήματος πρόγνωσης καιρού μεγάλης ακρίβειας σε υπολογιστές υψηλών επιδόσεων".

Το κύριο μέρος του Συστήματος βασίζεται στο διεθνώς δοκιμασμένο σε επίπεδο εφαρμογών, αλλά περιορισμένης κλίμακας ατμοσφαιρικό μοντέλο πρόγνωσης καιρού ETA, το οποίο αναπτύχθηκε αρχικά στο Πανεπιστήμιο του Βελιγραδίου και αργότερα στο Εθνικό Κέντρο Περιβαλλοντικών Προγνώσεων (NCEP) των ΗΠΑ. Κατά τη διάρκεια του έργου, το μοντέλο ETA αναπτύχθηκε περαιτέρω στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, με σκοπό την εφαρμογή του στην περιοχή της Μεσογείου, δίνοντας πολύ καλά αποτελέσματα στην πρόγνωση ακραίων καιρικών φαινομένων (Mitsakou κ.ά. 2008).

Το σύστημα παρέχει πρόγνωση ατμοσφαιρικής κατάστασης μέχρι και 168 ωρών (7 ημερών) τόσο για τον ευρύτερο ελλαδικό χώρο όσο και για ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου και της Νότιας Ευρώπης. Παράλληλα παρέχεται πρόγνωση μεταφοράς και εναπόθεσης σωματιδίων σκόνης από την περιοχή της ερήμου Σαχάρας προς τη Μεσόγειο και την Ευρώπη μέχρι και 72 ωρών (3 ημερών).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μας ενδιαφέρει η πρόγνωση μεταφοράς και εναπόθεσης σωματιδίων σκόνης. Ο κύκλος αιώρησης της σκόνης περιγράφεται από ένα σύνολο Ουλεριανών (Eulerian) εξισώσεων με ανεξάρτητη μεταβλητή K . Η μεταβλητή αυτή εκφράζει τον τύπο των αιωρούμενων σωματιδίων. Οι τιμές του K είναι 4 όσοι δηλαδή είναι και οι τύποι των σωματιδίων: πηλός (clay), λεπτόκοκκη ιλύς (small silt), χονδρόκοκκη ιλύς (large silt) και άμμος (sand). Ικανά να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις είναι μόνο τα σωματίδια των δύο πρώτων τύπων αφού η αιώρηση των άλλων δύο δεν διαρκεί πάνω από 12 ώρες (Κάλλος κ.ά. 2007).

Η γενική εξίσωση του μοντέλου είναι:

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} = -u \frac{\partial C_k}{\partial x} - v \frac{\partial C_k}{\partial y} - (w - v_{gk}) \frac{\partial C_k}{\partial z} - \nabla (K_H \nabla C_k) - \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial C_k}{\partial z}) + (\frac{\partial C_k}{\partial t})_{SOURCE} - (\frac{\partial C_k}{\partial t})_{SINK}$$

Όπου,

C_k : Συγκέντρωση σωματιδίων τύπου K

u, v : Οριζόντιες συνιστώσες ταχύτητας

w : Κάθετη ταχύτητα

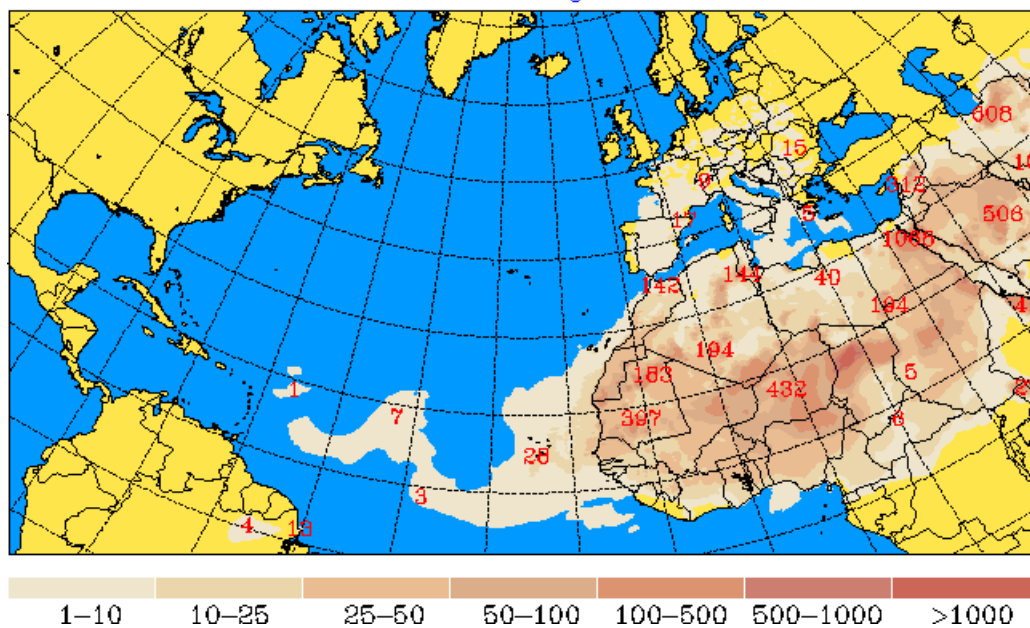
v_{gk} : Ταχύτητα καθίζησης σωματιδίων

K_H : Συντελεστής διάχυσης

K_Z : Συντελεστής τυρβώδους ροής

Η απομάκρυνση της σκόνης από την ατμόσφαιρα πραγματοποιείται με δύο μηχανισμούς: την ξηρή και την υγρή εναπόθεση. Η ξηρή εναπόθεση είναι η εναπόθεση λόγω βαρυτικής καθίζησης, επιφανειακής τυρβώδους διάχυσης και λόγω σύγκρουσης με την επιφάνεια ενώ η υγρή εναπόθεση είναι εναπόθεση λόγω κατακρημνίσεων. Σωματίδια μικρότερα από 10μm απομακρύνονται κυρίως μέσω υγρής απόθεσης και τυρβώδους ξηρής απόθεσης. Σωματίδια μεγαλύτερα από 10 μm απομακρύνονται κυρίως μέσω καθίζησης λόγω βαρύτητας(Κάλλος κ.ά. 2007).

Το μοντέλο δίνει την συγκέντρωση σκόνης κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, την κατακόρυφη στήλη καθώς και την υγρή και ξηρή εναπόθεση σκόνης για κάθε 6 ώρες. Το μοντέλο είναι προγνωστικό και δεν υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε σε παλαιότερες ημερομηνίες. Γι' αυτό το λόγο στην παρούσα διπλωματική εργασία έχει χρησιμοποιηθεί μόνο για το 2010. Πρόσβαση σε αυτό το μοντέλο έχει ο καθένας μέσω του διαδικτύου στην ιστοσελίδα: <http://forecast.uoa.gr/> και κάθε μέρα υπάρχουν προβλέψεις για εκείνη την ημέρα και τις επόμενες δύο. Το σχήμα 5.2 είναι ένα παράδειγμα χάρτη που δίνει το ΣΚΙΡΩΝ όταν γίνεται επιλογή να φαίνεται αν μεταφέρεται σκόνη και στον Ατλαντικό ωκεανό. Σ' αυτή την εργασία χρησιμοποιούνται χάρτες που δείχνουν την μεταφορά της σκόνης στην Ευρώπη.



Σχήμα 5.2: Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 21/11 στις 14:00.

6^ο Κεφάλαιο

6. ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΑΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2004-2010

Σ αυτό το κεφάλαιο θα παρατεθούν για κάθε έτος πίνακες με τα επεισόδια σκόνης και η ανάλυση ενός ή περισσότερων βασικών επεισοδίων κάθε χρονιάς. Τα υπόλοιπα επεισόδια για το κάθε έτος αναλύονται στο παράρτημα II.

6.1 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2004

Το έτος 2004 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 10 μ m (PM 10) από 1/1 μέχρι και 9/3, όπου έγινε αλλαγή κεφαλής και από την επόμενη μέρα 10/3 ξεκίνησε να μετράει αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 2.5 μ m (PM 2.5). Λόγω τεχνικού προβλήματος στο σταθμό δεν υπάρχουν μετρήσεις για τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο. Διαθέσιμα ήταν τα δεδομένα από 1/1 μέχρι 31/5. Παράλληλα με τα αιωρούμενα σωματίδια στο σταθμό μετριόνταν επίσης η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου και το όζον. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.1 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2004.

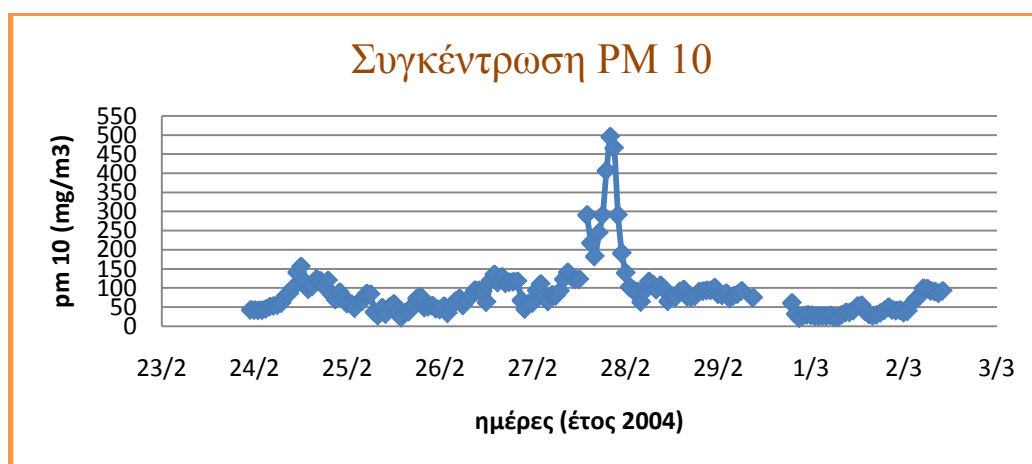
Πίνακας 6.1: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2004.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
24-25 Φεβρουαρίου	PM 10	25h	149 μ g/m ³	83,48 μ g/m ³	Λιβύη Αίγυπτος
26-29 Φεβρουαρίου	PM 10	78h	512 μ g/m ³	26: 82,8 μ g/m ³ 27:189,8 μ g/m ³ 28:82 μ g/m ³	Μαρόκο Αλγερία Λιβύη Αίγυπτος
27-28 Μαρτίου	PM 2.5	29h	123 μ g/m ³	27: 75,4 μ g/m ³ 28: 58,9 μ g/m ³	Αλγερία Λιβύη

4-6 Μαΐου	PM 2.5	28h	454 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	Λιβύη Αίγυπτος
7 Μαΐου	PM 2.5	11 h	78,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	38,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία
9 Μαΐου	PM 2.5	12h	210,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	43,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία
10 Μαΐου	PM 2.5	8 h	98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία

Επεισόδια Φεβρουαρίου 24/2/2004 και 26-28/2/2004

Στο σχήμα 6.1 φαίνεται ότι κατά την διάρκεια αυτών των ημερών είχαμε ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις PM 10.

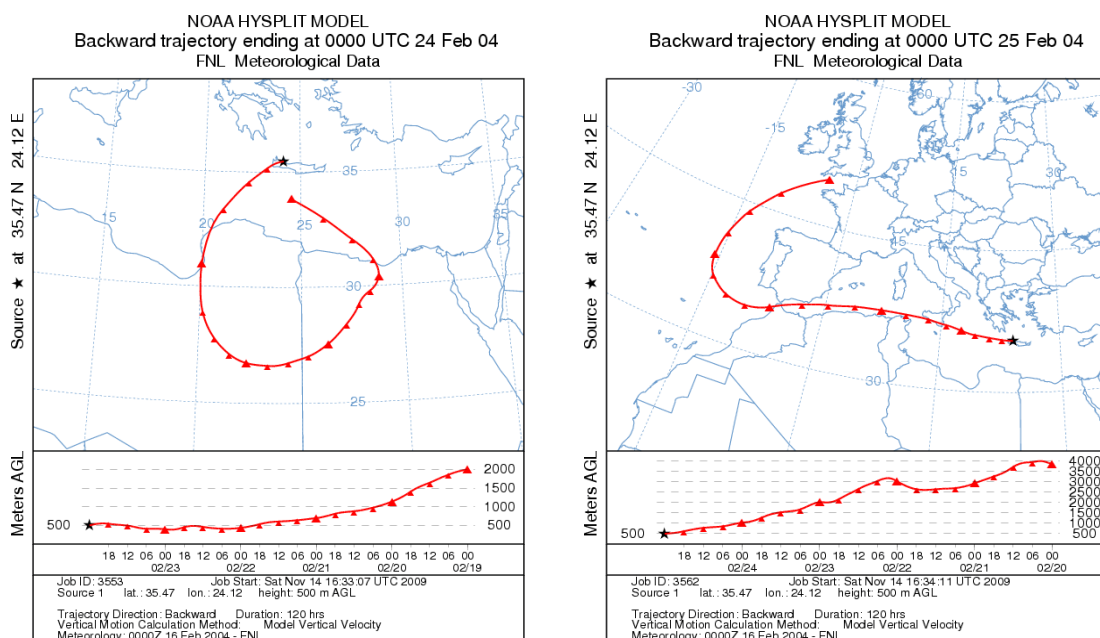


Σχήμα 6.1: Συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM 10 κατά τα επεισόδια σκόνης που έλαβαν χώρα τον Φεβρουάριο του 2004.

Το πρώτο επεισόδιο ξεκινάει 24/2 5:00πμ όπου παρατηρούνται συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέγιστη τιμή γι' αυτό το επεισόδιο στις 12:00 149,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν 83,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Με τη βοήθεια του HYSPLIT4 Model βρίσκεται η ρетроπορεία των αερίων μαζών αέρα αυτής της ημέρας (σχήμα 6.2Α) από το οποίο συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Λιβύη και την

Αίγυπτο. Επομένως η προέλευση των αιρούμενων σωματιδίων είναι η Σαχάρα και μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουμε επεισόδιο σκόνης.

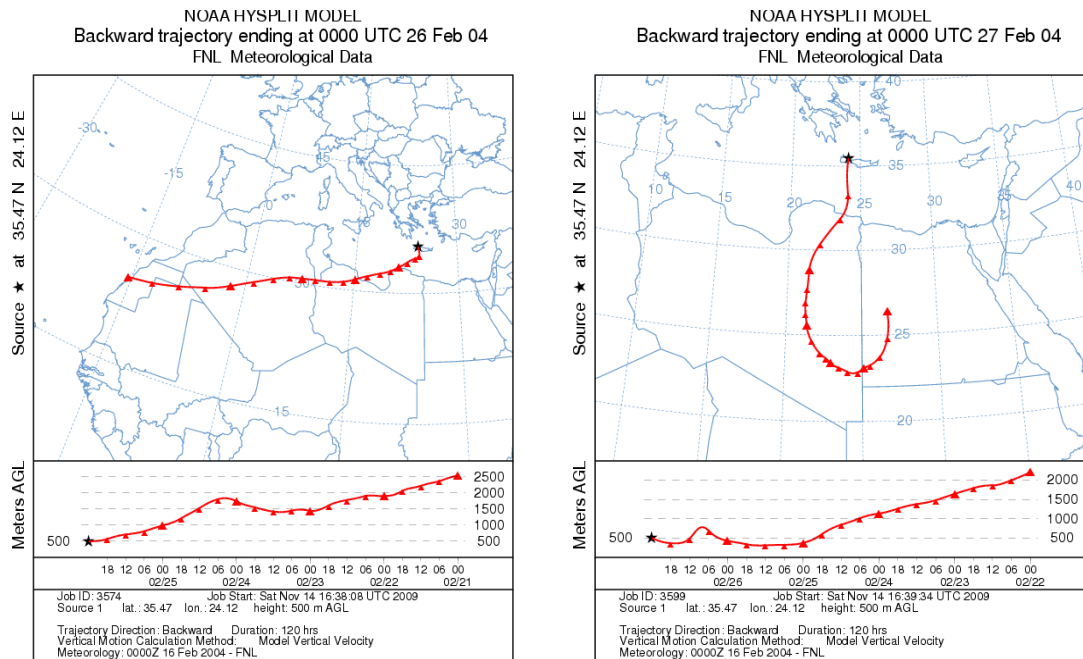
Στις 25/2/2004 η μέση ημερήσια συγκέντρωση είναι $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ δηλαδή όχι ιδιαίτερα αυξημένη, αν και πάνω από το όριο. Όπως φαίνεται από την Σχήμα της ρетроπορείας (σχήμα 6.2B) αυτής της ημέρας οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου στις 25/2/2004 πέρασαν πάνω από τη Μεσόγειο θάλασσα και όχι την έρημο γι αυτό δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένες και δεν έχουμε επεισόδιο σκόνης. Γι αυτό το λόγο θεωρείται ανεξάρτητο το επεισόδιο στις 24/2 από το επόμενο των 26-27/2. Είναι πιθανό το θαλασσινό αλάτι που ενσωματώνεται στα σωματίδια όταν περνούν πάνω από τη θάλασσα να ευθύνεται για τις τιμές των σωματιδίων που περνούν το όριο εκείνη την μέρα.



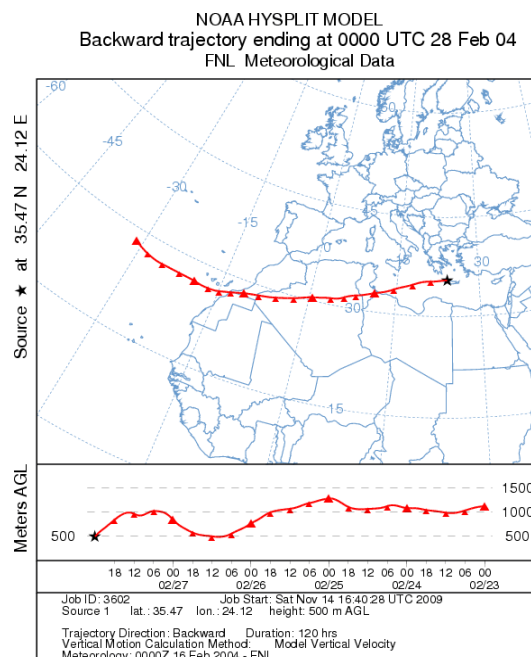
Σχήμα 6.2: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 24/02/2004. Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 25/02/2004.

Στο διάστημα 26-28/2 είναι ιδιαίτερα αυξημένες οι συγκεντρώσεις PM 10 και αυτό το επεισόδιο είναι πολύ μεγαλύτερο από το προηγούμενο. Από τις ρетроπορείες των τριών αυτών ημερών (σχήματα: 6.3 Α, 6.3 Β 6.4) συμπεραίνεται ότι πρόκειται για επεισόδιο σκόνης με κορύφωση του φαινομένου στις 27/2/2004 14:00-23:00 όπου οι συγκεντρώσεις είναι άνω των $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και φτάνουν μέχρι και τα $512 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 20:00. Η μέση συγκέντρωση των αιρούμενων σωματιδίων αυτή την μέρα είναι $189,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στις 26/2/2004 η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $82,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 28 /2/2004 $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Στα σχήματα 6.3A ,6.3B και 6.4 φαίνεται ότι οι αέριες μάζες 26/2 και 28/2 πέρασαν από πολλές χώρες της βορείου Αφρικής ενώ στις 27/2 από Λιβύη και Αίγυπτο. Ο λόγος για τον οποίο στις 27/2 οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ υψηλές είναι ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από πολύ χαμηλό ύψος πάνω από την έρημο, όπως βλέπουμε στο σχήμα 6.3B.



Σχήμα 6.3: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 6/02/2004. Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 27/02/2004.



Σχήμα 6.4: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 28/02/2004.

6.2 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2005

Το έτος 2005 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 2.5 μ m (PM 2.5). Παράλληλα με τα αιωρούμενα σωματίδια στο σταθμό μετριόνταν επίσης η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Το όζον δεν μετριόταν μέχρι 31/8 λόγω τεχνικού προβλήματος. Επίσης λόγω τεχνικού προβλήματος τα αιωρούμενα σωματίδια δεν μετριόνταν τις εξής περιόδους: 27/1-10/2 21-22/2 27-29/8. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.2 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2005.

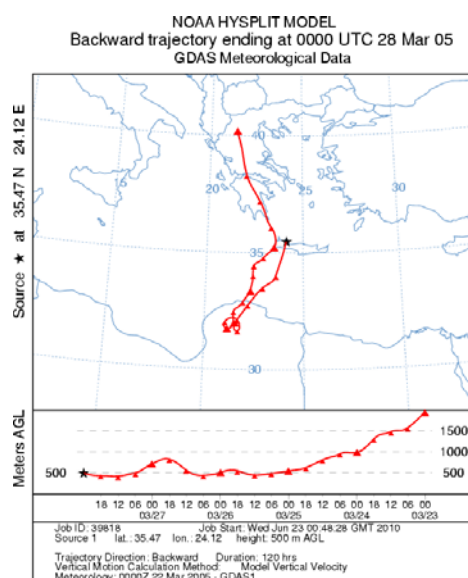
Πίνακας 6.2: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2005.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
20-21 Ιανουαρίου	PM 2.5	23h	87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20: 22,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 21: 42,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
25-27 Ιανουαρίου	PM 2.5	50h	161,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25: 37,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 26: 77,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 27: 77,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Τυνησία Αλγερία
15-16 Φεβρουαρίου	PM 2.5	20h	192,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	37,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
17-18 Φεβρουαρίου	PM 2.5	6h	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
5-6 Μαρτίου	PM 2.5	13h	143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5: 39,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 6: 29,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαυριτανία Αλγερία Λιβύη
17-19 Μαρτίου	PM 2.5	37h	66,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17: 31,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 18: 33,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Τυνησία

28 Μαρτίου	PM 2.5	21h	316 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	91,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
11-12 Απριλίου	PM 2.5	22h	73,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
13 Απριλίου	PM 2.5	6h	74,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία
16-17 Απριλίου	PM 2.5	25h	780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16: 27,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 17/4: 282,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Τυνησία Αλγερία Αίγυπτος
1-2 Μαΐου	PM 2.5	32 h	42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-

Επεισόδιο σκόνης 28/3

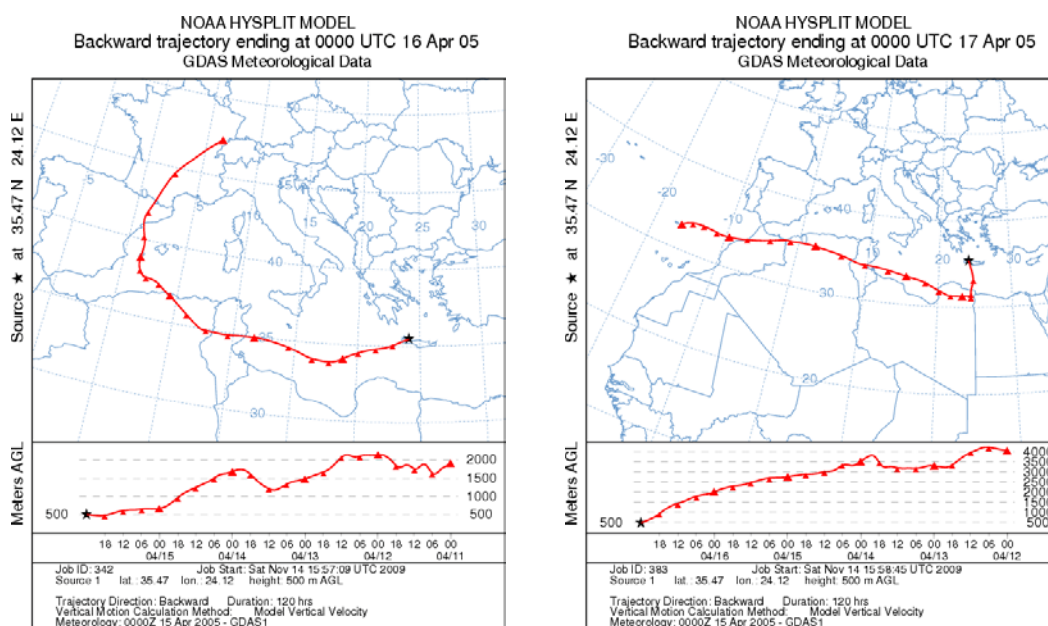
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 28/3 στη 1:00 και τελείωσε στις 23:00. Σ αυτό το επεισόδιο υπήρξαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις PM 2.5 με μέγιστη τα $316 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 17:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $91,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και από τη ρετροπορεία εκείνης της ημέρας (σχήμα 6.5) συμπεραίνεται ότι η σκόνη ήρθε από τη Λιβύη. Ο λόγος που οι τιμές είναι ιδιαίτερα αυξημένες είναι το ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από χαμηλό ύψος.



Σχήμα 6.5: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 28/3/2005.

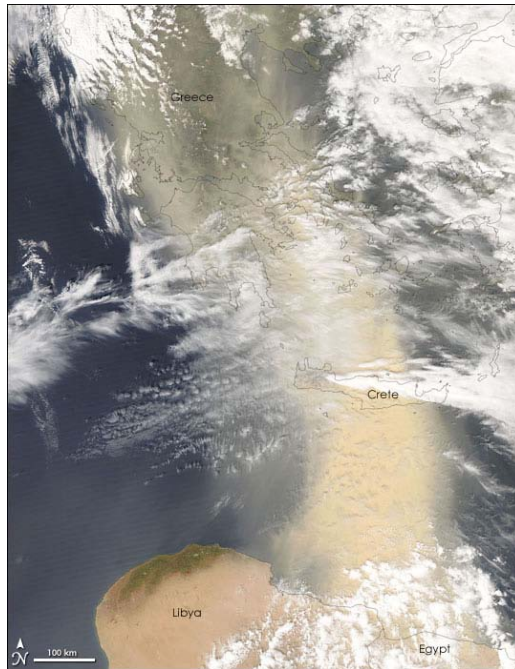
Επεισόδιο σκόνης 16-17/4

Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 16/4 στις 20:00 και τελείωσε στις 17/4 στις 21:00. Σ' αυτό το επεισόδιο καταγράφηκαν πρωτοφανείς συγκεντρώσεις PM 2.5 αφού για διάστημα 4 ωρών το FH62 I-R μας έδινε την τιμή $780 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στα σχήματα 6.6Α και 6.6Β φαίνονται οι ρетроπορείες των αερίων μαζών πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος και παρατηρείται ότι πέρασαν από την Αλγερία, την Τυνησία και την Λιβύη.



Σχήμα 6.6: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 16/4/2005. Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 17/04/2005.

Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα (εικόνα 6.1) από τον δορυφόρο Aqua που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από την Λιβύη και την Αίγυπτο στην Ελλάδα. Η NASA δίνει την πληροφορία ότι στις 17/4 λόγω της σκόνης η ορατότητα στην Κρήτη είχε μειωθεί αρκετά και ότι όλη η χώρα είχε σκεπαστεί με ένα «πέπλο» από κίτρινη σκόνη με αποτέλεσμα να υπάρχουν ακυρώσεις και καθυστερήσεις σε εναέριες και θαλάσσιες μεταφορές. Αιτία αυτού του έντονου φαινομένου ήταν οι ισχυροί άνεμοι που έπνεαν πάνω από τη Σαχάρα. Η εικόνα 6.2 είναι μια φωτογραφία της Ακρόπολης στις 17/4 και φαίνεται το κίτρινο «πέπλο» που καλύπτει την Αθήνα.



Εικόνα 6.1: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 17/4/2005 (Nasa, MODIS).



Εικόνα 6.2: Φωτογραφία της Ακρόπολης στις 17/4/2005.

6.3 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2006

Το έτος 2006 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $2.5\mu\text{m}$ (PM 2.5) από 1 Ιανουαρίου μέχρι 3 Απριλίου όπου γίνεται αλλαγή κεφαλής και μέχρι 15 Σεπτεμβρίου μετράει αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι

10 μ m (PM 10). Στις 15 Σεπτεμβρίου μετράει ξανά PM 2.5 μέχρι στις 28 Σεπτεμβρίου όπου λόγω τεχνικού προβλήματος σταματάει να λειτουργεί τελείως μέχρι τις 15 Δεκεμβρίου. Στις 15 Δεκεμβρίου μέχρι το τέλος του έτους λειτουργεί ξανά κανονικά και μετράει PM 2.5. Παράλληλα με τα αιωρούμενα σωματίδια στο σταθμό μετριόνταν οι μετεωρολογικοί παράγοντες θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα του ανέμου και το όζον. Ενώ το όργανο μέτρησης της κατεύθυνσης του αέρα βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.3 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2006.

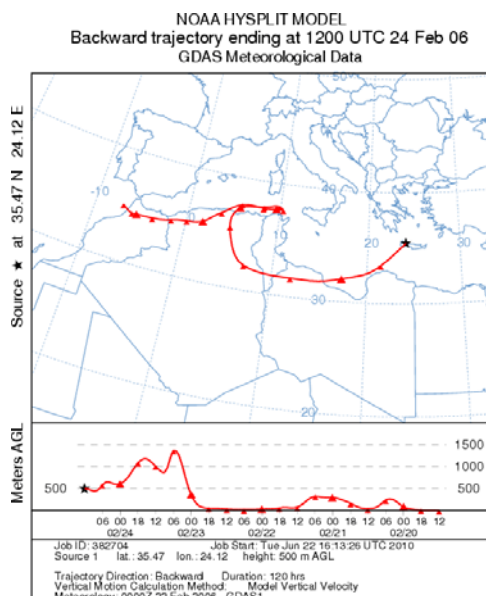
Πίνακας 6.3: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2006.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
4 Ιανουαρίου	PM 2.5	9h	83,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
23-24 Φεβρουαρίου	PM 2.5	21h	718,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23: 38,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24: 211 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαρόκο Αλγερία Λιβύη Τυνησία
26 Φεβρουαρίου	PM 2.5	7h	65,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία
28 Φεβρουαρίου	PM 2.5	17h	100,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	61,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος
22-23 Μαρτίου	PM 2.5	49h	160,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21: 30,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 22: 45,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 23: 39,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
7-8 Απριλίου	PM 10	28h	780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7: 171 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8: 52,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
20 Ιουνίου	PM 10	8h	503,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	116,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία

21 Ιουνίου	PM 10	3h	398,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	52,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία
21-24 Αυγούστου	PM 10	61h	52,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21: 50,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 22: 59,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 23: 48,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία
18 Σεπτεμβρίου	PM 2.5	5 h	54,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία

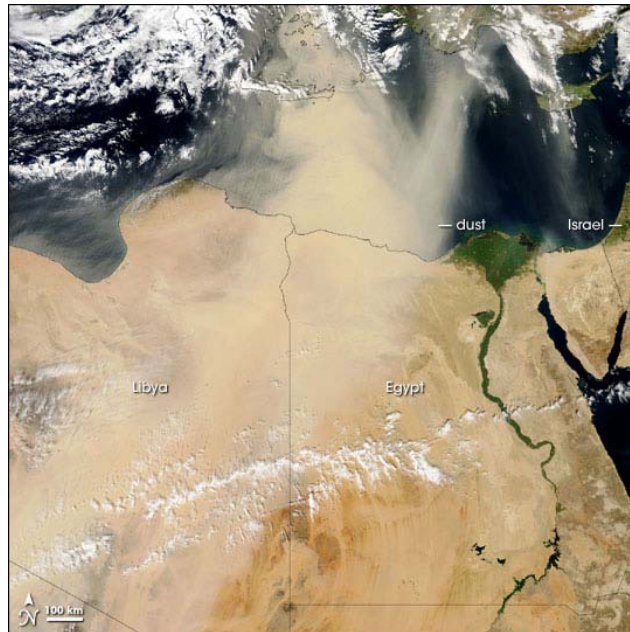
Επεισόδιο σκόνης 23-24/2

Το επεισόδιο ξεκίνησε 23/2 20:00 και τελείωσε 24/2 στις 17:00. Κατά τη διάρκεια αυτού του επεισοδίου καταγράφηκαν πολύ υψηλές τιμές συγκεντρώσεων PM 2.5 με μέγιστη ωριαία συγκέντρωση τα $718,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 10:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $38,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 23 και $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 24 (λείπουν μετρήσεις 7 ωρών κατά τη διάρκεια των οποίων είχαμε μεταφορά σκόνης). Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών (σχήμα 6.7) συμπεραίνεται ότι η αέρια μάζα πριν φτάσει στην περιοχή ενδιαφέροντος είχε περάσει από το Μαρόκο, την Αλγερία, την Τυνησία και τη Λιβύη και μάλιστα σε πολύ χαμηλό ύψος (πολύ χαμηλότερο από τα 500m).



Σχήμα 6.7: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 24/02/2006.

Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα από το όργανο MODIS που είναι ενσωματωμένο στο δορυφόρο Aqua. Στην εικόνα 6.3 φαίνεται η μεταφορά σκόνης από τη Λιβύη και την Αίγυπτο στη Μεσόγειο και την Κρήτη. Αυτό το επεισόδιο μεταφοράς σκόνης ήταν αποτέλεσμα αμμοθύελλας στην Αλγερία, τη Τυνησία και τη Λιβύη (NASA).



Εικόνα 6.3: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 24/2/2009 (Nasa, MODIS).

6.4 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2007

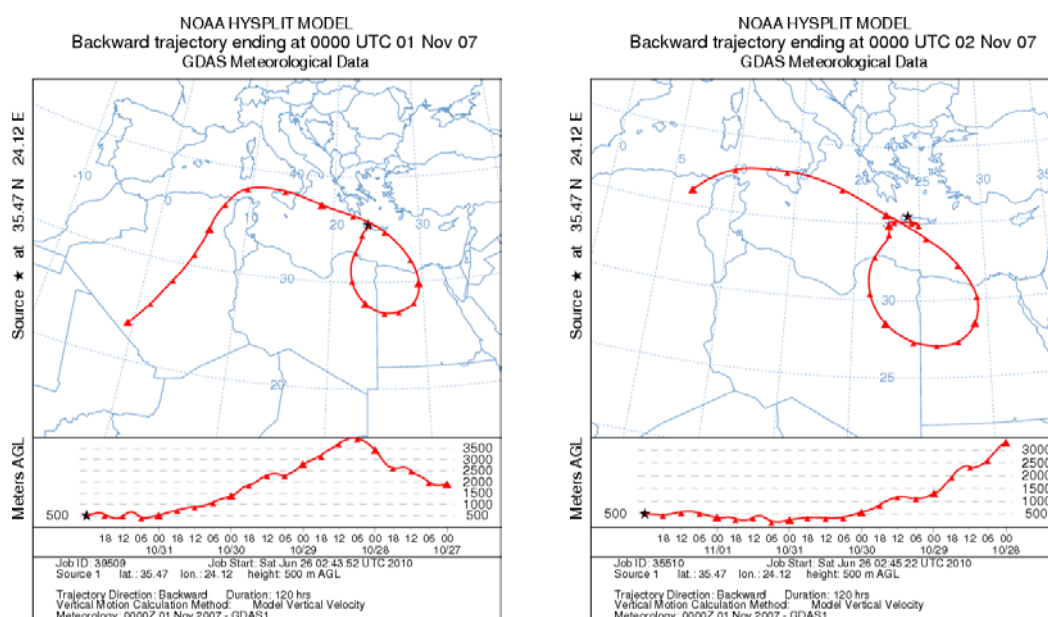
Το έτος 2007 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $2.5\mu\text{m}$ (PM 2.5) από 1/1 μέχρι και 20/5, όπου σταμάτησε να λειτουργεί το όργανο μέτρησης σωματιδίων. Το FH 62 I-R ξεκίνησε να λειτουργεί ξανά στη 1 Νοεμβρίου και μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $10\mu\text{m}$ (PM 10). Τεχνικό πρόβλημα αντιμετώπιζε και το όργανο μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου από την αρχή του έτους μέχρι 22/6. Στο σταθμό μετριόνταν επίσης η θερμοκρασία, η υγρασία, η διεύθυνση του ανέμου και το όζον. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.4 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2007.

Πίνακας 6.4: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2007.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
27 Ιανουαρίου	PM 2.5	3h	158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος
9-10 Μαρτίου	PM 2.5	21h	82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9: 28,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 10: 34,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
12-13 Μαρτίου	PM 2.5	31h	63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12: 27,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 13: 33,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
21 Μαρτίου	PM 2.5	8h	68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
29-30 Μαρτίου	PM 2.5	11h	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29: 22,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 30: 28,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία
5 Μαΐου	PM 2.5	2h	60,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία
1-4 Νοεμβρίου	PM 10	-	228,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1: 140,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2: 136,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3: 98,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος Αλγερία
4-5 Νοεμβρίου	PM 10	15h	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	46,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
15-18 Νοεμβρίου	PM 10	-	252 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15: 53,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 16: 68,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 17: 90,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 18: 138,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος Αλγερία

Επεισόδιο σκόνης 1-4/11

Το επεισόδιο αυτό δε είναι σίγουρο αν ξεκίνησε 1/11 λόγω του ότι δεν υπάρχουν δεδομένα από τον σταθμό τις προηγούμενες μέρες λόγω τεχνικού προβλήματος. Το επεισόδιο αυτό τελείωσε στις 4/11 στις 7:00 και η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση ήταν $228,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 1/11 στις 20:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στη 1/11 ήταν $140,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 2/11 ήταν $136,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 3/11 ήταν $98,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Κατά τη διάρκεια αυτού του επεισοδίου ο σταθμός μετρούσε PM 10. Σύμφωνα με τις ρετροπορείες των αερίων μαζών στη 1/11 (σχήμα 6.8A) και στις 2/11 (σχήμα 6.8B) η σκόνη μεταφέρθηκε από την Αλγερία, την Λιβύη και την Αίγυπτο.



Σχήμα 6.8: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 1/11/2007 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 2/11/2007.

6.5. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2008

Το έτος 2008 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $10 \mu\text{m}$ (PM 10). Λόγω τεχνικού προβλήματος τον Δεκέμβρη ο σταθμός δε λειτουργεί καθόλου. Όλους του μήνες εκτός του Δεκεμβρίου οι μετεωρολογικοί παράγοντες: θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου αλλά και το όζον μετριόνταν κανονικά. Το διάστημα 31/1-4/2 δεν μετριόνταν τα αιωρούμενα σωματίδια. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.5 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2008.

Πίνακας 6.5: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2008.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
8 Ιανουαρίου	PM 10	7h	126,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	42,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
16-17 Ιανουαρίου	PM 10	5h	85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16: 28,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
7-8 Φεβρουαρίου	PM 10	21h	95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7: 35,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8: 35,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτο Λιβύη
6-7 Μαρτίου	PM 10	8h	74,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6: 33,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 7: 40,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτο
9-10 Μαρτίου	PM 10	21h	102,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9: 43,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 10: 41,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Τυνησία Αλγερία
13-14 Μαρτίου	PM 10	13h	151,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13: 77,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία
20-22 Μαρτίου	PM 10	33h	254,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20: 46,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 21: 74,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Μαυριτανία
22-24 Μαρτίου	PM 10	50h	311,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23: 115,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24: 75,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
9-15 Απριλίου	PM 10	142h	231,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9: 98,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 10: 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 11: 53,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 12: 138,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 13: 116,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 14: 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Τυνησία Αλγερία Μαρόκο

18-20 Απριλίου	PM 10	41h	265 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18: 76,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 19: 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
20-22 Απριλίου	PM 10	57h	263,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	147,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 145,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτο
2 Μαΐου	PM 10	3h	267,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	66,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
2 Μαΐου	PM 10	3h	146,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	66,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
2 Μαΐου	PM 10	4h	172,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	66,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
3 Μαΐου	PM 10	2h	177,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
3 Μαΐου	PM 10	4h	157,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
20 Μαΐου	PM 10	15h	176,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαυριτανία Αλγερία Λιβύη
29-30 Μαΐου	PM 10	8h	494,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29: 84,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 30: 55,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία
1-2 Ιουνίου	PM 10	5h	446,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	78,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος
3 Ιουνίου	PM 10	8h	128,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτος Σουδάν
4-5 Ιουνίου	PM 10	12 h	226,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4: 64,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 5: 58,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος
20-21 Ιουνίου	PM 10	18h	170,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20: 59,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 21: 46,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία
30 Ιουνίου	PM 10	2h	838,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	67,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Νιγηρία Τσαντ Λιβύη
14-16 Σεπτεμβρίου	PM 10	45h	461,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14: 84,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 15: 67,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 16: 74,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη

3 Οκτωβρίου	PM 10	4h	200,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	63,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτος
31-1 Νοεμβρίου	PM 10	39h	116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	31: 61,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1: 69,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
2-6 Νοεμβρίου	PM 10	77h	181,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2: 51,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3: 85,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 4: 95,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 5: 95,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 6: 82,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος Μαυριτανία Μαλί Αλγερία Τυνησία
29 Νοεμβρίου	PM 10	10 h	101,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	68,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτος

Παρατήρηση:

Το διάστημα 22-27/6 καθώς και κάποιες μέρες του Ιουλίου, τις βραδινές ώρες οι συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων αυξάνονταν πάρα πολύ. Το HYSPLIT4 δε δίνει για καμία από τις μέρες ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από τη Σαχάρα πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος. Οι τιμές όμως, όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.6 ήταν ιδιαίτερα αυξημένες, σε επίπεδα που συνήθως φτάνουν σε επεισόδια σκόνης μεγάλης έντασης. Λόγω του ότι δεν υπάρχουν ούτε δορυφορικές εικόνες για εκείνες τις μέρες δε μπορούμε να ειπωθεί ότι έχουμε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης, όμως κατά τη διάρκεια της εφταετίας που επεξεργαζόμαστε, τα δεδομένα του σταθμού δεν έχουν ξανακαταγραφεί τέτοιες συγκεντρώσεις χωρίς να έχουμε μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα. Στον πίνακα 6.6 παρατίθενται κάποια από τα διαστήματα αυξημένων συγκεντρώσεων.

Πίνακας 6.6: Αυξημένες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων το διάστημα 22-17 Ιουνίου.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια αυξημένων συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων
22 Ιουνίου	PM 10	10h	261,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	51,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

23 Ιουνίου	PM 10	6h	796,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	108,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
24 Ιουνίου	PM 10	7h	651,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	98,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
25 Ιουνίου	PM 10	8h	780,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	162,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
26 Ιουνίου	PM 10	5h	614,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	151,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
27 Ιουνίου	PM 10	3h	477,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	116,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Επεισόδια σκόνης 2/5 και 3/5

Μέσα σ' αυτό το διήμερο σημειώθηκαν πέντε μικρά επεισόδια, τρία στις 2/5 και δύο στις 3/5. Στις 2/5 το πρώτο ήταν από τις 00:00 μέχρι τις 3:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 267,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, το επόμενο από τις 5:00 μέχρι τις 8:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 146,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και το τελευταίο από τις 18:00 μέχρι τις 22:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 172,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο σχήμα 6.9Α φαίνεται η ρετροπορεία των αερίων μαζών, οι οποίες πέρασαν από πολύ χαμηλό ύψος πάνω από τη Λιβύη. Στις 3/5 το πρώτο επεισόδιο ξεκίνησε στις 2:00 και τέλειωσε στις 4:00 00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 177,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και το επόμενο ξεκίνησε στις 19:00 και τέλειωσε στις 23:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 157,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο σχήμα 6.9Β φαίνεται η ρετροπορεία των αερίων μαζών οι οποίες πέρασαν πάνω από τη Λιβύη. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 2/5 ήταν 66,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στα 3/5 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.6. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2009

Το έτος 2009 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 10 μ m (PM 10). Το 2009 ο σταθμός αντιμετώπισε πολλά τεχνικά προβλήματα. Από 8 Μαΐου μέχρι 12 Οκτώβρη ο σταθμός δε λειτούργησε καθόλου. Εκτός λειτουργίας ήταν επίσης τα εξής διαστήματα: 1-15/1, 1-12/10, 24-30/10 και 1-5/11. Τον Απρίλιο δεν μετριόταν η υγρασία ενώ από τον Οκτώβριο μέχρι τον Δεκέμβριο δεν μετριόταν οι μετεωρολογικοί παράγοντες θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου και όζον. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.7 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2009.

