

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Εκτίμηση αερίων εκπομπών σε χώρους
αεροδρομίου στην ατμοσφαιρική αέρια ρύπανση*

ΚΛΑΤΣΙΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθ. ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

Καθ. ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Επικ. Καθ. ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ

ΧΑΝΙΑ 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω...

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Λαζαρίδη Μιχάλη που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα της διπλωματικής μελέτης καθώς επίσης και για την υποστήριξη που μου παρείχε σε όλο το διάστημα της διαικπεραίωσης της.

Την Χαλβατζάκη Ελευθερία για την εξαιρετική και πολυποίκιλη βοήθεια της στη διαδικασία της μοντελοποίησης.

Τον Κλατσιά Κωνσταντίνο για τη σημαντική συνεισφορά του, όσον αφορά την ανάπτυξη, κωδικοποίηση και αποσφαλματοποίηση του προγράμματος “Κώδικας Κατανομής Συντελεστών”.

Τον Δρ. Λαγκουβάρδο Κωνσταντίνο για το παροχή των μετεωρολογικών δεδομένων από το μετεωρολογικό σταθμό των Σπάτων.

Τον κ. Πλιάκα Γεώργιο (Προιστάμενος αερολιμενικού ελέγχου, αερολιμένα «Ν.Καζαντζάκης») για την παροχή πληροφοριών λειτουργίας αεροδρομιών.

Την κ. Τσαγκρώνη Παρασκευή (Airport Slot Coordination Specialist, «ΕΙ. Venizelos») για την παροχή του ημερήσιου προγράμματος πτήσεων και άλλων παραμέτρων.

Την Σιαμάρκου Ελένη για την αμέριστη βοήθεια και τη συμπαράσταση της σε όλα τα επίπεδα..

στην οικογένεια μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εκτίμηση του επιπέδου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκύπτει στους χώρους του αεροδρομίου και στις γειτονικές αστικές περιοχές, από τις αέριες εκπομπές των αεροσκαφών σε διεργασίες εντός του αερολιμένα.

Η διαδικασία που ακολουθείται, περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της μάζας εκπομπών και κατ επέκταση του ρυθμού εκπομπής στα διαφορετικά στάδια λειτουργίας των κινητήρων αεροσκάφους τύπου Airbus A320. Έπειτα προσδιορίζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα βάση της άντλησης δεκάλεπτων μετεωρολογικών παραμέτρων από τα Σπάτα. Εν συνεχεία χρησιμοποιείται το πρόγραμμα κατανομής συντελεστών για τον προσδιορισμό του ημερησίου προγράμματος πτήσεων. Με την προσθήκη των παραπάνω στο μοντέλο διασποράς Industrial Source Complex – Short Term, πραγματοποιούνται διαδοχικές εκτελέσεις και προκύπτουν βραχυπρόθεσμες (ημερήσιες) ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις ρύπων, που αποτελούν το “πραγματικό σενάριο”. Ακολούθως προκύπτουν και οι συγκεντρώσεις ρύπων που είναι αποτέλεσμα των μοντελοποιημένων συνθηκών που προκαλούν το “χειρότερο σενάριο” για τις γειτονικές αστικές περιοχές. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις που προκύπτουν από το μοντέλο διασποράς και για τα δύο σενάρια, συγκρίνονται με τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις που προτείνουν ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO) και η αμερικανική υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος (U.S EPA). Τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΔΑΑ : Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών

ΔΠΠΑ : Δίκτυο Παρακολούθησης Ποιότητας Αέρα

MTB : Main Terminal Building

ΔΟΠΑ : Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας

ICAO : International Civil Aviation Organization

ALAQS : Airport Local Air Quality Studies

Π.Ο.Υ: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

WHO: World Health Organization

U.S EPA : United States Environmental Protection Agency

CO: Carbon Monoxide

THC : Total Hydrocarbons

TOC : Total Organic Compound

VOC : Volatile Organic Compound

NO_x : Nitrogen oxides

NO : Nitrogen monoxide

NO₂ : Nitrogen dioxide

PM₁₀ : Particulate Matter of diameter $\leq 10 \mu\text{m}$

SO_x : Sulphur oxides

CO₂ : Carbon dioxide

ISC – ST : Industrial Source Complex – Short Term

LTO : Landing-Take-Off cycle

TF : Turbo Fan

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	9
1.1. Γενικά.....	9
1.2. Περιγραφή αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος.....	11
1.3. Ιστορικό ετήσιας κινητικότητας αεροσκαφών.....	13
2. Περιγραφή ρύπων.....	14
2.1. Γενικά.....	14
2.2. Μονοξείδιο του Άνθρακα.....	15
2.3. Υδρογονάνθρακες.....	15
2.4. Οξείδια του Αζώτου.....	16
2.5. Αιωρούμενα Σωματίδια.....	17
2.6. Οξείδια του Θείου.....	17
3. Ανάλυση μεθοδολογίας.....	18
3.1. Εισαγωγή.....	18
3.2. Περιγραφή διεργασιών.....	18
3.3. Μεθοδολογία εκτίμησης αερίων εκπομπών.....	20
3.3.1. Εισαγωγή.....	20
3.3.2. Προσδιορισμός αερίων εκπομπών.....	21
3.3.3. Βάση δεδομένων κινητήρα.....	22
3.3.4. Σενάριο κίνησης αεροσκαφών.....	24
3.3.5. Ανάλυση μεθοδολογίας στους υπό μελέτη χώρους.....	26
3.3.6. Εκτίμηση συντελεστών εκπομπής ρύπων.....	26
3.3.7. Αέριες εκπομπές στις επιφάνειες ρελαντί.....	28
3.3.8. Αέριες εκπομπές στις επιφάνειες τροχοδρόμησης.....	29

3.3.9. Αέριες εκπομπές στην επιφάνεια χρονοκαθυστέρησης.....	30
3.3.10. Αέριες εκπομπές στην επιφάνεια απογείωσης.....	31
3.3.11. Αέριες εκπομπές στην επιφάνεια προσγείωσης.....	32
3.4. Μεθοδολογία εκτίμησης μετεωρολογικών παραμέτρων.....	33
3.4.1. Εισαγωγή.....	33
3.4.2. Εκτίμηση διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου.....	34
3.4.3. Εκτίμηση θερμοκρασίας.....	36
3.4.4. Εκτίμηση κλάσης ισορροπίας.....	36
3.4.5. Εκτίμηση ύψους ανάμιξης.....	37
3.4.6. Μετεωρολογικά αποτελέσματα.....	39
3.5. Μεθοδολογία εκτίμησης συντελεστών κατανομής.....	44
3.5.1. Εισαγωγή.....	44
3.5.2. Διαγραμματική περιγραφή προγράμματος.....	45
4. Μοντέλο εκτίμησης διασποράς ρύπων.....	57
4.1. Εισαγωγή.....	57
4.2. Περιγραφή μοντέλου διασποράς ISC-ST.....	57
4.3. Αποτελέσματα μοντέλου (Πραγματικό Σενάριο).....	59
4.4. Συμπεράσματα για το «πραγματικό σενάριο».....	80
4.5. Συνθήκες «χειρότερου σεναρίου».....	88
4.5.1. Εισαγωγή.....	88
4.5.2. Αποτελέσματα μοντέλου (Χειρότερο Σενάριο).....	89
4.5.3. Συμπεράσματα για το «χειρότερο σενάριο».....	90
5. Προτάσεις για περιορισμό της ρύπανσης	92
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Α].....	96
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Β].....	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Γ].....	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Δ].....	112
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Ε].....	125

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Η ανάπτυξη της κίνησης των αεροδρομίων έχει μεγάλη επίδραση στην οικονομία και ανάπτυξη μιας χώρας. Τα οικονομικά οφέλη, διαφαίνονται στα επίγεια μέσα μαζικών μεταφορών, στο τουρισμό, στην δημιουργία, λειτουργία και εξέλιξη ξενοδοχειακών μονάδων, στην εστίαση, στις οικονομικές υπηρεσίες μέχρι και στη λιανική πώληση [Κορμανιώτης, 2012]. Επιπροσθέτως, αναπτύσσεται μία πολιτισμική γέφυρα όσον αφορά τη γνωριμία των λαών με τα ήθη, έθιμα και παράδοση κάθε περιοχής. Ταυτόχρονα με την ανάπτυξη των αερομεταφορών, προκύπτουν και περιβαλλοντικά ζητήματα που ενίοτε έρχονται σε αντιπαράθεση με την ανάπτυξη και τη βιωσιμότητα. Ένα από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που αναδεικνύονται είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση.

Κάθε αερολιμένας αποτελεί μια συνεχή πηγή εκπομπών αερίων ρύπων. Όσον αφορά τα αεροσκάφη, οι εκπομπές ρύπων συμβάλουν στο 3% των συνολικών εκπομπών στην ΕΕ, ενώ στον τομέα των μεταφορών οι εκπομπές ρύπων αγγίζουν το 13% των συνολικών εκπομπών. Σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι αέριες εκπομπές των αερομεταφορών, συνεισφέρουν σε μία αύξηση κατά 3,5% σε παγκόσμια κλίμακα. Όσον αφορά τη μείωση της στοιβάδας του όζοντος, το αντίστοιχο ποσοστό είναι 1,2%. Τα παραπάνω ποσοστά σε συνδυασμό με τους γοργούς ρυθμούς ανάπτυξης των αερομεταφορών θα αυξηθούν σημαντικά. Εκτιμάται ότι, μέχρι το 2025 η συμβολή των αερίων εκπομπών στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα ανέλθει στο 8% και στη μείωση της στοιβάδας του όζοντος στο 6,45% [Βουτυράκης, 2009]. Εκτός από την παγκόσμιας κλίμακας επίδραση των αερίων εκπομπών από αεροσκάφη, στην ατμοσφαιρική ρύπανση, προστίθενται οι δευτερεύουσες εκπομπές από άλλες δραστηριότητες των αεροδρομίων όπως οδικό δίκτυο, οχήματα υποστήριξης αεροσκαφών, συγκαταλέγοντας έτσι ένα πολυσύχναστο αεροδρόμιο στην ίδια κατηγορία πηγών ρύπανσης με τις βιομηχανίες παραγωγής, χημικών και διυλιστήρια [Βουτυράκης, 2009].

Η κίνηση των αεροδρομίων ως στερέωμα της ελληνικής τουριστικής βιομηχανίας, προκαλεί περιβαλλοντικά ερωτήματα σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση, σε τοπικό επίπεδο, τόσο για τις γειτονικές περιοχές όσο και για την ίδια λειτουργία των αεροδρομίων. Το παραπάνω συμπέρασμα ενισχύεται από τις κατά καιρούς δημοσιεύσεις ανακοινώσεων σε εφημερίδες [Βαφειάδης Νίκος (Καθημερινή), 2008] και διακηρύξεων [Διακήρυξη, 2007]. Τα ζητήματα που προκύπτουν οφείλονται στην ανεπαρκή υποστήριξη μιας τυποποιημένης μεθόδου παρακολούθησης των εκπομπών με αποτέλεσμα να παρατηρούνται ασάφειες όσον αφορά την ακρίβεια και την εγκυρότητα των δεδομένων που ήδη χρησιμοποιούνται [Ayce Celikel, 2011]. Οι μέθοδοι που υποστηρίζονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες των αεροδρομίων, περιλαμβάνουν καταγραφή μάζας εκπομπών NO_x, CO, THC των κύκλων προσγειώσεων-απογειώσεων των αεροσκαφών, των οχημάτων υποστήριξης και της κυκλοφορίας του οδικού δικτύου σε ετήσια βάση. Επίσης χρησιμοποιείται ένα σύστημα δικτύου παρακολούθησης ποιότητας αέρα που περιλαμβάνει, εγκατεστημένους σταθμούς σε γειτονικές αστικές περιοχές (στη περίπτωση του ΔΑΑ είναι εγκατεστημένοι στα Γλυκά Νερά, Παλλήνη, Σπάτα, Κορωπί, Μαρκόπουλο και περιλαμβάνεται και ένας κινητός σταθμός) [Υπηρεσία Περιβάλλοντος ΔΑΑ, 2012]. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, ακολουθούν όμοια στρατηγική με τις υπηρεσίες των αεροδρομίων. Τυπικό παράδειγμα αποτελεί μελέτη καταγραφής της μάζας αερίων εκπομπών όλων των δραστηριοτήτων αεροδρομίου και γραφική απεικόνιση της, με σύστημα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, στους χώρους των αεροδρομίων [Ayce Celikel, 2011].

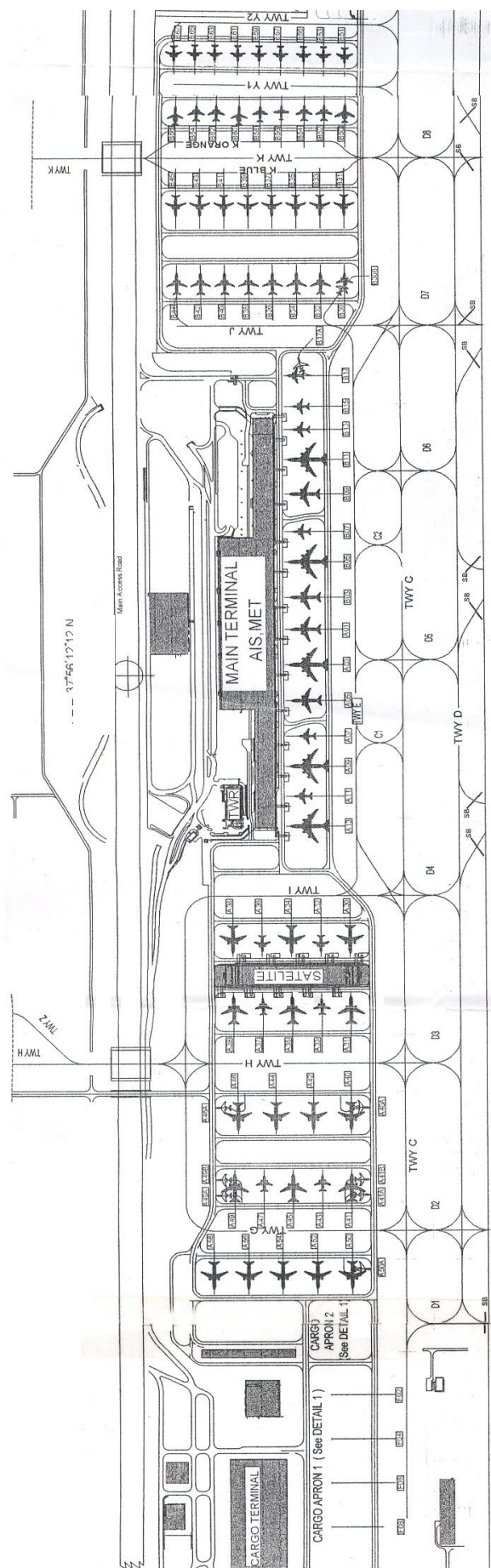
Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται μια πρόσθετη προσέγγιση. Για την αξιολόγηση της επίδρασης των αερίων εκπομπών στην ατμοσφαιρική αέρια ρύπανση χρησιμοποιούνται, μέθοδοι καταγραφής εκπομπών σε όλα τα στάδια λειτουργίας των αεροσκαφών, η χωρική κατανομή τους στο υπό μελέτη αεροδρόμιο, η μοντελοποίηση διασποράς και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων σε μορφή συγκεντρώσεων. Στόχος της μελέτης αποτελεί η βασική εναρμόνιση των παραπάνω διεργασιών, εξ ολοκλήρου, σε ένα γκαούσιανό μοντέλο διασποράς, με σκοπό τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης συμβατικών ρύπων, όπως CO, THC, NO_x, PM₁₀, SO_x, σε

καρτεσιανές συντεταγμένες και η εκτίμηση των επιπτώσεων που προκαλούν στο τοπικής κλίμακας περιβάλλον.

1.2. Περιγραφή αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος

Ο αερολιμένας στον οποίο εφαρμόζονται οι παραπάνω διεργασίες είναι ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος». Η λειτουργία του αεροδρομίου ξεκίνησε στις 29 Μαρτίου του 2001 αντικαθιστώντας το Διεθνές Αεροδρόμιο του Ελληνικού που εξυπηρετούσε για έξι δεκαετίες την Αθήνα. Πρόκειται για αερολιμένα που καλύπτει όλων των ειδών πτήσεων της πολιτικής αεροπορίας. Βρίσκεται ανατολικά των Αθηνών, στην περιοχή με συντεταγμένες $37^{\circ} 48' 55'' N$, $23^{\circ} 45' 36'' E$.

Αποτελείται από ένα κύριο τερματικό σταθμό (MTB – Main Terminal Building) και ένα δορυφορικό (Satelite). Περιλαμβάνει δύο ασφαλτοστρωμένους διαδρόμους απογειώσεων και προσγειώσεων. Για απογειώσεις χρησιμοποιείται ο **03R/21L** με διαστάσεις 4.000 μ. μήκος και 45 μ. πλάτος και για προσγειώσεις ο **03L/21R** με μήκος 3.800 μ. και πλάτος όμοιο με τον 03R/21L [Wikipedia, 2013]. Η ονοματολογία των θέσεων στάθμευσης και διαδρόμων τροχοδρόμησης παρατίθενται στο παρακάτω σχήμα ελλιμενισμού (σχήμα 1.)



B67	B65	B63	B61	B59	B57	B55	B53	B51
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

B66	B64	B62	B60	B58	B56	B54	B52	B50
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

B45	B43	B41	B39	B37	B35	B33	B31
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

B44	B42	B40	B38	B36	B34	B32	B30
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

B15
B13
B11
B09
B07
B05
B03
A01
A03
A05
A07
A09
A11
A13

A38	A36	A34	A32	A30
-----	-----	-----	-----	-----

A39	A37	A35	A33	A31
-----	-----	-----	-----	-----

A46	A44	A42	A40
-----	-----	-----	-----

A49	A47	A45	A43	A41
-----	-----	-----	-----	-----

A58	A56	A54	A52	A50
-----	-----	-----	-----	-----

Σχήμα 1. (Απεικόνιση Ελλιμενισμού Αεροσκαφών)

1.3. Ιστορικό ετήσιας κινητικότητας αεροσκαφών

Σύμφωνα με την απογραφή της ετήσιας κίνησης των αεροσκαφών (διάγραμμα 1) από την ημέρα λειτουργίας του αεροδρομίου έως το δεκέμβριο του 2012 έχει ως εξής [ΔΑΑ, 2012]:

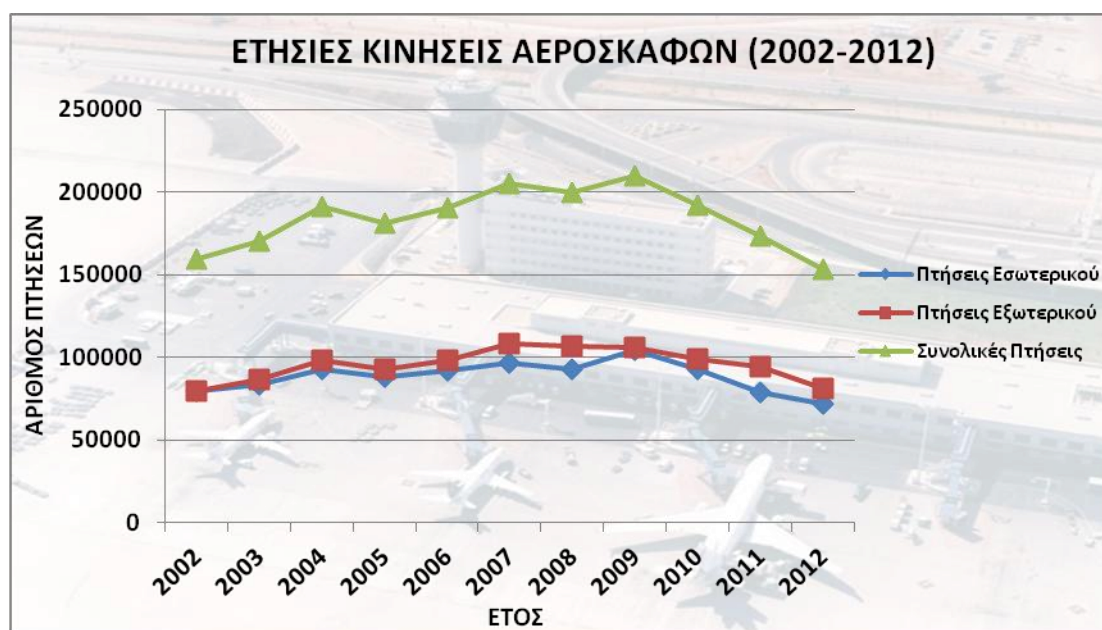
Με την έναρξη της λειτουργίας του αεροδρομίου (2002) καταμετρήθηκαν 79.858 πτήσεις εσωτερικού, 79.609 πτήσεις εξωτερικού και σύνολο 159.467 πτήσεις. Το 2003 σημειώθηκε μια αύξηση της τάξης του 6,7% σε σχέση με το 2002 όπου καταμετρήθηκαν 83.572 πτήσεις εσωτερικού και 86.557 πτήσεις εξωτερικού, σύνολο 170.129 πτήσεις. Η μεγαλύτερη αύξηση της κίνησης αεροσκαφών που σημειώθηκε στην ιστορία του αεροδρομίου, ήταν το 2004, αποτέλεσμα της τέλεσης των Ολυμπιακών Αγώνων με ποσοστό 12,3% σε σχέση με το 2003 με πτήσεις εσωτερικού 92.499 και πτήσεις εξωτερικού 98.549. Από το 2005 έως το 2008 παρατηρήθηκαν κάποιες αυξομειώσεις στο ποσοστό κίνησης με τελικό αποτέλεσμα, το 2008, το ποσοστό σε σχέση με το 2005 να είναι αυξημένο κατά 3,44%, με πτήσεις εσωτερικού 92.911 και πτήσεις εξωτερικού 106.507, δείγμα της ορθολογικής τουριστικής προώθησης της Ελλάδας κυρίως στο εξωτερικό.

Το 2009 αποτέλεσε μια κομβική χρονιά για την μέχρι σήμερα εξέλιξη. Τα δεδομένα δείχνουν ότι υπήρχε μια ραγδαία αύξηση στις πτήσεις του εσωτερικού, με αριθμό 104.423 πτήσεις και μία μικρή μείωση στις πτήσεις του εξωτερικού με αριθμό 105.724 σε σχέση με το 2008. Συνολικά σημειώθηκε μία άνοδος από το 2008 της τάξης του 5,4% με το σύνολο των πτήσεων να αγγίζει τις 210.147, αριθμός που αποτελεί τη μέγιστη κινητικότητα αεροσκαφών από το 2002 μέχρι και σήμερα. Τα στοιχεία όμως αυτά αποδείχθηκαν πλασματικά για την μετέπειτα κινητικότητα του αεροδρομίου καθώς μόνο η συμβολή των πτήσεων εσωτερικού ήταν αυτές που συντέλεσαν στην έξαρση της κινητικότητας.

Το 2010, η διεθνής κρίση και η δύσκολη χρηματοοικονομική κατάσταση που επήλθε στην Ελλάδα, σηματοδότησε την αρχή της πτώσης κινητικότητας των αεροσκαφών. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (ηφαιστειακή τέφρα τον Απρίλιο και ισχυρές χιονοπτώσεις τον Δεκέμβριο) καθώς επίσης η αναδιάρθρωση του δικτύου των ελληνικών αερομεταφορέων. Συγκεκριμένα όσον αφορά τις πτήσεις εσωτερικού, σημειώθηκαν 92.515 ενώ

οι πτήσεις εξωτερικού άγγιξαν τις 99.251, συνολικών πτήσεων 191.766 παρουσιάζοντας μια μείωση της τάξης του 8,7% από το 2009.

Από το 2011 μέχρι το 2012, που αποτελεί και η χρονιά ενδιαφέροντος αυτής της μελέτης, η συνεχιζόμενη χρηματοοικονομική κατάσταση της χώρας προκάλεσε μία πτώση 21,1% στις συνολικές πτήσεις σε σχέση με το 2010. Συγκεκριμένα το 2012 οι πτήσεις εσωτερικού ήταν 71.905 και οι πτήσεις εξωτερικού 81.390, συνολικών πτήσεων 153.295, παραπέμποντας έτσι στην εποχή έναρξης λειτουργίας του αεροδρομίου, το 2002.



Διάγραμμα 1. (Ετήσια κινητικότητα αεροσκαφών από την εποχή έναρξης λειτουργίας του αεροδρομίου έως το Δεκέμβριο του 2012)

2. Περιγραφή ρύπων

2.1. Γενικά

Οι ρύποι που μελετώνται στη παρούσα μελέτη είναι, το Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO), οι Υδρογονάνθρακες (THC), τα Οξείδια του Αζώτου (NOx), τα Αιωρούμενα Σωματίδια (PM₁₀) και τα Οξείδια του Θείου (SOx). Αυτοί αποτελούν τους κυριότερους ρύπους γνωστοί και ως συμβατικοί ρύποι (criteria pollutants), που καθορίζουν την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.

2.2. Μονοξείδιο του Άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα προϊόντα της καύσεως της οργανικής ύλης υπό συνθήκες περιορισμένης παροχής οξυγόνου, το οποίο αποτρέπει την πλήρη οξείδωση σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Είναι άχρωμο και άοσμο αέριο. Οι συνθήκες περιορισμένης παροχής οξυγόνου, εμφανίζονται σε στάδια λειτουργίας αεροσκαφών κάτω από χαμηλή ώθηση, δηλαδή σε χώρους ρελαντί και τροχοδρόμησης. Η έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε δηλητηρίαση, ακόμη και σε θάνατο. Τα συχνότερα συμπτώματα της δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα είναι πονοκέφαλος, ζαλάδα, αδυναμία, ναυτία και εμετός, πόνος στο στήθος και σύγχυση. Έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια των αισθήσεων και θάνατο. Ο μηχανισμός της δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα περιγράφεται ακολούθως. Η αιμοσφαιρίνη που βρίσκεται μέσα στα ερυθρά αιμοσφαίρια συνδέεται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά με το μονοξείδιο του άνθρακα παρά με το οξυγόνο. Αν υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση CO στην ατμόσφαιρα, τότε μεγάλο ποσοστό των ερυθρών αιμοσφαιρίων θα μεταφέρει μονοξείδιο του άνθρακα αντί το οξυγόνο που χρειάζονται όλοι οι ανθρώπινοι ιστοί για να λειτουργήσουν. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη των ιστών, ακόμη και σε θάνατο [Οικονομόπουλος, 2000]. Τα όρια ασφαλείας που έχουν τεθεί από τον ΠΟΥ για το μονοξείδιο του άνθρακα είναι τα $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3. Υδρογονάνθρακες

Οι υδρογονάνθρακες αποτελούν όλες τις οργανικές ενώσεις που περιλαμβάνουν άνθρακα και υδρογόνο. Εκπροσωπούνται από το γενικό χημικό τύπο C_xH_y . Συναντώνται σε πολλές μορφές στη φύση, είτε ως ευθείες αλυσίδες ή διακλαδισμένες, κορεσμένοι ή ακόρεστοι, κυκλικοί ή πολυκυκλικοί και αντιδρούν με άλλα στοιχεία όπως οξυγόνο, χλώριο, άζωτο, θείο σχηματίζοντας ένα μεγάλο φάσμα παραγώγων. Οι υδρογονάνθρακες που παίζουν καταλυτική σημασία στην ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζονται αέριοι και πτητικοί υδρογονάνθρακες και είναι αυτοί που περιέχουν λιγότερα από δώδεκα άτομα άνθρακα. Υδρογονάνθρακες με μεγαλύτερο μοριακό βάρος, βρίσκονται στην ατμόσφαιρα ως αεροζόλ [Οικονομόπουλος, 2000]. Οι συντελεστές εκπομπής των υδρογονανθράκων που υπολογίζονται από τον

Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (ΔΟΠΑ) προκύπτουν από μέτρηση όλων των ολικών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) συμπεριλαμβανομένου και το μεθανίου [ICAO Engine Standards, 2003]. Η ανάλυση των υδρογονανθράκων σε πολλές πολύπλοκες ενώσεις και η ταυτοποίηση αυτών δεν έχει πραγματοποιηθεί για κινητήρες αεροσκαφών, με συνέπεια ο συντελεστής εκπομπής να περιλαμβάνει σε μια κατηγορία όλες τις ολικές οργανικές ενώσεις (TOC ή THC). Δεν υπάρχουν σαφή θεσμοθετημένα όρια ασφαλείας, με την Αμερικάνικη Υπηρεσία Περιβάλλοντος να θέτει ως όρια τα 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.4. Οξείδια του Αζώτου

Με τον όρο οξείδια του αζώτου γίνεται αναφορά στο αέριο μίγμα που αποτελείται από μονοξείδιο του αζώτου (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Το σύνολο τους συμβολίζεται ως NO_x. Το NO είναι άχρωμο, άγευστο, άοσμο και μη τοξικό αέριο. Το NO₂ ανάλογα με τη συγκέντρωση έχει χρώμα από ελαφρά κίτρινο ως ερυθροκαστανό και έντονη ερεθιστική οσμή. Εξ αιτίας της υψηλής οξειδωτικής του κατάστασης είναι εξαιρετικά τοξικό και διαβρωτικό. Το N₂ και το O₂ σε κανονικές θερμοκρασίες δεν αντιδρούν. Σε θερμοκρασίες καύσης όμως αντιδρούν και σχηματίζουν οξείδια του αζώτου, στα οποία το παραγόμενο ποσοστό του NO σε σχέση με το NO₂ θα είναι ανάλογο με τη θερμοκρασία της καύσης. Το NO μπορεί να αντιδράσει επιπλέον με O₂ ή με φωτοχημική αντίδραση με όζον και να οξειδωθεί σε NO₂ [Οικονομόπουλος, 2000]. Συνεπάγεται ότι η αναλογία παραγωγής NO και NO₂ παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις με τις εκπομπές του NO να είναι μεγαλύτερες το χειμώνα λόγω ταχείας ψύξης των καυσαερίων ενώ το καλοκαίρι το NO₂ είναι αυξημένο λόγω της άφθονης ηλιακής ακτινοβολίας που συμβάλει στη μετατροπή του NO σε NO₂. Όσον αφορά τα αεροσκάφη έχει αποδειχθεί ότι μεγαλύτερη παραγωγή NO₂ από οξείδια του αζώτου παρατηρούνται σε λειτουργίες χαμηλής ώθησης (ρελαντί και τροχοδρόμηση), ενώ σε λειτουργίες με υψηλή ώθηση (απογείωση) έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή NO. Τέλος, σύμφωνα με πειραματικές μετρήσεις σε κινητήρα CFM56-3B1 σε συνθήκες χαμηλής ώθησης, έχει αποδειχθεί ανεξάρτητα από την ύπαρξη όζοντος, ότι κάτω από 916 μέτρα ύψος, το 25% των NO_x μετατρέπεται σε NO₂, ενώ κάτω από 153 μέτρα ύψος το αντίστοιχο ποσοστό αγγίζει το 50% [Ezra C.Wood,

2008]. Τα θεσμοθετημένα όρια για το διοξείδιο του αζώτου είναι σύμφωνα με την Ε.Ε. στα $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [Ανδρεοπούλου, 2010]

2.5. Αιωρούμενα Σωματίδια

Ως αιωρούμενα σωματίδια χαρακτηρίζονται τα σωματίδια στερεής ή υγρής φάσης με πολύ μικρή αεροδυναμική διάμετρο που κυμαίνεται από $0,0002 \mu\text{m}$ μέχρι $200 \mu\text{m}$ και βρίσκονται στον αέρα. Τα στερεά ή υγρά σωματίδια λέγονται και αεροζόλ. Μπορούν να παρουσιάσουν μια τάση συσσωμάτωσης, καθώς και την ικανότητα να μεταφέρουν διάφορες χημικές ενώσεις ή και βιολογικούς ρυπαντές που προσκολλώνται πάνω τους [Λαζαρίδης, 2005]. Αυτό τα καθιστά σε περιπτώσεις τοξικά και συνεπώς βλαβερά για το αναπνευστικό σύστημα. Επιπροσθέτως, τα μη τοξικής προέλευσης αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν αρνητικά το αναπνευστικό, επιτρέποντας τα μικρής διαμέτρου σωματίδια να εισχωρήσουν στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα δημιουργώντας χρόνιες ασθένειες των πνευμόνων. Στο αναπνευστικό σύστημα εισέρχονται σωματίδια, κυρίως με διάμετρο μικρότερη των $10 \mu\text{m}$. Όσο μικραίνει η διάμετρος, πραγματοποιείται εισχώρηση στους κατώτερους αεραγωγούς και τις κυψελίδες [Οικονομόπουλος, 2000].

Το όριο ασφαλείας που έχει τεθεί για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των $10 \mu\text{m}$ είναι $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ το οποίο δεν πρέπει να ξεπερνιέται πάνω από 35 φορές σε ετήσια συχνότητα [Ανδρεοπούλου, 2010].

2.6. Οξείδια του Θείου

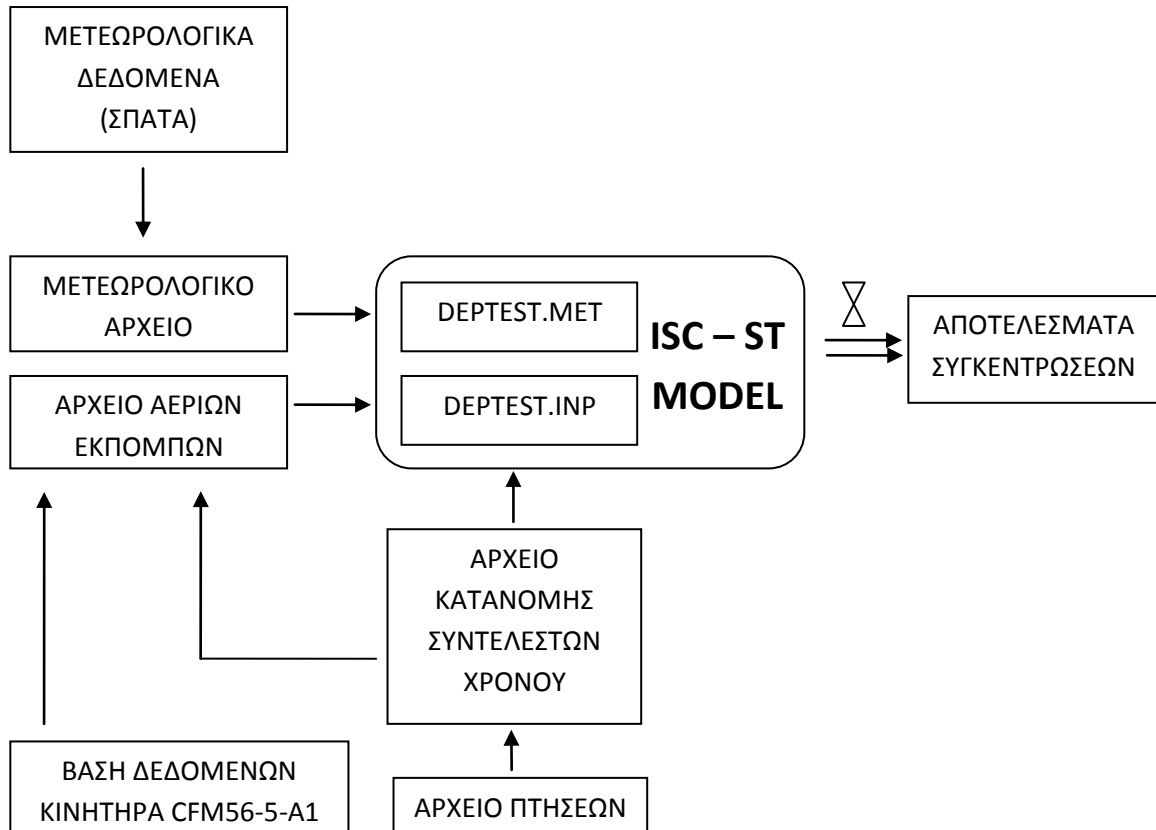
Τα οξείδια του θείου προέρχονται από καύση φυσικών καυσίμων που περιέχουν ανόργανα σουλφίδια και οργανικές ενώσεις του θείου. Στην αέρια φάση, μόνο το διοξείδιο του θείου βρίσκεται σε σημαντικότερα επίπεδα. Το διοξείδιο του θείου είναι ένα άχρωμο αέριο. Ο εντοπισμός του μπορεί να επιτευχθεί με τη μυρωδιά ή τη γεύση σε συγκεντρώσεις $0,38 - 1,15 \text{ ppm}$. Υπολογίζεται ότι το καύσιμο που χρησιμοποιείται στην αεροπλοΐα περιέχει ένα ποσοστό σουλφιδίων 5% [CICERO, 2004].

Επανειλημμένη βραχυπρόθεσμη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις σε συνδυασμό με μακρόχρονη έκθεση σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις προκαλεί χρόνια βρογχίτιδα, ιδιαίτερα σε καπνιστές. Το όριο ασφαλείας που θεσμοθετείται από τη Π.Ο.Υ για 24ωρη έκθεση είναι $125 \mu\text{g}/\mu^3$.

3. Ανάλυση Μεθοδολογίας

3.1. Εισαγωγή

Η μεθοδολογία της παρούσας μελέτης πραγματεύεται την κωδικοποίηση ενός γκαουσιανού μοντέλου οι πληροφορίες του οποίου αντλούνται από επιμέρους διαδικασίες. Οι διεργασίες παρατίθενται στο διάγραμμα 2 σύμφωνα με τη σειρά υλοποίησης.



Διάγραμμα 2. (Ροή διεργασιών που ακολουθείται για τη κωδικοποίηση του μοντέλου)

3.2. Περιγραφή Διεργασιών

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται ανάπτυξη του μοντέλου ISC – ST που αποτελείται από δύο αρχεία εισαγωγής δεδομένων (Deptest.INP, Deptest.MET). Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την κωδικοποίηση είναι σύμφωνα με το σενάριο κίνησης των αεροσκαφών στους χώρους του αεροδρομίου και σε μορφή τέτοια ώστε το μοντέλο να μπορεί να δέχεται πληροφορίες από τις επιμέρους διεργασίες.

Αρχικά κατασκευάζεται το μετεωρολογικό αρχείο το οποίο αποτελείται από ωριαίες μετεωρολογικές παραμέτρους εμπλουτισμένο από δεκάλεπτες

μετρήσεις από το μετεωρολογικό σταθμό των Σπάτων [Δρ. Λαγκουβάρδος Κ., 2012]. Έπειτα το αρχείο εισάγεται στο αρχείο Deptest.Met.

Έπειτα κατασκευάζεται το Αρχείο Αερίων Εκπομπών. Αναπτύσσεται μία βάση δεδομένων η οποία είναι απόρροια των χαρακτηριστικών του κινητήρα (λειτουργίας, συντελεστών εκπομπής, ρυθμών ροής καυσίμου, χρόνων εκπομπής) αεροσκάφους τύπου Airbus A320. Πραγματοποιούνται όλοι οι απαιτούμενοι υπολογισμοί, σύμφωνα με τη διαστασιολόγηση του αεροδρομίου, οι οποίοι θα δώσουν τη μέγιστη δυνατή ποσότητα μάζας εκπομπών σε κάθε διαστασιολογημένη επιφάνεια. Εν συνεχεία πραγματοποιείται μετατροπή κάθε ποσότητας μάζας σε ρυθμό εκπομπής. Οι ρυθμοί εκπομπής εισάγονται στο Deptest.INP.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της κωδικοποίησης στο μοντέλο αποτελείται από την ωριαία κατανομή συντελεστών κάθε επιφάνειας, που θα πολλαπλασιάζουν τους ρυθμούς εκπομπής ανάλογα με το ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων αναχωρήσεων και αφίξεων. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε πρόγραμμα ωριαίας κατανομής συντελεστών. Συγκεκριμένα εισάγονται όλες οι πτήσεις σε μια βάση αρχείων. Κάθε αρχείο αποτελείται από την ταχτοποιημένη θέση που μπορεί να φιλοξενήσει αεροσκάφος και περιλαμβάνει, το χρόνο εκπομπής στην επιφάνεια θέσης στάθμευσης, στις επιφάνειες τροχοδρόμησης, στην επιφάνεια απογείωσης ή επιφάνεια προσγείωσης και τις πτήσεις (Κωδικός πτήσης, ώρα πτήσης) που εμπλέκονται στις παραπάνω επιφάνειες, όπου ο κωδικός και ώρα πτήσης αντλούνται από το ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων του αεροδρομίου [Τσαγκρώνη Π., 2012]. Το πρόγραμμα κατανομής συντελεστών θα εκτελέσει το ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων και θα δώσει συντελεστές από 0 έως 1 για κάθε ώρα, κάθε επιφάνειας λειτουργίας συμπεριλαμβανομένης και της επιφάνειας καθυστέρησης που ενδεχομένως θα δημιουργηθεί. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μεταφέρονται στο Deptest.INP.

Σημειώνεται ότι υπολογίζονται και οι ενδεχόμενοι χρόνοι αναμονής πριν την απογείωση. Αυτοί οι χρόνοι εισάγονται στο Αρχείο Αερίων Εκπομπών όπου προσδιορίζονται οι μάζες εκπομπών στην επιφάνεια καθυστέρησης και ως εκ τούτου οι ρυθμοί εκπομπής. Αυτοί οι ρυθμοί εκπομπής μεταφέρονται στο Deptest.INP και πολλαπλασιάζονται με τους υπάρχοντες συντελεστές κατανομής. Οι θέσεις των ωριαίων συντελεστών μετατρέπονται πλέον σε

πραγματικούς ρυθμούς εκπομπής ανάλογους με τον ωριαίο χρόνο καθυστέρησης. Συνεπώς η μοντελοποιημένη θέση που αποτελείται από το ρυθμό εκπομπής μετατρέπεται σε μονάδα για τις επιφάνειες καθυστέρησης.

Η παρουσία του προγράμματος κατανομής συντελεστών είναι αναγκαία καθώς καθορίζει την ημερήσια μορφή των εκπομπών του αεροδρομίου.

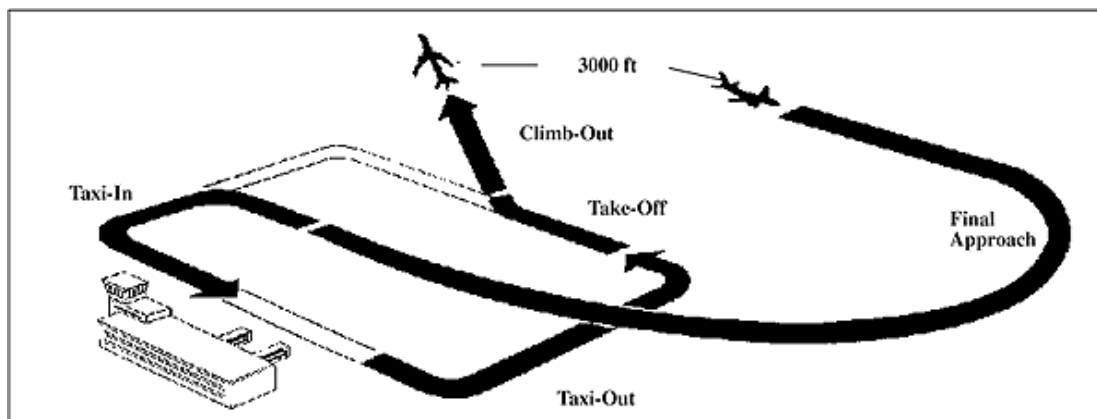
Το μοντέλο πραγματοποιεί διαδοχικές εκτελέσεις με ταυτοποιημένο ημερήσιο μετεωρολογικό αρχείο και ημερήσιο πρόγραμμα αναχωρήσεων και αφίξεων, για πέντε πρωτογενείς ρύπους, εφτά ημερών από τέσσερις διαφορετικούς μήνες (Απρίλιος, Ιούλιος, Οκτώβριος, Ιανουάριος). Τα αποτελέσματα αντλούνται από το αρχείο Maxial όπου περιλαμβάνονται οι συγκεντρώσεις του κάθε ρύπου ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) σε καρτεσιανές συντεταγμένες (m).

3.3. Μεθοδολογία εκτίμησης αερίων εκπομπών

3.3.1. Εισαγωγή

Για την εκτίμηση των αερίων εκπομπών που παράγονται από αεροσκάφη χρησιμοποιούνται πολιτικές που ορίζονται από το Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO). Σύμφωνα με τον οργανισμό, οι εκπομπές σε τοπικό επίπεδο εξαρτώνται άμεσα από τους κύκλους προσγειώσεων-απογειώσεων (LTO cycles) σε έναν αερολιμένα.

Αυτοί οι κύκλοι περιλαμβάνουν όλη τη διαδικασία που ακολουθεί ένα αεροσκάφος, όσον αφορά τη κίνηση του στους χώρους στάθμευσης τροχοδρόμησης, απογείωσης, αναρρίχησης, προσέγγισης και προσγείωσης στο αεροδρόμιο. Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται στην εικόνα 1:



Εικόνα 1. (Κύκλοι προσγειώσεων-απογειώσεων σε έναν αερολιμένα)

3.3.2. Προσδιορισμός αερίων εκπομπών

Για τον προσδιορισμό της μάζας των αερίων εκπομπών στη διαδικασία ενός κύκλου προσγείωσης-απογείωσης χρησιμοποιείται ο τύπος 1. [Ayce Celikel, 2011]

$$Ace = FF_{mode} \cdot EF_{mode} \cdot T \cdot N \quad (1)$$

όπου

- Ace : Σύνολο αερίων εκπομπών αεροσκάφους (kg)
FF_{mode} : Ρυθμός ροής καυσίμου ανά κινητήρα, στάδιο λειτουργίας (kg/sec)
EF_{mode} : Συντελεστής εκπομπής ρύπου ανα κινητήρα, στάδιο λειτουργίας (kg/kg)
T : Χρόνος για στάδιο-λειτουργίας (sec)
N : Αριθμός κινητήρων

Για τον υπολογισμό του ρυθμού αερίων εκπομπών, χρησιμοποιείται ο τύπος 2.

$$Q_s = Ace / (t_a \cdot L_1 \cdot L_2) \quad (2)$$

όπου

- Q_s : Ρυθμός αερίων εκπομπών αεροσκάφους (gr/m²·sec)
Ace : Σύνολο αερίων εκπομπών αεροσκάφους (gr)
t_a : 3600sec
L₁ : Μήκος επιφάνειας (m)
L₂ : Πλάτος επιφάνειας (m)

Κατά τη διαδικασία ενός κύκλου προσγείωσης - απογείωσης οι κινητήρες του αεροσκάφους περνούν από διάφορα στάδια λειτουργίας, αποτέλεσμα των οποίων είναι τα διαφορετικά ποσοστά ώθησης για κάθε στάδιο. Τα ποσοστά ώθησης φαίνονται παρακάτω:

Ρελαντί	: 7%
Τροχοδρόμηση για απογείωση (Taxi-out)	: 7%
Τροχοδρόμηση μετά τη προσγείωση (Taxi-in)	: 7%
Καθυστέρηση λόγω αυξημένης κίνησης (Queues)	: 7%
Προσγείωση	: 30%
Απογείωση	: 100%

3.3.3. Βάση δεδομένων κινητήρα

Ανάλογα με τα ποσοστά ώθησης κινητήρα, προκύπτουν τιμές ρυθμού ροής καυσίμου, συντελεστών εκπομπής ρυπαντών και δείκτη αιθάλης (Εικόνα 2). Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για το προσδιορισμό της μάζας των αερίων εκπομπών και κατ επέκταση του ρυθμού αερίων εκπομπών. Οι παράμετροι που προκύπτουν από τα ποσοστά ώθησης διαφέρουν ανάλογα με την κατασκευαστική εταιρία, την ταυτοποίηση μοντέλου και την κατηγορία του κινητήρα.

Ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας στα πλαίσια της αεροπορικής προστασίας του περιβάλλοντος έχει την αρμοδιότητα να υποστηρίζει μια βάση δεδομένων που προέρχεται από μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε μια μεγάλη γκάμα εταιριών κατασκευής και εκάστοτε μοντέλων κινητήρων. Οι κατασκευαστικές εταιρίες έχουν την ευθύνη για την ακρίβεια των δεδομένων που παρέχουν στον ΔΟΠΑ.

Κάθε αεροπορική εταιρία έχει στη διάθεση της μεγάλη ποικιλία σε τύπους αεροσκαφών. Κάθε τύπος είναι δυνατόν να προσαρμόσει πολλά μοντέλα κινητήρων από διαφορετικές εταιρίες κατασκευής. Λόγω έλλειψης πληροφοριών σχετικά με τη ταυτότητα κινητήρα που είναι προσαρμοσμένος σε κάθε αεροσκάφος και για λόγους ελαχιστοποίησης της πολυπλοκότητας που προκύπτει, η μελέτη αερίων εκπομπών εφαρμόζεται για ένα τύπο κινητήρα. Ο κινητήρας που επιλέχθηκε είναι της εταιρίας CFM International με ταυτοποίηση μοντέλου CFM56-5-A1. Πρόκειται για υποηχητικό κινητήρα κατηγορίας TF και αποτελεί τον πιο διαδεδομένο κινητήρα ευρέως χρησιμοποιούμενο σε αεροσκάφη Airbus A320. Συγκεντρωτικές πληροφορίες για αυτό τον κινητήρα παρέχονται στην εικόνα 2 όπως εκτίθεται από το Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας [ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATA BANK, 2012].



ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATA BANK

SUBSONIC ENGINES

ENGINE IDENTIFICATION: CFM56-5-A1
 UNIQUE ID NUMBER: 1CM008
 ENGINE TYPE: TF

BYPASS RATIO: 6
 PRESSURE RATIO (π_{b0}): 26.6
 RATED OUTPUT (F_{p0}) (kN): 111.2

REGULATORY DATA

CHARACTERISTIC VALUE:	HC	CO	NOx	SMOKE NUMBER
D_p/F_{p0} (g/kN) or SN	4.0	34.2	46.9	20.3
AS % OF ORIGINAL LIMIT	20.4 %	29.0 %	50.4 %	88.5 %
AS % OF CAEP/2 LIMIT (NOx)			63.0 %	
AS % OF CAEP/4 LIMIT (NOx)			76.3 %	
AS % OF CAEP/6 LIMIT (NOx)			86.7 %	

DATA STATUS

- PRE-REGULATION
 - CERTIFICATION
 x REVISED (SEE REMARKS)

TEST ENGINE STATUS

x NEWLY MANUFACTURED ENGINES
 - DEDICATED ENGINES TO PRODUCTION STANDARD
 - OTHER (SEE REMARKS)

EMISSIONS STATUS

x DATA CORRECTED TO REFERENCE
 (ANNEX 16 VOLUME II)

CURRENT ENGINE STATUS

(IN PRODUCTION, IN SERVICE UNLESS OTHERWISE NOTED)
 x OUT OF PRODUCTION (DATE: -)
 - OUT OF SERVICE

MEASURED DATA

MODE	POWER SETTING (% F_{p0})	TIME minutes	FUEL FLOW kg/s	EMISSIONS INDICES (g/kg)			SMOKE NUMBER
				HC	CO	NOx	
TAKE-OFF	100	0.7	1.051	0.23	0.9	24.6	15.8
CLIMB OUT	85	2.2	0.862	0.23	0.9	19.6	14
APPROACH	30	4.0	0.291	0.4	2.5	8	4.4
IDLE	7	26.0	0.101	1.4	17.6	4	2.3
LTO TOTAL FUEL (kg) or EMISSIONS (g)			385	285	3093	4506	-
NUMBER OF ENGINES				1	1	1	1
NUMBER OF TESTS				3	3	3	3
AVERAGE D_p/F_{p0} (g/kN) or AVERAGE SN (MAX)				2.6	27.9	40.5	15.8
SIGMA (D_p/F_{p0} in g/kN, or SN)				0.5	0.7	0.6	2
RANGE (D_p/F_{p0} in g/kN, or SN)				2.3-3.2	27.0-28.4	39.9-40.9	13.5-17.3

ACCESSORY LOADS

POWER EXTRACTION 0 (kW) AT - POWER SETTINGS
 STAGE BLEED 0 % CORE FLOW AT - POWER SETTINGS

ATMOSPHERIC CONDITIONS

BAROMETER (kPa)	94.70-95.60
TEMPERATURE (K)	280 - 291
ABS HUMIDITY (kg/kg)	.0026-.0034

FUEL

SPEC	Jet A
H/C	1.95
AROM (%)	18

MANUFACTURER: CFMI
 TEST ORGANIZATION: CFM56 Evaluation Engineering
 TEST LOCATION: Peebles Site IIIC
 TEST DATES: FROM 19 Nov 86 TO 20 Nov 86

REMARKS

1. Ref GE Report R87AEB368.
2. Engine S/N 730002/2.
3. Data revised and corrected April 93.

If REVISED, this data supersedes databank UID
 Compliance with fuel venting requirements:

0 ('x' if complies, PR if pre-regulation)

This document was prepared on 27/01/2012
 Check website for latest version

Εικόνα 2. (Βάση δεδομένων κινητήρα CFM56-5-A1 που χρησιμοποιείται σε αεροσκάφος Airbus A320)

3.3.4. Σενάριο κίνησης αεροσκαφών

Τα στάδια λειτουργίας του κινητήρα αντιπροσωπεύουν και τις θέσεις που καταλαμβάνουν τα αεροσκάφη στο χώρο του αεροδρομίου κατά τη διάρκεια ενός κύκλου LTO.

Για 7% ώθηση του κινητήρα περιλαμβάνονται οι εκπομπές που προκύπτουν στις επιφάνειες όπου συγκαταλέγονται:

- οι σταθμοί
- η τροχοδρόμηση προς απογείωση
- ο ενδεχόμενος χρόνος καθυστέρησης πριν την απογείωση (ουρές)
- η τροχοδρόμηση μετά τη προσγείωση

Για 100% ώθηση του κινητήρα περιλαμβάνονται οι εκπομπές που δημιουργούνται στην επιφάνεια:

- του διαδρόμου απογείωσης

Για 30% ώθηση του κινητήρα περιλαμβάνονται οι εκπομπές που προκύπτουν στην επιφάνεια:

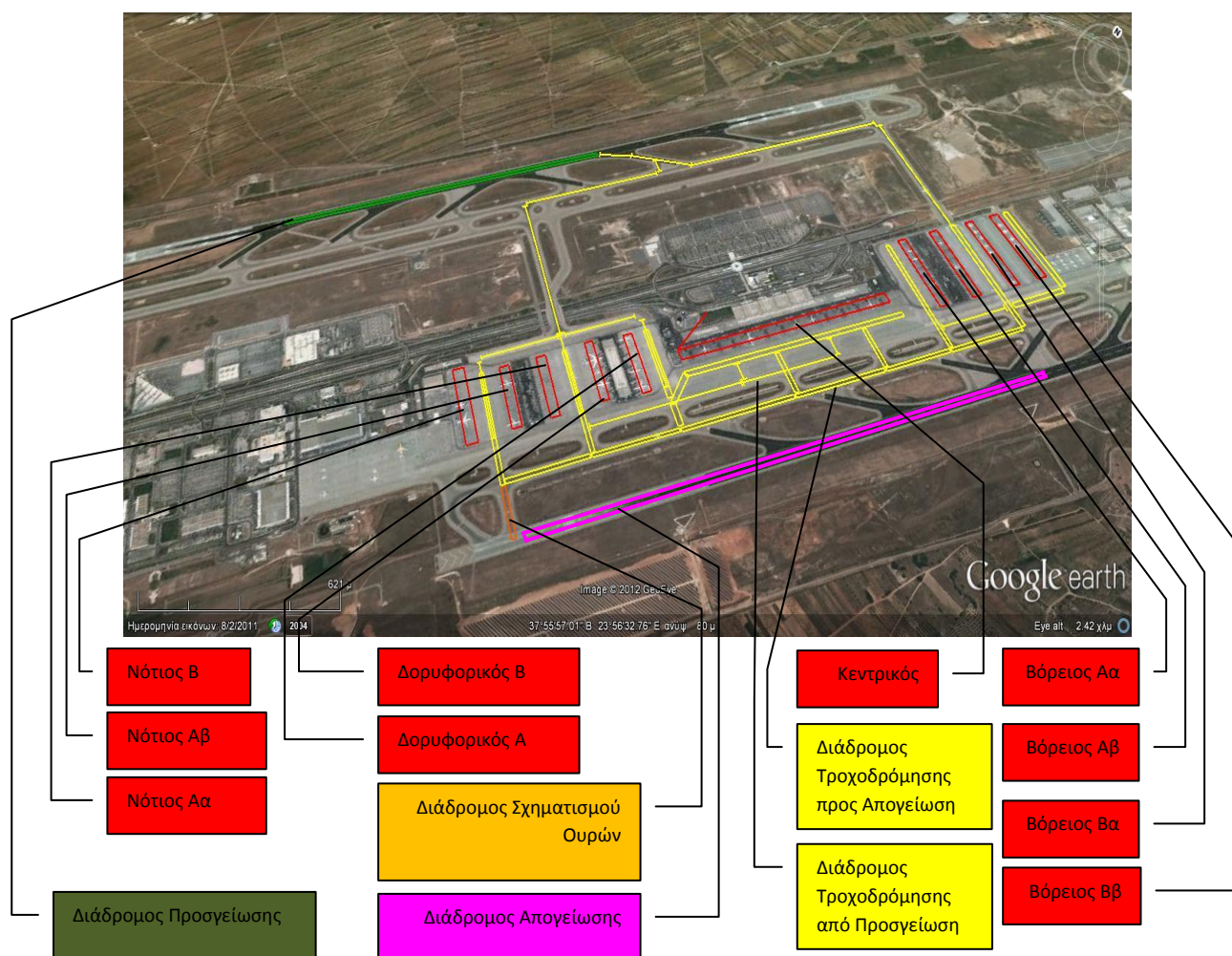
- του διαδρόμου προσγείωσης.

Για το παραπάνω σκοπό προσδιορίζεται ένα σενάριο κίνησης των αεροσκαφών στο χώρο του αεροδρομίου, σύμφωνα με το οποίο ταυτοποιείται κάθε διαδρομή των αεροπλάνων από και προς κάθε τερματικό σταθμό και από και προς κάθε χώρο στάθμευσης αντίστοιχα. Ανάλογα με τη περίοδο του έτους, οι συνθήκες λειτουργίας ενός αεροδρομίου διαφέρουν και έτσι ποικίλουν και τα σενάρια κίνησης. Στη παρούσα μελέτη, έχει χρησιμοποιηθεί ένα σενάριο για όλο το έτος. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή αυτού του σεναρίου είναι τα εξής:

- Κάθε σταθμός φιλοξενεί αεροσκάφη που ακολουθούν τις πιο σύντομες δυνατές πορείες έτσι ώστε να υπάρχει εξοικονόμηση καυσίμων και γρήγορη εξυπηρέτηση των αεροπορικών εταιριών.
- Ο ένας διάδρομος χρησιμοποιείται για προσγειώσεις και ο άλλος διάδρομος για απογειώσεις μεγιστοποιώντας την χωρητικότητα των διαδρόμων σε αφίξεις και αναχωρήσεις ανά ώρα.
- Η κατεύθυνση απογείωσης και προσγείωσης σχεδιάστηκε βάση της κατεύθυνσης του ανέμου. Σε αυτές τις διαδικασίες επιβάλλονται

αντίθετης κατεύθυνσης άνεμοι από τη κατεύθυνση απογείωσης και προσγείωσης.

Το σενάριο που καλύπτει τις παραπάνω προϋποθέσεις σχεδιάστηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3. (Σενάριο κίνησης αεροσκαφών στα διαφορετικά στάδια λειτουργίας του κινητήρα)



Σταθμοί ή Ποδιές (Aprons)

Αποτελούνται από τους σταθμούς: Νότιος Β, Νότιος Α, Δορυφορικός, Κεντρικός Τερματικός, Βόρειος Α, Βόρειος Β. Οι Σταθμοί κατανέμονται σε επιφάνειες όπως φαίνεται στο σχήμα.



Διάδρομοι Τροχοδρόμησης προς Απογείωση

Αποτελούνται από τις επιφάνειες που σαρώνονται από αεροσκάφη που πρόκειται να απογειωθούν.



Διάδρομοι Σχηματισμού Ουρών λόγω Ενδεχόμενης Αυξημένης Κίνησης

Αποτελείται από την επιφάνεια όπου υπάρχει αναμονή των αεροσκαφών πριν απογειωθούν ο χρόνος της οποίας εξαρτάται από το μέγεθος του ενδεχόμενου συνωστισμού από αεροσκάφη.



Διάδρομοι Τροχοδρόμησης από Προσγείωση

Αποτελούνται από τις επιφάνειες που σαρώνονται από αεροσκάφη μετά την προσγείωση



Διάδρομος Απογείωσης

Αποτελείται από τη επιφάνεια που σαρώνεται από αεροσκάφη κατά την απογείωση



Διάδρομος Προσγείωσης

Αποτελείται από τη επιφάνεια που σαρώνεται από αεροσκάφη κατά την προσγείωση

3.3.5. Ανάλυση μεθοδολογίας στους υπό μελέτη χώρους

Σύμφωνα με το σενάριο κίνησης κάθε αεροσκάφους και της βάσης δεδομένων του κινητήρα, υπολογίζεται το σύνολο των αερίων εκπομπών του αεροσκάφους για κάθε στάδιο λειτουργίας του.

3.3.6. Εκτίμηση συντελεστών εκπομπής ρύπων

Από τη βάση δεδομένων του ΔΟΠΑ αντλούνται οι συντελεστές εκπομπής για το μονοξείδιο του άνθρακα, τους υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου. Τα οξείδια του θείου υπολογίζονται βάση της υπόθεσης ότι η περιεκτικότητα σε θείο είναι 5% w/w του βάρους του καυσίμου. [CICERO, 2004]

Όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 10mm υπολογίζονται με βάση τον δείκτη αιθάλης ή αριθμό καπνού (Smoke Number). Ο αριθμός καπνού εκφράζει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστο καύσιμο και μετράται σε μονάδες της κλίμακας Bacharach. [Κ.Α.Π.Ε, 2000]

Η μεθοδολογία που ακολουθείται περιλαμβάνει τον υπολογισμό των παρακάτω παραμέτρων:

- Αναλογία αέρα-καυσίμου (AFR)
- Ρεύμα των εκπομπών (CI)

- Όγκο των αερίων εκπομπών (Q_{mixed})

Οι μέσες αναλογίες αέρα προς καύσιμο παρουσιάζονται στο Πίνακα 1.

Ρύθμιση Ισχύος (%)	Αναλογία Αέρα-Καυσίμου (AFR)
7% (ρελαντί)	106
7% (τροχοδρόμηση)	106
30% (προσγείωση)	83
100% (απογείωση)	45

Πίνακας 1. (Αναλογία αέρα-καυσίμου σε σχέση με τα ποσοστά ώθησης του αεροσκάφους)

- Για δείκτη αιθάλης < 30 , το ρεύμα των εκπομπών υπολογίζεται από το τύπο 3.

$$CI = \exp(1.23357 \ln(SN) - 2.6679) \quad (3)$$

όπου

CI : Ρεύμα των εκπομπών (mg εκπομπών / m³ αέρα)

SN: Δείκτης αιθάλης

- Ο όγκος των αερίων εκπομπών υπολογίζεται σύμφωνα με το τύπο 4.

$$Q_{mixed} = (0.776 \cdot AFR \cdot (1 + B)) + 0.877 \quad (4)$$

όπου

Q_{mixed} : ο όγκος των αερίων εκπομπών κάτω από μικτές συνθήκες ροής (m³ αέρα / kg καυσίμου)

AFR : Αναλογία Αέρα-Καυσίμου

B : Αναλογία Παράκαμψης

- Ο συντελεστής εκπομπής των αιωρούμενων σωματιδίων δίνεται σύμφωνα με το τύπο 5.

$$e_{PM10} = (Q_{mixed} \cdot CI) / 1000 \quad (5)$$

όπου

e_{PM10} : Συντελεστής εκπομπής (g εκπομπών / kg καυσίμου) [PM emissions, 2007]

3.3.7. Αέριες εκπομπές στις επιφάνειες ρελαντί

Οι επιφάνειες όπου τα αεροσκάφη λειτουργούν σε συνθήκες ρελαντί αποτελούνται από τους σταθμούς ή ποδιές (aprons) του αερολιμένα και καταλαμβάνουν στην εικόνα 3 τις κόκκινες επιφάνειες. Το Ελ. Βενιζέλος χωρίζεται σε 10 επιφάνειες-ποδιές (aprons) σταθμών.

- Νότιος Σταθμός (B) - South Apron (B)
- Νότιος Σταθμός (A) - South Apron (A)
 - 1. Νότιος Αα
 - 2. Νότιος Αβ
- Δορυφορικός Σταθμός - Satellite Apron
 - 1. Δορυφορικός Α
 - 2. Δορυφορικός Β
- Κεντρικός Τερματικός Σταθμός - Main Terminal Apron
- Βόρειος Σταθμός (A) - North Apron (A)
 - 1. Βόρειος Αα
 - 2. Βόρειος Αβ
- Βόρειος Σταθμός (B) - North Apron (B)
 - 1. Βόρειος Βα
 - 2. Βόρειος Ββ

Για κάθε επιφάνεια έχουν γίνει οι παρακάτω εκτιμήσεις:

- i. Έχει υπολογιστεί η κατά μήκος και πλάτος διάσταση καθώς επίσης και η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην επιφάνεια και τη διεύθυνση του Βορρά.
- ii. Τα αεροσκάφη μέσα σε αυτήν εκπέμπουν ρύπους με ποσοστό ώθησης 7%, σε συνθήκες ρελαντί (idle) για χρόνο $t_i = t_{idle(i)} - t_{taxiOut(i)} - t_{taxiIn(i)}$ όπου i κάθε θέση και με ρυθμό ροής καυσίμου 0,101 kg/sec.
- iii. Τα αεροσκάφη εξάγουν εκπομπές από 2 κινητήρες.

Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά κάθε επιφάνειας σταθμού παρουσιάζονται στο παράρτημα [Α].

3.3.8. Αέριες εκπομπές στις επιφάνειες τροχοδρόμησης

Οι επιφάνειες τροχοδρόμησης προκύπτουν από τη κίνηση των αεροσκαφών από τους σταθμούς στο διάδρομο απογείωσης και αντίστροφα από το διάδρομο προσγείωσης στους σταθμούς. Διακρίνονται στην εικόνα 3 από τις κίτρινες επιφάνειες.

Σε αυτό το στάδιο έχει πραγματοποιηθεί μια πιο εξειδικευμένη μέθοδος. Συγκεκριμένα, κάθε αεροσκάφος που αποδεσμεύεται από ένα σταθμό ακολουθεί πορείες τροχοδρόμησης οι οποίες έχουν οριστεί σύμφωνα με το σενάριο κίνησης. Έτσι προκύπτουν συγκεκριμένες επιφάνειες από κάθε σταθμό έως και την επιφάνεια καθυστέρησης (πριν την επιφάνεια απογείωσης) και αντίστροφα μετά το διάδρομο προσγείωσης έως τους σταθμούς. Επίσης κάθε σταθμός αποτελείται από υποεπιφάνειες οι οποίες δηλώνουν την περιοχή στάθμευσης (πύλη) του αεροσκάφους. Οι πύλες που έχουν διαστασιοποιηθεί είναι 72. Αυτό συνεπάγεται ότι υπάρχουν 144 ταυτοποιημένες επιφάνειες που δύναται να σαρώνονται από τροχοδρόμηση αεροσκαφών για απογείωση και από προσγείωση.

Για τις επιφάνειες τροχοδρόμησης έχουν γίνει οι παρακάτω εκτιμήσεις:

- i. Έχουν υπολογιστεί οι κατά μήκος και πλάτος διαστάσεις καθώς επίσης και οι γωνίες που σχηματίζονται ανάμεσα στις υπό μελέτη επιφάνειες με τη διεύθυνση του Βορρά.
- ii. Βάση της νομοθεσίας η μέση ταχύτητα τροχοδρόμησης των αεροσκαφών κυμαίνεται στα 25 knots*. Έτσι προκύπτουν και οι 144 διαφορετικοί χρόνοι πορείας.
- iii. Τα αεροσκάφη κατά αυτή τη διαδικασία εκπέμπουν ρύπους με ποσοστό ώθησης 7% (Αρχικά δίδεται μια ώθηση άνω του 7% για επιτάχυνση του αεροσκάφους αλλά πραγματοποιείται άμεση επαναφορά στο 7% για τροχοδρόμηση στη παραπάνω ταχύτητα), σε συνθήκες ρελαντί (idle) για χρονικές τιμές ανάλογες με τη διαδρομή που θα καλύψουν και με ρυθμό ροής καυσίμου 0,101 kg/sec.
- iv. Τα αεροσκάφη εξάγουν εκπομπές από 2 κινητήρες.

*1 knot $\approx$ 30,87 m/min

Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά των 144 επιφανειών που προκύπτουν στη τροχοδρόμηση παρουσιάζονται στο Παράρτημα [Α].

3.3.9. Αέριες εκπομπές στην επιφάνεια χρονοκαθυστέρησης

Η επιφάνεια καθυστέρησης αποτελεί τη τελευταία επιφάνεια τροχοδρόμησης πριν το αεροσκάφος ευθυγραμμιστεί με το διάδρομο απογείωσης. Οι αέριες εκπομπές σε αυτή την επιφάνεια είναι αποτέλεσμα της ενδεχόμενης χρονοκαθυστέρησης λόγω των ουρών που σχηματίζονται από τα αεροσκάφη κάτω από συνθήκες έντονης κυκλοφορίας. Η επιφάνεια καθυστέρησης αποτελείται από την πορτοκαλί επιφάνεια της εικόνας 3 και έχουν γίνει οι παρακάτω εκτιμήσεις:

- i. Έχει υπολογιστεί η κατά μήκος και πλάτος διάσταση καθώς επίσης και η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην επιφάνεια με τη διεύθυνση του Βορρά.
- ii. Τα αεροσκάφη εξάγουν εκπομπές από 2 κινητήρες.
- iii. Τα αεροσκάφη κατά αυτή τη διαδικασία εκπέμπουν ρύπους με ποσοστό ώθησης 7%, σε συνθήκες ρελαντί (idle), με ρυθμό ροής καυσίμου 0,101 kg/sec και για χρονικές τιμές Q_{tk} οι οποίες υπολογίζονται στην παρακάτω μεθοδολογία.

Μεθοδολογία προσδιορισμού χρονοκαθυστέρησης (Q_{tk}). Ο χρόνος καθυστέρησης υπολογίζεται σύμφωνα με του τύπους 6,7 [Ayce Celikel, 2011].

$$\text{Για } N_k < N_{\max} \rightarrow Q_{tk} = Q_{t_{\min}} + (Q_{t_{\max}} - Q_{t_{\min}}) \cdot (N_k / N_{\max})^p \quad (6)$$

$$\text{Για } N_k > N_{\max} \rightarrow Q_{tk} = Q_{t_{\max}} \quad (7)$$

όπου

Q_{tk} : Ο χρόνος καθυστέρησης των αεροσκαφών ανά ώρα (min).

$Q_{t_{\max}}$: Ο μέγιστος χρόνος καθυστέρησης ($Q_{t_{\max}} = 15\text{min}$).

$Q_{t_{\min}}$: Ο ελάχιστος χρόνος καθυστέρησης (Το αεροσκάφος δεν αναμένει στην επιφάνεια καθυστέρησης και εισέρχεται άμεσα στην επιφάνεια απογείωσης) ($Q_{t_{\min}} = 0,23\text{min}$).

$N_{\max}$: Χωρητικότητα αεροσκαφών στο διάδρομο απογείωσης ($N_{\max} = 35$)

N_k : Σύνολο πτήσεων προς αναχώρηση ανά ώρα

p : Εκθετικός παράγοντας ($p=2$). Ελέγχει τη μορφή της καμπύλης χρονοκαθυστέρησης.

Οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων αντλούνται από το “airport coordination slot department” [Τσαγκρώνη Π., 2012]. Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας καθυστέρησης παρουσιάζονται στο Παράρτημα [Α].

3.3.10. Αέριες εκπομπές στην επιφάνεια απογείωσης

Η επιφάνεια απογείωσης αποτελείται από την πράσινη επιφάνεια της εικόνας 3. Οι εκπομπές σε αυτή την επιφάνεια προκύπτουν από την κίνηση των αεροσκαφών κάτω από συνθήκες μέγιστης επιτάχυνσης.

Για την επιφάνεια απογείωσης έχουν γίνει οι παρακάτω εκτιμήσεις:

- i. Έχει υπολογιστεί η κατά μήκος και πλάτος διάσταση καθώς επίσης και η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην επιφάνεια με τη διεύθυνση του Βορρά.
- ii. Από το εγχειρίδιο λειτουργίας πιλότων, βάση της κατασκευαστικής εταιρίας Airbus, η μέση ταχύτητα για μία ασφαλή απογείωση των αεροσκαφών τύπου Airbus A320 κυμαίνεται στα 170mph (275 km/hr) με πτερύγια στη θέση 2 για μέγιστο βάρος απογείωσης. Αντίστοιχα η απόσταση απογείωσης κυμαίνεται στα 2387,5m. Έτσι προκύπτει ο χρόνος που αντιστοιχεί στην απογείωση ($t = 0,52\text{min}$).
- iii. Η ταυτότητα του διαδρόμου είναι **RUNWAY 03R/21L**.
- iv. Τα αεροσκάφη κατά αυτή τη διαδικασία εκπέμπουν ρύπους με ποσοστό ώθησης 100%, σε συνθήκες μέγιστης επιτάχυνσης, για χρονική τιμή όπως υπολογίστηκε στο παραπάνω βήμα και με ρυθμό ροής καυσίμου 1,051 kg/sec.
- v. Τα αεροσκάφη εξάγουν εκπομπές από 2 κινητήρες.



Εικόνα 4. (Διάδρομος Απογείωσης RUNWAY 03R/21L)

Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας απογείωσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα [Α].

3.3.11. Αέριες εκπομπές στην επιφάνεια προσγείωσης

Η επιφάνεια προσγείωσης αποτελεί την ανοιχτή πράσινη επιφάνεια της εικόνας 3. Οι εκπομπές σε αυτή την επιφάνεια προκύπτουν από κίνηση αεροσκαφών κατά μήκος του διαδρόμου προσγείωσης μέχρι πριν την έναρξη τροχοδρόμησης προς τους σταθμούς.

Για την επιφάνεια προσγείωσης έχουν γίνει οι παρακάτω εκτιμήσεις:

- i. Έχει υπολογιστεί η κατά μήκος και πλάτος διάσταση καθώς επίσης και η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην επιφάνεια με τη διεύθυνση του Βορρά.
- ii. Από το εγχειρίδιο λειτουργίας πιλότων, βάση της κατασκευαστικής εταιρίας Airbus η μέση ταχύτητα για μία ασφαλή προσγείωση των αεροσκαφών τύπου Airbus A320 κυμαίνεται στα 176mph (283,36 km/hr) για πτερύγια στη θέση 1 και μέγιστο βάρος προσγείωσης. Αντίστοιχα η απόσταση προσγείωσης είναι 1355m. Έτσι προκύπτει ο χρόνος που αντιστοιχεί στην προσγείωση ($t=0,29\text{min}$).
- iii. Η ταυτότητα του διαδρόμου είναι RUNWAY 03L/21R

- iv. Τα αεροσκάφη κατά αυτή τη διαδικασία εκπέμπουν ρύπους με ποσοστό ώθησης 30%, για χρονική τιμή όπως υπολογίστηκε στο παραπάνω βήμα και με ρυθμό ροής καυσίμου 0,291 kg/sec.
- v. Τα αεροσκάφη εξάγουν εκπομπές από 2 κινητήρες.



Εικόνα 5. (Διάδρομος Προσγείωσης RUNWAY 03L/21R)

Συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας προσγείωσης παρουσιάζονται στο Παράρτημα [Α].

3.4. Μεθοδολογία εκτίμησης μετεωρολογικών παραμέτρων

3.4.1. Εισαγωγή

Για την εκτίμηση του μετεωρολογικού αρχείου δεδομένων, χρησιμοποιούνται καταγεγραμμένες μετρήσεις από τον μετεωρολογικό σταθμό των Σπάτων. Η συχνότητα καταγραφής του σταθμού είναι δέκα λεπτά.

Ο προσδιορισμός των μετεωρολογικών δεδομένων απαιτεί τη μετατροπή τους σε ωριαία δεδομένα ημερησίας διάρκειας και η εισαγωγή τους στο μετεωρολογικό αρχείο περιλαμβάνει τις εξής πληροφορίες:

- Χρόνος
- Μήνας
- Ημέρα
- Ώρα
- Διεύθυνση Ανέμου

- Ταχύτητα Ανέμου
- Θερμοκρασία
- Κλάση Ισορροπίας
- Ύψος Ανάμιξης

Η παραπάνω κατάλληλη μορφή εισαγωγής του μοντέλου πραγματοποιείται σύμφωνα με τις παρακάτω επεξεργασίες στα αρχικά μετεωρολογικά δεδομένα:

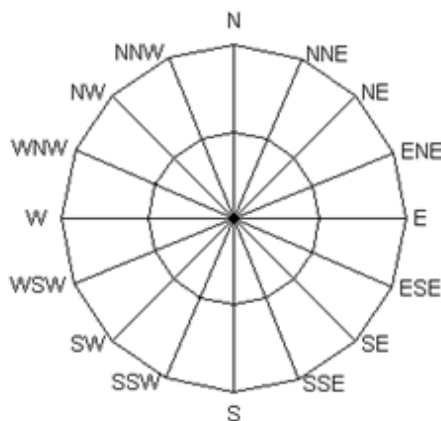
- Εκτίμηση Διεύθυνσης και Ταχύτητας Ανέμου
- Εκτίμηση Θερμοκρασίας
- Εκτίμηση Κλάσης Ισορροπίας
- Εκτίμηση Ύψους Ανάμιξης

3.4.2. Εκτίμηση διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου

Για τον προσδιορισμό της διεύθυνσης ανέμου πραγματοποιούνται τα ακόλουθα:

A1) Μετατροπή των ποιοτικών ενδείξεων διεύθυνσης ανέμου, του μετεωρολογικού οργάνου, σε μονάδες μοιρών.

Σύμφωνα με τη δεκάλεπτη συχνότητα καταγραφής δεδομένων προκύπτουν ποιοτικές ενδείξεις ανέμου, οι διευθύνσεις των οποίων παρουσιάζονται στο σχήμα 2. Κάθε ενδεικτική τιμή διεύθυνσης ανέμου πρεσβεύει ένα εύρος διευθύνσεων σε μοίρες, όπως φαίνεται στο πίνακα 2, ο μέσος όρος του οποίου θα χρησιμοποιηθεί στην ωριαία ανάλυση.



Σχήμα 2. (Ποιοτικές διευθύνσεις ανέμου)

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ (ΕΥΡΟΣ ΜΟΙΡΩΝ)		ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ (ΜΟΙΡΕΣ)
N	348,75	371,25	360
NNE	11,25	33,75	22,5
NE	33,75	56,25	45
ENE	56,25	78,75	67,5
E	78,75	101,25	90
ESE	101,25	123,75	112,5
SE	123,75	146,25	135
SSE	146,25	168,75	157,5
S	168,75	191,25	180
SSW	191,25	213,75	202,5
SW	213,75	236,25	225
WSW	236,25	258,75	247,5
W	258,75	281,25	270
WNW	281,25	303,75	292,5
NW	303,75	326,25	315
NNW	326,25	348,75	337,5

Πίνακας 2. (Ποιοτικές ενδείξεις κατεύθυνσης ανέμου, εύρος κατεύθυνσης σε μοίρες και μέσος όρος κατεύθυνσης)

A2) Μετατροπή των μοιρών σε ωριαίες διευθύνσεις ανέμου.

Για τη μετατροπή των διευθύνσεων σε ωριαίες τιμές διεύθυνσης, προσδιορίζεται ο μέσος σταθμισμένος όρος των μοιρών διεύθυνσης που υπολογίστηκαν στο προηγούμενο στάδιο. Για αυτή τη διαδικασία χρησιμοποιείται ο τύπος 8. [Wikipedia, 2013]

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k (w_i x_i)}{\sum_{i=1}^k (w_i)} = \frac{w_1 x_1 + \dots + w_k x_k}{w_1 + \dots + w_k} \quad (8)$$

όπου

w_i : Συντελεστής βαρύτητας του ανέμου στη δεκάλεπτη καταγραφή i

x_i : Διεύθυνση ανέμου στη δεκάλεπτη καταγραφή i (μοίρες)

B) Μετατροπή της ταχύτητας ανέμου σε μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου .

Για την εκτίμηση της μέσης ωριαίας ταχύτητας ανέμου απαιτείται η μετατροπή των δεκάλεπτων ποσοτικών μετρήσεων του σταθμού από km/hr σε m/sec και έπειτα ο υπολογισμός του μέσου όρου αυτών σε ωριαία βάση.

3.4.3. Εκτίμηση θερμοκρασίας

Αναφορικά με τη θερμοκρασία, πραγματοποιείται συλλογή των δεκάλεπτων δεδομένων του σταθμού σε μονάδες °C. Ακολουθως, οι θερμοκρασίες μετατρέπονται σε μονάδες Kelvin, από τις οποίες προσδιορίζεται ο μέσος όρος σε ωριαία βάση.

3.4.4. Εκτίμηση κλάσης ισορροπίας

Σε αυτό το στάδιο αντλούνται από τις καταγεγραμμένες μετρήσεις του σταθμού, οι τιμές της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (W/m^2) και μετατρέπονται σε μέσες ωριαίες τιμές. Εν συνεχεία, με τις υπάρχουσες, υπολογισμένες, μέσες ωριαίες τιμές ταχύτητας ανέμου (m/sec) προκύπτει ένας συσχετισμός με τη μέθοδο Pasquill (πίνακες 3 , 4), αποτέλεσμα του οποίου είναι, ο προσδιορισμός των συνθηκών ισορροπίας της ατμόσφαιρας όπου εκτιμώνται ποιοτικά οι κλάσεις ισορροπίας σε σχέση με τις καιρικές συνθήκες σε ωριαία βάση.

ΚΛΑΣΕΙΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ					
ΑΝΕΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ m/s	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ			ΝΥΧΤΑ	
	ΕΝΤΟΝΗ	ΜΕΣΗ	ΛΙΓΗ	ΛΕΠΤΗ ΝΕΦΩΣΗ > 4/8	ΧΑΜΗΛΗ ΝΕΦΩΣΗ < 3/8
<2 m/s	A	A	B	F	F
2-3 m/s	A	B	C	E	F
3-5 m/s	B	C	C	D	E
5-6 m/s	C	C	D	D	D
>6 m/s	C	D	D	D	D

Πίνακας 3. (Κλάσεις ισορροπίας κατά Pasquill)

Οι κλάσεις ισορροπίας του πίνακα αντιπροσωπεύουν τις παρακάτω συνθήκες:

A: ΠΟΛΥ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

B: ΜΕΤΡΙΑ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

C: ΕΛΑΦΡΑ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

D: ΟΥΔΕΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

E: ΕΛΑΦΡΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

F: ΜΕΤΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Όσον αφορά τις νυχτερινές ώρες ισχύει ότι:

- Λεπτή Νέφωση >4/8 : Χρησιμοποιείται για τον Ιανουάριο και Οκτώβριο.
- Χαμηλή Νέφωση < 3/8: Χρησιμοποιείται για τον Απρίλιο και Ιούλιο.
- Νύχτα χαρακτηρίζεται η περίοδος μία ώρα πριν τη δύση μέχρι μία ώρα μετά την ανατολή του ηλίου. Οι ώρες αυτές εξάγονται στο παράρτημα [B].

ΚΛΑΣΕΙΣ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ		
ΥΨΟΣ ΗΛΙΟΥ	ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W/m ²)	ΚΛΑΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
>60 μοίρες	>600	ΕΝΤΟΝΗ
35-60 μοίρες	300-600	ΜΕΣΗ
15-35 μοίρες	<300	ΛΙΓΗ

Πίνακας 4. (Κλάσεις εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας)

3.4.5. Εκτίμηση ύψους ανάμιξης

Για τον υπολογισμό του ύψους ανάμιξης προσδιορίζονται:

- Οι τιμές συντελεστών a και b ανάλογα με την ποιοτική κλάση ισορροπίας που έχει προκύψει στην ωριαία βάση (πίνακας 5).
- Εκτιμάται μήκος τραχύτητας $z_0 = 0.0024\text{m}$ όπως προκύπτει για διαδρόμους τροχοδρόμησης, προσγείωσης και απογείωσης από σκυρόδεμα [Renewable Energy Concepts]
- Ύψος μετεωρολογικού σταθμού $z = 10\text{m}$
- Γεωγραφικό πλάτος $\phi = 37,7^\circ$

ΚΛΑΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΜ. ΣΥΝΘΗΚΩΝ	ΤΙΜΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ	
		a	b
A	Εξαιρετικά Ασταθείς	-0,096	0,029
B	Μέτρια Ασταθείς	-0,037	0,029
C	Ελαφρώς Ασταθείς	-0,002	0,018
D	Ουδέτερες	0	0
E	Ελαφρώς Ευσταθείς	0,004	-0,018
F	Μέτρια Ευσταθείς	0,035	-0,036

Πίνακας 5. (Τιμές συντελεστών a, b σε συνάρτηση των κλάσεων ισορροπίας)

Σύμφωνα με τις τιμές συντελεστών προσδιορίζεται το μήκος Monin-Obukhov σε ωριαία βάση από το τύπο 9 [Golder D., 1972].

$$\frac{1}{L} = a + (b \cdot \log Z_0) \quad (9)$$

Εν συνεχεία υπολογίζονται οι δυναμικές παράμετροι ευστάθειας (Ψ_M) σεωριαία βάση από τους τύπους 10 έως 16 [Fatogoma & Jacko, 2002].

- Για ασταθείς συνθήκες ($1/L < 0$) ισχύουν οι τύποι:

$$\Psi_M\left(\frac{Z}{L}\right) = 2 \ln\left(\frac{1+\mu}{2}\right) + \ln\left(\frac{1+\mu^2}{2}\right) - 2 \tan^{-1}(\mu) + \frac{\pi}{2} \quad (10)$$

$$\Psi_M\left(\frac{Z_0}{L}\right) = 2 \ln\left(\frac{1+\mu_0}{2}\right) + \ln\left(\frac{1+\mu_0^2}{2}\right) - 2 \tan^{-1}(\mu_0) + \frac{\pi}{2} \quad (11)$$

όπου

$$\mu = \left(1 - 16 \frac{Z}{L}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (12) \quad \text{και} \quad \mu_0 = \left(1 - 16 \frac{Z_0}{L}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (13)$$

- Για σταθερές συνθήκες ($1/L > 0$) ισχύουν οι τύποι:

$$\Psi_M\left(\frac{Z}{L}\right) = -5 \cdot \frac{Z}{L} \quad (14)$$

$$\Psi_M\left(\frac{Z_0}{L}\right) = -5 \cdot \frac{Z_0}{L} \quad (15)$$

- Για ουδέτερες συνθήκες ($1/L = 0$) ισχύει ότι:

$$\Psi_M = 0 \quad (16)$$

Ακολούθως, προσδιορίζεται η ταχύτητα τριβής (friction velocity) σε ωριαία βάση σύμφωνα με τον τύπο 17 [Fatogoma & Jacko, 2002].

$$u_* = k U_z \left\{ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \Psi_M\left(\frac{Z}{L}\right) + \Psi_M\left(\frac{Z_0}{L}\right) \right\} \quad (17)$$

όπου

$k \approx 0,4$: σταθερά Von Karman

U_z : ωριαία ταχύτητα ανέμου σε ύψος z

z_0 : μήκος τραχύτητας

Ψ_M : δυναμικές παράμετροι ευστάθειας

Σύμφωνα με το εκτιμώμενο γεωγραφικό πλάτος υπολογίζεται η κοριόλιος δύναμη από το τύπο 18.

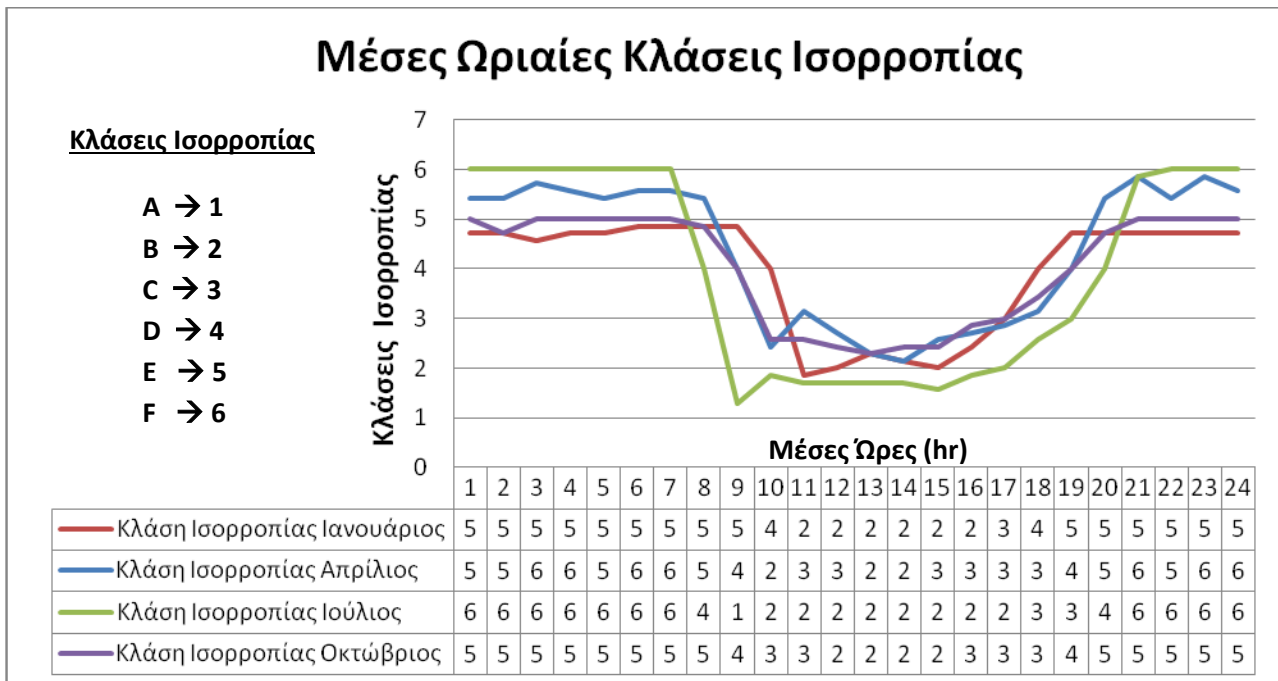
$$F_{coriolis} = 1.458 \cdot 10^{-4} \cdot \sin \varphi \quad (18)$$

Από τη συλλογή των παραπάνω ωριαίων δεδομένων, υπολογίζεται το ωριαίο ύψος ανάμιξης σύμφωνα με το τύπο του Arya 1981 [Seibert P., 1997].

$$Mixing\ Layer = 0.142 \frac{U_*}{F_{coriolis}} \quad (19)$$

3.4.6. Μετεωρολογικά αποτελέσματα

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των μετεωρολογικών παραμέτρων των παραπάνω βημάτων, εκτιμούνται οι μέσες ωριαίες κλάσεις ισορροπίας για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο του 2011 και Ιανουάριο του 2012 (διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 3. (Μέσες ωριαίες κλάσεις ισορροπίας για τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο)

Από το διάγραμμα 3:

- Ο Ιούλιος έχει μέτρια ευσταθείς συνθήκες τις νυχτερινές ώρες και πολύ ασταθείς προς μέτρια ασταθείς συνθήκες τις ημερήσιες ώρες.
- Ο Απρίλιος έχει μέτρια προς ελαφρά ευσταθείς συνθήκες τις νυχτερινές ώρες και μέτρια προς ελαφρά ασταθείς συνθήκες τις ημερήσιες ώρες.
- Ο Οκτώβριος έχει ελαφρά ευσταθείς συνθήκες τις νυχτερινές ώρες και μέτρια προς ελαφρά ασταθείς συνθήκες τις ημερήσιες ώρες.
- Ο Ιανουάριος έχει ελαφρά ευσταθείς προς ουδέτερες συνθήκες τις νυχτερινές ώρες και μέτρια ασταθείς συνθήκες τις ημερήσιες ώρες.

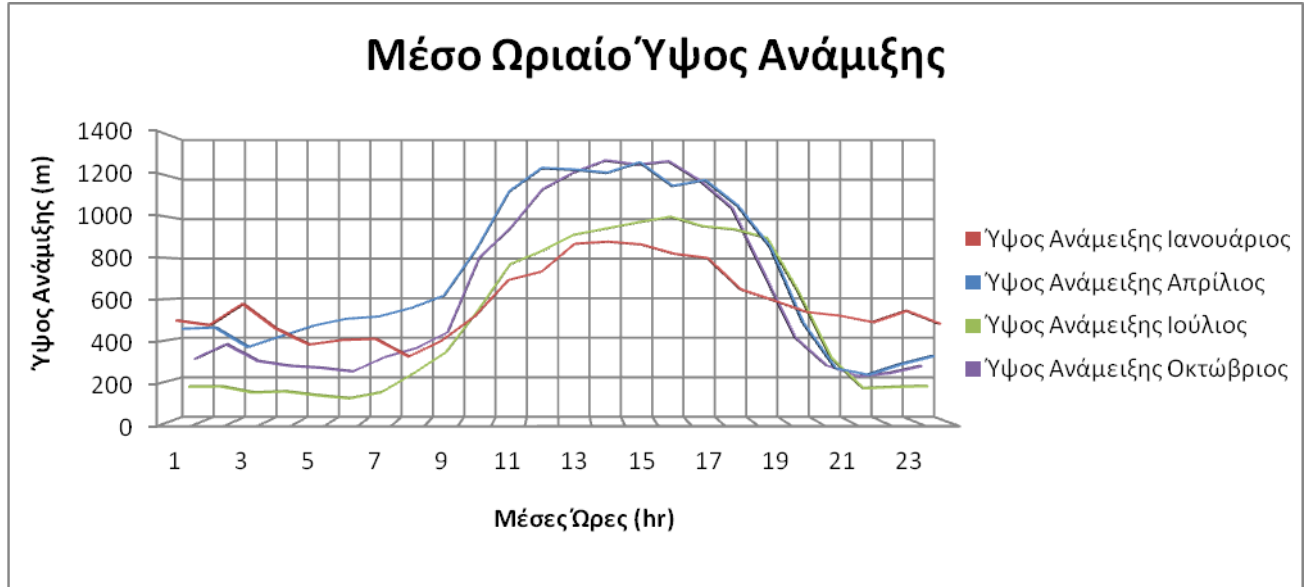
Διακρίνεται για τις νυχτερινές ώρες ότι ο Ιανουάριος έχει μεγαλύτερη διάρκεια νύχτας, άρα και μεγαλύτερη διάρκεια ευσταθών συνθηκών της ατμόσφαιρας. Σε αυτό το επίπεδο ακολουθούν ο Απρίλιος, ο Οκτώβριος και ο Ιούλιος.

Τέλος είναι εμφανές ότι με σειρά προτεραιότητας Ιούλιος, Απρίλιος, Οκτώβριος και Ιανουάριος, στις νυχτερινές ώρες υπάρχει μία τάση η ευστάθεια της ατμόσφαιρας να κινείται προς την ουδετερότητα, σε αντίθεση με τις ημερήσιες ώρες όπου με ελάχιστες εξαιρέσεις κυριαρχούν πολύ με μέτρια ασταθείς συνθήκες.

