



ΤΕΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



για το έργο

«Προμήθεια Υπηρεσιών Υλοποίησης Μετρήσεων και Αναλύσεων των Περιβαλλοντικών Δεικτών για την “Ποιότητα της Ατμόσφαιρας” στη Ζώνη Διέλευσης της Εγνατίας Οδού και των Κάθετων Αξόνων – Κωδικός Αναφοράς 5354»

Αναθέτουσα Αρχή: ΕΓΝΑΤΙΑ Α.Ε.



ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2016

**Ανάδοχος
Ένωση εταιρειών**

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
Λόφος Νυμφών, Θησείο, Τ.Θ. 20048, Τ.Κ. 11810,
Αθήνα
www.noa.gr

Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος
Λουτρών 18, Τ.Κ. 57200,
Λαγκαδάς, Θεσσαλονίκη
www.i-bec.org

Ομάδα Εργασίας:

Επιστημονικά Υπεύθυνος - Συντονιστής

Δρ. Ευάγγελος Γερασόπουλος, Δ/ντής Ερευνών ΙΕΠΒΑ/ΕΑΑ

Βοηθός Υπεύθυνου Έργου:

Δρ. Ευαγγελία Τερζοπούλου, PhD-MSc Χημικός

Επιβλέπων εκ μέρους της Αναθέτουσας Αρχής

Ευθαλία Βαλκούμα, Τμηματάρχης Περιβάλλοντος

Βασίλειος Φούρκας, Τμηματάρχης Παρατηρητηρίου

Ομάδα Εργασίας συγγραφής Έκθεσης

Δρ. Ευάγγελος Γερασόπουλος, PhD-MSc Φυσικός Περιβάλλοντος (συντονιστής)

Δρ. Λιακάκου Ελένη, PhD-MSc Χημικός

Δρ. Βασίλειος Ψυλόγλου, PhD-MSc Μαθηματικός

Νικόλαος Ρουκουνάκης, MSc Χημικός Μηχανικός

Μυρτώ Γρατσέα, MSc Φυσικός Περιβάλλοντος

Δρ. Αντωνιάδης Απόστολος, PhD-MSc Χημικός

Δρ. Ευαγγελία Τερζοπούλου, PhD-MSc Χημικός

Βαλάρη Μαρία, MSc Χημικός

Γκουτζηκώστας Δημήτριος, MSc Χημικός

Δρ. Δημήτριος Μελάς, Καθηγητής Φυσικής Περιβάλλοντος

Δρ. Αναστασία Πούπκου, PhD-MSc Φυσικός Περιβάλλοντος

Δρ. Ευφροσύνη Γιαμά, Μηχανολόγος Μηχανικός

Δρ. Ναταλία Λιώρα, PhD-MSc Φυσικός Περιβάλλοντος

Ιωάννης Στεργίου, M.Sc. Φυσικός Περιβάλλοντος

Χρήστος Γιάνναρος, M.Sc. Φυσικός Περιβάλλοντος

Σπύρος Δημόπουλος, MSc Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
1.1 Περιβάλλον του έργου	7
1.2 Παρακολούθηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας	9
1.3 Περιγραφή περιοχής μελέτης	10
2. Μεθοδολογία μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων (αέριων και σωματιδιακών) .	11
2.1 Επιλογή σημείων και χρονικής κατανομής μετρήσεων – πλάνο μετρήσεων ..	11
2.2 Εκτέλεση μετρήσεων στα επιλεγμένα σημεία.....	18
2.3 Καθορισμός Υποβάθρου μέσω Δορυφορικών Παρατηρήσεων	19
2.3.1 Δορυφορικές παρατηρήσεις - μεθοδολογία	19
2.3.2 Αποτελέσματα δορυφορικής απεικόνισης ρύπανσης υποβάθρου	21
2.3.3 Ανάλυση και συμπεράσματα από τη δορυφορική απεικόνιση της ρύπανσης υποβάθρου	29
3 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Μετρήσεων	34
3.1 Επίπεδα ρύπανσης και εποχιακή διαφοροποίηση.....	34
3.2 Σύγκριση με παρελθοντικές μετρήσεις	38
3.3 Ο ρόλος της καύσης βιομάζας του χειμερινούς μήνες.....	40
3.4 Προτάσεις παρακολούθησης επιπέδων ρύπανσης κατά μήκος της Εγνατίας Οδού και καθέτων οδών.....	42
3.4.1 Επιδράσεις στην υγεία	42
3.4.2 Προτάσεις και μέτρα για την ενίσχυση των μηχανισμών παρακολούθησης της ρύπανσης από την Ε.Ο.Α.Ε.	43
4. Σύνοψη Αποτελεσμάτων Υπολογισμού και Προτάσεις Μείωσης Ανθρακικού Αποτυπώματος	48
4.1 Υπολογισμός Ανθρακικού Αποτυπώματος	48
4.2 Προτεινόμενα μέτρα μείωσης του Ανθρακικού Αποτυπώματος Εγνατίας Οδού	50
4.3 Χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία	55
5. Δείκτης ENV02 «Επιβάρυνση της Ατμόσφαιρας σε ρύπους».....	57

5.1 Υφιστάμενη κατάσταση	57
5.2 Προσθετικά και Καινοτόμα Στοιχεία	57
5.3 Ανάλυση μεθοδολογίας υπολογισμού ENV02 «Επιβάρυνση της ατμόσφαιρας σε ρύπους»	58
5.4 Αριθμός υπερβάσεων θεσμοθετημένων ορίων (ENV2.1)	60
5.4.1 Ορισμός – Σκοπιμότητα	60
5.4.2 Αποτελέσματα – Εκτίμηση	60
5.4.2.1 Αιωρούμενα σωματίδια (PM ₁₀)	61
5.4.2.2 Αιωρούμενα Σωματίδια PM _{2,5}	63
5.4.2.3 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	65
5.4.2.4 Διοξείδιο του Αζώτου (NO ₂).....	65
5.4.2.5 Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	65
5.4.2.6 Όζον (O ₃).....	65
5.4.2.7 Μαύρος Άνθρακας (MA ή BC- Black Carbon)	66
5.4.3 Μεταδεδομένα.....	68
5.4.3.1 Πηγές	68
5.4.3.2 Νομοθεσία.....	68
5.5 Δείκτης ποιότητας αέρα (ENV2.2).....	70
5.5.1 Σκοπιμότητα - Στόχοι.....	70
5.5.2 Υφιστάμενοι δείκτες ποιότητας του αέρα	72
5.5.3 Ο Ευρωπαϊκός Δείκτης CAQI (Common Air Quality Index)	74
5.5.3.1 Ωριαίος και Ημερήσιος Δείκτης	75
5.5.3.2 Η λογική των δύο δεικτών.....	77
5.5.3.3 Ετήσιος Δείκτης YACAQI (Year Average Common Air Quality Index)	79
5.5.3.4 Υπολογισμός Ευρωπαϊκού Δείκτη για την Εγνατία Οδό.....	80
5.6 Επίδραση στα περιφερειακά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ENV2.3)....	85
5.6.1 Περιγραφή του συστήματος μοντέλων	85
5.6.2 Μεθοδολογία εφαρμογής υπολογιστικών εργαλείων	88

5.6.2.1 Εφαρμογή του WRF.....	89
5.6.2.2 Εφαρμογή του CAMx.....	91
5.6.2.2.1 Εκπομπές αέριων και σωματιδιακών ενώσεων φυσικής προέλευσης ...	94
5.6.2.2.2 Ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων για την περιοχή της Ελλάδας	99
5.6.2.2.3 Ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων εκτός Ελλάδας	101
5.6.3 Στοιχεία εξόδου του φωτοχημικού μοντέλου	102
5.6.4 Επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας.....	104
5.7 Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων (ENV2.4)	109
5.8 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (ENV2.5).....	110
6. Δείκτης ENV04 «Ποιότητα Ατμόσφαιρας Σηράγγων»	112
6.1 Υφιστάμενη κατάσταση	112
6.2 Ανάλυση μεθοδολογίας υπολογισμού δείκτη ENV04 «Ποιότητα ατμόσφαιρας σηράγγων».....	112
6.3 Αποτελέσματα – Εκτίμηση	113
6.3.1 Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀	114
6.3.2 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	115
6.3.3 Μονοξείδιο του Αζώτου (NO)	115
6.3.4 Διοξείδιο του Αζώτου (NO ₂).....	115
6.3.5 Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	116
6.3.6 Μαύρος Άνθρακας (BC).....	116
Βιβλιογραφία κεφαλαίων 5 και 6	119
7. Ανάπτυξη εργαλείων	127
7.1 Ηλεκτρονική πλατφόρμα υπολογισμού ανθρακικού αποτυπώματος Εγνατίας οδού.....	127
7.2 Σύστημα Οργάνωσης Δεδομένων και Μεταδεδομένων	135
7.2.1 Βάση δεδομένων χωρικής πληροφορίας	136
7.2.2 Ανάλυση κατηγοριών βάσης δεδομένων	137
7.2.3 Διαχειριστικές Λειτουργίες στη βάση δεδομένων	142
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Θεσμικό πλαίσιο – Ισχύουσα Νομοθεσία	146



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Απαιτήσεις ποιότητας αέρα και θεσμοθετημένα (και μη) όρια ρύπων.....	148
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Επισκόπηση Δεικτών ποιότητας αέρα.....	152
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: Δελτία Δεικτών ENV02 και ENV04.....	193

1. Εισαγωγή

1.1 Περιβάλλον του έργου

Η Εγνατία Οδός είναι ένα από τα πρώτα μεγάλα δημόσια έργα στο οποίο εφαρμόζονται οι αρχές της περιβαλλοντικής διαχείρισης με χρήση μεθόδων οργάνωσης και εφαρμογής των μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος, κατά τη διάρκεια της μελέτης, της κατασκευής και της λειτουργίας του έργου.

Το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον κατά μήκος του έργου είναι εξαιρετικά ποικίλο, τόσο στις ορεινές περιοχές της Πίνδου και της Δυτικής Μακεδονίας όσο και στις πεδινές περιοχές, της Κεντρικής, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.

Η Εγνατία Οδός διατρέχει ορεινά και πεδινά τοπία της Ελλάδας, έξοχης ομορφιάς και οικολογικής σημασίας. Στην άμεση γειτονία της, συναντώνται σημαντικοί αρχαιολογικοί χώροι και υψίστης σημασίας φυσικοί πόροι της χώρας (μεταλλεία χρυσού, κοιτάσματα διαφόρων μετάλλων, υγρότοποι, υπόγεια και επιφανειακά νερά, εδάφη μεγάλης παραγωγικής ικανότητας κ.τ.λ.).

Η διέλευση της Εγνατίας οδού από την Πίνδο και άλλους ορεινούς όγκους της Ελλάδας, αποκαλύπτει μία ποικιλία από εξαιρετικά ενδιαφέροντες γεωλογικούς σχηματισμούς, κοιλάδες και φαράγγια.

Κατά μήκος του άξονα εντοπίζονται:

- 17 περιοχές Προστασίας Φυσικού Περιβάλλοντος του Ευρωπαϊκού Δικτύου "Φύση 2000",
- 4 Υγρότοποι προστατευόμενοι από τη Διεθνή Σύμβαση Ramsar,
- 70 περιοχές προστασίας άγριας ζωής (πρώην καταφύγια θηραμάτων),
- 270 χώροι και μνημεία ιστορικού ενδιαφέροντος,
- Τα περισσότερα από τα μεγαλύτερα ποτάμια της Ελλάδας (Έβρος, Νέστος, Στρυμόνας, Γαλλικός, Αξιός, Αλιάκμονας, Βενέτικος, Μετσοβίτικος, Άραχθος, κλπ.).

Σήμερα σε μια εποχή μεγάλων οικολογικών προβλημάτων, το περιβάλλον απασχολεί ολοένα και περισσότερο τη διεθνή κοινότητα, ενώ παίζει και θα παίζει στο μέλλον πρωταρχικό ρόλο στις οικονομικές και πολιτικές αποφάσεις των

κοινωνιών, καθώς επίσης και στις στρατηγικές ανάπτυξης των κρατών. Ο ρόλος που ο ιδιωτικός τομέας αναμένεται να διαδραματίσει είναι εξίσου σημαντικός και οι εταιρείες που θα το αντιληφθούν και θα διαμορφώσουν αντιστοίχως τις δράσεις τους, αναμένεται να επωφεληθούν σημαντικά από την αναβάθμιση του περιβαλλοντικού τους προφίλ. Προς αυτή την κατεύθυνση η Εγνατία Οδός Α.Ε. (Ε.Ο.Α.Ε.), με το συγκεκριμένο έργο, δρομολογεί τη συνέχιση και βελτίωση των υπηρεσιών της παρακολούθησης και τήρησης των σχετικών περιβαλλοντικών όρων, δημιουργώντας το πλαίσιο για την εκτίμηση του βαθμού συμβολής του άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται αλλά και σε περιβαλλοντικά προβλήματα παγκόσμιας/περιφερειακής κλίμακας, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή.

Αντικείμενο του παρόντος έργου είναι η υλοποίηση μετρήσεων ρύπανσης και καταχώρησή τους σε Βάση Δεδομένων, η ανάπτυξη διαδικασίας και διαμόρφωση μοντέλου για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος της Εγνατίας Οδού Α.Ε. (Ε.Ο.Α.Ε.), η εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος της Ε.Ο.Α.Ε. κατά τη λειτουργία και συντήρησή της και η διαμόρφωση και προσδιορισμός των δύο περιβαλλοντικών δεικτών για την ποιότητα της ατμόσφαιρας στη ζώνη διέλευσης της Εγνατίας Οδού και των Κάθετων Αξόνων.

Στόχοι του έργου είναι η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου παρακολούθησης των ατμοσφαιρικών ρύπων της Εγνατίας Οδού, μέσω: (i) παρακολούθησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας σε τμήματα της Εγνατίας Οδού και των Κάθετων Αξόνων της σε κυκλοφορία, με τη χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού και η εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τα επίπεδα συγκέντρωσης των ρυπαντικών φορτίων, (ii) η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων βάσει των διατάξεων της σχετικής κείμενης νομοθεσίας, (iii) ο εμπλουτισμός της βάσης δεδομένων (ΒΔ) της υπηρεσίας με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, (iv) η δημιουργία διαδικασίας και η διαμόρφωση μοντέλου για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος της Ε.Ο.Α.Ε. κατά τη λειτουργία και συντήρησή της, (v) η εφαρμογή του μοντέλου και ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος, (vi) η σύνταξη και ο υπολογισμός Περιβαλλοντικών Δεικτών (ΠΔ) που αποτυπώνουν την πραγματική

επίπτωση της Εγνατίας Οδού και των Καθέτων Αξόνων στην ποιότητα της ατμόσφαιρας και (vii) η διαπίστωση της ανάγκης κατάρτισης σχεδίων δράσης και λήψης μέτρων πρόληψης ή/και προστασίας και η πρόταση ενεργειών μείωσης/αντιστάθμισης του ανθρακικού αποτυπώματος.

1.2 Παρακολούθηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας

Η παρακολούθηση των αέριων και σωματιδιακών ρύπων αποτελεί βασικό εργαλείο διαχείρισης, καθώς συμβάλλει στην εκτίμηση της επίτευξης των γενικών και ειδικών διαχειριστικών στόχων. Η αναγκαιότητα της παρακολούθησης έγκειται στη συμβολή της στη λήψη και αξιολόγηση των κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων και στην εκπλήρωση των υποχρεώσεων της χώρας έναντι των διεθνών και ευρωπαϊκών νομοθετικών πλαισίων. Οι κλασικές μέθοδοι παρακολούθησης εστιάζουν σε επιτόπιες μετρήσεις πεδίου και τη συλλογή δειγμάτων για τη διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων.

Η παρακολούθηση (monitoring) είναι το βασικό εργαλείο για τη διαχείριση μιας περιοχής καθώς αποτελεί το μέσο για την εκτίμηση της επίτευξης του γενικού και των ειδικών στόχων της διαχείρισης και της εφαρμογής των διαχειριστικών παρεμβάσεων της αποκατάστασης, ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα διορθωτικών παρεμβάσεων και επαναπροσδιορισμού των μέσων και των ενεργειών για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της διαχείρισης. Ως παρακολούθηση ορίζεται η συστηματική και περιοδική μέτρηση δεικτών – κλειδιά των βιο-φυσικών και κοινωνικών συνθηκών. Με τη λέξη συστηματική νοείται η ύπαρξη ενός αναλυτικού σχεδίου που θα προσδιορίζει τους δείκτες, θα περιγράφει το πώς και που αυτοί θα παρακολουθούνται και πως θα χρησιμοποιούνται τα δεδομένα. Η περιοδικότητα αναφέρεται στο ότι οι δείκτες θα μετρώνται σε προσδιορισμένα εκ των προτέρων στάδια.

Μία από τις βασικές αρχές της ΕΕ όσον αφορά στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στη ζώνη διέλευσης αυτοκινητοδρόμων είναι ο έλεγχος της ρύπανσης στο επίπεδο της πηγής με τον ορισμό των οριακών τιμών εκπομπής και τη θέσπιση προτύπων για την ποιότητα του περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο αυτό, η ΕΕ έχει εκδώσει

περισσότερες από 30 οδηγίες με κυριότερη ισχύουσα νομοθεσία αυτή που παρατίθεται, συνοπτικά, στο [Παράρτημα Ι](#).

1.3 Περιγραφή περιοχής μελέτης

Η Εγνατία οδός και οι Κάθετοι Άξονές της διέρχονται από τις ακόλουθες Περιφέρειες: Περιφέρεια Ηπείρου, Θεσσαλίας, Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Διερχόμενοι ο κύριος άξονας και οι κάθετοι άξονες από τις προαναφερόμενες Περιφέρειες συναντούν ένα φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον κατά μήκος του έργου το οποίο είναι εξαιρετικά ποικίλο, τόσο στις ορεινές περιοχές της Ηπείρου και της Δυτικής Μακεδονίας όσο και στις πεδινές περιοχές, της Κεντρικής, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.

Ο αυτοκινητόδρομος διατρέχει ορεινά και πεδινά τοπία της Ελλάδας, έξοχης ομορφιάς και οικολογικής σημασίας και στην άμεση γειτονία του, συναντώνται μεταξύ άλλων σημαντικοί υγρότοποι και υπόγεια και επιφανειακά νερά (λίμνες, ποτάμια, ρέματα) που σε άλλα σημεία διασταυρώνονται με αυτόν και σε άλλα βρίσκονται στην εγγύτητά του.

Οι περιοχές και τα σημεία στα οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις επιβάλλονται από τους Περιβαλλοντικούς Όρους καθώς και από την ευαισθησία του εκάστοτε οικοσυστήματος. Συνεπώς είναι φανερό η ανάγκη παρακολούθησης των επιπτώσεων της λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου (κύριου άξονα και κάθετων αξόνων του) από τη στιγμή που πιθανόν να επηρεάζει, επιδρά και δημιουργεί μια σειρά από επιπτώσεις στο περιβάλλον, τόσο από τις υποδομές μεταφορών όσο και από τα οχήματα. Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι άμεσες, έμμεσες και συσσωρευτικές. Οι έμμεσες και συσσωρευτικές μπορεί να έχουν μεγαλύτερες συνέπειες/επιδράσεις από τις άμεσες, αλλά δεν γίνονται εύκολα και γρήγορα αντιληπτές και κατανοητές και απαιτούν συστηματική παρακολούθηση.

Η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών πιέσεων εξαιτίας του αυτοκινητοδρόμου στο πλαίσιο της παρούσας υπηρεσίας θα εστιάσει και στους τρεις τύπους επιπτώσεων και θα γίνει σε συμφωνία με το Ευρωπαϊκό και Εθνικό νομικό πλαίσιο.

2. Μεθοδολογία μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων (αέριων και σωματιδιακών)

Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε μέχρι στιγμής στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης.

2.1 Επιλογή σημείων και χρονικής κατανομής μετρήσεων – πλάνο μετρήσεων

Τα βασικά τμήματα της Εγνατίας Οδού και των Κάθετων Αξόνων της που χρήζουν μελέτης έχουν υποδειχθεί από την Υπηρεσία (Τμήμα Περιβάλλοντος – Τομέας ΛΕΣ), δίνοντας έμφαση σε περιοχές επιβαρημένες από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου, καθώς και σε τμήματα που διέρχονται από οικισμούς ή ευαίσθητα οικοσυστήματα. Σχετικά με τις σήραγγες, οι παράγοντες που έχουν ληφθεί υπόψη για την επιλογή των σημείων, πέραν του κυκλοφοριακού φόρτου, είναι το μήκος τους και η ύπαρξη εξοπλισμού εξαερισμού-εκκαπνισμού.

Η βασική παρακολούθηση περιλαμβάνει 24ωρες μετρήσεις ρυπαντών και μετεωρολογικών παραμέτρων ανά θέση επιλογής (2 εποχικές -χειμώνας/καλοκαίρι- ανά θέση σε 30 σημεία ανοικτής οδοποιίας και εντός σηράγγων) κατά μήκος της Εγνατίας Οδού και καθέτων οδών αυτής. Για την κατανομή των μετρήσεων στη χρονική διάρκεια του Έργου λαμβάνονται υπόψη όλοι εκείνοι οι παράγοντες που αναφέρονται στην Τεχνική Έκθεση και που διασφαλίζουν την κατά το δυνατόν **αντιπροσωπευτικότερη αποτύπωση** των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Εγνατία Οδό. Η πρώτη καμπάνια μετρήσεων πραγματοποιήθηκε την περίοδο **Νοεμβρίου 2015** ώστε να καλύπτει τους φθινοπωρινούς-χειμερινούς μήνες ενώ η δεύτερη που υπολοιήθηκε τον **Ιούνιο 2016** αντιπροσώπευε την καλοκαιρινή περίοδο.

Οι ακριβείς χρονικές περίοδοι διεξαγωγής των μετρήσεων ορίστηκαν κατόπιν σχεδιασμού μεταξύ της Ε.Ο.Α.Ε. και του Αναδόχου με λεπτομερές χρονοδιάγραμμα όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1. Επίσης, παρατίθενται χάρτες (2.1-2.6) όπου αποτυπώνονται οι ακριβείς θέσεις των μετρήσεων στον Δυτικό, Κεντρικό και Ανατολικό Τομέα της Εγνατίας Οδού.

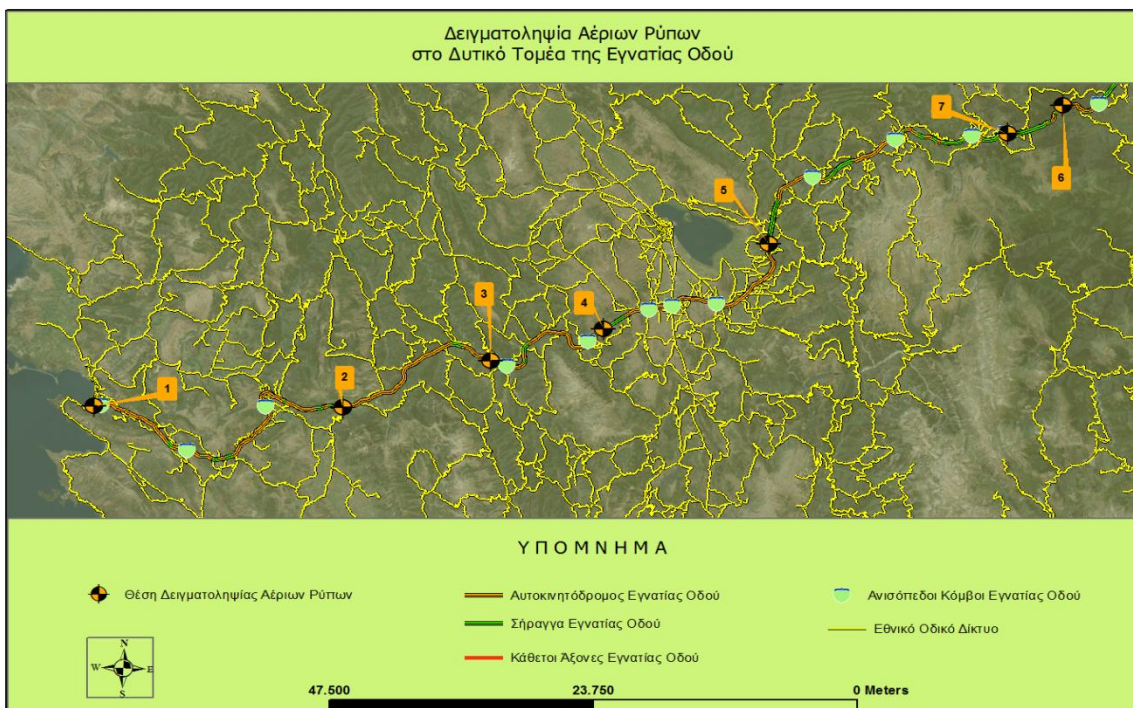
Πίνακας 2.1: Θέσεις και χρονοδιάγραμμα των μετρήσεων

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΤΟΜΕΑΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΜΠΑΝΙΑ (ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2015)	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ ΚΑΜΠΑΝΙΑ (ΙΟΥΝΙΟΣ 2016)
1	Κόμβος Ηγουμενίτσας (είσοδος πόλης)	Δυτικός Τομέας	6-7/11/2015	3-4/6-2016
2	Ελευθεροχώρι (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Δυτικός Τομέας	6-7/11/2015	4-5/6/2016
3	Σταθμός Διοδίων Τύρια	Δυτικός Τομέας	8-9/11/2015	5-7/6/2016
4	Σήραγγα Δωδώνης	Δυτικός Τομέας	8-9/11/2015	7-8/6/2016
5	Σήραγγα Δρίσκου	Δυτικός Τομέας	9-10/11/2015	8-9/6/2016
6	Σταθμός Διοδίων Μαλακασίου	Δυτικός Τομέας	11-12/11/2015	10-12/6/2016
7	Σήραγγα Μετσόβου	Δυτικός Τομέας	11-12/11/2015	9-10/6/2016
8	Περιφερειακή Υπηρεσία Γρεβενών	Δυτικός Τομέας	12-14/11/2015	13-14/6/2016
9	Σιάτιστα (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Κεντρικός Τομέας	14-15/11/2015	14-15/6/2016
10	Κοίλα Κοζάνης (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Κεντρικός Τομέας	14-15/11/2015	13-14/6/2016
11	Σταθμός Διοδίων Πολυμύλου	Κεντρικός Τομέας	15-16/11/2015	14-15/6/2016
12	Σήραγγα Σ10 Καστανιάς	Κεντρικός Τομέας	15-16/11/2015	15-17/6/2016

13	Α/Κ Βέροιας (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Κεντρικός Τομέας	16-17/11/2015	15-17/6/2016
14	Κόμβος Νησελίου	Κεντρικός Τομέας	16-17/11/2015	17-18/6/2016
15	Κλειδί (Βόρειος τομέας)	Κεντρικός Τομέας	17-19/11/2015	18-19/6/2016
16	Σταθμός Διοδίων Μαλαγάρων	Κεντρικός Τομέας	18-19/11/2015	17-18/6/2016
17	Χαλάστρα	Κεντρικός Τομέας	19-20/11/2015	29-30/6/2016
18	Α/Κ Κ1 Καλοχωρίου	Κεντρικός Τομέας	20-21/11/2015	19-21/6/2016
19	Α/Κ Κ2 Ιωνίας - Διαβατών	Κεντρικός Τομέας	19-20/11/2015	21-22/6/2016
20	Α/Κ Κ4 ΤΙΤΑΝ	Κεντρικός Τομέας	21-23/11/2015	19-21/6/2016
21	Σταθμός Διοδίων Μουσθένης	Ανατολικός Τομέας	24-26/11/2015	23-25/6/2016
22	Ευκαρπία (Στρατιωτικό Νοσοκομείο 424)	Κεντρικός Τομέας	29/11-1/12/2015	29-30/6/2016
23	Δερβένι (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Κεντρικός Τομέας	20-21/11/2015	18-19/6/2016
24	Προμαχώνας	Κάθετο Άξονα Σερρών	22-23/11/2015	24-25/6/2016
25	Σταθμός Διοδίων Ανάληψης	Κεντρικός Τομέας	23-24/11/2015	22-23/6/2016
26	Ασπροβάλτα (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Κεντρικός Τομέας	24-26/11/2015	25-26/6/2016
27	Ασπροβάλτα	Κεντρικός Τομέας	23-24/11/2015	25-26/6/2016



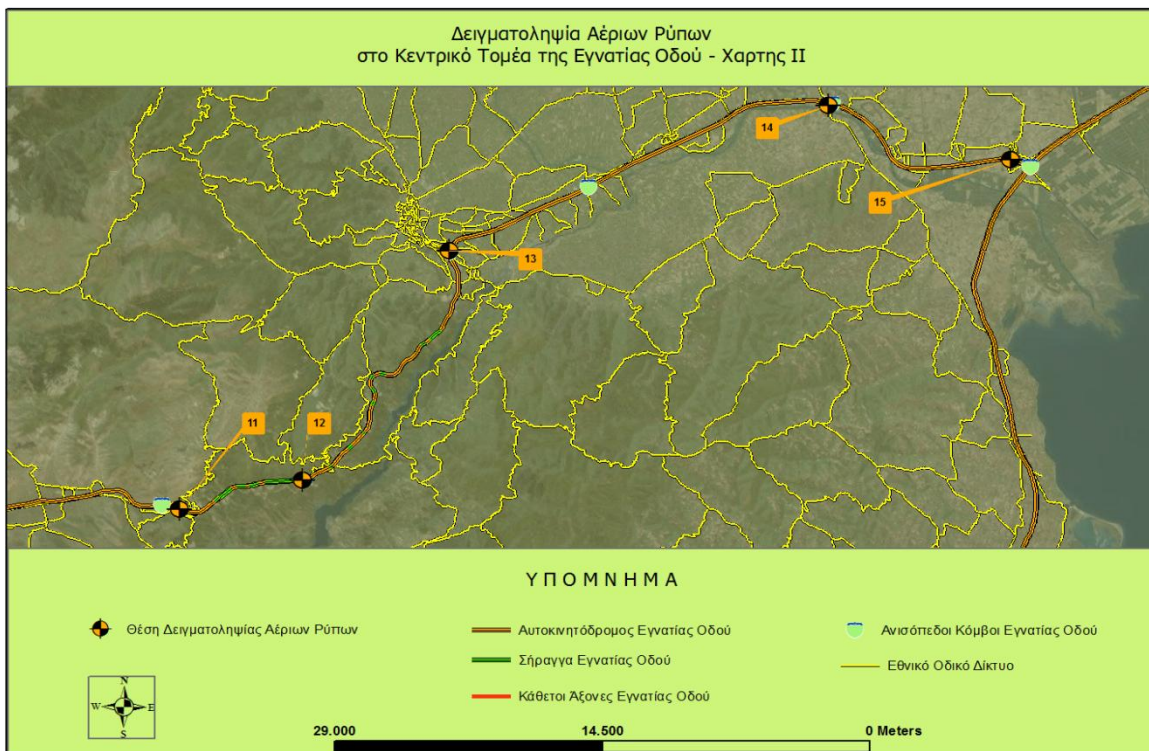
28	Παράκαμψη Καβάλας (Α/Κ Αγ. Σύλλα – Νοσοκομείο)	Ανατολικός Τομέας	26-27/11/2015	27-28/6/2016
29	Σταθμός Διοδίων Κομοτηνής	Ανατολικός Τομέας	27-29/11/2015	26-27/6/2016
30	Α/Κ Αλεξανδρούπολης (Σταθμός Αποχιονισμού ΕΟΑΕ)	Ανατολικός Τομέας	27-29/11/2015	26-27/6/2016



Χάρτης 2.1: Σημεία Δειγματοληψίας στο Δυτικό Τομέα της Εγνατίας Οδού



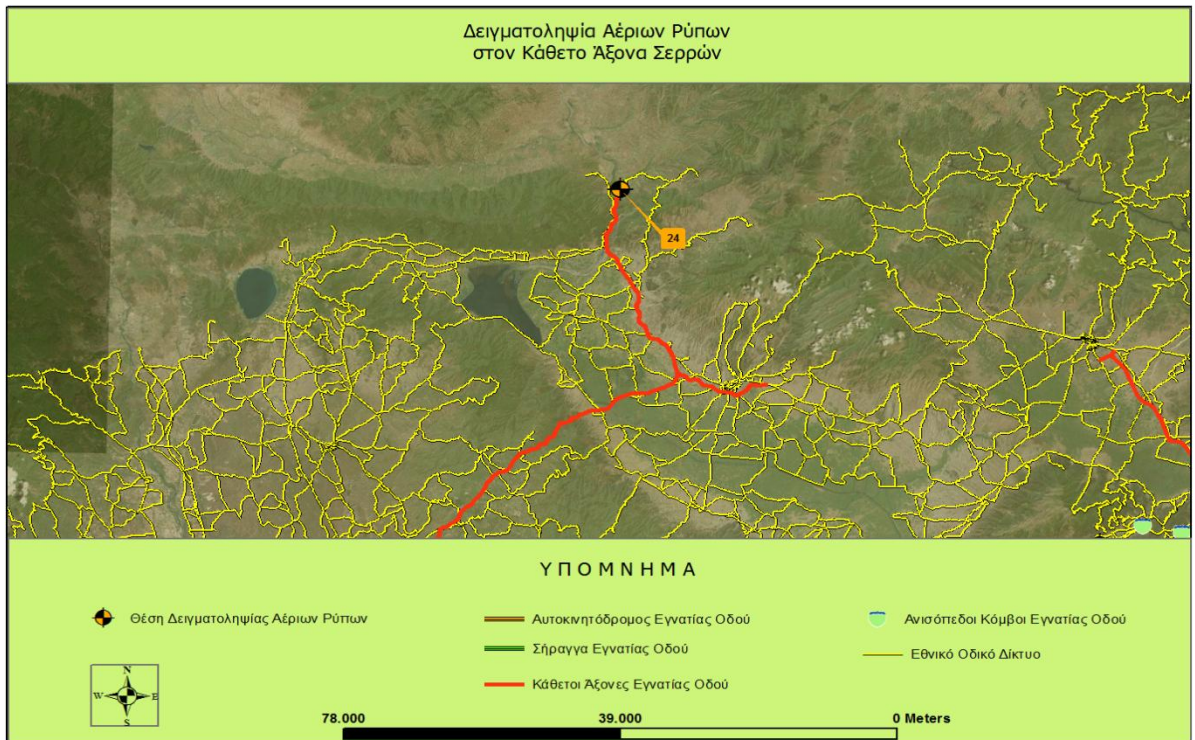
Χάρτης 2.2: Σημεία Δειγματοληψίας στο Κεντρικό Τομέα της Εγνατίας Οδού Ι



Χάρτης 2.3: Σημεία Δειγματοληψίας στο Κεντρικό Τομέα της Εγνατίας Οδού II



Χάρτης 2.4: Σημεία Δειγματοληψίας στο Κεντρικό Τομέα της Εγνατίας Οδού III



Χάρτης 2.5: Σημεία Δειγματοληψίας στον Κάθετο Άξονα της Εγνατίας Οδού



Χάρτης 2.6: Σημεία Δειγματοληψίας στον Ανατολικό Τομέα της Εγνατίας Οδού

2.2 Εκτέλεση μετρήσεων στα επιλεγμένα σημεία.

Οι ρύποι που καθορίστηκαν για παρακολούθηση είναι *το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO, NO₂ και το άθροισμά τους - NO_x) και διαφορετικά κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀, PM_{2.5} και PM₁)*. Ο Ανάδοχος υλοποίησε στα σημεία μέτρησης με τον φορητό εξοπλισμό του καταγραφή *επιπλέον επιβαρυντικών ρύπων, όπως Μαύρου Άνθρακα (BC), διοξειδίου του θείου (SO₂) και όζοντος (O₃)*. Επίσης κατά την καμπάνια του Ιουνίου 2016 πραγματοποίησε επιπλέον, *μετρήσεις υδρογονανθράκων (NMHCs, CH₄ και το άθροισμά τους THC_s)*. Επίσης, σε συγκεκριμένες θέσεις (αυτές της καμπάνιας Νοεμβρίου 2015, με επιπλέον θέσεις σε σήραγγες λόγω του ενδιαφέροντος των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χειμερινή καμπάνια), πραγματοποίησε δειγματοληψίες σε φίλτρα αιωρούμενων σωματιδίων για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης μάζας των PM₁₀ και του περιεχομένου τους σε *μέταλλα*. Εντός των σηράγγων συλλέχθηκαν περισσότερα του ενός δείγματα PM₁₀ σε *οκτάωρη ή δωδεκάωρη χρονική κλίμακα*, ανάλογα με την περίπτωση, προκειμένου να διερευνηθεί η ημερήσια μεταβλητότητα. Σε επιλεγμένη σήραγγα (Θ05 Σήραγγα Δρίσκου) ελήφθησαν *επιπλέον δείγματα αέρα σε ανοξείδωτα κάνιστρα και παγίδες πληρωμένες με προσροφητικό υλικό, για χημική ανάλυση και προσδιορισμό του επιπέδου οργανικών ενώσεων (VOCs)*. Τα αποτελέσματα από αυτές τις αναλύσεις, που θα πραγματοποιηθούν σε ερευνητικό κέντρο στην Γαλλία στο πλαίσιο συνεργασίας με το Ε.Α.Α., δεν παρουσιάζονται στην παρούσα Έκθεση, και θα παραδωθούν στην Εγνατία ως συμπληρωματικό υλικό με την ολοκλήρωσή τους. *Επισημαίνεται ότι οι μετρήσεις των οργανικών ενώσεων δεν προβλέπονταν ως απαίτηση κατά την ανάληψη του έργου και έγιναν επιπλέον με πρωτοβουλία του Αναδόχου και τη σύμφωνη γνώμη της αναθέτουσας αρχής*. Παράλληλα με τις μετρήσεις, γινόταν καταγραφή των κύριων μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση αέρα).

2.3 Καθορισμός Υποβάθρου μέσω Δορυφορικών Παρατηρήσεων

2.3.1 Δορυφορικές παρατηρήσεις - μεθοδολογία

Για την αξιολόγηση της μετρούμενης στο πλαίσιο του προγράμματος ρύπανσης στα σημεία επί της και πλησίον της Εγνατίας Οδού, είναι σημαντικό να αποτυπωθούν καταρχάς τα επίπεδα υποβάθρου ρύπων σε όλη την ευρύτερη περιοχή μελέτης (Σχήμα 2.1). Στο παρόν κεφάλαιο αυτό επιτυγχάνεται μέσω της δορυφορικής τηλεπισκόπησης και για τους ρύπους NO₂ και AOD (Aerosol Optical Depth – Οπτικό Πάχος Αιωρούμενων Σωματιδίων). Τονίζεται ότι αμφότερες οι μετρήσεις αφορούν στη συνολική συγκέντρωση στην ατμοσφαιρική στήλη (τροποσφαιρική στήλη για το NO₂ και συνολική για το AOD) και συνεπώς δεν είναι άμεσα συγκρίσιμη με τις επιφανειακές συγκεντρώσεις, είναι χαρακτηριστικές ωστόσο του συνολικού ρυπαντικού φόρτου της περιοχής, αποδίδοντας χρήσιμη πληροφορία τόσο για την γεωγραφική κατανομή όσο και για την εποχιακή διακύμανση των τιμών υποβάθρου. Συγκεκριμένα για την παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα προϊόντα¹:

OMNO2d: OMI/Aura NO₂ Cloud-Screened Total and Tropospheric Column L3 Global Gridded 0.25 degree x 0.25 degree V3

Ο OMI (Ozone Monitoring Instrument) αποτελεί συνεισφορά του προγράμματος της Ολλανδικής υπηρεσίας διαστήματος σε συνεργασία με το Φινλανδικό Ινστιτούτο Μετεωρολογίας (Finnish Meteorological Institute - FMI) στην αποστολή EOS Aura της NASA. Συνεχίζει τις καταγραφές του TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) της ολικής στήλης του όζοντος και λοιπων ατμοσφαιρικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη χημεία του όζοντος και το κλίμα. Ο OMI χρησιμοποιεί υπερφασματική απεικόνιση για την καταγραφή της οπισθοσκεδαζόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο ορατό και το υπεριώδες. Για το NO₂ χρησιμοποιήθηκε το προϊόν OMNO2d, ένα προϊόν Επιπέδου-3 ημερήσιων, παγκόσμιας κλίμακας τιμών, σε ανάλυση 0.25x0.25 μοίρες. Τα δεδομένα OMNO2d

¹ Η ανάλυση και οπτικοποίηση των δορυφορικών δεδομένων NO₂ και AOD που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την αναφορά παρήχθησαν μέσω του συστήματος δεδομένων "Giovanni", που αναπτύχθηκε και συντηρείται από την NASA GES DISC. Ευχαριστούμε τους ερευνητές των σχετικών αποστολών και τους Επιστημονικούς Υπευθύνους που διέθεσαν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα ανάλυση.

αποτελούν πλεγματικά υπολογιζόμενα δεδομένα υψηλής ποιότητας, τα οποία διαχωρίζονται και υπολογίζονται μέσες τιμές σε κελιά διαστάσεων 0.25x0.25 μοίρες. Το προϊόν περιέχει τιμές τόσο για την ολική όσο και για την τροποσφαιρική στήλη, για όλες τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και για νεφοκάλυψη μικρότερη από 30%. Στην παρούσα χρησιμοποιήθηκε η τροποσφαιρική στήλη του NO₂ για να νεφοκάλυψη μικρότερη από 30%.

MYD08_D3 v6: MODIS-Aqua Aerosol Optical Depth 550 nm (Dark Target)

Το Οπτικό Πάχος Αιωρούμενων Σωματιδίων (AOD) εκφράζει το βαθμό κατά τον οποίο τα αιωρούμενα σωματίδια εμποδίζουν την διέλευση του φωτός στην ατμόσφαιρα μέσω της απορρόφησης και της σκέδασης της ακτινοβολίας. Ορίζεται ως το ολοκλήρωμα του συντελεστή εξασθένισης σε κατακόρυφη στήλη μοναδιαίου εμβαδού. Το Οπτικό Πάχος Αιωρούμενων Σωματιδίων ελήφθη από το Ενδιάμεσης Ανάλυσης Φασματοραδιόμετρο Απεικόνισης MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), ένα όργανο που λειτουργεί στους δορυφόρους Terra (EOS AM) και Aqua (EOS PM). Αμφότεροι δορυφόροι καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια της Γης μία φορά κάθε δύο ημέρες, λαμβάνοντας δεδομένα σε 36 φασματικές περιοχές. Η τροχιά του Terra καλύπτει την απόσταση από βορά προς νότο μέσω του ισημερινού τις πρωινές ώρες, ενώ ο Aqua τις απογευματινές. Υπάρχουν τρία Επίπεδα ατμοσφαιρικών προϊόντων MODIS, καθένα εκ των οποίων καλύπτει μια διαφορετική χρονική κλίμακα. Για τις ανάγκες της παρούσας ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα.



Σχήμα 2.1: Η γεωγραφική περιοχή ενδιαφέροντος για την οποία παρήχθησαν τα δορυφορικά προϊόντα (39.25-43° N, 19-27.5° E).

Επιπλέον των δύο αυτών προϊόντων για την εποχιακή απεικόνιση της ρύπανσης στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την πλατφόρμα LIVAS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για την απεικόνιση της καθ' ύψους κατανομής της σωματιδιακής ρύπανσης πάνω από την περιοχή μελέτης. Ο LIVAS² “Lidar climatology of Vertical Aerosol Structure for space-based lidar simulation studies” είναι ένα πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος, στο πλαίσιο του οποίου δημιουργήθηκε μια παγκόσμια τρισδιάστατη βάση δεδομένων οπτικών ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων και των νεφών. Τα προϊόντα του βασίζονται σε παρατηρήσεις του CALIPSO στα 532 και 1064 nm.

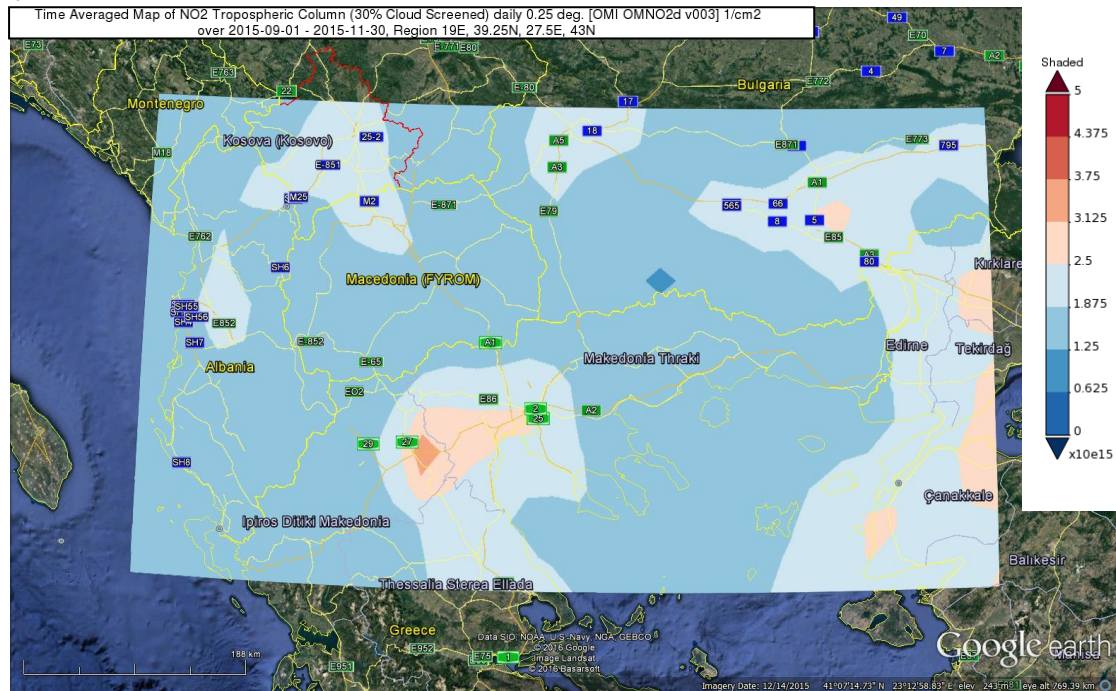
2.3.2 Αποτελέσματα δορυφορικής απεικόνισης ρύπανσης υποβάθρου

Στα σχήματα 2.2 και 2.4 που ακολουθούν απεικονίζεται η γεωγραφική κατανομή των ρύπων NO₂ και AOD, τόσο ανά εποχή όσο και κατά τη διάρκεια των δύο μετρητικών εξορμήσεων. Συγκεκριμένα, ως φθινόπωρο καθορίστηκε η περίοδος από 1/9/2015 έως 30/11/2015, ως χειμώνας η περίοδος από 1/12/2015 έως 28/2/2016, ως άνοιξη η περίοδος από 1/3/2016 έως 31/5/2016 και ως καλοκαίρι η περίοδος από 1/6/2016 έως 8/8/2016 (βάση διαθεσιμότητας δορυφορικών παρατηρήσεων). Επιπλέον, εξήχθησαν τόσο χάρτες όσο και χρονοσειρές των ανωτέρω ρύπων για τις περιόδους των μετρητικών εξορμήσεων, ήτοις 6/11/2015-1/12/2015 και 3/6/2016-30/6/2016.

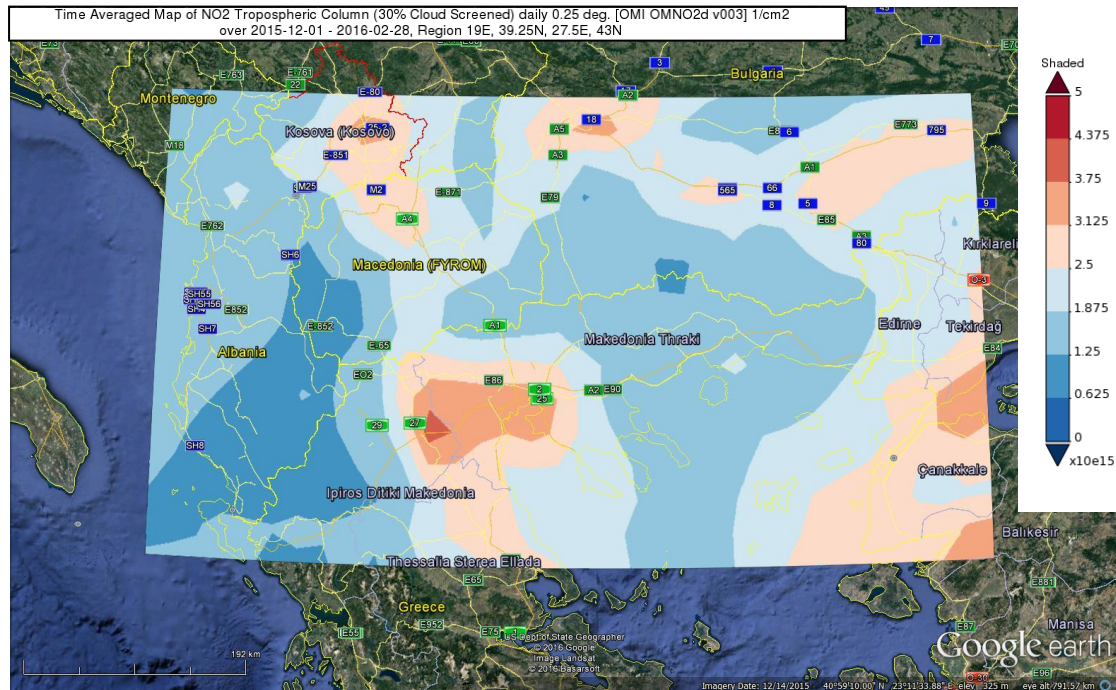
² Τα προϊόντα LIVAS ελήφθησαν από τη βάση δεδομένων (<http://lidar.space.noa.gr:8080/livas>) του προγράμματος και παρήχθησαν από την ομάδα LIVAS του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στο πλαίσιο του προγράμματος της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος με Αρ. Συμβολαίου 4000104106/11/NL/FF/fk. Χρησιμοποιεί δεδομένα CALIPSO από το NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center.

Διοξείδιο του Αζώτου - NO₂

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ

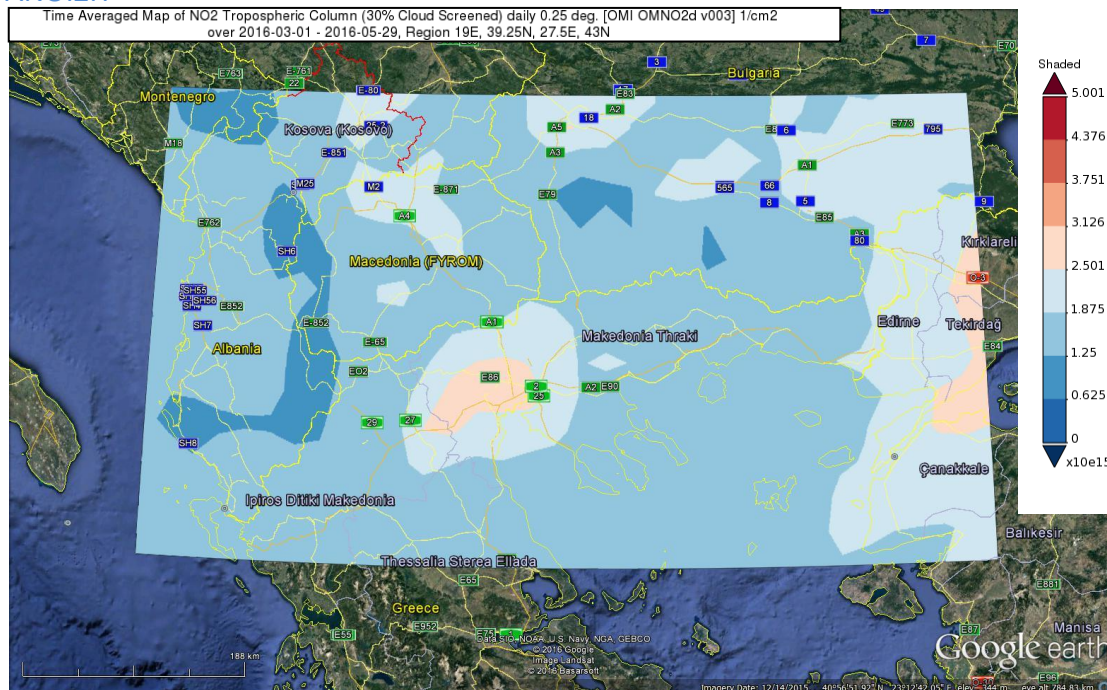


ΧΕΙΜΩΝΑΣ

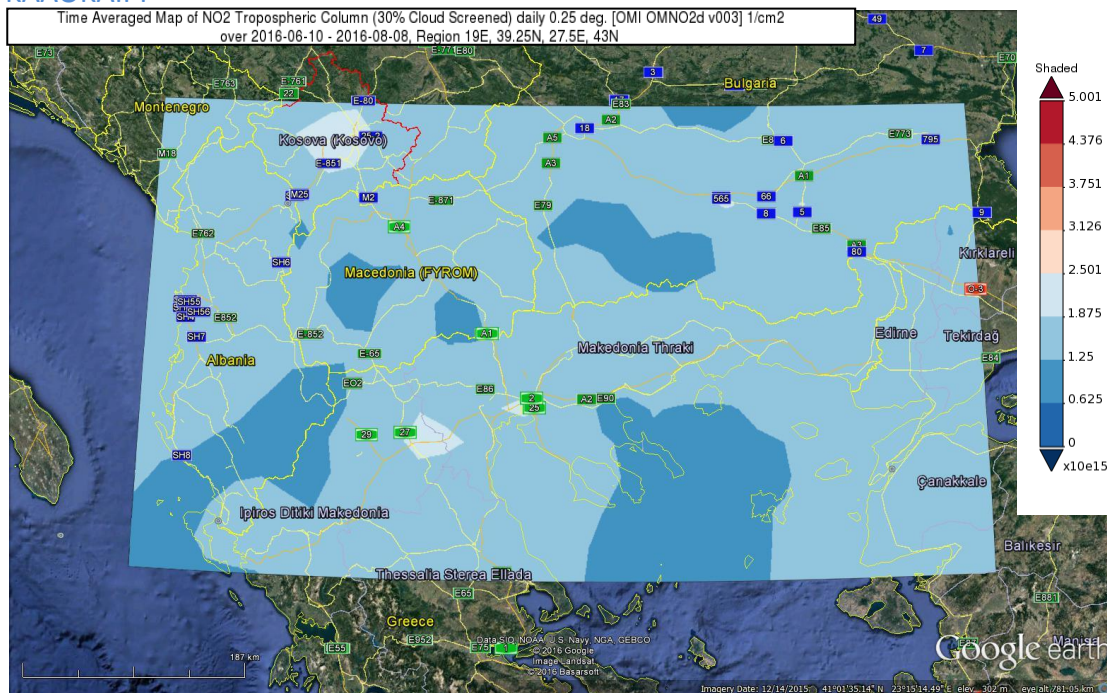


Σχήμα 2.2: Συνέχεια

ΑΝΟΙΞΗ

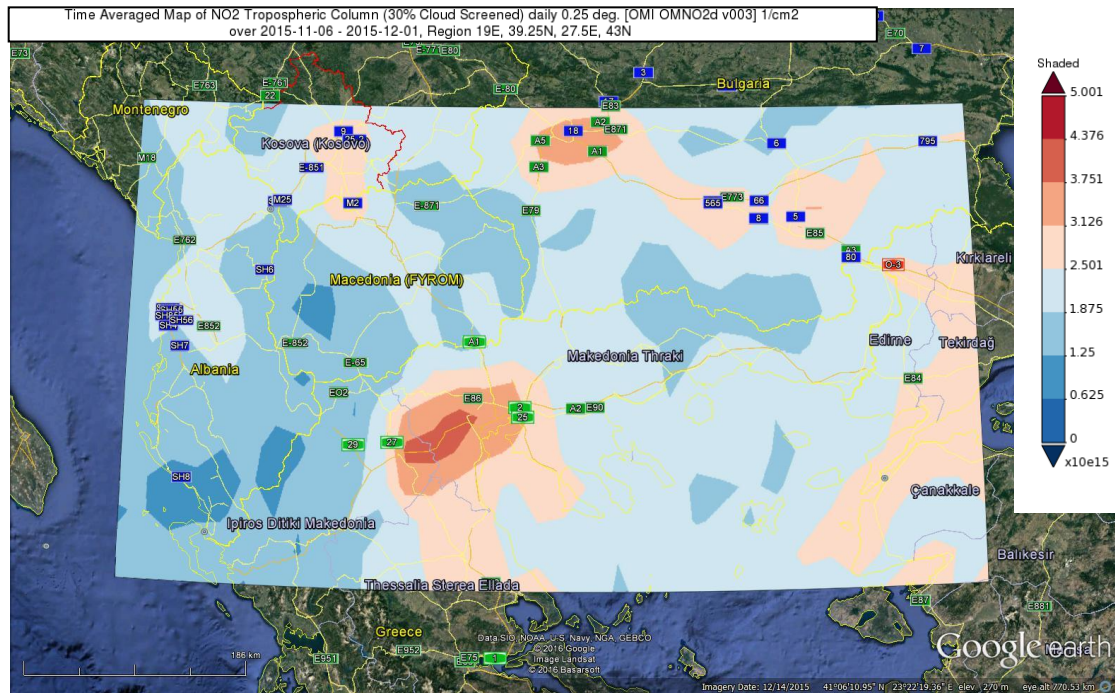


ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

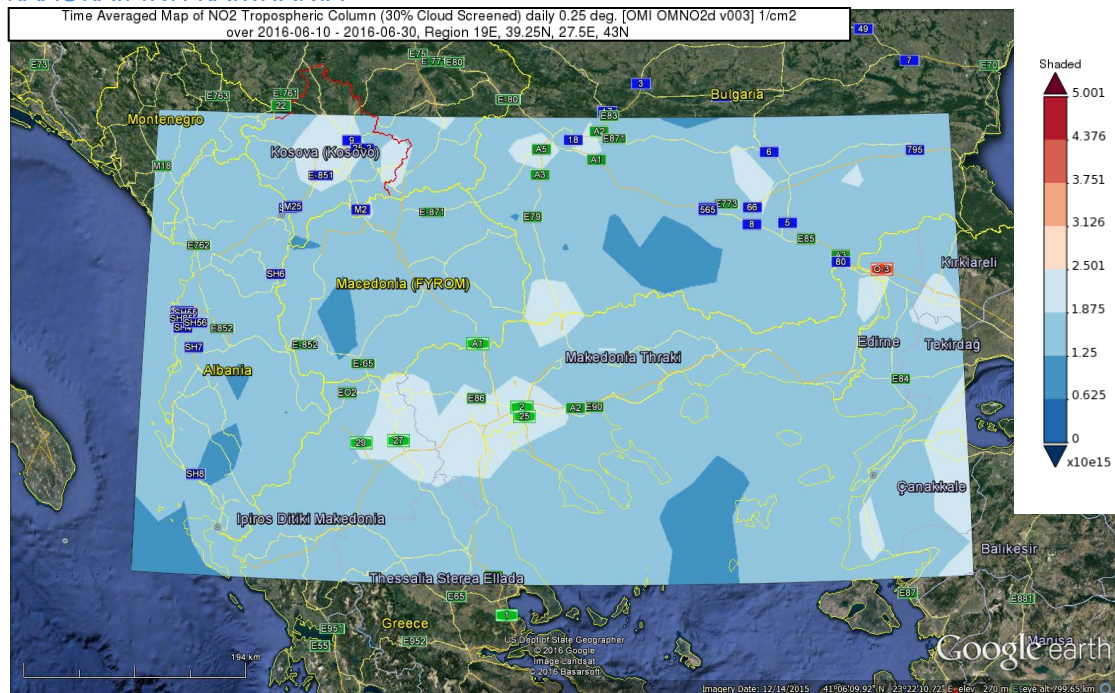


Σχήμα 2.2: Συνέχεια

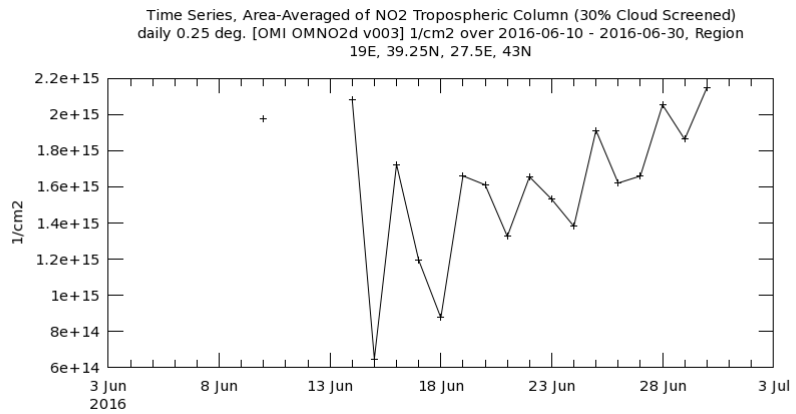
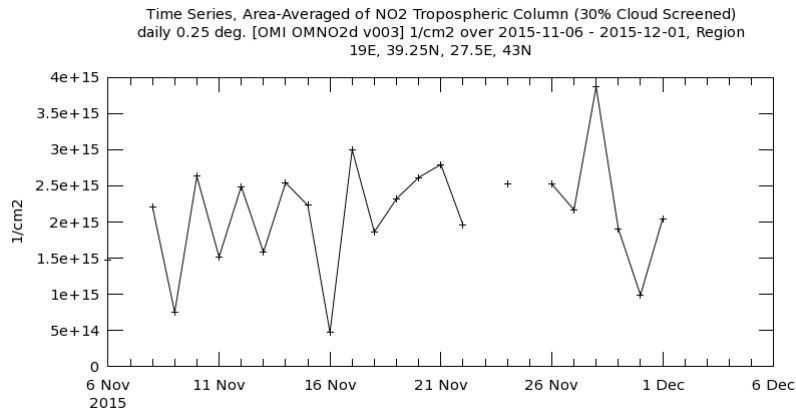
ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΜΠΑΝΙΑ



ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ ΚΑΜΠΑΝΙΑ



Σχήμα 2.2: Κατανομή συγκεντρώσεων τροσφαιρικής στήλης του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) στην περιοχή ενδιαφέροντος, για τις τέσσερις εποχές και για τις δύο περιόδους μετρητικών εξορμήσεων.

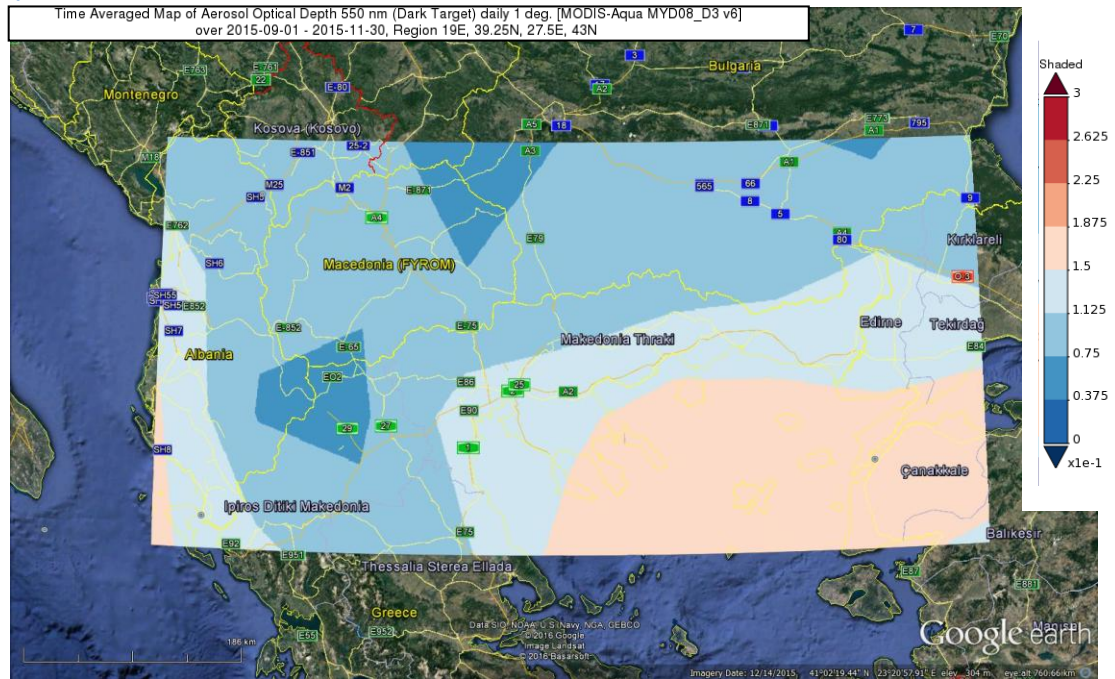


- Selected date range was 2016-06-03 - 2016-06-30. Title reflects the date range of the granules that went into making this result.

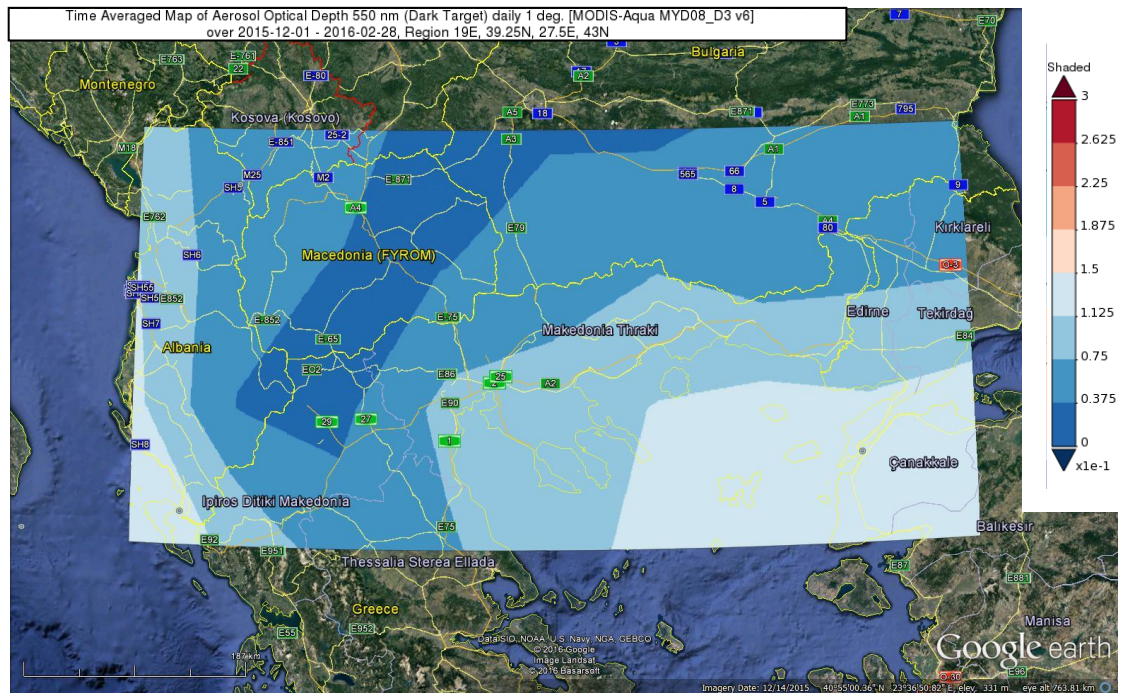
Σχήμα 2.3: Χρονοσειρές συγκεντρώσεων τροσφαιρικής στήλης του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) για τις δύο περιόδους μετρητικών εξορμήσεων.

Οπτικό Πάχος Αιωρούμενων Σωματιδίων – AOD

ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ

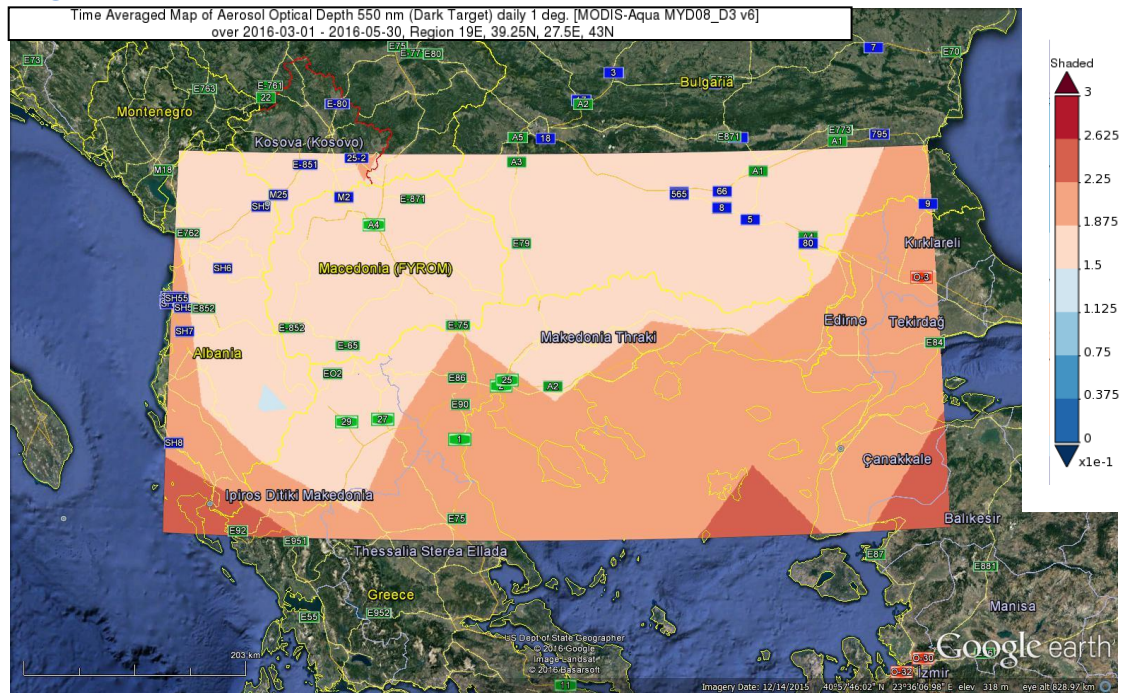


ΧΕΙΜΩΝΑΣ

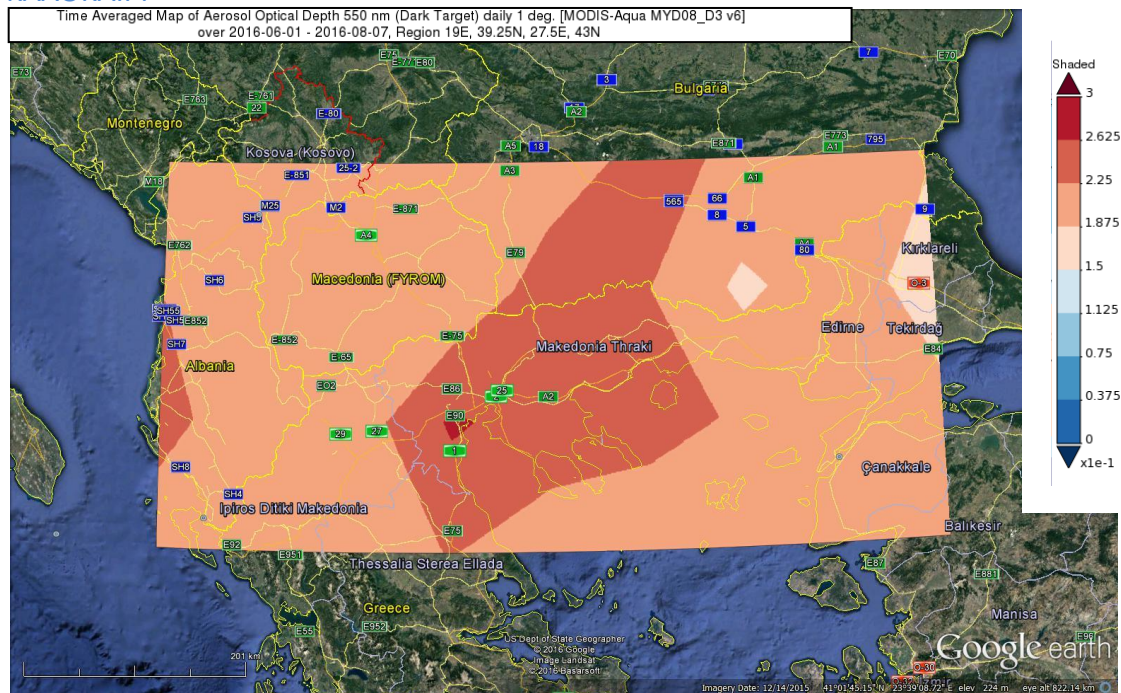


Σχήμα 2.4: Συνέχεια

ΑΝΟΙΞΗ

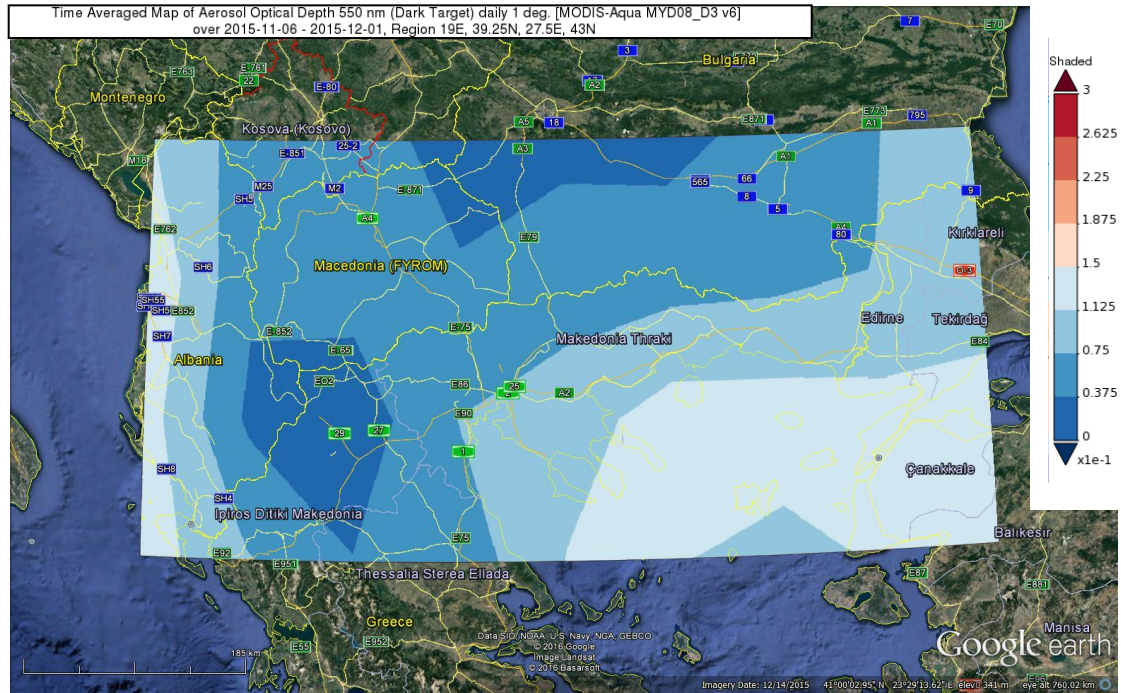


ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

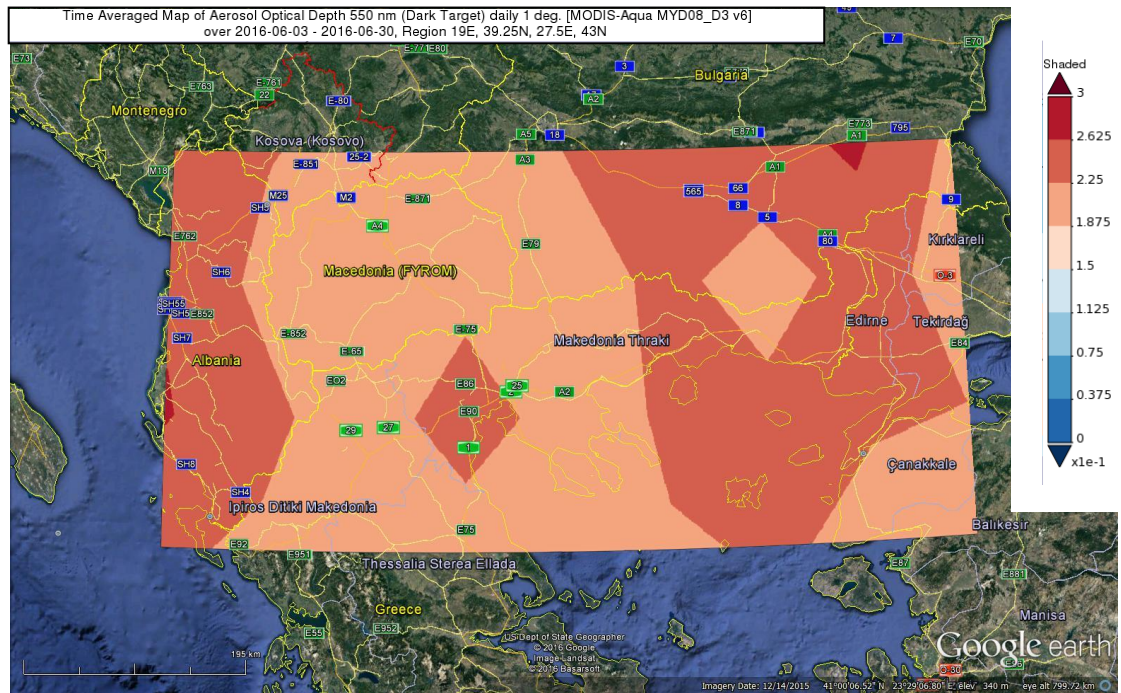


Σχήμα 2.4: Συνέχεια

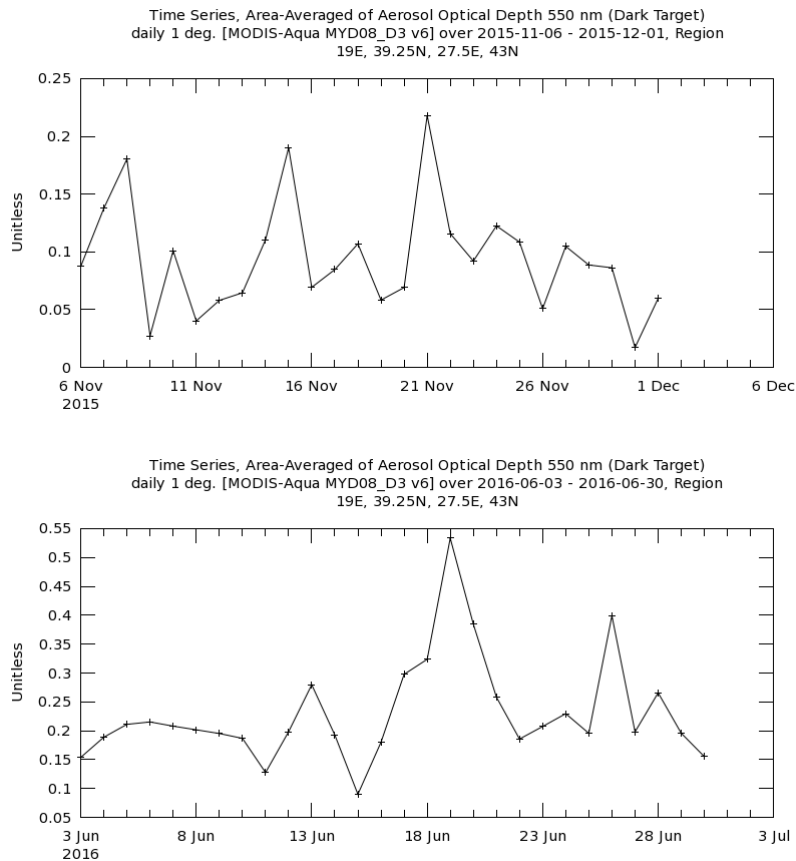
ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΜΠΑΝΙΑ



ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΗ ΚΑΜΠΑΝΙΑ



Σχήμα 2.4: Κατανομή συγκεντρώσεων οπτικού πάχους αιωρούμενων σωματιδίων (AOD) στην περιοχή ενδιαφέροντος, για τις τέσσερις εποχές και για τις δύο περιόδους μετρητικών εξορμήσεων.