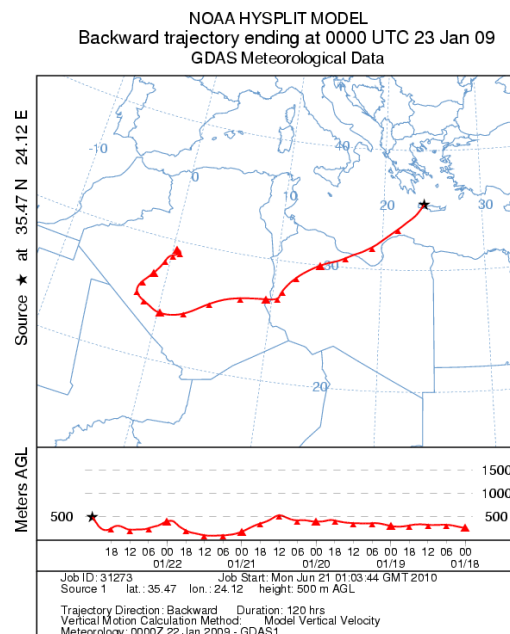
Πίνακας 6.7: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2009.

Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
23 Ιανουαρίου	PM 10	14h	831,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	253,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αλγερία
25 Ιανουαρίου	PM 10	15h	152,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
27 Ιανουαρίου	PM 10	16h	205,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	110,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Λιβύη Τυνησία
2-3 Φεβρουαρίου	PM 10	37h	102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2: 55,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3: 68,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
4 Φεβρουαρίου	PM 10	14h	214,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	94,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτο
6-9 Φεβρουαρίου	PM 10	47h	229,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6: 112,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 7: 133,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8: 89,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαυριτανία Αλγερία Λιβύη
4 Μαρτίου	PM 10	18h	159,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη

5-7 Μαρτίου	PM 10	48h	636,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5: 160,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 6: 237,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 7: 111,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτο Λιβύη
31 Μαρτίου	PM 10	10h	83,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
1 Απριλίου	PM 10	12h	90,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία Λιβύη
2 Απριλίου	PM 10	2h	122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
3 Απριλίου	PM 10	8h	90,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	62,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
3 Απριλίου	PM 10	11h	82,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	62,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
4 Απριλίου	PM 10	8h	102,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
4 Απριλίου	PM 10	6h	159 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
13-14 Απριλίου	PM 10	15h	185,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13: 56,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 14: 70,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
16 Οκτωβρίου	PM 10	4h	285,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος
15-16 Δεκεμβρίου	PM 10	15h	353,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15: 68,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 16: 97,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Αίγυπτος
18 Δεκεμβρίου	PM 10	5h	155,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία
20 Δεκεμβρίου	PM 10	13h	189,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	98,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία Λιβύη
24 Δεκεμβρίου	PM 10	7h	157,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαρόκο Αλγερία Τυνησία Λιβύη
30 Δεκεμβρίου	PM 10	20h	77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	29: 29,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 30: 44,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Τυνησία

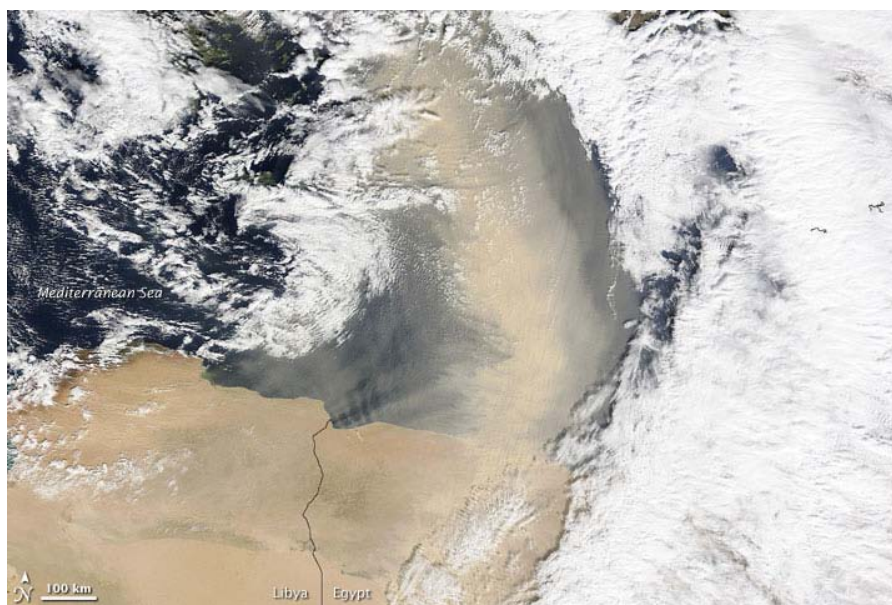
Επεισόδιο σκόνης 23/1

Το επεισόδιο αυτό ήταν το μεγαλύτερο σε ένταση της χρονιάς, δηλαδή καταγράφηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις. Ξεκίνησε στις 23/1 στις 00:00 και τελείωσε στις 14:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $831,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 9:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν πενταπλάσια του ορίου δηλαδή $253,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αυτής της ημέρας (σχήμα 6.11) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη δυτική Λιβύη και την Αλγερία.



Σχήμα 6.11: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 23/01/2009.

Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα από τον δορυφόρο Terra που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από τη Σαχάρα στη Μεσόγειο στις 23/1 (εικόνα 6.4).



Εικόνα 6.4: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 23/1/2009 (Nasa, MODIS).

6.7 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2010

Το έτος 2010 ο σταθμός μετράει αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 10 μ m (PM 10). Γίνεται επεξεργασία από 1 Ιανουαρίου μέχρι 31 Μαΐου. Λόγω τεχνικού προβλήματος δεν υπολογίζονται οι μετεωρολογικοί παράγοντες θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα του ανέμου και υπολογίζονται μόνο το όζον και η κατεύθυνση του αέρα. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε 15 λεπτά. Στον πίνακα 6.8 παρατίθενται τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2010.

Πίνακας 6.8: Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το 2010.

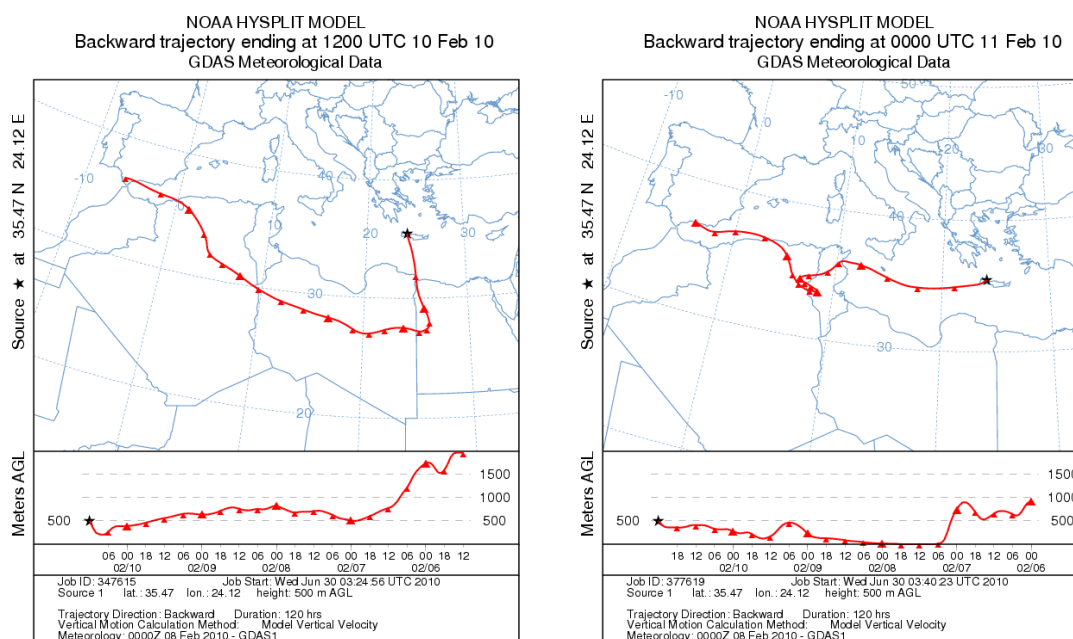
Ημερομηνία	Διάμετρος σωματιδίων που μετρώνται	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση	Περιοχή προέλευσης της σκόνης
28-29 Ιανουαρίου	PM 10	20h	163,25 μ g/m ³	28: 85,2 μ g/m ³ 29: 63,4 μ g/m ³	Λιβύη Τυνησία Αλγερία

10-11 Φεβρουαρίου	PM 10	14h	1039,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	297,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη Τυνησία Αλγερία
17 Φεβρουαρίου	PM 10	16h	195,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	87,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία
18-19 Φεβρουαρίου	PM 10	23h	338,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18: 162,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαρόκο Αλγερία Τυνησία
19-20 Φεβρουαρίου	PM 10	32h	390,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20: 194,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Λιβύη
21 Φεβρουαρίου	PM 10	4h	359,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	62,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μαρόκο Αλγερία Τυνησία
7-8 Μαρτίου	PM 10	27h	291 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7: 42,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8: 67,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αίγυπτος
16-17 Απριλίου	PM 10	33h	279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16: 55,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 17: 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Λιβύη
18-20 Απριλίου	PM 10	37h	105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18: 53,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 19: 63,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία Λιβύη
14 Μαΐου	PM 10	6h	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	58,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Τυνησία Αλγερία
14 Μαΐου	PM 10	8h	193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	58,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Μαρόκο
15 Μαΐου	PM 10	12h	490 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	144,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Αλγερία Μαρόκο

Για κάποια από αυτά τα επεισόδια υπάρχουν και εικόνες από το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ. Το μοντέλο αυτό δίνει τις συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) γι' αυτό δεν είναι δυνατό να γίνει ακριβή σύγκριση με τα PM 10 που μετράει ο σταθμός .

Επεισόδιο σκόνης 10-11/2

Κατά τη διάρκεια αυτού του επεισοδίου καταγράφηκαν πρωτοφανείς τιμές PM₁₀. Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε 10/2 στις 11:00 και τελείωσε 11/2 στη 1:00. Από τις 16:00 μέχρι τις 23:00 οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων ξεπερνούσαν τα 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 19:00 και ήταν 1039,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών (σχήματα 6.12A, 6.12B) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν πάνω από τη Λιβύη, την Αλγερία και την Τυνησία και μάλιστα στις 11/2 σε ιδιαίτερα χαμηλό ύψος.



Σχήμα 6.12: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 10/02/2010 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 11/02/2010.

Επεισόδια σκόνης 17-21/2

Όπως φαίνεται στο σχήμα 6.13 που είναι το διάγραμμα των μέσων ωριαίων συγκεντρώσεων PM₁₀ αυτό το χρονικό διάστημα υπάρχουν τέσσερα συνεχόμενα επεισόδια σκόνης. Το πρώτο επεισόδιο ξεκίνησε στις 17/2 στις 7:00 και τελείωσε στις 17/2 στις 23:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 195,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 14:00 και μέση ημερήσια συγκέντρωση για τις 17/2 τα 87,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το δεύτερο ξεκίνησε 18/2 στις 5:00 και τελείωσε στις 19/2 στις 04:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 338,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 13:00 και μέση ημερήσια συγκέντρωση για τις 18/2 τα 162,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το τρίτο ξεκίνησε 19/2 στις 12:00 και τελείωσε στις 20/2 στις 20:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 390,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις

The graph displays the concentration of PM10 (mg/m³) over a period of several days in February 2010. The y-axis represents the concentration in mg/m³, ranging from 0 to 500. The x-axis represents time in days, starting from 17/2/10 0:00 and ending at 22/2/10 0:00. The concentration shows significant fluctuations, with peaks around 350 mg/m³ on 18/2/10 and 21/2/10, and a notable dip to near 0 mg/m³ on 19/2/10 and 21/2/10.

Time (2010)	PM10 Concentration (mg/m³)
17/2/10 0:00	30
17/2/10 1:00	70
17/2/10 2:00	80
17/2/10 3:00	40
17/2/10 4:00	80
17/2/10 5:00	150
17/2/10 6:00	200
17/2/10 7:00	120
17/2/10 8:00	80
17/2/10 9:00	100
17/2/10 10:00	120
17/2/10 11:00	100
17/2/10 12:00	180
17/2/10 13:00	150
17/2/10 14:00	120
17/2/10 15:00	60
17/2/10 16:00	20
17/2/10 17:00	10
17/2/10 18:00	40
17/2/10 19:00	100
17/2/10 20:00	120
17/2/10 21:00	100
17/2/10 22:00	120
17/2/10 23:00	150
18/2/10 0:00	180
18/2/10 1:00	150
18/2/10 2:00	120
18/2/10 3:00	80
18/2/10 4:00	40
18/2/10 5:00	10
18/2/10 6:00	40
18/2/10 7:00	100
18/2/10 8:00	80
18/2/10 9:00	120
18/2/10 10:00	150
18/2/10 11:00	210
18/2/10 12:00	330
18/2/10 13:00	340
18/2/10 14:00	250
18/2/10 15:00	180
18/2/10 16:00	240
18/2/10 17:00	220
18/2/10 18:00	250
18/2/10 19:00	260
18/2/10 20:00	240
18/2/10 21:00	160
18/2/10 22:00	140
18/2/10 23:00	100
19/2/10 0:00	80
19/2/10 1:00	60
19/2/10 2:00	40
19/2/10 3:00	20
19/2/10 4:00	10
19/2/10 5:00	0
19/2/10 6:00	10
19/2/10 7:00	80
19/2/10 8:00	60
19/2/10 9:00	100
19/2/10 10:00	150
19/2/10 11:00	120
19/2/10 12:00	100
19/2/10 13:00	80
19/2/10 14:00	60
19/2/10 15:00	40
19/2/10 16:00	20
19/2/10 17:00	10
19/2/10 18:00	120
19/2/10 19:00	100
19/2/10 20:00	120
19/2/10 21:00	140
19/2/10 22:00	160
19/2/10 23:00	180
20/2/10 0:00	240
20/2/10 1:00	200
20/2/10 2:00	180
20/2/10 3:00	160
20/2/10 4:00	140
20/2/10 5:00	120
20/2/10 6:00	100
20/2/10 7:00	80
20/2/10 8:00	60
20/2/10 9:00	40
20/2/10 10:00	20
20/2/10 11:00	10
20/2/10 12:00	150
20/2/10 13:00	120
20/2/10 14:00	100
20/2/10 15:00	80
20/2/10 16:00	60
20/2/10 17:00	40
20/2/10 18:00	20
20/2/10 19:00	10
20/2/10 20:00	120
20/2/10 21:00	100
20/2/10 22:00	80
20/2/10 23:00	60
21/2/10 0:00	40
21/2/10 1:00	20
21/2/10 2:00	10
21/2/10 3:00	0
21/2/10 4:00	10
21/2/10 5:00	50
21/2/10 6:00	150
21/2/10 7:00	280
21/2/10 8:00	360
21/2/10 9:00	370
21/2/10 10:00	400
21/2/10 11:00	390
21/2/10 12:00	290
21/2/10 13:00	120
21/2/10 14:00	60
21/2/10 15:00	40
21/2/10 16:00	20
21/2/10 17:00	10
21/2/10 18:00	50
21/2/10 19:00	150
21/2/10 20:00	360
21/2/10 21:00	280
21/2/10 22:00	90
21/2/10 23:00	10
22/2/10 0:00	0

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 0000 UTC 17 Feb 10
GDAS Meteorological Data

Source ★ at 35.47 N 24.12 E

Meters AGL

Job ID: 377666 Job Start: Sun Jun 20 12 04 42 UTC 2010
Source 1 lat.: 35.47 lon.: 24.12 height: 500 m AGL

Trajectory Direction: Backward Duration: 120 hrs
Vertical Motion Calculation Method: Model Vertical Velocity Meteorology: 0000Z 15 Feb 2010 - GDAS1

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 0000 UTC 18 Feb 10
GDAS Meteorological Data

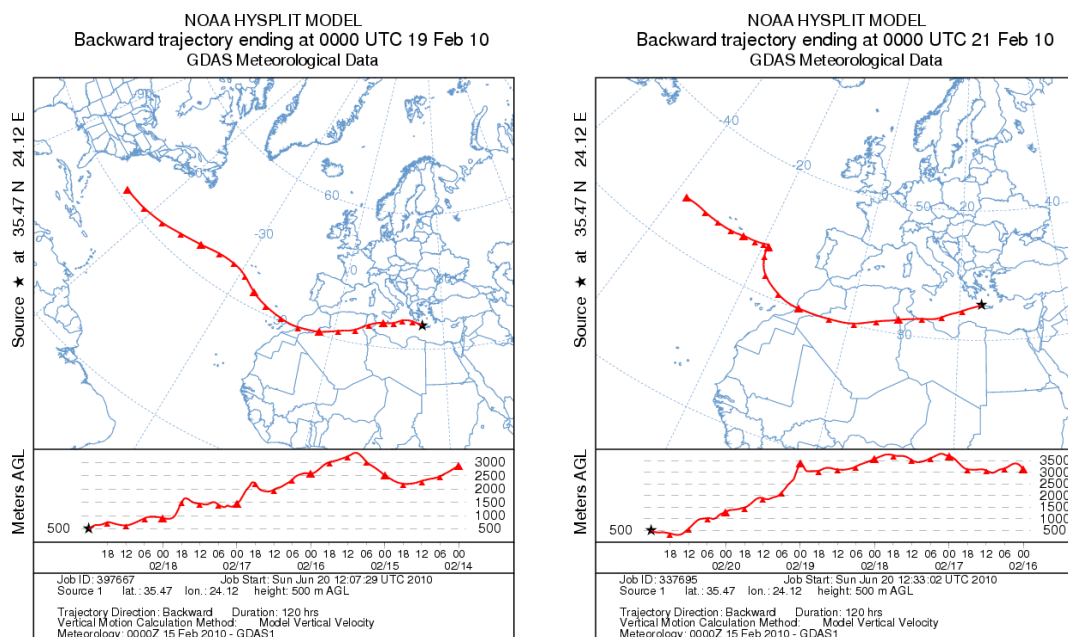
Source ★ at 35.47 N 24.12 E

Meters AGL

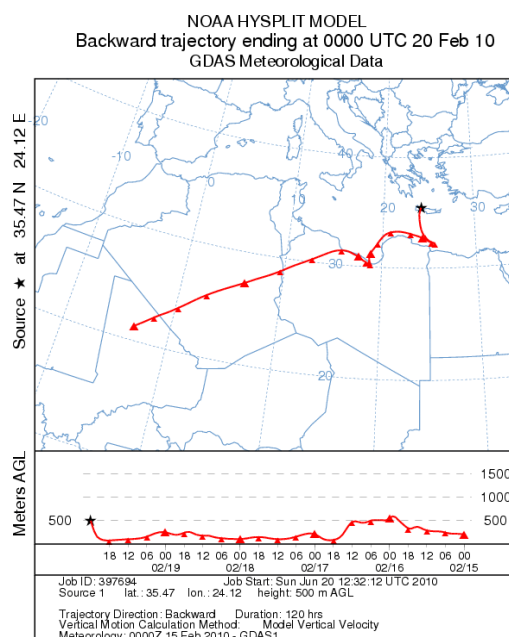
Job ID: 387666 Job Start: Sun Jun 20 12 06 17 UTC 2010
Source 1 lat.: 35.47 lon.: 24.12 height: 500 m AGL

Trajectory Direction: Backward Duration: 120 hrs
Vertical Motion Calculation Method: Model Vertical Velocity Meteorology: 0000Z 15 Feb 2010 - GDAS1

75



Σχήμα 6.15: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 19/02/2010 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 21/2/2010.

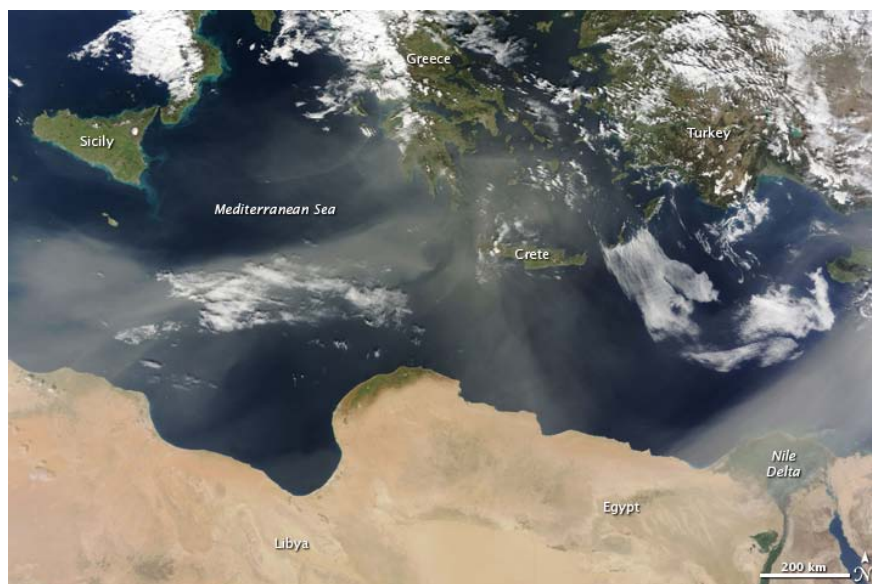


Σχήμα 6.16: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 20/02/2010.

Γι' αυτά τα επεισόδια υπάρχουν δορυφορικές εικόνες από τον δορυφόρο Aqua που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από τη Σαχάρα στη Μεσόγειο και στην Κρήτη στις 17/2 (εικόνα 6.5), στις 18/2 (εικόνα 6.6), όπου επιβεβαιώνεται αυτό που δείχνει και η ρετροπορεία αυτής της μέρας (σχήμα 6.14B) δηλαδή ότι οι αέριες μάζες που έφτασαν στην Κρήτη πέρασαν πάνω από την Αλγερία.



Εικόνα 6.5: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 17/2/2010 (Nasa, MODIS).

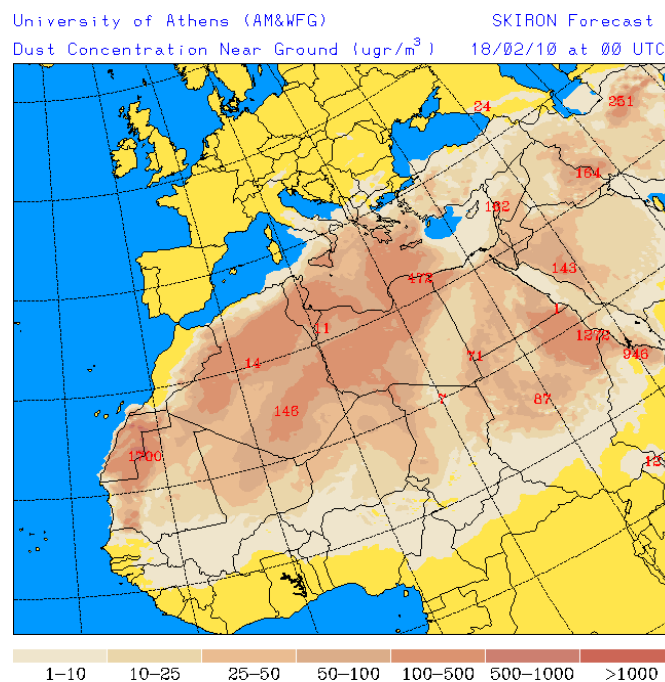


Εικόνα 6.6: Δορυφορική Σχήμα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 18/2/2010 (Nasa, MODIS).

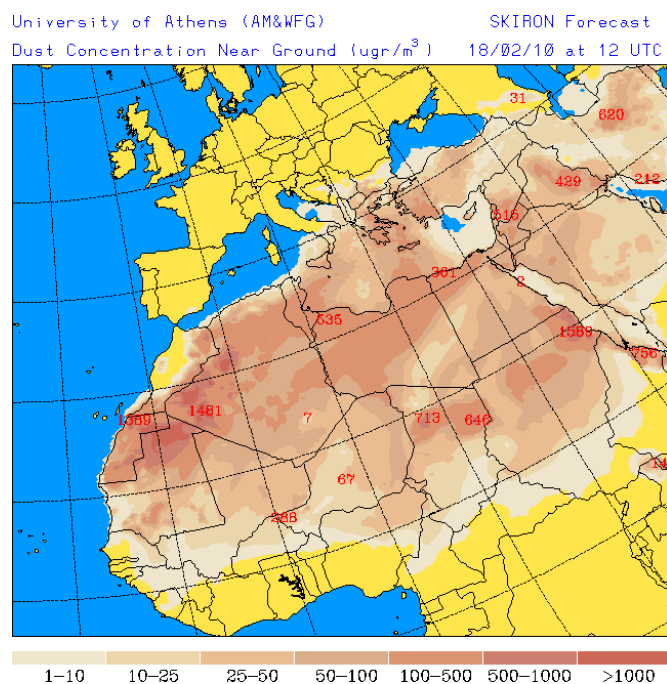


Εικόνα 6.7: Δορυφορική Σχήμα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 20/2/2010 (Nasa, MODIS).

Εικόνες υπάρχουν για το δεύτερο που ξεκίνησε 18/2 στις 5:00 και τελείωσε στις 19/2 στις 04:00. Στα σχήματα 6.17 και 6.18 φαίνεται ότι τόσο στις 2:00 όσο και στις 14:00 το μοντέλο προέβλεπε μεταφορά TSP από τη Σαχάρα συγκέντρωσης $100-500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σύμφωνα με τη χρωματική μπάρα.

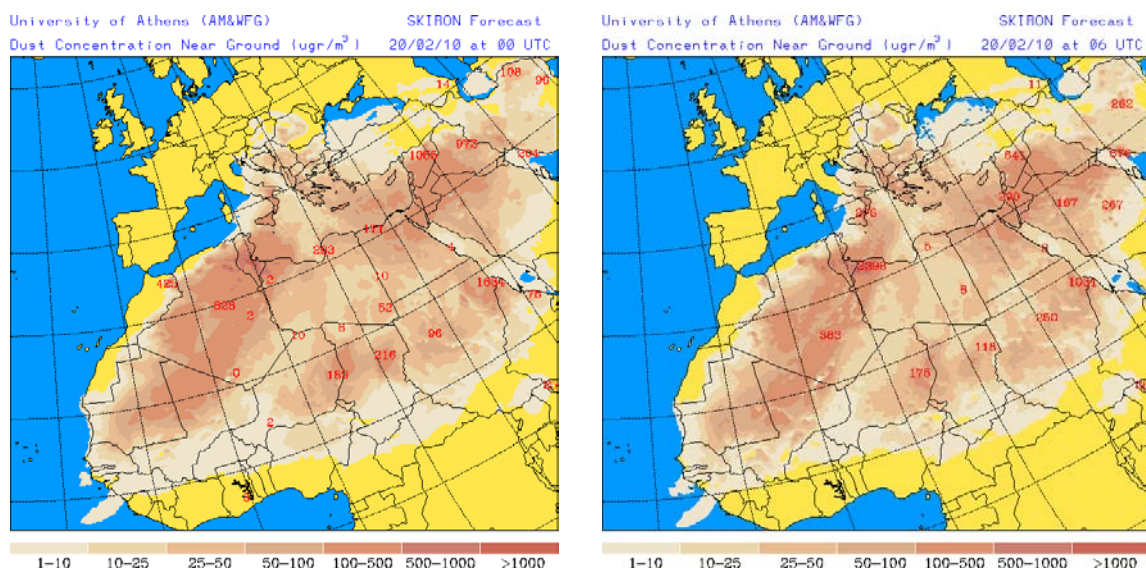


Σχήμα 6.17: Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 18/2 στις 2:00.

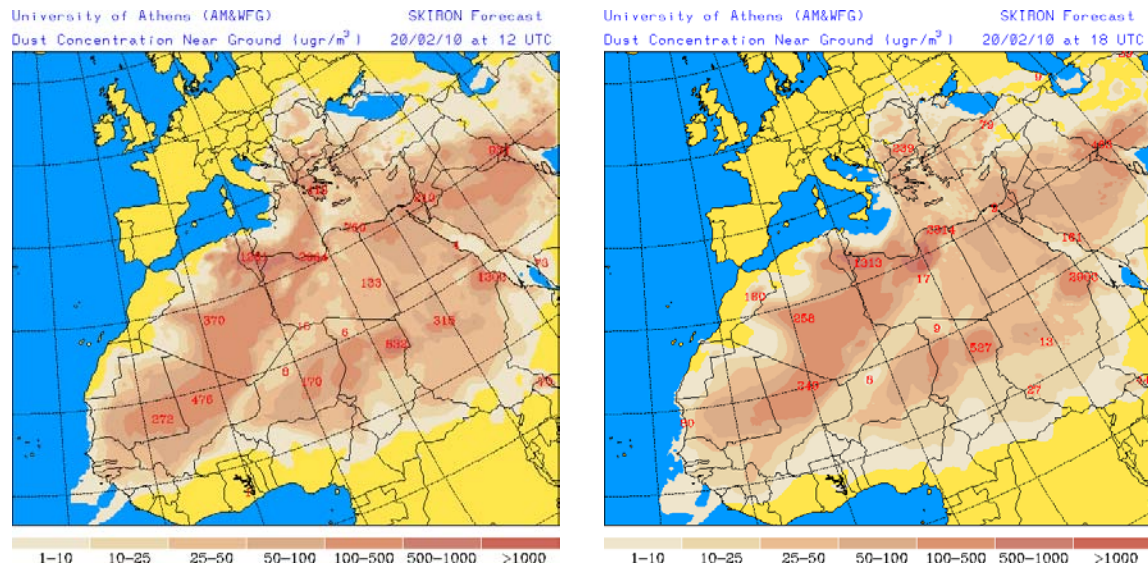


Σχήμα 6.18: Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 18/2 στις 14:00.

Στις 20/2, όπου λαμβάνει χώρα το τρίτο επεισόδιο αυτής της περιόδου, το μοντέλο είχε προβλέψει ότι θα υπάρχει μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα στη Κρήτη από τις 2:00 μέχρι και τις 20:00 (σχήματα 6.19A, 6.19B, 6.20A και 6.20B).

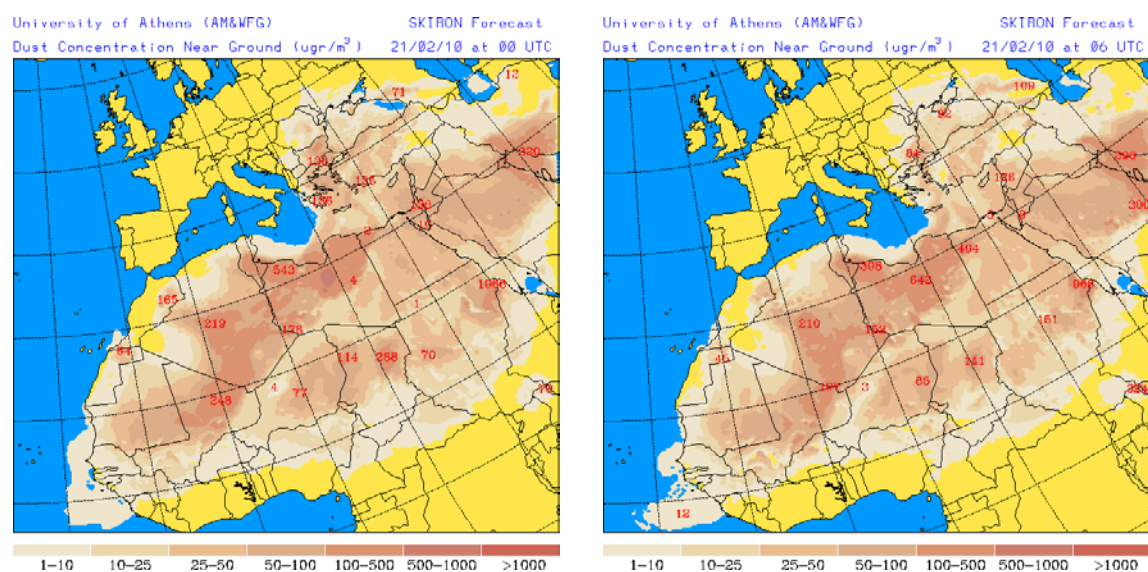


Σχήμα 6.19: Α) Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 20/2 στις 00:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 20/2 στις 06:00.



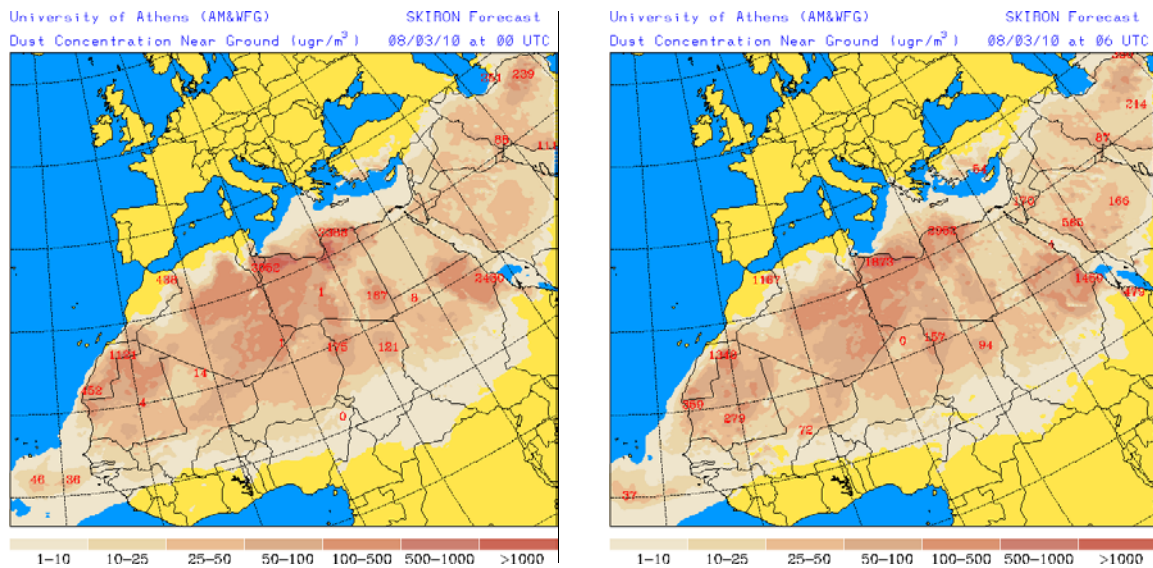
Σχήμα 6.20: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 20/2 στις 12:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 20/2 στις 18:00.

Το τελευταίο επεισόδιο αυτής της περιόδου ξεκίνησε 21/2 στη 1:00 και τελείωσε στις 21/2 στις 05:00 και όπως φαίνεται και από τις εικόνες πρόβλεψης του ΣΚΙΡΩΝ στις 2:00 και στις 8:00 (σχήματα 6.21Α και 6.21Β) στη Κρήτη υπάρχει μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα ενώ στις 14:00 και στις 20:00 (σχήματα 6.22Α και 6.22Β) η σκόνη απομακρύνεται σταδιακά από την Κρήτη.

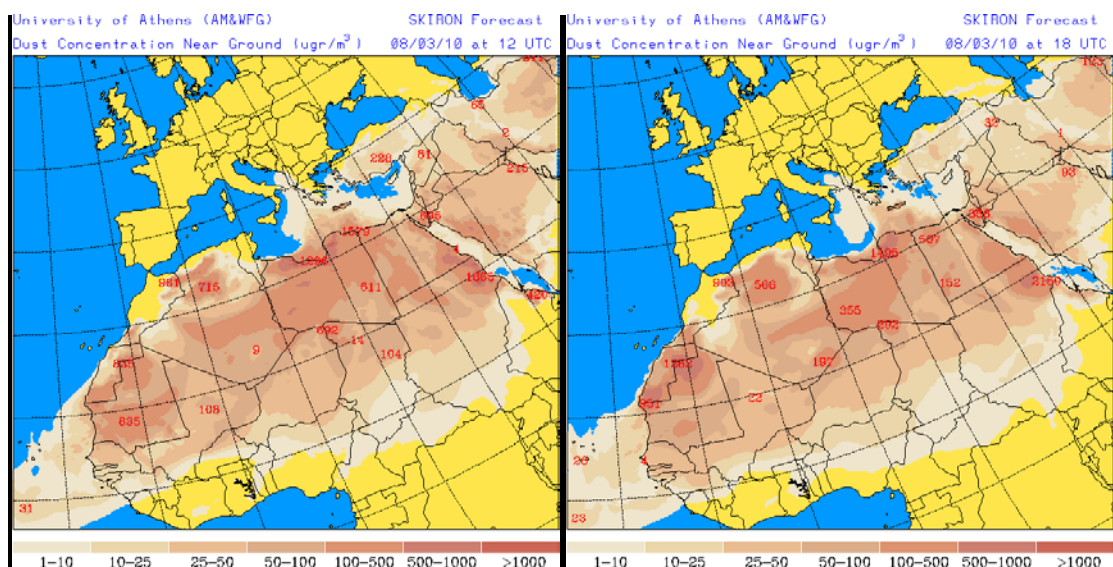


Σχήμα 6.21: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 21/2 στις 00:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 21/2 στις 06:00.

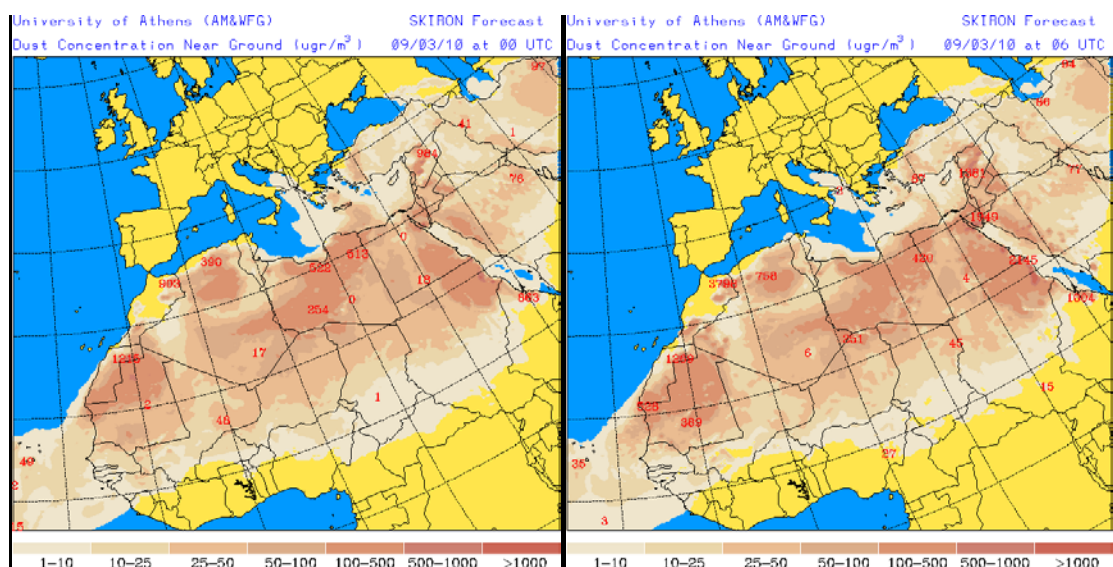
Για το επεισόδιο αυτό υπάρχουν εικόνες από το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ για κάθε 6 ώρες για τις 8/3 και τις 9/3. Στις 8/3 (σχήματα 6.24 και 6.25) παρατηρείται ότι είχε προβλεφθεί από το μοντέλο η μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα και μάλιστα στις 14:00 και στις 20:00 είχε προβλεφθεί μεταφορά TSP συγκέντρωσης από 100 έως 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στις 9/3 (σχήματα 6.26 και 6.27) παρατηρείται τη σταδιακή απομάκρυνση της σκόνης από την περιοχή ενδιαφέροντος.



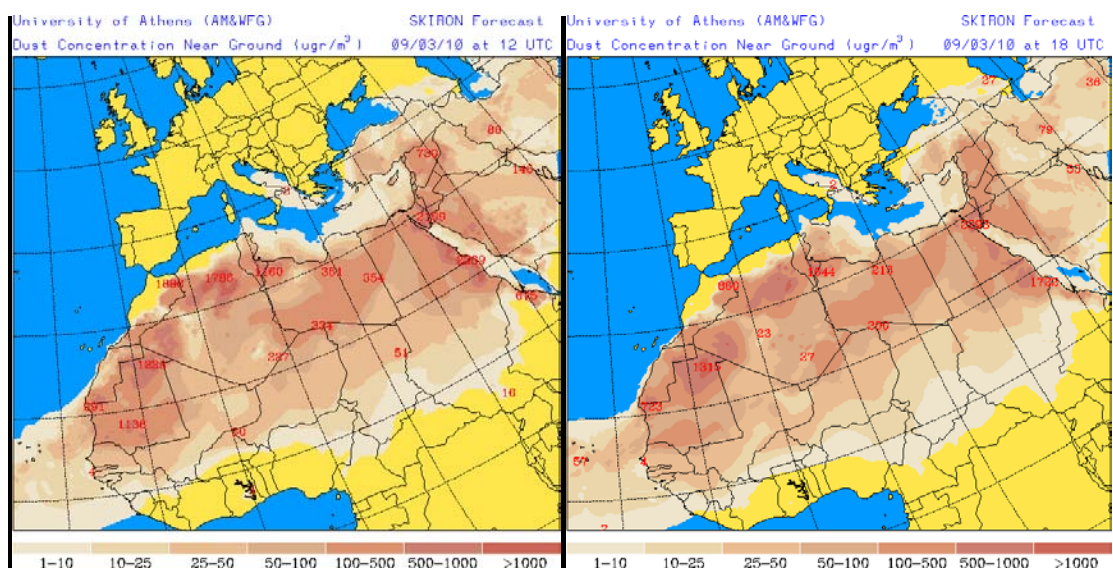
Σχήμα 6.24: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 8/3 στις 00:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 8/3 στις 06:00.



Σχήμα 6.25: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 8/3 στις 12:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 8/3 στις 18:00.



Σχήμα 6.26: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 9/3 στις 00:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 9/3 στις 06:00



Σχήμα 6.27: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 9/3 στις 12:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 9/3 στις 18:00.

Το επεισόδιο αυτό είχε γίνει ιδιαίτερα αισθητό στα Χανιά γιατί προκάλεσε μείωση της ορατότητας. Στην εικόνα 6.8 φαίνεται ο φάρος των Χανίων που βρίσκεται στο Παλιό Λιμάνι ο οποίος υπό κανονικές συνθήκες θα φαινόταν πολύ καθαρά από το σημείο που

έχει γίνει η λήψη της φωτογραφίας. Η εικόνα 6.9 είναι μία φωτογραφία που η λήψη της έχει γίνει στο Κουμ Καπί και φαίνεται η περιορισμένη ορατότητα.



Εικόνα 6.8: Φωτογραφία του φάρου των Χανίων στις 8/3/2010.



Εικόνα 6.9: Φωτογραφία στο Κουμ Καπί στις 8/3/2010.

