



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΘΕΜΑ

Χωροχρονική εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της πόλης του Βόλου



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΟΒΑΤΑ ΣΠΥΡΙΔΩΝ (47998)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δρ. ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2022

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

α/α	Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
1	ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ	
2	ΝΤΟΥΡΟΥ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ	
3	ΤΣΙΤΣΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΠΡΟΒΑΤΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ του ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΠΥΡΙΔΩΝ με αριθμό μητρώου 47998 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών


Προβάτας Σπυρίδων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική εργασία διεξήχθη στο πλαίσιο του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Με την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας ολοκληρώνεται ένας κύκλος σπουδών, για την επιτυχή έκβαση του οποίου οφείλω να ευχαριστήσω τον κ. Μουστρή Κωνσταντίνο όπου ήταν επιβλέπωντας της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγησή του, καθώς και την επικοινωνιακή συνεργασία που μου παρείχε.

Την παρούσα διπλωματική εργασία την αφιερώνω στην οικογένειά μου, για την υπομονή και την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία, θα γίνει μελέτη της χωροχρονικής διακύμανσης των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ευρύτερη περιοχή της πόλης του Βόλου την περίοδο 2001-2020. Για το σκοπό αυτό, θα αντληθούν σχετικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης του υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Η μελέτη έχει ως στόχο να διερευνήσει τις τάσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου και να προτείνει παραπέρα μέτρα και δράσεις που θα μπορούσαν να βελτιώσουν την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος της πόλης.

SUMMARY

In this dissertation, a study of the spatio-temporal variation of air pollutants in the wider area of the city of Volos in the period 2001-2020. For this purpose, relevant data will be extracted from the air pollution database of the Ministry of Environment and Energy. The aim of the study is to investigate the trends of air pollution during the last two decades in the wider area of Volos and to propose further measures and actions that could improve the quality of its air environment.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....	2
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
SUMMARY.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: «Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ».....	7
1.1 Η δομή της ατμόσφαιρας.....	7
1.2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι.....	8
1.3 Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: «ΚΥΡΙΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ».....	11
2.1 Όζον (O ₃).....	11
2.1.1 Χημική ιδιότητα όζοντος.....	12
2.1.2 Επιπτώσεις του όζοντος.....	12
2.1.3 Πρόληψη.....	14
2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	15
2.2.1 Δομή του μονοξειδίου του άνθρακα.....	16
2.2.2 Τοξικότητα του μονοξειδίου του άνθρακα.....	16
2.2.3 Επιπτώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα.....	17
2.2.4 Πρόληψη.....	17
2.3 Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂).....	19
2.3.1 Επιπτώσεις του διοξειδίου του αζώτου.....	19
2.3.2 Παραγωγή του διοξειδίου του αζώτου.....	20
2.4 Διοξείδιο του θείου (SO ₂).....	21
2.4.1 Χρήσεις διοξείδιο του θείου.....	22
2.4.2 Επιπτώσεις του διοξειδίου του θείου.....	22

2.4.3 Πρόληψη.....	23
2.5 Μικροσωματίδια PM10.....	24
2.5.1 Προέλευση σωματιδίων PM10.....	25
2.5.2 Επιπτώσεις σωματιδίων PM10.....	25
2.5.3 Πρόληψη.....	27
2.6 Νομοθεσία σχετικά με την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: «ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ».....	31
3.1 Τρόπος προσέγγισης και παραδοχές.....	31
3.1.1 Μετρούμενοι ρύποι.....	31
3.2 Βήματα μεθοδολογίας.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: «ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΡΥΠΟ».....	37
4.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	37
4.2 Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	41
4.3 Διοξείδιο του θείου (SO ₂).....	45
4.4 Όζον (O ₃).....	48
4.5 Μικροσωματίδια PM10.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: «ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ».....	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρούμε κάθε ουσία η οποία υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα. Οι ουσίες αυτές εάν βρίσκονται σε υψηλή συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην δομή της και κατ' επέκταση διάφορες επιπτώσεις στον άνθρωπο και φυσικά σε ολόκληρο το οικοσύστημα.[1]

Επειδή είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τα επίπεδα συγκεντρώσεων των ρύπων το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) υπάρχει δίκτυο με σταθμούς σε πολλές πόλεις και περιοχές της Ελλάδας, έτσι ώστε να γίνεται καταγραφή των συγκεντρώσεων αυτών. Κάθε τέλος του χρόνου δημοσιεύεται από το ΥΠΕΝ έκθεση με τις συγκεντρώσεις των ρύπων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ώστε να υπάρχει μια σαφή εικόνα για τα επίπεδα που κυμαίνεται η ρύπανση και για το αν η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε μεγάλο κίνδυνο.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία τα δεδομένα που αναλύονται είναι από τον σταθμό μέτρησης που υπάρχει στον Βόλο και καλύπτει ολόκληρη την περιοχή. Οπότε, οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων διακρίνονται από εγκυρότητα, εφόσον στο δίκτυο σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης για την ομαλή λειτουργία τους έχει ευθύνη το ΥΠΕΝ. Με τις μετρήσεις που υπάρχουν από το ΥΠΕΝ μελετάτε η μεταβολή των συγκεντρώσεων ανά χρόνο, η μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων, η εβδομαδιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων καθώς και η μεταβολή που υπάρχει σε ένα τυπικό 24ωρο.

Η διπλωματική αυτή συνιστάται σε αναγνώστες οι οποίοι ενδιαφέρονται για την ποιότητα της ατμόσφαιρας στην περιοχή του Βόλου αφού αξιοποιεί μετρήσεις οι όποιες είναι για μεγάλο χρονικό διάστημα και εκτός αυτού αναλύονται πολλοί και διαφορετικοί ρύποι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

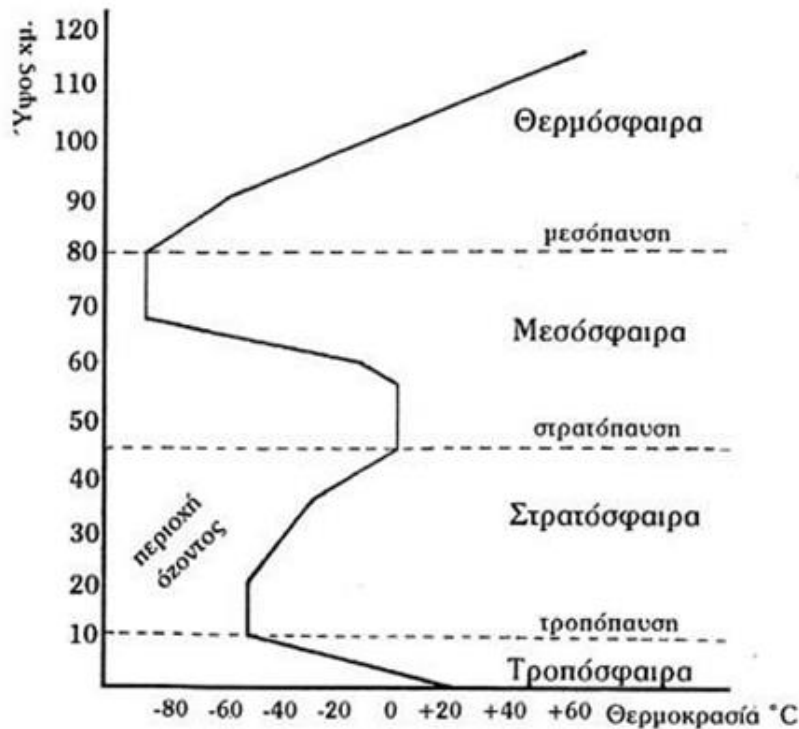
Η ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

1.1 Η δομή της ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα κατά κάποιο τρόπο διαχωρίζεται από το διάστημα χωρίς κάποια συγκεκριμένα όρια. Ωστόσο, σαν όριο μεταξύ του διαστήματος και της ατμόσφαιρας ορίζεται από πολλούς επιστήμονες η γραμμή Κάρμαν (ονομάζεται το σύνολο των σημείων με υψόμετρο 100km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ως συμβατικό όριο της γήινης ατμόσφαιρας, πέρα από το οποίο αρχίζει το διάστημα) που βρίσκεται στα 100 χιλιόμετρα από την ατμόσφαιρα. Το ατμοσφαιρικό στρώμα μέχρι τα 80-100 χιλιόμετρα λαμβάνει την ονομασία ομοιόσφαιρα γιατί ο αέρας μέχρι εκείνο το υψόμετρο έχει σταθερό βάρος. Περνώντας αυτό το υψόμετρο, η πυκνότητα μικραίνει δραματικά και έχει ως αποτέλεσμα τα αέρια να διαστρωματώνονται ανάλογα με το μοριακό βέρος που έχουν. Έτσι η ονομασία στο υψόμετρο αυτό όπου η πυκνότητα είναι πολύ μικρή είναι η ετερόσφαιρα.[2]

Όσον αφορά την κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας υπάρχει διάκριση της κατακόρυφης δομής στα ακόλουθα στρώματα:[3]

- **Τροπόσφαιρα** : από ύψος 0 μέχρι 9-18 χλμ. όπου και η τροπόπαυση.
- **Στρατόσφαιρα**: από την τροπόπαυση μέχρι τα 50 χλμ. όπου και η στρατόπαυση.
- **Μεσόσφαιρα**: από την στρατόπαυση μέχρι τα 80 χλμ. όπου και η μεσόπαυση.
- **Θερμόσφαιρα**: από την μεσόπαυση μέχρι τα 800 χλμ. όπου η θερμόπαυση.
- **Εξώσφαιρα** (exosphere): από την θερμόπαυση μέχρι τα 3500 χλμ.



Εικόνα 1: Κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας με βάση το ύψος και την κατανομή της θερμοκρασίας

1.2 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται κάθε ουσία που εισέρχεται στο περιβάλλον σε στερεά, σε υγρή ή ακόμα και σε αέρια μορφή. Αυτές οι ουσίες είναι αποτέλεσμα κάποιας ανθρώπινης δραστηριότητας και έχουν την δυνατότητα να προκαλούν άμεσες ή έμμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο αλλά και σε ολόκληρο το οικοσύστημα. Οι ρυπαντικοί ρύποι τις περισσότερες φορές δεν γίνονται αντιληπτοί όπως επίσης οι επιδράσεις του δεν είναι αναγκαίο να έχουν άμεσες επιδράσεις στον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα. Η παρουσία αυτών των ουσιών προκαλεί την ατμοσφαιρική ρύπανση.[4]

Οι κυριότερες κατηγορίες ατμοσφαιρικών ρύπων είναι:

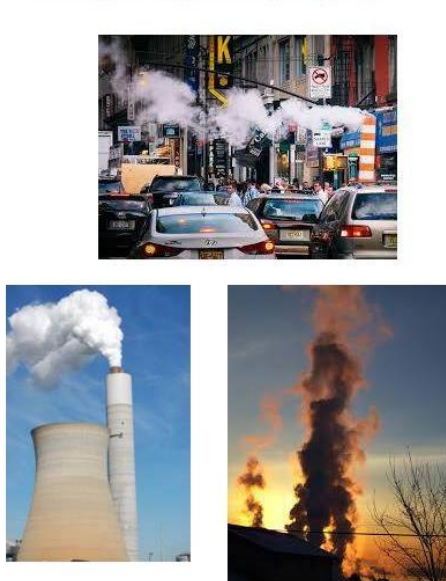
- Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)
- Διοξείδιο του Θείου (SO₂)
- Οξείδια του Αζώτου (NO_x)
- Όζον (O₃)
- Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

Οι ρύποι γενικότερα χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία ονομάζεται πρωτογενείς ρύποι (SO_2 , NO , CO , HC , Pb , Cl_2 , F_2 , αιωρούμενα σωματίδια) όπου δημιουργούνται απευθείας από μια πηγή όπως για παράδειγμα από βιομηχανικές δραστηριότητες, θέρμανση κατοικιών κ.α. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι δευτερογενείς ρύποι (NO_2 , O_3) όπου δημιουργούνται από χημικές μεταβολές στα μόρια των ρύπων μέσω αντιδράσεων.[3]

1.3 Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων

Τα παραγόμενα αέρια προέρχονται από πηγές οι οποίες δεν οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες και ονομάζονται φυσικές πηγές. Ωστόσο, οι ανθρωπογενείς εκπομπές έχουν μεγάλη ευθύνη για την ρύπανση της ατμόσφαιρας, δημιουργώντας πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτό συμβαίνει γιατί συγκεντρώνεται μεγάλη πυκνότητα εκπομπών σε μια περιοχή λόγω των βιομηχανικών ζωνών που υπάρχουν σε αυτές τις περιοχές, όπου είναι συνήθως αστικές, έχοντας ως αποτέλεσμα να δημιουργείται το φαινόμενο της απόθεσης ρύπων στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα, οι φυσικές πηγές ρύπανσης αν και έχουν μεγαλύτερη ευθύνη για την ρύπανση της ατμόσφαιρας, λόγω της καλής διασποράς και ανάμιξης με τον ατμοσφαιρικό αέρα δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις και έτσι δεν επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα.[5]

Ανθρωπογενείς πηγές



Φυσικές πηγές

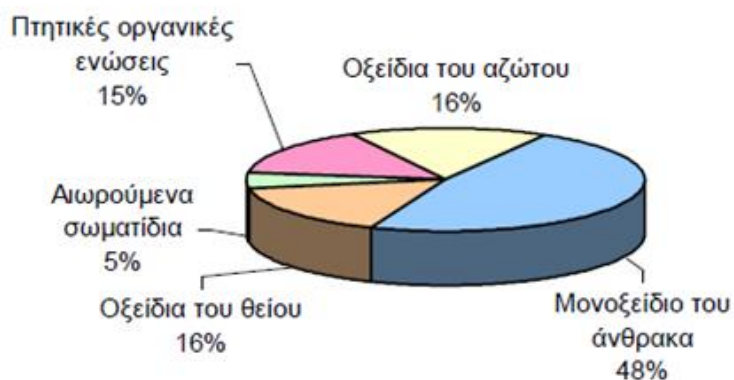


15

Εικόνα 1: Ανθρωπογενείς-Φυσικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές ρύπων είναι :

- Οι πυρκαγιές δασών
- Τα ηφαίστεια
- Η βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων
- Η αποσάθρωση του εδάφους
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις



Εικόνα 3: Κατανομή των ανθρωπογενών αέριων ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα

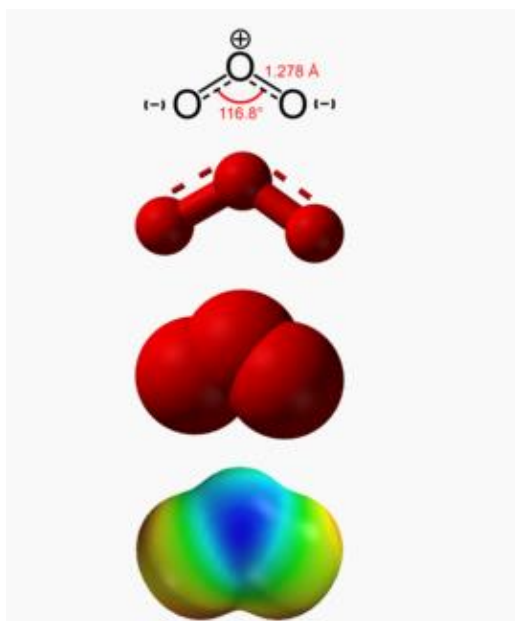
Στην σημερινή εποχή η καύση των υλικών αποτελεί μεγάλο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπου ονομάζονται καύσιμα. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες καυσίμων, τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια καύσιμα. Ένα καύσιμο για να βρεθεί σε καύση θα πρέπει να είναι σε υψηλή θερμοκρασία (όπου είναι απαραίτητη για την ανάφλεξη του) και το οξυγόνο να βρίσκεται σε περίσσια. [6]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΥΡΙΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

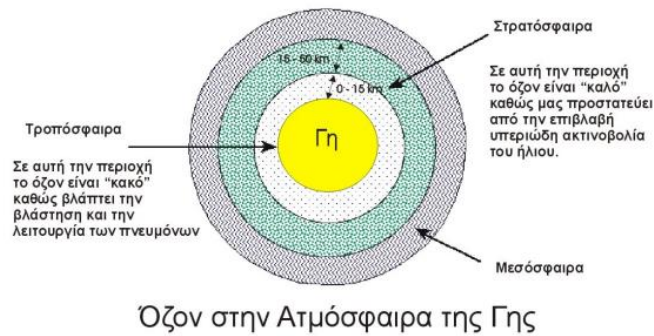
2.1 Όζον (O₃)

Το όζον, ή αλλιώς τριατομικό οξυγόνο, αποτελεί τριατομικό αλλόμορφο του οξυγόνου και συναντάται με τον τύπο O₃. Το καθαρό όζον είναι ένα αέριο όπου είναι ανοιχτό γαλάζιο και έχει μια έντονη οσμή όπου θυμίζει αυτή του χλωρίου (σε θερμοκρασία περιβάλλοντος). Το όζον δημιουργείται από δυο άτομα οξυγόνου με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας, όπως ακόμα και με την επίδραση των αστραπών. Χαρακτηριστικό του όζοντος αποτελεί ότι δεν εκπέμπεται απευθείας στην ατμόσφαιρα, εν αντιθέσει με άλλους πρωτογενείς ρύπους. Η λειτουργία του είναι καθώς πέρα των προαναφερθέντων προσλαμβάνει χημικές ιδιότητες, αλλά δεν πρέπει να παραληφθούν οι επιπτώσεις του σε ορισμένες περιπτώσεις.[7]



Εικόνα 4: Το μόριο του όζοντος

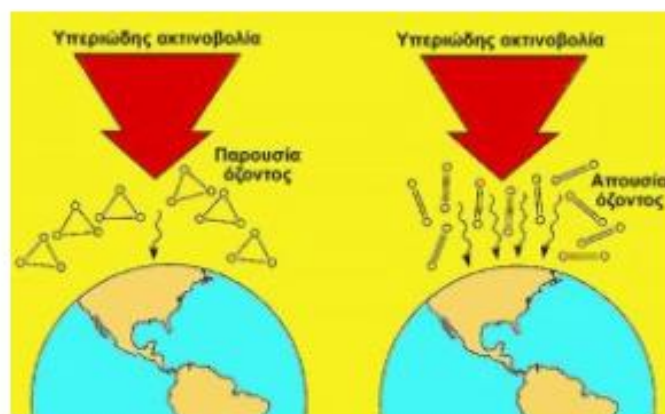
Ακόμα, παρουσιάζεται σε χαμηλή ποσότητα στο σύνολο της ατμόσφαιρας. Στο χαμηλό μέρος της ατμόσφαιρας όπου είναι η τροπόσφαιρα το όζον καθίσταται ατμοσφαιρικός ρύπος και έχουν καθιερωθεί τιμές ώστε να μην ξεπερνιούνται από την συνολική συγκέντρωση των τιμών του όζοντος. Αντίθετα, στην στρατόσφαιρα το όζον απορροφώντας την υπεριώδη ακτινοβολία λειτουργεί σαν προστασία για το εξωτερικό τμήμα της γήινης ατμόσφαιρας.[7]