Σχήμα 2.5: Χρονοσειρές συγκεντρώσεων οπτικού πάχους αιωρούμενων σωματιδίων (AOD) για τις δύο περιόδους μετρητικών εξορμήσεων.

2.3.3 Ανάλυση και συμπεράσματα από τη δορυφορική απεικόνιση της ρύπανσης υποβάθρου

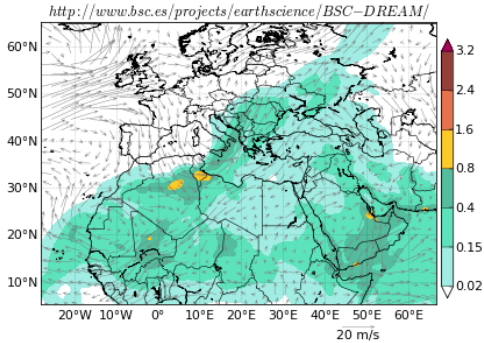
Η γεωγραφική κατανομή των συγκεντρώσεων τροποσφαιρικού NO₂ εμφανίζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά καθόλη τη διάρκεια του έτους πλην του καλοκαιριού, οπότε και παρατηρούνται οι μικρότερες συγκεντρώσεις και σχετικά ομοιογενής κατανομή (Σχήμα 2.2). Συγκεκριμένα, παρατηρείται ένα σύστημα υψηλών συγκεντρώσεων NO₂ με επίκεντρο την περιοχή Πτολεμαΐδας-Κοζάνης που εκτείνεται γεωγραφικά και καλύπτει την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης. Η μεγαλύτερη ένταση αυτού του συστήματος εμφανίζεται κατά τους χειμερινούς μήνες και η έκταση του καθορίζεται γεωγραφικά από τις περιοχές Πτολεμαΐδας-Κοζάνης στα δυτικά, Γιανιτσών και Κατερίνης βόρεια και νότια αντιστοίχως, και Κεντρικής Χαλκιδικής στα ανατολικά. Οφείλεται στις αυξημένες εκπομπές που

προέρχονται από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ και της αντίστοιχες παράλληλες δραστηριότητες, ενώ δεν θα πρέπει να αγνοηθεί και η συνεισφορά της ίδιας της Θεσσαλονίκης ως η μεγαλύτερη σε έκταση και πληθυσμό πόλη της ευρύτερης περιοχής. Η επίδραση από αυτές τις δύο πηγές φαίνεται να απλώνεται εξασθενούμενη προς νότιες διευθύνσεις, βάσει των προεξαρχουσών μετεωρολογικών συνθηκών ανά εποχή. Σε κάθε περίπτωση, το τμήμα της Εγνατίας Οδού που βρίσκεται μεταξύ Γρεβενών και Ασπροβάλας (και οι κάθετες σε αυτό το διάστημα οδοί) βρίσκεται σε ένα υψηλό υπόβαθρο επιπέδων ρύπανσης (όπως αυτή διαφαίνεται από το NO₂ στην προκειμένη περίπτωση), κυρίως κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, υψηλό υπόβαθρο το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την αξιολόγηση της συνεισφορά της ίδιας της Εγνατίας Οδού στον καθορισμό των επιπέδων ρύπανσης σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

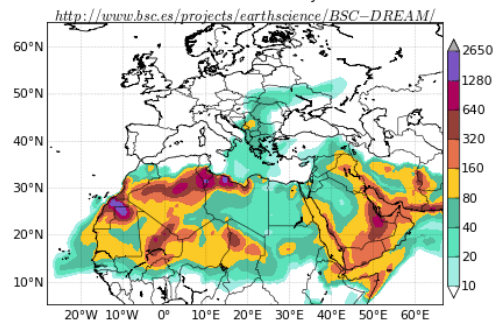
Καθ' όλη τη διάρκεια της χειμερινής καμπάνιας μετρήσεων η παραπάνω περιγραφείσα επιβάρυνση από τοπικές πηγές ρύπανσης φαίνεται να ήταν ιδιαίτερως ενισχυμένη. Βάση του Σχήματος 2.3 η μέρα με τη μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης NO₂ σε όλο το υπό μελέτη πλέγμα, ήταν η 28^η Νοεμβρίου 2015, οπότε και εκτελούνταν μετρήσεις στη θέση "Διοδίων Κομοτηνής", στην οποία ωστόσο δεν παρατηρήθηκε κάποια αξιοσημείωτη διαφοροποίηση.

Αναφορικά με το Οπτικό Πάχος των Αιωρούμενων Σωματιδίων (Σχήμα 2.4) η κατάσταση εμφανίζεται ανεστραμμένη, με μεγαλύτερες τιμές την άνοιξη (βαθμίδα αύξησης συγκεντρώσεων από νότια προς βόρεια) λόγω των συχνών επεισοδίων εμφάνισης σκόνης από τη Σαχάρα (π.χ. Gerasopoulos et al., 2011), και το καλοκαίρι οπότε και εμφανίζονται σχετικά υψηλότερες τιμές στην ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας, με μια προεξάρχουσα περιοχή αυτής της βιομηχανικής περιοχής της Θεσσαλονίκης (Σίνδος-Καλοχώρι). Κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής καμπάνιας μετρήσεων σχετικά πιο αυξημένες τιμές Οπτικού Πάχους παρατηρήθηκαν με επίκεντρο τη Θεσσαλονίκη στην πρώτη περίπτωση και σε όλο το ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Ανατολική Μακεδονία, Θράκη). Βάσει του Σχήματος 2.5 οι ημέρες 19, 20 και 26 Ιουνίου 2016 είχαν τη μεγαλύτερη επιβάρυνση, οι οποίες αντιστοιχούν σε μετρήσεις στις θέσεις Κλειδί, Καλοχώρι και Ασπροβάλτα (σταθμός αποχιονισμού και εργοτάξιο).

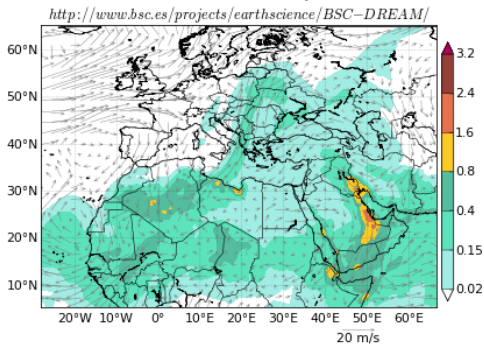
BSC-DREAM8b v2.0 Dust Opt. Depth 550nm and 3000m Wind
00h forecast for 12UTC 19 Jun 2016



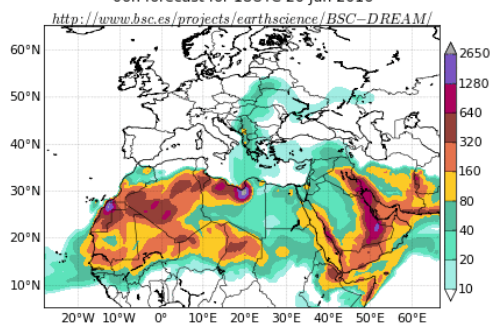
BSC-DREAM8b v2.0 Dust Low Level Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
06h forecast for 18UTC 19 Jun 2016



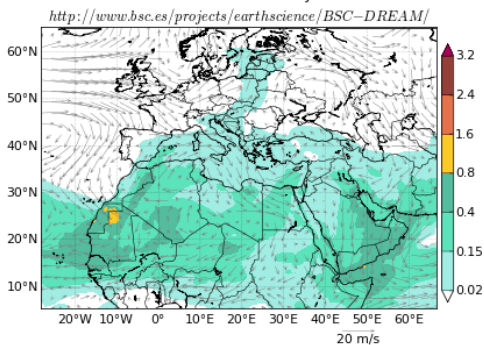
BSC-DREAM8b v2.0 Dust Opt. Depth 550nm and 3000m Wind
00h forecast for 12UTC 20 Jun 2016



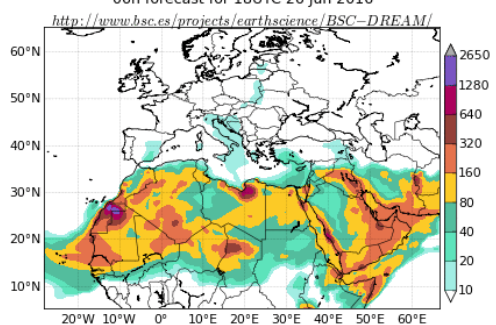
BSC-DREAM8b v2.0 Dust Low Level Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
06h forecast for 18UTC 20 Jun 2016



BSC-DREAM8b v2.0 Dust Opt. Depth 550nm and 3000m Wind
06h forecast for 18UTC 26 Jun 2016



BSC-DREAM8b v2.0 Dust Low Level Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
06h forecast for 18UTC 26 Jun 2016



Σχήμα 2.6: Μεταφορά σκόνης πάνω από τον Ελλαδικό χώρο κατά τις ημερομηνίες 19-20-26 Ιουνίου 2016 (εντός της περιόδου της δεύτερης μετρητικής καμπάνιας). Στην αριστερή στήλη παρουσιάζεται το Οπτικό Πάχος της σκόνης στη στήλη (στα 550 nm) μαζί με τον άνεμο στα 3000 m, ενώ στη δεξιά στήλη παρουσιάζεται η υπολογιζόμενη συγκέντρωση της σκόνης κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Οι εικόνες προέρχονται από το μοντέλο BSC-DREAM8b (Dust REgional Atmospheric Model), που λειτουργεί επιχειρησιακά το Υπερυπολογιστικό Κέντρο της Βαρκελώνης (Barcelona Supercomputing Center) (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/BSC-DREAM/>).

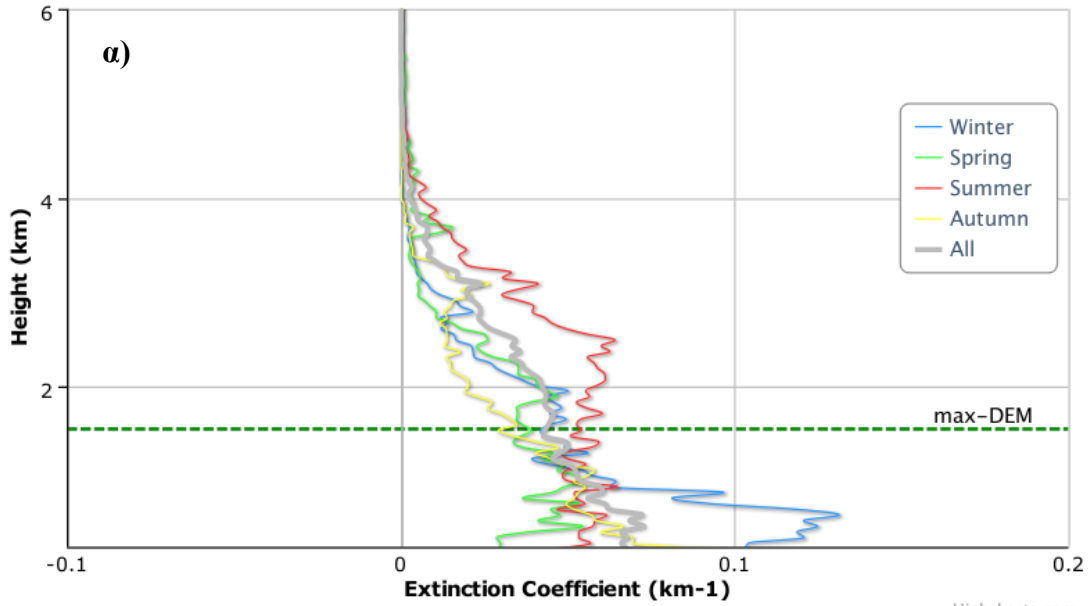
Τις τρεις προαναφερθείσες ημερομηνίες 19, 20 και 26 Ιουνίου 2016 παρατηρείται έντονη παρουσία σκόνης από την Αφρική (Σχήμα 2.6) πάνω από την

Ελλάδα με τιμές Οπτικού Πάχους μεγαλύτερες από 0.3 που αντιστοιχούν σε επιφανειακές συγκεντρώσεις σκόνης μέχρι της τάξης των 40-80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (τις δύο πρώτες ημερομηνίες), τιμές που δεν επιβεβαιώνονται από τις σχετικές μετρήσεις μας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι το συγκεκριμένο επεισόδιο είχε μεγαλύτερη χρονική διάρκεια και πιθανόν να έχει επηρεάσει τις τιμές σωματιδιακής ρύπανσης σε κοντινές ημερομηνίες, όπως πχ στα Μάλγαρα και στα Διαβατά όπου εμφανίστηκαν αρκετά υψηλότερες τιμές κατά τις μετρήσεις.

Τέλος, προκειμένου να αξιολογηθεί η αντιπροσωπευτικότητα των τιμών Οπτικού Πάχους Αιωρούμενων Σωματιδίων στην κολώνα, για τη διαπίστωση των επιπέδων υποβάθρου κοντά στην επιφάνεια, εξάγεται η ακόλουθη πληροφορία βάσει του Σχήματος 2.7. Την άνοιξη και το καλοκαίρι παρατηρείται σχετικά ομοιογενής καθ' ύψος κατανομή συγκεντρώσεων σωματιδίων (συντελεστή εξασθένησης) μέχρι και τα ύψη των 2 και 2.5 km χιλιομέτρων αντιστοίχως. Το χειμώνα το μεγαλύτερο μέρος του σωματιδιακού φόρτου εντοπίζεται εντός των πρώτων εκατοντάδων μέτρων από την επιφάνεια της γης, ενώ το φθινόπωρο ο συντελεστής βαίνει σταθερά μειούμενος καθ' ύψος. Αναφορικά με τον τύπο της ρύπανσης στην περιοχή ενδιαφέροντος, παρατηρείται ότι ή κύρια συνεισφορά προέρχεται από το συνδιασμό ηπειρωτικής ρύπανσης και σκόνης.

LIVAS Product

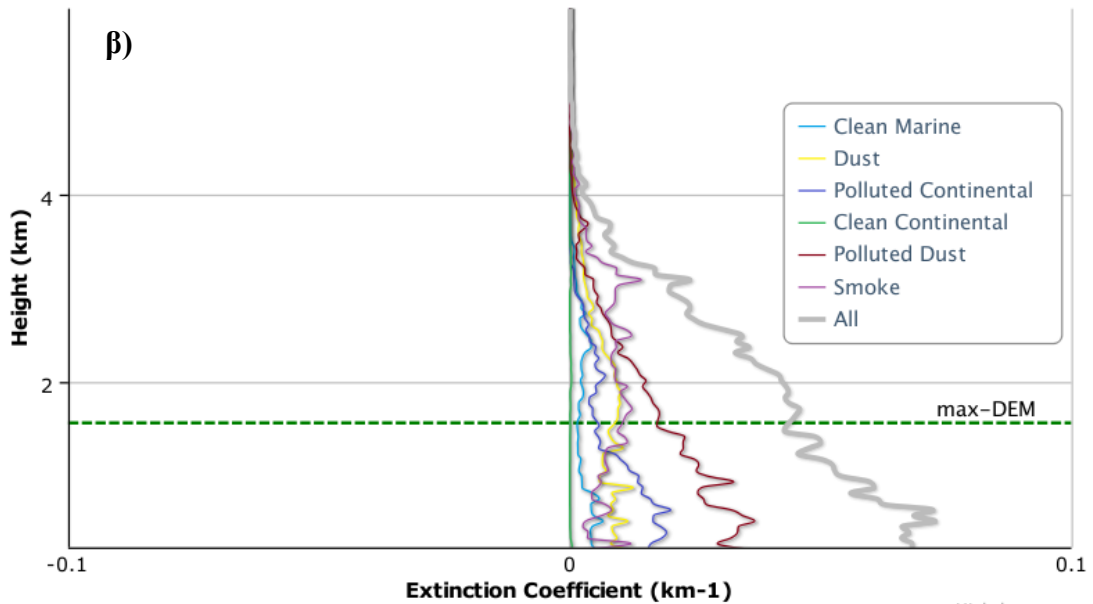
Aerosol Extinction @532nm Per Season for cell with centroid: Lat= 40.5o, Lon= 22.5o



Highcharts.com

LIVAS Product

Aerosol Extinction @532nm Per Type for cell with centroid: Lat= 40.5o, Lon= 22.5o



Highcharts.com

Σχήμα 2.7: α) Καθ' ύψος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων ανά εποχή, β) καθ' ύψος κατανομή των αιωρούμενων σωματιδίων ανά τύπο σωματιδίων-συνθήκες (θαλάσσια, σκόνη, ηπειρωτική ρύπανση, καθαρή ηπειρωτικής προέλευσης, σκόνη-ρύπανση, καπνός). Οι κλιματολογικές τιμές που απεικονίζονται αφορούν στην περίοδο 2008-2011.

3 Σύνοψη Αποτελεσμάτων Μετρήσεων

3.1 Επίπεδα ρύπανσης και εποχιακή διαφοροποίηση

Με βάση τα ευρήματα των χειμερινών και θερινών μετρήσεων που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στις δυο Τεχνικές Εκθέσεις, τα επίπεδα των ρύπων ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες: (α) σήραγγες, (β) διόδια, (γ) ανοιχτή οδοποιία, και (δ) σημεία πλησίον Θεσσαλονίκης. Στην **κατηγορία σήραγγες** συγκαταλέγονται οι σήραγγες Δωδώνης, Δρίσκου, Μετσόβου και Καστανιάς, στην **κατηγορία διόδια** οι σταθμοί διοδίων Τυρίων, Μαλακασίου, Πολυμύλου, Μουσθένης, Ανάληψης και Κομοτηνής, στην **κατηγορία ανοιχτής οδοποιίας** τα σημεία Ηγουμενίτσα, Ελευθεροχώρι, Περιφερειακή Υπηρεσία Γρεβενών, Σιάτιστα (αποχιονιστικός σταθμός), Κοίλα Κοζάνης, Βέροια (αποχιονιστικός σταθμός), Κόμβος Νισελίου, Προμαχώνας, Ασπροβάλτα (αποχιονιστικός σταθμός), Ασπροβάλτα (εργοτάξιο), Νοσοκομείο Καβάλας και Αλεξανδρούπολη (αποχιονιστικός σταθμός), ενώ τέλος στην **κατηγορία πλησίον Θεσ/νίκης** τα σημεία Κλειδί, Μάλγαρα, Χαλάστρα, Καλοχώρι, Διαβατά, TITAN, 4214 Νοσ. Θεσ/νίκης και Δερβένι (αποχιονιστικός σταθμός). Με βάση αυτόν τον διαχωρισμό παρατίθενται βασικά στατιστικά στοιχεία για κάθε μια εκ των δυο πειραματικών εκστρατειών στον Πίνακα 3.1 και ακολουθεί περιγραφή και σχολιασμός των γενικών επιπέδων ανά ρύπο.

Δεδομένου ότι σε ορισμένα σημεία υπήρξαν ιδιαίτερες συνθήκες, τόσο από απόψεως ρύπανσης όσο και επικρατούσας μετεωρολογίας, η γενική και συγκριτική περιγραφή των επιπέδων ρύπανσης ανά τύπο τοποθεσίας γίνεται με βάση τη *διάμεσο* των τιμών, που εκφράζει την πιο συχνή τιμή (αυτή που έχει εκατέρωθεν το 50% των υπολοίπων τιμών) απαλλαγμένη από την επίδραση ακραίων τιμών. Σε γενικές γραμμές, υψηλότερα επίπεδα αέριων ρύπων παρατηρήθηκαν κατά την χειμερινή περίοδο (ποσοστά προσημασμένα με πράσινο χρώμα), με εξαίρεση τις σήραγγες στις οποίες οι συνθήκες ήταν σχεδόν σταθερές ως προς το CO και το NO₂, και τους ρύπους NO και NO_x για τους οποίους παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές το καλοκαίρι (από 21 ως 25%, ποσοστά προσημασμένα με πορτοκαλί χρώμα). Το φωτοχημικά παραγόμενο O₃ ήταν σημαντικά αυξημένο το καλοκαίρι όπως και

αναμενόταν και κυρίως κοντά σε αστικά κέντρα, όπου έχουμε αυξημένη έκλυση πρόδρομων ενώσεων (π.χ. ΝΟ_x). Ακόμα και στις σήραγγες όπου λόγω των υψηλών τοπικών εκπομπών ΝΟ που συντελούν στην καταστροφή του Ο₃ και το σχηματισμό ΝΟ₂, τα μετρούμενα επίπεδα όζοντος ήταν κατά 33% αυξημένα το καλοκαίρι, λόγω μεταφοράς εντός της σήραγγας από το εξωτερικό περιβάλλον. Ανεξαρτήτως της εποχικότητας και σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες σημείων, οι ρύποι ήταν ιδιαίτερος αυξημένοι εντός των σηράγγων, λόγω συσσώρευσης (μειωμένη διάχυση στην ατμόσφαιρα και απουσία φωτοχημικών διεργασιών ελλείψει ηλιακής ακτινοβολίας), αλλά και κοντά στη Θεσσαλονίκη λόγω αυξημένης κίνησης αλλά και ανθρωπογενούς δραστηριότητας που σχετίζεται με λοιπές πηγές αστικού υποβάθρου. Οι πρωτογενείς ρύποι που εκπέμπονται από τις διαδικασίες καύσεως κυρίως ορυκτών καυσίμων (π.χ. βενζίνης, πετρελαίου) σε κινητήρες οχημάτων, παρουσιάζουν ενισχυμένα επίπεδα κοντά στις πηγές, που σχετίζονται με τον κυκλοφοριακό φόρτο, γεγονός που αιτιολογεί την αύξηση πλησίον της Θεσσαλονίκης. Συνολική σύγκριση με τα θεσμοθετημένα όρια των αέριων ρύπων αλλά και η εμπειρική σύγκριση (περίπτωση του ΝΟ) κατέδειξε ότι οι τιμές για τους υφιστάμενους κυκλοφοριακούς φόρτους κυμαίνονταν σε χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση το Ο₃, που το καλοκαίρι αυξάνεται φτάνοντας σε ενδιάμεσα επίπεδα επικινδυνότητας.

Ως προς τους σωματιδιακούς ρύπους, παρατηρήθηκε η ίδια τάση με τους αέριους, με το ρόλο των διαφορετικών διεργασιών να αντανακλάται επίσης στα επίπεδα των διαφορετικών κλασμάτων αλλά και στον Μαύρο Άνθρακα. Μέσω του ποσοστού καύσης βιομάζας (%bb) προσδιορίστηκε και συνεκτιμήθηκε η εποχική επίδραση εξωγενών παραγόντων όπως η καύση ξυλείας για θέρμανση και οι ελεγχόμενες καύσεις αγροκαλλιεργιών πλησίον της Εγνατίας Οδού (στοιχεία παρατίθενται παρακάτω). Οι προεξάρχουσες διεργασίες (πηγές) είχαν αντίκτυπο και στο επίπεδο των μετάλλων που προσδιορίστηκαν στο κλάσμα PM₁₀. Συνολική σύγκριση με τα όρια των PM (PM_{2.5} και PM₁₀) καταδεικνύει ότι οι τιμές μέτρησης στις περιοχές πλησίον της Θεσσαλονίκης και εντός των σηράγγων κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα, ενώ στις υπόλοιπες θέσεις κυμαίνονται σε χαμηλότερα επίπεδα.

Πίνακας 3.1: Βασικές στατιστικές παράμετροι για τους διαφορετικούς ρύπους που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια των δύο μετρητικών καμπανιών και εποχιακή σύγκριση.

	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2016 - Κ				ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2015 - Χ				% (ΧΕΙΜΩΝΑΣ-ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)/ΧΕΙΜΩΝΑΣ			
	Ανοιχτή οδοποιία	Διόδια	Πλησίον Θεσ/νίκης	Σήραγγες	Ανοιχτή οδοποιία	Διόδια	Πλησίον Θεσ/νίκη	Σήραγγες	Ανοιχτή οδοποιία	Διόδια	Πλησίον Θεσ/νίκη	Σήραγγες
	NO (ppb)				NO (ppb)				Διαφορά			
Μέση τιμή	13	7	25	339	13	17	40	258	-3%	137%	59%	-24%
Τυπ. απόκλιση	17	3	21	165	8	11	24	118				
Ελάχιστο	1	3	2	129	1	4	6	106				
Μέγιστο	55	11	69	518	28	34	69	391				
Διάμεσος	7	8	21	355	12	18	41	267	77%	125%	93%	-25%
	NO₂ (ppb)				NO₂ (ppb)				Διαφορά			
Μέση τιμή	7	8	13	59	10	7	12	56	52%	-13%	-10%	-4%
Τυπ. απόκλιση	3	4	5	24	3	3	3	18				
Ελάχιστο	3	4	6	37	5	4	8	39				
Μέγιστο	12	15	23	85	15	12	16	81				
Διάμεσος	7	6	13	56	10	6	12	53	36%	0%	-8%	-6%
	NO_x (ppb)				NO_x (ppb)				Διαφορά			
Μέση τιμή	20	15	38	397	23	24	51	313	17%	61%	35%	-21%
Τυπ. απόκλιση	18	7	22	174	10	14	25	134				
Ελάχιστο	4	7	9	169	6	8	16	144				
Μέγιστο	62	26	81	590	38	46	80	471				
Διάμεσος	15	15	38	415	23	22	51	318	59%	52%	35%	-23%
	CO (ppb)				CO (ppb)				Διαφορά			
Μέση τιμή	115	107	204	982	164	133	444	1033	42%	24%	117%	5%
Τυπ. απόκλιση	31	29	74	414	39	57	157	378				
Ελάχιστο	80	86	88	526	80	56	235	672				
Μέγιστο	174	164	307	1463	222	211	647	1520				
Διάμεσος	109	95	218	970	164	121	466	971	50%	28%	114%	0%
	O₃ (ppb)				O₃ (ppb)				Διαφορά			
Μέση τιμή	52	51	43	2	32	27	18	3	-39%	-48%	-57%	29%
Τυπ. απόκλιση	9	10	8	0.2	10	9	10	--				
Ελάχιστο	40	33	34	2	17	15	6	3				
Μέγιστο	64	58	54	2	47	38	33	3				
Διάμεσος	50	54	42	2	32	28	15	3	-36%	-48%	-64%	33%
	SO₂ (ppb)				SO₂ (ppb)				Διαφορά			
Μέση τιμή	1.2	1.2	1.5	8.4	3.2	4.2	3.2	14.7	177%	260%	115%	74%
Τυπ. απόκλιση	0.5	0.4	0.3	5.8	1.1	2.6	0.5	--				
Ελάχιστο	0.8	0.9	1.0	2.4	2.3	2.5	2.9	--				
Μέγιστο	2.1	1.6	1.9	14.0	5.4	8.7	4.0	--				
Διάμεσος	1.1	0.9	1.5	8.9	3.0	3.2	2.9	14.7	173%	256%	94%	65%
	PM₁₀ (µg/m³)				PM₁₀ (µg/m³)				Διαφορά			
Μέση τιμή	25	24	48	59	36	44	120	71	47%	85%	149%	22%
Τυπ. απόκλιση	9	9	29	16	15	15	79	26				
Ελάχιστο	7	17	23	36	18	29	12	42				
Μέγιστο	40	36	103	73	63	68	247	90				
Διάμεσος	26	19	39	63	29	40	121	82	12%	111%	213%	31%
	PM_{2.5} (µg/m³)				PM_{2.5} (µg/m³)				Διαφορά			
Μέση τιμή	13	13	26	34	16	12	77	39	18%	-4%	198%	13%
Τυπ. απόκλιση	6	6	13	9	8	8	47	15				
Ελάχιστο	3	6	12	23	4	5	5	21				
Μέγιστο	25	23	49	45	27	21	153	48				
Διάμεσος	15	11	25	35	15	11	77	47	6%	5%	214%	36%
	BC (µg/m³)				BC (µg/m³)				Διαφορά			
Μέση τιμή	0.8	1.0	2.2	33.0	1.7	1.9	5.2	51.0	112%	96%	130%	55%
Τυπ. απόκλιση	0.4	0.3	1.2	21.9	1.1	0.9	3.0	--				
Ελάχιστο	0.3	0.6	0.5	9.0	0.3	0.5	1.7	51.0				
Μέγιστο	1.4	1.3	3.7	52.0	3.2	3.0	9.5	51.0				
Διάμεσος	0.8	1.1	2.2	38.0	1.9	1.9	5.4	51.0	138%	73%	145%	34%
	BC % BB				BC % BB				Διαφορά			
Μέση τιμή	14%	12%	11%	9%	25%	24%	32%	5%	81%	95%	179%	-42%
Τυπ. απόκλιση	4%	3%	2%	1%	6%	4%	15%	--				
Ελάχιστο	9%	8%	9%	8%	19%	19%	15%	--				
Μέγιστο	21%	16%	15%	10%	34%	28%	52%	--				
Διάμεσος	13%	11%	11%	8%	23%	24%	35%	5%	77%	118%	218%	-38%

Θέμα υπερβάσεων (οι απαιτήσεις ποιότητας αέρα και τα θεσμοθετημένα και μη όρια ρύπων παρατίθενται στο [Παράρτημα II](#)) τέθηκε για το O₃ σε 12 σημεία κατά την καλοκαιρινή περίοδο μετρήσεων. Πρέπει να επισημανθεί ότι το O₃, ως φωτοχημικός ρύπος όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχει υψηλές συγκεντρώσεις τους καλοκαιρινούς μήνες σε περιοχικό επίπεδο, ενώ οι πρωτογενείς εκπομπές των οχημάτων που κυκλοφορούν επί της Εγνατίας Οδού δυνητικά μειώνει τις συγκεντρώσεις του. Έτσι οι υπερβάσεις αυτές δεν μπορεί να θεωρηθούν ότι οφείλονται στην κίνηση της Εγνατίας Οδού.

Καθώς η παρακολούθηση της σωματιδιακή ρύπανσης κατά τη διάρκεια των μετρήσεων κατέδειξε υψηλή μεταβλητότητα (τοπική και χρονική/εποχική) και ισχυρή επίδραση από εξωγενείς της κυκλοφορίας πηγές (π.χ. καύση βιομάζας), οι υπερβάσεις των ορίων αξιολογήθηκαν προσεκτικά και με βάση τις συγκεντρώσεις του Μαύρου Άνθρακα (MA ή BC) και της αντίστοιχης δυνατότητας διευκρίνησης των πηγών που παρέχει. Σε γενικές γραμμές οι τιμές του MA κυμαίνονται σε επίπεδα αστικής περιοχής, ενώ εντός των σηράγγων καταδείχθηκαν ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις. Ο ρόλος δε της καύσης βιομάζας ήταν πιο ενισχυμένος κατά την ψυχρή περίοδο κατά ένα ποσοστό της τάξης του 40% κατά προσέγγιση. 12 ήταν τα σημεία στα οποία παρατηρήθηκαν συνδυαστικά υπερβάσεις των ορίων της σωματιδιακής ρύπανσης το χειμώνα. Σε αυτά συμπεριλαμβάνεται η Ηγουμενίτσα, όπου παρατηρήθηκαν εμπειρικά, οριακά υψηλές συγκεντρώσεις MA σε διευθύνσεις ανέμου που καταδεικνύουν την επίδραση της πόλης (σε αντιδιαστολή με την κυρίαρχουσα διεύθυνση από το λιμάνι), οι οποίες πιθανόν να συνδέονται μερικώς με έργα οδοποιίας στην περιοχή των μετρήσεων και στην απεργία των πλοίων που είχε σαν αποτέλεσμα την αυξημένη κίνηση φορτηγών. Σε μεγάλο ποσοστό μετρήθηκε και MA από καύση βιομάζας καταδεικνύοντας την επίδραση της πόλης. Το καλοκαίρι τα σημεία υπερβάσεων μειώθηκαν σε 6 στα οποία παρατηρήθηκαν συνδυαστικά υπερβάσεις ορίων της σωματιδιακής ρύπανσης. Αναφορικά δε με το μόνο θεσμοθετημένο όριο των μετάλλων (αυτό του μολύβδου Pb) οι μετρούμενες συγκεντρώσεις ήταν σε χαμηλά επίπεδα. Περισσότερες λεπτομέρειες ως προς τα σημεία που παρατηρήθηκαν οι υπερβάσεις αλλά και εκτιμήσεις για τη συνεισφορά της Εγνατίας Οδού σε αυτές, παρατίθενται εντός των 1^{ης} και 2^{ης} Τεχνικών Εκθέσεων.

3.2 Σύγκριση με παρελθοντικές μετρήσεις

Τα αποτελέσματα των υφιστάμενων μετρήσεων (Χειμώνας 2015 και Καλοκαίρι 2016) που ελήφθησαν στο πλαίσιο του παρόντος έργου, παρουσιάστηκαν λεπτομερώς στις δυο Τεχνικές Εκθέσεις που κατέθεσε ο Ανάδοχος. Κατόπιν έρευνας στην ιστοσελίδα του Παρατηρητηρίου της Εγνατίας Οδού (<http://observatory.egnatia.gr/>) ανακτήθηκε η έκθεση 'ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ΠΕ-Ε-1: ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΕ ΡΥΠΟΥΣ' του έτους 2008, στην οποία γίνεται αναφορά σε δειγματοληπτικές μετρήσεις αέριων και σωματιδιακών ρυπαντών κατά το έτος 2007, από το Τμήμα Περιβάλλοντος της Διεύθυνσης Τακτικής Συντήρησης του Τομέα Λειτουργίας και Συντήρησης της ΕΟΑΕ, δίνοντας έμφαση στα επιβαρημένα από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου τμήματα, καθώς επίσης και σε αυτά που διέρχονται από περιοχές ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Οι παράμετροι που είχαν διερευνηθεί ήταν: Όζον (O₃), Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂), Διοξείδιο του Θείου (SO₂), Βενζόλιο, Τολουόλιο, Αιθυλοβενζόλιο και Ξυλόλιο, κοινά αναφερόμενα ως ΒΤΕΧ, αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀, Μόλυβδος (Pb) και Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO).

Η μεθοδολογία προσδιορισμού των σωματιδιακών ρύπων μέσω δειγματοληψίας φίλτρου και χημικής ανάλυσης είναι κοινή τόσο για τις παρελθοντικές όσο και για τις πρόσφατες μετρήσεις. Εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις ως προς τη μεθοδολογία παρακολούθησης των αέριων ρύπων. Συγκεκριμένα, οι παλαιότερες μετρήσεις και όσον αφορά στους αέριους ρύπους πραγματοποιήθηκαν με παθητικούς δειγματολήπτες, με εξαίρεση το CO για το οποίο χρησιμοποιήθηκε αυτόματο όργανο ηλεκτροχημικού τύπου. Ο Ανάδοχος (Ε.Α.Α.) στις σύγχρονες μετρήσεις, χρησιμοποίησε αυτόματους αναλυτές παρέχοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης της διαχρονικής διακύμανσης των ρύπων, επιπλέον της καταγραφής της μέσης τιμής ανά σημείο μετρήσεων.

Η σύγκριση των επιπέδων που επιχειρείται, αφορά στους ρύπους: Διοξείδιο του Αζώτου, Όζον, Διοξείδιο του Θείου, Μονοξείδιο του Άνθρακα και PM₁₀. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα σημεία των μετρήσεων δεν ήταν ίδια, επιλέχθηκαν τα κοινά σημεία ή σημεία κοντινά μεταξύ τους που ταυτόχρονα όμως αναμένεται να παρουσιάζουν ανάλογο επίπεδο ρύπανσης, λαμβάνοντας υπόψη τις πηγές

εκπομπών (ανοικτή οδοποιία ή διόδια, ανθρωπογενής επίδραση από βιομηχανικές μονάδες ή άλλη δραστηριότητα, εγγύτητα σε αστικά κέντρα). Συγκεκριμένα σε αυτή τη σύγκριση ελήφθησαν υπόψη τα ακόλουθα σημεία: Ηγουμενίτσα, Διόδια Τυρίων - Κουμαριά (2007), Περιφ. Υπ. Γρεβενών – Ταξιάρχης (2007), Κοίλα Κοζάνης, Πολύμυλος, Αποχ. Σταθμός Βέροιας – Μέση (2007), Ευκαρπία, Ασπροβάλτα, Καβάλα.

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα μέσα επίπεδα αφενός των μετρήσεων αρχείου (2007), αφετέρου των δύο περιόδων μετρήσεων από τον Ανάδοχο κατά το 2015 και 2016 που αφορούν στους ανωτέρω ρύπους.

Πίνακας 3.2 Σύγκριση μέσων τιμών μεταξύ των υφιστάμενων (Χειμώνας 2015 και Καλοκαίρι 2016) και παλαιότερων μετρήσεων ανά ρύπο για κοινά ή κοντινά μεταξύ τους και με παρόμοιο υπόβαθρο ρύπανσης σημεία μετρήσεων.

	2007	2015-16	
		Χειμώνας	Καλοκαίρι
NO ₂ (ppb)	6.2	9.3	8.7
O ₃ (ppb)	24.2	26.8	48.1
PM ₁₀ (μg/m ³)	37.3	43.6	27
SO ₂ (ppb)	<10.9	4	1.3
CO (ppb)	<1000-3000	168	130

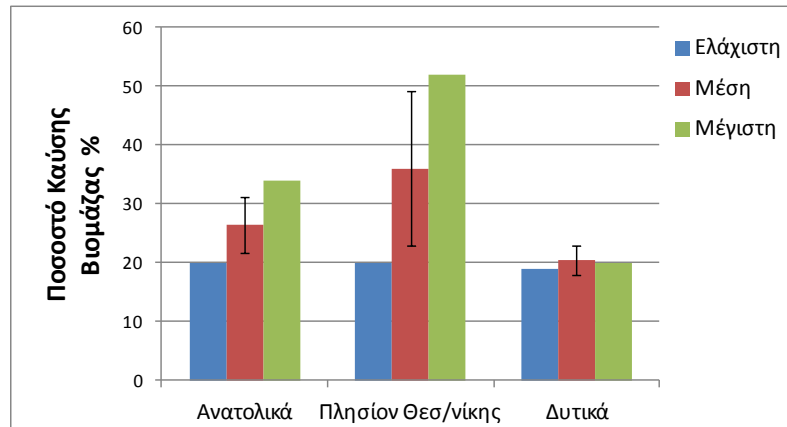
Παρατηρείται πως τόσο οι πρόσφατες όσο και οι προϋπάρχουσες μετρήσεις, όπου είναι άμεσα συγκρίσιμες (πχ NO₂), κυμαίνονται σε γενικές γραμμές στα ίδια επίπεδα. Για το όζον η χειμερινή τιμή είναι πολύ κοντά στην τιμή του 2007 η οποία δεν γνωρίζουμε τι εποχή είχε ληφθεί (το όζον όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι φωτοχημικά παραγόμενος ρύπος και παρουσιάζει ιδιαίτερα έντονη εποχιακή διακύμανση). Επίσης, τα επίπεδα των PM₁₀ είναι παρόμοια ενώ και οι τιμές των SO₂ και CO βρίσκονται εντός των ορίων των παλαιότερων μετρήσεων. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι όποιες διαφοροποιήσεις εντοπίζονται σε βάθος δεκαετίας, πέραν των πιθανών μεταβολών των πηγών εκπομπής, θα μπορούσαν να αποδοθούν στην επίδραση της μετεωρολογίας, αλλά και σε ποιοτικά χαρακτηριστικά των τεχνικών

μέτρησης των ρύπων, όπως πχ τα όρια ανίχνευσης ή και η διακριτική ικανότητα της μεθοδολογίας προσδιορισμού της κάθε παραμέτρου.

3.3 Ο ρόλος της καύσης βιομάζας του χειμερινούς μήνες

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες επιβάρυνσης της ποιότητας της ατμόσφαιρας σε ρύπους πλησίον της Εγνατίας Οδού, όπως προέκυψε από τις μετρήσεις, ήταν η καύση βιομάζας. Ως καύση βιομάζας στην προκειμένη περίπτωση ορίζονται οι υπό έλεγχο φωτιές σε αγροτικές καλλιέργειες κυρίως την περίοδο του χειμώνα, καθώς δυνητικά και η καύση ξύλων σε τζάκια ή ξυλόσομπες όταν αναφερόμαστε σε περιοχές κοντά ή εντός οικισμών. Η δυνατότητα διαχωρισμού της συνεισφοράς της καύσης βιομάζας σε αντιδιαστολή με την καύση λοιπών ορυκτών καυσίμων, παρέχεται από τις εξειδικευμένες μετρήσεις του μαύρου άνθρακα σε 7 μήκη κύματος, οπότε εφαρμογή συγκεκριμένης μεθοδολογίας επιτρέπει τον ανωτέρω διαχωρισμό.

Συγκεκριμένα, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση συνεισφορά της καύσης βιομάζας στα επίπεδα του μαύρου άνθρακα στις μετρήσεις επί της Εγνατίας Οδού (εξαιρουμένων των σηραγγών) κυμάνθηκε στο $12\pm 3\%$. Εν αντιθέσει, κατά τους χειμερινούς μήνες το αντίστοιχο ποσοστό κυμάνθηκε κατά μέσο όρο στο $27\pm 9\%$ (αφαιρέθηκαν επιπλέον οι περιπτώσεις βροχόπτωσης), με σαφή τάση μείωσης από δυσμάς προς ανατολάς. Συγκεκριμένα στα σημεία δειγματοληψίας ανατολικά της Θεσσαλονίκης (από την Ηγουμενίτσα μέχρι και την Βέροια) η μέση συνεισφορά καύσης βιομάζας ήταν $26\pm 5\%$, πλησίον της Θεσσαλονίκης ήταν $36\pm 13\%$ και δυτικά της Θεσσαλονίκης (από τα διόδια Ανάληψης μέχρι και την Αλεξανδρούπολη) ήταν $20\pm 3\%$ (Σχήμα 3.1).



Σχήμα 3.1: Γεωγραφική κατανομή ποσοστού συνεισφοράς καύσης βιομάζας κατά μήκος της Εγνατίας Οδού (οι μπάρες σφάλματος αντιστοιχούν στην τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα των Μαλγάρων οπότε και κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στις 18 Νοεμβρίου 2015 (βραδινές ώρες 20:00-22:00) οι συγκεντρώσεις των PM_{10} , $PM_{2.5}$ και BC ξεπέρασαν τα 700, 400 και 24 $\mu g/m^3$, αντιστοίχως, με τη συνεισφορά της καύσης βιομάζας αυτό το διάστημα να εγγίζει το 100%, που σημαίνει ότι το σημείο των μετρήσεων βρέθηκε άμεσα εντός του πλουμίου της καύσης των γειτονικών καλλιεργιών. Η μέση συνεισφορά της καύσης βιομάζας στο σημείο ήταν η μεγαλύτερη που παρατηρήθηκε καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων (52%). Χαρακτηριστικά, όταν από τις συγκεντρώσεις των PM_{10} και $PM_{2.5}$ αφαιρέθηκε η συνεισφορά της καύσης βιομάζας, τότε οι τιμές κυμάνθηκαν κοντά και ελαφρώς επάνω (κυρίως για το $PM_{2.5}$) από τα σχετικά όρια. Τέτοιες συνθήκες υψηλών συγκεντρώσεων, σε συνδυασμό με τις συνήθεις προεξάρχουσες μετεωρολογικές συνθήκες (αυξημένη υγρασία και χαμηλή ταχύτητα ανέμου), προκαλούν αξιοσημείωτη μείωση στην ορατότητα, γεγονός που σηματοδοτεί αυξημένη επικινδυνότητα στις μετακινήσεις επί της Εγνατίας Οδού.

3.4 Προτάσεις παρακολούθησης επιπέδων ρύπανσης κατά μήκος της Εγνατίας Οδού και καθέτων οδών.

3.4.1 Επιδράσεις στην υγεία

Οι επιδράσεις στην υγεία που σχετίζονται με την ρύπανση των αυτοκινητοδρόμων συνδέονται με ένα εύρος συνεπειών, από εριθισμό του αναπνευστικού και έξαρση άσθματος μέχρι και πρόωρη θνησιμότητα. Μείωση της σχετικής έκθεσης συνοδεύεται με ποικίλες ωφέλειες, συμπεριλαμβανομένων της καλύτερης καρδιολογικής και αναπνευστικής λειτουργίας και της μειωμένης εμφάνισης καρκίνου. Οι επιδράσεις αυτές δεν μπορούν να εξηγηθούν στατιστικά μόνο από την έκθεση στα λεπτά σωματίδια (PM_{2.5}), συνεπώς διαφαίνεται ότι είναι αποτέλεσμα έκθεσης και σε άλλους σχετικούς με τους αυτοκινητόδρομους ρύπους, είτε ανεξάρτητα είτε σε συνδυασμό (WHO Regional Office for Europe, 2013). Επίσης, διεργασίες επιπλέον της καύσης (π.χ. φθορά φρένων, κινητήρα, ελαστικών) παράγουν επίσης αιωρούμενα σωματίδια, και σχετικές τοξικολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι οι εκπομπές αυτές αποτελούν επίσης σημαντικό τμήμα των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση στη ρύπανση που σχετίζεται με την κυκλοφορία των οχημάτων.

Συνοπτικά και ανά ρύπο διαπιστώνονται στη διεθνή βιβλιογραφία οι ακόλουθες επιδράσεις:

- **Όζον, O₃:** Βραχυπρόθεσμη έκθεση στο όζον (ώρες) μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων, επιδείνωση του άσθματος και των χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων, φλεγμονή και ερεθισμό των ματιών, της μύτης, του λαιμού και των κάτω αεραγωγών του αναπνευστικού. Η μακροχρόνια έκθεση στο όζον (έτη) μπορεί να επηρεάσει την αναπνευστική και καρδιαγγειακή θνησιμότητα και νοσηρότητα του αναπνευστικού (WHO Regional Office for Europe, 2013).
- **Αιωρούμενα σωματίδια, PM₁₀:** Η έκθεση στα PM₁₀ συνδέεται με καρδιαγγειακά νοσήματα, αναπνευστικές νόσους και θνησιμότητα. Ωστόσο, επειδή τα PM₁₀ περιλαμβάνουν και το λεπτό κλάσμα PM_{2.5} των σωματιδίων,

υπάρχει σχετική αβεβαιότητα για το κατά πόσο η παρατηρούμενη επίδραση οφείλεται στο λεπτό ($PM_{2.5}$) ή στο αδρό ($PM_{10-2.5}$) κλάσμα.

➤ **Αιωρούμενα σωματίδια, $PM_{2.5}$:** Υπάρχουν πολύ ισχυρές ενδείξεις ότι η έκθεση σε σωματίδια $PM_{2.5}$ προκαλεί καρδιαγγειακές παθήσεις, αναπνευστικές νόσους και θνησιμότητα. Συσχετίσεις έχουν επίσης παρατηρηθεί μεταξύ της έκθεσης στα $PM_{2.5}$ και την αναπαραγωγή ή/και την ανάπτυξη, όπως για παράδειγμα χαμηλό βάρος κατά τη γέννηση.

➤ **Υπέρλεπτα Αιωρούμενα σωματίδια, UFP (Ultra Fine Particles – στην παρούσα προσεγγίζονται από την μέτρηση των PM_1):** Τα UFPs από τα καυσαέρια των οχημάτων αποτελούν σημαντική πηγή υπέρλεπτων σωματιδίων σε αστικές περιοχές (AEI, 2013). Αυτά θεωρούνται ότι παίζουν σημαντικότερο ρόλο στις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία, ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμα επαρκή επιδημιολογικά στοιχεία που να στηρίζουν το συμπέρασμα αυτό. Έτσι, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ-WHO) συνιστά την εντατικοποίηση της προσπάθειας μείωσης των εκπομπών τους και παρακολούθησής τους μέχρι να υπάρξει σαφέστερη απόδειξη σχέσης αιτιατού-αποτελέσματος, και συνέχιση μέχρι τότε της παρακολούθησης των PM_{10} και $PM_{2.5}$.

➤ **Διοξείδιο του αζώτου, NO_2 :** Οι επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση στο NO_2 αποτελούν καλό δείκτη της ρύπανσης που σχετίζεται με την κυκλοφορία των οχημάτων. Το NO_2 σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με άλλους ρύπους από πηγές καύσης, γεγονός που καθιστά πολύ δύσκολο να διαχωριστούν οι επιδράσεις του από τα αποτελέσματα των άλλων ρύπων, και ιδιαίτερα των αιωρούμενων σωματιδίων. Ωστόσο, υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι υπάρχουν ανεξάρτητες επιδράσεις του NO_2 που το διαχωρίζουν από τα σωματίδια (WHO Regional Office for Europe, 2013).

3.4.2 Προτάσεις και μέτρα για την ενίσχυση των μηχανισμών παρακολούθησης της ρύπανσης από την Ε.Ο.Α.Ε.

Έχοντας κάνει αναφορά στην ποιότητα αέρα, τόσο στην ανοιχτή οδοποιία όσο και σε σήραγγες, με στόχο την προστασία της υγείας από τις εκπομπές των οχημάτων, στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένα μέτρα που μπορούν να

ληφθούν για την: **(α)** ολοκληρωμένη και αξιόπιστη παρακολούθηση των βασικών ρύπων, **(β)** εφαρμογή πρακτικών μείωσης της έκθεσης (διερχομένων, σταθμευμένων, εργαζομένων, κατοίκων) σε επικίνδυνους ρύπους και **(γ)** τη διασφάλιση τεκμηρίωσης ή μη εταιρικής ευθύνης έναντι εξωγενών ρυπογόνων παραγόντων. Οι προτάσεις του ανάδοχου αφορούν στα κάτωθι:

- Εγκατάσταση σταθμών παρακούθησης ρύπανσης σε συγκεκριμένα σταθερά σημεία ανοιχτής οδοποιίας. Τα σημεία μπορούν να επιλεγούν βάσει των ακόλουθων κριτηρίων: **(α)** αυξημένη κίνηση λόγω εμπορικής δραστηριότητας και παράλληλων πηγών (π.χ. λιμάνι) → προτείνεται η Ηγουμενίτσα, **(β)** εγγύτητα σε μεγάλα αστικά κέντρα και αυξημένες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (π.χ. αυξημένη κίνηση, θέρμανση, βιομηχανική ζώνη, αγροτικές δραστηριότητες → προτείνεται η περιοχή Διοδίων Μαγάρων, **(γ)** σταθερή βιομηχανική δραστηριότητα περιοχικής εμβέλειας → προτείνεται περιοχή πλησίων Κοζάνης-Πτολεμαΐδας και **(δ)** περιοχή υποβάθρου (κατά προτίμηση υψηλής οικολογικής ευαισθησίας) → προτείνεται περιοχή στον ανατολικό τομέα της Εγνατίας Οδού για να διασφαλιστεί επαρκής χωρική κάλυψη, συγκριτικά με τις υπόλοιπες προτεινόμενες θέσεις. Τονίζεται ότι η λειτουργία μόνιμων σταθμών παρακολούθησης ρύπανσης εκ μέρους της Εγνατίας Οδού (και ιδιαιτέρως ο σταθμός υποβάθρου) μπορεί να ενταχθεί σε εθνικά δίκτυα και δράσεις παρακαλούθησης ατμοσφαιρικής σύστασης, ενισχύοντας και προάγοντας τις δυνατότητες συνεργασίας με ερευνητικούς φορείς και προβολής της περιβαλλοντικής υπευθυνότητας της Εγνατίας Οδού Α.Ε.
- Εγκατάσταση σταθμού παρακούθησης ρύπανσης εντός σήραγγας. Σήραγγες οι οποίες αποδείχθηκε από τις μετρήσεις ότι είναι επιβαρυμένες σε σχέση με την ανοιχτή οδοποιία θα μπορούσαν επίσης να αποτελέσουν σημεία τοποθέτησης σταθμών ρύπανσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Σήραγγα Δρίσκου (Λορέντζου Μαβίλη), όπου και λόγω του μήκους της (4.8 km) αυξάνεται τόσο η στασιμότητα και υπερσυγκέντρωση ρύπων (σε συνδυασμό με ελλειπή εξαερισμό), αλλά και οι πιθανότητες στάθμευσης εντός αυτής, ενισχύοντας την ανάγκη για έλεγχο των επιπέδων ρύπων προς

αποφυγή προβλημάτων υγείας επιβατών των αυτοκινήτων και εργαζομένων της Ε.Ο.Α.Ε. Χαρακτηριστικά το προσωπικό του Ε.Α.Α. που χρειάστηκε να εργαστεί συνεχόμενα επί διώρου στο κέντρο της σήραγγας, αντιμετώπισε ρινοαναπνευστικά και οφθαλμολογικά προβλήματα παρά τη χρήση μάσκας, που συνεχίστηκαν για περίπου δύο ημέρες. Από τις μετρήσεις δεν κατέστη δυνατόν να διευκρινιστεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαερισμού, γεγονός σημαντικό, που σε συνδυασμό με το υφιστάμενο σύστημα παρακαλούθησης με αισθητήρες CO και τον προτεινόμενο σταθμό, θα δώσει τη δυνατότητα καλύτερης διαχείρισης έκθεσης σε ρύπους εντός σηραγγών (π.χ. προειδοποίηση κλεισίματος παραθύρων και απομόνωσης καμπίνας οχημάτων, καθορισμός διάρκειας και χρονισμού εσωτερικών εργασιών, διάρκεια και συχνότητα χρήσης εξαερισμού). Ο σταθμός αυτός, πέραν των βασικών αέριων και σωματιδιακών ρύπων, προτείνεται να φέρει και αισθητήρα για την παρακολούθηση του επιπέδου του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ως δείκτη της ανανέωσης του αέρα εντός της σήραγγας.

- Σε περίπτωση που δεν είναι άμεσα εφικτή η τοποθέτηση μόνιμων σταθμών, προτείνεται πέραν των συμβατικών υποχρεώσεων της Ε.Ο.Α.Ε., να εντατικοποιηθούν οι έλεγχοι στα προτεινόμενα αυτά σημεία, με συχνότητα τουλάχιστον δύο φορές ανά έτος. Προς αυτή την κατεύθυνση απαιτείται συντήρηση και αναβάθμιση του εξοπλισμού του κινητού Περιβαλλοντικού Παρατηρητηρίου Αυτοκινητοδρόμων της Ε.Ο.Α.Ε. Τα ανωτέρω (μόνιμοι σταθμοί και εντατικοποίηση) θα πρέπει να σχεδιαστούν(άζονται) εις τρόπον ώστε να εξυπηρετηθεί άμεσα η ανάγκη επικαιροποίησης των Περιβαλλοντικών Δεικτών σε συχνότητα που θα καθοριστεί από την Εγνατία Οδό.
- Σε μελλοντική ανάθεση ή ίδια παρακολούθηση των επιπέδων ρύπανσης επί του αυτοκινητοδρόμου της Εγνατίας Οδού Α.Ε., αναγκαιεί κάποια από τα σημεία να επανεκτιμηθούν, προκειμένου: (α) να διερευνηθεί πιθανή μείωση (για λόγους οικονομίας) ή γειννίασης, (β) να διατηρηθούν ή επικαιροποιηθούν τα πλέον αντιπροσωπευτικά σημεία των τμήματων της Εγνατίας Οδού (λαμβάνοντας υπόψη και νέα έργα, επεκτάσεις,

παρεμβάσεις). Για παράδειγμα το σημείο Ασπροβάλτα στο εργοτάξιο του Δήμου θα μπορούσε να παραληφθεί (μη αντιπροσωπευτικός, γειτνίαση με Σταθμό Αποχιονισμού Ε.Ο.Α.Ε. Ασπροβάλας), και στην περιοχή της Καβάλας, οι μετρήσεις να γίνονται στον Σταθμό Αποχιονισμού παραπλεύρως του αυτοκινητόδρομου ως πιο αντιπροσωπευτικές σε σχέση με το χώρο στάθμευσης του Νοσοκομείου Καβάλας.

Πέραν των γενικότερων μέτρων για την παρακολούθηση των εκπομπών και της επίδρασης της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα του αέρα, οι σήραγγες θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με επιπλέον προσοχή. Στόχος είναι η επίτευξη επαρκούς αερισμού μέσω καλών πρακτικών που θα προϋποθέτουν τη διασφάλιση της ποιότητας αέρα ως προς τα θεσμοθετημένα κριτήρια για την υγεία και την εξασφάλιση της ορατότητας. Περαιτέρω μέτρα περιβαλλοντικής διαχείρισης που προτείνονται περιλαμβάνουν:

- Τη συχνή και επαρκή χρήση των συστημάτων εξαερισμού όπου διατίθενται. Τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα από εγκατεστημένους αισθητήρες παρακολούθησης πλησίον των συστημάτων εξαερισμού, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες επαρκούς εξαερισμού και μέσω αυτών να καθορίζεται η συχνότητα και η διάρκεια της λειτουργίας τους.
- Τη διασφάλιση λειτουργίας όλων των λωρίδων κίνησης εντός των σηράγγων στο μέγιστο δυνατό και ελαχιστοποίηση έργων συντήρησης κατά της ώρες αυξημένης κίνησης. Η εξομάλυνση των ροών κυκλοφορίας στα σημεία εισόδου και εξόδου για την αποφυγή συμφόρησης, συντομεύει τη διάρκεια της διαδρομής της σήραγγας, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές οχημάτων μέσα στη σήραγγα.

Στην περίπτωση που κατασκευαστούν μελλοντικά επιπλέον σήραγγες ή πραγματοποιηθούν βελτιώσεις στις υφιστάμενες υποδομές, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα στην κλίση των σηράγγων, ώστε τα οχήματα να κινούνται με ασφάλεια προς αποφυγή ατυχημάτων και εκπομπή επιπλέον ρύπων, αλλά και μετριασμό της



συγκέντρωσης στα σημεία καμψής (αποτελεσματικότερος εξαερισμός). Επίσης, ενθαρρύνονται η έρευνα και έργα σχετικά με κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των δρόμων που επηρεάζουν ή μειώνουν τις εκπομπές ρύπων (π.χ. φωτοκαταλυτικά υλικά).

4. Σύνοψη Αποτελεσμάτων Υπολογισμού και Προτάσεις Μείωσης

Ανθρακικού Αποτυπώματος

4.1 Υπολογισμός Ανθρακικού Αποτυπώματος

Στο κεφ. 6 της 2^{ης} Τεχνικής Έκθεσης περιλαμβάνονται οι υπολογισμοί του ανθρακικού αποτύπωματος (ΑΑ) της Εγνατίας Οδού για κάθε Πεδίο ξεχωριστά, όπου με τη βοήθεια αναλυτικών πινάκων καταγράφονται οι ισοδύναμες εκπομπές CO₂ για κάθε δραστηριότητα, όπως αυτές υπολογίζονται από τα πρωτογενή ή δευτερογενή δεδομένα εισόδου.

Το συνολικό Ανθρακικό Αποτύπωμα για το έτος αναφοράς 2014 υπολογίστηκε στους **602,553.39 tCO₂e**. Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα ανά Πεδίο, διαπιστώνουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών θερμοκηπικών αερίων οφείλεται στις άμεσες εκπομπές του Πεδίου 1 (533,474.82 tCO₂e ή 88.5% του συνόλου), ακολουθούμενο από τις έμμεσες εκπομπές του Πεδίου 2 (61,579.67 tCO₂e ή 10.2% του συνόλου) και τις έμμεσες εκπομπές του Πεδίου 3 (7,498.9 tCO₂e ή 1.3% του συνόλου). Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των εκπομπών ανά Πεδίο και δραστηριότητα:

Πίνακας 4.1: Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2014

Εκπομπές Πεδίου 1		Εκπομπές Πεδίου 2		Εκπομπές Πεδίου 3	
	tCO ₂ e		tCO ₂ e		tCO ₂ e
Σταθερές Πηγές Καύσεως	377.57	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	61579.67	Απώλειες Ηλεκτρικής Ενέργειας	1847.39
Κινητές Πηγές Καύσεως (Οχήματα ΕΟΑΕ)	157.31			Μετακινήσεις Προσωπικού	752.18
Διαρροές αερίων από μονάδες κλιματισμού/ψύξης	114.34			Διάθεση Απορριμάτων	55.06
Κινητές Πηγές Καύσεως (Τελικοί Χρήστες)	532825.60			Εκπομπές Υπεργολάβων	4844.27
Σύνολο	533474.82	Σύνολο	61579.67	Σύνολο	7498.9
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ:					602553.39 tCO₂e

Σε ότι αφορά στις εκπομπές από πλευράς δραστηριοτήτων, το μεγαλύτερο ποσοστό (88.3%) προέρχεται από την κυκλοφορία των οχημάτων, όπως αναμενόταν. Ακολουθεί η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με 10.2% επί του συνόλου, οι εκπομπές υπερβολών με 0.8%, οι απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας με 0.3% και οι μετακινήσεις προσωπικού με 0.1%, με τις λοιπές δραστηριότητες να έχουν αμελητέα συνεισφορά στο συνολικό ΑΑ.

Συγκρίνοντας το ΑΑ της Εγνατίας Οδού (Πίνακας 4.2), με το ΑΑ Αυτοκινητοδρόμων Ταχείας Κυκλοφορίας σε Ηνωμένο Βασίλειο και Ινδία, για τους οποίους έχουν γίνει αντίστοιχοι υπολογισμοί (*Assessment of the carbon footprint of the M6 Toll Motorway, 2008* και *Asian Development Bank Evaluation Study, Reducing Carbon Emissions from Transport Projects, 2010*), διαπιστώνουμε ότι στο κομμάτι λειτουργίας και πιο συγκεκριμένα σε ότι αφορά τις εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων, ο δείκτης εκπομπών **tCO₂e/km** της Εγνατίας εμφανίζεται συγκριτικά χαμηλότερος σε σχέση με τους αντίστοιχους άλλους δύο δείκτες:

Πίνακας 4.2: Δείκτης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ανά οδικό χλμ. για το στάδιο λειτουργίας σε τρεις Αυτοκινητόδρομους Ταχείας Κυκλοφορίας

Αυτοκινητόδρομος	Στάδιο λειτουργίας
	tCO ₂ e/km
Εγνατία Οδός - Ελλάδα	800
M6 Toll Motorway – Ηνωμένο Βασίλειο	4370
Indian Highways (New construction projects) - Ινδία	3180-3300

Αυτο οφείλεται στο ότι οι κυκλοφοριακές ροές δεν είναι ομοιόμορφες καθ' όλο το μήκος της Εγνατίας (657 χιλιόμετρα), αλλά εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις, με το μεγαλύτερο τμήμα της Οδού να έχει χαμηλό αριθμό διελεύσεων (σε Ήπειρο, Δυτική Μακεδονία, Ανατολική Μακεδονία και Θράκη), και εξαίρεση τα οδικά τμήματα κοντά στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης, όπου ο αριθμός διελεύσεων είναι αντίστοιχος με αυτόν σε Ηνωμένο Βασίλειο και Ινδία.

Σε ότι αφορά στο στάδιο της συντήρησης, αντίστοιχη μελέτη του 2001 για τους σουηδικούς αυτοκινητόδρομους (Life Cycle Assessment of Roads, Stripple 2001), υπολόγισε τον δείκτη εκπομπών στους 50 tCO₂e/km/έτος συνδυαστικά για το στάδιο κατασκευής και συντήρησης του οδικού δικτύου. Σύμφωνα με τη μελέτη, το 80% του αποτυπώματος προέρχεται από το στάδιο κατασκευής, επομένως οι εκπομπές από την ετήσια συντήρηση του οδικού δικτύου ανέρχονται στους 10 tCO₂e/km/έτος κατά προσέγγιση. Να σημειωθεί ότι στην τιμή αυτή περιλαμβάνονται και οι εκπομπές από τον φωτισμό του αυτοκινητόδρομου. Αντίστοιχα, για την Εγνατία Οδό, ο δείκτης υπολογίζεται στους 7.3 tCO₂e/km/έτος, λαμβάνοντας υπόψη τις εκπομπές υπερβολάβων, αλλά χωρίς να συμπεριλαμβάνεται ο φωτισμός, τιμή που κινείται στην ίδια τάξη μεγέθους.

4.2 Προτεινόμενα μέτρα μείωσης του Ανθρακικού Αποτυπώματος Εγνατίας Οδού

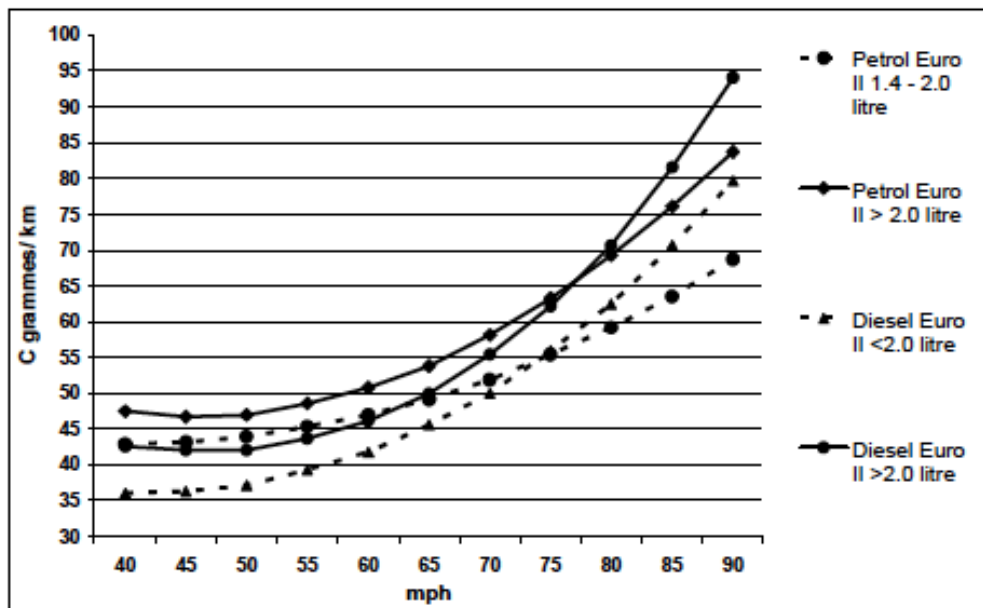
Ο υπολογισμός του Ανθρακικού Αποτυπώματος της Ε.Ο.Α.Ε., έχει απώτερο στόχο, όπως έχει προαναφερθεί, την μείωση των εκπομπών άνθρακα σε βάθος χρόνου, με πολλαπλά οφέλη τόσο για την ίδια την εταιρεία, όσο και για το περιβάλλον. Η κατανομή των ετήσιων εκπομπών ανά δραστηριότητα, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1, μας παρέχει την δυνατότητα να αναγνωρίσουμε ποιές δραστηριότητες συνεισφέρουν περισσότερο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να είμαστε σε θέση να προτείνουμε και να εφαρμόσουμε συγκεκριμένα μέτρα και ενέργειες, που θα οδηγήσουν σε μια σταδιακή μείωση του ΑΑ σε βάθος χρόνου, με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Στην συνέχεια, παρουσιάζεται μία σειρά μέτρων μείωσης του ΑΑ, τα οποία κατατάσσονται ανά δραστηριότητα και κατά σειρά προτεραιότητας, όσον αφορά στην αποτελεσματικότητά τους και το βαθμό στον οποίον μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές μειώσεις, με το μικρότερο δυνατό κόστος (σε κάποιες περιπτώσεις, δεν αποκλείεται ο συνολικός οικονομικός απολογισμός από την υιοθέτηση κάποιων μέτρων, να είναι θετικός για την εταιρεία). Καθώς ο κύριος όγκος των εκπομπών προέρχεται από την κυκλοφορία των οχημάτων και σε δεύτερο βαθμό από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, είναι λογικό η πλειονότητα των μέτρων τα οποία προτείνονται να αφορούν στις δύο αυτές δραστηριότητες:

Μέτρα μείωσης ΑΑ από την κυκλοφορία των οχημάτων:

Α) Μείωση του ορίου ταχύτητας: Μελέτες που έχουν γίνει, τόσο από τη Διεθνή Υπηρεσία Ενέργειας (Saving Oil and Reducing CO₂ Emissions in Transport, IEA Report 2001), όσο και από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης (Environment Change Institute), εκτιμούν ότι η μείωση του ορίου ταχύτητας στα 90 χλμ/ώρα σε αυτοκινητόδρομους ταχείας κυκλοφορίας, επιφέρει δραστικές μειώσεις της κατανάλωσης καυσίμου και επακολούθως των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, κατά 20-30% (Σχήμα 4.1). Πρόκειται για ένα μέτρο χαμηλού κόστους, το οποίο όμως συγκριτικά μπορεί να επιφέρει σημαντικές μειώσεις στο Ανθρακικό Αποτύπωμα.

Η επιτυχία του μέτρου αυτού, εξαρτάται από τα συμπληρωματικά μέτρα που θα ληφθούν για την τήρηση των νέων ορίων ταχύτητας, όπως η εγκατάσταση καμερών ελέγχου ταχύτητας καθ' όλο το μήκος της Οδού, η αστυνομική επιτήρηση κτλ.



Σχήμα 4.1: Επίδραση της ταχύτητας διαφόρων τύπων οχημάτων στις εκπομπές άνθρακα (Oxford University, ECI)

Β) Ελάττωση των αυξομειώσεων ταχύτητας των οχημάτων – εξομάλυνση κυκλοφοριακής ροής: Ένα επίσης σημαντικό ποσοστό μείωσης εκπομπών, μπορεί

να επιτευχθεί μέσω της διατήρησης σταθερών ταχυτήτων κατά μήκος του οδικού δικτύου, με μείωση των σημείων όπου τα οχήματα αναγκάζονται να σταματήσουν και να επανεκκινήσουν κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι σταθμοί διοδίων, όπου τα διερχόμενα οχήματα επιβραδύνουν, έρχονται σε στάση και στη συνέχεια επιταχύνουν, με επακόλουθη επιβάρυνση των αέριων εκπομπών. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η κατάργηση των μόνιμων σταθμών και η αυτοματοποίηση της είσπραξης των διοδίων, με την εγκατάσταση ειδικών πομπών στα οχήματα που υπολογίζουν το μήκος της διαδρομής που διανύεται εντός του αυτοκινητόδρομου, τη χρήση αυτόματης αναγνώρισης των πινακίδων κυκλοφορίας στα σημεία εισόδου-εξόδου ή τη χρήση δορυφορικών συστημάτων GPS για την παρακολούθηση της διαδρομής κάθε οχήματος.

Το κόστος εφαρμογής τέτοιων σύγχρονων μορφών χρέωσης της οδικής χρήσης ενός αυτοκινητόδρομου είναι σημαντικό και εξαρτάται από την εκάστοτε τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί και το εύρος εφαρμογής της, τους μηχανισμούς υποστήριξης και ελέγχου και άλλους παράγοντες.

Γ) Βελτίωση της οδικής συμπεριφοράς: Η αλλαγή της οδικής συμπεριφοράς είναι ικανή να επιφέρει μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και αντίστοιχες μειώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και άλλων ρύπων. Μία επιτυχημένη καμπάνια ενημέρωσης των οδηγών Ι.Χ. αλλά και των επαγγελματιών (αντίστοιχη της καμπάνιας EcoDrive της Ε.Ε.), μέσω φυλλαδίων στα σημεία εισόδου-εξόδου, τηλεοπτικών-ραδιοφωνικών σποτ, φωτεινών πινάκων ανακοινώσεων κατά μήκος της Οδού κ.α., θα μπορούσε να έχει σημαντικό όφελος, με σχετικά χαμηλό κόστος.

Η βελτίωση της οδικής συμπεριφοράς και η προσαρμογή των οδηγών στα σύγχρονα τεχνολογικά πρότυπα των κινητήρων, έγκειται σε πέντε βασικούς κανόνες, οι οποίοι εξασφαλίζουν μία έξυπνη, ομαλή και ασφαλή οδήγηση που επιφέρει μειώσεις της τάξης του 5-10% στην κατανάλωση καυσίμου:

- **Αλλαγή ταχύτητας σε χαμηλές στροφές:** Ανέβασμα ταχύτητας μεταξύ 2000 και 2500 στροφών.
- **Διατήρηση σταθερής ταχύτητας:** Οδήγηση κατά το δυνατόν με την υψηλότερη ταχύτητα στο κιβώτιο (5η ή 6η) και με χαμηλό αριθμό στροφών του κινητήρα.

- **Πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ροής:** Παρατήρηση και πρόβλεψη της κίνησης των διπλανών/προπορευόμενων οχημάτων.
- **Ομαλή επιβράδυνση:** Κατά την επιβράδυνση του οχήματος, να αποφεύγεται το απότομο φρενάρισμα και να επιδιώκεται αργή επιβράδυνση με σταδιακή απελευθέρωση του γκαζιού και ταχύτητα στο κιβώτιο.
- **Συχνός έλεγχος της πίεσης των ελαστικών:** Μία πίεση 25% χαμηλότερη από την προβλεπόμενη, αυξάνει την αντίσταση κύλισης κατά 10% και την κατανάλωση καυσίμου κατά 2%.

Δ) Πράσινο Φόρο – Σύνδεση των τελών κυκλοφορίας με τις εκπομπές ρύπων: Σε αρκετές χώρες πλέον έχει αρχίσει και εφαρμόζεται η σύνδεση των τελών κυκλοφορίας ή των ασφαλιστρών με την οδική χρήση ή τις ποσότητες εκπομπών των οχημάτων. Για παράδειγμα, το ασφαλιστικό πρόγραμμα “My Rate” στις Η.Π.Α. προσφέρει έκπτωση έως και 60% στα ασφάλιστρα εάν το όχημα καλύπτει λιγότερα χιλιόμετρα σε ένα έτος ή κινείται με ομαλές ταχύτητες (λιγότερες απότομες επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις). Η οδηγική συμπεριφορά καταγράφεται από μία συσκευή, η οποία εγκαθίσταται στον υπολογιστή του οχήματος και μεταδίδει δεδομένα ημερησίως σε ένα κεντρικό διαμετακομιστή στα γραφεία της εταιρείας, με χαμηλό σχετικά κόστος. Παρόμοια ασφαλιστικά προγράμματα “Pay-as-you-drive” έχουν ξεκινήσει και σε άλλες χώρες, όπως η Αυστραλία, το Ισραήλ, η Νότιος Αφρική και το Ηνωμένο Βασίλειο, με εκτιμώμενες μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της τάξης του 6-15%.

Μέτρα μείωσης ΑΑ από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας:

Α) Επιλογή εναλλακτικού παρόχου: Το Ανθρακικό Αποτύπωμα από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, είναι δυνατόν να μειωθεί με την επιλογή εναλλακτικού παρόχου. Για να υπάρξει πραγματική μείωση, θα πρέπει ο εναλλακτικός πάροχος να είναι ταυτόχρονα και παραγωγός ηλεκτρικού ρεύματος (υπάρχουν πάροχοι οι οποίοι απλά αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από την ΔΕΗ και μετά την μεταπωλούν σε ιδιώτες και επιχειρήσεις), με ενεργειακό χαρτοφυλάκιο που να περιλαμβάνει «καθαρές» μονάδες παραγωγής, όπως για παράδειγμα

παραγωγή από φυσικό αέριο με τεχνολογία συνδυασμένου κύκλου ή ανανεώσιμες πηγές. Υπολογίζεται ότι με αυτό το μέτρο θα μπορούσαν να επιτευχθούν δραστικές μειώσεις, της τάξης του 45-50%.

Β) Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας από τον φωτισμό: Μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης από τον φωτισμό, μπορεί να επιτευχθεί με την υιοθέτηση των εξής δράσεων:

- Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες LED χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Η δράση αυτή αφορά πρωτίστως τον φωτισμό του οδικού δικτύου, όπου όμως πρέπει να προηγείται μελέτη φωτισμού όταν πρόκειται για την αντικατάσταση στοιχείων εκκένωσης υψηλής έντασης (EYE), όπως είναι οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης και οι λαμπτήρες αλογονιδίων μετάλλων, με στοιχεία LED.
- Εξοικονόμηση ενέργειας με περιορισμένη χρήση φωτισμού σε τμήματα του οδικού δικτύου όπου η κυκλοφορία είναι μειωμένη κατά τις νυχτερινές ώρες, πάντα με κύριο γνώμονα την ασφάλεια και την αποφυγή ατυχημάτων.