7^ο Κεφάλαιο

7. ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΣΚΟΝΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΒΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΟΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2004-2010

Όπως έχει προαναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία για τη σύγκριση των δεδομένων του σταθμού με τα όρια, θα χρησιμοποιηθούν για τα PM 10 τα όρια της Ευρωπαϊκής Κοινότητας η φάση 1, δηλαδή η μέση ημερήσια συγκέντρωση δε θα πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ πάνω από 35 φορές το χρόνο και η μέση ετήσια συγκέντρωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Για τα PM 2.5 για το ετήσιο όριο θα χρησιμοποιηθεί η τιμή στόχος, που ορίζει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και για το ημερήσιο όριο η τιμή που προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, δηλαδή τα $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

7.1 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2004

Επεισόδια σκόνης το 2004

Για το έτος 2004 έχει γίνει επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, δηλαδή από 1/1 μέχρι 31/5. Μέχρι 9 Μαρτίου ο σταθμός μετρούσε PM 10 και από 10 Μαρτίου μετρούσε PM 2.5.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 7.1 και στο σχήμα 7.1 που είναι η ποσοστιαία ανά μήνα κατανομή των επεισοδίων σκόνης, μέσα στο διάστημα αυτών των μηνών έλαβαν χώρα 7 επεισόδια μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Παρατηρείται ότι τα περισσότερα επεισόδια καταγράφηκαν τον Μάιο (4 επεισόδια). Τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο δεν έλαβε χώρα κανένα επεισόδιο.

Πίνακας 7.1: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης για το 2004

	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2004
Ιανουάριος	0
Φεβρουάριος	2
Μάρτιος	1
Απρίλιος	0
Μάιος	4
Σύνολο	7



Σχήμα 7.1: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων μεταφοράς σκόνης ανά μήνα για το 2004

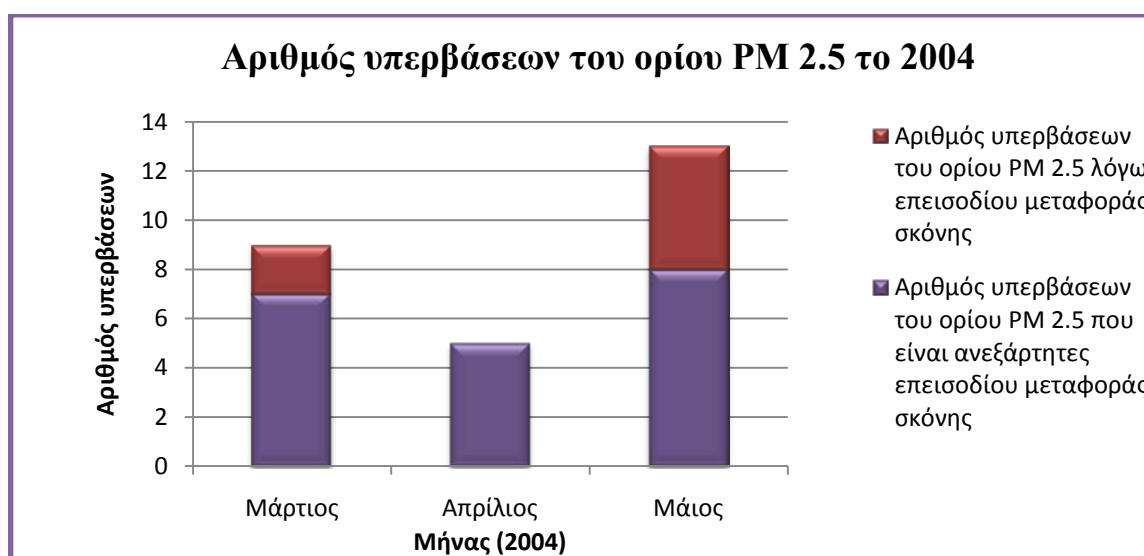
Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2004

Από 1/1 ως 9/3 καταγράφηκαν 7 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου των PM 10, όλες λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Από 10/3 μέχρι 31 Μαΐου καταγράφηκαν 27 υπερβάσεις του ορίου των PM 2.5, 7 εκ των οποίων οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης από την έρημο Σαχάρα. Στον πίνακα 7.2 φαίνονται οι υπερβάσεις ανά μήνα καθώς και το πόσες οφείλονταν σε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης.

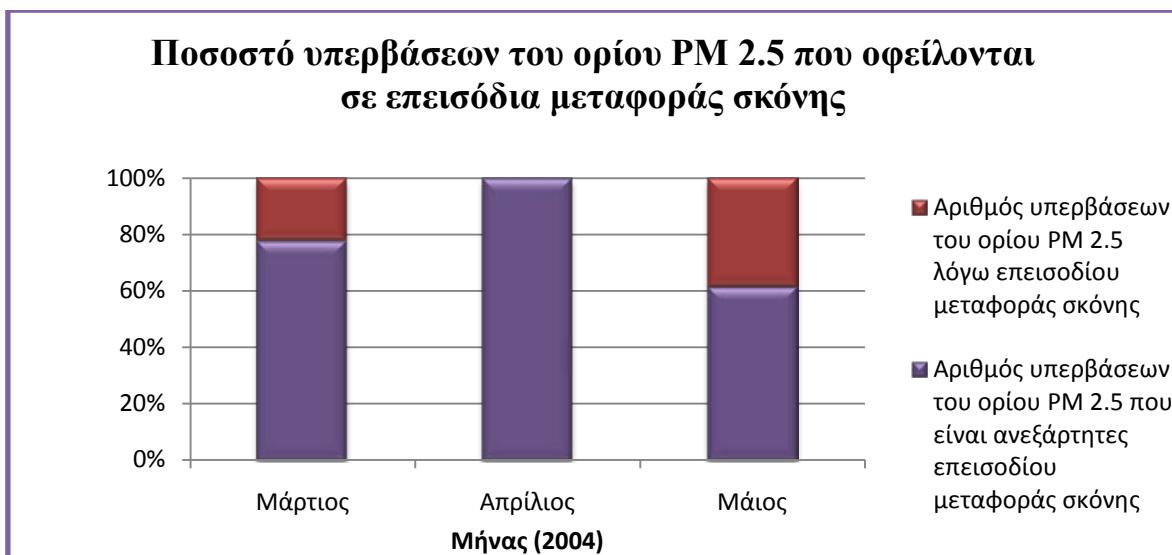
Στο σχήμα 7.2 φαίνεται ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM_{2.5} και στο σχήμα 7.3 το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης (με κόκκινο χρώμα). Όπως παρατηρείται οι περισσότερες υπερβάσεις καταγράφηκαν Μάιο (13 υπερβάσεις), 40% εκ των οποίων οφείλονταν επεισόδιο μεταφοράς σκόνης. Το Μάρτιο υπήρχε επίσης αρκετά μεγάλος αριθμός υπερβάσεων (9 υπερβάσεις), μόνο 22% εκ των οποίων οφείλονταν σε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα όσον αφορά τα PM₁₀ όσες υπερβάσεις καταγράφηκαν ήταν αποτέλεσμα μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα.

Πίνακας 7.2: Υπερβάσεις των ημερήσιων ορίων το 2004

Διάμετρος σωματιδίων	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου (αριθμός)		Αριθμός υπερβάσεων του ορίου που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης		Αριθμός υπερβάσεων του ορίου λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	
	PM 2.5	PM 10	PM 2.5	PM 10	PM 2.5	PM 10
Ιανουάριος	-	0		0	-	0
Φεβρουάριος	-	6		0	-	6
Μάρτιος	9	1	7	0	2	1
Απρίλιος	5	-	5	-	0	-
Μάιος	13	-	8	-	5	-
Σύνολο	27	7	20	0	7	7



Σχήμα 7.2: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM_{2.5} το 2004.



Σχήμα 7.3: Ποσοστό υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2004.

Στο πίνακα 7.3 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις τόσο το διάστημα που ο σταθμός μετρούσε PM 10 όσο και το διάστημα που μετρούσε PM 2.5. Για τον Μάρτιο δεν υπάρχει μέση μηνιαία συγκέντρωση λόγω του ότι έγινε αλλαγή κεφαλής του οργάνου μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων στα μέσα του μήνα.

Πίνακας 7.3: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 2.5	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 10
Ιανουάριος	-	22,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Φεβρουάριος	-	40,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάρτιος	-	-
Απρίλιος	21,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Μάιος	27,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-

7.2 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2005

Επεισόδια σκόνης το 2005

Για το 2005 υπάρχει πληρότητα δεδομένων για τον σταθμό της τάξης του 96% γι' αυτό μπορούν να βγουν πιο σαφή συμπεράσματα. Στο σταθμό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου μετριόνταν PM 2.5. Το 2005 καταγράφηκαν στην περιοχή ενδιαφέροντος 11 επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Στο πίνακα 7.4 παρουσιάζονται τα επεισόδια σκόνης που έλαβαν χώρα το 2005 και στο σχήμα 7.4 η ποσοστιαία ανά μήνα κατανομή των επεισοδίων σκόνης. Όπως παρατηρείται τα περισσότερα επεισόδια έλαβαν χώρα το Μάρτιο και τον Απρίλιο (από 3 επεισόδια). Τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο έλαβαν χώρα 2 επεισόδια το μήνα και τον Μάιο μόνο ένα. Από τον Ιούνιο μέχρι τον Ιούλιο δε καταγράφηκε κανένα επεισόδιο μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα.

Πίνακας 7.4: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2005

	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης
Ιανουάριος	2
Φεβρουάριος	2
Μάρτιος	3
Απρίλιος	3
Μάιος	1
Ιούνιος	0
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	0
Οκτώβριος	0
Νοέμβριος	0
Δεκέμβριος	0



Σχήμα 7.4: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων μεταφοράς σκόνης ανά μήνα για το 2005

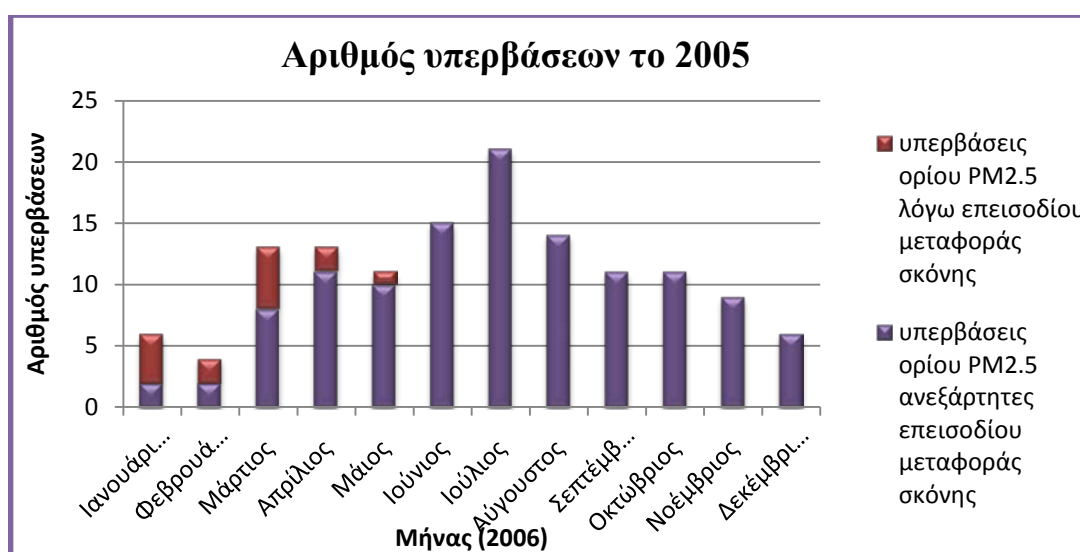
Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2005

Το 2005 καταγράφηκαν 134 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου των $25\mu\text{g}/\text{m}^3$, εκ των οποίων μόνο οι 14 οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Στο σχήμα 7.5 φαίνεται ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των $\text{PM}_{2.5}$ και στο σχήμα 7.6 το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης (με κόκκινο χρώμα). Όπως είναι εμφανές από το σχήμα 7.5 οι περισσότερες υπερβάσεις καταγράφηκαν τους καλοκαιρινούς μήνες και καμία δεν οφειλόταν σε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης. Οι λιγότερες υπερβάσεις καταγράφηκαν τον Φεβρουάριο, το 50% των οποίων οφειλόταν σε μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα.

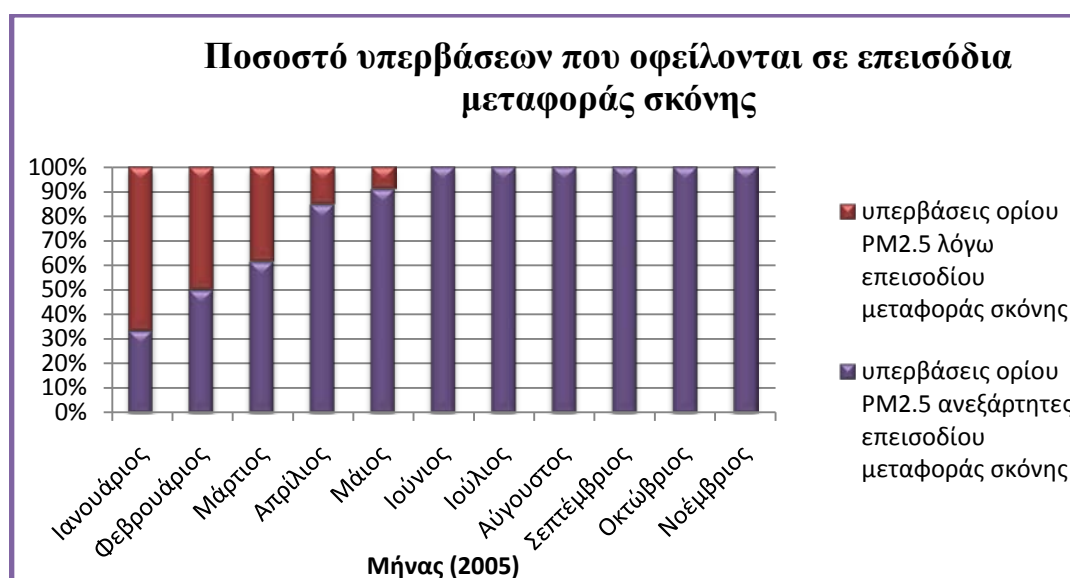
Πίνακας 7.5: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου $\text{PM}_{2.5}$ το έτος 2005.

	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	6	2	4
Φεβρουάριος	4	2	2
Μάρτιος	13	8	5
Απρίλιος	13	11	2
Μάιος	11	10	1
Ιούνιος	15	15	0

Ιούλιος	21	21	0
Αύγουστος	14	14	0
Σεπτέμβριος	11	11	0
Οκτώβριος	11	11	0
Νοέμβριος	9	9	0
Δεκέμβριος	6	6	0
Σύνολο	134	120	14



Σχήμα 7.5: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 το 2005.



Σχήμα 7.6 : Ποσοστό υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2005.

Στο πίνακα 7.6 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 2.5 καθώς και η μέση ετήσια συγκέντρωση για το έτος 2005. Η μέση ετήσια συγκέντρωση είναι 25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δηλαδή λίγο πάνω από την τιμή στόχο που προτείνει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Το σχήμα 7.7 είναι η σχηματική απεικόνιση των μηνιαίων συγκεντρώσεων και όπως είναι εμφανές οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται τον Απρίλιο και τον Ιούλιο. Γενικά τους καλοκαιρινούς μήνες παρόλο που δεν έλαβαν χώρα επεισόδια σκόνης οι συγκεντρώσεις PM 2.5 ήταν αυξημένες. Η μέση μηνιαία συγκέντρωση του Απριλίου είναι αυξημένη λόγω του ότι στο επεισόδιο μεταφοράς σκόνης που έλαβε χώρα στις 16-17 Απριλίου καταγράφηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις τις τάξεις των 780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τιμές πρωτοφανείς για συγκεντρώσεις PM 2.5.

Πίνακας 7.6: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το 2005.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 2.5
Ιανουάριος	22,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Φεβρουάριος	21,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάρτιος	25,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Απρίλιος	32,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάιος	24,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ιούνιος	25,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ιούλιος	31,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Αύγουστος	27,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Σεπτέμβριος	24,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Οκτώβριος	27,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Νοέμβριος	22,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Δεκέμβριος	19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ετήσια συγκέντρωση PM 2.5	25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Σχήμα 7.7: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το έτος 2005.

7.3 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2006

Το 2006 ο σταθμός μετρούσε PM 2.5 τα διαστήματα 1/1- 3/4, 16-28/9 και 15-31/12. Το διάστημα 3/4 – 15/9 μετρούσε PM 10 ενώ 15/9 – 14/12 δε λειτουργεί καθόλου.

Επεισόδια σκόνης το 2006

Το 2006 έλαβαν χώρα 10 επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Στον πίνακα 7.7 φαίνεται ο αριθμός των επεισοδίων ανά μήνα και στο σχήμα 7.8 η ποσοστιαία ανά μήνα κατανομή των επεισοδίων σκόνης. Παρατηρείται ότι τα περισσότερα επεισόδια καταγράφηκαν τον Φεβρουάριο(3 επεισόδια) και ότι τους υπόλοιπους μήνες καταγράφηκε ένα επεισόδιο το μήνα εκτός από τον Ιούνιο που καταγράφηκαν 2 και τους Μάιο, Ιούλιο και Δεκέμβριο που δε καταγράφηκε κανένα. Για τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο δεν υπάρχουν δεδομένα.

Πίνακας 7.7: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2006

	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης
Ιανουάριος	1
Φεβρουάριος	3
Μάρτιος	1
Απρίλιος	1
Μάιος	0
Ιούνιος	2
Ιούλιος	0
Αύγουστος	1
Σεπτέμβριος	1
Οκτώβριος	-
Νοέμβριος	-
Δεκέμβριος	0



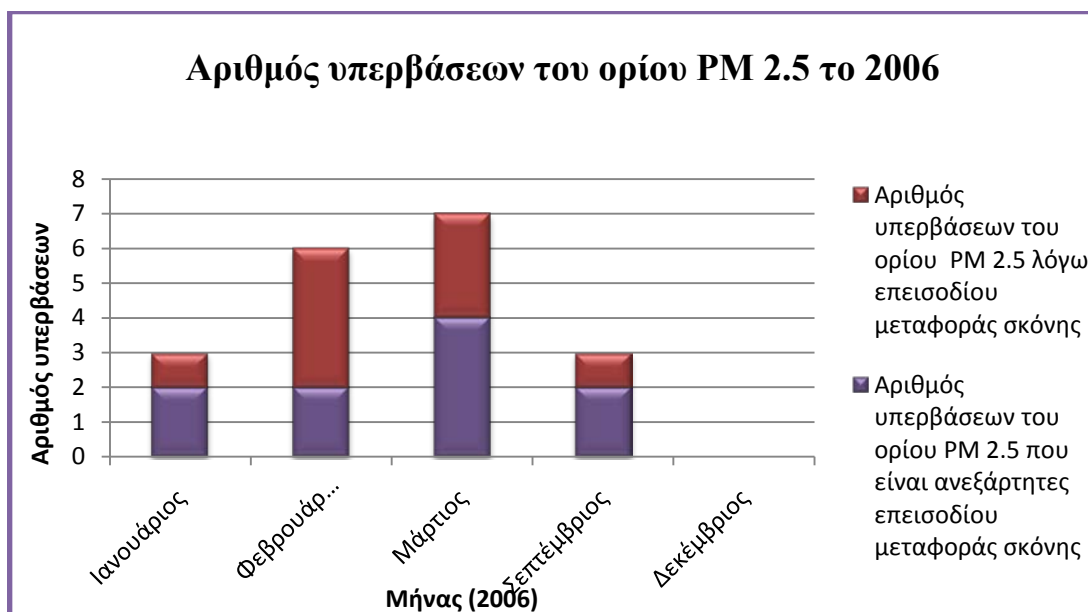
Σχήμα 7.8: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων σκόνης ανά μήνα.

Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2006

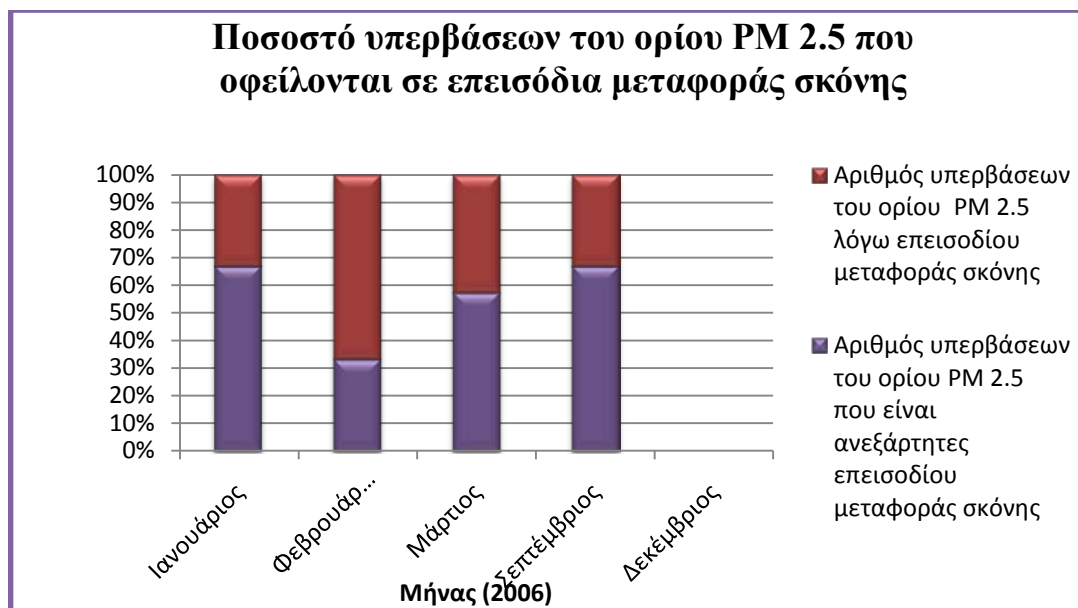
Τα χρονικά διαστήματα που ο σταθμός μετρούσε PM 2.5 καταγράφηκαν 19 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου των 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που προτείνεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Οι 9 από τις 19 υπερβάσεις οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Οι περισσότερες υπερβάσεις έλαβαν χώρα το Φεβρουάριο και το Μάρτιο. Στο πίνακα 7.8 και στο σχήμα 7.9 φαίνεται ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM2.5 και στο σχήμα 7.10 το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης (με κόκκινο χρώμα).

Πίνακας 7.8: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου PM 2.5 το έτος 2006.

	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM 2.5 (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 2.5 που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 2.5 λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	3	2	1
Φεβρουάριος	6	2	4
Μάρτιος	7	4	3
Σεπτέμβριος	3	2	1
Δεκέμβριος	0	0	0
Σύνολο	19	10	9



Σχήμα 7.9: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 το 2006.



Σχήμα 7.10: : Ποσοστό υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2006.

Το χρονικό διάστημα που ο σταθμός μετρούσε PM 10 δηλαδή 3/4 – 15/9, καταγράφηκαν 7 υπερβάσεις του ορίου, εκ των οποίων οι 6 ήταν αποτέλεσμα της μεταφοράς αφρικανικής σκόνης. Όπως φαίνεται στο πίνακα 7.9 υπερβάσεις καταγράφηκαν τον Απρίλιο, τον Ιούνιο και τον Αύγουστο.

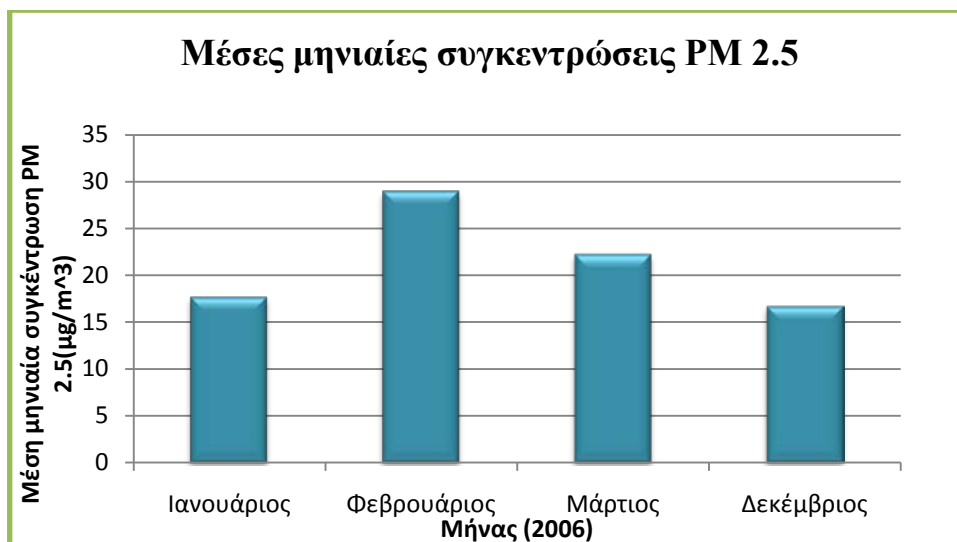
Πίνακας 7.9: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου PM 10 το έτος 2006.

	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM 10 (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Απρίλιος	2	0	2
Μάιος	0	0	0
Ιούνιος	2	0	2
Ιούλιος	0	0	0
Αύγουστος	3	1	2
Σύνολο	7	1	6

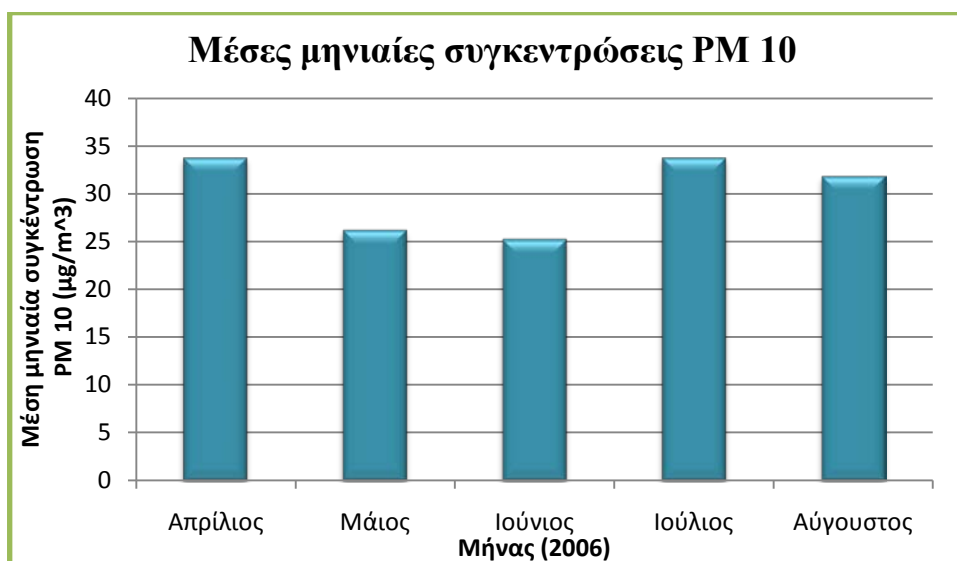
Στο πίνακα 7.6 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις τόσο το διάστημα που ο σταθμός μετρούσε PM 10 όσο και το διάστημα που μετρούσε PM 2.5. Για το Σεπτέμβριο, τον Οκτώβριο και το Νοέμβριο λόγω τεχνικού προβλήματος δεν υπάρχουν δεδομένα. Παρατηρείται ότι τον Φεβρουάριο που έλαβαν χώρα 3 επεισόδια και μάλιστα το ένα (23-24/2) πολύ μεγάλης έντασης η μέση μηνιαία συγκέντρωση είναι αυξημένη. Όσον αφορά τις μηνιαίες συγκεντρώσεις των μηνών που μετριόνταν PM 10, παρόλο τα επεισόδια μεταφοράς αφρικανικής σκόνης καμία δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Παρατηρείται ότι τον Ιούλιο χωρίς να υπάρχει μεταφορά σκόνης η μέση μηνιαία συγκέντρωση είναι υψηλότερη από τους υπόλοιπους μήνες. Στο σχήμα 7.11 οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις των PM 2.5 ενώ στο σχήμα 7.12 οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις των PM 10.

Πίνακας 7.10: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το 2006.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 2.5	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 10
Ιανουάριος	17,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Φεβρουάριος	28,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Μάρτιος	22,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Απρίλιος	-	33,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάιος	-	26,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ιούνιος	-	25,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ιούλιος	-	33,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Αύγουστος	-	31,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Σεπτέμβριος	-	-
Οκτώβριος	-	-
Νοέμβριος	-	-
Δεκέμβριος	16,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-



Σχήμα 7.11: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 2.5 για το έτος 2006.



Σχήμα 7.12: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 10 για το έτος 2006.

7.4 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2007

Επεισόδια σκόνης το 2007

Το έτος 2007 ο σταθμός μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 2.5 μ m (PM 2.5) από 1/1 μέχρι και 20/5. Από 1 Νοεμβρίου μέχρι 31/12 μετρούσε αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 10 μ m (PM 10). Τους μήνες Ιούνιο έως Οκτώβριο δε λειτουργούσε λόγω τεχνικού προβλήματος. Όπως φαίνεται στο πίνακα 7.7 το χρονικό διάστημα που υπάρχουν δεδομένα έλαβαν χώρα 9 επεισόδια μεταφοράς αφρικανικής σκόνης. Τα περισσότερα έλαβαν χώρα το Μάρτιο και το Νοέμβριο, ενώ κανένα επεισόδιο δεν καταγράφηκε τον Φεβρουάριο, τον Απρίλιο και τον Δεκέμβριο. Το σχήμα 7.11 είναι η ποσοστιαία κατανομή ανά μήνα των επεισοδίων σκόνης το 2007.

Πίνακας 7.11: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2007.

	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης
Ιανουάριος	1
Φεβρουάριος	0
Μάρτιος	4
Απρίλιος	0
Μάιος	1
Ιούνιος	-
Ιούλιος	-
Αύγουστος	-
Σεπτέμβριος	-
Οκτώβριος	-
Νοέμβριος	3
Δεκέμβριος	0



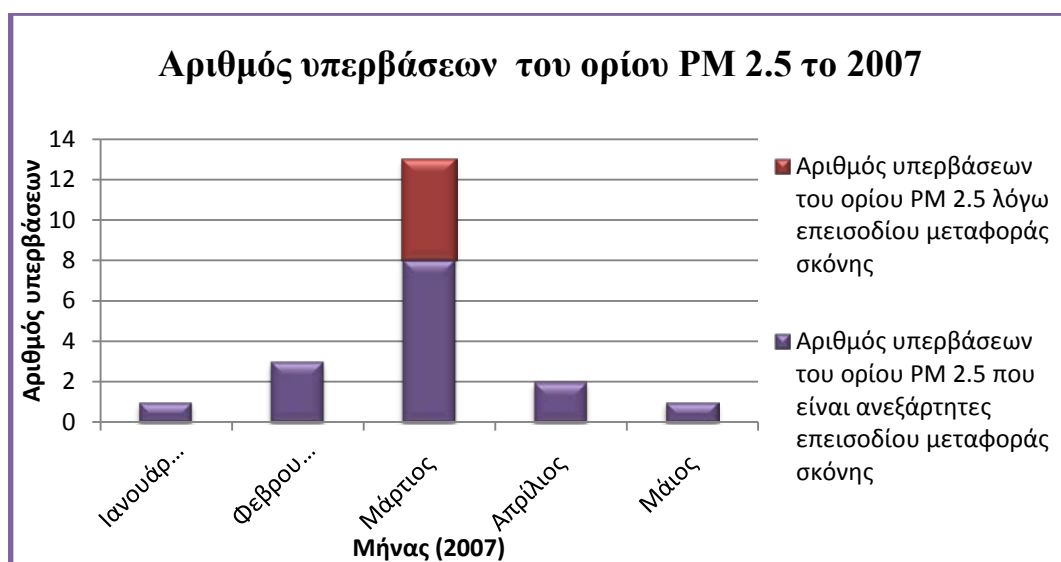
Σχήμα 7.13: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων σκόνης ανά μήνα.

Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2007

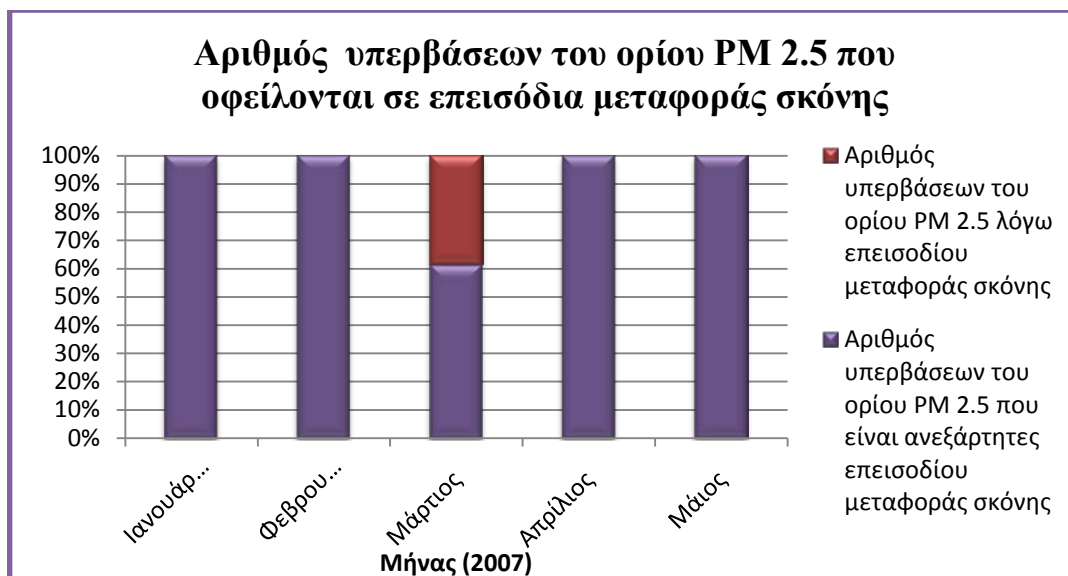
Το διάστημα που μετριόνταν στο σταθμό PM 2.5 καταγράφηκαν 20 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου, εκ των οποίων μόνο οι 5 ήταν αποτέλεσμα μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Οι περισσότερες υπερβάσεις (13) έλαβαν χώρα το Μάρτιο. Το διάστημα που μετριόνταν PM 10 δηλαδή τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο καταγράφηκαν 7 υπερβάσεις του ορίου το Νοέμβριο, οι οποίες όλες ήταν αποτέλεσμα μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Στον πίνακα 7.12 παρουσιάζονται οι υπερβάσεις που έλαβαν χώρα το 2007. Στο σχήμα 7.14 φαίνεται ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM_{2.5} και στο σχήμα 7.15 το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης (με κόκκινο χρώμα).

Πίνακας 7.12: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου για το έτος 2007.

	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM2.5 (αριθμός)	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM10 (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	1	-	1	0
Φεβρουάριος	3	-	3	0
Μάρτιος	13	-	8	5
Απρίλιος	2	-	2	0
Μάιος	1	-	1	0
Ιούνιος	-	-	-	-
Ιούλιος	-	-	-	-
Αύγουστος	-	-	-	-
Σεπτέμβριος	-	-	-	-
Οκτώβριος	-	-	-	-
Νοέμβριος	-	7	0	7
Δεκέμβριος	-	0	0	0



Σχήμα 7.14: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 το 2007.



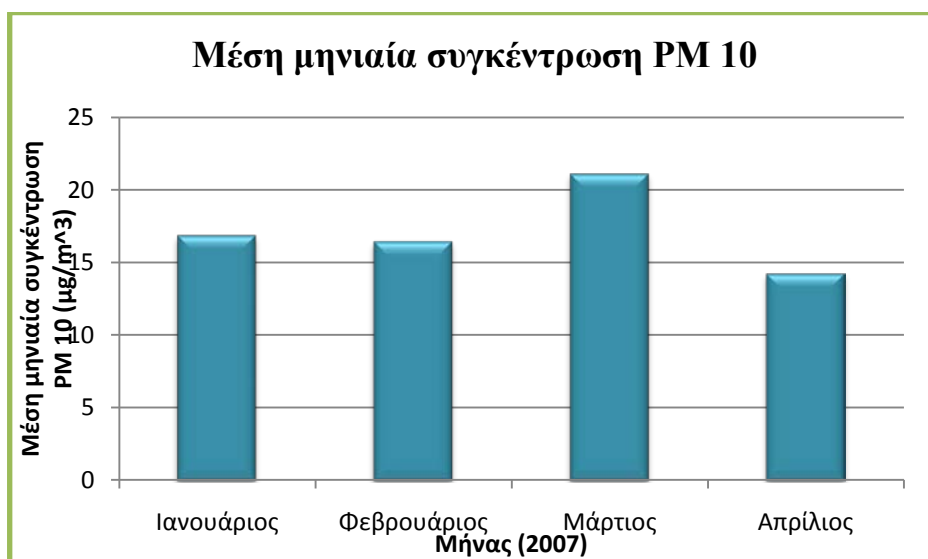
Σχήμα 7.15: Ποσοστό υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 2.5 που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2007.

Στο πίνακα 7.14 φαίνονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις τόσο το διάστημα που ο σταθμός μετρούσε PM 10 όσο και το διάστημα που μετρούσε PM 2.5. Στο σχήμα 7.16 οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις των PM 10 ενώ στο σχήμα 7.17 οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις των PM 2.5. Παρατηρείται ότι το Μάρτιο η μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 2.5 είναι αρκετά πιο αυξημένη από τους άλλους μήνες λόγω των τεσσάρων επεισοδίων μεταφοράς σκόνης που έλαβαν χώρα αυτό το μήνα. Η μέση μηνιαία συγκέντρωση τον Νοέμβριο είναι αρκετά πιο αυξημένη από ότι το Δεκέμβριο λόγω των τριών επεισοδίων μεταφοράς σκόνης που έλαβαν χώρα το μήνα αυτό.

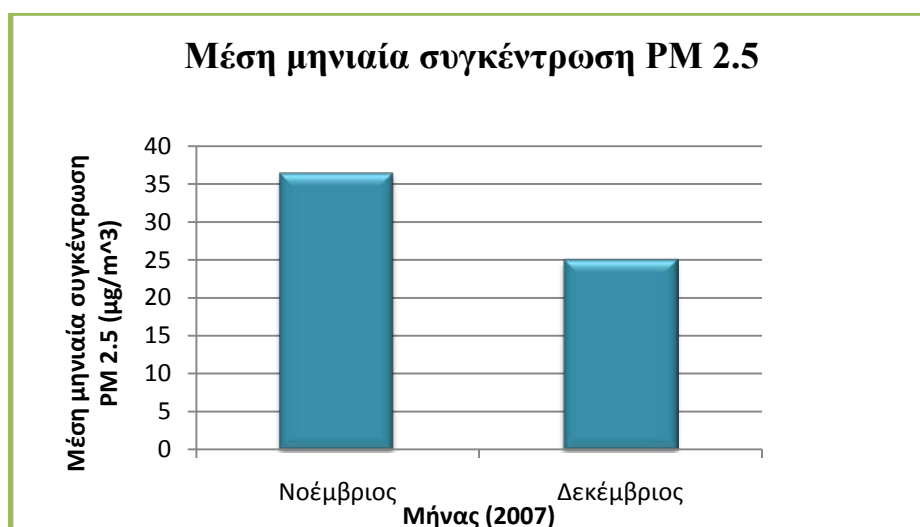
Πίνακας 7.13: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το 2007.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 2.5	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM 10
Ιανουάριος	16,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Φεβρουάριος	16,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Μάρτιος	21,099 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Απρίλιος	14,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Μάιος	-	-

Ιούνιος	-	-
Ιούλιος	-	-
Αύγουστος	-	-
Σεπτέμβριος	-	-
Οκτώβριος	-	-
Νοέμβριος	-	36,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Δεκέμβριος	-	25,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Σχήμα 7.16: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 10 για το έτος 2007.



Σχήμα 7.17: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 2.5 για το έτος 2007.

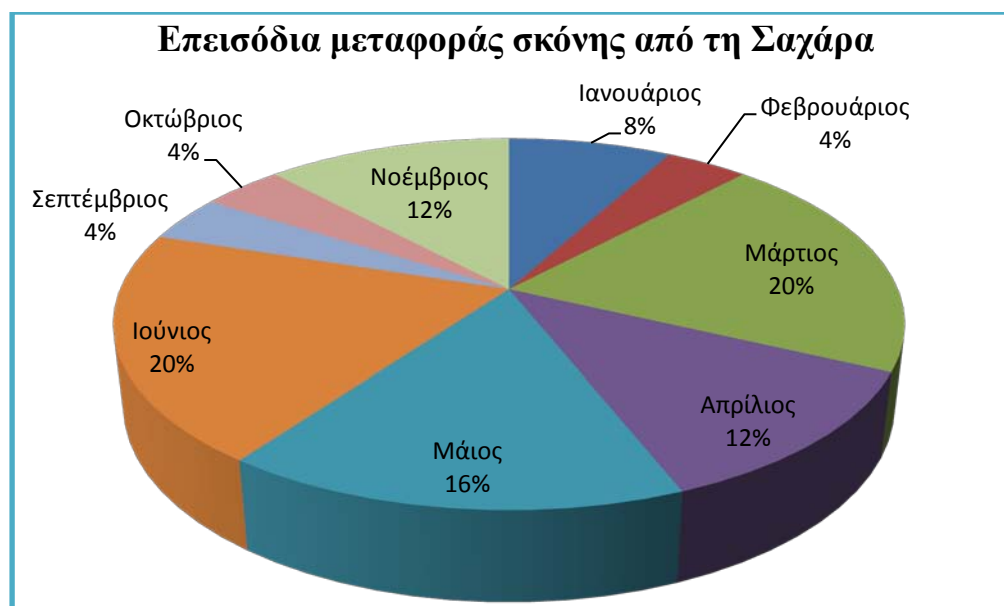
7.5 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2008

Επεισόδια σκόνης το 2008

Για το έτος 2008 έχουμε δεδομένα για όλους του μήνες εκτός του Δεκεμβρίου. Το 2008 καταγράφηκαν 25 επεισόδια μεταφοράς σκόνης και τα περισσότερα όπως φαίνεται στον πίνακα 7.15 έλαβαν χώρα το Μάρτιο και τον Ιούνιο (5 το κάθε μήνα) ενώ πολλά έλαβαν επίσης χώρα το Μάιο (4 επεισόδια), τον Απρίλιο και το Νοέμβριο (3 το κάθε μήνα). Κανένα επεισόδια δε καταγράφηκε τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Στην περίπτωση που σε μία μέρα είχε καταγραφεί παραπάνω από ένα επεισόδιο, όπως στις 2 και 3 Μαΐου, λαμβάνεται σαν ένα. Στο σχήμα 7.18 παρουσιάζεται η ποσοστιαία ανά μήνα κατανομή των επεισοδίων σκόνης για το έτος 2008.

Πίνακας 7.14: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2008.

	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης
Ιανουάριος	2
Φεβρουάριος	1
Μάρτιος	5
Απρίλιος	3
Μάιος	4
Ιούνιος	5
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	1
Οκτώβριος	1
Νοέμβριος	3
Δεκέμβριος	-



Σχήμα 7.18: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων σκόνης ανά μήνα.

Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2008

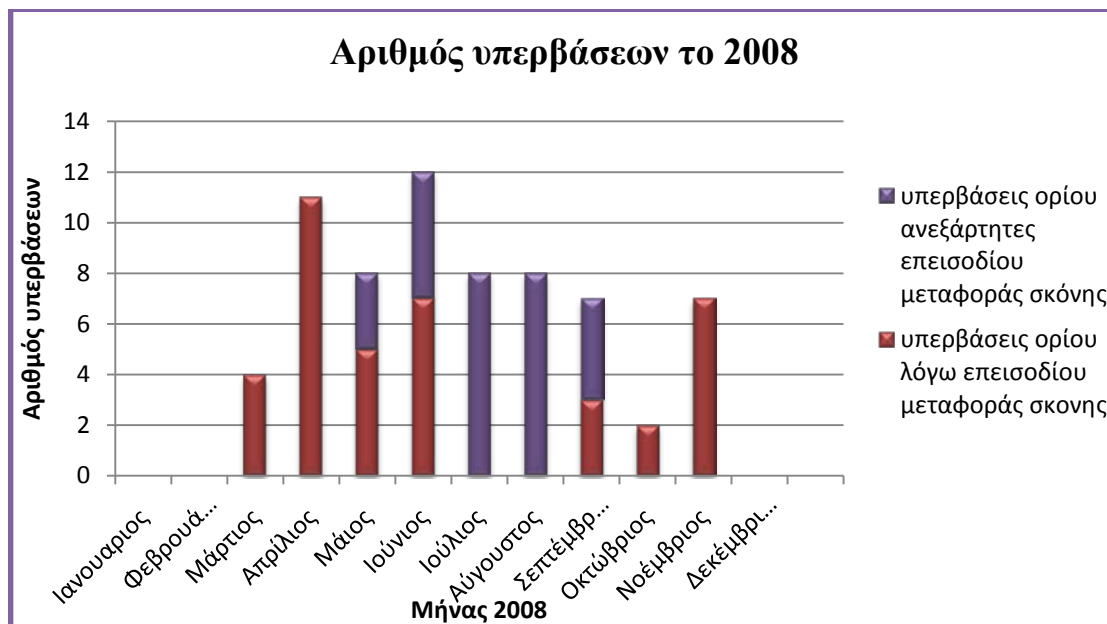
Το 2008 καταγράφηκαν 67 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 39 εκ των οποίων οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης από την έρημο Σαχάρα. Στον πίνακα 7.16 παρουσιάζονται οι υπερβάσεις ανά μήνα καθώς και το πόσες οφείλονταν σε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία το όριο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ πρέπει να υπερβαίνεται μέχρι 35 φορές το χρόνο ενώ εδώ έχει γίνει υπέρβαση σχεδόν τις διπλάσιες.

Πίνακας 7.15: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου για το έτος 2008.

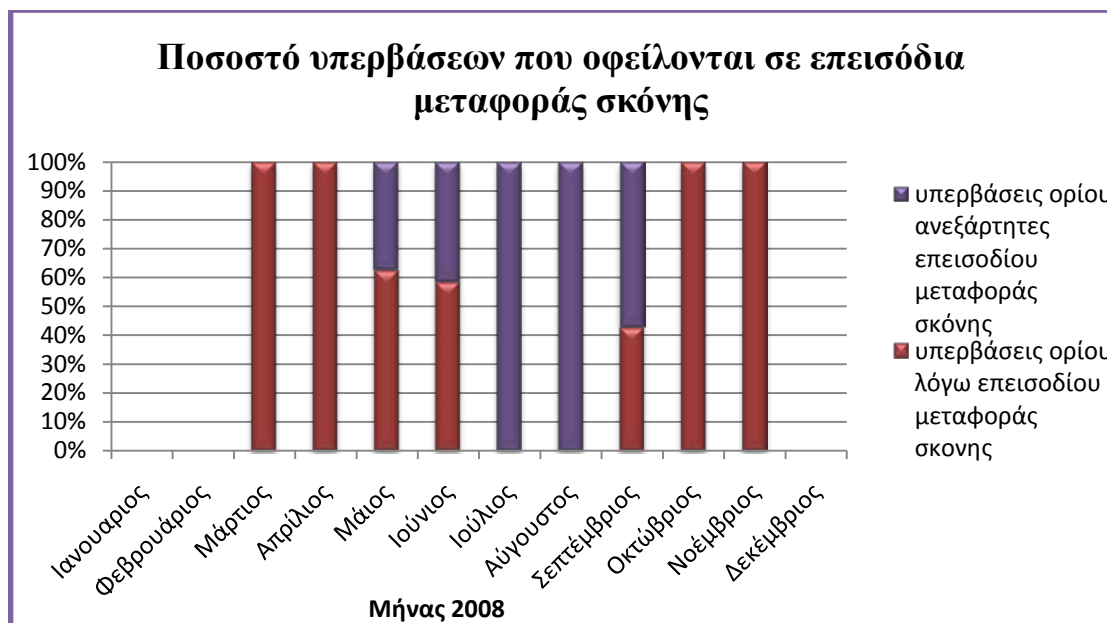
	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM 10 (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	0	0	0
Φεβρουάριος	0	0	0
Μάρτιος	4	0	4
Απρίλιος	11	0	11
Μάιος	8	3	5
Ιούνιος	12	5	7

Ιούλιος	8	8	0
Αύγουστος	8	8	0
Σεπτέμβριος	7	4	3
Οκτώβριος	2	0	2
Νοέμβριος	7	0	7
Δεκέμβριος	-	-	-
Σύνολο	67	28	39

Στο σχήμα 7.19 παρουσιάζεται ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου και στο σχήμα 7.20 το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης (με κόκκινο χρώμα). Όπως παρατηρείται τον Ιανουάριο και τον Φεβρουάριο δεν καταγράφηκε καμία υπέρβαση του ημερήσιου ορίου. Τον Μάρτιο, τον Απρίλιο, τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο όλες οι υπερβάσεις οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς αφρικανικής σκόνης. Τον Ιούλιο και τον Αύγουστο υπήρχαν αρκετές υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αν και δεν έλαβε χώρα κανένα επεισόδιο μεταφοράς αφρικανικής σκόνης, ενώ τον Μάιο και τον Ιούνιο κύριος λόγος υπέρβασης του ορίου ήταν τα επεισόδια σκόνης.



Σχήμα 7.19: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 10 το 2008.



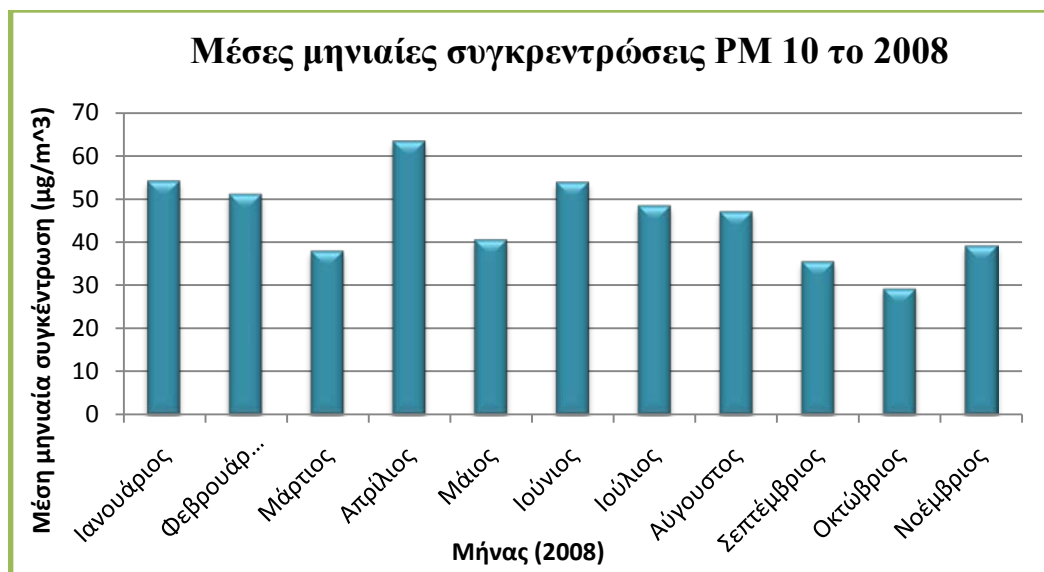
Σχήμα 7.20: Ποσοστό υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 10 που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2008.

Στο πίνακα 7.17 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες για το 2008 καθώς και η μέση ετήσια συγκέντρωση PM 10 που είναι $45,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και υπερβαίνει το όριο των $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Όπως παρατηρείται στο σχήμα 7.21 η μέγιστη μέση μηνιαία συγκέντρωση ήταν τον Απρίλιο. Αυτό οφείλεται στα 3 επεισόδια που έλαβαν χώρα το μήνα αυτό, ένα εκ των οποίων είχε πρωτοφανή διάρκεια 6 ημερών. Ιδιαίτερα αυξημένες ήταν οι συγκεντρώσεις τον Ιούνιο και τον Ιούλιο που όπως φαίνεται στον πίνακα 6.6 καταγράφηκαν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις τη νύχτα χωρίς το HYSPLIT να δίνει ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από το τη Σαχάρα πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Πίνακας 7.16: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το 2008.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM10
Ιανουάριος	$54,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Φεβρουάριος	$50,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάρτιος	$37,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Απρίλιος	$63,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάιος	$40,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Ιούνιος	$53,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Ιούλιος	$48,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Αύγουστος	46,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Σεπτέμβριος	35,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Οκτώβριος	29,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Νοέμβριος	39,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Δεκέμβριος	-
Μέση ετήσια συγκέντρωση PM 10	45,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



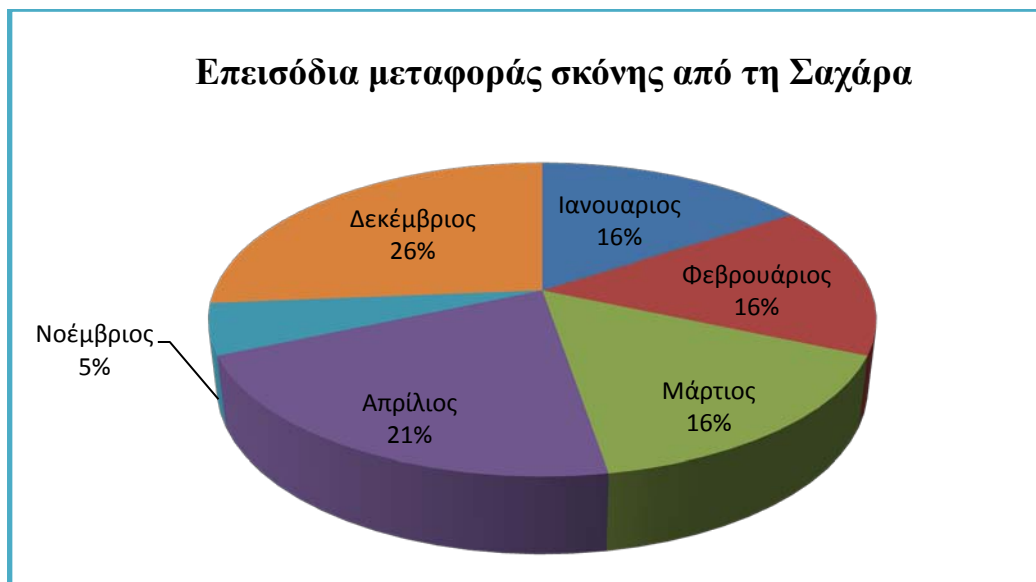
Σχήμα 7.21: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 10 για το έτος 2008.

7.6 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2009

Επεισόδια σκόνης το 2009

Για το έτος 2009 δεν υπάρχουν δεδομένα από το σταθμό του Πολυτεχνείου Κρήτης, λόγω τεχνικού προβλήματος, για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβρη και επίσης για τα διαστήματα : 1-15/1, 1-12/10, 24-30/10 και 1-5/11. Το χρονικό διάστημα που υπάρχουν δεδομένα για το σταθμό έλαβαν χώρα 19 επεισόδια, όπως φαίνεται και στον πίνακα 7.18. Στο σχήμα 7.22 παρουσιάζεται η ποσοστιαία ανά μήνα κατανομή των επεισοδίων σκόνης για το έτος 2009. Στην περίπτωση που σε μία μέρα είχε καταγραφεί παραπάνω από ένα επεισόδιο, όπως στις 3 και 4 Απριλίου, λαμβάνεται σαν ένα. Όπως βλέπουμε τα περισσότερα επεισόδια σκόνης έλαβαν χώρα τον Δεκέμβριο (26%), ενώ

ακολουθεί ο Απρίλιος με ποσοστό 21%. Αρκετά επεισόδια μεταφοράς σκόνης έλαβαν χώρα επίσης τον Ιανουάριο (16%), το Φεβρουάριο (16%) και τον Μάρτιο (16%).



Σχήμα 7.22: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων σκόνης ανά μήνα.

Πίνακας 7.17: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2009.

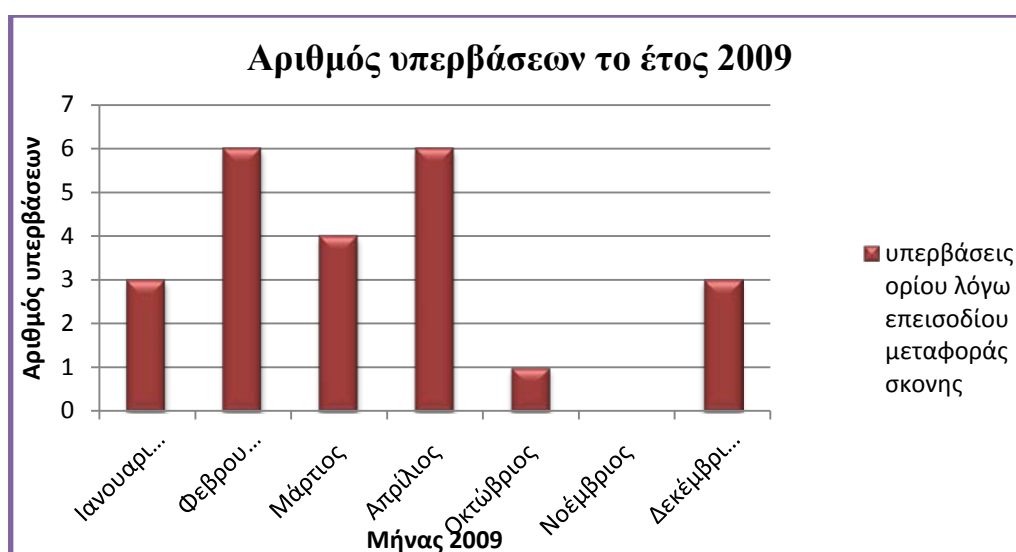
	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης
Ιανουάριος	3
Φεβρουάριος	3
Μάρτιος	3
Απρίλιος	4
Οκτώβριος	1
Νοέμβριος	0
Δεκέμβριος	5
Σύνολο	19

Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2009

Από τις 365 ημέρες του έτους υπάρχουν δεδομένα για 180 ημέρες, δηλαδή για περίπου τις μισές ημέρες. Από αυτές τις 180 ημέρες, 23 ημέρες έγινε υπέρβαση του ημερήσιου ορίου των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Όλες οι υπερβάσεις που καταγράφηκαν στον σταθμό το 2009 οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης από την έρημο Σαχάρα. Στον πίνακα 7.19 παρουσιάζονται υπερβάσεις ανά μήνα. Στο σχήμα 7.23 παρουσιάζεται ο αριθμός των υπερβάσεων.

Πίνακας 7.18: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου για το έτος 2009.

	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM 10 (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	3	0	3
Φεβρουάριος	6	0	6
Μάρτιος	4	0	4
Απρίλιος	6	0	6
Οκτώβριος	1	0	1
Νοέμβριος	0	0	0
Δεκέμβριος	3	0	3
Σύνολο	23	0	23

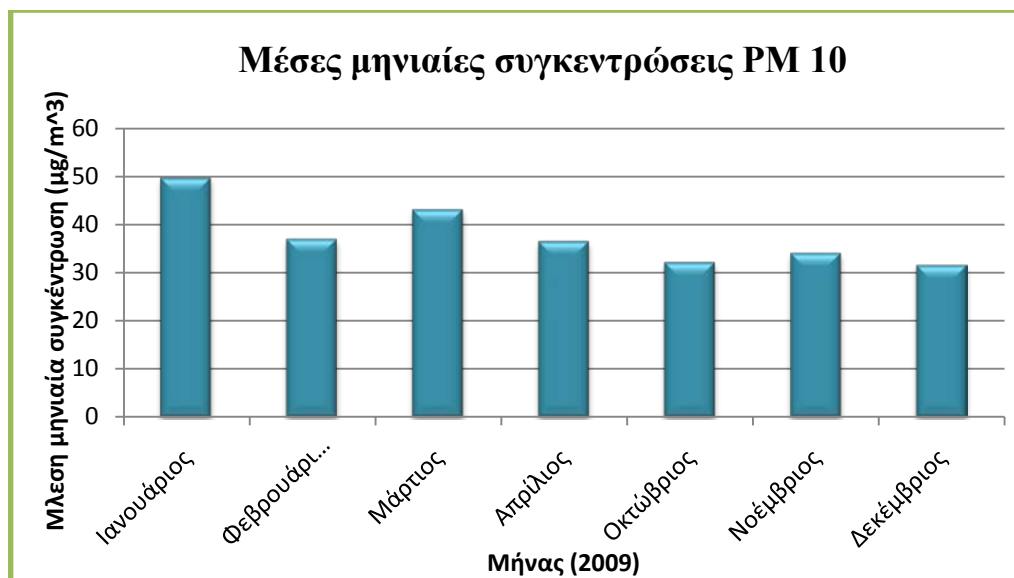


Σχήμα 7.23: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 10 το 2009.

Στον πίνακα 7.20 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για όσους μήνες υπάρχουν δεδομένα. Παρατηρείται ότι η πιο αυξημένη μέση μηνιαία συγκέντρωση είναι τον Ιανουάριο κάτι που δεν συμβαίνει συνήθως. Αυτό οφείλεται στο επεισόδιο στις 23 Ιανουαρίου που κατά τη διάρκεια του καταγράφηκαν πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις με μέγιστη τα $831,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η χαμηλότερη μηνιαία συγκέντρωση ήταν το Δεκέμβριο λόγω του ότι δεν υπήρχε κανένα επεισόδιο μεταφοράς σκόνης. Η μέση ετήσια συγκέντρωση όπως προκύπτει από τα δεδομένα που έχουμε είναι κοντά στο όριο των $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, δηλαδή είναι $37,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Όμως αυτή η συγκέντρωση δεν είναι αντικειμενική καθώς απουσιάζουν οι θερινοί μήνες κατά τους οποίους συνήθως παρατηρούνται αρκετές υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου ανεξαρτήτου της παρουσίας ή όχι επεισοδίων σκόνης.

Πίνακας 7.19: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το 2009.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM10
Ιανουάριος	$49,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Φεβρουάριος	$36,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάρτιος	$43,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Απρίλιος	$36,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάιος	-
Ιούνιος	-
Ιούλιος	-
Αύγουστος	-
Σεπτέμβριος	-
Οκτώβριος	$32,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Νοέμβριος	$34,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Δεκέμβριος	$31,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Μέση ετήσια συγκέντρωση PM 10	$37,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Σχήμα 7.24: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 10 για το έτος 2009.

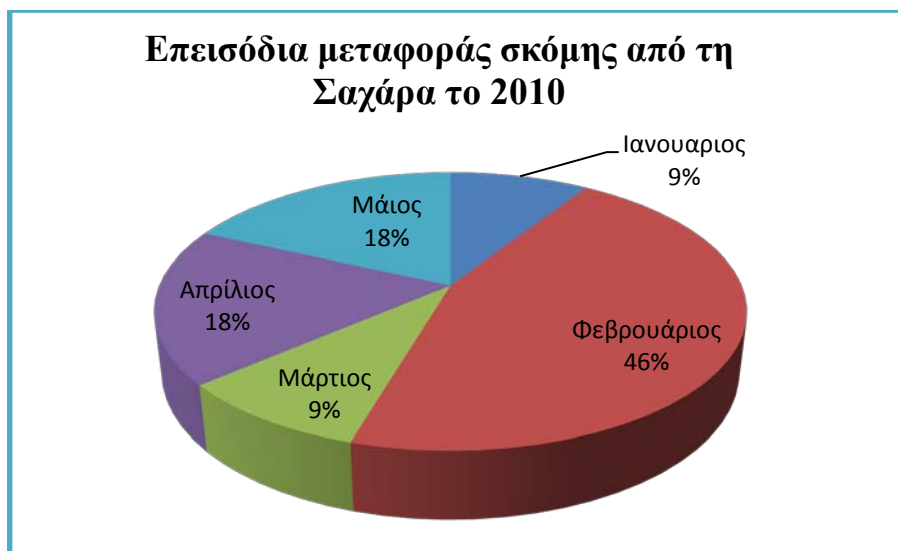
7.7 Επεισόδια σκόνης και υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου αιωρούμενων σωματιδίων το 2010

Επεισόδια σκόνης το 2010

Για το 2010 έχει γίνει επεξεργασία των δεδομένων από 1 Ιανουαρίου μέχρι 31 Μαΐου. Το διάστημα το 5 μηνών καταγράφηκαν 11 επεισόδια στην περιοχή του Ακρωτηρίου, τα περισσότερα εκ των οποίων τον Φεβρουάριο, όπου έλαβαν χώρα 5 επεισόδια. Τα επεισόδια για το 2010 παρουσιάζονται στο πίνακα 7.21 και η ποσοστιαία κατανομή τους ανά μήνα στο σχήμα 7.25.

Πίνακας 7.20: Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης το 2010.

Μήνας	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	1
Φεβρουάριος	5
Μάρτιος	1
Απρίλιος	2
Μάιος	2
Σύνολο	11



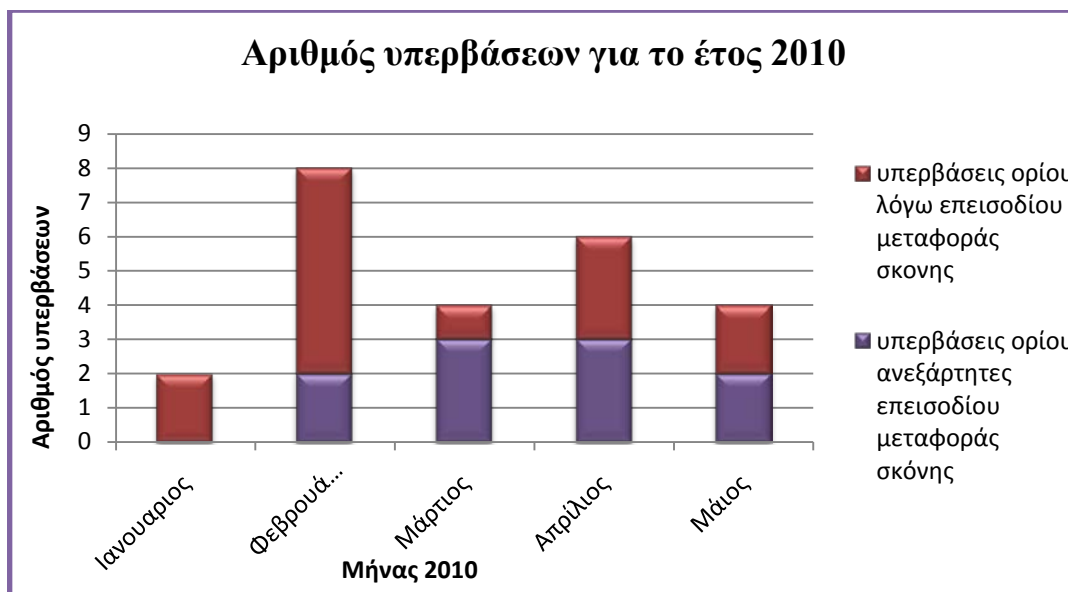
Σχήμα 7.25: Ποσοστιαία κατανομή επεισοδίων σκόνης ανά μήνα.

Αριθμός υπερβάσεων του ορίου το 2010

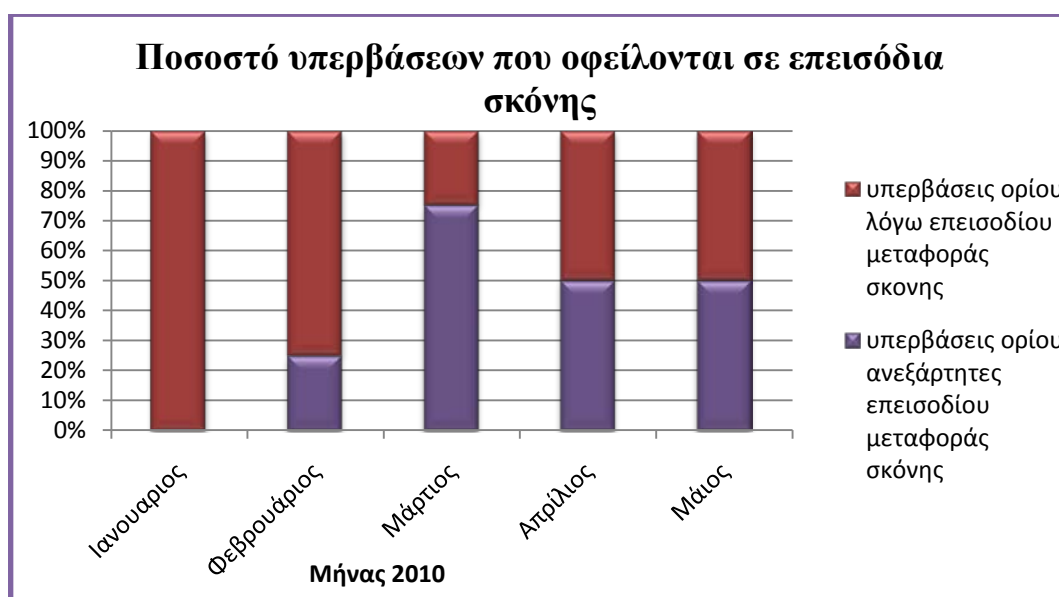
Το 2010 καταγράφηκαν 24 υπερβάσεις του ορίου των PM 10, 14 εκ των οποίων οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Οι περισσότερες υπερβάσεις καταγράφηκαν τον Φεβρουάριο λόγω των 5 επεισοδίων μεταφοράς σκόνης που έλαβαν χώρα το μήνα αυτό. Οι 2 υπερβάσεις τον Ιανουάριο οφείλονται εξ ολοκλήρου σε επεισόδια σκόνης γιατί συνήθως τον Ιανουάριο δεν υπάρχουν αυξημένες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Στο σχήμα 7.26 παρουσιάζεται ο αριθμός των υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου και στο σχήμα 7.27 το ποσοστό των υπερβάσεων που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης (με κόκκινο χρώμα).

Πίνακας 7.21: Υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου για το έτος 2010.

	Σύνολο υπερβάσεων του ορίου PM 10 (αριθμός)	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 που είναι ανεξάρτητες επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Αριθμός υπερβάσεων του ορίου PM 10 λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης
Ιανουάριος	2	0	2
Φεβρουάριος	8	2	6
Μάρτιος	4	3	1
Απρίλιος	6	3	3
Μάιος	4	2	2
Σύνολο	24	10	14



Σχήμα 7.26: Αριθμός υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 10 το 2010



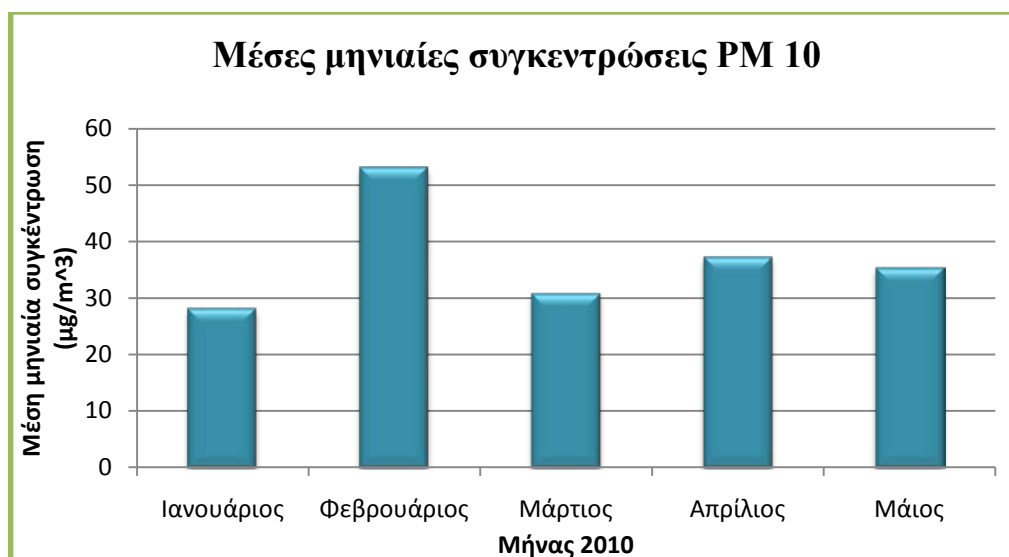
Σχήμα 7.27: Ποσοστό υπερβάσεων του ημερήσιου ορίου των PM 10 που οφείλονται σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης το 2008

Στον πίνακα 7.23 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για όσους μήνες υπάρχουν δεδομένα. Παρατηρείται ότι η πιο αυξημένη μέση μηνιαία συγκέντρωση ήταν το Φεβρουάριο εξαιτίας των τεσσάρων επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης, συνολικής διάρκειας επτά ημερών, που έλαβαν χώρα αυτό το μήνα. Τον Απρίλιο και τον

Μάιο έλαβαν χώρα 2 επεισόδια το κάθε μήνα γι αυτό και οι συγκεντρώσεις είναι αυξημένες. Το σχήμα 7.28 είναι η σχηματική απεικόνιση των μέσων μηνιαίων συγκεντρώσεων.

Πίνακας 7.22: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις για το 2010.

Μήνας	Μέση μηνιαία συγκέντρωση PM10
Ιανουάριος	28,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Φεβρουάριος	53,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάρτιος	30,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Απρίλιος	37,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Μάιος	35,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Σχήμα 7.28: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις PM 10 για το 2010.

7.8 Σύγκριση ετών 2004-2010

Στον πίνακα 7.24 φαίνονται για όλα τα έτη κάποια βασικά χαρακτηριστικά όπως η πληρότητα των μετρήσεων, η μέση ημερήσια συγκέντρωση, η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση που καταγράφηκε, ο αριθμός των υπερβάσεων και τα επεισόδια σκόνης. Η πληρότητα των μετρήσεων είναι βασικό να είναι γνωστή για να φαίνεται κατά πόσο είναι αντικειμενικά τα αποτελέσματα. Όπως φαίνεται και στον πίνακα το 2005 και το 2008 είναι τα έτη που υπάρχουν πιο πλήρη δεδομένα γι' αυτό και έχουν υπολογιστεί οι μέσες ετήσιες

συγκεντρώσεις που και στις δύο περιπτώσεις είναι πάνω από το όριο, όπως έχει προαναφερθεί. Είναι φανερό πως υπάρχει μία αύξηση των επεισοδίων μεταφοράς αφρικανικής σκόνης τα τελευταία 3 χρόνια. Το 2005 έλαβαν χώρα 11 επεισόδια, ενώ το 2008, 25 επεισόδια. Η αύξηση φαίνεται και από το ότι το 2009 και το 2010 παρόλο που ήταν διαθέσιμα λιγότερα από τα μισά δεδομένα καταγράφηκαν 19 και 11 επεισόδια αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη μέση ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε το 2009 και ήταν $1039,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM 10.

Πίνακας 7.23: Ανάλυση ετών 2004-2010

	Διάμετρος σωματιδίων	Μέση ετήσια συγκέντρωση	Μέγιστη ωριαία συγκέντρωση	Πληρότητα μετρήσεων	Υπέρβαση ημερήσιου ορίου (αριθμός)	Υπέρβαση ημερήσιου ορίου λόγω επεισοδίου μεταφοράς σκόνης (αριθμός)	Αριθμός επεισοδίων μεταφοράς σκόνης
2004	PM 2.5	-	454 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18%	27	7	7
	PM 10	-	512 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24%	7	7	
2005	PM 2.5	25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96%	134	14	11
2006	PM 2.5	-	718,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	47%	19	9	10
	PM 10	-	780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30%	7	6	
2007	PM 2.5	-	158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39%	20	5	9
	PM 10	-	252 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16%	7	7	
2008	PM 10	45,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	838,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	92%	67	39	25
2009	PM 10	-	831,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	49%	23	23	19
2010	PM 10	-	1039,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	42%	24	14	11

8^ο Κεφάλαιο

8 ΣΤΑΘΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 12/2-19/4/2010

Την περίοδο 12/4/2010 με 19/4/2010 πραγματοποιήθηκαν σταθμικές μετρήσεις με τα όργανα Andersen 1 ACFM Ambient Sampler και το Sequential Sampler FH 95 SEQ, THERMO.

8.1 Andersen Ambient Sampler

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 12/4 στις 9:00. Το όργανο τοποθετήθηκε στην οροφή του σταθμού για να μετράει σχεδόν στο ίδιο ύψος με το μόνιμο μετρητή αιωρούμενων σωματιδίων του σταθμού FH 62 I – R. Το όργανο αποτελείται από 9 στάδια επομένως και από 9 φίλτρα το τελευταίο από τα οποία είναι το back up (για σωματίδια <0.4).

Η διαδικασία που ακολουθούθηκε ήταν η εξής:

- Εννέα φίλτρα που θα τοποθετηθούν στο όργανο και άλλο ένα blank, τοποθετούνται σε τριβλία (petri discs) και παραμένουν στο εργαστήριο, όπου θεωρούμε ότι η θερμοκρασία και η υγρασία είναι σταθερή, για 24 ώρες για να εξισορροπηθούν
- Μετά το διάστημα των 24 ωρών τα φίλτρα ζυγίζονται στο ζυγό ακριβείας του εργαστηρίου Sartorius CP 225D
- Τα φίλτρα με τα δείγματα αφαιρούνται με ιδιαίτερη προσοχή από τα 9 στάδια του οργάνου και τοποθετούνται σε τριβλία.
- Σημειώνεται κάθε μέρα πριν την αλλαγή των φίλτρων ο όγκος αέρα που έχει περάσει από το όργανο.
- Τα φίλτρα των 9 σταδίων μεταφέρονται στο σταθμό και τοποθετούνται κάθε πρωί στις 8:45 στο όργανο ενώ το φίλτρο blank παραμένει στο εργαστήριο.
- Τα φίλτρα με τα δείγματα μεταφέρονται στο εργαστήριο όπου παραμένουν για 24 ώρες για να ρυθμιστεί η θερμοκρασία και η υγρασία τους
- Μετά από 24 ώρες ζυγίζονται στο ζυγό ακριβείας.

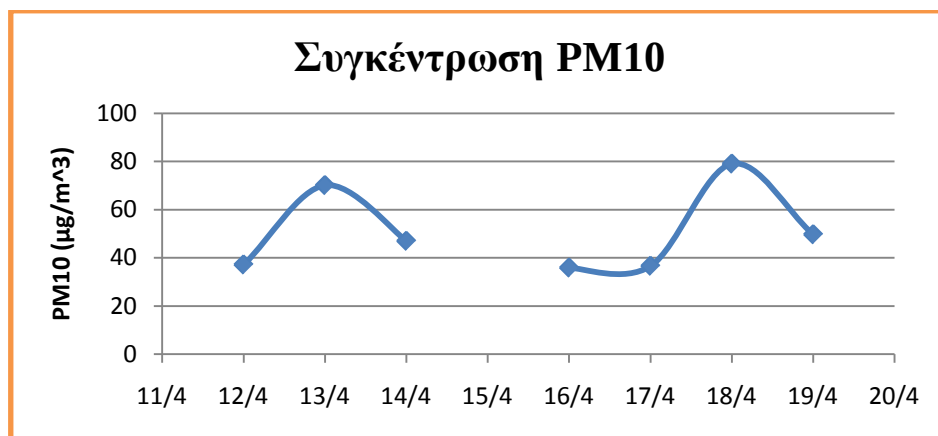
Σε οποιαδήποτε επαφή με τα φίλτρα χρησιμοποιούνται γάντια χωρίς πούδρα και λαβίδα για να μην αλλοιωθούν τα αποτελέσματα.

Το άθροισμα των συγκεντρώσεων των τεσσάρων κατώτερων σταδίων δίνει την συγκέντρωση των PM 2.1 ανώ τα άθροισμα και των οκτώ σταδίων δίνει την συγκέντρωση

των PM 10. Στο σχήμα 8.1 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των PM 2.5 αυτό το χρονικό διάστημα ενώ στο σχήμα 8.2 των PM 10.



Σχήμα 8.1: Συγκέντρωση PM 2.1 το χρονικό διάστημα 12/4/2010 με 19/4/2010.



Σχήμα 8.2: Συγκέντρωση PM 10 το χρονικό διάστημα 12/4/2010 με 19/4/2010.

Παρατηρήσεις:

Λόγω λάθους στις 15/4 δεν υπάρχει μέτρηση αυτού του οργάνου. Επίσης στις 18/4 λόγω πολύ έντονης βροχόπτωσης εισχώρησε νερό στο backup φίλτρο (για σωματίδια <0.4) και στο αμέσως από πάνω (για σωματίδια 0.4 – 0.6). Αν και τα φίλτρα παρέμειναν στο εργαστήριο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ώστε να στεγνώσουν οι μετρήσεις δε μπορούν να θεωρηθούν αντικειμενικές γιατί μπορεί να έχει αυξηθεί το βάρος των φίλτρων λόγω της υγρασίας.

8.2 Sequential Sampler FH 95

Οι μετρήσεις ξεκίνησαν στις 12/4 στις 9:10. Το όργανο θα έπρεπε κανονικά να τοποθετηθεί την οροφή του σταθμού για να μετράει στο ίδιο ύψος με το FH 62 I – R και το Andersen Ambient Sampler. Όμως λόγω του μεγάλου βάρους του κάτι τέτοιο δεν ήταν δυνατό και γι' αυτό τοποθετήθηκε στο έδαφος. Το όργανο αυτό χρησιμοποιεί ένα φίλτρο για κάθε μέρα και μετράει τη μάζα των PM 10 (με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας). Τα φίλτρα Teflon που χρησιμοποιήθηκαν στις δειγματοληψίες ήταν διαμέτρου 47 mm με πόρους 0,5 μm (Gelman Science P5PQ047, ZefluorTM 47mm, 0,5 μm).

Αυτό το όργανο έχει τη δυνατότητα να αλλάζει αυτόματα κάθε μέρα άμα το ρυθμίσουμε μέχρι και 16 φίλτρα. Τα φίλτρα αλλάζονταν κάθε 2 μέρες για να μην επηρεάζονται από την παραμονή τους στο όργανο. Η διαδικασία προετοιμασίας και ζύγισης των φίλτρων είναι ίδια με των φίλτρων του Andersen Ambient Sampler, δηλαδή τα φίλτρα πριν ζυγιστούν παραμένουν για εξισορρόπηση στο εργαστήριο 24 ώρες, όπως και αφού αφαιρεθούν από το όργανο πριν ζυγιστούν. Και σ' αυτό το όργανο για κάθε μέρα γινόταν ζύγιση και πριν και μετά ενός φίλτρου blank.

Στο σχήμα 8.3 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των PM 10 αυτό το χρονικό διάστημα. Οι χαμηλότερη συγκέντρωση στις 18/4 είναι λογική λόγω της έντονης βροχόπτωσης που υπήρχε εκείνη την ημέρα. Η βροχόπτωση προκαλεί εναπόθεση αιωρούμενων σωματιδίων.



Σχήμα 8.3: Συγκέντρωση PM 10 το χρονικό διάστημα 12/4/2010 με 19/4/2010.

Παρατηρήσεις:

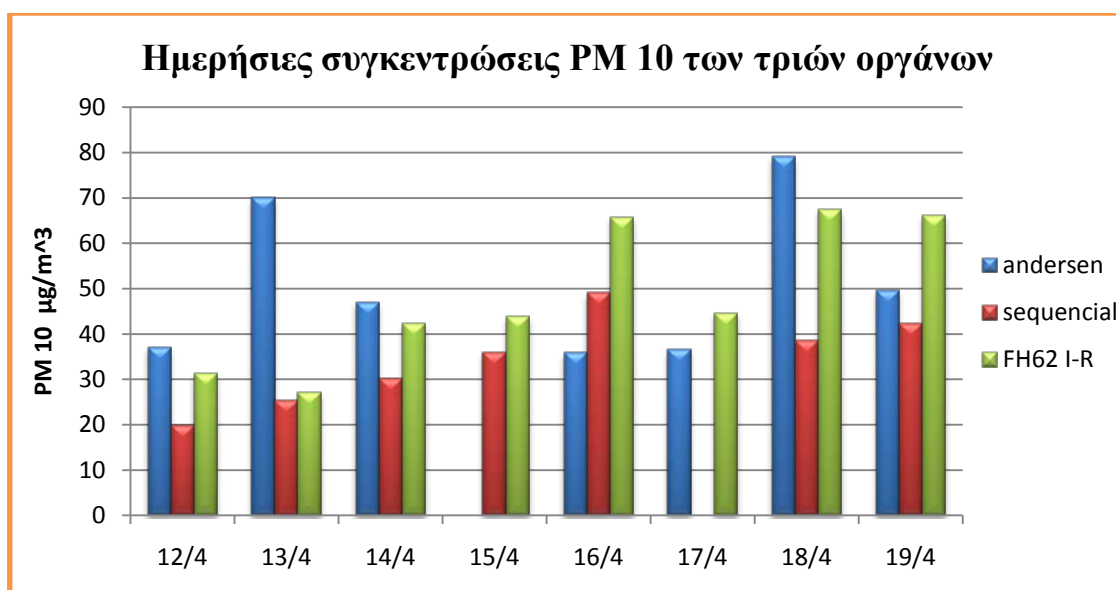
Λόγω τεχνικού προβλήματος του οργάνου στις 17/4 μέτρησε μόνο για 2 ώρες και 40 λεπτά γι αυτό η συγκέντρωση αναφέρεται σ' αυτές τις ώρες και δεν είναι αντικειμενική.

8.3 Σύγκριση των σταθμικών οργάνων και του οργάνου καταγραφής σε πραγματικό χρόνο FH62 I-R

Το χρονικό διάστημα 12/2-19/4/2010 λειτουργούσε κανονικά και το FH62 I-R. Στο πίνακα παρατίθενται οι ημερήσιες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (για τον FH62 I-R η μέση ημερήσια συγκέντρωση) των τριών οργάνων και στο διάγραμμα φαίνονται οι τιμές αυτές.

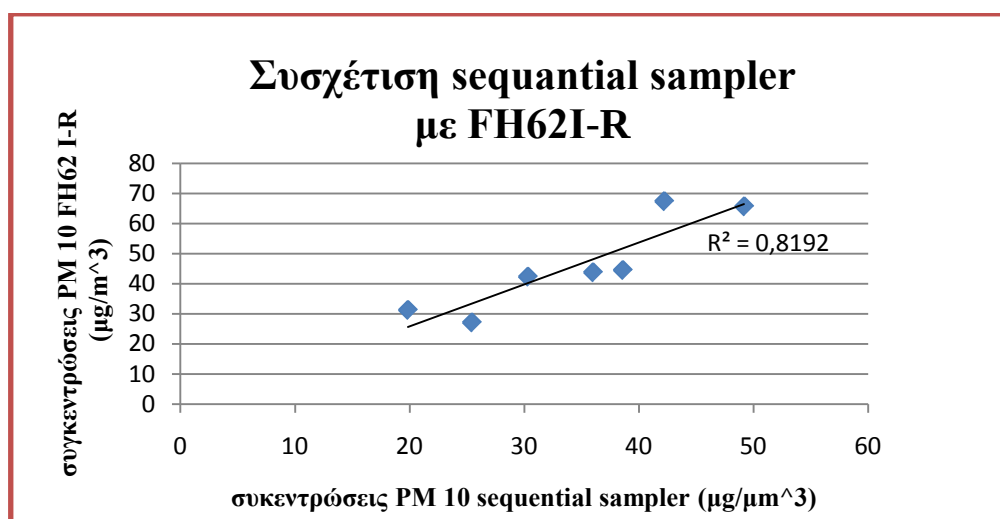
Πίνακας 8.1: Ημερήσιες συγκεντρώσεις PM 10 των τριών οργάνων (με κόκκινο είναι οι τιμές που δεν είναι αντικειμενικές)

Ημέρες μετρήσεων	Andersen Ambient Sampler	Sequential Sampler	Dust Monitor FH 62 I – R
12/4/2010	37,184	19,837	31,308
13/4/2010	70,14	25,419	27,16
14/4/2010	47,005	30,303	42,378
15/4/2010	-	35,985	43,837
16/4/2010	35,907	49,173	65,764
17/4/2010	36,643	51,096	44,576
18/4/2010	79,049	38,584	67,478
19/4/2010	49,723	42,196	66,172



Σχήμα 8.4: Ημερήσιες συγκεντρώσεις PM 10 των τριών οργάνων

Επιχειρήθηκε συσχέτιση των τριών οργάνων, αν και οι μετρήσεις είναι πολύ λίγες. Δεν συμπεριλήφθηκαν η μέτρηση του Andersen Ambient Sampler λόγω της βροχόπτωσης στις 18/4 και η μέτρηση του Sequential Sampler λόγω τεχνικού προβλήματος στις 17/4. Η μελέτη των γραμμικών συσχετίσεων μεταξύ των οργάνων έγινε με τη βοήθεια γραφικών παραστάσεων και την προσθήκη γραμμών τάσης. Στο σχήμα 8.5 παρατίθεται η συσχέτιση του Sequential με το FH62I-R που είναι η μόνη συσχέτιση με ικανοποιητικό R^2 . Παρατηρείται ότι το R^2 αυτών των δύο οργάνων είναι αρκετά μεγάλο (0,82), άρα υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ των δύο οργάνων.