Εικόνα 5: Το όζον στην ατμόσφαιρα της Γης

2.1.1 Χημική ιδιότητα του Όζοντος

Το όζον συγκεντρώνει χαρακτηριστικά που το καθιστούν αέριο με χημικές ιδιότητες. Η αστάθεια, η οξειδωτικότητα, η χαρακτηριστική οσμή και το ανοιχτό γαλάζιο χρώμα αποτελούν χαρακτηριστικά του. Λόγο της αστάθειας του διασπάται εύκολα στο νερό και δεν αφήνει υπολείμματα. Ωστόσο, η ύπαρξη όζοντος στην επιφάνεια της θάλασσας έχει σημαντικές επιπτώσεις για το οικοσύστημα της θάλασσας γιατί θεωρείται μολυσμένο στοιχείο για τον αέρα που βρίσκεται σε αυτό το επίπεδο. Αντίθετα, το όζον είναι ωφέλιμο όταν υπάρχει στην ανώτερη ατμόσφαιρα γιατί επιδρά θετικά απορροφώντας την υπεριώδη ακτινοβολία που είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο. Ακόμα το όζον χρησιμοποιείται σε βιομηχανικό και καταναλωτικό επίπεδο, καθώς και σε εναλλακτικές πρακτικές της ιατρικής.[7]



Εικόνα 6: Η συμβολή του όζοντος στην ατμόσφαιρα

2.1.2 Επιπτώσεις του Όζοντος

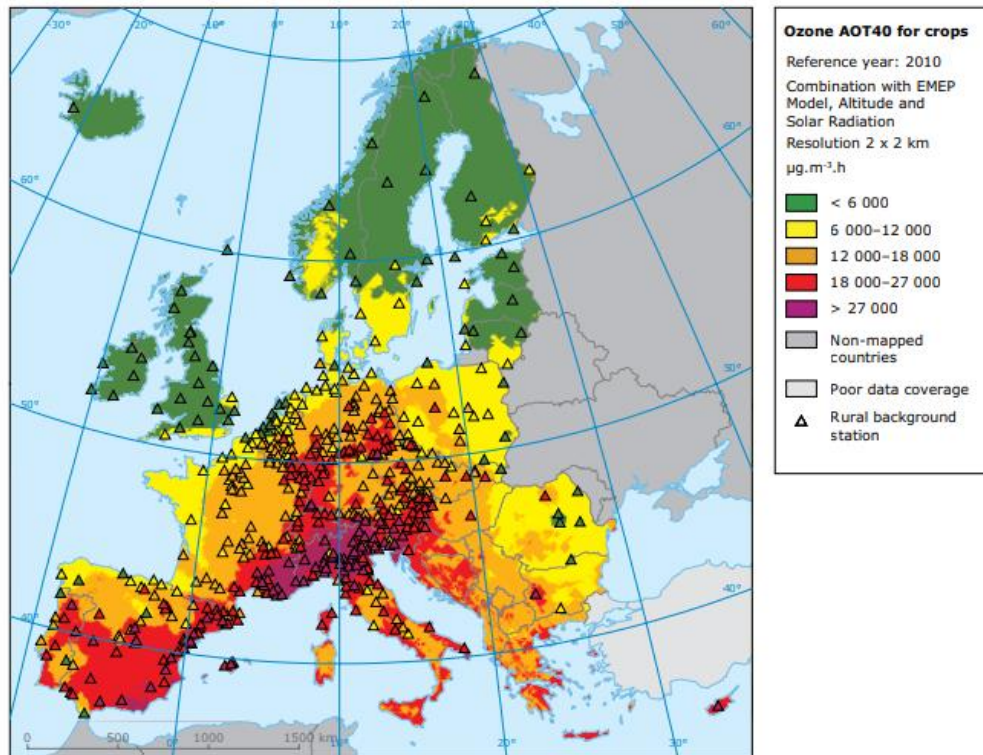
Το όζον είναι πιθανό να επιδράσει αρνητικά στην ανθρώπινη υγεία λόγω της οξειδωτικής λειτουργίας του.



Εικόνα 7: Η οξειδωτική λειτουργία του όζοντος

Πρωταρχικό πρόβλημα αποτελεί η επίπτωση στο αναπνευστικό σύστημα λόγω της ύπαρξης υπερβολικής ποσότητας όζοντος. Μειωμένη πνευμονική λειτουργία, άσθμα, πνευμονοπάθειες μέχρι και περιπτώσεις θνησιμότητας αποτελούν μερικά από τα προβλήματα που προαναφέρθηκαν. Επιπτώσεις στην υγεία μπορούν επίσης να προκληθούν από την αντίδραση του όζοντος με άλλα συστατικά που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία βραχύβιων ρύπων. [8]

Η συγκέντρωση υψηλών επιπέδων όζοντος επιδρά αρνητικά και στα φυτά μειώνοντας την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη τους, οδηγώντας στην μειωμένη απόδοση γεωργικών καλλιεργειών δασικής ανάπτυξης καθώς και της βιοποικιλότητας. Σημαντική θεωρείται επίσης η επίδραση του όζοντος στην φωτοσύνθεση αφού δεν επιτρέπει στα φυτά να λαμβάνουν διοξείδιο του άνθρακα. Εξίσου σημαντική επίπτωση θεωρείται η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας λόγω της λειτουργίας του όζοντος ως αέριο θερμοκηπίου, και μάλιστα το τρίτο σημαντικότερο σε σειρά μετά το Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και Μεθάνιο (CH_4). [8]



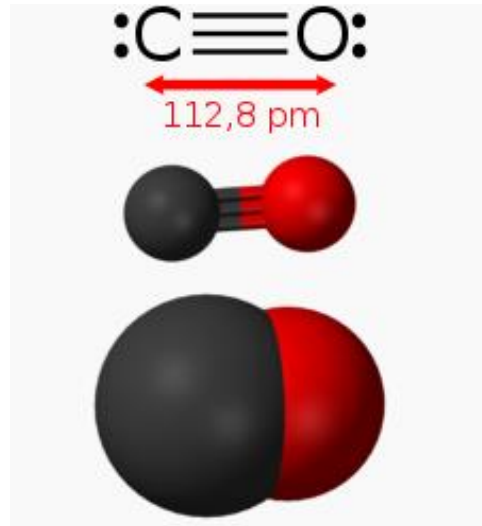
Εικόνα 8: Έκθεση των ευρωπαϊκών γεωργικών περιοχών στο όζον

2.1.3 Πρόληψη

Οι χώρες για να προστατέψουν την υγεία των πολιτών έχουν δύο τρόπους ειδοποίησης, «την δημόσια πληροφόρηση» και τον «συναγερμό». Στην πρώτη περίπτωση, πραγματοποιείται η χρήση δημόσιας ανακοίνωσης από την χώρα προς τους πολίτες ώστε να ενημερωθούν για την ποιότητα του αέρα. Στην περίπτωση του «συναγερμού» η χώρα που προσβάλλεται καλείται να επιστρατέψει σχέδιο δράσης σύμφωνα με ειδικές διατάξεις που ορίζονται στο 2008.[9]

2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι χημική ένωση που αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο υδρογόνου και είναι γνωστό με τον μοριακό τύπο CO.



Εικόνα 9: Μόριο μονοξειδίου του άνθρακα

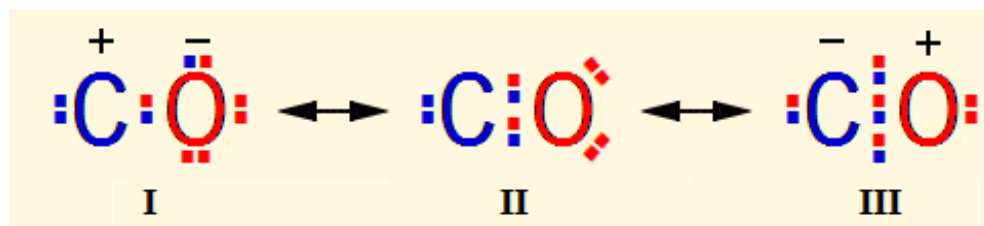
Σε παλαιότερη εποχή λόγω των οδικών μεταφορών χωρίς καταλύτες δημιουργούταν σοβαρή εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα, αλλά με το πέρασμα των χρόνων και με την εισαγωγή καταλυτών μειώθηκαν αισθητά αυτές οι εκπομπές. Αντίθετα, στην σύγχρονη εποχή οι αστικές περιοχές έχουν την υψηλότερη συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τις επαρχίες λόγω της υψηλής κυκλοφοριακής συμφόρησης όπου υπάρχει στις πόλεις. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο που εκπέμπεται λόγω ελλιπής καύσης ορυκτών καυσίμων και βιοκαυσίμων.[10]



2.2.1 Δομή του μονοξειδίου του άνθρακα

Στο μονοξείδιο του άνθρακα, ο άνθρακας και το οξυγόνο έχουν συνολικά 10 ηλεκτρόνια σθένους και έτσι είναι μόριο ισοηλεκτρονιακό προς το άζωτο (N₂). επιπλέον το μονοξείδιο του άνθρακα έχει ίδιο τυπο δεσμού καθώς και τον ίδιο αριθμό ατόμων με το άζωτο.

Η δομή του μονοξειδίου του άνθρακα γίνεται με έναν, με δυο αλλά και με τρεις ομοιοπολικούς δεσμούς.



Εικόνα 10: I. Απλός δεσμός II. Διπλός δεσμός III. Τριπλός δεσμός

Δομές συντονισμού του μονοξειδίου του άνθρακα . Οι θέσεις που δείχνονται αποτελούν "στιγμιότυπα", αφού τα ηλεκτρόνια αυτά εναλλάσσουν θέσεις στα διάφορα δεσμικά μη δεσμικά τροχιακά. Η δομή III (τριπλού δεσμού) είναι η επικρατέστερη.[10]

2.2.2 Τοξικότητα του μονοξειδίου του άνθρακα

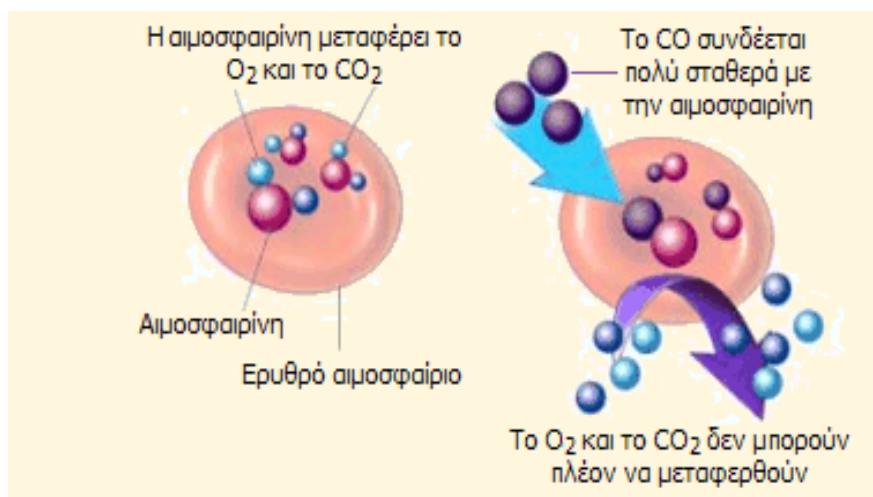
Η τοξική δράση του μονοξειδίου του άνθρακα είναι γνωστή από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων άλλα και από τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Το μονοξείδιο του άνθρακα λόγω του ότι είναι άοσμο αέριο τα πρώτα συμπτώματα της δηλητηρίασης μοιάζουν με αυτά της κούρασης. Το χαρακτηριστικό των δηλητηριάσεων από μονοξείδιο του άνθρακα είναι το έντονο κερασέρυθρο χρώμα που αποκτά το σώμα του θύματος και είναι εμφανέστατο στο πρόσωπό του Έτσι, λόγω της καύσης ξύλων σε εσωτερικό χώρο έχει ως αποτέλεσμα την λιποθυμία και στην συνέχεια επέρχεται ο θάνατος λόγω ασφυξίας.[10]

%Hb-CO	Συμπτώματα
0 έως 10	Κανένα
10 έως 20	Κεφαλαλγία (στο μέτωπο), διαστολή αγγείων
20 έως 30	Κεφαλαλγία, σφύξεις στους κροτάφους
30 έως 40	Σοβαρή κεφαλαλγία, ανησυχία, ίλιγγος, εξασθένηση όρασης, ναυτία, εμετός, εξάντληση
50 έως 60	Τα ίδια ως άνω με κώμα και σπασμούς. Έντονη αναπνοή με διακοπές
60 έως 70	Κώμα, σπασμοί, ασθενής αναπνοή, ασθενείς σφυγμοί. Πιθανός θάνατος
70 έως 80	Η αναπνοή γίνεται πολύ αργή, ο θάνατος επέρχεται σε λίγες ώρες
80 έως 90	Θάνατος σε λιγότερο από μία ώρα
90 έως 100	Θάνατος σε λίγα λεπτά

Εικόνα 11: Συμπτώματα της δηλητηρίασης από μονοξείδιο του άνθρακα

2.2.3 Επιπτώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στο σώμα μέσω των πνευμόνων. Το αίμα είναι έντονα συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη. Η έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να μειώσει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου, μειώνοντας έτσι το οξυγόνο που πηγαίνει στα όργανα και τους ιστούς του σώματος. Οι άνθρωποι όπου πάσχουν από καρδιαγγειακές παθήσεις είναι οι πιο ευαίσθητοι στην έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα. Τέτοιου είδους άνθρωποι έχουν ήδη μειωμένη χωρητικότητα άντλησης οξυγονωμένο αίμα στην καρδιά, το οποίο μπορεί να προκαλέσει μείωση οξυγόνου στην καρδιά, κατά την άσκηση ή υπό αυξημένη πίεση συχνά συνοδεύεται από πόνο στο στήθος. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει περαιτέρω την ήδη συμβιβασμένη ικανότητα του σώματός τους να ανταποκριθούν στις αυξημένες απαιτήσεις οξυγόνου των άσκηση ή άσκηση. Σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα, το μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να προκαλέσει θάνατο. Η ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής του μονοξειδίου του άνθρακα είναι περίπου τρεις μήνες.[11]



Εικόνα 12: Η σύνδεση του μονοξειδίου του άνθρακα με την αιμοσφαιρίνη

Η αιμοσφαιρίνη, που βρίσκεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια, μεταφέρει το O₂ από τους πνεύμονες προς τους ιστούς και από εκεί παραλαμβάνει το CO₂, ως προϊόν των βιοχημικών "καύσεων" και το μεταφέρει προς τους πνεύμονες, απ' όπου αποβάλλεται με την εκπνοή. Οι συνδέσεις του O₂ και του CO₂ με την αιμοσφαιρίνη είναι "χαλαρές". Το CO συνδέεται "σταθερά" με την αιμοσφαιρίνη στερώντας της την ικανότητα να μεταφέρει το O₂ και το CO₂. [11]

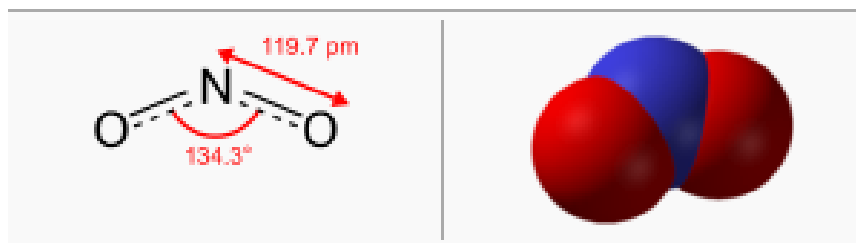
2.2.4 Πρόληψη

Το μονοξείδιο του άνθρακα έχει μεγάλη συμμετοχή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για να γίνεται εκτίμηση των προβλημάτων που δημιουργεί το διοξείδιο του άνθρακα στην δημόσια υγεία λαμβάνεται η οκτάωρη συγκέντρωση του στην ατμόσφαιρα. Συγχρόνως, ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας έχει θέσει ένα ανεκτό όριο για την ανθρώπινη υγεία τα 10 mg/m₃. [8]

Επιπρόσθετα, το όριο για τις πόλεις της Αθήνας είναι 15 mg/m_3 λόγω της συσσώρευσης του κόσμου σε αστικές περιοχές .Ωστόσο, ενώ η ευρωπαϊκή ένωση δεν έχει θεσμοθέτηση κάποιο συγκεκριμένο περιθώριο ασφαλείας για τα κράτη μέλη της, τα περισσότερα από αυτά έχουν δεχτεί το όριο παγκόσμιο δανεισμό υγείας στα 10 mg/m_3 . [8]

2.3 Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

Το διοξείδιο του αζώτου είναι ένα αέριο που σχηματίζεται από την οξείδωση του μονοξειδίου του αζώτου (NO). Το αέριο αυτό είναι χρώματος καφετί και η οσμή του είναι όξινη και καυστική.[13]



Εικόνα 13: Διοξείδιο του αζώτου

2.3.1 Επιπτώσεις του διοξειδίου του αζώτου

Το διοξείδιο του αζώτου σχετίζεται με άλλους ρύπους και αυτό το καθιστά δύσκολο ώστε να διαφοροποιηθούν οι επιπτώσεις αυτού σε σχέση με τους άλλους ρύπους.[14]

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω για το όζον, έτσι και το διοξείδιο του αζώτου είναι ένας ατμοσφαιρικός ρύπος όπου επηρεάζει το αναπνευστικό σύστημα. Αν εκτίθεται συχνά ο ανθρώπινος οργανισμός στο διοξείδιο του αζώτου τότε μπορούν να δημιουργηθούν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Ακόμα, η μακροχρόνια έκθεση μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις όπως για παράδειγμα λοίμωξη του αναπνευστικού καθώς και μειωμένη πνευμονική λειτουργία. Επιπρόσθετα, μελέτες έχουν δείξει ότι λόγω της έκθεσης των παιδιών στο διοξείδιο του αζώτου, δημιουργούνται φαινόμενα βρογχίτιδας και άσθματος.[14]

Το διοξείδιο του αζώτου δημιουργεί επιπτώσεις και στο οικοσύστημα. Η υπερβολική εναπόθεση αντιδραστικού αζώτου μπορεί να οδηγούν σε πλεόνασμα θρεπτικού αζώτου στα οικοσυστήματα, προκαλεί ευτροφισμό σε χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα. Ακόμα, η περίσσεια αζώτου μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στις χερσαίες, υδάτινες ή θαλάσσιες κοινότητες ζώων και φυτών.[8]