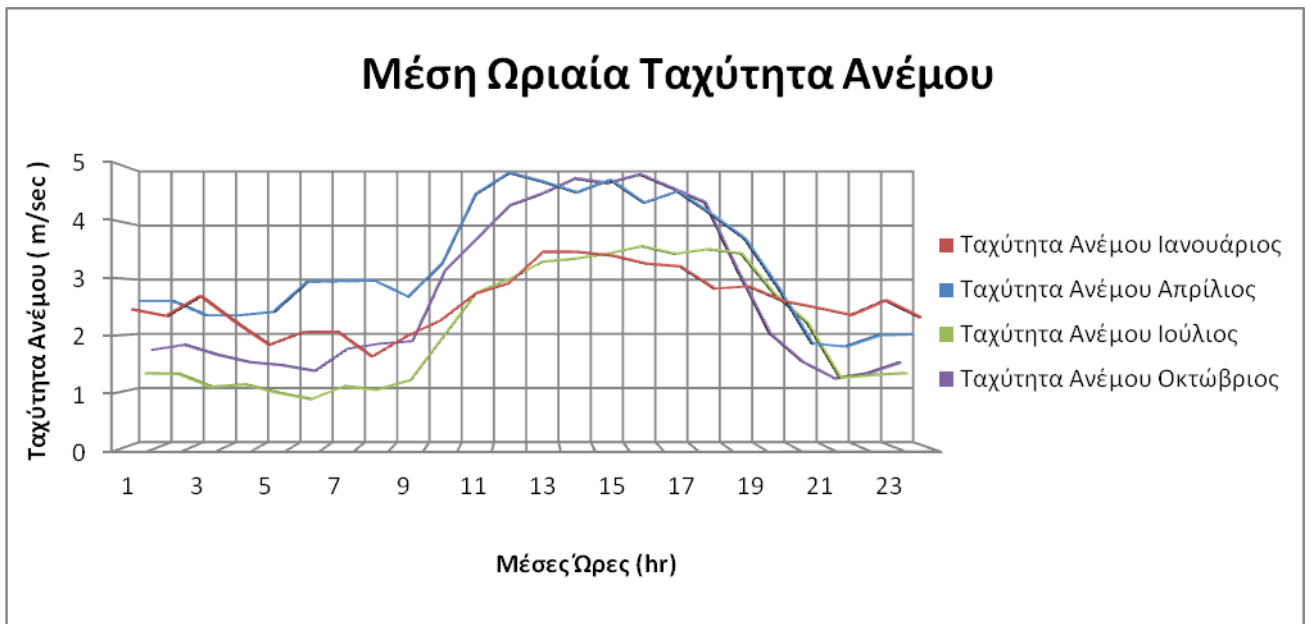
Από όλα τα παραπάνω συνεπάγεται ότι από άποψη ισορροπίας της ατμόσφαιρας, αναμένεται να εκτιμηθούν ψηλότερες συγκεντρώσεις κοντά στις πηγές του αεροδρομίου, στους μήνες με σειρά προτεραιότητας:

$$\text{Ιανουάριος} < \text{Οκτώβριος} < \text{Απρίλιος} < \text{Ιούλιος}$$

Το μέσο ωριαίο ύψος ανάμιξης και μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου παρατίθεται στα διαγράμματα 4 , 5.



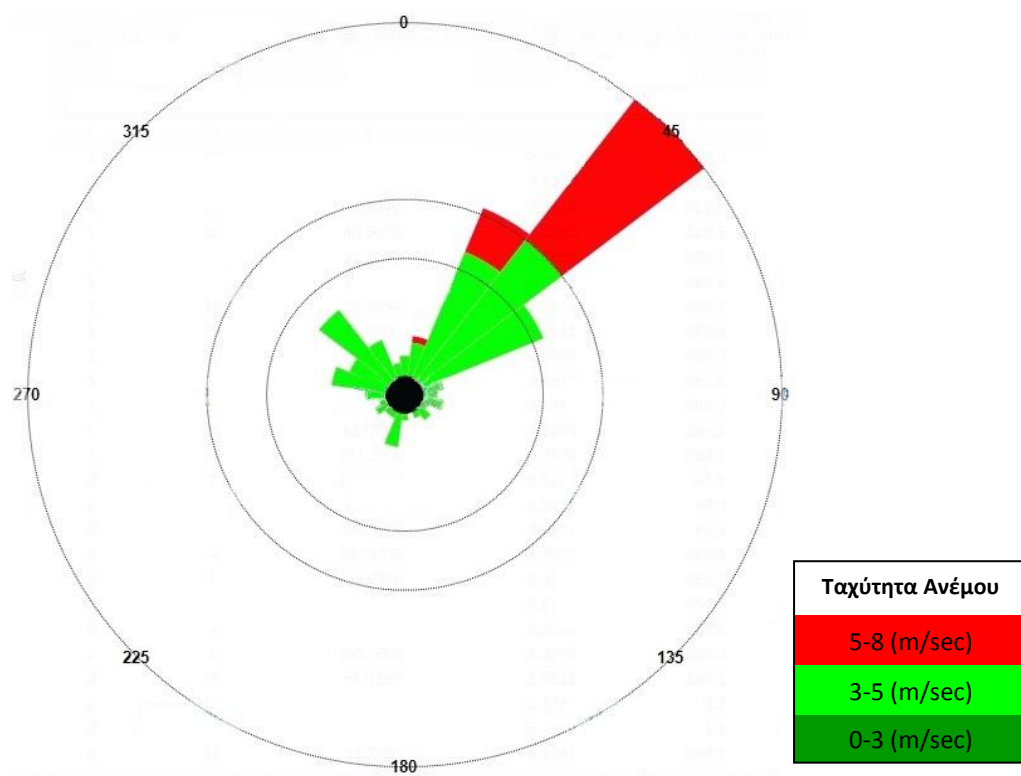
Διάγραμμα 4. (Μέσο ωριαίο ύψος ανάμιξης για τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο)



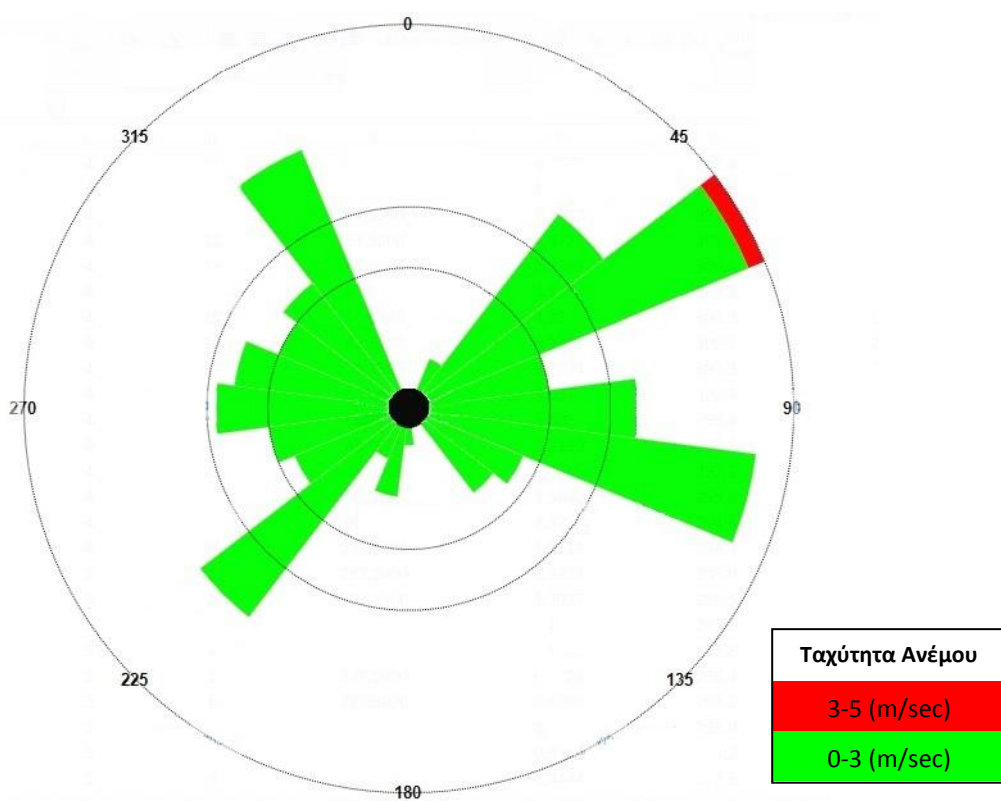
Διάγραμμα 5. (Μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου για τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο)

Διαπιστώνεται ποιοτικά ότι, ανάλογα με τη μέση ωριαία κλάση ισορροπίας, το ύψος στο οποίο αναμιγνύονται οι ρύποι είναι μικρό σε ευσταθείς συνθήκες και μεγαλύτερο σε ασταθείς συνθήκες. Ποσοτικά όμως, το μέσο ωριαίο ύψος ανάμιξης θα είναι ανάλογο με την αντίστοιχη μέση ωριαία ταχύτητα.

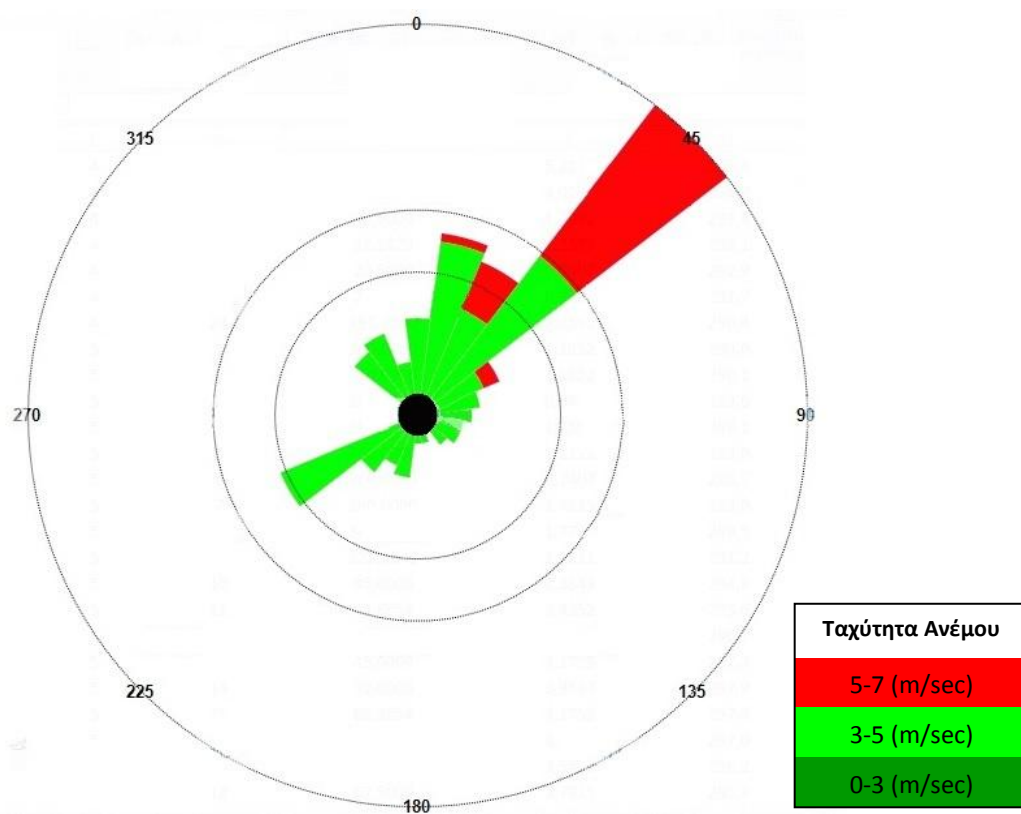
Οι διευθύνσεις ανέμου για τους μήνες ενδιαφέροντος παρατίθενται στα διαγράμματα 6 , 7 , 8 , 9.



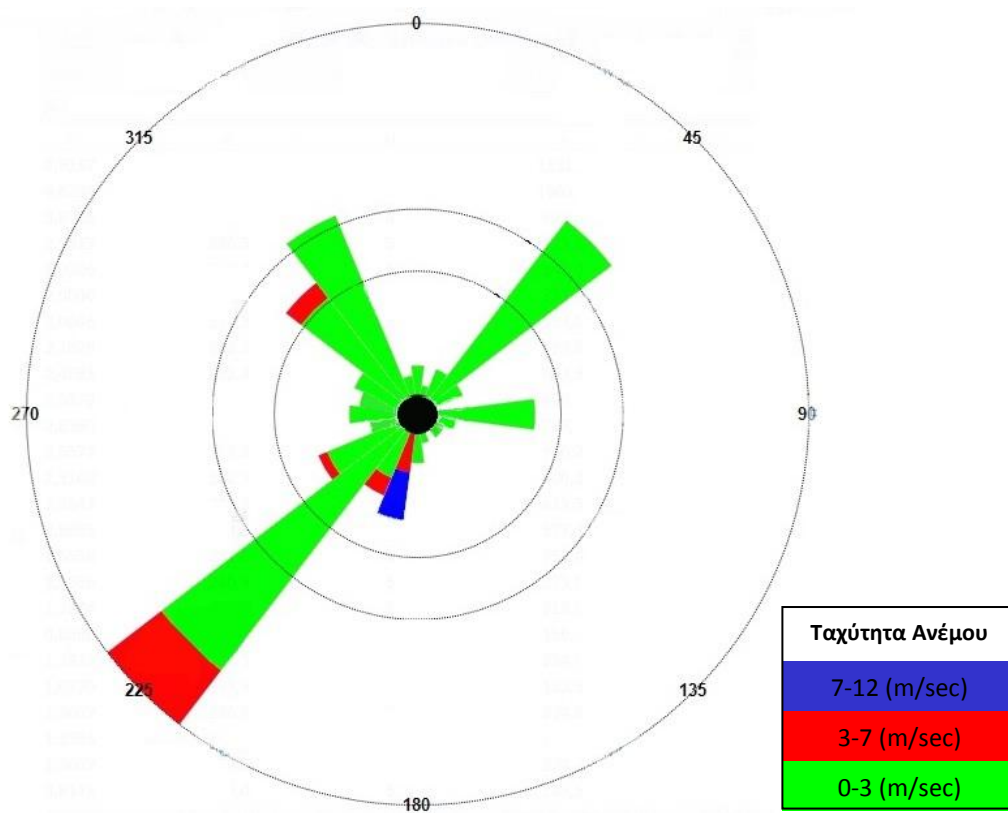
Διάγραμμα 6. (Ανεμολογικό Ροδόγραμμα Απριλίου 1/4/2011 – 7/4/2011)



Διάγραμμα 7. (Ανεμολογικό Ροδόγραμμα Ιουλίου 1/7/2011 – 7/7/2011)



Διάγραμμα 8. (Ανεμολογικό Ροδόγραμμα Οκτωβρίου 1/10/2011 – 7/10/2011)



Διάγραμμα 9. (Ανεμολογικό Ροδόγραμμα Ιανουαρίου 1/1/2012 – 7/1/2012)

Από τα ροδογράμματα των τεσσάρων μηνών ενδιαφέροντος προκύπτει ότι:

1. Το σενάριο κίνησης αεροσκαφών που εκτιμήθηκε δικαιολογείται από τους αντίθετες κατεύθυνσης ανέμους που απαιτούνται για προσγείωση και απογείωση, κυρίως για τους μήνες Απρίλιο, Οκτώβριο, Ιούλιο.
2. Βασικότερες κατευθύνσεις στο σύνολο των μηνών, είναι Βόρεια και Βόρεια Ανατολικά (NNE) με Ανατολικά και Βόρεια Ανατολικά (ENE).
3. Ο Απρίλιος και Οκτώβριος διακατέχονται από μεγαλύτερης διάρκειας ανέμους της τάξης 5 – 8 (m/sec) και 5 – 7 (m/sec).
4. Ο Ιούλιος αποτελείται από μικρής έντασης ανέμους στο μεγαλύτερο ποσοστό του.
5. Ο Ιανουάριος περιλαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές ταχύτητας ανέμου αλλά με μικρότερη διάρκεια.
6. Οι ταχύτητες ανέμου δικαιολογούν τις μέσες ωριαίες ταχύτητες συγκαταλέγοντας τους μήνες με περισσότερο άνεμο ως εξής:

Απρίλιος > Οκτώβριος > Ιανουάριος > Ιούλιος

3.5. Μεθοδολογία εκτίμησης συντελεστών κατανομής

3.5.1. Εισαγωγή

Για την απεικόνιση του ημερησίου προγράμματος πτήσεων στο διαστασιολογημένο μοντέλο, απαιτείται η ύπαρξη ωριαίων συντελεστών οι οποίοι πολλαπλασιάζοντας τον ρυθμό εκπομπής, θα καταδεικνύουν ουσιαστικά την ύπαρξη ή μη, πτήσης. Επίσης θα καταδεικνύουν το ποσοστό της ωριαίας εκπομπής κάθε πτήσης, ανάλογα με την ώρα αναχώρησης. Αυτοί οι συντελεστές προκύπτουν από τους χρόνους λειτουργίας κάθε πτήσης. Κάθε πτήση αναχώρησης συνοδεύεται από εκπομπές ρύπων σε λειτουργία ρελαντί (idle), τροχοδρόμησης προς απογείωση (taxi-out), χρόνο αναμονής (queue times), απογείωσης (take-off) και κάθε πτήση άφιξης συνοδεύεται από εκπομπές σε λειτουργία προσγείωσης (landing) και τροχοδρόμησης από προσγείωση (taxi-in). Για το σκοπό αυτό, απαιτείται η άντληση πληροφοριών από το ημερήσιο πρόγραμμα πτήσεων [Τσαγκρώνη Π., 2012]. Εν συνεχεία επιβάλλεται η ανάπτυξη ενός προγράμματος που θα επεξεργάζεται τις πληροφορίες των πτήσεων και θα παρέχει σε κατάλληλη κωδικοποιημένη μορφή τους συντελεστές που θα κατανέμουν τους ρυθμούς εκπομπής.

3.5.2. Διαγραμματική περιγραφή προγράμματος

Η διαγραμματική ροή του προγράμματος όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα 10 έχει ως εξής: Κατά τη διαδικασία της εκτέλεσης του προγράμματος ζητούνται οι παράμετροι:

- $Q_{t_{max}}$ (μέγιστος χρόνος αναμονής στην επιφάνεια πριν την απογείωση σε λεπτά)
- $Q_{t_{min}}$ (ελάχιστος χρόνος αναμονής σε λεπτά – το αεροσκάφος δεν αναμένει στην επιφάνεια, αλλά καλύπτει το χρόνο σάρωσης της επιφάνειας)
- N_{max} (Μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός απογειώσεων ανά ώρα – runway capacity)
- p (εκθετικός παράγοντας που ελέγχει τη μορφή της καμπύλης της χρονοκαυστέρησης)

Συμφωνά με τα πρότυπα σχεδιασμού του αεροδρομίου [Τσαγκρώνη Π., 2012], οι παραπάνω μεταβλητές εισάγονται χειροκίνητα σύμφωνα με τις μεταβλητές 20.

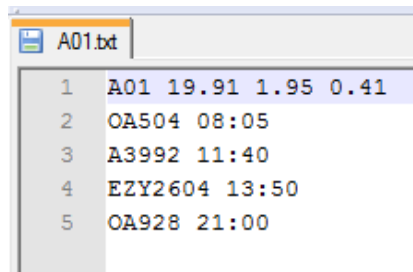
$$\left. \begin{array}{l} Q_{t_{max}} = 15 \\ Q_{t_{min}} = 0,23 \\ N_{max} = 35 \\ p = 2 \end{array} \right\} \quad (20)$$

Με το πέρας της εισαγωγής των παραπάνω δεδομένων το πρόγραμμα θα εκτελέσει τις παρακάτω διεργασίες:

A)Θα πραγματοποιήσει έλεγχο για την εγκυρότητα της εισαγωγής των παραπάνω δεδομένων και θα τις αποθηκεύσει για περαιτέρω χρησιμοποίηση.
B)Εν συνεχεία το πρόγραμμα θα αντλεί πληροφορίες από ένα αρχείο εισαγωγής (Input) το οποίο αποτελείται από δύο φακέλους, Αναχωρήσεις και Αφίξεις. Κάθε φάκελος περιλαμβάνει υποφακέλους, κάθε ένας εκ των οποίων εκπροσωπεί μία επιφάνεια στάθμευσης αεροσκαφών. Εκτός από τους φακέλους των επιφανειών στάθμευσης υπάρχει και ένα αρχείο καταχωρημένο ως apronmapping. Αυτό το αρχείο περιλαμβάνει «οδηγίες» δίνοντας εντολή στο πρόγραμμα να δώσει την σειρά τύπωσης των επιφανειών στάθμευσης σύμφωνα με τη σειρά που απαιτεί η διαστασιολόγηση του μοντέλου. Κάθε

φάκελος επιφάνειας στάθμευσης περιλαμβάνει αρχεία σε μορφή .txt που αποτελούν τις ίδιες τις θέσεις στάθμευσης αεροσκαφών. Επίσης περιλαμβάνεται και ένα αρχείο καταχωρημένο ως positionmapping το οποίο περιλαμβάνει οδηγίες όσον αφορά τη σειρά τύπωσης των θέσεων για κάθε επιφάνεια στάθμευσης.

Σημειώνεται ότι κάθε αρχείο στάθμευσης λειτουργεί ως ταυτότητα κίνησης παρέχοντας τους χρόνους για τη λειτουργία ρελαντί, τροχοδρόμησης προς απογείωση και απογείωση που αντιστοιχούνται για κάθε θέση. Εκτός από αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνονται όλες οι πτήσεις που εμπλέκονται από τη δεδομένη θέση στάθμευσης με στοιχεία, αριθμό πτήσης και ώρα αναχώρησης. Κάθε αρχείο θέσης για τις αναχωρήσεις έχει την ενδεικτική μορφή της εικόνας 6.



1	A01 19.91 1.95 0.41
2	OA504 08:05
3	A3992 11:40
4	EZY2604 13:50
5	OA928 21:00

Εικόνα 6. (Μορφή αρχειοθέτησης στοιχείων αναχώρησης για μια δεδομένη θέση)

Όπου:

- A01 : το όνομα της θέσης στάθμευσης
- 19,91 : ο χρόνος σε λεπτά του αεροσκάφους σε κατάσταση ρελαντί
- 1,95 : ο χρόνος σε λεπτά που πραγματοποιείται τροχοδρόμηση προς απογείωση από τη συγκεκριμένη θέση στάθμευσης
- 0,41 : ο χρόνος απογείωσης
- Ενδεικτικά από τη γραμμή 2 έως 5 περιέχονται πτήσεις ανά γραμμή, περιλαμβάνοντας κωδικό πτήσης και ώρα αναχώρησης.

Τα αρχεία θέσεως των αφίξεων έχουν όμοια με τη παραπάνω εικόνα μορφή, με τη διαφορά ότι ο πρώτος χρόνος αγνοείται από το πρόγραμμα, ο δεύτερος χρόνος αποτελεί το χρόνο τροχοδρόμησης μετά την προσγείωση και ο τρίτος χρόνος αποτελεί το χρόνο προσγείωσης.

Έτσι το πρόγραμμα δημιουργεί ένα «Λεξικό», σύμφωνα με τα αρχεία mapping το οποίο θα δώσει τη σειρά τύπωσης των συντελεστών ανισοκατανομής πτήσεων στα επόμενα βήματα.

Γ) Στη συνέχεια πραγματοποιείται η διαδικασία υπολογισμού των ωριαίων χρόνων αναμονής πριν την απογείωση. Σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται τα δεδομένα που αποθηκεύτηκαν στο Α βήμα. Συγκεκριμένα, γίνεται καταμέτρηση όλων των πτήσεων προς αναχώρηση από όλες τις θέσεις ανά ώρα (σύνολο 24 ώρες) και αποθηκεύετε σε μία μεταβλητή με όνομα N_k .

Το πρόγραμμα θα εκτελέσει διαδοχικούς ελέγχους για κάθε ωριαίο N_k σύμφωνα με τη παρακάτω δομή:

IF $N_k < N_{max} \rightarrow Q_{tk} = Q_{tmin} + (Q_{tmax} - Q_{tmin}) \cdot (N_k / N_{max})^p$
ELSE $N_k > N_{max} \rightarrow Q_{tk} = Q_{tmax}$

Για κάθε έλεγχο θα προκύψουν 24 ωριαία Q_{tk} κάθε ένα εκ των οποίων θα αντιπροσωπεύει το χρόνο καθυστέρησης που ενδέχεται να εμπλακεί το αεροσκάφος. Τα Q_{tk} αποθηκεύονται για περαιτέρω χρησιμοποίηση καθώς επίσης τυπώνονται σε ένα αρχείο εξαγωγής με όνομα Queue Times.

Δ) Με το πέρας της διαδικασίας υπολογισμού των ωριαίων χρόνων αναμονής, το πρόγραμμα θα ξεκινήσει τη διαδικασία αναγνώρισης φάσης λειτουργίας. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει μία σειρά ελέγχων με δομή IF/ELSE της προκαθορισμένης σειράς φάσεων λειτουργίας και τύπωμα σε αρχείο εξαγωγής των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα:

- i. Εκτελείται η φάση λειτουργίας ρελαντί. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα θα αναζητήσει τα αρχεία θέσεως και θα πραγματοποιήσει μια διαδικασία υπολογισμού παραμέτρων για κάθε πτήση κάθε αρχείου θέσεως, αρχειοθετημένου στο φάκελο αναχωρήσεων. Οι παράμετροι που υπολογίζονται είναι:

Δηλώνεται η ώρα (hh:mm) στην οποία λαμβάνει χώρα η πτήση αναχώρησης.

- Χρόνος Ρελαντί (min)
- Χρόνος Τροχοδρόμησης (min)
- Χρόνος Απογείωσης (min)
- Συνολικός Χρόνος (min) = - Χρόνος Ρελαντί (min) - Χρόνος Τροχοδρόμησης (min) - Χρόνος Απογείωσης (min)

Οι παραπάνω παράμετροι αντλούνται από το αρχείο θέσης όπως περιγράφεται στο βήμα Β.

Υπολογίζεται μια καινούρια ώρα (hh':mm':ss) που προκύπτει από την πρόσθεση του Συνολικού Χρόνου (min) στην αρχική ώρα. Εκείνη η ώρα θα αποτελεί και την ώρα έναρξης των διαδικασιών, όπου σε αυτό το στάδιο είναι η φάση ρελαντί.

Έπειτα υπολογίζεται ο εναπομένον χρόνος σε λεπτά, της ώρας που εμπλέκεται η πτήση και ο συντελεστής κατανομής χρόνου με το παρακάτω τρόπο:

- Εναπομένον Χρόνος (min) = 60 – mm' (min) – (ss / 60) (min)
- Συντελεστής = Εναπομένον Χρόνος (min) / Χρόνος Ρελαντί (min)

Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του Συντελεστή Κατανομής. Συγκεκριμένα:

Αν Συντελεστής ≥ 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = 1

Αν Συντελεστής < 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = Συντελεστής

Για hh' + 1 (ώρα) , Συντελεστής = 1 – Συντελεστής

Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μια διαδικασία τύπωσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη θέση που ορίζεται σύμφωνα με το «λεξικό» (βήμα Β). Εν συνεχεία θα εκτελεστεί ξανά η φάση λειτουργίας ρελαντί για την επόμενη πτήση έως ότου υπολογιστούν όλοι οι συντελεστές κατανομής όλων των πτήσεων, όλων των αρχείων θέσεων για όλους τους σταθμούς.

- ii. Εκτελείται η φάση λειτουργίας τροχοδρόμησης προς απογείωση. Αφού εκτελεστούν όλα τα βήματα για τη φάση ρελαντί, το πρόγραμμα θα προχωρήσει στη φάση τροχοδρόμησης προς απογείωση. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα θα εκτελέσει μία όμοια με τη παραπάνω διαδικασία πραγματοποιώντας μια διαδικασία υπολογισμού παραμέτρων διαφορετική για κάθε πτήση κάθε αρχείου θέσεως αρχειοθετημένου στο φάκελο αναχωρήσεων. Οι παράμετροι που υπολογίζονται σε αυτή τη φάση είναι:

Δηλώνεται η ώρα (hh:mm) στην οποία λαμβάνει χώρα η πτήση αναχώρησης.

- Χρόνος Τροχοδρόμησης (min)
- Χρόνος Απογείωσης (min)
- Συνολικός Χρόνος (min) = - Χρόνος Τροχοδρόμησης (min) - Χρόνος Απογείωσης (min)

Οι παραπάνω παράμετροι αντλούνται από το αρχείο θέσης όπως αναφέρεται στο βήμα Β.

Υπολογίζεται μια καινούρια ώρα (hh':mm':ss) που προκύπτει από την πρόσθεση του Συνολικού Χρόνου (min) στην αρχική ώρα. Εκείνη η ώρα θα αποτελεί και την ώρα έναρξης των διαδικασιών, όπου σε αυτό το στάδιο είναι η φάση τροχοδρόμηση προς απογείωση.

Έπειτα υπολογίζεται ο εναπομένον χρόνος σε λεπτά, της ώρας που εμπλέκεται η πτήση και ο συντελεστής κατανομής χρόνου με το παρακάτω τρόπο:

- Εναπομένον Χρόνος (min) = 60 – mm' (min) – (ss / 60) (min)
- Συντελεστής = Εναπομένον Χρόνος (min) / Χρόνος Τροχοδρόμησης (min)

Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του Συντελεστή Κατανομής. Συγκεκριμένα:

Αν Συντελεστής ≥ 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = 1

Αν Συντελεστής < 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = Συντελεστής

Για hh' + 1 (hr) , Συντελεστής = 1 – Συντελεστής

Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μια διαδικασία τύπωσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη θέση που ορίζεται σύμφωνα με το «λεξικό» (βήμα Β). Εν συνεχεία θα εκτελεστεί ξανά η φάση λειτουργίας τροχοδρόμησης για την επόμενη πτήση έως ότου υπολογιστούν όλοι οι συντελεστές κατανομής όλων των πτήσεων, όλων των αρχείων θέσεων για όλους τους σταθμούς.

- iii. Εκτελείται η φάση λειτουργίας αναμονής. Αφού εκτελεστούν όλα τα βήματα για τη φάση τροχοδρόμησης, το πρόγραμμα θα προχωρήσει στη φάση αναμονής αεροσκαφών. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα θα

εκτελέσει μία όμοια με τη παραπάνω διαδικασία πραγματοποιώντας μια διαδικασία υπολογισμού παραμέτρων διαφορετική για κάθε πτήση κάθε αρχείου θέσεως, αρχειοθετημένου στο φάκελο αναχωρήσεων. Οι παράμετροι που υπολογίζονται σε αυτή τη φάση είναι:

Δηλώνεται η ώρα (hh:mm) στην οποία λαμβάνει χώρα η πτήση αναχώρησης.

- Χρόνος Απογείωσης (min)
- Χρόνος Αναμονής Q_{tk_i} (min) όπου $i = 1, \dots, 24$

Ο χρόνος αναμονής αντλείται από τα αποθηκευμένα δεδομένα που εξήχθησαν στο βήμα Γ όπου $i = hh$.

- Συνολικός Χρόνος (min) = - Χρόνος Απογείωσης (min)

Υπολογίζεται μια καινούρια ώρα (hh':mm':ss) που προκύπτει από την πρόσθεση του Συνολικού Χρόνου (min) στην αρχική ώρα. Εκείνη η ώρα θα αποτελεί και την ώρα έναρξης των διαδικασιών, όπου σε αυτό το στάδιο είναι η φάση αναμονής πριν την απογείωση.

Έπειτα υπολογίζεται ο εναπομένον χρόνος σε λεπτά, της ώρας που εμπλέκεται η πτήση και ο συντελεστής κατανομής χρόνου με το παρακάτω τρόπο:

$$\text{Εναπομένων Χρόνος (min)} = 60 - \text{mm}' (\text{min}) - (\text{ss} / 60) (\text{min})$$

$$\text{Συντελεστής} = \text{Εναπομένων Χρόνος (min)} / \text{Χρόνος Αναμονής } Q_{tk_i} (\text{min})$$

Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του Συντελεστή Κατανομής. Συγκεκριμένα:

Αν Συντελεστής ≥ 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = 1

Αν Συντελεστής < 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = Συντελεστής

Για hh' + 1 (hr) , Συντελεστής = 1 – Συντελεστής

Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μια διαδικασία τύπωσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη θέση που ορίζεται σύμφωνα με το «λεξικό» (βήμα Β). Εν συνεχεία θα εκτελεστεί ξανά η φάση λειτουργίας αναμονής για την επόμενη πτήση έως ότου υπολογιστούν όλοι οι συντελεστές

κατανομής όλων των πτήσεων, όλων των αρχείων θέσεων για όλους τους σταθμούς.

- iv. Εκτελείται η φάση λειτουργίας απογείωσης. Αφού εκτελεστούν όλα τα βήματα για τη φάση αναμονής, το πρόγραμμα θα προχωρήσει στη φάση απογείωσης αεροσκαφών. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα θα εκτελέσει μία όμοια με τη παραπάνω διαδικασία πραγματοποιώντας μια διαδικασία υπολογισμού παραμέτρων διαφορετική για κάθε πτήση κάθε αρχείου θέσεως, αρχειοθετημένου στο φάκελο αναχωρήσεων. Οι παράμετροι που υπολογίζονται σε αυτή τη φάση είναι:

Δηλώνεται η ώρα (hh:mm) στην οποία λαμβάνει χώρα η πτήση αναχώρησης.

- Χρόνος Απογείωσης (min)
- Χρόνος Αναμονής Q_{tk_i} (min) όπου $i = 1, \dots, 24$

Ο χρόνος αναμονής αντλείται από τα αποθηκευμένα δεδομένα που εξήχθησαν στο βήμα Γ όπου $i = hh$.

Συνολικός Χρόνος (min) = - Χρόνος Απογείωσης (min) + Q_{tk_i} (min)

Υπολογίζεται μια καινούρια ώρα (hh':mm':ss) που προκύπτει από την πρόσθεση του Συνολικού Χρόνου (min) στην αρχική ώρα. Εκείνη η ώρα θα αποτελεί και την ώρα έναρξης των διαδικασιών, όπου σε αυτό το στάδιο είναι η φάση απογείωσης.

Έπειτα υπολογίζεται ο εναπομένον χρόνος σε λεπτά, της ώρας που εμπλέκεται η πτήση και ο συντελεστής κατανομής χρόνου με το παρακάτω τρόπο:

- Εναπομένον Χρόνος (min) = $60 - mm' \text{ (min)} - (ss / 60) \text{ (min)}$
- Συντελεστής = Εναπομένον Χρόνος (min) / Χρόνος Απογείωσης (min)

Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του Συντελεστή Κατανομής. Συγκεκριμένα:

Αν Συντελεστής ≥ 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = 1

Αν Συντελεστής < 1

Εξάγεται: Για $hh' (hr)$, Συντελεστής = Συντελεστής

Για $hh' + 1 (hr)$, Συντελεστής = $1 - \text{Συντελεστής}$

Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μια διαδικασία τύπωσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη θέση που ορίζεται σύμφωνα με το «λεξικό» (βήμα Β). Εν συνεχεία θα εκτελεστεί ξανά η φάση λειτουργίας απογείωσης για την επόμενη πτήση έως ότου υπολογιστούν όλοι οι συντελεστές κατανομής όλων των πτήσεων, όλων των αρχείων θέσεων για όλους τους σταθμούς. Η διαδικασία συνεπάγεται ότι η απογείωση θα τοποθετείται χρονικά, με την ενδεχόμενη καθυστέρηση που θα προκύπτει εξ αιτίας των χρόνων αναμονής.

- v. Εκτελείται η φάση λειτουργίας προσγείωσης. Αφού εκτελεστούν όλα τα βήματα για τη φάση απογείωσης, το πρόγραμμα θα προχωρήσει στη φάση προσγείωσης αεροσκαφών. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα θα εκτελέσει μία όμοια με τη παραπάνω διαδικασία πραγματοποιώντας μια διαδικασία υπολογισμού παραμέτρων διαφορετική για κάθε πτήση κάθε αρχείου θέσεως, αρχειοθετημένου στο φάκελο αφίξεων. Οι παράμετροι που υπολογίζονται σε αυτή τη φάση είναι:

Δηλώνεται η ώρα (hh:mm) στην οποία λαμβάνει χώρα η πτήση άφιξης.

- Χρόνος Προσγείωσης (min)
- Συνολικός Χρόνος (min) = 0

Υπολογίζεται μια καινούργια ώρα (hh':mm':ss) που προκύπτει από την πρόσθεση του Συνολικού Χρόνου (min) στην αρχική ώρα. Εκείνη η ώρα θα αποτελεί και την ώρα έναρξης των διαδικασιών, όπου σε αυτό το στάδιο είναι η φάση προσγείωσης. Σε αυτή τη φάση η καινούρια ώρα θα είναι ίση με τη παλιά. Αυτό συνεπάγεται βάση της υπόθεσης ότι κάτω από συνθήκες σωστής λειτουργίας των πτήσεων, η προσγείωση της άφιξης θα πραγματοποιείται στην προβλεπόμενη προγραμματιζόμενη ώρα.

Έπειτα υπολογίζεται ο εναπομένων χρόνος σε λεπτά, της ώρας που εμπλέκεται η πτήση και ο συντελεστής κατανομής χρόνου με το παρακάτω τρόπο:

- Εναπομένων Χρόνος (min) = 60 – mm' (min) – (ss / 60) (min)
- Συντελεστής = Εναπομένων Χρόνος (min) / Χρόνος Προσγείωσης (min)

Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του Συντελεστή Κατανομής. Συγκεκριμένα:

Αν Συντελεστής ≥ 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = 1

Αν Συντελεστής < 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = Συντελεστής

Για hh' + 1 (hr) , Συντελεστής = 1 – Συντελεστής

Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μια διαδικασία τύπωσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη θέση που ορίζεται σύμφωνα με το «λεξικό» (βήμα Β). Εν συνεχεία θα εκτελεστεί ξανά η φάση λειτουργίας προσγείωσης για την επόμενη πτήση έως ότου υπολογιστούν όλοι οι συντελεστές κατανομής όλων των πτήσεων, όλων των αρχείων θέσεων για όλους τους σταθμούς.

- vi. Εκτελείται η φάση λειτουργίας τροχοδρόμησης από προσγείωση. Αφού εκτελεστούν όλα τα βήματα για τη φάση προσγείωσης, το πρόγραμμα θα προχωρήσει στη φάση τροχοδρόμησης από προσγείωση αεροσκαφών. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα θα εκτελέσει μία όμοια με τη παραπάνω διαδικασία πραγματοποιώντας μια διαδικασία υπολογισμού παραμέτρων διαφορετική για κάθε πτήση κάθε αρχείου θέσεως, αρχειοθετημένου στο φάκελο αφίξεων. Οι παράμετροι που υπολογίζονται σε αυτή τη φάση είναι:

Δηλώνεται η ώρα (hh:mm) στην οποία λαμβάνει χώρα η πτήση άφιξης.

- Χρόνος Προσγείωσης (min)
- Χρόνος Τροχοδρόμησης (min)
- Συνολικός Χρόνος (min) = + Χρόνος Προσγείωσης

Υπολογίζεται μια καινούρια ώρα (hh':mm':ss) που προκύπτει από την πρόσθεση του Συνολικού Χρόνου (min) στην αρχική ώρα. Εκείνη η ώρα θα αποτελεί και την ώρα έναρξης των διαδικασιών, όπου σε αυτό το στάδιο είναι η φάση τροχοδρόμησης από προσγείωση.

Έπειτα υπολογίζεται ο εναπομένον χρόνος σε λεπτά, της ώρας που εμπλέκεται η πτήση και ο συντελεστής κατανομής χρόνου με το παρακάτω τρόπο:

- Εναπομένων Χρόνος (min) = 60 – mm' (min) – (ss / 60) (min)
- Συντελεστής = Εναπομένων Χρόνος (min) / Χρόνος Τροχοδρόμησης (min)

Τέλος πραγματοποιείται έλεγχος του Συντελεστή Κατανομής. Συγκεκριμένα:

Αν Συντελεστής ≥ 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = 1

Αν Συντελεστής < 1

Εξάγεται: Για hh' (hr) , Συντελεστής = Συντελεστής

Για hh' + 1 (hr) , Συντελεστής = 1 – Συντελεστής

Ο έλεγχος ολοκληρώνεται με μια διαδικασία τύπωσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων στη θέση που ορίζεται σύμφωνα με το «λεξικό» (βήμα Β). Εν συνεχεία θα εκτελεστεί ξανά η φάση λειτουργίας προσγείωσης για την επόμενη πτήση έως ότου υπολογιστούν όλοι οι συντελεστές κατανομής όλων των πτήσεων, όλων των αρχείων θέσεων για όλους τους σταθμούς.

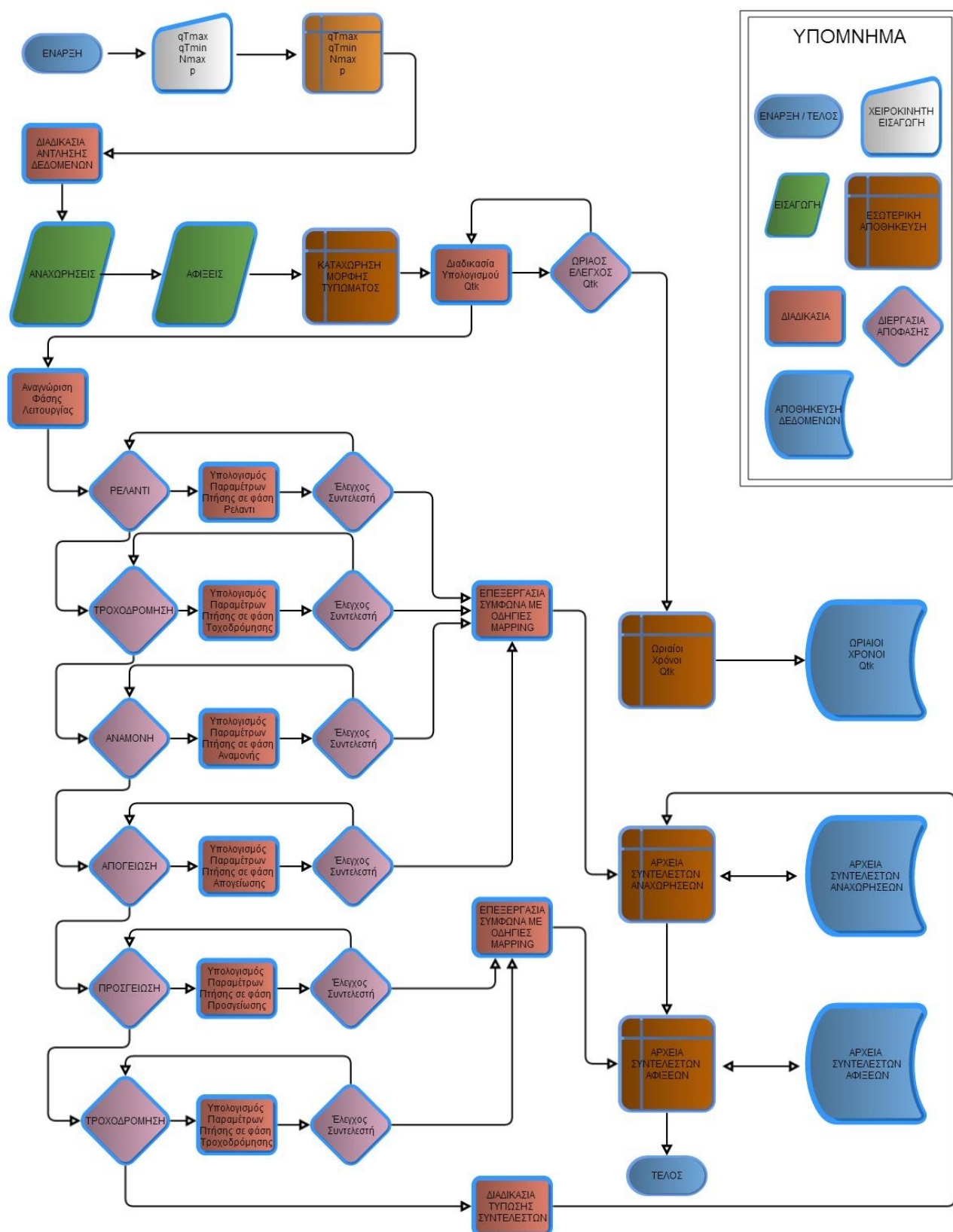
Ε) Με το πέρας της εξαγωγής των συντελεστών στο καταχωρημένο «λεξικό», το πρόγραμμα θα πραγματοποιήσει μια διαδικασία άντλησης όλων των συντελεστών και θα τους τυπώσει στη κατάλληλη μορφή για περαιτέρω χρησιμοποίησή τους στο μοντέλο.

Τα αποθηκευμένα αρχεία περιλαμβάνονται στο φάκελο Output με υποφακέλους:

- Αναχωρήσεις (Departures)
- Αφίξεις (Arrivals)
- Χρόνοι Αναμονής (Queue Times)

Για τις αναχωρήσεις περιλαμβάνονται, τυπωμένοι σε αρχεία, όλοι οι συντελεστές, σε σειρά και μορφή, ανάλογα με τις διαστασιολογημένες απαιτήσεις του μοντέλου. Ομοίως ισχύει και για τις αφίξεις. Για τους χρόνους αναμονής περιλαμβάνεται ένα αρχείο με τους χρόνους καθυστέρησης ανά ώρα.

Τέλος τυπώνεται και ένα αρχείο ConsoleOutput που περιλαμβάνει σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά τη σταδιακή διεκπεραίωση της εκτέλεσης του προγράμματος.



Διάγραμμα 10. Διαγραμματική απεικόνιση ροής λειτουργίας προγράμματος κατανομής συντελεστών χρόνου

4. Μοντέλο εκτίμησης διασποράς ρύπων

4.1. Εισαγωγή

Για την εκτίμηση των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων αερίων εκπομπών που εκλύονται από τις λειτουργίες του αεροδρομίου, χρησιμοποιείται το μοντέλο Industrial Source Complex – Short Term (ISC3 - ST) το οποίο δημιουργήθηκε από την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (U.S. EPA). Το μοντέλο χρησιμοποιεί μιας σταθερής κατάστασης εξίσωση του θυσάνου του Gauss [EPA, 1995].

Οι παραδοχές του μοντέλου είναι:

- Ο ρύπος κατανέμεται κατά Gauss, δηλαδή ο ρύπος εκτελεί μια κανονική, εγκάρσια και κατακόρυφη κατανομή μέσης συγκέντρωσης ρύπων.
- Συνεχής Εκπομπή

4.2. Περιγραφή μοντέλου διασποράς ISC – ST

Το συγκεκριμένο μοντέλο που χρησιμοποιείται αποτελεί μοντέλο βραχυπρόθεσμης χρήσης, όπου μελετώνται εκπομπές σε ωριαία βάση, διάρκειας μίας ημέρας, δημιουργώντας έτσι ένα ημερήσιο προφίλ συγκεντρώσεων αέριας ρύπανσης για κάθε υπό μελέτη ρύπο.

Οι τύποι πηγών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το μοντέλο είναι:

- Σημειακή
- Επιφανειακή
- Όγκου

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιούνται *επιφανειακές πηγές*.