Σχήμα 8.5: Συσχέτιση Sequential με FH62I-R.

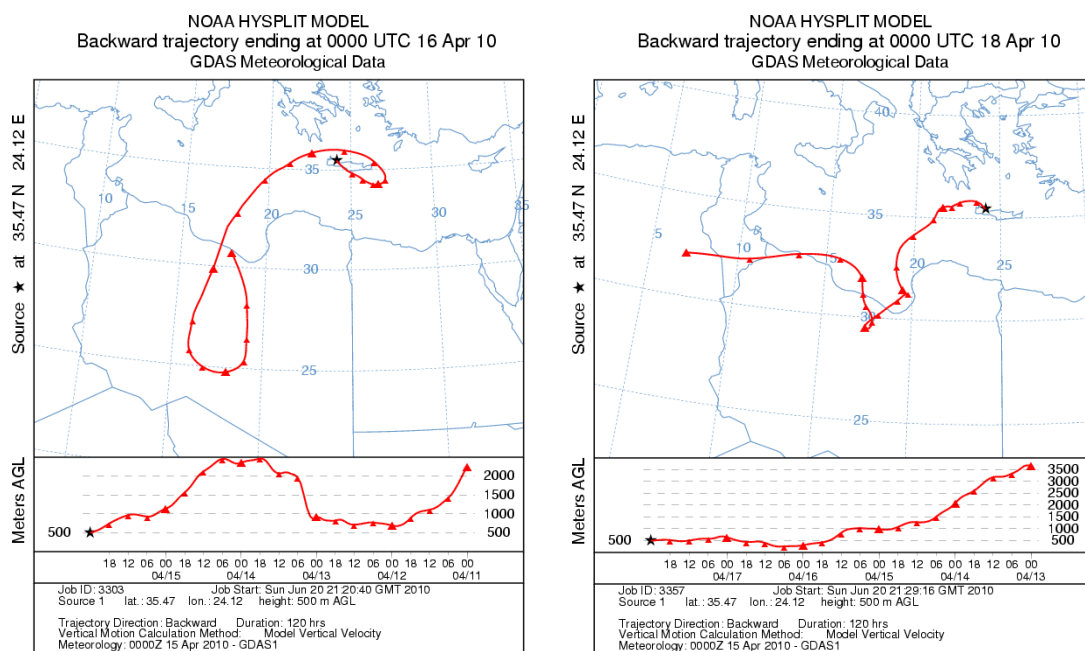
Από τις μετρήσεις παρατηρείται ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων που έχουν προκύψει από το FH62 I-R είναι υψηλότερες από αυτές του Sequential. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι τα φίλτρα του FH62 I-R αναλύονται κατευθείαν από το όργανο ενώ τα φίλτρα του Sequential ζυγίζονται αφού έχουν εξισορροπηθεί στο εργαστήριο για 24 ώρες και έτσι μπορεί να έχουν εξατμιστεί πτητικές ενώσεις. Επίσης στα αποτελέσματα από τα φίλτρα του Sequential παίζει ρόλο και ο ανθρώπινος παράγοντας γιατί μπορεί είτε να γίνει κάποιο λάθος κατά τη ζύγιση τους είτε κατά τη μεταφορά από το τριβλίο στα ζυγό να απομακρυνθούν κάποια σωματίδια.

Για το Andersen Ambient Sampler δεν ήταν δυνατόν να βγουν σαφή συμπεράσματα αλλά σίγουρο είναι ότι λόγω του ότι για κάθε μέρα ζυγίζονται 10 φίλτρα, η περίπτωση η συγκέντρωση που προέκυψε, να είναι εσφαλμένη είναι πολύ μεγαλύτερη γιατί περιέχει το άθροισμα των 9 σφαλμάτων που μπορεί να έχουν γίνει κατά τη ζύγιση.

Γενικά η χρήση αυτόματων οργάνων μέτρησης συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων, όπως είναι και το FH62 I-R, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στα δίκτυα παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παρ' όλα αυτά είναι γνωστό ότι οι μετρούμενες τιμές παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις σε σχέση με αντίστοιχες που προκύπτουν από πρότυπες σταθμικές μεθόδους. Κύριος λόγος είναι η απώλεια σωματιδίων (νιτρικών και πτητικών οργανικών) κατά τη θέρμανση του ρεύματος εισόδου των αυτομάτων δειγματοληπτών για την απομάκρυνση της υγρασίας (Χαλουλάκου, 2005). Η σταθμική μέθοδος μέτρησης της συγκέντρωσης των σωματιδίων αποτελεί την πρότυπη τεχνική προσδιορισμού των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων βάση της Ευρωπαϊκής (2004/470/EC, *European Commission* 2004) και της Αμερικάνικης νομοθεσίας (CEN, 1998; US Government, 1991). Η Ε.Ε. ενθαρρύνει τη διεξαγωγή συγκριτικών δειγματοληψιών μεταξύ αυτόματων και πρότυπων σταθμικών οργάνων για τον υπολογισμό των κατάλληλων συντελεστών διόρθωσης. Οι τιμές συγκέντρωσης που προσδιορίζονται από όργανα καταγραφής της σε πραγματικό χρόνο πρέπει να ανάγονται στις τιμές που προκύπτουν από την σταθμική μέθοδο. Αυτό επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τις τιμές από την αυτόματη μέθοδο με έναν συντελεστή αναλογίας. Από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί παλιότερα στο σταθμό έχει βρεθεί πως ο συντελεστής αναλογίας μεταξύ του Sequential και του FH62 I-R έχει τιμή ίση με 1,2 (Lazaridis κ.ά. 2007).

8.4 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα το διάστημα 12/2-19/4/2010

Στο χρονικό διάστημα αυτό, όπως έχει προαναφερθεί στην ανάλυση των δεδομένων του οργάνου καταγραφής σε πραγματικό χρόνο FH62 I-R, υπήρχαν 2 επεισόδια μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα ένα στις 16/4 και ένα στις 18 και 19/4 γι' αυτό και αυτές τις τρεις μέρες το Sequential και το FH62 I-R παρουσιάζουν μεγαλύτερες ημερήσιες συγκεντρώσεις από τις υπόλοιπες. Στα σχήματα 8.6A και 8.6B φαίνονται οι ρετροπορείες των δύο αυτών επεισοδίων.



Σχήμα 8.6: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών 16/04/2010 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών 18/04/2010.

9^ο Κεφάλαιο

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεράσματα που προέκυψαν από την βιβλιογραφία

- Η έρημος Σαχάρα αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή σωματιδίων ορυκτής προέλευσης στον κόσμο.
- Ανάλογα με τους ανέμους η αφρικανική σκόνη μπορεί να μεταφερθεί προς τρεις κατευθύνσεις : Ευρώπη, Αμερική, Μέση Ανατολή.
- Η μεγαλύτερη πηγή προέλευσης αφρικανικής σκόνης είναι η κοιλάδα «Bodele» που βρίσκεται στην περιοχή που παλιά εκτεινόταν η λίμνη Τσαντ και λόγω της ερημοποίησης μετατράπηκε σε έρημο. Η κοιλάδα «Bodele» θεωρείται πηγή περίπου της μισής ποσότητας σκόνης που μεταφέρεται από την Αφρική. Στη διάρκεια των 7 ετών, των οποίων επεξεργασία έγινε στην παρούσα διπλωματική εργασία, καμία φορά δε μεταφέρθηκε σκόνη από αυτήν την περιοχή.
- Η μεταφορά της σκόνης στην Ελλάδα είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ενός βαρομετρικού συστήματος πάνω από τη βορειοδυτική Αφρική και τη δυτική Μεσόγειο και την ταυτόχρονη επικράτηση νοτιοδυτικών ανέμων.
- Η σκόνη ανάλογα από την πηγή προέλευσης της αποτελείται από διαφορετικά χημικά στοιχεία. Χαρακτηριστικά μέταλλα που κυριαρχούν στην αφρικανική σκόνη είναι ο χαλαζίας (SiO_2), το οξείδιο του αργιλίου γνωστό ως αλουμίνα (Al_2O_3), το οξείδιό του σιδήρου (Fe_2O_3), οξείδιό του μαγνησίου (MgO) και οξείδιό του ασβεστίου (CaO).
- Τα αιωρούμενα σωματίδια στη διαδρομή από την πηγή μέχρι να φτάσουν στην Ελλάδα, συσσωματώνονται με χημικές ρυπαντικές ενώσεις που υπάρχουν στα μεγάλα αστικά κέντρα με υψηλά επίπεδα ρύπανσης, όπως διάφορα οξείδια με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνα για την υγεία.
- Τα σωματίδια που φθάνουν στην Ελλάδα από τη Σαχάρα, είναι τα μικρότερα και ελαφρύτερα, διότι τα μεγαλύτερα, ως βαρύτερα, εναποτίθενται στη διαδρομή (ξηρή εναπόθεση).
- Υπάρχουν ενδείξεις για σοβαρές επιπτώσεις στο αναπνευστικό και καρδιαγγειακό σύστημα σε ευπαθείς ομάδες από την εισπνοή αιωρούμενων σωματιδίων. Όσο πιο μικρά

είναι τα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι, γιατί εισχωρούν βαθύτερα στο αναπνευστικό.

- Μικροοργανισμοί ενσωματώνονται στα σωματίδια της σκόνης και έτσι προστατεύονται από την υπεριώδη ακτινοβολία με αποτέλεσμα την μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις. Δε υπάρχουν εξακριβωμένα κρούσματα ασθενειών σε ανθρώπους που να έχουν προκληθεί από μικροοργανισμούς που είχαν ενσωματωθεί στα σωματίδια σκόνης αλλά χρειάζεται περαιτέρω έρευνα.
- Το ποσοστό των ανθρώπων που πάσχουν από άσθμα έχει πολλαπλασιαστεί λόγω των επεισοδίων σκόνης. Κυρίως εκδηλώνεται στις ευπαθείς ομάδες.
- Η αφρικανική σκόνη μπορεί να επηρεάσει το κλίμα άμεσα, μεταβάλλοντας το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα μέσω της απορρόφησης και της σκέδασης της ηλιακής ακτινοβολίας και έμμεσα με διεργασίες που αλλάζουν τις φυσικές ιδιότητες των νεφών.
- Η μεταφορά σκόνης πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό τον εμπλουτίζει με θρεπτικά συστατικά, όπως με σίδηρο και φώσφορο συστατικά τα οποία αποτελούν απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για το φυτοπλαγκτόν.
- Η μεταφορά σκόνης πάνω από τον Ατλαντικό ωκεανό έχει και αρνητικές επιδράσεις σ' αυτόν. Οι μεγάλες ποσότητες θρεπτικών προκαλούν τον υπερπληθυσμό των φυκιών, με αποτέλεσμα τη μείωση του διαθέσιμου οξυγόνου για τους υπόλοιπους θαλάσσιους οργανισμούς. Επίσης οι μικροοργανισμοί που μεταφέρονται με τη σκόνη έχουν συνδεθεί με την πρόκληση του φαινομένου red tides και την καταστροφή κοραλλιογενών υφάλων.
- Με θρεπτικά συστατικά εμπλουτίζεται μέσω της μεταφοράς της αφρικανικής σκόνης και το τροπικό δάσος του Αμαζονίου.
- Οι μικροοργανισμοί που μεταφέρονται μέσω της σκόνης προκαλούν ασθένειες σε φυτά και ζώα. Κρούσματα αφθώδους πυρετού σε βοοειδή στη Βρετανία έχουν συνδεθεί με επεισόδια μεταφοράς σκόνης.
- Η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει τις εκπομπές σκόνης με τις αλλαγές που προκαλεί στο κλίμα και με την «κακή» χρήση της γης.

Συμπεράσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων του σταθμού την επταετία 2004-2010

- Ημέρες με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων είναι δυνατό να προσδιοριστεί αν αυτές οι υψηλές συγκεντρώσεις είναι αποτέλεσμα μεταφοράς σκόνης από την έρημο Σαχάρα. Αυτό γίνεται με την εύρεση των ρετροπορειών του αέρα με τη χρήση του μοντέλου HYSPLIT4 του NOAA.
- Η ύπαρξη του οργάνου MODIS που είναι ενσωματωμένο στους δορυφόρους Terra και Aqua βοηθάει στην πιστοποίηση των επεισοδίων σκόνης μέσω της λήψης δορυφορικών εικόνων.
- Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης των επεισοδίων σκόνης μέχρι και 3 μέρες πριν μέσω του μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το μοντέλο αυτό δε προβλέπει πάντα με ακρίβεια τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων που θα μεταφερθούν από την έρημο Σαχάρα αλλά προβλέπει τη μεταφορά σκόνης και έτσι μπορούν να ενημερωθούν οι ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού ώστε να περιορίσουν τις μετακινήσεις τους.
- Σύμφωνα με τις ρετροπορείες των αερίων μαζών που βρέθηκαν από το μοντέλο HYSPLIT4, συχνότερη πηγή προέλευσης της σκόνης που μεταφέρεται στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι η Λιβύη. Αμέσως επόμενες σε συχνότητα πηγές προέλευσης της σκόνης είναι η Αλγερία και η Τυνησία.
- Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται ιδιαίτερα από την προέλευση των αερίων μαζών. Όταν αυτές προέρχονται από νότιες διευθύνσεις (Αφρική) τόσο οι συγκεντρώσεις PM 10 όσο και PM 2.5 είναι ιδιαίτερα αυξημένες.
- Παρόλο που από μελέτες έχει αποδειχτεί ότι τα PM 2.5 είναι πολύ πιο επικίνδυνα από τα PM 10 γιατί εισχωρούν βαθύτερα στο αναπνευστικό δεν έχει θεσπιστεί ημερήσιο όριο από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα παρά μόνο τιμή στόχος για την μέση ετήσια συγκέντρωση PM 2.5. Γι' αυτό το λόγο στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε το ημερήσιο όριο που προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO)
- Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων σκόνης οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να αυξηθούν πάρα πολύ. Στο επεισόδιο σκόνης που έλαβε χώρα στις 10-11 Φεβρουαρίου του 2010 η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση PM 10 που καταγράφηκε ήταν $1039 \mu\text{g}/\text{m}^3$ δηλαδή συγκέντρωση 21 φορές μεγαλύτερη από το ημερήσιο όριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στις 17/4/2005 η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση ήταν $780 \mu\text{g}/\text{m}^3$

δηλαδή περίπου 31 φορές μεγαλύτερη από το ημερήσιο όριο που προτείνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Όπως γίνεται αντιληπτό η εισπνοή τέτοιων συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ επικίνδυνη για όλους και όχι μόνο για τις ευπαθείς ομάδες.

- Το 2008, τη μόνη χρονιά που υπάρχουν δεδομένα για το 93% των ημερών (λείπει μόνο ο Δεκέμβριος) καταγράφηκαν 67 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, που σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης δε πρέπει να ξεπερνιέται πάνω από 35 φορές ετησίως. Από τις 67 φορές οι 39 ήταν αποτέλεσμα μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα, κάτι που αποδεικνύει η διασυννοριακή ρύπανση επηρεάζει αρκετά την περιοχή.
- Υπέρβαση του ορίου των PM 10 αν εξαιρέσουμε τους καλοκαιρινούς μήνες δε γίνεται πολύ συχνά, αν δεν υπάρχει επεισόδιο σκόνης. Για παράδειγμα μέσα στην επταετία τον μήνα Ιανουάριο δε καταγράφηκε καμία υπέρβαση του ορίου των PM 10 που να μην οφειλόταν σε επεισόδιο μεταφοράς σκόνης.
- Υπέρβαση του προτεινόμενου ημερήσιου ορίου για τα PM 2.5 από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας παρατηρήθηκε ότι συμβαίνει πάρα πολύ συχνά και χωρίς να υπάρχει επεισόδιο μεταφοράς σκόνης. Τους καλοκαιρινούς μήνες γίνεται συχνότερα υπέρβαση του ημερήσιου ορίου. Το 2005 που υπάρχει 96% πληρότητα μετρήσεων έλαβαν χώρα 134 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου εκ των οποίων οι περισσότερες του καλοκαιρινούς μήνες. Μόνο 14 εκ των 134 οφείλονταν σε επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Όμως η μέση ετήσια συγκέντρωση ήταν 25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δηλαδή πολύ κοντά στην τιμή στόχο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα.
- Παρατηρήθηκε ότι τον Ιούλιο οι συγκεντρώσεις ήταν ιδιαίτερα αυξημένες κατά τη διάρκεια της νύχτας, χωρίς να υπάρχει επεισόδιο μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε αυξημένη υγρασία η οποία έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται συσσωμάτωση και απορρόφηση υγρασίας από τα αιωρούμενα σωματίδια.
- Επεισόδια μεταφοράς σκόνης στην περιοχή ενδιαφέροντος την επταετία 2004-2010 καταγράφηκαν όλους τους μήνες εκτός του Ιουλίου. Δε μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι ποτέ δε λαμβάνουν χώρα επεισόδια τον Ιούλιο καθώς διαθέσιμα δεδομένα υπήρχαν μόνο για τα έτη: 2005, 2006 και 2008.
- Κατά τη διάρκεια των επεισοδίων οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων αυξάνονται απότομα πάρα πολύ και απότομα μειώνονταν.
- Το μικρότερο επεισόδιο που έλαβε χώρα ήταν 2 ωρών και το μεγαλύτερο 78h. Επίσης μέσα σε μία μέρα (2 Μαΐου 2008) έλαβαν χώρα 3 επεισόδια. Όταν ένα επεισόδιο

έχει πολύ μικρή διάρκεια και η συγκεντρώσεις δεν αυξηθούν ιδιαίτερα υπάρχει πιθανότητα να μην γίνει υπέρβαση του ορίου.

- Τα περισσότερα επεισόδια κατά τη διάρκεια της επταετίας εκδηλώθηκαν τους μήνες Μάρτιο(17), Φεβρουάριο(16), Απρίλιο(13) και Μάιο(12). Αρκετά επεισόδια εκδηλώθηκαν και τον Ιανουάριο(10) και τον Ιούνιο(7) ενώ ακολουθούν ο Δεκέμβριος (5), ο Νοέμβριος(3), ο Σεπτέμβριος(2), ο Οκτώβριος(2) και ο Σεπτέμβριος(1).
- Παρατηρείται μία αύξηση των επεισοδίων τα τρία τελευταία χρόνια. Η αύξηση αυτή φαίνεται από τη σύγκριση ετών που έχουν μεγάλο ποσοστό πληρότητας δεδομένων, δηλαδή το 2005 και το 2008. Το 2005 έλαβαν χώρα 11 επεισόδια, ενώ το 2008, 25 επεισόδια. Η αύξηση φαίνεται επίσης και από το ότι το 2009 και το 2010 παρόλο που ήταν διαθέσιμα λιγότερα από τα μισά δεδομένα καταγράφηκαν 19 και 11 επεισόδια αντίστοιχα.
- Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια να καταγραφούν όλα τα επεισόδια μεταφοράς σκόνης που επηρέασαν την ατμόσφαιρα της περιοχής ενδιαφέροντος την επταετία 2004-2010. Λόγω των πολλών τεχνικών προβλημάτων που αντιμετώπιζε ο μετεωρολογικός σταθμός του Πολυτεχνείου Κρήτης δεν ήταν δυνατόν να βγουν σαφή συμπεράσματα για τους ποιους μήνες είναι συχνότερη η εμφάνιση επεισοδίων μεταφοράς σκόνης ή η υπέρβαση του ημερήσιου ορίου σωματιδίων που έχει θεσπιστεί. Επίσης δεν ήταν δυνατό να γίνει σύγκριση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων με τα όρια παρά μόνο για τα έτη 2005 και 2008, όπου υπήρχε πληρότητα μετρήσεων 96% και 93% αντίστοιχα. Για να υπάρχει μια πλήρη εικόνα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από κάποιο κοντινό σταθμό μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων. Καλό θα ήταν αυτός ο σταθμός να βρίσκεται στη δυτική Κρήτη γιατί είναι δυνατή η μεταφορά σκόνης στην ανατολική πλευρά της Κρήτης χωρίς να επηρεαστούν τα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων στη δυτική. Αυτό το συμπέρασμα βγαίνει από δορυφορικές εικόνες από το MODIS που δείχνει τη μεταφορά σκόνης στην ανατολική Κρήτη ημερομηνίες που οι συγκεντρώσεις PM στο σταθμό δεν έχουν αυξηθεί καθόλου.

Συμπεράσματα που προέκυψαν από τις σταθμικές μετρήσεις το χρονικό διάστημα 12/2-19/4/2010

- Η χρήση αυτόματων οργάνων μέτρησης συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων, όπως είναι και το FH62 I-R, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στα δίκτυα παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αν και είναι γνωστό ότι οι μετρούμενες τιμές

παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις σε σχέση με αντίστοιχες που προκύπτουν από πρότυπες σταθμικές μεθόδους. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να γίνονται συγκριτικές δειγματοληψίες μεταξύ αυτόματων και πρότυπων σταθμικών οργάνων για τον υπολογισμό των κατάλληλων συντελεστών διόρθωσης. Οι τιμές συγκέντρωσης που προσδιορίζονται από όργανα καταγραφής της σε πραγματικό χρόνο πρέπει να ανάγονται στις τιμές που προκύπτουν από την σταθμική μέθοδο.

- Από τα δύο όργανα βαρομετρικής μεθόδου που χρησιμοποιήσαμε πιο ακριβές είναι το Sequential γιατί απαιτείται ζύγιση μόνο ενός φίλτρου και ενός blank, ενώ για το Andersen Ambient Sampler απαιτείται ζύγιση 9 φίλτρων και ενός blank, οπότε είναι πιθανότερο η τιμή να είναι εσφαλμένη λόγω σφάλματος κατά τη ζύγιση. Όμως Andersen Ambient Sampler δίνει τη δυνατότητα να υπολογιστούν αιωρούμενα σωματίδια πολλών διαμέτρων κάτι που δε γίνεται με το Sequential.
- Οι τιμές του αυτόματου οργάνου FH62 I-R είναι υψηλότερες από αυτές του Sequential. Αυτό αποδεικνύεται και από το ότι στις 18/4 που υπήρχε έντονη βροχόπτωση δε μειώθηκαν ιδιαίτερα οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων που μέτρησε το FH62 I-R, όπως συνέβη με το Sequential.
- Οι χαμηλότερες τιμές του Sequential σε σχέση με το FH62 I-R μπορεί να οφείλονται στο ότι τα φίλτρα του FH62 I-R αναλύονται κατευθείαν από το όργανο ενώ τα φίλτρα του Sequential ζυγίζονται αφού έχουν εξισορροπηθεί στο εργαστήριο για 24 ώρες και έτσι μπορεί να έχουν εξατμιστεί πτητικές ενώσεις.

Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Ben-Ami Y., Koren I., Rudich Y., Artaxo P., Martin S.T. and Andreae M.O. (2010) **‘Transport of Saharan dust from the Bodele Depression to the Amazon Basin: a case study’** Atmos. Chem. Phys. Discuss., 10, 4345–4372, 2010.

Burt, S., (1991) **‘Falls of dust rain in Berkshire’** Weather 46, 248.

Caquineau, S., Gaudichet, A., Gomes, L., Magonthier, M.-C., Chatenet, B., (1998) **‘Saharan dust: clay ratio as a relevant tracer to assess the origin of soil-derived aerosols’**, Geophysical Research Letters 25, 983–986.

Carinanos, P. et al. (2004) **‘Analysis of the particles transported with dust-clouds reaching Cordoba’**.

Carmichael Gregory R., Vicki Grassian, Kim Prather, Bhupesh Adhikary, Courtney Hatch (2008) **‘Dust and its Role in Tropospheric Chemistry’**.

CEN (1998). **‘Air Quality. Determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter.’** Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods. Brussels, EN 12341:1998.

Christina A. Kellogg and Dale W. Griffin (2006). **‘Aerobiology and the global transport of desert dust.’** TRENDS in Ecology and Evolution Vol.21 No.11.

D’Almeida, G.A., (1989) **‘Desert aerosol: characteristics and effects on climate’** In: Leinen, M., Sarnthein, M. (Eds.), Palaeoclimatology and Palaeometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, pp. 311–338.

Draxler Roland R. (1992) **‘HYBRID SINGLE-PARTICLE LAGRANGIAN INTEGRATED TRAJECTORIES’ (HY-SPLIT): VERSION 3.0 -- USER'S GUIDE AND MODEL DESCRIPTION’** Air Resources Laboratory.

Dunion, J.P., Velden, C.S., (2004) **‘The impact of the Saharan air layer on Atlantic tropical cyclone activity’**, Bulletin of the American Meteorological Society 85 (3), 353–365.

Engelstaedter Sebastian, Tegen Ina, Washington Richard (2006) **‘North African dust emissions and transport’** Earth-Science Reviews 79 73–100.

Fouquart, Y.B., Bonnell, G., Brogniez, G., Buriez, J.C., Smith, L., Morcrette, J.J., Cerf, A., (1987) **‘Observations of Saharan aerosols: results of ECLATS field experiment: II. Broadband radiative characteristics of the aerosols and vertical radiative flux divergence’**. Journal of Applied Meteorology 26, 38–52.

Garrison, V.H. et al. (2003) **‘African and Asian dust: from desert soils to coral reefs’**. Bioscience 53, 469–480.

Gerasopoulos E., P. Kokkalis, V. Amiridis, E. Liakakou, C. Perez, K. Haustein, K. Eleftheratos, M. O. Andreae, T. W. Andreae, and C. S. Zerefos (2009) **'Dust specific extinction cross-sections over the Eastern Mediterranean using the BSC-DREAM model and sun photometer data: the case of urban environments'**.

Gobbi Gian Paolo, Francesca Barnaba, Riccardo Giorgi, Alessandra Santacasa (1999) **'Altitude-resolved properties of a Saharan dust event over the Mediterranean'** Istituto di Fisica dell Atmosfera.

Goudie A.S., Middleton N.J. (2001) **'Saharan dust storms: nature and consequences'**, Earth-Science Reviews 56 Ž2001. 179–204.

Goudie, A.S and Middleton N.J. (2006) **'Desert Dust in the Global System'** Springer Berlin.

Griffin Dale W., Kellogg Christina A., (2006) **'Aerobiology and the global transport of desert dust'** US Geological Survey TRENDS in Ecology and Evolution Vol.21.

Griffin Dale W., Kellogg Christina A., Shinn Eugene A. (2001) **'Dust in the wind: Long range transport of dust in the atmosphere and its implications for global public and ecosystem health'** GLOBAL CHANGE & HUMAN HEALTH, VOLUME 2, NO. 1.

Griffin, D.W. et al. (2001) **'African desert dust in the Caribbean atmosphere: microbiology and public health.'** Aerobiologia 17, 203–213.

Gyan K., Henry W., Lacaille S., Laloo A., Lamsee-Ebanks C., McKay S., Antoine R. M., Monteil M.A. (2005) **'African dust clouds are associated with increased paediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean island of Trinidad'** Chinese Journal of Geochemistry.

Hedin O. Lars Likens E. Gene (1996) **'Atmospheric dust and acid rain'** Scientific American magazine.

Ittekkot In., Schaefer V., Honjo P., Depetris, P.J. **'Particle Flux in the Ocean'** Chichester, pp. 19–52.

Kallos G., Michaelidis, S., P. Evripidou , (1999). **'Monitoring and predicting Saharan Desert dust events in the eastern Mediterranean'**, Weather, 54, No.11, 359-365.

Kaskaoutis D.G, Kambezidis H.D., Nastos P.T., Kosmopoulos P.G., (2008) **'Study on an intense dust storm over Greece'** Atmospheric Environment 42 6884–6896.

Kellogg Christina A. Griffin. Dale W. (2003) **'African Dust Carries Microbes Across the Ocean: Are They Affecting Human and Ecosystem Health?'**.

Kellogg Christina A., Griffin Dale W., (2003) **'African Dust Carries Microbes Across the Ocean: Are They Affecting Human and Ecosystem Health?'** U.S. Geological Survey.

Kellogg, C.A., (2004) '**Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events in Mali**', West Africa. *Aerobiologia* 20, 99–110.

Lazaridis M., L. Dzumbova, I. Kopanakis, J. Ondracek, T. Glytsos, V. Aleksandropoulou, A. Voulgarakis, E. Katsivela, N. Mihalopoulos and K. Eleftheriadis (2007) '**PARTICULATE MATTER MEASUREMENTS AT THE 3 AKROTIRI RESEARCH STATION, CRETE (GREECE)**'.

Li, X., Maring, H., Savoie, D., Voss, K., Prospero, J.M., (1996) '**Dominance of mineral dust in aerosol light-scattering in the North Atlantic trade winds**', *Nature* 380, 416–419

Loje-Pilot M. D. , J. M. Martin & J. Morelli. (1986) '**Influence of Saharan dust on the rain acidity and atmospheric input to the Mediterranean**' Institut de Biogéochimie Marine.

McTainsh, G.H., Walker, P.H., (1982) '**Nature and distribution of Harmattan dust**' *Zeitschrift für Geomorphologie* 26, 417–435.

Middleton, N.J., Goudie, A.S. (2001) '**Saharan dust: sources and trajectories**' *Transactions of the Institute of British Geographers* 26 (2), 165–181.

Mitsakou C., G. Kallos, N. Papantoniou, C. Spyrou, S. Solomos, M. Astitha, and C. Housiadas. (2008) '**Saharan dust levels in Greece and received inhalation doses**' *Atmos. Chem. Phys.*

Mitsakou C., G. Kallos, N. Papantoniou, C. Spyrou, S. Solomos, M. Astitha, and C. Housiadas (2008) '**Saharan dust levels in Greece and received inhalation doses**'.

NexSat «Satellite Product Tutorials: Desert Dust Storms».

Patial R. (1999) '**Mountain desert silicosis**' *Journal of the Association of Physicians of India* 1999;47:503-504.

Prokopakis Emmanuel P., Lachanas Vassilios A., Velegrakis George A., Tsiftsis Dimitrios D., Moschandreas Joanna and Chalkiadakis Georgios E. (2007) '**Increased incidence of papillary thyroid cancer among total thyroidectomies in Crete**', *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* Volume 136, Issue 4, April 2007, Pages 560-562.

Prospero J. M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S.E., Gill T.E. (2002) '**Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product**', *Rev. Geophys.*, 40(1), 1002.

Prospero J.M. (1999) '**Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States: Implications for regional air quality.**' *J. Geophys. Research* 1999; 104 (D13): 15,917 – 15,927.

Prospero Joseph M. and Peter J. Lamb (2003) '**African Droughts and Dust Transport to the Caribbean: Climate Change Implications**' American Association for the Advancement of Science.

Prospero, J.M. (2005) **‘Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust.’** *Aerobiologia* 21, 1–19.

Prospero, J.M., (1996) **‘The atmospheric transport of particles to the ocean’.**

Psenner, R., (1999) **‘Living in a dusty world: airborne dust as a key factor for alpine lakes’** *Water, Air and Soil Pollution* 112 (3–4), 217–227.

Querol, X., A. Alastuey, S. Rodriguez, M.M. Viana, B. Artinano, P. Salvador, E. Mantilla, S. Garcia do Santos, R. Fernandez Patier, J. de La Rosa, A. Sanchez de la Campa, M. Menendez, J.J. Gil. **‘Levels of particulate matter in rural, urban and industrial sites in Spain.’**, *Science of the Total Environment* 334. 335 (2004) 359. 376.

Rodriguez, S., Querol, X., Alastuey, A. and Mantilla, E. (2002) **‘Origin of high summer PM10 and TSP concentrations at rural sites in Eastern Spain.’**, *Atmospheric Environment*, 36, 3101-3112.

Rodriguez, S., X. Querol, A. Alastuey, G. Kallos and O. Kakaliagou, (2001) **‘Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain.’**, *Atmospheric Environment*, 35, 2433-2447.

Rolph, G.D., and R.R. Draxler, (1990) **‘Sensitivity of three-dimensional trajectories to the spatial and temporal densities of the wind field’** *J.Appl. Meteorol.* 29:1043-1054.

Rosenfeld, D., Rudich, Y., Lahav, R., (2001) **‘Desert dust suppressing precipitation: a possible desertification feedback loop’.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98 (11), 5975–5980.

Sarnthein, D., Thiede, J., Pflaumann, U., Erlenkeuser, H., Futterer, D., Koopman, B., Lange, H., Seibold, E., (1982) **‘Atmospheric and oceanic circulation patterns off northwest Africa during the past 25 million years’** *Geology of the Northwest African Continental Margin*. Springer, Berlin, pp. 545–604.

Schlatter, T., (1995) **‘Long distance dust’**, *Weatherwise* 48, 38–39.

Schroeder, J.H. (1985) **‘Eolian dust in the coastal desert of the Sudan: aggregates cemented by evaporites’**, *Journal of African Earth Sciences* 3, 370–380.

Seinfeld, J. And S. Pandis (1998) **‘Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change’**, John Wiley & Sons, INC, New York.

Stallard, R.F., (2001) **‘Possible environmental factors underlying amphibian decline in eastern Puerto Rico: analysis of US government data archives’** *Conservation Biology* 15 (4), 943–953.

Stuuta Jan-Berend, Smalley Ian, Dhand Ken O’Hara (2008) **‘Aeolian dust in Europe: African sources and European deposits’** *Quaternary International* 198(2009)234–245.

Theodor Friedrichs & CO, **Combined humidity/ temperature sensor 3030 in shelter operating manual**

Theodor Friedrichs & CO, **Wind speed sensor 4034 operating manual.**

Theodor Friedrichs & CO, **Wind direction sensor 4122 operating manual.**

Thermo Electron Corporation, (2003) **.Series 20-800, Eight stage non-viable impactor, instruction manual..**

Weir-Brush, J.R. et al. (2004) **‘The relationship between Gorgonian coral (Cnidaria: Gorgonacea) diseases and African dust storms’** Aerobiologia 20, 119–126.

World Health Organization (2005) **‘WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide’.**

Yang CS, and E. Johannning. **‘Airborne Fungi and Mycotoxins’**, Manual of Environmental Microbiology. Washington.

Ελληνική βιβλιογραφία

Ασσαέλ Μάρκος, Μελάς Δημήτρης, Καρατζάς Κωνσταντίνος, Αχιλλάς Χαρίσιος, Κακοσιμός Κωνσταντίνος, (2009) **‘Καταγραφή & Μελέτη αιωρούμενων σωματιδίων στο Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης’** ΤΕΕ Μακεδονίας.

Γκοντελίτσας, Νάστος, Καρύδα, (2006) **‘Ερευνα του Πανεπιστημίου αθηνών για την ύπαρξη βαρέων μετάλλων στην αφρικανική σκόνη’.**

Κάλλος Γεώργιος, Κατσαφάρδος Πέτρος, Χρήστος Σπύρου, Χατζόπουλος Ιωάννης, Χωριατέλλη Χρυσομάλλη, Καντζάς Παντελής (2007) **‘ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΧΑΡΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ’.**

Κουϊμτζής, Θ., Κ. Φυτιάνος, Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου, (1998) **‘Χημεία Περιβάλλοντος’**, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Λαζαρίδης, Μ., (2005) **.Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας.,** Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Λαζαρίδης Μ. (2008) **‘Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους’** Εκδόσεις Τζιόλα

Οικονομόπουλος, Α., (2003) **‘Σημειώσεις Μαθήματος «Έλεγχος Ρύπανσης Αέρα»**, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Χαλουλάκου Α. (2005) **‘Αιωρούμενα Σωματίδια(PM10/PM2,5)και Ποιότητα της Ατμόσφαιρας στην Περιοχή της Αθήνας: Διαχρονικές Τάσεις -Κατηγορίες Πηγών’** Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας Ημερίδα 18.3.2005.

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία :

NOAA Air Resources Laboratory, (2002) .Archived backward trajectories. At:
<https://www.arl.noaa.gov/ready/sec/hysplit4.html>.

Nasa Modis at: <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=18154>

Skiron Model at: <http://forecast.uoa.gr/dustindx.php>

Η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στο:
<http://www.europarl.europa.eu/oeil/index.jsp>

Πληροφορίες για τα όργανα του σταθμού στο: <http://www.thermoscientific.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



Επιλογή βάσης δεδομένων και περιοχής ενδιαφέροντος :

HYSPLIT Trajectory Model

Select the Meteorological Data and Starting Location(s)

Meteorology & Starting Location(s)

First, select the meteorological data:
GDAS (global, 2006-present) [Information and grid domains of archive datasets.](#)

Then, choose the starting location:
Using a Code Identifier
Airport code or WMO ID: [Search for Code](#) OR By Selecting a City (Country: name: lat: lon)

OR by Latitude & Longitude
Latitude (degrees) [Convert Deg/Min/Sec into Decimal Degrees](#)
Longitude (West < 0)



Επιλογή ημερομηνίας:

HYSPLIT Trajectory Model

Current Defaults

Meteorology: GDAS1

Source Location: SOUDA/KHANIA_(A (LGSA) (Lat: 35.47; Lon: 24.12)

Select the GDAS1 File

GDAS1 Meteorological File:

For data availability (what's missing) view [archives.php web page.](#)

FILE FORMAT OF THE ARCHIVE DATA:

If available, the current 7 days of data are located in the file called:

current7days

otherwise,

gdas1.mmmyy.w##

where,

mmm = 3 letter month (jan=January)

yy = 2 number year (05=2005)

w# = w1 for the first 7 days of the month

w# = w2 for days 8 to 14 of the month

w# = w3 for days 15 to 21 of the month

w# = w4 for days 22 to 28 of the month

w# = w5 for the rest of the month

Επιλογή «backward», της ακριβής ημερομηνίας και ώρας και του συνολικού χρόνου:

HYSPLIT Trajectory Model

Model Run Details

Meteorology: GDAS1

Source Location: Lat: 35.47 Lon: 24.12

The GDAS1 archive file contains data beginning at 0000 UTC 2/01/07.



Change Default Model Parameters and Display Options

Trajectory direction:	help	☐ Forward			
		☒ Backward			
Vertical Motion:	help	☒ Model vertical velocity			
		☐ Isobaric			
		☐ Isentropic			
Start time (UTC):	help	year 07	month 02	day 02	hour 00
Total run time (hours):	help	120			
Start a new trajectory every:	help	0	hrs	Maximum number of trajectories: 24	
Start 1 latitude (degrees):	help	35.47			
Start 1 longitude (degrees):	help	24.12			
Start 2 latitude (degrees):					
Start 2 longitude (degrees):					
Start 3 latitude (degrees):					
Start 3 longitude (degrees):					
Level 1 height:	help	500	☒ meters AGL	☐ meters AMSL	
Level 2 height:		0			
Level 3 height:		0			

Display Options

Plot resolution (dpi):	help	96			
Zoom factor:	help	70			
Plot projection:	help	☒ Default	☐ Polar	☐ Lambert	☐ Mercator
Vertical plot height units:	help	☐ Pressure	☒ Meters AGL	☐ Theta	
Label Interval:	help	☐ No labels	☒ 6 hours	☐ 12 hours	☐ 24 hours
Plot color trajectories?		☒ Yes	☐ No		
Plot source location symbol?		☒ Yes	☐ No		
Distance circle overlay:	help	☒ None	☐ Auto		
U.S. county borders?	help	☐ Yes	☒ No		
GIS output?	help	☒ None	☐ GIS Shapefile	☐ Google Earth (kmz)	
Postscript file?	help	☐ Yes	☒ No		

Vertical plot height units:	help	☐ Pressure	☒ Meters AGL	☐ Theta
Label Interval:	help	☐ No labels	☒ 6 hours	☐ 12 hours ☐ 24 hours
Plot color trajectories?		☒ Yes	☐ No	
Plot source location symbol?		☒ Yes	☐ No	
Distance circle overlay:	help	☒ None	☐ Auto	
U.S. county borders?	help	☐ Yes	☒ No	
GIS output?	help	☒ None	☐ GIS Shapefile	☐ Google Earth (kmz)
Postscript file?	help	☐ Yes	☒ No	
PDF file?	help	☐ Yes	☒ No	
Plot meteorological field along trajectory?	help	☐ Yes	☒ No	Note: Only choose one meteorological variable from below to plot
Dump meteorological data along trajectory:	help	☐ Terrain Height (m) ☐ Potential Temperature (K) ☐ Ambient Temperature (K) ☐ Rainfall (mm per hr) ☐ Mixed Layer Depth (m) ☐ Relative Humidity (%) ☐ Downward Solar Radiation Flux (W/m**2)		

[Request trajectory](#) [Default values](#)

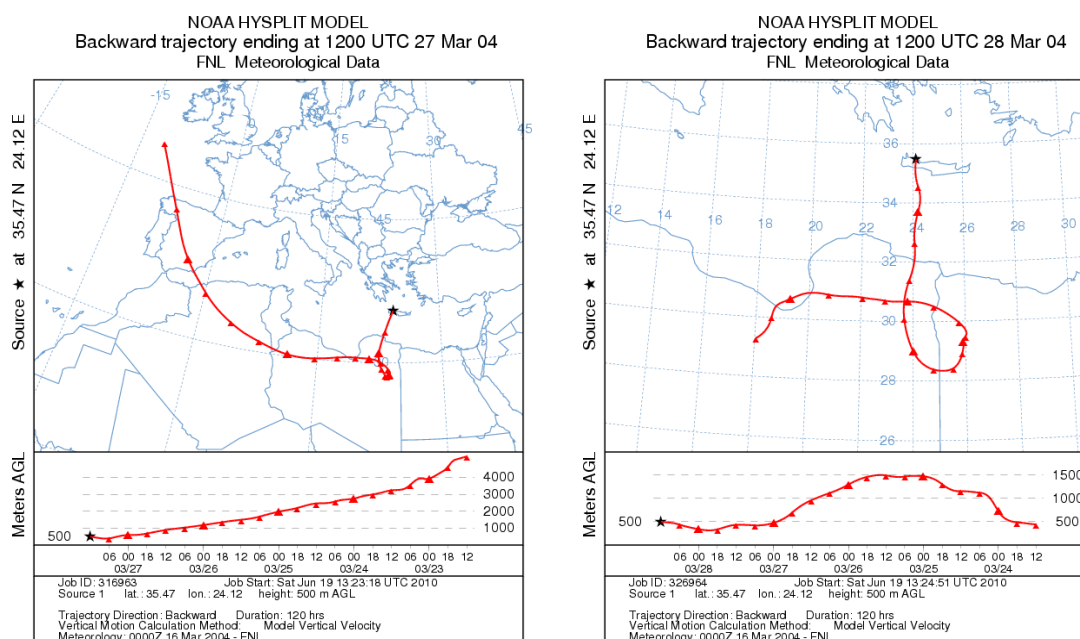
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Στο παράρτημα II παρατίθεται η ανάλυση των επεισοδίων που δεν παρατίθεται στο κεφάλαιο 6 για κάθε έτος.