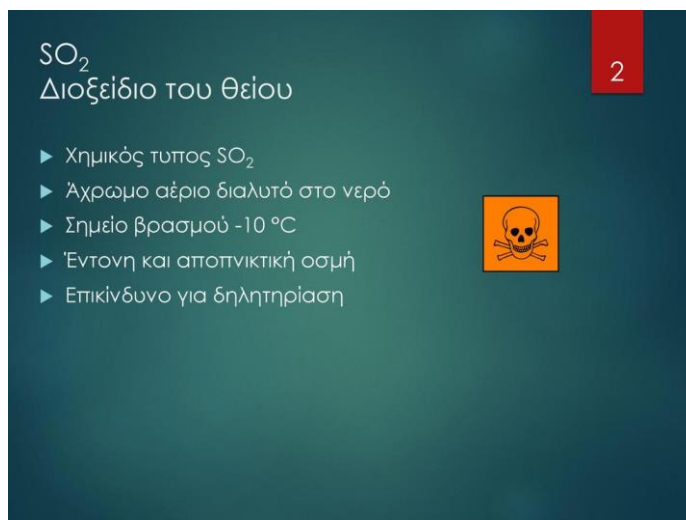
Εικόνα 14: Ετήσιες μέσες συγκεντρώσεις στην Ευρώπη διοξειδίου του αζώτου (NO₂)

2.3.2 Παραγωγή του διοξειδίου του αζώτου

Διαδικασίες καύσης υψηλής θερμοκρασίας σε κινητήρες αυτοκινήτων και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι σημαντικές πηγές NO και NO₂. Αυτά τα δύο αέρια είναι γνωστή ως NO_x. Μονοξείδιο του αζώτου αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών NO_x. Ένα μικρό μέρος των εκπομπών NO_x εκπέμπεται απευθείας ως NO₂. Για να πραγματοποιηθεί πλήρης καύση του καυσίμου χρειάζεται περίσσεια αέρα, όπου μπαίνει στην αντίδραση της καύσης και παράγει τα οξείδια του αζώτου. [14]

Το διοξείδιο του αζώτου παίζει σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό του όζοντος στην τροπόσφαιρα. Ακόμα, το διοξείδιο του αζώτου εμφανίζεται λόγω των καταιγίδων και το νερό που δημιουργείται από τις καταιγίδες αυτές, είναι πολύ ωφέλιμο γιατί περιέχει αποτυπώματα από λίπασμα που βοηθούν τις καλλιέργειες.[14]

2.4 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

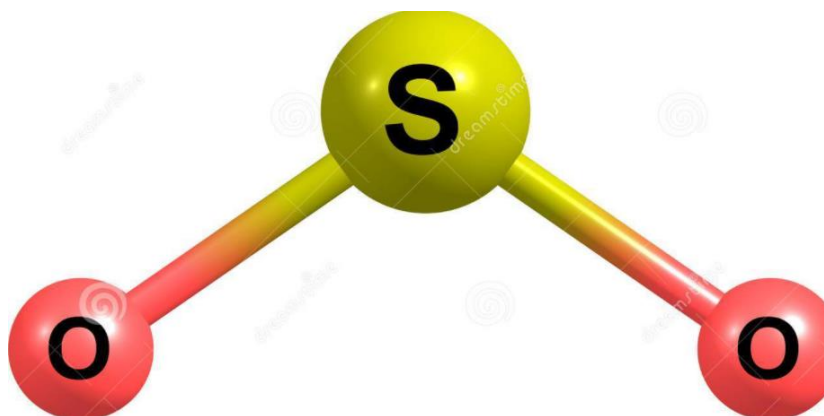


SO₂
Διοξείδιο του θείου

- ▶ Χημικός τύπος SO₂
- ▶ Άχρωμο αέριο διαλυτό στο νερό
- ▶ Σημείο βρασμού -10 °C
- ▶ Έντονη και αποπνικτική οσμή
- ▶ Επικίνδυνο για δηλητηρίαση

Εικόνα 15: Γενικές πληροφορίες για το διοξείδιο του θείου

Το διοξείδιο του θείου είναι άχρωμο αέριο και σε χαμηλές συγκεντρώσεις είναι άοσμο κάνοντάς το αντιληπτό στα 300 ppbv ενώ παρουσιάζει έντονη ενοχλητική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις >500 ppbv. Το SO₂ παρουσιάζει επίσης μεγάλη διαλυτότητα στο νερό.[15]



Εικόνα 16: Δομή διοξείδιο του θείου

Το διοξείδιο του θείου εκπέμπεται όταν τα καύσιμα που περιέχουν το θείο καίγονται. Ο άνθρωπος συνεισφέρει στην εκπομπή του διοξειδίου του θείου στο περιβάλλον όπου προέρχονται από θείο που περιέχουν ορυκτά καύσιμα και βιοκαύσιμα που χρησιμοποιούνται για οικιακή θέρμανση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηφαιστεια είναι τα πιο σημαντικά φυσικά πηγή.[15]

2.4.1 Χρήσεις διοξειδίου του θείου

Από την αρχαιότητα υπάρχει αναφορά στον Όμηρο ότι το διοξείδιο του θείου το χρησιμοποιούσαν για απολύμανση με καπνό. Γενικότερα στις μέρες μας χρησιμοποιείται για απολύμανση και διατήρηση τροφών και κρασιών. το διοξείδιο του θείου χρησιμοποιείται επίσης ζυθοποιία και στην οινοποιία εμποδίζοντας τον σχηματισμό καρκινογόνων χημικών ουσιών. Ακόμα, το SO₂ εμποδίζει την αλλαγή χρώματος των αποξηραμένων φρούτων και λαμβάνει μέρος σαν συντηρητικό στις τροφές εμποδίζοντας αντιδράσεις αλλεργικού τύπου σε άτομα με τέτοιου είδους παθήσεις.[15]

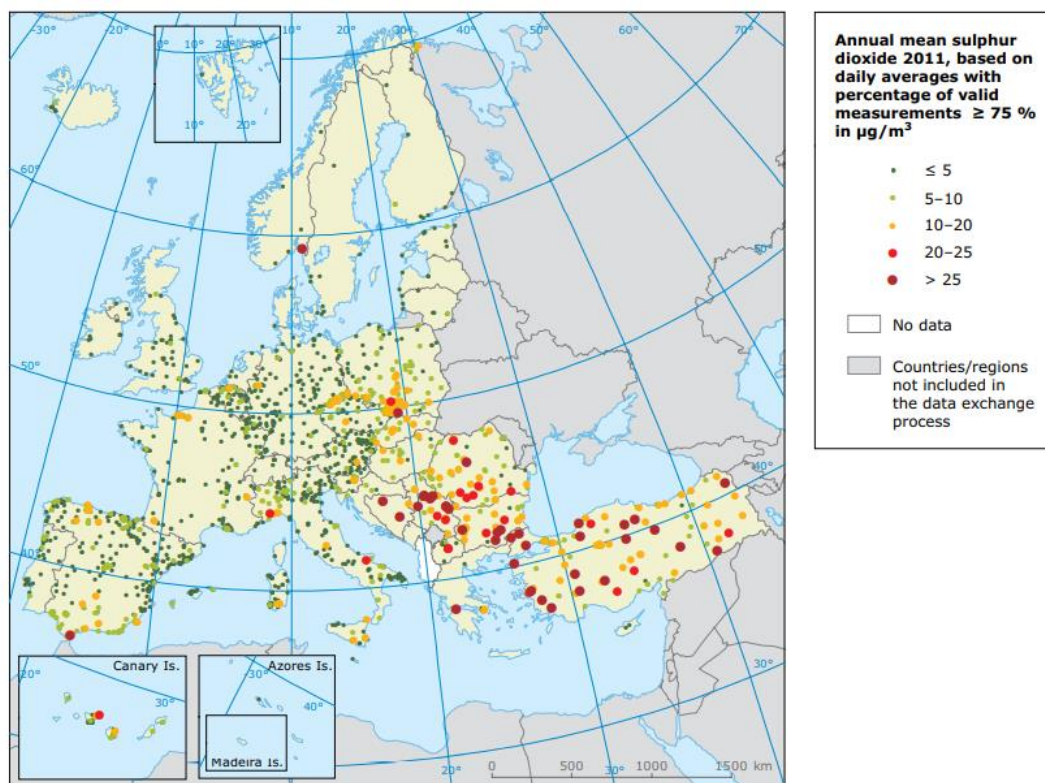
2.4.2 Επιπτώσεις του διοξειδίου του θείου

Το διοξείδιο του θείου προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Μπορεί να επηρεάσει το αναπνευστικό σύστημα και τους πνεύμονες και αν έρθει σε επαφή με τα μάτια προκαλεί ερεθισμό. Ακόμα, κάνει τους ανθρώπους επιρρεπείς σε λοιμώξεις του αναπνευστικού προκαλώντας βήχα, εκκρίσεις βλέννας και γενικότερα επιδεινώνει το άσθμα και την χρόνια βρογχίτιδα. Σε ημέρες με υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του θείου αυξάνει τις εισαγωγές στα νοσοκομεία λόγω της αύξησης καρδιακών παθήσεων, ακόμα και την θνησιμότητα.[16]

Όσον αφορά το οικοσύστημα, το διοξείδιο του θείου προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις σε λίμνες, ζημιές στα δάση και διάβρωση του εδάφους. Έτσι, χάνονται οι θρεπτικές ουσίες από το έδαφος. Σε ορισμένες βιογεωχημικές συνθήκες, το θείο μπορεί αρχικά αποθηκεύονται σε εδάφη με επακόλουθη αργή απελευθέρωση.[16]

Objective	Averaging period	Limit or threshold value	Number of allowed exceedances
Human health	One hour	350 µg/m ³	24 hours per year
Human health	One day	125 µg/m ³	3 days per year
Alert (*)	One hour	500 µg/m ³	
Vegetation	Calendar year	20 µg/m ³	
Vegetation	Winter (1 October–31 March)	20 µg/m ³	

Εικόνα 17: Πρότυπα ποιότητας του αέρα για το SO₂



Εικόνα 18: Δείχνει τον ετήσιο μέσο όρο SO₂ συγκεντρώσεων το 2011

Από το παραπάνω χάρτη παρατηρείται ότι οι υψηλότερη συγκεντρώσεις και υπερβάσεις του ετήσιου ορίου τιμή για την προστασία της βλάστησης είναι στις Βαλκανικές χώρες και την Τουρκία, και σε ορισμένους περιοχές στη νότια Πολωνία.[8]

2.4.3 Πρόληψη

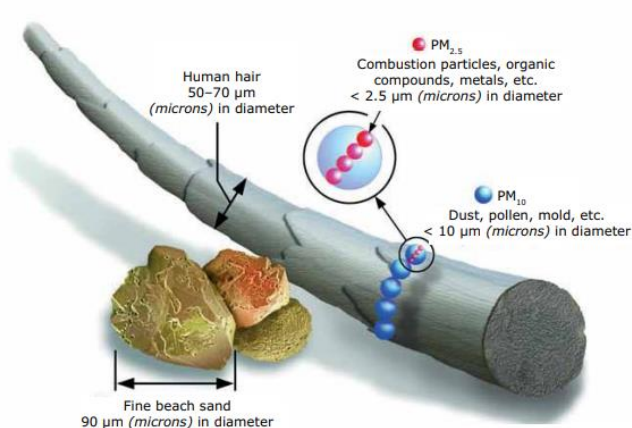
Οι οδηγίες που αφορούν περισσότερο τη μείωση των SO₂ στην ατμόσφαιρα είναι εκείνες που σχετίζονται με τις εκπομπές από καύση καυσίμων σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανία, .Οι οδηγίες αυτές οδήγησαν σε σημαντική μειωμένες εκπομπές SO₂ από αυτές τις πηγές. Η οδηγία για την περιεκτικότητα των υγρών καυσίμων σε θείο έχει περιορίσει την περιεκτικότητα σε θείο βαρέως μαζούτ και πετρελαίου και φυσικού αερίου, συμβάλλοντας στη μειώσεις εκπομπών και επακόλουθες μειώσεις των SO₂ συγκεντρώσεων στον αέρα. Η οδηγία για την ποιότητα των καυσίμων περιεκτικότητα σε θείο καυσίμων από 150 mg/kg για βενζίνη και 350 mg/kg για το ντίζελ πριν από το 2005 έως το 50 mg/kg για κάθε ένα έως το 2005 και σε 10 mg/kg έως το 2009 βοήθησαν σημαντικά στην μείωση των εκπομπών SO₂ στην ατμόσφαιρα. [8]

	10-minute mean $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-hour mean $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	500	20

Εικόνα 19: Μέγιστη προσβολή από το SO₂

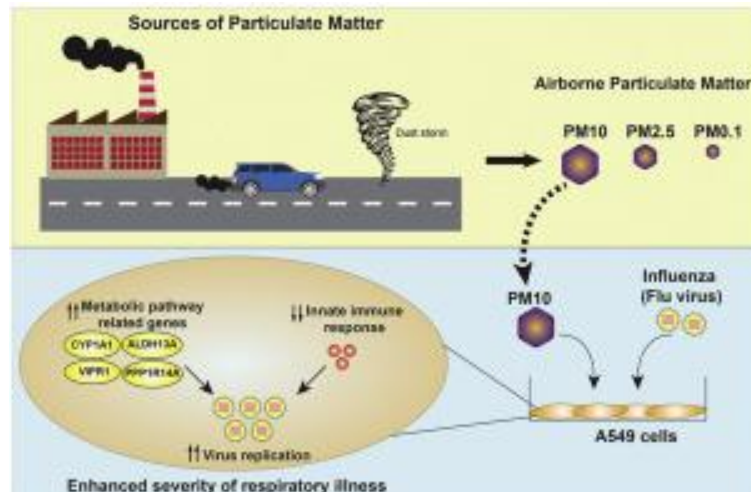
2.5 Σωματίδια PM10

Τα σωματίδια είναι ένας όρος που περιγράφει τα στερεά και υγρά αιωρούμενα σωματίδια, έχοντας ευρύ φάσμα μεγεθών και χημικών συνθέσεων. Πιο συγκεκριμένα, τα PM10 είναι σωματίδια με διάμετρο τα 10 μικρόμετρα και περιλαμβάνουν τα «χονδροειδή σωματίδια» τα οποία είναι κυρίως πρωτογενή από μηχανές ή άλλες διεργασίες.[17]



Εικόνα 20: Μέγεθος σωματιδίων PM2.5 και PM10

Ακόμα, αυτά τα σωματίδια είναι γνωστά ως αερολύματα και μπορούν να οξυνθούν περαιτέρω ως πρωτογενή σωματίδια ή δευτερογενή σωματίδια υπόθεση. Τα πρωτογενή σωματίδια εισέρχονται ατμόσφαιρα απευθείας όπως για παράδειγμα από τις καμινάδες. Τα δευτερογενή σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από την οξείδωση και το μετασχηματισμό της πρωτοπαθούς αερίων εκπομπών. Οι κύριες εκπομπές αερίων είναι το SO₂, NO_x και NH₃ όπου αντιδρούν στην ατμόσφαιρα για να σχηματίσουν αμμώνιο, θειικές ενώσεις και ενώσεις νιτρικών αλάτων. Αυτές οι ενώσεις στη συνέχεια συμπυκνώνονται σε υγρή μορφή και σχηματίζουν νέα σωματίδια στον αέρα, που ονομάζονται δευτερεύοντα ανόργανα αερολύματα (SAS).[17]



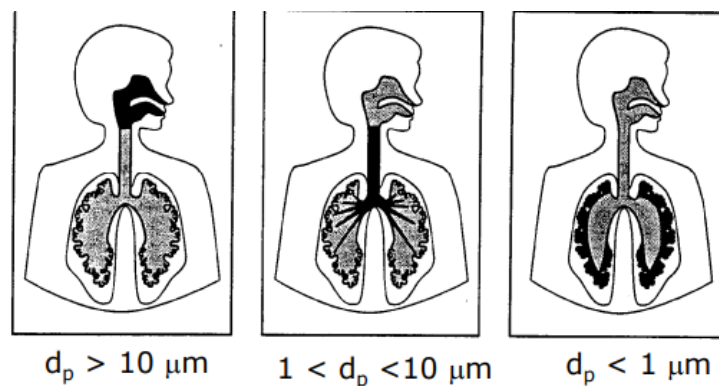
Εικόνα 21: Τα σωματίδια PM10 ενισχύουν τη μόλυνση

2.5.1 Προέλευση σωματιδίων PM10

Τα σωματίδια μπορούν να προέλθουν από φυσικές πηγές ή ανθρωπογενείς πηγές. Οι φυσικές πηγές περιλαμβάνουν θαλασσινό αλάτι, φυσικά αιωρούμενη σκόνη, γύρη και ηφαιστειακή τέφρα. Ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνουν καύση καυσίμου σε θερμική ισχύ παραγωγή, αποτέφρωση, οικιακή θέρμανση και καύση καυσίμων για οχήματα. Στις πόλεις, σημαντικές πηγές τα καυσαέρια των οχημάτων και καύση ξύλου, καυσίμου ή άνθρακα για οικιακή θέρμανση.[17]

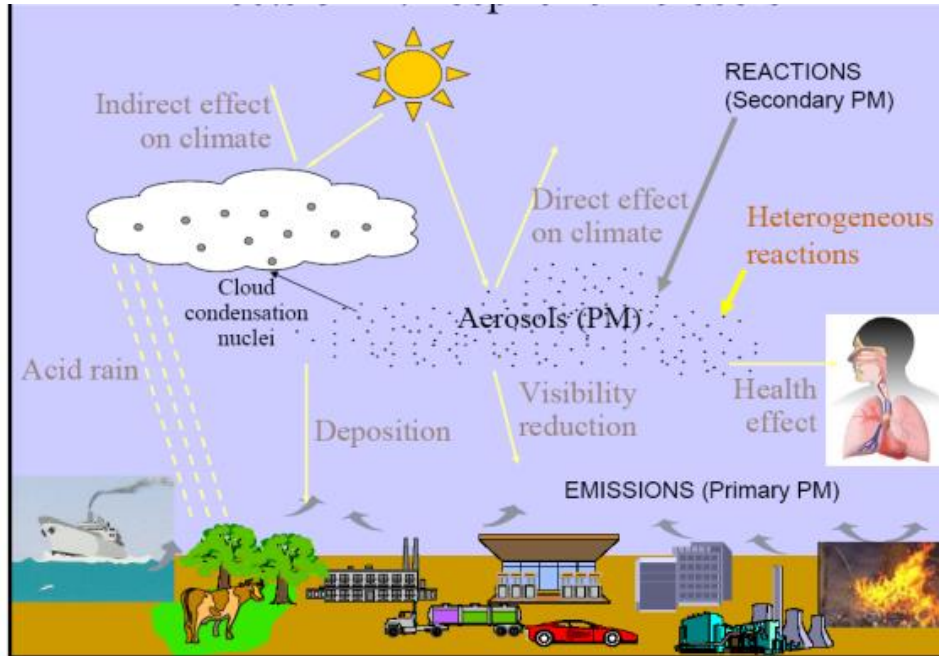
2.5.2 Επιπτώσεις σωματιδίων

Τα τρέχοντα επίπεδα έκθεσης στα PM σωματίδια που οι περισσότεροι αστικοί και αγροτικοί πληθυσμοί έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Χρόνια έκθεση σε PM συμβάλλει στον κίνδυνο ανάπτυξης καρδιαγγειακών αναπνευστικές παθήσεις, καθώς και καρκίνο του πνεύμονα.[8]