Γ) Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές: Αντιστοίχως, η κατανάλωση ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές στους εργασιακούς χώρους της Εγνατίας Οδού Α.Ε., μπορεί να μειωθεί με τις εξής δράσεις:

- Αντικατάσταση παλαιών ενεργοβόρων συσκευών με νέες ενεργειακής κλάσης A++, A+ και A.
- Τοποθέτηση ηλιακών θερμοσίφωνων όπου απαιτείται για τις ανάγκες χρήσης ζεστού νερού. Με κάθε ηλιακό θερμοσίφωνα εξοικονομούνται ετησίως 1.5 τόνοι CO₂.
- Εξορθολογισμός στην χρήση κλιματιστικών για ψύξη/θέρμανση, με κλειστά παράθυρα ώστε να αποφεύγονται διαρροές θερμότητας και μείωση του θερμοστάτη κατά 1°C.

- Σβήσιμο ηλεκτρονικών συσκευών (κυρίως υπολογιστές) όταν αυτές δεν χρησιμοποιούνται.

Μέτρα μείωσης ΑΑ από λοιπές δραστηριότητες:

Α) Μείωση ΑΑ από σταθερές πηγές καύσης: Αντικατάσταση παλαιών συσκευών εσωτερικής καύσης (π.χ. καυστήρων, γεννητριών) με καύσιμο πετρέλαιο ντίζελ, με νέες φυσικού αερίου.

Β) Μείωση ΑΑ από κινητές πηγές καύσης: Εξορθολογισμός της χρήσης των ιδιόκτητων οχημάτων, μείωση διαδρομών, αντικατάσταση παλαιών οχημάτων με νέα χαμηλών εκπομπών CO₂, βελτίωση οδηγικής συμπεριφοράς.

Γ) Μείωση ΑΑ από μετακινήσεις προσωπικού: Χρήση των μέσων μαζικής συγκοινωνίας για τις μετακινήσεις του προσωπικού από/προς τον χώρο εργασίας, επέκταση του θεσμού “travel share” (μετακινήσεις με κοινό μέσο, π.χ. αυτοκίνητο, για εργαζόμενους που εργάζονται στον ίδιο χώρο και κατοικούν σχετικά κοντά), χρήση λιγότερο ρυπογόνων μέσων (π.χ. τρένο αντί αεροπλάνο) για τις εγχώριες εκτός έδρας μετακινήσεις.

Δ) Μείωση ΑΑ από εκπομπές υπερβολάβων: Χρήση λιγότερο ρυπογόνων κατασκευαστικών υλικών, όπου αυτό είναι δυνατόν και ενημέρωση του εμπλεκόμενου προσωπικού για δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας/μείωσης ΑΑ όσον αφορά την κατανάλωση καυσίμων, ηλεκτρικού ρεύματος κτλ.

4.3 Χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία

[1] J. Fairburn and G. Pugh, “An assessment of the carbon footprint of the M6 Toll Motorway in the UK”, Institute for Environment, Sustainability and Regeneration, Staffordshire University, 2008.

[2] “Reducing Carbon Emissions from Transport Projects”, Asian Development Bank Evaluation Study, 2010.



- [3] “Life Cycle Assessment of Road Construction”, Finnish National Road Administration, 2000.
- [4] H. Stripple, “Life Cycle Assessment of Roads, A Pilot Study for Inventory Analysis”, 2001.
- [5] “Reducing Transport GHG Emissions, Opportunities and Costs”, OECD Report 2010.
- [6] “Corporate Accounting and Reporting Standard”, World Resources Institute/World Business Council on Sustainable Development (WRI/WBCSD), 2004.
- [7] “Corporate Value Chain (Scope 3): Accounting and Reporting Standard” (WRI/WBCSD), 2011.
- [8] D. Greene and H. Baker, “Reducing Greenhouse Gas Emissions from U.S. Transportation”, Center for Public Policy 2011.

5. Δείκτης ENV02 «Επιβάρυνση της Ατμόσφαιρας σε ρύπους»

5.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση, ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη ENV02 στοχεύει στον προσδιορισμό της συμβολής του άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται για τους ρύπους CO (μονοξείδιο του άνθρακα), VOC (υδρογονάνθρακες), NOx (οξειδία του αζώτου), SOx (οξειδία του θείου) και PM (αιωρούμενα σωματίδια). Επιπλέον, προσδιορίζει τις ετήσιες εκπομπές σε CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα) ως δείκτη της συμβολής του αυτοκινητόδρομου σε περιβαλλοντικά προβλήματα παγκόσμιας/ περιφερειακής κλίμακας όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή. Θα πρέπει να τονιστεί ότι το μεν CO₂ ως κύριο θερμοκηπικό αέριο και δεδομένου του μεγάλου χρόνου ζωής του, έχει σχετικά ομοιογενή κατανομή και επιπτώσεις κυρίως σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ αντιθέτως τα PM έχουν ανομοιογενή κατανομή με έντονα τοπικά/περιοχικά χαρακτηριστικά και μπορούν να επηρεάσουν πιο άμεσα το μικροκλίμα μιας περιοχής. Οι υπόλοιποι ρύποι (επιπροσθέτως των PM) που υπεισέρχονται στον υπολογισμό των ΠΔ σχετίζονται κυρίως με επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, είτε άμεσα είτε έμμεσα αφού δρουν ως πρόδρομες ενώσεις που ελέγχουν τις συγκεντρώσεις του O₃ (όζοντος).

5.2 Προσθετικά και Καινοτόμα Στοιχεία

Στο παρόν έργο χρησιμοποιούνται συνεργατικά τα εργαλεία των διαφορετικών εργασιών (τυπικές και επιπλέον μετρήσεις, μοντέλο ανθρακικού αποτυπώματος, μοντέλα ποιότητας του αέρα κλπ) για την παρακολούθηση των ΠΔ, και υιοθετείται μια νέα προσέγγιση που στηρίζεται στην εφαρμογή των παραπάνω εργαλείων σε διαφορετικές χωρικές και χρονικές κλίμακες (σημειακή-τοπική-περιφερειακή και ωριαία-ημερήσια-μηνιαία-ετήσια κατ' αντιστοιχία), η οποία οδηγεί στη σημαντική βελτίωση της πληρότητας και αποτελεσματικότητας της χρήσης των ΠΔ. Σκοπός είναι οι παραπάνω δείκτες να διατηρούν την αυτονομία και αυτοτέλειά τους, αλλά και να αποτελούν συνδυαστικά ένα μέτρο των επιβαρύνσεων στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Όλα τα παραπάνω αναμένεται να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση του περιβαλλοντικού προφίλ της Ε.Ο.Α.Ε., ως

προς την παρακολούθηση και τήρηση των σχετικών περιβαλλοντικών όρων. Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται να ενισχυθεί το προφίλ της Αναθέτουσας Αρχής, με σαφή και μετρήσιμα δεδομένα, με ποιοτικά και ποσοτικά διαβαθμισμένους ΠΔ, αναφορικά με την εναρμόνισή της με τις σχετικές οδηγίες και υποχρεώσεις, αλλά και την ευαισθησία της στη παρακολούθηση των επιπτώσεων στο Περιβάλλον και το Κλίμα, από τις διαφορετικές τμηματικές δράσεις λειτουργίας του Αυτοκινητοδρόμου.

Η ποσοτικοποίηση της συμβολής του άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση τρισδιάστατου μοντέλου ατμοσφαιρικής χημείας που θα παράσχει το υπόβαθρο των συγκεντρώσεων στην περιοχή ενδιαφέροντος αλλά και στην συνεισφορά του στα περιφερειακά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Όσον αφορά στις εκπομπές του CO₂, ο υπολογισμός τους σε kg/km/έτος με την ανάπτυξη εφαρμογή του μοντέλου υπολογισμού εκπομπών CO₂, επιτρέπει την αποτύπωση του συνολικού (αλλά και τμηματικά) ανθρακικού αποτυπώματος από τη λειτουργία στο σύνολό της της Ε.Ο.Α.Ε. Ο δείκτης εκφράζει το ρυθμό των εκπομπών CO₂ ανά χιλιόμετρο κατασκευασμένης οδού και αποδίδει το συνολικό βαθμό συμβολής των λειτουργικών δραστηριοτήτων του φορέα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή.

5.3 Ανάλυση μεθοδολογίας υπολογισμού ENV02 «Επιβάρυνση της ατμόσφαιρας σε ρύπους»

Ο Περιβαλλοντικός Δείκτης (ΠΔ) ENV02 θα περιλαμβάνει διαφορετικές συνιστώσες και θα διαμορφωθεί έτσι ώστε να προσδιορίζει ταυτόχρονα το βαθμό συμβολής του άξονα στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται, αλλά και σε περιβαλλοντικά προβλήματα παγκόσμιας/ περιφερειακής κλίμακας, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η κλιματική αλλαγή.

Πιο συγκεκριμένα θα περιλαμβάνει τις παρακάτω συνιστώσες:

- Αριθμό υπερβάσεων των θεσμοθετημένων ορίων. Οι υπερβάσεις αυτές θα βασίζονται σε μετρήσεις που γίνονται σε διαφορετικές περιοχές κατά

μήκος του άξονα. Η συνιστώσα αυτή είναι στην ουσία ο παλιός δείκτης ENV02, ο οποίος υπολογιζόταν μέχρι σήμερα από υπάρχοντα δεδομένα.

- Υπολογισμό ενός δείκτη ποιότητας του αέρα ο οποίος θα βασίζεται σε μετρήσεις που γίνονται σε διαφορετικές περιοχές κατά μήκος του άξονα.
- Υπολογισμός της επίπτωσης στην Περιφερειακή ρύπανση ο οποίος θα βασίζεται στα αποτελέσματα προσομοιώσεων με τρισδιάστατο σύστημα μοντέλων ποιότητας του αέρα.
- Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων.
- Εκπομπές CO₂.

Συνοπτικά, οι **συνιστώσες του δείκτη** διαμορφώνονται όπως παρακάτω:

- ENV2.1: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΩΝ ΟΡΙΩΝ
- ENV2.2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ
- ENV2.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ
- ENV2.4: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ
- ENV2.5: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζεται αναλυτικά για τις παραπάνω συνιστώσες του ENV02 καθώς και αποτελέσματα από την εφαρμογή τους.

5.4 Αριθμός υπερβάσεων θεσμοθετημένων ορίων (ENV2.1)

5.4.1 Ορισμός – Σκοπιμότητα

Αυτή η συνιστώσα του δείκτη προσδιορίζει τον βαθμό συμβολής του άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται για τους ρύπους CO (μονοξείδιο του άνθρακα), NO₂ (διοξείδιο του αζώτου), SO₂ (διοξείδιο του θείου), O₃ (όζον), PM₁₀ (αιωρούμενα σωματίδια), PM_{2,5} (αιωρούμενα σωματίδια), BC (μαύρο άνθρακα).

5.4.2 Αποτελέσματα – Εκτίμηση

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιβάρυνση που αποφέρει η λειτουργία της Εγνατίας Οδού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών, με ιδιαίτερη έμφαση στα επιβαρημένα από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου τμήματα, καθώς επίσης και σε αυτά που διέρχονται από περιοχές ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Οι δειγματοληπτικές μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτελέσθηκαν κατά τους μήνες Νοέμβριο 2015 και Ιούνιο 2016 από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για όλους τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.1: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

α/α	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2,5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Παρά το γεγονός ότι οι μετρήσεις Όζοντος και Διοξειδίου του Θείου θα μπορούσαν να παραληφθούν, διότι το μεν Όζον είναι δευτερογενής ρύπος, με υψηλά επίπεδα υποβάθρου, ο οποίος δεν προέρχεται από την αποκλειστική λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου όπως η Εγνατία Οδός, ενώ το Διοξείδιο του Θείου δεν αποτελεί πλέον σημαντικό ρυπαντή, λόγω της βελτίωσης της ποιότητας των καυσίμων, κρίθηκε σκόπιμο στα πλαίσια της καταγραφής να μετρηθούν και αυτοί οι ρύποι.

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Νοέμβριο του έτους 2015 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι αέριοι ρύποι που παρακολούθηθηκαν και τα αντίστοιχα τμήματα της οδού, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 5.2: Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ01	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	Θ16	ΜΑΛΓΑΡΑ
Θ02	ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ	Θ17	ΧΑΛΑΣΤΡΑ
Θ03	ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ	Θ18	ΚΑΛΟΧΩΡΙ
Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ	Θ19	ΔΙΑΒΑΤΑ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ	Θ20	ΤΙΤΑΝ
Θ06	ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	Θ21	ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	Θ22	ΣΤΡ.ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 424
Θ08	ΓΡΕΒΕΝΑ	Θ23	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ
Θ09	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	Θ24	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ
Θ10	ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	Θ25	ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ
Θ11	ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ	Θ26	ΑΠΟΧΙΟΝ.ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ	Θ27	ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ
Θ13	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑΣ	Θ28	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ
Θ14	ΝΗΣΕΛΙ	Θ29	ΔΙΟΔΙΑ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
Θ15	ΚΛΕΙΔΙ	Θ30	ΑΠΟΧ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

Οι θέσεις Θ04, Θ05, Θ07 και Θ12 αφορούν τις μετρήσεις εντός σηράγγων και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν σε ξεχωριστή αναφορά σύμφωνα με τις συνθήκες και τα όρια που ισχύουν.

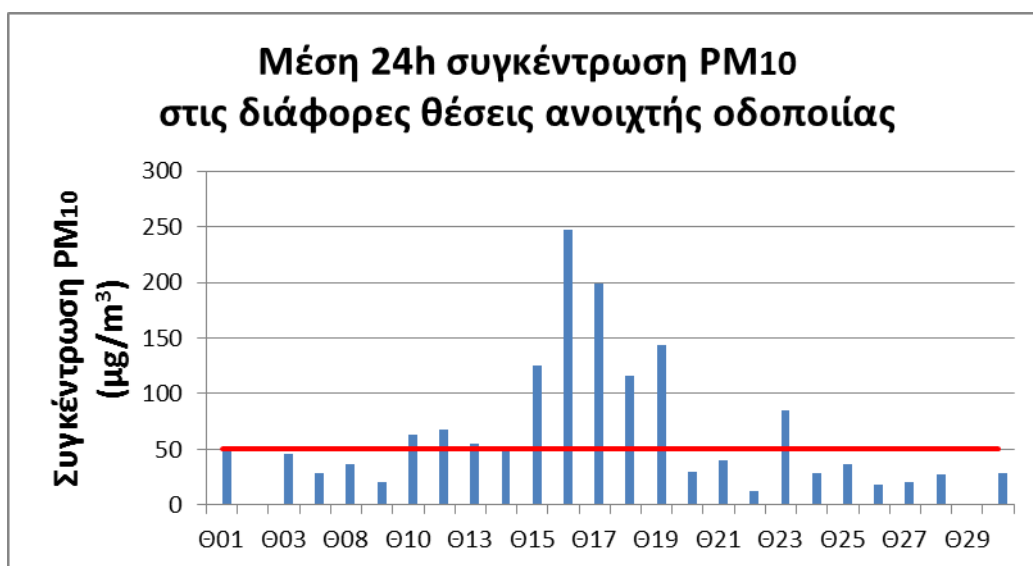
Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι αντιπροσωπευτικές και βάση αυτών μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

5.4.2.1 Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀)

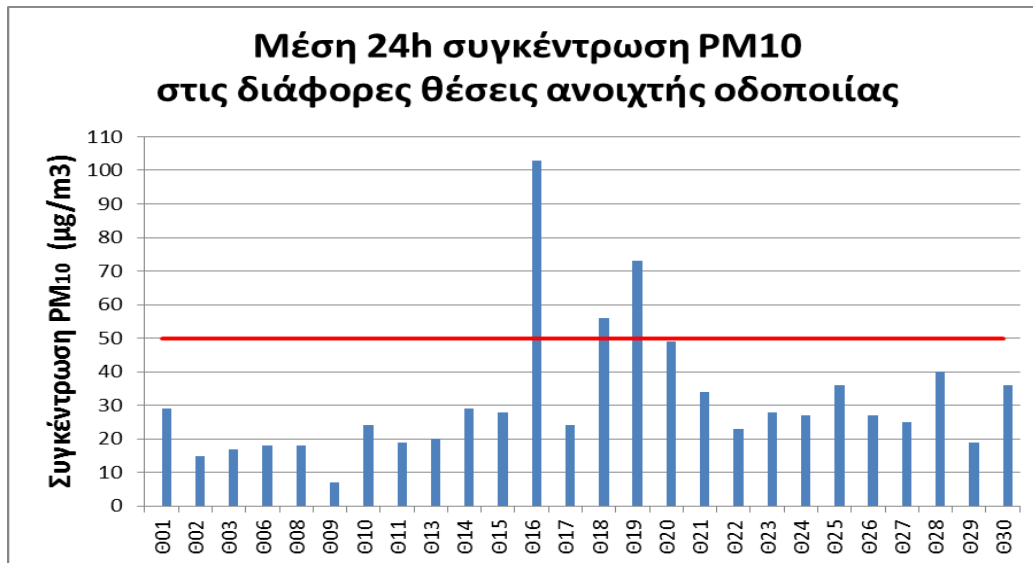
Οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων υλοποιήθηκαν για 24 ώρες σε κάθε γεωγραφική θέση. Κατά τη δειγματοληψία διεξήχθησαν προσπάθειες ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές (θέση δειγματοληψίας, φορά αέρα). Για τον

μήνα Νοέμβριο του 2015 τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις θέσεις: Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ ($63 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ ($68 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΒΕΡΟΙΑΣ ($55 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ15 ΚΛΕΙΔΙ ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ ($247 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ ($199 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ ($116 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ ($144 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΔΕΡΒΕΝΙ ($85 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ ($49 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ14 ΝΗΣΕΛΙ ($49 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Όσον αφορά τις μετρήσεις του Ιουνίου του 2016 τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ στις θέσεις: Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ ($103 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ ($56 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ ($73 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ20 ΤΙΤΑΝ ($49 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Σύμφωνα με την νομοθεσία τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ είναι η μέση ημερήσια τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος. Βέβαια, ακόμη και στην περίπτωση αυξημένων ημερήσιων ορίων, είναι σημαντικός ο εντοπισμός του συνόλου των ημερών ανά έτος που παρατηρείται υπέρβαση. Τα αποτελέσματα και των δύο δειγματοληψιών φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό σχήμα.



α)



β)

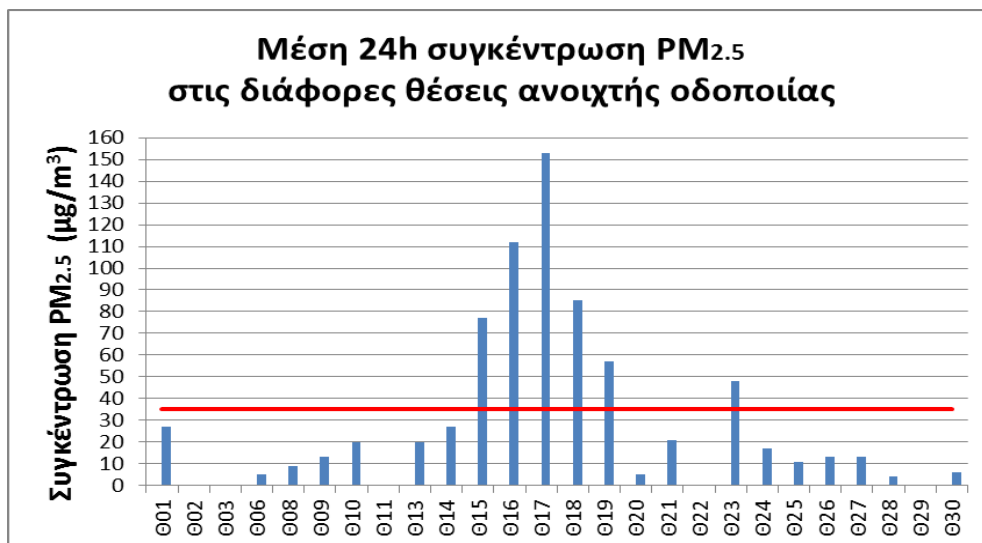
Σχήμα 5.1: Συγκέντρωση PM₁₀ στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας α) Νοέμβριος 2015 β) Ιούνιος 2016

5.4.2.2 Αιωρούμενα Σωματίδια PM_{2,5}

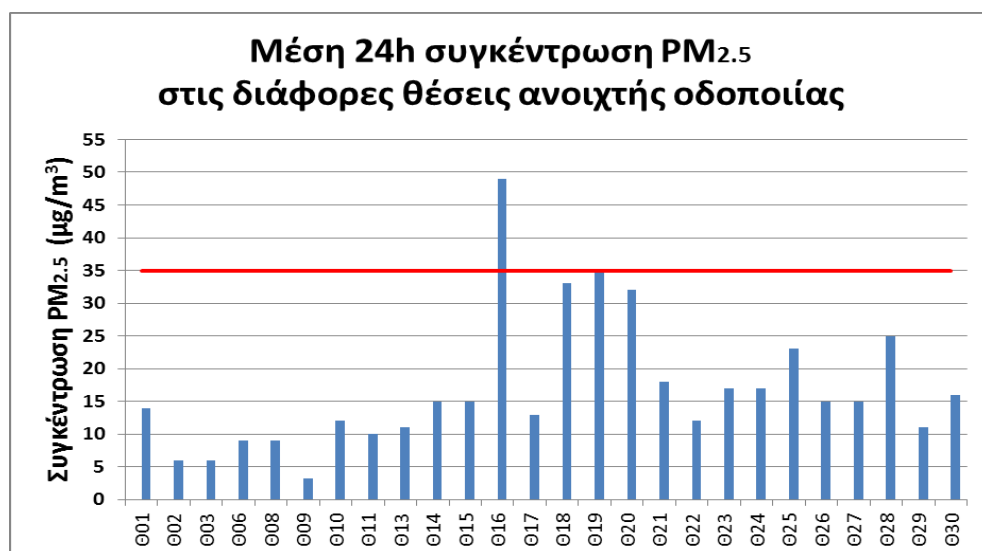
Το θεσμοθετημένο Ευρωπαϊκό όριο για την μέση ετήσια τιμή των αιωρούμενων σωματίδια PM_{2,5} είναι τα 25 µg/m³. Λόγω έλλειψης ετήσιων μετρήσεων θα αναφερθούμε στις υπερβάσεις του ορίου των 35 µg/m³ που έχει προταθεί από την NAAQS/USEPA. Τα αποτελέσματα του Νοεμβρίου 2015 αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 35 µg/m³ στις θέσεις: Θ15 ΚΛΕΙΔΙ (77 µg/m³), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (112 µg/m³), Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ (153 µg/m³), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ (85 µg/m³), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (57 µg/m³), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΔΕΡΒΕΝΙ (48 µg/m³). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΣΤΑ (27 µg/m³), Θ14 ΝΗΣΕΛΙ (27 µg/m³). Εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι θέσεις με την υψηλότερη ρύπανση σε PM₁₀ εμφανίζουν σχεδόν στο σύνολό τους και την υψηλότερη ρύπανση σε PM_{2,5}, χαρακτηριστικό που υποδεικνύει ότι το ποσοστό των PM_{2,5} είναι μεγάλο στις περιοχές αυτές ως προς το σύνολο του κλάσματος PM₁₀.

Όσον αφορά στο μήνα Ιούνιο του 2016 τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις θέσεις: Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ (33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ20 ΤΙΤΑΝ (32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Τα αποτελέσματα των δύο δειγματοληψιών φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό σχήμα.



α)



β)

Σχήμα 5.2: Συγκέντρωση PM_{2.5} στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας α) Νοέμβριος 2015 β) Ιούνιος 2016

5.4.2.3 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Σε καμία θέση οι μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) δεν πλησιάζουν το όριο των 8700 ppb σε οκτάωρη βάση (οι ωριαίες τιμές είναι μικρότερες των 3011 ppb για τον Νοέμβριο του 2015 και των 1463 ppb τον Ιούνιο του 2016).

5.4.2.4 Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Σε καμία θέση ανοιχτής οδοποιίας οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 106 ppb.

5.4.2.5 Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

Σε καμία θέση οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Θείου (SO₂) δεν πλησιάζουν το όριο των 134 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονται πολύ κάτω από το όριο.

5.4.2.6 Όζον (O₃)

Το θεσμοθετημένο Ευρωπαϊκό όριο για την μέγιστη ημερήσια τιμή οκταώρου είναι τα 60 ppb. Καθότι το όζον είναι ένας έμμεσος ρύπος, και όχι πρωτογενής από τη λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου, η μελέτη του χρήζει ιδιαίτερης ανάλυσης η οποία δεν μπορεί να καλυφθεί πλήρως από την τρέχουσα σειρά μετρήσεων και τους σκοπούς της παρούσας μελέτης.

Το μήνα Νοέμβριο 2015 σε καμία θέση οι τυπικές μετρήσεις όζοντος (O₃) δεν πλησιάζουν το όριο των 60 ppb μέση τιμή οκταώρου. Οι μέγιστες μετρήσεις 5-λέπτου παρουσιάστηκαν στην Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ (49ppb), Θ06 ΔΙΟΔΙΑ ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ (46ppb), Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ (57 ppb), Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (49 ppb), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΒΕΡΟΙΑΣ (46 ppb), Θ20 ΤΙΤΑΝ (48 ppb), Θ21 ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ (46 ppb). Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ (48 ppb), Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ (58 ppb).

Όσον αφορά τον Ιούνιο 2016 είναι προφανείς οι αυξημένες τιμές όζοντος σχεδόν στο σύνολο των θέσεων λόγω και της έντονης ηλιοφάνειας που επικρατούσε κατά το μήνα πραγματοποίησης των μετρήσεων οι οποίες παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.3.



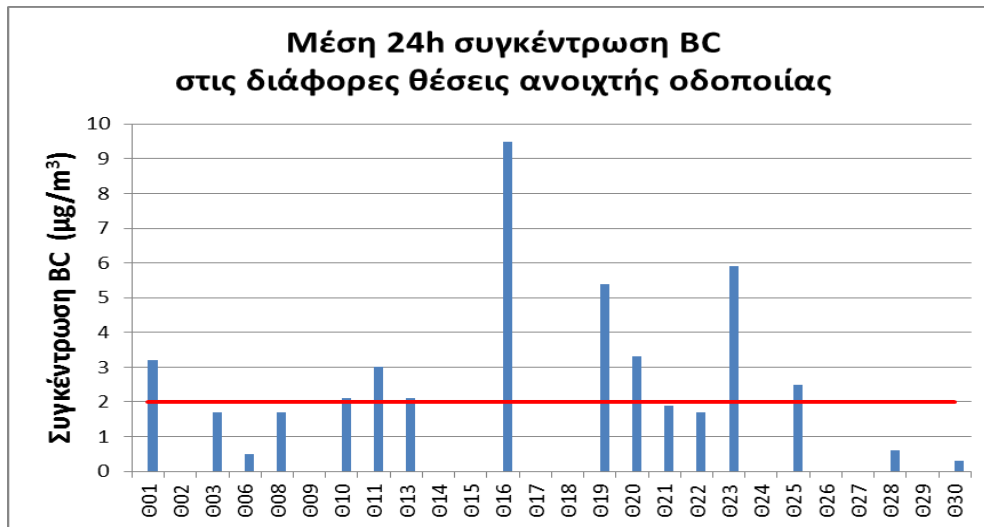
Σχήμα 5.3: Συγκέντρωση O₃ στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας Ιούνιος 2016

5.4.2.7 Μαύρος Άνθρακας (MA ή BC- Black Carbon)

Για τον Μαύρο Άνθρακα το ημερήσιο όριο που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (εμπειρικά από τις μετρήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην Αθήνα στο πλαίσιο της παρακολούθησης του φαινομένου της αιθαλομίχλης). Τα αποτελέσματα της πρώτης δειγματοληψίας το Νοέμβριο 2015 αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο στις θέσεις: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ (3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(20% καύση βιομάζας), Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (34% καύση βιομάζας), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΒΕΡΟΙΑΣ (2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (29% καύση βιομάζας), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (52% καύση βιομάζας), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (35% καύση βιομάζας), Θ20 ΤΙΤΑΝ (3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (15% καύση βιομάζας), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΔΕΡΒΕΝΙ (5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (20% καύση βιομάζας), Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ (2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (19% καύση βιομάζας). Η συνεισφορά της καύσης βιομάζας στις συγκεντρώσεις του MA και κατ' επέκταση στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα μεγαλύτερα του 20% στις περισσότερες θέσεις.

Τα αποτελέσματα της δεύτερης δειγματοληψίας τον Ιούνιο 2016 αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο στις θέσεις: Θ16

ΜΑΛΓΑΡΑ (3,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (11% καύση βιομάζας), Θ20 ΤΙΤΑΝ (3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (11% καύση βιομάζας), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΔΕΡΒΕΝΙ (2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (10% καύση βιομάζας). Η συνεισφορά της καύσης βιομάζας στις συγκεντρώσεις του BC και κατ' επέκταση στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων κυμάνθηκε σε επίπεδα της τάξης του 10% στις περισσότερες θέσεις. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών παρουσιάζονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό σχήμα.



α)



β)

Σχήμα 5.4: Συγκέντρωση BC στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας α) Νοέμβριος 2015 β) Ιούνιος 2016

Συμπερασματικά σχετικά με τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφερθεί ότι: Στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Κοζάνης θεωρείται ότι οι μετρήσεις επηρεάστηκαν από τη μεταφορά σωματιδιακής ρύπανσης από την περιοχή των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ στις περιοχές Πτολεμαΐδας – Κοζάνης. Συνεπώς οι μετρήσεις επιβαρύνθηκαν από παραμέτρους που δεν αφορούν αποκλειστικά στη λειτουργία της Εγνατίας Οδού. Στην περιοχή της Εξωτερικής Περιφερειακής Θεσσαλονίκης, η εμφάνιση αυξημένων τιμών οφείλεται κυρίως στη μεγάλη ανάπτυξη του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης και την συνεπαγόμενη αύξηση της κυκλοφορίας, και την ύπαρξη μεγάλου αριθμού βιοτεχνικών και βιομηχανικών μονάδων (π.χ. εργοστάσιο ΤΙΤΑΝ). Οι μονάδες αυτές, από τη φύση τους είναι σημαντικές πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων, επομένως οι αυξημένες ενδείξεις αφορούν στο γενικότερο πρόβλημα ρύπανσης της περιοχής και δεν είναι αποκλειστική συνέπεια της λειτουργίας του αυτοκινητοδρόμου.

5.4.3 Μεταδεδομένα

5.4.3.1 Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

5.4.3.2 Νομοθεσία

Τα θεσμοθετημένα όρια που ισχύουν ή που θα ισχύσουν για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι στόχοι της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας παρατίθενται στη συνέχεια.

Πίνακας 5.3: Σύνοψη ορίων των ατμοσφαιρικών ρύπων

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	10 mg/m³ ή 8.7 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	10.3 mg/m ³ ή 9 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA

	40 mg/m ³ ή 35 ppb	Μέγιστη ωριαία τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	350 µg/m³ ή 134 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 24 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	125 µg/m³ ή 48 ppb	Μέση ημερήσια τιμή, < 3 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	20 µg/m ³ ή 7.6 ppb	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
	500 µg/m ³ ή 190 ppb	Μέση δεκάλεπτη τιμή	WHO
	197 µg/m ³ ή 75 ppb	Μέση ωριαία τιμή	NAAQS/USEPA
	1310 µg/m ³ ή 500 ppb	Μέση τρίωρη τιμή, <1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	200 µg/m³ ή 106 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 18 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
	40 µg/m ³ ή 21 ppb	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
Όζον (O ₃)	120 µg/m³ ή 60 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010
	100 µg/m ³ ή 50 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	WHO
	140 µg/m ³ ή 70 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	NAAQS/USEPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή, < 35 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005, WHO
Σωματίδια (PM _{2.5})	40 µg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	25 µg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2015
	35 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NAAQS/USEPA
	25 µg/m ³	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
Μόλυβδος (Pb)	0.5 µg/m³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	0.15 µg/m ³	Μέση 3μηνιαία τιμή	NAAQS/USEPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	2-3 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	Εμπειρικό, ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες

		μέσες τιμές: Κων/πολη 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Πεκίνο-Κάιρο 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Αθήνα 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Αθήνα (αιθαλομίχλη) ~3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
--	--	---

5.5 Δείκτης ποιότητας αέρα (ENV2.2)

5.5.1 Σκοπιμότητα - Στόχοι

Ο καθαρός αέρας μπορεί να θεωρηθεί ως η βασική προϋπόθεση για την καλή υγεία και ευζωία τόσο των ανθρώπων όσο και της διατήρησης της χλωρίδας και πανίδας μιας περιοχής. Η ρύπανση είναι αποτέλεσμα των εκπομπών από μια πληθώρα πηγών, στατικές όπως η βιομηχανική και οικιακή καύση ορυκτών καυσίμων, και κινητές πηγές από την καύση βενζίνης και ντίζελ (Brulfert, Chollet et al. 2005) (Parra, Jiménez et al. 2006). Οι συγκεντρώσεις των ρύπων είναι το συνιστάμενο αποτέλεσμα των πρωτογενών εκπομπών από τις πηγές αυτές, των ατμοσφαιρικών διαδικασιών μετασχηματισμού, συμπεριλαμβανομένου του σχηματισμού δευτερογενών ρύπων και της διασποράς, η οποία επηρεάζεται από τα τοπικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά και τις μετεωρολογικές συνθήκες (Turner 1994; Singh 1995).

Αυτές οι ετερογενείς πηγές ρύπων και διεργασίες είναι υπεύθυνες για τις συγκεντρώσεις των ρύπων και παρουσιάζουν μεγάλες χώρο-χρονικές μεταβολές. Οι κάτοικοι μιας τυπικής αστικής περιοχής μπορεί να εκτεθούν σε περίπου 40 μεμονωμένες χημικές ουσίες ή / και ομάδες χημικών προϊόντων, συνολικού ύψους άνω των 100 διαφορετικών χημικών ειδών (WHO 2000a).

Οι δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία που συνδέονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση ενδέχεται να οφείλονται σε βραχυπρόθεσμες (λίγα λεπτά έως 24 ώρες) ή μακροπρόθεσμες (μήνες έως χρόνια και δεκαετίες) εκθέσεις, και οι διάφοροι ρυπαντές μπορεί να έχουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά έκθεσης-αντίδρασης. Μελέτες έχουν αποδείξει τις συσχετίσεις μεταξύ της έκθεσης στους κλασικούς

ρύπους και τα τελικά σημεία κακής υγείας όπως αυξημένες εισαγωγές σε νοσοκομεία με αναπνευστικές, καρδιαγγειακές παθήσεις και συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια, αυξήσεις στις κρίσεις άσθματος, αυξήσεις στην οξεία βρογχίτιδα και μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων. (WHO 2000a; WHO 2000b; WHO 2001a; Brunekreef and Holgate 2002; Maynard 2004; WHO 2005; Curtis, Rea et al. 2006). Άλλες μελέτες έχουν δείξει επίσης τη σχέση με την αυξημένη θνησιμότητα: περισσότεροι από 2 εκατομμύρια πρόωροι θάνατοι κάθε χρόνο να αποδίδονται στις επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (WHO 2006).

Τα τελευταία χρόνια η ποιότητα του αέρα έχει εξελιχθεί σε θεμελιώδες ζήτημα για τις τοπικές και κεντρικές κυβερνήσεις των κρατών αλλά και της ΕΕ. Η ανάγκη για την ποσοτικοποίηση της ποιότητας του αέρα και την παρακολούθηση της εξέλιξης της ρύπανσης έχει οδηγήσει σε ένα μεγάλο αριθμό Δεικτών Ποιότητας Αέρα (AQIs), που παρέχουν μια ιδέα για την κατάσταση της ρύπανσης μια δεδομένη ημέρα (Shooter and Brimblecombe 2009). Οι AQIs είναι σύνθετοι δείκτες οι οποίοι συνοψίζουν πολλαπλές μετρήσεις διαφόρων ρυπαντών, που έχουν ληφθεί σε διάφορες κλίμακες από σταθμούς παρακολούθησης, σε έναν μοναδικό δείκτη ο οποίος αντιπροσωπεύει την ποιότητα του αέρα. Η χρονοσειρά ενός τέτοιου δείκτη παρέχει την δυνατότητα παρακολούθησης της εξέλιξης της ποιότητας του αέρα σε μια δοσμένη περιοχή, παρέχοντας χρονική και εύκολα κατανοητή πληροφορία, χρήσιμη στον πληθυσμό αλλά και στις κυβερνήσεις, για την πρόληψη δυσμενών αποτελεσμάτων για την υγεία και την αποφυγή περιβαλλοντικών ζημιών.

Ο κύριος στόχος των δεικτών ποιότητας του αέρα είναι η έκφραση-επικοινωνία των συγκεντρώσεων των διαφόρων ρυπαντών σε μια κοινή κλίμακα, όπου οι επιδράσεις, που αφορούν κυρίως την υγεία, καταλήγουν σε μια τιμή που είναι κοινή για όλους τους ρύπους (Shooter and Brimblecombe 2009). Βέβαια οι AQIs μπορεί να χρησιμοποιηθούν για διάφορους στόχους πέραν της επικοινωνίας, όπως η εκτίμηση της επιτυχίας/αποτυχίας στρατηγικών μείωσης ρύπανσης, η παρακολούθηση μέσων και μακροπρόθεσμων τάσεων και παρά το γεγονός ότι οι βασικές έννοιες των AQI είναι παρόμοιες, μπορεί να επιδείξουν σημαντικές διαφορές στην πρακτική τους εφαρμογή (Leeuw and Mol 2005).

Ένας δείκτης ποιότητας αέρα θα πρέπει :

1. Να είναι εύκολα κατανοητός από το κοινό.
2. Να είναι συνεπής με την αντιληπτή ποιότητα αέρα.
3. Να περιλαμβάνει τους κύριους ρυπαντές και τους συνεργούς αυτών.
4. Να είναι επεκτάσιμος για άλλους ρύπους και χρονικές περιόδους εξαγωγής μέσων όρων.
5. Να σχετίζεται με τις Εθνικές και Διεθνείς οδηγίες για την ποιότητα του αέρα.
6. Να αποφεύγει την επισκίαση (eclipsing). Η επισκίαση συμβαίνει όταν ένας δείκτης δεν επιδεικνύει χαμηλή ποιότητα αέρα παρά το γεγονός ότι οι συγκεντρώσεις ενός ή περισσότερων ρυπαντών μπορεί να έχουν φτάσει σε μη αποδεκτά επίπεδα.
7. Να καθιστά εύκολη την σύγκριση μεταξύ των περιοχών.
8. Να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σύστημα συναγερμού.
9. Να βασίζεται σε αξιόπιστα δεδομένα.
10. Να υποθέτει ότι οι επιδράσεις όλων των ρυπαντών είναι το ίδιο σημαντικές σε σχέση με την ποιότητα του αέρα στα καθορισμένα αντικειμενικά επίπεδα (επιθυμητή, αποδεκτή, ανεκτή).

5.5.2 Υφιστάμενοι δείκτες ποιότητας του αέρα

Οι κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) έχουν αναπτυχθεί για να υποστηρίξουν δράσεις για την επίτευξη ποιότητας αέρα που να προστατεύει τη δημόσια υγεία σε διαφορετικά πλαίσια. Τα πρότυπα ποιότητας του αέρα, από την άλλη πλευρά, καθορίζονται από κάθε χώρα για την προστασία της δημόσιας υγείας των πολιτών τους και ως εκ τούτου αποτελούν σημαντικό συστατικό της εθνικής διαχείρισης κινδύνου και των περιβαλλοντικών πολιτικών. Τα εθνικά πρότυπα ποικίλλουν ανάλογα με την προσέγγιση που έχει υιοθετηθεί από κάθε χώρα για την εξισορρόπηση των κινδύνων για την υγεία, την τεχνολογική σκοπιμότητα, τις εκτιμήσεις και διαφόρους άλλους πολιτικούς και κοινωνικούς παράγοντες. Οι κατευθυντήριες τιμές που συνιστώνται από τον Π.Ο.Υ. αναγνωρίζουν αυτή την ετερογένεια και ότι κατά τη διαμόρφωση των στόχων πολιτικής, οι κυβερνήσεις θα πρέπει να εξετάσουν τις

δικές τους τοπικές συνθήκες προσεκτικά πριν από την έκδοση των κατευθυντήριων γραμμών απευθείας ως νομική βάση τα πρότυπα.

Οι κυριότεροι δείκτες ποιότητας αέρα που χρησιμοποιούνται αυτή την στιγμή είναι:

- Ο Ευρωπαϊκός Δείκτης CAQI (Common Air Quality Index) ο οποίος περιέχει τρεις διαφορετικούς δείκτες διαφορετικών χρονικών κλιμάκων. Έναν ωριαίο έναν ημερήσιο και έναν ετήσιο δείκτη. Αναλυτική παρουσίαση του CAQI γίνεται σε επόμενο κεφάλαιο.
- Ο AQI της US-EPA (Environmental Protection Agency AQI) ο οποίος είναι ένας ημερήσιος δείκτης ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα που δηλώνει το πόσο καθαρός ή μολυσμένος είναι ο περιβάλλον αέρας και το αν συντρέχουν λόγοι ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία. Επικεντρώνεται στις επιπτώσεις για την υγεία που εμφανίζονται λίγες ώρες ή μέρες μετά την έκθεση σε μολυσμένο αέρα.
- Ο δείκτης NAQI (New Air Quality Index) ο οποίος είναι βασικά ένας δείκτης στρες αέρα χωρίς καθιερωμένα πρότυπα, δηλαδή δεν επιδεικνύει κάποια σχέση με την υγεία των ανθρώπων.
- Ο Δείκτης Ρύπανσης PAQI (Pollution Air Quality Index) ο οποίος βασίζεται σε μια απλή ένδειξη της ποιότητας του αέρα σε αστικό περιβάλλον, χρήσιμη για την επικοινωνία με τους πολίτες πληροφοριών για την κατάσταση της ποιότητας του αέρα σε μια αστική περιοχή.
- Ο δείκτης ποιότητας αέρα-υγείας του Καναδά AQHI (Air Quality Health Index) ο οποίος βασίζεται στη σχέση των βασικών ρυπαντών με την θνησιμότητα.
- Ο δείκτης ποιότητας αέρα – υγείας του HONG KONG AQHI (Air Quality Health Index) ο οποίος είναι ουσιαστικά το άθροισμα των ποσοστών των ρίσκων υγείας των καθημερινών προσαγωγών στα νοσοκομεία.

Υπάρχουν πολλές διαφοροποιήσεις των βασικών αυτών δεικτών ανά την υφήλιο οι οποίες εξαρτώνται από την περιβαλλοντική πολιτική κάθε χώρας. Μια

αναλυτική επισκόπηση των δεικτών αυτών παρατίθεται στο **Παράρτημα III** της παρούσας έκθεσης.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στον Κοινό Δείκτη Ποιότητας Αέρα (CAQI). Η ανάπτυξη του CAQI προέκυψε από μια κοινή Ευρωπαϊκή προσπάθεια και υπάρχουν σημαντικές πιθανότητες να αποτελέσει στο μέλλον τον επίσημο δείκτη του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Πρέπει να τονιστεί ότι είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ένας εναρμονισμένος δείκτης.

5.5.3 Ο Ευρωπαϊκός Δείκτης CAQI (Common Air Quality Index)

Για την παρουσίαση την κατάστασης της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη, οι μετρήσεις μετατρέπονται σε μια ενιαία σχετικιστική εικόνα: τον Κοινό Δείκτη Ποιότητας Αέρα (ή CAQI). Αποτελείται από τρεις διαφορετικούς δείκτες οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση τριών διαφορετικών χρονικών κλιμάκων, διότι η χρονική κλίμακα επηρεάζει ποικιλοτρόπως την επίδραση των ρύπων στο κοινωνικό σύνολο. Ο υποδείκτες του Κοινού Ευρωπαϊκού Δείκτη είναι:

1. Ο **Ωριαίος Δείκτης**, που περιγράφει την ποιότητα του αέρα σήμερα, με βάση τις ωριαίες τιμές και να ενημερώνεται ανά ώρα,
2. Ο **Ημερήσιος Δείκτης**, που αντιπροσωπεύει την γενική κατάσταση της ποιότητας του αέρα της προηγούμενης ημέρας, βασίζεται στις ημερήσιες τιμές και ενημερώνεται μία φορά την ημέρα,
3. Ο **Ετήσιος Δείκτης**, ο οποίος αντιπροσωπεύει τις γενικές συνθήκες ποιότητας του αέρα της περιοχής σε όλη τη διάρκεια του έτους και συγκρίνεται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ποιότητας του αέρα. Ο δείκτης αυτός βασίζεται στις ετήσιες μέσες τιμές των ρύπων σε σύγκριση με τις ετήσιες οριακές τιμές, και ενημερώνεται μία φορά το χρόνο.

Οι προτεινόμενοι δείκτες και η ιστοσελίδα υποστήριξης www.airqualitynow.eu, έχουν σχεδιαστεί ώστε να δίνουν μια δυναμική εικόνα της κατάστασης της ποιότητας του αέρα σε κάθε πόλη.

5.5.3.1 Ωριαίος και Ημερήσιος Δείκτης

Οι δείκτες αυτοί έχουν πέντε επίπεδα, χρησιμοποιώντας μια κλίμακα από το «0» (πολύ χαμηλή) έως '> 100' (πολύ υψηλή). Παρουσιάζουν ένα σχετικό μέτρο της ποσότητας της ρύπανσης του αέρα. Ο υπολογισμός βασίζεται σε τρεις ρύπους μείζονος ενδιαφέροντος: PM₁₀, NO₂, O₃. Μπορεί επίσης να λάβουν υπόψη ρύπους όπως PM_{2.5}, CO και SO₂, αν είναι διαθέσιμα τα δεδομένα αυτών. Προκειμένου να καταστήσουν τις πόλεις πιο συγκρίσιμες μεταξύ τους, ανεξάρτητα από τη φύση του δικτύου παρακολούθησης τους, ορίζονται δύο περιπτώσεις:

Πίνακας 5.4: Τιμές ωριαίου και ημερήσιου δείκτη / Ερμηνεία τιμών

Ρύπανση	Τιμή Δείκτη
Πολύ Υψηλή	>100
Υψηλή	100
	75
Μέτρια	75
	50
Χαμηλή	50
	25
Πολύ Χαμηλή	25
	0

[Δείκτης Υποβάθρου Πόλης](#), ο οποίος αντιπροσωπεύει τη γενική ποιότητα του αέρα σε μια οικιστική περιοχή (με βάση την παρακολούθηση των αστικών σταθμών υποβάθρου), περιλαμβάνει NO₂, PM₁₀ και O₃ ως πρωτεύοντες ρύπους, με τα σωματίδια PM_{2.5}, το CO και το SO₂, όπως δευτερεύοντες.

[Δείκτης Κυκλοφορίας](#), ο οποίος αντιπροσωπεύει την ποιότητα του αέρα στους δρόμους (με βάση στοιχεία των οδικών σταθμών παρακολούθησης) περιλαμβάνει το NO₂ και PM₁₀ ως πρωτεύοντες ρύπους, ενώ το CO και τα PM_{2.5} ως δευτερεύοντες.

Πίνακας 5.5: Πλέγμα υπολογισμού CAQI

Πλέγμα υπολογισμού CAQI

Κλάση Δείκτη	Πλέγμα	Κυκλοφοριακός Δείκτης						Δείκτης Υποβάθρου							
		Πρωτεύοντες Ρύποι				Δευτερεύοντες Ρύποι		Πρωτεύοντες Ρύποι				Δευτερεύοντες Ρύποι			
		PM10		PM2.5		CO	PM10		O3	PM2.5		CO	SO2		
		NO2	1 hour	24 hours	1 hour		24 hours	NO2		1 hour	24 hours			1 hour	24 hours
Πολύ Υψηλή	>100	>400	>180	>100	>110	>60	>20000	>400	>180	>100	>240	>110	>60	>20000	>500
Υψηλή	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500
Μέτρια	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
Χαμηλή	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
Πολύ Χαμηλή	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NO₂, O₃, SO₂: ωριαίες τιμές/ μέγιστες ωριαίες τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CO: κυλιόμενη μέση τιμή οκταώρου/ μέγιστες ημερήσιες κυλιόμενες τιμές οκταώρου σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM₁₀: ωριαία τιμή/ ημερήσια τιμή σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Τιμή δείκτη μεγαλύτερη από 100 δεν υπολογίζεται, απλά αναφέρεται ως >100.

Ο CAQI έχει ωριαία χρονική ανάλυση (εκτός από CO) και μια ημερήσια χρονική ανάλυση για την προηγούμενη ημέρα και για προβλεπόμενες συγκεντρώσεις μέσω πρόγνωσης. Πολλοί δείκτες είναι σε ημερήσια βάση, επειδή τα κριτήρια της νομοθεσίας για τους διάφορους ρύπους έχουν διαφορετικούς χρόνους υπολογισμού. Π.χ. οι οδηγίες της ΕΕ αξιολογούν ωριαίες τιμές NO₂, μέσες ημερήσιες τιμές των PM₁₀, μέσες τιμές 8ώρου για το O₃ και το CO (επιπροσθέτως έχουν θεσπιστεί και μέσα ετήσια κριτήρια). Ο ωριαίος υπολογισμός γίνεται για λόγους ελκυστικότητας που περιγράφονται ανωτέρω.

Ένα πρακτικό πρόβλημα με τον ωριαίο δείκτη είναι ότι μερικές πόλεις διαθέτουν μόνο 24ωρο μέσο όρο PM (ή κινούμενο μέσο όρο 24 ωρών). Η ΕΕ δίνει μια οριακή τιμή PM₁₀ ως μέσο όρο 24ώρου και τα δεδομένα και οι μέθοδοι παρακολούθησης που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη βασίζονται είτε σε συσκευές που παρέχουν κατά μέσο όρο 24ώρα δεδομένα ή συσκευές που παρέχουν ωριαία δεδομένα. Ως εκ τούτου, έχουμε δύο πλέγματα δεδομένων για PM₁₀ και PM_{2.5}, ένα

για τις ωριαίες παρατηρήσεις και ένα για τις ημερήσιες. Με αυτό τον τρόπο μια πόλη που παράγει 24ώρα (κινητός μέσος) δεδομένα, θα μπορεί να συμμετέχει στον CAQI με την εφαρμογή του ημερήσιου δείκτη.

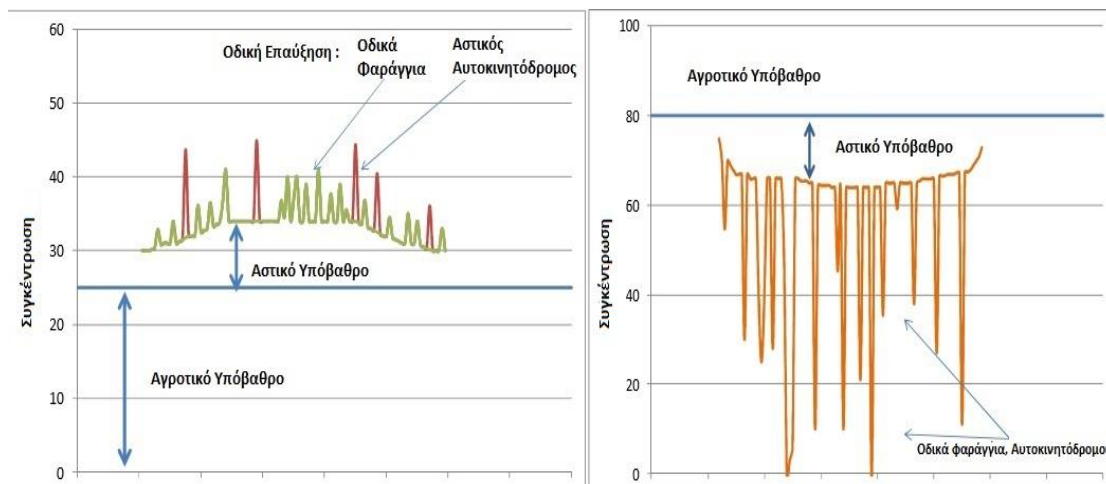
Κύριοι και δευτερεύοντες ρύποι. Υπάρχουν βασικοί ρύποι (χωρίς αυτούς δεν μπορεί να υπολογιστεί η τιμή του δείκτη) και δευτερεύοντες ρύποι. Ο δείκτης κυκλοφορίας περιλαμβάνει το NO₂ και PM₁₀, με το CO και τα PM_{2.5} ως δευτερεύοντες ρύπους. Ο δείκτης υποβάθρου υποχρεωτικά περιλαμβάνει NO₂, PM₁₀ και O₃, με τα σωματίδια PM_{2.5}, CO και SO₂, ως δευτερεύοντες.

Ο χειρότερος ρυπαντής καθορίζει το δείκτη. Για κάθε ρύπο, υπολογίζεται ένας υπο-δείκτης σύμφωνα με ένα πλέγμα που μεταφράζει τις μετρήσεις της συγκέντρωσης σε κατάταξη σε μια κλίμακα 1 έως 100. Η υψηλότερη τιμή υπο-δείκτη σε μια δεδομένη στιγμή καθορίζει και το συνολικό δείκτη. Αυτό είναι πολύ κοινό για τους δείκτες, ιδίως όσον αφορά τους δείκτες που έχουν να διαδραματίσουν ρόλο συναγερμού.

Έτσι όπως είναι εφαρμοσμένος ο CAQI, ο χειρίστος σταθμός παρακολούθησης, σε μια δεδομένη στιγμή, είναι αυτός που καθορίζει την τιμή του δείκτη. Η σειρά υπολογισμού είναι: Πρώτα υπολογίζονται οι υπο-δείκτες κάθε σταθμού, ο συνολικός δείκτης κάθε σταθμού, ο υψηλότερος συνολικός δείκτης γίνεται ο δείκτης της πόλης. Η διαδικασία εφαρμόζεται ξεχωριστά για τους δύο δείκτες υποβάθρου και κυκλοφορίας.

5.5.3.2 Η λογική των δύο δεικτών

Στο ακόλουθο σχήμα αναπαριστώνται θεωρητικά οι συγκεντρώσεις των πρωτεύοντων ρύπων (αριστερά) και του όζοντος (δεξιά).



Σχήμα 5.5: Θεωρητική αναπαράσταση των δύο δεικτών

Στις περιοχές όπου το όζον δεν είναι επικρατέστερο, ο κυκλοφοριακός δείκτης θα είναι υψηλότερος του δείκτη υποβάθρου (αριστερά), ενώ στις περιοχές που το όζον είναι ο επικρατέστερος ρύπος, ο δείκτης υποβάθρου θα είναι υψηλότερος (δεξιά).

Επικοινωνιακά, ο υπολογισμός των δύο δεικτών, επικεντρώνει την προσοχή μας στον ρόλο της κυκλοφορίας ως πηγή ρύπανσης. Συνήθως ο κυκλοφοριακός δείκτης είναι υψηλότερος του δείκτη υποβάθρου όταν επικρατούν οι ρύποι που σχετίζονται με την κυκλοφορία NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$. Σε πολλές πόλεις του Νότου, όπου το όζον παίζει σημαντικό ρόλο, η εικόνα είναι διαφορετική. Οι εκπομπές NO μετατρέπουν το O_3 σε NO_2 και O_3 . Το όζον βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στην εξοχή σε σχέση με το υπόβαθρο της πόλης και έχει πολύ χαμηλές τιμές στις οδικές χαράδρες. Ειδικά τα καλοκαιρινά απογεύματα οι τιμές του δείκτη υποβάθρου πολλές φορές ξεπερνούν αυτή του κυκλοφοριακού.

Ένας ακόμη λόγος για τον υπολογισμό 2 δεικτών είναι να γίνουν οι διαφορετικές περιοχές ευκολότερα συγκρίσιμες. Κάποιες περιοχές δεν έχουν σταθμούς παρακολούθησης σε τοποθεσίες οδικής κυκλοφορίας, άλλες μπορεί να επικεντρώνονται στην κυκλοφοριακή ρύπανση. Θα ήταν λανθασμένο να γίνει σύγκριση χωρίς την εφαρμογή του παραπάνω διαχωρισμού.

5.5.3.3 Ετήσιος Δείκτης YACAQI (Year Average Common Air Quality Index)

Ο YACAQI παρέχει ένα σχετικό μέτρο του ετήσιου μέσου όρου της ποιότητας του αέρα σε σχέση με τις ευρωπαϊκές οριακές τιμές. Παράγεται μέσω της κανονικοποίησης των μέσων ετησίων τιμών των ρυπαντών ανάλογα με τις οριακές τιμές του καθενός. Υπολογίζεται τόσο για το υπόβαθρο όσο και για τις κυκλοφοριακές συνθήκες, αλλά η αρχή του υπολογισμού είναι διαφορετική από αυτή του ωριαίου και του ημερήσιου δείκτη. Παρουσιάζεται ως απόσταση από ένα δείκτη στόχο. Ο στόχος προέρχεται από τις οδηγίες της ΕΕ:

- Αν ο δείκτης είναι υψηλότερος: για έναν ή περισσότερους ρύπους, οι οριακές τιμές δεν τηρούνται.
- Αν ο δείκτης είναι χαμηλότερος: κατά μέσο όρο, οι οριακές τιμές τηρούνται.

Ο ετήσιος δείκτης έχει ως στόχο να ληφθεί καλύτερα υπόψη η μακροχρόνια έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση με βάση την απόσταση από το στόχο που έχει τεθεί από τους ετήσιους κανόνες της ΕΕ, οι οποίοι τις περισσότερες φορές συνδέονται με τις συστάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO).

Πίνακας 5.6: Ερμηνεία τιμών ετήσιου δείκτη

Ποιότητα Αέρα	Τιμή Δείκτη
Τα όρια της Ε.Ε. ξεπερνώνται από έναν ή περισσότερους ρύπους	■ > 1
Τα πρότυπα της Ε.Ε. εκπληρώνονται κατά μέσο όρο	■ 1
Η κατάσταση είναι καλύτερη από αυτή που απαιτείται από τα πρότυπα	■ < 1

Ο υπολογισμός του YACAQI φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Πρόκειται για κανονικοποίηση των ετήσιων μέσων τιμών των συγκεντρώσεων των ρυπαντών σύμφωνα με την οριακή τιμή-στόχο που έχει θεσπιστεί.

Πίνακας 5.7: Υπολογισμός ετήσιου δείκτη

Ρύπος	Τιμή Στόχος / Οριακή Τιμή	Υπολογισμός
NO ₂	Ετήσιος Μέσος 40 µg/m ³	Ετήσιος Μέσος / 40
PM10	Ετήσιος Μέσος 40 µg/m ³	Ετήσιος Μέσος / 40
PM10 ημερήσια	Ο μέγιστος αριθμός ημερήσιων μέσων πάνω από 50µg/m ³ είναι 35 ημέρες	Log(αριθμού ημερών+1)/Log(36)
O ₃	25 ημέρες με μέση τιμή 8ώρου ≥120µg/m ³	(ημέρες με 8ωρο μέσο ≥120µg/m ³) / 25
PM2.5	Ετήσιος Μέσος 20µg/m ³	Ετήσιος Μέσος / 20
SO ₂	Ετήσιος Μέσος 20µg/m ³	Ετήσιος Μέσος / 20
Βενζόλιο	Ετήσιος Μέσος 5 µg/m ³	Ετήσιος Μέσος / 5
CO	-	Δεν υπολογίζεται

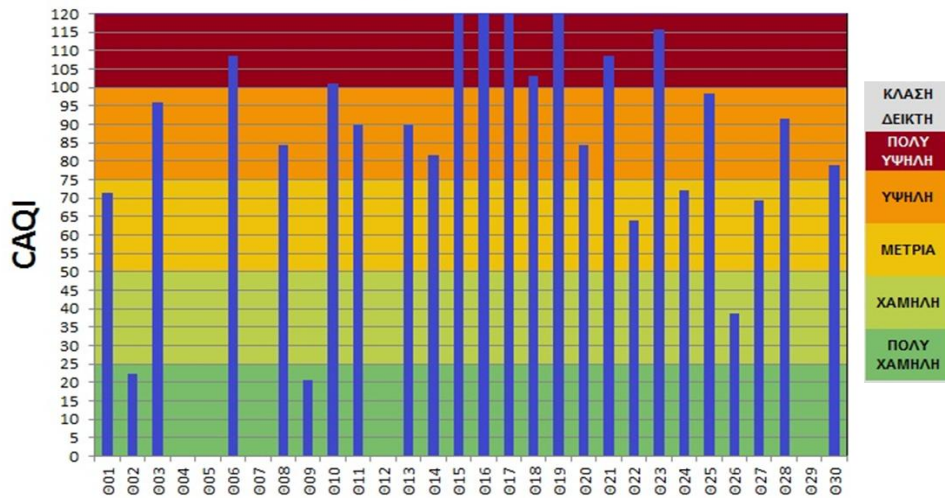
Μια αναλυτική επισκόπηση των δεικτών ποιότητας αέρα οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες της υφηλίου παρατίθεται στο [Παράρτημα III](#).

5.5.3.4 Υπολογισμός Ευρωπαϊκού Δείκτη για την Εγνατία Οδό

Προτείνεται ο υπολογισμός του Ευρωπαϊκού Δείκτη σε ένα αριθμό αντιπροσωπευτικών σημείων κατά μήκος του άξονα. Για τον λόγο αυτό, είναι η απαραίτητη η εγκατάσταση αντίστοιχου αριθμού σταθμών παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα.

Παρακάτω εμφανίζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα του υπολογισμού του Ευρωπαϊκού Δείκτη από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το παρών έργο. Η παραπάνω διαδικασία υπολογισμού του Ημερήσιου Ευρωπαϊκού δείκτη ποιότητας αέρα εφαρμόστηκε στις υπάρχουσες τιμές για όλες τις θέσεις μετρήσεων 1 έως 30 κατά μήκος της Εγνατίας οδού. Τα αποτελέσματα της πρώτης σειράς μετρήσεων του Νοεμβρίου 2015 φαίνονται συγκεντρωτικά στο ακόλουθο σχήμα.

Τιμή του Ευρωπαϊκού Δείκτη Ποιότητας Αέρα κατά μήκος της Εγνατίας οδού



Σχήμα 5.6: Ο CAQI στις διάφορες θέσεις μέτρησης κατά μήκος της Εγνατίας Οδού για τον Νοέμβριο 2015

Οι θέσεις 4,5,7,12 αντιστοιχούν σε σήραγγες ενώ για την θέση 29 δεν έχουμε τιμές μετρήσεων. Οι τιμές του δείκτη φαίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στον παρακάτω πίνακα.

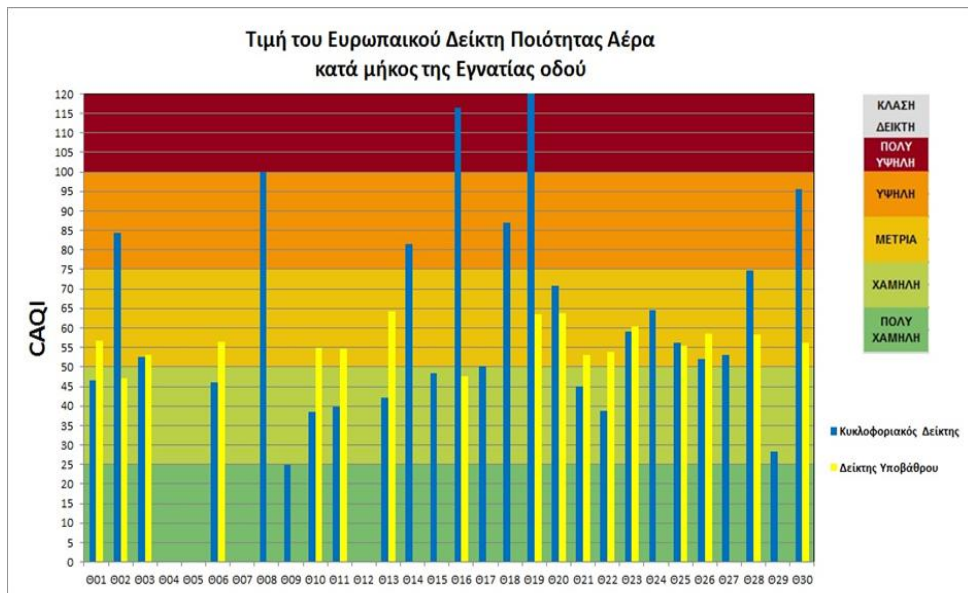
Πίνακας 5.8: Τιμές Ημερήσιου Δείκτη

ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
001	71.5	016	>100
002	22.21	017	>100
003	95.8	018	>100
004	\	019	>100
005	\	020	84.3
006	>100	021	>100
007	\	022	63.95
008	84.4	023	>100
009	20.5	024	72.1
010	>100	025	98.3
011	89.8	026	38.58
012	\	027	69.38
013	89.9	028	91.39
014	81.5	029	\
015	>100	030	78.85

Πρέπει εδώ να επισημανθεί ότι για τις θέσεις Θ02 και Θ09 δεν υπάρχουν τιμές μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων. Στο σύνολο των θέσεων μέτρησης η τιμή του δείκτη ρυθμίστηκε από την τιμή του υποδείκτη για τα PM_{10} , για τα οποία υπήρξαν οι μεγαλύτερες υπερβάσεις ορίων. Επίσης όσον αφορά στον δείκτη υποβάθρου ο οποίος στηρίζεται κυρίως στις τιμές όζοντος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε καμία από τις θέσεις μέτρησης δεν βρέθηκε να υπερτερεί σε σχέση με τον ημερήσιο δείκτη. Οι τιμές του όζοντος στις θέσεις μέτρησης ήταν σχετικά χαμηλές και κάτω των υπαρχόντων ορίων. Ο δείκτης παρουσίασε πολύ υψηλή τιμή στις θέσεις Θ06 ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ, Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ, Θ15 ΚΛΕΙΔΙ, Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ, Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ, Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ, Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ που είναι το ~34% των θέσεων, ενώ η τιμή του ήταν υψηλή στις θέσεις Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ, Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ, Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ, Θ13 ΑΠΟΧ. ΒΕΡΟΙΑΣ, Θ14 ΝΗΣΕΛΙ, Θ20 ΤΙΤΑΝ, Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ, Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ και Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ που αντιστοιχούν στο ~34% των θέσεων. Στο 15% των θέσεων ο δείκτης είχε τιμή μέτρια και ένα μικρό ποσοστό των θέσεων παρουσίασε τιμή χαμηλή και πολύ χαμηλή. Μάλιστα στις θέσεις με τιμή πολύ χαμηλή δεν υπήρχαν δεδομένα μέτρησης PM_{10} , οπότε υπάρχει η πιθανότητα η τιμή του δείκτη να μην είναι αυτή που υπολογίστηκε, αλλά μεγαλύτερη.

Ο δείκτης CAQI δεν έχει τιμές μεγαλύτερες του 100. Απλά αναφέρεται ως >100 και έτσι δεν είναι αριθμητικά συγκρίσιμος στις πολύ υψηλές τιμές του.

Για την δεύτερη σειρά μετρήσεων κατά τον Ιούνιο 2016 τα αποτελέσματα του δείκτη φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. Παρουσιάζονται και οι τιμές του δείκτη υποβάθρου διότι σε πολλές περιπτώσεις αυτός ήταν και ο επικρατέστερος υποδείκτης.



Σχήμα 5.7: Ο CAQI στις διάφορες θέσεις μέτρησης κατά μήκος της Εγνατίας Οδού για τον Ιούνιο 2016

Οι θέσεις Θ04, Θ05, Θ07, Θ12 αντιστοιχούν σε σήραγγες, ενώ για τις θέσεις Θ09, Θ15, Θ17, Θ18, Θ24, Θ27, Θ29 δεν έχουμε τιμές μετρήσεων των ρύπων από τους οποίους να προκύπτει ο δείκτης υποβάθρου. Οι τιμές του δείκτη φαίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στον παρακάτω Πίνακα 8.6. Μάλιστα παρουσιάζεται και ο επικρατέστερος υποδείκτης σε κάθε θέση.

Πίνακας 5.9: Τιμές Ημερήσιου Ευρωπαϊκού Δείκτη Ποιότητας.

ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΟΣ ΥΠΟΔΕΙΚΤΗΣ	ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΕΠΙΚΡΑΤΕΣΤΕΡΟΣ ΥΠΟΔΕΙΚΤΗΣ
Θ01	56.66	O3	Θ16	>100	PM10
Θ02	84.42	PM10	Θ17	50.34	PM10
Θ03	53.14	O3	Θ18	87.1	PM10
Θ04			Θ19	>100	PM10
Θ05			Θ20	70.78	PM10
Θ06	56.44	O3	Θ21	53.16	O3
Θ07			Θ22	53.95	O3
Θ08	>100	PM10	Θ23	60.5	O3
Θ09	24.91	NO2	Θ24	64.6	PM10
Θ10	54.79	O3	Θ25	56.16	PM2.5
Θ11	54.76	O3	Θ26	58.55	O3
Θ12			Θ27	53.18	PM10
Θ13	64.2	O3	Θ28	74.62	PM10
Θ14	81.51	PM10	Θ29	28.2	PM2.5
Θ15	48.34	PM10	Θ30	95.65	PM10

Στο μεγαλύτερο πλήθος των θέσεων μέτρησης η τιμή του δείκτη ρυθμίστηκε από την τιμή του υποδείκτη για τα PM_{10} , με κάποιες εξαιρέσεις, όπου επικράτησε αυτός των $PM_{2.5}$, για τις οποίες υπήρξαν οι μεγαλύτερες υπερβάσεις ορίων.

Ο δείκτης παρουσίασε πολύ υψηλή τιμή στις θέσεις Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ, Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ, Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ που είναι το ~11% των θέσεων, ενώ η τιμή του ήταν υψηλή στις θέσεις Θ02 ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ, Θ14 ΝΗΣΕΛΙ, Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ και Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ που αντιστοιχούν στο ~15% των θέσεων. Στο 33% των θέσεων ο δείκτης είχε τιμή μέτρια και επίσης 33% ήταν το ποσοστό των θέσεων με χαμηλή τιμή δείκτη. Σε μία μόνο θέση ο δείκτης παρουσίασε τιμή πολύ χαμηλή.

Όσον αφορά τον δείκτη υποβάθρου ο οποίος στηρίζεται κυρίως στις τιμές όζοντος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε πολλές από τις θέσεις μέτρησης βρέθηκε να υπερτερεί σε σχέση με τον κυκλοφοριακό δείκτη. Οι υψηλές αυτές τιμές όζοντος είναι αναμενόμενες λόγω της έντονης ηλιοφάνειας που επικρατούσε τον μήνα λήψης των μετρήσεων. Οι τιμές του όζοντος στις θέσεις μέτρησης ήταν σχετικά υψηλές και άνω των υπαρχόντων ορίων στις θέσεις Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ, Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ, Θ06 ΔΙΟΔΙΑ ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ, Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ, Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ, Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑ, Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ, Θ20 ΤΙΤΑΝ, Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ, Θ24 ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ, Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ, Θ26 ΑΠΟΧΙΟΝ ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ, Θ27 ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ, Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ.

Είναι βέβαιο πως η παρουσίαση αυτή των τιμών του δείκτη καθώς και ο χρωματισμός, δίνουν μια πιο εύκολα επεξεργάσιμη εικόνα των συνθηκών που επικρατούν σε σχέση με την εικόνα που μας επικοινωνούν οι απλοί πίνακες τιμών των μετρήσεων. Αυτός είναι και ο πρωταρχικός λόγος της χρήσης ενός δείκτη ποιότητας αέρα, η άμεση και εύκολα αναγνωρίσιμη απεικόνιση της κατάστασης.

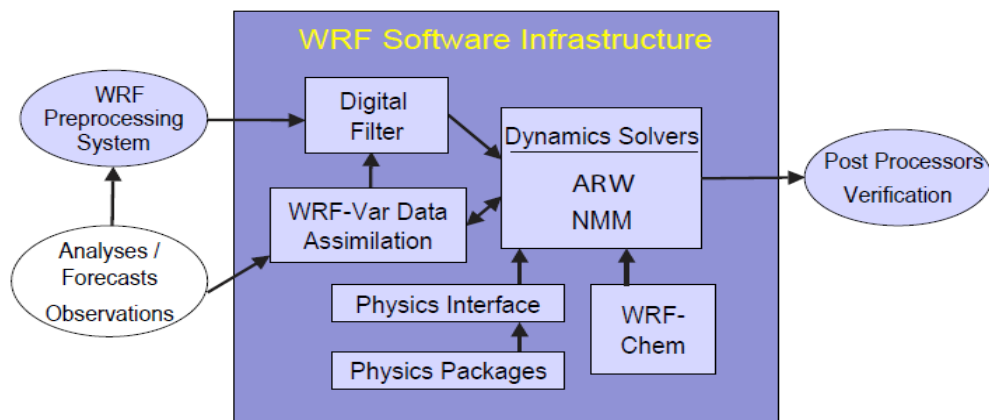
5.6 Επίδραση στα περιφερειακά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ENV2.3)

5.6.1 Περιγραφή του συστήματος μοντέλων

Η μελέτη της επίδρασης της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας σε Περιφερειακή Κλίμακα πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή του συστήματος μοντέλων που αποτελείται από το μετεωρολογικό μοντέλο Weather Research and Forecast - Advanced Research Weather (WRF) και το μοντέλο ποιότητας της ατμόσφαιρας Comprehensive Air quality Model with extensions (CAMx).

Το αριθμητικό μοντέλο WRF (έκδοση 3.5.1) (Skamarock et al., 2008), είναι ένα τελευταίας γενιάς αριθμητικό σύστημα πρόγνωσης του καιρού, σχεδιασμένο έτσι, ώστε να εξυπηρετεί τόσο ανάγκες ατμοσφαιρικής έρευνας όσο και ανάγκες επιχειρησιακής πρόγνωσης του καιρού. Από την στιγμή της ανάπτυξής του έως σήμερα, το μοντέλο έχει περάσει μέσα από πολλά και διαφορετικά στάδια αλλαγών και βελτιώσεων, με στόχο τη διεύρυνση του πεδίου εφαρμογών του. Ακόμη, το μοντέλο αναβαθμίζεται συχνά όσον αφορά στο φορμαλισμό της φυσικής και βελτιώνεται συνεχώς από τους χρήστες του σε πανεπιστήμια και ινστιτούτα έρευνας σε ολόκληρο τον κόσμο.

Οι κύριες συνιστώσες του μοντέλου WRF παρουσιάζονται στο [Σχήμα 5.8](#)



Σχήμα 5.8: Κύριες συνιστώσες του μετεωρολογικού μοντέλου μέσης κλίμακας WRF.

Το CAMx (έκδοση 5.3) είναι ένα τρισδιάστατο φωτοχημικό μοντέλο κυψελίδων τύπου Euler, που υπολογίζει τις συγκεντρώσεις αδρανών και χημικά ενεργών αερίων ρύπων, προσομοιώνοντας εκείνες τις φυσικές και χημικές διεργασίες της ατμόσφαιρας, που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων (ENVIRON, 2010). Ο υπολογισμός των συγκεντρώσεων των ρύπων στηρίζεται στην επίλυση της εξίσωσης της συνέχειας η οποία περιγράφει την χρονική εξάρτηση της συγκέντρωσης των ρύπων (c_i) σε κάθε κυψελίδα του πλέγματος στο οποίο εφαρμόζεται το CAMx ως άθροισμα όλων των φυσικών και χημικών διεργασιών που πραγματοποιούνται μέσα στην κυψελίδα. Η εξίσωση εκφράζεται μαθηματικά, σε συντεταγμένες ύψους (z) που ακολουθούν την τοπογραφία, από την παρακάτω εξίσωση (εξίσωση 5.6.1):

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_i}{\partial t} = & -\nabla_H \cdot V_H c_i + \left[\frac{\partial(c_i \eta)}{\partial z} - c_i \frac{\partial^2 h}{\partial z \partial t} \right] + \nabla \cdot \rho K \nabla(c_i / \rho) \\ & + \left. \frac{\partial c_i}{\partial t} \right|_{Emission} + \left. \frac{\partial c_i}{\partial t} \right|_{Chemistry} + \left. \frac{\partial c_i}{\partial t} \right|_{Removal} \end{aligned} \quad (5.6.1)$$

Στην εξίσωση αυτή είναι:

V_H : το διάνυσμα του οριζόντιου ανέμου,

η : ο κατακόρυφος ρυθμός μεταφοράς,

h : το ύψος του ατμοσφαιρικού στρώματος,

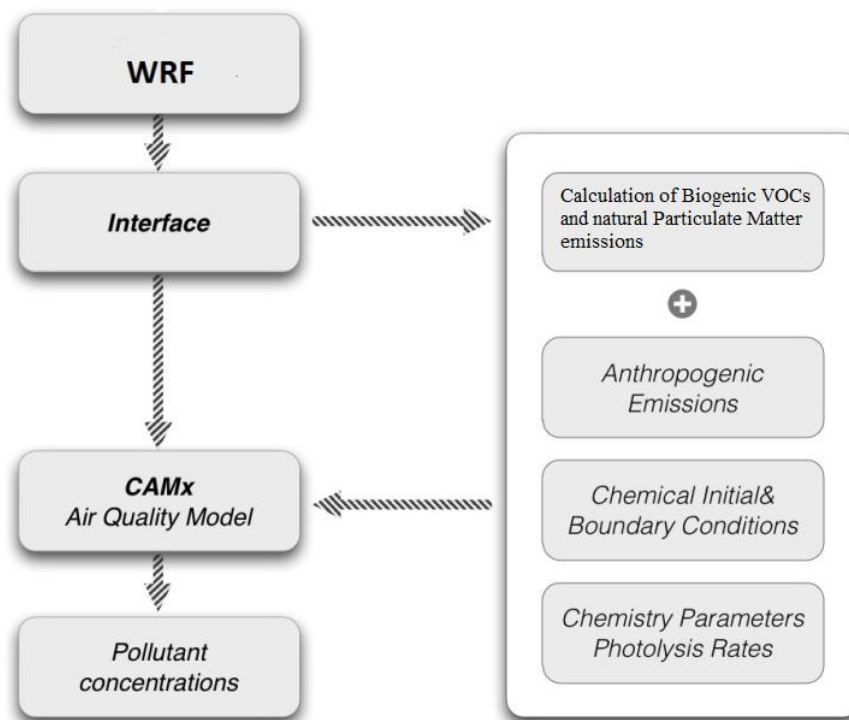
ρ : η πυκνότητα της ατμόσφαιρας και

K : ο συντελεστής διάχυσης.