II.1 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2004

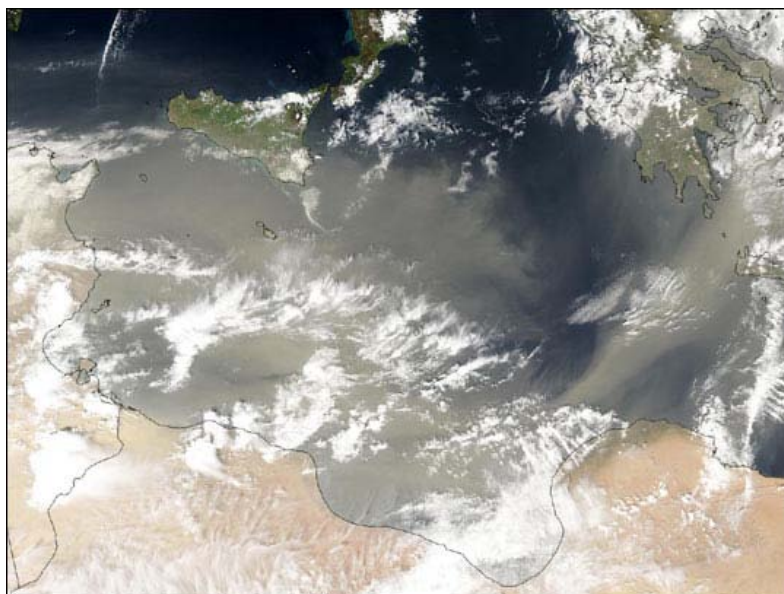
Επεισόδιο Μαρτίου 27-28/3

Κατά τη διάρκεια αυτού του επεισοδίου ο σταθμός μετρούσε συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου μικρότερης των 2.5 μm (PM 2.5). Η ημερήσια συγκέντρωση στις 27 ήταν 75,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 28 λίγο χαμηλότερη 58,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το επεισόδιο ξεκίνησε στη 1:00 στις 27/3 και τελείωσε στις 18:00 στις 28/3. Η μέγιστη τιμή που παρατηρήθηκε και τα 2 μέρες ήταν 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στα σχήματα II.1A και II.1B φαίνεται ότι και τις δύο μέρες οι αέριες μάζες είχαν περάσει πάνω από την έρημο και πιο συγκεκριμένα από την Αλγερία και την Λιβύη στις 27 και από την Λιβύη και Αίγυπτο στις 28.



Σχήμα II.1: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών 27/03/2004 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών 28/03/2004.

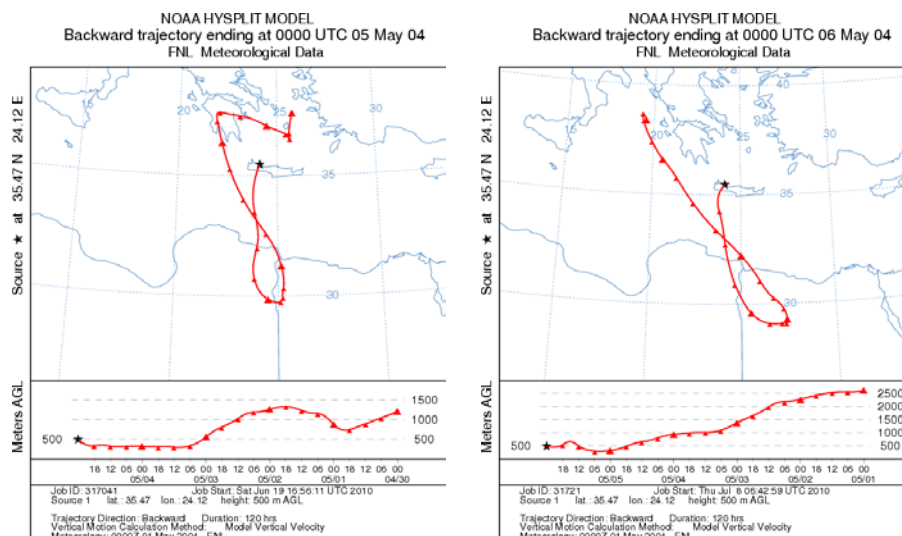
Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα (εικόνα II.1) που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από την Λιβύη στη Σικελία και την Ελλάδα



Εικόνα Π.1: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 27/3/2004 (Nasa, MODIS)

Επεισόδιο Μαΐου 5/5/2004

Το επεισόδιο έλαβε χώρα στις 5/5 και σημειώθηκαν ιδιαίτερα υψηλές τιμές PM 2.5 που έφτασαν μέχρι και τα $454 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί γιατί δε θα είναι αντικειμενική επειδή για 6 ώρες το όργανο δε μας έδινε δεδομένα και σ αυτές τις ώρες από τις προηγούμενες και τις επόμενες μετρήσεις καταλαβαίνουμε ότι οι τιμές θα ήταν ιδιαίτερα αυξημένες. Το επεισόδιο ξεκίνησε στις 4/5 22:00 και τελείωσε στις 2:00 στις 6/5. Στα σχήματα Π.2Α και Π.2Β φαίνεται η ρετροπορεία των αερίων μαζών που πέρασαν από την Αίγυπτο και τη Λιβύη και παρατηρείται ότι πέρασαν από πολύ χαμηλό ύψος πάνω από την έρημο. Γι αυτό το λόγο οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι ιδιαίτερα υψηλές.

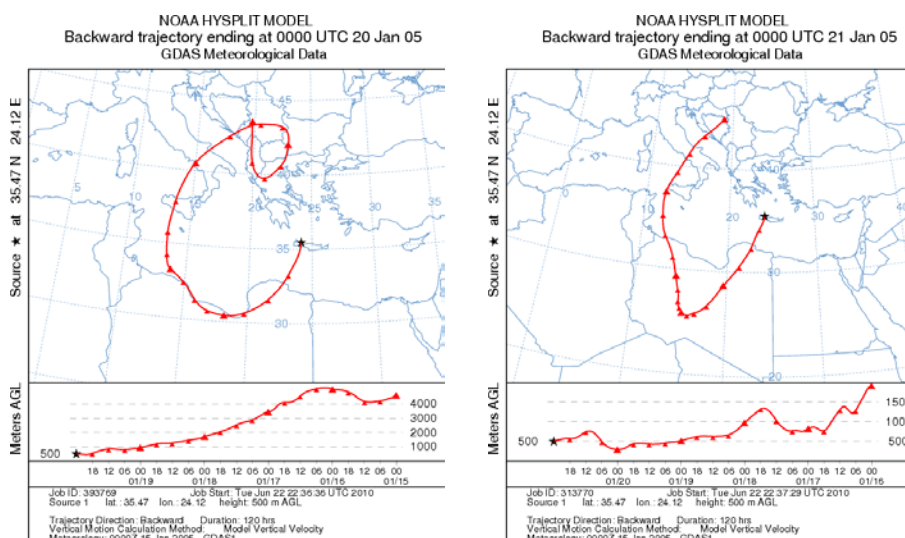


Σχήμα II.2: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 5/05/2004 Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 6/05/2004

II.2 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2005

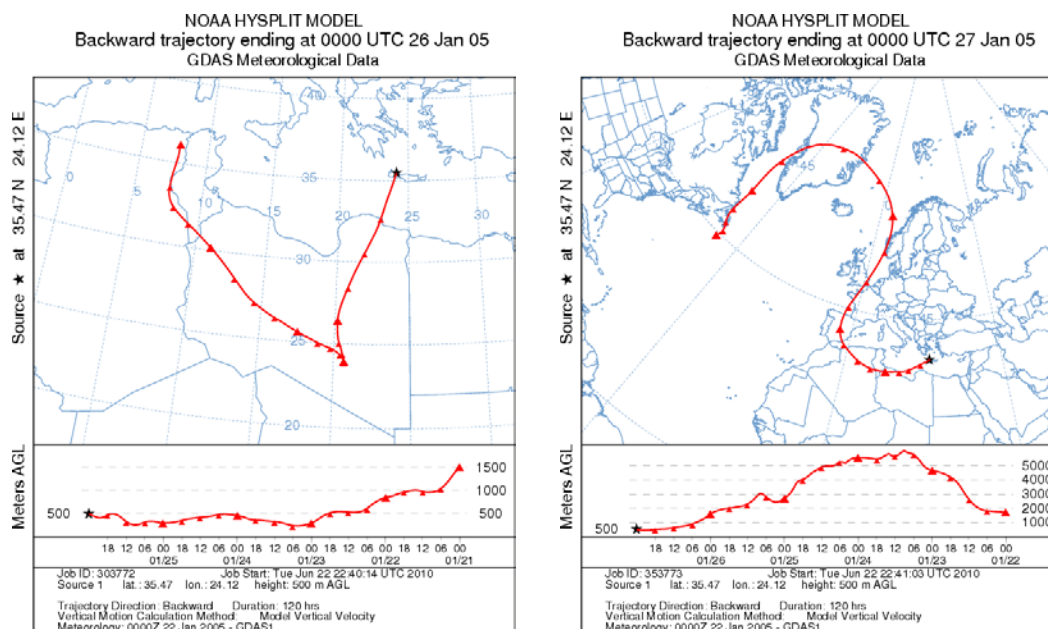
Επεισόδιο σκόνης 20-21/1

Το επεισόδιο ξεκίνησε 20/1 στις 19:00 και τελείωσε 21/1 18:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 12:00. Από τις ρетроπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 20/1 (σχήμα II.3Α) και 21/1(σχήμα II.3Β) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Λιβύη.



Σχήμα II.3: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 20/01/2005 Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 21/01/2005

Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 25/1 στις 21:00 και τελείωσε στις 27/1 στις 23:00. Η μέγιστη συγκέντρωση έλαβε χώρα στη 1:00 στις 26/1 και ήταν $161,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Και τις τρεις μέρες ξεπεράστηκε το επιτρεπόμενο όριο των αιωρούμενων σωματιδίων. Στις 25/1 η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $37,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 26/1 ήταν $77,65$ και στις 27/1 ήταν $77,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών (σχήματα II.4A και II.4B) αυτών των ημερών παρατηρούμε ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν πάνω από τη Λιβύη, το Τυνησία και την Αλγερία και μάλιστα στις 26/1 (σχήμα II.4B) σε ιδιαίτερα χαμηλό ύψος για μεγάλη διάρκεια (σχεδόν και της 5 μέρες που έχουμε την ρετροπορεία).



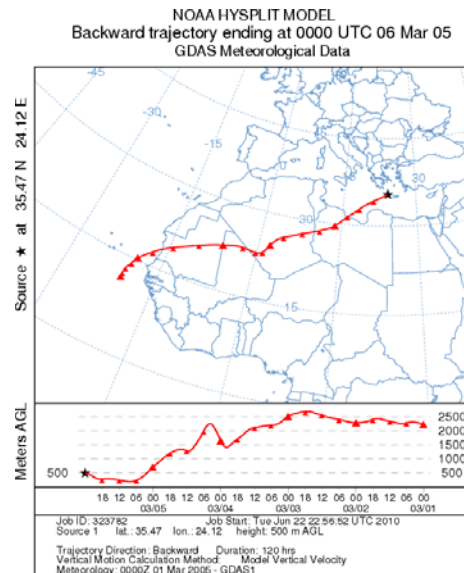
Σχήμα Π.4: Α) Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 26/01/2005 Β) Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 27/01/2005

Επεισόδιο σκόνης 15/2

Το επεισόδιο ξεκίνησε 15/2 στις 05:00 και τελείωσε 16/2 1:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 192,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 06:00. Από τις ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 15/2 (σχήμα II.5) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Λιβύη.

Επεισόδιο σκόνης 5-6/3

Το επεισόδιο ξεκίνησε 5/3 στις 18:00 και τελείωσε 6/3 7:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 00:00. Από τις ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 6/3 (σχήμα II.7) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την περιοχή τη Μαυριτανία, την Αλγερία και τη Λιβύη.



Σχήμα II.7: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 6/3/2005

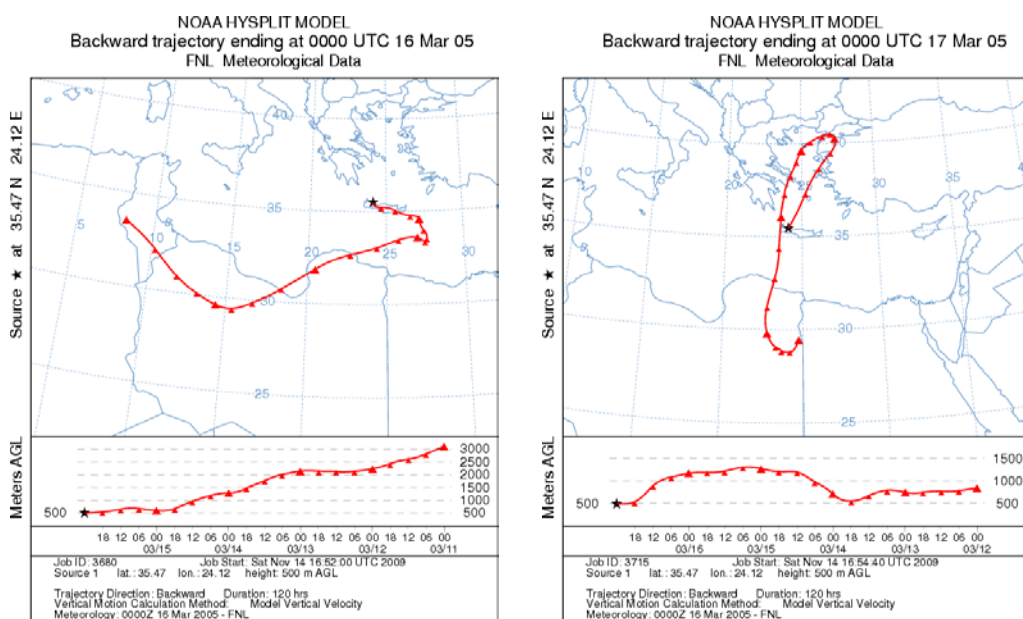
Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα (εικόνα II.2) από τον δορυφόρο Aqua που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από την Λιβύη και την Αλγερία στη Μεσόγειο.



Εικόνα II.2: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 5/3/2005 (Nasa, MODIS)

Επεισόδιο σκόνης 17-19/3

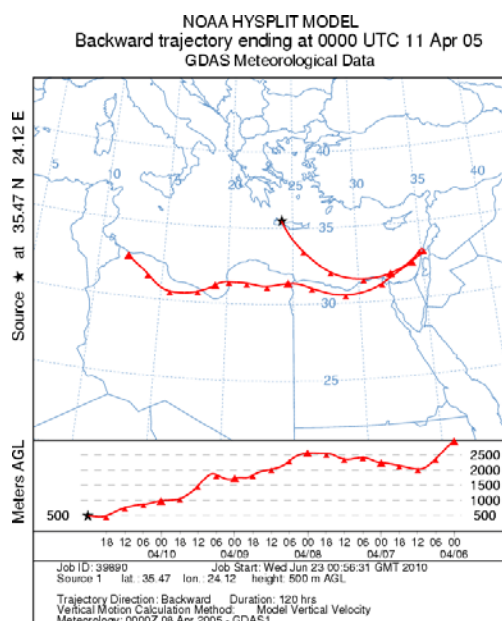
Το επεισόδιο ξεκίνησε 17/3 στις 8:00 και τελείωσε 19/3 01:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $66,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 19:00 στις 17/2. Από τις ρетроπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 16/3 (σχήμα Π.8Α) και στις 17/3(Σχήμα Π.8Β) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Λιβύη και το Τυνησία.



Σχήμα Π.8: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 16/3/2005 Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 17/03/2005

Επεισόδιο σκόνης 11/4

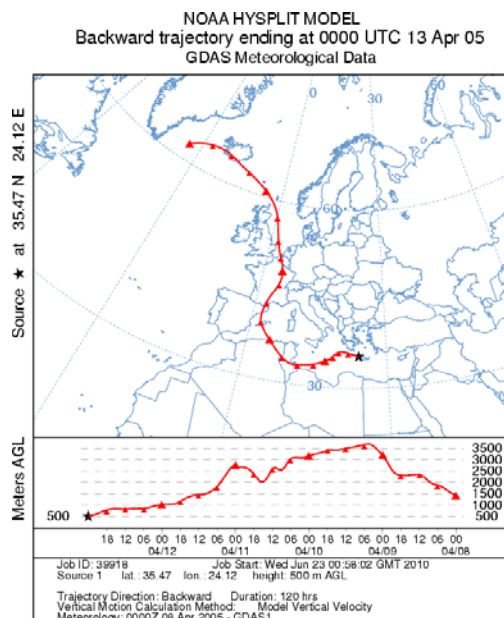
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε 11/4 στις 05:00 και τελείωσε στις 12/4 στις 03:00, με μέγιστη συγκέντρωση τα $48,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 11:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $48,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο σχήμα Π.9 παρατηρείται ότι οι αέριες μάζες πέρασαν πάνω από την Αίγυπτο και την Αλγερία.



Σχήμα II.9: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 11/4/2005

Επεισόδιο σκόνης 13/4

Το επεισόδιο ξεκίνησε 13/4 στις 11:00 και τελείωσε στις 13/4 στις 17:00, με μέγιστη συγκέντρωση τα $74,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 14:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $27,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο σχήμα II.10 παρατηρείται ότι οι αέριες μάζες πέρασαν πάνω από την Τυνησία και την Αλγερία.

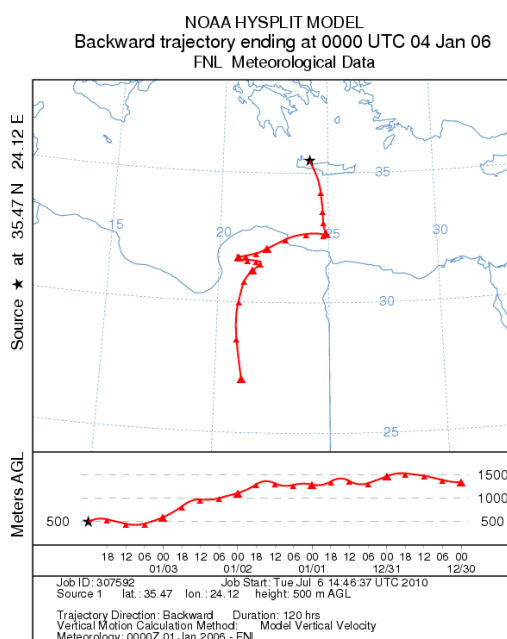


Σχήμα II.10: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 13/4/2005

Π.3. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2006

Επεισόδιο σκόνης 4/1

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 18:00 και τελείωσε στις 2:00 και η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση PM 2.5 καταγράφηκε στις 20:00 και ήταν 83,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση αυτή τη μέρα ήταν 29,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από το σχήμα συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από την Λιβύη.



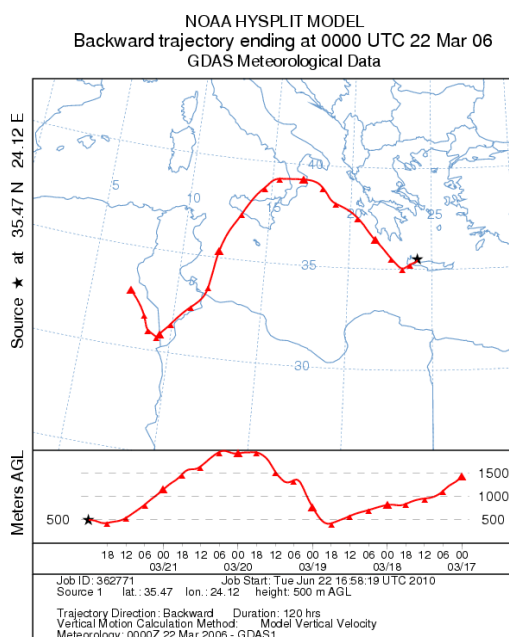
Σχήμα Π.11: Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 4/01/2006

Επεισόδιο σκόνης 26/2

Αυτό το επεισόδιο είχε διάρκεια μόλις 7 ώρες και δεν καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις. Ξεκίνησε στις 26/2 στις 3:00 και τελείωσε στις 10:00. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 7:00 και ήταν $65,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Λόγω της μικρής διάρκειας του επεισοδίου και των όχι τόσο μεγάλων συγκεντρώσεων σωματιδίων το ημερήσιο όριο δε ξεπεράστηκε κατά πολύ και η ημερήσια συγκέντρωση ήταν $28,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο σχήμα Π.12 φαίνεται ότι η σκόνη μεταφέρθηκε από την Τυνησία.

Επεισόδιο σκόνης 22-23/3

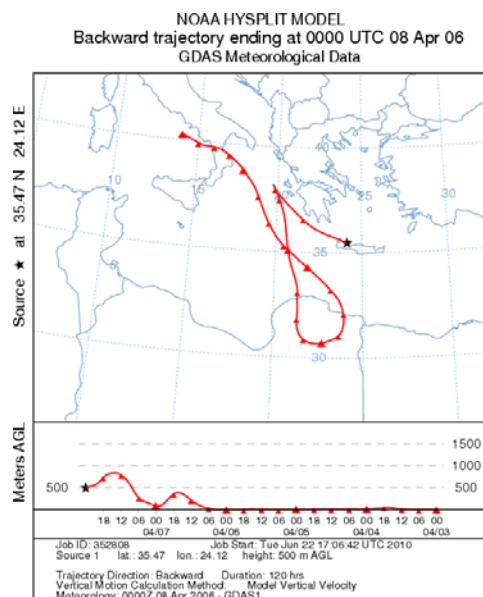
Το επεισόδιο ξεκίνησε 21/3 8:00 και τελείωσε 23/3 στις 9:00. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση ήταν τα $160,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 22/3 στις 23:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $30,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 21, $45,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 22 και $39,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 23. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα (σχήμα II.14) από την οποία συμπεραίνεται ότι η αέρια μάζα πριν φτάσει στην περιοχή ενδιαφέροντος είχε περάσει από την Αλγερία και την Τυνησία.



Σχήμα II.14: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 22/03/2006.

Επεισόδιο σκόνης 7-8/4

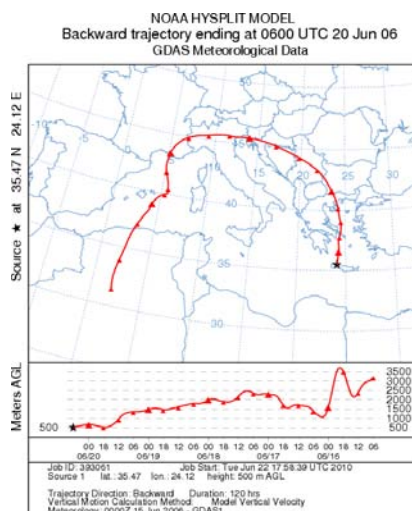
Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε 7/4 στις 13:00 και τελείωσε 8/4 στις 17:00. Κατά τη διάρκεια του επεισοδίου αυτού στο σταθμό μετριόνταν αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $10 \mu\text{m}$. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 7/4 στις 17:00 και ήταν $780 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 7/4 ήταν $171 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 8/4 ήταν $52,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από την ρετροπορεία (σχήμα II.15) των αερίων μαζών στις 8/4 φαίνεται ότι η σκόνη προήλθε από τη Λιβύη.



Σχήμα II.15: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 8/03/2006.

Επεισόδιο σκόνης 20-21/6

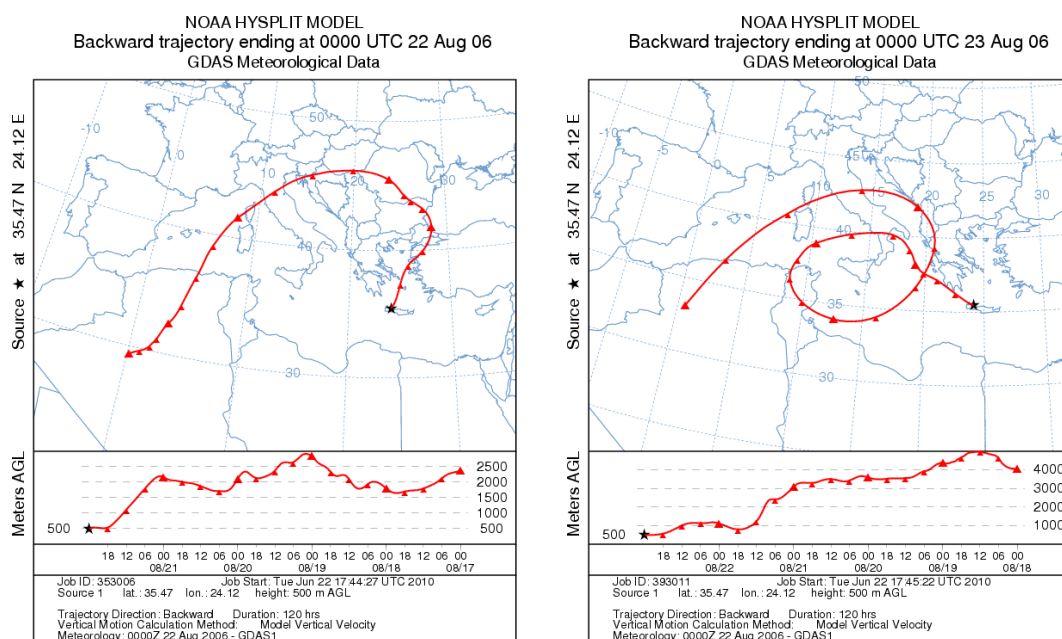
Μέσα σ αυτό το διήμερο έλαβαν χώρα δύο επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Το πρώτο ξεκίνησε στις 20/6 στις 11:00 και τελείωσε στις 19:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 503,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το δεύτερο επεισόδιο είχε διάρκεια μόνο τρεις ώρες από τη 1:00 μέχρι τις 3:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 398,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 20/6 ήταν 116,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 21/6 ήταν 52,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από το σχήμα II.16 φαίνεται ότι η σκόνη προήλθε από την Αλγερία.



Σχήμα II.16: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 20/06/2006.

Επεισόδιο σκόνης 21-24/8

Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε 21/8 στις 7:00 και τελείωσε 24/8 στη 1:00. Κατά τη διάρκεια του επεισοδίου αυτού στο σταθμό μετριόνταν αιωρούμενα σωματίδια αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι 10 μ m. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 22/8 στις 20:00 και ήταν 52,77 μ g/m³. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 21/8 ήταν 50,61 μ g/m³, στις 22/8 ήταν 59,55 μ g/m³ και στις 23/8 ήταν 48,9 μ g/m³. Από την ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 22/8 (Σχήμα II.17A) και στις 23/8 (Σχήμα II.17B) φαίνεται ότι η σκόνη προήλθε από τη Αλγερία.

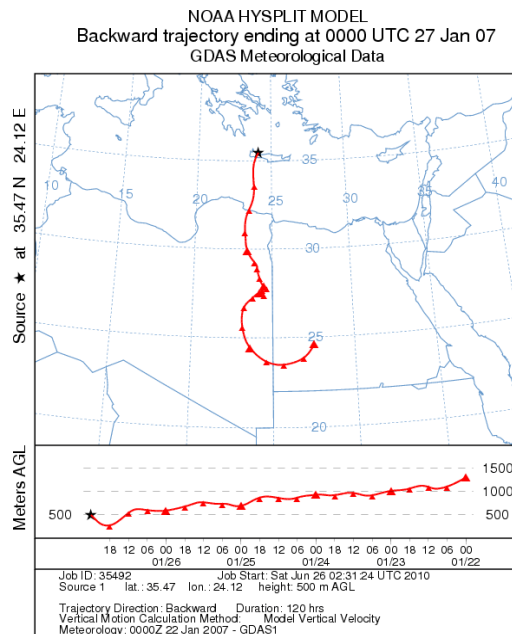


Σχήμα II.17: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 16/3/2005 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 17/03/2005.

II.4 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2007

Επεισόδιο σκόνης 27/1

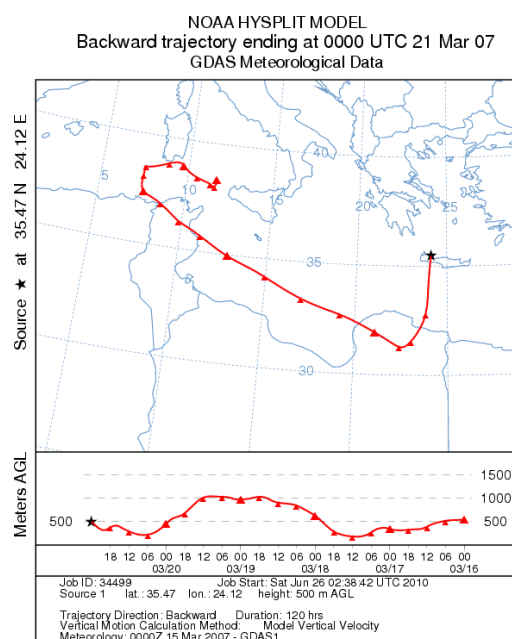
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 21:00 και τελείωσε στις 00:00, είχε δηλαδή διάρκεια μόλις τρεις ώρες. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 22:00 και ήταν 158 μ g/m³. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση αυτή τη μέρα ήταν 24,4 μ g/m³. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από την Αίγυπτο και τη Λιβύη.



Σχήμα II.18: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 27/01/2007.

Επεισόδιο σκόνης 21/3

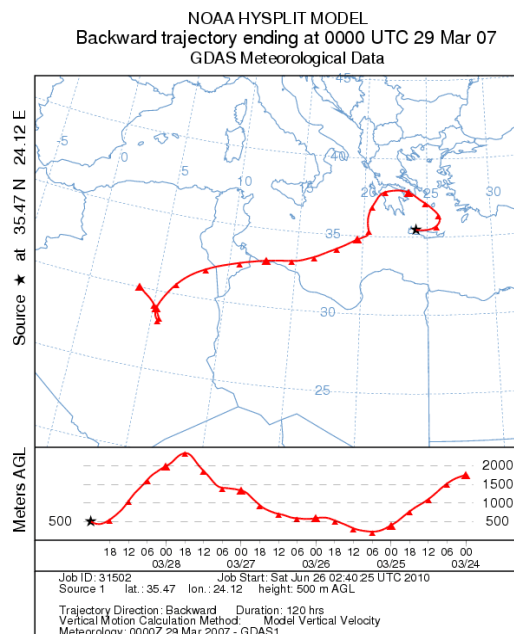
Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 12:00 και τελείωσε στις 20:00 με μέγιστη ωριαία συγκέντρωση στις 16:00 τα $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση αυτή τη μέρα ήταν $39,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών (σχήμα II.19) συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από τη Λιβύη.



Σχήμα Π.19: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 21/03/2007.

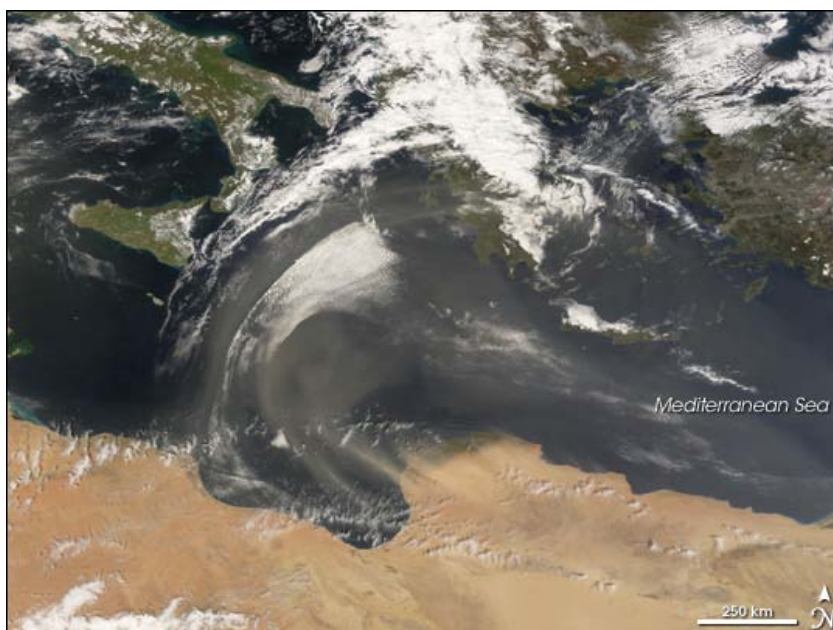
Επεισόδιο σκόνης 29-30/3

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 19:00 στις 29/3 και τελείωσε στις 6:00 στις 30/3. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση ήταν $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφηκε στη 1:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 29/3 ήταν $28,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 30 ήταν $22,03$. Από τη ρетроπορεία (σχήμα Π.20) των αερίων μαζών στις 29/3 συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από την Αλγερία και την Τυνησία.



Σχήμα Π.20: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 29/03/2007.

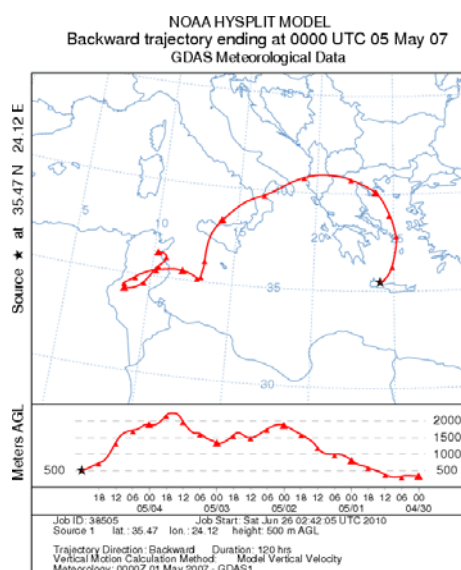
Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα από τον δορυφόρο [Aqua](#) που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από τη Σαχάρα στη Μεσόγειο και στην Κρήτη (εικόνα Π.3). Η λήψη αυτής της εικόνας έγινε στις 29/3/2007.



Εικόνα Π.3: Δορυφορική Σχήμα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 29/3/2007 (Nasa, MODIS).

Επεισόδιο σκόνης 5/5

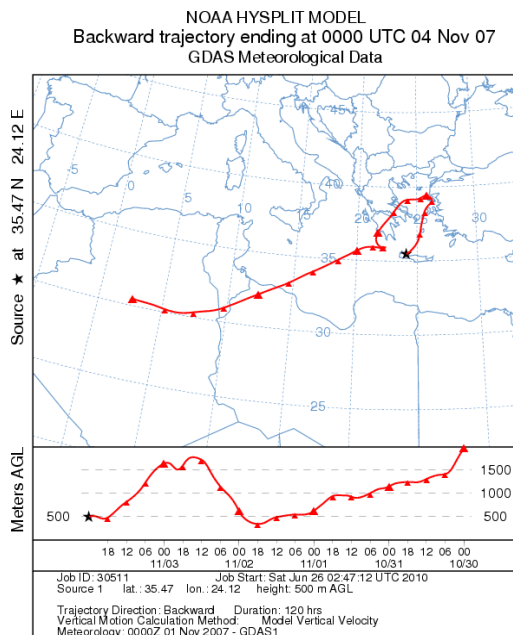
Το επεισόδιο αυτό κράτησε μόλις 2 ώρες από τις 19:00 μέχρι τις 21:00. Η μέγιστη συγκέντρωση PM_{2.5} που καταγράφηκε ήταν τα 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και η μέση ημερήσια συγκέντρωση δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα λόγω της πολύ μικρής διάρκειας του επεισοδίου και ήταν 16,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από την ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 5/5 (σχήμα) συμπεραίνεται ότι η σκόνη μεταφέρθηκε από τη Τυνησία.



Σχήμα Π.21: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 5/5/2007

Επεισόδιο σκόνης 4-5/11

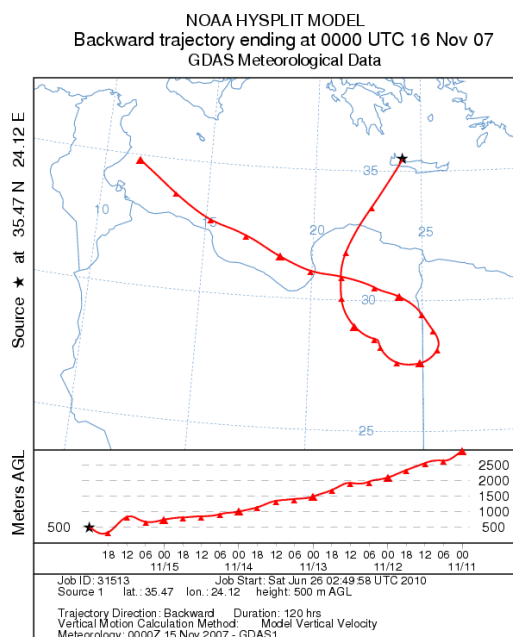
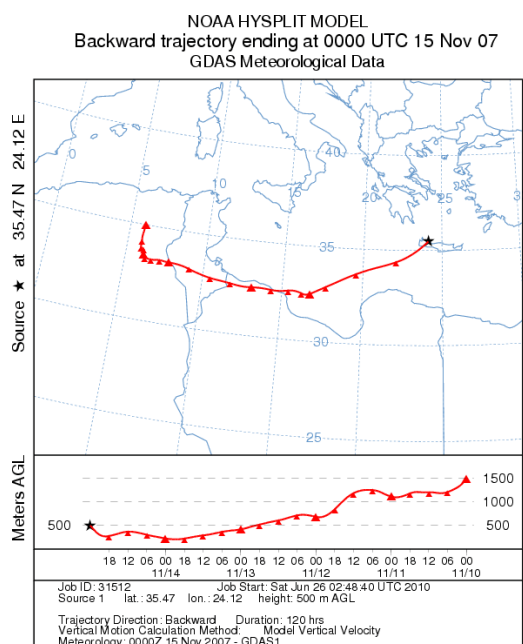
Αυτό το επεισόδιο σκόνης είχε διάρκεια 15 ώρες και ξεκίνησε στις 15:00 και τελείωσε στις 5/11 στις 6:00. Η μέγιστη συγκέντρωση καταγράφηκε στις 21:00 και ήταν $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ και η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 4/5 ήταν $98,75\mu\text{g}/\text{m}^3$. Σύμφωνα με τη ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 4/11 (σχήμα II.22) η σκόνη μεταφέρθηκε από Λιβύη και Αλγερία.



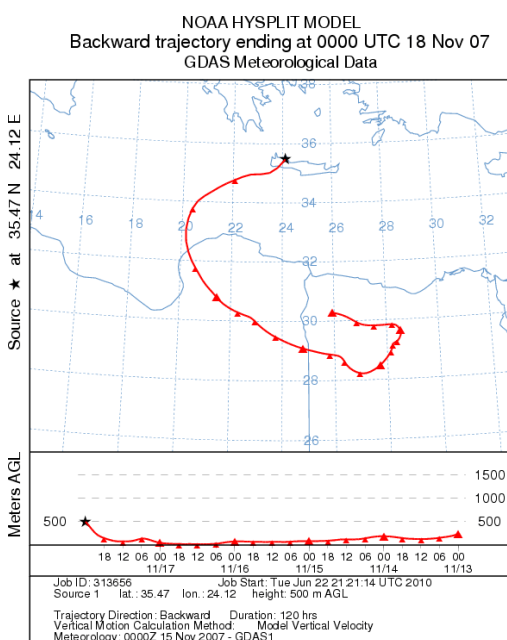
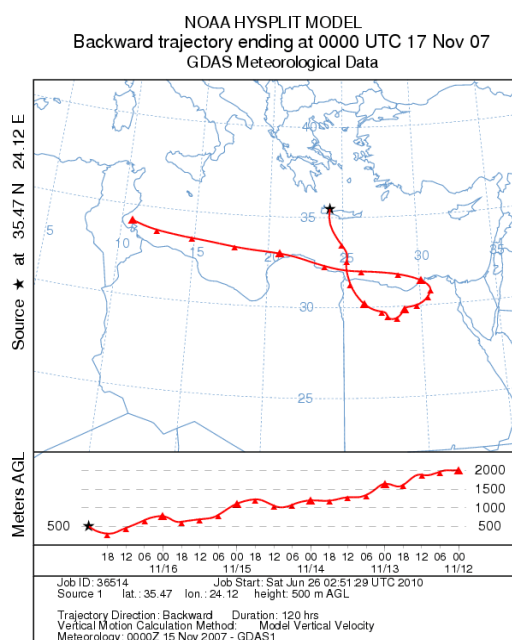
Σχήμα II.22: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 4/11/2007

Επεισόδια σκόνης 15-18/11

Αυτό το τετραήμερο υπήρχαν πολλά μικρά επεισόδια μεταφοράς σκόνης που δεν μπορούμε να τα προσδιορίσουμε με ακρίβεια λόγω του ότι για κάποιες ώρες το FH62I-R μας έδινε μηδενικές τιμές. Και τις τέσσερις μέρες οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις ήταν πάνω από το όριο. Στις 15 ήταν $53,63\mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 16 ήταν $68,2\mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 17 ήταν $90,57\mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 18 ήταν $132,067\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών συμπεραίνεται ότι στις 15/7 (σχήμα II.23A) η σκόνη μεταφέρθηκε από τη Τυνησία και την Αλγερία, στις 16 (σχήμα II.23B) και στις 18 (σχήμα II.24A) από τη Λιβύη και την Αίγυπτο και στις 17 (σχήμα II.24B) από την Αίγυπτο.



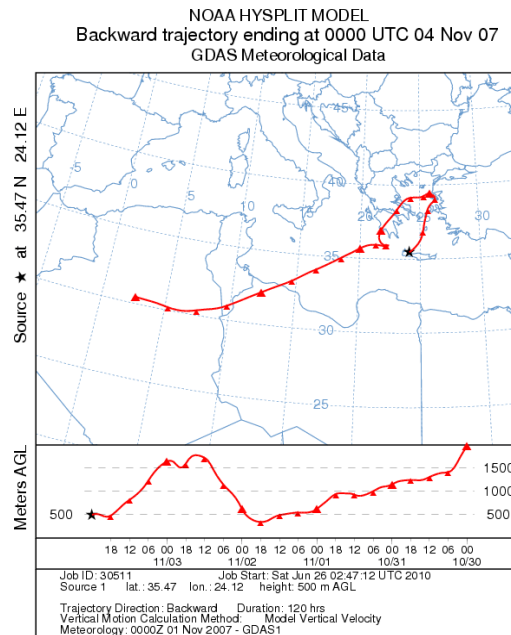
Σχήμα II.23: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 15/11/2010 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 16/11/2010



Σχήμα II.24: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 17/11/2010 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 18/11/2010.

Επεισόδιο σκόνης 4-5/11

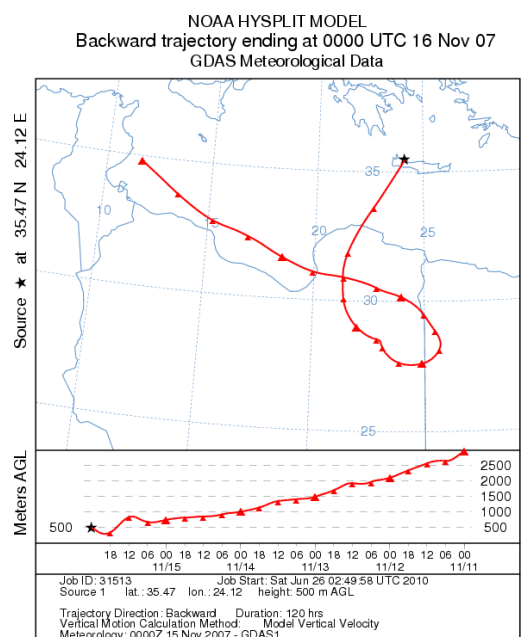
Αυτό το επεισόδιο σκόνης είχε διάρκεια 15 ώρες και ξεκίνησε στις 15:00 και τελείωσε στις 5/11 στις 6:00. Η μέγιστη συγκέντρωση καταγράφηκε στις 21:00 και ήταν $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ και η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 4/5 ήταν $98,75\mu\text{g}/\text{m}^3$. Σύμφωνα με τη ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 4/11 (σχήμα II.25) η σκόνη μεταφέρθηκε από Λιβύη και Αλγερία.