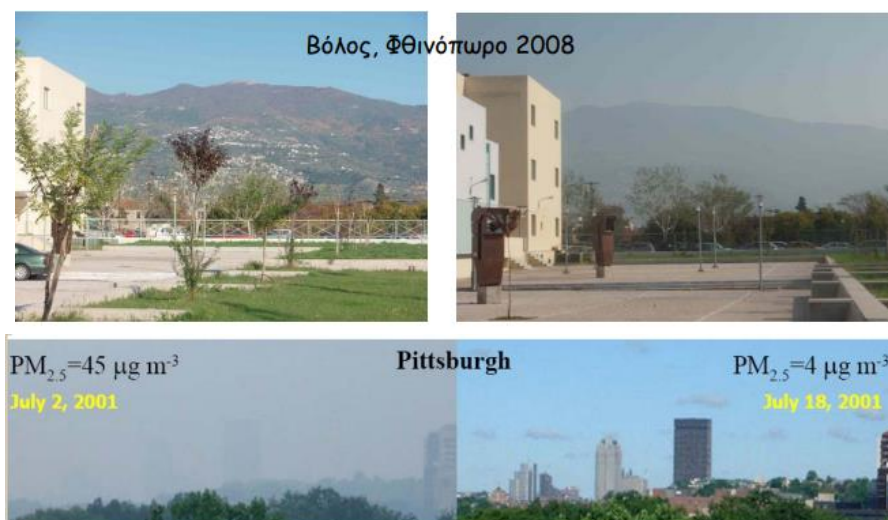
Εικόνα 22: Έκθεση των πνευμόνων σε αερολύματα

Εκτός από τις επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία, τα PM σωματίδια μπορεί επίσης να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή και το οικοσυστήματα. Συμβάλλει επίσης, στη ρύπανση κτιρίων, και μπορεί ακόμη και να έχουν διαβρωτική επίδραση στα κτίρια ή στα μνημεία, ανάλογα με σύνθεση του PM. [8]



Εικόνα 23: Επιδράσεις των ατμοσφαιρικών αερολυμάτων (PM)

Επιπλέον, τα σωματίδια μπορούν να μεταφερθούν από τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις (1000km) και να αποτεθούν σε ξηγά και στο νερό δημιουργώντας όξινες λίμνες και ρυάκια, αλλαγή ισοζυγίων θρεπτικών ουσιών από τους ποταμούς και καταστροφή ευαίσθητων δασικών συστημάτων και καλλιέργειών. Τέλος, τα σωματίδια δημιουργούν μείωση της ορατότητας.[17]



Εικόνα 24: Μείωση της ορατότητας λόγω σωματιδίων

2.5.3 Πρόληψη

Από την Ευρώπη έχει γίνει κάποια προσπάθεια για την αντιμετώπιση της ρύπανσης από τα σωματίδια έχοντας καθιερώσει τους καταλύτες στα αυτοκίνητα και τον ιονισμό στις καμινάδες των εργοστασίων. Έτσι, έχει γίνει αποτροπή ενός μέρους σωματιδίων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αυτών βοηθούν σε μεγάλο βαθμό οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπου εκμεταλλεύονται την ενέργεια που προέρχεται από διάφορες φυσικές διεργασίες.[18]



2.6 Νομοθεσία σχετικά με την Ποιότητα της Ατμόσφαιρας

Στον παρακάτω Πίνακα βλέπουμε τα όρια και τους στόχους που ισχύουν για τα δίκτυα μέτρησης στην Ελλάδα. Ακόμα, υπάρχουν τα όρια ενημέρωσης του κοινού καθώς και τα όρια συναγερμού. Η ισχύουσα νομοθεσία είναι η εξής :

Οδηγία 2008/50/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 2008 για την ποιότητα του αέρα περιβάλλοντος και την ποιότητα καθαρού αέρα στην Ευρώπη – ΚΥΑ ΗΠ 14122 / 549/Ε103 (ΦΕΚ 488B/30.3.11) «Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/50/EK» Επιπλέον, εγκρίθηκε η αντιμετώπιση περιστατικών ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο πολεοδομικό συγκρότημα της Θεσσαλονίκης, υπό τον Θεσμοθετήθηκε η γενική υπ' αριθμό 9452 Απόφαση /08 υπό τον γενικό γραμματέα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (ΦΕΚ 1652B/08), όπως τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103.

Όριο για την προστασία της υγείας				Όριο Ενημέρωσης		Όριο Συναγερμού	
Ρύπος	Χρονική Περίοδος	Τιμή	Μέγιστος αριθμός επιτρεπόμενων υπερβάσεων	Χρονική Περίοδος	Τιμή	Χρονική Περίοδος	Τιμή
SO ₂	1 ώρα	350 µg/m ³	24	-----	-----	3 ώρες	500 µg/m ³
	1 ημέρα	125 µg/m ³	3	3 ώρες	350 µg/m ³	3 ώρες	450 µg/m ³
NO ₂	1 ώρα	200 µg/m ³	18	-----	-----	3 ώρες	400 µg/m ³
	1 έτος	40 µg/m ³	0	3 ώρες	250 µg/m ³	3 ώρες	360 µg/m ³
CO	Μέγιστος ημερήσιος M.O. 8 ωρών	10 mg/m ³	0	8 ώρες	10 mg/m ³	8 ώρες	16 mg/m ³
O ₃	Μέγιστος ημερήσιος M.O. 8 ωρών	120 µg/m ³ (*)	25	1 ώρα	180 µg/m ³	3 ώρες	240 µg/m ³
				1 ώρα	180 µg/m ³	3 ώρες	240 µg/m ³
PM ₁₀	1 ημέρα	50 µg/m ³	35	-----	-----	-----	-----
	1 έτος	40 µg/m ³	0	7 ημέρες	90 µg/m ³	5 ημέρες	110 µg/m ³

Πίνακας 1: Νομοθετημένες Οριακές Τιμές

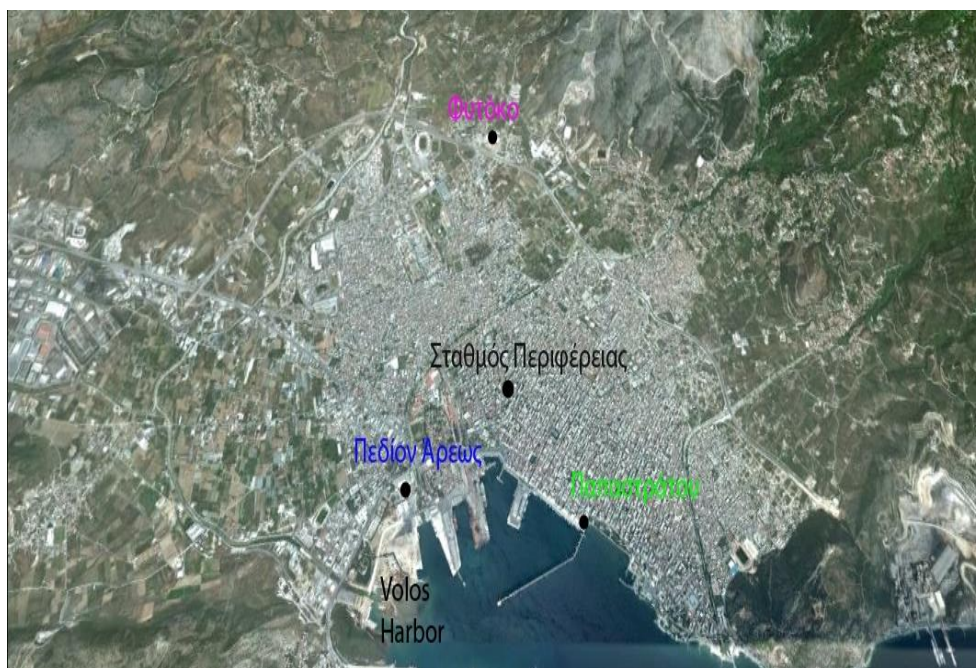
ΚΕΦΑΚΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Τρόπος προσέγγισης και παραδοχές

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχοντας ως στόχο την πρόσβαση του κοινού, φορέων και οργανισμών στην περιβαλλοντική πληροφόρηση δημιούργησε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ). Έτσι, ο στόχος της ελεύθερης πρόσβασης στα δεδομένα μετρήσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιτεύχθηκε.

Ποιο συγκεκριμένα οι σταθμοί μετρήσεων στον Βόλο όπου είναι η περιοχή που μας απασχολεί στην παρούσα διπλωματική είναι 3 και έχουν εγκατασταθεί συγκεκριμένα στο Κτίριο Παπαστράτου, στο Campus του Πεδίου Άρεως και στο Campus του Φυτόκου.[19]



Εικόνα 25: Δίκτυο σταθμών Βόλου

3.1.1 Μετρούμενοι ρύποι

Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλ. ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Με ένα μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές, υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής.

3.2 Βήματα Μεθοδολογίας

Οι ρύποι που εξετάστηκαν για την εκπόνηση της έρευνας είναι:

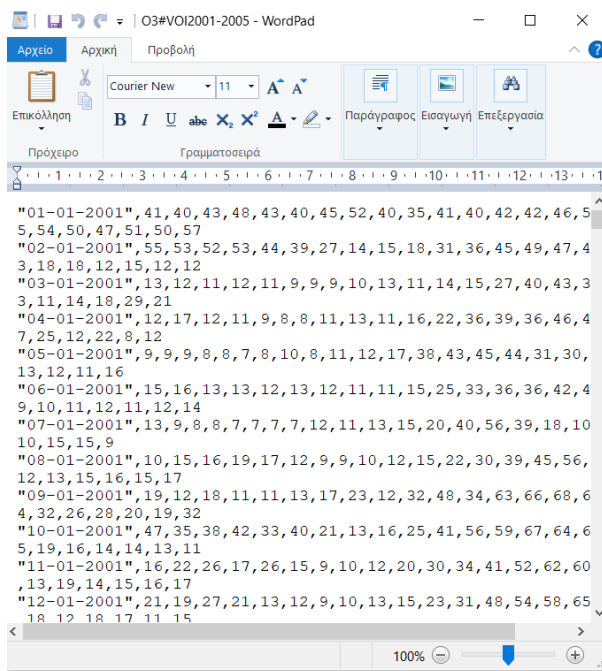
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Όζον (O₃)
- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)
- Μικροσωματίδια PM₁₀

1^ο Βήμα

Αρχικά, έγινε επίσκεψη στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας < Περιβάλλον < Ποιότητα Ατμόσφαιρας < Δεδομένα Μετρήσεων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και επιλέξαμε την πόλη την οποία θέλουμε να μελετήσουμε, στην συγκεκριμένη περίπτωση ήταν ο Βόλος.

2^ο Βήμα

Κατεβάζουμε ένα αρχείο σε συμπιεσμένη μορφή όπου είναι το αρχείο των μετρήσεων και εφόσον πραγματοποιήσουμε την αποσυμπίεση του με κάποιο από τα ειδικά προγράμματα που υπάρχουν, δημιουργείτε ένα αρχείο DAT, όπως φαίνεται παρακάτω για τον ρύπο O₃ στον σταθμό του Βόλου Ι.



Εικόνα 26: Αρχείο DAT

3^ο Βήμα

Μόλις ανοίξουμε το αρχείο κάνουμε μεταφορά των μετρήσεων αυτών σε ένα φύλλο του excel.

4^ο Βήμα

Εν συνεχεία, κάνουμε μια διαμόρφωση των τιμών αυτών σε πίνακα όπου περιείχε την ημερομηνία, το έτος, το μήνα, την μέρα και κάθε ώρα του 24ώρου. Κάποιες μετρήσεις αναγράφονταν με -0,999 το οποίο σημαίνει ότι εκείνη την ώρα δεν πάρθηκε κάποια μέτρηση. Έτσι, σε οποίες μετρήσεις του πίνακα υπήρχαν μικρές διακοπές ανάμεσα στις τιμές, συμπληρώσαμε ενδιάμεσες τιμές.

5^ο Βήμα

Μέσω του excel όπου μας βοήθησε να αντικαταστήσουμε με κενά κελιά τις τιμές για τις οποίες δεν έγινε καταγραφή μετρήσεων έτσι ώστε να μην έχουμε κάποιο πρόβλημα στην εγκυρότητα των μετρήσεων και για να μην επηρεαστούν οι μέσοι όροι που πάρθηκαν.

DATE	YEAR	MONTH	DAY	HR1	HR2	HR3	HR4	HR5	HR6	HR7	HR8	HR9	HR10	HR11	HR12	HR13	HR14	HR15	HR16	HR17	HR18	HR19	HR20	HR21	HR22	HR23	HR24
1/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	41	40	43	45	43	40	45	52	40	35	41	40	42	42	46	51	54	55	54	50	47	51	50	57
2/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	55	53	52	53	44	39	27	14	15	18	31	36	45	49	47	49	38	33	18	18	12	15	12	12
3/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	13	12	11	12	11	9	9	9	10	13	11	14	15	27	40	43	37	24	17	25	12	22	8	12
4/1/2001	2001	1	ΠΕΜΠΤΗ	12	17	12	11	9	8	8	11	13	11	16	22	36	39	36	46	44	24	17	25	12	22	8	12
5/1/2001	2001	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	9	9	9	8	8	7	8	10	8	11	12	17	38	43	45	44	31	30	19	22	13	12	11	16
6/1/2001	2001	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	15	16	13	13	12	13	12	11	11	15	25	33	36	36	42	46	33	19	10	11	12	11	12	14
7/1/2001	2001	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	13	9	8	8	7	7	7	7	12	11	13	15	20	40	56	39	18	10	9	11	10	15	15	9
8/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	10	15	16	19	17	12	9	9	10	12	15	22	30	39	45	36	40	17	12	13	15	16	15	17
9/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	19	12	18	11	11	13	17	23	12	32	48	34	63	66	68	67	68	54	32	26	28	20	19	32
10/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	47	35	38	42	33	40	21	13	16	25	41	56	59	67	64	68	65	25	19	16	14	14	13	11
11/1/2001	2001	1	ΠΕΜΠΤΗ	16	22	26	17	26	15	9	10	12	20	30	34	41	52	62	60	47	39	13	19	14	15	16	17
12/1/2001	2001	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	21	19	27	21	13	12	9	10	13	15	23	31	48	54	58	65	65	28	18	12	18	17	11	15
13/1/2001	2001	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	9	14	13	7	9	7	13	8	11	13	15	21	31	28	24	19	20	17	20	16	14	17	13	19
14/1/2001	2001	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	17	14	12	18	39	43	43	43	45	46	46	41	38	41	38	43	42	24	42	32	45	42	46	45
15/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	30	43	38	36	42	52	40	44	44	45	44	45	46	44	41	45	46	44	36	31	31	35	34	37
16/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	39	40	41	41	40	38	35	27	23	28	28	28	31	37	39	42	41	37	38	38	37	38	41	41
17/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	45	44	41	46	42	40	33	24	21	23	31	37	37	41	42	41	37	22	19	18	19	24	21	20
18/1/2001	2001	1	ΠΕΜΠΤΗ	30	36	28	33	28	30	17	15	18	19	27	24	32	37	38	38	39	32	24	17	17	13	14	19
19/1/2001	2001	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	27	32	37	41	34	21	19	13	12	14	22	29	41	39	32	22	30	32	15	12	14	13	15	17
20/1/2001	2001	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	17	24	14	14	19	23	20	13	12	16	19	36	31	31	30	35	32	26	20	14	15	15	19	19
21/1/2001	2001	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	26	20	19	25	36	26	17	10	15	29	29	24	30	39	37	46	55	53	42	36	38	25	37	37
22/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	45	38	42	35	36	29	15	10	12	27	35	36	42	35	30	37	35	30	28	24	20	14	17	13
23/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	24	21	11	10	13	11	8	9	11	10	12	13	14	18	15	16	20	31	28	27	19	11	18	10
24/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	8	10	20	20	24	23	17	17	13	13	15	15	16	14	11	10	11	10	11	11	12	13	12	12
25/1/2001	2001	1	ΠΕΜΠΤΗ	9	12	15	20	16	12	8	26	27	15	23	38	38	42	43	48	49	41	37	29	28	37	43	39
26/1/2001	2001	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	53	41	56	58	59	55	52	41	36	39	42	47	48	48	34	58	56	44	23	26	22	17	28	26
27/1/2001	2001	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	31	28	30	21	13	9	8	9	19	30	43	47	50	41	23	14	19	18	16	18	21	25	13	13
28/1/2001	2001	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	14	15	9	7	7	8	8	9	10	13	15	21	45	49	62	62	47	22	20	15	17	29	44	49
29/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	47	30	31	27	22	16	21	36	34	49	60	65	70	70	68	65	49	57	32	21	40	24	49	58
30/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	61	62	67	65	48	44	43	56	56	63	68	69	66	55	65	65	69	46	51	36	32	46	35	40
31/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	41	33	26	37	38	27	12	9	13	19	23	25	27	41	32	17	11	9	13	17	12	12	13	13
1/2/2001	2001	2	ΠΕΜΠΤΗ	17	16	13	12	8	13	12	16	17	29	33	45	48	55	57	68	62	52	26	22	29	25	29	41
2/2/2001	2001	2	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	42	41	44	42	41	36	19	10	10	15	21	30	38	37	35	32	45	33	37	40	44	46	46	49
3/2/2001	2001	2	ΣΑΒΒΑΤΟ	51	51	53	50	48	51	47	39	38	41	45	48	51	55	59	63	64	57	38	34	30	23	24	19
4/2/2001	2001	2	ΚΥΡΙΑΚΗ	24	32	18	17	22	22	15	17	23	27	39	49	62	69	73	71	73	60	23	20	15	21	11	14

Εικόνα 27: Φύλλο Excel όπου φαίνονται οι μετρήσεις για τον ρύπο O₃ τα τυπικά 24ωρα.

6^ο Βήμα

Στην συνέχεια μέσω του εργαλείου Φίλτρα του excel βοηθηθήκαμε ώστε να βρούμε τη μέση τιμή για κάθε έτος, για κάθε μήνα του έτους, για κάθε ημέρα της εβδομάδας και τέλος για κάθε ώρα της ημέρας.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
DATE	YEAR	MONTH	DAY	HR1	HR2	HR3	HR4	HR5	HR6	HR7	HR8
1/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	41	40	43	48	43	40	45	52
2/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	55	53	52	53	44	39	27	14
3/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	13	12	11	12	11	9	9	9
4/1/2001	2001	1	ΠΕΜΠΤΗ	12	17	12	11	9	8	8	11
5/1/2001	2001	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	9	9	9	8	8	7	8	10
6/1/2001	2001	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	15	16	13	13	12	13	12	11
7/1/2001	2001	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	13	9	8	8	7	7	7	7
8/1/2001	2001	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	10	15	16	19	17	12	9	9
9/1/2001	2001	1	ΤΡΙΤΗ	19	12	18	11	11	13	17	23
10/1/2001	2001	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	47	35	38	42	33	40	21	13

Εικόνα 28: Φύλλο Excel όπου φαίνονται τα φίλτρα

7^ο Βήμα

Υπολογίζουμε τον μέσο όρο του έτους φιλτράροντας κάθε έτος ξεχωριστά και λαμβάνοντας διαφορετικό μέσο όρο κάθε χρονιάς. Αυτό πραγματοποιείται αντίστοιχα και για κάθε μήνα, ημέρα και για κάθε ώρα της ημέρας.

YEAR	MO	MONTH	MO	DAY	MO	HOURL	MO
2001	59,041	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	28,45	ΔΕΥΤΕΡΑ	49,8	HR1	42,297
2002	53,429	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	40,823	ΤΡΙΤΗ	50,133	HR2	43,052
2003	56,304	ΜΑΡΤΙΟΣ	49,376	ΤΕΤΑΡΤΗ	49,915	HR3	43,518
2004	50,696	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	62,998	ΠΕΜΠΤΗ	49,889	HR4	43,265
2005	58,085	ΜΑΙΟΣ	67,347	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	49,971	HR5	41,431
2006	42,821	ΙΟΥΝΙΟΣ	64,118	ΣΑΒΒΑΤΟ	50,332	HR6	37,221
2007	39,118	ΙΟΥΛΙΟΣ	68,85	ΚΥΡΙΑΚΗ	52,917	HR7	31,602
2008	41,994	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	69,629			HR8	28,631
		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	56,042			HR9	32,798
		ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	41,889			HR10	42,797
		ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	26,736			HR11	52,607
		ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	25,616			HR12	60,576
						HR13	65,612
						HR14	69,11
						HR15	71,618
						HR16	72,955
						HR17	71,568
						HR18	66,948
						HR19	61,51
						HR20	55,171
						HR21	48,984
						HR22	43,535
						HR23	41,193
						HR24	41,959

Εικόνα 29: Πίνακες με τις μέσες ετήσιες- μηνιαίες- ημερήσιες- ωριαίες τιμές

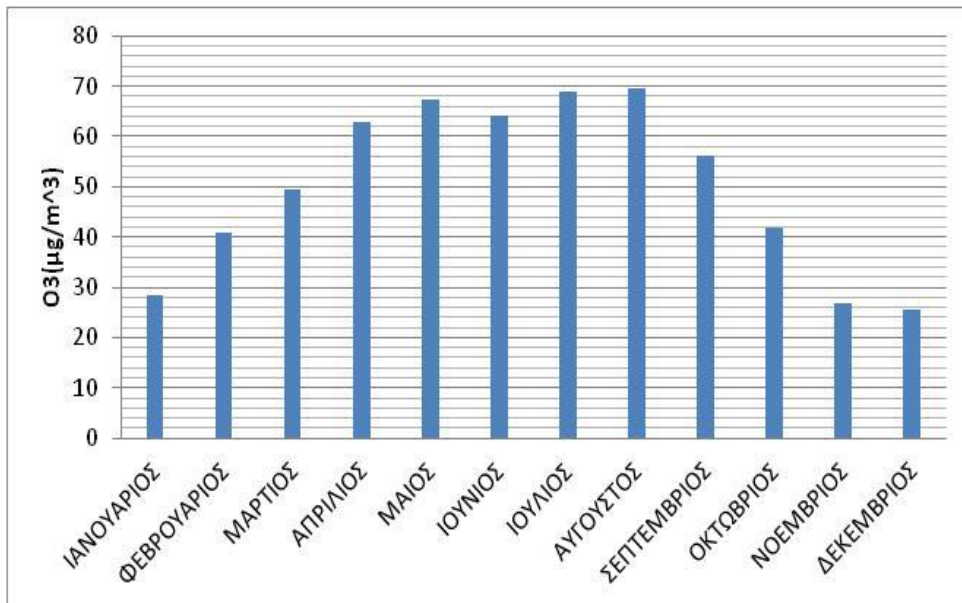
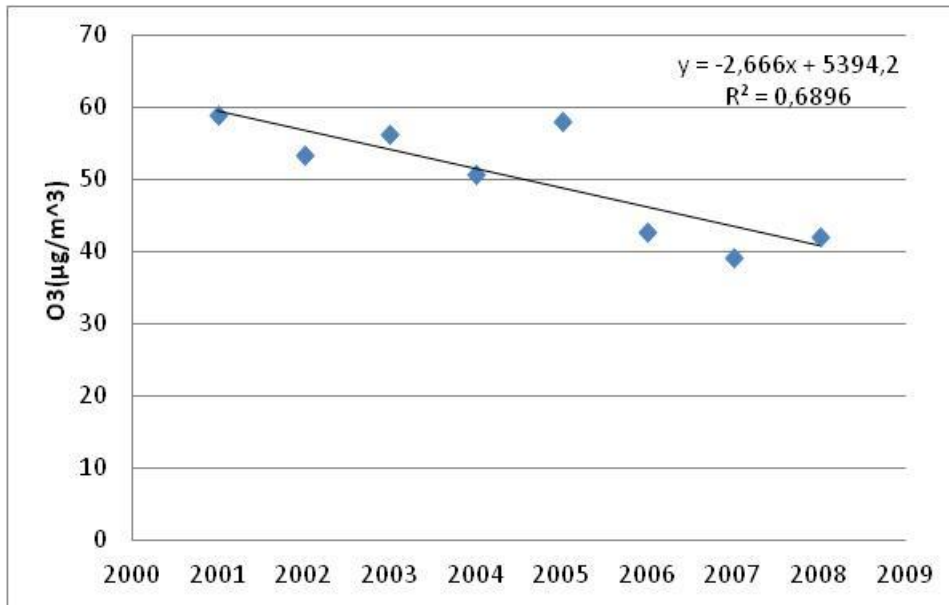
8^ο Βήμα

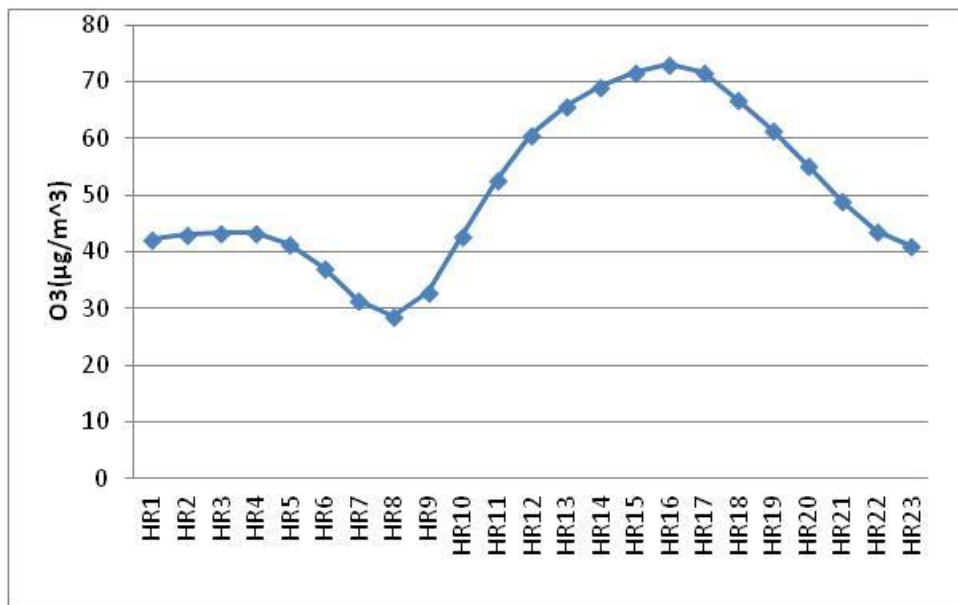
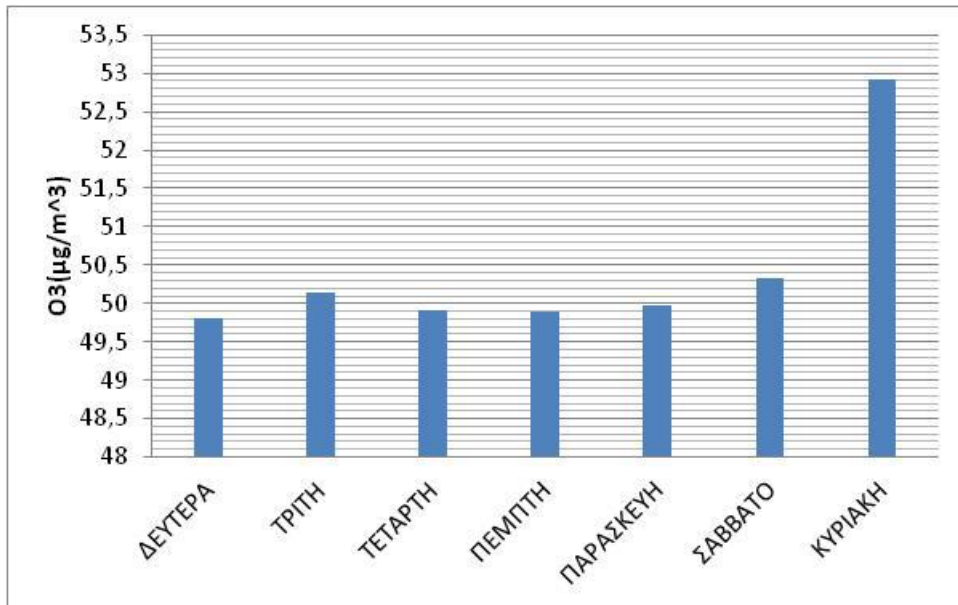
Μετά την ολοκλήρωση των πινάκων με τις μέσες τιμές συνεχίζουμε φτιάχνοντας τα διαγράμματα συγκέντρωσης-χρόνου. Τα διαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

Διαγράμματα: συγκέντρωσης-έτη → Τύπος διαγράμματος διασπορά

συγκέντρωσης-μήνα / ημέρα → Τύπος διαγράμματος ιστόγραμμα

συγκέντρωση-ώρα → Τύπος διαγράμματος γραμμή με εμφανή κουκίδες σε κάθε σημείο



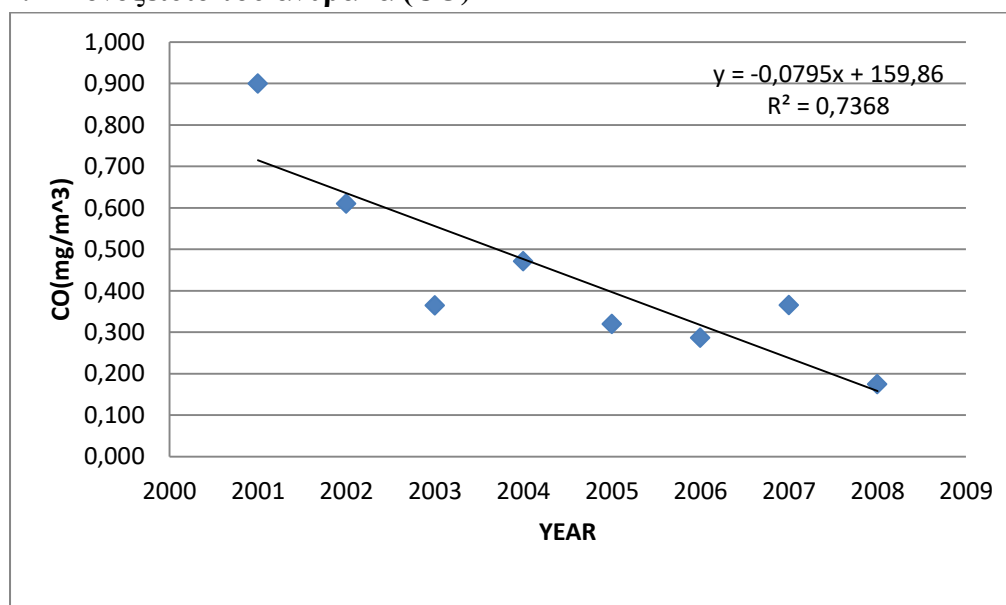


Εικόνα 30: Διαγράμματα συγκέντρωσης-χρόνου για τον ρύπο O₃

ΚΕΦΑΚΑΙΟ 4

ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΝΑ ΡΥΠΟ

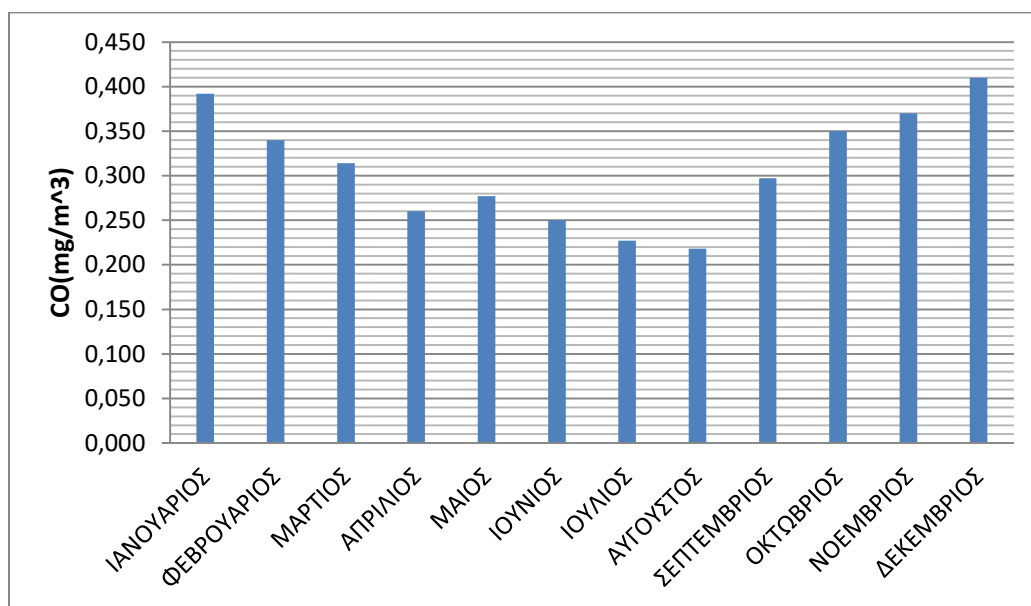
4.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



Διάγραμμα 1: Διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

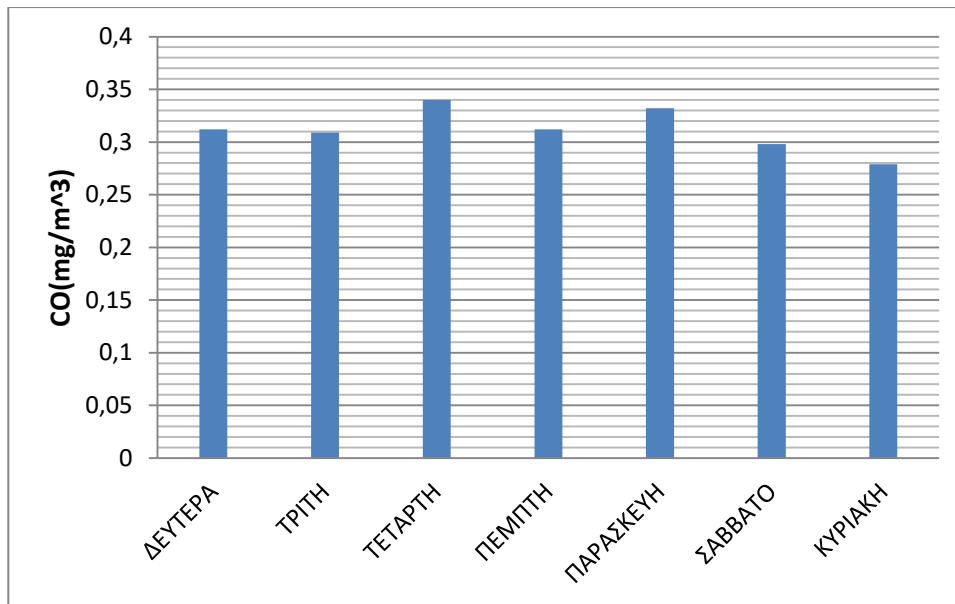
Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα στην ευρύτερη Περιοχή του Βόλου για την περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε αρχικά ότι για όλη την εξεταζόμενη περίοδο οι μέσες ετήσιες συγκέντρωσης είναι κάτω από το 1 mg/m^3 που δείχνουν μία σαφώς πολύ καλή ποιότητα ατμόσφαιρας σε ότι αφορά τον ρύπο του μονοξειδίου του άνθρακα, με δεδομένο ότι το όριο του παγκόσμιου οργανισμού υγείας για την προστασία της δημόσιας υγείας είναι τα 10 mg/m^3 . Άρα, κάτω από το 1 mg/m^3 είναι σαφώς πολύ καλή ποιότητα. Παρόλα αυτά, διαπιστώνουμε κατά την περίοδο 2001 έως 2008 που μελετήσαμε ότι υπάρχει μία σαφή πτωτική πορεία η οποία δείχνει με βάση την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης που εφαρμόσαμε ότι μειώνεται την περίοδο αυτή κατά $0,08 \text{ mg/m}^3$ ανά έτος, η μέση ετήσια συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα και βλέπουμε από τον συντελεστή προσδιορισμού R^2 ότι έχει μία τιμή $0,7368$ που σημαίνει ότι η εξίσωση αυτή και αυτή η μείωση μπορεί να περιγράψει το $73,68\%$ της διακυμάνσης των δεδομένων. Η μείωση αυτή μπορεί να οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους. Ο πρώτος είναι ότι τα τελευταία χρόνια σε σχέση με παλαιότερες δεκαετίες υπάρχει μία αυστηροποίηση των μέτρων που εφαρμόζεται από την ευρωπαϊκή ένωση και κατεπέκταση από τα κράτη μέλη της με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι το μονοξείδιο του άνθρακα κατά κύριο λόγο οφείλεται σε εκπομπές των αυτοκινήτων αφού είναι ένας πρωτογενής ρύπος που εκπέμπεται από την κίνηση των αυτοκινήτων και διαπιστώνουμε ότι αυτήν την περίοδο υπάρχουν πιο

σύγχρονα αυτοκίνητα, όπου είναι καλύτερα συντηρημένα και έχουν καλύτερες μηχανές. Συνεπώς, πραγματοποιείται καλύτερη καύση και έχουμε μικρότερες εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.