Ο πρώτος και ο δεύτερος όρος του δεξιού τμήματος της εξίσωσης 5.6.1 περιγράφουν την οριζόντια και κατακόρυφη μεταφορά αντίστοιχα ενώ ο τρίτος όρος αντιπροσωπεύει την τυρβώδη διάχυση. Η ατμοσφαιρική χημεία προσομοιώνεται με την επίλυση μίας σειράς εξισώσεων που αφορούν σε χημικές αντιδράσεις όπως αυτές περιλαμβάνονται στον χημικό μηχανισμό που επιλέγεται

κατά την εφαρμογή του μοντέλου. Οι διεργασίες απόθεσης των ρύπων περιλαμβάνουν τόσο την πρόσληψη από το έδαφος (ξηρή απόθεση) όσο και την απομάκρυνση από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (υγρή απόθεση).

Το Σχήμα 5.9 παρουσιάζει το διάγραμμα ροής του συστήματος των μοντέλων στο οποίο παρουσιάζονται και τα βασικότερα δεδομένα εισόδου για την εφαρμογή του CAMx. Τα δεδομένα εισόδου του CAMx είναι οι εκπομπές αέριων και σωματιδιακών ρύπων από ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές (επιφανειακές πηγές και υπερυψωμένες σημειακές πηγές), τα μετεωρολογικά μεγέθη (άνεμος, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία, νεφοκάλυψη, βροχόπτωση), οι αρχικές και οριακές συνθήκες, γεωγραφικά δεδομένα (οι χρήσεις γης, λευκαύγεια), οι παράμετροι των χημικών αντιδράσεων και οι ρυθμοί φωτόλυσης των φωτοχημικών αντιδράσεων που περιλαμβάνονται στον χημικό μηχανισμό που επιλέγεται και οι οποίοι υπολογίζονται με βάση και συμπληρωματικά δεδομένα όπως η στήλη του όζοντος και η θόλωση της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ροής του συστήματος μοντέλων που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας.

Το σύστημα μοντέλων έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε περιοχική κλίμακα, πχ στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδας, αλλά και σε αστική κλίμακα, πχ σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, για επιχειρησιακούς σκοπούς πρόγνωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και για αμιγώς ερευνητικούς σκοπούς μελέτης της ποιότητας της ατμόσφαιρας στα πλαίσια των παρακάτω ερευνητικών προγραμμάτων:

- “Monitoring Atmospheric Composition and Climate” (MACC) (EU FP7, 2009-2011),
- “Promote Air Quality Services integrating Observations – Development Of Basic Localised Information for Europe” (PASODOBLE) (EU FP7, 2012-2013),
- “Common Mediterranean strategy and local practical Actions for the mitigation of Port, Industries and Cities Emissions” (APICE) (ERDF και Υπουργείο Οικονομικών, 2010-2013),
- “Monitoring Atmospheric Composition and Climate Interim Implementation” (MACC II) (EU FP7, 2011-2014),
- “Contribution of Emission Sources on the Air quality of the Port-cities in Greece and Italy” (CESAPO) (ERDF και Υπουργείο Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας, Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, 2011-2014),
- “Βελτιστοποίηση και επέκταση επίγειας υποδομής για την πιστοποίηση μετρήσεων ατμοσφαιρικών συστατικών από δορυφορικά όργανα” (AVANTI) (Γενική Γραμματεία Έρευνας Και Τεχνολογίας, 2012-2015),
- Επικαιροποίηση της χαρτογραφικής απεικόνισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της καταγραφής ατμοσφαιρικών εκπομπών των πηγών και ανάπτυξης κατάλληλου υπολογιστικού εργαλείου (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2014– 2015).

5.6.2 Μεθοδολογία εφαρμογής υπολογιστικών εργαλείων

Στη συνέχεια της έκθεσης περιγράφεται ο τρόπος εφαρμογής του συστήματος των μοντέλων, οπότε γίνεται αναφορά στις περιοχές στις οποίες εφαρμόστηκαν τα μοντέλα καθώς και οι παραμετροποιήσεις που επιλέχθηκαν για

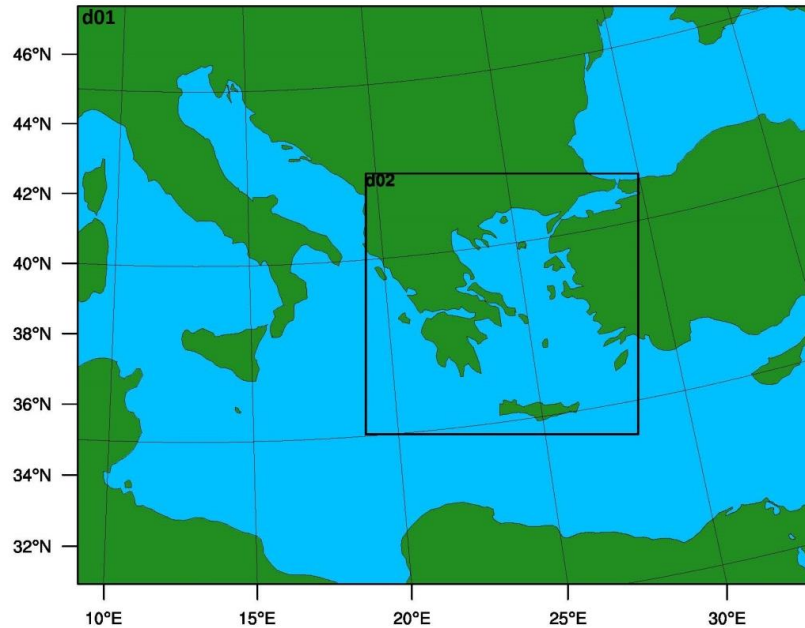
την προσομοίωση των φυσικών και χημικών διεργασιών που πραγματοποιούνται στην ατμόσφαιρα. Το χρονικό διάστημα των υπολογισμών αφορούσε στους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο του έτους 2012. Η περίοδος αρχικοποίησης του συστήματος, ώστε να οριστούν αντιπροσωπευτικές αρχικές συνθήκες για την σύσταση της ατμόσφαιρας, ήταν πέντε ημέρες.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι εκπομπές ρύπων από την Εγνατία Οδό βασίζονται σε στοιχεία κυκλοφορίας της Εγνατία Οδού ΑΕ με έτος αναφοράς το 2014. Οι εκπομπές ρύπων των υπολοίπων πηγών ρύπανσης στην Ελλάδα είχαν έτος αναφοράς το 2012. Εκτιμάται ωστόσο ότι δεν έχουν μεταβληθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Συνεπώς τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των αριθμητικών μοντέλων που παρουσιάζονται στην συνέχεια, ειδικότερα μάλιστα σε ότι αφορά στην επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας, μπορεί να θεωρηθεί ότι έχουν ως έτος αναφοράς το 2014.

5.6.2.1 Εφαρμογή του WRF

Οι προσομοιώσεις του WRF έλαβαν χώρα σε δύο επάλληλους τομείς σε μια σύμμορφη προβολή Lambert με οριζόντια χωρική ανάλυση πλέγματος 6 km και 2 km αντίστοιχα (Σχήμα 5.10). Το πρώτο πλέγμα των προσομοιώσεων χαμηλότερης χωρικής ανάλυσης καλύπτει την ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και των Βαλκανίων με 379 x 297 κελιά (πλέγμα d01 στο Σχήμα 5.10). Το δεύτερο πλέγμα υψηλότερης χωρικής ανάλυσης είναι ένθετο διπλής εμφωλεύσεως (two – way nesting) στο πλέγμα της Ανατολικής Μεσογείου και των Βαλκανίων και εστιάζει στην περιοχή της Ελλάδας την οποία καλύπτει με 420 x 402 κελιά (πλέγμα d02 στο Σχήμα 5.10).

Modeling Domains



Σχήμα 5.10: Απεικόνιση των πλεγμάτων προσομοίωσης του μοντέλου WRF.

Όλοι οι τομείς χαρακτηρίζονται από 28 κατακόρυφα, ανόμοιου πάχους, επίπεδα. Οι αρχικές και οριακές συνθήκες ελήφθησαν από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Προγνώσεων Καιρού Μέσης Κλίμακας (European Centre for Medium – Range Weather Forecast, ECMWF) σε χωρική ανάλυση $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ (~12.5 km) και χρονική ανάλυση 6 h.

Οι διαδικασίες μικροφυσικής παραμετροποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το New Thompson et al. σχήμα (Thompson et al., 2008), ενώ η ανωμεταφορά στο πλέγμα d01 παραμετροποιήθηκε με το Grell-Devenyi ensemble σχήμα (Grell and Devenyi, 2002). Για το πλέγμα d02 δεν χρησιμοποιήθηκε παραμετροποίηση της ανωμεταφοράς. Για την ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος χρησιμοποιήθηκαν το RRTMG shortwave σχήμα και η RRTMG longwave παραμετροποίηση αντίστοιχα (Iacono et al., 2008). Το στρώμα επιφανείας παραμετροποιήθηκε με την χρήση του Eta similarity σχήματος (Janjic, 2002), ενώ για το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα χρησιμοποιήθηκε το σχήμα παραμετροποίησης Mellor-Yamada-Janjic (Janjic, 1994). Τέλος, οι διαδικασίες της επιφάνειας του εδάφους παραμετροποιήθηκαν με το μοντέλο Noah Land Surface (Tewari et al.,

2004). Τα δεδομένα χρήσης γης προήλθαν από την βάση δεδομένων του Προγράμματος Διεθνούς Γεώσφαιρας – Βιόσφαιρας, IGBP (Lambin and Geist, 2006). Η βάση δεδομένων περιλαμβάνει 20 κατηγορίες χρήσεων γης που προέρχονται από ενημερωμένα δεδομένα του δορυφορικού οργάνου Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Στη συνέχεια, τα εν λόγω δεδομένα τροποποιούνται ειδικά από το Εθνικό Κέντρο Περιβαλλοντικών Προγνώσεων των ΗΠΑ (NCEP, United States), ώστε να χρησιμοποιηθούν από το μοντέλο Noah Land Surface.

5.6.2.2 Εφαρμογή του CAMx

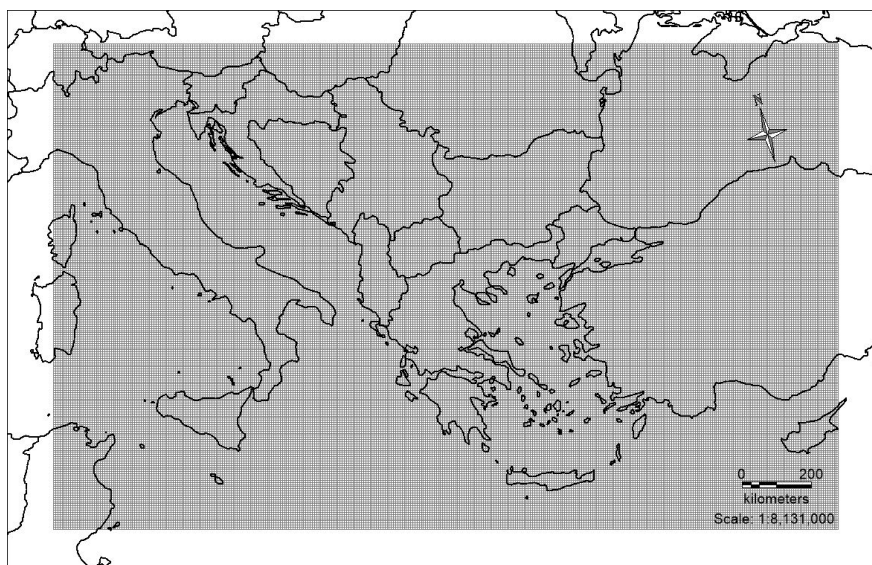
Το CAMx εφαρμόστηκε ξεχωριστά σε 2 πλέγματα: το πρώτο κάλυπτε την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου με 367 x 227 κυψελίδες χωρικής ανάλυσης 6 km ενώ το δεύτερο κάλυπτε τον Ελλαδικό χώρο με 410 x 392 κυψελίδες χωρικής ανάλυσης 2 km (Σχήμα 5.11). Κατακόρυφα τα πλέγματα αποτελούνταν από 17 ατμοσφαιρικά στρώματα ανόμοιου πάχους. Το πάχος του πρώτου στρώματος κοντά στο έδαφος ήταν στα 15m περίπου. Η εφαρμογή του μοντέλου CAMx για το πλέγμα της Ανατολικής Μεσογείου ήταν απαραίτητη προκειμένου από τα αποτελέσματά της να προκύψουν οι χημικές οριακές συνθήκες για την εφαρμογή του χημικού μοντέλου στην Ελλάδα.

Για την εφαρμογή του CAMx σε όλα τα πλέγματα, τα μετεωρολογικά δεδομένα απαραίτητα προήλθαν από τα δεδομένα εξόδου του μοντέλου WRF τα οποία προσαρμόστηκαν ώστε να είναι συμβατά για την εφαρμογή του CAMx με χρήση κατάλληλου διαθέσιμου προ-επεξεργαστικού προγράμματος (wrf2camx). Σε ότι αφορά στη ξηρή εναπόθεση, χρησιμοποιήθηκαν τα μοντέλα αντιστάσεων Wesely (1989) και Slinn and Slinn (1980) για τις αέριες και σωματιδιακές ενώσεις αντίστοιχα. Το μοντέλο απομάκρυνσης των αερίων και σωματιδιακών ενώσεων από την ατμόσφαιρα λόγω υγρής απόθεσης είναι σύμφωνα με τους Seinfeld and Pandis (1998). Οι 11 χρήσεις γης που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή του CAMx προήλθαν από το μετεωρολογικό μοντέλο και σε καθεμία από αυτές αντιστοιχείται μία τιμή λευκαύγειας.

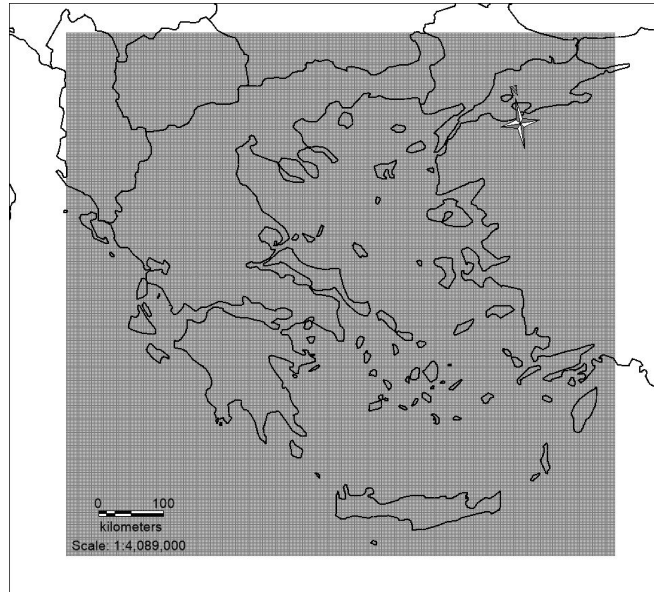
Η ατμοσφαιρική χημεία στη αέρια φάση προσομοιώθηκε με χρήση του χημικού μηχανισμού Carbon Bond 2005 (CB05) (Yarwood et al., 2005). Κατά την εφαρμογή του CAMx, οι ρυθμοί φωτόλυσης των φωτολυτικών αντιδράσεων υπολογίστηκαν με εφαρμογή του μοντέλου διάδοσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα TUV το οποίο αναπτύχθηκε στο National Center of Atmospheric Research (Madronich, 2002). Οι ρυθμοί φωτόλυσης διορθώνονται εξαιτίας της παρουσίας των νεφών (Emery et al., 2010). Δεδομένα για την χωρική κατανομή της στήλης του όζοντος, που επηρεάζει τους ρυθμούς φωτόλυσης, προέρχονται από το δορυφορικό όργανο Ozone Monitoring Instrument (OMI) (<ftp://toms.gsfc.nasa.gov/pub/omi/data/>).

Σε ότι αφορά στην προσομοίωση των αιωρούμενων σωματιδίων, και ειδικότερα στην κατανομή μεγέθους τους, χρησιμοποιήθηκε σχήμα που τα διέκρινε σε λεπτά (με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 2.5 μm) και αδρά (με αεροδυναμική διάμετρο μεγαλύτερη από 2.5 μm και μικρότερη από 10 μm). Η ανόργανη χημεία στη υγρή φάση προσομοιώθηκε σύμφωνα με τον χημικό αλγόριθμο RADM-AQ (Chang et al., 1987). Ο διαχωρισμός των συστατικών των ανόργανων σωματιδίων μεταξύ της αέριας και σωματιδιακής φάσης έγινε σύμφωνα με το μοντέλο θερμοδυναμικής ISORROPIA (Nenes et al., 1998). Ο σχηματισμός των δευτερογενών οργανικών σωματιδίων προσομοιώθηκε στο μοντέλο με χρησιμοποίηση του σχήματος SOAP (Strader et al., 1999).

α)



β)



Σχήμα 5.11: Απεικόνιση των πλεγμάτων προσομοίωσης του μοντέλου CAMx: α) Ανατολική Μεσόγειος, β) Ελλάδα.

Για την εφαρμογή του CAMx στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου χρησιμοποιήθηκαν χημικές οριακές συνθήκες από το σύστημα μοντέλων παγκόσμια κλίμακας IFS-MOZART (Morcrette et al., 2009; Inness et al., 2013). Τα δεδομένα αέριων και σωματιδιακών ανθρωπογενών εκπομπών ρύπων (CO, NO_x, SO₂, NMVOCs, PM₁₀ και PM_{2.5}) προήλθαν από την βάση δεδομένων ετήσιων εκπομπών ρύπων στην Ευρώπη του The Netherlands Organisation (TNO) (Kuenen et al., 2014). Τα προαναφερόμενα δεδομένα είχαν χωρική ανάλυση 1/8° x 1/16° και έγιναν διαθέσιμα στα πλαίσια του FP7 Ευρωπαϊκού έργου Monitoring Atmospheric Composition and Climate Interim Implementation (MACC II). Τα δεδομένα εκπομπών ρύπων αναλύθηκαν χωρικά και χρονικά και διαχωρίστηκαν χημικά με εφαρμογή του μοντέλου ανθρωπογενών εκπομπών ρύπων Model for the Spatial and Temporal Distribution of Emissions (MOSESS) (Markakis et al., 2013).

Σε ό,τι αφορά στην εφαρμογή του CAMx στην Ελλάδα, οι χημικές οριακές συνθήκες προήλθαν από την εφαρμογή του μοντέλου στο πλέγμα της Ανατολικής Μεσογείου. Το CAMx εφαρμόστηκε στο πλέγμα της Ελλάδας για 2 σενάρια εκπομπών. Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο εκπομπών (Scenario_with_Egnatia), οι εκπομπές ρύπων όλων των φυσικών και ανθρωπογενών πηγών ελήφθησαν υπόψη

κατά την εφαρμογή του CAMx. Στο δεύτερο σενάριο, οι εκπομπές ρύπων από την Εγνατία Οδό εξαιρέθηκαν κατά την εφαρμογή του CAMx (Scenario_without_Egnatia).

Στη συνέχεια δίνεται μία σύντομη περιγραφή των φυσικών εκπομπών και των ανθρωπογενών εκπομπών ρύπων που χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή του CAMx στο πλέγμα της Ελλάδας, το οποίο όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.11 περιλαμβάνει και τμήμα γειτονικών χωρών. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων κατανεμήθηκαν στο συγκεκριμένο πλέγμα χωρικής ανάλυσης 2 km χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές απογραφές εκπομπών:

- Εκπομπές για την περιοχή της Ελλάδας με έτος αναφοράς το 2012 από το έργο «Επικαιροποίηση της χαρτογραφικής απεικόνισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσω της καταγραφής ατμοσφαιρικών εκπομπών των πηγών και ανάπτυξης κατάλληλου υπολογιστικού εργαλείου» του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας,
- Εκπομπές για τις γειτονικές χώρες της Ελλάδας (από την βάση δεδομένων εκπομπών ρύπων του TNO (Kuenen et al., 2014)).

Με τη χρήση GIS έγινε ένωση των πεδίων εκπομπών με στόχο την εξαγωγή των απαιτούμενων χωρικά αναλυμένων (2 km), χρονικά αναλυμένων (ωριαίων) και χημικά διαχωρισμένων εκπομπών σε αρχείων εκπομπών με σκοπό την εισαγωγή τους στο φωτοχημικό μοντέλο CAMx.

5.6.2.2.1 Εκπομπές αέριων και σωματιδιακών ενώσεων φυσικής προέλευσης

Σημαντικά δεδομένα εισόδου για την εφαρμογή του φωτοχημικού μοντέλου αποτελούν οι εκπομπές αέριων και σωματιδιακών ενώσεων φυσικής προέλευσης. Για τον υπολογισμό των φυσικών εκπομπών στο πλέγμα της Ανατολικής Μεσογείου και στο Ελλαδικό πλέγμα χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Natural Emission MOdel (NEMO) (Liora et al., 2015, 2016; Rourkou et al., 2010) που αναπτύχθηκε στο τμήμα Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης. Το μοντέλο υπολογίζει PM_{2.5} και PM₁₀ φυσικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων (θαλάσσιο αλάτι και σκόνη) καθώς και εκπομπές των πτητικών οργανικών ενώσεων έκτος μεθανίου από

την βλάστηση σε πλέγμα και σε χρονική ανάλυση τα οποία μπορεί να επιλέξει ο χρήστης και τα οποία είναι απολύτως συμβατά με αυτά που απαιτούνται για την εφαρμογή του φωτοχημικού μοντέλου CAMx. Οι υπολογισμοί των εκπομπών πραγματοποιούνται με βάση τα μετεωρολογικά αποτελέσματα του μοντέλου WRF. Το NEMO είναι συνεπώς πλήρως ενσωματωμένο στο σύστημα μοντέλων WRF-CAMx. Στη συνέχεια, γίνεται μια σύντομη περιγραφή των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των φυσικών εκπομπών.

Σκόνη από το έδαφος

Ο κύριος μηχανισμός παράγωγης σκόνης είναι η επίδραση του ανέμου στις κάθε μορφής επιφάνειες. Οι επιφάνειες οι οποίες είναι κυρίως υπεύθυνες για την παραγωγή σκόνης είναι οι διαβρωμένες επιφάνειες ή καλύτερα οι εν δυνάμει διαβρωμένες επιφάνειες όπως π.χ. οι έρημοι. Οι μη διαβρωμένες επιφάνειες (π.χ. νερό) δεν συνεισφέρουν στην παραγωγή σκόνης. Στο NEMO, για τον υπολογισμό των εκπομπών από τη σκόνη του εδάφους χρησιμοποιείται η μεθοδολογία που περιγράφεται στη δημοσίευση Schaar et al. (2009). Η συγκεκριμένη μεθοδολογία στηρίζεται στις παραμετροποιήσεις των Marticorena and Bergametti (1995) και Fecan et al. (1999). Η σκόνη από το έδαφος εκπέμπεται σε δυο φάσεις. Σε πρώτη φάση η σκόνη ακολουθεί οριζόντια ροή και εν συνεχεία κατακόρυφη ροή. Οι παραμετροποιήσεις που χρησιμοποιούνται αφορούν στο διαχωρισμό του εδάφους ανάλογα με το είδος του κόκκου του εδάφους. Ο διαχωρισμός αυτός είναι απαραίτητος διότι ανάλογα με το μέγεθος του κόκκου του εδάφους η ταχύτητα του ανέμου έχει διαφορετική επίδραση. Επιπλέον, η ταχύτητα κατωφλίου, η οποία πρέπει να υφίσταται ώστε να ξεκινήσει ένα επεισόδιο σκόνης, δεν είναι σταθερή αλλά συνάρτηση του μεγέθους των κόκκων του εδάφους, της τραχύτητας και της υγρασίας του εδάφους. Στο NEMO, για το διαχωρισμό των κόκκων του εδάφους χρησιμοποιείται ο Ευρωπαϊκός χάρτης εδάφους ESDB version 2.0 (Van Liedekerke and Panagos, 2006) σε 100μέτρα χωρική ανάλυση. Σε ό,τι αφορά τις χρήσεις γης, το NEMO χρησιμοποιεί τη βάση δεδομένων χρήσεων γης Eurasia Land Cover Characteristics database (version 2) που διατίθεται δωρεάν από την Αμερικανική

Γεωλογική Υπηρεσία (USGS) (http://edc2.usgs.gov/glcc/eadoc2_0.php) σε 1km² χωρική ανάλυση.

Θαλάσσιο αλάτι

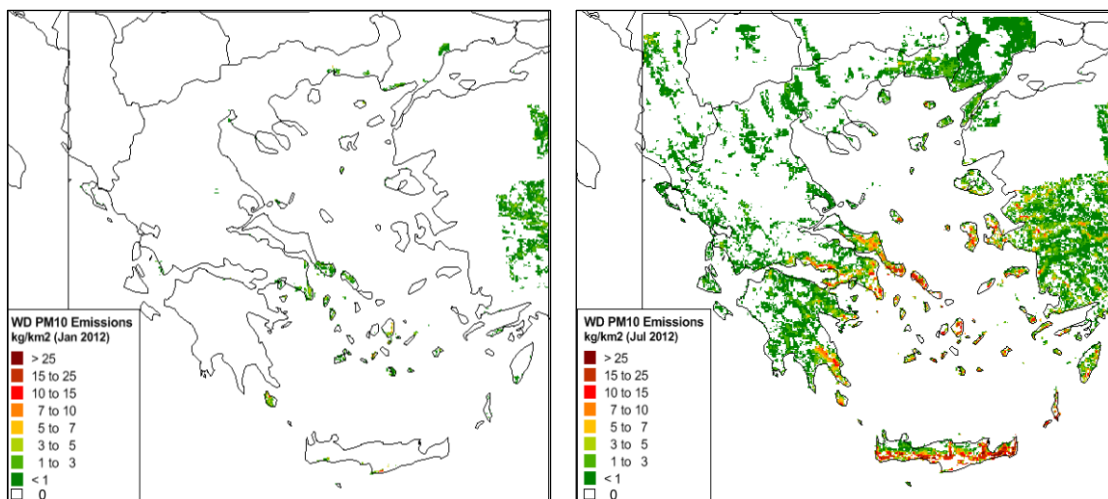
Το θαλάσσιο αλάτι παράγεται από την επίδραση του ανέμου στις θαλάσσιες επιφάνειες. Η παραμετροποίηση η οποία χρησιμοποιείται στο NEMO έχει αναπτυχθεί στη Μετεωρολογική Υπηρεσία της Φινλανδίας (Sofiev et al., 2011) και είναι συνδυασμός των δύο επιμέρους παραμετροποιήσεων των: 1) Monahan et al. (1986) και 2) Martensson et al. (2003) και Clarke et al. (2006). Η πρώτη κλασική παραμετροποίηση συσχετίζει την παραγωγή θαλασσίων σωματιδίων με την ταχύτητα του ανέμου στα 10 μετρά πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ η δεύτερη συσχετίζει την παραγωγή θαλασσίων σωματιδίων με την επιφανειακή θερμοκρασία του νερού και με την αλατότητα του επιφανειακού νερού.

Βιογενείς εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου

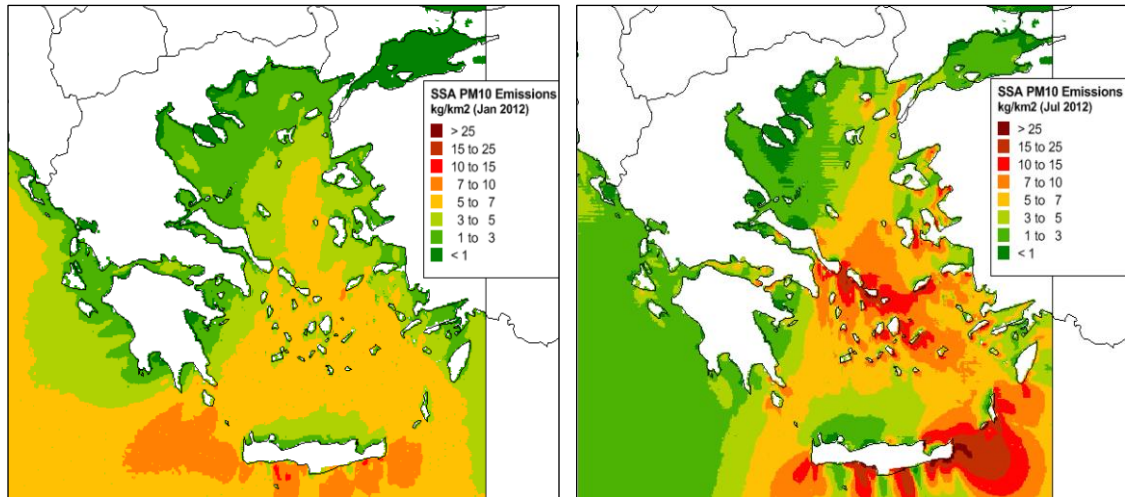
Ο υπολογισμός των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου από τα είδη βλάστησης βασίζεται στο μοντέλο Biogenic Emission Model (BEM) που περιγράφεται στη δημοσίευση Rourkou et al. (2010). Ο υπολογισμός των βιογενών εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (BNMVOCs) αφορά τον υπολογισμό εκπομπών ισοπρενίου, μονοτερπενίων και άλλων πτητικών οργανικών ενώσεων (OVOCs). Συγκεκριμένα, στο μοντέλο χρησιμοποιείται η μεθοδολογία του Guenther et al. (1995) σύμφωνα με την οποία οι βιογενείς εκπομπές εξαρτώνται από έναν συντελεστή εκπομπής για κάθε είδος βλάστησης, από την πυκνότητα της φυλλώδους βιομάζας καθώς και από έναν αδιάστατο, περιβαλλοντικό διορθωτικό συντελεστή, ο οποίος εκφράζει τις βραχυχρόνιες (π.χ. ωριαίες) επιδράσεις της θερμοκρασίας του φυλλώματος και της ηλιακής ακτινοβολίας στις βιογενείς εκπομπές. Για την πραγματοποίηση των υπολογισμών χρησιμοποιούνται δεδομένα χρήσης γης, σε καθεμιά από τις οποίες αποδίδεται ένας συντελεστής εκπομπής για ισοπρένιο, μονοτερπένια και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις, και μια τιμή πυκνότητας φυλλώδους βιομάζας σύμφωνα με τους Rourkou et al. (2010). Στο NEMO, έχουν χρησιμοποιηθεί επιπλέον συντελεστές όπως ο παράγοντας ηλικίας

φυλλώματος (Guenther et al., 1999), ο παράγοντας υγρασίας εδάφους (Guenther et al., 2006; Muller et al., 2008) και ο διορθωτικός παράγοντας εποχικότητας (Steinbrecher et al., 2009). Επίσης, απαιτούνται τιμές θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας που προέρχονται από το μοντέλο WRF.

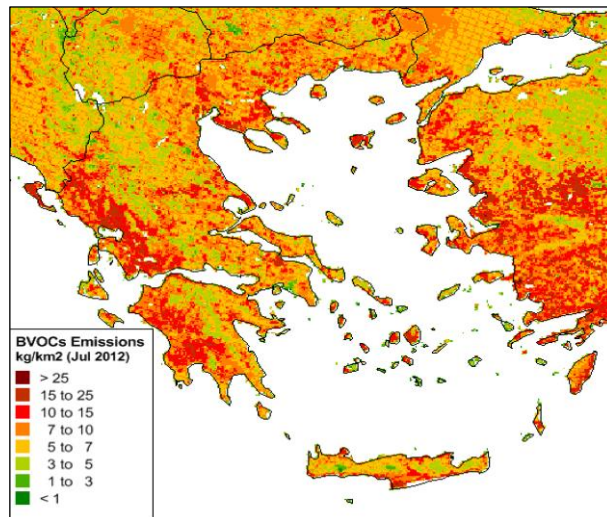
Στην συνέχεια παρουσιάζονται χάρτες φυσικών εκπομπών έτσι όπως αυτές υπολογίστηκαν από την εφαρμογή του μοντέλου NEMO για το πλέγμα της Ελλάδας τους μήνες Ιανουάριο, και Ιούλιο 2012 (Σχήματα 5.12, 5.13, 5.14, 5.15). Στα σχήματα παρουσιάζεται η μηνιαία χωρική κατανομή των φυσικών εκπομπών PM10 και ΒNMVOCs. Τα PM2.5 παρουσιάζουν παρόμοια κατανομή με τα PM10. Οι ΒNMVOCs εκπομπές είναι μεγαλύτερες τους θερινούς μήνες του έτους, γι' αυτό και στο Σχήμα 5.14 και Σχήμα 5.15 παρουσιάζονται οι εκπομπές αυτές μόνο για το μήνα Ιούλιο.



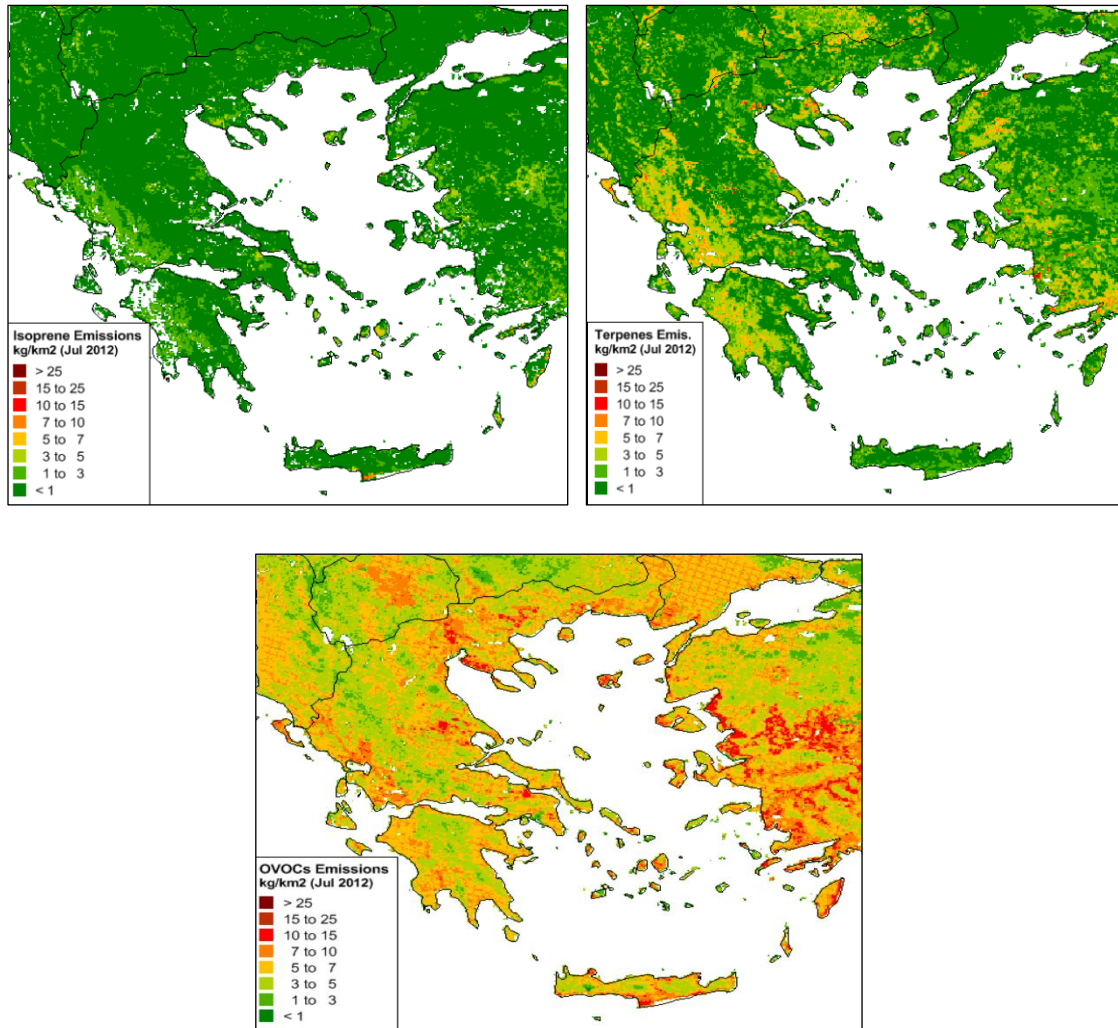
Σχήμα 5.12: Χωρική κατανομή των μηνιαίων PM10 εκπομπών σκόνης από το έδαφος τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο του έτους 2012 στο πλέγμα της Ελλάδας.



Σχήμα 5.13: Χωρική κατανομή των μηνιαίων PM10 εκπομπών θαλάσσιου άλατος τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο του έτους 2012 στο πλέγμα της Ελλάδας.



Σχήμα 5.14: Χωρική κατανομή των βιογενών εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου τον Ιούλιο 2012 στο πλέγμα της Ελλάδας.



Σχήμα 5.15 Χωρική κατανομή των βιογενών εκπομπών ισοπρενίου, μονοτερπενίων και άλλων πτητικών οργανικών ενώσεων τον Ιούλιο 2012 στο πλέγμα της Ελλάδας.

5.6.2.2 Ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων για την περιοχή της Ελλάδας

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές για την περιοχή της Ελλάδας υπολογίστηκαν και κατανεμήθηκαν σε ένα πλέγμα με χωρική ανάλυση 2 km (Σχήμα 5.11) (Melas et al., 2016). Τα δεδομένα εκπομπών αφορούσαν στους αέριους ρύπους CO, NO_x, SO₂, NMVOCs και στους σωματιδιακούς ρύπους PM₁₀, PM_{2.5}. Οι ρύποι NMVOCs, PM₁₀ και PM_{2.5} διαχωρίστηκαν σε επιμέρους χημικές ενώσεις/κατηγορίες με χημικά προφίλ ανά πηγή που δόθηκαν από το TNO (Kuenen et al., 2014; Markakis et al., 2013). Οι NMVOCs διαχωρίστηκαν σε 23 επιμέρους χημικές ενώσεις/κατηγορίες (αλκοόλες, αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο κ.α) και τα αιωρούμενα σωματίδια διαχωρίστηκαν σε

οργανικά σωματίδια, στοιχειακό άνθρακα, θειικά σωματίδια και λοιπά σωματίδια (σωματίδια που δεν είναι χημικά διαχωρισμένα).

Οι εκπομπές υπολογίστηκαν για κάθε ανθρωπογενή δραστηριότητα ξεχωριστά και, ανάλογα με το είδος των πηγών που εκπέμπουν τους ρύπους, διακρίνονται σε α) σημειακές β) επιφανειακές (ή εμβαδικές) και γ) γραμμικές πηγές. Με τη χρήση των εργαλείων χωρικοποίησης που αναπτύχθηκαν στο GIS το σύνολο των ανωτέρω εκπομπών κατανεμήθηκε τελικά το πλέγμα των 2 X 2 km.

Οι εκπομπές από επιφανειακές πηγές ήταν ετήσιας ή μηνιαίας χρονικής ανάλυσης και αφορούσαν στις παρακάτω βασικές κατηγορίες πηγών ρύπανσης:

- Κεντρική θέρμανση,
- Οδικές μεταφορές (οδική κυκλοφορία ανά οδικό δίκτυο),
- Μη οδικές μεταφορές (ναυσιπλοΐα, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές, οχήματα εκτός δρόμου),
- Γεωργικές δραστηριότητες (χρήση λιπασμάτων, καύση υπολειμμάτων γεωργικής βιομάζας),
- Διακίνηση καυσίμων,
- Χρήση διαλυτών.

Στις σημειακές εκπομπές ανήκουν οι ετήσιες εκπομπές από τη βιομηχανική-βιοτεχνική δραστηριότητα (τομέας ενέργειας, εξόρυξη, βιομηχανία, βιοτεχνία). Η χωροθέτηση των σημειακών εκπομπών στο πλέγμα μελέτης έγινε με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες της εκάστοτε σημειακής πηγής.

Με τη χρήση GIS αρχικά οι ετήσιες ή μηνιαίες εκπομπές μετατράπηκαν σε ωριαίες για κάθε δραστηριότητα και ρύπο. Οι ωριαίες εκπομπές που υπολογίστηκαν από το GIS τόσο για τις επιφανειακές όσο και από τις σημειακές πηγές εξάχθηκαν σε μορφή ascii αρχείων και χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια από το μοντέλο MOSESS όπου έγινε ένωση των εκπομπών των επιμέρους υποκατηγοριών για κάθε βασική κατηγορία ρύπανσης (οι βασικές κατηγορίες πηγών εκπομπής αναφέρονται στον Πίνακα 5.10) αλλά και ένωση των εκπομπών όλων των βασικών κατηγοριών ρύπανσης με στόχο την εξαγωγή των συνολικών

ωριαίων επιφανειακών εκπομπών για κάθε ρύπο ξεχωριστά στο format που χρησιμοποιείται από το CAMx.

Πίνακας 5.10: Βασικές κατηγορίες εκπομπής ρύπων

Κατηγορία Πηγής	Περιγραφή
SNAP1	Τομέας ενέργειας
SNAP2	Μη βιομηχανικές μονάδες καύσης
SNAP3, SNAP4	Βιομηχανική δραστηριότητα
SNAP5	Εξόρυξη και διανομή ορυκτών καυσίμων και γεωθερμικής ενέργειας
SNAP6	Χρήση διαλυτών
SNAP7	Οδικές μεταφορές
SNAP8	Μη - Οδικές μεταφορές (θαλάσσιες, αερομεταφορές, σιδηροδρομικές μεταφορές, οχήματα εκτός δρόμου)
SNAP9	Επεξεργασία και διάθεση απορριμμάτων
SNAP10	Αγρό-κτηνοτροφικές δραστηριότητες

5.6.2.2.3 Ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων εκτός Ελλάδας

Στο πλέγμα μελέτης (Σχήμα 5.11) περιλαμβάνονται γειτονικές χώρες της Ελλάδας για τις οποίες οι εκπομπές προήλθαν από την βάση ετήσιων δεδομένων εκπομπών ρύπων του TNO (Kuenen et al., 2014). Οι εκπομπές αφορούσαν στην περιοχή της Ευρώπης και είχαν χωρική ανάλυση $1/8^\circ \times 1/16^\circ$. Τα δεδομένα ήταν διαθέσιμα στα πλαίσια του FP7 Ευρωπαϊκού έργου MACC II. Η συγκριμένη απογραφή περιελάμβανε 10 ανθρωπογενείς κατηγορίες πηγών ρύπανσης σύμφωνες με τις κατηγορίες Selected Nomenclature for Air Pollution (SNAP) (Πίνακας 5.10) για τις οποίες έχουν υπολογιστεί οι σημειακές και επιφανειακές εκπομπές των παρακάτω ρύπων: CO, NO_x, SO₂, NMVOCs, PM₁₀ και PM_{2.5}.

Με τη βοήθεια του μοντέλου ανθρωπογενών εκπομπών MOSESS, οι ετήσιες εκπομπές όλων των ρύπων από όλες τις κατηγορίες πηγών ρύπανσης

κατανεμήθηκαν στο πλέγμα με χωρική ανάλυση 2 km. Οι ετήσιες εκπομπές αναλύθηκαν χρονικά (μηνιαία, ημερήσια, ωριαία ανάλυση). Για τη χρονική ανάλυση των εκπομπών χρησιμοποιήθηκαν προφίλ βάσει του προγράμματος GENEMIS (Friedrich, 1997). Οι εκπομπές των NMVOCs και των PM διαχωρίστηκαν χημικά χρησιμοποιώντας τα χημικά προφίλ του TNO (Kuenen et al., 2014; Markakis et al., 2013).

5.6.3 Στοιχεία εξόδου του φωτοχημικού μοντέλου

Τα στοιχεία εξόδου του μοντέλου είναι οι ωριαίες συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων και ενώσεων όπως αυτά και αυτές περιλαμβάνονται στους χημικούς μηχανισμούς του βασικού πυρήνα του μοντέλου. Οι συγκεντρώσεις υπολογίζονται στη θέση της κάθε κυψελίδας και για κάθε κατακόρυφο ατμοσφαιρικό στρώμα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν για το κατώτερο ατμοσφαιρικό στρώμα που γειτνιάζει με το έδαφος.

Στον Πίνακα 5.11 περιγράφονται τα χημικά στοιχεία και οι χημικές ενώσεις για τα οποία και για τις οποίες έχουν υπολογιστεί συγκεντρώσεις κατά την εφαρμογή του CAMx στο πλέγμα της Ελλάδας και τα οποία/ες συνδέονται με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους ενδιαφέροντος στα πλαίσια της παρούσας μελέτης δηλαδή τους CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ και PM_{2.5}.

Από τον Πίνακα 5.11 προκύπτει ότι οι συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων ενδιαφέροντος CO και SO₂ αποτελούν απευθείας αποτελέσματα του μοντέλου. Οι συγκεντρώσεις των υπόλοιπων ρύπων προκύπτουν από τα παρακάτω αθροίσματα:

$$\text{-PM}_{10} = \text{PSO}_4 + \text{PNO}_3 + \text{PNH}_4 + \text{SOA}(1\acute{\epsilon}\omega\varsigma 7) + \text{SOPA} + \text{SOPB} + \text{NA} + \text{PCL} + \text{POA} + \text{PEC} + \text{FPRM} + \text{FCRS} + \text{CPRM} + \text{CCRS} \quad (5.6.1)$$

$$\text{-PM}_{2.5} = \text{PSO}_4 + \text{PNO}_3 + \text{PNH}_4 + \text{SOA}(1\acute{\epsilon}\omega\varsigma 7) + \text{SOPA} + \text{SOPB} + \text{NA} + \text{PCL} + \text{POA} + \text{PEC} + \text{FPRM} + \text{FCRS} \quad (5.6.2)$$

$$\text{-NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO} \quad (5.6.3)$$

Πίνακας 5.11: Χημικά στοιχεία και ενώσεις εξόδου όπως περιλαμβάνονται στους χημικούς μηχανισμούς του βασικού πυρήνα του CAMx

Χημικό Στοιχείο / Ένωση	Φάση	Μέγεθος
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Αέρια	-
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	Αέρια	-
Μονοξείδιο του αζώτου (NO)	Αέρια	-
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	Αέρια	-
Όζον (O ₃)	Αέρια	-
Θειικά (PSO ₄)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Νιτρικά (PNO ₃)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Αμμωνιακά (PNH ₄)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Δευτερογενή οργανικά (ανθρωπογενή και βιογενή) (SOA1 έως 7)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Πολυμερισμένα δευτερογενή οργανικά (ανθρωπογενή και βιογενή) (SOPA, SOPB)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Νάτριο (NA)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Χλωριούχα (PCL)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Πρωτογενή οργανικά (POA)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Πρωτογενής στοιχειακός άνθρακας (PEC)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Άλλα πρωτογενή λεπτόκοκκα (FPRM)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Κρυσταλλικά λεπτόκοκκα (FCRS)	Σωματιδιακή	Διάμετρος ≤ 2.5μm
Άλλα πρωτογενή χοντρόκοκκα (CPRM)	Σωματιδιακή	2.5μm ≤ Διάμετρος ≤ 10μm
Κρυσταλλικά χοντρόκοκκα (CCRS)	Σωματιδιακή	2.5μm ≤ Διάμετρος ≤ 10μm

5.6.4 Επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας σε Περιφερειακή Κλίμακα. Για τον σκοπό αυτό υπολογίστηκε σε κάθε κυψελίδα του πλέγματος η επί τοις εκατό (%) μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης του κάθε ρύπου σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

(%) Μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης του ρύπου = (Μέση συγκέντρωση του ρύπου (Scenario_with_Egnatia) - Μέση συγκέντρωση του ρύπου (Scenario_without_Egnatia)) / Μέση συγκέντρωση του ρύπου (Scenario_with_Egnatia)

(5.6.4)

Στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήματα 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 και 5.21) παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των ρύπων NO_x, CO, SO₂, PM₁₀ και PM_{2.5} αντίστοιχα για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο, σύμφωνα με την σχέση 5.6.4. Τα σχήματα εστιάζουν στην Βόρεια Ελλάδα καθώς, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, στην περιοχή αυτή εντοπίζεται κυρίως η όποια επίδραση των εκπομπών της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της Ελλάδας.

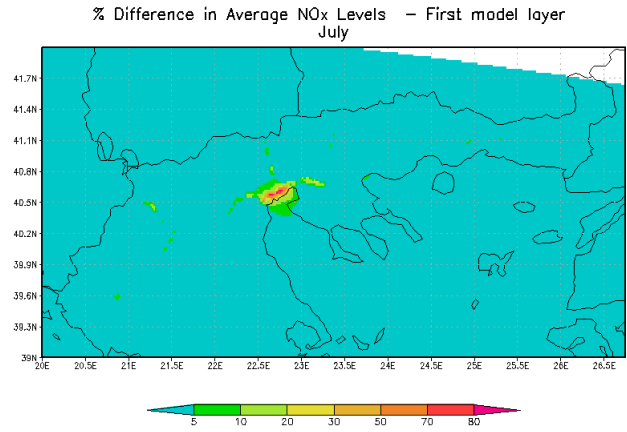
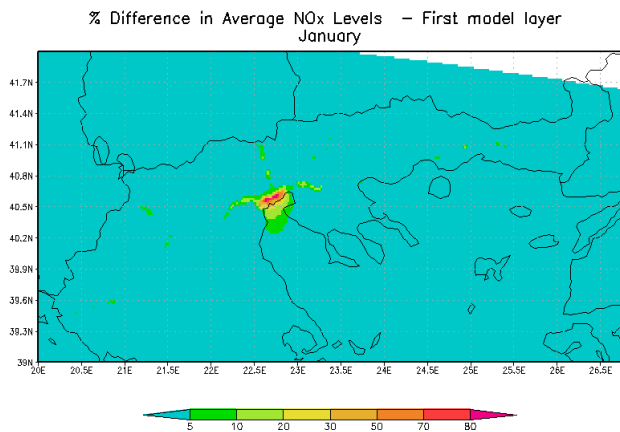
Η κύρια επίδραση των εκπομπών της Εγνατίας Οδού στις μέσες συγκεντρώσεις των NO_x φαίνεται να είναι περιορισμένη χωρικά στην περιοχή στα δυτικά της Θεσσαλονίκης, τόσο τον Ιανουάριο όσο και τον Ιούλιο. Στο μεγαλύτερο μέρος της Εγνατίας Οδού υπολογίζονται αυξήσεις των μέσων συγκεντρώσεων των NO_x που δεν ξεπερνούν το 5%. Σε επιμέρους τμήμα της Οδού στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται μεγαλύτερες αυξήσεις που μπορεί να κυμαίνονται μεταξύ 10% και 20%. Στο τμήμα της Εγνατίας Οδού δυτικά της Θεσσαλονίκης υπολογίστηκαν σημαντικές αυξήσεις στις μέσες τιμές των NO_x που ξεπερνούν το 80% (Σχήμα 5.18).

Η κύρια επίδραση των εκπομπών της Εγνατίας Οδού στις μέσες συγκεντρώσεις του CO φαίνεται να είναι περιορισμένη χωρικά στην περιοχή στα δυτικά της Θεσσαλονίκης τόσο τον Ιανουάριο όσο και τον Ιούλιο. Στο σύνολο σχεδόν της Εγνατίας Οδού υπολογίζονται αυξήσεις των μέσων συγκεντρώσεων του CO που δεν ξεπερνούν το 5%. Στο τμήμα της Εγνατίας Οδού δυτικά της Θεσσαλονίκης υπολογίστηκαν σημαντικές αυξήσεις στις μέσες τιμές CO που φτάνουν το 35% (Σχήμα 5.18).

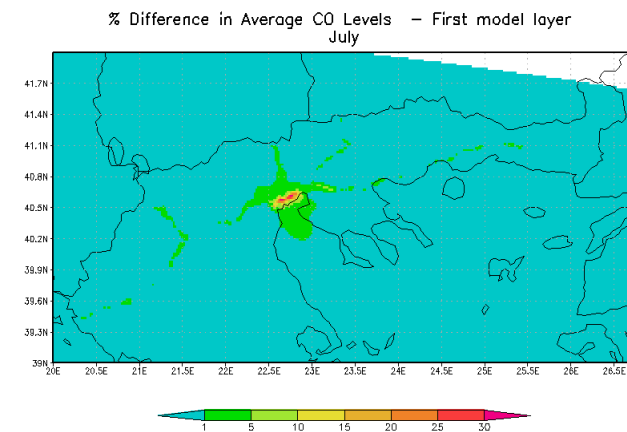
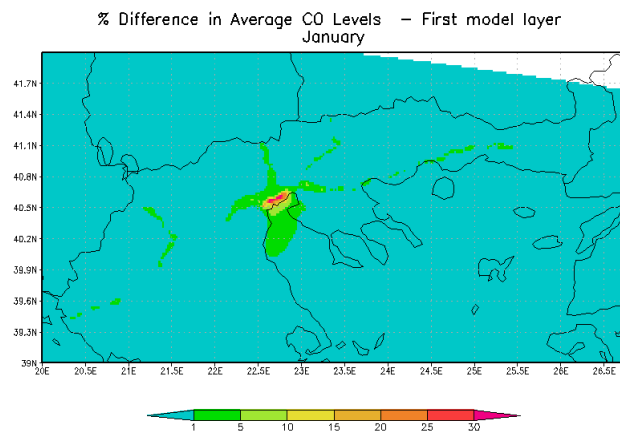
Το Σχήμα 5.19 δείχνει ότι η επίδραση της Εγνατίας Οδού στα μέσα επίπεδα του SO₂ στην Βόρεια Ελλάδα είναι πάρα πολύ μικρή (μέγιστες αυξήσεις στις μέσες συγκεντρώσεις έως 1.5% περίπου).

Τα Σχήματα 5.20 και 5.21 δείχνουν την μικρή επίδραση της Εγνατίας Οδού στα μέσα επίπεδα των ρύπων PM₁₀ και PM_{2.5} στη Βόρεια Ελλάδα. Οι μεγαλύτερες αυξήσεις των μέσων συγκεντρώσεων εμφανίζονται στο τμήμα της Εγνατίας Οδού δυτικά της Θεσσαλονίκης και είναι της τάξης του 6% για τα PM₁₀ ενώ δεν ξεπερνούν το 3% για τα PM_{2.5}.

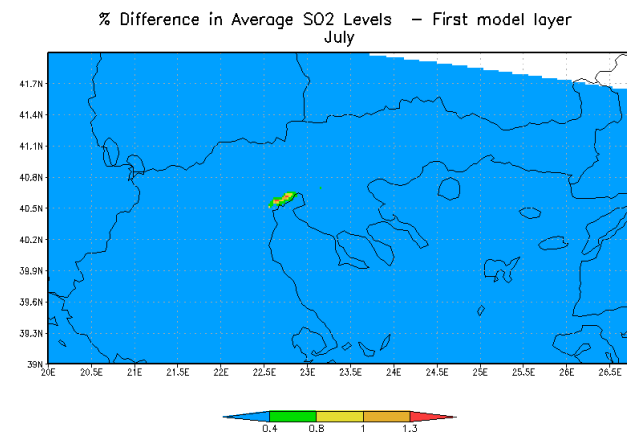
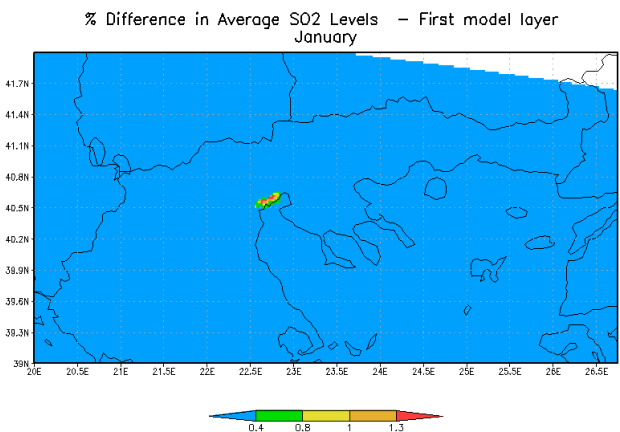
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το τμήμα της Εγνατίας Οδού στην δυτική είσοδο της Θεσσαλονίκης ταυτίζεται με την Εθνική Οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Η διάκριση των οχημάτων, και φυσικά των εκπομπών τους, που εξυπηρετούνται ξεχωριστά από την Εγνατία Οδό και από την Εθνική Οδό δεν είναι δυνατή. Τα αποτελέσματα συνεπώς της παρούσας μελέτης σχετικά με την επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στην συγκεκριμένη περιοχή ενδέχεται να είναι υπερεκτιμημένα καθώς περιλαμβάνουν και την επίδραση των εκπομπών των οχημάτων που κινούνται κατά μήκος της Εθνικής Οδού Αθηνών-Θεσσαλονίκης.



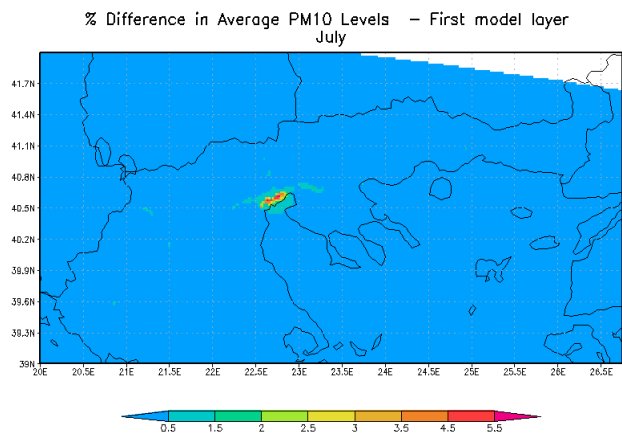
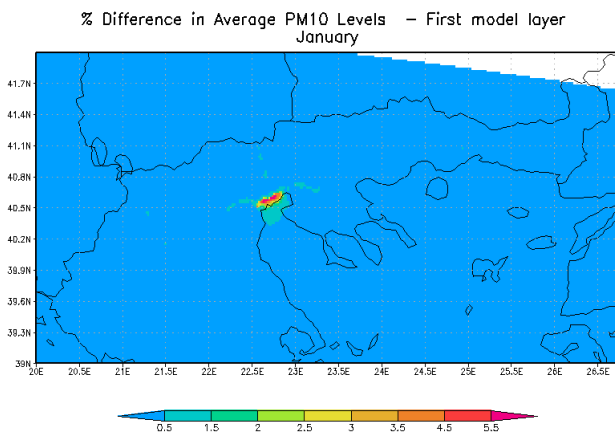
Σχήμα 5.17: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των NO_x τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.



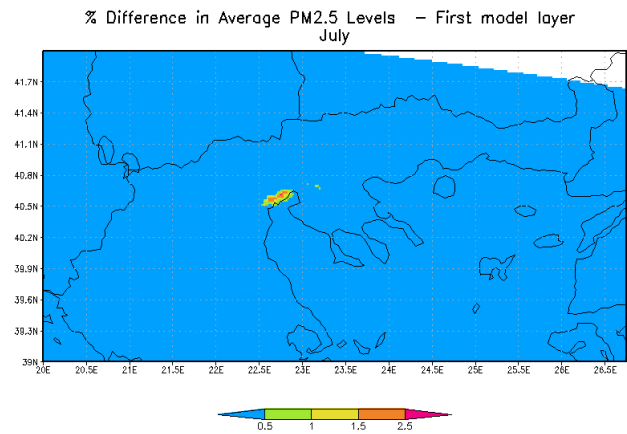
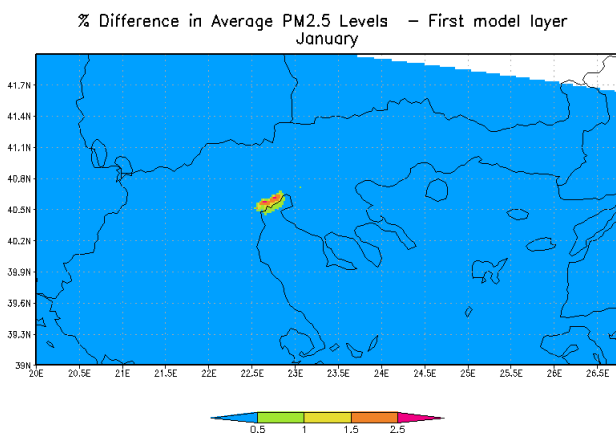
Σχήμα 5.18: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις του CO τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.



Σχήμα 5.19: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις του SO₂ τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.



Σχήμα 5.20: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των PM10 τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.



Σχήμα 5.21: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των PM2.5 τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.

Στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζεται το 98^ο εκατοστημόριο των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των ρύπων στην Βόρεια Ελλάδα εξαιτίας των εκπομπών ρύπων από οδικές μεταφορές στην Εγνατία Οδό για τον Ιανουάριο και Ιούλιο.

Πίνακας 5.12: Επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στην Βόρεια Ελλάδα με χρήση αριθμητικών μοντέλων.

Χρονική περίοδος (έτος αναφοράς 2014)	98 ^ο εκατοστημόριο της % μεταβολής της μέσης συγκέντρωσης του ρύπου				
	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
Ιανουάριος	1.07	2.95	0.05	0.19	0.08
Ιούλιος	1.01	2.79	0.04	0.18	0.08

Από τον Πίνακα 5.12 προκύπτει πως η επίδραση της Εγνατίας Οδού στην σύσταση της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη για τις συγκεντρώσεις των NO_x. Το ανώτερο 2% των ποσοστιαίων μεταβολών των μέσων συγκεντρώσεων των NO_x λόγω των εκπομπών ρύπων από την οδική κυκλοφορία στην Εγνατία οδό, αφορά σε ποσοστιαίες μεταβολές που είναι μεγαλύτερες από 3% περίπου τον Ιανουάριο και τον Ιούλιο. Θα πρέπει ωστόσο να γίνουν δύο επισημάνσεις:

Η παρούσα μελέτη βασίστηκε σε προσομοιώσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με ένα σύστημα αριθμητικών μοντέλων μέσης κλίμακας. Αν και η εφαρμογή των μοντέλων έγινε με υψηλή οριζόντια ανάλυση (=2 km), τα αποτελέσματά τους είναι αντιπροσωπευτικά της επίδρασης της ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ στα περιφερειακά επίπεδα ρύπανσης και δεν αντιπροσωπεύουν τις μέγιστες επιδράσεις οι οποίες εμφανίζονται σε τοπική κλίμακα.

Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο την περιοχή αναφοράς, η οποία έχει επιλεγεί να είναι η Βόρεια Ελλάδα.

5.7 Εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων (ENV2.4)

Μια άλλη συνιστώσα του Περιβαλλοντικού Δείκτη συνίσταται από τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από τις μεταφορές στην Εγνατία Οδό. Οι ετήσιες εκπομπές από τις οδικές μεταφορές στην Εγνατία Οδό υπολογίστηκαν με βάση τα δεδομένα κυκλοφορίας του έτους 2014 και σύμφωνα με τη μεθοδολογία EMEP/CORINAIR (EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη μεθοδολογία TIERI οι ετήσιες εκπομπές στα οδικά τμήματα της Εγνατίας Οδού υπολογίστηκαν για 4 βασικές κατηγορίες οχημάτων (επιβατικά, ελαφρά οχήματα, βαρέα οχήματα, δίτροχα) σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$E = EF * FC * veh \bullet km,$$

E (gr/έτος) : οι ετήσιες εκπομπές για κάθε κατηγορία οχήματος,

EF (g/kg) : ο συντελεστής εκπομπής ανά κατηγορία οχήματος και είδος καυσίμου για κάθε ατμοσφαιρικό ρύπο,

FC (g/km) : τυπικές τιμές κατανάλωσης καυσίμου ανά κατηγορία οχήματος και είδος καυσίμου,

$veh \bullet km$: τα οχηματοχιλιόμετρα ανά έτος στα οδικά τμήματα της Εγνατίας Οδού ανά κατηγορία οχήματος για το έτος 2014

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συνολικών ετήσιων εκπομπών ανά ατμοσφαιρικό ρύπο.

Πίνακας 5.13: Ετήσιες εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές στην Εγνατία Οδό (Εγνατία Οδός και κάθετοι άξονες) για το έτος 2014

Ρύπος	Ετήσιες Εκπομπές (tn/έτος)
CO	8670.13
NMVOCS	1007.78
NOx	3607.16
SO ₂	20.30
PM10	75.98
PM2.5	75.98

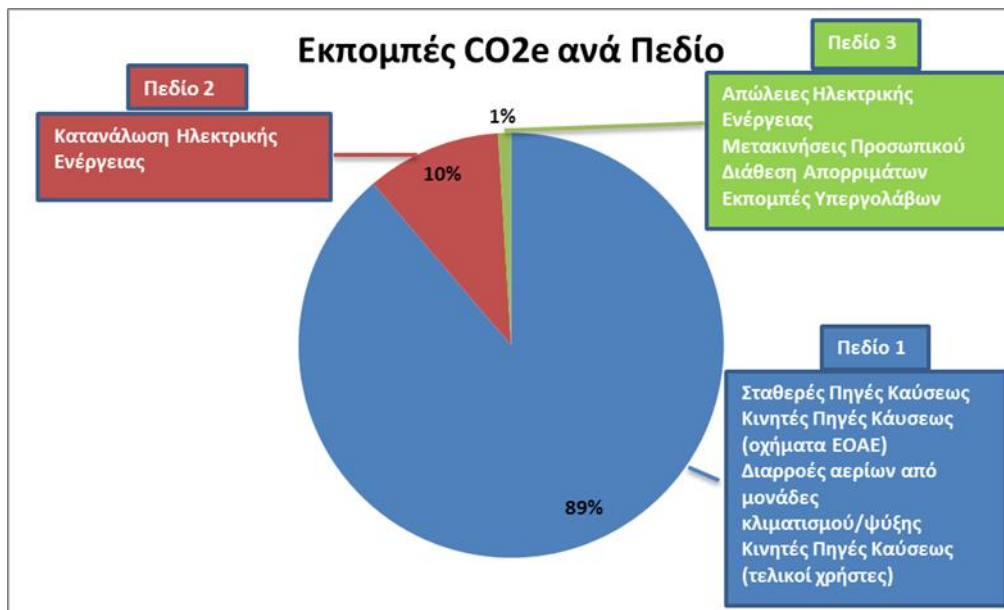
5.8 Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (ENV2.5)

Μια σημαντική συνιστώσα του Περιβαλλοντικού Δείκτη αποτελούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Υπολογίζεται το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα και αποδίδεται ο βαθμός συμβολής των λειτουργικών δραστηριοτήτων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Ένα ανθρακικό αποτύπωμα μετριέται σε τόνους ισοδυνάμου του διοξειδίου του άνθρακα (tCO_{2e}). Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα (CO_{2e}) επιτρέπει τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους σε μια βάση υπολογισμού, η οποία ως μονάδα μέτρησης έχει τη μια μονάδα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το CO_{2e} (ισοδύναμο) υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές καθενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου με το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη εντός περιόδου 100 ετών. Η μεθοδολογία υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος και των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζεται σε άλλο κεφάλαιο. Παρακάτω εμφανίζονται τα αποτελέσματα για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.

Πίνακας 5.14: Ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για το έτος 2014

Εκπομπές Πεδίου 1		Εκπομπές Πεδίου 2		Εκπομπές Πεδίου 3	
	tCO _{2e}		tCO _{2e}		tCO _{2e}
Σταθερές Πηγές Καύσεως	377.57	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	61579.67	Απώλειες Ηλεκτρικής Ενέργειας	1847.39
Κινητές Πηγές Καύσεως (Οχήματα ΕΟΑΕ)	157.31			Μετακινήσεις Προσωπικού	752.18
Διαρροές αερίων από μονάδες κλιματισμού/ψύξης	114.34			Διάθεση Απορριμμάτων	55.06
Κινητές Πηγές Καύσεως (Τελικοί Χρήστες)	532825.60			Εκπομπές Υπεργολάβων	4844.27
Σύνολο	533474.82	Σύνολο	61579.67	Σύνολο	7498.9
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ:	602553.39		tCO_{2e}		

Στο ακόλουθο σχήμα παρουσιάζονται γραφικά οι ποσοστιαίες συνεισφορές των διαφόρων πηγών ανά πεδίο στο συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα.



Σχήμα 5.22: Ποσοστιαία συνεισφορά των διαφόρων ρύπων

Είναι εμφανές από το παραπάνω σχήμα ότι η συνεισφορά των πηγών εκπομπών του Πεδίου 1 υπερτερεί, αποτελώντας το 89% του συνολικού ανθρακικού αποτυπώματος. Πιο αναλυτικά το 0,062% οφείλεται στις σταθερές πηγές καύσεως, το 0,019% στις διαρροές αερίων από μονάδες κλιματισμού/ψύξης, το 0,026% στις κινητές πηγές καύσεως (οχήματα ΕΟΑΕ) και το 88,7% στις κινητές πηγές καύσεως (τελικοί χρήστες). Θα μπορούσαμε εύκολα να πούμε ότι σχεδόν το σύνολο της συνεισφοράς των πηγών του πεδίου 1 είναι οι κινητές πηγές καύσεως των τελικών χρηστών.

Οι εκπομπές οφειλόμενες στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν περίπου το 10% της συνεισφοράς στο συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα. Ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 1% αποτελούν οι πηγές του πεδίου 3 με σημαντικότερες τις εκπομπές από τις απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας 0,3% και τις εκπομπές υπερβολών 0,6%.

6. Δείκτης ENV04 «Ποιότητα Ατμόσφαιρας Σηράγγων»

6.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Ο δείκτης προσδιορίζει τον αριθμό των υπερβάσεων των επιτρεπτών ορίων συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και μονοξειδίου του αζώτου (NO) εντός σηράγγων με μήκος μεγαλύτερο των 500 μέτρων και συστήματα εξαερισμού, καθώς και τη διασπορά των τιμών των μετρήσεων. Η υπέρβαση των επιτρεπτών ορίων CO και NO θεωρείται επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία και η παρακολούθησή τους καθίσταται επιτακτική κυρίως σε κλειστά τμήματα (σήραγγες) όπου ευνοείται η συσσώρευση των ρύπων. Επομένως, είναι απαραίτητη η συνεχής καταγραφή των συγκεντρώσεων των συγκεκριμένων ρύπων εντός των σηράγγων, η οποία γίνεται από τους αυτόματους αναλυτές με τους οποίους είναι εφοδιασμένα τα συστήματα εξαερισμού. Η καταγραφή και αποτύπωση του δείκτη για τους ρύπους CO και NO, επιτρέπει τη σύγκρισή του με τα όρια υπέρβασης που έχει θέσει ο Οδηγός Σχεδιασμού Μελετών Έργων Οδοποιίας (ΟΣΜΕΟ) της Ε.Ο.Α.Ε., κατά το σχεδιασμό των συστημάτων αερισμού των σηράγγων (100 ppm και 25 ppm αντίστοιχα). Ενδεχόμενη υπέρβαση του δείκτη αντιμετωπίζεται με την αυτόματη ενεργοποίηση των συστημάτων εξαερισμού. Ωστόσο, ο μακροσκοπικός έλεγχος του δείκτη και κυρίως ο έλεγχος της διασποράς των τιμών παρέχει πληροφορίες για την ασφάλεια των σηράγγων, καθώς και για το αν προκύπτει ανάγκη μείωσης του ορίου υπέρβασης που τίθεται από τους περιβαλλοντικούς όρους.

6.2 Ανάλυση μεθοδολογίας υπολογισμού δείκτη ENV04 «Ποιότητα ατμόσφαιρας σηράγγων»

Ο ΠΔ ENV04 θα διαμορφωθεί έτσι ώστε να προσδιορίζει τον αριθμό των υπερβάσεων των επιτρεπτών ορίων συγκέντρωσης CO και NO, εντός σηράγγων με μήκος μεγαλύτερο των 500 μέτρων και συστήματα εξαερισμού, καθώς και τη διασπορά των τιμών των μετρήσεων.

Στον Οδηγό Σχεδιασμού Μελετών Έργων Οδοποιίας (Ο.Σ.Μ.Ε.Ο.) της Ε.Ο.Α.Ε., και για τις ανάγκες αυτοματοποίησης της λειτουργίας των συστημάτων αερισμού των σηράγγων έχουν καθοριστεί τα όρια των 100 ppm και 25 ppm, για τους ρύπους CO και NO αντίστοιχα. Οι υπερβάσεις ανιχνεύονται από αυτόματους

αναλυτές, με τους οποίους είναι εφοδιασμένα τα συστήματα εξαερισμού, που παρέχουν 7λεπτες τιμές συγκέντρωσης για κάθε ρύπο. Ο μακροσκοπικός έλεγχος του δείκτη εκπεφρασμένος τόσο σε μονάδες συγκέντρωσης (ppm) όσο και σε συχνότητα υπερβάσεων των ορίων, θα δώσει μία σαφή εικόνα για την κατάσταση της ποιότητας του αέρα εντός των σηράγγων της Ε.Ο.Α.Ε., παρέχοντας πληροφορίες για τη λειτουργία του συστήματος εξαερισμού καθώς και για το αν προκύπτει ανάγκη μείωσης του ορίου υπέρβασης που τίθεται από τους περιβαλλοντικούς όρους.

6.3 Αποτελέσματα – Εκτίμηση

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

α/α	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

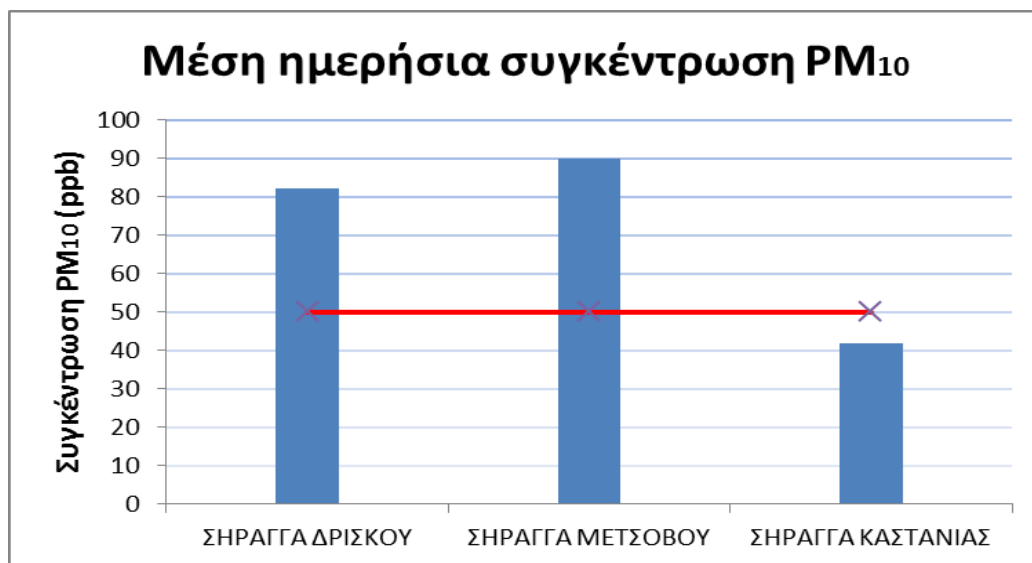
Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Νοέμβριο του έτους 2015 και τον Ιούνιο του έτους 2016 σε θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι αέριοι ρύποι που παρακολουθήθηκαν και τα αντίστοιχα τμήματα της οδού, παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2:

Πίνακας 6.2: Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

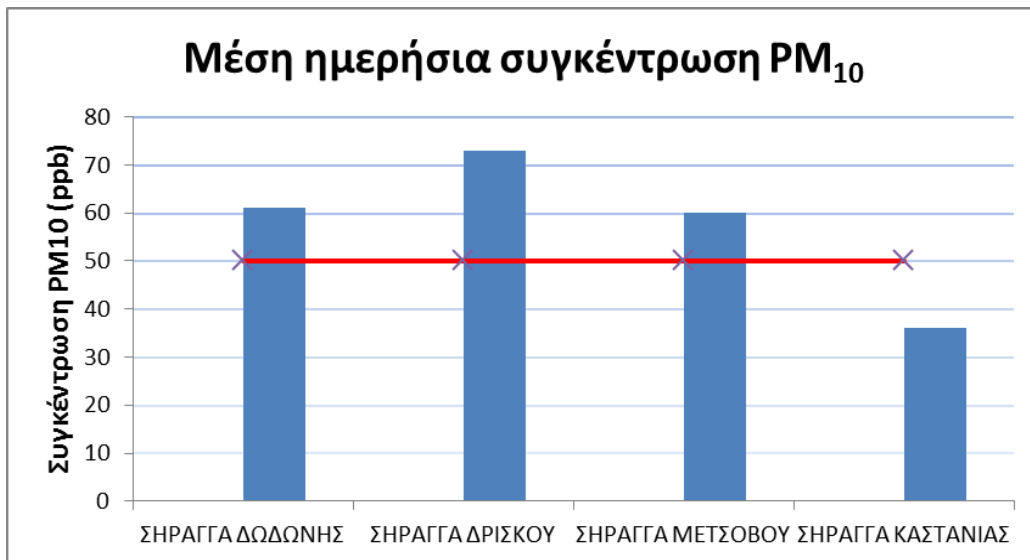
Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ

6.3.1 Αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀

Οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων υλοποιήθηκαν για 24 ώρες σε κάθε γεωγραφική θέση εκτός της σήραγγας Δωδώνης το Νοέμβριο του 2015. Κατά τη δειγματοληψία διεξήχθησαν προσπάθειες ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές (θέση δειγματοληψίας, φορά αέρα). Για τον Νοέμβριο του 2015, τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις θέσεις: Θ05 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ (82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ07 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Σχετικά υψηλή ήταν και η τιμή στην θέση Θ12 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ (42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Από τη δεύτερη σειρά μετρήσεων κατά τον μήνα Ιούνιο του 2016, τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στις θέσεις: Θ04 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ (61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), , Θ05 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ (73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ07 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Σχετικά υψηλή ήταν και η τιμή στην θέση Θ12 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ (36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Το σχήμα 6.1 που ακολουθεί είναι αντιπροσωπευτικό για τις δύο δειγματοληψίες.