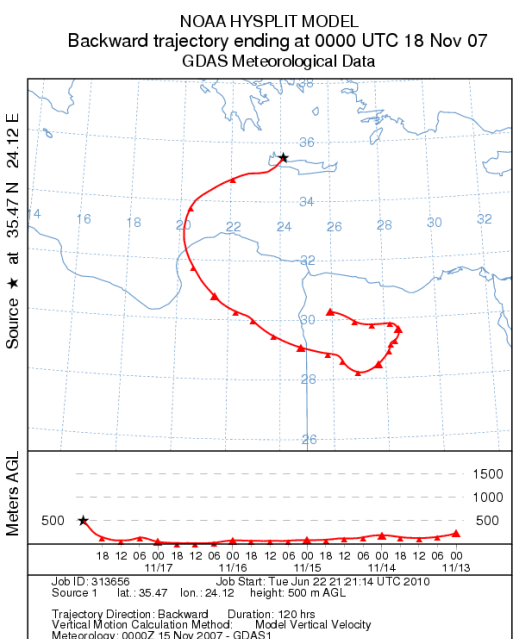
Σχήμα II.25: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 4/11/2007.

Επεισόδια σκόνης 15-18/11

Αυτό το τετραήμερο υπήρχαν πολλά μικρά επεισόδια μεταφοράς σκόνης που δεν μπορούν να τα προσδιοριστούν με ακρίβεια λόγω του ότι για κάποιες ώρες το FH62I-R έδινε μηδενικές τιμές. Και τις τέσσερις μέρες οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις ήταν πάνω από το όριο. Στις 15 ήταν $53,63\mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 16 ήταν $68,2\mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 17 ήταν $90,57\mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 18 ήταν $132,067\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών συμπεραίνεται ότι στις 15/7 (σχήμα II.26A) η σκόνη μεταφέρθηκε από τη Τυνησία και την Αλγερία, στις 16 (σχήμα II.26B), στις 18 (σχήμα II.27A) από τη Λιβύη και την Αίγυπτο και στις 17 (σχήμα II.27B) από την Αίγυπτο.



Σχήμα II.26: Α) Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 15/11/2007 Β) Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 16/11/2007

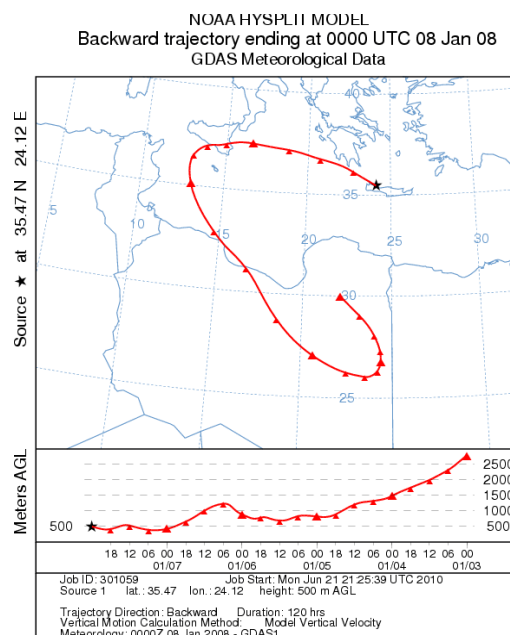


Σχήμα II.27: Α) Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 17/11/20⁰⁷ Β) Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 18/11/2007

II.5. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2008

Επεισόδιο σκόνης 8/1

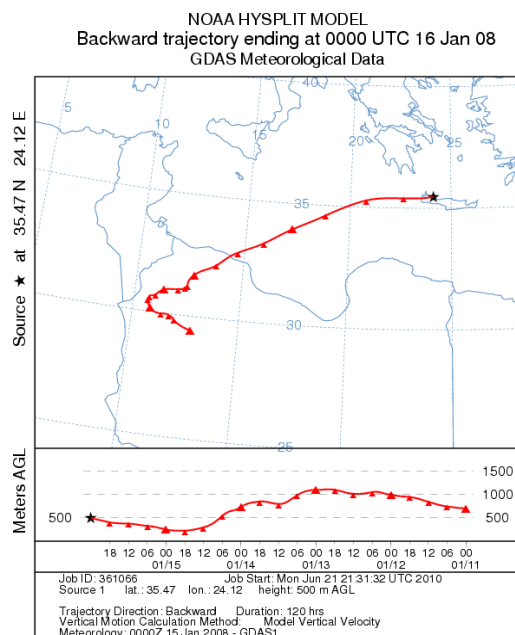
Το επεισόδιο ξεκίνησε 8/1 στις 17:00 και τελείωσε 9/1 00:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $126,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 22:00. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 8/1 (σχήμα II.28), συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Λιβύη.



Σχήμα: II.28: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 8/01/2008.

Επεισόδιο σκόνης 16/1

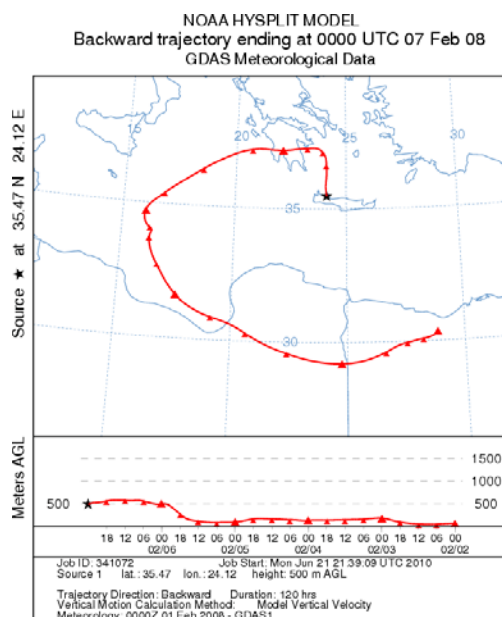
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε 16/1 στις 20:00 και τελείωσε 17/1 στη 01:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 00:00. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα αυτής της μέρας συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από τη δυτική Λιβύη.



Σχήμα Π.29: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 16/01/2008.

Επεισόδιο σκόνης 7/2

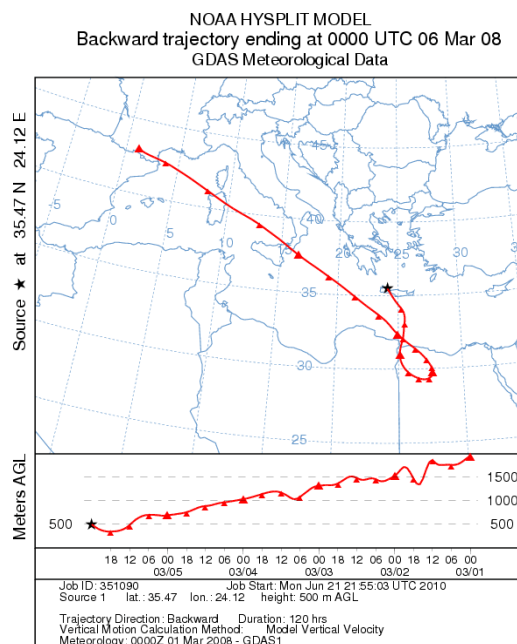
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε 7/2 στις 16:00 και τελείωσε 8/2 στη 13:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $95\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 21:00. Στο σχήμα Π.30 παρατηρείται ότι οι αέριες μάζες πέρασαν πάνω από την Αίγυπτο και την Λιβύη πριν φτάσουν στον σταθμό.



Σχήμα Π.30: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 7/2/2008.

Επεισόδιο σκόνης 6/3

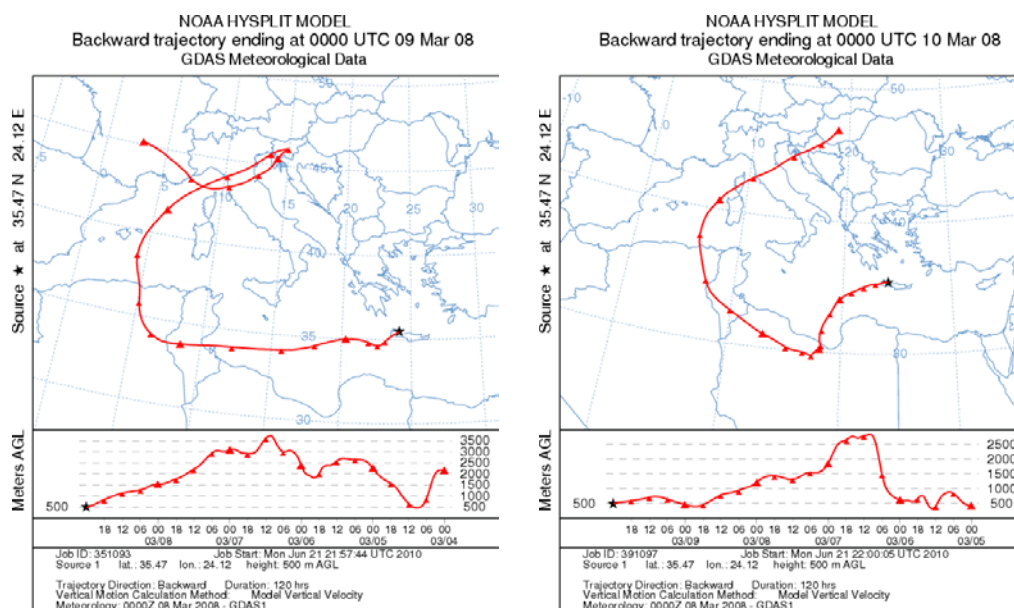
Αυτό το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε 6/3 στις 20:00 και τελείωσε 7/3 στις 4:00. Η μέγιστη συγκέντρωση ήταν $74,5\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 21:00. Από την ρетроπορεία των αερίων μαζών (σχήμα II.31) φαίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στον σταθμό πέρασαν από την Αίγυπτο.



Σχήμα II.31: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 6/3/2008.

Επεισόδιο σκόνης 9/3

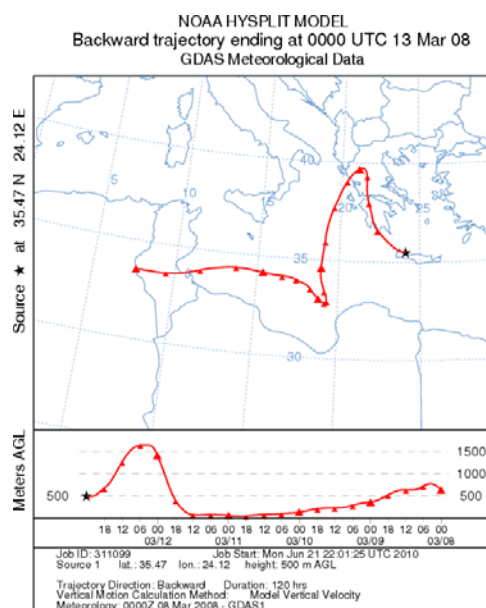
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε 9/3 στις 11:00 και τελείωσε στις 10/3 στις 10:00, με μέγιστη συγκέντρωση τα $102,25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 9/3 στις 12:00.. Στα σχήματα II.32A και II.32B παρατηρείται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στον σταθμό πέρασαν πάνω από την Λιβύη, την Τυνησία και την Αλγερία.



Σχήμα II.32: Ρετροπορείες των αερίων μαζών 9/3/2008 και 10/3/2008.

Επεισόδιο σκόνης 13/3

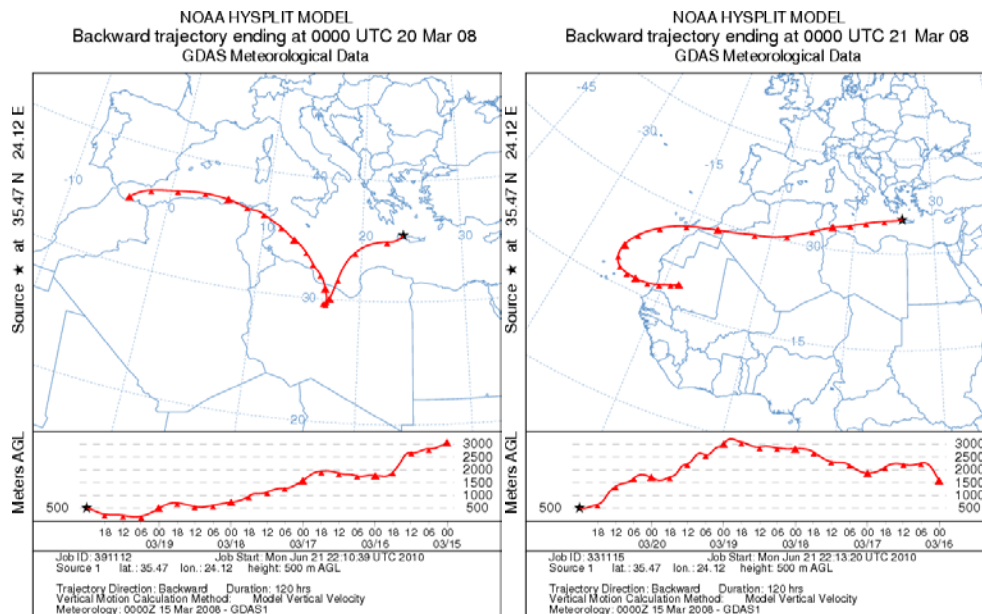
Το επεισόδιο ξεκίνησε 13/3 στις 15:00 και τελείωσε 14/3 4:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $151,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 15:00. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 13/3 (σχήμα II.33) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Τυνησία.



Σχήμα II.33: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 13/5/2008.

Επεισόδιο σκόνης 20-22/3

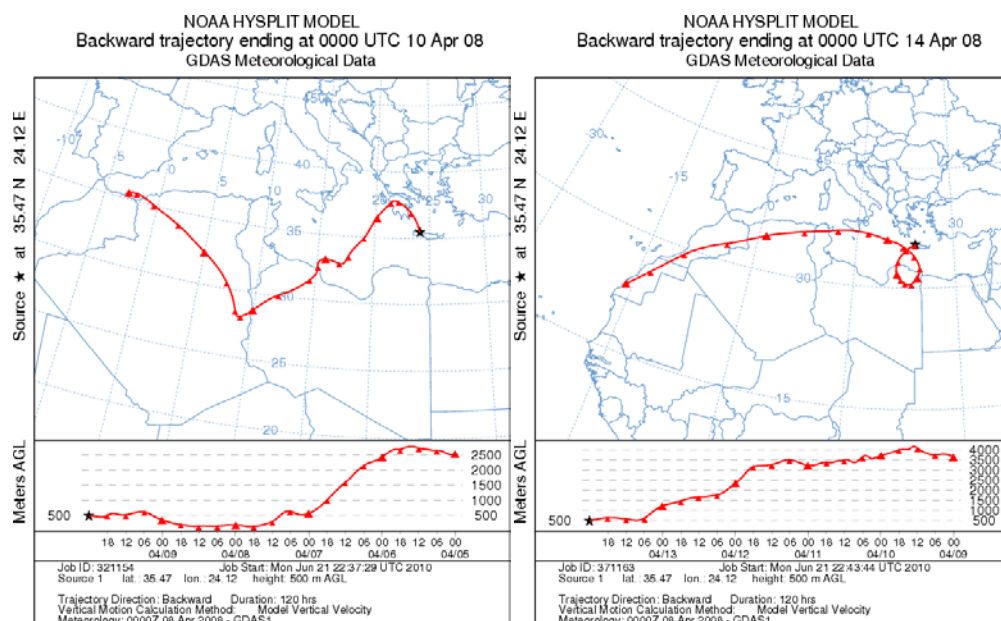
Το επεισόδιο ξεκίνησε 20/3 στις 17:00 και τελείωσε 22/3 στις 2:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $254,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στη 1:00 22/3. Οι αέριες μάζες πέρασαν από τη Λιβύη στις 20/3 (σχήμα II 34A) και από τη Μαυριτανία (σχήμα II.34B) στις 21/3.



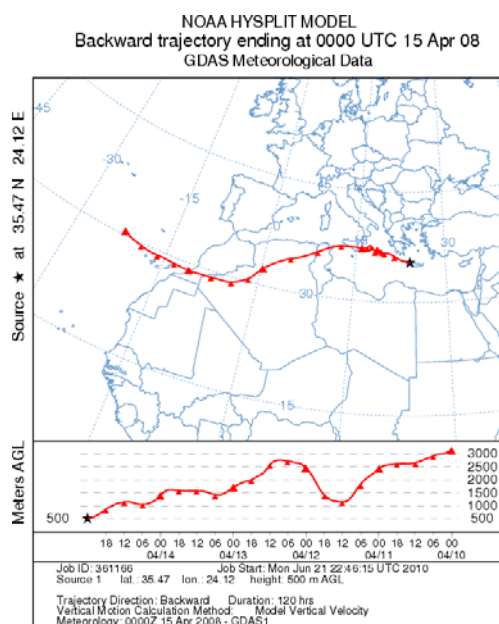
Σχήμα II.34: A) Ρетроπορείες των αερίων μαζών στις 20/3/2008 B) Ρетроπορείες των αερίων μαζών στις 21/3/2008.

Επεισόδιο σκόνης 9-15/4

Αυτό το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε 9/4 στις 8:00 και τελείωσε 15/4 στις 6:00. Η μέγιστη συγκέντρωση ήταν $231,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 15/4 01:00. Το επεισόδιο κράτησε 6 μέρες ανεβάζοντας πολύ τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις, οι οποίες κυμάνθηκαν από $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ μέχρι $166,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στα σχήματα II.35A, II.35B και II.36 φαίνονται οι ρетроπορείες που ακολούθησαν οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος.



Σχήμα II.35: Α) Ρетроπορείες των αερίων μαζών στις 10/4/2008 Β) Ρетроπορείες των αερίων μαζών στις 14/4/2008.

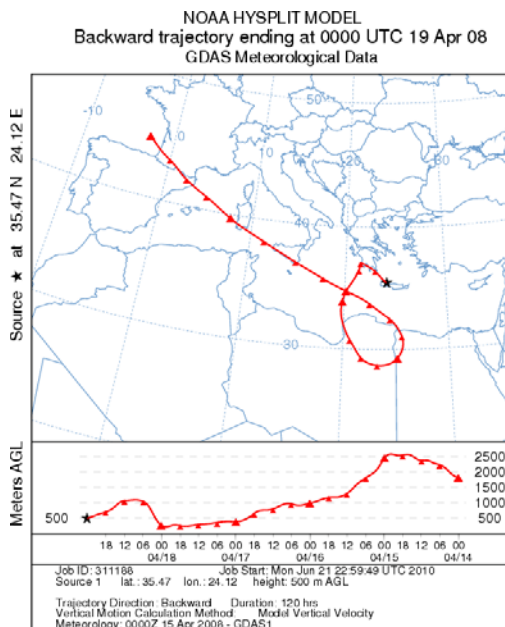


Σχήμα II.36: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 15/4/2008

Επεισόδιο σκόνης 18-20/4

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 18/4 στις 14:00 και τελείωσε στις 20/4 στις 7:00 με μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση στις 18/4 τα $265 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 18/4 ήταν $76,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 19/4 ήταν $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από την ρетроπορεία των αερίων

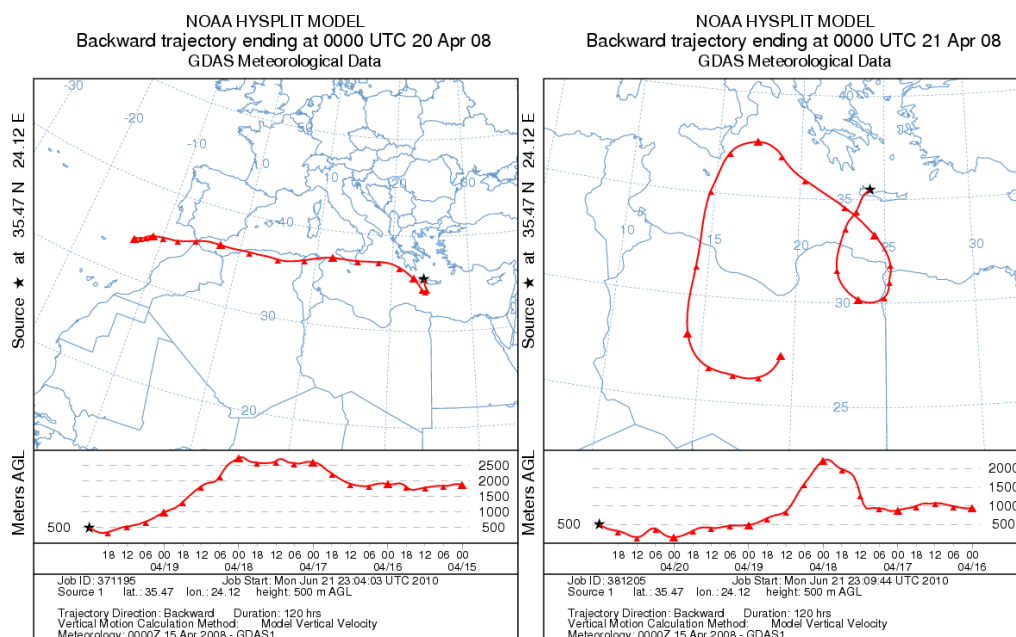
μαζών (σχήμα II.37) φαίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την Λιβύη.



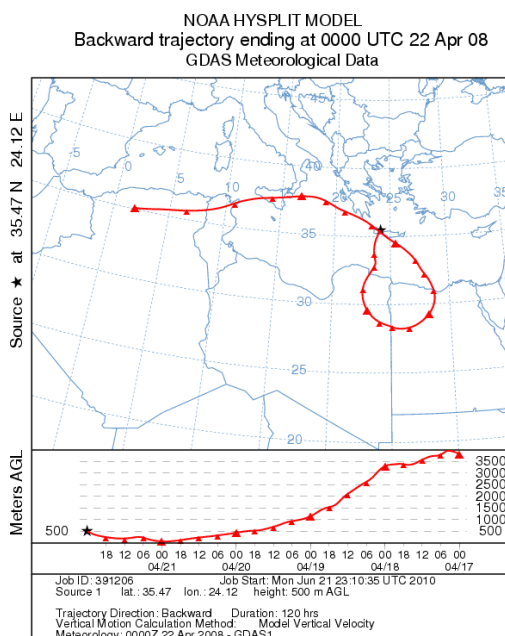
Σχήμα II.37: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 19/4/2008

Επεισόδιο σκόνης 20-22/4

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 20/4 στις 13:00 και τελείωσε στις 22/4 στις 22:00 με μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση στις 22/4 στις 14:00 τα 263,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 21/4 ήταν 145,35 και στις 22/4 ήταν 147,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών φαίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την Αλγερία στις 20/4 (σχήμα II.38A) από τη Λιβύη στις 21/4 (σχήμα II.38B) και από τη Λιβύη και την Αίγυπτο στις 22/4 (σχήμα II.39).



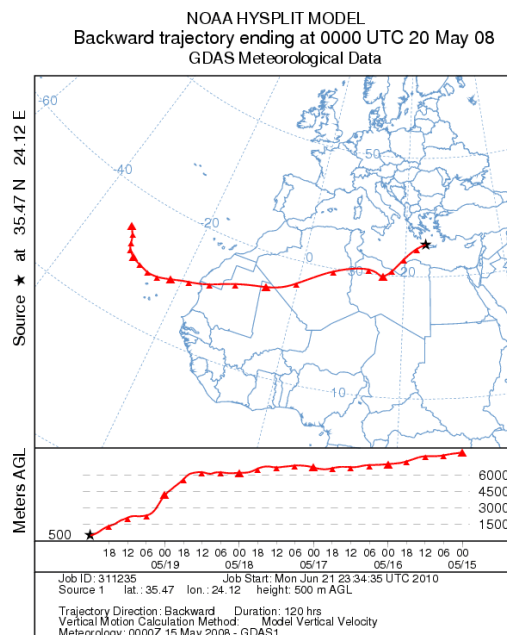
Σχήμα II.38: Α) Ρετροπορεία των αερίων μαζών 20/4/2008 Β) Ρετροπορεία των αερίων μαζών 21/4/2008.



Σχήμα II.39: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 22/4/2008

Επεισόδιο σκόνης 20/5

Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 8:00 και τελείωσε στις 23:00 με μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση στις 10:00 τα $176,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση αυτή τη μέρα ήταν $53,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από την ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 20/5 (σχήμα II.40) συμπεραίνεται ότι η αέρια μάζα πριν φτάσει στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασε από τη Μαυριτανία, την Αλγερία και τη Λιβύη.



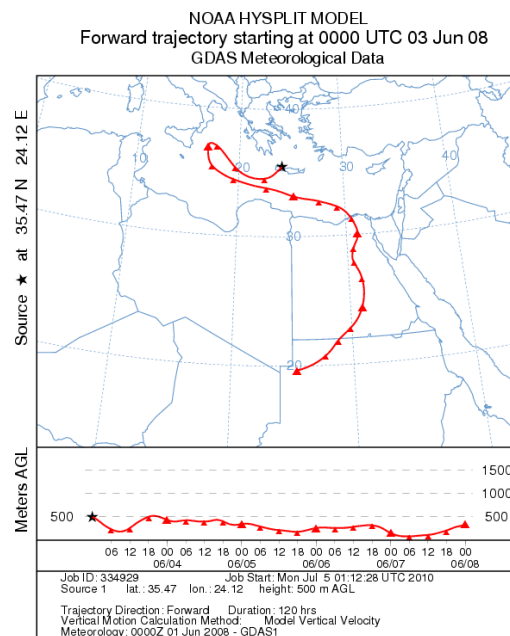
Σχήμα II.40: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 20/5/2008

Επεισόδιο σκόνης 29-30/5

Το επεισόδιο ξεκίνησε 29/5 στις 21:00 και τελείωσε 30/5 στις 05:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $494,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 10:00. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 29/5 (σχήμα II.41) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από την Αλγερία. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 29/5 ήταν $84,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 30/5 $55,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Επεισόδιο σκόνης 3/6

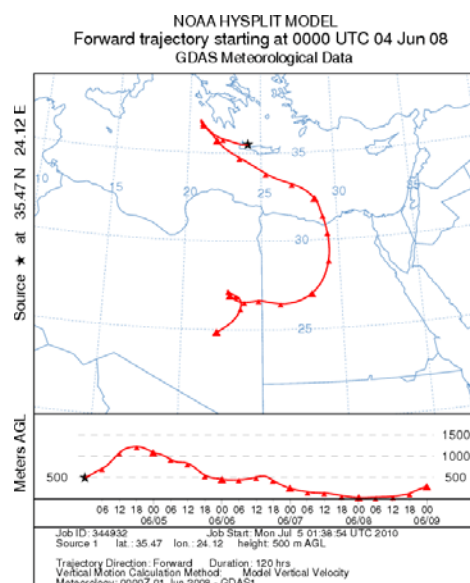
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 21:00 και τελείωσε στις 4:00. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 23:00 και ήταν $128,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 3/6 ήταν $59,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η προέλευση της σκόνης σύμφωνα με την ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 3/6 είναι η Αίγυπτος και το Σουδάν. Στο σχήμα Π.43 είναι φανερό ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από πολύ χαμηλό υψόμετρο (κάτω των 500m) κατά τη διάρκεια και των 5 ημερών.



Σχήμα Π.43: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 3/6/2008

Επεισόδιο σκόνης 4-5/6

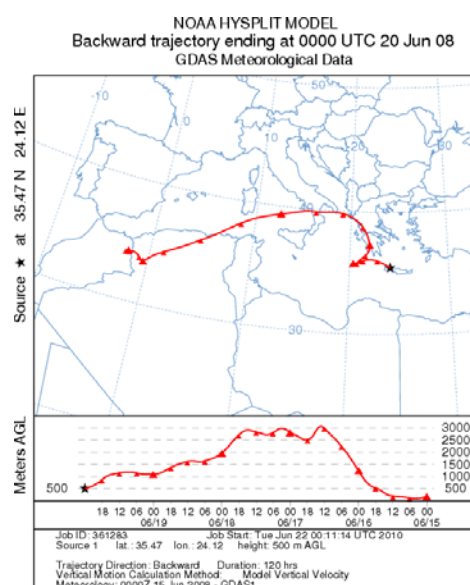
Το επεισόδιο ξεκίνησε 4/6 στις 20:00 και τελείωσε 5/6 στις 15:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $226,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 22:00. Από τη ρετροπορεία των αερίων μαζών αέρα στις 4/6 (σχήμα Π.44) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από την Αίγυπτο και τη Λιβύη. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 4 ήταν $64,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 5 ήταν $58,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Σχήμα II.44: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 4/6/2008.

Επεισόδιο σκόνης 20-21/6

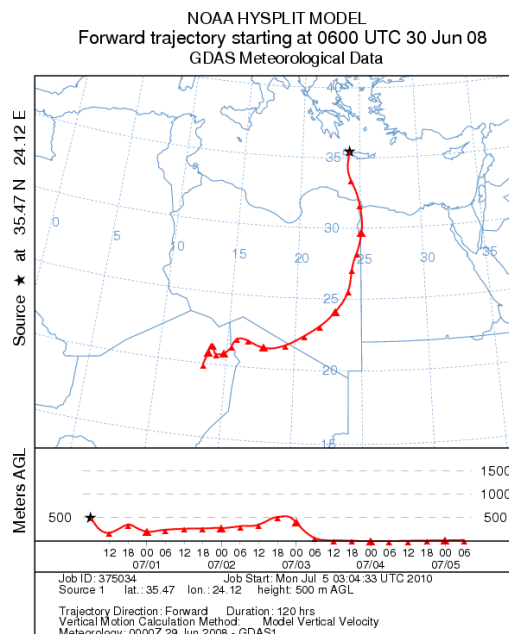
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 13:00 στις 20/6 και τελείωσε στις 7:00 στις 21/6. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 20/6 στις 23:00 και ήταν $170,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 20/6 ήταν $59,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 21/6 $46,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η προέλευση της σκόνης σύμφωνα με το σχήμα είναι η Αλγερία.



Σχήμα II.45: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 20/6/2008

Επεισόδιο σκόνης 30/6

Το επεισόδιο αυτό είχε διάρκεια μόνο 2 ώρες (9:00-11) και η συγκέντρωση των PM₁₀ αυξήθηκε ιδιαίτερα αυτό το δίωρο. Στις 11:00 η συγκέντρωση ήταν 838,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δηλαδή ιδιαίτερα αυξημένη. Από την ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 30/6 στις 9:00 (σχήμα Π.46) γίνεται αντιληπτό ότι η σκόνη πέρασε από την Νιγηρία, το Τσαντ και την Λιβύη.



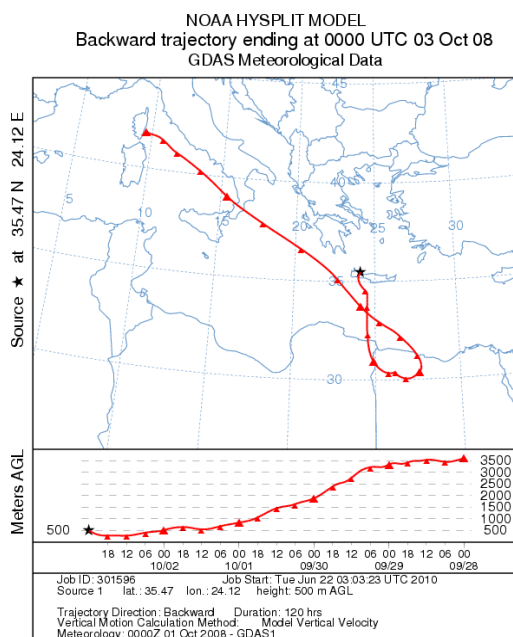
Σχήμα Π.46: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 30/6/2008

Επεισόδιο σκόνης 14-16/9

Το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε στις 14/9 στις 7:00 και τελείωσε στις 16/9 στις 4:00. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση σημειώθηκε στις 14/9 στις 21:00 και ήταν 461,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις ήταν 84,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 14/9, 67,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 15/9 και 74,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 16/9.

Επεισόδιο σκόνης 3/10

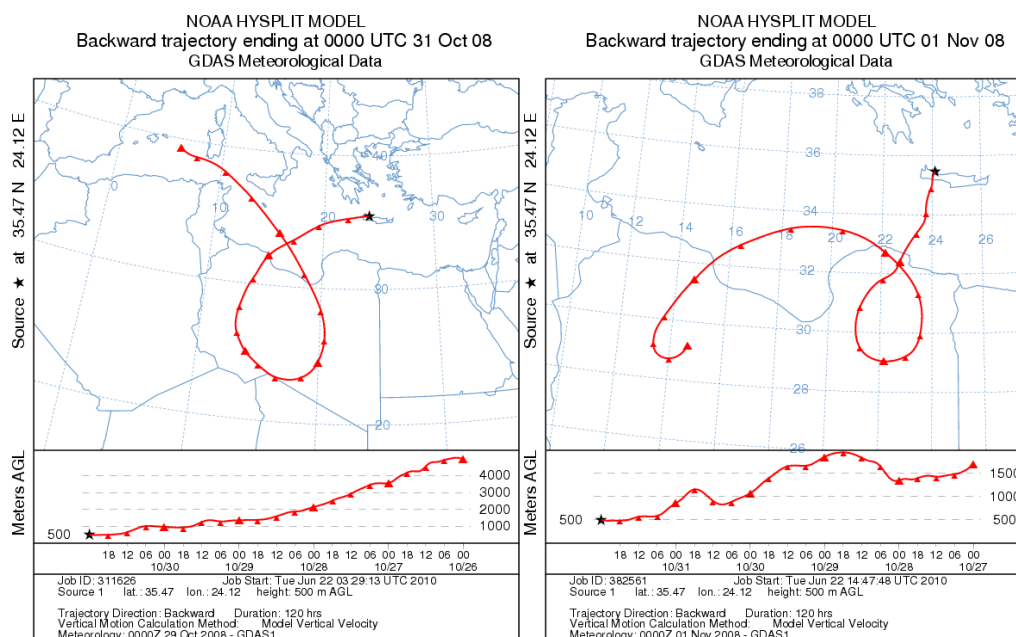
Αυτό το επεισόδιο είχε διάρκεια μόνο τέσσερις ώρες από τις 17:00 μέχρι τις 21:00 με μέγιστη συγκέντρωση στις 20:00 τα $200,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 3/10 ήταν $63,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και η πηγή προέλευσης της σκόνης η Αίγυπτος (σχήμα II.47).



Σχήμα II.47: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 3/10/2008

Επεισόδιο 31/10 – 1/11

Το επεισόδιο ξεκίνησε στις 7:00 στις 31/10 και τελείωσε στις 22:00 στη 1/11 με μέγιστη ωριαία συγκέντρωση τα $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 31/10 ήταν $61,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 1/11 $69,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στα σχήματα βλέπουμε ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από την Λιβύη πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος.



Σχήμα Π.48: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών 31/10/2008 Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών 1/11/2008.

Επεισόδιο σκόνης 2-6/11

Αυτό το επεισόδιο είχε διάρκεια 77 ώρες και ξεκίνησε στις 2/11 στις 5:00 και τελείωσε στις 6/11 στις 10:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση για τις 2/11 ήταν $51,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για τις 3/11 ήταν $85,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για τις 4/11 $87,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, για τις 5/11 $95,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και τέλος για τις 6/11 ήταν $82,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση γι' αυτό το επεισόδιο ήταν $181,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στις 2/11 (σχήμα Π.49Α) και στις 4/11 (σχήμα Π.50) παρατηρούμε ότι η προέλευση της σκόνης είναι η Λιβύη και η Αίγυπτος ενώ στις 3/11 (σχήμα Π.49Β) η Μαυριτανία, το Μαλί, η Αλγερία και η Τυνησία.

Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα (εικόνα Π.4) για τις 3/11. Η εικόνα είναι από το όργανο MODIS του δορυφόρου Aqua. Η προέλευση της σκόνης είναι η Αλγερία αν και δε φαίνεται στην εικόνα (MODIS, Nasa).

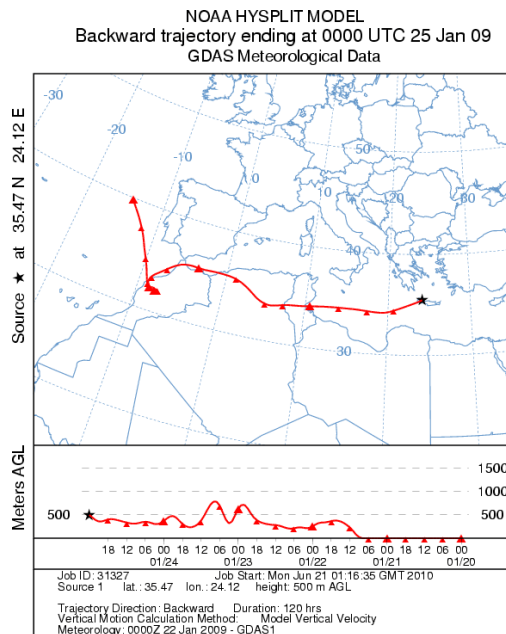


Εικόνα Π.4: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 3/11/2008 (Nasa, MODIS).

Π.6 Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2009

Επεισόδιο σκόνης 25/1

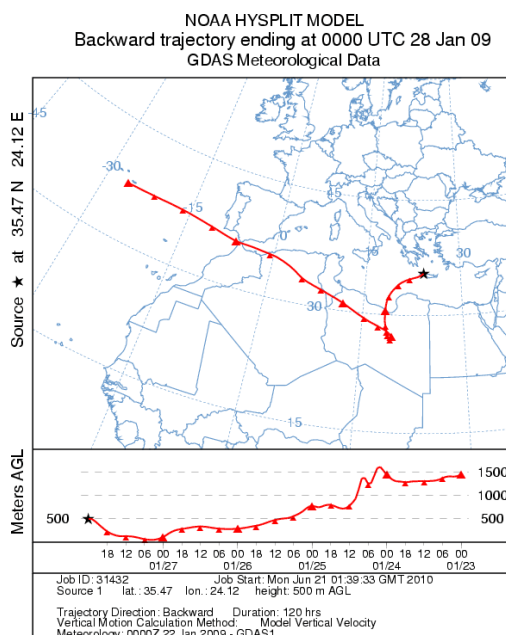
Το επεισόδιο αυτό είχε διάρκεια 15 ωρών από τις 4:00 μέχρι τις 19:00 και η μέγιστη ημερήσια ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 9:00 και ήταν $152,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και σύμφωνα με την ρетроπορεία των αερίων μαζών (σχήμα Π.51) η σκόνη μεταφέρθηκε από την Αλγερία και την Τυνησία.



Σχήμα II.51: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 25/01/2009.

Επεισόδιο σκόνης 27/1

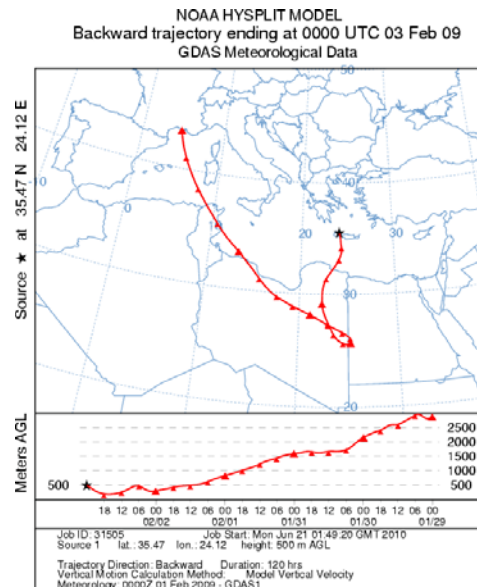
Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 6:00 στις 27/1 και τελείωσε στις 2:00 στις 28/1. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 27/1 ήταν $110,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση ήταν $205,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την Αλγερία, την Τυνησία και την Λιβύη (σχήμα II.52).



Σχήμα II.52: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 28/01/2009.

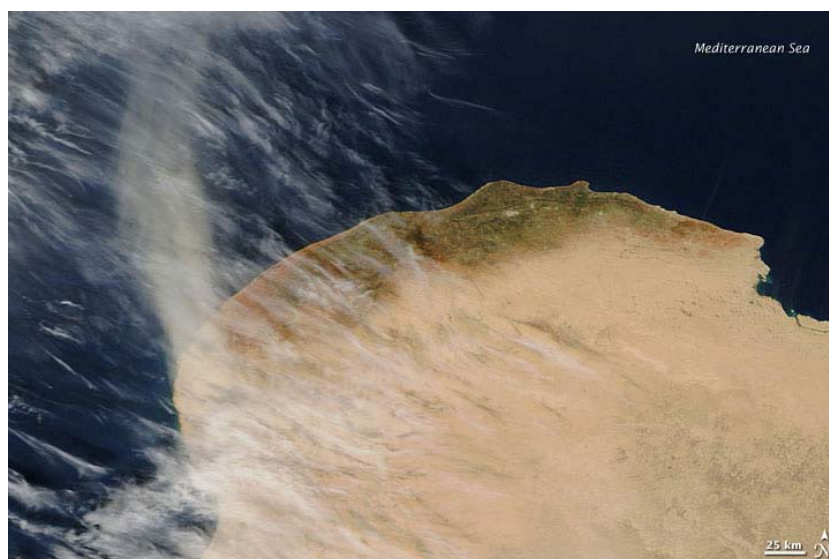
Επεισόδιο σκόνης 2-3/2

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 2/2 στις 10:00 και τελείωσε στις 3/2 στις 23:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 2/2 ήταν $55,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 3/2 $68,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση για αυτό το επεισόδιο ήταν στις 20:00 στις 2/2 και ήταν $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η προέλευση της σκόνης σύμφωνα με το σχήμα Π.53 ήταν η Λιβύη.



Σχήμα Π.53: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 3/02/2009.

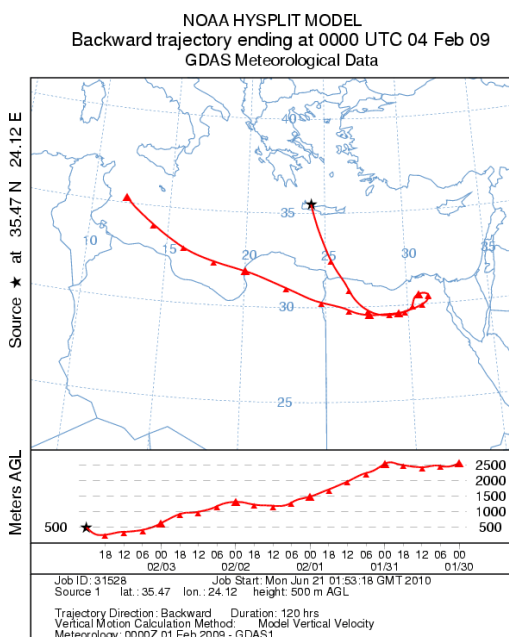
Για το επεισόδιο αυτό έχουμε δορυφορική εικόνα από τον δορυφόρο Terra που φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από τη Σαχάρα στη Μεσόγειο στις 2/3 (εικόνα Π.5).



Εικόνα Π.5: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 23/1/2009 (Nasa, MODIS).