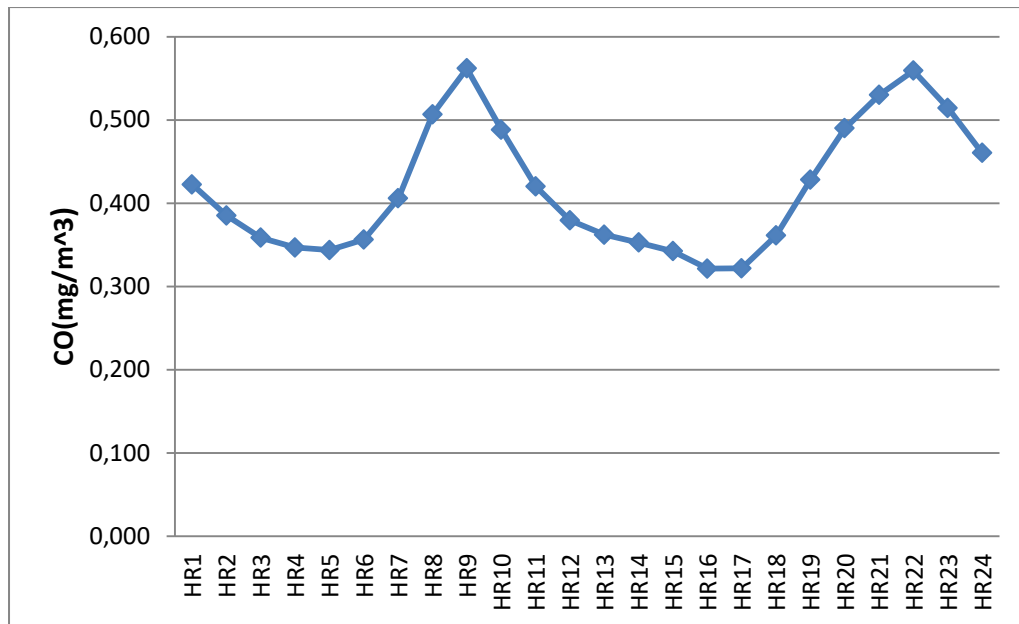
Διάγραμμα 2: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μία σαφής εποχικότητα. Συγκεκριμένα, οι αυξημένες μέσες μηνιαίες τιμές κατά την ψυχρή περίοδο του έτους (Οκτώβριος – Απρίλιος) και χαμηλότερες τιμές κατά την θερινή περίοδο του έτους (Μάιος – Σεπτέμβριος). Αυτό μπορεί να οφείλεται κατά κύριο λόγο στην χρήση κεντρικής θέρμανσης όπως για παράδειγμα σόμπες, τζάκια, μαγκάλια και καυστήρες όπου είναι αυξημένες οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα αλλά και στην χρήση των οχημάτων που κατά τους θερινούς μήνες λόγω των θερινών διακοπών υπάρχει μεγάλη μετακίνηση του πληθυσμού από την πόλη προς την επαρχία για τις τους διακοπές.



Διάγραμμα 3: Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

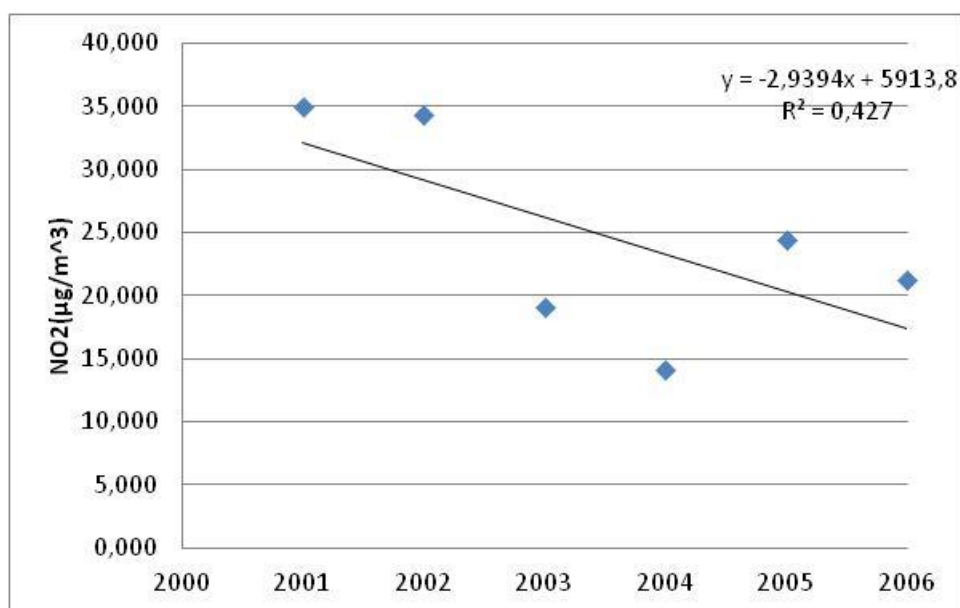
Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ημερήσιων τιμών για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου για την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σαφής μεταβολή, είναι πολύ μικρές οι διακυμάνσεις μεταξύ των ημερών και υπάρχει μία μικρή μείωση των μέσων ενημέρωσης των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα κατά τα σαββατοκύριακα πράγμα που δείχνει ότι ο ρύπος αυτός είναι ένας ρύπος που οφείλεται κατά κύριο λόγο στα αυτοκίνητα. Έτσι αντιλαμβανόμαστε ότι τα σαββατοκύριακα κυκλοφορούν λιγότερα αυτοκίνητα γιατί δεν είναι εργάσιμες ημέρες.



Διάγραμμα 4: Ενδοημερήσια διακύμανση ωριαίων τιμών συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

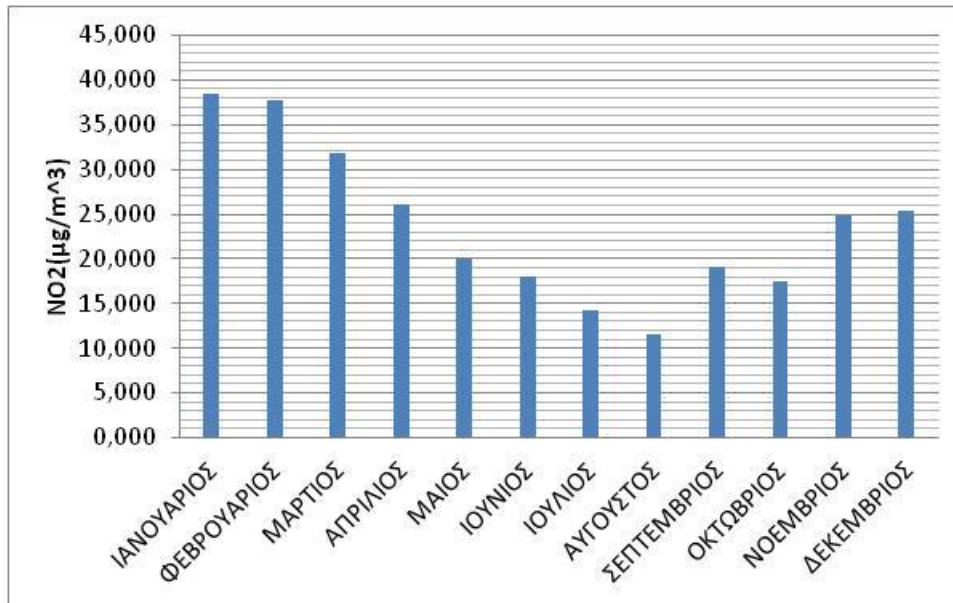
Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η ενδοημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου κατά την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε ότι κατά τις πρώτες πρωινές ώρες μεταξύ 7-10 π.μ. παρουσιάζεται το πρώτο μέγιστο της ημέρας που δικαιολογείται διότι εκείνες τις ώρες υπάρχει έντονη κυκλοφορία κατά την μεταφορά των ανθρώπων από το σπίτι στην εργασία τους. Αυτό δείχνει για μία ακόμα φορά ότι ο τύπος αυτός είναι κατάβαση ο ρύπος που οφείλεται στην κυκλοφορία των αυτοκινήτων. Παρατηρούμε στη συνέχεια, μία πτωτική πορεία και το δεύτερο μέγιστο παρατηρείτε τις πρώτες βραδινές ώρες μεταξύ 8-10 μ.μ όπου οφείλεται στην επιστροφή των ανθρώπων από τις δουλειές στο σπίτι αλλά κυρίως στην χρήση θέρμανσης κατά τις βραδινές ώρες.

4.2 Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)



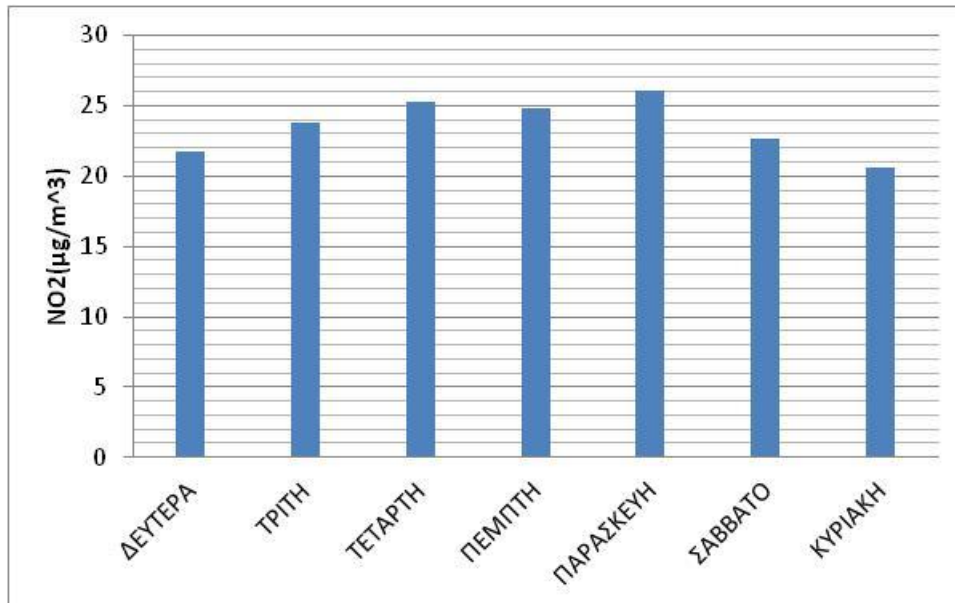
Διάγραμμα 5: Διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2006.

Στο διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου στην ευρύτερη Περιοχή του Βόλου για την περίοδο 2001-2006. Παρατηρούμε αρχικά ότι για όλη την εξεταζόμενη περίοδο οι μέσες ετήσιες συγκέντρωσης είναι κάτω από το 35 µg/m³ που δείχνουν μία σαφώς πολύ καλή ποιότητα ατμόσφαιρας σε ότι αφορά τον ρύπο του διοξειδίου του αζώτου, με δεδομένο ότι το όριο του παγκόσμιου οργανισμού υγείας για την προστασία της δημόσιας υγείας είναι τα 40mg/m³. Άρα, κάτω από τα 35 µg/m³ είναι σαφώς πολύ καλή ποιότητα. Ακόμα, βλέπουμε από τον συντελεστή προσδιορισμού R² ότι έχει μία τιμή 0,427 που σημαίνει ότι η εξίσωση αυτή και αυτή η μείωση μπορεί να περιγράψει το 42,70% της διακυμάνσης των δεδομένων. Η μείωση αυτή μπορεί να οφείλεται στο ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία αυστηροποίηση των μέτρων που εφαρμόζεται από την ευρωπαϊκή ένωση και κατεπέκταση από τα κράτη μέλη της με στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας. Επιπλέον, το διοξείδιο του αζώτου κατά κύριο λόγο οφείλεται σε εκπομπές των αυτοκινήτων αφού είναι ένας πρωτογενής ρύπος που εκπέμπεται από την κίνηση των αυτοκινήτων και διαπιστώνουμε ότι αυτήν την περίοδο υπάρχουν πιο σύγχρονα αυτοκίνητα, όπου είναι καλύτερα συντηρημένα και έχουν καλύτερες μηχανές. Συνεπώς, πραγματοποιείται καλύτερη καύση και έχουμε μικρότερες εκπομπές διοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα.



Διάγραμμα 6: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2006.

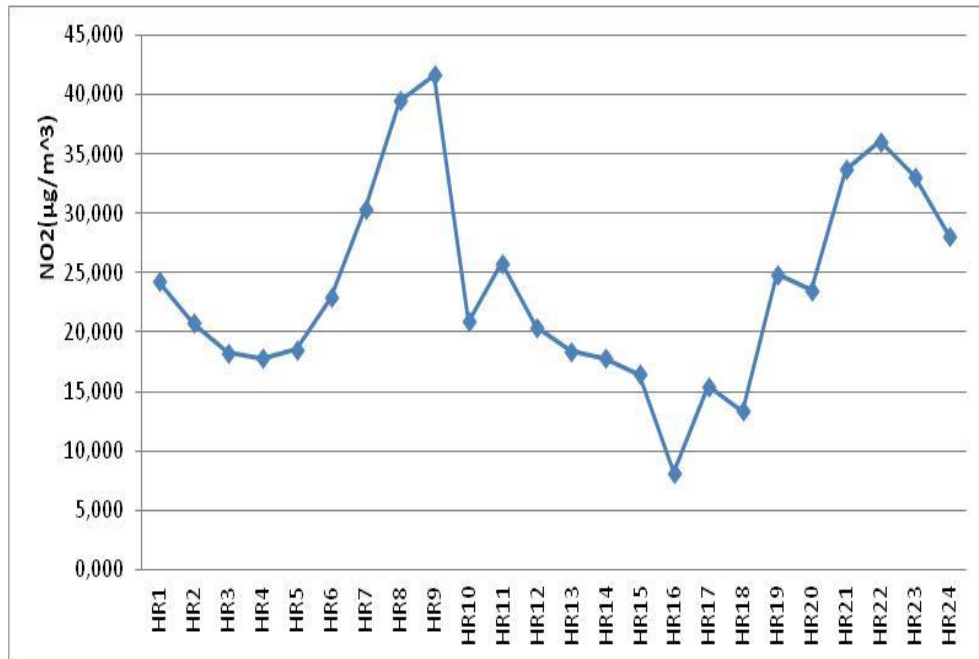
Στο διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου για την χρονική περίοδο 2001-2006. Όσον αφορά την μηνιαία συγκέντρωση του NO₂ παρατηρείται ότι του χειμερινούς μήνες υπάρχει μια αύξηση στο διάγραμμα και αυτό συμβαίνει επειδή όπως αναφέραμε και στο διάγραμμα του διοξειδίου του αζώτου τον χειμώνα υπάρχει ανάγκη για θέρμανση. Έτσι, αυξάνεται η συγκέντρωση αυτού του ρύπου λόγω της χρήσης υγραερίου- γκαζιού σε σόμπες. Ακόμα, λόγω του ότι ο Βόλος βρίσκεται βορειότερα έχει δυσκολότερο χειμώνα σε σχέση με άλλες περιοχές, άρα αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ανάγκες για θέρμανση να είναι σοφός μεγαλύτερες, Επιπλέον, οι κινητήρες των οχημάτων εκπέμπουν διοξείδιο του αζώτου στον ατμοσφαιρικό αέρα και λόγω της χρήσης των οχημάτων τον χειμώνα υπάρχει αυτή η αύξηση του ρύπου σε σχέση με το καλοκαίρι όπου είναι σε ύφεση η χρήση των Ι.Χ οχημάτων.



Διάγραμμα 7: Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2006.

Στο διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ημερήσιων τιμών για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου για την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008.

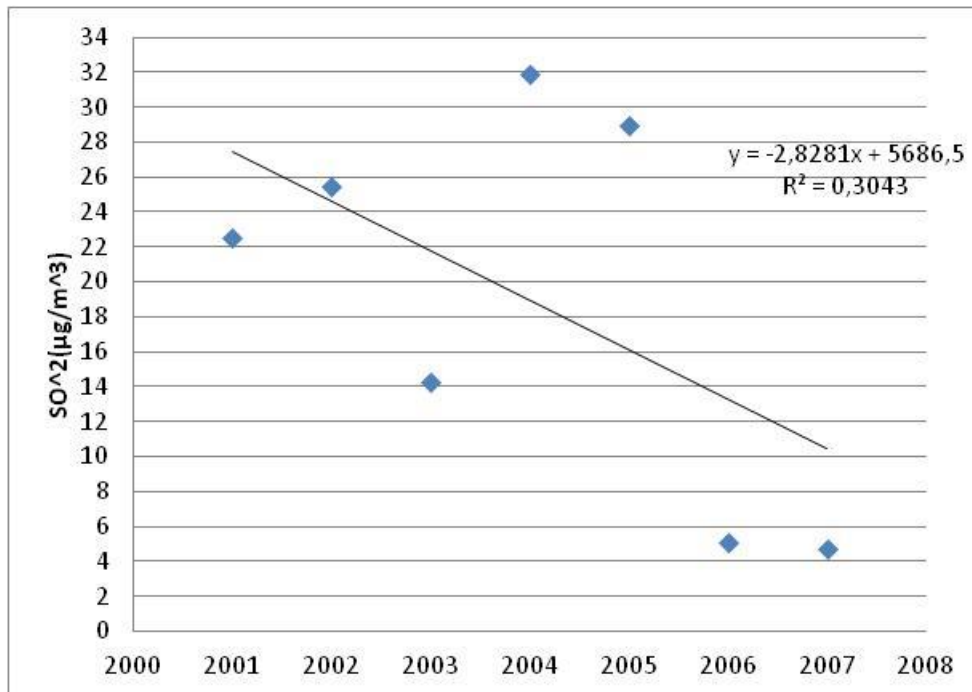
Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σαφής μεταβολή, είναι πολύ μικρές οι διακυμάνσεις μεταξύ των Ημερών και υπάρχει μία μικρή μείωση των μέσων ενημέρωσης των συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου κατά τα σαββατοκύριακα. Αυτό συμβαίνει επειδή η συγκεκριμένη ημέρα είναι ημέρα χαλάρωσης από όλη την πίεση και το στρες της εβδομάδας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα αρκετός κόσμος να αφιερώνει χρόνο για ξεκούραση ή για μια βόλτα. Οπότε την συγκεκριμένη μέρα υπάρχει μείωση των οχημάτων στους δρόμους και κατά συνέπεια μείωση των συγκεντρώσεων του NO₂.



Διάγραμμα 8: Ενδοημερήσια διακύμανση ωριαίων τιμών συγκέντρωσης διοξειδίου του αζώτου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2006.