Για την εκτέλεση του μοντέλου απαιτούνται τα παρακάτω δεδομένα:

A) Εισαγωγή δεδομένων στο μετεωρολογικό αρχείο του μοντέλου (Deptest.Met)

- Αντλούνται από το αρχείο επεξεργασίας δεκάλεπτων μετεωρολογικών παραμέτρων σε ωριαίες παραμέτρους και περιλαμβάνουν:
 - i. Διεύθυνση Ανέμου (μοίρες)
 - ii. Ταχύτητα Ανέμου (m/sec)

- iii. Θερμοκρασίας (Kelvin)
- iv. Κλάση Ισορροπίας
- v. Ύψος Ανάμιξης

B) Εισαγωγή δεδομένων στο κυρίως αρχείο του μοντέλου (Deptest.INP). Περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως:

- Ορισμός του ύψους αποδέκτη των εκπομπών (1,5m)
- Διαστασιολόγηση των επιφανειακών πηγών που εισάγονται στο Deptest.INP

Περιλαμβάνονται όλες οι διαστασιολογημένες επιφανειακές πηγές, όλων των λειτουργιών του αεροσκάφους στους χώρους του αεροδρομίου, κάθε μία εκ των οποίων χαρακτηρίζεται από:

- i. Σημεία ορισμού της επιφάνειας στο χώρο μελέτης (X_s, Y_s, Z_s) (m)
 - ii. Το μήκος της πηγής από βορρά προς νότο (m)
 - iii. Το μήκος της πηγής από ανατολή προς δύση (m)
 - iv. Τη γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με τη βόρεια διεύθυνση
 - v. Το ύψος απελευθέρωσης των εκπομπών (2,5m)
 - vi. Το ρυθμό εκπομπής που συντελείται στην επιφάνεια (αντλείται από το αρχείο εκπομπών). Διαφέρει για κάθε λειτουργία του αεροσκάφους
 - vii. Τους ωριαίους συντελεστές που θα δίνουν το ποσοστό του ρυθμού εκπομπής που συντελείται σε κάθε λειτουργία του αεροσκάφους, κάθε ώρα.
- Ορισμός του ύψους των μετεωρολογικών παρατηρήσεων πάνω από το επίπεδο του εδάφους (10m)
 - Τις αποστάσεις του αποδέκτη από την πηγή όπου θα υπολογιστούν οι συγκεντρώσεις. Ορίζονται αποστάσεις από 0 έως 7000 μέτρα.

4.3. Αποτελέσματα μοντέλου (Πραγματικό Σενάριο)

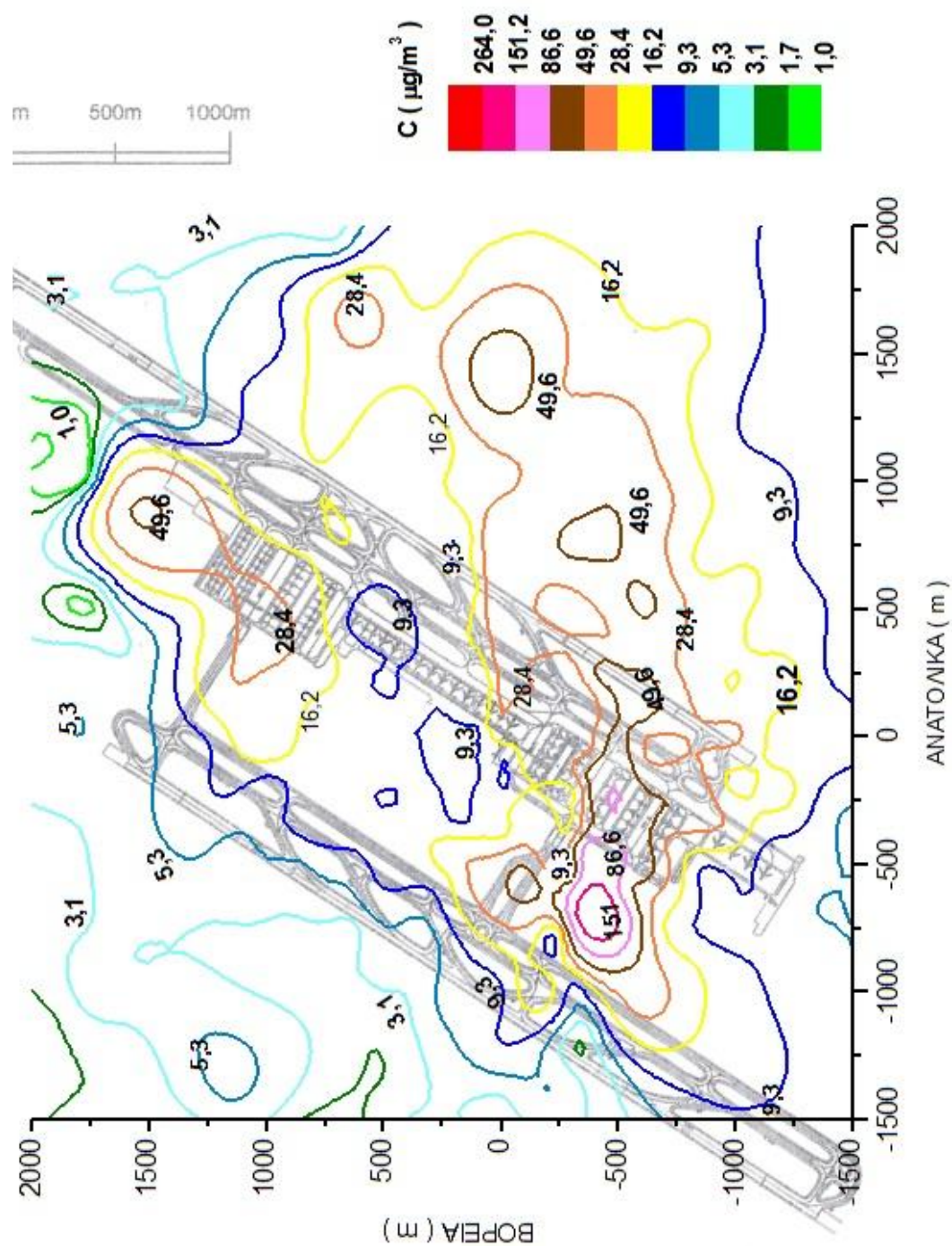
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα και περιλαμβάνουν διαγράμματα συγκεντρώσεων ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για τους ρύπους:

- Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)
- Υδρογονάνθρακες (THC)
- Αιωρούμενα Σωματίδια με διάμετρο $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀)
- Οξείδια του Αζώτου (NO_x)
- Οξείδια του Θείου (SO_x)

Τα διαγράμματα προκύπτουν από τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις των μηνών:

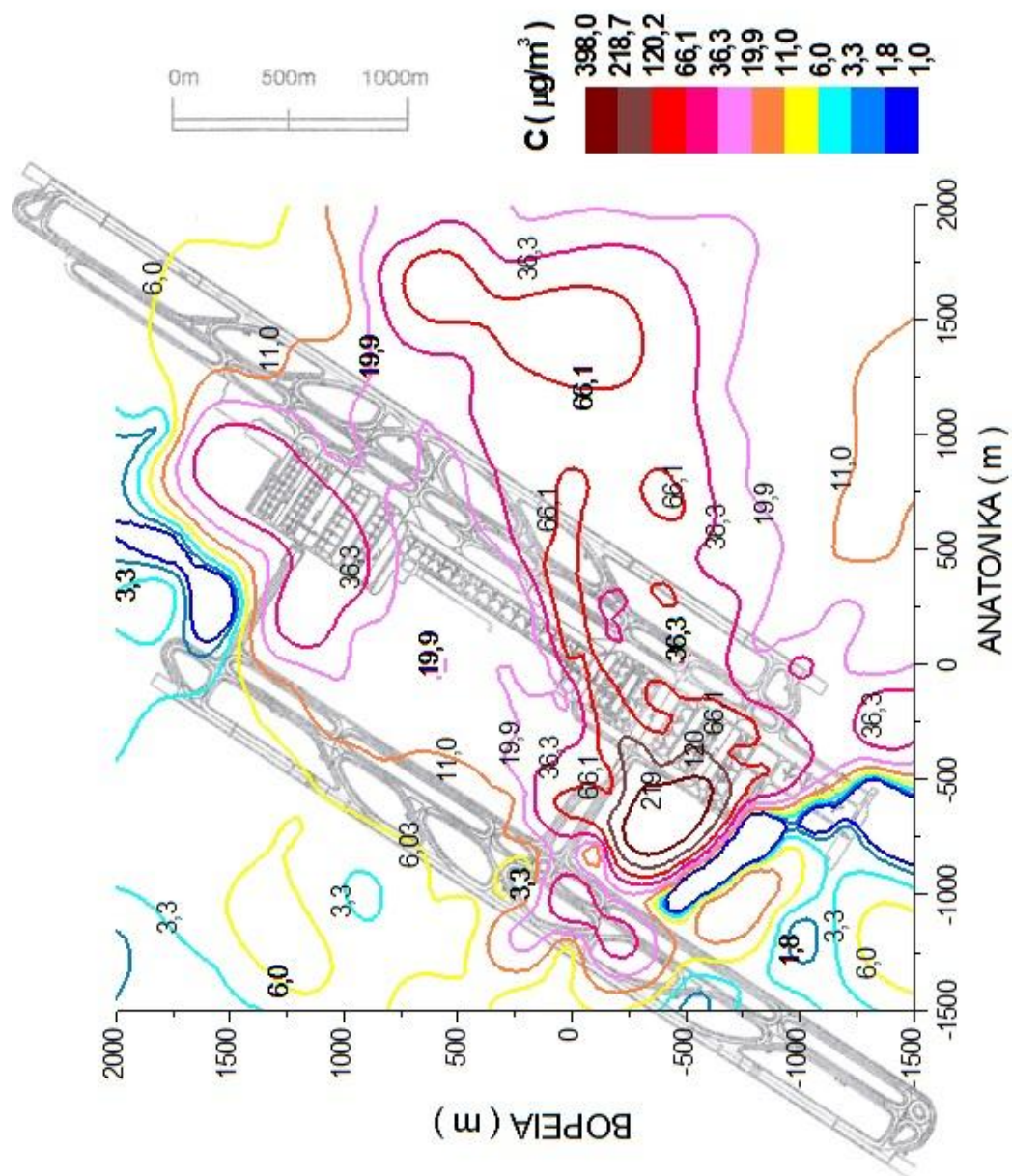
- Απρίλιος → 1/4/2011 έως 7/4/2011
- Ιούλιος → 1/7/2011 έως 7/7/2011
- Οκτώβριος → 1/10/2011 έως 7/10/2011
- Ιανουάριος → 1/1/2012 έως 7/1/2012

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ



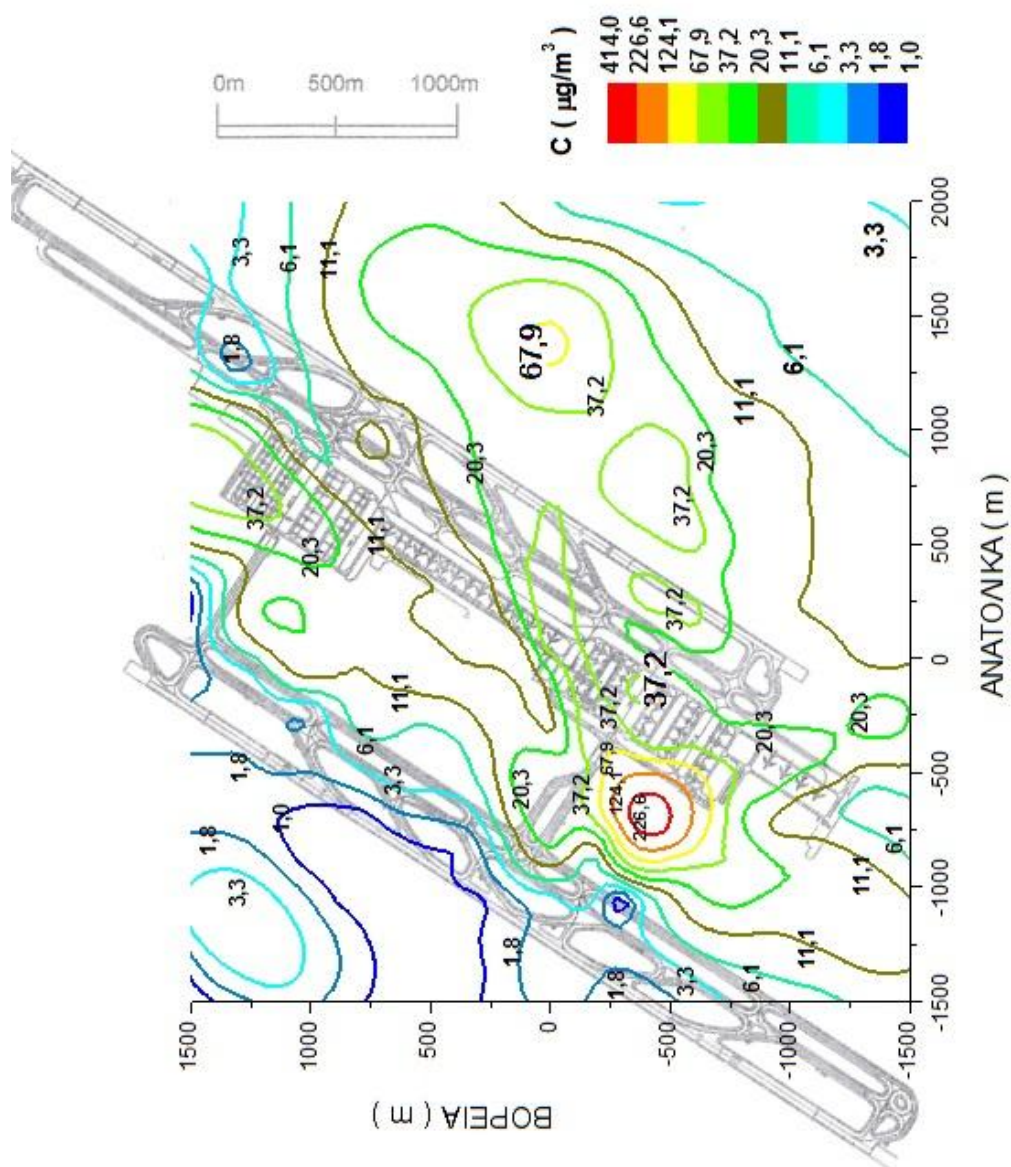
Διάγραμμα 11. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Απρίλιο

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (μg/m³) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ



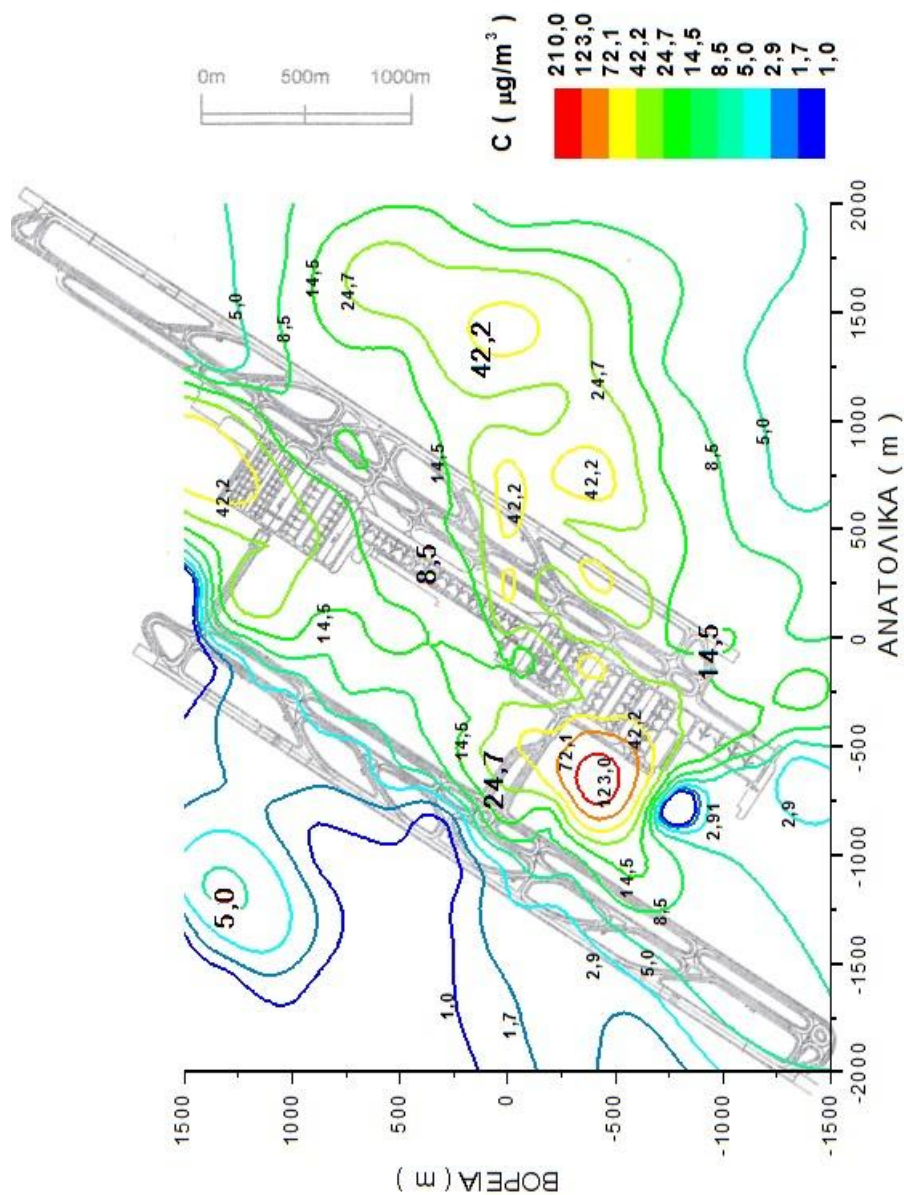
Διάγραμμα 12. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιούλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ



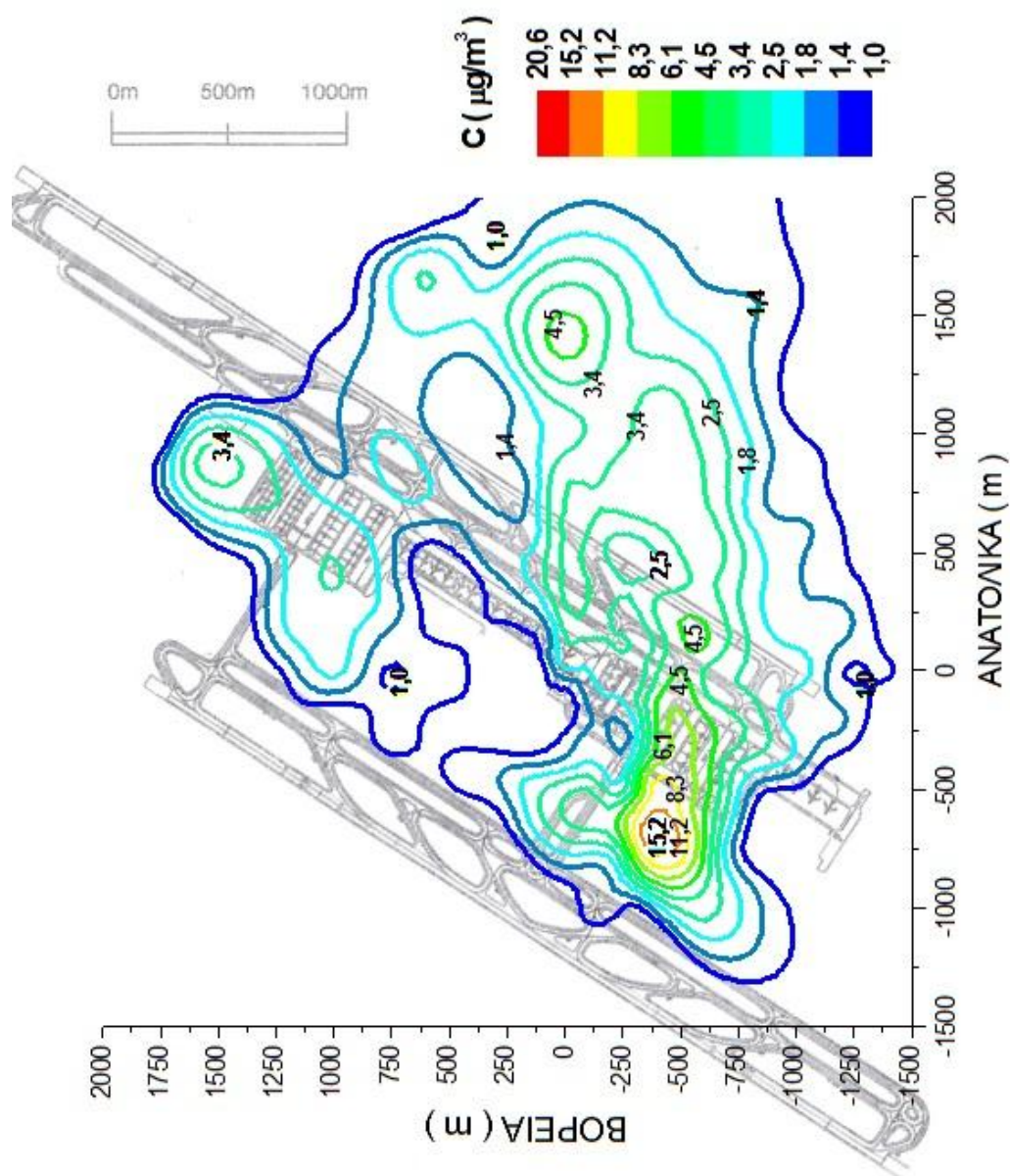
Διάγραμμα 13. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Οκτώβριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ



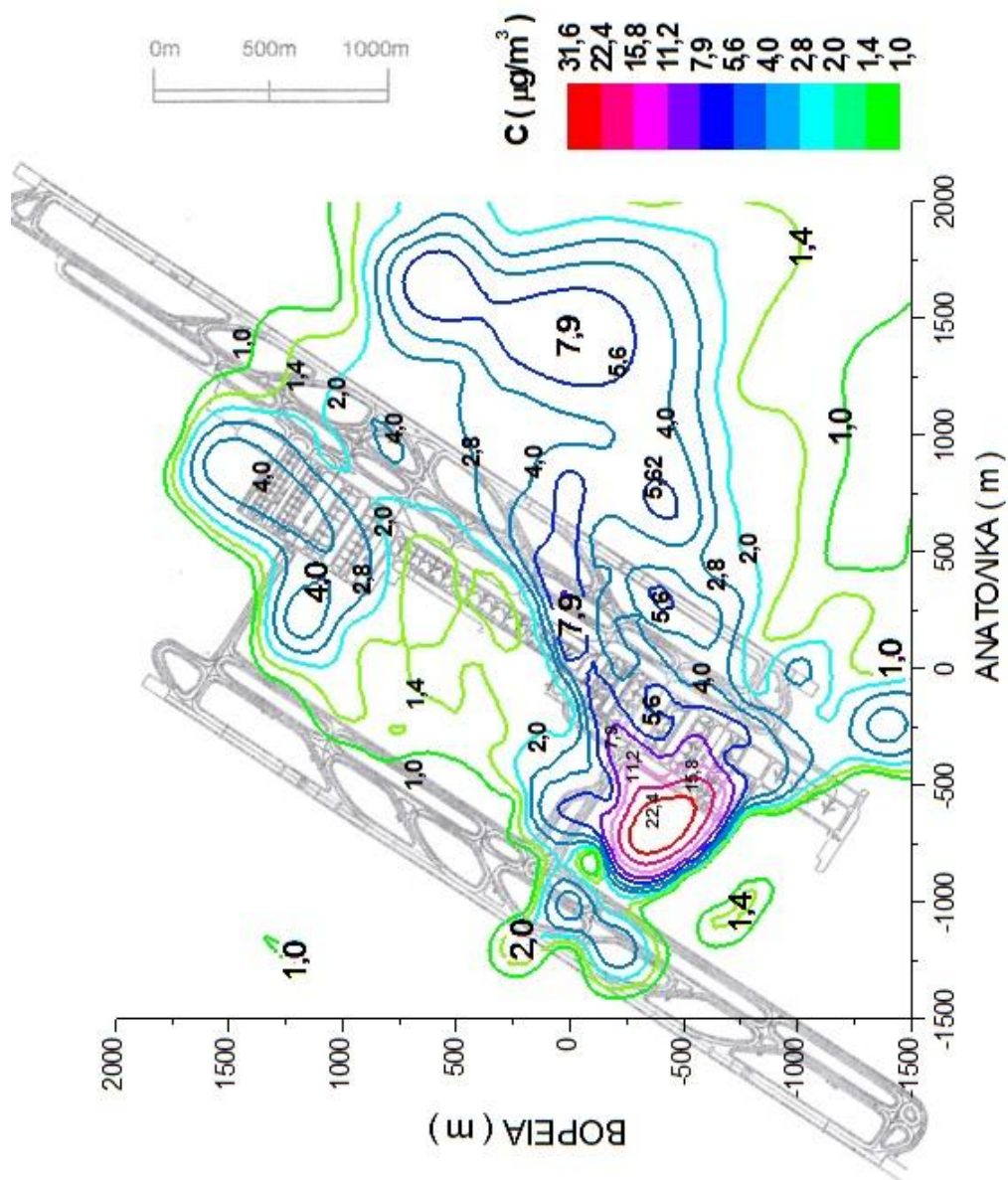
Διάγραμμα 14. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιανουάριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ



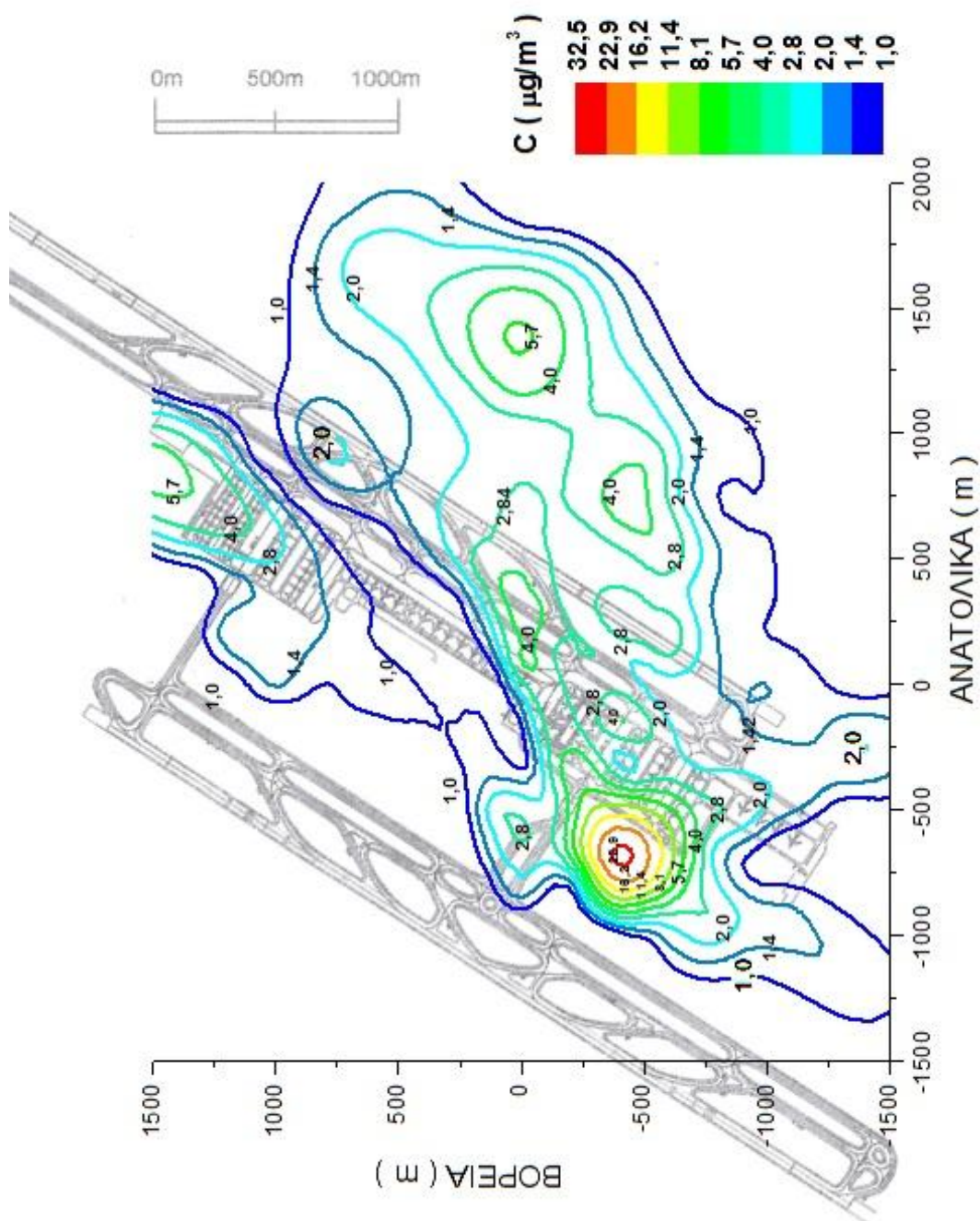
Διάγραμμα 15. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων υδρογονανθράκων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Απρίλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ



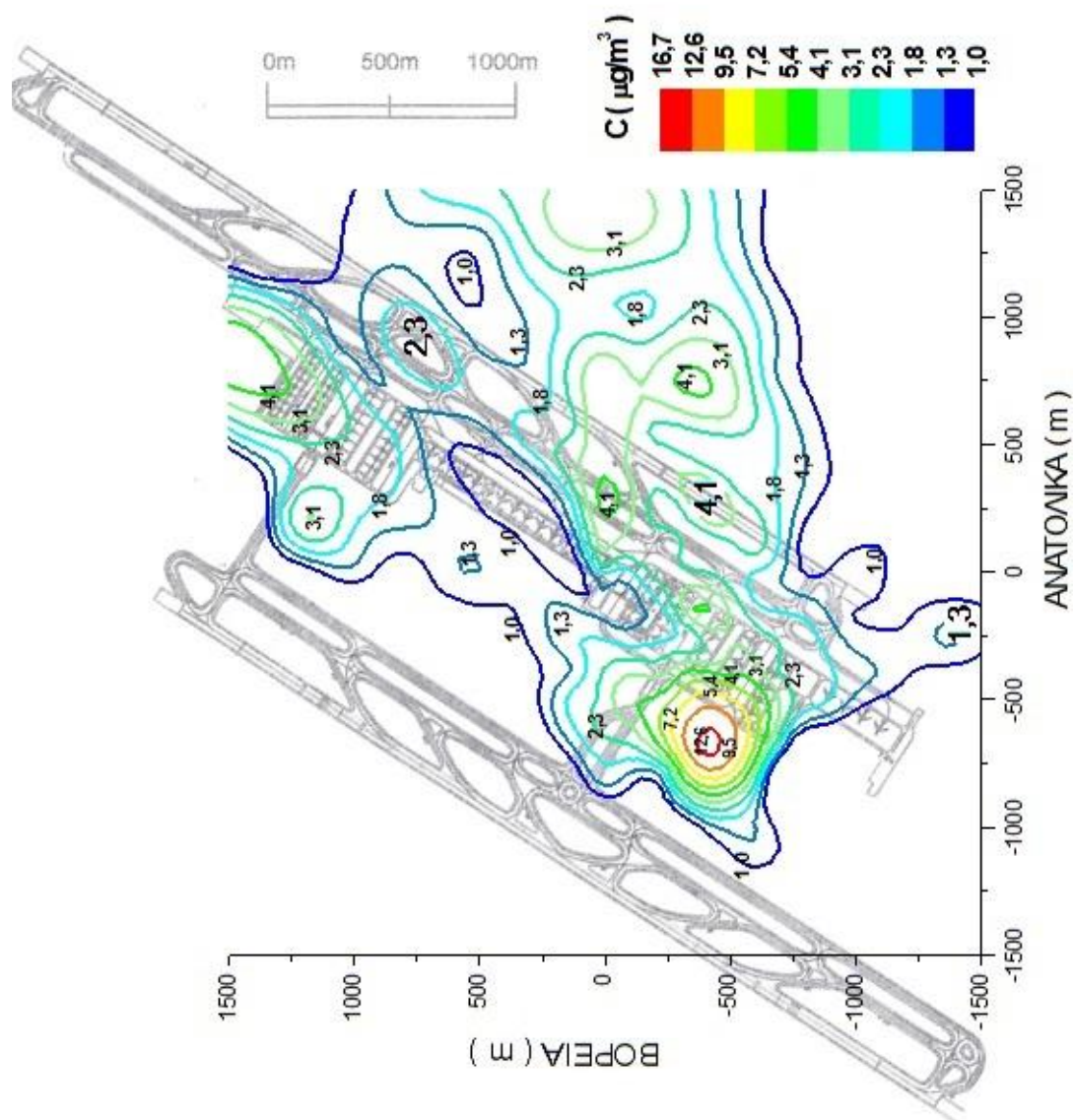
Διάγραμμα 16. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων υδρογονανθράκων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιούλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ



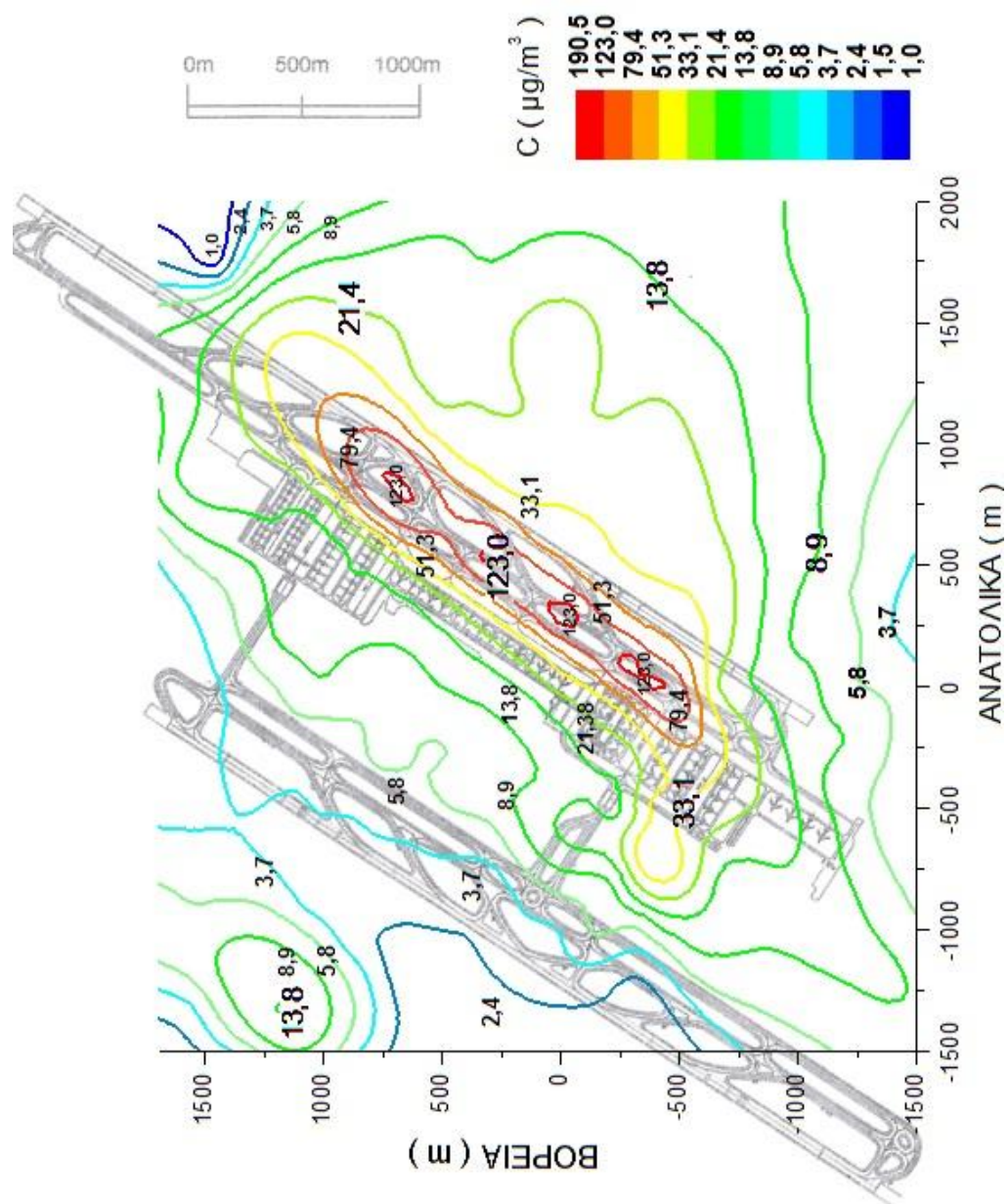
Διάγραμμα 17. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων υδρογονανθράκων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Οκτώβριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ



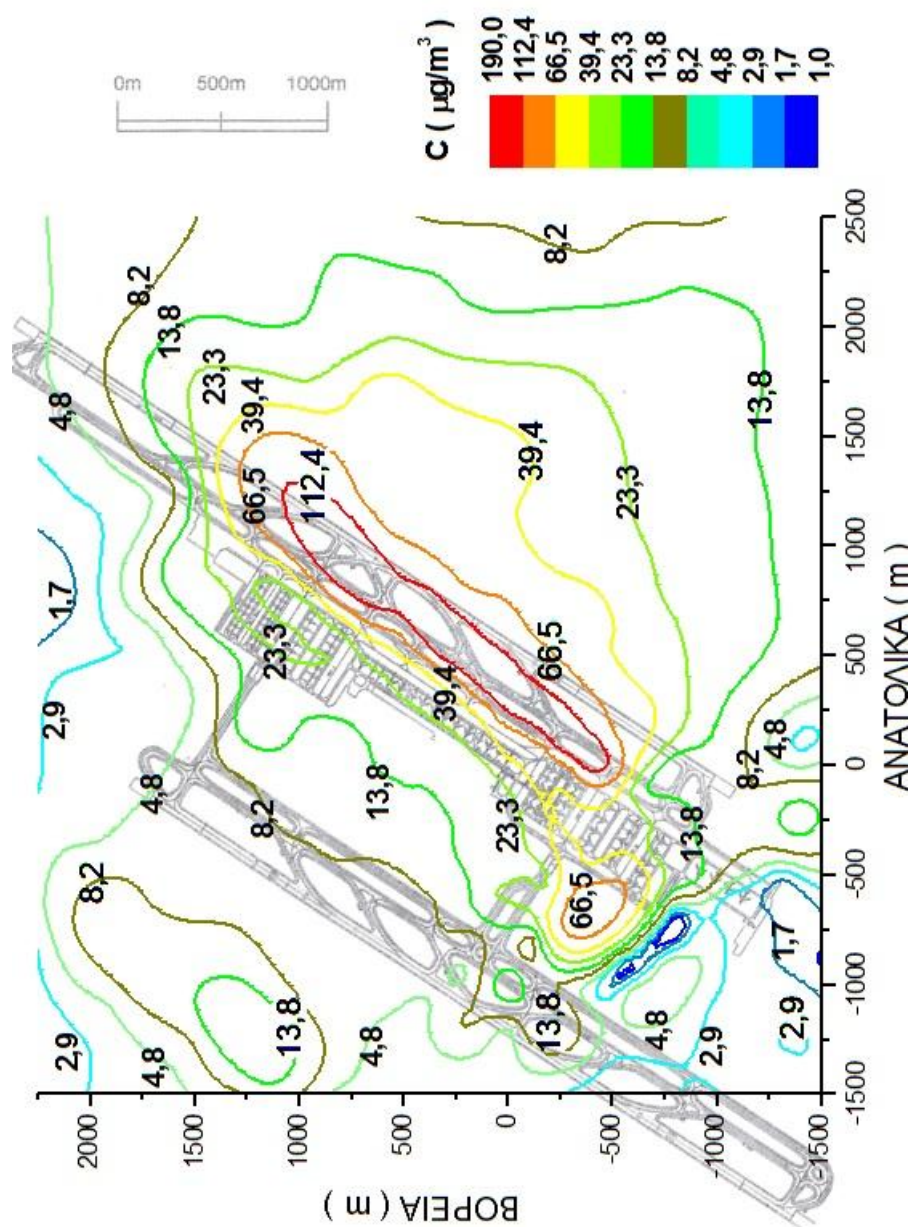
Διάγραμμα 18. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων υδρογονανθράκων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιανουάριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ



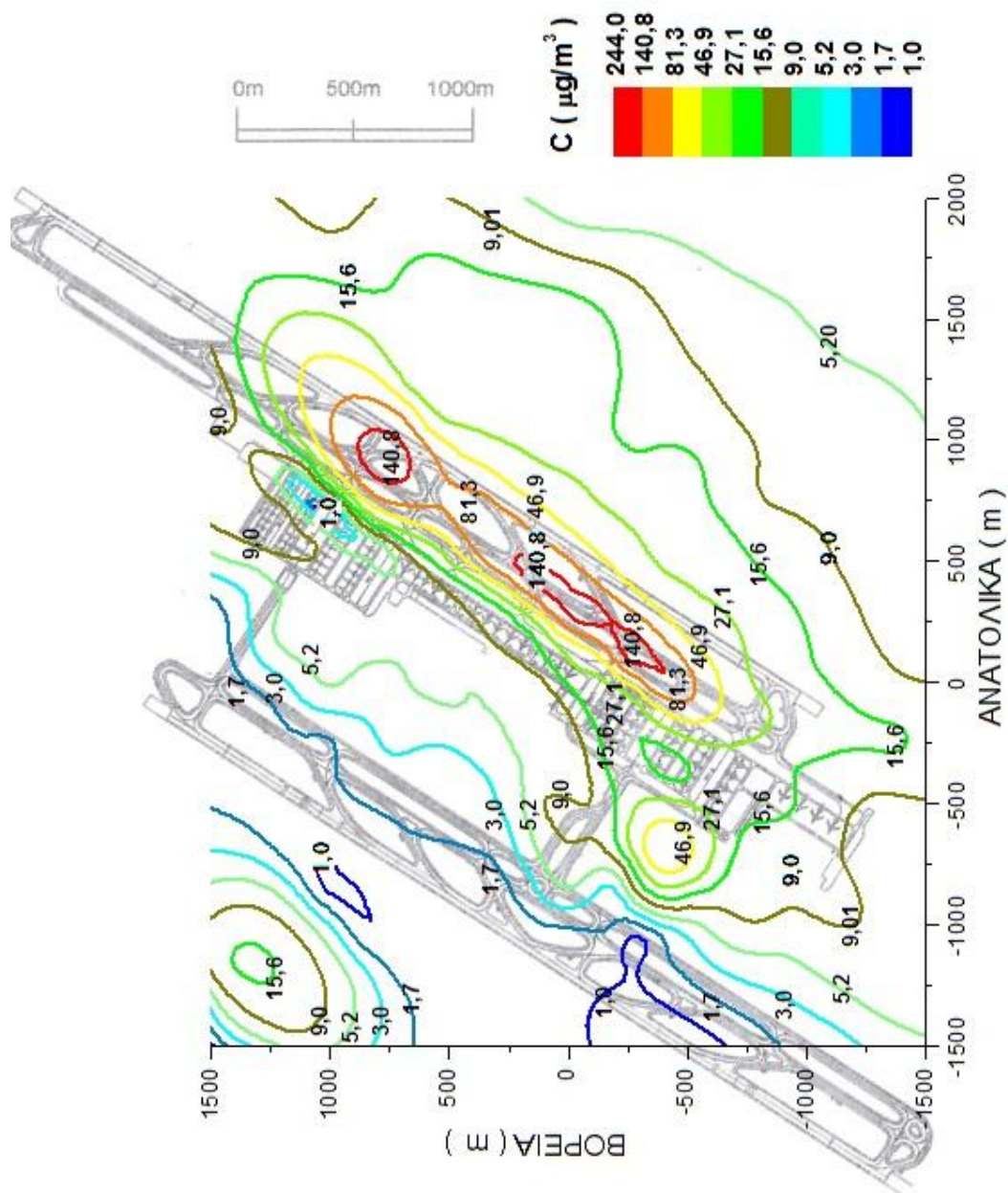
Διάγραμμα 19. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Απρίλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ



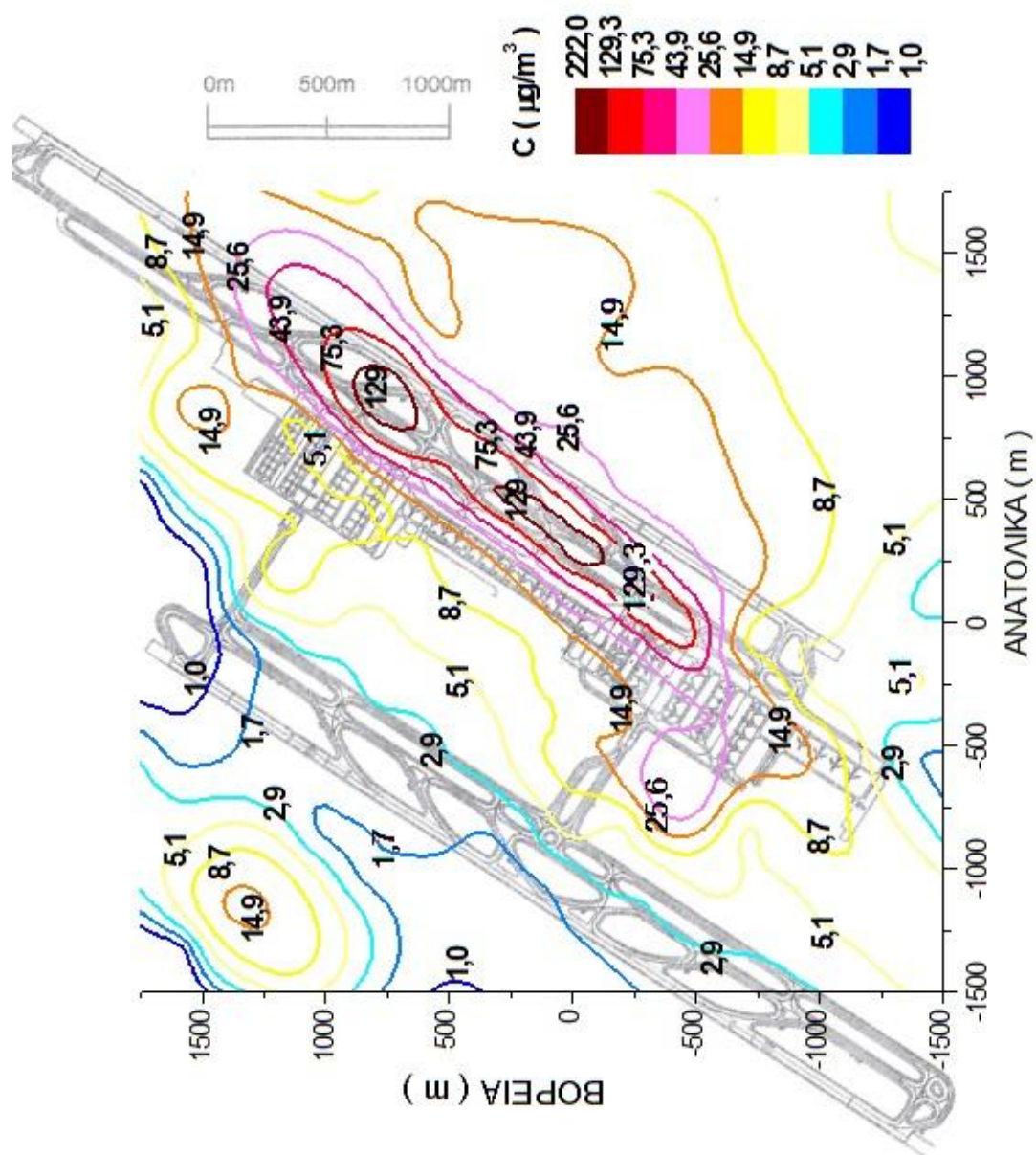
Διάγραμμα 20. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιούλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ



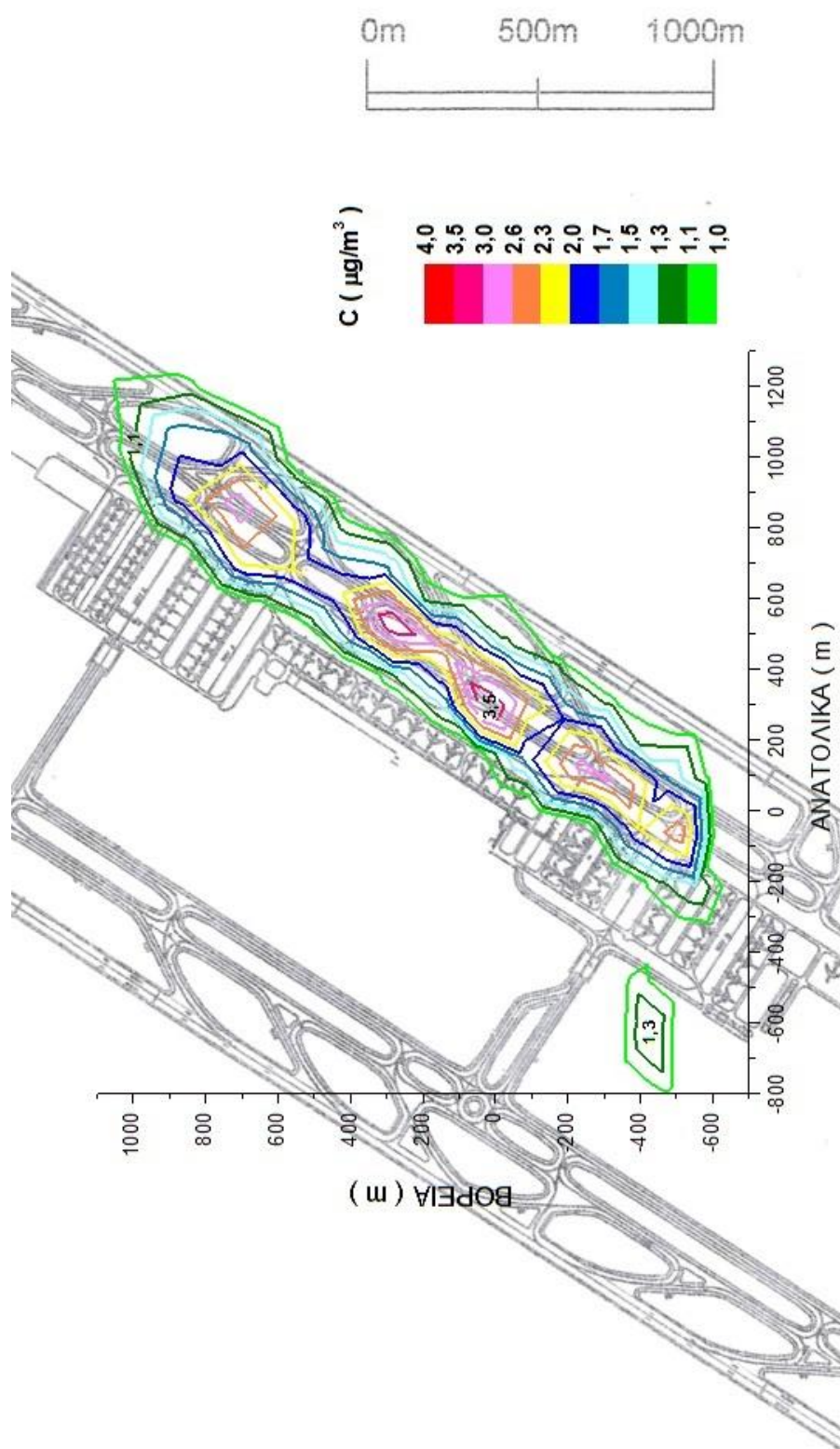
Διάγραμμα 21. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Οκτώβριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ



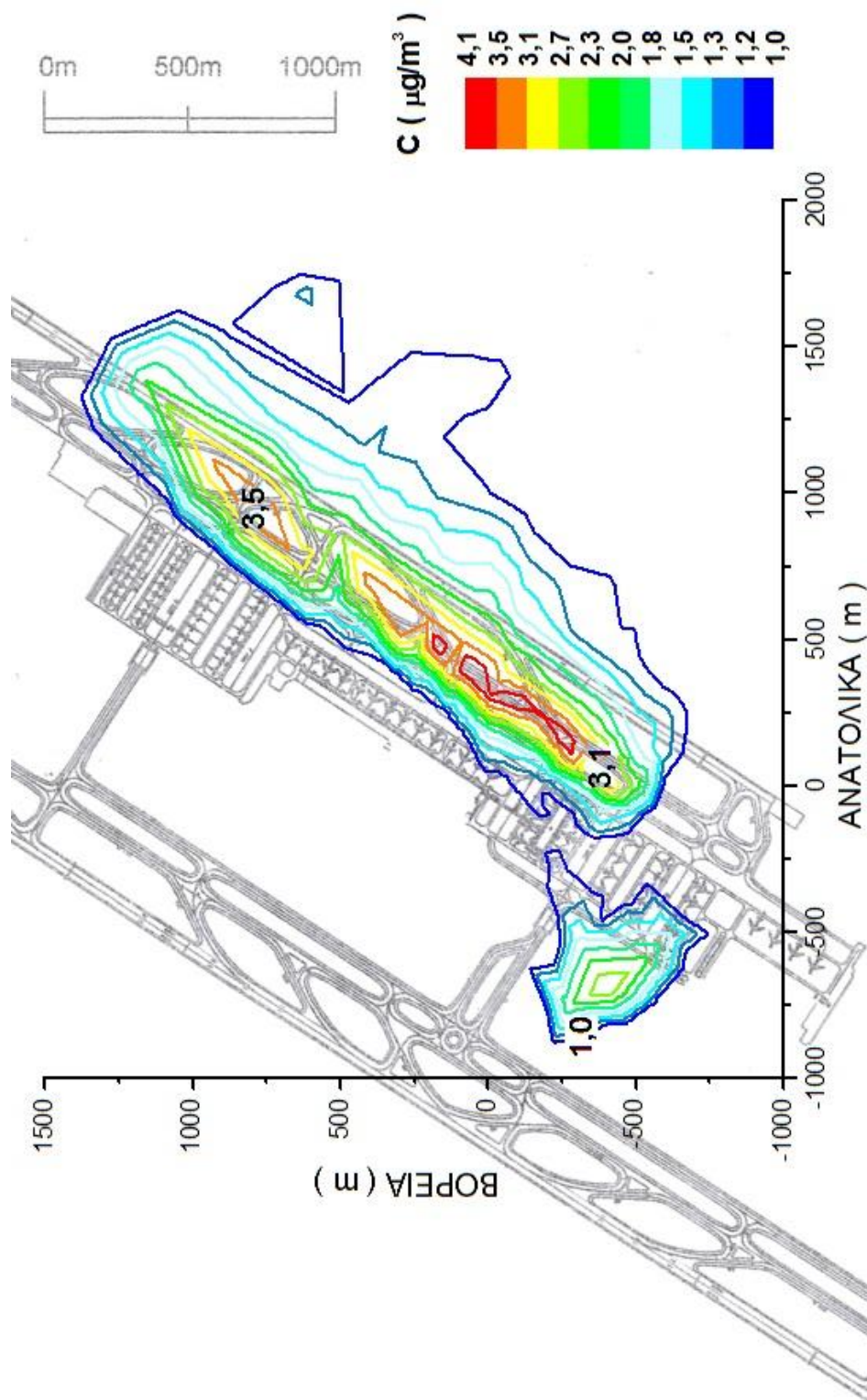
Διάγραμμα 22. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιανουάριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ



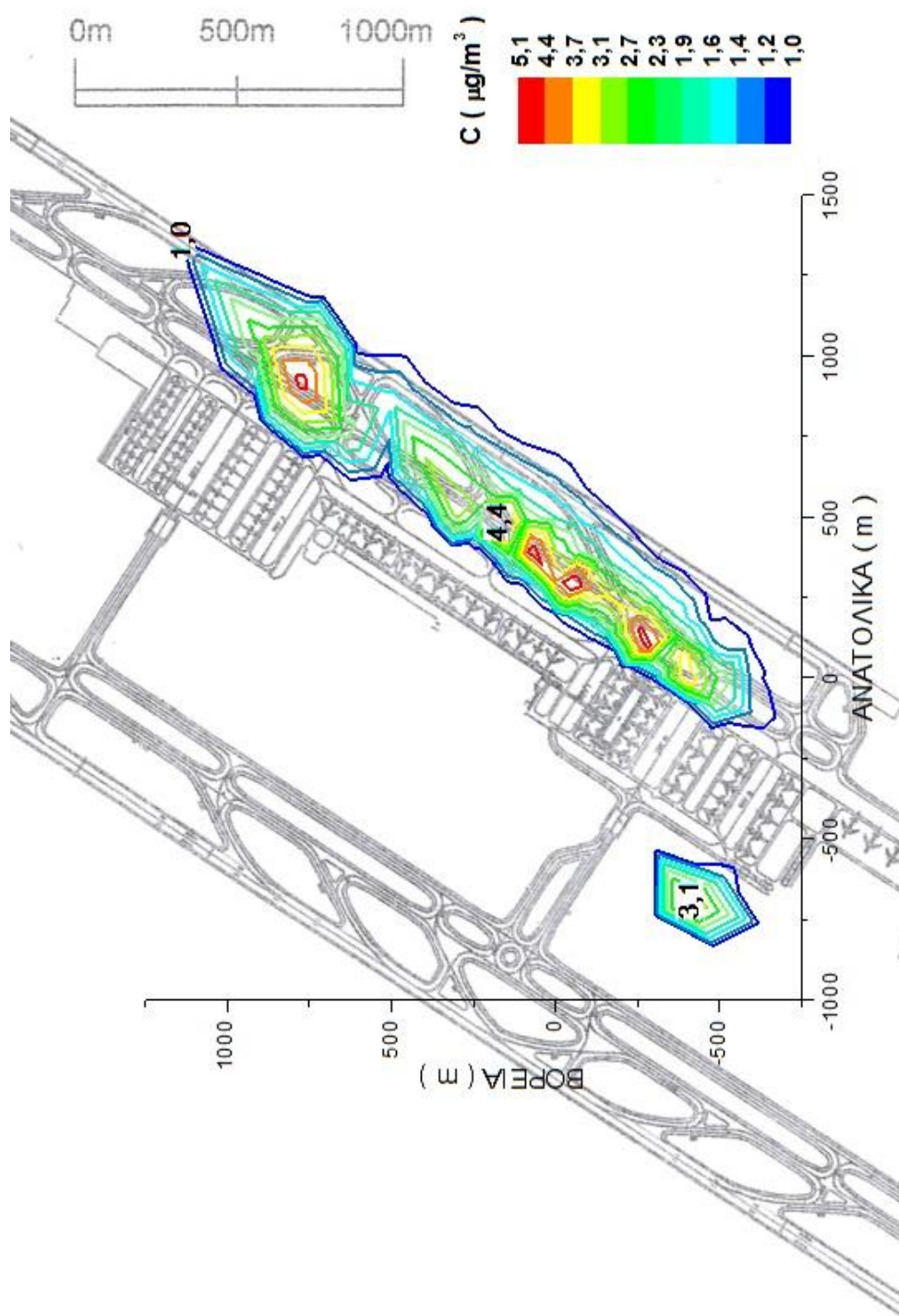
Διάγραμμα 23. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Απρίλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ



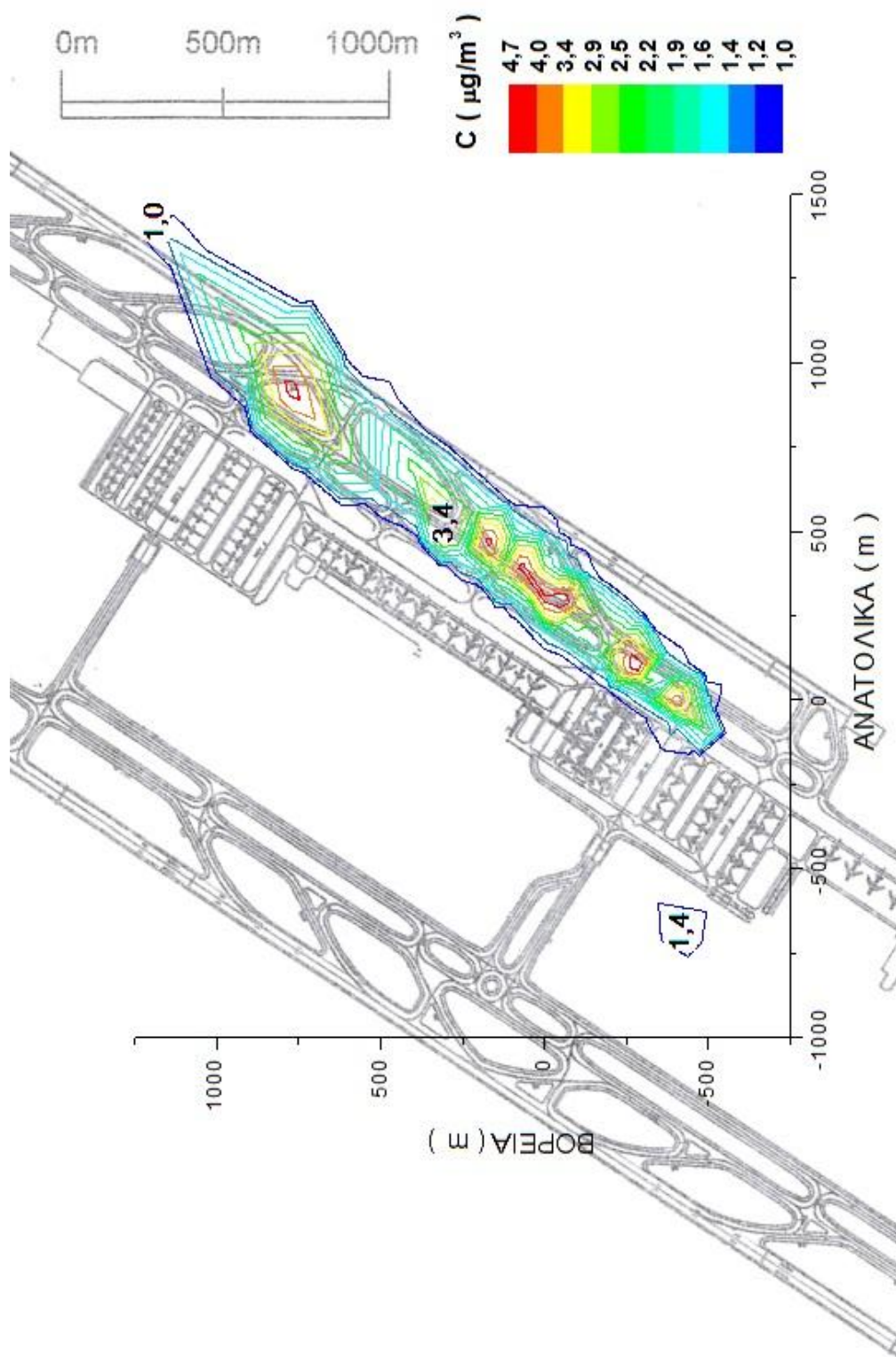
Διάγραμμα 24. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιούλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΔΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ



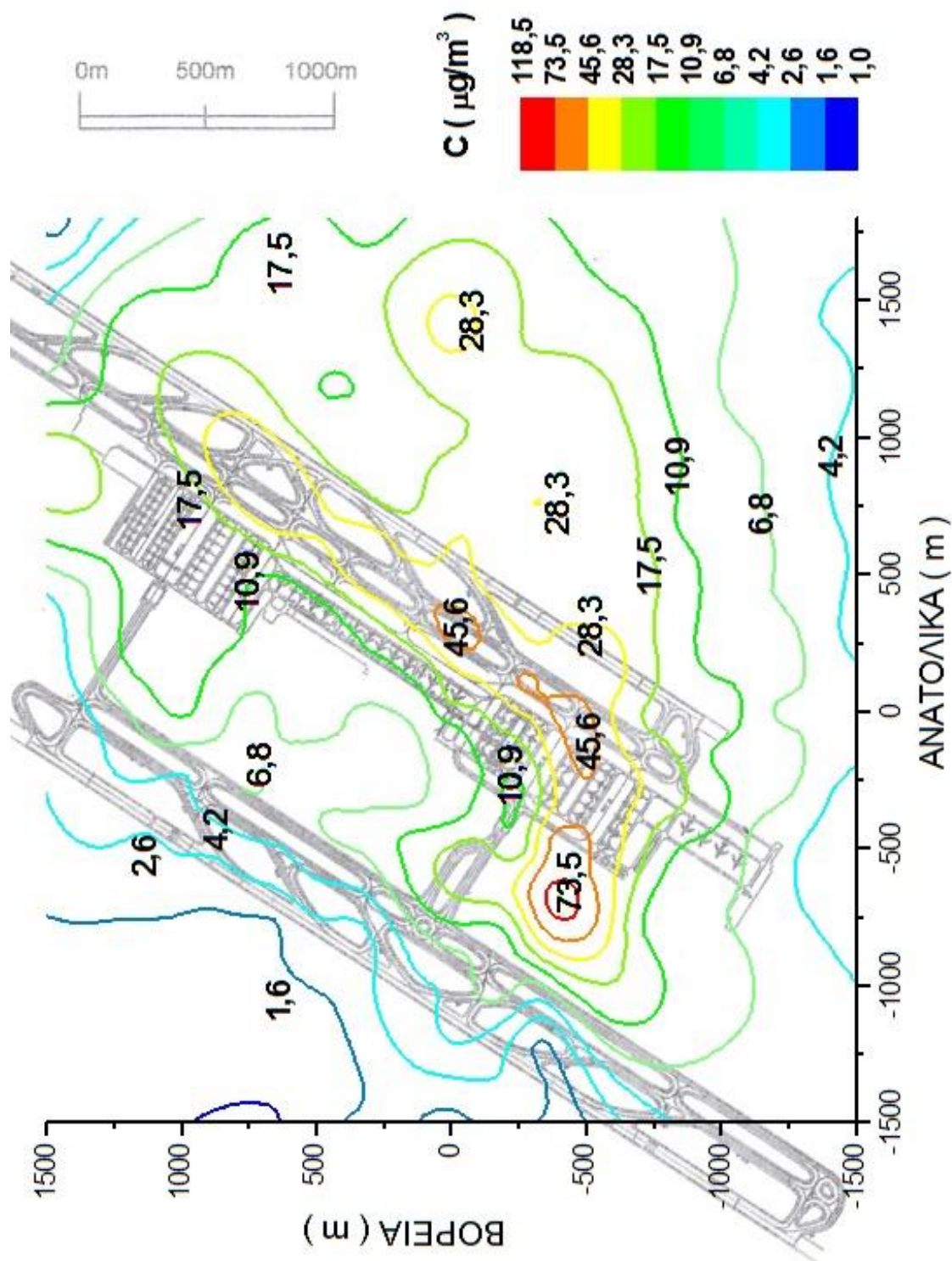
Διάγραμμα 25. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Οκτώβριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ



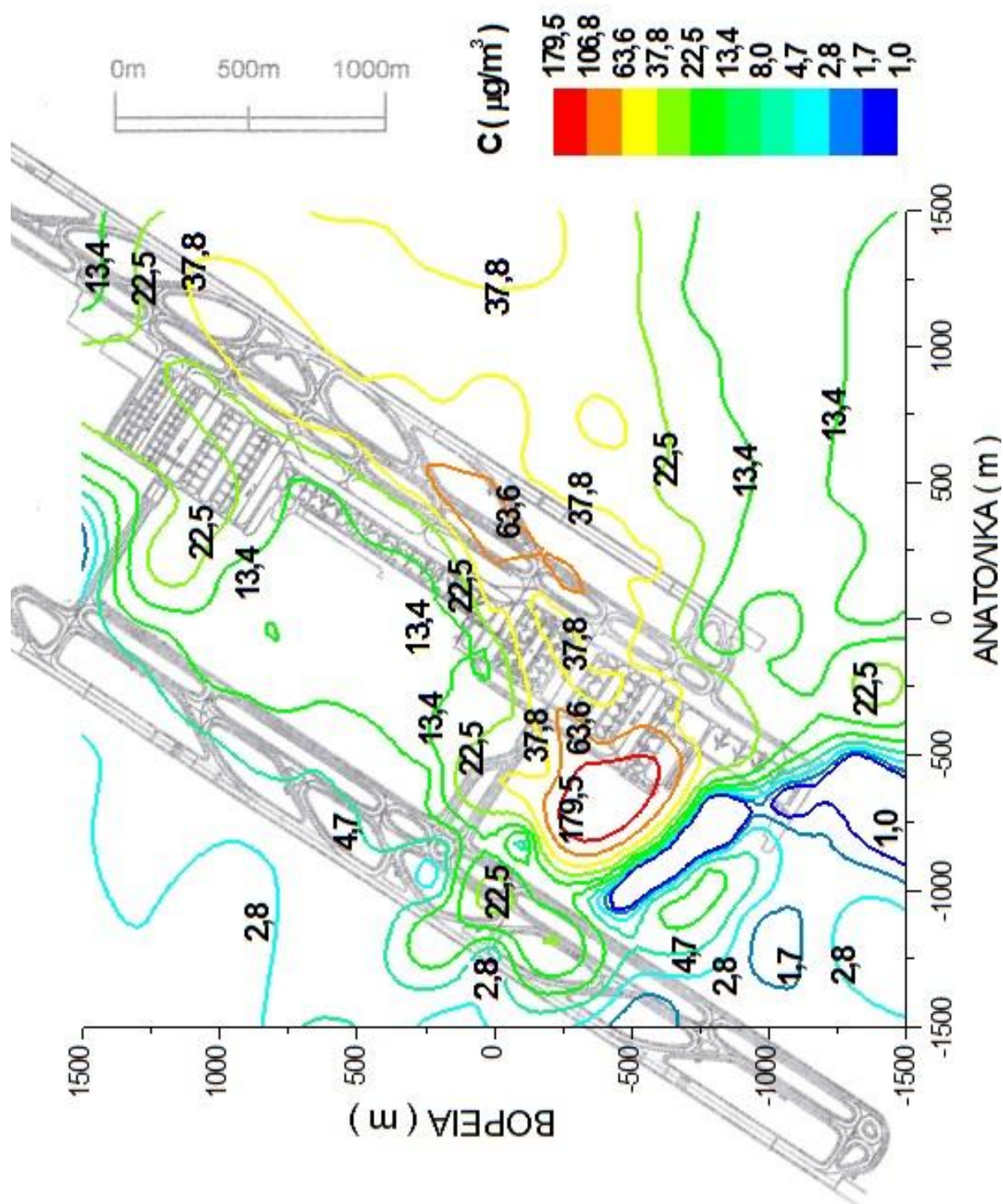
Διάγραμμα 26. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιανουάριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ



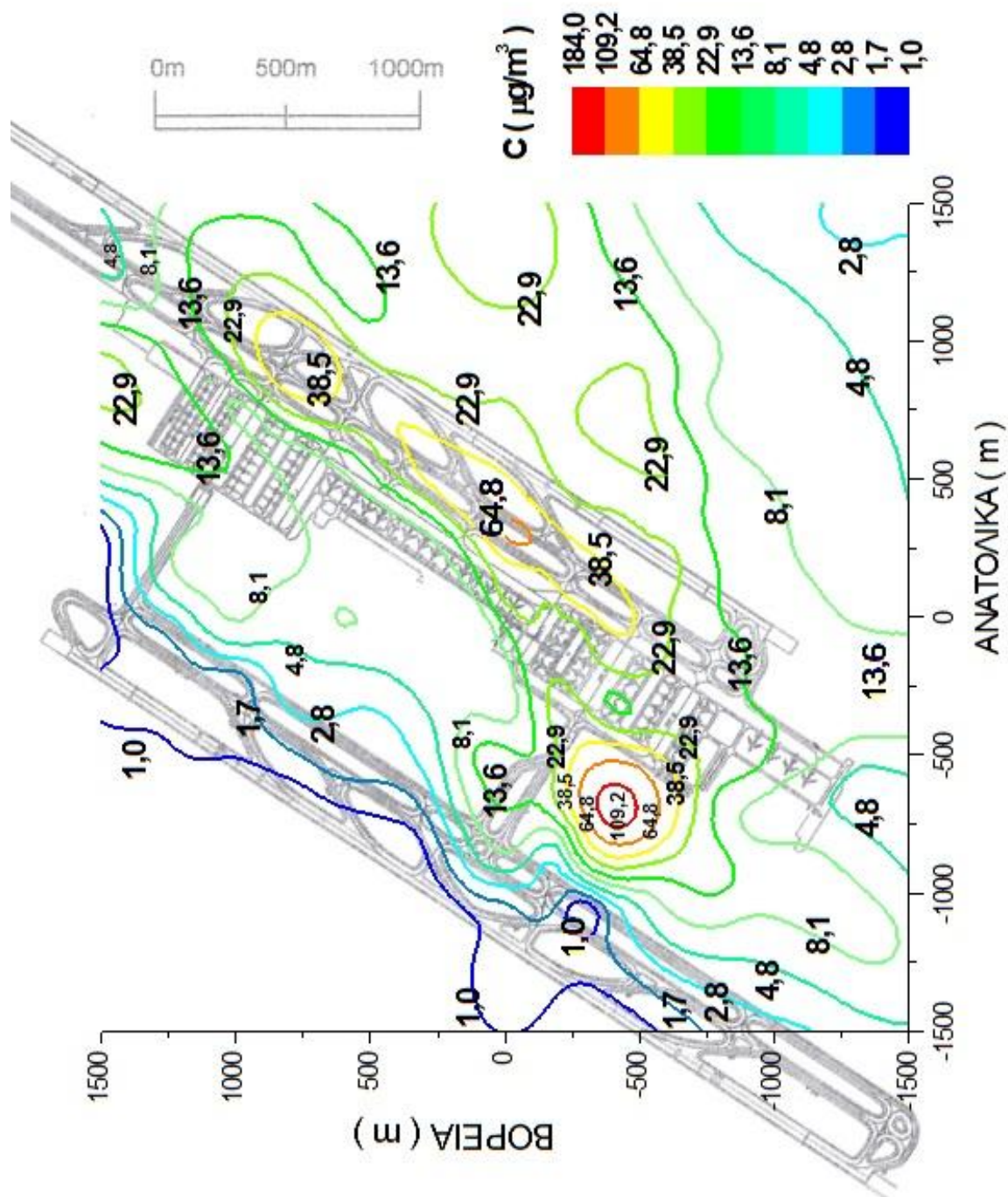
Διάγραμμα 27. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του θείου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Απρίλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΟΥΛΙΟ



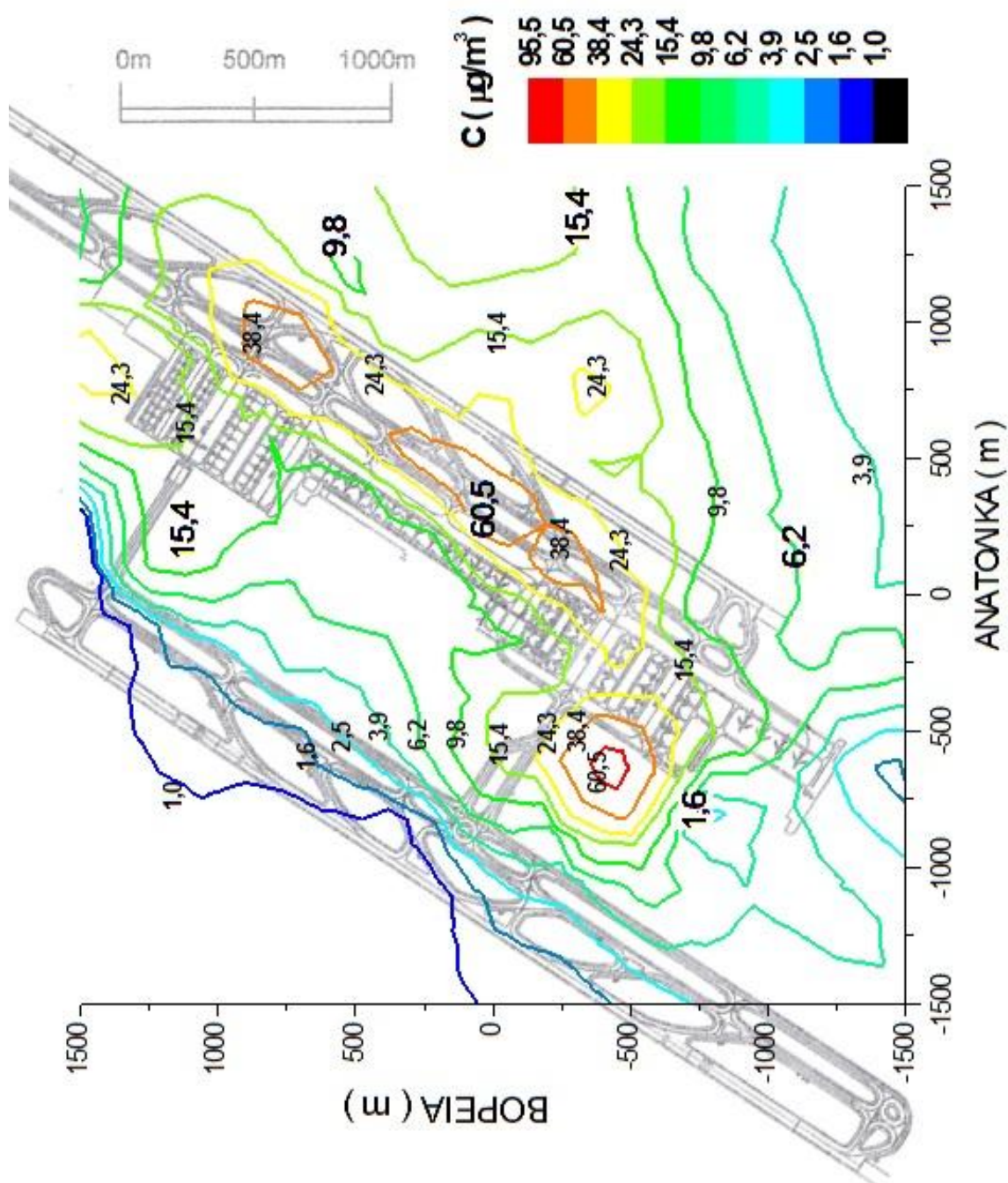
Διάγραμμα 28. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του θείου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιούλιο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ



Διάγραμμα 29. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του θείου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Οκτώβριο)

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ



Διάγραμμα 30. (Απεικόνιση συγκεντρώσεων οξειδίων του θείου στους χώρους του αεροδρομίου για το μήνα Ιανουάριο)

4.4. Συμπεράσματα για το «πραγματικό σενάριο»

Σύμφωνα με τα διαγράμματα προκύπτουν οι πίνακες συγκεντρώσεων 6 , 7.

	Ελ. Βενιζέλος
Μονοξείδιο του Άνθρακα	Ανώτατη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Απρίλιος	264
Ιούλιος	398
Οκτώβριος	414
Ιανουάριος	210
Υδρογονάνθρακες	Ανώτατη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Απρίλιος	20,6
Ιούλιος	31,6
Οκτώβριος	32,5
Ιανουάριος	16,7
Οξείδια του Θείου	Ανώτατη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Απρίλιος	118,5
Ιούλιος	180
Οκτώβριος	184
Ιανουάριος	95,5

Πίνακας 6. (Ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων CO , HC's , SOx , για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο, Ιανουάριο)

	Ελ. Βενιζέλος	Heathrow Airport
Οξείδια του Αζώτου	Ανώτατη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέση Ετήσια Ανώτερη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Απρίλιος	190,5	225
Ιούλιος	190	
Οκτώβριος	244	
Ιανουάριος	222	
Αιωρούμενα Σωματίδια	Ανώτατη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Μέση Ετήσια Ανώτερη Τιμή ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Απρίλιος	4,02	25
Ιούλιος	4,08	
Οκτώβριος	5,14	
Ιανουάριος	4,66	

Πίνακας 7. (Ανώτατες τιμές συγκεντρώσεων NOx , PM_{10} για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο, Ιανουάριο και σύγκριση με τις μέσες ετήσιες τιμές συγκεντρώσεων του αεροδρομίου Heathrow)

Σύμφωνα με τους παραπάνω συγκεντρωτικούς πίνακες αποτελεσμάτων και τις συγκεντρώσεις των γραφημάτων, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Η μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων στους χώρους του αεροδρομίου χωρίζεται σε δύο κατηγορίες ομοιότητας. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει

τους ρύπους, Μονοξειδίο του Άνθρακα, Υδρογονάνθρακες και Οξειδία του Θείου. Η δεύτερη κατηγορία περιέχει τα Αιωρούμενα Σωματίδια και Οξειδία του Αζώτου. Οι δύο διαφορετικοί τρόποι της μηνιαίας μεταβολής των συγκεντρώσεων, κάτω από την ίδια επίδραση μετεωρολογικών δεδομένων προκαλείται από τη διαφορά των συντελεστών εκπομπής, που λαμβάνουν χώρα από τη λειτουργία των αεροσκαφών, στους διάφορους χώρους του αεροδρομίου. Συγκεκριμένα:

Για το Μονοξειδίο του άνθρακα (CO), Υδρογονάνθρακες (THC) και Οξειδία του Θείου (SO_x) ισχύει ότι:

1. Ο συντελεστής εκπομπής είναι ψηλός σε λειτουργίες ρελαντί, τροχοδρόμησης, αναμονής. Αυτό συνεπάγεται ότι για τους εν λόγω ρύπους θα παράγονται μεγάλες μάζες εκπομπών στο μεγαλύτερο ποσοστό έκτασης του αεροδρομίου.
2. Οι ανώτατες τιμές του Μονοξειδίου του Άνθρακα είναι κάτω από το όριο ασφαλείας (10mg/m³) που ορίζει η WHO σε όλους τους μήνες.
3. Οι ανώτατες τιμές των Υδρογονανθράκων είναι κάτω από το όριο ασφαλείας (160 μg/m³) που ορίζει η αμερικάνικη υπηρεσία περιβάλλοντος σε όλους τους μήνες.
4. Οι ανώτατες τιμές των Οξειδίων του Θείου είναι πάνω από το όριο ασφαλείας (125 μg/m³) για τους μήνες Ιούλιο και Οκτώβριο, ενώ κάτω από το όριο για τους μήνες Ιανουάριο και Απρίλιο σύμφωνα με τα όρια που ορίζει η Π.Ο.Υ για το διοξείδιο του θείου.
5. Οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων του Ιουλίου προκύπτουν κάτω από ημερήσια ασταθείς συνθήκες και νυχτερινά ευσταθείς συνθήκες. Παρόλο που οι εκπομπές αυτού του μήνα αποτελούν τις μέγιστες λόγω της μέγιστης κινητικότητας αεροσκαφών, οι συγκεντρώσεις που προκύπτουν, θα είναι λίγο μικρότερες σε σχέση με τον Οκτώβριο που περιέχει μικρότερη κινητικότητα αεροσκαφών. Αυτό προκαλείται από το γεγονός ότι η σταθερότητα της ατμόσφαιρας το μήνα Οκτώβριο τις ημερήσιες ώρες είναι όμοια έως λιγότερο ασταθείς από τον Ιούλιο ενώ τις νυχτερινές ώρες τείνει στην ουδετερότητα . Αυτές οι συνθήκες κρίνονται αρκετές ώστε να προκαλέσουν μία ελαφρώς αυξημένη συγκέντρωση τον Οκτώβριο.

6. Η διασπορά των ρύπων για τους μήνες Οκτώβριο και Ιούλιο όπως φαίνεται στα γραφήματα είναι τέτοια όπου ο Ιούλιος λόγω μεγαλύτερης διάρκειας ασταθών συνθηκών, δεν επιτρέπει την απομάκρυνση των ρύπων, ευνοώντας τη συσσώρευση των εκπομπών στους χώρους του αεροδρομίου, σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι τον Οκτώβριο.
7. Ο Απρίλιος και Ιανουάριος αποτελούνται από χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Αυτό οφείλεται στη μειωμένη κινητικότητα σε σχέση με τον Ιούλιο και Οκτώβριο. Ο Ιανουάριος παρόλο που αποτελείται από μικρότερη κινητικότητα αεροσκαφών σε σχέση με τον Απρίλιο, έχει συγκεντρώσεις που προσεγγίζουν αυτές του Ιανουαρίου. Αυτό προκύπτει από τη τάση της ατμοσφαιρικής ευστάθειας να κινείται προς την ουδετερότητα.
8. Η διασπορά των ρύπων του Απριλίου σε σχέση με τον Ιανουάριο θα είναι όμοια όπως του Ιουλίου με τον Οκτώβριο, με τον Απρίλιο να μην ευνοεί την απομάκρυνση των ρύπων από τη περιοχή του αεροδρομίου.

Για τα Οξειδία του Αζώτου (NO_x) και Αιωρούμενα Σωματίδια (PM_{10}) ισχύει ότι:

1. Ο συντελεστής εκπομπής των Οξειδίων του Αζώτου καθώς επίσης ο αριθμός καπνού, που προκαλεί ανάλογη αύξηση στο συντελεστή εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων, είναι ψήλος στη λειτουργία της απογείωσης. Αυτό συνεπάγεται ότι η μεγάλη παραγωγή μάζας εκπομπών θα εκτελείται στο διάδρομο που πραγματοποιούνται οι απογειώσεις.
2. Οι ανώτατες τιμές των Οξειδίων του Αζώτου είναι κοντά στο όριο ασφαλείας ($200\mu\text{g}/\text{m}^3$) για τους θερινούς μήνες και πάνω από το όριο για τους χειμερινούς μήνες, σύμφωνα με τα όρια που ορίζει η Ε.Ε. για το διοξείδιο του αζώτου.
3. Οι ανώτατες τιμές των Αιωρούμενων Σωματιδίων είναι κάτω από το όριο ασφαλείας ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) για όλους τους μήνες σύμφωνα με τα όρια που ορίζει η Ε.Ε.
4. Οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων του Απριλίου είναι σχεδόν όμοιες με του Ιουλίου. Παρόλο που η κινητικότητα αεροσκαφών το μήνα Απρίλιο είναι μικρότερη από τον Ιούλιο, η κλάση ευστάθειας της ατμόσφαιρας τις νυχτερινές ώρες είναι λιγότερο ευσταθείς από ότι τον Ιούλιο και σε

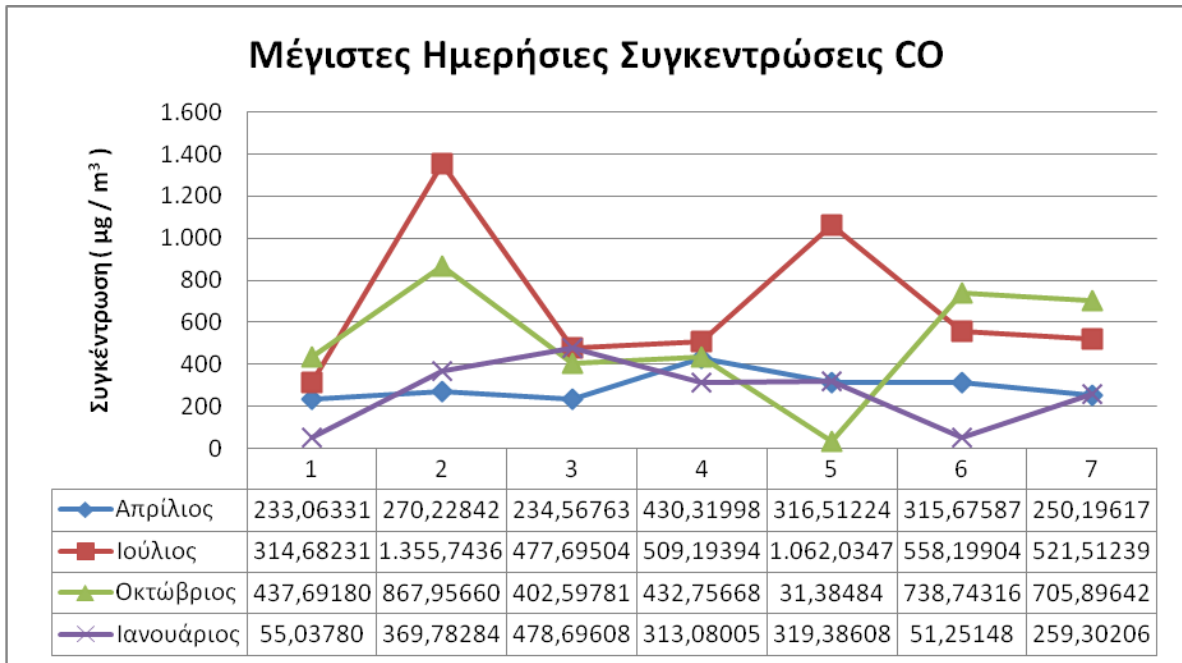
συνδυασμό με τη μεγαλύτερη διάρκεια νυχτερινών ωρών τον Απρίλιο, οι συγκεντρώσεις θα προσεγγίζουν αυτές του Ιουλίου.

5. Η διασπορά των ρύπων για τους μήνες Απρίλιο και Ιούλιο όπως φαίνεται στα γραφήματα είναι τέτοια, όπου, ο Ιούλιος λόγω των μετεωρολογικών συνθηκών και ειδικότερα λόγω μεγαλύτερης διάρκειας ασταθών συνθηκών, δεν επιτρέπει την απομάκρυνση ρύπων, ευνοώντας τη συσσώρευση των εκπομπών στους χώρους του αεροδρομίου, σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι τον Απρίλιο.
6. Ο Οκτώβριος και Ιανουάριος παρουσιάζει τις ψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τον Απρίλιο και Ιούλιο. Αυτό οφείλεται στο ότι η σταθερότητα της ατμόσφαιρας στις μεγαλύτερης διάρκειας νυχτερινές ώρες τείνει προς την ουδετερότητα. Αυτό συνεπάγεται ότι για τους χώρους της απογείωσης θα προκληθεί μία αύξηση στις συγκεντρώσεις, το μέγεθος της οποίας θα είναι ανάλογο και με τη κινητικότητα των αεροσκαφών. Έτσι ο Οκτώβριος αποτελείται από μεγαλύτερες συγκεντρώσεις λόγω μεγαλύτερης κινητικότητας αεροσκαφών σε σχέση με τον Ιανουάριο.
7. Η διασπορά των ρύπων του Ιανουαρίου σε σχέση με τον Οκτώβριο θα είναι όμοια όπως του Ιουλίου με τον Απρίλιο, με τον Ιανουάριο να μην ευνοεί την απομάκρυνση των ρύπων από τη περιοχή του αεροδρομίου.

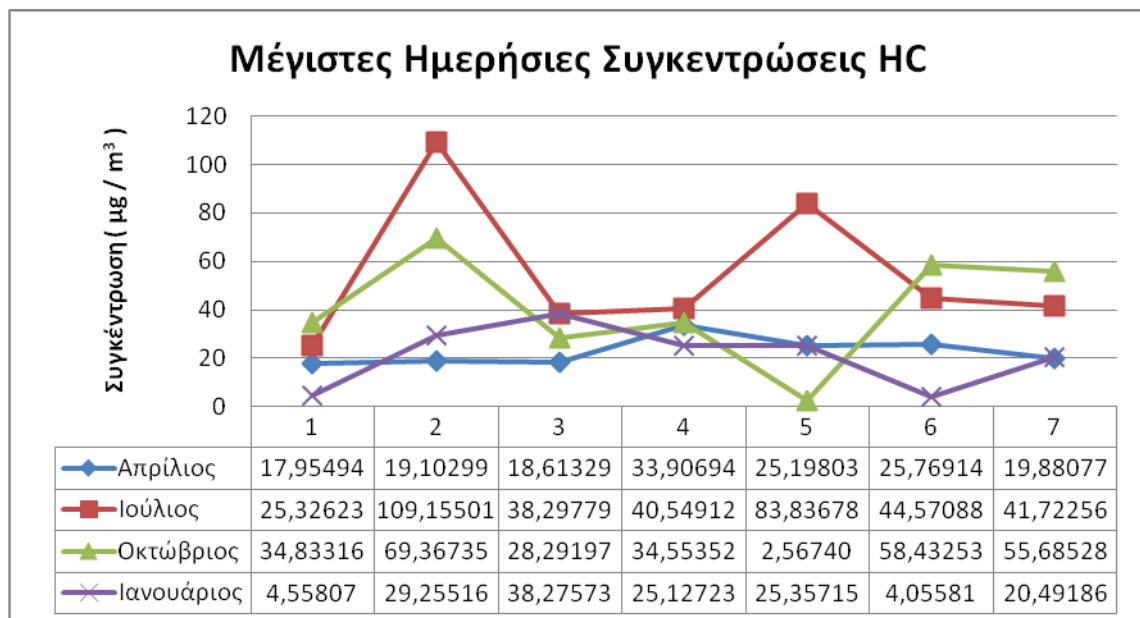
Συμπερασματικά, σε όλους τους μήνες, όλοι οι ρύποι από εκπομπές αεροσκαφών στους χώρους του αεροδρομίου δεν συνεισφέρουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση γειτονικών αστικών περιοχών. Αυτό προκαλείται γιατί:

- 1) Οι γειτονικές αστικές περιοχές βρίσκονται σε αποστάσεις από 3,5 km και πάνω από το σημείο (0,0) του αεροδρομίου.
- 2) Η αστάθεια της ατμόσφαιρας που κυριαρχεί σε όλους τους μήνες προκαλεί συσσώρευση των βασικών συγκεντρώσεων εντός των ορίων του αεροδρομίου.

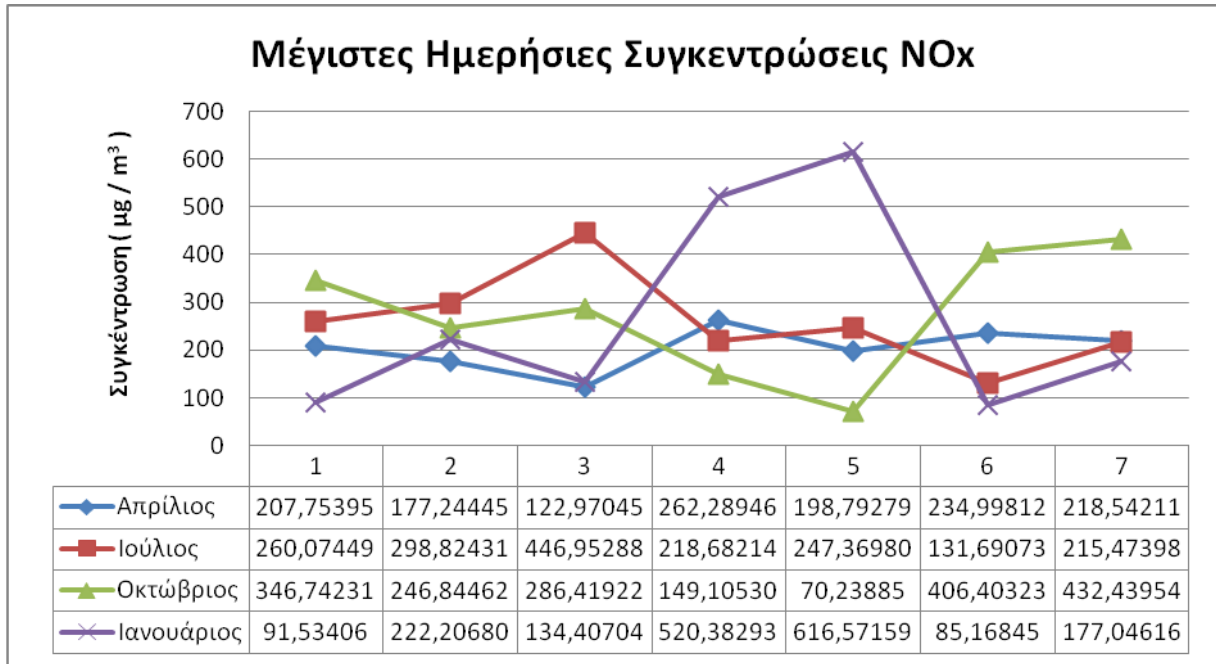
Σε ημερήσια βάση παρατίθενται τα ημερήσια αποτελέσματα ρύπων όλων των μηνών ενδιαφέροντος στα διαγράμματα 31, 32, 33, 34, 35.