Επεισόδιο σκόνης 4/2

Το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε στις 4/2 στις 11:00 και τελείωσε στις 5/2 στη 1:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 4/2 ήταν $94,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 19:00 και ήταν $214,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από την ρετροπορεία των αερίων μαζών αυτής της ημέρας (σχήμα II.54) γίνεται αντιληπτό ότι η σκόνη μεταφέρθηκε από την Αίγυπτο και τη Λιβύη.



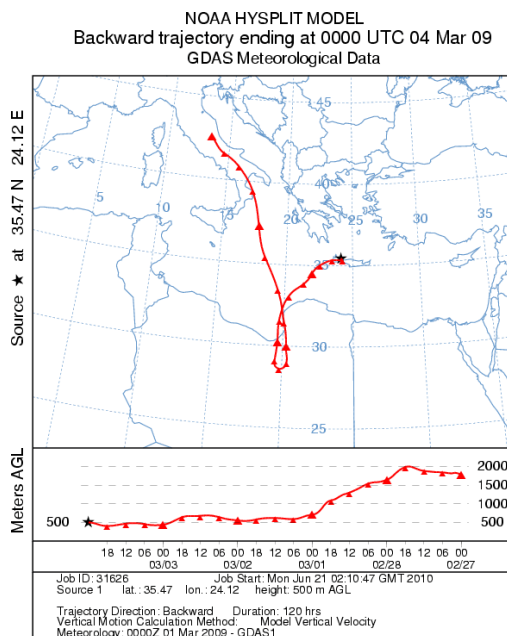
Σχήμα II.54: Ρετροπορεία των αερίων μαζών 4/02/2009.

Επεισόδια σκόνης 6-9/2

Αυτό το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε στις 7:00 στις 6/2 και τελείωσε στις 6:00 στις 9/2. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στις 6/2 στις 18:00 και ήταν $229,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 6/2 ήταν $112,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, στις 7/2 $133,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 8/2 ήταν $89,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Σύμφωνα με τις ρετροπορείες των αερίων μαζών αυτών των ημερών (σχήματα II.55A, II.55B και II.56) η σκόνη προήλθε από τη Μαυριτανία, την Αλγερία και τη Λιβύη.

Επεισόδιο σκόνης 4/3

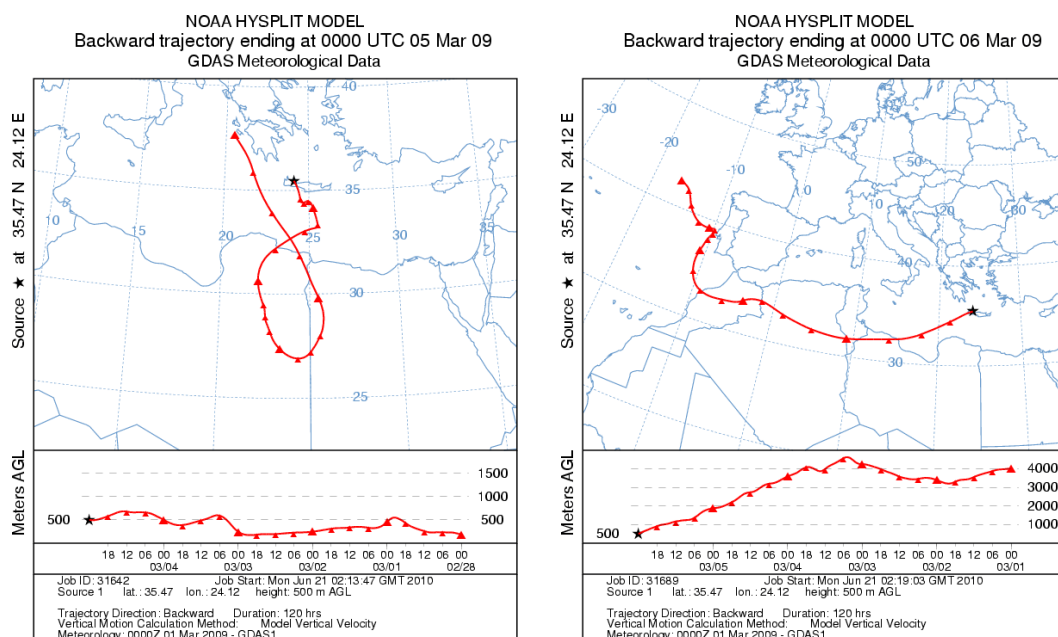
Αυτό το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε στις 5:00 και τελείωσε στις 23:00 με μέγιστη ωριαία συγκέντρωση τα $159,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 4/3 ήταν $53,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και σύμφωνα με το σχήμα Π.57 η σκόνη προήλθε από τη Λιβύη.



Σχήμα Π.57: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 4/3/2009.

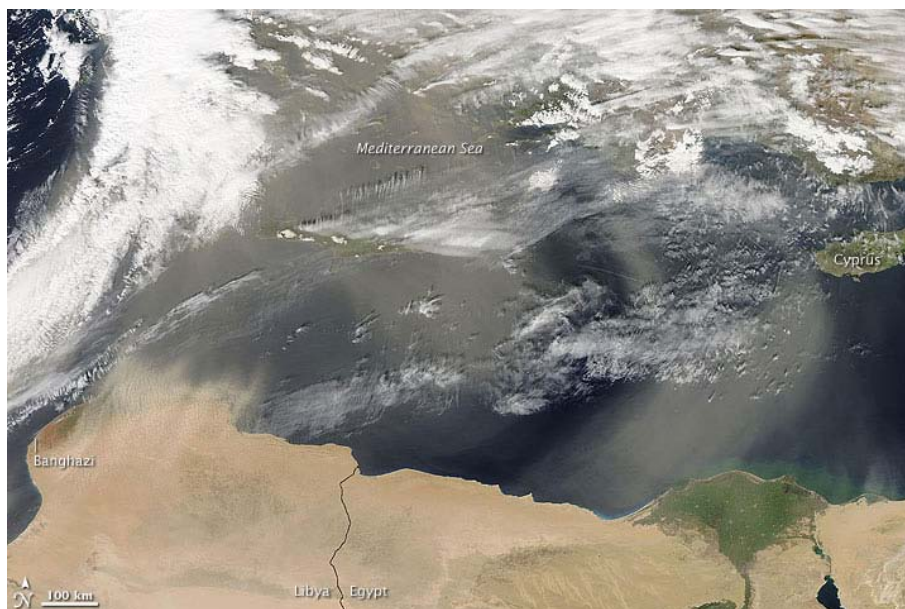
Επεισόδιο σκόνης 5-7/3

Αυτό το επεισόδιο κράτησε 48 ώρες από τις 9:00 στις 5/3 μέχρι τις 9:00 στις 7/3. Η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση που καταγράφηκε ήταν $636,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 6/3 ανεβάζοντας την ημερήσια συγκέντρωση εκείνης της μέρας στα $237,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η ημερήσια συγκέντρωση στις 5/3 ήταν $160,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 7/3 ήταν $111,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρетроπορείες των αερίων μαζών στις 5/3 (εικόνα Π.58Α) και στις 6/3 (σχήμα Π.58Β) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την Αίγυπτο και την Λιβύη.



Σχήμα II.58: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 5/03/2009 Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 6/03/2009.

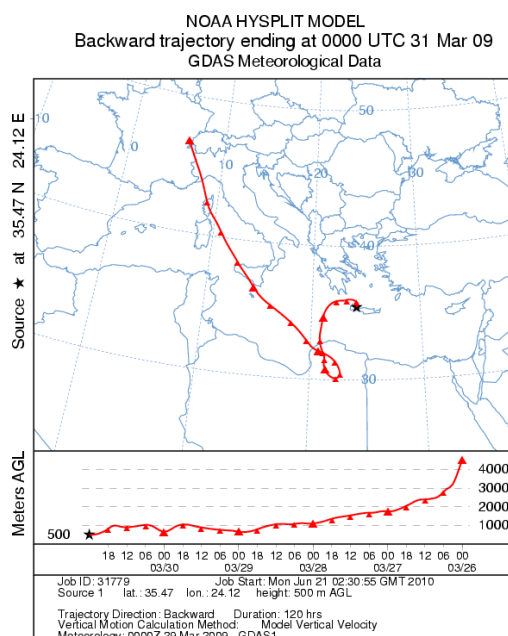
Γι αυτό το επεισόδιο υπάρχει και δορυφορική εικόνα (εικόνα II.6) από το όργανο MODIS του δορυφόρου Aqua. Η λήψη αυτής της εικόνας έγινε στις 6/3 και φαίνεται η μεταφορά της σκόνης από την Λιβύη προς τη Κρήτη, όπως επίσης και η μεταφορά σκόνης από την Αίγυπτο προς την Κύπρο.



Εικόνα II.6: Δορυφορική εικόνα του επεισοδίου μεταφοράς σκόνης στις 6/3/2009 (Nasa, MODIS).

Επεισόδιο σκόνης 31/3

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 12:00 στις 31/3 και τελείωσε στις 22:00. Κατά τη διάρκεια αυτού του επεισοδίου δεν καταγράφηκαν ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις και η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση που καταγράφηκε ήταν $83,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η ημερήσια συγκέντρωση δε ξεπέρασε το όριο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και ήταν $45,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών στις 31/3 (σχήμα II.59) φαίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την Λιβύη.



Σχήμα II.59: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 31/3/2009.

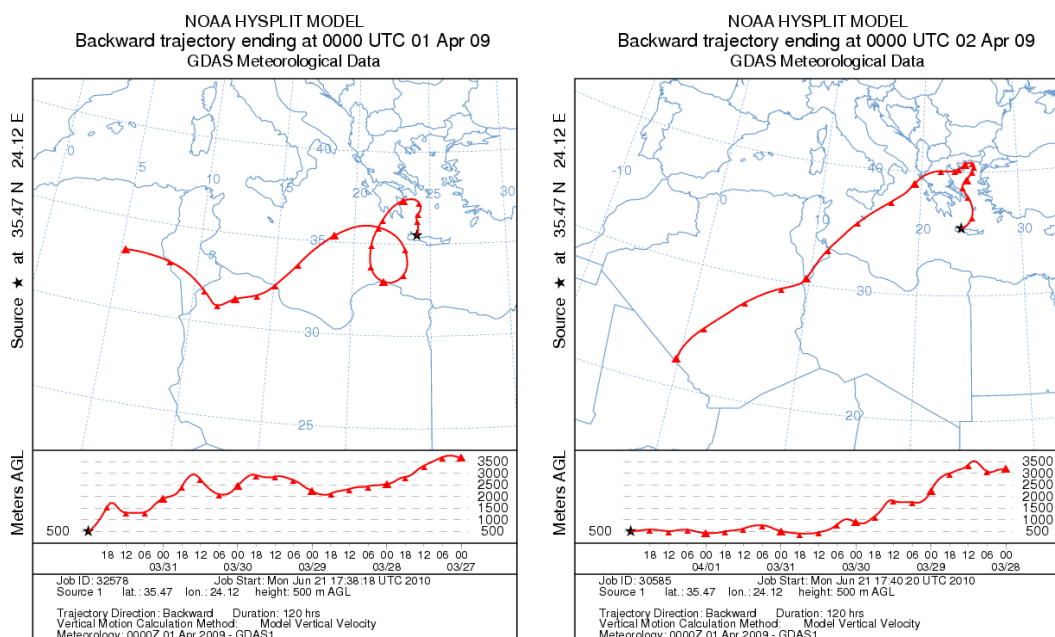
Επεισόδια σκόνης 1-4/4

Μέσα σ αυτό το τετραήμερο εκδηλώθηκαν πολλά μικρά επεισόδια μεταφοράς σκόνης. Στο πίνακα II.1 παρατίθενται τα επεισόδια αυτού του τετραήμερου. Από τις ρετροπορείες των αερίων μαζών στη 1/4 (σχήμα II.60A) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες

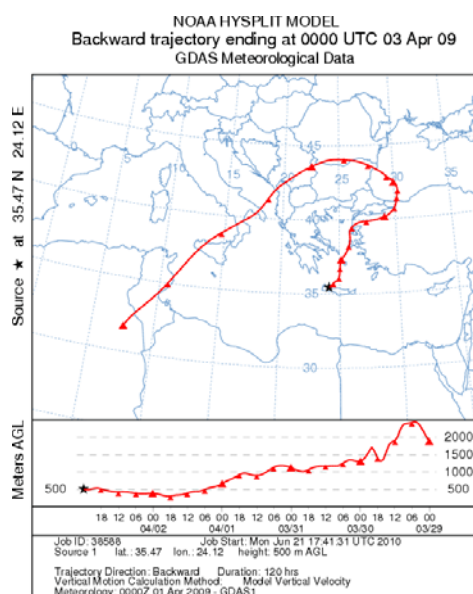
πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος πέρασαν από την Αλγερία, την Τυνησία και την Λιβύη και στις 2/4(σχήμα II.60B) και 3/4 (σχήμα II.61) από την Αλγερία και την Τυνησία.

Πίνακας II.1: Επεισόδια σκόνης 1-4/4

Ημερομηνία	Διάρκεια επεισοδίου μεταφοράς σκόνης	Μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων	Μέση ημερήσια συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων
1 Απριλίου	12 (10:00-22:00)	90,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2 Απριλίου	2 (18:00-20:00)	122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3 Απριλίου	8 (00:00-8:00)	90,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	62,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3 Απριλίου	11 (12:00-23:00)	82,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	62,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4 Απριλίου	8 (1:00-8:00)	102,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4 Απριλίου	6 (19:00-01:00)	159 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Σχήμα II.60: Α) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 1/04/2009. Β) Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 2/04/2009.

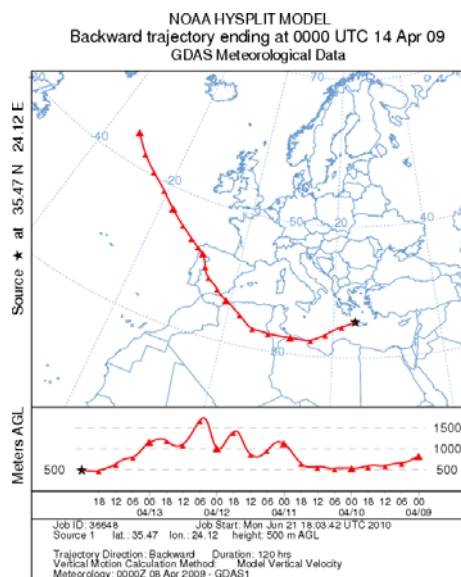


Σχήμα II.61: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 3/04/2009.

Επεισόδιο σκόνης 13-14/4

Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε στις 20:00 στις 13/4 και τελείωσε στις 11:00 στις 14/4. Η μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση που καταγράφηκε ήταν $185,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 00:00 και η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 13/4 ήταν $56,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 14/4 $70,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από

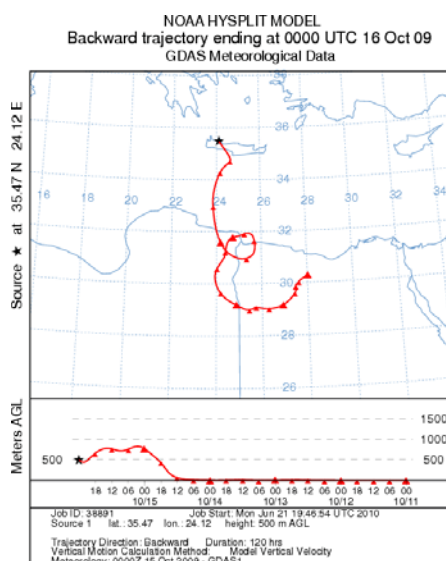
τη ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 14/4 (σχήμα II.62) συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πέρασαν από την Αλγερία και την Τυνησία.



Σχήμα II.62: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 14/4/2009.

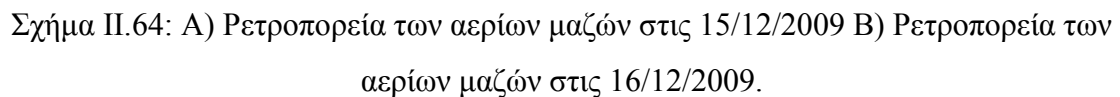
Επεισόδιο σκόνης 16/10

Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 16 και τελείωσε στις 20:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα 285,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 19:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 16/10 ήταν λίγο πάνω από το όριο δηλαδή 50,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από το σχήμα II.63 συμπεραίνεται ότι η αέριες μάζες πέρασαν από πολύ χαμηλό υψόμετρο πάνω από την Λιβύη και την Αίγυπτο πριν φτάσουν την περιοχή μελέτης.



Σχήμα II.63: Ρετροπορεία των αερίων μαζών στις 16/10/2009.

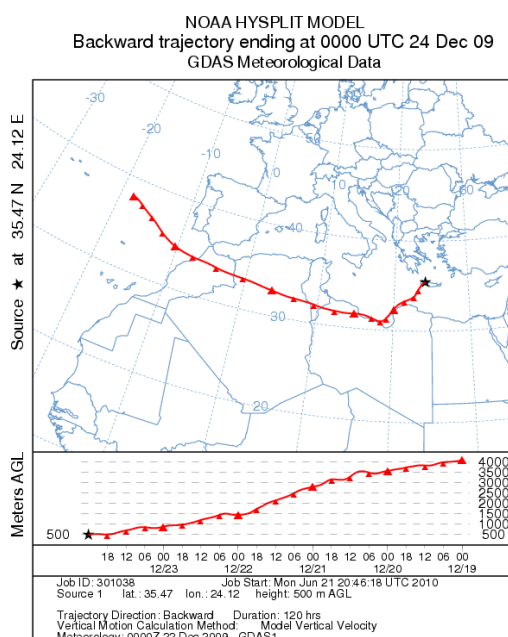
Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 17:00 στις 15/12 και τελείωσε στις 7:00 στις 16/12 και η μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στη 1:00 και ήταν $353,75\mu\text{g}/\text{m}^3$. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 15/12 ήταν $68,82\mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 16 ήταν $97,45\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από το σχήμα Π.64Α συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από την Αίγυπτο και τη Λιβύη στις 15/12 και στις 16/12 από τη νότια Λιβύη (σχήμα Π.65Β).



Αυτό το επεισόδιο είχε διάρκεια μόλις 6 ώρες (14:00-18:00 η μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση καταγράφηκε στη 15:00 και ήταν 155,25μg/m³. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 18/12 ήταν 41μg/m³. Από την ρετροπορεία των αερίων μαζών (σχήμα Π.65) συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από την Αλγερία και την Τυνησία.

Επεισόδιο σκόνης 24/12

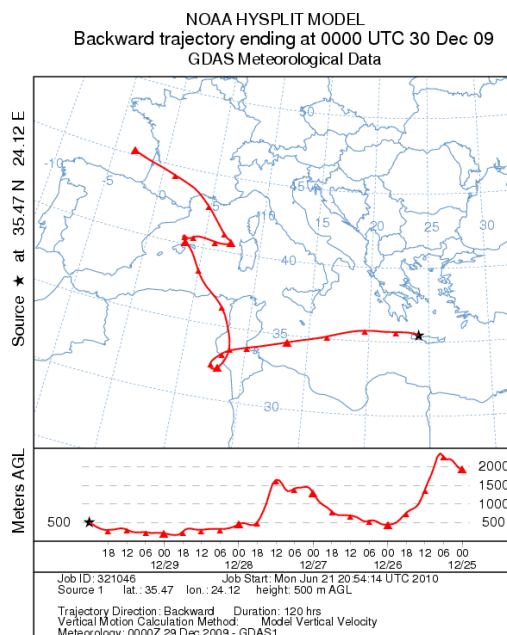
Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 2:00 και τελείωσε στις 7:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση αυτή τη μέρα ήταν $39\mu\text{g}/\text{m}^3$, δηλαδή παρόλο που υπήρχε επεισόδιο δεν ξεπεράστηκε το ημερήσιο όριο. Η μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση που καταγράφηκε ήταν $157,5\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Από το σχήμα II.67 συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από το Μαρόκο, την Αλγερία, την Τυνησία και τη Λιβύη.



Σχήμα Π.67: Πετροπορεία των αερίων μαζών στις 24/12/2009.

Επεισόδιο σκόνης 29-30/12

Αυτό το επεισόδιο ξεκίνησε στις 21:00 στις 29/12 και τελείωσε στις 8:00 στις 30/12. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 29 ήταν $29,32\mu\text{g}/\text{m}^3$ και στις 30/12 ήταν $44,33\mu\text{g}/\text{m}^3$ δηλαδή υψηλότερη αλλά και πάλι κάτω από το ημερήσιο όριο. Η μέγιστη μέση ωριαία συγκέντρωση που καταγράφηκε ήταν $77\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από το σχήμα II.68 συμπεραίνεται ότι η σκόνη προήλθε από το την Αλγερία και την Τυνησία.

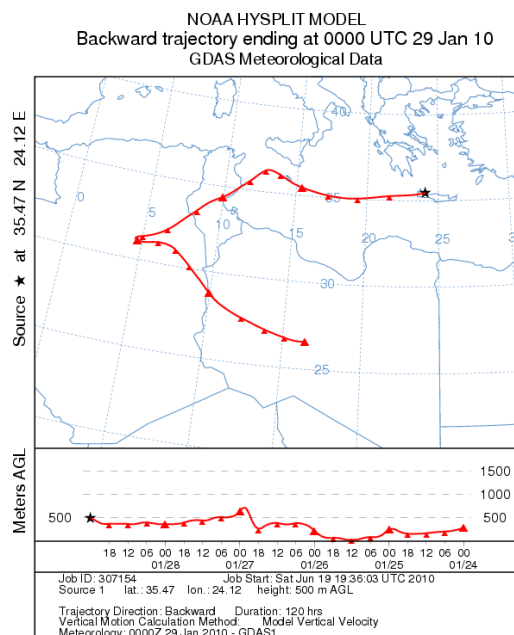


Σχήμα Π.68: Ρетроπορεία των αερίων μαζών στις 30/12/2009.

Π.7. Επεισόδια μεταφοράς σκόνης για το έτος 2010

Επεισόδιο σκόνης 28-29/1

Το επεισόδιο ξεκίνησε 28/1 12:00 και τελείωσε 29/1 08:00 με μέγιστη συγκέντρωση τα $163,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 19:00 στις 28/2. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση ήταν $85,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 28 και $63,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις 29. Από τη ρетроπορεία των αερίων μαζών αέρα αυτών των ημερών (σχήμα Π.69) από τις οποίες συμπεραίνεται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στο σταθμό του Ακρωτηρίου πέρασαν από την περιοχή της ερήμου Σαχάρα και συγκεκριμένα από τη Λιβύη, την Αλγερία και την Τυνησία.

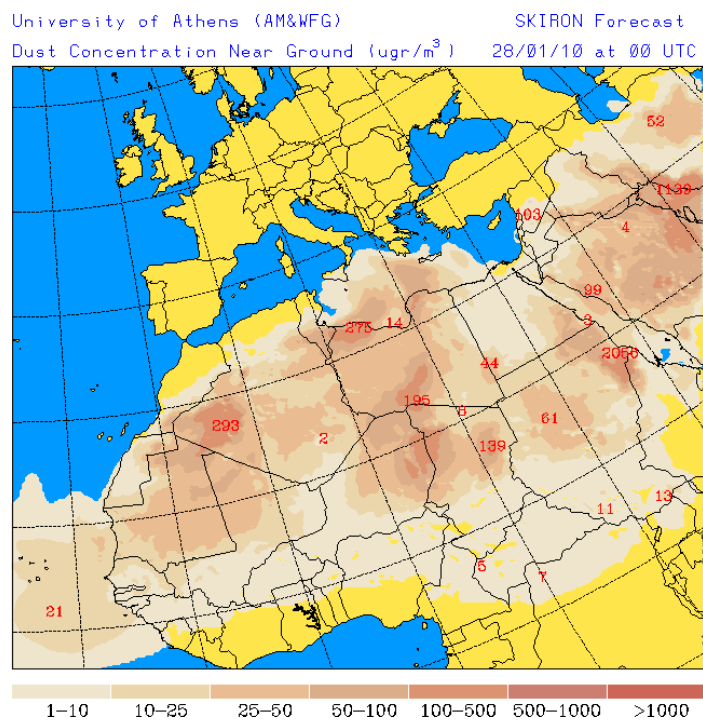


Εικόνα Π.69: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 29/01/2010

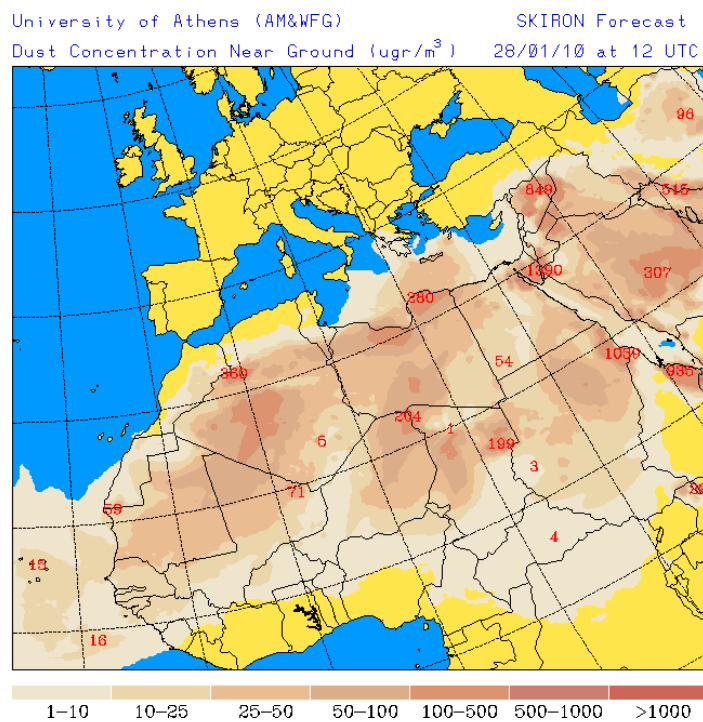
Γι' αυτό το επεισόδιο υπάρχουν και εικόνες από το προγνωστικό μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ. Στο σχήμα Π.70 φαίνονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις PM 10 κατά τη διάρκεια του επεισοδίου και στα σχήματα Π.71, Π.72, Π.73 οι συγκεντρώσεις TSP. Το μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ είχε προβλέψει για τις 28/1 στις 2:00 (σχήμα Π.71) και στις 14:00 (σχήμα Π.72) ότι η μεταφορά TSP από τη Σαχάρα στη περιοχή ενδιαφέροντος θα ήταν 25-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 29/1 στις 14:00 1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στα σχήματα βλέπουμε ότι το μοντέλο επαληθεύεται αφού στις 28/1 οι συγκεντρώσεις PM 10 είναι αυξημένες ενώ στις 29/1 όχι.



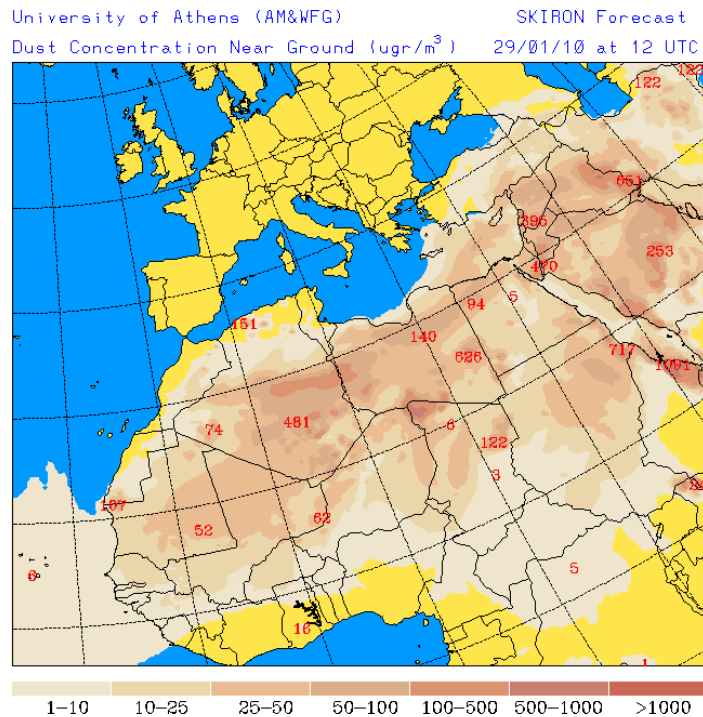
Σχήμα Π.70: Συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM 10 κατά το επεισόδιο σκόνης 28-29/1.



Σχήμα II.71: Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 28/2 στις 2:00.



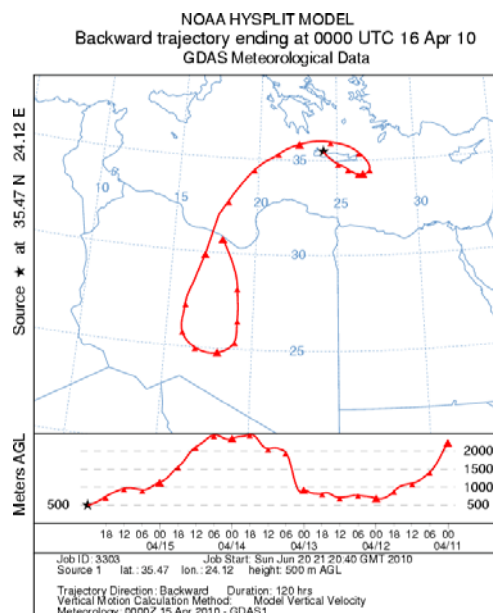
Σχήμα II.72: Πρόβλεψη μοντέλου SKIRON για τις 28/1 στις 14:00.



Σχήμα II.73: Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 29/1 στις 14:00.

Επεισόδιο σκόνης 16/4

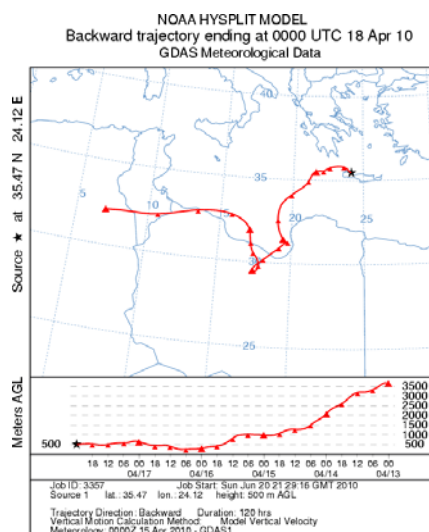
Το επεισόδιο αυτό ξεκίνησε 15/4 στις 23:00 και τελείωσε στις 17/4 στις 8:00, με μέγιστη συγκέντρωση τα $279 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 16/4 στις 21:00. Η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 16/4 ήταν $55,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Στην σχήμα II.74 παρατηρείται ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στον σταθμό πέρασαν πάνω από την Λιβύη.



Σχήμα II.74: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 16/04/2010.

Επεισόδιο σκόνης 18-20/4

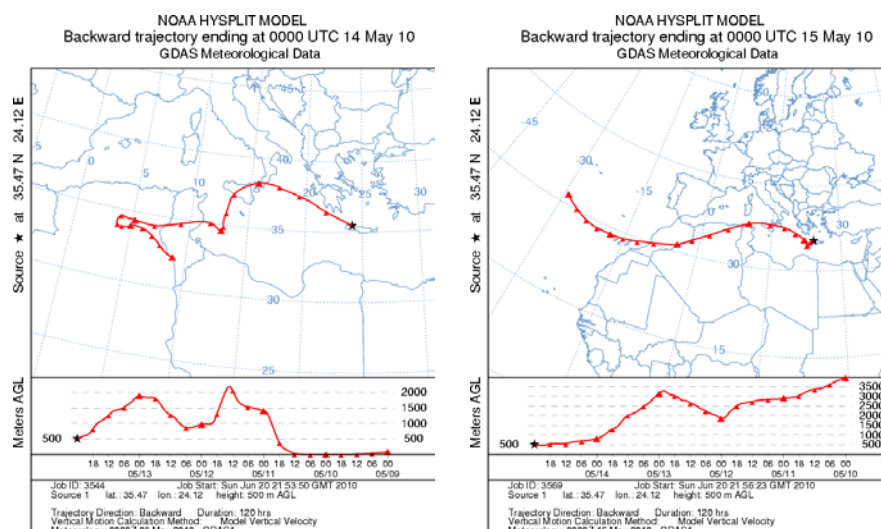
Αυτό το επεισόδιο σκόνης ξεκίνησε 18/4 στις 18:00 και τελείωσε 20/4 στις 7:00. Η μέγιστη συγκέντρωση ήταν $105\mu\text{g}/\text{m}^3$ και η μέση ημερήσια συγκέντρωση στις 18/4 ήταν $53,8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ στις 19/4 $63,4\mu\text{g}/\text{m}^3$. Από την ρетроπορεία των αερίων μαζών γίνεται αντιληπτό ότι οι αέριες μάζες πριν φτάσουν στον σταθμό πέρασαν από την Αλγερία, την Τυνησία και τη Λιβύη



Σχήμα II.75: Ρетроπορεία των αερίων μαζών 18/04/2010.

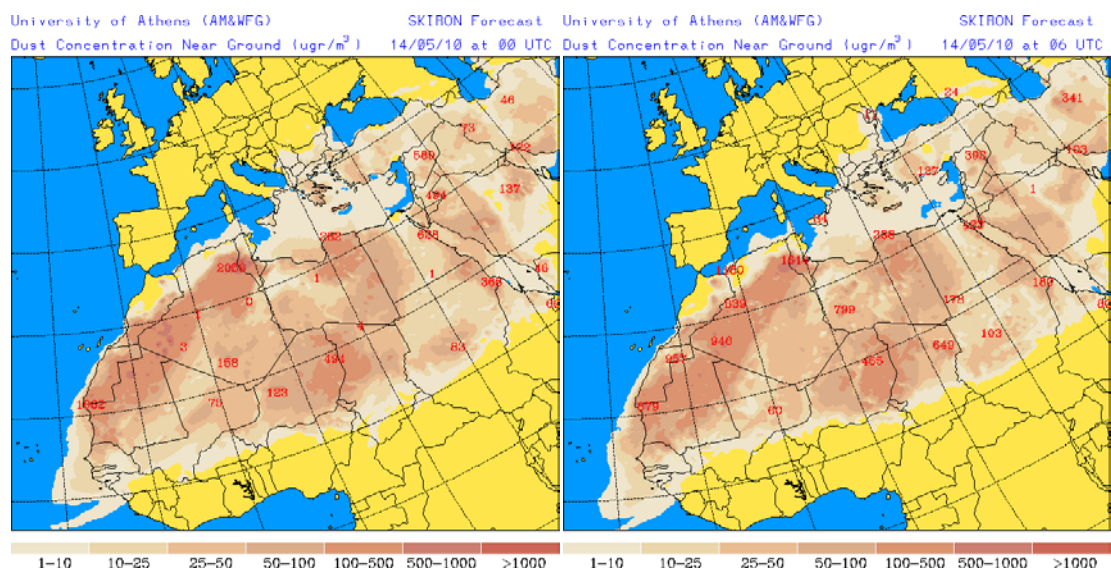
Επεισόδια σκόνης 14/5 15/5

Μέσα σ' αυτό το διήμερο εκδηλώθηκαν τρία επεισόδια σκόνης. Το πρώτο ξεκίνησε 14/5 15:00 και τελείωσε 14/5 21:00 με μέγιστη συγκέντρωση $250\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το δεύτερο ξεκίνησε 14/5 στις 23:00 και τελείωσε 15/5 στις 07:00 με μέγιστη συγκέντρωση $193\mu\text{g}/\text{m}^3$. Το τελευταίο και με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου μέχρι $10\mu\text{m}$ ξεκίνησε στις 15/5 στις 12:00 και τελείωσε στις 15/5 στις 00:00. Η μέγιστη συγκέντρωση σ αυτό το επεισόδιο ήταν $490\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο πρώτο επεισόδιο οι αέριες μάζες μεταφέρθηκαν από την ανατολική Αλγερία και την Τυνησία (σχήμα II.76A) ενώ στα δύο επόμενα από την βόρεια Αλγερία και το Μαρόκο (σχήμα 76B).

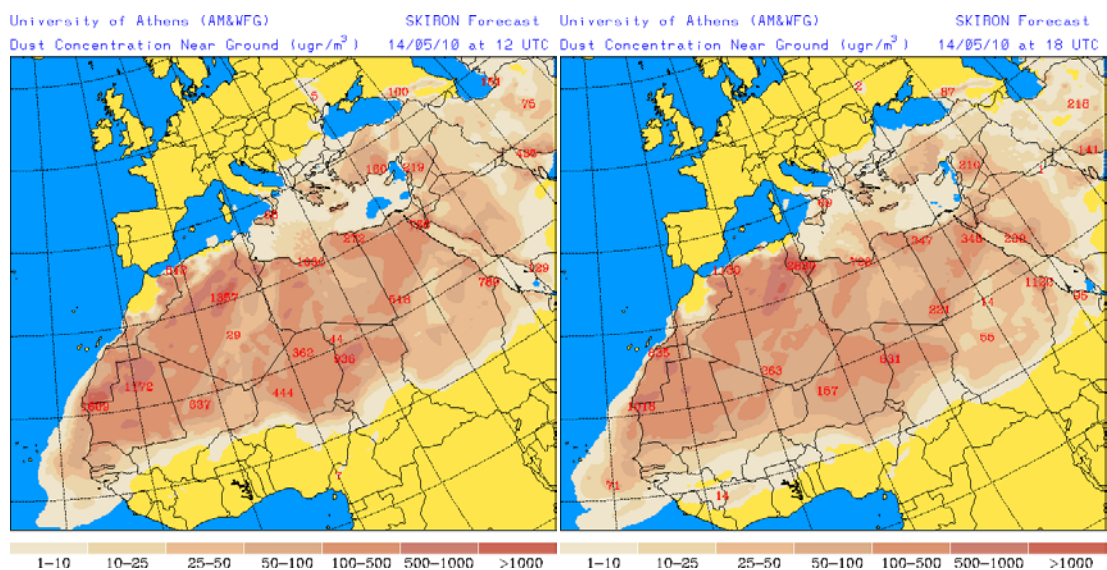


Σχήμα II.76: Α)Ρetroπορεία των αερίων μαζών στις 14/05/2010 Β)Ρetroπορεία των αερίων μαζών στις 15/5/2010.

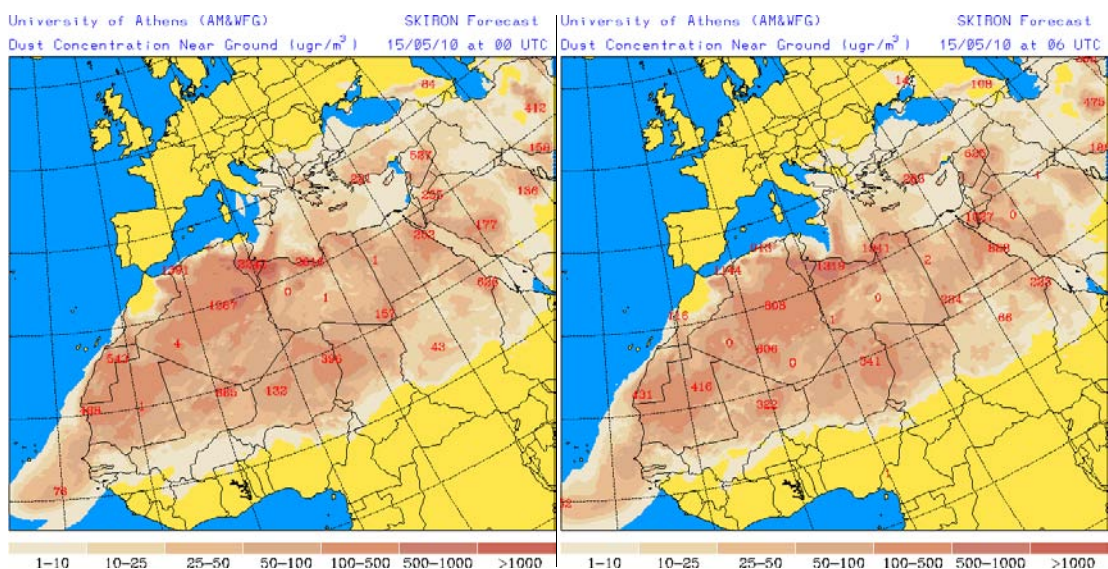
Από τις εικόνες που μας δίνει το μοντέλο ΣΚΙΡΩΝ βλέπουμε ότι είχε προβλεφθεί η μεταφορά σκόνης αυτό το διήμερο. Για τις 14/5 είχε προβλεφθεί για τις 15:00 (σχήμα II.78Α) και τις 21:00 (σχήμα II.78Β) καθώς και για τις 15:00 στις 15/5 (σχήμα II.80Α) μεταφορά ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (TSP) συγκέντρωσης $100-500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σύμφωνα με τη χρωματική μπάρα, ενώ για τις υπόλοιπες ώρες συγκέντρωσης $50-100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (σχήματα II.77Α, II.77Β, II.79Α, II.79Β). Το πρώτο επεισόδιο κράτησε από τις 15:00 μέχρι τις 21:00 στις 14/5 όπου και το μοντέλο είχε προβλέψει υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων. Το τρίτο ξεκίνησε 15/5 στις 12:00 και τελείωσε στις 00:00 με μέγιστες συγκεντρώσεις από τις 14:00 μέχρι τις 16:00. Έτσι επαληθεύεται το μοντέλο που στις 15:00 δίνει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από ότι τις άλλες ώρες.



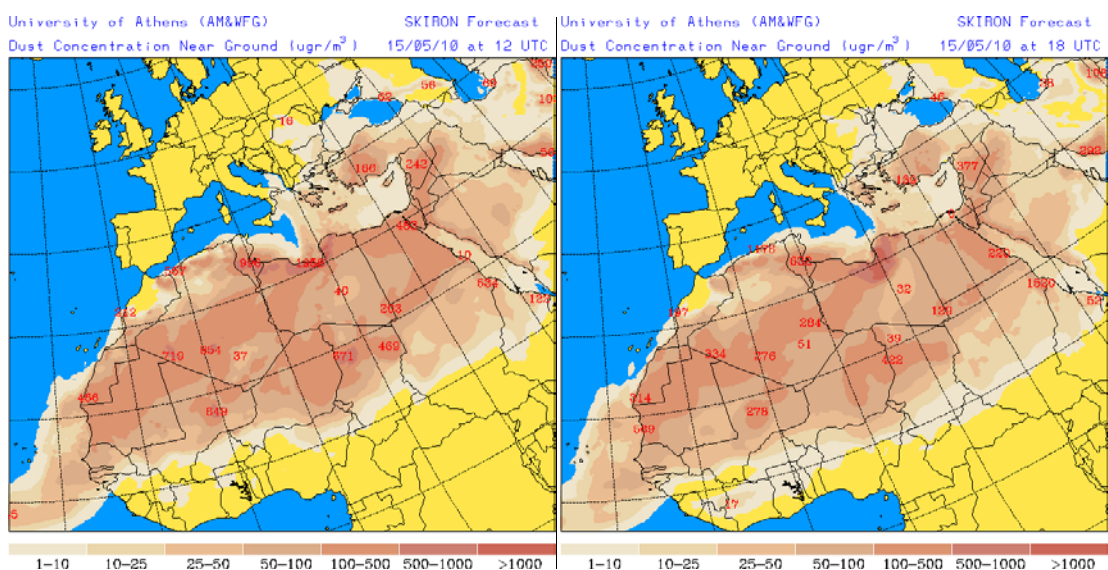
Σχήμα II.77: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 14/5 στις 03:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 14/5 στις 09:00



Σχήμα II.78: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 14/5 στις 15:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 14/5 στις 21:00.



Σχήμα II.79: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 15/5 στις 03:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 15/5 στις 09:00.



Σχήμα II.80: Α) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 15/5 στις 15:00 Β) Πρόβλεψη μοντέλου ΣΚΙΡΩΝ για τις 15/5 στις 21:00.