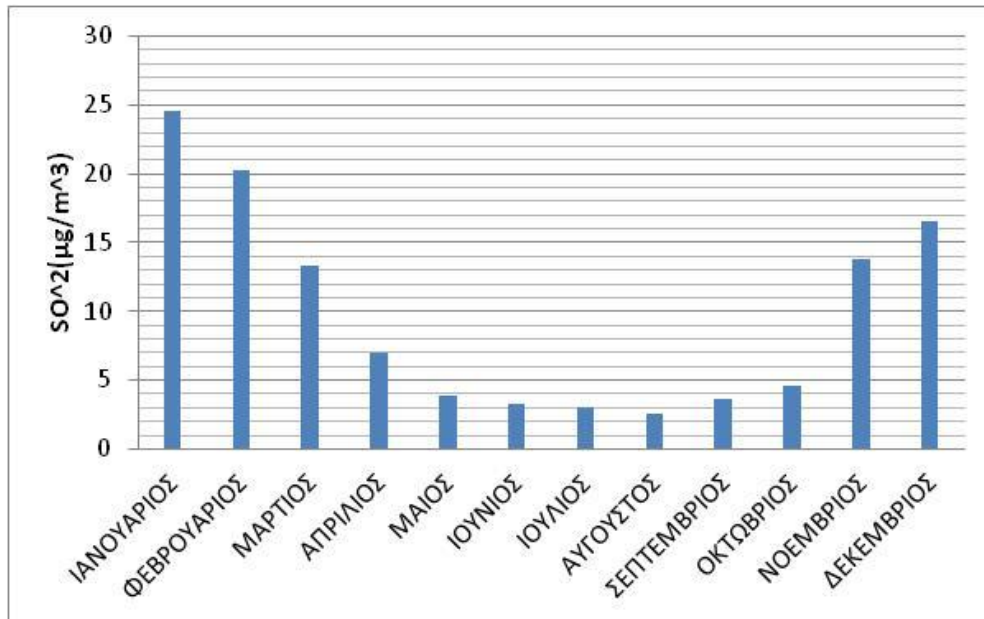
Στο διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η ενδοημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου κατά την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε ότι κατά τις πρώτες πρωινές ώρες μεταξύ 6-8 π.μ παρουσιάζεται το πρώτο μέγιστο της ημέρας που δικαιολογείται διότι εκείνες τις ώρες υπάρχει έντονη κυκλοφορία κατά την μεταφορά των ανθρώπων από το σπίτι στην εργασία τους. Αυτό είναι απόλυτα φυσιολογικό γιατί τις πρωινές ώρες γίνεται χρήση των οχημάτων σε μεγάλο βαθμό στον Βόλο αφού τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς είναι ελάχιστα και δεν εξυπηρετούν αρκετό κόσμο. Παρατηρούμε στη συνέχεια, μία πτωτική πορεία και το δεύτερο μέγιστο παρατηρείτε τις πρώτες βραδινές ώρες μεταξύ 8-10 μ.μ όπου οφείλεται στην επιστροφή των ανθρώπων από τις δουλειές στο σπίτι αλλά κυρίως στην χρήση θέρμανσης κατά τις βραδινές ώρες.

4.3 Διοξείδιο του θείου (SO₂)



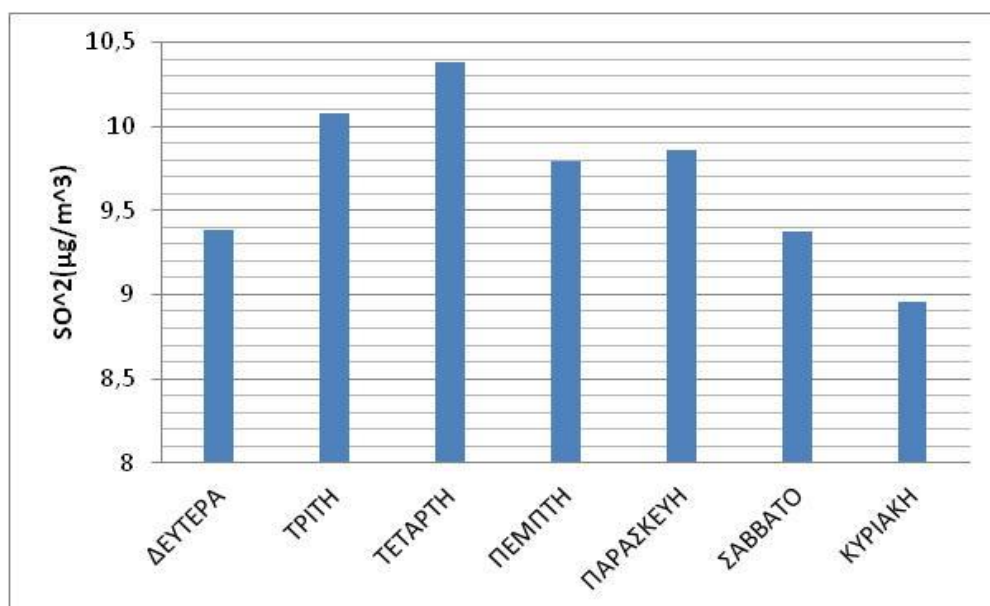
Διάγραμμα 9: Διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2007.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στην ευρύτερη Περιοχή του Βόλου για την περίοδο 2001-2007. Για τις χρονικές περιόδους 2004-2005 παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση SO₂ και αυτό συμβαίνει κατά πάσα πιθανότητα λόγω των πυρκαγιών που υπέστη η Ελλάδα όπου ήταν αυξημένες σε σχέση με τις άλλες χρονιές. Ωστόσο, ο γενικός σχολιασμός είναι ότι η πτωτική τάση είναι θετική και δείχνει ότι όσο περνούν τα χρόνια οι ανθρώπινες δραστηριότητες που δημιουργούν τους ρύπους αυτούς μειώνονται. Παρατηρούμε ακόμα από τον συντελεστή προσδιορισμού R² ότι έχει μία τιμή 0,3043 που σημαίνει ότι η εξίσωση αυτή και αυτή η μείωση μπορεί να περιγράψει το 30,43% της διακύμανσης των δεδομένων.



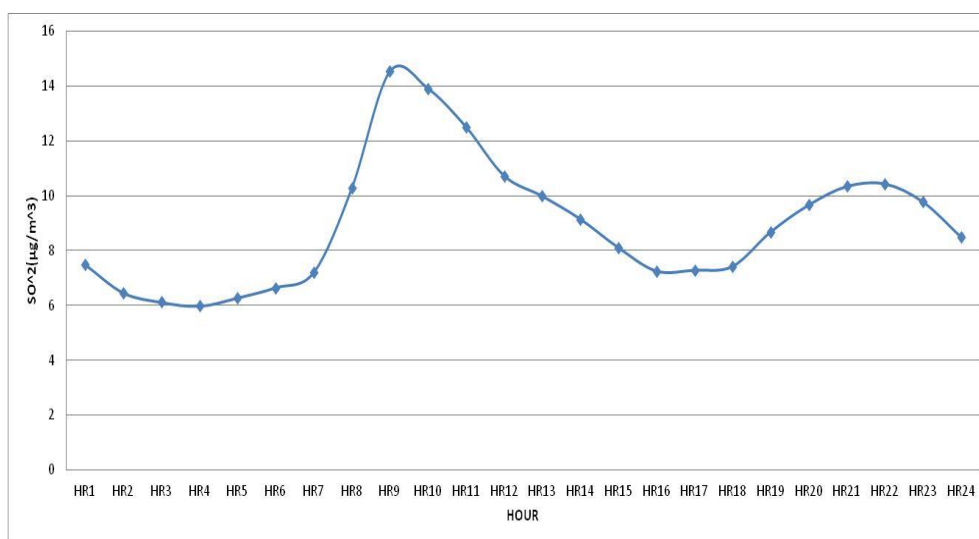
Διάγραμμα 10: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2007.

Στο διάγραμμα 10 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μία σαφής εποχικότητα. Συγκεκριμένα, οι αυξημένες μέσες μηνιαίες τιμές κατά την ψυχρή περίοδο του έτους (Νοέμβριο – Μάρτιο) και χαμηλότερες τιμές κατά την θερινή περίοδο του έτους (Απρίλιο– Οκτώβριο). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι τους χειμερινούς μήνες λόγω της θέρμανσης και του κυκλοφορικού ζητήματος η συγκέντρωση του υπό μελέτη ρύπου είναι αυξημένη, σε σχέση με τους θερινούς μήνες που παρατηρείται σημαντική μείωση λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών που επικρατούν.



Διάγραμμα 11: Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης διοξειδίου του θείου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2007.

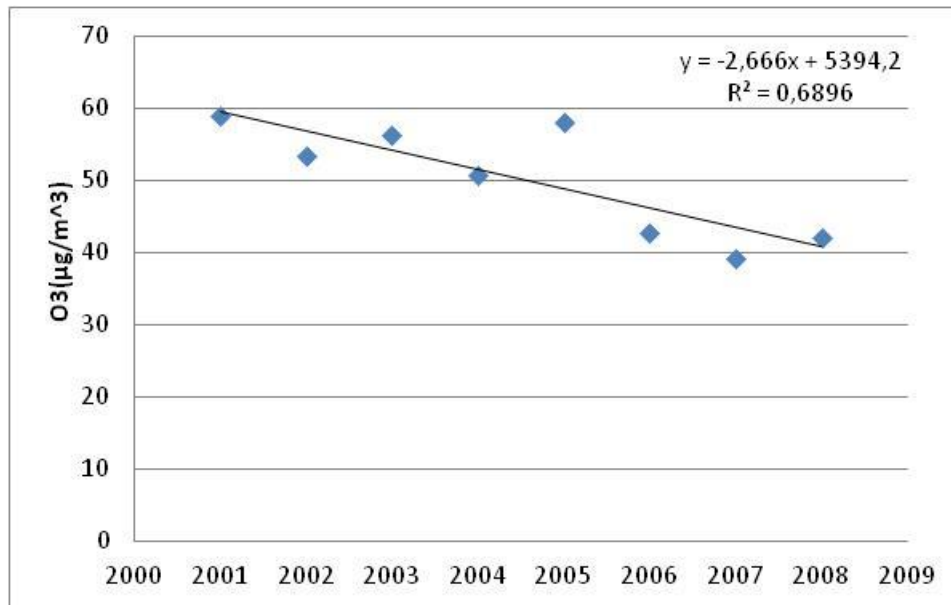
Στο διάγραμμα 11 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ημερήσιων τιμών για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου για την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2007. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σαφής μεταβολή, είναι πολύ μικρές οι διακυμάνσεις μεταξύ των ημερών και υπάρχει μία μικρή μείωση των μέσων ενημέρωσης των συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου κατά τα σαββατοκύριακα. Για την διαφορά αυτή υπάρχει λογική εξήγηση η οποία είναι ότι τις καθημερινές ο κόσμος έχει δραστηριότητες μέσα στην μέρα σε αντίθεση με την Κυριακή η οποία είναι μέρα ξεκούρασης και χαλάρωσης.



Διάγραμμα 12: Ενδοημερήσια διακύμανση ωριαίων τιμών συγκέντρωσης διοξειδίου του θείου για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2007.

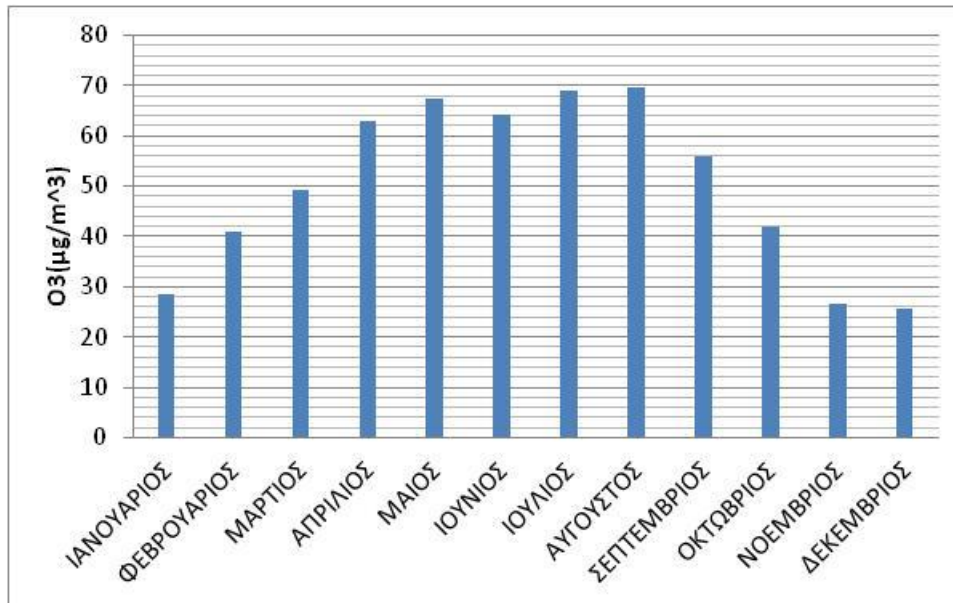
Στο διάγραμμα 12 παρουσιάζεται η ενδοημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου κατά την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2007. Παρατηρούμε ότι κατά τις πρώτες πρωινές ώρες μεταξύ 7-9π.μ παρουσιάζεται το πρώτο μέγιστο της ημέρας που δικαιολογείται διότι εκείνες τις ώρες υπάρχει έντονη κυκλοφορία κατά την μεταφορά των ανθρώπων από το σπίτι στην εργασία τους. Παρατηρούμε στη συνέχεια, μία πτωτική πορεία και το δεύτερο μέγιστο παρατηρείτε τις πρώτες βραδινές ώρες μεταξύ 7-10 μ.μ όπου οφείλεται στην επιστροφή των ανθρώπων από τις δουλειές στο σπίτι αλλά κυρίως στην χρήση θέρμανσης κατά τις βραδινές ώρες.

4.4 Όζον (O₃)



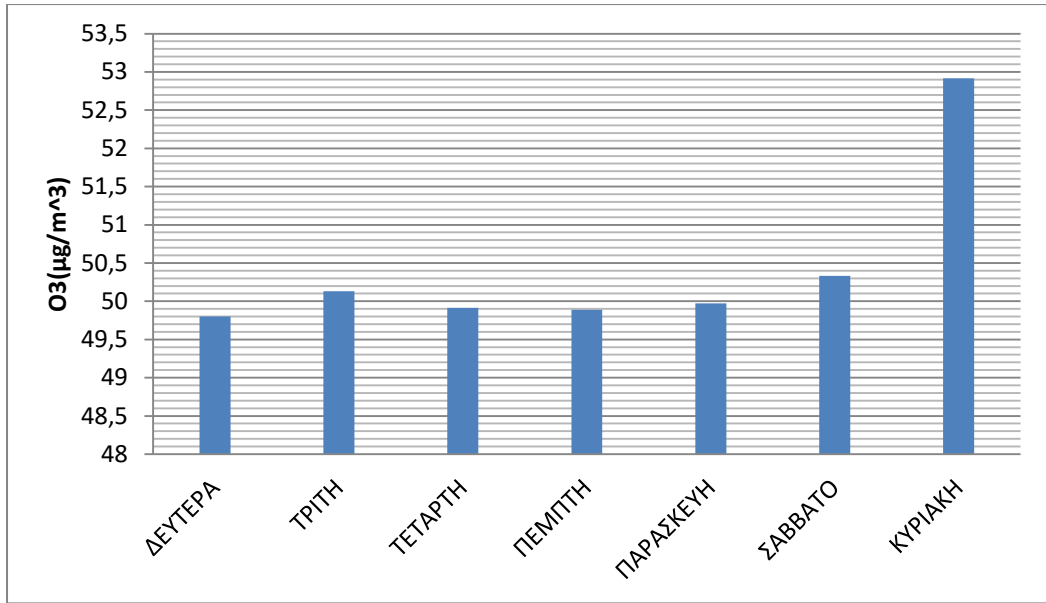
Διάγραμμα 13: Διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του όζοντος για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του όζοντος στην ευρύτερη Περιοχή του Βόλου για την περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε αρχικά ότι για όλη την εξεταζόμενη περίοδο οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις είναι κάτω από το 60 μg/m³ που δείχνουν μία σαφώς πολύ καλή ποιότητα ατμόσφαιρας σε ότι αφορά τον ρύπο του O₃, με δεδομένο ότι το όριο του παγκόσμιου οργανισμού υγείας για την προστασία της δημόσιας υγείας είναι τα 120 μg/m³. Άρα, κάτω από το 60 μg/m³ είναι σαφώς πολύ καλή ποιότητα. Παρόλα αυτά, διαπιστώνουμε κατά την περίοδο 2001 έως 2008 που μελετήσαμε ότι υπάρχει μία σαφή πτωτική πορεία η οποία δείχνει με βάση την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης που εφαρμόσαμε ότι μειώνεται την περίοδο αυτή κατά 0,08 μg/m³ ανά έτος, η μέση ετήσια συγκέντρωση του όζοντος και βλέπουμε από τον συντελεστή προσδιορισμού R² ότι έχει μία τιμή 0,6896 που σημαίνει ότι η εξίσωση αυτή και αυτή η μείωση μπορεί να περιγράψει το 68,96% της διακυμάνσης των δεδομένων.



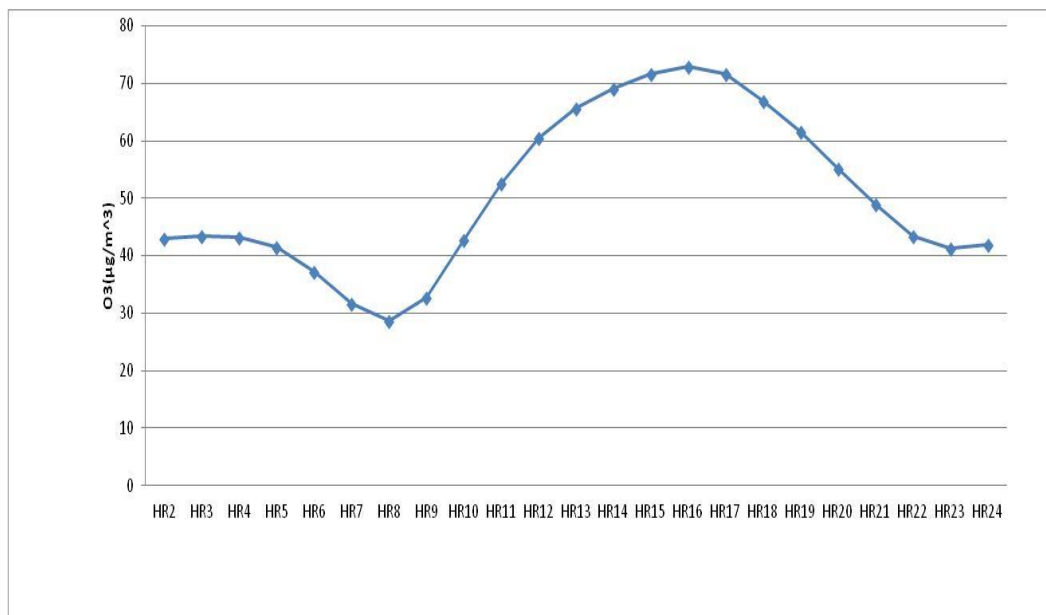
Διάγραμμα 14: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του όζοντος για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

Στο διάγραμμα 14 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων του όζοντος για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Παρατηρούμε ότι τους θερινούς μήνες υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση O₃ σε σχέση με τους χειμερινούς μήνες. Οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης του όζοντος τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στην αυξημένη ηλιοφάνεια σε διάρκεια και ένταση των μηνών αυτών, δεδομένου ότι ο σχηματισμός αυτού του ρύπου γίνεται μέσω φωτοχημικών διεργασιών στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι εκτός από την ηλιακή ακτινοβολία συμβάλει και η ζέστη στην ευκολότερη δημιουργία του όζοντος και έτσι το παραπάνω φαινόμενο δηλαδή τους θερινούς μήνες να υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση όζοντος είναι απόλυτα φυσιολογικό.



Διάγραμμα 15: Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης του όζοντος για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

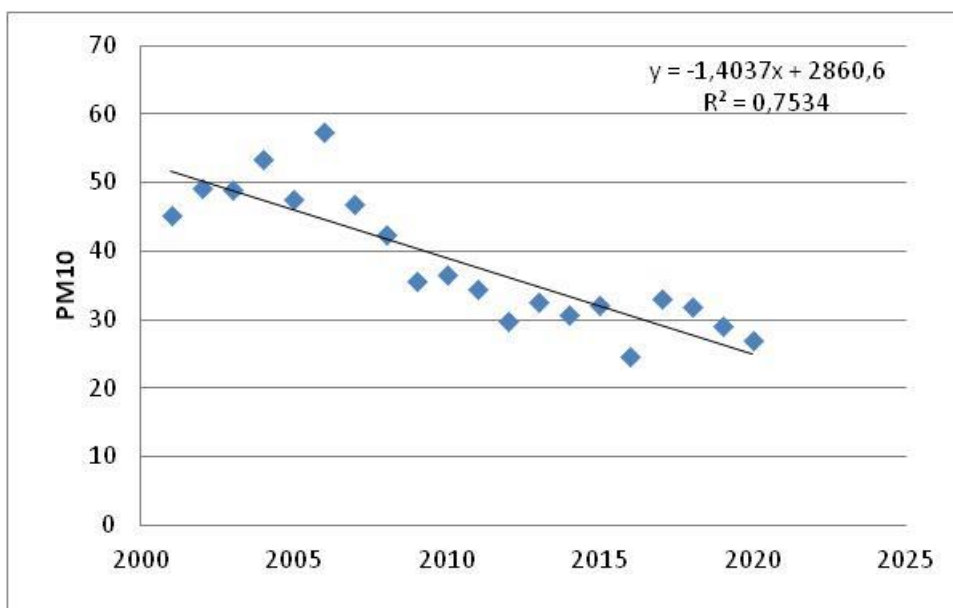
Στο διάγραμμα 15 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ημερήσιων τιμών για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου για την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σαφής μεταβολή, είναι πολύ μικρές οι διακυμάνσεις μεταξύ των ημερών και υπάρχει μία μικρή αύξηση των μέσων ενημέρωσης των συγκεντρώσεων του όζοντος την Κυριακή. Αυτή η μικρή αύξηση δεν μπορεί να αποδοθεί σε κάποιο συγκεκριμένο λόγο αλλά ούτω η άλλως η μεταβολή είναι πολύ μικρή της τάξης των 2 µg/m³.



Διάγραμμα 16: Ενδοημερήσια διακύμανση ωριαίων τιμών συγκέντρωσης του όζοντος για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2008.

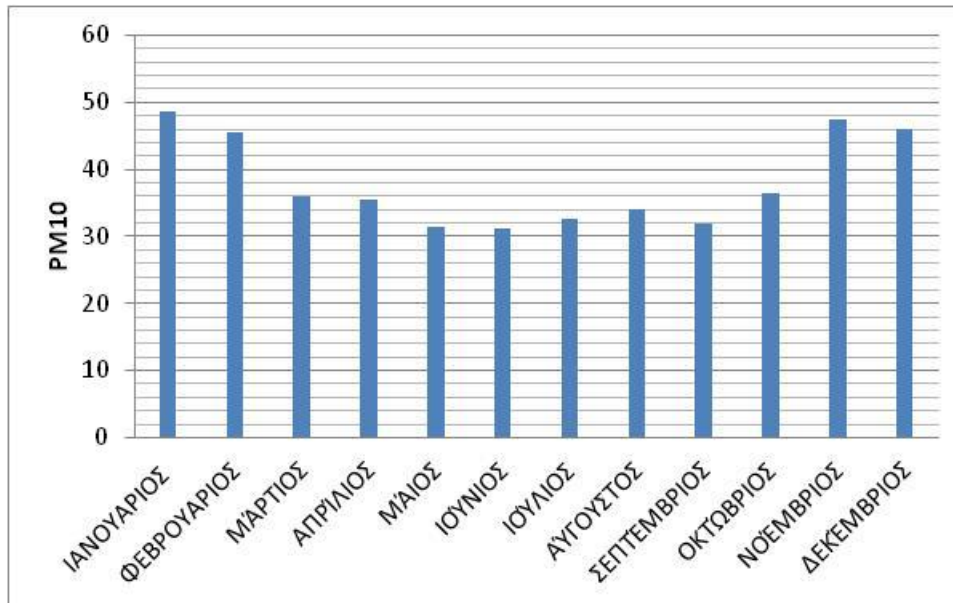
Στο διάγραμμα 16 παρουσιάζεται η ενδοημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων του όζοντος στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου κατά την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008. Παρατηρούμε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος μέσα στην μέρα παρατηρείται τις ώρες όπου υπάρχει υψηλή θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό το φαινόμενο γίνεται διότι ο σχηματισμός αυτού του ρύπου γίνεται μέσω φωτοχημικών διεργασιών στις οποίες καθοριστικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία οπότε όσο η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία πλησιάζει στο ημερήσιο μέγιστο τόσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση όζοντος εκείνη την ώρα.

4.5 Μικροσωματίδια PM10



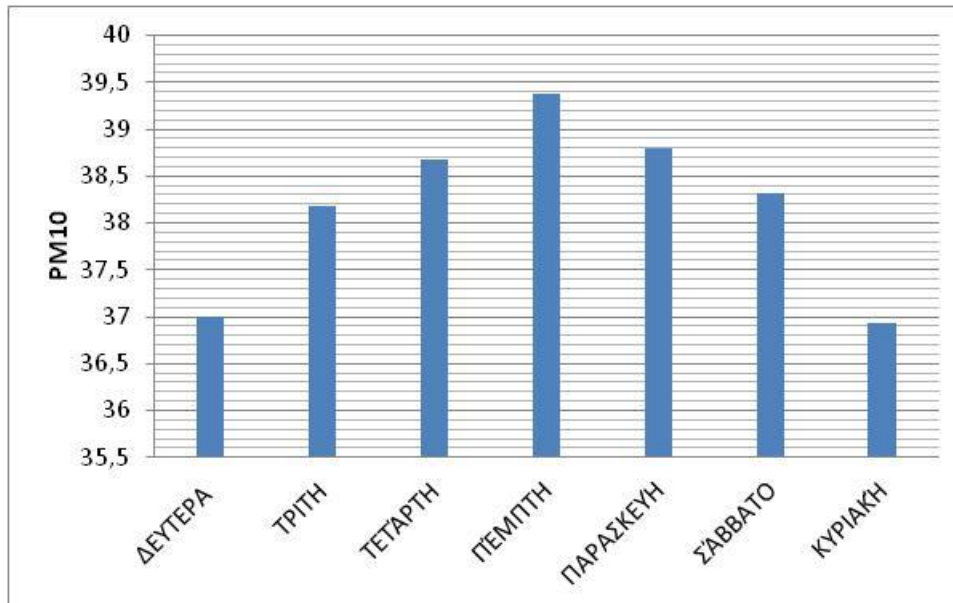
Διάγραμμα 17: Διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων μικροσωματιδίων PM₁₀ για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2020.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του μικροσωματιδίων PM₁₀ στην ευρύτερη Περιοχή του Βόλου για την περίοδο 2001-2020. Παρατηρούμε αρχικά ότι για την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2008 οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις είναι πάνω από το 40 µg/m³, με δεδομένο ότι το όριο του παγκόσμιου οργανισμού υγείας για την προστασία της δημόσιας υγείας είναι τα 40 µg/m³, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι εκείνη την χρονική περίοδο υπάρχει υπέρβαση των ορίων. Βέβαια στην συνέχεια από το 2009-2020 οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις είναι κάτω από τα 40 µg/m³ είναι σαφώς πολύ καλή ποιότητα σε σχέση με τα προηγούμενα έτη. Παρόλα αυτά, διαπιστώνουμε κατά την περίοδο 2001 έως 2020 που μελετήσαμε ότι υπάρχει μία σαφή πτωτική πορεία η οποία δείχνει με βάση την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης που εφαρμόσαμε ότι μειώνεται η μέση ετήσια συγκέντρωση μικροσωματιδίων PM₁₀ και βλέπουμε από τον συντελεστή προσδιορισμού R² ότι έχει μία τιμή 0,7534 που σημαίνει ότι η εξίσωση αυτή και αυτή η μείωση μπορεί να περιγράψει το 75,34% της διακυμάνσης των δεδομένων. Αυτό συμβαίνει επειδή όπως έχουμε προαναφέρει δημιουργούνται μέτρα πρόληψης και μείωσης των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Επίσης, στην μείωση αυτή έχει συμβάλει και ο άνθρωπος που χρόνια με τα χρόνια έχει ευαισθητοποιηθεί στο κομμάτι του περιβάλλοντος και ειδικότερα στην ρύπανση του αέρα.



Διάγραμμα 18: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του μικροσωματιδίων PM₁₀ για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2020.

Στο διάγραμμα 18 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων μικροσωματιδίων PM₁₀ για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Παρατηρούμε ότι και σε αυτό το διάγραμμα υπάρχει μια εποχικότητα και αυτό συμβαίνει διότι τα σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από την οξείδωση και το μετασχηματισμό της πρωτοπαθούς αερίων εκπομπών. Οι κύριες εκπομπές αερίων είναι το SO₂, NO_x όπου αντιδρούν στην ατμόσφαιρα για να σχηματίσουν αμμώνιο, θειικές ενώσεις και ενώσεις νιτρικών αλάτων. Οπότε μπορούμε να αντιληφτούμε ότι τα σωματίδια δημιουργούνται από τις ίδιες αιτίες όπως οι ρύποι που αναφέρθηκαν (SO₂, NO_x). Οι πιο σημαντικές αιτίες είναι ότι τον χειμώνα ο κόσμος χρειάζεται θέρμανση οπότε η καύση ξύλου, καυσίμου ή άνθρακα για οικιακή θέρμανση αυξάνει τα μικροσωματίδια στην ατμόσφαιρα. Επίσης, τα καυσαέρια των οχημάτων βοηθούν στην δημιουργία των μικροσωματιδίων και αυτό μπορεί να αποτυπωθεί στο παραπάνω διάγραμμα αφού χρησιμοποιούνται τους χειμερινούς αλλά και τους θερινούς μήνες για την εξυπηρέτηση των ανθρώπων.



Διάγραμμα 19: Μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης μικροσωματιδίων PM₁₀ για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Περίοδος 2001-2020.

Στο διάγραμμα 19 παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ημερήσιων τιμών για την ευρύτερη περιοχή του Βόλου για την εξεταζόμενη περίοδο 2001-2020. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει σαφής μεταβολή, είναι πολύ μικρές οι διακυμάνσεις μεταξύ των ημερών και υπάρχει μία μικρή μείωση των μέσων ενημέρωσης των συγκεντρώσεων των μικροσωματιδίων PM₁₀ κατά τα σαββατοκύριακα. Αυτές οι τιμές στο παραπάνω διάγραμμα δημιουργούνται λόγω του κυκλοφοριακού προβλήματος που υπάρχει στην καθημερινότητα από τα οχήματα, τα οποία είναι σχετικά παλαιά και λόγω της ελάχιστης συντήρησης, δεν πραγματοποιούν σωστή καύση. Έτσι αντιλαμβανόμαστε ότι τα σαββατοκύριακα κυκλοφορούν λιγότερα αυτοκίνητα γιατί δεν είναι εργάσιμες ημέρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή του Βόλου που εξετάστηκε στην συγκεκριμένη περιοχή όπως πολλές πόλεις της Ελλάδας, έχει προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία προκύπτουν λόγω του των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται στην συγκεκριμένη περιοχή. Επίσης, η έντονη ηλιοφάνεια που υπάρχει τους καλοκαιρινούς μήνες συμβάλλει στην δημιουργία της φωτοχημικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Ένα σχόλιο που θα μπορούσαμε να κάνουμε το οποίο αφήνει θετικά μηνύματα είναι μέσα από την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρήθηκε μια τάση βελτίωσης των συγκεντρώσεων από χρόνο σε χρόνο. Έτσι, παρατηρείται ότι υπάρχει μια ευαισθητοποίηση του κόσμου για το περιβάλλον. Επιπλέον, μέσω των ορίων που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση οι βιομηχανίες έχουν μειώσεις τις εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον. Όσον αφορά, την διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων, υπάρχει γενικότερα μείωση των ρύπων και πιο συγκεκριμένα του διοξειδίου του θείου και του μονοξειδίου του άνθρακα.

Αναφορικά με την συγκέντρωση του όζοντος όπου είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα για την ατμόσφαιρα παρατηρείται ότι έχει σταθεροποιηθεί τα τελευταία χρόνια. Ακόμα, οι συγκεντρώσεις του όζοντος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες είναι αυξημένες το οποίο είναι αναμενόμενο αφού η ηλιακή ακτινοβολία βοηθά στην δημιουργία του. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε κάποια υπέρβαση των ορίων οπότε δεν τίθεται λόγος ανησυχίας.

Το διοξείδιο του θείου τα παλαιότερα χρόνια αποτελούσε μεγάλο πρόβλημα για την ατμόσφαιρα. Όμως, τα τελευταία χρόνια εμφανίζει μείωση των τιμών συγκέντρωσης του και αυτό γίνεται αφού τα καύσιμα έχουν μειωμένη περιεκτικότητα σε θείο σε σχέση με παλαιότερα. Το SO₂ γίνεται μέγιστο τους χειμερινούς μήνες λόγω της μεγάλης ζήτησης για θέρμανσης που υπάρχει από πολλά νοικοκυριά. Είναι πολύ ενθαρρυντικό το γεγονός ότι δεν υπάρχει υπέρβαση των ετήσιων ορίων (35 μg/m³) δίνοντάς μας ικανοποιητικά αποτελέσματα για την ρύπανση της πόλης αυτής.

Το διοξείδιο του αζώτου εμφανίζει τάση μείωσης τα τελευταία χρόνια. Οι συγκεντρώσεις του NO₂ οφείλονται στην κυκλοφορία των οχημάτων και παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα κοντά στην πηγή εκπομπής τους. Ωστόσο δεν παρατηρείται κάποια υπέρβαση των συγκεντρώσεων του ρύπου ούτε σε ετήσιο βαθμό, ούτε σε μηνιαίο καθώς ούτε σε ημερήσιο. Αυτό είναι πολύ ικανοποιητικό και μας δείχνει ότι δεν υπάρχει κάποιο θέμα ανησυχίας για τον συγκεκριμένο ρύπο.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) απαντάται σε μικρές συγκεντρώσεις στην υπό μελέτη περιοχή. Όταν υπάρχουν υψηλές τιμές του μονοξειδίου του άνθρακα είναι λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων, όπου μας αυξάνει τις συγκεντρώσεις του CO. Η διαχρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεων δείχνει ότι υπάρχει πτωτική τάση, γεγονός που οφείλεται σε μέτρα ελέγχου εκπομπής αέριων ρύπων με την πάροδο του χρόνου. Ακόμα, δεν σημειώθηκαν υπερβάσεις της οριακής τιμής και έτσι δεν αποτελεί πρόβλημα για την δημόσια υγεία καθώς και για το οικοσύστημα.

Τα PM₁₀ είναι από τους ρύπους που αποτελούν πρόβλημα για τα περισσότερα κράτη-μέλη της Ε.Ε. Παρατηρείται γενικά μικρή μείωση στις τιμές ρύπανσης ή σταθεροποίηση κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, με κάποιες αυξομειώσεις σε κάποια έτη. Τα μικροσωματίδια αυτά εμφανίζουν από το 2001-2008 ετήσιες υπερβάσεις, όμως από το 2009 και μετά υπάρχει μείωση αισθητή ώστε να μην υπάρχει υπέρβαση των ορίων και χρόνο με τον χρόνο παρατηρείται μια βελτίωση της συγκέντρωσης των PM₁₀ στην ατμόσφαιρα. Το γεγονός ότι έχει σταματήσει η ετήσια υπέρβαση των ορίων από το 2009 και μετά είναι πολύ θετικό για την περιοχή του Βόλου αφού μην ξεχνάμε ότι τα PM₁₀ αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα και επηρεάζει τη ζωή του ανθρώπου όσο και ολόκληρου του οικοσυστήματος και απαιτεί την προσοχή μας. Για τον λόγο αυτό κρίνεται σημαντικό η παρακολούθηση των ρύπων με συνεχή λήψη δεδομένων – τιμών έτσι ώστε να γνωρίζουμε τα επίπεδα που βρίσκεται η ποιότητα της ατμόσφαιρα και όσο γίνεται να τα βελτιώνουμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μελάς, Δ. (2008). Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ.
- [2] Κουϊμπζής, Θ., Φυτιάνος, Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ. (1998). Χημεία Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- [3] Γεντετάκης, Ι. (2010). Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες. 2η έκδοση, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- [4] Οικονομόπουλος, Α. (2000). Σημειώσεις Μαθήματος Ρύπανση και Έλεγχος Ρύπανσης Αέρα. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- [5] Μελάς, Δ. (1997). Σημειώσεις για Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.
- [6] Μπινιάρης, Σ. (2004). Το Περιβάλλον – Ρύπανση και Προστασία. Μελέτη.
- [7] Benson D, Boguski M, Lipman D, Ostell J. The National Center for Biotechnology Information. Genomics. 1990. Feb;6(2):389-91. doi: 10.1016/0888-7543(90)90583-g. PMID: 12134874.
- [8] European Environment Agency Air Quality Report, 2013. (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>)
- [9] Air quality in Europe — 2020 report. (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>)
- [10] Η χημική ένωση του μήνα [Απρίλιος 2012]. (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: http://195.134.76.37/chemicals/chem_N2O.htm)
- [11] Omaye ST. Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. Toxicology. 2002 Nov 15;180(2):139-50. doi: 10.1016/s0300-483x(02)00387-6. PMID: 12324190.
- [12] Li L, Hsu A, Moore PK. Actions and interactions of nitric oxide, carbon monoxide and hydrogen sulphide in the cardiovascular system and in inflammation--a tale of three gases! Pharmacol Ther. 2009 Sep;123(3):386-400. doi: 10.1016/j.pharmthera.2009.05.005. Epub 2009 May 30. PMID: 19486912.
- [13] «Nitrogen dioxide». United States Environmental Protection Agency. (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: <https://www.epa.gov/no2-pollution>)
- [14] Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, Bonn, Germany 13–15 January 2003. (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/107478/E79097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- [15] Περιβαλλοντική Επιστήμη ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ –ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ Γιάννης Ζιώμας, Καθηγητής Ε.Μ.Π. (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG134/Atmosfaira_Atmosfairikh%20kai%20rypansh.pdf)

- [16] Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και κλίμακες διασποράς (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>)
- [17] Richa Mishra, Pandikannan Krishnamoorthy, S. Gangamma, Ashwin Ashok Raut, Himanshu Kumar, Particulate matter (PM10) enhances RNA virus infection through modulation of innate immune responses, Environmental Pollution, Volume 266, Part 1, 2020, 115148, ISSN 0269-7491,
- [18] Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ, 1η ΕΝΟΤΗΤΑ, Μέρος 2 ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟΙ ΡΥΠΟΙ (Particulate matter), Νίκος Ανδρίτσος Καθ. Τμ. Μηχ. Μηχ. Π.Θ (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB119/%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%201/Unit_1_2.pdf)
- [19] Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Δίκτυο Σταθμών Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Διαθέσιμο στο Απρίλιος 2022: http://www.mie.uth.gr/n_chart10p.asp)