α)



β)

Σχήμα 6.1: Μέση 24h συγκέντρωση PM₁₀ σηράγγων α) Νοέμβριος 2015 β) Ιούνιος 2016

6.3.2 Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Σε καμία θέση οι μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) δεν πλησιάζουν το όριο των 7000 ppb μέγιστη τιμή 15 λεπτών ούτε αυτό των 20000ppb μέση ημερήσια τιμή οκταώρου (ορισμένες από την Παγκόσμια Ένωση Οδικών Μεταφορών -PIARC) καθότι καμία 5λεπτη καταγραφή δεν αποτυπώνει έξαρση άνω των 3111 ppb για τον Νοέμβριο του 2015 και των 4318 ppb για τον Ιούνιο του 2016. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου.

6.3.3 Μονοξείδιο του Αζώτου (NO)

Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Μονοξειδίου του Αζώτου (NO) δεν ξεπερνούν το όριο των 10000ppb στο οποίο ενεργοποιείται το σύστημα εξαερισμού της σήραγγας. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου με μέγιστη καταγραφή στα 696 ppb για τον Νοέμβριο του 2015 και στα 514 ppb για τον Ιούνιο του 2016.

6.3.4 Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 1000 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του

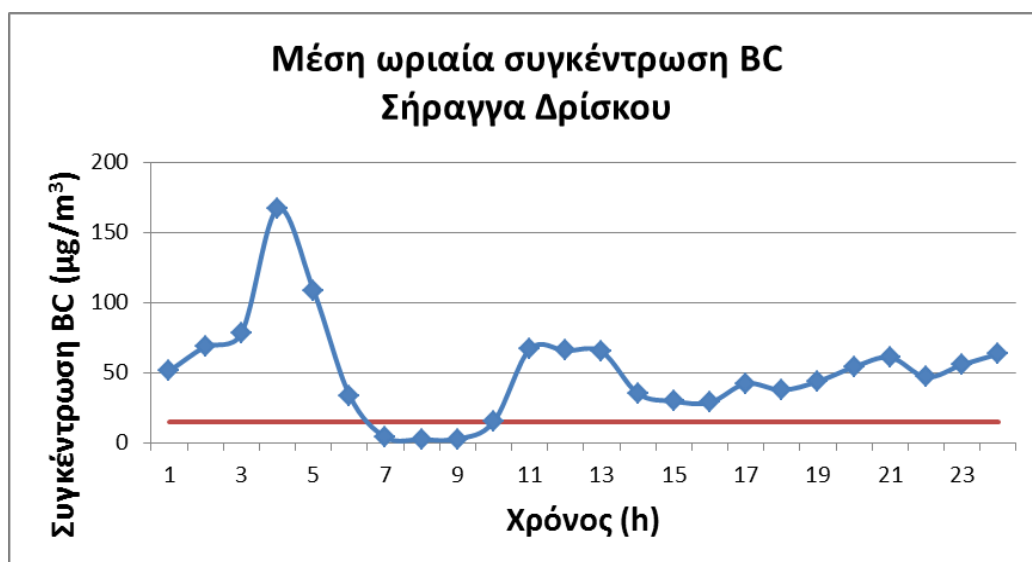
ορίου με μέγιστη καταγραφή στα 216 ρrb για τον Νοέμβριο του 2015 και στα 209 ρrb για τον Ιούνιο του 2016.

6.3.5 Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

Κατά την δειγματοληψία του Νοεμβρίου του έτους 2015 μέτρηση Διοξειδίου του Θείου (SO₂) είχαμε μόνο στην θέση Θ05 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ και δεν πλησίασε το όριο των 272 ρrb μέγιστη τιμή 10 λεπτών ούτε αυτό των 218 ρrb μέγιστη ωριαία τιμή μιας και η μέγιστη καταγραφή 5 λέπτου ήταν 45.5 ρrb. Στην δειγματοληψία του Ιουνίου του έτους 2016 σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Θείου (SO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 272 ρrb μέγιστη τιμή 10 λεπτού ούτε αυτό των 218 ρrb μέγιστη ωριαία τιμή μιας και η μέγιστη καταγραφή 5 λέπτου ήταν 33 ρrb. Δεν υπήρχε μέτρηση για την σήραγγα Καστανιάς.

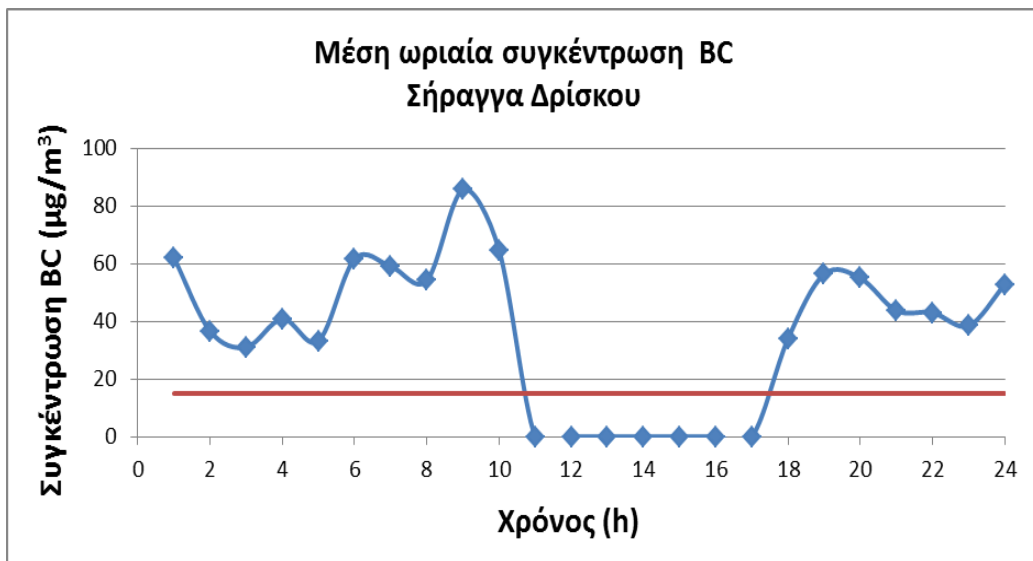
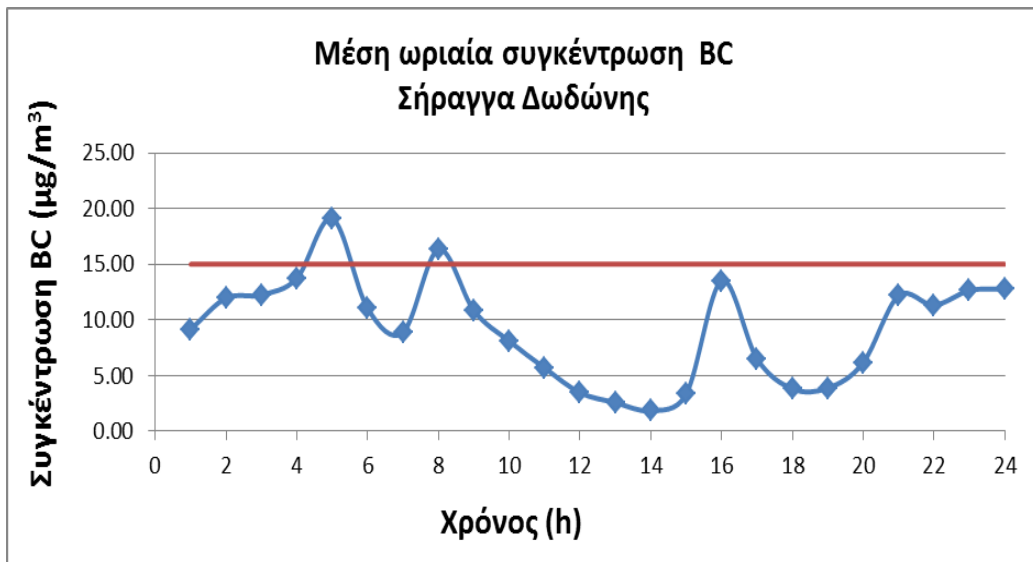
6.3.6 Μαύρος Άνθρακας (BC)

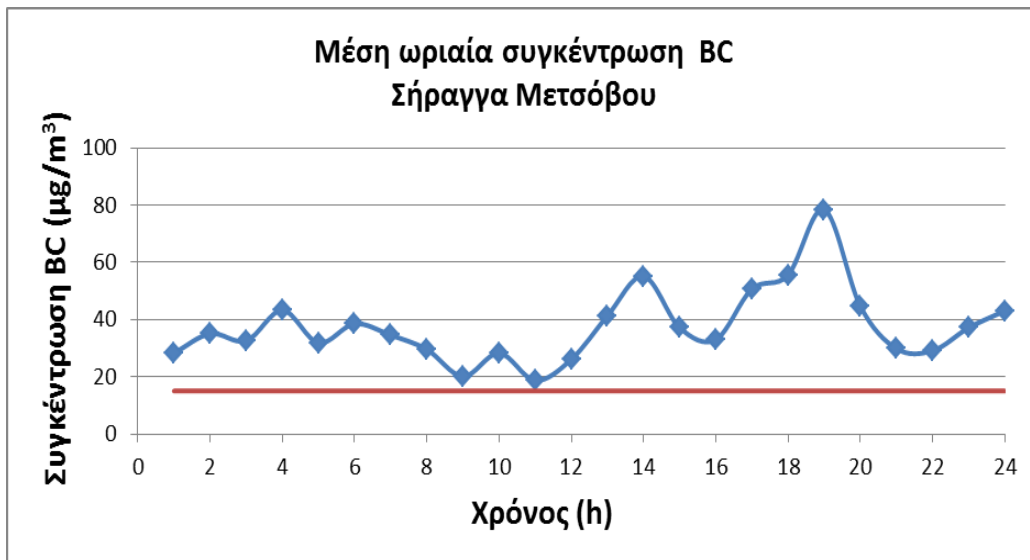
Για τον Μαύρο Άνθρακα το ωριαίο όριο που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 15-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (εμπειρικά από τις μετρήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην Αθήνα στο πλαίσιο της παρακολούθησης του φαινομένου της αιθαλομίχλης). Το μήνα Νοέμβριο του 2015 κατά την πρώτη δειγματοληψία, πάρθηκαν μετρήσεις μόνο για την σήραγγα Δρίσκου και τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν κατά πολύ το ωριαίο όριο. Οι μετρήσεις φαίνονται στο Σχήμα 6.2:



Σχήμα 6.2: Ωριαία μεταβολή Μαύρου Άνθρακα στην σήραγγα Δρίσκου τον μήνα Νοέμβριο του έτους 2015

Τον μήνα Ιούνιο του έτους 2016 κατά την δεύτερη δειγματοληψία, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε όλες τις σήραγγες, εκτός από αυτή της Καστανιάς, και τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν στις περισσότερες περιπτώσεις, κατά πολύ το ωριαίο όριο στις σήραγγες Δρίσκου και Μετσόβου. Οι μετρήσεις φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν:





Σχήμα 6.3: Ωριαία μεταβολή Μαύρου Άνθρακα στις σήραγγες τον Ιούνιο του 2016

Συμπερασματικά σχετικά με τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφερθεί ότι:

Δεν υπάρχει κάποια ανησυχία όσον αφορά τους ρύπους μονοξείδιο το άνθρακα (CO), μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO, NO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), καθότι οι συγκεντρώσεις αυτών είναι πολύ χαμηλότερες των προτεινόμενων επιτρεπτών ορίων. Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων βρέθηκαν πολύ υψηλές σχεδόν στο σύνολό τους καθώς και οι τιμές συγκέντρωσης του μαύρου άνθρακα στην σήραγγα στην οποία έγινε δειγματοληψία.

Βιβλιογραφία κεφαλαίων 5 και 6

1. ATMO_Franche_Comté. (2016). "Surveillance de la qualité de l'air." from <http://www.atmo-franche-comte.org/tout-savoir-sur-lair/recommandations-sanitaires>, <http://www.atmoauvergne.asso.fr/en/atmo-index/calculations-method>, http://www.atmoauvergne.asso.fr/sites/www.atmoauvergne.asso.fr/files/images/ra_2013.pdf
2. Bishoi, B., A. Prakash, et al. (2009). "A Comparative Study of Air Quality Index Based on Factor Analysis and US-EPA Methods for an Urban Environment." *Aerosol and Air Quality Research* 9(1): 1-17.
3. Brulfert, G., J.-P. Chollet, et al. (2005). "Atmospheric emission inventory of the Maurienne valley for an atmospheric numerical model." *Science of The Total Environment* 349(1–3): 232-248.
4. Brunekreef, B. and S. T. Holgate (2002). "Air pollution and health." *The Lancet* 360(9341): 1233-1242.
5. CDMX_Mexico. (2016). "Índice de Calidad del Aire." from <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=&dc=%27Zw>
6. Chang, J.S., Brost, R.A., Isaksen, I.S.A., Madronich, S., Middleton, P., Stockwell, W.R., Walcek, C.J., 1987. A Three-dimensional Eulerian Acid Deposition Model: Physical Concepts and Formulation. *Journal of Geophysical Research* 92, 14681-14700.
7. Cheng, W.-L., Y.-S. Chen, et al. (2007). "Comparison of the revised air quality index with the PSI and AQI indices." *Science of The Total Environment* 382(2): 191-198.
8. Cheng, W.-L., Y.-C. Kuo, et al. (2004). "Revised air quality index derived from an entropy function." *Atmospheric Environment* 38(3): 383-391.
9. Clarke, A.D., Qwens, S.R., Zhou, J., 2006. An ultrafine sea salt flux from breaking waves: Implications for cloud condensation nuclei in the remote marine atmosphere. *Journal of Geophysical Research*, 111, D06202, doi:10.1029/2005JD006565.
10. Curtis, L., W. Rea, et al. (2006). "Adverse health effects of outdoor air pollutants." *Environment international* 32(6): 815-830.
11. DEFRA. (2013). "Daily Air Quality Index." from <http://uk-air.defra.gov.uk/>, http://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat14/1304251155_Update_on_Implementation_of_the_DAQI_April_2013_Final.pdf

12. Dunteman, G. N. (1994). "In Factor Analysis and Related Techniques, Vol. 5, Lewis-Beck, M.S. (Ed.)." Sage Publications, London, p. 157.
13. EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013, update September 2014.
14. Emery, C., Jung, J., Johnson, J., Yarwood, G., Madronich, S., Grell, G., 2010. Improving the characterization of clouds and their impact on photolysis rates within the CAMx photochemical grid model. Prepared for the Texas Commission on Environmental Quality, Austin, TX. Prepared by ENVIRON International Corporation, Novato, CA (August 27, 2010).
15. Emily Connolly, Gary Fuller, et al. (2013). "Update on Implementation of the Daily Air Quality Index." Department for Environment, Food and Rural Affairs
16. ENVIRON, 2010. User's guide CAMx - Comprehensive Air Quality Model with extensions, Version 5.30, ENVIRON International Corporation, 415.899.0700, December 2010.
17. Environment_and_Climate_Change_Canada. (2015). from <http://www.ec.gc.ca/cas-aqhi/default.asp?lang=En&n=79A8041B-1>.
18. EPA_Ireland. (2016). from <http://www.epa.ie/air/quality/index/#d.en.51479>.
19. Fecan, F., B. Marticorena, and G. Bergametti, 1999. Parametrization of the increase of the aeolian erosion threshold wind friction velocity due to soil moisture for arid and semi arid areas, Annals Geophysical, 17, 149–157.
20. Friedrich, R., 1997. GENEMIS: Assessment, improvement, temporal and spatial disaggregation of European emission data. Tropospheric Modelling and Emission Estimation, (PART 2). Ebel, A., Friedrich, R., Rhode, H., (Eds.), Springer, New York.
21. G. Cannistraro and L. Ponterio (2009). "Analysis of Air Quality in the Outdoor Environment of the City of Messina by an Application of the Pollution Index Method." International Journal of Civil and Environmental Engineering 1(4): 7.
22. Grell, G. A. and Devenyi, D., 2002. A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. Geophysical Research Letter, 29(14), pages 38-1.
23. Guenther, A., Hewitt, C. N., Erickson, D., Fall, R., Geron, C., Graedel, T., Harley, P., Klinger, L., Lerdau, M., McKay, W. A., Pierce, T., Scholes, B., Steinbrecher, R., Tallamraju, R., Taylor, J. Zimmerman, P., 1995. A global model of natural volatile organic compound emissions. Journal of Geophysical Research, 100, 8873–8892.
24. Guenther, A., Baugh, B., Brasseur, G., Greenberg, J., Harley, P., Klinger, L., Serca, D., Vierling, L., 1999. Isoprene emission estimates and uncertainties for the Central

- African EXPRESSO study domain, Journal of Geophysical Research, 104(D23), 30625–30639.
25. Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P.I., Geron, C., 2006. Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature). Atmospheric Chemistry and Physics, 6, 3181-3210.
 26. Harman, H. H. (1976). Modern factor analysis, University of Chicago Press.
 27. Henry, R. C. and G. M. Hidy (1979). "Multivariate analysis of particulate sulfate and other air quality variables by principal components-Part I: Annual data from Los Angeles and New York." Atmospheric Environment (1967) 13(11): 1581-1596.
 28. Hong Chen, P. and M. Ray Copes, MSc (2013). "Review of Air Quality Index and Air Quality Health Index." Environmental and Occupational Health.
 29. Hong_Kong_Environmental_Protection_Department. (2016). "AQHI." from <http://www.aqhi.gov.hk/en/what-is-aqhi/faqs.html>
 30. Iacono, M.J., Delamere, J.S., Mlawer, E.J., Shephard, M.W., Clough, S.A. and Collins, W.D., 2008. Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models. Journal of Geophysical Research, 113, D13103.
 31. IIT_Kapnur. (2015). "National Air Quality Index (AQI)." from <http://aqi.iitk.ac.in:9000/>
 32. Inness, A., Baier, F., Benedetti, A., Bouarar, I., Chabrillat, S., Clark, H., Clerbaux, C., Coheur, P., Engelen, R. J., Errera, Q., Flemming, J., George, M., Granier, C., Hadji-Lazaro, J., Huijnen, V., Hurtmans, D., Jones, L., Kaiser, J. W., Kapsomenakis, J., Lefever, K., Leitao, J., Razinger, M., Richter, A., Schultz, M. G., Simmons, A. J., Suttie, M., Stein, O., Thepaut, J.-N., Thouret, V., Vrekoussis, M., Zerefos, C., and the MACC team, 2013. The MACC reanalysis: an 8 yr data set of atmospheric composition. Atmospheric Chemistry and Physics, 13, 4073–4109.
 33. IQA_Italy. (2016). "L'INDICE di QUALITÀ dell'ARIA (IQA)." from http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/iqa_pub/iqa-at/descrizioneIqa.html#_ftnref1
 34. Janjic, Z. I., 2002. Nonsingular implementation of the Mellor-Yamada Level 2.5 Scheme in the NCEP Meso model. NCEP Office Note No. 437, 61 pp.
 35. Janjic, Z.I., 1994. The Step-Mountain Eta Coordinate Model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. Monthly Weather Review, 122, 927–945.

36. Johnston, R. J. (1978). "Multivariate Statistical Analysis in Geography, Longman, New York."
37. Kim, J.-O. a. M., C.W. (1994). "In Factor Analysis and Related Techniques, Vol. 5, Lewis-Beck, M.S. (Ed.), ." Sage Publications, London, p. 111.
38. Koutsoyiannis, A. (2001). "Theory of Econometrics, 2nd Edition, Palgrave, New York."
39. Kuenen, J. J. P., Visschedijk, A. J. H., Jozwicka, M., Denier van der Gon H. A. C., 2014. TNO-MACC_II emission inventory: a multi-year (2003–2009) consistent high resolution European emission inventory for air quality modeling. Atmospheric Chemistry and Physics, 14, 10963-10976.
40. Lambin, E.F. and Geist H.J., 2006 Land-Use and Land-Cover Change. Local processes and Global Impacts. The IGBP Series, Lambin and Geist (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 222 pp.
41. Leeuw, F. d. and W. Mol (2005). "Air quality and air quality indices: a world apart? ." ETC/ACC Technical Paper 2005/5.
42. LinCS and YangXQ (1995). "Theoretical climatology. China: Nanjing University Press."
43. Liora, N., Markakis, K., Poupkou, A., Giannaros, T. and Melas, D., 2015. The natural emissions model (NEMO): Description, application and model evaluation. Atmospheric Environment, 122, 493-504.
44. Liora, N., Poupkou, A., Giannaros, T. Kakosimos, K.E., Stein O. and Melas, D., 2016. Impacts of natural emission sources on particle pollution levels in Europe. Atmospheric Environment, 137, 171-185.
45. Lioy, P. J., M. P. Zelenka, et al. (1989). "The effect of sampling duration on the ability to resolve source types using factor analysis." Atmospheric Environment (1967) 23(1): 239-254.
46. Lohani, B. N. (1984). "Environmental Quality Management." South Asian Publishers, New Delhi.
47. Madronich, S., 2002. The Tropospheric Visible Ultra-violet (TUV) model web page. National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO. <http://www.acd.ucar.edu/TUV/>
48. Markakis, K., Katragkou, E., Poupkou, A., Melas, D., 2013. MOSESS: A new emission model for the compilation of model-ready emission inventories. Application in a coal

- mining area in Northern Greece. *Environmental Modeling & Assessment*, 18, 509–521.
49. Martensson, E.M., Nilsson, E.D., de Leeuw, G., Cohen, L.H., Hansson, H.C., 2003. Laboratory simulations and parameterization of the primary marine aerosol production. *Journal of Geophysical Research*, 108(D9), 4297, doi:10.1029/2002JD002263.
50. Marticorena, B., Bergametti, G., 1995. Modelling the atmospheric dust cycle: 1–design of a soil derived dust production scheme. *Journal of Geophysical Research*, 100, 16415–16430.
51. Maynard, R. (2004). "Key airborne pollutants—the impact on health." *Science of The Total Environment* 334–335: 9-13.
52. Melas, D., Liora, N., Poupkou, A., Giannaros, C., Dimopoulos, S., Kontos, S. , Symeonidis, P., Progiou, A., Sitara, A., Economides, D. and Ziomias I., 2016. An up-to-date assessment of the air quality in Greece with the use of modeling tools. COMECAP 2016, 13th International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, Thessaloniki, Greece.
53. Morcrette, J.-J., Boucher, O., Jones, L., Salmond, D., Bechtold, P., Beljaars, A., Benedetti, A., Bonet, A., Kaiser, J. W., Razinger, M., Schulz, M., Serrar, S., Simmons, A. J., Sofiev, M., Suttie, M., Tompkins, A. M., Untch, A., 2009. Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: Forward modeling. *Journal of Geophysical Research*, 114, D06206, doi:10.1029/2008JD011235.
54. Monahan, E. C., Spiel, D.E., Davidson K.L., 1986, A model of marine aerosol generation via whitecaps and wave disruption. In: *Oceanic Whitecaps*, edited by E. C. Monahan and G. MacNiochaill, D. Reidel, Norwell, Mass., pp. 167 – 193.
55. Muller, J.F., Stavrakou, T., Wallens, S., De Smedt, I., Van Roozendael, M., Potosnak, M. J., Rinne, J., Munger, B., Goldstein, A., Guenther, A. B., 2008. Global isoprene emissions estimated using MEGAN, ECMWF analyses and a detailed canopy environment model. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 1329–1341.
56. National_Institutue_for_Public_Health_and_Enviroment. (2016). from http://www.saneringstool.nl/saneringstool_ENG.html, <http://www.lml.rivm.nl/meetnet/>
57. Natural_Resources_and_Enviroment, T. M. o. (2016). "Pollution Control Department AQI." from http://www.pcd.go.th/info_serv/en_air_aqi.htm.



58. Nenes, A., Pilinis, C., Pandis, S.N., 1998. ISORROPIA: A New Thermodynamic Model for Multiphase Multicomponent Inorganic Aerosols. *Aquatic Geochemistry*, 4, 123-152.
59. NSW_goverment. (2016). "About AQI." from <http://www.environment.nsw.gov.au/AQMS/aboutaqi.htm>
60. Parra, R., P. Jiménez, et al. (2006). "Development of the high spatial resolution EMICAT2000 emission model for air pollutants from the north-eastern Iberian Peninsula (Catalonia, Spain)." *Environmental Pollution* 140(2): 200-219.
61. Portal_de_Governo. (2016). "IQAr." from <http://www.cetesb.sp.gov.br/>, <http://www.secima.go.gov.br/>
62. Poupkou, A., Giannaros, T., Markakis, K. Kioutsioukis, I., Curci, G., Melas, D., and Zerefos, C., 2010. A model for European biogenic volatile organic compound emissions: Software development and first validation. *Environmental Modelling and Software*, 25, 1845-1856.
63. Qian, Z., R. S. Chapman, et al. (2004). "Using air pollution based community clusters to explore air pollution health effects in children." *Environment international* 30(5): 611-620.
64. Schaap, M., Manders, A.M.M., Hendriks, E.C.J., Cnossen, J.M., Segers, A.J.S., Denier van der Gon, H.A.C., Jozwicka, M., 2009. Regional Modelling of Particulate Matter for the Netherlands. Technical background report BOP 500099008. Available at www.pbl.nl/en.
65. Seinfeld, J.H., and S.N. Pandis. 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change*. John Wiley and Sons, Inc., NY.
66. Shooter, D. and P. Brimblecombe (2009). "Air quality indexing." *International Journal of Environment and Pollution* 36(1-3): 305-323.
67. Singh, H. B. (1995). *Composition, chemistry, and climate of the atmosphere*, Van Nostrand Reinhold New York.
68. Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., et al., 2008. A description of the advanced research WRF version 3. NCAR Technical Note (NCAR/TN – 475 + STR), Boulder, Colorado, USA.
69. Slinn, S.A. and Slinn, W.G.N.. 1980. Predictions for particle deposition on natural waters. *Atmospheric Environment*, 24, 1013-1016.
70. Sofiev, M., Soares, J., Prank, M., de Leeuw, G., Kukkonen, J., 2011. A regional-to-global model of emission and transport of sea salt particles in the



- atmosphere. Journal of Geophysical Research, 116, D21302, doi:10.1029/2010D014713.
71. Srivastava, A., S. Gupta, et al. (2008). "Source apportionment of total suspended particulate matter in coarse and fine size ranges over Delhi." *Aerosol Air Qual. Res* 8(2): 188-200.
 72. Steinbrecher, R., Smiatek, G., Koble, R., Seufert, G., Theloke, J., Hauff, K., Ciccioli, P., Vautard, R., Curci, G., 2009. Intra- and inter-annual variability of VOC emissions from natural and semi-natural vegetation in Europe and neighbouring countries. *Atmospheric Environment*, 43, 1380-1391.
 73. Strader, R., Lurmann, F., Pandis, S.N., 1999. Evaluation of secondary organic aerosol formation in winter. *Atmospheric Environment*, 33, 4849-4863.
 74. Tewari, M., Chen, F., Wang, W., Dudhia, J., LeMone, M. A., Mitchell, K., Ek, M., Gayno, G., Wegiel, J. and Cuenca, R.H., 2004. Implementation and verification of the unified NOAA land surface model in the WRF model. 20th conference on weather analysis and forecasting/16th conference on numerical weather prediction, pp. 11–15.
 75. Thompson, G., Field, P.R., Rasmussen, R.M., Hall, W.D., 2008. Explicit Forecasts of Winter Precipitation Using an Improved Bulk Microphysics Scheme. Part II: Implementation of a New Snow Parameterization. *Monthly Weather Review*, 136, 5095–5115.
 76. Turner, D. B. (1994). *Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling*, CRC press.
 77. US-EPA (2009). "Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Index - A Guide to Air Quality and Your Health, ." Report EPA-456/F-09-002.
 78. US-EPA (2009). "Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)." Report EPA-454/B-09-001.
 79. US_EPA-454/B-13-001 (2013). "Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality."
 80. USSR. (2016). "Norms of air pollution." from <http://www.mosecom.ru/air/air-normativ/>
 81. USSR_State_Committee_for_Hydrometeorology. "GUIDELINES FOR THE CONTROL OF POLLUTION OF THE ATMOSPHERE RD 52.04.186-89." from <http://www.gosthelp.ru/text/RD520418689Rukovodstvopok.html>, <http://www.mosecom.ru/air/air-normativ/>.

82. van den Elshout, S., K. Léger, et al. (2008). "Comparing urban air quality in Europe in real time: A review of existing air quality indices and the proposal of a common alternative." *Environment international* 34(5): 720-726.
83. Van Liedekerke, M. and Panagos P., 2006. Soil Texture Map 10 km x 10 km (ETRS_LAEA version) ESDBv2 Raster Archive - a set of rasters derived from the European Soil Database distribution version 2 (published by the European Commission and the European Soil Bureau Network, CD-ROM, EUR 19945 EN).
84. Wesely, M.L. 1989. Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models. *Atmospheric Environment*, 23, 1293-1304.
85. WHO (2000a). "Air Quality Guidelines for Europe." (second ed.), 92 890 1358 3 (2000) WHO Regional Publications No. 91.
86. WHO (2000b). "Air Quality Guidelines for Europe." (second ed.)WHO Regional Office for Europe, Copenhagen (2000) WHO Regional Publications, European Series, No. 91 (Chapter 7.4).
87. WHO (2001a). "Health impact assessment of air pollution in the WHO European Region.WHO/Euro product no: 876.03.01 (50263446).".
88. WHO (2005). "WHO air quality guidelines global update 2005. EUR/05/5046029, WHO Regional Office for Europe, Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark.".
89. WHO (2006). "Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva, World Health Organization. ."
90. Wong TW, Tam WWS, et al. (2012). "A Study of the Air Pollution Index Reporting System." School of Public Health and Primary Care The Chinese University of Hong Kong.

Yarwood, G., Rao, S., Yocke, M., Whitten, G.Z., 2005. Updates to the Carbon Bond chemical mechanism: CB05. Final Report prepared for US EPA, RT-04-00675 (http://www.camx.com/publ/pdfs/CB05_Final_Report_120805.pdf).

7. Ανάπτυξη εργαλείων

7.1 Ηλεκτρονική πλατφόρμα υπολογισμού ανθρακικού αποτυπώματος Εγνατίας οδού

Το παρόν λογισμικό αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου «Προμήθεια Υπηρεσιών Υλοποίησης Μετρήσεων και Αναλύσεων των Περιβαλλοντικών Δεικτών για την “Ποιότητα της Ατμόσφαιρας” στη Ζώνη Διέλευσης της Εγνατίας Οδού και των Κάθετων Αξόνων – Κωδικός Αναφοράς 5354». Το λογισμικό αποτελεί μέρος του Π.Ε.2 και συγκεκριμένα αφορά την υλοποίηση της δράσης 2.3 - 2.6 "Μοντελοποίηση ανθρακικού αποτυπώματος - πιλοτική εφαρμογή".

Τεχνικές προδιαγραφές: Το λογισμικό διαθέτει γραφική διεπαφή χρήστη (GUI) και υλοποιήθηκε με τη γλώσσα προγραμματισμού Java, η οποία παρέχει το πλεονέκτημα της εκτέλεσης του λογισμικού σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα. Για την ανάπτυξη του χρησιμοποιήθηκε το "NetBeans ver. 8.1» IDE (Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης) το οποίο είναι ανοιχτού κώδικα.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε «*Ηλεκτρονική πλατφόρμα υπολογισμού ανθρακικού αποτυπώματος Εγνατίας οδού*» είναι συμβατό με τα ακόλουθα λειτουργικά συστήματα:


- Windows
- Linux
- Solaris
- OS X

προκειμένου να μεγιστοποιηθεί ο αριθμός των υποψήφιων χρηστών και να αποφευχθούν οι υπερβολικές απαιτήσεις σε υλικό και λογισμικό.

Για την ορθή λειτουργία του λογισμικού απαιτείται η εγκατάσταση του Java SE Runtime Environment 8 ενημέρωση 45 και νεότερη (8u45 JRE), 32 ή 64 bit έκδοση ανάλογα με το λειτουργικό του Η/Υ που είναι εγκατεστημένο. Η διαδικασία εγκατάστασης χρειάζεται να γίνει μία μόνο φορά για την πρώτη χρήση από τον διαχειριστή του συστήματος. Στη συνέχεια ο χρήστης αντιγράφει στο σκληρό δίσκο τον φάκελο "CarbonFootprint" και εκτελεί το αρχείο "CarbonFootprint.jar" που βρίσκεται μέσα στο φάκελο. Επίσης, είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του λογισμικού να υπάρχει σύνδεση με τη βάση δεδομένων του ανθρακικού αποτυπώματος (Microsoft® SQL Server® 2012 – Carbon Footprint).

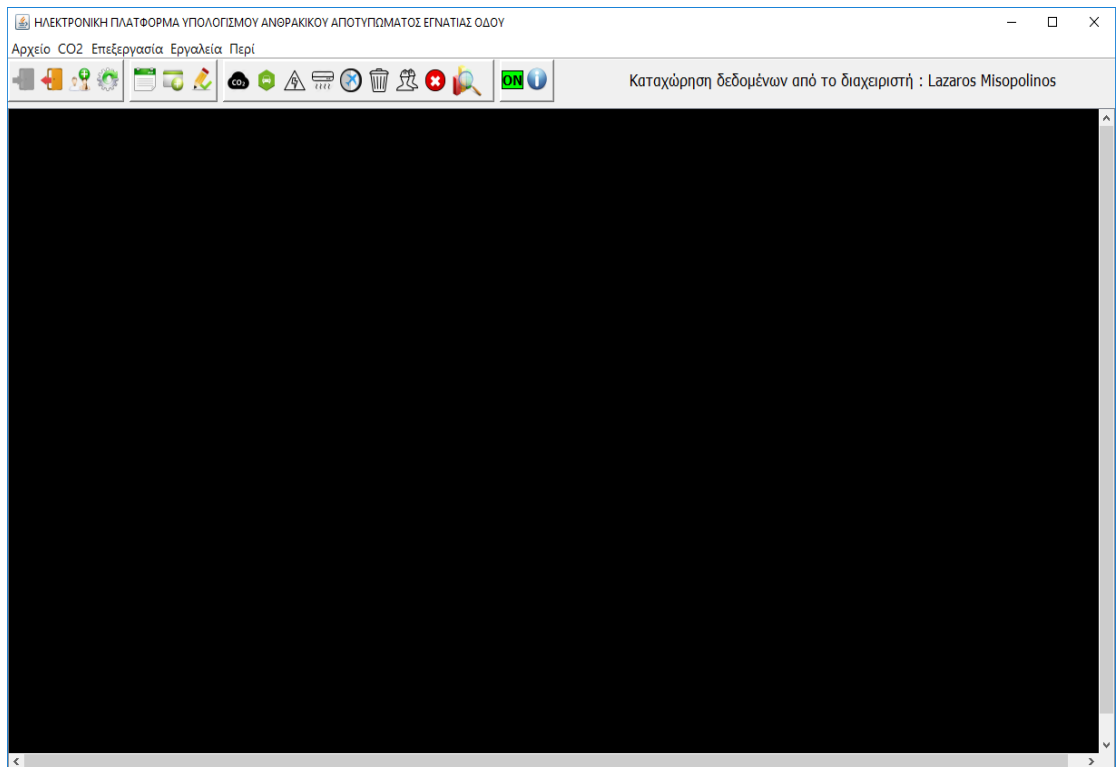
Οι ελάχιστες απαιτήσεις του συστήματος για την ορθή εκτέλεση του λογισμικού περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

- LAN Connection
- Microsoft Windows 7, 8.1, 10:
 - ο Επεξεργαστής: ≥ 1.2 GHz Intel Core 2 duo (32 or 64-bit) ή αντίστοιχος
 - ο Μνήμη: ≥ 2 GB
 - ο Σκληρός δίσκος: ≥ 200 MB ελεύθερος χώρος
- Ubuntu 12.04 ή νεότερη έκδοση:
 - ο Επεξεργαστής: ≥ 1.2 GHz Intel Core 2 duo (32 or 64-bit) ή αντίστοιχος
 - ο Μνήμη: ≥ 2 GB
 - ο Σκληρός δίσκος: ≥ 200 MB ελεύθερος χώρος
- Macintosh OS X 10.8 ή νεότερη έκδοση
 - ο Επεξεργαστής: \geq Dual-Core Intel (32 or 64-bit)
 - ο Μνήμη: ≥ 2 GB
 - ο Σκληρός δίσκος: ≥ 200 MB ελεύθερος χώρος

Περιγραφή λογισμικού: Ο χρήστης αρχικά, συνδέεται στο σύστημα πηγαίνοντας στο menu και επιλέγοντας “Αρχείο -> Σύνδεση/Αποσύνδεση -> Σύνδεση...” ή πατώντας το εικονίδιο .

Με την επιτυχή σύνδεση ο χρήστης αποκτά δικαιώματα χρήσης του λογισμικού ανάλογα με τον τύπο του χρήστη. Οι τύποι των χρηστών είναι οι εξής:


1. Διαχειριστής του συστήματος (Πλήρη δικαιώματα χρήσης)
2. Διαχειριστής (Πλήρη δικαιώματα χρήσης εκτός από τροποποίηση των ρυθμίσεων σύνδεσης με τη βάση δεδομένων)
3. Χρήστης (Καταχώρηση και προβολή δεδομένων)
4. Επισκέπτης (απλή προβολή των δεδομένων)



Σχήμα 7.1: Κεντρικό παράθυρο λογισμικού «Ηλεκτρονική πλατφόρμα υπολογισμού ανθρακικού αποτυπώματος Εγνατίας οδού».

Οι χρήστες και οι διαχειριστές έχουν δικαίωμα να καταχωρήσουν δεδομένα στο λογισμικό. Συγκεκριμένα έχουν τη δυνατότητα να καταχωρήσουν δεδομένα σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

- Windows Πηγές Καύσεως (1)
- Κυκλοφορία Οχημάτων (2)
- Κατανάλωση Ηλεκτ. Ενέργειας (3)
- Διαφυγόντα Αέρια (4)
- Μετακινήσεις Προσωπικού (5)
- Διάθεση Απορριμμάτων (6)
- Εκπομπές Υπεργολάβων (7)

ΠΡΟΣΟΧΗ! Αν κατά την σύνδεση του χρήστη η ένδειξη είναι  τότε ο **χρήστης έχει δικαίωμα** καταχώρησης δεδομένων στη βάση δεδομένων. Αν η ένδειξη είναι

OFF τότε δεν έχει δικαίωμα καταχώρησης στη βάση διότι ένας άλλος χρήστης είναι συνδεδεμένος στη βάση δεδομένων.

Για την καταχώρηση δεδομένων επιλέγεται είτε από το menu πατώντας το CO₂ είτε από το toolbar πατώντας ένα από τα αντίστοιχα κουμπιά:



ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

Αρχείο CO₂ Επεξεργασία Εργαλεία Περί

Καταχώρηση δεδομένων από το διαχειριστή : Lazaros Misopolinos

Κυκλοφορία Οχημάτων

Κυκλοφορία Οχημάτων Συντελεστές Εκπομπών

Επιλέξτε Έτος : 2014

Επιλέξτε Τρίμηνο : All

Επιλέξτε Τύπο Οχήματος : Δίκυκλα

Κυκλοφορία Οχημάτων

A/A	A/A Οδ. Τμ.	Οδικό Τμήμα Εγνατίας Οδού	Τύπος Οχήμ...	Οχηματοχιλ...	Εκπομπές C...	Τρίμηνο	Έτος
48	48	A/K ΛΕΥΚΗΣ ΑΜΜΟΥ-Η/Κ ΠΕΡΝΗΣ	Δίκυκλα	631131	82.43	-	2014
49	49	Η/Κ ΠΕΡΝΗΣ-Α/Κ ΧΡΥΣΟΥΠΟΛΗΣ	Δίκυκλα	107173	14.0	-	2014
50	50	A/Κ ΧΡΥΣΟΥΠΟΛΗΣ-Α/Κ ΒΑΝΙΑΝΟΥ	Δίκυκλα	462061	60.35	-	2014
51	51	A/Κ ΒΑΝΙΑΝΟΥ-Α/Κ ΒΑΦΕΪΚΑ	Δίκυκλα	162286	21.19	-	2014
52	52	A/Κ ΒΑΦΕΪΚΑ-Α/Κ ΙΑΣΜΟΥ	Δίκυκλα	339011	44.27	-	2014
53	53	A/Κ ΙΑΣΜΟΥ-ΔΥΤ. Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Δίκυκλα	291104	38.02	-	2014
54	54	ΔΥΤ. Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Δίκυκλα	111058	14.5	-	2014
55	55	ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ Α/Κ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ-Α/Κ ΜΕΣΤΗΣ	Δίκυκλα	419857	54.83	-	2014
56	56	A/Κ ΜΕΣΤΗΣ-Α/Κ ΜΑΚΡΗΣ	Δίκυκλα	299132	39.07	-	2014
57	57	A/Κ ΜΑΚΡΗΣ-Α/Κ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ	Δίκυκλα	186719	24.39	-	2014
58	58	A/Κ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ-Α/Κ ΒΛ.ΠΕ ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗΣ	Δίκυκλα	106850	13.95	-	2014
59	59	A/Κ ΒΛ.ΠΕ ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗΣ-Α/Κ ΑΡΔΑΝΙΟΥ	Δίκυκλα	318006	41.53	-	2014
60	60	A/Κ ΑΡΔΑΝΙΟΥ-ΚΗΠΟΙ	Δίκυκλα	27055	3.53	-	2014
61		Επιλέξτε...	Επιλέξτε...			Επιλέξτε...	Επιλέξτε...

Καταχώρηση...

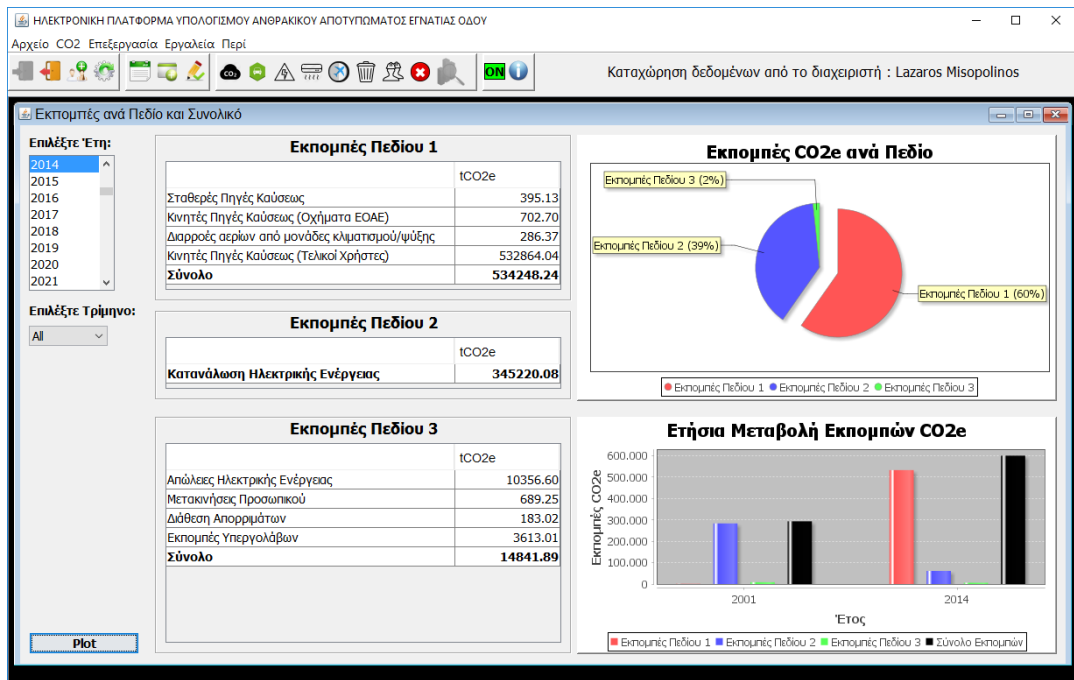
Σύνολο Εκπομπών CO₂e (t) 2553.63

Σχήμα 7.2: Καταχώρηση ή/και επεξεργασία δεδομένων για την κατηγορία «Κυκλοφορία οχημάτων».

Επίσης υπάρχει δυνατότητα προβολής όλων των αποτελεσμάτων – συνόλων των καταχωρήσεων που υπάρχουν αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων καθώς και

προβολής με μορφή γραφημάτων πατώντας το κουμπί . Οι χρήστες και οι διαχειριστές έχουν επίσης το δικαίωμα να διαγράψουν μία καταχώρηση από τη

βάση πατώντας το κουμπί .

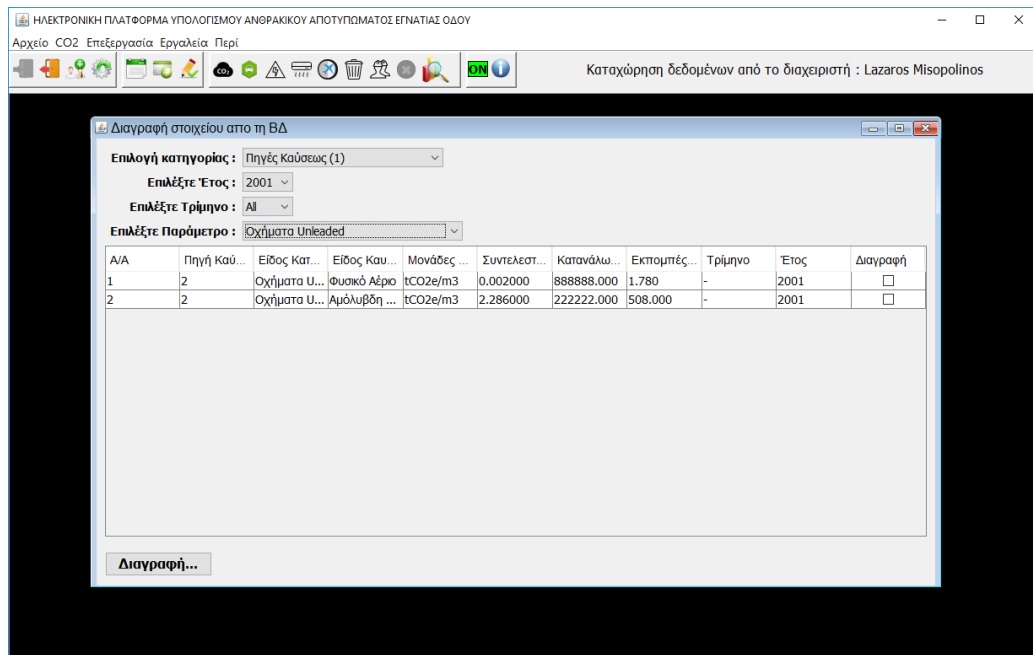


Σχήμα 7.3: Προβολή αποτελεσμάτων σε μορφή πίνακα και μορφή γραφημάτων.

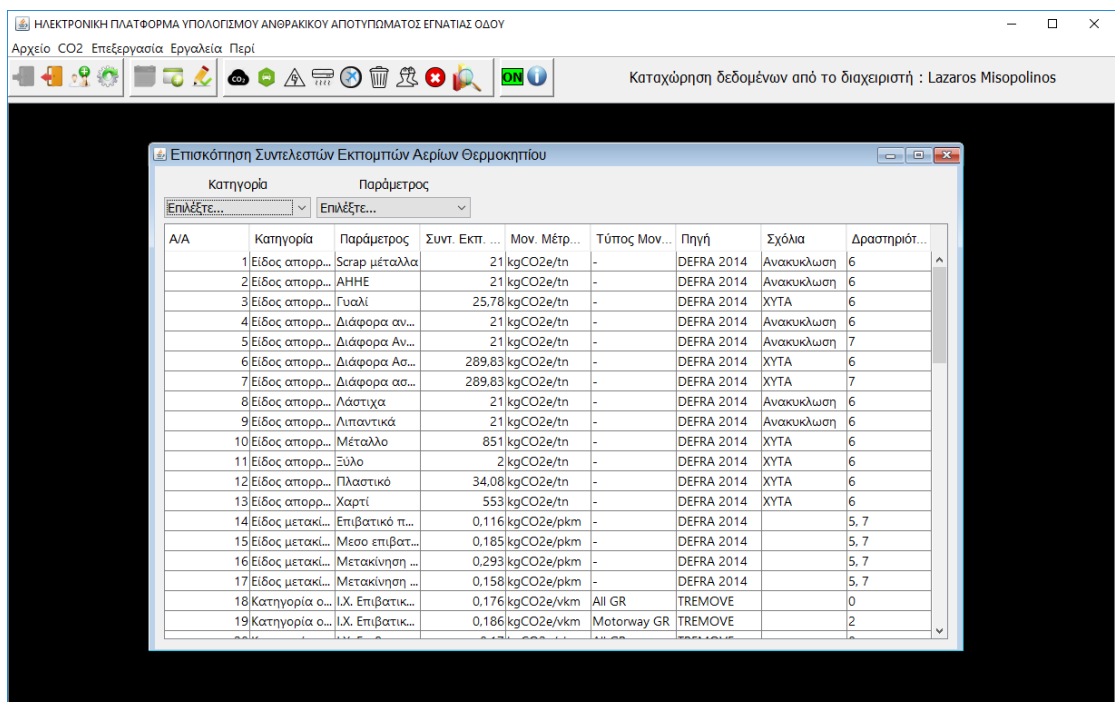
Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να προβάλουν τους Συντελεστές Εκπομπών, ενώ οι διαχειριστές έχουν και το δικαίωμα να τους τροποποιήσουν χρησιμοποιώντας τα κουμπιά:



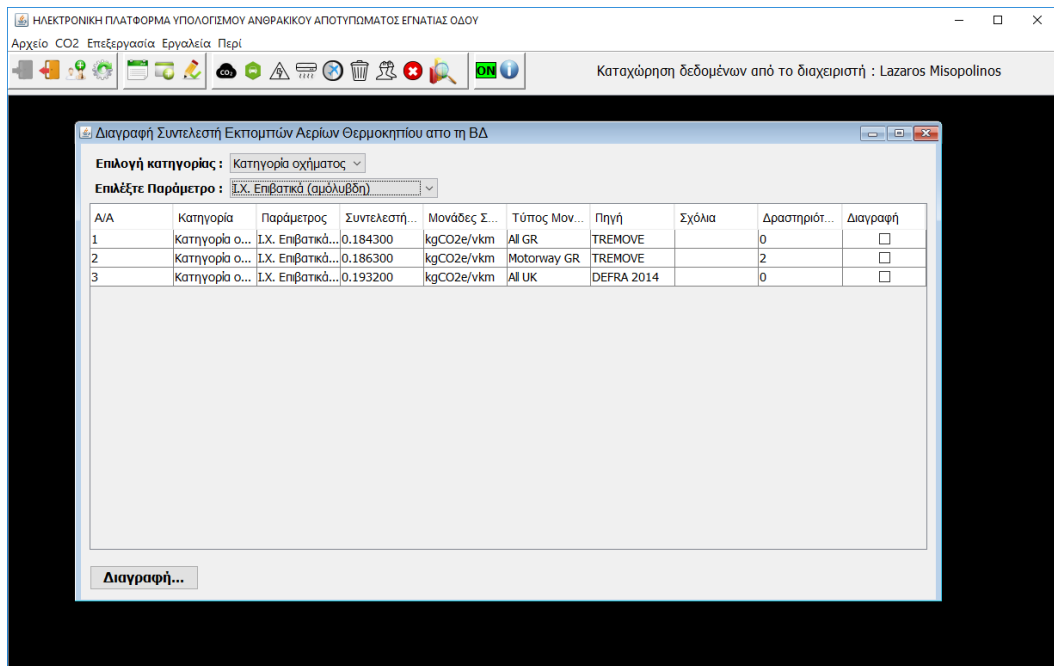
Οι διαχειριστές έχουν επίσης το δικαίωμα να διαγράψουν ένα συντελεστή από τη βάση δεδομένων επιλέγοντας από το menu “Συντελεστές Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου (ΣΕΑΘ) -> Διαγραφή ΣΕΑΘ...”



Σχήμα 7.4: Παράθυρο για την διαγραφή αποθηκευμένων δεδομένων από τη βάση δεδομένων.



Σχήμα 7.5: Προβολή συντελεστών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.



ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ

Αρχείο CO2 Επεξεργασία Εργαλεία Περί

Καταχώρηση δεδομένων από το διαχειριστή : Lazaros Misopolinos

Διαγραφή Συντελεστή Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου απο τη ΒΔ

Επιλογή κατηγορίας : Κατηγορία οχήματος

Επιλέξτε Παράμετρο : Ι.Χ. Επιβατικά (αμόλυβδη)

A/A	Κατηγορία	Παράμετρος	Συντελεστή...	Μονάδες Σ...	Τύπος Μον...	Πηγή	Σχόλια	Δραστηριό...	Διαγραφή
1	Κατηγορία ο...	Ι.Χ. Επιβατικά...	0.184300	kgCO2e/vkm	All GR	TREMOVE		0	<input type="checkbox"/>
2	Κατηγορία ο...	Ι.Χ. Επιβατικά...	0.186300	kgCO2e/vkm	Motorway GR	TREMOVE		2	<input type="checkbox"/>
3	Κατηγορία ο...	Ι.Χ. Επιβατικά...	0.193200	kgCO2e/vkm	All UK	DEFRA 2014		0	<input type="checkbox"/>

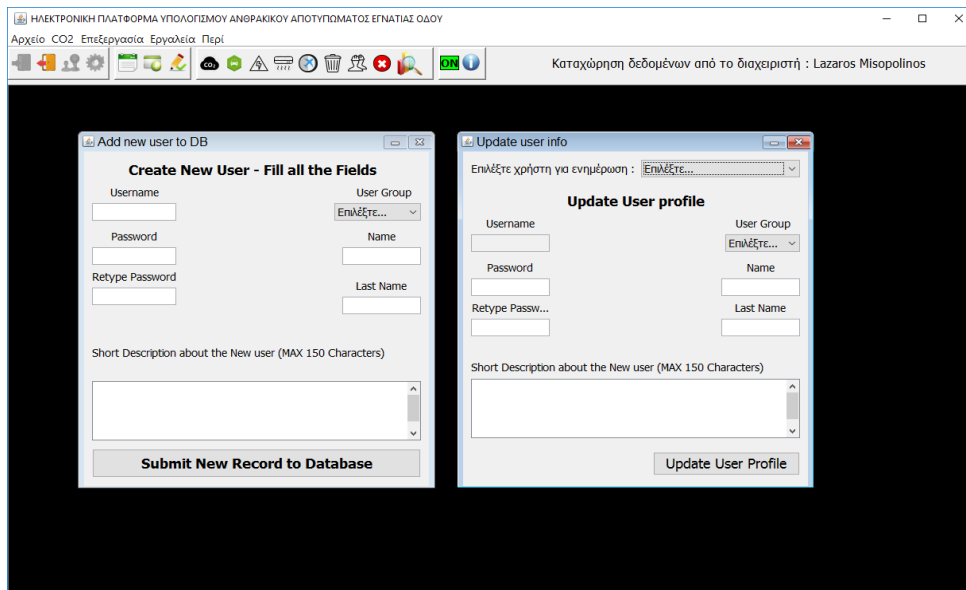
Διαγραφή...

Σχήμα 7.6: Διαγραφή συντελεστών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

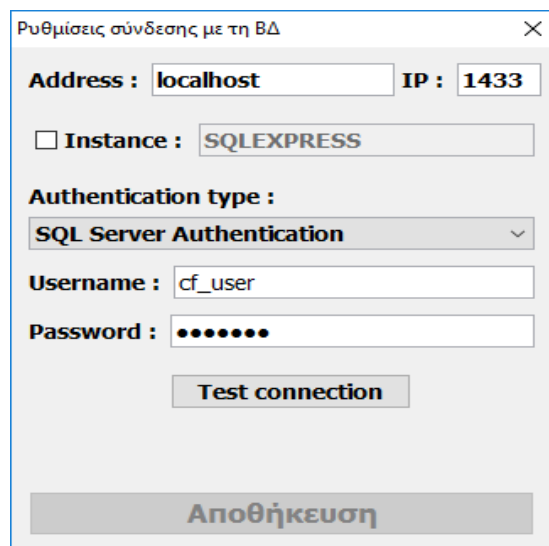
Οι διαχειριστές έχουν το δικαίωμα δημιουργίας νέων χρηστών και τροποποίησης υπαρχόντων πατώντας τα κουμπιά:




Ο διαχειριστής του συστήματος έχει τη δυνατότητα να τροποποιήσει τα δεδομένα για τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων επιλέγοντας από το menu “Εργαλεία -> Ρυθμίσεις σύνδεσης με τη ΒΔ...”.



Σχήμα 7.7: Δημιουργία νέων χρηστών και τροποποίηση υπαρχόντων.



Σχήμα 7.8: Ρυθμίσεις σύνδεσης με τη βάση δεδομένων.

Οι χρήστες με σκοπό τη μη εξουσιοδοτημένη χρήση του λογισμικού και των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων, έχουν τη δυνατότητα αποσύνδεσης από το λογισμικό και από τη βάση δεδομένων πατώντας το . Με την παραπάνω ενέργεια απενεργοποιούνται όλες οι δυνατότητες του λογισμικού:



7.2 Σύστημα Οργάνωσης Δεδομένων και Μεταδεδομένων

Σκοπός του προτεινόμενου μεθοδολογικού συστήματος είναι η δημιουργία, αποθήκευση και οργάνωση δεδομένων διαφορετικής χωροχρονικής κλίμακας και διαφορετικής φύσης (π.χ. υδρολογικά, εδαφολογικά, κ.α.) με τέτοιο τρόπο ώστε να: πραγματοποιείται δημιουργία δεδομένων σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών βάση συγκεκριμένου προτύπου δεδομένων και μεταδεδομένων

- γίνεται χρήση κοινών και έγκυρων δεδομένων από τους χρήστες
- υποστηρίζεται η ομοιομορφία των παραγόμενων θεματικών χαρτών
- ευνοείται η άμεση εύρεση δεδομένων
- εξοικονομείται χρόνος από την δημιουργία δεδομένων τα οποία ήδη υπάρχουν
- πραγματοποιείται συνδυασμός δεδομένων διαφορετικής φύσης με απλά και εύκολα βήματα από μεριά του χρήστη
- διευκολύνεται η εξαγωγή τους σε διαδικτυακά συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (WebGIS)
- καλύπτουν τις ανάγκες σε παροχή δεδομένων του οργανισμού GEO (GEOSS Portal)
- είναι συμβατά με διεθνή πρότυπα αποθήκευσης και εύρεσης δεδομένων
- καταγράφονται οι αλλαγές/βελτιώσεις που υφίσταται το αρχικό αρχείο
- συνοδεύονται από κατάλληλα μεταδεδομένα (metadata)

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μια δεδομένων η οποία απαρτίζεται από επιμέρους πληροφοριακά συστήματα τα οποία θα διασυνδέονται με κατάλληλους διαύλους επικοινωνίας που επιτρέπουν αφενός την άμεση και αδιάλειπτη διασύνδεση των συστημάτων και αφετέρου υποστηρίζουν τη χρήση κατάλληλων ερωτημάτων χωρικής ή περιγραφικής αναζήτησης.

7.2.1 Βάση δεδομένων χωρικής πληροφορίας

Λόγω του γεγονότος ότι σχεδόν το σύνολο των δεδομένων που διαχειρίζεται, επεξεργάζεται, παράγει και ομογενοποιεί το σύστημα έχει χωρική αναφορά, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το γενικό χαρακτηρισμό των δεδομένων αυτών ως χωρικά δεδομένα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα δεδομένα επί τόπου μετρήσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα οποία έχουν ως χωρικό συστατικό τις συντεταγμένες που είναι εγκαταστημένος ο σταθμός μετρήσεων και ως περιγραφικό συστατικό, παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO, NO₂ και το άθροισμά τους - NO_x) και διαφορετικά κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀, PM_{2.5} και PM₁). που καταγράφονται στη μονάδα χρόνου που έχει ο αντίστοιχος αισθητήρας. Παρόλα αυτά, η σημαντικότερη πληροφορία που εξάγεται είναι οι καταγραφές των αισθητήρων και όχι η θέση του σταθμού. Για αυτό το λόγο, η κατηγοριοποίηση των δεδομένων στις ακόλουθες γενικές κατηγορίες βασίζεται στην πληροφορία που είναι ενσωματωμένη στα χωρικά αυτά δεδομένα. Επομένως, όλα τα δεδομένα περιέχουν κατ' ελάχιστο τη χωρική αναφορά σε προτεινόμενο σύστημα συντεταγμένων και την περιγραφή/καταγραφή της πληροφορίας με την οποία σχετίζονται.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω η βάση δεδομένων χωρικής πληροφορίας περιέχει τις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Spatial data:** Στην κατηγορία αυτή περιέχονται διανυσματικά δεδομένα (vector) ή ψηφιδωτά δεδομένα (raster) τα οποία α) λαμβάνονται από εθνικές (π.χ. geodata.gov) ή διεθνείς βάσης δεδομένων (π.χ. earthexplorer.usgs.gov), ή/και β) δημιουργούνται στα πλαίσια των διαφόρων ερευνητικών προγραμμάτων (μέσω ψηφιοποίησης ή άλλων post processing εργασιών).
- **Δεδομένα μετρήσεων πεδίου :** Στη κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα δεδομένα που προέρχονται από δειγματοληψίες σε συγκεκριμένα γεωγραφικά σημεία και στη συνέχεια γίνεται ανάλυση των ιδιοτήτων τους. Κάθε καταχώρηση χαρακτηρίζεται κατ' ελάχιστο από μοναδικό χαρακτηριστικό αριθμό, τις συντεταγμένες όπου έγινε λήψη του δείγματος,

καθώς και τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Η αναζήτηση των δεδομένων γίνεται μέσα από το περιβάλλον εργασίας γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS-ArcMap), όπου μέσω σύνδεσης στη βάση SQL και στη συνέχεια μέσω ερωτημάτων (search by location or attributes) πραγματοποιείται αρχικά αναζήτηση του σημείου δειγματοληψίας και κατόπιν εμφάνιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

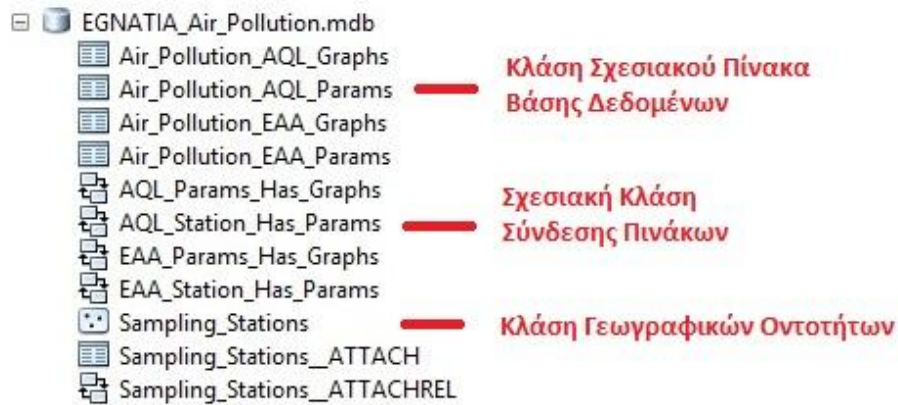
- **Μεταδεδομένα:** Τα μεταδεδομένα αποτελούν το κυριότερο εργαλείο περιγραφής των δεδομένων, μπορούν να νοηθούν ως το abstract κάθε τύπου δεδομένων, καθώς και σημαντικότατο εργαλείο για αναζήτηση δεδομένων μέσω λέξεων κλειδιών.

7.2.2 Ανάλυση κατηγοριών βάσης δεδομένων

Η οργάνωση της βάσης δεδομένων στηρίζεται στην ομαδοποίηση των κλάσεων γεωγραφικών οντοτήτων (feature classes) που αντιπροσωπεύουν έννοιες του φυσικού χώρου, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η βάση περιέχει ακόμη σχεσιακούς πίνακες (tables) που συνδέονται με τις οντότητες μέσω της υλοποίησης μιας μόνιμης σχεσιακής κλάσης (relationship class) που ορίζει τη σχέση (1 προς 1, 1 προς πολλά) και το πρωτεύον κλειδί. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται συνοπτικά τα δεδομένα και το σχεσιακό μοντέλο της βάσης.

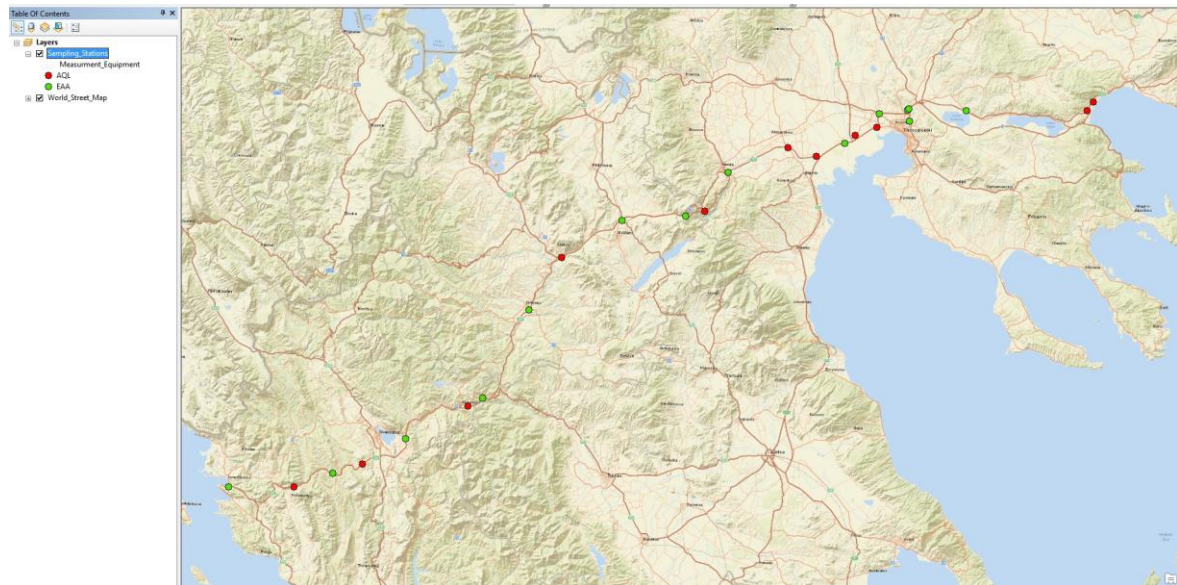
Name	Type
Sampling_Stations__ATTACHREL	Personal Geodatabase Relationship Class
Sampling_Stations__ATTACH	Personal Geodatabase Table
Sampling_Stations	Personal Geodatabase Feature Class
EAA_Station_Has_Params	Personal Geodatabase Relationship Class
EAA_Params_Has_Graphs	Personal Geodatabase Relationship Class
AQL_Station_Has_Params	Personal Geodatabase Relationship Class
AQL_Params_Has_Graphs	Personal Geodatabase Relationship Class
Air_Pollution_EAA_Params	Personal Geodatabase Table
Air_Pollution_EAA_Graphs	Personal Geodatabase Table
Air_Pollution_AQL_Params	Personal Geodatabase Table
Air_Pollution_AQL_Graphs	Personal Geodatabase Table



Σχήμα 7.9: Γεωγραφική Βάση Δεδομένων

Δεδομένα επί τόπου μετρήσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Sampling_Stations: Σημειακό αρχείο καταγραφής των θέσεων λήψης επί τόπου μετρήσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στις περιοχές μελέτης του παρόντος έργου. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις του οδικού δικτύου της Εγνατίας Οδού, ενώ η θέση καταγράφεται με GPS ακρίβειας submeter. Ο πίνακας περιγραφικών χαρακτηριστικών της κλάσης περιέχει πληροφορίες για το τοπωνύμιο, τον μετρήτικό εξοπλισμό, την θέση (X, Y, Z), την ημερομηνία δειγματοληψίας, όπως και την απαραίτητη κωδικοποίηση, που επιτρέπει τη σύνδεση της κάθε θέσης με τα αποτελέσματα των αποτελέσματα και τα αντίστοιχα γραφήματα των χρονοσειρών κάθε παραμέτρου. Επίσης σε κάθε οντότητα καταγράφεται ένα πεδίο με τις επί τόπου παρατηρήσεις που σημειώθηκαν από την ομάδα έργου.



Σχήμα 7.10: Γεωγραφική κλάση δεδομένων επί τόπου μετρήσεων

Air_Pollution_AQL_Params: Σχεσιακός πίνακας της γεωβάσης δεδομένων που περιλαμβάνει τις χρονοσειρές των μετρήσεων που ελήφθησαν με τον μετρητικό εξοπλισμό της Εγνατία Οδός Ε.Α (Ε.Ο.Α.Ε) στα πλαίσια του έργου. Η βασική παρακολούθηση περιλαμβάνει 24 ωρες μετρήσεις ρυπαντών και μετεωρολογικών παραμέτρων ανά θέση επιλογής (2 εποχικές -χειμώνας/καλοκαίρι- ανά θέση σε 13 σημεία ανοικτής οδοποιίας και εντός σηράγγων) κατά μήκος της Εγνατίας Οδού και κόμβους αυτής. Οι ρύποι που καθορίστηκαν για παρακολούθηση είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO, NO₂ και το άθροισμά τους - NO_x) και διαφορετικά κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀, PM_{2.5} και PM₁). Παράλληλα, γινόταν καταγραφή των κύριων μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση αέρα). Η σχεσιακή σύνδεση με τα γεωγραφικά δεδομένα των θέσεων μέτρησης πραγματοποιείται μέσω του πεδίου *SampleCode* ο οποίος είναι ο μονοσήμαντος κωδικός καταχώρησης του σημείου δειγματοληψίας, που προκύπτει από τις συντεταγμένες ΧΥ και τον αύξοντα αριθμό καταχώρησης στον πίνακα. Αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τη σύνδεση των χωρικών οντοτήτων με τον πίνακα μετρήσεων.

Air_Pollution_AQL_Graphs: Σχεσιακός πίνακας της γεωβάσης δεδομένων που περιλαμβάνει τις υπερσυνδέσεις της γεωγραφικής κλάσης με τα γραφήματα χρονοσειρών, των μετρήσεων που ελήφθησαν με τον μετρητικό εξοπλισμό της

Εγνατία Οδός Α.Ε (Ε.Ο.Α.Ε) στα πλαίσια του έργου. Ο κωδικός κλειδί *GraphCode* υλοποιεί τη σύνδεση των σημείων δειγματοληψίας με τον πίνακα υπερσυνδέσεων (Hyperlinks) που εισάγουν και ενσωματώνουν στη γεωβάση τα αρχεία εικόνας με τα γραφήματα χρονοσειρών των ατμοσφαιρικών παραμέτρων που μετρήθηκαν. Ο κωδικός περιέχει στοιχεία για τη θέση και την ημερομηνία της μέτρησης, και είναι μονοσήμαντος χωροχρονικά.

Air_Pollution_EAA_Params: Σχεσιακός πίνακας της γεωβάσης δεδομένων που περιλαμβάνει τις χρονοσειρές των μετρήσεων που ελήφθησαν με τον μετρητικό εξοπλισμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ε. Ε. Α) στα πλαίσια του έργου. Η βασική παρακολούθηση περιλαμβάνει 24ώρες μετρήσεις ρυπαντών και μετεωρολογικών παραμέτρων ανά θέση επιλογής (2 εποχικές -χειμώνας/καλοκαίρι- ανά θέση σε 13 σημεία ανοικτής οδοποιίας και εντός σηράγγων) κατά μήκος της Εγνατίας Οδού και κόμβους αυτής. Οι ρύποι που καθορίστηκαν για παρακολούθηση είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO, NO₂ και το άθροισμά τους - NO_x) και διαφορετικά κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀, PM_{2.5} και PM₁). Επιπλέον έγινε μέτρηση και καταγραφή επιβαρυντικών ρύπων, όπως είναι ο Μαύρος Άνθρακας (BC), το διοξειδίου του Θείου (SO₂) και το Όζον (O₃). Παράλληλα, γινόταν καταγραφή των κύριων μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση αέρα). Η σχεσιακή σύνδεση με τα γεωγραφικά δεδομένα των θέσεων μέτρησης πραγματοποιείται μέσω του πεδίου *SampleCode* ο οποίος είναι ο μονοσήμαντος κωδικός καταχώρησης του σημείου δειγματοληψίας, που προκύπτει από τις συντεταγμένες ΧΥ και τον αύξοντα αριθμό καταχώρησης στον πίνακα. Αποτελεί πρωτεύον κλειδί για τη σύνδεση των χωρικών οντοτήτων με τον πίνακα μετρήσεων.

Air_Pollution_EAA_Graphs: Σχεσιακός πίνακας της γεωβάσης δεδομένων που περιλαμβάνει τις υπερσυνδέσεις της γεωγραφικής κλάσης με τα γραφήματα χρονοσειρών, των μετρήσεων που ελήφθησαν με τον μετρητικό εξοπλισμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ε. Ε. Α) στα πλαίσια του έργου. Ο κωδικός κλειδί *GraphCode* υλοποιεί τη σύνδεση των σημείων δειγματοληψίας με τον πίνακα υπερσυνδέσεων (Hyperlinks) που εισάγουν και ενσωματώνουν στη γεωβάση τα αρχεία εικόνας με τα γραφήματα χρονοσειρών των ατμοσφαιρικών παραμέτρων

που μετρήθηκαν. Ο κωδικός περιέχει στοιχεία για τη θέση και την ημερομηνία της μέτρησης, και είναι μονοσήμαντος χωροχρονικά.

Sampling_Stations__ATTACH: Σχεσιακός πίνακας της γεωβάσης δεδομένων που δημιουργείται αυτόματα, κατά την εισαγωγή των αρχείων εικόνας των γραφημάτων ως τύπος Blob δεδομένων. Η μαζική εισαγωγή των γραφημάτων ως επισυνάψεις (attachments) προϋποθέτει την ύπαρξη του πίνακα υπερσυνδέσεων (Air_Pollution_AQL_Graphs και Air_Pollution_EAA_Graphs).

Table

Air_Pollution_EAA_Params

OBJECTID *	FID	SampleCode *	DATE	TIME	Air Temp	RelHum	WS Vect	WD	O3	SO2	NO	NO2	NOx	CO
1	1	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:20:00 μμ	18,173	46,19437	0,3239	64,161	16,1556	2,9	95,836	10,9984	106,8344	189,49
2	2	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:25:00 μμ	18,124	46,7832	0,32408	68,779	20,764	9999	61,808	12,8034	74,6114	247,32
3	3	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:30:00 μμ	18,581	52,13923	0,31753	64,46	21,744	3,3	53,524	13,566	67,09	208,16
4	4	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:35:00 μμ	19,034	52,05136	1,0319	66,101	29,826	9999	29,362	14,5912	43,9532	162,34
5	5	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:40:00 μμ	19,151	52,96642	1,127	60,545	31,764	9999	27,172	12,1272	39,2992	172,52
6	6	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:45:00 μμ	19,025	54,31982	0,583	67,507	21,142	9999	75,488	12,465	87,953	214,25
7	7	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:50:00 μμ	19,016	53,01591	1,3287	65,089	22,28	9999	58,786	15,4418	74,2278	295,97
8	8	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	12:55:00 μμ	18,962	53,72392	1,9067	69,936	27,26	9999	31,922	16,479	48,401	177,67
9	9	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:00:00 μμ	19,087	51,57262	1,5117	67,574	37,1	3,5	11,9016	11,9368	23,8384	183,6
10	10	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:05:00 μμ	19,446	49,21932	1,1425	74,516	31,184	9999	25,922	13,422	39,344	175,15
11	11	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:10:00 μμ	19,863	47,29628	0,76608	70,994	36,522	9999	21,994	11,5886	33,5826	185,37
12	12	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:15:00 μμ	20,325	45,92066	0,35655	52,808	37,068	9999	29,808	8,79	38,598	154,91
13	13	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:20:00 μμ	20,571	46,79532	0,35985	69,172	28,566	9999	38,922	14,8492	53,7712	265,18
14	14	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:25:00 μμ	20,359	49,34355	1,0439	74,602	34,894	9999	16,8532	11,6868	28,54	133,12
15	15	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:30:00 μμ	20,563	48,57494	1,4342	115,84	34,26	3,3	18,177	15,968	34,145	165,23
16	16	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:35:00 μμ	20,824	51,95743	1,4021	120,85	28,624	9999	35,126	16,7956	51,9216	174,44
17	17	AIR_1783924377170_1	6/11/2015	1:40:00 μμ	20,884	53,9441	1,1241	108,29	29,966	9999	18,5672	16,169	34,7362	205,62

Σχήμα 7.11: Σχεσιακός Πίνακας Περιγραφικών Πληροφοριών

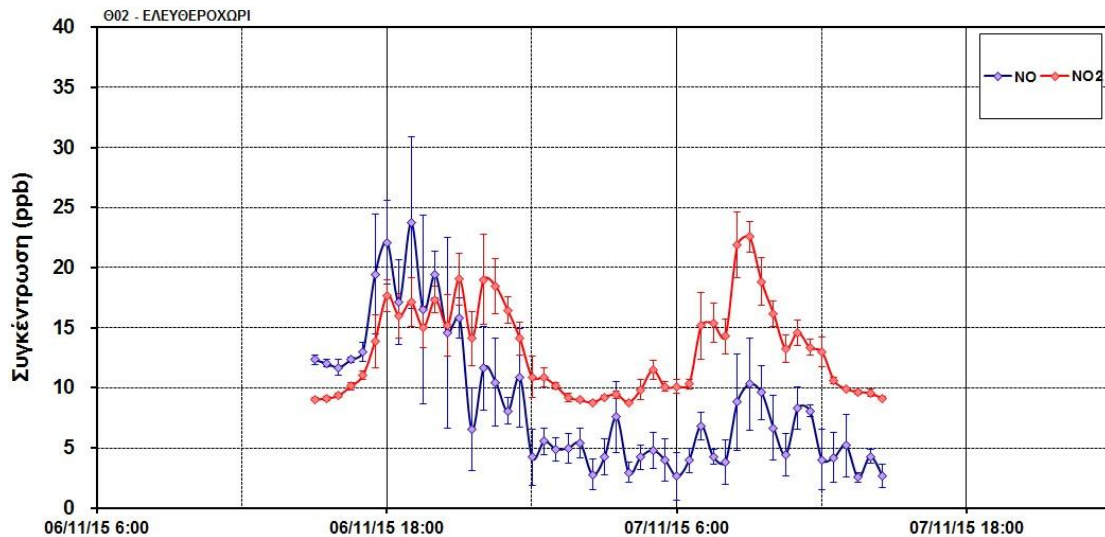
EAA_Station_Has_Params: Σχεσιακή κλάση (1 προς πολλά) που συνδέει, τις θέσεις που μετρήθηκαν με τον εξοπλισμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (Ε. Ε. Α), με τον πίνακα παραμέτρων. Πρωτεύον κλειδι το πεδίο SampleCode.

EAA_Params_Has_Graphs: Σχεσιακή κλάση (1 προς πολλά) που συνδέει, τον πίνακα χρονοσειρών των παραμέτρων που μετρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Ε. Ε. Α) με τα αντίστοιχα γραφήματα και τις υπερσυνδέσεις τους.

AQL_Station_Has_Params: Σχεσιακή κλάση (1 προς πολλά) που συνδέει, τις θέσεις που μετρήθηκαν με τον εξοπλισμό της Εγνατία Οδός Α.Ε (Ε.Ο.Α.Ε), με τον πίνακα παραμέτρων. Πρωτεύον κλειδι το πεδίο SampleCode.

AQL_Params_Has_Graphs: Σχεσιακή κλάση (1 προς πολλά) που συνδέει, τον πίνακα χρονοσειρών των παραμέτρων που μετρήθηκαν από την Εγνατία Οδό Α.Ε (Ε.Ο.Α.Ε), με τα αντίστοιχα γραφήματα και τις υπερσυνδέσεις τους.

Sampling_Stations__ATTACHREL: Σχεσιακή κλάση (1 προς πολλά) που συνδέει, τις θέσεις μετρήσεων με τα επισυναπτόμενα στη γεωβάση αρχεία εικόνας με τα γραφήματα των παραμέτρων.



Σχήμα 7.12: Γραφήματα χρονοσειρών από ατμοσφαιρικές παραμέτρους επισυναπτόμενα στη γεωβάση.

7.2.3 Διαχειριστικές Λειτουργίες στη βάση δεδομένων

Οι κύριες διαχειριστικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται στη βάση δεδομένων αφορούν ως επι το πλείστον :

- Την πλοήγηση στο σύστημα της βάσης δεδομένων.
- Την εισαγωγή δεδομένων στο σύστημα.
- Την εξαγωγή δεδομένων για κάθε είδους χρήση και επεξεργασία.
- Την πληθύσμωση των μεταδεδομένων για κάθε κλάση οντοτήτων.

Η πλοήγηση στη γεωβάση, όπως βέβαι και οι υπόλοιπες λειτουργίες, γίνεται μέσω του λογισμικού ArcGIS v10.1, και συγκεκριμένα από τον explorer του, ArcCatalog, οπότε οι βασικές λειτουργίες του συστήματος θεωρούνται ως γνωστές

από τον διαχειριστή. Για διευκρινίσεις πάνω στις λειτουργίες του ArcGIS v10.1 παρατίθεται στη συνέχεια σχετική βιβλιογραφία :

Κ. ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Ν. ΑΝΔΡΟΥΛΑΚΑΚΗΣ, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών με το ArcGIS 10. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2011.

Μ. ZEILER, Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. Environmental Systems Research Institute, Inc, 1999.

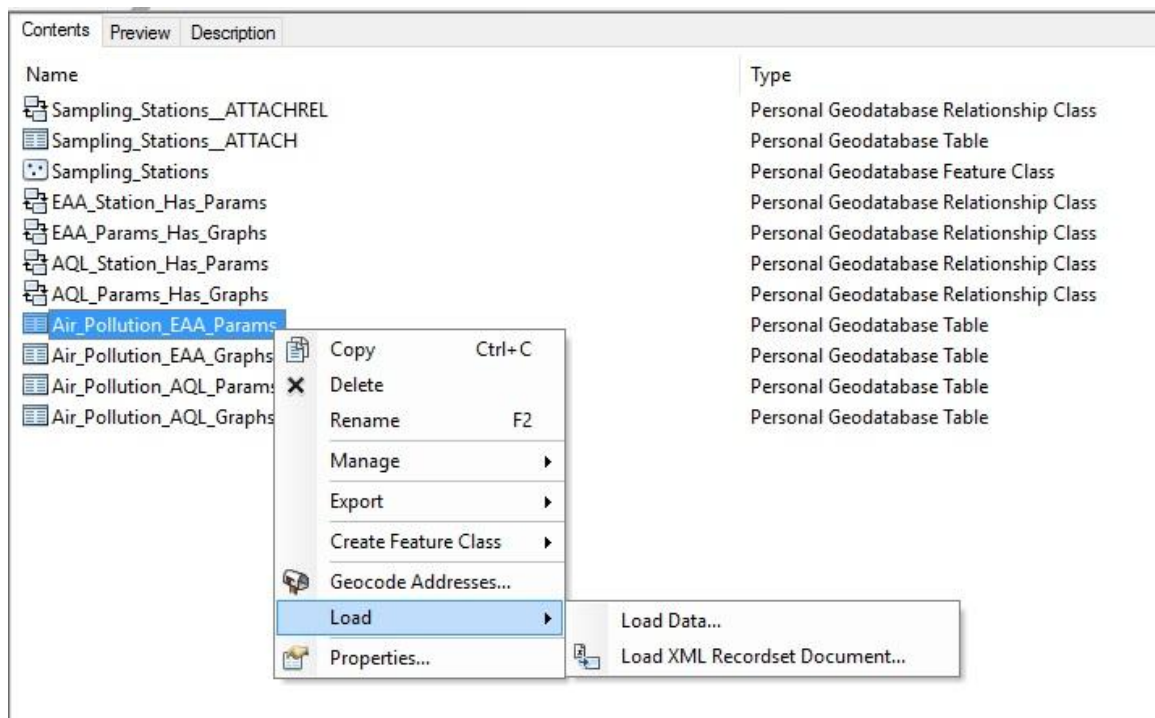
Εισαγωγή δεδομένων

Η εισαγωγή δεδομένων στο σύστημα αφορά μόνο την πλυθήσωση της 3ης κατηγορίας δεδομένων, και σε αδρές γραμμές, υλοποιείται σε 3 βήματα :

- Εισαγωγή χωρικών δεδομένων από GPS
- Εξαγωγή κωδικών, πληθύσωση πρωτεύοντος κλειδιού, και εξαγωγή σε υπολογιστικό φύλλο excel.
- Πλυθήσωση υπολογιστικού φύλλου excel (ξεχωριστού για κάθε κλάση πίνακα) με τα αποτελέσματα αναλύσεων – μετρήσεων πεδίου, τηρώντας την κωδικοποίηση που δημιουργήθηκε.
- Επανεισαγωγή των δεδομένων υπολογιστικού φύλλου excel στους πίνακες της γεωβάσης.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	FID	SampleCode	DATE	TIME	Air_Temp	RelHum	WS_Vect	WD	O3	SO2	NO	NO2	NOx	CO	PM10
6115	6114	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:05	8,06	92,92	1,27	25,09	21,65	2,00	1,82	4,29	6,11	123,21	11,82
6116	6115	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:10	8,07	92,94	1,92	30,02	23,68	2,00	0,04	3,84	3,88	122,32	13,61
6117	6116	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:15	7,92	92,93	1,58	17,34	21,93	2,00	0,36	3,82	4,18	128,99	13,61
6118	6117	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:20	7,92	93,03	1,30	10,19	22,68	2,00	0,83	3,73	4,55	122,77	13,61
6119	6118	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:25	8,00	93,14	2,01	25,19	20,71	2,00	2,14	5,39	7,53	126,32	13,61
6120	6119	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:30	8,14	93,17	1,87	40,79	23,46	2,00	0,51	4,54	5,05	131,21	15,35
6121	6120	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:35	8,15	93,15	1,06	43,25	24,56	2,00	0,77	3,57	4,33	136,55	20,35
6122	6121	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:40	8,14	93,12	0,88	45,68	23,56	2,00	0,75	4,28	5,03	142,11	23,57
6123	6122	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:45	8,03	93,13	1,06	33,00	20,74	2,00	1,22	6,58	7,80	149,67	23,57
6124	6123	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:50	8,01	93,24	0,35	48,26	22,03	2,00	0,51	5,09	5,60	155,23	25,15
6125	6124	AIR_6564384526400_30	29/11/15	5:55	7,95	93,36	0,69	52,28	22,49	2,00	0,64	4,91	5,54	157,46	25,15
6126	6125	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:00	7,97	93,49	0,57	44,49	21,53	2,00	0,59	5,84	6,43	150,34	25,15
6127	6126	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:05	7,98	93,62	0,63	37,72	20,45	2,00	1,12	6,94	8,06	149,45	25,15
6128	6127	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:10	8,09	93,74	1,31	42,29	22,24	2,00	0,24	5,57	5,81	153,46	25,15
6129	6128	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:15	8,08	93,74	0,64	54,97	21,91	2,00	0,68	5,78	6,47	159,68	23,57
6130	6129	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:20	8,13	93,70	0,56	92,92	22,20	2,00	0,70	5,26	5,96	152,34	23,57
6131	6130	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:25	8,12	93,65	0,69	57,89	22,05	2,00	0,41	5,52	5,93	150,34	23,57
6132	6131	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:30	8,02	93,55	0,37	58,41	20,78	2,00	0,65	5,96	6,61	157,90	23,57
6133	6132	AIR_6564384526400_30	29/11/15	6:35	7,97	93,50	0,32	86,49	20,26	2,00	0,70	6,00	6,70	161,02	23,57

Σχήμα 7.13: Υπολογιστικό φύλλο excel με τα δεδομένα μετρήσεων.



Σχήμα 7.14: Επαναεισαγωγή των δεδομένων υπολογιστικού φύλλου excel στους πίνακες της γεωβάσης

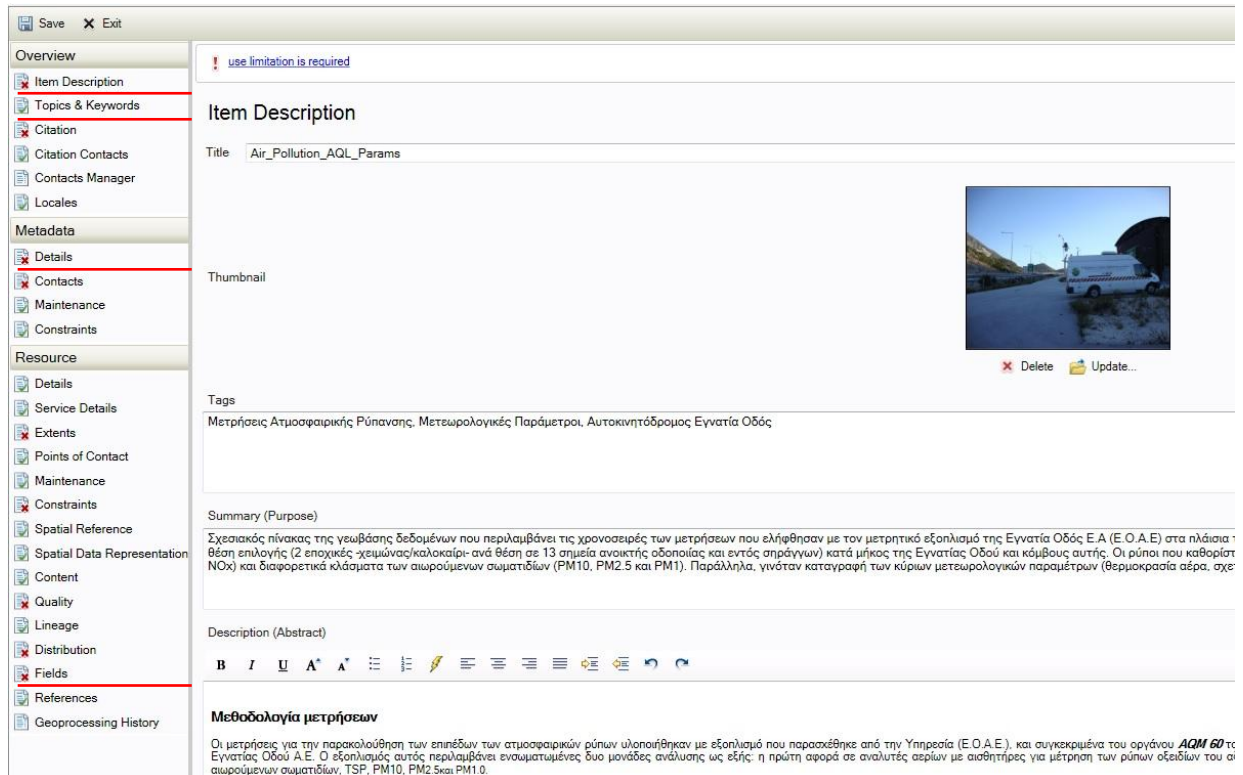
Πληθύσωση των μεταδεδομένων

Τα μεταδεδομένα κάθε κλάσης αντικειμένου/ πίνακα συμπληρώνονται στην καρτέλα "Description" που εμφανίζει ο ArcCatalog.



Σχήμα 7.15: Περιβάλλον Πλοήγησης - Επεξεργασίας Μεταδεδομένων

Ο διαχειριστής επιλέγει "edit" και στη συνέχεια συμπληρώνει όλες τις απαραίτητες κατηγορίες, που αφορούν την περιγραφή της κλάσης, τις λέξεις κλειδιά, την περιγραφή των περιών του πίνακα, κλπ. Τα μεταδεδομένα σώζονται σύμφυτα στην κλάση (save), αλλά μπορούν επίσης να εξαχθούν σε αρχείο xml (export) και στη συνέχεια να εισαχθούν σε άλλη κλάση της γεωβάσης (import).



Save X Exit

Overview

- Item Description
- Topics & Keywords
- Citation
- Citation Contacts
- Contacts Manager
- Locales

Metadata

- Details
- Contacts
- Maintenance
- Constraints

Resource

- Details
- Service Details
- Extents
- Points of Contact
- Maintenance
- Constraints
- Spatial Reference
- Spatial Data Representation
- Content
- Quality
- Lineage
- Distribution
- Fields
- References
- Geoprocessing History

! use limitation is required

Item Description

Title Air_Pollution_AQL_Params

Thumbnail

Tags
Μετρήσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, Μετεωρολογικές Παράμετροι, Αυτοκινητόδρομος Εγνατία Οδός

Summary (Purpose)
Σχεσιακός πίνακας της γεωβάσης δεδομένων που περιλαμβάνει τις χρονοσειρές των μετρήσεων που ελήφθησαν με τον μετρητικό εξοπλισμό της Εγνατίας Οδού Ε.Α (Ε.Ο.Α.Ε) στα πλαίσια της έρευνας επιλογής (2 εποχικές -χειμώνας/καλοκαίρι- ανά θέση σε 13 σημεία ανοικτής οδοποιίας και εντός σφράγγων) κατά μήκος της Εγνατίας Οδού και κόμβους αυτής. Οι ρύποι που καθορίζονται είναι ο NOx και διαφορετικά κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων (PM10, PM2.5 και PM1). Παράλληλα, γίνεται καταγραφή των κύριων μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα, σχετ.

Description (Abstract)

Μεθοδολογία μετρήσεων

Οι μετρήσεις για την παρακολούθηση των επιπέδων των ατμοσφαιρικών ρύπων υλοποιήθηκαν με εξοπλισμό που παρασχέθηκε από την Υπηρεσία (Ε.Ο.Α.Ε.), και συγκεκριμένα του οργάνου AQM 60 της Εγνατίας Οδού Α.Ε. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει ενσωματωμένες δυο μονάδες ανάλυσης ως εξής: η πρώτη αφορά σε αναλυτές αερίων με αισθητήρες για μέτρηση των ρυθμών οξειδίων του αζωτούχου (NOx) και διαφορετικά κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων (TSP, PM10, PM2.5 και PM1.0).

Σχήμα 7.16: Εισαγωγή - Ανανέωση -Διόρθωση Μεταδεδομένων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Θεσμικό πλαίσιο – Ισχύουσα Νομοθεσία

- Ν.1650/86(ΦΕΚ 160Α/18-10-86) «Για την προστασία του περιβάλλοντος».
- Ν.4014/2011(ΦΕΚ 209/21-9-2011) «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος»
- Το πρωτόκολλο του Κιότο
- Απόφαση υπ'αριθμ. 406/2009.ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 περί των προσπαθειών των κρατών μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020
- Το ισχύον πρωτόκολλο για τα αέρια του θερμοκηπίου(Greenhouse Gas-GHG Protocol)
- Νόμος 3882 (ΦΕΚ 166/Α'/22-09-2010), για την Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών-Εναρμόνιση με την κοινοτική οδηγία INSPIRE(2007/2ΕΚ)
- Το Ν. 4042/2012 (ΦΕΚ 24/Α/13-2-2012) «Ποινική προστασία περιβάλλοντος-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/99/ΕΚ-Πλαίσιο παραγωγής και διαχείρισης αποβλήτων-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2008/98/ΕΚ-Ρύθμιση θεμάτων Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»
- Την ΚΥΑ Η.Π. 11014/703/Φ104 (ΦΕΚ 332/Β/20-3-2003) «Διαδικασίας Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/1986 (Α' 160) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν. 3010/2002 "Εναρμόνιση του Ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ ... και άλλες διατάξεις" (Α' 91).
- Την ΚΥΑ 69269/5387/25-10-90 (ΦΕΚ 678/Β) «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθορισμός περιεχομένου ειδικών περιβαλλοντικών

μελετών (Ε.Π.Μ.) και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το Ν.1650/1986».

- Το Ν. 998/79 "περί προστασίας των Δασών και των Δασικών εν γένει εκτάσεων της χώρας" (ΦΕΚ 289/Α).
- Την Κοινή Υπουργική Απόφαση Η.Π. 37111/2021 (ΦΕΚ 1391/Β/29-9-2003), «Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθρου 5 του Ν. 1650/86 όπως αντικαταστάθηκε με τις παραγράφους 2 και 3 του άρθρου 3 του Ν. 3010/2002»
- Την Κοινή Υπουργική Απόφαση 9269/470/2-3-2007 (ΦΕΚ 286/Β/2-3-2007), «Μέσα ένδικης προστασίας του κοινού κατά πράξεων ή παραλείψεων της Διοίκησης σχετικά με θέματα ενημέρωσης και συμμετοχής του κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων».
- ΚΥΑ 14122/549/Ε103/2011 (ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011) «Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ 'για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη' του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 21ης Μαΐου 2008»
- ΚΥΑ 9238/332 (ΦΕΚ 405/Β/27-2-2004), με την οποία καθορίζονται οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε βενζόλιο και μονοξείδιο του άνθρακα.
- Π.Υ.Σ 34/2002 (ΦΕΚ 125/Α/5-6-2002), με την οποία καθορίζονται οριακές και κατευθυντήριες τιμές ποιότητας της ατμόσφαιρας σε διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου, σωματίδια και μόλυβδο.
- άρθρο 2 παρ. δ του Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-81) όριο των 100 mg/m³
- Π.Δ. 82/2004 (ΦΕΚ 64/Α/2-3-2004) σε συνδυασμό με τις ΚΥΑ 13588/725/2006 (ΦΕΚ 383/Β/28-3-2006), ΚΥΑ 8668/2007 (ΦΕΚ 287/Β/2-3-2007) και ΚΥΑ 24944/1159/2006 (ΦΕΚ 791/Β/30-6-2006)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Απαιτήσεις ποιότητας αέρα και θεσμοθετημένα (και μη) όρια ρύπων

Οι οδηγίες και τα όρια για την ατμοσφαιρική ρύπανση που διέπουν το Ελληνικό Δίκαιο, απορρέουν, με απόφαση περί "Καθορισμού γενικών αρχών και αρμόδιων υπηρεσιών για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος", από την ενσωμάτωση σε αυτό των ακόλουθων οδηγιών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας:

- ✓ 96/62/ΕΚ Οδηγία - Πλαίσιο "Εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος", ΦΕΚ 180/Β/17-2-2000
- ✓ 99/30/ΕΚ Πρώτη θυγατρική της 96/62/ΕΚ "Οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, διοξειδίου και οξειδίων τριών αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου στον αέρα του περιβάλλοντος", ΦΕΚ Β/125/5-5-2002
- ✓ 2000/69/ΕΚ Δεύτερη θυγατρική της 96/62/ΕΚ "Οριακές τιμές βενζολίου και μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα του περιβάλλοντος", ΦΕΚ Β/405/27-2-2004
- ✓ 2002/3/ΕΚ Τρίτη θυγατρική της 96/62/ΕΚ "Όζον στον αέρα του περιβάλλοντος", ΦΕΚ Β/1334/21-9-2005
- ✓ Τέταρτη θυγατρική της 96/62/ΕΚ σχετικά με τα μέταλλα και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες

Στον Πίνακα ΠΙΙ-1 παρατίθεται σύνοψη των υφιστάμενων ορίων συγκεντρώσεων ρύπων στον αέρα του περιβάλλοντος, είτε θεσμοθετημένων είτε ως προτάσεων από διαφόρους διεθνείς/εθνικούς φορείς.

Πίνακας ΠΙΙ-1: Σύνοψη ορίων των ατμοσφαιρικών ρύπων (με έμφαση σε αυτούς που μετρήθηκαν) και επισήμανση (με κόκκινο χρώμα) αυτών που λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα έκθεση για τη σύγκριση με τις μετρήσεις.

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	10 mg/m ³ ή 8.7 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	10.3 mg/m ³	Μέγιστη ημερήσια	NAAQS/USEPA

	ή 9 ppm	οκτάωρη τιμή, < 1 ανά έτος	
	40 mg/m ³ ή 35 ppm	Μέγιστη ωριαία τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του θειού (SO ₂)	350 μg/m³ ή 134 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 24 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	125 μg/m³ ή 48 ppb	Μέση ημερήσια τιμή, < 3 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	20 μg/m ³ ή 7.6 ppb	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
	500 μg/m ³ ή 190 ppb	Μέση δεκάλεπτη τιμή	WHO
	197 μg/m ³ ή 75 ppb	Μέση ωριαία τιμή	NAAQS/USEPA
	1310 μg/m ³ ή 500 ppb	Μέση τρίωρη τιμή, <1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	200 μg/m³ ή 106 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 18 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
	40 μg/m ³ ή 21 ppb	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
Όζον (O ₃)	120 μg/m³ ή 60 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010
	100 μg/m ³ ή 50 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	WHO
	140 μg/m ³ ή 70 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	NAAQS/USEPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 μg/m³	Μέση ημερήσια τιμή, < 35 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005, WHO
Σωματίδια (PM _{2.5})	40 μg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	25 μg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2015
	35 μg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NAAQS/USEPA

	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
Μόλυβδος (Pb)	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μέση 3μηνιαία τιμή	NAAQS/USEPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μέση ημερήσια τιμή	Εμπειρικό, ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες μέσες τιμές: Κων/πολη 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Πεκίνο-Κάιρο 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Αθήνα 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Αθήνα (αιθαλομίχλη) ~3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Οι κατευθυντήριες γραμμές που υπάρχουν για τον έλεγχο της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, εστιάζουν κυρίως στη γενική έκθεση του πληθυσμού στη ρύπανση από διάφορες πηγές και όχι στην έκθεση σε συγκεκριμένα σημεία αυξημένης επικυδυνότητας ή τον έλεγχο μεμονωμένων σημειακών πηγών. Τα αντίστοιχα κριτήρια ποιότητας του αέρα σε οδικές σήραγγες προορίζονται για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των χρηστών των σηράγγων από εκπομπές μηχανοκίνητων οχημάτων. Παραδοσιακά, η ποιότητα της ατμόσφαιρας εντός σηράγγων αντιμετωπίζεται στα όρια μεταξύ ποιότητας περιβάλλοντος αέρα και διαχείρισης επαγγελματικών εκθέσεων, υπό την έννοια ότι μια σήραγγα δεν είναι απολύτως ούτε περιβάλλον χώρος ούτε εσωτερικός χώρος, και οι εκθέσεις συνήθως διαρκούν ορισμένα λεπτά και αφορούν σε κάθε είδους δυνητικούς χρήστες, συμπεριλαμβανομένων παιδιών, εγγύων και άλλων ευάλωτων πληθυσμιακών ομάδων.

Συμβατικά, η διαχείριση της ποιότητας του αέρα εντός σηράγγων γινόταν στη βάση καθορισμού ορίου για τη μέγιστη έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα. Η ταχεία ωστόσο μείωση των εκπομπών CO σε σχέση με άλλους ρυπαντές από την κίνηση των οχημάτων, όπως για παράδειγμα τα οξείδια του αζώτου, είχε σαν αποτέλεσμα πλέον να εκπέμπονται σχετικά περισσότερα NO₂ και σωματίδια ανά μονάδα CO, γεγονός που οδήγησε σε αναθεώρηση των ρύπων που θα πρέπει να ελέγχονται και των ορίων τους. Με το έργο αυτό είναι επιφορτισμένη η Παγκόσμια

Ένωση Οδικών Μεταφορών – PIARC, που εκδίδει και τις αντίστοιχες οδηγίες. Στον Πίνακα ΠII-2 δίδεται μια σύνοψη των ορίων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ποιότητας αέρα σε σήραγγες, τόσο από τον επίσημο φορέα όσο και από άλλες εθνικές πρακτικές.

Πίνακας ΠII-2: Σύνοψη ορίων των ατμοσφαιρικών ρύπων σε σήραγγες και επισήμανση (με κόκκινο χρώμα) αυτών που λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα έκθεση για τη σύγκριση με τις μετρήσεις.

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	80 mg/m³ ή 70 ppm	Μέγιστη 15λεπτη τιμή	PIARC 2010
	23 mg/m³ ή 20 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	PIARC 2010, για εργαζόμενους εντός
	40 mg/m ³ ή 35 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	US (NIOSH)
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	712 µg/m³ ή 272 ppb	Μέγιστη 10λεπτη τιμή	NSW-EPA
	570 µg/m³ ή 218 ppb	Μέγιστη ωριαία τιμή	NSW-EPA
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1880 µg/m³ ή 1 ppm		PIARC, NIOSH
	0.2-2.8 µg/m ³ ή 0.11-1.5 ppm	Αναγωγή στην 1 ώρα	Νορβηγία, Σουηδία, Βέλγιο, Γαλλία, WHO, NSW-EPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NSW-EPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	15-20 µg/m³	Μέση ωριαία τιμή	Εμπειρικά, αντιστοιχεί σε μέγιστες συγκεντρώσεις σε επεισόδια αιθαλομίχλης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: Επισκόπηση Δεικτών ποιότητας αέρα

➤ AQI ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ US- EPA (Environmental Protection Agency AQI)

Ο AQI είναι ένας ημερήσιος δείκτης ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα που δηλώνει το πόσο καθαρός ή μολυσμένος είναι ο περιβάλλον αέρας και το αν συντρέχουν λόγοι ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία. Επικεντρώνεται στις επιπτώσεις για την υγεία που εμφανίζονται λίγες ώρες ή μέρες μετά την έκθεση σε μολυσμένο αέρα (Qian, Charman et al. 2004). Υπολογίζεται για πέντε ατμοσφαιρικούς ρύπους, επίπεδα επιφανειακού όζοντος (O_3), διοξείδιο του αζώτου (NO_2), διοξείδιο του θείου (SO_2), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10} , ή και $PM_{2,5}$). Για καθένα από τους ρύπους αυτούς, η EPA έχει καθιερώσει εθνικά πρότυπα ποιότητας αέρα για την προστασία της δημόσιας υγείας.

Ο δείκτης ποιότητας του αέρα είναι σαν μια βαθμονομημένη ράβδος από το 0 έως το 500. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη τόσο υψηλότερα είναι τα επίπεδα ρύπανσης και τόσο μεγαλύτερη είναι η ανησυχία για την υγεία του ανθρώπου. Τιμή του AQI ίση με 100 αντιστοιχεί στα διεθνή πρότυπα ποιότητας αέρα για τους ρύπους, που έχει θέσει η Υ.Π.Π. για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Όταν οι τιμές του AQI είναι μικρότερες ή ίσες του 100 η ποιότητα του αέρα θεωρείται ικανοποιητική ενώ από την άλλη για τιμές μεγαλύτερες του 100 η ποιότητα του αέρα θεωρείται ανθυγιεινή, σε ένα πρώτο στάδιο για τις ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού και όσο μεγαλύτερες τιμές παίρνει, οι επιδράσεις αφορούν όλους τους ανθρώπους (US EPA, 2009).

Ο AQI αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, ο ρόλος του οποίου είναι να εξηγεί με απλό τρόπο τη σημασία της ποιότητας του αέρα σε τοπικό επίπεδο για τη δημόσια υγεία. Ο δείκτης διαχωρίζεται σε έξι κατηγορίες ανησυχίας για την υγεία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας) (US-EPA 2009; US_EPA-454/B-13-001 2013).

Πίνακας: Κλίμακα εκτίμησης της ποιότητας του αέρα με βάση τις τιμές του δείκτη AQI (Πηγή: US EPA, 2009)

Air Quality Index (AQI) Τιμές	Επίπεδα αναφορικά με την υγεία	Χρωματική κλίμακα
Όταν ο δείκτης AQI είναι στην περιοχή:	...οι συνθήκες ποιότητας του αέρα είναι:	...συμβολισμένες με το χρώμα:
0-50	Καλή	Πράσινο
51-100	Μέτρια	Κίτρινο
101-150	Ανθυγιεινή για ευαίσθητες ομάδες	Πορτοκαλί
151-200	Ανθυγιεινή	Κόκκινο
201-300	Πολύ ανθυγιεινή	Πορφυρό
301-500	Επικίνδυνη	Βυσσινί

Κάθε κατηγορία αντιστοιχεί σε διαφορετικό επίπεδο ανησυχίας για την υγεία. Τα έξι επίπεδα ανησυχίας για την υγεία και η σημασία τους περιγράφονται ως εξής (US-EPA 2009):

- **Καλή:** Η τιμή του δείκτη κυμαίνεται μεταξύ του 0 και του 50. Η ποιότητα του αέρα θεωρείται ικανοποιητική και συνιστά μικρό ή μηδενικό κίνδυνο για την υγεία.
- **Μέτρια:** Η τιμή του δείκτη κυμαίνεται μεταξύ του 51 και του 100. Η ποιότητα του αέρα θεωρείται ικανοποιητική, ωστόσο, η ρύπανση σε αυτή τη κλάση ενδέχεται να θέτει μια μέτρια ανησυχία για μικρή μερίδα ανθρώπων. Χαρακτηριστικά, τα άτομα που παρουσιάζουν ασυνήθιστη ευαισθησία στο O₃ ή στη σωματιδιακή ρύπανση μπορούν να βιώσουν προβλήματα στη λειτουργία του αναπνευστικού.
- **Ανθυγιεινή για τις ευαίσθητες ομάδες:** Όταν οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται μεταξύ του 101 και του 150, οι ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού ενδέχεται να βιώσουν προβλήματα στην υγεία τους, ενώ αντίθετα το ευρύ κοινό είναι λιγότερο πιθανό να παρουσιάσει κάποιου είδους συμπτώματα. Για παράδειγμα, οι πάσχοντες από αναπνευστικά προβλήματα, τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και όσοι ασχολούνται με δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους θεωρούνται ευαίσθητοι στην έκθεση σε O₃ και ως εκ τούτου

βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο. Επιπροσθέτως, η έκθεση σε υψηλά επίπεδα σωματιδιακής ρύπανσης επηρεάζει εκτός των άλλων και όσους πάσχουν από καρδιακά προβλήματα.

- **Ανθυγιεινή:** Όταν οι τιμές του δείκτη βρίσκονται ανάμεσα στο 151 και στο 200, οποιοσδήποτε ενδέχεται να αντιμετωπίσει τις δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία του από την έκθεση στην αέρια ρύπανση, με τα μέλη των ευάλωτων ομάδων να βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο.
- **Πολύ ανθυγιεινή:** Οι τιμές του δείκτη αυτής της κατηγορίας (201 – 300) αποτελούν προειδοποίηση για την υγεία και συνιστούν την απαρχή σοβαρών επιπτώσεων.
- **Επικίνδυνη:** Οι τιμές αυτής της κατηγορίας (AQI>300) προειδοποιούν για την εμφάνιση επειγουσών καταστάσεων για την υγεία. Ολόκληρος ο πληθυσμός είναι επιρρεπής στην έκθεση στους αέριους ρύπους.

Στην προσπάθειά της η EPA να εξηγήσει με απλό τρόπο στο ευρύ κοινό πότε η ατμοσφαιρική ρύπανση βρίσκεται σε επικίνδυνα επίπεδα, έχε εκχωρήσει ένα συγκεκριμένο χρώμα σε κάθε κατηγορία τιμών του AQI, το οποίο αντιστοιχεί στο επίπεδο ανησυχίας για την υγεία που προαναφέραμε (πίνακας) (US EPA, 2009).

Πίνακας: Ερμηνεία χρωματικού κώδικα του δείκτη AQI

Χρωματική κλίμακα	AQI Τιμές	Ερμηνεία
Πράσινο	0-50	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται ικανοποιητική και συνιστά μικρό ή μηδενικό κίνδυνο για την υγεία.
Κίτρινο	51-100	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται ικανοποιητική, ωστόσο, η ρύπανση ενδέχεται να θέτει μια μέτρια ανησυχία για μικρή μερίδα ανθρώπων.
Πορτοκαλί	101-150	Οι ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού ενδέχεται να παρουσιάσουν προβλήματα στην υγεία τους. Το ευρύ κοινό είναι λιγότερο πιθανό να παρουσιάσει κάποιου είδους συμπτώματα.
Κόκκινο	151-200	Οποιοσδήποτε ενδέχεται να αντιμετωπίσει τις δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία του από την έκθεση στην αέρια ρύπανση. Οι ευάλωτες ομάδες βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο.

Πορφυρό	201-300	Προειδοποίηση: Απαρχή σοβαρών επιπτώσεων.
Βυссινί	301-500	Ολόκληρος ο πληθυσμός είναι επιρρεπής στην έκθεση στους αέριους ρύπους.

Σύμφωνα με την ΕΡΑ των ΗΠΑ, για τον υπολογισμό του AQI, ένα δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα καταγράφει καθημερινά τις συγκεντρώσεις των πέντε υπό μελέτη ρύπων (O₃, PM, CO, SO₂, NO₂). Η μέση ημερήσια συγκέντρωση που μετράται για κάθε ρύπο μετατρέπεται σε μια αριθμητική τιμή (επιμέρους δείκτης) σύμφωνα με την παρακάτω σχέση (γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ορίων κάθε κλάσης του πίνακα τιμών). Η τελική τιμή του δείκτη είναι η υψηλότερη τιμή από τους επιμέρους δείκτες.

$$I_P = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_P - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

I_P : ο επιμέρους δείκτης ποιότητας του αέρα για τον ρύπο p

C_P : η μετρούμενη συγκέντρωση του ρύπου p (στρογγυλοποιημένη)

BP_{Hi} : το μέγιστο όριο συγκέντρωσης της κατηγορίας στην οποία ανήκει η C_P

BP_{Lo} : το ελάχιστο όριο συγκέντρωσης της κατηγορίας στην οποία ανήκει η C_P

I_{Hi} : η μέγιστη τιμή του δείκτη ποιότητας του αέρα που αντιστοιχεί στο BP_{Hi}

I_{Lo} : η ελάχιστη τιμή του δείκτη ποιότητας του αέρα που αντιστοιχεί στο BP_{Lo}

Πίνακας: Σημεία αλλαγής κατηγορίας του δείκτη ποιότητας αέρα

O ₃ (ppm) 8-ωρο	O ₃ (ppm) 1-ώρα (1)	PM _{2.5} (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	AQI	Ποιότητα αέρα
0.000-0.064	-	0.0-15.4	0-54	0,0-4.4	0.000-0.034	(³)	0-50	Καλή
0.065-0.084	-	15.5-40.4	55-154	4.5-9.4	0.035-0.144	(³)	51-100	Μέτρια
0.085-0.104	0.125-0.164	40.5-65.4	155-254	9.5-12.4	0.145-0.224	(³)	101-150	Ανεθυγιεινή για ευαίσθητες ομάδες
0.105-0.124	0.165-0.204	65.5-150.4	255-354	12.5-15.4	0.225-0.304	(³)	151-200	Ανεθυγιεινή
0.125-0.374	0.205-0.404	150.5-250.4	355-424	15.5-30.4	0.305-0.604	0.65-1.24	201-300	Πολύ ανεθυγιεινή
(³)	0.405-0.504	250.5-350.4	425-504	30.5-40.4	0.605-0.804	1.25-1.64	301-400	Επικίνδυνη
(³)	0.505-0.604	350.5-500.4	505-604	40.5-50.4	0.805-1.004	1.65-2.04	401-500	Επικίνδυνη

Στις περισσότερες περιοχές ο υπολογισμός του δείκτη ποιότητας του αέρα για το O₃ βασίζεται στις μέσες τιμές συγκεντρώσεων κυλιόμενου οκταώρου. Ωστόσο, σε περιοχές που θεωρείται σκόπιμο ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται βασιζόμενος στις μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο δείκτης υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη από τις δύο αυτές τιμές.

Το NO₂ σχετίζεται με μακροχρόνιες επιδράσεις για την υγεία με αποτέλεσμα να υπολογίζεται ο δείκτης για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 200.

Οι μέσες τιμές συγκεντρώσεων κυλιόμενου οκταώρου δεν καθορίζουν τις υψηλότερες τιμές του δείκτη (AQI>301). Τιμές του δείκτη μεγαλύτερες από 301 υπολογίζονται από τις ωριαίες συγκεντρώσεις του O₃.

➤ **Ο ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ Revised AQI (RAQI)**

Ο RAQI προκύπτει από τη μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των υπο-δεικτών των ρύπων, και αποδίδει έτσι διφορούμενες συνθήκες που μπορεί να επισκιάσουν τις ρεαλιστικές επιπτώσεις στην υγεία από τους άλλους ρύπους. Το 2007 προτάθηκε μια αναθεωρημένη έκδοση του AQI (RAQI) (Cheng, Chen et al. 2007) η οποία έκανε χρήση μιας συνάρτησης εντροπίας ώστε να λαμβάνονται υπόψη και οι επιδράσεις των υπολοίπων ρυπαντών και όχι μόνο αυτού με τον μέγιστο AQI.

Ο RAQI προκύπτει από την εξίσωση:

$$\text{RAQI} = \text{Max} [I_1, I_2, \dots, I_n] \times \frac{\text{Ave}_{\text{daily}} \sum_{j=1}^n [I_j]}{\text{Ave}_{\text{annual}} \left[\text{Ave}_{\text{daily}} \sum_{j=1}^n [I_j] \right]} \times \frac{\text{Ave}_{\text{annual}} \left\{ \text{Entropy}_{\text{daily}} [\text{Max} [I_1, I_2, \dots, I_n]] \right\}}{\text{Entropy}_{\text{daily}} [\text{Max} [I_1, I_2, \dots, I_n]]}$$

Ο δεύτερος όρος εξίσωσης θεσπίζει τον μέσο αριθμητικό δείκτη υποβάθρου όπου ο αριθμητής είναι το άθροισμα των ημερήσιων αριθμητικών μέσων όλων των υπό-δεικτών ($I_1 \dots I_n$) και ο παρονομαστής είναι ο ετήσιος μέσος όρος του αθροίσματος των ημερήσιων μέσων των ρύπων αυτών. Ο όρος αυτός αντιπροσωπεύει την συνεισφορά κάθε επιμέρους δείκτη ρύπανσης για το RAQI μέσω της συνεκτίμησης της ημερήσιας συγκέντρωσης των ρύπων σε σύγκριση με τους ετήσιους μέσους όρους αυτών, και χρησιμεύει στη μείωση της ασάφειας του AQI εκεί όπου τα επίπεδα των ρύπων είναι πιο σοβαρά από ό, τι φαίνεται από την τιμή του δείκτη (Cheng, Kuo et al. 2004).

Ο τρίτος όρος, αποτελεί τον μέσο αριθμητικό δείκτη υποβάθρου εντροπίας όπου ο αριθμητής είναι ο ετήσιος μέσος όρος της μέσης ημερήσιας εντροπίας και ο παρονομαστής είναι η συνάρτηση εντροπίας των ρύπων των υπό-δεικτών. Η συνάρτηση εντροπίας ορίζεται ως η \log_{10} της μέγιστης συνάρτησης των $I_1 \dots I_n$, είναι ένας τροποποιητής που εξυπηρετεί στην πρόληψη αριθμητικής απόκλισης σε υπερβολικά μεγάλες τιμές. Η έννοια της εντροπίας εφαρμόζεται όχι μόνο στην φυσική ποιότητα της θερμικής ενέργειας, αλλά και στην τεχνολογία των πληροφοριών (εντροπία πληροφορίας) ως μέτρο της "χρήσιμης" ικανότητας. Επιπλέον, η συνάρτηση εντροπίας έχει χρησιμοποιηθεί σε ατμοσφαιρικά μοντέλα ενεργειακής ισορροπίας (LinCS and YangXQ 1995).

➤ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ NAQI (New Air Quality Index)

Βασίζεται στην παραγοντική ανάλυση των βασικών ρυπαντών (Bishoi, Prakash et al. 2009). Στην παραγοντική ανάλυση, έχει χρησιμοποιηθεί η τεχνική της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA). Ο βασικός σκοπός της ανάλυσης PCA είναι να λογοδοτήσει για τη συνολική διακύμανση μεταξύ των 'n' σε αριθμό μεταβλητών σε ένα χώρο p-διαστάσεων, σχηματίζοντας ένα νέο σύνολο ανεξάρτητων και ασυσχέτιστων σύνθετων μεταβλητών. Κάθε μέλος της νέας σειράς μεταβλητών είναι ένας γραμμικός συνδυασμός των αρχικών μετρήσεων (Henry and Hidy 1979; Lioy, Zelenka et al. 1989). Οι γραμμικοί συνδυασμοί δημιουργούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε κάθε μία από τις διαδοχικές σύνθετες μεταβλητές θα αντιπροσωπεύει ένα

μικρότερο μέρος της συνολικής διακύμανσης. Η πρώτη σύνθετη μεταβλητή (κύριο συστατικό), θα έχει τη μεγαλύτερη διακύμανση, η δεύτερη θα έχει μια διακύμανση μικρότερη από την πρώτη, αλλά μεγαλύτερη από την τρίτη και ούτω καθεξής. Αν πρώτες κύριες συνιστώσες (ή, ζευγάρια ιδιοδιάνυσματος-ιδιοτιμής) αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 60% της συνολικής διακύμανσης, τότε δεν υπάρχει κανένας λόγος για τη λήψη περισσότερων κύριων συνιστωσών (PCs) (Harman 1976; Johnston 1978; Dunteman 1994) για τον υπολογισμό του σύνθετου αυτού δείκτη. Οι επόμενες συνιστώσες εξηγούν μόνο ελάχιστες ποσότητες της ολικής διακύμανσης και, ως εκ τούτου, θεωρούνται θόρυβος (Johnston 1978; Dunteman 1994; Kim 1994; Srivastava, Gupta et al. 2008)

Η μέθοδος κυρίων συνιστωσών (PC) μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας τις αρχικές τιμές των μεταβλητών (X_j 's) (όπου $j = 1, 2, 3, \dots, n$) ή την απόκλιση τους από τις μέσες τιμές τους $x_j = X_j - \bar{X}_j$, ή τις κανονικοποιημένες μεταβλητές $Z_j = \frac{x_j}{S_j}$ όπου το S_j είναι η τυπική απόκλιση (Harman 1976; Johnston 1978; Kim 1994; Koutsoyiannis 2001).

Στην ανάλυση μας, χρησιμοποιούνται ακατέργαστα δεδομένα X_j 's ($j = 1, 2, 3, \dots, N$). Το X_j εκφράζεται ως γραμμικός συνδυασμός της κύριας συνιστώσας ως

$X_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} P_i$ όπου $j = 1, 2, \dots, n$ και το P_i είναι η i -οστή κύρια συνιστώσα, το a_{ij} είναι ο συντελεστής επιβάρυνσης της j -οστής μεταβλητής της i -οστής κύριας συνιστώσας. Βασικά ο συντελεστής επιβάρυνσης είναι η j -οστή συνιστώσα του i -οστού φορέα $eigen$ του πίνακα συσχέτισης, πολλαπλασιασμένη με την τετραγωνική ρίζα της αντιστοιχούσας τιμής $eigen$. Οι βασικές συνιστώσες (Lohani 1984) δίνονται από την σχέση $P_i = \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} X_j}{\lambda_i}$. Όπου το λ_i είναι η τιμή $eigen$ που σχετίζεται με το P_i . Αφού παράγουμε τις βασικές συνιστώσες (PC's) ο NAQI υπολογίζεται από την σχέση :

$$NAQI = \frac{\sum_{i=1}^n P_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

Ο δείκτης NAQI είναι βασικά ένας δείκτης στρες αέρα χωρίς καθιερωμένα πρότυπα, δηλαδή δεν επιδεικνύει κάποια σχέση με την υγεία των ανθρώπων. Ως εκ τούτου, δεν είναι δυνατόν να χαρακτηρίσουμε την ποιότητα του αέρα που σχετίζεται με τις τιμές του NAQI και επίσης να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με την κατηγορία της ποιότητας του αέρα, όπως στην περίπτωση του AQI. Έχει όμως τα πλεονεκτήματα της αυτο-συνοχής, δεδομένου ότι συνδυάζει τα συνεργατικά αποτελέσματα του συνόλου των πέντε βασικών ρύπων. Ο NAQI είναι πολύ χρήσιμος για τον καθορισμό του καθεστώτος του αέρα με σχετικούς όρους. Ομοίως, από τη σύγκριση των τιμών NAQI, θα μπορούσε κανείς να αξιολογήσει την κατάσταση της ποιότητας του αέρα από τις διάφορες τοποθεσίες με σχετικούς όρους. Για παράδειγμα αν η αξία του NAQI έχει αυξηθεί σε μια δεδομένη θέση, αυτό θα σήμαινε την επιδείνωση της ποιότητας του αέρα και το αντίστροφο. Ο NAQI μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να διαπιστωθεί αν η ποιότητα του αέρα έχει επιδεινωθεί ή βελτιωθεί με την πάροδο των μηνών σε διαφορετικές εποχές.

➤ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΡΑQI (Pollution Air Quality Index)

Η μέθοδος δείκτη ρύπανσης εδώ μελετηθεί βασίζεται σε μια απλή ένδειξη της ποιότητας του αέρα σε αστικό περιβάλλον που είναι χρήσιμη για την επικοινωνία με τους πολίτες πληροφοριών για την κατάσταση της ποιότητας του αέρα σε μια αστική περιοχή. Ο δείκτης αυτός εκτιμά την ποιότητα του αέρα με τη βοήθεια μιας σειράς κρίσιμων ρύπων για τα αστικά περιβάλλοντα. Ο υπολογισμός του Δείκτη Ρύπανσης βασίζεται στην σταθμισμένη μέση τιμή των υπο-δεικτών των πιο κρίσιμων ρύπων. Εκφράζεται από έναν αριθμητικό δείκτη που κυμαίνεται από 1 έως 7, η υψηλότερη τιμή του δείκτη αντιστοιχεί σε υψηλότερη τιμή της ρύπανσης του περιβάλλοντος και ένα υψηλότερο κίνδυνο για την υγεία (G. Cannistraro and Ponterio 2009). Με τη συσχέτιση με τις οριακές τιμές των ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα, ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει την τάση της ποιότητας του αέρα μιας συγκεκριμένης αστικής ζώνης. Τα επτά επίπεδα του δείκτη εκφράζουν επίσης το βαθμό ικανοποίησης των ανθρώπων και το βαθμό προστασίας της ανθρώπινης υγείας (πίνακας).

Τιμές, δείκτες και κίνδυνοι για την υγεία

Αριθμητική Τιμή	Ένδειξη Ποιότητας	Αριθμητική Τιμή Δείκτη	Κίνδυνοι για την υγεία
0 ÷ 50	Βέλτιστη	1	Κανένας Κίνδυνος για τον πληθυσμό
51 ÷ 75	Καλή	2	
76 ÷ 100	Μέτρια	3	
101 ÷ 125	Υπό του μετρίου	4	Γενικά δεν υπάρχουν κίνδυνοι για τον πληθυσμό. Άτομα με άσθμα, χρόνια βρογχίτιδα ή καρδιοπάθεια μπορεί να εμφανίσουν κάποια ελαφριά συμπτώματα μόνο κατά την διάρκεια κάποιας έντονης φυσικής δραστηριότητας.
126 ÷ 150	Όχι και πολύ υγιεινός	5	Υπάρχουν κίνδυνοι για άτομα με καρδιακά προβλήματα, ηλικιωμένους και παιδιά.
151 ÷ 175	Ανθυγιεινός	6	Μεγάλο μέρος του πληθυσμού μπορεί να εμφανίσει έντονα συμπτώματα, τα οποία είναι όμως αναστρέψιμα. Οι πιο ασθενείς ομάδες μπορεί να εμφανίσουν εντονότερα συμπτώματα. Όλοι μπορεί να νιώσουν ελαφρώς κάποιες επιδράσεις στην υγεία τους. Υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος για τους ηλικιωμένους και τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα.
> 175	Πολύ Ανθυγιεινός	7	

Ο δείκτης υπολογίζεται από την εξίσωση: $I_{IQA} = \frac{I_1 + I_2}{2}$ όπου οι δύο υποδείκτες I_1 και I_2 υπολογίζονται και τους 2 πιο κρίσιμους ρυπαντές, οι οποίοι παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές.

Οι υποδείκτες για το NO_2 , PM_{10} , C_6H_6 υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$I_X = \frac{\overline{V_{max hX}}}{V_{rifX}} * 100, \text{ όπου } I_X = \text{ο δείκτης ποιότητας αέρα του } X \text{ ρύπου και}$$

$\overline{V_{max hX}}$ = η υψηλότερη μέση τιμή του ρύπου X κατά την διάρκεια μιας ώρας.

$\overline{V_{rifX}}$ = η οριακή τιμή του ρύπου X κατά την διάρκεια μια ώρας, για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Επίσης οι υποδείκτες για το O_3 και το CO υπολογίζονται από

$$\text{την εξίσωση } I_X = \frac{\overline{V_{max 8hX}}}{V_{rifX}} * 100, \text{ με } \overline{V_{max 8hX}} = \text{η υψηλότερη μέση τιμή του}$$

ρύπου X κατά την διάρκεια 8 ωρών. $\overline{V_{rifX}}$ = η οριακή τιμή του ρύπου X κατά την διάρκεια 8 ωρών.

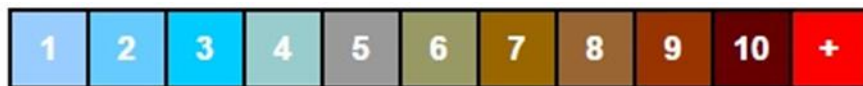
➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ – ΥΓΕΙΑΣ ΤΟΥ Καναδά AQHI (AIR QUALITY HEALTH INDEX)**

Βασίζεται στη σχέση των NO₂, O₃, PM_{2,5} με την θνησιμότητα. Παλαιότερα ο δείκτης περιείχε και τα CO και SO₂, αλλά αυτά τα δυο παρείχαν πολύ λίγες πληροφορίες στην πρόβλεψη των επιπτώσεων στην υγεία και αφαιρέθηκαν από την εξίσωση (Hong Chen and Ray Copes 2013).

Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιούνται μέσες 3ωρες συγκεντρώσεις των NO₂(ppb), O₃(ppb), PM_{2,5} (mg/m³). Υπολογίζονται οι μέσοι όροι σε κάθε σταθμό (3 τιμές ανά σταθμό) και με βάση την ακόλουθη σχέση παράγεται ο δείκτης.

$$AQHI = \left(\frac{1000}{10.4}\right) \times [(e^{0.000537 \times O_3} - 1) + (e^{0.000871 \times NO_2} - 1) + (e^{0.000487 \times PM_{2.5}} - 1)]$$

Η κλίμακα του δείκτη AQHI καθώς και οι αντιστοιχίες και προτάσεις προς τους πολίτες φαίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.



Risk: Low (1-3) Moderate (4-6) High (7-10) Very high (above 10)

Ρίσκο για την Υγεία	AQHI	Μηνύματα Υγείας	
		Ευπαθείς Ομάδες	Γενικός Πληθυσμός
Χαμηλό	1-3	Ενασχόληση με εξωτερικές δραστηριότητες	Ιδανικός Αέρας για εξωτερικές δραστηριότητες
Μέτριο	4-6	Σκεφτείτε να μειώστε ή να αναπρογραμματίστε τις εξωτερικές σας δραστηριότητες εάν έχετε συμπτώματα.	Δεν χρειάζεται να αναπρογραμματίστε τις εξωτερικές σας δραστηριότητες εάν δεν έχετε συμπτώματα όπως βήχας ή ερεθισμό στο λαιμό.
Υψηλό	7-10	Μειώστε ή να αναπρογραμματίστε τις εξωτερικές σας δραστηριότητες. Τα παιδιά και οι γηραιότεροι πρέπει να προσέχουν.	Σκεφτείτε να μειώστε ή να αναπρογραμματίστε τις εξωτερικές σας δραστηριότητες εάν έχετε συμπτώματα.
Πολύ Υψηλό	>10	Αποφύγετε τις εξωτερικές σας δραστηριότητες. Τα παιδιά και οι γηραιότεροι επίσης πρέπει επίσης να αποφύγουν όποιες επίπονες εξωτερικές δραστηριότητες.	Μειώστε ή να αναπρογραμματίστε τις όποιες κουραστικές εξωτερικές σας δραστηριότητες, ιδιαίτερα αν έχετε βήχα ή ερεθισμό στον λαιμό.

Μάλιστα στην Αλμπέρτα, υπάρχει μια πιο ακριβής έκδοση του AQHI, λόγω των πολύ εύκολα μεταβαλλόμενων συνθηκών εκεί. Κανονικά χρησιμοποιείται ο κλασικός AQHI όμως αν η ωριαία συγκέντρωση ενός ρύπου υπερβεί το όριο τότε η τιμή του AQHI αλλάζει σε υψηλού ή πολύ υψηλού κινδύνου. Αυτό μπορεί να συμβεί αν έχουμε κάποια από τις ακόλουθες υπερβάσεις.

- 80 mg/m³ για το PM_{2,5}
- 82 ppb για το O₃
- 159 ppb για το NO₂
- 172 ppb για το SO₂
- 13 ppm για το CO
- 1 ppm για το H₂S και το TRS (total reduced sulphur)

Επίσης ειδοποιείται η κοινωνία όταν το επίπεδο κάποιων συγκεκριμένων ρύπων βρίσκεται υψηλότερα από κάποια διευκρινισμένα επίπεδα οσμής και ορατότητας παρόλο που ο AQHI βρίσκεται σε χαμηλή ή μέτρια τιμή. Αυτό συμβαίνει για τις παρακάτω υπερβάσεις,

- 25 mg/m³ για το PM_{2,5} (βασισμένο στην ορατότητα)
- 100 ppb για το SO₂ (βασισμένο στην οσμή)
- 10 ppb για το H₂S και το TRS (βασισμένο στην οσμή)

(Environment_and_Climate_Change_Canada 2015)

➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ – ΥΓΕΙΑΣ ΤΟΥ HONG KONG AQHI (AIR QUALITY HEALTH INDEX)**

Ο υπολογισμός του βασίζεται στις μέσες 3ωρες συγκεντρώσεις των NO₂, O₃, SO₂ και των αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{2,5} και PM₁₀). Είναι ουσιαστικά το άθροισμα των ποσοστών των ρίσκων υγείας των καθημερινών προσαγωγών στα νοσοκομεία, εφαρμοσμένο στους 3ωρους μέσους όρους των παραπάνω ρυπαντών (Wong TW, Tam WWS et al. 2012).

Ο δείκτης υπολογίζεται από την σχέση:

$$\%AR = \%AR (NO_2) + \%AR (SO_2) + \%AR (O_3) + \%AR (PM_{10} \text{ ή } PM_{2,5} \text{ όποιο είναι υψηλότερο})$$

και στο διπλανό σχήμα φαίνονται οι διαβαθμίσεις του καθώς και η πρόσθετη επιβάρυνση στην υγεία.

Όπου:

$$\%AR (PM) = \%AR (RSP) \text{ or } \%AR (FSP)$$

$$\%AR(NO_2) = [\exp (\beta(NO_2) \times C(NO_2)) - 1] \times 100\%$$

$$\%AR(SO_2) = [\exp (\beta(SO_2) \times C(SO_2)) - 1] \times 100\%$$

$$\%AR(O_3) = [\exp (\beta(O_3) \times C(O_3)) - 1] \times 100\%$$

$$\%AR(RSP) = [\exp (\beta(RSP) \times C(RSP)) - 1] \times 100\%$$

$$\%AR(FSP) = [\exp (\beta(FSP) \times C(FSP)) - 1] \times 100\%$$

Και $C(NO_2)$, $C(SO_2)$, $C(O_3)$, $C(RSP)$ and $C(FSP)$ είναι οι 3ωροι κινούμενοι μέσοι όροι των ρυπαντών σε $\mu g/m^3$.






$\beta(NO_2)$, $\beta(SO_2)$, $\beta(O_3)$, $\beta(RSP)$, $\beta(FSP)$ είναι οι παράγοντες ρίσκου υγείας ή πιο απλά οι συντελεστές παλινδρόμησης

$$\beta(NO_2) = 0.0004462559$$

$$\beta(SO_2) = 0.0001393235$$

$$\beta(O_3) = 0.0005116328$$

$$\beta(RSP) = 0.0002821751$$

Health Risk Category	The label	AQHI	Added Health Risk (%AR)
Low		1	0 - 1.88
		2	>1.88 - 3.76
		3	>3.76 - 5.64
Moderate		4	>5.64 - 7.52
		5	>7.52 - 9.41
		6	>9.41 - 11.29
High		7	>11.29 - 12.91
Very High		8	>12.91 - 15.07
		9	>15.07 - 17.22
		10	>17.22 - 19.37
Serious		10+	>19.37

$\beta(\text{FSP}) = 0.0002180567$

Τελικά ο AQHI παράγεται από την παραπάνω κλίμακα ανάλογα με το ποσοστό που υπολογίζεται. Οπότε δίνονται και οι ακόλουθες οδηγίες για τους πολίτες.

Ρίσκο για την Υγεία	AQHI	Αντιμετώπιση
Χαμηλό	1-3	Μπορείτε να συνεχίσετε τις συνηθισμένες σας δραστηριότητες.
Μέτριο	4-6	
Υψηλό	7	Οι ευπαθείς ομάδες (ηλικιωμένοι, παιδιά, άνθρωποι με αναπνευστικά προβλήματα) πρέπει να μειώσουν τις όποιες απαιτητικές εξωτερικές δραστηριότητές τους.
Πολύ Υψηλό	8-10	Το ευρύ κοινό πρέπει να μειώσει τις όποιες απαιτητικές εξωτερικές δραστηριότητές του.
Κρίσιμο-Σοβαρό	>10	

(Hong_Kong_Enviromental_Protection_Department 2016)

➤ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΙΝΔΙΑΣ IND-AQI

Ο IND-AQI είναι ο μέγιστος από τους επιμέρους παράγοντες I που υπολογίζονται για κάθε ρυπαντή $AQI = \text{Max}(I_1, I_2, I_3, \dots, I_n)$. Όπου για το i χρησιμοποιείται ο ίδιος τύπος με τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Για κάθε επιμέρους ρύπο υπολογίζεται ο δείκτης του με την σχέση:

$$I_i = \left\{ \left[\frac{(I_{HI} - I_{LO})}{(B_{HI} - B_{LO})} \right] * (C_p - B_{LO}) \right\} + I_{LO}$$

Όπου:

B_{HI} = Breakpoint συγκέντρωση μεγαλύτερη ή ίση της δοσμένης συγκέντρωσης

B_{LO} = Breakpoint συγκέντρωση μικρότερη ή ίση της δοσμένης συγκέντρωσης.

I_{HI} = Η τιμή του AQI που αντιστοιχεί στο B_{HI}

I_{LO} = Η τιμή του AQI που αντιστοιχεί στο B_{LO}

C_p = Συγκέντρωση του ρύπου

Οι πίνακες που ακολουθούν περιέχουν τιμές και πιθανές επιδράσεις.

AQI Category, Pollutants and Health Breakpoints

AQI Category (Range)	PM ₁₀ (24hr)	PM _{2.5} (24hr)	NO ₂ (24hr)	O ₃ (8hr)	CO (8hr)	SO ₂ (24hr)	NH ₃ (24hr)	Pb (24hr)
Good (0-50)	0-50	0-30	0-40	0-50	0-1.0	0-40	0-200	0-0.5
Satisfactory (51-100)	51-100	31-60	41-80	51-100	1.1-2.0	41-80	201-400	0.5-1.0
Moderately polluted (101-200)	101-250	61-90	81-180	101-168	2.1-10	81-380	401-800	1.1-2.0
Poor (201-300)	251-350	91-120	181-280	169-208	10-17	381-800	801-1200	2.1-3.0
Very poor (301-400)	351-430	121-250	281-400	209-748	17-34	801-1600	1200-1800	3.1-3.5
Severe (401-500)	430+	250+	400+	748+	34+	1600+	1800+	3.5+

AQI	Επιδράσεις στην Υγεία
Good (0-50)	Ελάχιστη επίδραση
Satisfactory (51-100)	Μπορεί να προκληθεί μια μικρή δυσφορία σε ευαίσθητα άτομα
Moderately polluted (101-200)	Μπορεί να προκληθεί μια μικρή αναπνευστική δυσφορία σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα, καρδιακές παθήσεις καθώς επίσης σε παιδιά και ηλικιωμένους.
Poor (201-300)	Μπορεί να προκληθεί αναπνευστική δυσφορία όλα τα άτομα μετά από μεγάλη χρονικά έκθεση. Η επίδραση θα είναι πολύ πιο έντονη σε άτομα με παθήσεις των πνευμόνων ή της καρδιάς.
Very poor (301-400)	Μπορεί να προκληθούν αναπνευστικές παθήσεις στα άτομα μετά από μεγάλη χρονικά έκθεση.
Severe (401-500)	Μπορεί να προκληθούν αναπνευστικές παθήσεις ακόμα και στα υγιή άτομα και σοβαρές επιπλοκές σε ευαίσθητα άτομα. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να εμφανισθούν ακόμα και κατά την διάρκεια απλών καθημερινών δραστηριοτήτων.

(IIT_Kapnur 2015)

➤ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ PSI ΣΙΝΓΚΑΠΟΥΡΗ

Βασίζεται στις συγκεντρώσεις 6 ρυπαντών CO, NO₂, O₃, SO₂ και αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2,5} και PM₁₀. Και εδώ χρησιμοποιείται η μέθοδος του μεγίστου εκ των επιμέρους δεικτών που υπολογίζονται για τον κάθε ρυπαντή. Οι τιμές των σημείων μεταβολής φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Index Category	PSI	24-hr PM _{2.5} (μg/m ³)	24-hr PM ₁₀ (μg/m ³)	24-hr SO ₂ (μg/m ³)	8-hr CO (mg/m ³)	8-hr O ₃ (μg/m ³)	1-hr NO ₂ (μg/m ³) ^Δ
Good	0 – 50	0 – 12	0 – 50	0 – 80	0 – 5.0	0 – 118	-
Moderate	51 – 100	13 – 55	51 – 150	81 – 365	5.1 – 10.0	119 – 157	-
Unhealthy	101 – 200	56 – 150	151 – 350	366 – 800	10.1 – 17.0	158 – 235	1130
Very Unhealthy	201 – 300	151 – 250	351 – 420	801 – 1600	17.1 – 34.0	236 – 785*	1131 – 2260
Hazardous	301 – 400	251 – 350	421 – 500	1601 – 2100	34.1 – 46.0	786 – 980*	2261 – 3000
	401 – 500	351 – 500	501 – 600	2101 – 2620	46.1 – 57.5	981 – 1180*	3001 – 3750

Πρέπει να σημειωθεί ότι όταν η μέση τιμή 8ώρου του O₃ ξεπεράσει τα 785μg/m³, ο PSI του υπολογίζεται από την ωριαία συγκέντρωσή του. Επίσης ο δείκτης του NO₂ λαμβάνεται υπόψη μόνο όταν η μέση ωριαία τιμή του ξεπεράσει τα 1130μg/m³.

Η χρησιμοποιούμενη εξίσωση είναι:

$$I_i = \frac{I_{i,j+1} - I_{i,j}}{X_{i,j+1} - X_{i,j}} (X_i - X_{i,j}) + I_{i,j}$$

for $X_{i,j} \leq X_i \leq X_{i,j+1}$

Όπου:

X_i = η παρατηρούμενη συγκέντρωση του i ρυπαντή

$I_{i,j}$ = Η τιμή PSI του i ρυπαντή και το j σημείο μεταβολής του πίνακα.

$I_{i,j+1}$ = Η τιμή PSI του i ρυπαντή και το $j+1$ σημείο μεταβολής του πίνακα

$X_{i,j}$ = Η συγκέντρωση του i ρυπαντή και του j σημείου μεταβολής όπως δίνεται στον πίνακα.

$X_{i,j+1}$ = Η συγκέντρωση του i ρυπαντή και του $j+1$ σημείου μεταβολής όπως δίνεται στον πίνακα.

Τελικά ο PSI υπολογίζεται από την σχέση: **PSI = Max (I1, I2, I3, I4, I5, I6).**

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται οι συστάσεις προς το κοινό, ανάλογα με την τιμή του δείκτη PSI.

24h PSI	Υγιή άτομα	Ηλικιωμένοι, παιδιά, γυναίκες σε εγκυμοσύνη	Άτομα με χρόνιες παθήσεις στους πνεύμονες ή την καρδιά.
≤ 100 Καλή/Μέτρια	Κανονικές δραστηριότητες	Κανονικές δραστηριότητες	Κανονικές δραστηριότητες
101 – 200 Ανθυγιεινή	Μείωση των πολύωρων και επίπονων δραστηριοτήτων	Ελαχιστοποίηση των πολύωρων και επίπονων δραστηριοτήτων	Αποφυγή των πολύωρων και επίπονων δραστηριοτήτων
201 – 300 Πολύ Ανθυγιεινή	Αποφυγή των πολύωρων και επίπονων δραστηριοτήτων	Ελαχιστοποίηση όλων των εξωτερικών δραστηριοτήτων	Αποφυγή όλων των εξωτερικών δραστηριοτήτων
> 300 Επικίνδυνη	Ελαχιστοποίηση όλων των εξωτερικών δραστηριοτήτων	Αποφυγή όλων των εξωτερικών δραστηριοτήτων	Αποφυγή όλων των εξωτερικών δραστηριοτήτων

➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ CAI ΝΟΤΙΑ ΚΟΡΕΑ**



Ο δείκτης που χρησιμοποιείται στην Νότια Κορέα είναι και πάλι ο μέγιστος εκ των επιμέρους δεικτών που υπολογίζονται από την σχέση γραμμικής παρεμβολής:

$$I_P = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} \times (C_P - BP_{LO}) + I_{LO}$$

Σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα τιμών-ορίων.

Κατηγορία	Α		Β		C		D		E		F	
Περιγραφή	Καλή		Μέτρια		Ανθυγιεινή για ευαίσθητες ομάδες		Ανθυγιεινή		Πολύ ανθυγιεινή		Επικίνδυνη	
Τιμή I_{Lo}	0		51		101		151		251		351	
Τιμή I_{Hi}	50		100		150		250		350		500	
Συγκέντρωση	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}	BP _{Lo}	BP _{Hi}
SO ₂ (ppm) 1hr	0	0.020	0.021	0.050	0.051	0.100	0.101	0.150	0.151	0.400	0.401	1
NO ₂ (ppm) 1hr	0	0.030	0.031	0.060	0.061	0.150	0.151	0.200	0.201	0.600	0.601	2
CO (ppm) 1hr	0	2.00	2.01	9.00	9.01	12.00	12.01	15.00	15.01	30.00	30.01	50
O ₃ (ppm) 1hr	0	0.040	0.041	0.080	0.081	0.120	0.121	0.300	0.301	0.500	0.501	0.600
PM10(μg/m ³) 24hr	0	30	31	80	81	120	121	200	201	300	301	600

Οι χρωματικοί κώδικες και οι επεξηγήσεις για την υγεία έχουν ως ακολούθως.

Κατηγορία	Περιγραφή	Επιπτώσεις
	Καλή	Ένα επίπεδο που δεν θα επηρεάσει όσους πάσχουν από ασθένειες που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση.
	Μέτρια	Ένα επίπεδο που μπορεί να έχει ένα μικρό αντίκτυπο στους ασθενείς, σε περίπτωση χρόνιας έκθεσης.
	Ανθυγιεινή για τις ευαίσθητες ομάδες	Ένα επίπεδο που μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις για τους ασθενείς και τις ευπαθείς ομάδες.
	Ανθυγιεινή	Ένα επίπεδο που μπορεί να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις για τους ασθενείς και τις ευπαθείς ομάδες (παιδιά, ηλικίας ή αδύναμα άτομα), και επίσης να προκαλέσει στο ευρύ κοινό δυσάρεστα συναισθήματα.
	Πολύ ανθυγιεινή	Ένα επίπεδο που μπορεί να έχει σοβαρό αντίκτυπο στους ασθενείς και τα μέλη των ευπαθών ομάδων σε περιπτώσεις οξείας έκθεσης.
	Επικίνδυνη	Ένα επίπεδο που μπορεί να χρειαστεί να παρθούν επείγοντα μέτρα για τους ασθενείς και τα μέλη των ευπαθών ομάδων και να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις για το ευρύ κοινό.

<http://eng.airkorea.or.kr/cai/main.jsp>

➤ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ AQI ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Δίνεται για κάθε ρύπο από την σχέση:

$$AQI_{\text{ρύπου}} = \frac{\text{Μετρούμενη Συγκέντρωση}}{\text{Πρότυπη τιμή συγκέντρωσης}} * 100$$

Ο μέγιστος AQI θεωρείται και ο AQI του σημείου των μετρήσεων. Ο AQI της ευρύτερης περιοχής είναι ο μέγιστος εκ των επιμέρους σημειακών δεικτών. Οι πρότυπες τιμές που χρησιμοποιούνται για τους ρύπους, καθώς και οι μονάδες στις οποίες είναι εκφρασμένες, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Standards/goals for AQI			
Pollutant	Averaging period	Maximum concentration	Goal (maximum allowable exceedences)
Carbon monoxide	8 hours	9.0 ppm	1 day a year
Nitrogen dioxide	1 hour 1 year	0.12 ppm 0.03 ppm	1 day a year none
Ozone	1 hour 4 hours	0.10 ppm 0.08 ppm	1 day a year 1 day a year
Sulfur dioxide	1 hour 1 day 1 year	0.20 ppm 0.08 ppm 0.02 ppm	1 day a year 1 day a year None
PM ₁₀	1 day	50 µg/m ³	5 days a year
Visibility (as B _{sp})	1 hour	2.1 10 ⁻⁴ m ⁻¹	Not applicable
PM _{2.5}	1 day 1 year	25 µg/m ³ 8 µg/m ³	Goal is to gather sufficient data nationally to facilitate a review of the standards for PM _{2.5} .

Note:
 ppm = parts per million by volume, i.e. parts of pollutant per million parts of air
 PM₁₀ = particles less than 10 micrometers in diameter
 PM_{2.5} = particles less than 2.5 micrometers in diameter
 µg/m³ = micrograms per cubic metre, i.e. mass of pollutant per volume of air
 B_{sp} = coefficient of light scattering due to particles. The lower the B_{sp} value, the lower the level of suspended particles and the better the visibility. The NSW OEH visibility standard of 2.1 10⁻⁴ m⁻¹ corresponds to a visual distance of approximately 9 kilometres.

Η διαβάθμιση των τιμών του δείκτη σε συνδυασμό με τις οδηγίες-κατευθύνσεις που δίνονται στους πολίτες παρουσιάζονται ακολούθως.

AQI / Ποιότητα Αέρα	Οδηγίες προς τους πολίτες
0-33 Πολύ Καλή	Δεν απαιτείται κάποια ενέργεια
34-66 Καλή	Δεν απαιτείται κάποια ενέργεια
67-99 Μέτρια	Η ποιότητα του αέρα είναι αποδεκτή. Οι πολύ ευπαθείς ομάδες ίσως πρέπει να προσέξουν.
100-149 Φτωχή	Η ποιότητα του αέρα είναι ανθυγιεινή για τις ευπαθείς ομάδες όπως άτομα με καρδιοαναπνευστικά προβλήματα. Ο γενικός πληθυσμός δεν θα επηρεαστεί.
150-199 Πολύ φτωχή	Ο γενικός πληθυσμός ίσως και να νιώσει κάποιες ενοχλήσεις.
200+ Επικίνδυνη	Ο γενικός πληθυσμός θα νιώσει ενοχλήσεις.

➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ IQAr ΒΡΑΖΙΛΙΑ**

Η εξίσωση υπολογισμού του δείκτη είναι αυτή της γραμμικής παρεμβολής.

$$IQAr = IQA_{(initial)} + \frac{IQA_{final} - IQA_{initial}}{C_{final} - C_{initial}} * (C_{measured} - C_{initial})$$

Όπου

$IQA_{(initial)}$ = τιμή δείκτη που αντιστοιχεί στο κάτω όριο της περιοχής συγκέντρωσης

$IQA_{(final)}$ = τιμή δείκτη που αντιστοιχεί στο άνω όριο της περιοχής συγκέντρωσης

$C_{(initial)}$ = αρχική συγκέντρωση της περιοχής όπου είναι η μετρούμενη συγκέντρωση

$C_{(final)}$ = τελική συγκέντρωση της περιοχής όπου είναι η μετρούμενη συγκέντρωση

$C_{(measured)}$ = Η μετρούμενη συγκέντρωση

Η διάρθρωση των τιμών του δείκτη καθώς και οι οδηγίες προς το κοινό ανάλογα με την περίπτωση, φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Quality	Table Of Contents	MP ₁₀ (g / m ³) 24	MP _{2.5} (g / m ³) 24	The ₃ (g / m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (g / m ³) 1h	SO ₂ (g / m ³) 24
N1 - Good	0 - 40	0-50	0-25	0-100	0-9	0 - 200	0-20
N2 - Moderate	41-80	> 50-100	> 25 - 50	> 100-130	> 9 - 11	> 200-240	> 20 - 40
N3 Bad	81-120	> 100-150	> 50-75	> 130-160	> 11-13	> 240-320	> 40-365
N4 Very Bad	121-200	> 150-250	> 75-125	> 160-200	> 13-15	> 320 - 1130	> 365-800
N 5 Rubbish	> 200	> 250	> 125	> 200	> 15	> 1130	> 800

AQI / Ποιότητα Αέρα	ΟΔΗΓΙΕΣ
0-40 Πολύ Καλή	Δεν απαιτείται κάποια ενέργεια
41-80 Μέτρια	Οι ευαίσθητες ομάδες (παιδιά , ηλικιωμένοι και άτομα με αναπνευστικές και καρδιακές παθήσεις) μπορεί να εμφανίσουν συμπτώματα όπως ξηρός βήχας και κούραση . Ο γενικός πληθυσμός δεν επηρεάζεται.

81-120 Κακή	Όλοι οι άνθρωποι μπορεί να εμφανίσουν συμπτώματα όπως ξηρό βήχα , κόπωση , κάψιμο στα μάτια , τη μύτη και το λαιμό . Οι ευαίσθητες ομάδες (παιδιά , ηλικιωμένοι και άτομα με αναπνευστικές και καρδιακές παθήσεις) μπορεί να εμφανίσουν πιο σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία.
121-200 Πολύ κακή	Όλοι οι άνθρωποι μπορεί να εμφανίσουν επιδείνωση σε συμπτώματα όπως ξηρός βήχας , κόπωση , κάψιμο στα μάτια , τη μύτη και το λαιμό και ακόμη και δύσπνοια και συριγμό . Ακόμη πιο σοβαρές βλάβες στην υγεία των ευαίσθητων ομάδων (τα παιδιά , τους ηλικιωμένους και τα άτομα με αναπνευστικές και καρδιακές παθήσεις) .
200+ Επικίνδυνη	Το σύνολο του πληθυσμού βρίσκεται σε κίνδυνο να εκδηλώσει αναπνευστικές και καρδιαγγειακές ασθένειες. Αύξηση των πρόωρων θανάτων σε άτομα ευπαθών ομάδων.

(Portal_de_Governo 2016)

➤ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΟΛΛΑΝΔΙΑ

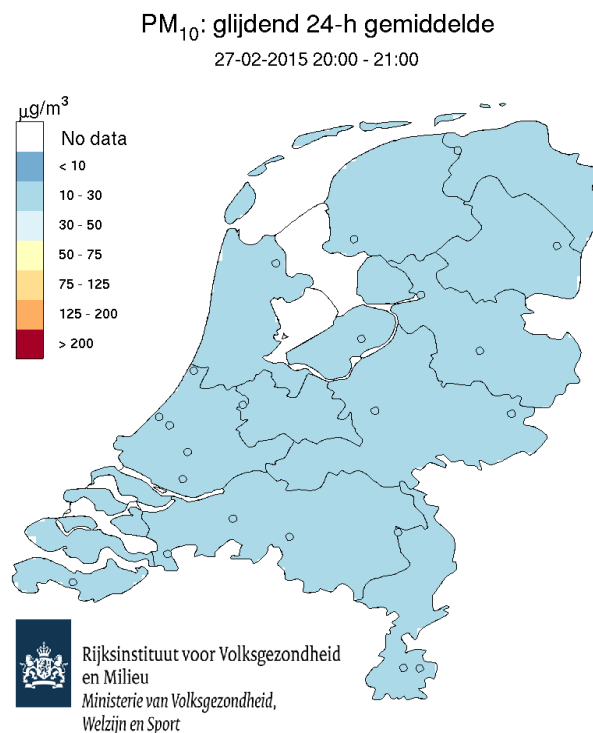
Οι ουσίες που περιλαμβάνονται στην εποπτεία της ποιότητας του αέρα της Ολλανδίας φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

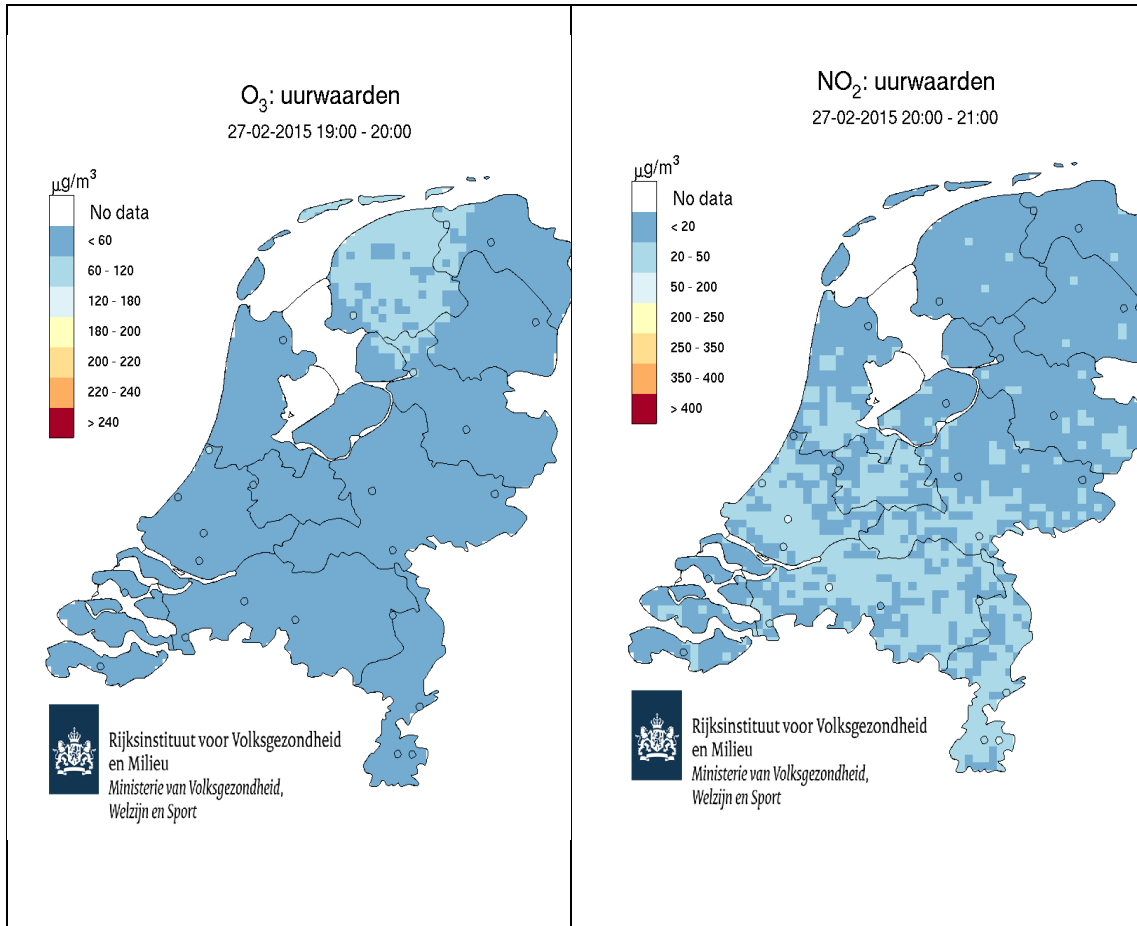
ΑΕΡΙΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	Μονοξείδιο του άνθρακα CO Όζον O ₃ Οξειδία του αζώτου (NO, NO ₂ , NO _x) Διοξείδιο του Θείου SO ₂ Αμμωνία NH ₃ BTX (βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο) Ισχυρά πτητικές οργανικές ενώσεις (ZVOC)
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΜΑΖΑ	Αιωρούμενα σωματίδια PM10 και PM2,5 Μαύρος καπνός Παράγοντες αύξησης της οξύτητας (νιτρικό και θειικό αμμώνιο) Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs)
ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗΣ	Μέταλλα (χαλκός, κάδμιο, ασβέστιο, μόλυβδος, αρσενικό, νικέλιο, χρώμιο, ψευδάργυρος) Έμμονα οργανικά συστατικά Διάφορα συστατικά αύξησης της οξύτητας

Το 60% των μετρήσεων βασίζεται σε αυτόματους αναλυτές που μετρούν O₃, οξειδία του αζώτου(NO, NO₂, NO_x), SO₂, PM, CO, NH₃. Για τις περισσότερες από τις λοιπές ενώσεις προηγείται εργαστηριακή ανάλυση των φίλτρων των οργάνων.

Η γραφική παρουσίαση της ποιότητας του αέρα αφορά το όζον το NO₂ και τα PM₁₀ με χρωματική κλίμακα προσαρμοσμένη στις

συγκεντρώσεις του καθενός, όπως φαίνεται στα σχήματα που ακολουθούν.





Επίσης ο πολίτης μπορεί να ενημερωθεί για τις τιμές των διαφόρων ρύπων που επικρατούν στους σταθμούς μέτρησης.

statnr	Organic	Regional background stations	PM10 *	PM2.5 *	NO2	NE	O3	NH3	CO	SO2
NL10107	RIVM	Posterholts-Vlodropweg			23	2	46			
NL10131	RIVM	Vredepeel-Vredeweg	16	4	21	1	46	9		
NL10133	RIVM	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	15		25	0	39			1
NL10230	RIVM	Colostrum Houtakker-Biestsestraat	20	7	20	1	48			
NL10235	RIVM	Huijbergen-Vennekenstraat	19		22	0	31			
NL10243	RIVM	The Rips Blister Peelweg	12					7		
NL10244	RIVM	The Rips-Klotterpeellaan	15					3		
NL10246	RIVM	Fijnaart-Zwin Gels Paans Dijk	18		29	0				
NL10301	RIVM	Zierikzee-Long Slikweg			10	0	54			
NL10318	RIVM	Philippine-Stelleweg	24		14	0	37			0
NL10437	RIVM	Westmaas-Groeneweg	20		22	0	45			
NL10444	RIVM	Budva-Vogelaar Recherche	21	5	8	0	66	.		1
NL10538	RIVM	Wieringerwerf-Medemblickerweg	16	5	14	0	49	1		
NL10631	RIVM	Biddinghuizen-Hoekwantweg	17		11	0	.			
NL10633	RIVM	Zegveld-Old Meije	20		15	0	37	1	280	
NL10644	RIVM	Polsbroek-Wielsekade	21	4	24	1	38		258	0

Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο το οποίο λαμβάνει υπόψη του και τις εκπομπές των αυτοκινητόδρομων και την συνεισφορά αυτών στην ποιότητα του αέρα.

(National_Institutue_for_Public_Health_and_Enviroment 2016)

➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ DAQI(Daily Air Quality Index) ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ**

Η διάρθρωση του δείκτη που χρησιμοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Ο τελικός δείκτης είναι ο μεγαλύτερος εκ των επιμέρους δεικτών του κάθε ρύπου.

Band	Index	Ozone	Nitrogen Dioxide	Sulphur Dioxide	PM _{2.5} Particles (EU Reference Equivalent)	PM ₁₀ Particles (EU Reference Equivalent)
		Running 8 hourly mean	hourly mean	15 minute mean	24 hour mean	24 hour mean
		µgm ⁻³	µgm ⁻³	µgm ⁻³	µgm ⁻³	µgm ⁻³
Low	1	0-33	0-67	0-88	0-11	0-16
	2	34-66	68-134	89-177	12-23	17-33
	3	67-100	135-200	178-266	24-35	34-50
Moderate	4	101-120	201-267	267-354	36-41	51-58
	5	121-140	268-334	355-443	42-47	59-66
	6	141-160	335-400	444-532	48-53	67-75
High	7	161-187	401-467	533-710	54-58	76-83
	8	188-213	468-534	711-887	59-64	84-91
	9	214-240	535-600	888-1064	65-70	92-100
Very High	10	241 or more	601 or more	1065 or more	71 or more	101 or more

Οι μέσες ημερήσιες τιμές για τα PM10 και PM2.5 και μέσες 8ώρου για το O₃ σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να δοθούν στο κοινό πληροφορίες σχετικά με ένα απρόσμενο επεισόδιο ρύπανσης από τα δεδομένα των μετρήσεων μέχρι αυτό να είναι επαρκώς εδραιωμένο. Για να αντιμετωπιστεί αυτό χρησιμοποιούνται τιμές ενεργοποίησης (σκανδάλες – trigger values) συμπληρώνοντας τον DAQI. Αυτές οι τιμές προήλθαν από την COMEAP για να μπορεί να υπάρχει προειδοποίηση του κοινού για την έκθεσή του, καθώς αυτή θα λαμβάνει χώρα σε μέτρια, υψηλά ή πολύ υψηλά επίπεδα(Emily Connolly, Gary Fuller et al. 2013).

Οι συγκεντρώσεις “σκανδάλης” είναι ωριαίες μετρήσεις ρύπανσης που υποδεικνύουν ότι μια περίοδο μέτριας, υψηλής ή πολύ υψηλής ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορεί να λαμβάνει χώρα ή είναι πιθανό να συμβεί σύντομα. Αυτές οι τιμές προορίζονται για χρήση από οργανισμούς που ενημερώνουν το κοινό σε πραγματικό χρόνο. Οι τιμές ενεργοποίησης βασίζονται σε δύο διαδοχικές ωριαίες μέσες συγκεντρώσεις. Η πρώτη μέση ωριαία πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με

ένα όριο. Προς αποφυγή λανθασμένων ενεργοποιήσεων από βραχυπρόθεσμες ακραίες τιμές μέτρησης, η πρώτη σκανδάλη πρέπει να επιβεβαιωθεί από μια δεύτερη ωριαία τιμή. Ο σκοπός είναι η πρόβλεψη της έκθεσης σε μέτρια, υψηλή ή πολύ υψηλή ατμοσφαιρική ρύπανση πριν η μέση 8ωρη ή η μέση 24ωρη συγκέντρωση δείξει ότι αυτό έχει συμβεί. Για το λόγο αυτό οι τιμές-σκανδάλες ανιχνεύουν την προδιάθεση για αυξανόμενες συγκεντρώσεις, δηλαδή η δεύτερη ωριαία μέση συγκέντρωση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της πρώτης.

Ακολουθούν οι τιμές ενεργοποίησης-σκανδάλης.

Pollutant	Band	Trigger ($\mu\text{g m}^{-3}$)	GSS
Particulate Matter, PM_{10}	Moderate or above	68	0.533
	High or above	107	0.348
	Very high or above	177	0.188
Particulate Matter, $\text{PM}_{2.5}$	Moderate or above	50	0.591
	High or above	74	0.422
	Very high or above	101	0.260
Ozone, O_3	Moderate or above	105	0.791
	High or above	170	0.726
	Very high or above	Not determined	n/a

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι συμβουλές προς το κοινό ανάλογα με τον δείκτη της ποιότητας αέρα που επικρατεί σε μια περιοχή.

Daily Air Quality Index	Συμβουλές για τις ευπαθείς ομάδες	Συμβουλές για τον γενικό πληθυσμό
Χαμηλή 1-3	Απολαύστε τις συνήθεις εξωτερικές δραστηριότητες σας.	Απολαύστε τις συνήθεις εξωτερικές δραστηριότητες σας.
Μέτρια 4-6	Ενήλικες και παιδιά με προβλήματα των πνευμόνων, και ενήλικες με προβλήματα καρδιάς, που εμφανίζουν συμπτώματα, θα πρέπει να εξετάσουν τη μείωση της έντονης σωματικής δραστηριότητας ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους.	Απολαύστε τις συνήθεις εξωτερικές δραστηριότητες σας.

Υψηλή 7-9	Ενήλικες και παιδιά με προβλήματα των πνευμόνων, και ενήλικες με προβλήματα στην καρδιά, θα πρέπει να μειώσουν την έντονη σωματική άσκηση, ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους και ιδιαίτερα όταν εμφανίζουν συμπτώματα. Τα άτομα με άσθμα μπορούν να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν συσκευή εισπνοών ανακούφισης πιο συχνά. Οι ηλικιωμένοι θα πρέπει επίσης να μειώσουν τη σωματική άσκηση.	Οποιοσδήποτε αισθανθεί δυσφορία, όπως πόνο στα μάτια, βήχα ή πονόλαιμο θα πρέπει να εξετάσει τη μείωση των δραστηριοτήτων του, ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους.
Πολύ Υψηλή 10	Ενήλικες και παιδιά με προβλήματα των πνευμόνων, ενήλικες με προβλήματα στην καρδιά και οι ηλικιωμένοι, θα πρέπει να αποφεύγουν την έντονη σωματική δραστηριότητα. Τα άτομα με άσθμα μπορούν να χρειαστεί να χρησιμοποιήσουν συσκευή εισπνοών ανακούφισης πιο συχνά.	Μειώστε τη σωματική άσκηση, ιδιαίτερα σε εξωτερικούς χώρους, ειδικά αν έχετε συμπτώματα όπως βήχα ή πονόλαιμο.

(DEFRA 2013)

➤ Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΤΜΟ ΓΑΛΛΙΑ

Ο υπολογισμός του βασίζεται στις μετρήσεις τεσσάρων ρυπαντών, O₃, NO₂, SO₂ και PM. Οι τιμές των συγκεντρώσεων που ορίζουν την τιμή του δείκτη για καθέναν από τους ρυπαντές φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. Ο γενικός δείκτης είναι ο μέγιστος εκ των επιμέρους.

Επιμέρους Δείκτες	PM Μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις	NO ₂ Μέσοι όροι των μεγίστων ωριαίων συγκεντρώσεων στα διάφορα σημεία.	SO ₂	O ₃
1	0 - 6 µg/m ³	0 - 29 µg/m ³	0 - 39 µg/m ³	0 - 29 µg/m ³
2	7 - 13	30 - 54	40 - 79	30 - 54
3	14 - 20	55 - 84	80 - 119	55 - 79
4	21 - 27	85 - 109	120 - 159	80 - 104
5	28 - 34	110 - 134	160 - 199	105 - 129
6	35 - 41	135 - 164	200 - 249	130 - 149
7	42 - 49	165 - 199	250 - 299	150 - 179
8	50 - 64	200 - 274	300 - 399	180 - 209
9	65 - 79	275 - 399	400 - 599	250 - 359
10	80 και πάνω	400 και πάνω	500 και πάνω	240 και πάνω

Ο χαρακτηρισμός της ποιότητας του αέρα που αναλογεί στις διάφορες τιμές του δείκτη δίνεται από το σχήμα με τις χαρακτηριστικές καμηλοπαρδάλεις.



Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις συστάσεις που γίνονται προς το κοινό ανάλογα με την κατάσταση της ποιότητας του αέρα και το επίπεδο στο οποίο αυτή αντιστοιχεί.

Επίπεδο απλής πληροφόρησης και συστάσεων (για 2 σταθμούς με χρονικό βήμα μικρότερο των 3 ωρών) $O_3 \rightarrow 180 \mu g/m^3$ (ωριαίος μέσος) $NO_2 \rightarrow 200 \mu g/m^3$ (ωριαίος μέσος) $SO_2 \rightarrow 300 \mu g/m^3$ (ωριαίος μέσος) $PM \rightarrow 50 \mu g/m^3$ (μέση ημερήσια)	
Συστάσεις για την υγεία Αυτές αφορούν μόνο ευαίσθητα άτομα (ηλικιωμένους, μικρά παιδιά και τα άτομα με αναπνευστικές ή καρδιακές νόσους).	Αποφύγετε την έντονη σωματική δραστηριότητα ή την άθληση. Ελαφριές σωματικές δραστηριότητες και εξορμήσεις, όμως παραμένουν δυνατές. Διασφαλίστε την μη επιδείνωση των συνεπειών της ρύπανσης από άλλες ερεθιστικές ουσίες (χρήση διαλυτών χωρίς επαρκή προστασία, καπνού ...). Να σεβαστούν πλήρως ή να προσαρμοστούν με τη γνώμη του γιατρού για την ιατρική τους περίθαλψη όσο αφορά τα αναπνευστικά προβλήματα σε εξέλιξη ...
Συστάσεις Συμπεριφοράς Συνιστάται επίσης, στον γενικό πληθυσμό να υιοθετήσει συμπεριφορές για τον περιορισμό των	Αποφύγετε την χρήση του Ι.Χ. αυτοκινήτου σας. Αναβάλλετε τις μη επείγουσες μετακινήσεις για αργότερα. Χρησιμοποιείτε τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς Μειώστε την ταχύτητά σας κατά 20km/h στους δρόμους ταχείας κυκλοφορίας. Αναβάλλετε όποιες σπιτικές ή εξωτερικές εργασίες παράγουν υδρογονάνθρακες.

εκπομπών που προκαλούν ρύπανση.	Οι βιομηχανικοί ρυπαντές, εξασφαλίστε την εύρυθμη λειτουργία των συσκευών ελέγχου της σκόνης. Αποφύγετε την καύση ξύλου.
<p style="text-align: center;">Επίπεδο Συναγερμού</p> <p style="text-align: center;">(για 2 σταθμούς με χρονικό βήμα μικρότερο των 3 ωρών)</p> <p>1^ο κατώφλι O₃ → 240 μg/m³ (ωριαίος μέσος, που τον έχουμε υπερβεί για 3 συνεχόμενες ώρες)</p> <p>2^ο κατώφλι O₃ → 300 μg/m³ (ωριαίος μέσος, που τον έχουμε υπερβεί για 3 συνεχόμενες ώρες)</p> <p>3^ο κατώφλι O₃ → 360 μg/m³ (ωριαίος μέσος)</p> <p>NO₂ → 200 μg/m³ (ωριαίος μέσος, σε περίπτωση υπέρβασης του ορίου συγκέντρωσης την προηγούμενη ημέρα και αν υπάρχει κίνδυνος υπέρβασης του και την επόμενη μέρα) ή</p> <p>NO₂ → 400 μg/m³ (ωριαίος μέσος)</p> <p>SO₂ → 500 μg/m³ (ωριαίος μέσος, που τον έχουμε υπερβεί για 3 συνεχόμενες ώρες)</p> <p>PM → 80 μg/m³ (μέση ημερήσια)</p>	
<p>Συστάσεις για την υγεία</p> <p>Αυτό το όριο αφορά το σύνολο του πληθυσμού. Οι συστάσεις που δίνονται αφορούν αυξημένα μέτρα και έχουν σχεδιαστεί για να περιοριστεί η έκταση των επιπτώσεων στον πληθυσμό.</p>	<p>Οργανώστε τις δραστηριότητες του ελεύθερου σας χρόνου σε εσωτερικούς χώρους.</p> <p>Αποφύγετε τους περιπάτους, κρατήστε μόνο τα ουσιαστικά ταξίδια.</p>
<p>Συστάσεις Συμπεριφοράς</p> <p>Συνιστάται επίσης, η μείωση των δραστηριοτήτων, κινητών ή μη, ανάλογα με την προέλευση των εκπομπών</p>	<p>Περιορίστε την χρήση πετρελαιοκίνητων οχημάτων που δεν έχουν φίλτρα αιωρούμενων σωματιδίων.</p> <p>Περιορίστε τις οδικές σας μεταφορές.</p> <p>Περιορίστε συγκεκριμένες βιομηχανικές εκπομπές.</p> <p>Αποφύγετε την καύση ξύλου ή κάρβουνου.</p> <p>Περιορίστε τις ψυχαγωγικές δραστηριότητες που παράγουν σωματίδια (δημόσιες επιδείξεις μηχανοκίνητου αθλητισμού, πυροτεχνήματα ...)</p> <p>Περιορίστε την χρήση μη ηλεκτρικών εργαλείων.</p> <p>Αναφέρετε οποιαδήποτε αγροτική δραστηριότητα που περιλαμβάνει λιπάσματα.</p>

(ATMO_Franche_Comté 2016)

➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ IQA ΙΤΑΛΙΑ**

Πεδειμόντιο

Ο IQA εκφράζεται με αριθμητικό δείκτη που μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 7, όσο υψηλότερη είναι η τιμή, τόσο υψηλότερο είναι το επίπεδο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος για την υγεία. Ο υπολογισμός περιλαμβάνει κατ' αρχάς τον υπολογισμό των επιμέρους δεικτών για τους ρύπους που εποπτεύονται: το διοξείδιο του αζώτου NO₂, το όζον O₃, τα αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀.

Η τελική τιμή του δείκτη είναι η μέση τιμή των δύο υψηλότερων εκ των επιμέρους δεικτών. $I_{IQA} = \frac{I_1 + I_2}{2}$

Για τον υπολογισμό του επιμέρους δείκτη του NO₂, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$I_{NO_2} = \frac{\overline{V_{maxhNO_2}}}{V_{ref}} * 100 = \frac{\text{Μέγιστες Μέσες ωριαίες τιμές}}{\text{Τιμή αναφοράς } 200\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ ωριαίο όριο}}$$

Για τον υπολογισμό του επιμέρους δείκτη των PM₁₀, χρησιμοποιείται η

σχέση: $I_{PM_{10}} = \frac{\overline{V_{max24hPM_{10}}}}{V_{ref}} * 100 = \frac{\text{Μέγιστες Μέσες τιμές } 24\text{ώρου}}{\text{Τιμή αναφοράς } 50\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ ημερήσιο όριο}}$

Για τον υπολογισμό του επιμέρους δείκτη του O₃, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$I_{O_3} = \frac{\overline{V_{max8hO_3}}}{V_{ref}} * 100 = \frac{\text{Μέγιστες Μέσες τιμές } 8\text{ώρου}}{\text{Τιμή αναφοράς } 120\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ } 8\text{ωρο όριο}}$$

Οι τιμές του δείκτη σε συνδυασμό με τις συστάσεις προς τους πολίτες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Ποιότητα / IQA	Συστάσεις
Εξαιρετική 0-50	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται εξαιρετική.
Καλή 51-75	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται πολύ ικανοποιητική με κανένα κίνδυνο για το κοινό.
Πολύ καλή 76-100	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται πολύ ικανοποιητική με κανένα κίνδυνο για το κοινό.
Μέτρια 101-125	Ο πληθυσμός δεν είναι σε κίνδυνο. Τα άτομα με άσθμα, χρόνια ή με καρδιακές νόσους μπορεί να εμφανίσουν ήπια συμπτώματα μόνο κατά τη διάρκεια έντονης σωματικής δραστηριότητας. Αυτή η κατηγορία ατόμων θα πρέπει να περιορίσει την άσκηση σε εξωτερικούς χώρους,

	ειδικά το μεσημέρι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.
Λίγο ανθυγιεινή 126-150	Τα άτομα με καρδιακές επιπλοκές, οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά μπορεί να είναι σε κίνδυνο, προτείνουμε ότι αυτές οι κατηγορίες προσώπων να περιορίσουν την φυσική δραστηριότητα και την παρατεταμένη παραμονή στην ύπαιθρο, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του μεσημεριού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.
Ανθυγιεινή 151-175	Πολλοί άνθρωποι μπορεί να εμφανίσουν ήπια συμπτώματα καθώς και αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, τα οποία είναι αναστρέψιμα. Ως εκ τούτου, είναι σκόπιμο να περιοριστεί η παραμονή σε εξωτερικούς χώρους, ιδιαίτερα το μεσημέρι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα μέλη των ευπαθών ομάδων μπορεί να εμφανίσουν πιο σοβαρά συμπτώματα, είναι συνεπώς σκόπιμο να εκθέσουν τους εαυτούς τους όσο το δυνατόν λιγότερο σε εξωτερικούς χώρους.
Πολύ Ανθυγιεινή >175	Όλοι οι πολίτες μπορούν να έχουν ορισμένες ελαφρές επιπτώσεις στην υγεία. Οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα θα πρέπει να αποφεύγουν να πηγαίνουν έξω, ενώ άλλοι ειδικά τα παιδιά, θα πρέπει να αποφεύγουν τη σωματική δραστηριότητα και να περιορίζουν την παραμονή στην ύπαιθρο, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του μεσημεριού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.




(IQA_Italy 2016)

Βενέτο

Ο δείκτης της ποιότητας του αέρα βασίζεται στα PM10, το διοξείδιο του αζώτου και το όζον. Για καθένα από τους ρύπους υπολογίζεται ένας υποδείκτης: ο χειρότερος-υψηλότερος από τις τρεις υποδείκτες γίνεται η τιμή του δείκτη για την ποιότητα του αέρα. Η αριθμητική τιμή του δείκτη που υπολογίζεται αναλογεί σε πέντε κατηγορίες της ποιότητας του αέρα, όπως φαίνεται παρακάτω.

IQA	Χρωματισμός	Ποιότητα Αέρα	Πρακτική Ερμηνεία
≤ 50		Καλή	Δεν καταγράφηκαν υπερβάσεις για οποιονδήποτε από τους τρεις ρύπους οπότε δεν υπάρχουν προβλήματα που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα.
> 50 - ≤ 100		Αποδεκτή	Ειδικότερα, εάν η κατηγορία είναι καλή σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις όλων των

180

			τριών ρύπων είναι χαμηλότερες από το ήμισυ των σχετικών οριακών τιμών, δείχνοντας έτσι μια ιδιαίτερα ευνοϊκή κατάσταση της ποιότητας του αέρα.
> 100 - ≤ 150		Μέτρια	Οι χειρότερες συγκεντρώσεις ρύπων έχουν φτάσει μέχρι μιάμιση φορά την οριακή τιμή .
> 150 - ≤ 200		Φτωχή	Οι χειρότερες συγκεντρώσεις ρύπων έχουν φτάσει μέχρι δύο φορές την οριακή τιμή .
> 200		Κακή	Οι χειρότερες συγκεντρώσεις ρύπων έχουν ξεπεράσει το διπλάσιο της οριακής τιμής .

Ο δείκτης της ποιότητας του αέρα υπολογίζεται ως εξής:

$$IQA=[MAX (I_{PM10}, I_{NO2}, I_{O3})]$$

Κάθε μία από τους τρεις υποδείκτες υπολογίζεται ως εξής:

$$I_x = (dx / ix) * 100$$

όπου είναι ότι:

dx = η ημερήσια επικυρωμένη τιμή για καθέναν από τους ρύπους

Σχετικά με τους δείκτες του νόμου ελήφθησαν ως αναφορά τα εξής:

PM10 : ημερήσια οριακή τιμή (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

NO₂ : ωριαία οριακή τιμή (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

O₃ : μέγιστη τιμή του κινητού μέσου όρου 8 ωρών κατά τη διάρκεια της ημέρας (120 μg τιμή αναφοράς / m^3).

Οι υποδείκτες, οι οποίοι είναι αδιάστατοι, μπορούν στη συνέχεια να υπολογιστούν ως εξής:

$$I_{PM10} = (dx / 50) \times 100$$

$$I_{NO2} = (dx / 200) \times 100$$

$$I_{O3} = (dx / 120) \times 100$$

Ο μεγαλύτερος από τους τρεις, αποδίδεται στον δείκτη της ποιότητας του αέρα.

Μπαζιλικάτα

Ο Δείκτης Ποιότητας Αέρα υπολογίζεται μετά την επικύρωση των δεδομένων που έχουν καταγραφεί από την προηγούμενη ημέρα, με τον ακόλουθο τύπο:

$$IQA_i = \frac{C_i}{R_i} * 100$$

Όπου C_i είναι η συγκέντρωση ανιχνεύεται για τους ρύπους PM_{10} , NO_2 , O_3 στους διάφορους σταθμούς και R_i είναι οι τιμές αναφοράς. Τα όρια που χρησιμοποιούνται αναφέρονται στον πίνακα.

Ρύπος	Τύπος Ορίου	Όριο $\mu g/m^3$
PM_{10}	Όριο των 24 ωρών για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (που δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος)	50
NO_2	Ωριαία οριακή για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (που δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές ανά ημερολογιακό έτος)	200
O_3	Τιμή στόχος για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (που δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 ημέρες ανά ημερολογιακό έτος κατά μέσο όρο πάνω από τρία χρόνια)	120

Οι κατηγορίες του δείκτη καθώς και οι συστάσεις για το κοινό βρίσκονται στον ακόλουθο πίνακα.

IQA	Συστάσεις
Καλή 0-50	Η ποιότητα του αέρα είναι ικανοποιητική με λίγο ή καθόλου κίνδυνο για το κοινό.
Μέτρια 51-100	Η ποιότητα του αέρα θεωρείται αποδεκτή. Ωστόσο, μπορεί να υπάρχει μια μέτρια ανησυχία για την

	υγεία για έναν πολύ μικρό αριθμό ανθρώπων. Στην πραγματικότητα, εκείνοι που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στο όζον μπορεί να εμφανίσουν ήπια αναπνευστικά συμπτώματα
Ανθυγιεινή για τις ευαίσθητες ομάδες 101-150	Ο πληθυσμός δεν είναι σε κίνδυνο, αλλά ομάδες ευαίσθητα άτομα μπορεί να εμφανίσουν τις επιπτώσεις στην υγεία. Συγκεκριμένα, τα άτομα με άσθμα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από την έκθεση στο όζον, ενώ τα άτομα με καρδιακή νόσο διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια.
Ανθυγιεινή 151-200	Όλα τα άτομα μπορεί να αρχίσουν να βιώνουν τις επιπτώσεις στην υγεία τους. Μέλη των ευαίσθητων ομάδων μπορεί να διατρέξουν μείζονες κινδύνους για την υγεία.
Πολύ ανθυγιεινή 201-300	Κατάσταση συναγερμού: όλοι οι άνθρωποι θα μπορούσαν να είναι σε κίνδυνο.
Επικίνδυνη 301-500	Κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Υπάρχει υψηλή πιθανότητα το σύνολο του πληθυσμού να θέσει σε κίνδυνο την υγεία του.

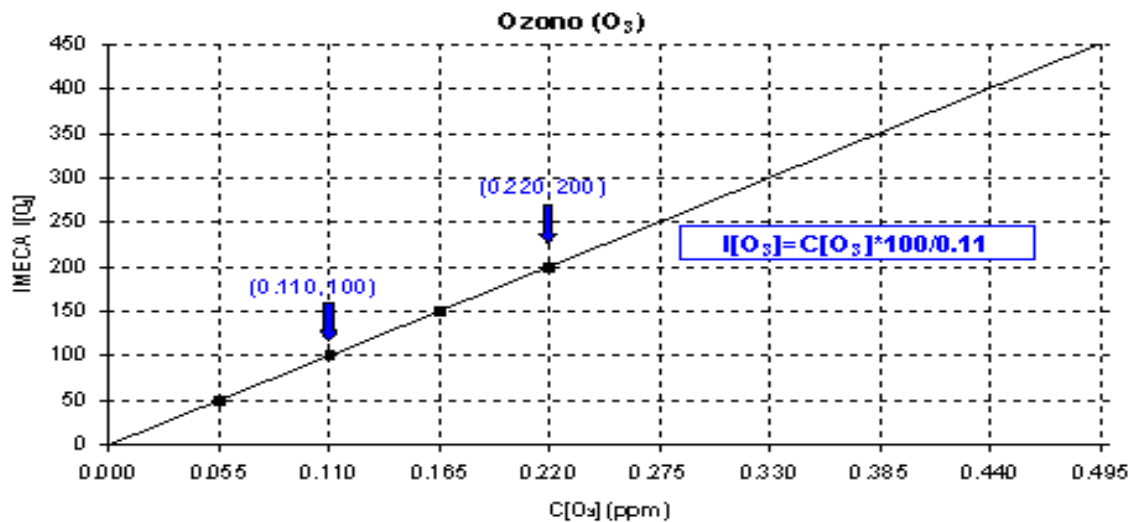
➤ **Ο ΔΕΙΚΤΗΣ IMECA ΚΟΙΛΑΔΑ ΜΕΞΙΚΟΥ**

Ο IMECA (Index Metropolitan Air Quality) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μετρήσεις από το Simat (Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México). Ο IMECA χρησιμοποιείται για να δείξει το επίπεδο της ρύπανσης και το επίπεδο του κινδύνου που αυτό αντιπροσωπεύει για την ανθρώπινη υγεία, στην ευρύτερη Πόλη του Μεξικού, αλλά και τις συνιστώμενες δράσεις για την προστασία του κοινού. Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις των χημικών ουσιών O₃, SO₂, NO₂, CO και τα σωματίδια κάτω από 10 μm (PM10).

Η διάρθρωση του δείκτη με τις μετατροπές των συγκεντρώσεων κάθε ρύπου σε μονάδες του δείκτη, φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

INTERVALOS (IMECA)	CONCENTRACIONES	ECUACIONES
Partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀)		
PM₁₀		
IMECA	μg/m ³	Ecuaciones
0-50	0-60	
51-100	61-120	$I[PM_{10}] = C[PM_{10}] * 5/6$
101-150	121-220	
151-200	221-320	$I[PM_{10}] = 40 + C[PM_{10}] * 0.5$
>200	>320	$I[PM_{10}] = C[PM_{10}] * 5/8$
Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5})		
PM_{2.5}		
IMECA	μg/m ³	Ecuaciones
0-50	0-15.4	$I[PM_{2.5}] = C[PM_{2.5}] * 50/15.4$
51-100	15.5-40.4	$I[PM_{2.5}] = 20.50 + C[PM_{2.5}] * 49/24.9$
101-150	40.5-65.4	$I[PM_{2.5}] = 21.30 + C[PM_{2.5}] * 49/24.9$
151-200	65.5-150.4	$I[PM_{2.5}] = 113.20 + C[PM_{2.5}] * 49/84.9$
>200	>150.4	$I[PM_{2.5}] = C[PM_{2.5}] * 201/150.5$
Ozono (O₃)		
O₃		
IMECA	ppm	Ecuaciones
0-50	0-0.055	
51-100	0.056-0.110	
101-150	0.111-0.165	$I[O_3] = C[O_3] * 100/0.11$
151-200	0.166-0.220	
>200	>0.220	
Διόξιο de Nitrógeno (NO₂)		
NO₂		
IMECA	ppm	Ecuaciones
0-50	0-0.105	$I[NO_2] = C[NO_2] * 50/0.105$
51-100	0.106-0.210	$I[NO_2] = 1.058 + C[NO_2] * 49/0.104$
101-150	0.211-0.315	$I[NO_2] = 1.587 + C[NO_2] * 49/0.104$
151-200	0.316-0.420	$I[NO_2] = 2.115 + C[NO_2] * 49/0.104$
>200	>0.420	$I[NO_2] = C[NO_2] * 201/0.421$
Διόξιο de Azufre (SO₂)		
SO₂		
IMECA	ppm	Ecuaciones
0-50	0-0.065	
51-100	0.066-0.130	
101-150	0.131-0.195	$I[SO_2] = C[SO_2] * 100/0.13$
151-200	0.196-0.260	
>200	>0.260	
Μονόξιο de Carbono (CO)		
CO		
IMECA	ppm	Ecuaciones
0-50	0-5.50	$I[CO] = C[CO] * 50/5.50$
51-100	5.51-11.00	$I[CO] = 1.82 + C[CO] * 49/5.49$
101-150	11.01-16.50	$I[CO] = 2.73 + C[CO] * 49/5.49$
151-200	16.51-22.00	$I[CO] = 3.64 + C[CO] * 49/5.49$
>200	>22.00	$I[CO] = C[CO] * 201/22.01$

Οι παραπάνω μετατροπές μπορούν να γίνουν κατανοητές με βάση το ακόλουθο σχήμα για το όζον και αφορούν την απλή γραμμική παλινδρόμηση.



Η εικόνα δείχνει τη μετατροπή της συγκέντρωσης του όζοντος σε IMECA, όπου το δεύτερο σημείο αντιστοιχεί στην επίσημη πρότυπη τιμή του Μεξικού για την Ποιότητα του Αέρα 0.110ppm και αντιστοιχείται σε δείκτη τιμής 100 και το τέταρτο σημείο 0.220ppm αντιστοιχεί σε δείκτη τιμής 200. Για την ενημέρωση του κοινού υπάρχουν οι ακόλουθες συμβουλές ανάλογα με την τιμή του δείκτη.

Κατάσταση IMECA	Μήνυμα	Επεξήγηση	Προτεινόμενες ενέργειες
Καλή 0-50	Κανένας κίνδυνος	Η ποιότητα του αέρα είναι ικανοποιητική και δεν υπάρχει κίνδυνος για την υγεία.	Μπορείτε να κάνετε οποιαδήποτε υπαίθρια δραστηριότητα.
Μέτρια 51-100	Αποδεκτή κατάσταση	Η ποιότητα του αέρα είναι αποδεκτή, ωστόσο, για ορισμένες ουσίες, τα άτομα που είναι ασυνήθιστα ευαίσθητα, μπορεί να εμφανίσουν μέτρια συμπτώματα.	Τα άτομα που είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στη ρύπανση θα πρέπει να εξετάσουν το ενδεχόμενο του περιορισμού όποιας παρατεταμένης υπαίθριας άσκησης.
Κακή 101-150	Επιβλαβής για την υγεία ευπαθών ομάδων	Όσοι ανήκουν σε ευαίσθητες ομάδες μπορεί να βιώσουν κάποιες επιπτώσεις στην υγεία. Το ευρύ	Τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, τα άτομα που εκτελούν έντονες σωματικές δραστηριότητες ή πάσχουν από

		κοινό δεν επηρεάζεται.	αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις, θα πρέπει να περιορίσουν την παρατεταμένη υπαίθρια άσκηση.
Πολύ Κακή 151-200	Επιβλαβής για την υγεία	Ο καθένας μπορεί να βιώσει τις επιπτώσεις στην υγεία. Τα άτομα που ανήκουν σε ευαίσθητες ομάδες μπορεί να εμφανίσουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία τους.	Τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, τα άτομα που εκτελούν έντονες σωματικές δραστηριότητες ή πάσχουν από αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις, θα πρέπει να περιορίσουν την παρατεταμένη υπαίθρια άσκηση. Το ευρύ κοινό θα πρέπει επίσης να περιορίσει την παρατεταμένη υπαίθρια άσκηση.
Υπερβολικά Κακή >200	Πολύ επιβλαβής για την υγεία	Αντιπροσωπεύει μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Το σύνολο του πληθυσμού είναι πιθανό να επηρεαστεί.	Το σύνολο του πληθυσμού θα πρέπει να αναστείλει την υπαίθρια άσκηση.

(CDMX_Mexico 2016)

➤ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗΝ ΡΩΣΣΙΑ

Τα επιτρεπόμενα όρια στην Ρωσία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

MPC → Μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση του ρύπου στην ατμόσφαιρα - η συγκέντρωση ώστε να μην υπάρχουν δια βίου άμεσες ή έμμεσες δυσμενείς επιπτώσεις για τις παρούσες και τις μελλοντικές γενιές, ώστε να μην μειωθεί ανθρώπινη απόδοση και να μην επιδεινωθεί η υγεία και υγιεινές συνθήκες διαβίωσης. Οι τιμές MPC δίνονται σε mg/m^3 .

MPC_{MP} → Η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας στον αέρα για κατοικημένες περιοχές, σε mg/m^3 . Αυτή η συγκέντρωση δεν πρέπει να

προκαλεί αντανακλαστικές αντιδράσεις στους ανθρώπους όταν την εισπνεύσουν για 20-30 λεπτά.

MPC_{SS} → Μέγιστη μέση ημερήσια συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας στον αέρα για κατοικημένες περιοχές, σε mg/m³. Αυτή η συγκέντρωση δεν θα πρέπει να επηρεάσει ένα άτομο με άμεσες ή έμμεσες επιβλαβείς επιδράσεις επ' αόριστον (για πολλά έτη).

Ανάπτυξη των τιμών MPC βασίζεται στον περιορισμό των κινδύνων για την υγεία. Περιορισμός (καθορισμός) του δείκτη επικινδυνότητας που χαρακτηρίζει τον προσανατολισμό της βιολογικής δράσης μιας ουσίας:

Αντανακλαστικά (Reflex) → Σημαίνει ανταπόκριση των υποδοχέων της ανώτερης αναπνευστικής οδού - αίσθηση της όσφρησης, ερεθισμό των βλεννογόνων, κράτημα της αναπνοής κ.λπ. Τα φαινόμενα αυτά εμφανίζονται με βραχυπρόθεσμη έκθεση σε επιβλαβείς ουσίες, έτσι ώστε η αντανακλαστική ενέργεια είναι η βάση για τον καθορισμό των ανώτατων μόνο MPC.

Αναρροφητικά (Resorptive) → Σύμφωνα με το Αναρροφητικό αποτέλεσμα προσδιορίζουμε την πιθανότητα ανάπτυξης γενικών τοξικών, γοναδοτοξικών, εμβρυοτοξικών, μεταλλαξιογόνων, καρκινογόνων και άλλων επιπτώσεων, των οποίων η εμφάνιση εξαρτάται όχι μόνο από τη συγκέντρωση των ουσιών στον αέρα, αλλά και από τη διάρκεια της εισπνοής αυτών. Προκειμένου να αποτραπεί η ανάπτυξη της αναρροφητικής δράσης έχουμε την μέση MPC_{MP}.

Οι τιμές αυτές φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των ρύπων στη Ρωσική Ομοσπονδία				
N	Ουσία	Τάξη κινδύνου	MPC _{MP} , mg / m ³	MPC _{SS} , mg / m ³
1	Μονοξειδίο του άνθρακα	4	5	3
2	Διοξειδίο του αζώτου	2	0.2	0,04
3	Το μονοξειδίο του αζώτου	3	0.4	0,06
4	Σύνολο υδρογονάνθρακες	-	-	-
5	Μεθάνιο	-	50	-
6	Διοξειδίο του θείου	3	0.5	0,05
7	Αμμωνία	4	0.2	0,04
8	Υδρόθειο	2	0,008	-
9	Όζον	1	0,16	0,03
10	Φορμαλδεύδη	2	0,05	0,01
11	Φαινόλη	2	0,01	0,003
12	Βενζόλιο	2	0.3	0.1
13	Τολουόλιο	3	0.6	-
14	Παραξυλολίο	3	0.3	-
15	Το στυρένιο	2	0,04	0,002
16	Αιθυλβενζένιο	3	0,02	-
17	Ναφθαλίνη	4	0,007	-
18	AΣ ₁₀		0.3	0,06
19	AΣ _{2.5}		0,16	0.035

Η Τάξη κινδύνου που περιλαμβάνεται στον παραπάνω πίνακα, είναι ένας δείκτης του κινδύνου για τους ανθρώπους των ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι ουσίες λοιπόν χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες κινδύνου:

Βαθμός 1 - Εξαιρετικά επικίνδυνα

Βαθμός 2 - Άκρως επικίνδυνα

Βαθμός 3 - Επικίνδυνα

Βαθμός 4 - Μέτρια επικίνδυνα

Στην Ρωσία υπάρχουν οι ακόλουθοι δείκτες για την ρύπανση :

SI (Standard Index) Ο οποίος ισούται με την μέγιστη συγκέντρωση που θα μετρηθεί, διαιρεμένη με την MPC τιμή. Προσδιορίζεται από τις παρατηρήσεις του σταθμού, για μία πρόσμειξη ή σε όλες τις θέσεις όλων των ρυπαντών περιοχής για ένα μήνα ή ένα χρόνο.

NP είναι η μέγιστη συχνότητα (%) του MPC από παρατηρησιακά δεδομένα σε μια συγκεκριμένη θέση (για μία ουσία) ή όλες τις θέσεις όλων των ρυπαντών μιας περιοχής για ένα μήνα ή ένα χρόνο. (Οδηγία RD-52.04.186-89) (USSR_State_Committee_for_Hydrometeorology)

IZA είναι ένας ολοκληρωμένος δείκτης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις διάφορες προσμίξεις, που είναι το άθροισμα των συγκεντρώσεων κάποιων επιλεγμένων ρύπων.

Ανάλογα με το επίπεδο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης API ορίζεται ως εξής:

Το επίπεδο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	Τιμές API
Χαμηλός	μικρότερη ή ίση με 5
Αυξημένα μέτρα	5-7
Υψηλός	7-14
Πολύ υψηλή	μεγαλύτερη από ή ίση με 14

Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των σημαντικότερων ρύπων στη Ρωσική Ομοσπονδία και τα κριτήρια της ποιότητας του αέρα στην ΕΕ, των ΗΠΑ και της ΠΟΥ					
Ρύπων	Χρόνος υπολογισμών	Ρωσική mg / m ³	ΠΟΥ mg / m ³	USA, mg / m ³	ΕΕ mg / m ³
CO	15 λεπτά.	-	100	-	-
	30 λεπτά.	5	60	-	-
	1:00	-	30	40	-
	8:00	-	10	10	10
	24 ώρες	3	-	-	-
NO ₂	30 λεπτά	0,2	-	-	-
	1:00	-	0,2	-	0,2 Δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 18 φορές το χρόνο
	24 ώρες	0,04	-	-	0,125 δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερες από 3 φορές ανά έτος.
	Ο μέσος όρος για το έτος	-	0,04	0,1	0,04
O ₃	30 λεπτά.	0,16	-	-	-
	1:00	-	-	0,235	-
	8:00	-	0,12	0,157	-
	24 ώρες	0,03	-	-	-
SO ₂	10 λεπτά	-	0,5	-	-
	30 λεπτά	0,5	-	-	-
	1:00	-	-	-	0,350 Δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 24 φορές το χρόνο
	24 ώρες	0,05	0,125	0365	0,125 δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερες από 3 φορές ανά έτος.
	Ο μέσος όρος για το έτος	-	0,05	0,08	0,02
ΑΣ ₁₀	30 λεπτά.	0,3	-	-	-
	24 ώρες	0,06	-	0,15	0,05 Δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 3 φορές ανά έτος
	Ο μέσος όρος για το έτος	-	0,05	0,08	0,02
Βενζόλιο	30 λεπτά	0,3	-	-	-
	24 ώρες	0,1	-	-	-
	Ο μέσος όρος για το έτος	-	-	-	0,005
	UR / διάρκεια ζωής	-	$6 \times 10^{-6} (\mu\text{g} / \text{m}^3)^{-1}$	-	-

(USSR 2016)

Ο ΔΕΙΚΤΗΣ AQI ΤΑΥΛΑΝΔΗ

Υπολογίζεται με βάση το πρότυπο στη γενική ατμόσφαιρα των ατμοσφαιρικών ρύπων 5 τύποι του όζοντος (O₃) 1-ωρου το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) 1-ωρου μονοξείδιο του άνθρακα (CO) 8 ώρες θείο. διοξειδίου του (SO₂) κατά μέσο όρο 24 ώρες και σωματίδια σκόνης μικρότερα από 10 μικρά (PM 10) 24-ωρη

190

μέσος δείκτης ποιότητας του αέρα υπολογίστηκε ως ατμοσφαιρικός ρύπος με την υψηλότερη τιμή του κάθε είδους. Θα χρησιμοποιηθεί για να είναι δείκτης ποιότητας του αέρα που ημέρας.

Ο Δείκτης Ποιότητας Αέρα στην Ταϊλάνδη χωρίζεται σε 5 επίπεδα 0-300, όπου κάθε επίπεδο έχει ένα χρώμα για να συμβολίσει το επίπεδο των επιπτώσεων στην υγεία. Ο δείκτης ποιότητας του αέρα του 100 είναι ισοδύναμος με τα πρότυπα ποιότητας του αέρα στη γενική ατμόσφαιρα. Όταν ο δείκτης της ποιότητας του αέρα είναι υψηλότερος από 100 δείχνει ότι η συγκέντρωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα υπερβεί τα πρότυπα ποιότητας του αέρα οπότε ξεκινά να επηρεάζεται η υγεία του κοινού. Οι κατηγορίες φαίνονται παρακάτω.

AQI	Έννοια	Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται	Κατευθυντήριες γραμμές για την προστασία των επιπτώσεων
0-50	Υψηλής ποιότητας	Μπλε	Δεν υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία
51-100	Μεσαία Ποιότητα	Πράσινο	Δεν υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία
101-200	Αντίκτυπο στην υγεία	Κίτρινο	Ασθενείς με αναπνευστική νόσο πρέπει να αποφεύγουν την έντονη εξωτερική δραστηριότητα. Επίσης Ειδικά τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι Μην κάνετε υπαίθριες δραστηριότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα.
201-300	Που επηρεάζουν την υγεία	Πορτοκάλι	Ασθενείς με αναπνευστικές νόσους αποφεύγετε υπαίθριες δραστηριότητες Ειδικά τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι Πρέπει να περιορίσετε υπαίθρια άσκηση
Περισσότερο από 300	Κίνδυνος	Κόκκινο	Όλοι πρέπει να αποφεύγουν την υπαίθρια άσκηση ειδικά οι ασθενείς με αναπνευστική νόσο. Θα πρέπει να είναι εντός κάποιου κτιρίου

Ο δείκτης υπολογίζεται όπως και Σε πολλές άλλες χώρες με τον ακόλουθο τύπο της γραμμικής παλινδρόμησης:

$$I_i = \frac{I_{i,j+1} - I_{i,j}}{X_{i,j+1} - X_{i,j}} (X_i - X_{i,j}) + I_{i,j}$$

for $X_{i,j} \leq X_i \leq X_{i,j+1}$

Όπου:

X_i = η παρατηρούμενη συγκέντρωση του i ρυπαντή

$I_{i,j}$ = Η τιμή PSI του i ρυπαντή και το j σημείο μεταβολής του πίνακα.

$I_{i,j+1}$ = Η τιμή PSI του i ρυπαντή και το $j+1$ σημείο μεταβολής του πίνακα

$X_{i,j}$ = Η συγκέντρωση του i ρυπαντή και του j σημείου μεταβολής όπως δίνεται στον πίνακα.

$X_{i,j+1}$ = Η συγκέντρωση του i ρυπαντή και του $j+1$ σημείου μεταβολής όπως δίνεται στον πίνακα.

Οι οριακές τιμές που χρησιμοποιεί η Ταυλάνση για τον υπολογισμό του δείκτη φαίνονται παρακάτω.

AQI	PM ₁₀ (24 HR.)		O ₃ (1 HR.)		SO ₂ (24 HR.)		NO ₂ (1 HR.)		CO (8 hr.)	
	g / m ³	g / m ³	ppb	g / m ³	ppb	g / m ³	ppb	g / m ³	ppm	
50	40	100	51	65	25	160	85	5.13	4.48	
100	120	200	100	300	120	320	170	10.26	9.00	
200	350	400	203	800	305	1,130	600	17.00	14.84	
300	420	800	405	1,600	610	2,260	1,202	34.00	29.69	
400	500	1,000	509	2,100	802	3,000	1,594	46.00	40.17	
500	600	1,200	611	2,620	1,000	3,750	1,993	57.50	50.21	

(Natural_Resources_and_Environment 2016)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Δελτία Δεικτών ENV02 και ENV04

Δελτία Δεικτών ENV02.1, ENV02.2 και ENV04 τα οποία προκύπτουν από την πρώτη πειραματική εξόρμηση τον Νοέμβριο του 2015

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.1: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΩΝ ΟΡΙΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΣ-ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Αυτή η συνιστώσα του δείκτη προσδιορίζει τον βαθμό συμβολής του άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται για τους ρύπους CO (μονοξείδιο του άνθρακα), NO₂ (διοξείδιο του αζώτου), SO₂ (διοξείδιο του θείου), O₃ (όζον), PM₁₀ (αιωρούμενα σωματίδια), PM_{2.5} (αιωρούμενα σωματίδια), BC (μαύρο άνθρακα).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιβάρυνση που αποφέρει η λειτουργία της Εγνατίας Οδού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών, με ιδιαίτερη έμφαση στα επιβαρημένα από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου τμήματα, καθώς επίσης και σε αυτά που διέρχονται από περιοχές ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Οι δειγματοληπτικές μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτελέστηκαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για όλους τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

a/a	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Παρά το γεγονός ότι οι μετρήσεις Όζοντος και Διοξειδίου του Θείου θα μπορούσαν να παραληφθούν, διότι το μεν Όζον είναι δευτερογενής ρύπος, με υψηλά επίπεδα υποβάθρου, ο οποίος δεν προέρχεται από την αποκλειστική λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου όπως η Εγνατία οδός, ενώ το Διοξείδιο του Θείου δεν αποτελεί πλέον σημαντικό ρυπαντή, λόγω της βελτίωσης της ποιότητας των καυσίμων, κρίθηκε σκόπιμο στα πλαίσια της καταγραφής να μετρηθούν και αυτοί οι ρύποι.

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Νοέμβριο του έτους 2015 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Τα τμήματα της οδού στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των αέριων ρύπων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2: Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ01	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	Θ16	ΜΑΛΓΑΡΑ
Θ02	ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ	Θ17	ΧΑΛΑΣΤΡΑ
Θ03	ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ	Θ18	ΚΑΛΟΧΩΡΙ
Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ	Θ19	ΔΙΑΒΑΤΑ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ	Θ20	ΤΙΤΑΝ
Θ06	ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	Θ21	ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	Θ22	ΣΤΡ.ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 424
Θ08	ΓΡΕΒΕΝΑ	Θ23	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ
Θ09	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	Θ24	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ
Θ10	ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	Θ25	ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ
Θ11	ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ	Θ26	ΑΠΟΧΙΟΝ.ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ	Θ27	ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ
Θ13	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑΣ	Θ28	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ
Θ14	ΝΗΣΕΛΙ	Θ29	ΔΙΟΔΙΑ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
Θ15	ΚΛΕΙΔΙ	Θ30	ΑΠΟΧ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

Οι θέσεις Θ04, Θ05, Θ07 και Θ12 αφορούν τις μετρήσεις εντός σηράγγων και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν σε ξεχωριστή αναφορά σύμφωνα με τις συνθήκες και τα όρια που ισχύουν.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι αντιπροσωπευτικές και βάση αυτών μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀)

Οι μετρήσεις σκόνης εκτελέστηκαν για 24 ώρες σε κάθε γεωγραφική θέση. Κατά τη δειγματοληψία διεξήχθησαν προσπάθειες ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές (θέση δειγματοληψίας, φορά αέρα). Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 50 µg/m³ στις θέσεις: Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (63 µg/m³), Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ (68 µg/m³), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΒΕΡΟΙΑΣ (55 µg/m³), Θ15 ΚΛΕΙΔΙ (125 µg/m³), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (247 µg/m³), Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ (199 µg/m³), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ (116 µg/m³), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (144 µg/m³), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΔΕΡΒΕΝΙ (85µg/m³). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ (49 µg/m³), Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ (46 µg/m³), Θ14 ΝΗΣΕΛΙ (49 µg/m³). Σύμφωνα με την νομοθεσία τα 50 µg/m³ είναι η μέση ημερήσια τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος. Βέβαια, ακόμη και στην περίπτωση αυξημένων ημερήσιων ορίων είναι σημαντικός ο εντοπισμός του συνόλου των ημερών ανά έτος που παρατηρείται υπέρβαση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό διάγραμμα.

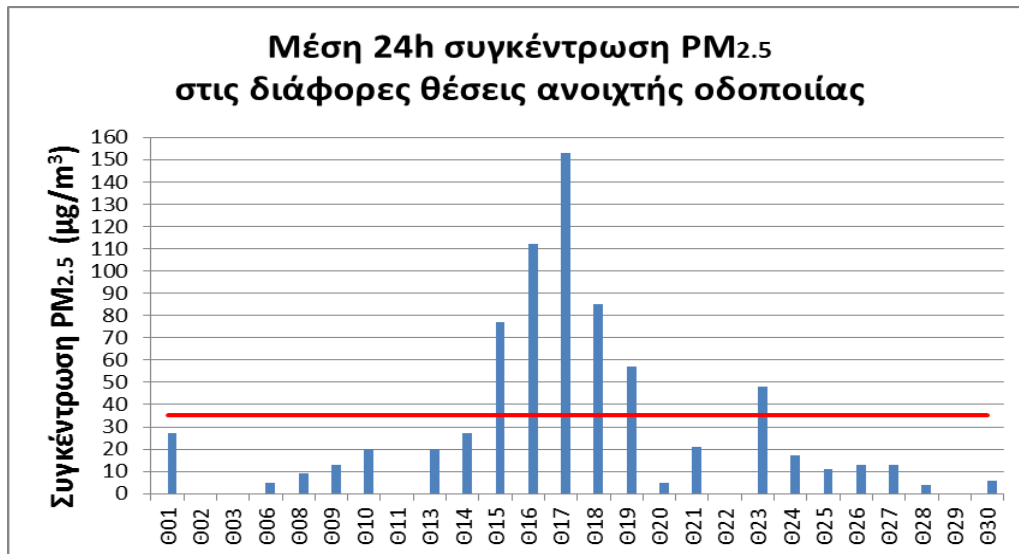
Διάγραμμα 1: Συγκέντρωση PM₁₀ στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας



Αιωρούμενα Σωματίδια PM_{2,5}

Το θεσμοθετημένο Ευρωπαϊκό όριο για την μέση ετήσια τιμή των αιωρούμενων σωματίδια PM_{2,5} είναι τα 25 µg/m³. Λόγω έλλειψης ετήσιων μετρήσεων θα αναφερθούμε στις υπερβάσεις του ορίου των 35 µg/m³ που έχει προταθεί από την NAAQS/USEPA. Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 35 µg/m³ στις θέσεις: Θ15 ΚΛΕΙΔΙ (77 µg/m³), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (112 µg/m³), Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ (153 µg/m³), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ (85 µg/m³), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (57 µg/m³), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΔΕΡΒΕΝΙ (48 µg/m³). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΣΤΑ (27 µg/m³), Θ14 ΝΗΣΕΛΙ (27 µg/m³). Εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι θέσεις με την υψηλότερη ρύπανση σε PM₁₀ εμφανίζουν σχεδόν στο σύνολό τους και την υψηλότερη ρύπανση σε PM_{2,5}, χαρακτηριστικό που υποδεικνύει ότι το ποσοστό των PM_{2,5} είναι μεγάλο στις περιοχές αυτές ως προς το σύνολο του κλάσματος PM₁₀. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό διάγραμμα.

Διάγραμμα 2: Συγκέντρωση PM_{2.5} στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας



Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Σε καμία θέση οι μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) δεν πλησιάζουν το όριο των 8700 ppb σε οκτάωρη βάση (οι ωριαίες τιμές είναι μικρότερες των 3011 ppb).

Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Σε καμία θέση ανοιχτής οδοποιίας οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 106 ppb.

Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

Σε καμία θέση οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Θείου (SO₂) δεν πλησιάζουν το όριο των 134 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονται πολύ κάτω από το όριο.

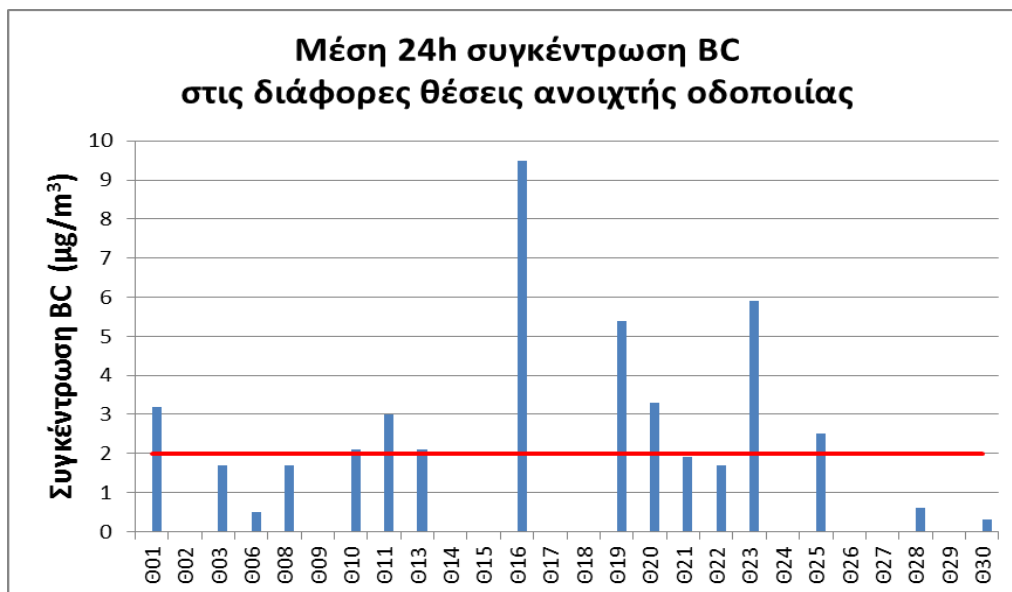
Όζον (O₃)

Σε καμία θέση οι τυπικές μετρήσεις όζοντος (O₃) δεν πλησιάζουν το όριο των 60 ppb μέση τιμή οκταώρου. Οι μέγιστες μετρήσεις 5-λέπτου παρουσιάστηκαν στην Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ (49ppb), Θ06 ΔΙΟΔΙΑ ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ (46ppb), Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ (57 ppb), Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (49 ppb), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΒΕΡΟΙΑΣ (46 ppb), Θ20 ΤΙΤΑΝ (48 ppb), Θ21 ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ (46 ppb), Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ (48 ppb), Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ (58 ppb). Δεν είναι δυνατόν να αποτυπωθεί η οκτάωρη διακύμανση λόγω του ότι διαθέτουμε μόνο 24 ωριαίες τιμές και δεν μπορεί να υπολογιστεί ικανός αριθμός 24 κυλιόμενων οκτάωρων μέσων όρων. Καθότι το όζον είναι ένας έμμεσος ρύπος, και όχι πρωτογενής από την λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου, η μελέτη του χρήζει ιδιαίτερης ανάλυσης η οποία δεν μπορεί να καλυφθεί από την τρέχουσα σειρά μετρήσεων.

Μαύρος Άνθρακας (BC)

Για τον Μαύρο άνθρακα το όριο που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο στις θέσεις: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ (3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(20% καύση βιομάζας), Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (34% καύση βιομάζας), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΒΕΡΟΙΑΣ (2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (29% καύση βιομάζας), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (52% καύση βιομάζας), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (35% καύση βιομάζας), Θ20 ΤΙΤΑΝ (3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (15% καύση βιομάζας), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΔΕΡΒΕΝΙ (5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (20% καύση βιομάζας), Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ (2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/ (19% καύση βιομάζας). Η συνεισφορά της καύσης βιομάζας στις συγκεντρώσεις του BC και κατ' επέκταση στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα μεγαλύτερα του 20% στις περισσότερες θέσεις. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό διάγραμμα.

Διάγραμμα 3: Συγκέντρωση BC στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας



Συμπερασματικά σχετικά με τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφερθεί ότι:

Στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Κοζάνης θεωρείται ότι οι μετρήσεις επηρεάστηκαν από την μεταφορά σκόνης από την περιοχή των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ στις περιοχές Πτολεμαΐδας – Κοζάνης. Συνεπώς οι μετρήσεις επιβαρύνθηκαν από παραμέτρους που δεν αφορούν αποκλειστικά τη λειτουργία της Εγνατίας οδού, αλλά τη λειτουργία των εγκατεστημένων εργοστασίων. Στην περιοχή της Εξωτερικής Περιφερειακής Θεσσαλονίκης η εμφάνιση αυξημένων τιμών οφείλεται κυρίως στη μεγάλη ανάπτυξη του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης και την ύπαρξη μεγάλου αριθμού βιοτεχνικών και βιομηχανικών μονάδων (π.χ. εργοστάσιο ΤΙΤΑΝ). Οι μονάδες αυτές, από τη φύση τους είναι «παραγωγικοί» αιωρούμενων σωματιδίων, επομένως οι αυξημένες ενδείξεις αφορούν το γενικότερο πρόβλημα ρύπανσης της περιοχής και δεν είναι αποκλειστική συνέπεια της λειτουργίας της οδού.

Μεταδεδομένα

Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Νομοθεσία

Τα θεσμοθετημένα όρια που ισχύουν ή που θα ισχύσουν για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι στόχοι της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας παρατίθενται στη συνέχεια.

Πίνακας 3: Σύνοψη ορίων των ατμοσφαιρικών ρύπων

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	10 mg/m³ ή 8.7 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	10.3 mg/m ³ ή 9 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
	40 mg/m ³ ή 35 ppm	Μέγιστη ωριαία τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	350 µg/m³ ή 134 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 24 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	125 µg/m³ ή 48 ppb	Μέση ημερήσια τιμή, < 3 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	20 µg/m ³ ή 7.6 ppb	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
	500 µg/m ³ ή 190 ppb	Μέση δεκάλεπτη τιμή	WHO
	197 µg/m ³ ή 75 ppb	Μέση ωριαία τιμή	NAAQS/USEPA
	1310 µg/m ³ ή 500 ppb	Μέση τρίωρη τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	200 µg/m³ ή 106 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 18 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
	40 µg/m ³ ή 21 ppb	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
Όζον (O ₃)	120 µg/m³ ή 60 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010
	100 µg/m ³ ή 50 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	WHO
	140 µg/m ³ ή 70 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	NAAQS/USEPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή, < 35 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005, WHO
Σωματίδια (PM _{2.5})	40 µg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	25 µg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2015
	35 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NAAQS/USEPA
	25 µg/m ³	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
Μόλυβδος (Pb)	0.5 µg/m³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	0.15 µg/m ³	Μέση 3μηνιαία τιμή	NAAQS/USEPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	2-3 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	Εμπειρικό, ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες μέσες τιμές: Κων/πολη: 2.9 µg/m ³ Πεκίνο-Κάιρο: 8 µg/m ³ Αθήνα: 0.5 µg/m ³ Αθήνα (αιθαλομίχλη): ~3 µg/m ³

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης παρουσιάζει την κατάσταση της ποιότητας του αέρα κατά μήκος του οδικού άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, και την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται. Οι μετρήσεις μετατρέπονται σε μια ενιαία σχετικιστική εικόνα.

Έχει πέντε επίπεδα, χρησιμοποιώντας μια κλίμακα από το «0» (πολύ χαμηλή) έως '> 100' (πολύ υψηλή). Παρουσιάζουν ένα σχετικό μέτρο της ποσότητας της ρύπανσης του αέρα. Ο υπολογισμός βασίζεται σε ρύπους μείζονος ενδιαφέροντος: PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, O₃.

Αποτελείται από δύο συνιστώσες:

Τον Δείκτης Υποβάθρου Πόλης, ο οποίος αντιπροσωπεύει τη γενική ποιότητα του αέρα σε μια οικιστική περιοχή (με βάση την παρακολούθηση των αστικών σταθμών υποβάθρου), περιλαμβάνει NO₂, PM₁₀ και O₃ ως πρωτεύοντες ρύπους, με τα σωματίδια PM_{2.5}, το CO και το SO₂, ως δευτερεύοντες.

Τον Δείκτη Κυκλοφορίας, ο οποίος αντιπροσωπεύει την ποιότητα του αέρα στους δρόμους (με βάση στοιχεία των οδικών σταθμών παρακολούθησης) περιλαμβάνει το NO₂ και PM₁₀ ως πρωτεύοντες ρύπους, ενώ το CO και τα PM_{2.5} ως δευτερεύοντες.

Η παρουσίαση αυτή των τιμών του δείκτη καθώς και ο χρωματισμός, δίνουν μια πιο εύκολα επεξεργάσιμη εικόνα των συνθηκών που επικρατούν σε σχέση με την εικόνα που μας επικοινωνούν οι απλοί πίνακες τιμών των μετρήσεων. Αυτός είναι και ο πρωταρχικός λόγος της χρήσης ενός δείκτη ποιότητας αέρα, η άμεση και εύκολα αναγνωρίσιμη απεικόνιση της επικρατούσας κατάστασης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιβάρυνση που αποφέρει η λειτουργία της Εγνατίας Οδού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών, με ιδιαίτερη έμφαση στα επιβαρημένα από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου τμήματα, καθώς επίσης και σε αυτά που διέρχονται από περιοχές ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Οι δειγματοληπτικές μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτελέστηκαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για όλους τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

α/α	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Νοέμβριο του έτους 2015 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι αέριοι ρύποι που παρακολούθηθηκαν και τα αντίστοιχα τμήματα της οδού, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

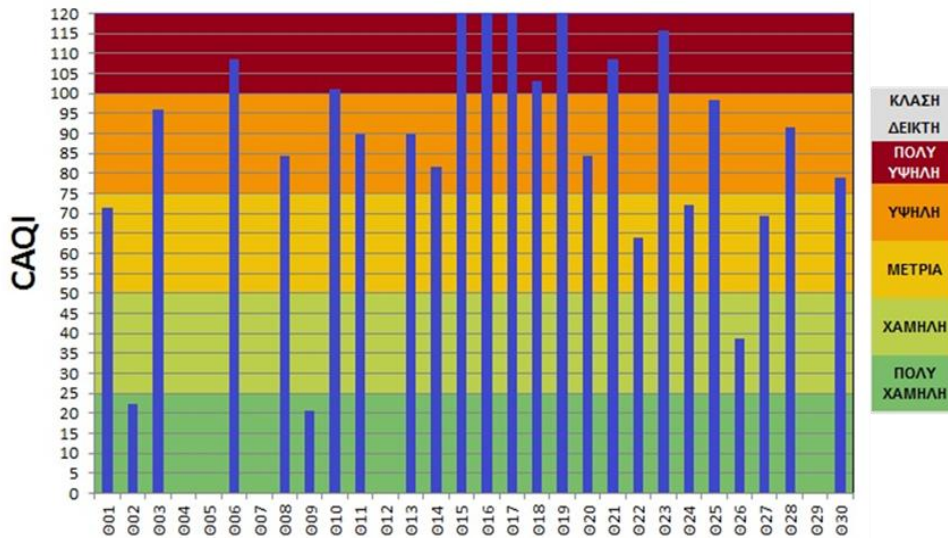
Πίνακας 2. Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ01	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	Θ16	ΜΑΛΓΑΡΑ
Θ02	ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ	Θ17	ΧΑΛΑΣΤΡΑ
Θ03	ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ	Θ18	ΚΑΛΟΧΩΡΙ
Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ	Θ19	ΔΙΑΒΑΤΑ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ	Θ20	ΤΙΤΑΝ
Θ06	ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	Θ21	ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	Θ22	ΣΤΡ.ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 424
Θ08	ΓΡΕΒΕΝΑ	Θ23	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ
Θ09	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	Θ24	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ
Θ10	ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	Θ25	ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ
Θ11	ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ	Θ26	ΑΠΟΧΙΟΝ.ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ	Θ27	ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ
Θ13	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑΣ	Θ28	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ
Θ14	ΝΗΣΕΛΙ	Θ29	ΔΙΟΔΙΑ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
Θ15	ΚΛΕΙΔΙ	Θ30	ΑΠΟΧ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

Οι θέσεις Θ04, Θ05, Θ07 και Θ12 αφορούν τις μετρήσεις εντός σηράγγων και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν σε ξεχωριστή αναφορά σύμφωνα με τις συνθήκες και τα όρια που ισχύουν. Για την θέση Θ29 δεν έχουμε τιμές μετρήσεων.

Παρακάτω εμφανίζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα του υπολογισμού του Ευρωπαϊκού Δείκτη από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το παρόν έργο. Η παραπάνω διαδικασία υπολογισμού του Ημερήσιου Ευρωπαϊκού δείκτη ποιότητας αέρα εφαρμόστηκε στις υπάρχουσες τιμές για όλες τις θέσεις μετρήσεων 1 έως 30 κατά μήκος της Εγνατίας οδού. Τα αποτελέσματα για τον κυκλοφοριακό δείκτη αλλά και τον δείκτη υποβάθρου φαίνονται συγκεντρωτικά στο ακόλουθο σχήμα.

Τιμή του Ευρωπαϊκού Δείκτη Ποιότητας Αέρα κατά μήκος της Εγνατίας οδού



Σχήμα: Ο CAQI στις διάφορες θέσεις μέτρησης κατά μήκος της Εγνατίας Οδού

Οι τιμές του δείκτη φαίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας: Τιμές Ημερήσιου Δείκτη

ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
001	71.5	016	>100
002	22.21	017	>100
003	95.8	018	>100
004	\	019	>100
005	\	020	84.3
006	>100	021	>100
007	\	022	63.95
008	84.4	023	>100
009	20.5	024	72.1
010	>100	025	98.3
011	89.8	026	38.58
012	\	027	69.38
013	89.9	028	91.39
014	81.5	029	\
015	>100	030	78.85

Στο μεγαλύτερο πλήθος των θέσεων μέτρησης η τιμή του δείκτη ρυθμίστηκε από την τιμή του υποδείκτη για τα PM10 με κάποιες εξαιρέσεις όπου επικράτησε αυτός των PM2.5, για τα οποία υπήρξαν οι μεγαλύτερες υπερβάσεις ορίων.

Ο δείκτης παρουσίασε πολύ υψηλή τιμή στις θέσεις Θ06 ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ, Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ, Θ15 ΚΛΕΙΔΙ, Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ, Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ, Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ, Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ που είναι το ~34% των θέσεων, ενώ η τιμή του ήταν υψηλή στις θέσεις Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ, Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ, Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ, Θ13 ΑΠΟΧ. ΒΕΡΟΙΑΣ, Θ14 ΝΗΣΕΛΙ, Θ20 ΤΙΤΑΝ, Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ, Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ και Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ που αντιστοιχούν στο ~34% των θέσεων. Στο 15% των θέσεων ο δείκτης είχε τιμή μέτρια και ένα μικρό ποσοστό των θέσεων παρουσίασε τιμή χαμηλή και πολύ χαμηλή. Μάλιστα στις θέσεις με τιμή πολύ χαμηλή δεν υπήρχαν δεδομένα μέτρησης PM10, οπότε υπάρχει η πιθανότητα η τιμή του δείκτη να μην είναι αυτή που υπολογίστηκε, αλλά μεγαλύτερη.

ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Πλέγμα Υπολογισμού

Πλέγμα υπολογισμού CAQI

Κλάση Δείκτη	Πλέγμα	Κυκλοφοριακός Δείκτης						Δείκτης Υποβάθρου							
		Πρωτεύοντες Ρύποι			Δευτερεύοντες Ρύποι			Πρωτεύοντες Ρύποι				Δευτερεύοντες Ρύποι			
		PM10			PM2.5			PM10		O ₃	PM2.5		CO	SO ₂	
		NO ₂	1 hour	24 hours	1 hour	24 hours	CO	NO ₂	1 hour		24 hours	1 hour			24 hours
Πολύ Υψηλή	>100	>400	>180	>100	>110	>60	>20000	>400	>180	>100	>240	>110	>60	>20000	>500
Υψηλή	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500
	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
Μέτρια	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
Χαμηλή	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
Πολύ Χαμηλή	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NO₂, O₃, SO₂: ωριαίες τιμές/ μέγιστες ωριαίες τιμές σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CO: κυλιόμενη μέση τιμή οκταώρου/ μέγιστες ημερήσιες κυλιόμενες τιμές οκταώρου σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM₁₀: ωριαία τιμή/ ημερήσια τιμή σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Τιμή δείκτη μεγαλύτερη από 100 δεν υπολογίζεται, απλά αναφέρεται ως >100.

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV04: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης προσδιορίζει τον αριθμό των υπερβάσεων των επιτρεπτών ορίων συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO), μονοξειδίου του αζώτου (NO), διοξειδίου του αζώτου (NO₂), αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) και μαύρου άνθρακα (BC) εντός των σηράγγων. Η υπέρβαση αυτών των επιτρεπτών ορίων έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ο δείκτης σχετίζεται με το ζήτημα του αποτελεσματικού αερισμού των σηράγγων που τίθεται ως όρος από τις σχετικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

α/α	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Νοέμβριο του έτους 2015 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι αέριοι ρύποι που παρακολούθηθηκαν και τα αντίστοιχα τμήματα της οδού, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

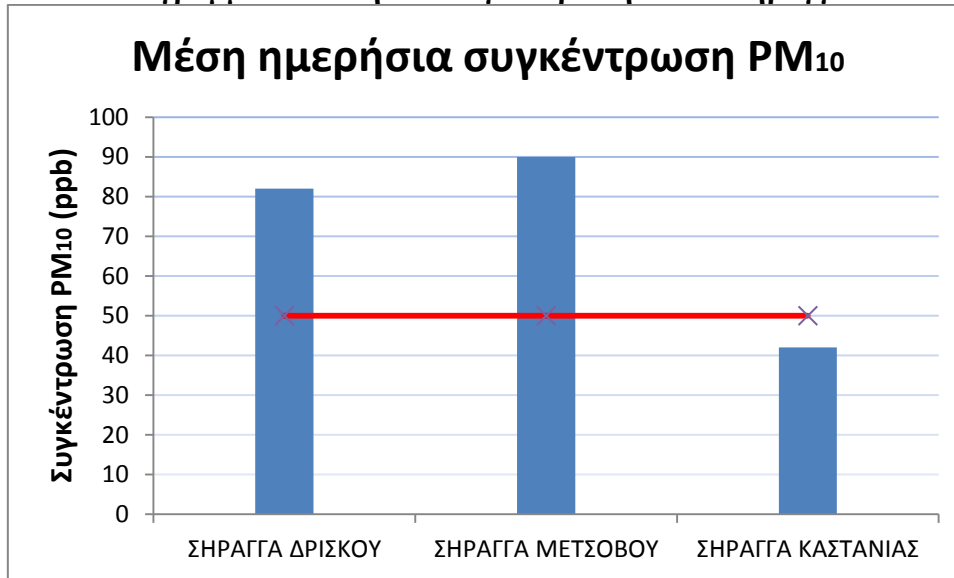
Πίνακας 2. Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ

Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀) : Οι μετρήσεις σκόνης εκτελέστηκαν για 24 ώρες σε κάθε γεωγραφική θέση εκτός της σήραγγας Δωδώνης. Κατά τη δειγματοληψία διεξήχθησαν προσπάθειες ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές (θέση δειγματοληψίας, φορά αέρα). Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 50 μg/m³ στις θέσεις: Θ05 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ (82 μg/m³), Θ07 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ (90 μg/m³). Σχετικά υψηλή ήταν και η τιμή στην θέση Θ12 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ (42 μg/m³).