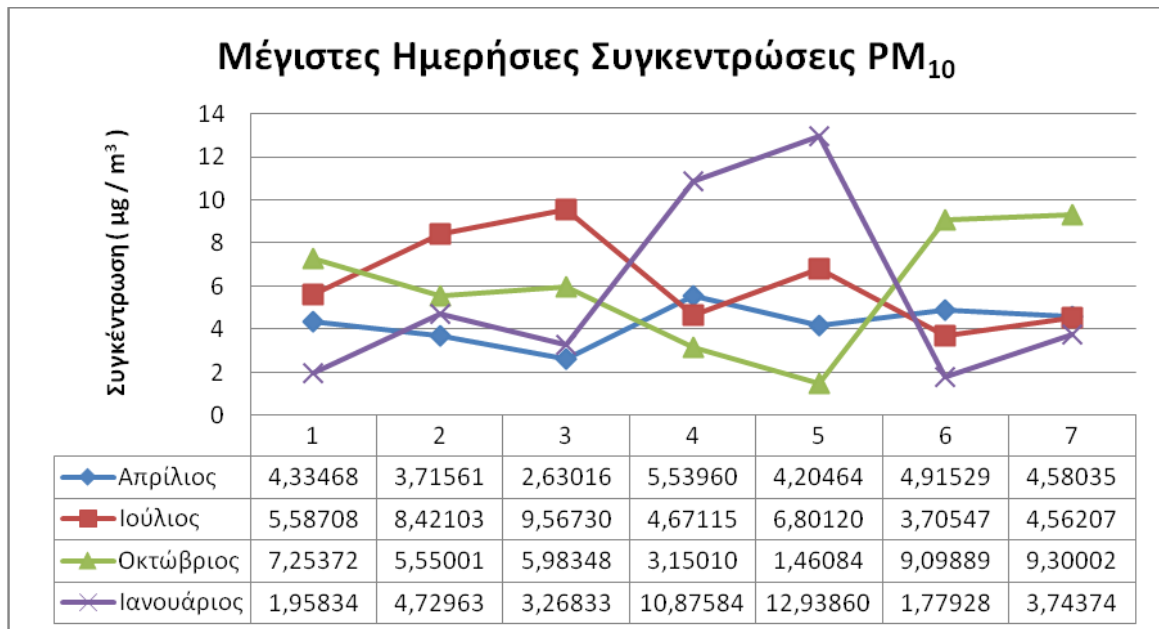
Διάγραμμα 31. (Μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο και Ιανουάριο)



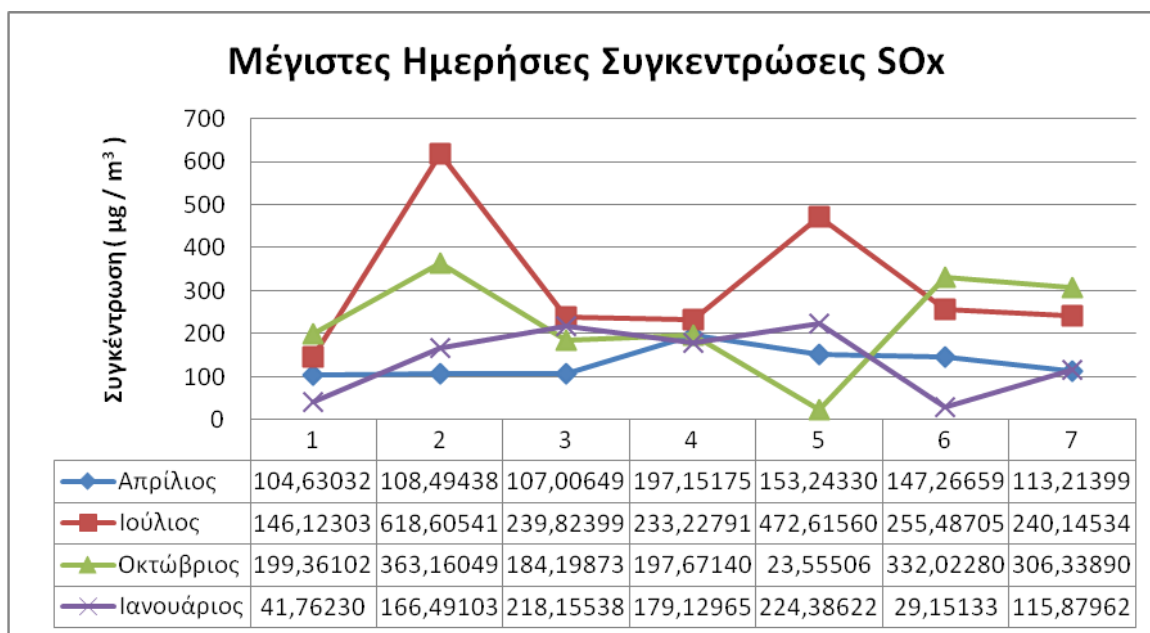
Διάγραμμα 32. (Μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο και Ιανουάριο)



Διάγραμμα 33. (Μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις οξειδίων του αζώτου για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο και Ιανουάριο)



Διάγραμμα 34. (Μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων <10mm για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο και Ιανουάριο)



Διάγραμμα 35. (Μέγιστες ημερήσιες συγκεντρώσεις οξειδίων του θείου για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο και Ιανουάριο)

Σε ημερήσιο επίπεδο παρατηρούνται τα παρακάτω:

Μονοξείδιο του Άνθρακα

Όλες οι ημερήσιες συγκεντρώσεις που προκύπτουν από όλους τους μήνες ενδιαφέροντος, είναι κάτω από τα όρια ασφαλείας ($10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), με το ανώτερο μέγιστο να παρατηρείται τη δεύτερη μέρα του Ιουλίου με $1355,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Υδρογονάνθρακες

Όλες οι ημερήσιες συγκεντρώσεις που προκύπτουν από όλους τους μήνες ενδιαφέροντος, είναι κάτω από τα όρια ασφαλείας ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$), με το ανώτερο μέγιστο να παρατηρείται τη δεύτερη μέρα του Ιουλίου με $109,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Οξείδια του Αζώτου

Όσον αφορά τα Οξείδια του Αζώτου παρατηρούνται τα εξής:

- Ο Απρίλιος σε ημερήσια βάση περιέχει συγκεντρώσεις που προσεγγίζουν το όριο ασφαλείας ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και σε περιπτώσεις το ξεπερνούν, με το ανώτερο μέγιστο να προσδιορίζεται τη δεύτερη μέρα με $262,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Ο Ιούλιος σε ημερήσια βάση περιλαμβάνει συγκεντρώσεις που ξεπερνούν το όριο ασφαλείας εκτός από την έκτη μέρα, με το ανώτερο μέγιστο να σημειώνεται τη τρίτη μέρα με $446,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ο Οκτώβριος σε ημερήσια βάση περιέχει συγκεντρώσεις που κατά κύριο λόγο είναι πάνω από το όριο ασφαλείας εκτός από την τέταρτη και πέμπτη μέρα, με το ανώτερο μέγιστο να σημειώνεται την έβδομη μέρα με $432,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ο Ιανουάριος σε ημερήσια βάση παρουσιάζει συγκεντρώσεις που δεν ξεπερνούν το όριο ασφαλείας, εκτός από τη δεύτερη, τέταρτη και πέμπτη μέρα, με το ανώτερο μέγιστο να προσδιορίζεται την πέμπτη μέρα με $616,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$!

Σημειώνεται ότι λόγω της ασταθούς κλάσης ευστάθειας τις ημερήσιες ώρες και τη τάση της ευστάθειας να κινείται προς την ουδετερότητα τις νυχτερινές ώρες, τον Ιανουάριο παρατηρείται πολύ μεγάλο μέγιστο σε σχέση με το όριο ασφαλείας. Αυτή αποτελεί και την ανώτερη συγκέντρωση όλων των μηνών και θα τοποθετείται χωρικά ως ίχνη στα όρια του διαδρόμου απογείωσης.

Αιωρούμενα Σωματίδια

Όλες οι ημερήσιες συγκεντρώσεις που προκύπτουν από όλους τους μήνες είναι κάτω από το όριο ασφαλείας ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), με το ανώτερο μέγιστο να παρατηρείται τη πέμπτη μέρα του Ιανουαρίου με $12,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Οξείδια του Θείου

Όσον αφορά τα Οξείδια του Θείου παρατηρούνται τα εξής:

- Ο Απρίλιος σε ημερήσια βάση περιέχει συγκεντρώσεις που προσεγγίζουν το όριο ασφαλείας ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και σε περιπτώσεις το ξεπερνούν, με το ανώτερο μέγιστο να προσδιορίζεται τη τέταρτη μέρα με $197,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ο Ιούλιος σε ημερήσια βάση περιλαμβάνει συγκεντρώσεις που ξεπερνούν το όριο ασφαλείας εκτός από την πρώτη μέρα, με το ανώτερο μέγιστο να σημειώνεται τη δεύτερη μέρα με $618,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$!
- Ο Οκτώβριος σε ημερήσια βάση περιέχει συγκεντρώσεις που κατά κύριο λόγο είναι πάνω από το όριο ασφαλείας εκτός από την πέμπτη μέρα, με το ανώτερο μέγιστο να σημειώνεται την δεύτερη μέρα με $363,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Ο Ιανουάριος σε ημερήσια βάση παρουσιάζει συγκεντρώσεις που ξεπερνούν το όριο ασφαλείας, εκτός από τη πρώτη, έκτη και έβδομη μέρα, με το ανώτερο μέγιστο να προσδιορίζεται την πέμπτη μέρα με $224,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$!

Σημειώνεται ότι λόγω της ασταθούς κλάσης ευστάθειας τις ημερήσιες ώρες η μέγιστη συγκέντρωση θα τοποθετείται χωρικά σε ίχνη εντός των ορίων του αεροδρομίου.

Όλες οι παραπάνω συγκεντρώσεις είναι αποτέλεσμα των αερίων εκπομπών από αεροσκάφη. Όμως, στην ατμοσφαιρική ρύπανση του αερολιμένα συνεισφέρουν και οι αέριες εκπομπές των πηγών υποβάθρου (background source), του οδικού δικτύου κυκλοφορίας, των οχημάτων υποστήριξης αεροσκαφών, του ελικοδρομίου καθώς και τα μεγαλύτερης διαμέτρου σωματίδια σκόνης από τα φρένα, τα ελαστικά, την ασφαλτο και το χώμα [Κορμανιώτης, 2012]. Άλλες σημαντικές πηγές αερίων εκπομπών είναι η εκτεταμένη ανάπτυξη (οικιστική και βιομηχανική) και άλλες δραστηριότητες της περιοχής (π.χ καύσεις) [Υπηρεσία Περιβάλλοντος ΔΑΑ, 2012].

Συνεπώς, οι υπάρχουσες συγκεντρώσεις, που προέρχονται από εκπομπές των αεροσκαφών σε συνδυασμό με τις παραπάνω πηγές εκπομπών, μπορούν να ξεπεράσουν πολύ εύκολα τα θεσμοθετημένα όρια ασφαλείας.

4.5. Συνθήκες «χειρότερου σεναρίου»

4.5.1. Εισαγωγή

Για την ύπαρξη σημαντικής συνεισφοράς συγκεντρώσεων στην ατμοσφαιρική ρύπανση των γειτονικών αστικών περιοχών απαιτούνται συνθήκες:

- Κατεύθυνση ανέμου προς την αστική περιοχή
- Άπνοια της νυχτερινές ώρες και άνεμοι $>6 \text{ m/sec}$ τις ημερήσιες ώρες. Αυτό θα προκαλέσει μέτρια ευσταθείς συνθήκες (F) τις νυχτερινές ώρες και ουδέτερες συνθήκες (D) τις ημερήσιες ώρες. Αποτέλεσμα των παραπάνω θα είναι η δυνατότητα επέκτασης της διασποράς των ρύπων προς τις κατευθύνσεις των κατοικημένων περιοχών.

- Σενάριο μέγιστης κίνησης αεροσκαφών. Επιλέγεται η μέρα του πραγματικού σεναρίου με τις μέγιστες εκπομπές από όλες τις ημέρες ενδιαφέροντος. Επιλέχθηκε η ημερομηνία 1/7/2011.

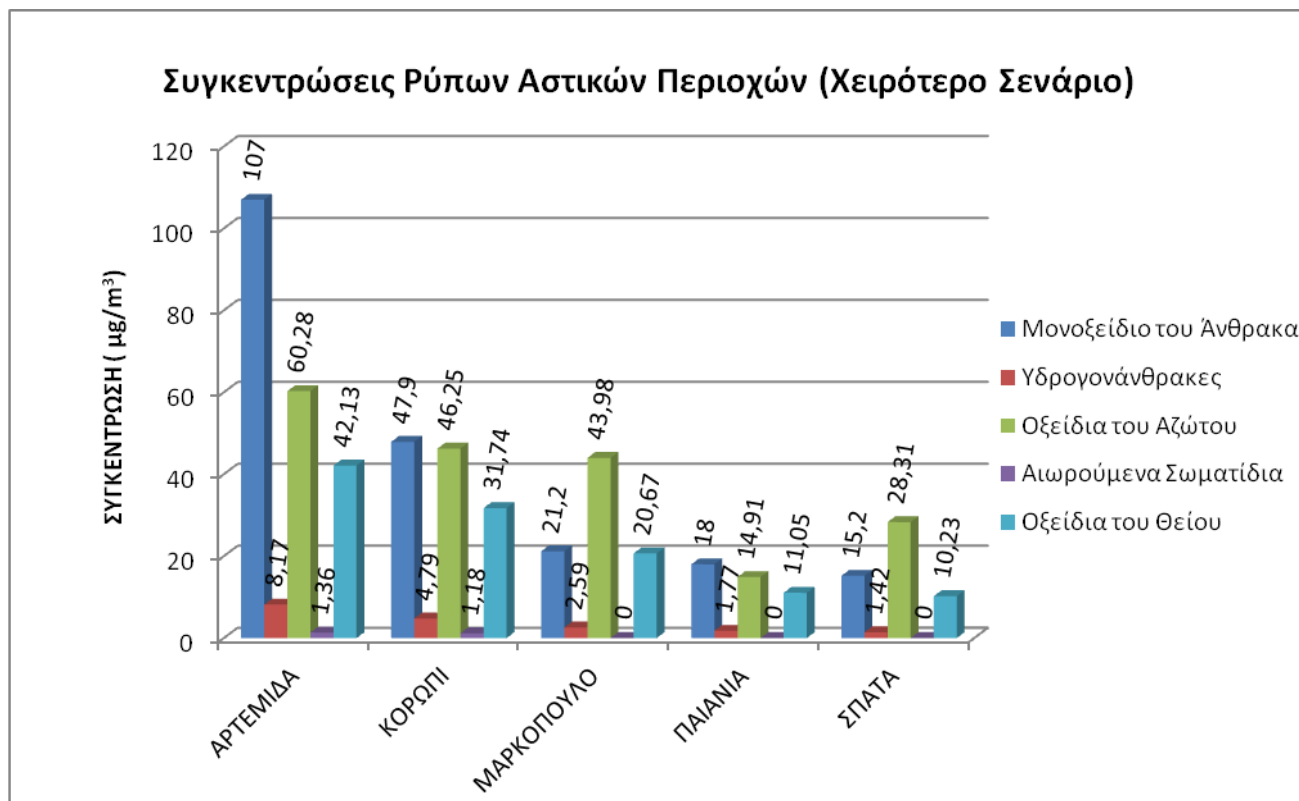
4.5.2. Αποτελέσματα μοντέλου (Χειρότερο Σενάριο)

Σύμφωνα με τις παραπάνω συνθήκες μοντελοποίησης προκύπτουν τα αποτελέσματα όσον αφορά το χειρότερο σενάριο. Τα διαγράμματα παρουσιάζονται στο παράρτημα [Δ]. Τα αποτελέσματα συγκεντρώσεων για τις περιοχές παρουσιάζονται στο πίνακα 8.

Μονοξείδιο του Άνθρακα	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	107
ΚΟΡΩΠΙ	47,9
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	21,2
ΠΑΙΑΝΙΑ	18
ΣΠΑΤΑ	15,2
Υδρογονάνθρακες	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	8,17
ΚΟΡΩΠΙ	4,79
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	2,59
ΠΑΙΑΝΙΑ	1,77
ΣΠΑΤΑ	1,42
Οξείδια του Αζώτου	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	60,28
ΚΟΡΩΠΙ	46,25
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	43,98
ΠΑΙΑΝΙΑ	14,91
ΣΠΑΤΑ	28,31
Αιωρούμενα Σωματίδια	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	1,36
ΚΟΡΩΠΙ	1,18
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	0 – 1
ΠΑΙΑΝΙΑ	0
ΣΠΑΤΑ	0
Οξείδια του Θείου	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	42,13
ΚΟΡΩΠΙ	31,74
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	20,67
ΠΑΙΑΝΙΑ	11,05
ΣΠΑΤΑ	10,23

Πίνακας 8. (Συγκεντρώσεις ρύπων σε γειτονικές περιοχές του αεροδρομίου σε συνθήκες «χειρότερου σεναρίου»)

4.5.3. Συμπεράσματα για το «χειρότερο σενάριο»



Διάγραμμα 36. (Σύγκριση συγκεντρώσεων ρύπων των γειτονικών περιοχών του αεροδρομίου σε συνθήκες χειρότερου σεναρίου)

Σύμφωνα με το διάγραμμα 36 του «χειρότερου σεναρίου» προκύπτουν τα εξής:

- 1) Καμία περιοχή δεν πλήττεται με συγκεντρώσεις ρύπων πάνω από τα όρια ασφαλείας που ορίζονται.
- 2) Η αστική περιοχή στην οποία συνεισφέρουν περισσότερο οι εκπομπές αεροσκαφών είναι η Αρτέμιδα. Αυτό οφείλεται στη μικρή απόσταση της περιοχής από τις επιφανειακές πηγές του αεροδρομίου. Η συνεισφορά των εκπομπών προκαλεί πολύ κάτω από τα όρια ασφαλείας συσθέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα ($107 \mu\text{g}/\text{m}^3$), υδρογονανθράκων ($8,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και αιωρούμενων σωματιδίων ($1,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Όσον αφορά τα οξείδια του αζώτου ($60,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και τα οξείδια του θείου ($42,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$), συνεισφέρουν $\sim 1/3$ στα όρια ασφαλείας των δύο ρύπων.
- 3) Ακολουθως, το Κορωπί παρουσιάζει μικρότερες από την Αρτέμιδα συγκεντρώσεις, με μονοξείδιο του άνθρακα ($47,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$),

υδρογονανθράκων ($4,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και αιωρούμενων σωματιδίων ($1,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Τα οξείδια του αζώτου ($46,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και οξείδια του θείου ($31,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$), προκαλούν μια συνεισφορά $\sim 1/4$ στα όρια ασφαλείας των δύο ρύπων.

- 4) Εν συνεχεία, η επίδραση των αερίων εκπομπών στη περιοχή του Μαρκόπουλου είναι μικρότερη από το Κορωπί. Το μονοξείδιο του άνθρακα παρουσιάζει συγκέντρωση $21,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, οι υδρογονάνθρακες $2,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και μηδενική συγκέντρωση τα αιωρούμενα σωματίδια. Τα οξείδια του αζώτου ($43,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και τα οξείδια του θείου ($20,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) συμβάλουν $\sim 1/5$ και $\sim 1/6$ αντίστοιχα, στα όρια ασφαλείας των δύο ρύπων.
- 5) Η Παιανία περιλαμβάνει μικρότερες συγκεντρώσεις από τις παραπάνω περιοχές, με μονοξείδιο του άνθρακα $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, υδρογονάνθρακες $1,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και μηδενική συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων. Τα οξείδια του αζώτου ($14,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και οξείδια του θείου ($11,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$), συμμετέχουν $\sim 1/13$ και $\sim 1/12$ αντίστοιχα στα συνολικά όρια ασφαλείας των δύο ρύπων.
- 6) Τέλος, τα Σπάτα αποτελούνται από τις μικρότερες συγκεντρώσεις ρύπων σε σχέση με τις άλλες αστικές περιοχές. Συγκεκριμένα, το μονοξείδιο του άνθρακα ανέρχεται σε $15,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, οι υδρογονάνθρακες σε $1,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν μηδενική συγκέντρωση. Τα οξείδια του αζώτου ($28,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και οξείδια του θείου ($10,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) συνεισφέρουν $\sim 1/7$ και $\sim 1/13$ αντίστοιχα, στα όρια ασφαλείας των δύο ρύπων.
- 7) Όσον αφορά το χειρότερο σενάριο, οι ανώτερες συγκεντρώσεις, παρατηρούνται εντός των ορίων του αεροδρομίου. Σύμφωνα με τις κλάσεις ισορροπίας της ατμόσφαιρας θα αναμενόταν να υπάρχουν μικρές συγκεντρώσεις κοντά στη πηγή και μεγαλύτερες στην απόσταση που διαχέονται. Αυτό δεν συμβαίνει στη προκειμένη περίπτωση. Ο λόγος είναι, ότι το ύψος απελευθέρωσης των εκπομπών από τα αεροσκάφη (2,5m) πλησιάζει σε τιμή το ύψος του αποδέκτη (1,5m). Συνεπώς, κάτω από συνθήκες συνεχούς εκπομπής ευνοείται η διασπορά με κατεύθυνση τις αστικές περιοχές αλλά οι ανώτερες συγκεντρώσεις κυριαρχούν κοντά στη πηγή. Συγκεκριμένα οι ανώτερες

συγκεντρώσεις παρουσιάζονται στον πίνακα 9. Με κόκκινο χρώμα φαίνονται τα σενάρια, οι συγκεντρώσεις των οποίων ξεπερνούν τα θεσμοθετημένα όρια ασφαλείας.

Μονοξείδιο του Άνθρακα	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	1100
ΚΟΡΩΠΙ	1370
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	1460
ΠΑΙΑΝΙΑ	899
ΣΠΑΤΑ	2380
Υδρογονάνθρακες	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	90
ΚΟΡΩΠΙ	110
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	116
ΠΑΙΑΝΙΑ	71,3
ΣΠΑΤΑ	189
Οξείδια του Αζώτου	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	468
ΚΟΡΩΠΙ	596
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	548
ΠΑΙΑΝΙΑ	327,1
ΣΠΑΤΑ	527,6
Αιωρούμενα Σωματίδια	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	10,3
ΚΟΡΩΠΙ	12,5
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	11,5
ΠΑΙΑΝΙΑ	7,2
ΣΠΑΤΑ	15,1
Οξείδια του Θείου	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ΑΡΤΕΜΙΔΑ	510
ΚΟΡΩΠΙ	654
ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ	658,3
ΠΑΙΑΝΙΑ	405,9
ΣΠΑΤΑ	1070

Πίνακας 9. (Συγκεντρώσεις ρύπων πλησίον του αεροδρομίου σε συνθήκες «χειρότερου σεναρίου»)

5. Προτάσεις για περιορισμό της ρύπανσης

Είναι ήδη γνωστό ότι οι υπηρεσίες του αεροδρομίου είναι αρμόδιες, να κρατούν αρχεία καταγραφής μάζας αερίων εκπομπών και να υποστηρίζουν ένα δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας αέρα (Δ.Π.Π.Α) στις γειτονικές αστικές περιοχές. Ασφαλές συμπέρασμα αποτελεί ότι οι δύο παραπάνω διεργασίες

δεν είναι αρκετές στην ανάδειξη του μεγέθους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από το αεροδρόμιο στην ευρύτερη περιοχή σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο. Η στρατηγική της παρούσας μελέτης και των αποτελεσμάτων που προκύπτουν, οδηγεί στην εξεύρεση προτάσεων όσον αφορά το περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπικό επίπεδο. Μερικές προτάσεις αποτελούν οι παρακάτω:

1. Προσαρμογή κινητήρων αεροσκάφους φιλικότερων προς το περιβάλλον. Εναλλακτικά, ανάπτυξη και χρησιμοποίηση βιοκαυσίμου [Laffont S., 2013] στους κινητήρες αεροσκαφών σε ποσοστό ανάλογο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του εκάστοτε αερολιμένα.
2. Χρησιμοποίηση ηλεκτροκίνητων οχημάτων υποστήριξης αεροσκαφών [Δρ. Μαλάκης Σ.]. Αυτό περιλαμβάνει, τα οχήματα υποστήριξης που ρυμουλκούν (Pushback Tags) ένα αεροσκάφος, αν δύναται, να ολοκληρώνουν τη διαδικασία ρυμούλκησης έως τις επιφάνειες απογείωσης. Αυτό θα εξοικονομούσε στις αεροπορικές εταιρίες κατανάλωση καυσίμου στα στάδια λειτουργίας ρελαντί και τροχοδρόμησης αεροσκάφους αφενός και αφετέρου θα ελαχιστοποιούνταν οι παραγόμενες εκπομπές σε αυτά τα στάδια.
3. Απαγόρευση κίνησης αεροσκαφών τις ώρες 23:00 έως 7:00. Επειδή οι συνθήκες ισορροπίας της ατμόσφαιρας τις νυχτερινές ώρες είναι τέτοιες που ευνοούν την διασπορά των ρύπων σε μεγαλύτερες αποστάσεις και αυξάνουν τις τιμές συγκεντρώσεων κοντά στις πηγές, κρίνεται απαραίτητη η παύση λειτουργίας του αεροδρομίου τις παραπάνω ώρες.
4. Συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ρύπανσης. Εφαρμόζεται ήδη στις γειτονικές αστικές περιοχές μέσω του Δ.Π.Π.Α. Κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση σταθμού στη περιοχή της Αρτέμιδος όπου ασκείται η μεγαλύτερη επίδραση των αερίων εκπομπών σύμφωνα με το χειρότερο σενάριο της παρούσας μελέτης.
5. Στα υπό εξέταση μέτρα αποτελείται και η ενδεχόμενη εισαγωγή των αεροδρομίων στο σύστημα εμπορίας ρύπων και η επιβολή ενός περιβαλλοντικού φόρου ανάλογα με το κόστος στο περιβάλλον [Βουτυράκης, 2009].

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ayce Celikel & Serge Peeters & Marcel Silue (2011) [ALAQs “Perspective for Airport Emissions and Dispersion Lyon Pilot Study”]
- [2] Leonor Tarrason & Jan Eiof Jonson (2002) [“Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation”]
http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/air_quality_impacts_finalreport.pdf
- [3] CICERO (2004) [“Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation”]
http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/air_quality_impacts_finalreport.pdf
- [4] Κορμανιώτης Σπυρίδων Αλέξανδρος (2012) [“Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις των Αεροδρομίων”] ΕΜΠ, Αθήνα
- [5] Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας [*<http://www.icao.int/>*]
- [6] Πληροφορίες Αεροσκαφών [*<http://www.airliners.net/>*]
- [7] Λαζαρίδης Μιχάλης (2005) [“Ατμοσφαιρική Ρύπανση Με Στοιχεία Μετεωρολογίας”] Εκδόσεις Τζιόλα
- [8] Οικονομόπουλος Α (2000) [“Σημειώσεις Μαθήματος Ρύπανση και Έλεγχος Ρύπανσης Αέρα”] Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- [9] Δ.Α.Α (2012) [*<http://www.aia.gr/>*]
- [10] Υπηρεσία Περιβάλλοντος ΔΑΑ, 2012 [“Φροντίδα για το Περιβάλλον”, Αθήνα s.n. 2012]
- [11] Wikipedia (2013) [Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος»]
- [12] Wikipedia (2013) [“Μέσος Σταθμισμένος Όρος”]
- [13] Cambridge Environmental Research Consultants (2007) [“Air Quality Studies for Heathrow”]
- [14] PM Emissions From Aviation (2007) [“Current State of Research Coordinated Under the PM Roadmap”]
- [15] Environmental Protection Agency (1995) [“User’s Guide For The Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models”]
- [16] Airbus A320 Information
<http://www.aerospaceweb.org/aircraft/jetliner/a320/>
- [17] Όρες Ανατολής & Δύσης [*<http://www.photographic.gr/>*]

- [18] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (2000) [“Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης”]
- [19] Renewable Energy Concepts [“Roughness Classes and Roughness Length Table”]
<http://www.renewable-energy-concepts.com/wind-energy>
- [20] Fatogoma & Jacko (2002) [“A model to estimate mixing height and its effect on ozone modelling”]
- [21] Seibert Petra & Frank Beyrich (1997) [“Mixing height determination for dispersion modelling”]
- [22] Golder D. (1972) [“Relations among stability parameters in the surface layer”]
- [23] Τσαγκρώνη Παρασκευή (2012) [Airport Slot Coordination Specialist, El. Venizelos, Athens]
- [24] Ανδρεοπούλου Ευαγγελία (2010) [“Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Οδικών Συγκοινωνιακών Έργων”]
- [25] Δρ. Λαγκουβάρδος Κωνσταντίνος [National Observatory of Athens Institute for Environmental Research, 2012]
- [26] Πλιάκας Γεώργιος [Προϊστάμενος Αερολιμενικού Ελέγχου, Αερολιμένας Ηρακλείου «N. Καζαντζάκης»]
- [27] Ezra C.Wood, (2008) [“Speciation and Chemical Evolution of Nitrogen Oxides in Aircraft Exhaust near airports”]
- [28] Βουτυράκης Μανόλης (2009) [Φυσικός Περιβ/γος, Πρόεδρος Σ.Π.Α.Π.Ε.Κ.Ε.Ε.Κ.]
<http://www.ecocrete.gr/index.php?option=content&task=view&id=6167>
- [29] Βαφειάδης Νίκος, (2008) [Άρθρο εφημερίδας «Καθημερινή»]
<http://news.kathimerini.gr/archive-editions/article/oiko/2008/05/1287389.html>
- [30] Διακήρυξη, (2007) [“Συντονιστική επιτροπή κατοίκων των περιοχών που πλήττονται από τη λειτουργία του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος”]
- [31] Laffont Sandra (2013) [Phys.org, “Biofueled Airbus Makes Airshow Entrance”] *<http://phys.org/news/2013-06-biofueled-airbus-air-entrance.html>*
- [32] Δρ. Μαλάκης Στάθης [“Περιβάλλον και Αεροδρόμια, προς μια αειφορική σύγκλιση υποδείγματος”]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Α]**Διαστασιολόγηση Αεροδρομίου****1) Διαστασιολόγηση Τερματικών Σταθμών**

Για την διαστασιολόγηση των τερματικών σταθμών εκτιμώνται σταθερές επιφάνειες, μέσα στις οποίες τα αεροσκάφη σε δεδομένους χρόνους τι εκπέμπουν ρύπους. Οι επιφάνειες διαστασιολογούνται σύμφωνα με το πίνακα 1 όπου περιλαμβάνεται το μήκος x πλάτος και η γωνία των επιφανειών ως προς τη βόρεια διεύθυνση.

Πίνακας 1.		ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ (m)				
Τερματικό	ΝΟΤΙΟΣ(Β)	ΝΟΤΙΟΣ (Αα)	ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ (Α)	ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ	ΒΟΡΕΙΟΣ (Αα)	ΒΟΡΕΙΟΣ (Βα)
Μήκος	40	40	40	882	40	40
Πλάτος	305	250	250	40	340	340
Τερματικό		ΝΟΤΙΟΣ (Αβ)	ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΣ (Β)		ΒΟΡΕΙΟΣ (Αβ)	ΒΟΡΕΙΟΣ (Ββ)
Μήκος		40	40		40	40
Πλάτος		250	250		340	340
Η γωνία των επιφανειών ως προς τη βόρεια διεύθυνση είναι 37°						

Για την εφαρμογή στο μοντέλο χρησιμοποιείται ρυθμός εκπομπής στη μορφή $\text{gr/sec} \cdot \text{m}^2$. Προσδιορίζονται οι συνολικές εκπομπές κάθε ρύπου σε kg σύμφωνα με τους πίνακες 2,3,4,5,6 για κάθε σταθμευμένη από αεροσκάφος θέση. Αναλυτικά δεδομένα παρουσιάζονται στο αρχείο Emission Database.xls Για το ρυθμό εκπομπής ισχύει:

$$\text{Ρυθμός Εκπομπής} = (A_{Ce_i} (\text{kg}) \cdot 1000(\text{gr/kg})) / (3600 \text{ sec}) \cdot (\text{μήκος} \cdot \text{πλάτος} \text{ m}^2)$$

Όπου A_{Ce_i} οι συνολικές εκπομπές του i ρύπου.

Η διαίρεση με 3600 sec πραγματοποιείται για να γίνει αναγωγή του ρυθμού εκπομπών σε ωριαία βάση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πίνακα 7.

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ		ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)										Πίνακας 2.			
		A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
Δείκτης Εκπομπής για CO (Μον. Ανθρακα)	EFmode (g/kg):	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
Χρόνος	T (min):	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.1463857	20.14638571	20.1826711	20.1826711	20.18267112
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές CO	ACe (kg):	4,309628865	4,309628865	4,309628865	4,309628865	4,309628865	4,297465829	4,297465829	4,297465829	4,297465829	4,29746583	4,297465829	4,30520594	4,30520594	4,305205943
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (THC)															
		A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
Δείκτης Εκπομπής για HC (Υδρογονάνθρακες)	EFmode (g/kg):	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Χρόνος	T (min):	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.1463857	20.14638571	20.1826711	20.1826711	20.18267112
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές HC	ACe (kg):	0,342811387	0,342811387	0,342811387	0,342811387	0,342811387	0,341843873	0,341843873	0,341843873	0,341843873	0,34184387	0,341843873	0,34245956	0,34245956	0,342459564
ΟΞΕΙΔΙΑ του ΑΖΩΤΟΥ (NOx)															
		A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
Δείκτης Εκπομπής για NOx (Οξείδια του Αζώτου)	EFmode (g/kg):	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Χρόνος	T (min):	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.1463857	20.14638571	20.1826711	20.1826711	20.18267112
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές NOx	ACe (kg):	0,979461106	0,979461106	0,979461106	0,979461106	0,979461106	0,976696779	0,976696779	0,976696779	0,976696779	0,97669678	0,976696779	0,9784559	0,9784559	0,978455896
ΟΞΕΙΔΙΑ του ΘΕΙΟΥ (SOx)															
		A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
Δείκτης Εκπομπής για SOx (Οξείδια του Θείου)	EFmode (g/kg):	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878
Χρόνος	T (min):	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.1463857	20.14638571	20.1826711	20.1826711	20.18267112
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές SOx	ACe (kg):	1,929048648	1,929048648	1,929048648	1,929048648	1,929048648	1,923604307	1,923604307	1,923604307	1,923604307	1,92360431	1,923604307	1,92706889	1,92706889	1,927068887
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM10)															
		A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
Δείκτης Εκπομπής για PM10 (Αιωρούμενα Σωματίδια)	EFmode (g/kg):	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112
Χρόνος	T (min):	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.20340564	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.14638571	20.1463857	20.14638571	20.1826711	20.1826711	20.18267112
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές PM10	ACe (kg):	0,027329673	0,027329673	0,027329673	0,027329673	0,027329673	0,027252541	0,027252541	0,027252541	0,027252541	0,02725254	0,027252541	0,02730163	0,02730163	0,027301625

ΔΟΥΦΟΡΙΚΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

ΔΕΞΙΑ

ΑΡΙΣΤΕΡΑ

Πίνακας 3.

ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

		A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής για CO (Μον. Άνθρακα)	EFmode (g/kg):	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6		17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
Χρόνος	T (min):	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902		22,65655859	22,6788482	22,70113781	22,7234274	22,745717
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές CO	ACe (kg):	4,676178527	4,676178527	4,676178527	4,676178527	4,676178527		4,832915826	4,83767047	4,842425108	4,84717975	4,85193439

ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (THC)

		A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής για HC (Υδρογονάνθρακες)	EFmode (g/kg):	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Χρόνος	T (min):	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902		22,65655859	22,6788482	22,70113781	22,7234274	22,745717
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές HC	ACe (kg):	0,371968746	0,371968746	0,371968746	0,371968746	0,371968746		0,384436486	0,3848147	0,385192906	0,38557112	0,38594933

ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NOx)

		A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής για NOx (Οξειδία του Αζώτου)	EFmode (g/kg):	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4
Χρόνος	T (min):	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902		22,65655859	22,6788482	22,70113781	22,7234274	22,745717
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές NOx	ACe (kg):	1,062767847	1,062767847	1,062767847	1,062767847	1,062767847		1,09838996	1,09947056	1,100551161	1,10163176	1,10271236

ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SOx)

		A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής για SOx (Οξειδία του Θείου)	EFmode (g/kg):	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878		7,878	7,878	7,878	7,878	7,878
Χρόνος	T (min):	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902		22,65655859	22,6788482	22,70113781	22,7234274	22,745717
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές SOx	ACe (kg):	2,093121275	2,093121275	2,093121275	2,093121275	2,093121275		2,163279027	2,16540727	2,167535511	2,16966375	2,171792

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM₁₀)

		A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής για PM10 (Αιωρούμενα Σωματίδια)	EFmode (g/kg):	0,11161	0,11161	0,11161	0,11161	0,11161		0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106
Χρόνος	T (min):	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902	21,92177902		22,65655859	22,6788482	22,70113781	22,7234274	22,745717
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές PM10	ACe (kg):	0,029654162	0,029654162	0,029654162	0,029654162	0,029654162		0,030648117	0,03067827	0,030708421	0,03073857	0,03076872

ΝΟΤΙΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

ΔΕΞΙΑ

ΑΡΙΣΤΕΡΑ

ΑΡΙΣΤΕΡΑ (B)

Πίνακας 4.

ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)															
		A40	A42	A44	A46										
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής	EFmode (g/kg):	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
Χρόνος	T (min):	22,64035974	22,66822176	22,69608377	22,72394578	22,6591504	22,68144	22,70372962	22,7260192	22,7483088	22,69413991	22,70217453	22,71020916	22,71824379	22,72627841
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές CO	ACe (kg):	4,829460418	4,835403719	4,841347021	4,847290322	4,833468691	4,83822333	4,842977973	4,84773261	4,85248726	4,840932372	4,842646254	4,844360136	4,846074019	4,847787901
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (THC)															
		A40	A42	A44	A46										
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής	EFmode (g/kg):	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Χρόνος	T (min):	22,64035974	22,66822176	22,69608377	22,72394578	22,6591504	22,68144	22,70372962	22,7260192	22,7483088	22,69413991	22,70217453	22,71020916	22,71824379	22,72627841
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές HC	ACe (kg):	0,384161624	0,384634387	0,385107149	0,385579912	0,384480464	0,38485867	0,385236884	0,38561509	0,3859933	0,385074166	0,385210497	0,385346829	0,385483161	0,385619492
ΟΞΕΙΔΙΑ του ΑΖΩΤΟΥ (NOx)															
		A40	A42	A44	A46										
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής	EFmode (g/kg):	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Χρόνος	T (min):	22,64035974	22,66822176	22,69608377	22,72394578	22,6591504	22,68144	22,70372962	22,7260192	22,7483088	22,69413991	22,70217453	22,71020916	22,71824379	22,72627841
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές NOx	ACe (kg):	1,09760464	1,098955391	1,100306141	1,101656891	1,098515612	1,09959621	1,100676812	1,10175741	1,10283801	1,100211903	1,100601421	1,10099094	1,101380459	1,101769977
ΟΞΕΙΔΙΑ του ΘΕΙΟΥ (SOx)															
		A40	A42	A44	A46										
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής	EFmode (g/kg):	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878
Χρόνος	T (min):	22,64035974	22,66822176	22,69608377	22,72394578	22,6591504	22,68144	22,70372962	22,7260192	22,7483088	22,69413991	22,70217453	22,71020916	22,71824379	22,72627841
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές SOx	ACe (kg):	2,161732339	2,164392642	2,167052945	2,169713248	2,163526497	2,16565474	2,167782981	2,16991122	2,17203947	2,166867342	2,167634499	2,168401656	2,169168814	2,169935971
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM10)															
		A40	A42	A44	A46										
Ρυθμός Ροής Καυσίμου	FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
Δείκτης Εκπομπής	EFmode (g/kg):	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106
Χρόνος	T (min):	22,64035974	22,66822176	22,69608377	22,72394578	22,6591504	22,68144	22,70372962	22,7260192	22,7483088	22,69413991	22,70217453	22,71020916	22,71824379	22,72627841
Αριθμός Κινητήρων	N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Συνολικές Εκπομπές PM10	ACe (kg):	0,030626204	0,030663894	0,030701584	0,030739273	0,030651623	0,03068177	0,030711927	0,03074208	0,03077223	0,030698954	0,030709823	0,030720692	0,03073156	0,030742429

ΒΟΡΕΙΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ (Α)**ΑΡΙΣΤΕΡΑ****ΔΕΞΙΑ**

Πίνακας 5.

ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)

	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44		B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45
FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
EFmode (g/kg):	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6		17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6
T (min):	19,96981831	19,8593422	19,74886608	19,58655366	19,52791385	19,41743773	19,30696162	19,1964855		20,15205531	20,1518933	20,1517313	20,15156934	20,15140736	20,15124537	20,15108338	20,15092139
N:	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	4,259801884	4,236236003	4,212670121	4,178046935	4,165538359	4,141972477	4,118406596	4,094840715		4,298675222	4,29864067	4,29860611	4,29857156	4,298537006	4,298502452	4,298467898	4,298433344

ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (THC)

	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44		B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45
FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
EFmode (g/kg):	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
T (min):	19,96981831	19,8593422	19,74886608	19,58655366	19,52791385	19,41743773	19,30696162	19,1964855		20,15205531	20,1518933	20,1517313	20,15156934	20,15140736	20,15124537	20,15108338	20,15092139
N:	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	0,338847877	0,336973318	0,33509876	0,332344643	0,331349642	0,329475083	0,327600525	0,325725966		0,341940074	0,34193733	0,34193458	0,341931829	0,34192908	0,341926331	0,341923583	0,341920834

ΟΞΕΙΔΙΑ του ΑΖΩΤΟΥ (NOx)

	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44		B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45
FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
EFmode (g/kg):	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	4	4
T (min):	19,96981831	19,8593422	19,74886608	19,58655366	19,52791385	19,41743773	19,30696162	19,1964855		20,15205531	20,1518933	20,1517313	20,15156934	20,15140736	20,15124537	20,15108338	20,15092139
N:	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	0,968136792	0,96278091	0,957425028	0,949556122	0,946713263	0,941357381	0,936001499	0,930645617		0,976971641	0,97696379	0,97695593	0,976948082	0,976940229	0,976932375	0,976924522	0,976916669

ΟΞΕΙΔΙΑ του ΘΕΙΟΥ (SOx)

	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44		B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45
FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
EFmode (g/kg):	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878		7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878	7,878
T (min):	19,96981831	19,8593422	19,74886608	19,58655366	19,52791385	19,41743773	19,30696162	19,1964855		20,15205531	20,1518933	20,1517313	20,15156934	20,15140736	20,15124537	20,15108338	20,15092139
N:	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	1,906745412	1,896197002	1,885648592	1,870150782	1,864551772	1,854003382	1,843454952	1,832906543		1,924145648	1,92413018	1,92411471	1,924099247	1,92408378	1,924068313	1,924052846	1,92403738

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM10)

	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44		B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45
FFmode (kg/sec):	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101		0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101
EFmode (g/kg):	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106		0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106	0,11161106
T (min):	19,96981831	19,8593422	19,74886608	19,58655366	19,52791385	19,41743773	19,30696162	19,1964855		20,15205531	20,1518933	20,1517313	20,15156934	20,15140736	20,15124537	20,15108338	20,15092139
N:	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	0,027013693	0,02686425	0,026714806	0,026495241	0,026415918	0,026266474	0,02611703	0,025967586		0,02726021	0,02725999	0,02725977	0,02725953	0,027259334	0,027259115	0,027258895	0,027258676

Πίνακας 6.

ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)																			
	B50	B52	B54	B56	B58	B60	B62	B64	B66		B51	B53	B55	B57	B59	B61	B63	B65	B67
FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101		0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
EFmode (g/kg):	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6		17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
T (min):	19.92556307	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	19.92556307	20.15623461	20.15623461		19.34836586	19.2506544	19.1527227	19.05479097	18.95698883	18.8590571	18.76112537	18.66319363	18.56537853
N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	4.25036171	4.299566717	4.299566717	4.299566717	4.299566717	4.299566717	4.25036171	4.299566717	4.299566717		4.127238618	4.1063956	4.08550558	4.064615571	4.043753201	4.022863188	4.001973174	3.981083161	3.960218026

FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101		0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
EFmode (g/kg):	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
T (min):	19,92556307	20,15623461	20,15623461	20,15623461	20,15623461	20,15623461	19,92556307	20,15623461	20,15623461	19,34836586	19,2506544	19,1527227	19,05479097	18,95698883	18,8590571	18,76112537	18,66319363	18,56537853
N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	0.338096954	0.342010989	0.342010989	0.342010989	0.342010989	0.342010989	0.338096954	0.342010989	0.342010989	0.328303072	0.3266451	0.3249834	0.323321693	0.321662186	0.320000481	0.318338775	0.316677707	0.315017343

ΟΞΕΙΔΙΑ του ΑΖΟΤΟΥ (NOx)																		
FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
EFmode (g/kg):	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
T (min):	19.92556307	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	19.92556307	20.15623461	20.15623461	19.34836586	19.2506544	19.1527227	19.05479097	18.95698883	18.8590571	18.76112537	18.66319363	18.56537853
N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ACe (kg):	0.965991298	0.977174254	0.977174254	0.977174254	0.977174254	0.977174254	0.965991298	0.977174254	0.977174254	0.938008777	0.93327173	0.928524	0.923776266	0.919034818	0.914287088	0.909539358	0.904791627	0.900049551

ΟΞΕΙΔΙΑ του ΘΕΙΟΥ (SOx)																		
FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	
EFmode (g/kg):	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	7.878	
T (min):	19.92556307	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	19.92556307	20.15623461	20.15623461	19.34836586	19.2506544	19.1527227	19.05479097	18.95698883	18.8590571	18.76112537	18.66319363	18.56537853
N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ACe (kg):	1.902519861	1.924544693	1.924544693	1.924544693	1.924544693	1.924544693	1.902519861	1.924544693	1.924544693	1.847408286	1.83807867	1.82872801	1.819377356	1.810039075	1.80068842	1.791337765	1.78198711	1.772647591

ΑΙΟΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM10)																			
FFmode (kg/sec):	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	
EFmode (g/kg):	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	0.11161106	
T (min):	19.92556307	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	20.15623461	19.92556307	20.15623461	20.15623461	19.34836586	19.2506544	19.1527227	19.05479097	18.95698883	18.8590571	18.76112537	18.66319363	18.56537853	
N:	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
ACe (kg):	0.026953828	0.027265864	0.027265864	0.027265864	0.027265864	0.027265864	0.026953828	0.027265864	0.027265864	0.026173039	0.02604086	0.02590839	0.025775912	0.025643613	0.025511138	0.025378663	0.025246188	0.025113871	

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Πίνακας 7.

	A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
THC	2,69913E-06	2,69913E-06	2,69913E-06	2,69913E-06	2,69913E-06	2,69151E-06	2,69151E-06	2,69151E-06	2,69151E-06	2,69151E-06	2,69151E-06	2,69636E-06	2,69636E-06	2,69636E-06
CO	3,39319E-05	3,39319E-05	3,39319E-05	3,39319E-05	3,39319E-05	3,38362E-05	3,38362E-05	3,38362E-05	3,38362E-05	3,38362E-05	3,38362E-05	3,38971E-05	3,38971E-05	3,38971E-05
NOx	7,71181E-06	7,71181E-06	7,71181E-06	7,71181E-06	7,71181E-06	7,69004E-06	7,69004E-06	7,69004E-06	7,69004E-06	7,69004E-06	7,69004E-06	7,70389E-06	7,70389E-06	7,70389E-06
SOx	1,51884E-05	1,51884E-05	1,51884E-05	1,51884E-05	1,51884E-05	1,51455E-05	1,51455E-05	1,51455E-05	1,51455E-05	1,51455E-05	1,51455E-05	1,51728E-05	1,51728E-05	1,51728E-05
PM10	2,15181E-07	2,15181E-07	2,15181E-07	2,15181E-07	2,15181E-07	2,14573E-07	2,14573E-07	2,14573E-07	2,14573E-07	2,14573E-07	2,14573E-07	2,1496E-07	2,1496E-07	2,1496E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΔΕΞΙΑ

	A30	A32	A34	A36	A38
THC	1,03325E-05	1,03325E-05	1,03325E-05	1,03325E-05	1,03325E-05
CO	0,000129894	0,000129894	0,000129894	0,000129894	0,000129894
NOx	2,95213E-05	2,95213E-05	2,95213E-05	2,95213E-05	2,95213E-05
SOx	5,81423E-05	5,81423E-05	5,81423E-05	5,81423E-05	5,81423E-05
PM10	8,23727E-07	8,23727E-07	8,23727E-07	8,23727E-07	8,23727E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΡΙΣΤΕΡΑ

	A31	A33	A35	A37	A39
THC	1,06788E-05	1,06893E-05	1,06998E-05	1,07103E-05	1,07208E-05
CO	0,000134248	0,00013438	0,000134512	0,000134644	0,000134776
NOx	3,05108E-05	3,05408E-05	3,05709E-05	3,06009E-05	3,06309E-05
SOx	6,00911E-05	6,01502E-05	6,02093E-05	6,02684E-05	6,03276E-05
PM10	8,51337E-07	8,52174E-07	8,53012E-07	8,53849E-07	8,54687E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΝΟΤΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Α) ΔΕΞΙΑ

	A40	A42	A44	A46
THC	1,06712E-05	1,06843E-05	1,06974E-05	1,07106E-05
CO	0,000134152	0,000134317	0,000134482	0,000134647
NOx	3,0489E-05	3,05265E-05	3,05641E-05	3,06016E-05
SOx	6,00481E-05	6,0122E-05	6,01959E-05	6,02698E-05
PM10	8,50728E-07	8,51775E-07	8,52822E-07	8,53869E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΝΟΤΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Α) ΑΡΙΣΤΕΡΑ

	A41	A43	A45	A47	A49
THC	1,068E-05	1,06905E-05	1,0701E-05	1,07115E-05	1,0722E-05
CO	0,000134263	0,000134395	0,000134527	0,000134659	0,000134791
NOx	3,05143E-05	3,05443E-05	3,05744E-05	3,06044E-05	3,06344E-05
SOx	6,0098E-05	6,01571E-05	6,02162E-05	6,02753E-05	6,03344E-05
PM10	8,51434E-07	8,52272E-07	8,53109E-07	8,53947E-07	8,54784E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΝΟΤΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Β)

	A50	A52	A54	A56	A58
THC	8,76763E-06	8,77073E-06	8,77383E-06	8,77694E-06	8,78004E-06
CO	0,000110222	0,000110261	0,0001103	0,000110339	0,000110378
NOx	2,50504E-05	2,50592E-05	2,50681E-05	2,5077E-05	2,50858E-05
SOx	4,93367E-05	4,93542E-05	4,93716E-05	4,93891E-05	4,94066E-05
PM10	6,98974E-07	6,99222E-07	6,99469E-07	6,99717E-07	6,99964E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Α) ΑΡΙΣΤΕΡΑ

	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44
THC	6,92091E-06	6,88262E-06	6,84434E-06	6,78809E-06	6,76776E-06	6,72947E-06	6,69119E-06	6,6529E-06
CO	8,70058E-05	8,65244E-05	8,60431E-05	8,53359E-05	8,50804E-05	8,45991E-05	8,41178E-05	8,36365E-05
NOx	1,9774E-05	1,96646E-05	1,95552E-05	1,93945E-05	1,93365E-05	1,92271E-05	1,91177E-05	1,90083E-05
SOx	3,8945E-05	3,87295E-05	3,85141E-05	3,81975E-05	3,80832E-05	3,78677E-05	3,76523E-05	3,74368E-05
PM10	5,5175E-07	5,48698E-07	5,45646E-07	5,41161E-07	5,39541E-07	5,36488E-07	5,33436E-07	5,30384E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Α) ΔΕΞΙΑ

	B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45
THC	6,98407E-06	6,98401E-06	6,98396E-06	6,9839E-06	6,98385E-06	6,98379E-06	6,98373E-06	6,98368E-06
CO	8,77997E-05	8,7799E-05	8,77983E-05	8,77976E-05	8,77969E-05	8,77962E-05	8,77955E-05	8,77948E-05
NOx	1,99545E-05	1,99543E-05	1,99542E-05	1,9954E-05	1,99538E-05	1,99537E-05	1,99535E-05	1,99534E-05
SOx	3,93004E-05	3,93E-05	3,92997E-05	3,92994E-05	3,92991E-05	3,92988E-05	3,92985E-05	3,92981E-05
PM10	5,56785E-07	5,56781E-07	5,56776E-07	5,56772E-07	5,56767E-07	5,56763E-07	5,56758E-07	5,56754E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Β) ΑΡΙΣΤΕΡΑ

	B50	B52	B54	B56	B58	B60	B62	B64	B66
THC	6,90558E-06	6,98552E-06	6,98552E-06	6,98552E-06	6,98552E-06	6,98552E-06	6,90558E-06	6,98552E-06	6,98552E-06
CO	8,68129E-05	8,78179E-05	8,78179E-05	8,78179E-05	8,78179E-05	8,78179E-05	8,68129E-05	8,78179E-05	8,78179E-05
NOx	1,97302E-05	1,99586E-05	1,99586E-05	1,99586E-05	1,99586E-05	1,99586E-05	1,97302E-05	1,99586E-05	1,99586E-05
SOx	3,88587E-05	3,93085E-05	3,93085E-05	3,93085E-05	3,93085E-05	3,93085E-05	3,88587E-05	3,93085E-05	3,93085E-05
PM10	5,50528E-07	5,56901E-07	5,56901E-07	5,56901E-07	5,56901E-07	5,56901E-07	5,50528E-07	5,56901E-07	5,56901E-07

ΡΥΘΜΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ (Β) ΔΕΞΙΑ

	B51	B53	B55	B57	B59	B61	B63	B65	B67
THC	6,70554E-06	6,67167E-06	6,63773E-06	6,60379E-06	6,5699E-06	6,53596E-06	6,50202E-06	6,46808E-06	6,43418E-06
CO	8,42982E-05	8,38725E-05	8,34458E-05	8,30191E-05	8,2593E-05	8,21663E-05	8,17396E-05	8,1313E-05	8,08868E-05
NOx	1,91587E-05	1,90619E-05	1,8965E-05	1,8868E-05	1,87711E-05	1,86742E-05	1,85772E-05	1,84802E-05	1,83834E-05
SOx	3,7733E-05	3,75425E-05	3,73515E-05	3,71605E-05	3,69698E-05	3,67788E-05	3,65878E-05	3,63968E-05	3,6206E-05
PM10	5,3458E-07	5,3188E-07	5,29175E-07	5,26469E-07	5,23767E-07	5,21061E-07	5,18355E-07	5,15649E-07	5,12947E-07

2) Διαστασιολόγηση Διαδρόμων Τροχοδρόμησης (Προς Απογείωση, Από Προσγείωση)

Για τη διαστασιολόγηση των διαδρόμων τροχοδρόμησης από προσγείωση και προς απογείωση χρησιμοποιήθηκαν οι επιφάνειες, οι διαστάσεις των οποίων φαίνονται παρακάτω (πίνακες 8,9):

- Τροχοδρόμηση προς Απογείωση (72 επιφάνειες)
- Τροχοδρόμηση μετά την Προσγείωση (72 επιφάνειες)

ΤΡΟΧΟΔΡΟΜΗΣΗ:			ΑΠΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ										Πίνακας 8.	
	A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15
Μήκος	907	970	1033	1096	1159	1266	1329	1392	1455	1518	1581	1616	1679	1742
Πλάτος	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
ΑΠΟ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Α)							ΑΠΟ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Β)							
	A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39			
Μήκος	40	40	40	40	40	Μήκος	40	40	40	40	40			
Πλάτος	886	936	986	1036	1086	Πλάτος	563	613	663	713	763			
ΑΠΟ ΝΟΤΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αα)						ΑΠΟ ΝΟΤΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αβ)								
	A40	A42	A44	A46		A41	A43	A45	A47	A49				
Μήκος	40	40	40	40	Μήκος	40	40	40	40	40				
Πλάτος	575,5	638	700,5	763	Πλάτος	263	313	363	413	463				
ΑΠΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αα)														
	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44						
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40						
Πλάτος	1867,625	1910,25	1952,875	2035,5	2038,125	2080,75	2123,375	2166						
ΑΠΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αβ)														
	B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45						
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40						
Πλάτος	2180,625	2223,25	2265,875	2308,5	2351,125	2393,75	2436,375	2479						
ΑΠΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Βα)														
	B50	B52	B54	B56	B58	B60	B62	B64	B66					
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40	40					
Πλάτος	2355,4	2215,1	2252,8	2290,5	2328,2	2365,9	2581,6	2441,3	2479					
ΑΠΟ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Ββ)														
	B51	B53	B55	B57	B59	B61	B63	B65	B67					
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40	40					
Πλάτος	2404	2441,6	2479,4	2517,2	2554,9	2592,7	2630,5	2668,3	2706					
ΑΠΟ ΝΟΤΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Β)														
	A50	A52	A54	A56	A58									
Μήκος	40	40	40	40	40									
Πλάτος	236	297	358	419	480									

ΤΡΟΧΟΔΡΟΜΗΣΗ:														ΠΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ										Πίνακας 9.			
	A13	A11	A09	A07	A05	A03	A01	B03	B05	B07	B09	B11	B13	B15													
Μήκος	3566	3503	3440	3377	3314	3251	3188	3125	3062	2999	2936	2873	2810	2747													
Πλάτος	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40													
ΠΡΟΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Α)														ΠΡΟΣ ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Β)													
	A30	A32	A34	A36	A38		A31	A33	A35	A37	A39																
Μήκος	40	40	40	40	40	Μήκος	40	40	40	40	40																
Πλάτος	2261	2211	2161	2111	2061	Πλάτος	2017	1949,8	1882,6	1815,4	1748,2																
ΠΡΟΣ ΝΟΤΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αα)														ΠΡΟΣ ΝΟΤΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αβ)													
	A40	A42	A44	A46		A41	A43	A45	A47	A49																	
Μήκος	40	40	40	40	Μήκος	40	40	40	40	40																	
Πλάτος	2017	1933	1849	1765	Πλάτος	2315	2247,8	2180,6	2113,4	2046,2																	
ΠΡΟΣ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αα)																											
	B30	B32	B34	B36	B38	B40	B42	B44																			
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40																			
Πλάτος	2785,625	2828,25	2870,875	2913,5	2956,125	2998,75	3041,375	3084																			
ΠΡΟΣ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Αβ)																											
	B31	B33	B35	B37	B39	B41	B43	B45																			
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40																			
Πλάτος	2332	2289,5	2247	2204,5	2162	2119,5	2077	2034,5																			
ΠΡΟΣ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Βα)																											
	B50	B52	B54	B56	B58	B60	B62	B64	B66																		
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40	40																		
Πλάτος	2332	2294,3	2256,6	2218,9	2181,2	2143,5	2105,8	2068,1	2030,4																		
ΠΡΟΣ ΒΟΡΕΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Ββ)																											
	B51	B53	B55	B57	B59	B61	B63	B65	B67																		
Μήκος	40	40	40	40	40	40	40	40	40																		
Πλάτος	2728,8	2766,6	2804,37	2842,14	2879,91	2917,68	2955,45	2993,22	3031																		
ΠΡΟΣ ΝΟΤΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (Β)																											
	A50	A52	A54	A56	A58																						
Μήκος	40	40	40	40	40																						
Πλάτος	2284	2223	2162	2101	2040																						

- Κάθε επιφάνεια τροχοδρόμησης που σαρώνεται από αεροσκάφη δημιουργεί ένα σύνολο εκπομπών που προκαλείται από την αναλογία του χρόνου που απαιτείται από ένα αεροσκάφος να σαρώσει μια επιφάνεια προς τις διαστάσεις της επιφάνειας που σαρώθηκε. Αυτή η αναλογία θα προκαλέσει ένα σταθερό ρυθμό εκπομπής για κάθε ρύπο σε όλες τις φάσεις τροχοδρόμησης που πραγματοποιούνται στο αεροδρόμιο. Αναλυτικά δεδομένα παρουσιάζονται στο αρχείο Emission Database.xls
- Για το ρυθμό εκπομπής ισχύει:

$$\text{Ρυθμός Εκπομπής} = (ACe_i \text{ (kg)} \cdot 1000 \text{ (gr/kg)}) / (3600 \text{ sec}) \cdot (\text{μήκος} \cdot \text{πλάτος} \text{ m}^2)$$

Όπου ACe_i οι συνολικές εκπομπές του i ρύπου.

Η διαίρεση με 3600 sec πραγματοποιείται για να γίνει αναγωγή του ρυθμού εκπομπών σε ωριαία βάση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πίνακα 10.

Πίνακας 10.	ΤΡΟΧΟΔΡΟΜΗΣΗ	ΠΡΟΣ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ	ΑΠΟ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ
Ρυθμός Εκπομπής (Qs) (gr /sec *m2)	THC	1,52701E-07	1,52701E-07
	CO	1,91967E-06	1,91967E-06
	NOx	4,36289E-07	4,36289E-07
	SOx	8,59271E-07	8,59271E-07
	PM10	1,21737E-08	1,21737E-08

3) Διαστασιολόγηση Διαδρόμου Σχηματισμού Ουρών Αναμονής

Οι διαστάσεις της επιφάνειας καθυστέρησης καθώς επίσης η γωνία που σχηματίζει ως προς τη βόρεια διεύθυνση φαίνονται στο πίνακα 11

Πίνακας 11.	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (m)
Μήκος	40
Πλάτος	178
Η γωνία των επιφανειών ως προς τη βόρεια διεύθυνση είναι 37°	

Από τον κώδικα επιμερισμού των συντελεστών εκπομπής σε ωριαία βάση υπολογίζονται οι χρόνοι καθυστέρησης (Q_{tk}) των αεροσκαφών σε ωριαία βάση, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των ωριαίων συνολικών εκπομπών στην επιφάνεια καθυστέρησης. Από τους υπολογισμούς προκύπτουν ρυθμοί εκπομπής για κάθε ρύπο, κάθε ημέρας ενδιαφέροντος, σε ωριαία βάση, διάρκειας 24 ώρες.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο αρχείο *Queue Emission Rates.xls*

4) Διαστασιολόγηση Διαδρόμου Απογείωσης

Οι διαστάσεις του διαδρόμου απογείωσης καθώς επίσης και γωνία που

Πίνακας 12.	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗΣ (m)
Μήκος	2387,5
Πλάτος	40
Η γωνία των επιφανειών ως προς τη βόρεια διεύθυνση είναι 37°	

σχηματίζει ως προς τη βόρεια διεύθυνση φαίνονται στο πίνακα 12

Οι συνολικές εκπομπές του διαδρόμου απογείωσης προσδιορίζονται σύμφωνα με το πίνακα 13.

Πίνακας 13.	
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΑΠΟΓΕΙΩΣΗΣ 03R/21L	
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)	
FFmode (kg/sec)	1,051
EFmode (g/kg)	0,9
T (min)	0,52
N	2
ACe (kg)	0,059127779
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (THC)	
FFmode (kg/sec)	1,051
EFmode (g/kg)	0,23
T (min)	0,52
N	2
ACe (kg)	0,015110432
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NOx)	
FFmode (kg/sec)	1,051
EFmode (g/kg)	24,6
T (min)	0,52
N	2
ACe (kg)	1,616159296
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SOx)	
FFmode (kg/sec)	1,051
EFmode (g/kg)	7,878
T (min)	0,52
N	2
ACe (kg)	0,51756516
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM ₁₀)	
FFmode (kg/sec)	1,051
EFmode (g/kg)	0,5116
T (min)	0,52
N	2
ACe (kg)	0,033609972

- Για το ρυθμό εκπομπής κάθε ρύπου στην επιφάνεια απογείωσης ισχύει:

Ρυθμός Εκπομπής $= (A_{Ce_i} \text{ (kg)} \cdot 1000 \text{ (gr/kg)}) / (3600 \text{ sec}) \cdot (\text{μήκος} \cdot \text{πλάτος} \text{ m}^2)$

Όπου A_{Ce_i} οι συνολικές εκπομπές του i ρύπου.

Η διαίρεση με 3600 sec πραγματοποιείται για να γίνει αναγωγή του ρυθμού

Πίνακας 14.	ΑΠΟΓΕΙΩΣΗ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 03R / 21L
Ρυθμός Εκπομπής (Qs) (gr /sec *m2)	HC	4,39512E-08
	CO	1,71983E-07
	NOx	4,70087E-06
	SOx	1,50543E-06
	PM10	9,77602E-08

εκπομπών σε ωριαία βάση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πίνακα 14.

5) Διαστασιολόγηση Διαδρόμου Προσγείωσης

Οι διαστάσεις του διαδρόμου προσγείωσης καθώς επίσης και γωνία που σχηματίζει ως προς τη βόρεια διεύθυνση φαίνονται στο πίνακα 15.

Πίνακας 15.	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ (m)
Μήκος	1355
Πλάτος	40
Η γωνία των επιφανειών ως προς τη βόρεια διεύθυνση είναι 37°	

Πίνακας 16.	
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ 03L/21R	
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)	
FFmode (kg/sec)	0,291
EFmode (g/kg)	2,5
T (min)	0,29
N	2
ACe (kg)	0,025047961
ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (THC)	
FFmode (kg/sec)	0,291
EFmode (g/kg)	0,4
T (min)	0,29
N	2
ACe (kg)	0,004007674
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NOx)	
FFmode (kg/sec)	0,291
EFmode (g/kg)	8
T (min)	0,29
N	2
ACe (kg)	0,080153475
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SOx)	
FFmode (kg/sec)	0,291
EFmode (g/kg)	0,2619
T (min)	0,29
N	2
ACe (kg)	0,002624024

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM ₁₀)	
FFmode (kg/sec)	0,291
EFmode (g/kg)	0,195
T (min)	0,29
N	2
ACe (kg)	0,001949944

Οι συνολικές εκπομπές του διαδρόμου προσγείωσης προσδιορίζονται σύμφωνα με το πίνακα 16.

- Για το ρυθμό εκπομπής κάθε ρύπου στην επιφάνεια προσγείωσης ισχύει:

Ρυθμός Εκπομπής = (ACe_i (kg) · 1000(gr/kg)) / (3600 sec)·(μήκος·πλάτος m²)

Όπου ACe_i οι συνολικές εκπομπές του i ρύπου.

Η διαίρεση με 3600 sec πραγματοποιείται για να γίνει αναγωγή του ρυθμού εκπομπών σε ωριαία βάση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πίνακα 17.

Πίνακας 17.	ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 03L / 21R
Ρυθμός Εκπομπής (Qs) (gr /sec *m2)	THC	2,05395E-08
	CO	1,28372E-07
	NOx	4,10791E-07
	SOx	1,34483E-08
	PM10	9,99356E-09

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Β]

Για την εκτίμηση των ωριαίων κλάσεων ευστάθειας απαιτείται η εκτίμηση των νυχτερινών ωρών και των ωρών ημέρας, των οποίων το εύρος μεταβάλλεται από μήνα σε μήνα. Για το σκοπό αυτό αντλούνται οι ώρες ανατολής και δύσης για όλες τις ημέρες ενδιαφέροντος αυτής της μελέτης. Σημειώνεται ότι νύχτα χαρακτηρίζεται η περίοδος μία ώρα πριν τη δύση μέχρι μία ώρα μετά την ανατολή του ηλίου.

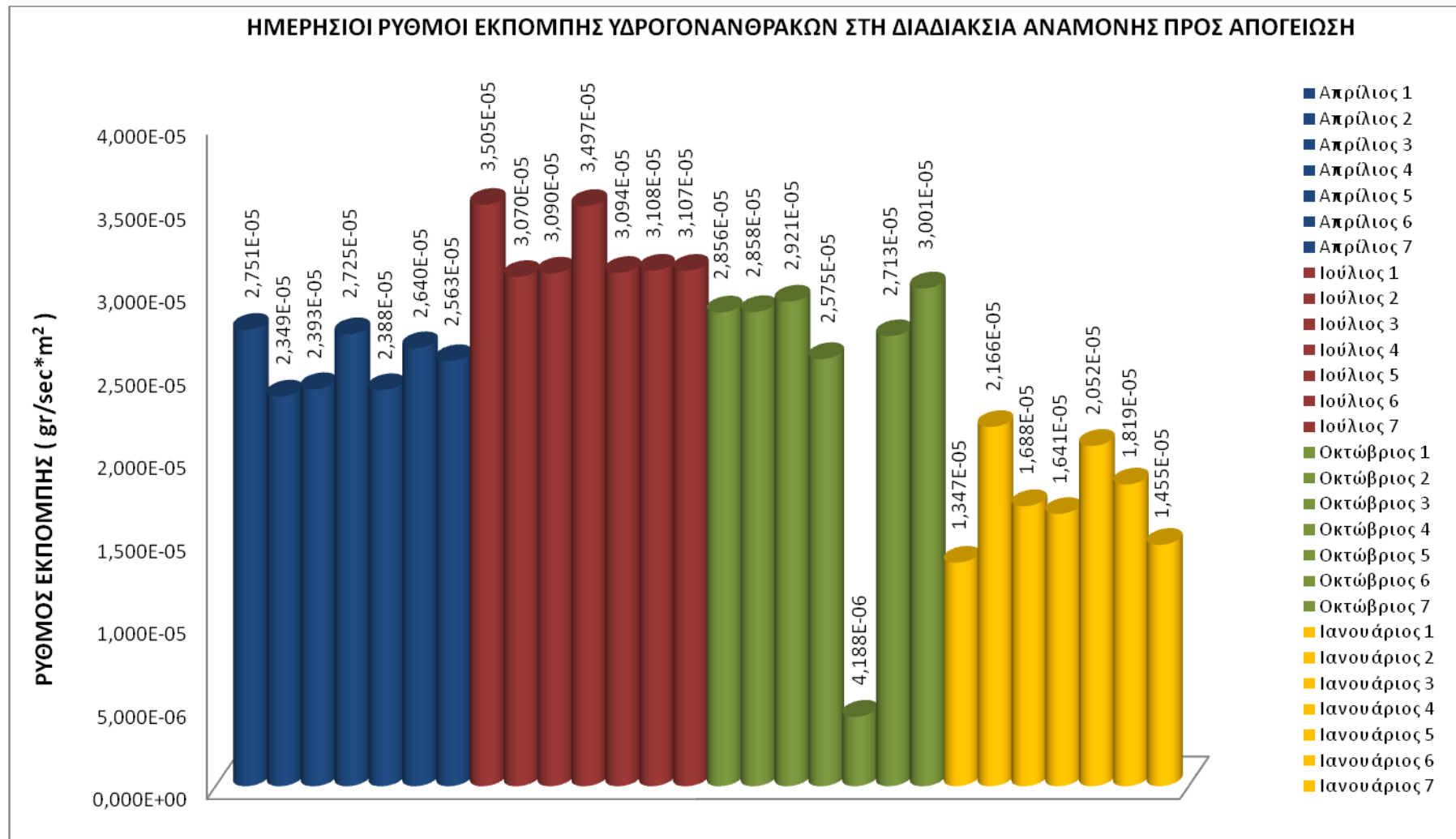
Στις ώρες μεταβολής από μέρα σε νύχτα και νύχτα σε μέρα εκτιμώνται κλάσεις ευστάθειας ουδέτερες (D). Ο λόγος που πραγματοποιείται αυτό είναι για εξομάλυνση της μεταβολής των κλάσεων ευστάθειας στη διαδικασία μεταβολής από μέρα-νύχτα-μέρα.

Οι ώρες ανατολής και δύσης που υπολογίστηκαν [<http://www.photographic.gr>] είναι οι παρακάτω:

	Ανατολή	Δύση	Ώρα Ανατολής Μοντέλου	Ώρα Δύσης Μοντέλου
1/4/2011	7:11	19:48	9	18
2/4/2011	7:10	19:49	9	18
3/4/2011	7:08	19:49	9	18
4/4/2011	7:07	19:50	9	18
5/4/2011	7:05	19:51	9	18
6/4/2011	7:04	19:52	9	18
7/4/2011	7:02	19:53	9	18
1/7/2011	6:06	20:52	8	19
2/7/2011	6:06	20:52	8	19
3/7/2011	6:07	20:51	8	19
4/7/2011	6:07	20:51	8	19
5/7/2011	6:08	20:51	8	19
6/7/2011	6:09	20:51	8	19
7/7/2011	6:09	20:51	8	19
1/10/2011	7:20	19:09	9	18
2/10/2011	7:21	19:07	9	18
3/10/2011	7:22	19:06	9	18
4/10/2011	7:23	19:04	9	18
5/10/2011	7:24	19:03	9	18
6/10/2011	7:25	19:01	9	18
7/10/2011	7:26	19:00	9	18
1/1/2012	8:41	18:16	10	17
2/1/2012	8:41	18:17	10	17
3/1/2012	8:41	18:17	10	17
4/1/2012	8:41	18:18	10	17
5/1/2012	8:41	18:19	10	17
6/1/2012	8:42	18:20	10	17
7/1/2012	8:42	18:21	10	17

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Γ]

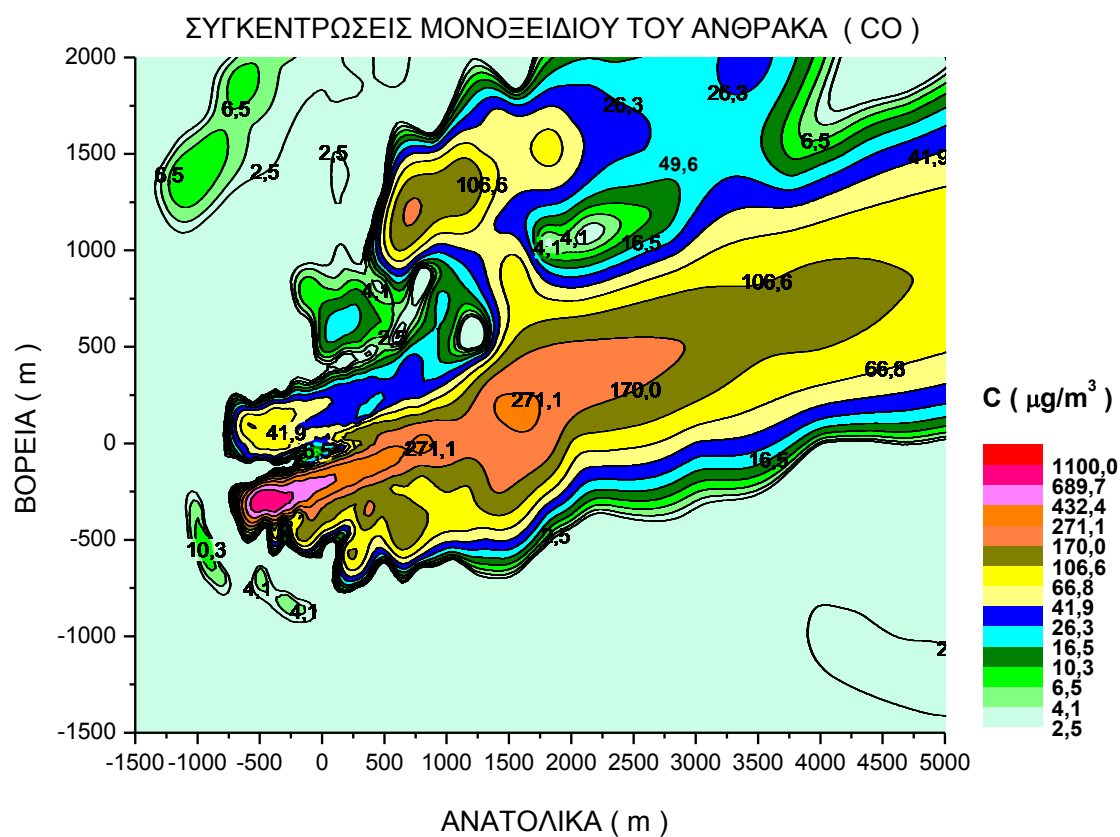
Το ημερήσιο άθροισμα των ρυθμών εκπομπής οποιουδήποτε ρύπου στη λειτουργία αναμονής αεροσκαφών καταδεικνύει την ημερήσια κινητικότητα των αεροσκαφών σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα.

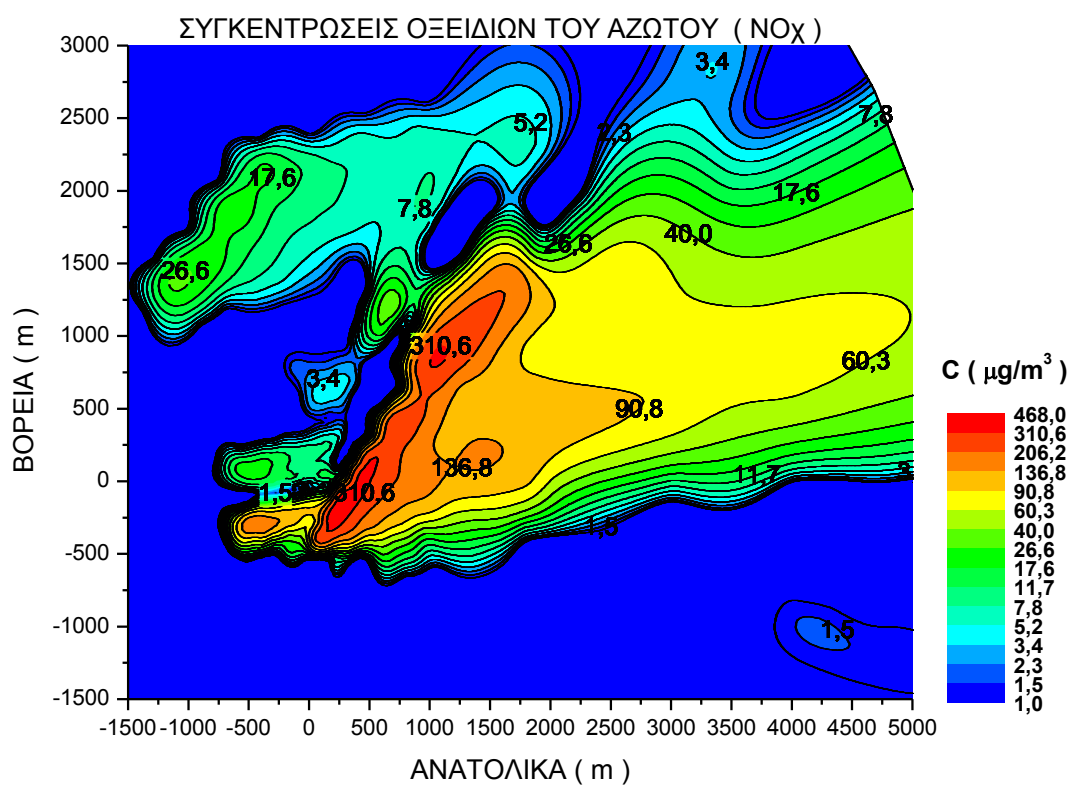
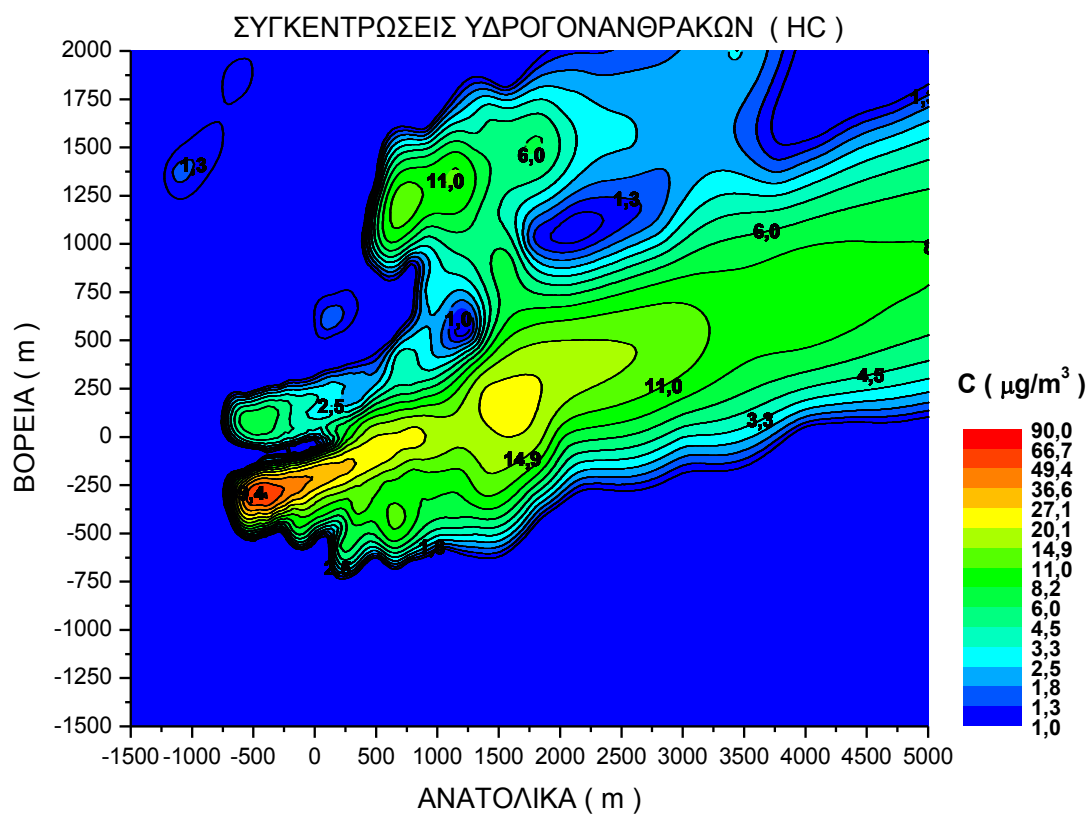


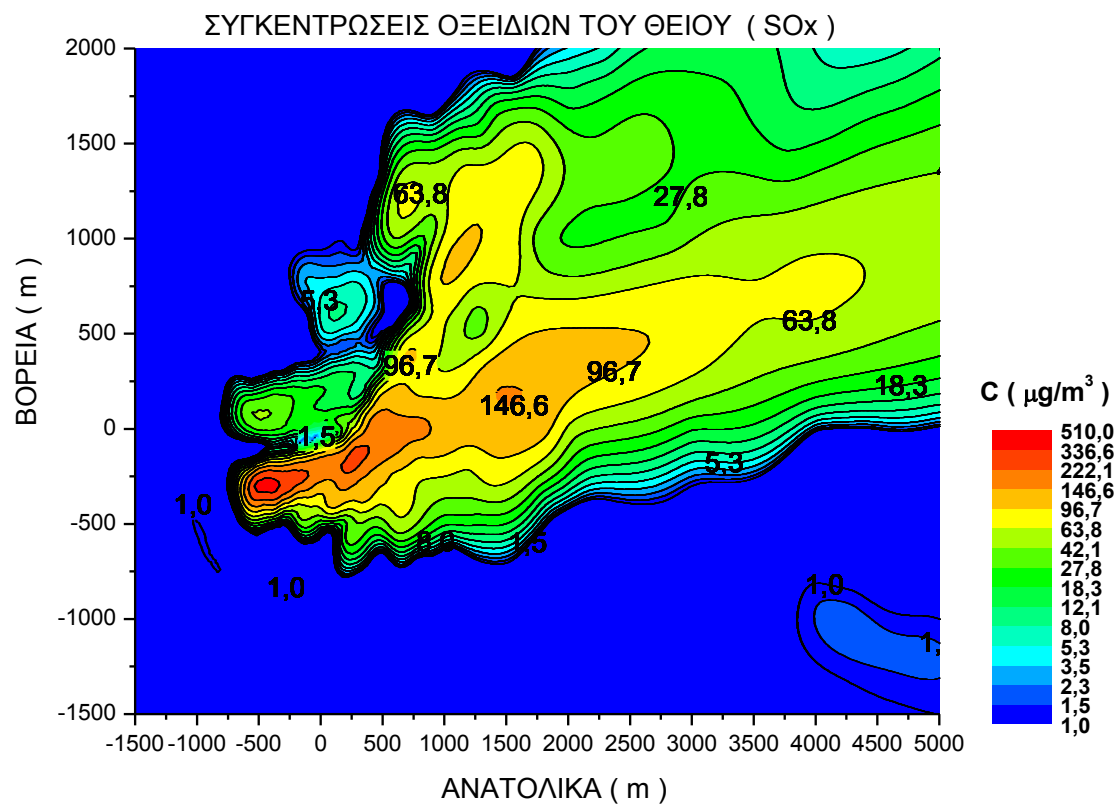
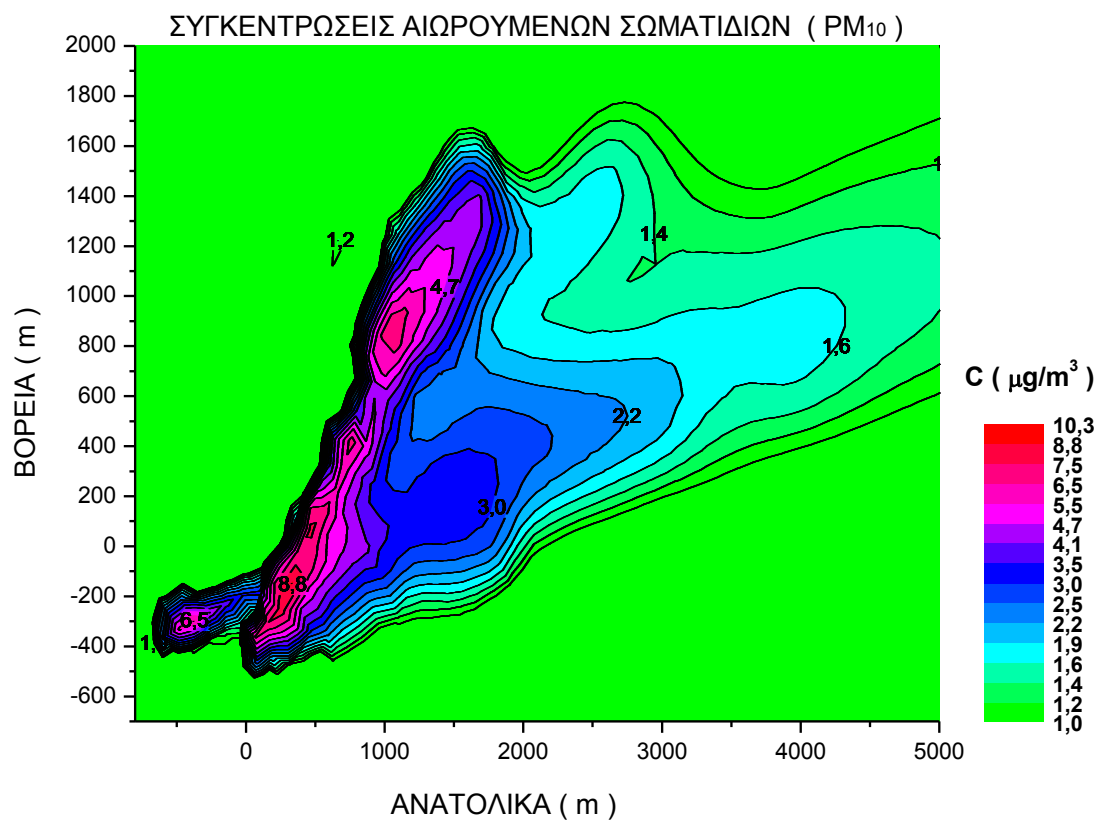
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Δ]

Οι συγκεντρώσεις των εκπομπών κατά τις χειρότερες συνθήκες για όλες τις γειτονικές αστικές περιοχές, φαίνονται παρακάτω:

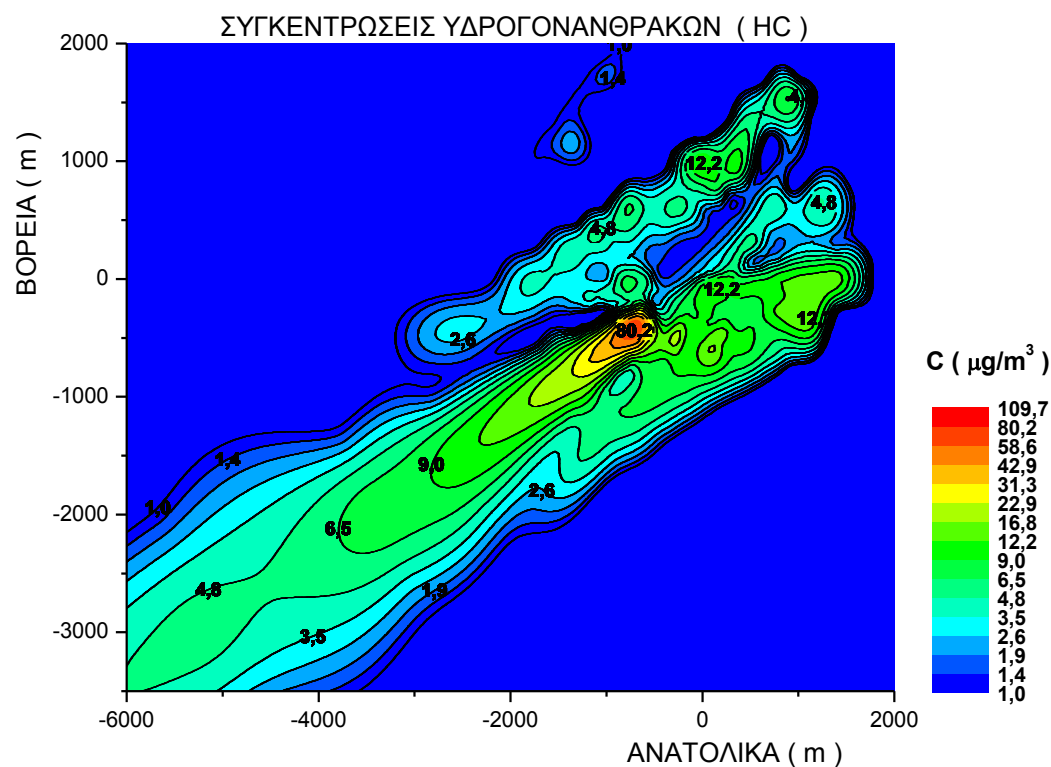
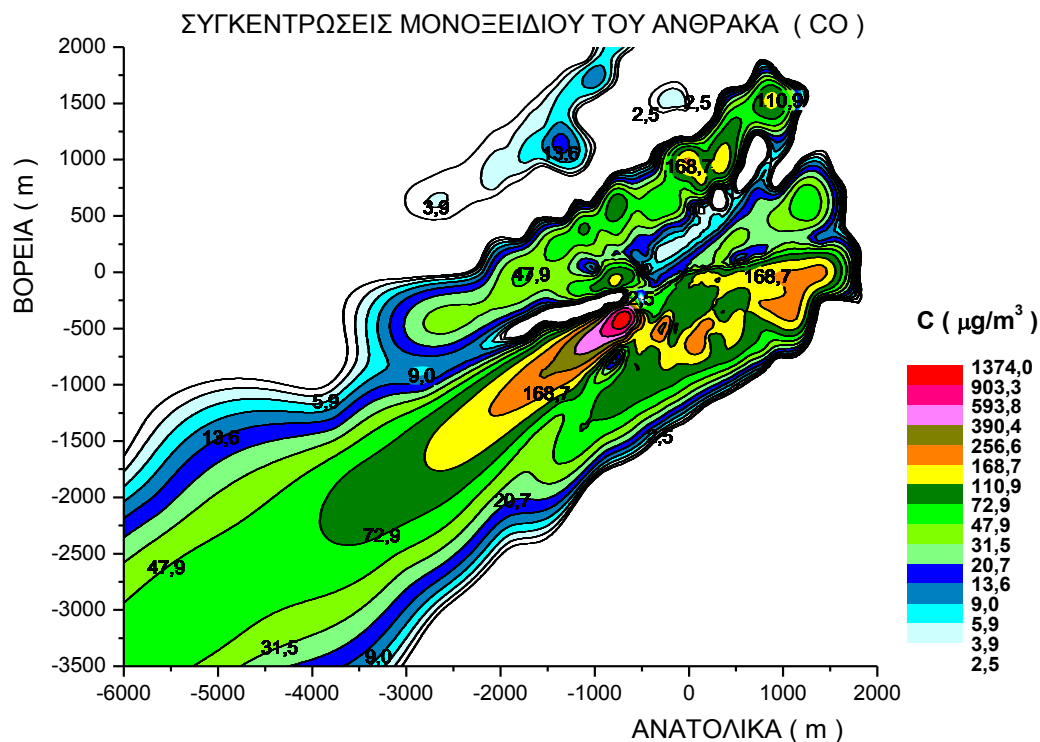
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΡΥΠΩΝ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ΜΕ ΤΙΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΤΕΜΙΔΑ

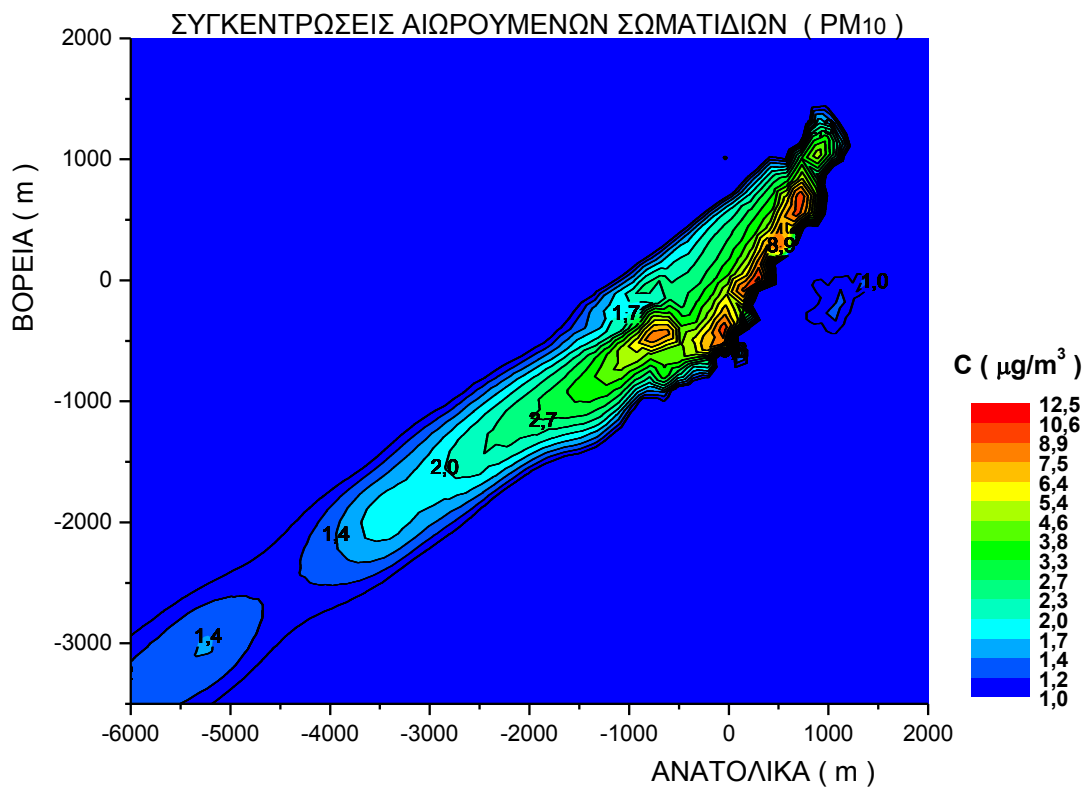
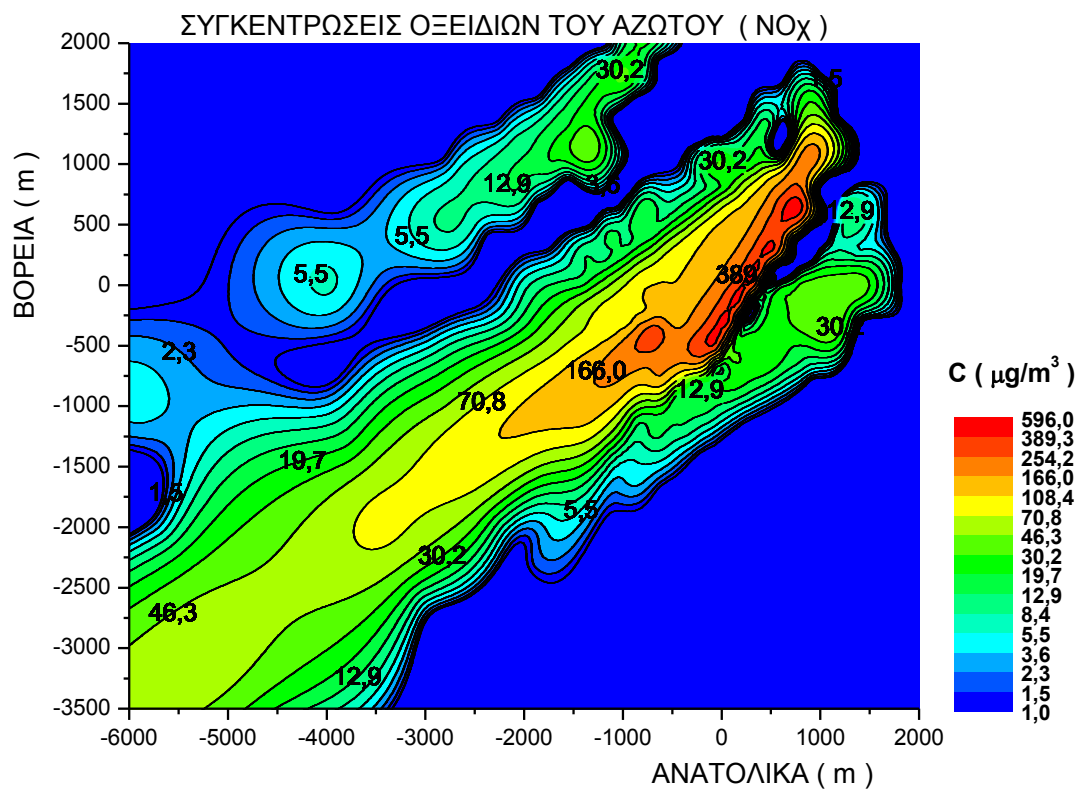