Το διάγραμμα που ακολουθεί είναι αντιπροσωπευτικό.

Διάγραμμα 1. Μέση 24h συγκέντρωση PM10 σηράγγων



Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO): Σε καμία θέση οι μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) δεν πλησιάζουν το όριο των 7000 ppb μέγιστη τιμή 15 λεπτών ούτε αυτό των 20000ppb μέση ημερήσια τιμή οκταώρου (ορισμένες από την Παγκόσμια Ένωση Οδικών Μεταφορών -PIARC) καθότι καμία 5λεπτη καταγραφή δεν αποτυπώνει έξαρση άνω των 3111 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου.

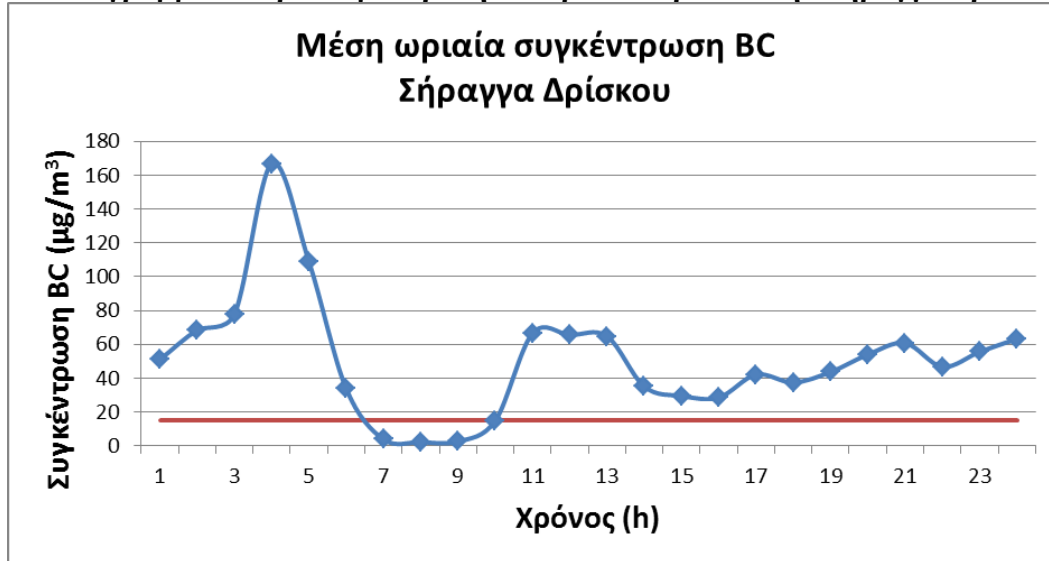
Μονοξείδιο του Αζώτου (NO): Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 10000ppb στο οποίο ενεργοποιείται το σύστημα εξαερισμού της σήραγγας. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου με μέγιστη καταγραφή στα 696 ppb.

Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂): Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 1000 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου με μέγιστη καταγραφή στα 216 ppb.

Διοξείδιο του Θείου (SO₂): Μέτρηση Διοξειδίου του Θείου (SO₂) είχαμε μόνο στην θέση Θ05 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ και δεν πλησίασε το όριο των 272 ppb μέγιστη τιμή 10 λεπτών ούτε αυτό των 218 ppb μέγιστη ωριαία τιμή μιας και η μέγιστη καταγραφή 5 λέπτου ήταν 45.5 ppb.

Μαύρος Άνθρακας (BC): Για τον Μαύρο άνθρακα το όριο που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 15-20 μg/m³ μέση ωριαία τιμή. Μετρήσεις πάρθηκαν μόνο για την σήραγγα Δρίσκου και αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν κατά πολύ το ημερήσιο όριο. Οι μετρήσεις φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί:

Διάγραμμα 2. Ωριαία μεταβολή Μαύρου Άνθρακα στην σήραγγα Δρίσκου



Συμπερασματικά σχετικά με τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφερθεί ότι: Δεν υπάρχει κάποια ανησυχία όσον αφορά τους ρύπους μονοξείδιο το άνθρακα (CO), μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO, NO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), καθότι οι συγκεντρώσεις αυτών είναι πολύ χαμηλότερες των προτεινόμενων επιτρεπτών ορίων. Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων βρέθηκαν πολύ υψηλές σχεδόν στο σύνολό τους καθώς και οι τιμές συγκέντρωσης του μαύρου άνθρακα στην σήραγγα στην οποία έγινε δειγματοληψία.

ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Νομοθεσία

Τα όρια που προτείνει η Παγκόσμια Ένωση Οδικών Μεταφορών - PIARC αλλά και άλλες οργανώσεις παρατίθενται στη συνέχεια.

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	80 mg/m³ ή 70 ppm	Μέγιστη 15λεπτη τιμή	PIARC 2010
	23 mg/m³ ή 20 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	PIARC 2010, για εργαζόμενους εντός
	40 mg/m ³ ή 35 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	US (NIOSH)
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	712 µg/m³ ή 272 ppb	Μέγιστη 10λεπτη τιμή	NSW-EPA
	570 µg/m³ ή 218 ppb	Μέγιστη ωριαία τιμή	NSW-EPA

Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1880 μg/m³ ή 1 ppm		PIARC, NIOSH
	0.2-2.8 μg/m ³ ή 0.11-1.5 ppm	Αναγωγή στην 1 ώρα	Νορβηγία, Σουηδία, Βέλγιο, Γαλλία, WHO, NSW-EPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 μg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NSW-EPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	15-20 μg/m³	Μέση ωριαία τιμή	Εμπειρικά, αντιστοιχεί σε μέγιστες συγκεντρώσεις σε επεισόδια αιθαλομίχλης



Δελτία Δεικτών ENV02.1, ENV02.2 και ENV04 τα οποία προκύπτουν από την δεύτερη πειραματική εξόρμηση τον Ιούνιο του 2016

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.1: ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΝ ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΩΝ ΟΡΙΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΣ-ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Αυτή η συνιστώσα του δείκτη προσδιορίζει τον βαθμό συμβολής του άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται για τους ρύπους CO (μονοξείδιο του άνθρακα), NO₂ (διοξείδιο του αζώτου), SO₂ (διοξείδιο του θείου), O₃ (όζον), PM₁₀ (αιωρούμενα σωματίδια), PM_{2.5} (αιωρούμενα σωματίδια), BC (μαύρο άνθρακα).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιβάρυνση που αποφέρει η λειτουργία της Εγνατίας Οδού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών, με ιδιαίτερη έμφαση στα επιβαρημένα από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου τμήματα, καθώς επίσης και σε αυτά που διέρχονται από περιοχές ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Οι δειγματοληπτικές μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτελέστηκαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για όλους τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

α/α	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Παρά το γεγονός ότι οι μετρήσεις Όζοντος και Διοξειδίου του Θείου θα μπορούσαν να παραληφθούν, διότι το μεν Όζον είναι δευτερογενής ρύπος, με υψηλά επίπεδα υποβάθρου, ο οποίος δεν προέρχεται από την αποκλειστική λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου όπως η Εγνατία οδός, ενώ το Διοξείδιο του Θείου δεν αποτελεί πλέον σημαντικό ρυπαντή, λόγω της βελτίωσης της ποιότητας των καυσίμων, κρίθηκε σκόπιμο στα πλαίσια της καταγραφής να μετρηθούν και αυτοί οι ρύποι.

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Ιούνιο του έτους 2016 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Τα τμήματα της οδού στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των αέριων ρύπων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2: Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ01	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	Θ16	ΜΑΛΓΑΡΑ
Θ02	ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ	Θ17	ΧΑΛΑΣΤΡΑ
Θ03	ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ	Θ18	ΚΑΛΟΧΩΡΙ

Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ	Θ19	ΔΙΑΒΑΤΑ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ	Θ20	ΤΙΤΑΝ
Θ06	ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	Θ21	ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	Θ22	ΣΤΡ.ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 424
Θ08	ΓΡΕΒΕΝΑ	Θ23	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ
Θ09	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	Θ24	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ
Θ10	ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	Θ25	ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ
Θ11	ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ	Θ26	ΑΠΟΧΙΟΝ.ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ	Θ27	ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ
Θ13	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑΣ	Θ28	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ
Θ14	ΝΗΣΕΛΙ	Θ29	ΔΙΟΔΙΑ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
Θ15	ΚΛΕΙΔΙ	Θ30	ΑΠΟΧ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

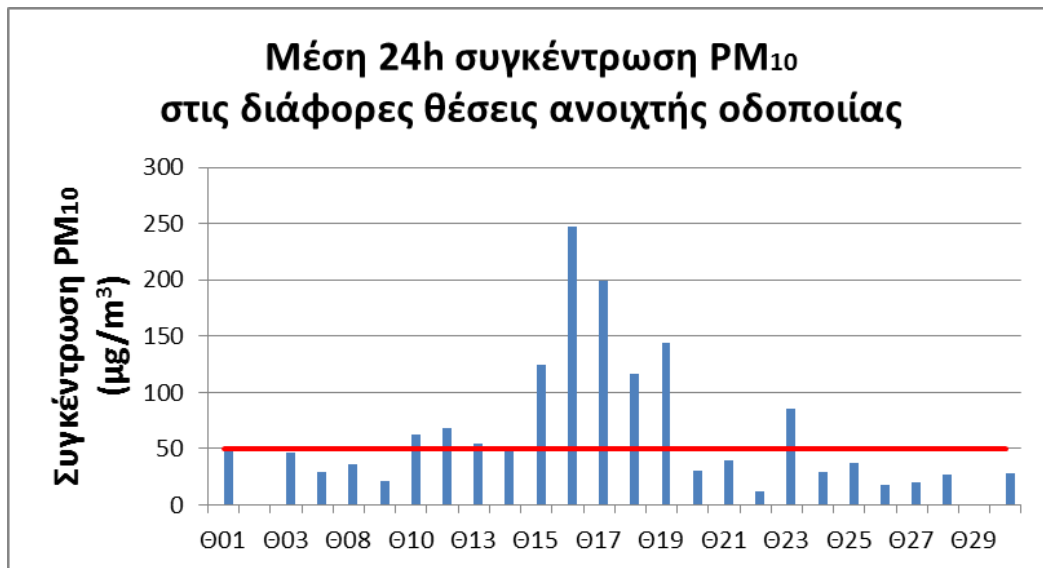
Οι θέσεις Θ04, Θ05, Θ07 και Θ12 αφορούν τις μετρήσεις εντός σηράγγων και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν σε ξεχωριστή αναφορά σύμφωνα με τις συνθήκες και τα όρια που ισχύουν.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι αντιπροσωπευτικές και βάση αυτών μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀)

Οι μετρήσεις σκόνης εκτελέστηκαν για 24 ώρες σε κάθε γεωγραφική θέση. Κατά τη δειγματοληψία διεξήχθησαν προσπάθειες ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές (θέση δειγματοληψίας, φορά αέρα). Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 50 µg/m³ στις θέσεις: Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (63 µg/m³), Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ (68 µg/m³), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΒΕΡΟΙΑΣ (55 µg/m³), Θ15 ΚΛΕΙΔΙ (125 µg/m³), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (247 µg/m³), Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ (199 µg/m³), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ (116 µg/m³), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (144 µg/m³), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΔΕΡΒΕΝΙ (85µg/m³). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ (49 µg/m³), Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ (46 µg/m³), Θ14 ΝΗΣΕΛΙ (49 µg/m³). Σύμφωνα με την νομοθεσία τα 50 µg/m³ είναι η μέση ημερήσια τιμή, της οποίας δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος. Βέβαια, ακόμη και στην περίπτωση αυξημένων ημερήσιων ορίων είναι σημαντικός ο εντοπισμός του συνόλου των ημερών ανά έτος που παρατηρείται υπέρβαση. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό διάγραμμα.

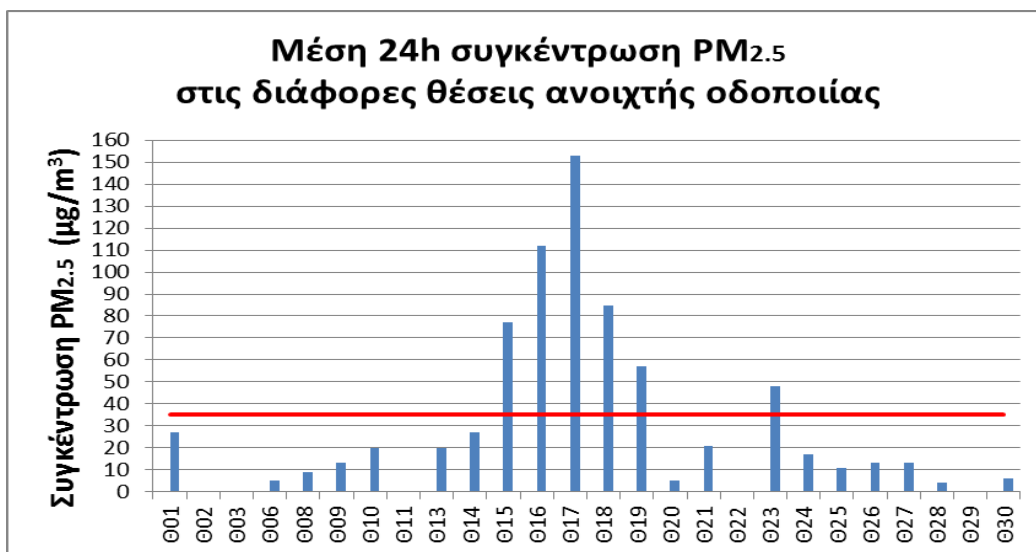
Διάγραμμα 1: Συγκέντρωση PM₁₀ στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας



Αιωρούμενα Σωματίδια PM_{2,5}

Το θεσμοθετημένο Ευρωπαϊκό όριο για την μέση ετήσια τιμή των αιωρούμενων σωματίδια PM_{2.5} είναι τα 25 µg/m³. Λόγω έλλειψης ετήσιων μετρήσεων θα αναφερθούμε στις υπερβάσεις του ορίου των 35 µg/m³ που έχει προταθεί από την NAAQS/USEPA. Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 35 µg/m³ στις θέσεις: Θ15 ΚΛΕΙΔΙ (77 µg/m³), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (112 µg/m³), Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ (153 µg/m³), Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ (85 µg/m³), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (57 µg/m³), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΔΕΡΒΕΝΙ (48 µg/m³). Οι θέσεις οι οποίες παρουσίασαν σχετικά υψηλές τιμές μεταξύ όλων των σημείων μέτρησης, αλλά ήταν κάτω του ημερήσιου ορίου, είναι οι: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΣΤΑ (27 µg/m³), Θ14 ΝΗΣΕΛΙ (27 µg/m³). Εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι θέσεις με την υψηλότερη ρύπανση σε PM₁₀ εμφανίζουν σχεδόν στο σύνολό τους και την υψηλότερη ρύπανση σε PM_{2,5}, χαρακτηριστικό που υποδεικνύει ότι το ποσοστό των PM_{2,5} είναι μεγάλο στις περιοχές αυτές ως προς το σύνολο του κλάσματος PM₁₀. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό διάγραμμα.

Διάγραμμα 2: Συγκέντρωση PM_{2.5} στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας



Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Σε καμία θέση οι μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) δεν πλησιάζουν το όριο των 8700 ppb σε οκτάωρη βάση (οι ωριαίες τιμές είναι μικρότερες των 3011 ppb).

Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Σε καμία θέση ανοιχτής οδοποιίας οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 106 ppb.

Διοξείδιο του Θείου (SO₂)

Σε καμία θέση οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Θείου (SO₂) δεν πλησιάζουν το όριο των 134 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονται πολύ κάτω από το όριο.

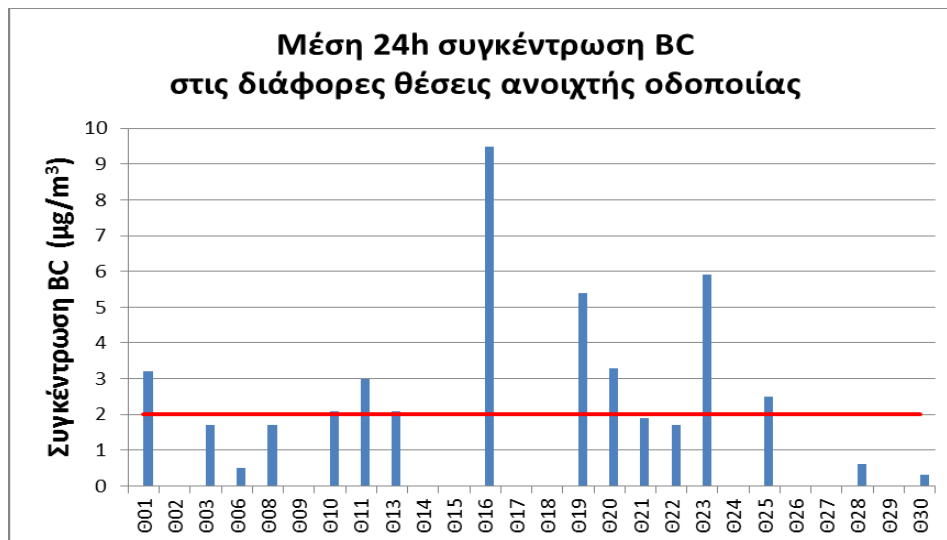
Όζον (O₃)

Σε καμία θέση οι τυπικές μετρήσεις όζοντος (O₃) δεν πλησιάζουν το όριο των 60 ppb μέση τιμή οκταώρου. Οι μέγιστες μετρήσεις 5-λέπτου παρουσιάστηκαν στην Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ (49ppb), Θ06 ΔΙΟΔΙΑ ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ (46ppb), Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ (57 ppb), Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (49 ppb), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΒΕΡΟΙΑΣ (46 ppb), Θ20 ΤΙΤΑΝ (48 ppb), Θ21 ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ (46 ppb), Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ (48 ppb), Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ (58 ppb). Δεν είναι δυνατόν να αποτυπωθεί η οκτάωρη διακύμανση λόγω του ότι διαθέτουμε μόνο 24 ωριαίες τιμές και δεν μπορεί να υπολογιστεί ικανός αριθμός 24 κυλιόμενων οκτάωρων μέσων όρων. Καθότι το όζον είναι ένας έμμεσος ρύπος, και όχι πρωτογενής από την λειτουργία ενός αυτοκινητοδρόμου, η μελέτη του χρήζει ιδιαίτερης ανάλυσης η οποία δεν μπορεί να καλυφθεί από την τρέχουσα σειρά μετρήσεων.

Μαύρος Άνθρακας (BC)

Για τον Μαύρο άνθρακα το όριο που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο στις θέσεις: Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ (3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(20% καύση βιομάζας), Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(34% καύση βιομάζας), Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΒΕΡΟΙΑΣ (2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(29% καύση βιομάζας), Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ (9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(52% καύση βιομάζας), Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ (5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(35% καύση βιομάζας), Θ20 ΤΙΤΑΝ (3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(15% καύση βιομάζας), Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝΙΣΤΙΚΟ ΔΕΡΒΕΝΙ (5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(20% καύση βιομάζας), Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ (2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(19% καύση βιομάζας). Η συνεισφορά της καύσης βιομάζας στις συγκεντρώσεις του BC και κατ' επέκταση στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα μεγαλύτερα του 20% στις περισσότερες θέσεις. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω συγκεντρωτικό διάγραμμα.

Διάγραμμα 3: Συγκέντρωση BC στις θέσεις ανοιχτής οδοποιίας



Συμπερασματικά σχετικά με τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφερθεί ότι:

Στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Κοζάνης θεωρείται ότι οι μετρήσεις επηρεάστηκαν από την μεταφορά σκόνης από την περιοχή των σταθμών παραγωγής της ΔΕΗ στις περιοχές Πτολεμαΐδας – Κοζάνης. Συνεπώς οι μετρήσεις επιβαρύνθηκαν από παραμέτρους που δεν αφορούν αποκλειστικά τη λειτουργία της Εγνατίας οδού, αλλά τη λειτουργία των εγκατεστημένων εργοστασίων. Στην περιοχή της Εξωτερικής Περιφερειακής Θεσσαλονίκης η εμφάνιση αυξημένων τιμών οφείλεται κυρίως στη μεγάλη ανάπτυξη του πολεοδομικού συγκροτήματος της πόλης και την ύπαρξη μεγάλου αριθμού βιοτεχνικών και βιομηχανικών μονάδων (π.χ. εργοστάσιο ΤΙΤΑΝ). Οι μονάδες αυτές, από τη φύση τους είναι «παραγωγοί» αιωρούμενων σωματιδίων, επομένως οι αυξημένες ενδείξεις αφορούν το γενικότερο πρόβλημα ρύπανσης της περιοχής και δεν είναι αποκλειστική συνέπεια της λειτουργίας της οδού.

Μεταδεδομένα

Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Νομοθεσία

Τα θεσμοθετημένα όρια που ισχύουν ή που θα ισχύσουν για όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι στόχοι της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας παρατίθενται στη συνέχεια.

Πίνακας 3: Σύνοψη ορίων των ατμοσφαιρικών ρύπων

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	10 mg/m³ ή 8.7 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	10.3 mg/m ³ ή 9 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
	40 mg/m ³ ή 35 ppm	Μέγιστη ωριαία τιμή, < 1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	350 µg/m³ ή 134 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 24 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	125 µg/m³ ή 48 ppb	Μέση ημερήσια τιμή, < 3 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	20 µg/m ³ ή 7.6 ppb	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
	500 µg/m ³ ή 190 ppb	Μέση δεκάλεπτη τιμή	WHO
	197 µg/m ³ ή 75 ppb	Μέση ωριαία τιμή	NAAQS/USEPA
	1310 µg/m ³ ή 500 ppb	Μέση τρίωρη τιμή, <1 ανά έτος	NAAQS/USEPA
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	200 µg/m³ ή 106 ppb	Μέση ωριαία τιμή, < 18 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
	40 µg/m ³ ή 21 ppb	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010, WHO
Όζον (O ₃)	120 µg/m³ ή 60 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2010
	100 µg/m ³ ή 50 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	WHO
	140 µg/m ³ ή 70 ppb	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	NAAQS/USEPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή, < 35 φορές ανά έτος	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005, WHO
Σωματίδια (PM _{2.5})	40 µg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005
	25 µg/m ³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2015
	35 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NAAQS/USEPA
	25 µg/m ³	Μέση ημερήσια τιμή	WHO
Μόλυβδος (Pb)	0.5 µg/m³	Μέση ετήσια τιμή	Σε ισχύ στην ΕΚ από 1/1/2005

	0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μέση 3μηνιαία τιμή	ΝΑΑQS/USEPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	2-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Μέση ημερήσια τιμή	Εμπειρικό, ενδεικτικά αναφέρονται κάποιες μέσες τιμές: Κων/πολη 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Πεκίνο-Κάιρο 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Αθήνα 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Αθήνα (αιθαλομίχλη) ~3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης παρουσιάζει την κατάσταση της ποιότητας του αέρα κατά μήκος του οδικού άξονα, ως μια γραμμική πηγή εκπομπής ρύπων, και την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας των περιοχών απ' όπου διέρχεται. Οι μετρήσεις μετατρέπονται σε μια ενιαία σχετικιστική εικόνα. Έχει πέντε επίπεδα, χρησιμοποιώντας μια κλίμακα από το «0» (πολύ χαμηλή) έως '> 100' (πολύ υψηλή). Παρουσιάζουν ένα σχετικό μέτρο της ποσότητας της ρύπανσης του αέρα. Ο υπολογισμός βασίζεται σε ρύπους μείζονος ενδιαφέροντος: PM2.5, PM10, NO₂, CO, O₃.

Αποτελείται από δύο συνιστώσες:

Τον Δείκτη Υποβάθρου Πόλης, ο οποίος αντιπροσωπεύει τη γενική ποιότητα του αέρα σε μια οικιστική περιοχή (με βάση την παρακολούθηση των αστικών σταθμών υποβάθρου), περιλαμβάνει NO₂, PM10 και O₃ ως πρωτεύοντες ρύπους, με τα σωματίδια PM2.5, το CO και το SO₂, ως δευτερεύοντες.

Τον Δείκτη Κυκλοφορίας, ο οποίος αντιπροσωπεύει την ποιότητα του αέρα στους δρόμους (με βάση στοιχεία των οδικών σταθμών παρακολούθησης) περιλαμβάνει το NO₂ και PM10 ως πρωτεύοντες ρύπους, ενώ το CO και τα PM2.5 ως δευτερεύοντες.

Η παρουσίαση αυτή των τιμών του δείκτη καθώς και ο χρωματισμός, δίνουν μια πιο εύκολα επεξεργάσιμη εικόνα των συνθηκών που επικρατούν σε σχέση με την εικόνα που μας επικοινωνούν οι απλοί πίνακες τιμών των μετρήσεων. Αυτός είναι και ο πρωταρχικός λόγος της χρήσης ενός δείκτη ποιότητας αέρα, η άμεση και εύκολα αναγνωρίσιμη απεικόνιση της επικρατούσας κατάστασης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο υπολογισμός του δείκτη ποιότητας του αέρα πρέπει να βασίζεται σε συνεχή παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις περιοχές ενδιαφέροντος. Για το λόγο αυτό, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ είναι μόνο ενδεικτικά.

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιβάρυνση που αποφέρει η λειτουργία της Εγνατίας Οδού, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών, με ιδιαίτερη έμφαση στα επιβαρημένα από πλευράς οδικού κυκλοφοριακού φόρτου τμήματα, καθώς επίσης και σε αυτά που διέρχονται από περιοχές ευαίσθητων οικοσυστημάτων. Οι δειγματοληπτικές μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτελέστηκαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για όλους τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

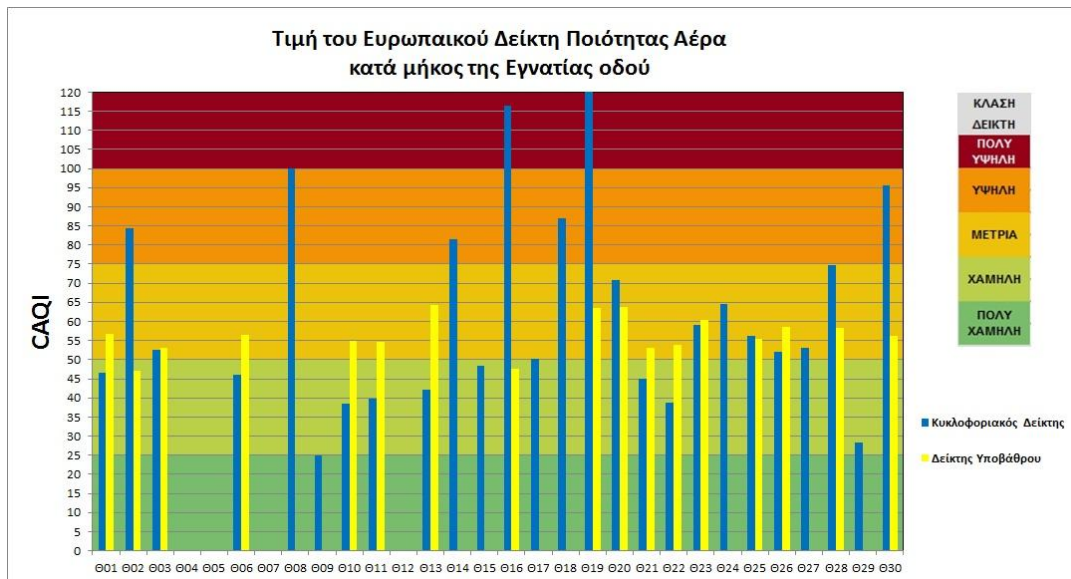
a/a	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Ιούνιο του έτους 2016 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Τα τμήματα της οδού στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των αέριων ρύπων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2. Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ01	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	Θ16	ΜΑΛΓΑΡΑ
Θ02	ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ	Θ17	ΧΑΛΑΣΤΡΑ
Θ03	ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ	Θ18	ΚΑΛΟΧΩΡΙ
Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ	Θ19	ΔΙΑΒΑΤΑ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ	Θ20	ΤΙΤΑΝ
Θ06	ΔΙΟ.ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ	Θ21	ΔΙΟΔΙΑ ΜΟΥΣΘΕΝΗΣ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ	Θ22	ΣΤΡ.ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ 424
Θ08	ΓΡΕΒΕΝΑ	Θ23	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ
Θ09	ΣΙΑΤΙΣΤΑ	Θ24	ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ
Θ10	ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ	Θ25	ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ
Θ11	ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ	Θ26	ΑΠΟΧΙΟΝ.ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ	Θ27	ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ
Θ13	ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑΣ	Θ28	ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ
Θ14	ΝΗΣΕΛΙ	Θ29	ΔΙΟΔΙΑ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
Θ15	ΚΛΕΙΔΙ	Θ30	ΑΠΟΧ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ

Παρακάτω εμφανίζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα του υπολογισμού του Ευρωπαϊκού Δείκτη από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το παρόν έργο. Η παραπάνω διαδικασία υπολογισμού του Ημερήσιου Ευρωπαϊκού δείκτη ποιότητας αέρα εφαρμόστηκε στις υπάρχουσες τιμές για όλες τις θέσεις μετρήσεων 1 έως 30 κατά μήκος της Εγνατίας οδού. Τα αποτελέσματα για τον κυκλοφοριακό δείκτη αλλά και τον δείκτη υποβάθρου φαίνονται συγκεντρωτικά στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα: Ο CAQI στις διάφορες θέσεις μέτρησης κατά μήκος της Εγνατίας Οδού

Οι θέσεις 004, 005, 007, 012 αντιστοιχούν σε σήραγγες ενώ για τις θέσεις 009, 015, 017, 018, 024, 027, 029 δεν έχουμε τιμές μετρήσεων των ρύπων από τους οποίους να προκύπτει ο δείκτης υποβάθρου. Οι τιμές του δείκτη φαίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας: Τιμές Ημερήσιου Δείκτη

ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΤΕΡΟΣ ΥΠΟΔΕΙΚΤΗΣ	ΘΕΣΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΕΠΙΚΡΑΤΗΣΤΕΡΟΣ ΥΠΟΔΕΙΚΤΗΣ
001	46.5	O3	016	>100	PM10
002	84.42	PM10	017	50.34	PM10
003	52.64	O3	018	87.1	PM10
004			019	>100	PM10
005			020	70.78	O3
006	45.94	O3	021	44.88	O3
007			022	38.65	O3
008	>100	PM10	023	59.2	O3
009	24.91	NO2	024	64.6	PM10
010	38.44	O3	025	56.16	PM2.5
011	39.78	O3	026	51.97	O3
012			027	53.18	PM10
013	42.23	O3	028	74.62	PM10
014	81.51	PM10	029	28.2	PM2.5
015	48.34	PM10	030	95.65	PM10

Στο μεγαλύτερο πλήθος των θέσεων μέτρησης η τιμή του δείκτη ρυθμίστηκε από την τιμή του υποδείκτη για τα PM10 με κάποιες εξαιρέσεις όπου επικράτησε αυτός των PM2.5, για τα οποία υπήρξαν οι μεγαλύτερες υπερβάσεις ορίων.

Ο δείκτης παρουσίασε πολύ υψηλή τιμή στις θέσεις Θ08 ΓΡΕΒΕΝΑ, Θ16 ΜΑΛΓΑΡΑ, Θ19 ΔΙΑΒΑΤΑ ~11%, των θέσεων, ενώ η τιμή του ήταν υψηλή στις θέσεις Θ02 ΕΛΕΥΘΕΡΟΧΩΡΙ, Θ14 ΝΗΣΕΛΙ Θ18 ΚΑΛΟΧΩΡΙ και Θ30 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ ~15% των θέσεων. Στο 33% των θέσεων ο δείκτης είχε τιμή μέτρια και επίσης 33% ήταν το ποσοστό των θέσεων με χαμηλή τιμή δείκτη. Σε μία μόνο θέση ο δείκτης παρουσίασε τιμή πολύ χαμηλή.

Όσον αφορά τον δείκτη υποβάθρου ο οποίος στηρίζεται κυρίως στις τιμές όζοντος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε πολλές από τις θέσεις μέτρησης βρέθηκε να υπερτερεί σε σχέση με τον κυκλοφοριακό δείκτη. Οι υψηλές αυτές τιμές όζοντος είναι αναμενόμενες λόγω της έντονης ηλιοφάνειας που επικρατούσε τον μήνα λήψης των μετρήσεων. Οι τιμές του όζοντος στις θέσεις μέτρησης ήταν σχετικά υψηλές και άνω των υπάρχοντων ορίων στις θέσεις Θ01 ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ, Θ03 ΔΙΟΔΙΑ ΤΥΡΙΑ, Θ06 ΔΙΟΔΙΑ ΜΑΛΑΚΑΣΙΟΥ, Θ10 ΚΟΙΛΑ ΚΟΖΑΝΗΣ, Θ11 ΔΙΟΔΙΑ ΠΟΛΥΜΥΛΟΥ, Θ13 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΒΕΡΟΙΑ, Θ17 ΧΑΛΑΣΤΡΑ, Θ20 ΤΙΤΑΝ, Θ23 ΑΠΟΧΙΟΝ. ΔΕΡΒΕΝΙ, Θ24 ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ, Θ25 ΔΙΟΔΙΑ ΑΝΑΛΗΨΗΣ, Θ26 ΑΠΟΧΙΟΝ ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑΣ, Θ27 ΑΣΠΡΟΒΑΛΤΑ, Θ28 ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ ΚΑΒΑΛΑΣ.

Μεταδεδομένα

Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Πλέγμα Υπολογισμού

Πλέγμα υπολογισμού CAQI

Κλάση Δείκτη	Πλέγμα	Κυκλοφοριακός Δείκτης														Δείκτης Υποβάθρου					
		Πρωτεύοντες Ρύποι							Δευτερεύοντες Ρύποι							Πρωτεύοντες Ρύποι				Δευτερεύοντες Ρύποι	
		PM10		PM2.5		CO	PM10		O3	PM2.5		CO	SO2								
		NO2	1 hour	24 hours	1 hour		24 hours	NO2		1 hour	24 hours			1 hour	24 hours						
Πολύ Υψηλή	>100	>400	>180	>100	>110	>60	>20000	>400	>180	>100	>240	>110	>60	>20000	>500						
Υψηλή	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500						
	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350						
Μέτρια	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350						
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100						
Χαμηλή	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100						
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50						
Πολύ Χαμηλή	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50						
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						

NO₂, O₃, SO₂: ωριαίες τιμές/ μέγιστες ωριαίες τιμές σε μg/m³

CO: κυλιόμενη μέση τιμή οκταώρου/ μέγιστες ημερήσιες κυλιόμενες τιμές οκταώρου σε μg/m³

PM₁₀: ωριαία τιμή/ ημερήσια τιμή σε μg/m³

Τιμή δείκτη μεγαλύτερη από 100 δεν υπολογίζεται, αλλά αναφέρεται ως >100.

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV04: ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης προσδιορίζει τον αριθμό των υπερβάσεων των επιτρεπτών ορίων συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO), μονοξειδίου του αζώτου (NO), διοξειδίου του αζώτου (NO₂), αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) και μαύρου άνθρακα (BC) εντός των σηράγγων. Η υπέρβαση αυτών των επιτρεπτών ορίων έχει επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ο δείκτης σχετίζεται με το ζήτημα του αποτελεσματικού αερισμού των σηράγγων που τίθεται ως όρος από τις σχετικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αέριων ρυπαντών από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για τους αέριους ρύπους που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

α/α	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι
1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
2	Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)
3	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)
4	Όζον (O ₃)
5	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀
6	Αιωρούμενα σωματίδια PM _{2.5}
7	Μαύρος άνθρακα BC

Πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις κατά τον μήνα Ιούνιο του έτους 2016 σε 26 θέσεις ανοικτής οδοποιίας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, οι αέριοι ρύποι που παρακολούθηθηκαν και τα αντίστοιχα τμήματα της οδού, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

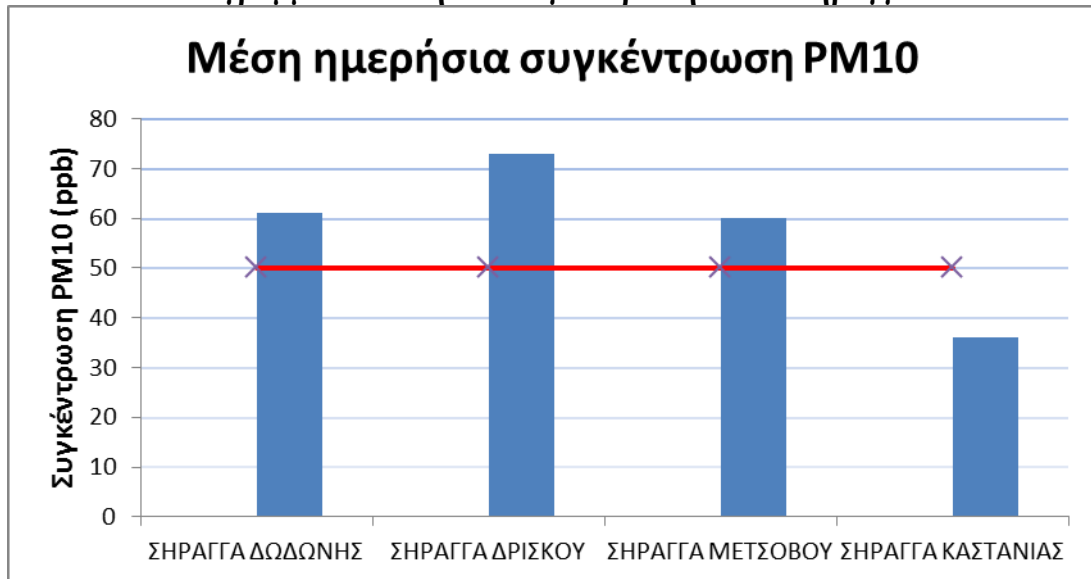
Πίνακας 2. Τμήματα στα οποία πραγματοποιήθηκαν 24ωρες μετρήσεις

Θ04	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ
Θ05	ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΡΙΣΚΟΥ
Θ07	ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ
Θ12	ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ

Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀) : Οι μετρήσεις σκόνης εκτελέστηκαν για 24 ώρες σε κάθε γεωγραφική θέση. Κατά τη δειγματοληψία διεξήχθησαν προσπάθειες ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικές (θέση δειγματοληψίας, φορά αέρα). Τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν το ημερήσιο όριο των 50 μg/m³ στις θέσεις: Θ04 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΩΔΩΝΗΣ (61 μg/m³), , Θ05 ΣΗΡΑΓΓΑ

ΔΡΙΣΚΟΥ ($73 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Θ07 ΣΗΡΑΓΓΑ ΜΕΤΣΟΒΟΥ ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Σχετικά υψηλή ήταν και η τιμή στην θέση Θ12 ΣΗΡΑΓΓΑ ΚΑΣΤΑΝΙΑΣ ($36 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Το διάγραμμα που ακολουθεί είναι αντιπροσωπευτικό.

Διάγραμμα 1. Μέση 24h συγκέντρωση PM10 σήραγγων



Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO): Σε καμία θέση οι μετρήσεις Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) δεν πλησιάζουν το όριο των 7000 ppb μέγιστη τιμή 15 λεπτών ούτε αυτό των 20000ppb μέση ημερήσια τιμή οκταώρου (ορισμένες από την Παγκόσμια Ένωση Οδικών Μεταφορών -PIARC) καθότι καμία 5λεπτη καταγραφή δεν αποτυπώνει έξαρση άνω των 4318 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου.

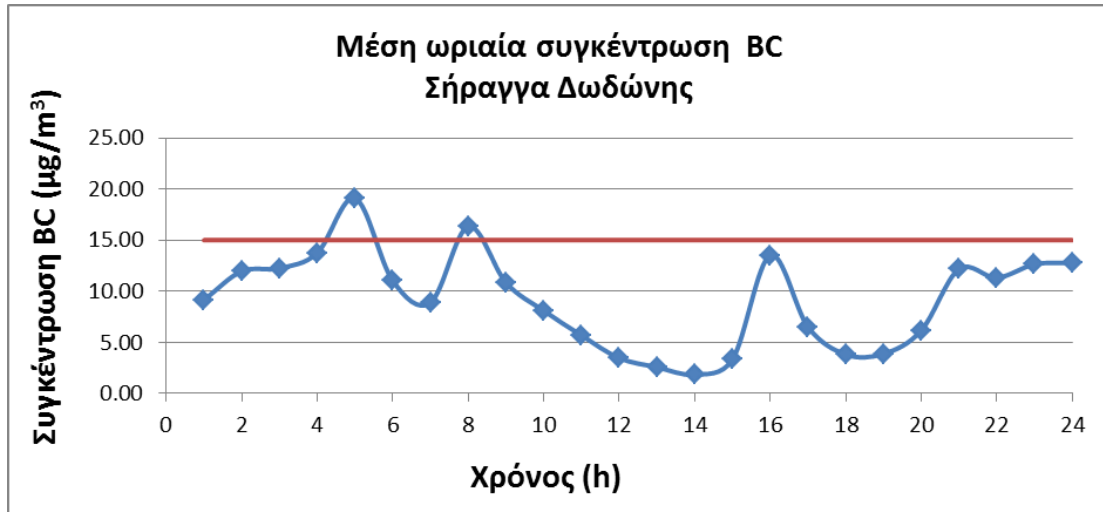
Μονοξειδίο του Αζώτου (NO): Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 10000ppb στο οποίο ενεργοποιείται το σύστημα εξαερισμού της σήραγγας. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου με μέγιστη καταγραφή στα 514 ppb.

Διοξειδίο του Αζώτου (NO₂): Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Αζώτου (NO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 1000 ppb. Όλες οι μετρήσεις βρίσκονταν πολύ κάτω του ορίου με μέγιστη καταγραφή στα 209 ppb.

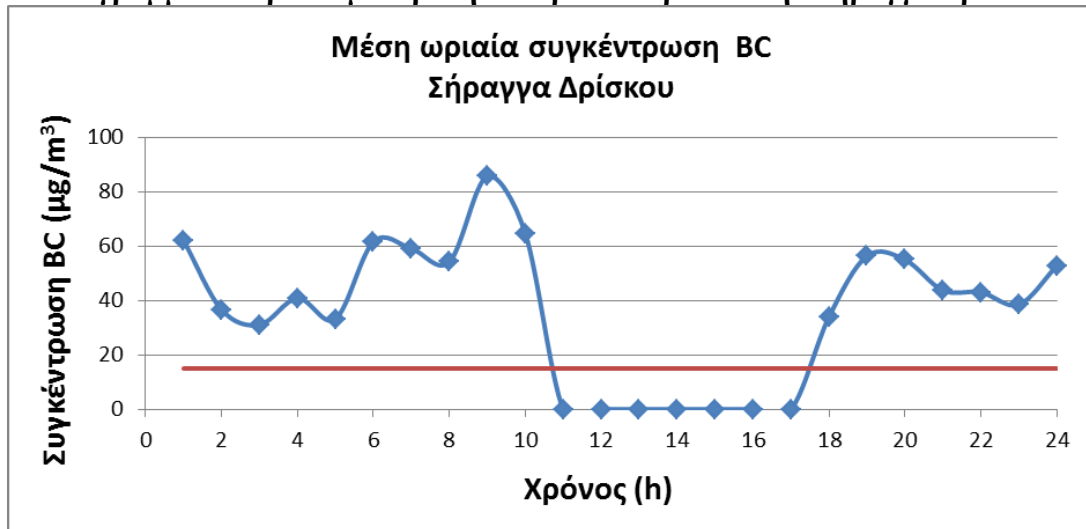
Διοξειδίο του Θείου (SO₂): Σε καμία σήραγγα οι τυπικές μετρήσεις Διοξειδίου του Θείου (SO₂) δεν ξεπερνούν το όριο των 272 ppb μέγιστη τιμή 10 λεπτού ούτε αυτό των 218 ppb μέγιστη ωριαία τιμή μιας και η μέγιστη καταγραφή 5 λεπτού ήταν 33 ppb. Δεν υπήρχε μέτρηση για την σήραγγα Καστανιάς.

Μαύρος Άνθρακας (BC): Για τον Μαύρο άνθρακα το όριο που χρησιμοποιήθηκε είναι τα 15-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέση ωριαία τιμή. Μετρήσεις πάρθηκαν για όλες τις σήραγγες εκτός από αυτή της Καστανιάς και τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τιμές οι οποίες υπερβαίνουν κατά πολύ το ημερήσιο όριο στις σήραγγες Δρίσκου και Μετσόβου. Οι μετρήσεις φαίνονται στα διαγράμματα που ακολουθούν:

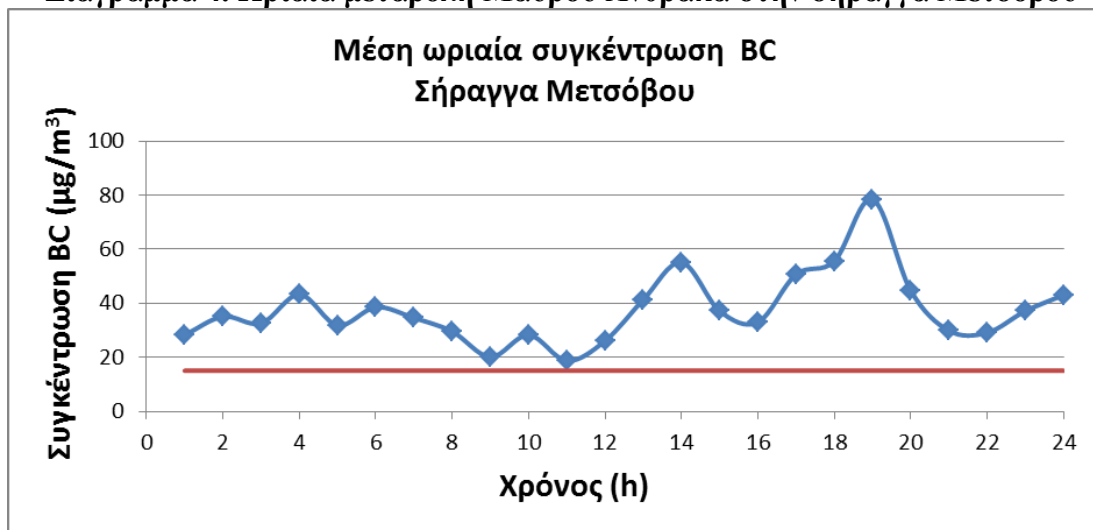
Διάγραμμα 2. Ωριαία μεταβολή Μαύρου Άνθρακα στην σήραγγα Δωδώνης



Διάγραμμα 3. Ωριαία μεταβολή Μαύρου Άνθρακα στην σήραγγα Δρίσκου



Διάγραμμα 4. Ωριαία μεταβολή Μαύρου Άνθρακα στην σήραγγα Μετσόβου



Συμπερασματικά σχετικά με τα αποτελέσματα θα πρέπει να αναφερθεί ότι:

Δεν υπάρχει κάποια ανησυχία όσον αφορά τους ρύπους μονοξείδιο το άνθρακα (CO), μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου (NO, NO₂), διοξείδιο του θείου (SO₂), καθότι οι συγκεντρώσεις αυτών είναι πολύ χαμηλότερες των προτεινόμενων επιτρεπτών ορίων. Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων βρέθηκαν πολύ υψηλές σχεδόν στο σύνολό τους καθώς και οι τιμές συγκέντρωσης του μαύρου άνθρακα στις σήραγγες όπου έγινε δειγματοληψία.

ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πηγές

Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης των αέριων ρυπαντών και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διεξήχθησαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Νομοθεσία

Τα όρια που προτείνει η Παγκόσμια Ένωση Οδικών Μεταφορών - PIARC αλλά και άλλες οργανώσεις παρατίθενται στη συνέχεια.

Ρύπος	Οριακή τιμή	Περίοδος	Νομικό καθεστώς - Σχόλια
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	80 mg/m³ ή 70 ppm	Μέγιστη 15λεπτη τιμή	PIARC 2010
	23 mg/m³ ή 20 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	PIARC 2010, για εργαζόμενους εντός
	40 mg/m ³ ή 35 ppm	Μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή	US (NIOSH)
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	712 µg/m³ ή 272 ppb	Μέγιστη 10λεπτη τιμή	NSW-EPA
	570 µg/m³ ή 218 ppb	Μέγιστη ωριαία τιμή	NSW-EPA
Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	1880 µg/m³ ή 1 ppm		PIARC, NIOSH
	0.2-2.8 µg/m ³ ή 0.11-1.5 ppm	Αναγωγή στην 1 ώρα	Νορβηγία, Σουηδία, Βέλγιο, Γαλλία, WHO, NSW-EPA
Σωματίδια (PM ₁₀)	50 µg/m³	Μέση ημερήσια τιμή	NSW-EPA
Μαύρος Άνθρακα (BC)	15-20 µg/m³	Μέση ωριαία τιμή	Εμπειρικά, αντιστοιχεί σε μέγιστες συγκεντρώσεις σε επεισόδια αιθαλομίχλης



Ετήσια δελτία Δεικτών ENV02.3, ENV02.4 και ENV02.5

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.3: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης προσδιορίζει την επίπτωση στην Περιφερειακή ρύπανση και βασίζεται στα αποτελέσματα προσομοιώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων με τρισδιάστατο σύστημα μοντέλων ποιότητας του αέρα. Ο δείκτης σχετίζεται με την επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στην Βόρεια Ελλάδα και συγκεκριμένα στις μέσες συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), οξειδίων του αζώτου (NO_x), διοξειδίου του θείου (SO₂), αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) και (PM_{2.5}).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

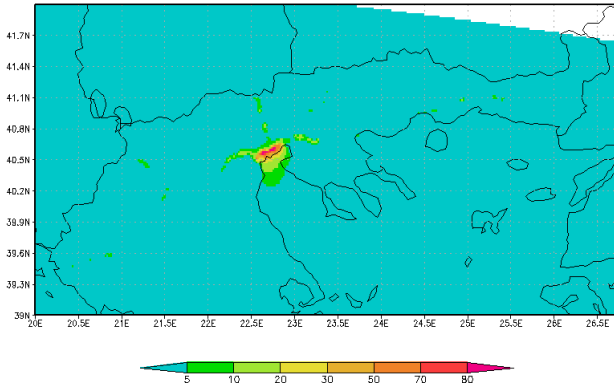
Η μελέτη της επίδρασης της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας σε Περιφερειακή Κλίμακα πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή του συστήματος μοντέλων που αποτελείται από το μετεωρολογικό μοντέλο Weather Research and Forecast - Advanced Research Weather (WRF) και το μοντέλο ποιότητας της ατμόσφαιρας Comprehensive Air quality Model with extensions (CAMx).

Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε σε κάθε κυψελίδα του πλέγματος η επί τοις εκατό (%) μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης του κάθε ρύπου σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

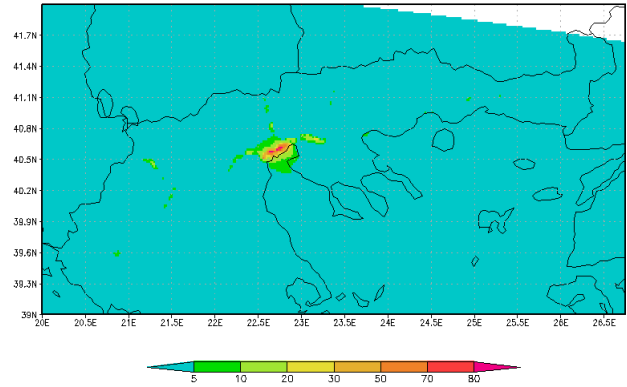
$$(\%) \text{ Μεταβολή της μέσης συγκέντρωσης του ρύπου} = \frac{(\text{Μέση συγκέντρωση του ρύπου (Scenario_with_Egnatia)} - \text{Μέση συγκέντρωση του ρύπου (Scenario_without_Egnatia)})}{\text{Μέση συγκέντρωση του ρύπου (Scenario_with_Egnatia)}}$$

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των ρύπων για τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο σύμφωνα με την παραπάνω σχέση. Τα σχήματα εστιάζουν στην Βόρεια Ελλάδα καθώς στην περιοχή αυτή εντοπίζεται κυρίως η επίδραση των εκπομπών της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της Ελλάδας.

% Difference in Average NO_x Levels – First model layer
January

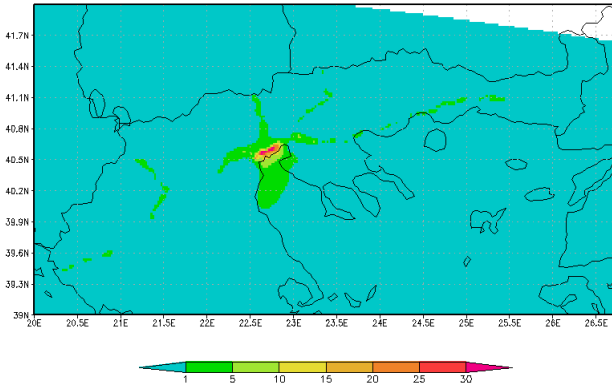


% Difference in Average NO_x Levels – First model layer
July

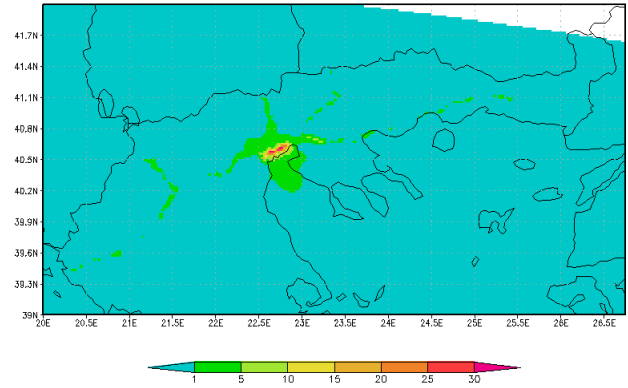


Σχήμα 1: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των NO_x τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.

% Difference in Average CO Levels – First model layer
January

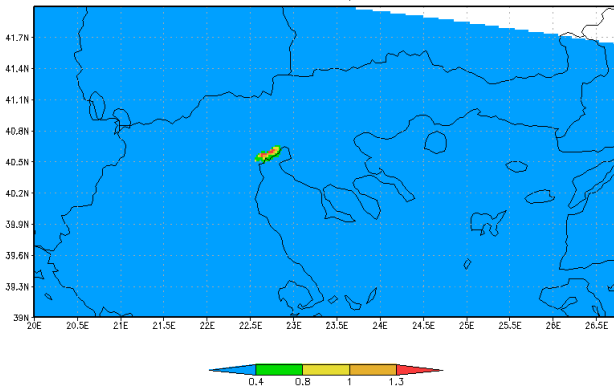


% Difference in Average CO Levels – First model layer
July

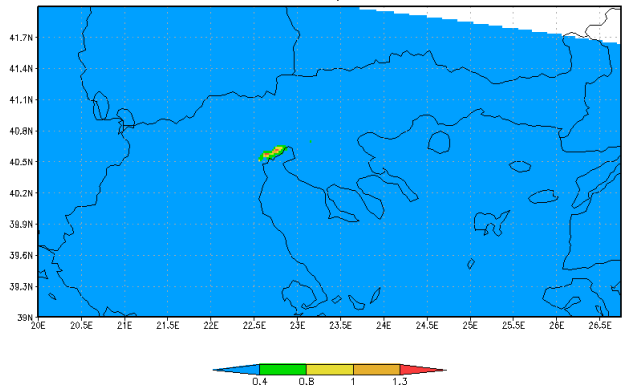


Σχήμα 2: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις του CO τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.

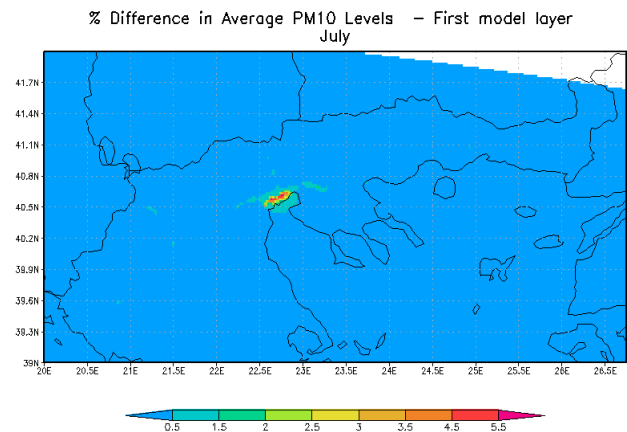
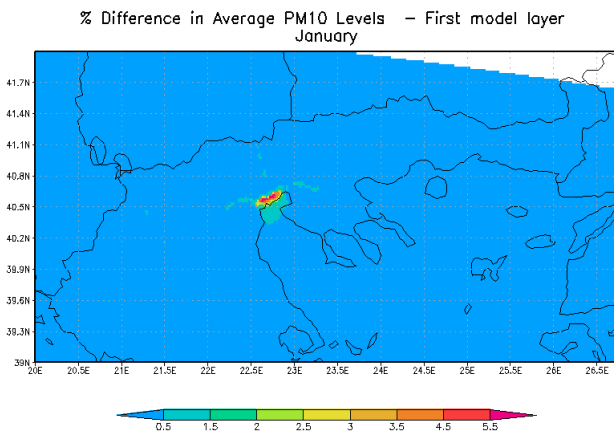
% Difference in Average SO₂ Levels – First model layer
January



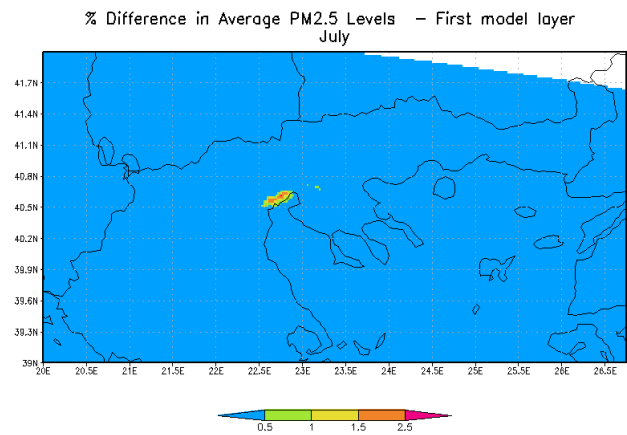
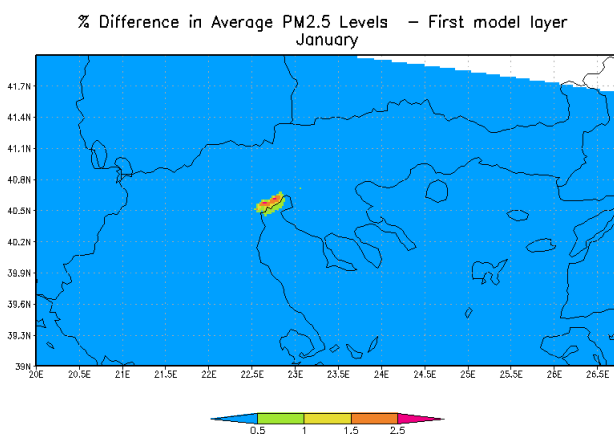
% Difference in Average SO₂ Levels – First model layer
July



Σχήμα 3: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις του SO₂ τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.



Σχήμα 4: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των PM10 τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.



Σχήμα 5: Χάρτες απεικόνισης των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των PM2.5 τους μήνες Ιανουάριο και Ιούλιο εξαιτίας της Εγνατίας Οδού.

Οξείδια του Αζώτου (NO_x): Στο μεγαλύτερο μέρος της Εγνατίας Οδού υπολογίζονται αυξήσεις των μέσων συγκεντρώσεων των NO_x που δεν ξεπερνούν το 5%. Σε επιμέρους τμήματα της Οδού στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης εμφανίζονται μεγαλύτερες αυξήσεις που μπορεί να κυμαίνονται μεταξύ 10% και 20%. Στο τμήμα της Εγνατίας Οδού δυτικά της Θεσσαλονίκης υπολογίστηκαν σημαντικές αυξήσεις στις μέσες τιμές των NO_x που ξεπερνούν το 80%.

Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO): Στο σύνολο σχεδόν της Εγνατίας Οδού υπολογίζονται αυξήσεις των μέσων συγκεντρώσεων του CO που δεν ξεπερνούν το 5%. Στο τμήμα της Εγνατίας Οδού δυτικά της Θεσσαλονίκης υπολογίστηκαν σημαντικές αυξήσεις στις μέσες τιμές CO που φτάνουν το 35%.

Διοξείδιο του Θείου (SO₂): Παρατηρείται πάρα πολύ μικρή επίδραση της Εγνατίας Οδού στη Βόρεια Ελλάδα.

Αιωρούμενα Σωματίδια PM₁₀, PM_{2.5}: Παρατηρείται μικρή επίδραση της Εγνατίας Οδού στη Βόρεια Ελλάδα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το τμήμα της Εγνατίας Οδού στην δυτική είσοδο της Θεσσαλονίκης ταυτίζεται με την Εθνική Οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Η διάκριση των οχημάτων, και φυσικά των εκπομπών τους, που εξυπηρετούνται ξεχωριστά από την Εγνατία Οδό και από την Εθνική Οδό δεν είναι δυνατή. Τα αποτελέσματα συνεπώς της παρούσας μελέτης σχετικά με την επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στην συγκεκριμένη περιοχή ενδέχεται να είναι υπερεκτιμημένα καθώς περιλαμβάνουν και την επίδραση των εκπομπών των οχημάτων που κινούνται κατά μήκος της Εθνικής Οδού Αθηνών-Θεσσαλονίκης.

Ο δείκτης ENV02.3 ορίζεται ως το 98ο εκατοστημόριο των % μεταβολών στις μέσες συγκεντρώσεις των ρύπων στην Βόρεια Ελλάδα εξαιτίας των εκπομπών ρύπων από οδικές μεταφορές στην Εγνατία Οδό. Οι τιμές του δείκτη για τους διάφορους ρύπους και χρονικές περιόδους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Επίδραση της Εγνατίας Οδού στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στην Βόρεια Ελλάδα με χρήση αριθμητικών μοντέλων.

Χρονική περίοδος (έτος αναφοράς 2014)*	98 ^ο εκατοστημόριο της % μεταβολής της μέσης συγκέντρωσης του ρύπου				
	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
Ιανουάριος	1.07	2.95	0.05	0.19	0.08
Ιούλιος	1.01	2.79	0.04	0.18	0.08

*Μετεωρολογία του έτους 2012 και ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων του έτους 2014.

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει πως η επίδραση της Εγνατίας Οδού στην σύσταση της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη για τις συγκεντρώσεις των NO_x. Το ανώτερο 2% των μεταβολών των μέσων συγκεντρώσεων των NO_x λόγω των εκπομπών ρύπων από την οδική κυκλοφορία στην Εγνατία οδό αφορά σε ποσοστιαίες μεταβολές που είναι μεγαλύτερες από ~3%.

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.4: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης προσδιορίζει τις συνολικές ετήσιες εκπομπές του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), πτητικών οργανικών ενώσεων εκτός μεθανίου (NMVOCs), οξειδίων του αζώτου (NO_x), διοξειδίου του θείου (SO₂), αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) και (PM_{2.5}), οι οποίες οφείλονται στις οδικές μεταφορές στην Εγνατία οδό. Ο δείκτης σχετίζεται με την διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας σχετικά με τις ποσότητες των εκπεμπόμενων ρύπων από τις οδικές μεταφορές οι οποίες αποτελούν το σημαντικότερο ποσοστό των αέριων ρύπων που εκπέμπονται από το σύνολο των μεταφορών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

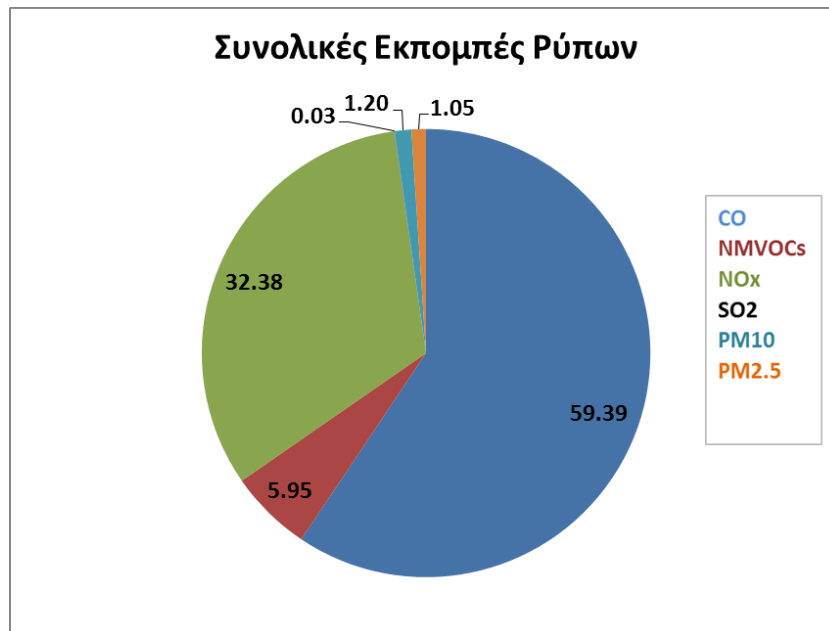
Ο υπολογισμός των συνολικών εκπομπών για την Ελλάδα βασίστηκε στον οδηγό για την απογραφή εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων EMEP/EEA (EEA 2013) όπου περιγράφεται μια κλιμακωτή μεθοδολογία για την πραγματοποίηση των υπολογισμών. Οι εκπομπές που οφείλονται στις οδικές μεταφορές υπολογίστηκαν με την χρήση της μεθοδολογίας COPERT 4 (κλίμακα 3) όπου γίνεται χρήση τεχνικών δεδομένων (συντελεστές εκπομπών) αλλά και δεδομένων δραστηριότητας (συνολικά Km οχημάτων).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συνολικών ετήσιων εκπομπών ανά ατμοσφαιρικό ρύπο.

Πίνακας 1: Ετήσιες εκπομπές ρύπων από τις οδικές μεταφορές στην Εγνατία Οδό (Εγνατία Οδός και κάθετοι άξονες) για το έτος 2012

α/α	Ρύπος	Ετήσιες Εκπομπές (tn/έτος)
1	CO	3019.68
2	NMVOCs	302.69
3	NO _x	1646.18
4	SO ₂	1.58
5	PM ₁₀	60.95
6	PM _{2.5}	53.13

Διάγραμμα 1. Ποσοστά εκπομπών ανά ρύπο



Είναι φανερό ότι το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των ρυπαντών το αποτελεί το μονοξείδιο του άνθρακα φτάνοντας στο 59.39% του συνόλου περίπου, με δεύτερο τα οξείδια του αζώτου στο 32.38%. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εκτός μεθανίου (NMVOCs) 5.95%, το διοξείδιό του θείου (SO₂) 0,03% και τα αιωρούμενα σωματιδίων (PM₁₀) 1,2% και (PM_{2.5}) 1,05% αποτελούν μικρά ποσοστά του συνόλου των ατμοσφαιρικών ρύπων.

ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πηγές

Οδηγός απογραφής εκπομπών αέριων ρυπαντών EMEP/EEA 2013

<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ENV02.5: ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

ΟΡΙΣΜΟΣ – ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ

Ο δείκτης υπολογίζει το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα και αποδίδει βαθμό συμβολής των λειτουργικών δραστηριοτήτων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή. Ένα ανθρακικό αποτύπωμα μετριέται σε τόνους ισοδύναμου του διοξειδίου του άνθρακα (tCO₂e). Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e) επιτρέπει τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους σε μια βάση υπολογισμού η οποία ως μονάδα μέτρησης έχει τη μια μονάδα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Το CO₂e (ισοδύναμο) υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε τις εκπομπές καθενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου με το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη εντός περιόδου 100 ετών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ

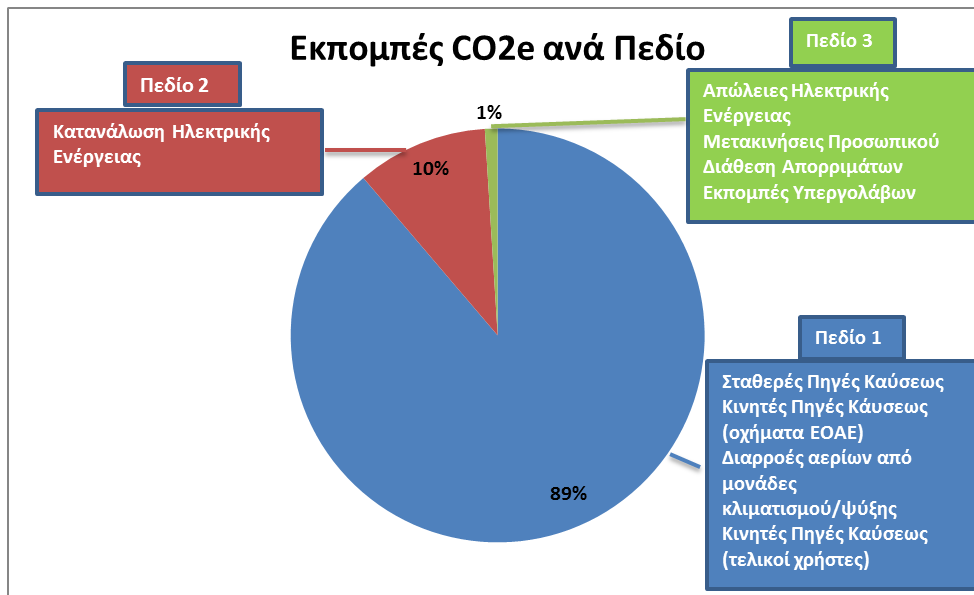
Ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος βασίστηκε σε ειδική ηλεκτρονική πλατφόρμα/μοντέλο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ισοδύναμα των διαφόρων πηγών ρύπων ανά πεδίο καθώς και το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα.

Πίνακας 1. Ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα

Εκπομπές Πεδίου 1		Εκπομπές Πεδίου 2		Εκπομπές Πεδίου 3	
	tCO ₂ e		tCO ₂ e		tCO ₂ e
Σταθερές Πηγές Καύσεως	377.57	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας	61579.67	Απώλειες Ηλεκτρικής Ενέργειας	1847.39
Κινητές Πηγές Καύσεως (Οχήματα ΕΟΑΕ)	157.31			Μετακινήσεις Προσωπικού	451.89
Διαρροές αερίων από μονάδες κλιματισμού/ψύξης	114.34			Διάθεση Απορριμμάτων	55.06
Κινητές Πηγές Καύσεως (Τελικοί Χρήστες)	532825.60			Εκπομπές Υπεργολάβων	3602.66
Σύνολο	533474.82	Σύνολο	61579.67	Σύνολο	5956.99
ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ:	ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ	601011.48	tCO₂e		

Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζονται γραφικά οι ποσοστιαίες συνεισφορές των διαφόρων πηγών ανά πεδίο στο συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα.

Διάγραμμα 1. Ποσοστιαία συνεισφορά των διαφόρων πηγών



Είναι εμφανές από το παραπάνω διάγραμμα ότι η συνεισφορά των πηγών εκπομπών του Πεδίου 1 υπερτερεί, αποτελώντας το 89% του συνολικού ανθρακικού αποτυπώματος. Πιο αναλυτικά το 0,062% οφείλεται στις σταθερές πηγές καύσεως, το 0,019% στις διαρροές αερίων από μονάδες κλιματισμού/ψύξης, το 0,026% στις κινητές πηγές καύσεως (οχήματα ΕΟΑΕ) και το 88,7% στις κινητές πηγές καύσεως (τελικοί χρήστες). Θα μπορούσαμε εύκολα να πούμε ότι σχεδόν το σύνολο της συνεισφοράς των πηγών του πεδίου 1 είναι οι κινητές πηγές καύσεως των τελικών χρηστών.

Οι εκπομπές οφειλόμενες στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν περίπου το 10% της συνεισφοράς στο συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα. Ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 1% αποτελούν οι πηγές του πεδίου 3 με σημαντικότερες τις εκπομπές από τις απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας 0,3% και τις εκπομπές υπερβολών 0,6%.

ΜΕΤΑΔΕΔΟΜΕΝΑ

Πηγές

Χρησιμοποιήθηκε η Ηλεκτρονική Πλατφόρμα για τον υπολογισμό του Ανθρακικού Αποτυπώματος και οι συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 2. Σύνοψη Πηγών και αντίστοιχων Συντελεστών Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου

Καύσιμο	Συντελεστής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου			Πηγή
	tCO ₂ e/t υγρά/στερεά καύσιμα	tCO ₂ e/m ³ υγρά/αέρια καύσιμα	tCO ₂ e/MWh ηλεκτρική ενέργεια	
Πετρέλαιο θέρμανσης (ντίζελ)	3.205	2.692		IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories

Πετρέλαιο κίνησης (ντίζελ)	3.205	2.692		IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories
Αμόλυβδη βενζίνη	3.089	2.286		IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories
LPG	2.992	1.616		IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories
Φυσικό Αέριο		0.002		IPCC 2006 Guidelines for National GHG Inventories
Πετρέλαιο κίνησης (ντίζελ)	3.165			DEFRA 2015
Αμόλυβδη βενζίνη	2.985			DEFRA 2015
LPG		1.502		DEFRA 2015
Πετρέλαιο θέρμανσης (ντίζελ)	3.177			IEA 2014
Πετρέλαιο κίνησης (ντίζελ)	3.177			IEA 2014
Αμόλυβδη βενζίνη	3.074			IEA 2014
LPG	2.917			IEA 2014
Πετρέλαιο θέρμανσης (ντίζελ)	3.140			greenpeace
Λιγνίτης (Ηλεκτροπαραγωγή)			1.51	ΔΕΗ 2015
Φυσικό Αέριο (Ηλεκτροπαραγωγή)			0.40	ΔΕΗ 2015
Πετρέλαιο (Ηλεκτροπαραγωγή)			0.76	ΔΕΗ 2015
Μέσος συντελεστής (Θερμικά κ ΑΠΕ)			1.12	ΔΕΗ 2015
Κατηγορία Οχήματος	Συντελεστής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου			Πηγή
	kgCO ₂ e/vk m All GR	kgCO ₂ e/vk m Motorway GR	kgCO ₂ e/vk m All UK	
Δίκυκλα (50cc - 1000cc)	0.0906	0.1306		TREMOVE
Δίκυκλα (50cc - 1000cc)			0.1167	DEFRA 2014
I.X. Επιβατικά (αμόλυβδη)	0.1843	0.1863		TREMOVE
I.X. Επιβατικά (αμόλυβδη)			0.1932	DEFRA 2014
Βαν - ελαφρύ φορτηγό (αμόλυβδη)	0.2185	0.2373		TREMOVE
Βαν - ελαφρύ φορτηγό (αμόλυβδη)			0.21	DEFRA 2014
I.X. Επιβατικά (ντίζελ)	0.1763	0.1864		TREMOVE
I.X. Επιβατικά (ντίζελ)			0.1836	DEFRA 2014

Λεωφορεία (ντίζελ)	0.5651	0.5281		TREMOVE
Λεωφορεία (ντίζελ)			-	DEFRA 2014
Βαν - ελαφρύ φορτηγό (ντίζελ)	0.2104	0.2994		TREMOVE
Βαν - ελαφρύ φορτηγό (ντίζελ)			0.2491	DEFRA 2014
ΦΒΧ (3.5-7.5 tn) ντίζελ	0.2598	0.2849		TREMOVE
ΦΒΧ (3.5-7.5 tn) ντίζελ	0.5881		0.5411 xoris	DEFRA 2014
ΦΒΧ (7.5-16 tn) ντίζελ	0.4308	0.4175		TREMOVE
ΦΒΧ (7.5-16 tn) ντίζελ	0.7396		0.6471 xoris	DEFRA 2014
ΦΒΧ (16-32 tn) ντίζελ	0.7159	0.6392		TREMOVE
ΦΒΧ (16-32 tn) ντίζελ	0.9489		0.7781 xoris	DEFRA 2014
ΦΒΧ (>32 tn) ντίζελ	0.8661	0.7699		TREMOVE
ΦΒΧ (>32 tn) ντίζελ	0.9285		0.6964 xoris	DEFRA 2014
I.X. Επιβατικά (LPG)	0.1703			TREMOVE
I.X. Επιβατικά (LPG)			0.2072	DEFRA 2014
Είδος μετακίνησης	Συντελεστής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου			Πηγή
	kgCO ₂ e/km			
Μετακίνηση αεροπλάνο (εγχώρια πτήση)	0.29316			DEFRA 2014
Μετακίνηση αεροπλάνο (πτήση εξωτερικού έως 3700km)	0.15835			DEFRA 2014
Επιβατικό πλοίο	0.1161			DEFRA 2014
Μέσο επιβατικό αυτοκίνητο	0.18546			DEFRA 2014
Είδος απορριμμάτων	Συντελεστής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου			Πηγή
	kgCO ₂ e/tn			
Χαρτί	553.00			DEFRA 2014
Πλαστικό	34.08			DEFRA 2014
Γυαλί	25.78			DEFRA 2014
Ξύλο	2.00			DEFRA 2014
Μέταλλο	851.00			DEFRA 2014
Διάφορα Αστικά Απορρίμματα	289.83			DEFRA 2014

Διάφορα Ανακυκλώσιμα	21.00	DEFRA 2014
Λάδια	21.00	DEFRA 2014
Λάστιχα	21.00	DEFRA 2014
Scrap μέταλλα	21.00	DEFRA 2014
Λάδια	21.00	DEFRA 2014
ΑΗΗΕ	21.00	DEFRA 2014
Υλικά κατασκευής	Συντελεστής εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	Πηγή
	kgCO ₂ e/tn	
Οπλισμένο σκυρόδεμα	134.81	DEFRA 2014
Χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος - Χαλύβδινο δομικό πλέγμα	4768.86	DEFRA 2014
Άσφαλτος	39.21	DEFRA 2014