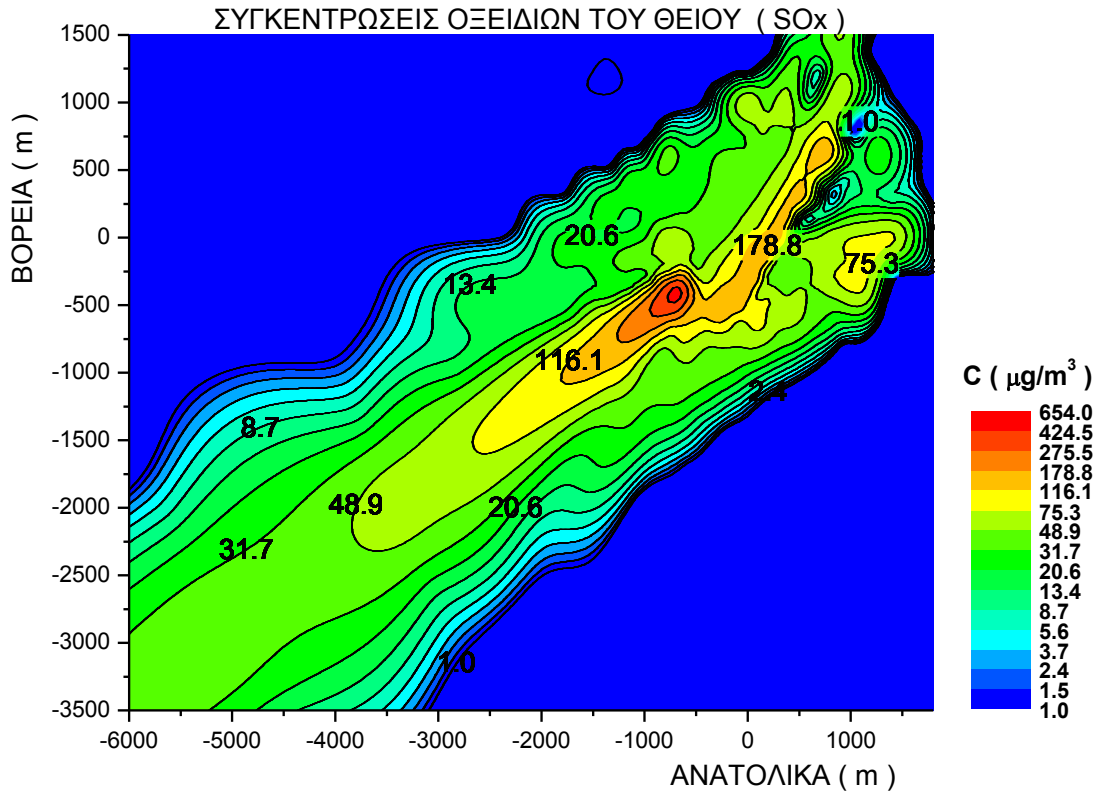




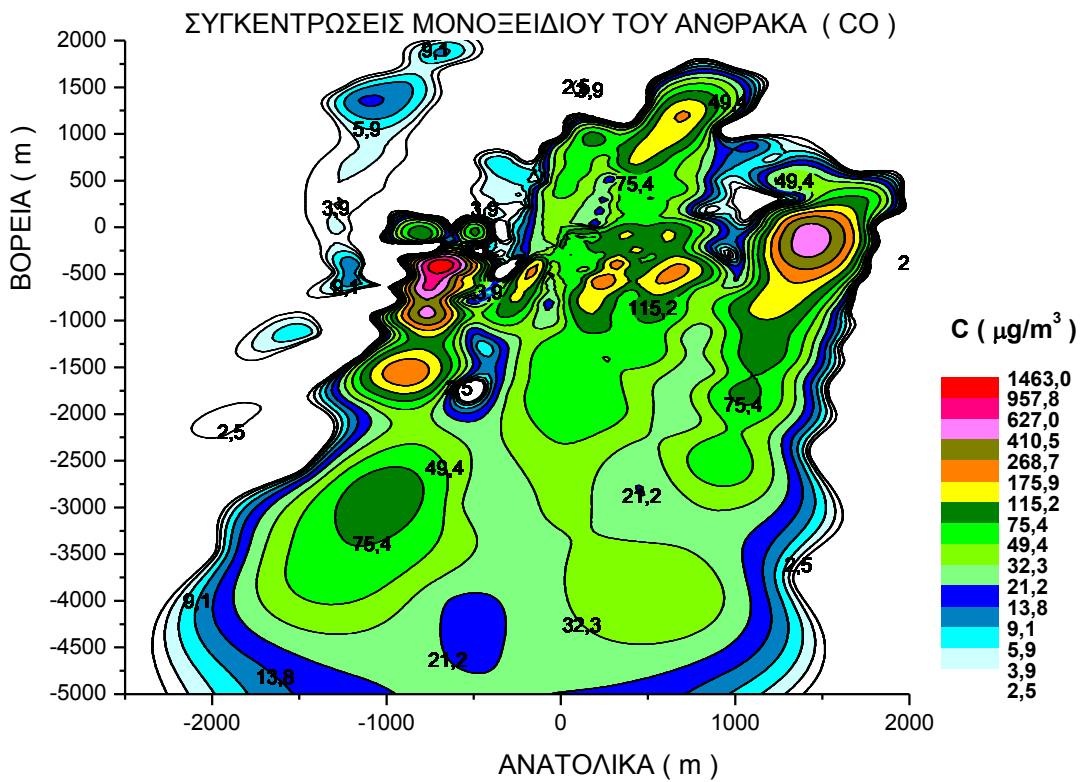
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΡΥΠΩΝ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ΜΕ ΤΙΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΡΩΠΙ

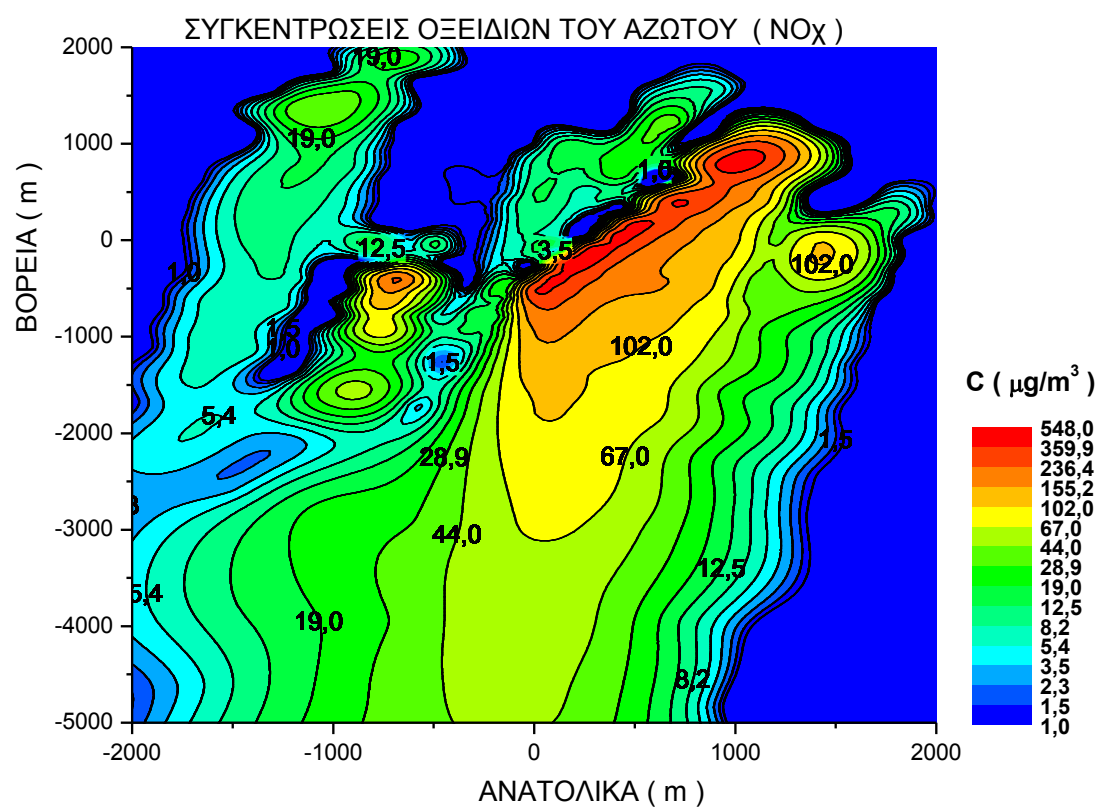
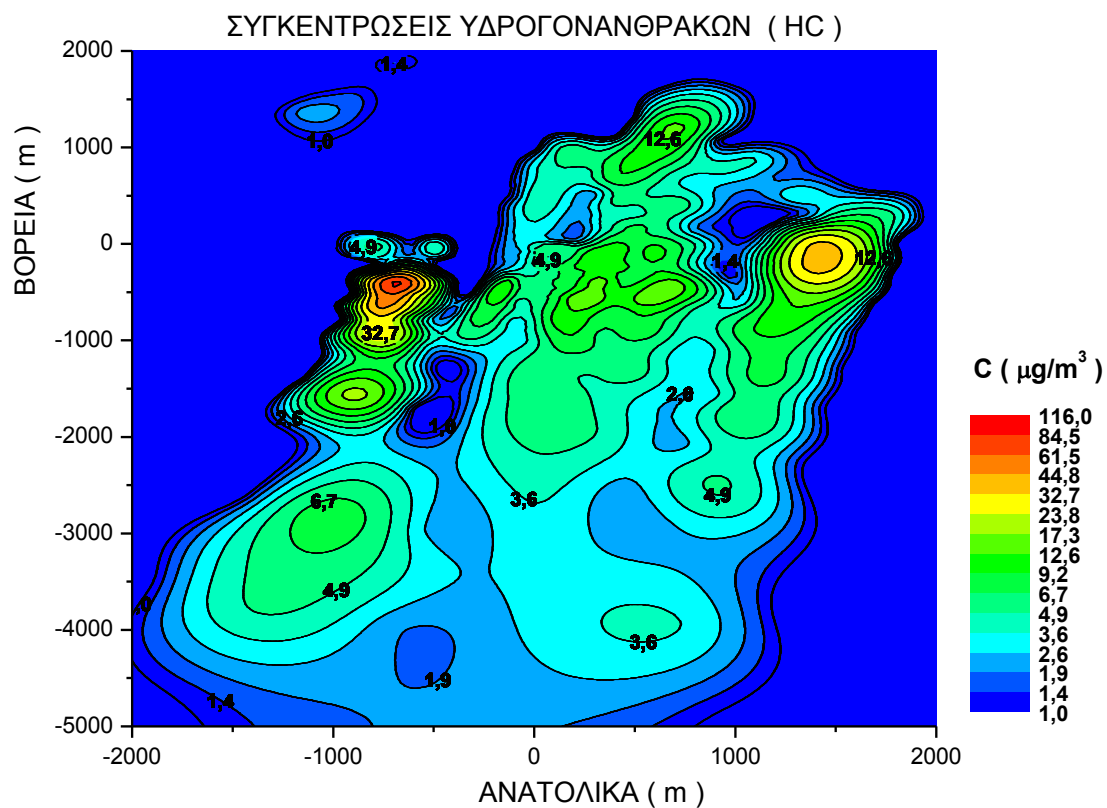


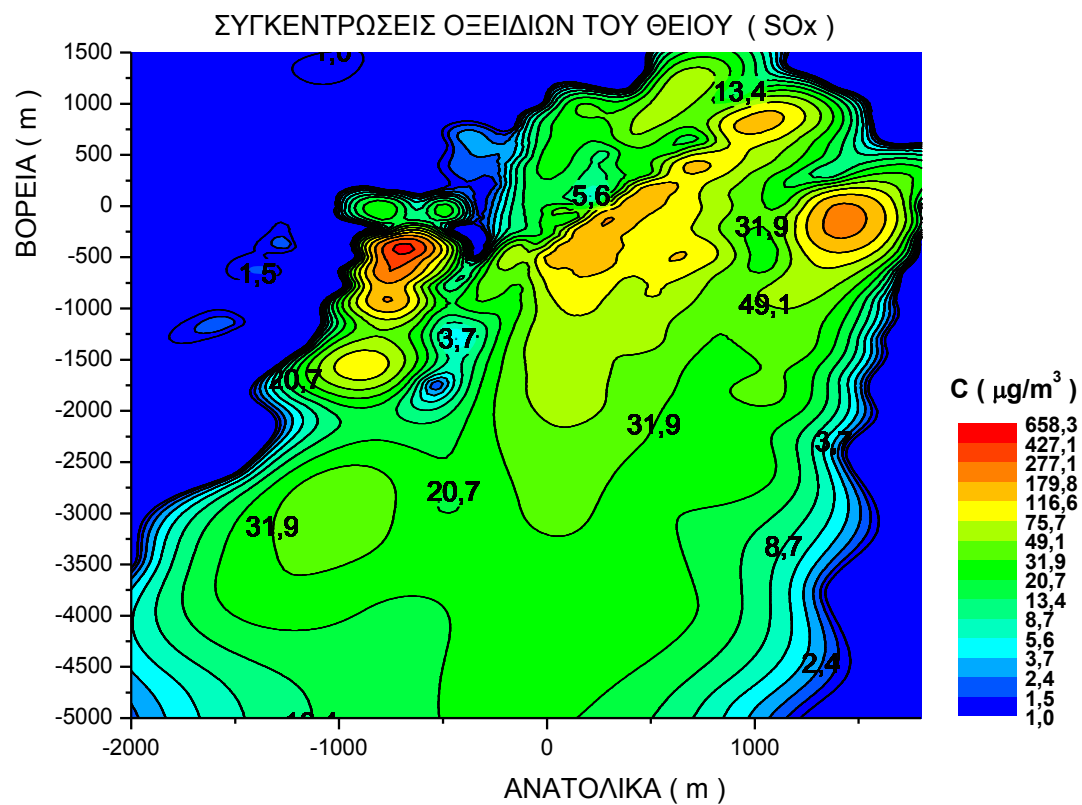
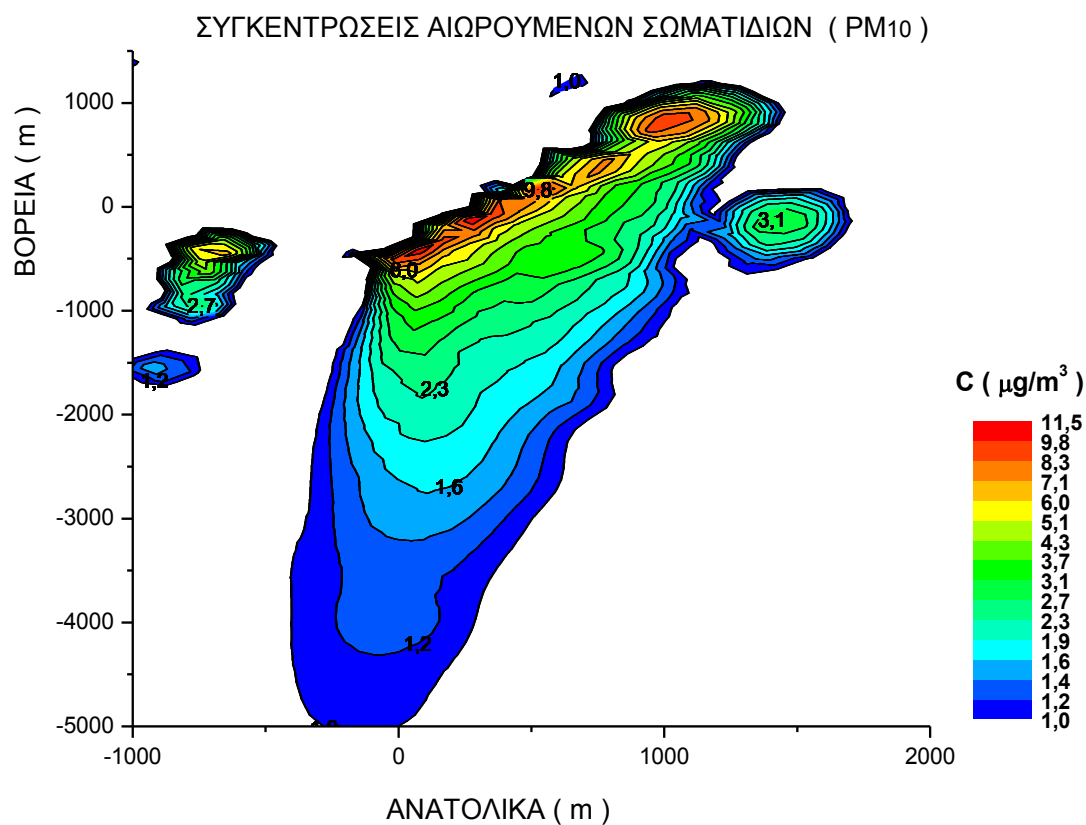




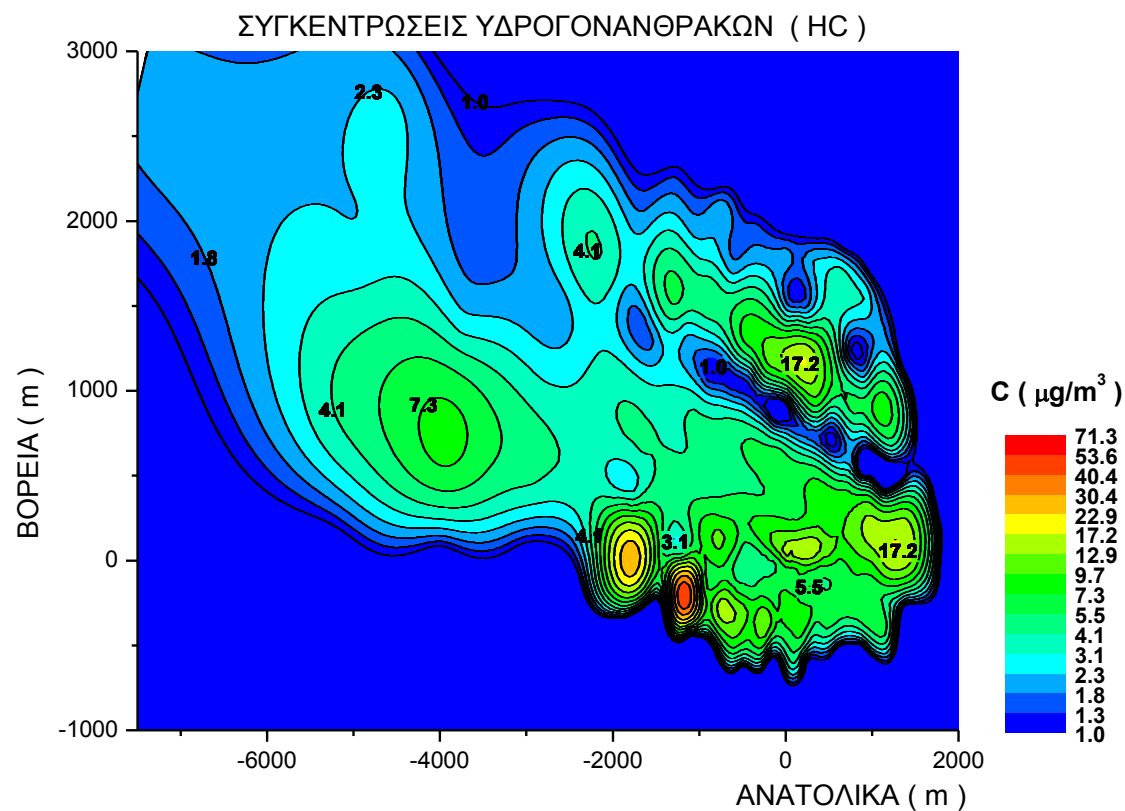
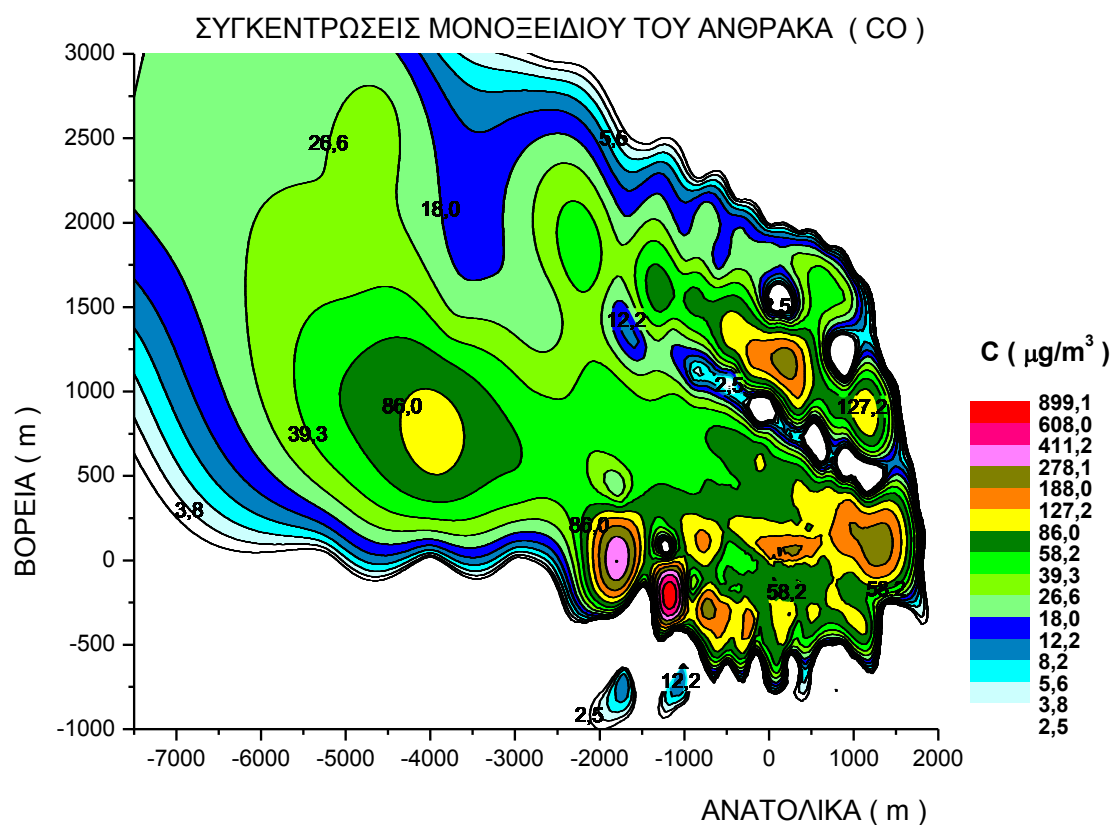
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΡΥΠΩΝ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ΜΕ ΤΙΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟ

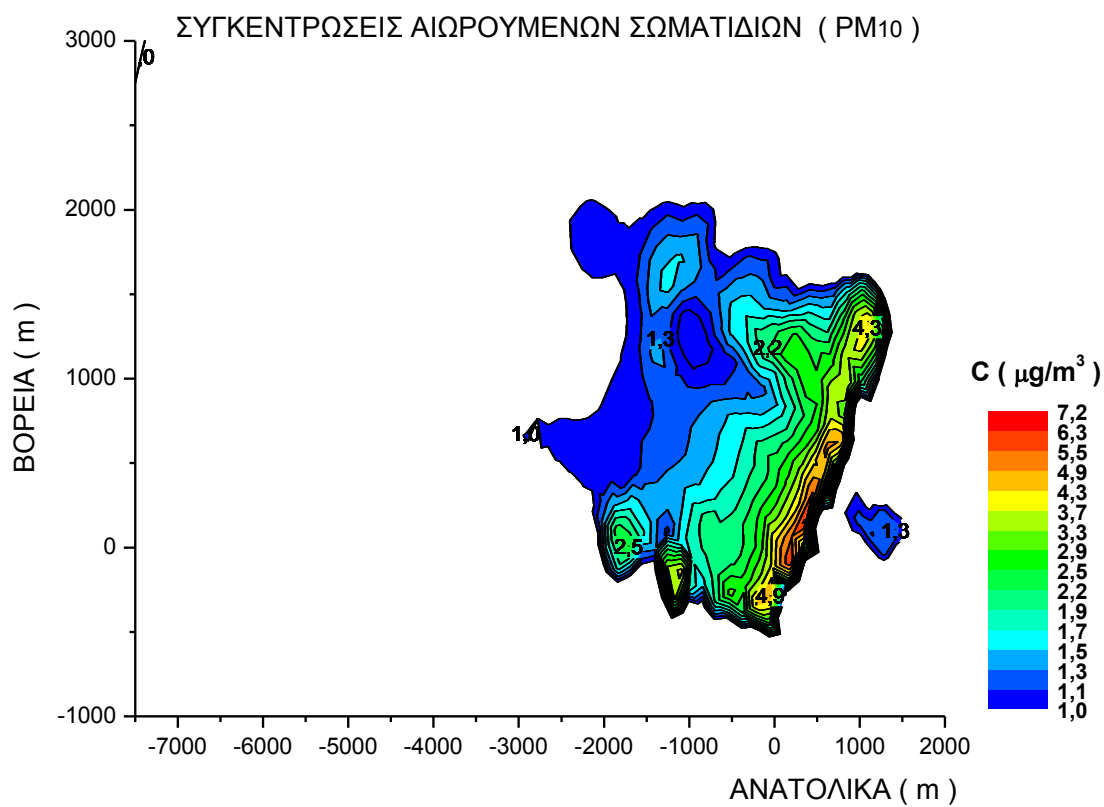
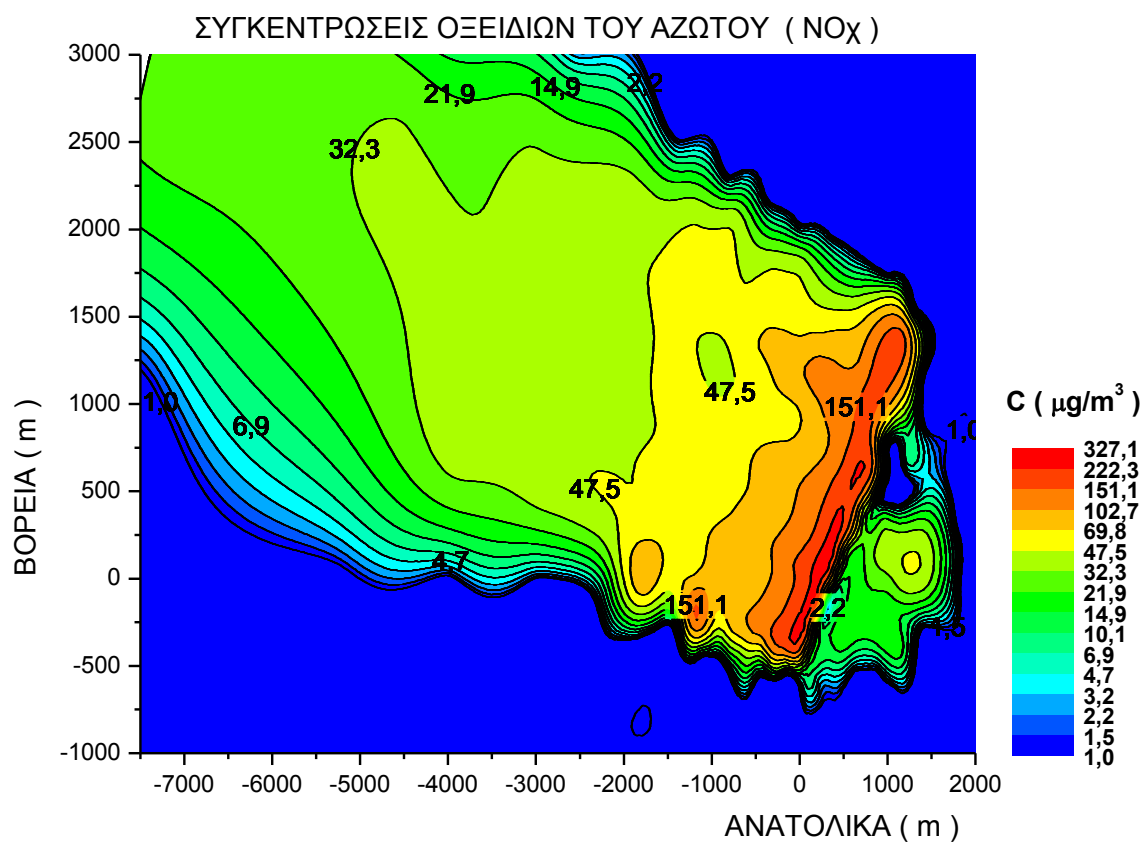


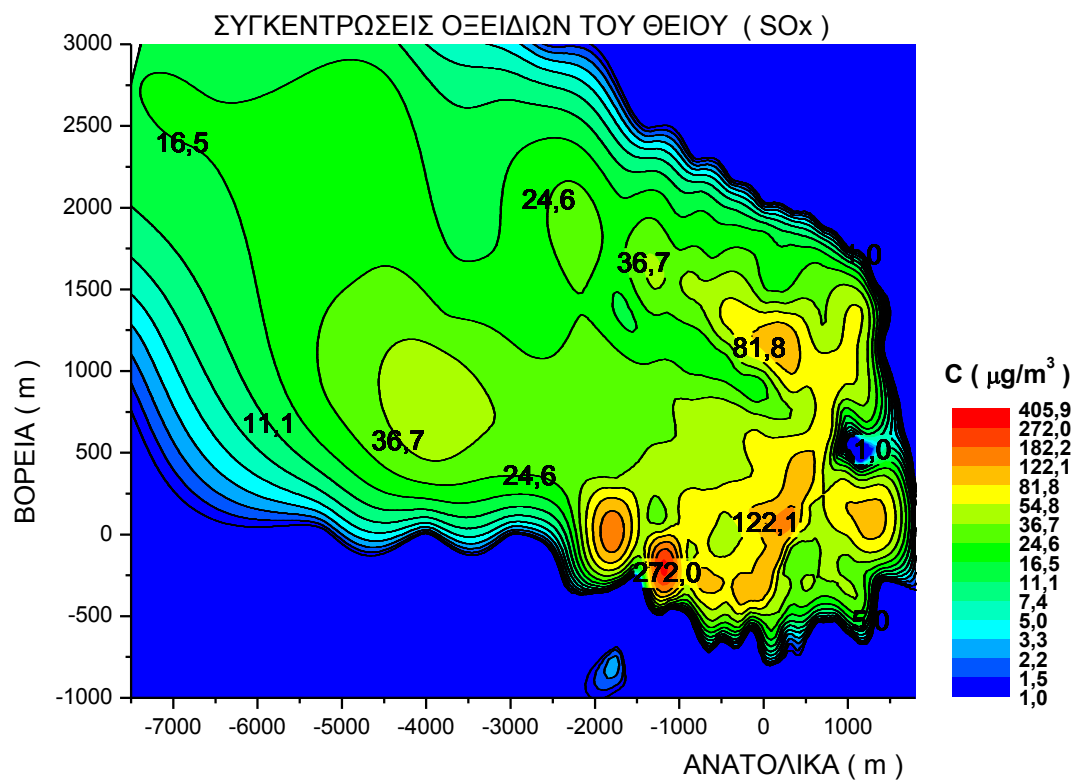




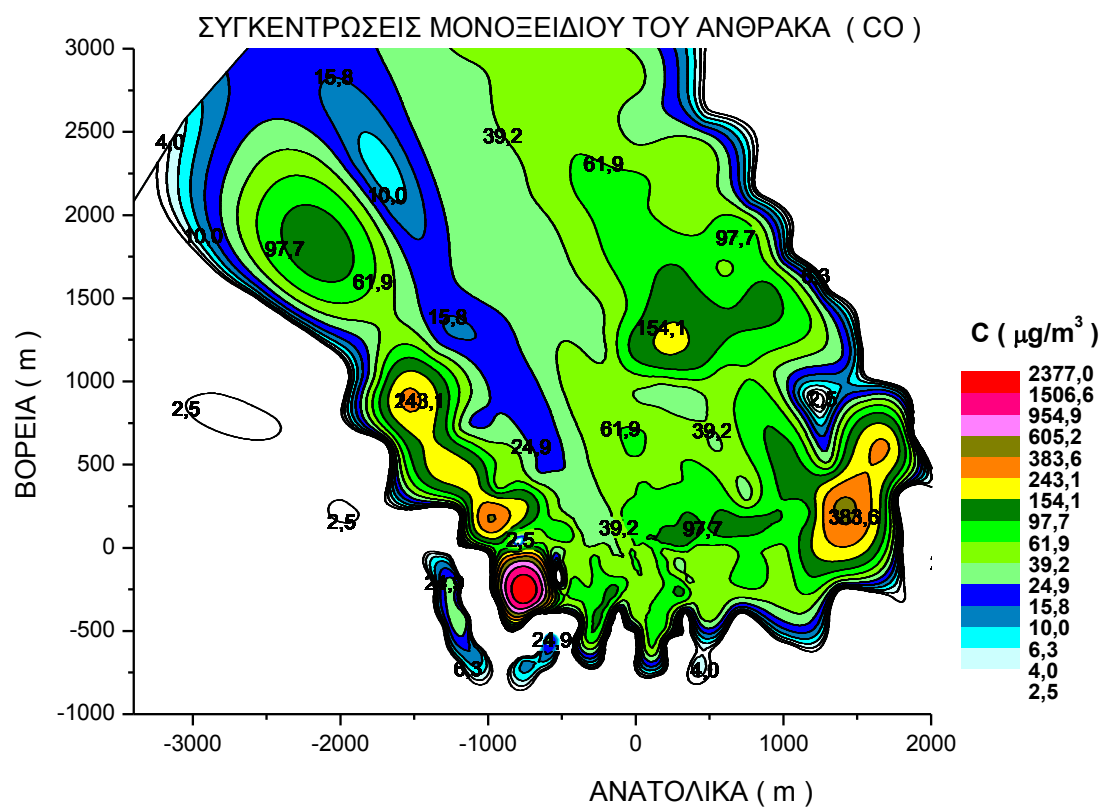
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΡΥΠΩΝ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ΜΕ ΤΙΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΑΙΑΝΙΑ

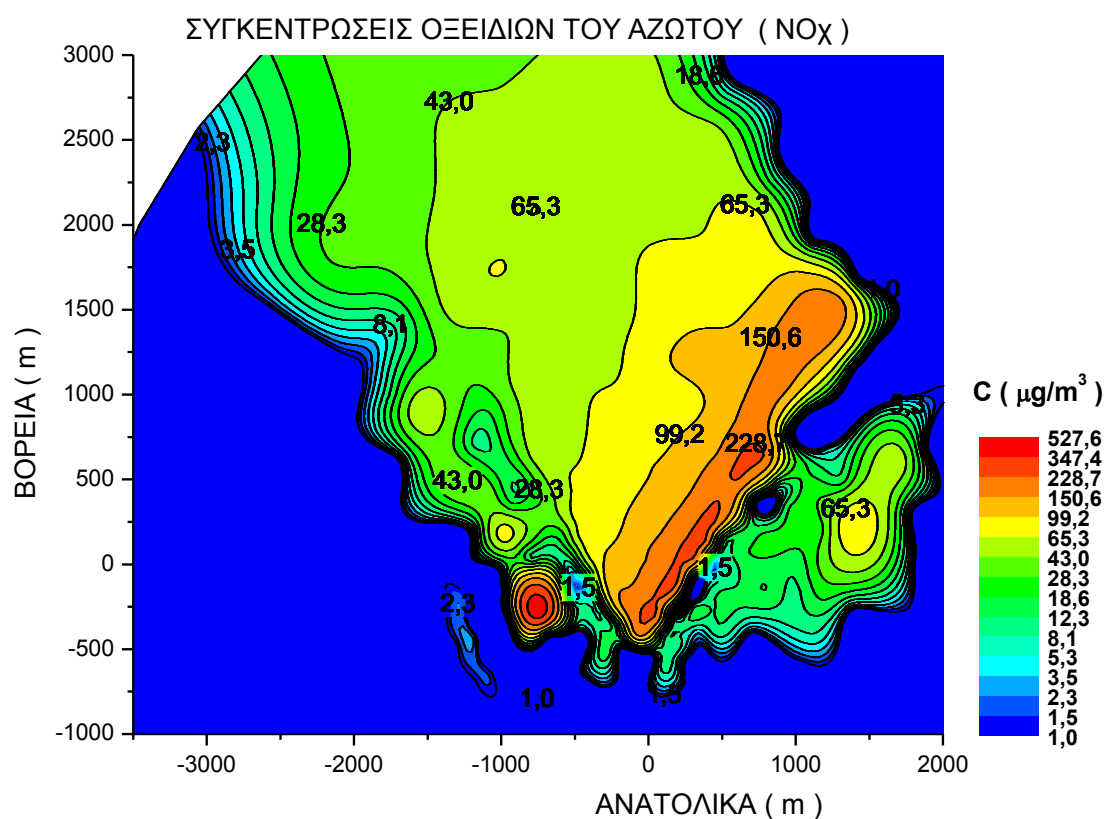
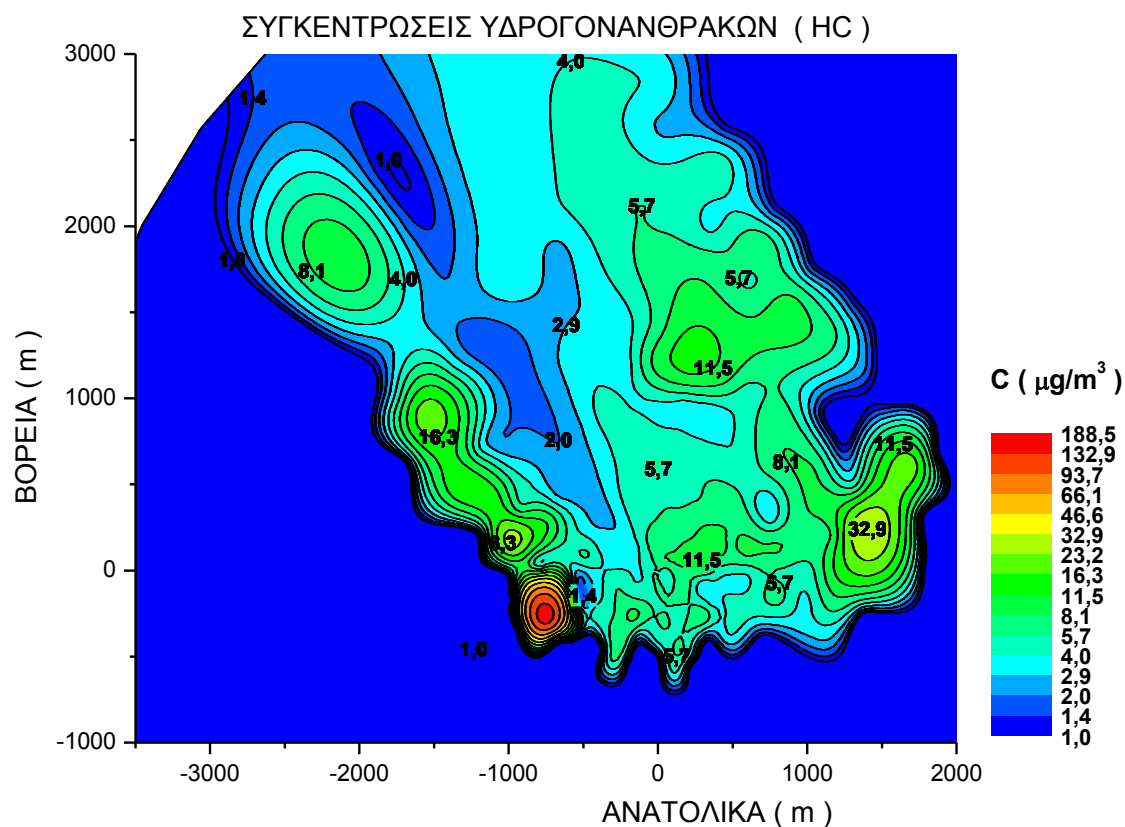


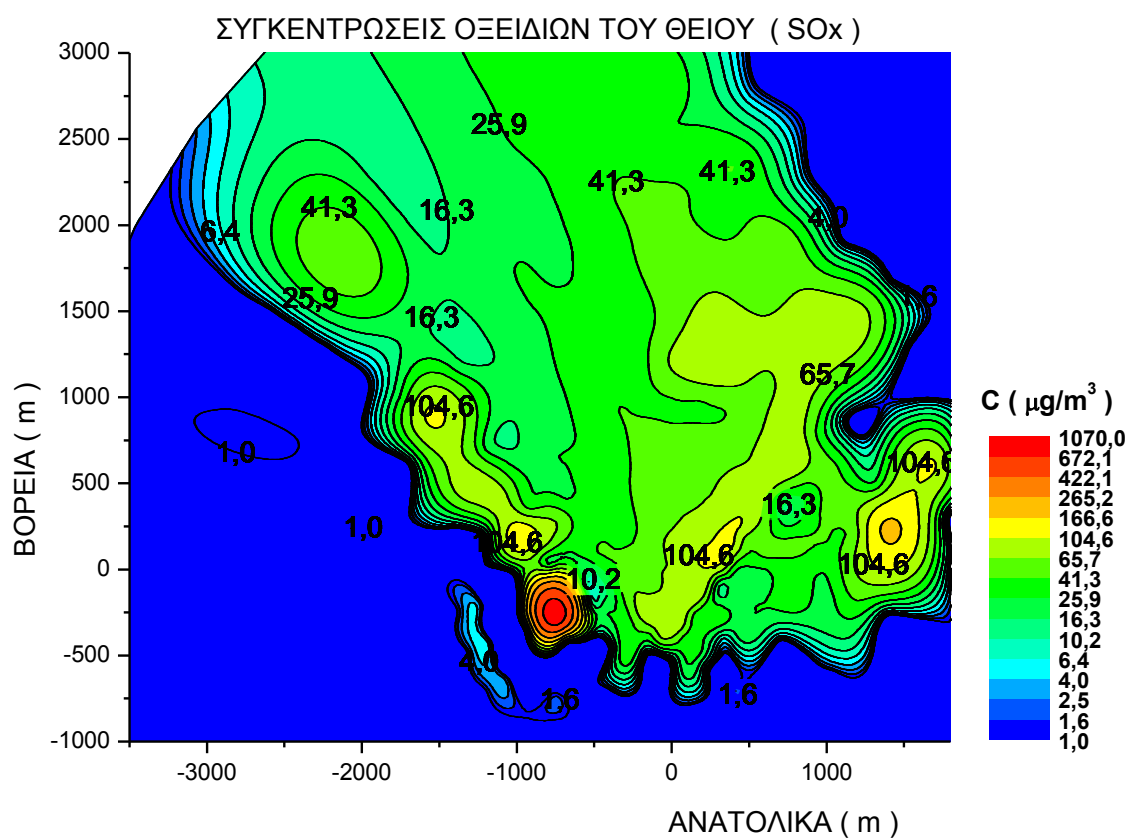
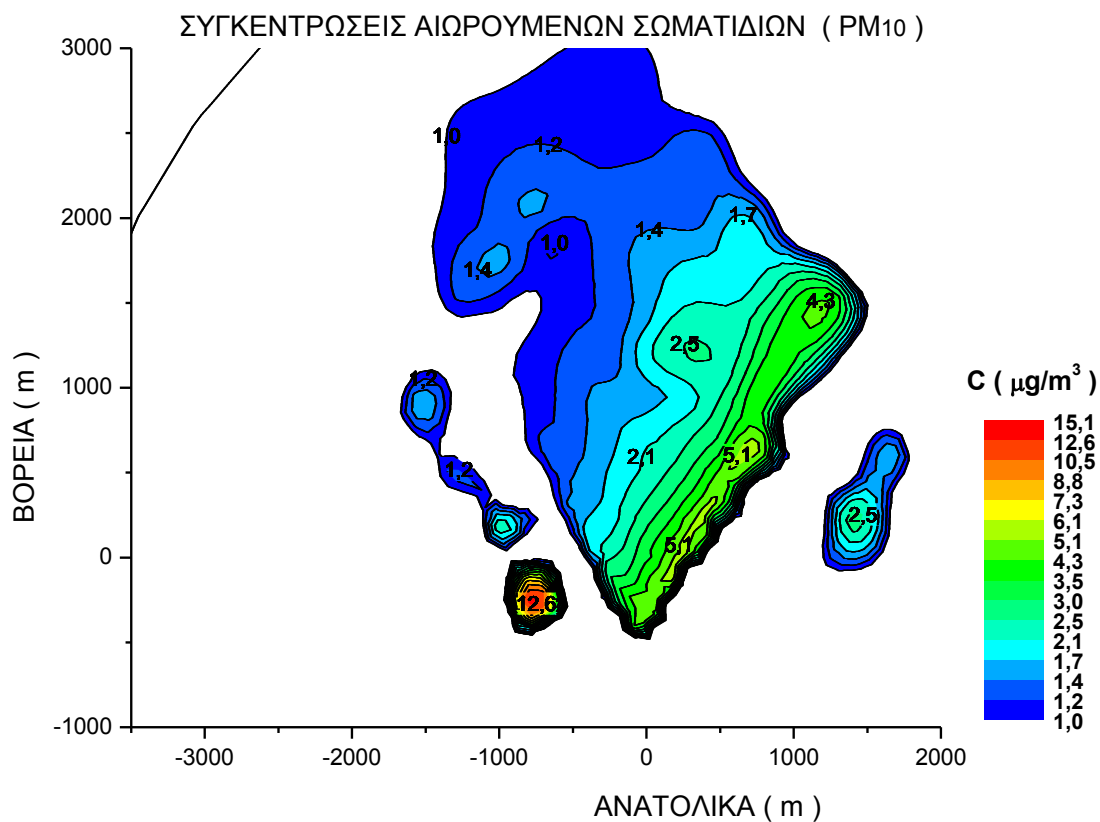




ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΡΥΠΩΝ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ΜΕ ΤΙΣ ΧΕΙΡΟΤΕΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΠΑΤΑ







ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ [Ε]

ΑΡΧΕΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ (ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΡΦΗ)