



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Μελέτη της επίδρασης των μέτρων αποφυγής διασποράς του COVID-19 στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της Αττικής

ΚΟΥΡΟΥΜΠΛΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ (ΑΜ 46145888)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Δρ. ΦΑΜΕΛΗ ΚΥΡΙΑΚΗ-ΜΑΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΘΕΜΑ: Μελέτη της επίδρασης των μέτρων αποφυγής διασποράς του COVID-19 στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της Αττικής

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική αυτή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

α/α	Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
1	ΦΑΜΕΛΗ ΚΥΡΙΑΚΗ-ΜΑΡΙΑ	
2	ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	
3	ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΚΟΥΡΟΥΜΠΛΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ του ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ με αριθμό μητρώου 46145888, φοιτητής 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 σύνολο 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



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την υπεύθυνη καθηγήτριά μου, την κυρία Φαμέλη Κυριακή – Μαρία, που στάθηκε αρωγός σε οποιαδήποτε δυσκολία αντιμετώπισα και μου έδωσε την ευκαιρία να διερευνήσω ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μουστρή Κωνσταντίνο και την κυρία Ντούρου Κλεοπάτρα που πίστεψαν εξαρχής σε εμένα και με βοήθησαν σε οτιδήποτε χρειαζόμουν.

Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου, Χάρη και Μαίρη, που ήταν δίπλα μου και με στήριξαν καθόλη την διάρκεια της φοίτησής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα μελετηθούν συγκεντρώσεις αέριων ρύπων και σωματιδίων που έχουν μετρηθεί από σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας στην Αττική για δέκα (10) έτη. Θα διαπιστωθεί ποιοι ρύποι επηρεάστηκαν περισσότερο και θα συσχετισθούν οι μετρούμενες συγκεντρώσεις με τις πηγές εκπομπής αυτών (οχήματα, οικιακή θέρμανση, ναυσιπλοΐα).

Το ζητούμενο στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι να αναδειχτεί η σχέση μεταξύ των ανθρωπογενών πηγών εκπομπών και των μετρούμενων συγκεντρώσεων αέριων ρύπων και σωματιδίων καθώς και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των περιοχών του λεκανοπεδίου.

ABSTRACT

In this thesis, concentrations of air pollutants and particulate matter measured by stations of the National Air Pollution Monitoring Network of the Ministry of Environment and Energy in Attica for ten (10) years will be studied. It will be determined which pollutants were most affected and the measured concentrations will be correlated with their emission sources (vehicles, domestic heating, shipping).

The aim of this thesis is to highlight the relationship between anthropogenic emission sources and measured concentrations of air pollutants and particulate matter and the different characteristics of the basin areas.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	5
Κατάλογος Εικόνων	7
Κατάλογος Πινάκων	7
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	7
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή.....	9
1.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.....	9
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	12
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	12
2.2 ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	12
2.2.1 ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ	13
2.2.2 ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	15
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	15
3.2 ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ	15
3.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ	16
3.2.2 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ	16
3.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ.....	17
3.3.1 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO ₂).....	17
3.3.2 Όζον (O ₃).....	18
3.3.3 ΘΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO ₂ , NO).....	19
3.3.4 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM _{2.5} , PM ₁₀).....	20
3.3.5 ΒΕΝΖΟΛΙΟ	21
3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ	21
3.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	25
4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	25
4.2 ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	31
5.1 Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂).....	31

5.2 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)	33
5.3 Όζον (O ₃)	36
5.4 Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	38
5.5 Αιωρούμενα Σωματίδια PM ₁₀	39
5.6 Αιωρούμενα Σωματίδια PM _{2,5}	41
5.7 Περίοδοι lockdown Αττικής	42
Διαγράμματα ωριαίων τιμών τις περιόδους του lockdown στις περιοχές της Ελευσίνας, της Νέας Σμύρνης και της Πατησίων εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα έτη.	44
Κεφάλαιο 6: Σχόλια – Συμπεράσματα	57
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Ιός Covid-19	9
Εικόνα 2: Βιομηχανική Επανάσταση	11
Εικόνα 3: Ατμοσφαιρική Ρύπανση	12
Εικόνα 4: Τι είναι η Ρύπανση	13
Εικόνα 5: Χειμερινή Αιθαλομίχλη	14
Εικόνα 6: Φωτοχημική Αιθαλομίχλη	14
Εικόνα 7: Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης	16
Εικόνα 8: Διοξείδιο του Θείου	18
Εικόνα 9: Όζον	18
Εικόνα 10: Μονοξείδιο του Αζώτου & Διοξείδιο του Αζώτου	19
Εικόνα 11: Αιωρούμενα Σωματίδια	20
Εικόνα 12: Βενζόλιο	21
Εικόνα 13: Επίδραση των ρύπων στη δημόσια υγεία	23
Εικόνα 14: Ρύπανση της ατμόσφαιρας	24
Εικόνα 15: Αρχείο DAT	26
Εικόνα 16: Αρχείο excel με τις μετρήσεις του ρύπου NO ₂ από τον σταθμό καταγραφής της Ελευσίνας	27
Εικόνα 17: Τα τρία σημεία καταγραφής ατμοσφαιρικών ρύπων	28
Εικόνα 18: Περιοχή καταγραφής Ελευσίνας	29
Εικόνα 19: Περιοχή καταγραφής Πατησίων (28ης Οκτωβρίου)	29
Εικόνα 20: Περιοχή καταγραφής Νέας Σμύρνης	30

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Σταθμοί Καταγραφής (ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2023)	25
Πίνακας 2 Περίοδος Lockdown	43

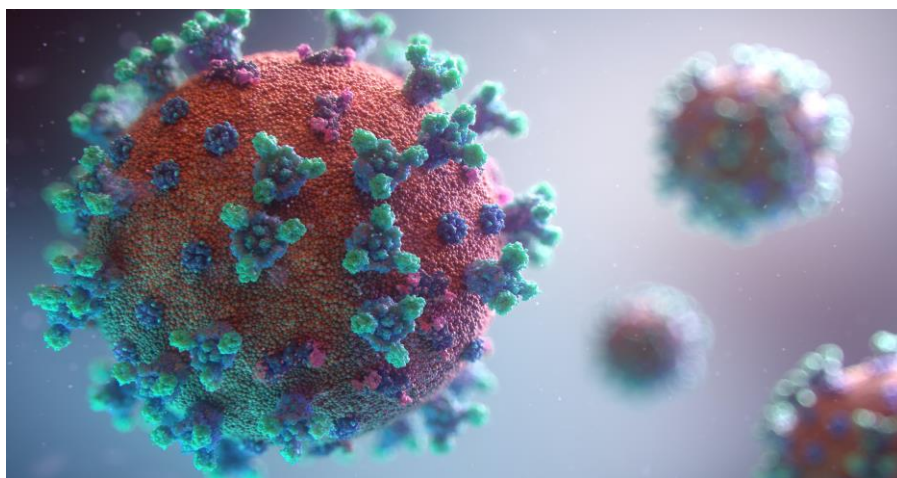
Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Πατησίων	31
Διάγραμμα 2: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Νέα Σμύρνη	32

Διάγραμμα 3: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνα.....	32
Διάγραμμα 4: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνα.....	33
Διάγραμμα 5: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Πατησίων.....	34
Διάγραμμα 6: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Νέα Σμύρνη	34
Διάγραμμα 7: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας	36
Διάγραμμα 8: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Πατησίων.....	36
Διάγραμμα 9: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Νέας Σμύρνης	37
Διάγραμμα 10: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας	38
Διάγραμμα 11: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Πατησίων.....	38
Διάγραμμα 12: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας	39
Διάγραμμα 13: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Νέας Σμύρνης	40
Διάγραμμα 14: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας	41
Διάγραμμα 15: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων.....	44
Διάγραμμα 16:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	44
Διάγραμμα 17:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	45
Διάγραμμα 18:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	45
Διάγραμμα 19:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	45
Διάγραμμα 20:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	46
Διάγραμμα 21:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	46
Διάγραμμα 22:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	47
Διάγραμμα 23:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	47
Διάγραμμα 24:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	47
Διάγραμμα 25:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	48
Διάγραμμα 26:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	48
Διάγραμμα 27:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	49
Διάγραμμα 28:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	49
Διάγραμμα 29:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	50
Διάγραμμα 30:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	50
Διάγραμμα 31:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	50
Διάγραμμα 32:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	51
Διάγραμμα 33:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	51
Διάγραμμα 34:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	52
Διάγραμμα 35:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	52
Διάγραμμα 36:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	53
Διάγραμμα 37:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	53
Διάγραμμα 38:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	54
Διάγραμμα 39:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	54
Διάγραμμα 40:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	54
Διάγραμμα 41:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	55
Διάγραμμα 42:Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων	56

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Μια από τις σημαντικότερες απειλές για την παγκόσμια υγεία μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο είναι η πανδημία COVID-19. Ο κοροναϊός (COVID-19) έφερε τον κόσμο σε αδιέξοδο, αναδεικνύοντας τον ως μια μαζική παγκόσμια πανδημία αυτής της εποχής. Η ατμοσφαιρική ρύπανση και η επίδρασή της στην εξάπλωση και την εξέλιξη της λοίμωξης ήταν επίσης μία από τις σημαντικότερες ανησυχίες. Ως πρόληψη και μέτρο ελέγχου κατά αυτής της πανδημίας, επιβλήθηκε αποκλεισμός σε όλες τις εμπορικές εγκαταστάσεις και μόνο βασικές και πολύ περιορισμένες υπηρεσίες επιτράπηκαν να λειτουργούν. Οι περισσότερες χώρες επέβαλαν περιορισμούς στα ταξίδια και επέβαλαν υποχρεωτικό αποκλεισμό, γεγονός που δεν βοήθησε τις βιομηχανίες να αναπτυχθούν μέσα στο έτος 2020 σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, φαίνεται ότι η αρνητική οικονομική επίπτωση της πανδημίας COVID-19 έχει ως συνέπεια ένα θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Κατά τη διάρκεια της πανδημίας, επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό η παγκόσμια κατανάλωση ορεικτών καυσίμων, η οποία επηρέασε θετικά το περιβαλλοντικό οικοσύστημα και στη συνέχεια την ποιότητα του αέρα. (Ben Amar & Persis, 2023)



Εικόνα 1: Ιός Covid-19

1.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Ο ποιοτικός αέρας είναι η βασική ανάγκη για να αναπνεύσει ένα άτομο. Τον τελευταίο καιρό, οι εκπομπές από διάφορες πηγές που προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα. Λόγω του COVID-19 υπάρχουν εκτεταμένες κοινωνικές, περιβαλλοντικές, οικονομικές και υγειονομικές ανησυχίες. Εν μέσω της πανδημίας προέκυψαν επίσης και άλλοι δυσμενείς παράγοντες, όπως

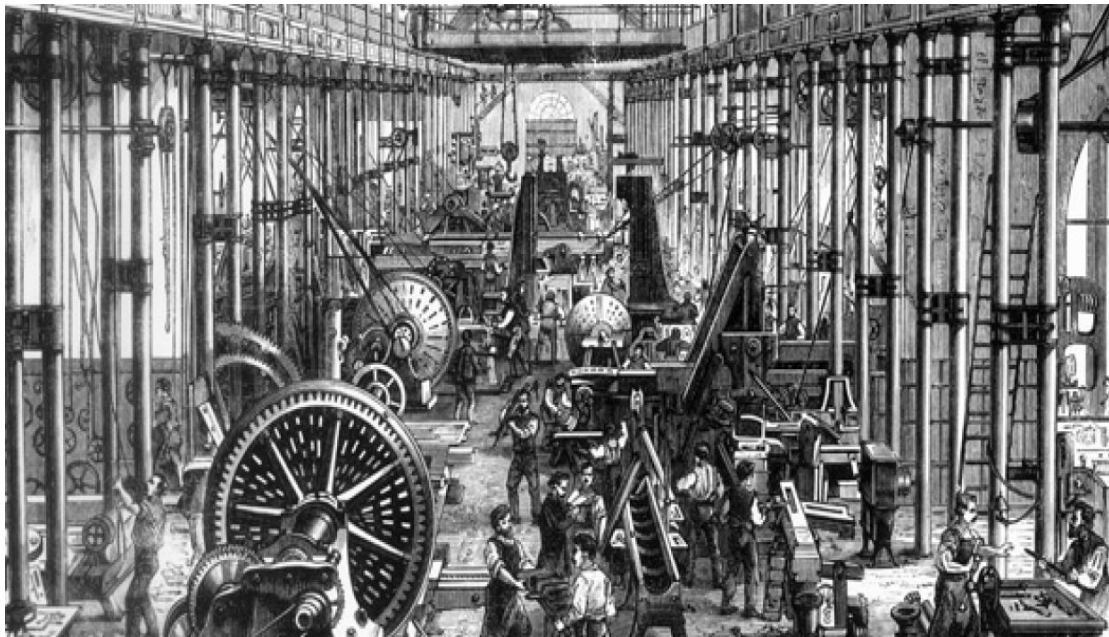
τα αυξημένα σκουπίδια που προκαλούνται από την υψηλή κατανάλωση συσκευασμένων τροφίμων, τα γεύματα που προμηθεύονταν από έξω, τις συσκευασίες και τα περιτυλίγματα από τις ηλεκτρονικές αγορές καθώς και η επαναλαμβανόμενη χρήση πλαστικών προϊόντων. Λόγω της έλλειψης εργατικού δυναμικού και των κατοίκων που έμεναν στα σπίτια τους κατά τη διάρκεια των υποχρεωτικών αποκλεισμών, οι δυνατότητες συλλογής και ανακύκλωσης των δημοτικών αρχών των πόλεων είχαν μειωθεί, βλάπτοντας συχνά το περιβάλλον (αέρα, νερό και έδαφος) και τα οικολογικά και ανθρώπινα συστήματα. Σύμφωνα με αναφορές, κατά τη διάρκεια των ημερών κορύφωσης της πανδημίας (20 Αυγούστου 2021), 8 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών σκουπιδιών δημιουργήθηκαν παγκοσμίως και 25 χιλιάδες τόνοι από αυτά τα απορρίμματα βρέθηκαν στον ωκεανό. Θα πρέπει να εφαρμοστούν σημαντικές τακτικές έτσι ώστε να επιτευχθεί η καλή ποιότητα του αέρα, η μείωση της ρύπανσης, η διαχείριση των αποβλήτων, το καλύτερο σύστημα υγιεινής και η προσωπική υγιεινή. (Raza, et al., 2023)

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Γενικά, η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει μακρά ιστορία. Ένας από τους κύριους λόγους που ανάγκασε τις πρώτες φυλές να μετακινηθούν ήταν η δυσωδία και η μόλυνση του περιβάλλοντός τους λόγω των λυμάτων που δημιουργούσαν. Με την ανακάλυψη και τη χρησιμοποίηση της φωτιάς, ο άνθρωπος άρχισε να μολύνει το εσωτερικό του οικισμού με τα προϊόντα της ημιτελούς καύσης. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εφεύρεση της καπνοδόχου για την απομάκρυνση των προϊόντων αυτών προς το περιβάλλον. Η χρήση της καπνοδόχου, βέβαια, μετέφερε το πρόβλημα της ρύπανσης των εσωτερικών χώρων στους ατμοσφαιρική ρύπανση στον περιβάλλοντα χώρο και είχε ως συνέπεια η ατμόσφαιρα στις πυκνοκατοικημένες περιοχές να είναι επιβαρυνόμενη από καπνό.

Ο Ιπποκράτης, ο πατέρας της ιατρικής, ήταν ο πρώτος που έγραψε για τη συσχέτιση μεταξύ επιδημιολογικών φαινομένων και καιρικών συνθηκών τον 4ο αιώνα π.Χ. και ήταν ο πρώτος που χαρακτήρισε την υγιεινή των μεγαλουπόλεων ανάλογα με τον γεωγραφικό προσανατολισμό τους και τις κατά τόπους μετεωρολογικές συνθήκες. Η γνώση αυτή εμπλουτίστηκε περισσότερο από την φημισμένη ιατρική σχολή της Αλεξάνδρειας (1ος π.Χ.) και τον Βιτρούβιο που έγραψε για τον σωστό προσανατολισμό των κτιρίων, των δρόμων και των πόλεων. Ο Ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας αναφέρθηκε για πρώτη φορά στη δυσοσμία των δύσοσμων καπνοδόχων στη Ρώμη το 61 μ.Χ. Οι κυριότεροι κλάδοι που συνδέονταν με την παραγωγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην εποχή πριν από τη βιομηχανική επανάσταση ήταν η μεταλλουργία, η κεραμική και η συντήρηση των κτηνοτροφικών προϊόντων. Η βιομηχανική επανάσταση του 18ου ο αιώνα οδήγησε στην εκτενέστερη χρήση κυρίως του άνθρακα και σε

λιγότερο ποσοστό του πετρελαίου στην παραγωγή και έτσι δημιουργήθηκαν πολύ μεγάλα περιβαλλοντολογικά ζητήματα από τον καπνό και την στάχτη. Το βασικό πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τον 19ο αιώνα ήταν ο καπνός και η στάχτη από την καύση άνθρακα ή πετρελαίου σε καυστήρες, σε κλιβάνους, σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, μέσα μεταφοράς (πλοία, τρένα) και οικιακές συσκευές θέρμανσης. Κατά την πρώτη περίοδο του 20ού αιώνα (1900-1925), μια σημαντική εξέλιξη ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής με τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος μετέφερε τις εκπομπές καπνού και στάχτης από τον καυστήρα του εργοστασίου στον καυστήρα των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Δεδομένου βέβαια ότι ο αριθμός των πόλεων και εν συνεχεία των εργοστασίων αυξανόταν, το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης γινόταν εντονότερο. Μια άλλη σημαντική εξέλιξη της πρώτης περιόδου του 20ού αιώνα ήταν η αντικατάσταση του άνθρακα από το πετρέλαιο σε πολλές περιπτώσεις, αλλά κυρίως η απότομη αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων. (Ζάνη, 2014)



Εικόνα 2: Βιομηχανική Επανάσταση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή οποιασδήποτε ύλης, θορύβου, ακτινοβολιών ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή χρονική διάρκεια που μπορεί να επιφέρει ανεπιθύμητες επιδράσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και, εν γένει, μπορεί να μετατρέψει το περιβάλλον σε ακατάλληλο για τις προβλεπόμενες χρήσεις του. (ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ, 2004). Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι επίσης πολύ γενικός όρος, καθώς αναφέρεται τόσο σε χημικούς όσο και σε βιολογικούς παράγοντες που μεταβάλλουν τα φυσικά δεδομένα της ατμόσφαιρας. Μερικοί ορισμοί χαρακτηρίζουν ως ατμοσφαιρική ρύπανση φυσικές συνθήκες όπως η ηχορύπανση, η θερμότητα και η ακτινοβολία. (ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ, 2004).

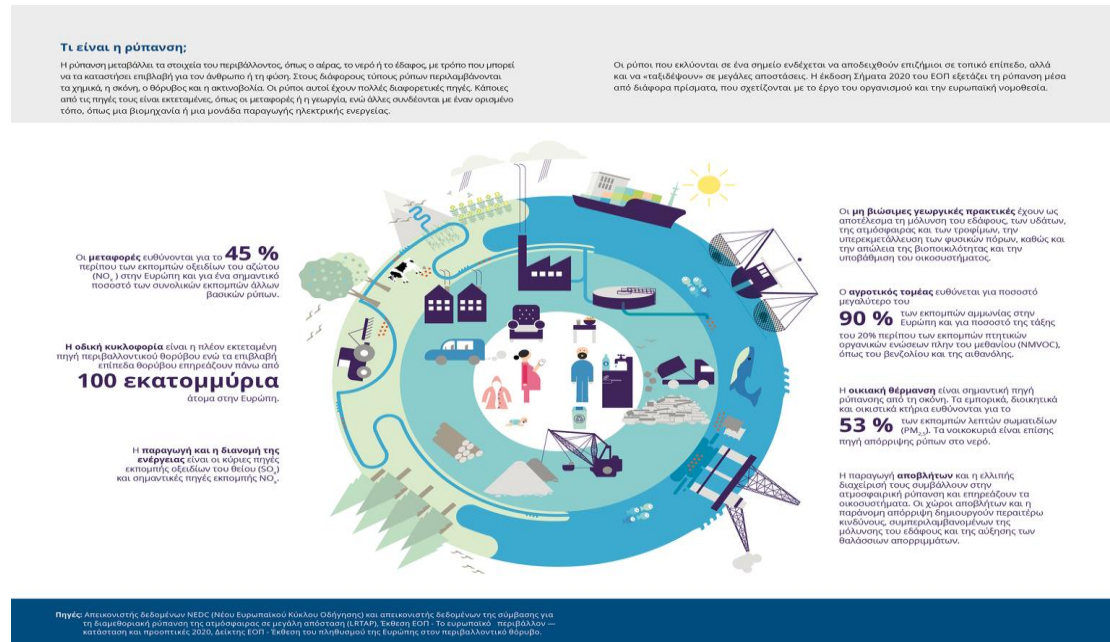


Εικόνα 3: Ατμοσφαιρική Ρύπανση

2.2 ΑΕΡΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έγκειται στις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για παραγωγή ενέργειας για την κάλυψη των σύγχρονων αναγκών. Στις μεγαλουπόλεις, τα μέσα μαζικής μεταφοράς αντιπροσωπεύουν τη σημαντικότερη πηγή δημιουργίας ατμοσφαιρικών ρύπων. Η κατανάλωση συμβατικών, κυρίως, καυσίμων είναι η πηγή του προβλήματος της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης, το οποίο οξύνθηκε κατά τις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα. (Ρεμουντάκη, 2010)

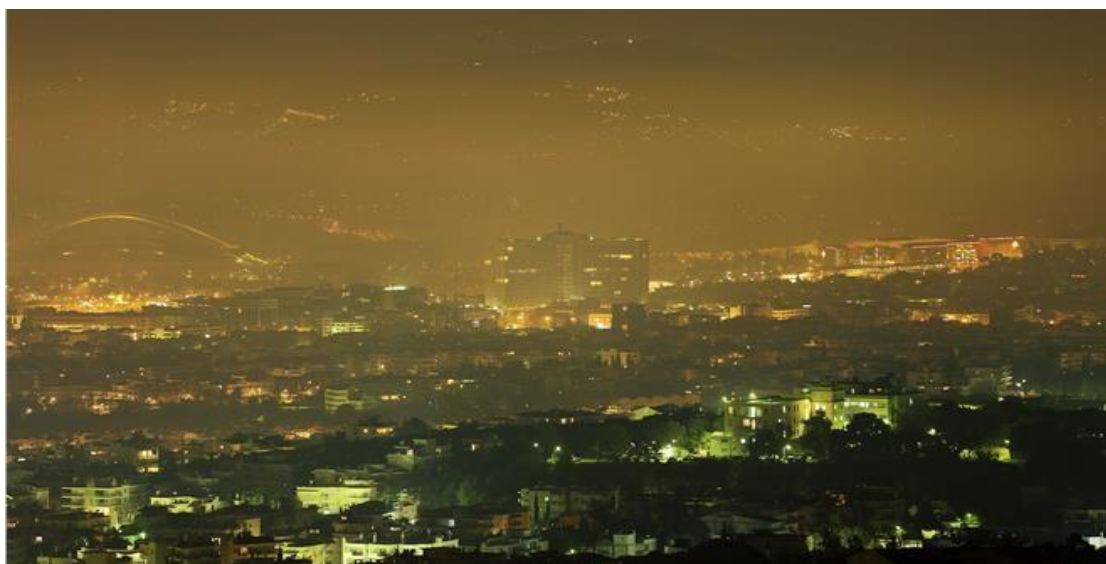


Εικόνα 4: Τι είναι η Ρύπανση

Δύο τύποι ατμοσφαιρικής ρύπανσης επικρατούσαν στα μεγάλα αστικά κέντρα: η "χειμερινή αιθαλομίχλη" και η "φωτοχημική αιθαλομίχλη".

2.2.1 ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ

Ο πρώτος όρος από τους τύπους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σχετίζεται με την καύση άνθρακα και άλλων καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Οι πόλεις με αυτού του τύπου την ατμοσφαιρική ρύπανση βρίσκονταν κατά κανόνα σε ψυχρά κλίματα, όπου η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η οικιακή θέρμανση με καύσιμα υψηλής περιεκτικότητας σε θείο, όπως ο άνθρακας και το μαζούτ, ήταν οι κύριες πηγές εκπομπών. Αξιοσημείωτο είναι το γνωστό επεισόδιο στο Λονδίνο τον Δεκέμβριο του 1952, το οποίο χαρακτηρίστηκε ως "χειμερινή αιθαλομίχλη". Αλλά και στις δικές μας κλιματολογικές συνθήκες, η φθορά των μαρμάρων του Παρθενώνα οφείλεται σε υψηλές συγκεντρώσεις ενώσεων του θείου (οξείδια του θείου), που προκλήθηκαν κυρίως από τη χρήση μαζούτ στις δεκαετίες του 1960 και 1970. (Ρεμουντάκη, 2010)



Εικόνα 5: Χειμερινή Αιθαλομίχλη

2.2.2 ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΗ ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ

Η δεύτερη αφορά την κυκλοφορία των οχημάτων και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1945 στο Λος Άντζελες και αργότερα σε άλλες πόλεις όπως η Πόλη του Μεξικού, το Τόκιο, η Ρώμη και η Αθήνα. Αυτός ο τύπος ατμοσφαιρικής ρύπανσης ονομάζεται «φωτοχημική αιθαλομίχλη» όπου, στην ουσία, είναι τα αντιδρώντα και τα προϊόντα μιας σειράς από σύνθετες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε μια ατμόσφαιρα με υψηλά επίπεδα ρύπων, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του αζώτου και διαφόρων οργανικών ενώσεων, κυρίως υδρογονανθράκων, με την απαιτούμενη ύπαρξη ηλιακής ακτινοβολίας. (Ρεμουντάκη, 2010)



Εικόνα 6: Φωτοχημική Αιθαλομίχλη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Σύμφωνα με τη νομοθεσία, ρύπος είναι κάθε ουσία που εμφανίζεται στον αέρα και ενδέχεται να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον στο σύνολό του. Ως ατμοσφαιρικοί ρύποι ορίζονται τα αέρια ή τα αερολύματα που εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις που απειλούν τη φυσιολογική ζωή και υγεία των οργανισμών ή παρεμβαίνουν και μεταβάλλουν την κανονική λειτουργία των οικοσυστημάτων. Οι ρύποι που εκπέμπονται από μια πηγή απευθείας στην ατμόσφαιρα και επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα του αέρα ονομάζονται πρωτογενείς ρύποι. Παραδείγματα πρωτογενών ρύπων είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, που εκπέμπεται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, και το διοξείδιο του θείου, από την καύση του άνθρακα (λιθάνθρακα - λιγνίτη). Όταν οι πρωτογενείς ρύποι απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα αφού μετατραπούν μέσω ορισμένων αντιδράσεων, προκαλείται περαιτέρω ρύπανση. Οι ρύποι που προκύπτουν από αυτές τις μετατροπές ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι. Παραδείγματα δευτερογενών ρύπων είναι το όζον και οι οξειδωμένες μορφές οργανικών ενώσεων, όπως ορισμένες αλδεΐδες και το υπεροξυ-ακετυλικό νιτρικό άλας. Οι δευτερογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορεί να είναι πιο επιβλαβείς για την υγεία και τα οικοσυστήματα από τους πρωτογενείς ρύπους.

3.2 ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων θεωρούνται οι διάφορες τοποθεσίες, δραστηριότητες ή παράγοντες που ευθύνονται για την εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα. Οι πηγές εκπομπών μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: Ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές.



Εικόνα 7: Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

3.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Αν και μπορούν να συντελέσουν σημαντικά στη ρύπανση της ποιότητας του αέρα, οι εκπομπές αυτές δεν μπορούν να ελεγχθούν άμεσα από τον άνθρωπο. Αξίζει να επισημανθούν τρεις τέτοιες βασικές κατηγορίες πηγών εκπομπής ατμοσφαιρικών ρύπων. Αυτές οι κατηγορίες ονομαστικά είναι: 1) οι ηφαιστειακές εκρήξεις, 2) οι εκπομπές σκόνης από την αιολική διάβρωση των εδαφών, 3) εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και αερίων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα που προκαλείται από τις δασικές πυρκαγιές.

3.2.2 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

Οι ανθρωπογενείς πηγές διακρίνονται σε σταθερές και κινητές πηγές και σχετίζονται κυρίως με την καύση διαφόρων τύπων καυσίμων. Οι σταθερές πηγές περιλαμβάνουν την παραγωγή ηλεκτρισμού, τη βιομηχανία και τις ενέργειες που δημιουργεί και τη θέρμανση των κτιρίων. Οι κινητές πηγές περιλαμβάνουν κυρίως τα μέσα μαζικής μεταφοράς καθώς και την μετακίνηση πλοίων και αεροσκαφών. Άλλες ανθρωπογενείς πηγές εκπομπών

ατμοσφαιρικών ρύπων είναι οι κατά τόπους εκπομπές από την καύση σε αγροτικές καλλιέργειες και την απόρριψη σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Οι χώροι υγειονομικής ταφής παράγουν και εκλύουν μεθάνιο. Το μεθάνιο δεν είναι ατμοσφαιρικός ρύπος, αλλά ένα από τα κυριότερα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επιπλέον, είναι εύφλεκτο και μπορεί να παράξει εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα.

3.3 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

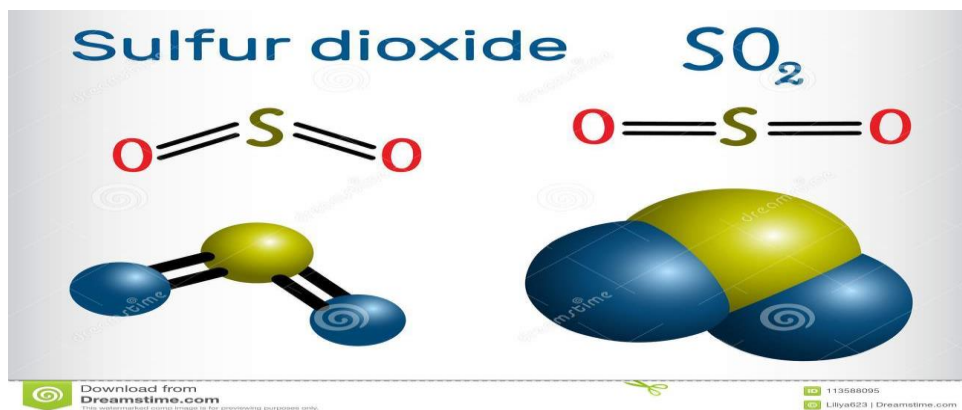
Ένας μεγάλος αριθμός ρύπων μπορεί να μολύνει τον αέρα σε μεγάλη ποικιλία μορφών. Σχεδόν οποιαδήποτε τοξική χημική ουσία μπορεί να εισέλθει στην ατμόσφαιρα και να μολύνει τον αέρα που αναπνέουμε. Τα αιωρούμενα σωματίδια ("σύννεφα" υγρών και στερεών σωματιδίων σε ένα αέριο) που βρίσκονται στον αέρα μπορεί επίσης να περιέχουν ρύπους. Οι χημικές ενώσεις που υποβαθμίζουν την ποιότητα του αέρα αναφέρονται συνήθως ως ατμοσφαιρικοί ρύποι. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να βρεθούν στον αέρα σε δύο κύριες μορφές, είτε σε αέρια μορφή, ως αέρια δηλαδή, είτε σε στερεή μορφή, όπως είναι τα αιωρούμενα σωματίδια στον αέρα. (ENVIRONMENTAL POLLUTION CENTERS, 2023)

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι: (Ζάνη, 2014)

- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και μονοξείδιο του αζώτου (NO)
- Όζον (O₃)
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM_{2.5} , PM₁₀)
- Βενζόλιο

3.3.1 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO₂)

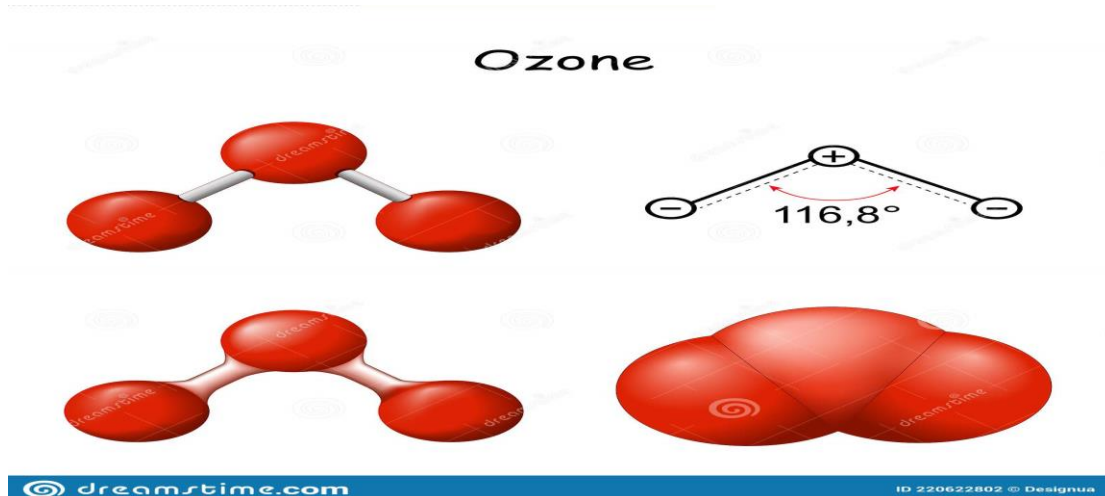
Το διοξείδιο του θείου είναι ένας σημαντικός ατμοσφαιρικός ρύπος που συνδέεται με τον άνθρακα, το πετρέλαιο και τις χημικές εκπομπές, και αποτελεί την κύρια ένδειξη για το σχηματισμό διαφόρων επικίνδυνων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Τα σωματίδια Αυτά τα σωματίδια είναι διαρκώς αυξάνονται λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που είναι άφθονα στις αστικές περιοχές. Μια μελέτη επίσης έδειξε ότι οι συγκεντρώσεις SO₂ μειώθηκαν κατά 49% κατά μέσω όρο σε όλα τα μέρη του κόσμου κατά τη διάρκεια τριών μηνών υπό Covid-19 περιορισμούς το έτος 2020. (Raza, και συν., 2023)



Εικόνα 8: Διοξείδιο του Θείου

3.3.2 Όζον (O₃)

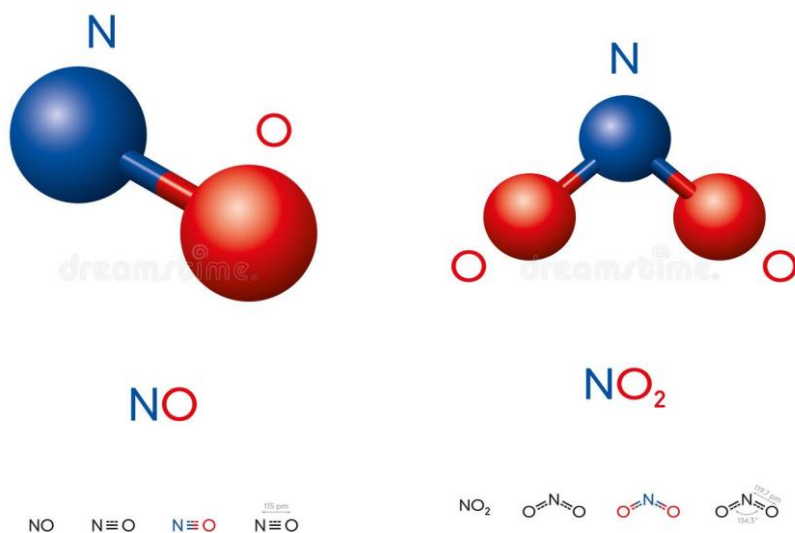
Το όζον (O₃) είναι ένα βασικό χρήσιμο αέριο του φαινομένου του θερμοκηπίου που παράγεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (όπως οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας, οι εκπομπές ορυκτών καυσίμων και τα βιομηχανικά καυσαέρια), τα οποία έχουν αυξήσει το επίπεδο του O₃ στην ατμόσφαιρα. Η υψηλή υγρασία του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία, οι εκτεταμένες πτητικές οργανικές ενώσεις και οι οξειδία του αζώτου στο περιβάλλον διεγείρουν τη φωτοχημική αντίδραση και αυξάνουν τα επίπεδα του O₃. Σύμφωνα με έρευνες κατά την διάρκεια του Covid-19, το ημερήσιο επίπεδο O₃ αυξήθηκε κατά μέσο όρο 25% σε όλα τα μέρη του κόσμου το 2020. Επίσης κατά τη διάρκεια των ημερών αιχμής του COVID-19, μια χαμηλότερη συγκέντρωση NO₂ προκαλεί περισσότερο σχηματισμό O₃, το οποίο δεν μπορεί να μετατραπεί σε άλλο στοιχείο. (Raza, και συν., 2023)



Εικόνα 9: Όζον

3.3.3 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO₂, NO)

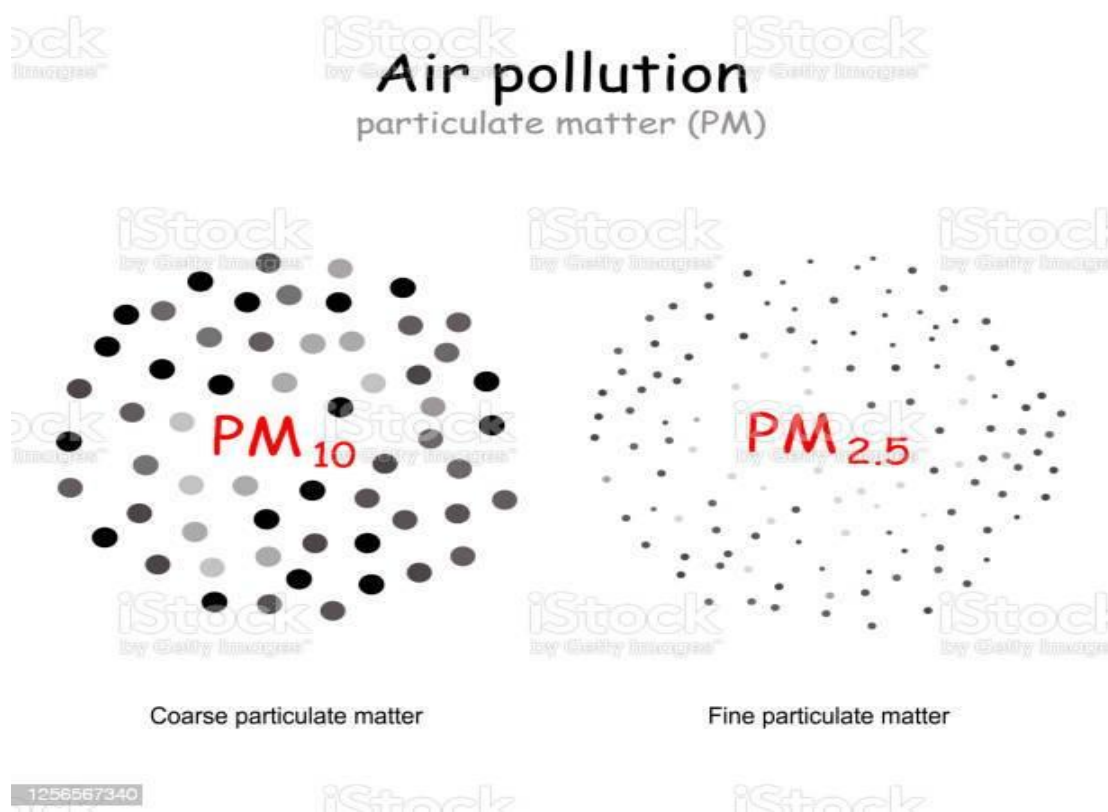
Το διοξείδιο του αζώτου είναι μια σημαντική πηγή ρύπανσης, η οποία δεν είναι μόνο βλαβερή για την ανθρώπινη υγεία, αλλά επηρεάζει επίσης σημαντικά τη βιοποικιλότητα. Η μακροχρόνια έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις NO₂ διαταράσσει το αναπνευστικό σύστημα και προκαλεί πολλές άλλες δυσμενείς πνευμονοπάθειες, άσθμα, δερματικές παθήσεις κ.ά. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις NO₂ μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικές ενοχλήσεις και να εντείνει τις αναπνευστικές δυσλειτουργίες. Επιπλέον, έχει καταγραφεί ότι η βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη έκθεση στο διοξείδιο του αζώτου έχει αυξήσει τα ποσοστά θνησιμότητας. Έχει επίσης αναφερθεί ότι περίπου 2,6 εκατομμύρια άνθρωποι επηρεάζονται αρνητικά από την κακή ποιότητα του αέρα όπου περιέχει διοξείδιο του αζώτου. Το διοξείδιο του αζώτου και το μονοξείδιο του αζώτου (NO) προκαλούν αιθαλομίχλη και όξινη βροχή, βλάπτοντας το περιβάλλον. Το διοξείδιο του αζώτου είναι γνωστό ως δείκτης μονοξειδίου του αζώτου και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των σταδίων της περιβαλλοντικής ρύπανσης. (Raza, et al., 2023)



Εικόνα 10: Μονοξείδιο του Αζώτου & Διοξείδιο του Αζώτου

3.3.4 ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (PM_{2.5}, PM₁₀)

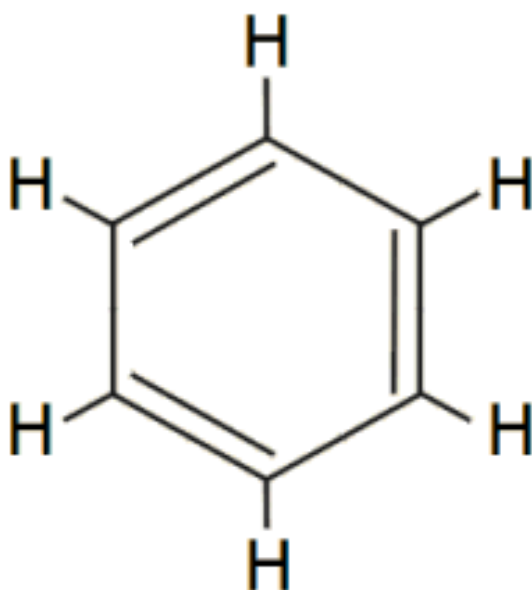
Ο ατμοσφαιρικός αέρας θεωρείται μέσο μεταφοράς ιών, βακτηρίων και άλλων οργανισμών στο περιβάλλον. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ένα μείγμα υγρών και στερεών σωματιδίων που αιωρούνται στον αέρα και είναι επικίνδυνα για την υγεία. Το μέγεθός τους ποικίλλει από σωματίδιο σε σωματίδιο με βάση τη διάμετρο της ύλης. Τα πιο αξιοσημείωτα από αυτά τα μεγέθη είναι τα PM₁₀ και PM_{2.5}, με διάμετρο μικρότερη από 10 και 2,5 μικρόμετρα, αντίστοιχα. Αυτά τα λεπτά μικροσωματίδια κατηγοριοποιούνται ως τοξικά στοιχεία για την ανθρώπινη υγεία και παράγονται στις μηχανές καύσης. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι αρκετά μικρά ώστε να εισπνέονται και προκαλούν σοβαρά προβλήματα που σχετίζονται με την υγεία, όπως άσθμα και άλλες θανατηφόρες επιπτώσεις. Η τοξικότητα των αιωρούμενων σωματιδίων πολλαπλασιάζεται όταν προσκολλάτε ή απορροφάτε σε μια επιφάνεια. Παγκοσμίως, η σχέση μεταξύ των αιωρούμενων σωματιδίων και της υγείας είναι γνωστή. Οι επιπτώσεις αυτές περιλαμβάνουν μεταδοτικές και χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις, καρδιαγγειακά νοσήματα και κινδύνους εν μέσω εγκυμοσύνης. (Raza, και συν., 2023)



Εικόνα 11: Αιωρούμενα Σωματίδια

3.3.5 ΒΕΝΖΟΛΙΟ

Το βενζόλιο είναι τοξικό και καρκινογόνο. Το βενζόλιο είναι ένα άχρωμο υγρό που εξατμίζεται υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Το βενζόλιο παράγεται από τις πετροχημικές και χημικές βιομηχανίες. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιείται ως διαλύτης σε διάφορες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα στην παραγωγή πλαστικών, ρητινών, χρωμάτων, βερνικιών κ.λπ. Σε ένα αστικό περιβάλλον, η τυπική ανθρωπογενής προέλευση του βενζολίου είναι η κυκλοφορία των οχημάτων. Άλλες σημαντικές πηγές είναι τα πρατήρια καυσίμων, καθώς και οι μικρές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν το βενζόλιο ως διαλύτη, όπως για παράδειγμα, τα τυπογραφεία. Οι εκπομπές βενζολίου από τα πρατήρια καυσίμων προέρχονται από την εξάτμιση του καυσίμου κατά την πλήρωση των δεξαμενών και τον ανεφοδιασμό των οχημάτων κυκλοφορίας. Τόσο τα πρατήρια βενζίνης όσο και τα τυπογραφεία βρίσκονται σε αστικές περιοχές, εκθέτοντας έτσι τον πληθυσμό σε αυτού του είδους τη ρύπανση. (Ρεμουντάκη, 2010)



Εικόνα 12: Βενζόλιο

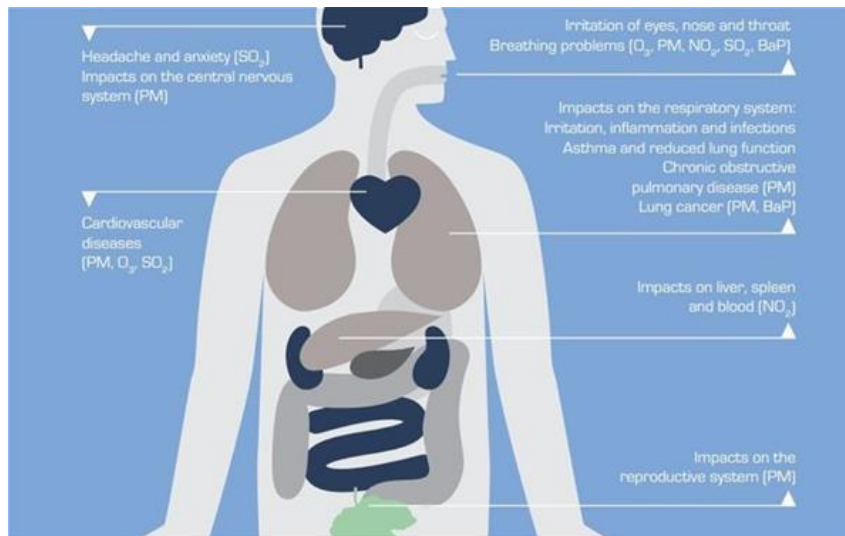
3.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας επιδρά σε κάθε άτομο ανεξαρτήτου ηλικίας. Αλλά δεν επηρεάζει όλους τους ανθρώπους με τον ίδιο τρόπο και στον ίδιο βαθμό. Η πλειοψηφία των ανθρώπων εκτίθεται στην ατμοσφαιρική ρύπανση, κυρίως στις αστικές περιοχές, λόγω της αυξημένης πληθυσμιακής πυκνότητας. Ορισμένες ομάδες του γενικού συνόλου του πληθυσμού είναι πιο ευάλωτες και αυτές είναι κυρίως τα άτομα που πάσχουν από παθήσεις

του πνεύμονα, καρδιαγγειακές παθήσεις καθώς επίσης οι ηλικιωμένοι και τα βρέφη. (ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, 2013)

Χαρακτηριστικές επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην υγεία του ανθρώπου: (Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς)

- Διοξείδιο του αζώτου: είναι ίσως το πιο τοξικό οξείδιο του αζώτου. Ερεθίζει τους πνεύμονες με αποτέλεσμα να προκαλεί βλάβες στα ευαίσθητα κύτταρα που τους περιβάλλουν.
- Όζον: πόνος στο στήθος, βήχας, πνευμονική και ρινική συμφόρηση, ερεθισμό στη μύτη και τα μάτια, άσθμα είναι κάποια από τα συμπτώματα που προκαλούνται από την έκθεση του ανθρώπου σε υψηλά επίπεδα όζοντος.
- Αιωρούμενα σωματίδια (PM2.5, PM10): Μακροπρόθεσμα, η έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να προκαλέσει ζημιά στους πνευμονικούς ιστούς του ανθρώπου, οδηγώντας σε χρόνια αναπνευστική πάθηση, καρκίνο και πρόωρη ασθένεια. Αιωρούμενα σωματίδια από βιομηχανικές πηγές, κοντά σε χυτήρια, συνεισφέρουν στον υψηλό ρυθμό εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα.
- Διοξείδιο του θείου: Η έκθεση σε μεγάλο χρονικό διάστημα στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει συστολή στα αναπνευστικά αγγεία σε ανθρώπους όπου έχουν άσθμα ή κάποιου είδους ευαισθησία.
- Βενζόλιο: Η δράση του είναι καρκινογόνος. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή πλήθους ενώσεων όπως τα ελαστικά των οχημάτων, τα πλαστικά, τα χρώματα, κ.α. . Επίσης χρησιμοποιείται και στα καύσιμα.



Εικόνα 13: Επίδραση των ρύπων στη δημόσια υγεία

3.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Στην Ελλάδα υπάρχουν νομικά όρια και καθορισμένοι στόχοι για τους ρύπους διοξείδιο του θείου (SO₂), αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀), διοξείδιο του αζώτου (NO₂), όζον (O₃), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), βενζόλιο και άλλων ρύπων σύμφωνα με τα όρια ποιότητας του αέρα που έχουν καθοριστεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων.

Νομοθεσία:

- ΟΔΗΓΙΑ 2008/50/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Μαΐου 2008 για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη
- ΟΔΗΓΙΑ 2004/107/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 15ης Δεκεμβρίου 2004 σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα
- Η.Π. 14122/549/Ε.103 (ΦΕΚ 488 Β'/30-3-11) "Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, 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 οικ. 70601/13 (ΦΕΚ 3272 Β'/23-12-13) "Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια".

- Απόφαση Γ.Γ. Περιφέρειας Κ.Μ. οικ. 9452/08 (ΦΕΚ 1652 Β'/14-8-08) "Λήψη μέτρων έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης.
- ΚΥΑ Η.Π. 22306/1075/Ε103/07 (ΦΕΚ 920 Β'/8-7-07) "Καθορισμός τιμών-στόχων και ορίων αξιολόγησης για τις συγκεντρώσεις αρσενικού, καδμίου, υδραργύρου, νικελίου και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων στον ατμοσφαιρικό αέρα, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ "σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα" του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15ης Δεκεμβρίου 2004. (ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2023) (review, n.d.)



Εικόνα 14: Ρύπανση της ατμόσφαιρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία που πραγματοποιήθηκε, οι καταγραφές των αέριων ρύπων πραγματοποιήθηκαν σε σταθμούς καταγραφής αέριων ρύπων στο λεκανοπέδιο της Αττικής και συγκεκριμένα στις περιοχές της Ελευσίνας, της Πατησίων και της Νέας Σμύρνης. Αυτοί οι σταθμοί καταγραφής είναι τοποθετημένοι από το υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας σε διάφορα σημεία της Αττικής, τόσο σε αστικά, όσο και σε υπεραστικά, με απώτερο σκοπό την βέλτιστη και έγκυρη καταγραφή των αέριων ρύπων της ατμόσφαιρας. Ο σταθμός της Ελευσίνας λόγω της τοποθεσίας του χαρακτηρίζεται ως «περιαστικός-βιομηχανικός» καθώς στην ευρύτερη περιοχή βρίσκονται σχεδόν όλες οι βιομηχανικές μονάδες και όλες οι αποθήκες μεγάλων αλυσίδων καταστημάτων. Ο σταθμός της Πατησίων χαρακτηρίζεται ως «αστικός κυκλοφορίας» λόγω της μεγάλης διεύλεσης οχημάτων και πεζών όλη την διάρκεια της μέρας. Τέλος ο σταθμός καταγραφής της Νέας Σμύρνης χαρακτηρίζεται ως «αστικός υποβάθρου».

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται με ακρίβεια η θέση των σταθμών καταγραφής, πως χαρακτηρίζονται με βάση την θέση τους και ποιοι είναι ανα σταθμό οι μετρούμενοι ρύποι.

Όνομα	Σταθμός					Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι						
	Θέση						SO ₂	NO _x	CO	O ₃	ΑΣ ₁₀	ΑΣ _{2,5}	C ₆ H ₆
	WGS84		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m -asl)								
Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)										
ΑΘΗΝΑΣ (ΑΘΗ) [1]	23,726845	37,978204	475861	4203144	75	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΟΥ Σ (ΑΡΙ) [2]	23,727617	37,988066	475932	4204238	75	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v			v	v	
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ (ΓΕΩ) [3]	23,705153	37,984100	473958	4203804	40	Περιαστικός- Βιομηχανικός		v	v	v			
ΛΙΟΣΙΑ (ΛΙΟ) [4]	23,697781	38,076741	473344	4214085	165	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
ΛΥΚΟΒΡΥΣΗ* (ΛΥΚ) [5]	23,788986	38,067793	481341	4213070	234	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
ΜΑΡΟΥΣΙ (ΜΑΡ) [6]	23,787372	38,030837	481190	4208970	170	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		
ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ (ΣΜΥ) [7]	23,713020	37,931998	474631	4198021	50	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v	v	
ΠΑΤΗΣΙΩΝ (ΠΑΤ) [8]	23,733053	37,999587	476413	4205515	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v		v	
ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1** (ΠΕΙ) [9]	23,645230	37,944656	468679	4199446	4	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v	
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ (ΠΕΡ) [10]	23,688361	38,020811	472497	4207882	80	Αστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ (ΑΓΠ) [11]	23,819421	37,995110	483995	4205000	290	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
ΕΛΕΥΣΙΝΑ (ΕΛΕ) [12]	23,538432	38,051322	459354	4211322	20	Περιαστικός- Βιομηχανικός	v	v		v	v	v	

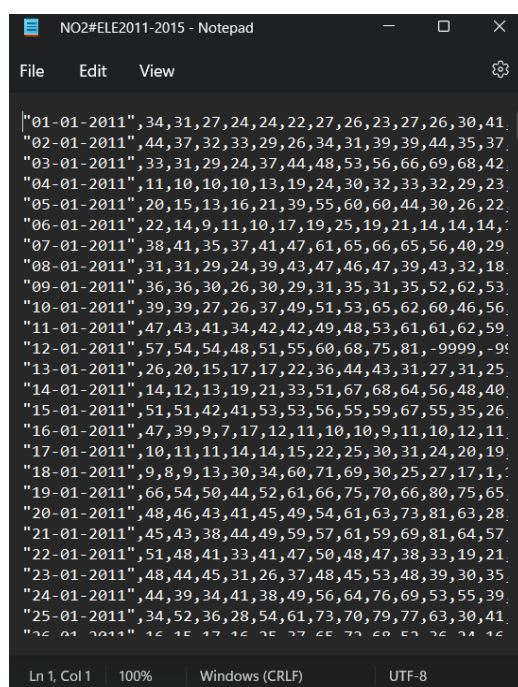
Πίνακας 1: Σταθμοί Καταγραφής (ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 2023)

4.2 ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Οι ρύποι οι οποίοι εξετάστηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας είναι:

- Μονοξείδιο του αζώτου (NO)
- Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)
- Όζον (O₃)
- Διοξείδιο του θείου (SO₂)
- PM₁₀
- PM_{2,5}
- Benz

1. Για το υπολογιστικό μέρος της διπλωματικής εργασίας ξεκινήσαμε με τη συγκέντρωση των δεδομένων. Μέσω της ιστοσελίδας του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας → Περιβάλλον → Ποιότητα ατμόσφαιρας → Δεδομένα μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και έπειτα επιλέξαμε το όνομα του κάθε υπό εξέταση σταθμού.
2. Παίρνουμε τις μετρήσεις σε συμπιεσμένο αρχείο και αφού το αποσυμπιέσουμε δημιουργείται ένα αρχείο DAT, όπως φαίνεται στο ακόλουθο παράδειγμα για τον ρύπο NO₂ στο σταθμό καταγραφής Ελευσίνας.



```
NO2#ELE2011-2015 - Notepad
File Edit View
"01-01-2011", 34, 31, 27, 24, 24, 22, 27, 26, 23, 27, 26, 30, 41.
"02-01-2011", 44, 37, 32, 33, 29, 26, 34, 31, 39, 39, 44, 35, 37.
"03-01-2011", 33, 31, 29, 24, 37, 44, 48, 53, 56, 66, 69, 68, 42.
"04-01-2011", 11, 10, 10, 10, 13, 19, 24, 30, 32, 33, 32, 29, 23.
"05-01-2011", 20, 15, 13, 16, 21, 39, 55, 60, 60, 44, 30, 26, 22.
"06-01-2011", 22, 14, 9, 11, 10, 17, 19, 25, 19, 21, 14, 14, 14.
"07-01-2011", 38, 41, 35, 37, 41, 47, 61, 65, 66, 65, 56, 40, 29.
"08-01-2011", 31, 31, 29, 24, 39, 43, 47, 46, 47, 39, 43, 32, 18.
"09-01-2011", 36, 36, 30, 26, 30, 29, 31, 35, 31, 35, 52, 62, 53.
"10-01-2011", 39, 39, 27, 26, 37, 49, 51, 53, 65, 62, 60, 46, 56.
"11-01-2011", 47, 43, 41, 34, 42, 42, 49, 48, 53, 61, 61, 62, 59.
"12-01-2011", 57, 54, 54, 48, 51, 55, 60, 68, 75, 81, -9999, -99.
"13-01-2011", 26, 20, 15, 17, 17, 22, 36, 44, 43, 31, 27, 31, 25.
"14-01-2011", 14, 12, 13, 19, 21, 33, 51, 67, 68, 64, 56, 48, 40.
"15-01-2011", 51, 51, 42, 41, 53, 53, 56, 55, 59, 67, 55, 35, 26.
"16-01-2011", 47, 39, 9, 7, 17, 12, 11, 10, 10, 9, 11, 10, 12, 11.
"17-01-2011", 10, 11, 11, 14, 14, 15, 22, 25, 30, 31, 24, 20, 19.
"18-01-2011", 9, 8, 9, 13, 30, 34, 60, 71, 69, 30, 25, 27, 17, 1.
"19-01-2011", 66, 54, 50, 44, 52, 61, 66, 75, 70, 66, 80, 75, 65.
"20-01-2011", 48, 46, 43, 41, 45, 49, 54, 61, 63, 73, 81, 63, 28.
"21-01-2011", 45, 43, 38, 44, 49, 59, 57, 61, 59, 69, 81, 64, 57.
"22-01-2011", 51, 48, 41, 33, 41, 47, 50, 48, 47, 38, 33, 19, 21.
"23-01-2011", 48, 44, 45, 31, 26, 37, 48, 45, 53, 48, 39, 30, 35.
"24-01-2011", 44, 39, 34, 41, 38, 49, 56, 64, 76, 69, 53, 55, 39.
"25-01-2011", 34, 52, 36, 28, 54, 61, 73, 70, 79, 77, 63, 30, 41.
"26-01-2011", 46, 45, 47, 46, 35, 27, 65, 71, 69, 53, 26, 34, 16.
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

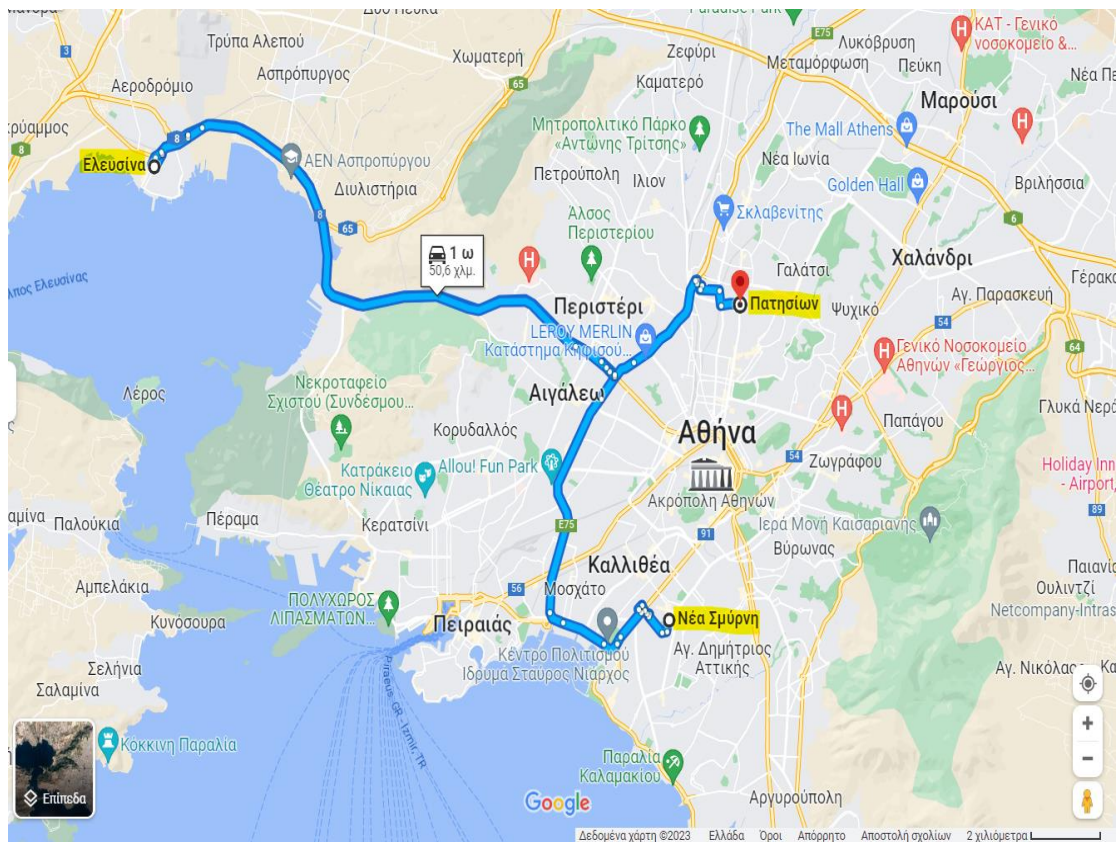
Εικόνα 15: Αρχείο DAT

- Μόλις ανοίξει το αρχείο DAT το οποίο ανοίγει στο σημειωματάριο, μεταφέρουμε τις τιμές μας σε ένα υπολογιστικό φύλλο του excel καθώς μας είναι πιο εύκολο στην επεξεργασία.
- Στη συνέχεια κατηγοριοποιήσαμε τις τιμές μας βάζοντάς τες σε σωστή ημερομηνία, μήνα και έτος.
- Επιπροσθέτως με την βοήθεια των εργαλείων του υπολογιστικού προγράμματος excel κάναμε αντικατάσταση στις αρνητικές τιμές (σφάλμα καταγραφής) έτσι ώστε να υπάρξουν κενά κελιά για να μην επηρεαστεί η εγκυρότητα των μετρήσεών μας.

DATE	STATION	YEAR	MONI	DAYS	HR1	HR2	HR3	HR4	HR5	HR6	HR7	HR8	HR9	HR10	HR11	HR12	HR13	HR14	HR15	HR16	HR17	HR18	HR19	HR20	HR21	HR22	HR23	HR24
1/1/2011	ELE	2011	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	34	31	27	24	24	22	27	26	23	27	26	30	41	51	39	28	34	56	66	60	61	64	60	54
2/1/2011	ELE	2011	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	44	37	32	33	29	26	34	31	39	39	44	35	37	42	51	57	42	49	69	67	58	53	46	42
3/1/2011	ELE	2011	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	33	31	29	24	37	44	48	53	56	66	69	68	42	37	42	40	35	30	25	24	20	17	16	14
4/1/2011	ELE	2011	1	ΤΡΙΤΗ	11	10	10	10	13	19	24	30	32	33	32	29	23	20	22	24	26	29	29	25	22	19	18	18
5/1/2011	ELE	2011	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	20	15	13	16	21	39	55	60	60	44	30	26	22	17	22	46	45	51	53	55	51	32	28	24
6/1/2011	ELE	2011	1	ΠΕΜΠΤΗ	22	14	9	11	10	17	19	25	19	21	14	14	14	14	14	18	22	44	45	47	42	46	49	42
7/1/2011	ELE	2011	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	38	41	35	37	41	47	61	65	66	65	56	40	29	22	20	24	32	80	73	72	64	54	56	40
8/1/2011	ELE	2011	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	31	31	29	24	39	43	47	46	47	39	43	32	18	24	25	40	54	76	72	62	50	49	43	43
9/1/2011	ELE	2011	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	36	36	30	26	30	29	31	35	31	35	52	62	53	35	29	32	42	64	79	63	54	51	52	48
10/1/2011	ELE	2011	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	39	39	27	26	37	49	51	53	65	62	60	46	56	58	35	34	48	81	77	66	57	52	50	45
11/1/2011	ELE	2011	1	ΤΡΙΤΗ	47	43	41	34	42	42	49	48	53	61	61	62	59	49	28	30	44	68	73	75	73	65	61	61
12/1/2011	ELE	2011	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	57	54	54	48	51	55	60	68	75	81	-	-	-	-	25	49	56	63	68	60	59	54	59	49
13/1/2011	ELE	2011	1	ΠΕΜΠΤΗ	26	20	15	17	17	22	36	44	43	31	27	31	25	23	23	28	30	30	27	27	23	23	16	13
14/1/2011	ELE	2011	1	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	14	12	13	19	21	33	51	67	68	64	56	48	40	39	40	35	48	49	55	66	70	70	63	50
15/1/2011	ELE	2011	1	ΣΑΒΒΑΤΟ	51	51	42	41	53	53	56	55	59	67	55	35	26	24	29	24	31	63	74	69	63	58	51	51
16/1/2011	ELE	2011	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	47	39	9	7	17	12	11	10	10	9	11	10	12	11	11	14	16	18	19	22	16	24	18	14
17/1/2011	ELE	2011	1	ΔΕΥΤΕΡΑ	10	11	11	14	14	15	22	25	30	31	24	20	19	20	21	18	19	22	27	22	18	13	12	10
18/1/2011	ELE	2011	1	ΤΡΙΤΗ	9	8	9	13	30	34	60	71	69	30	25	27	17	1	19	32	37	36	48	72	85	83	77	69
19/1/2011	ELE	2011	1	ΤΕΤΑΡΤΗ	66	54	50	44	52	61	66	75	70	66	80	75	65	45	56	72	78	61	98	82	72	63	57	51
20/1/2011	ELE	2011	1	ΠΕΜΠΤΗ	48	46	43	41	45	49	54	61	63	73	81	63	28	32	32	37	49	78	93	73	69	67	59	51

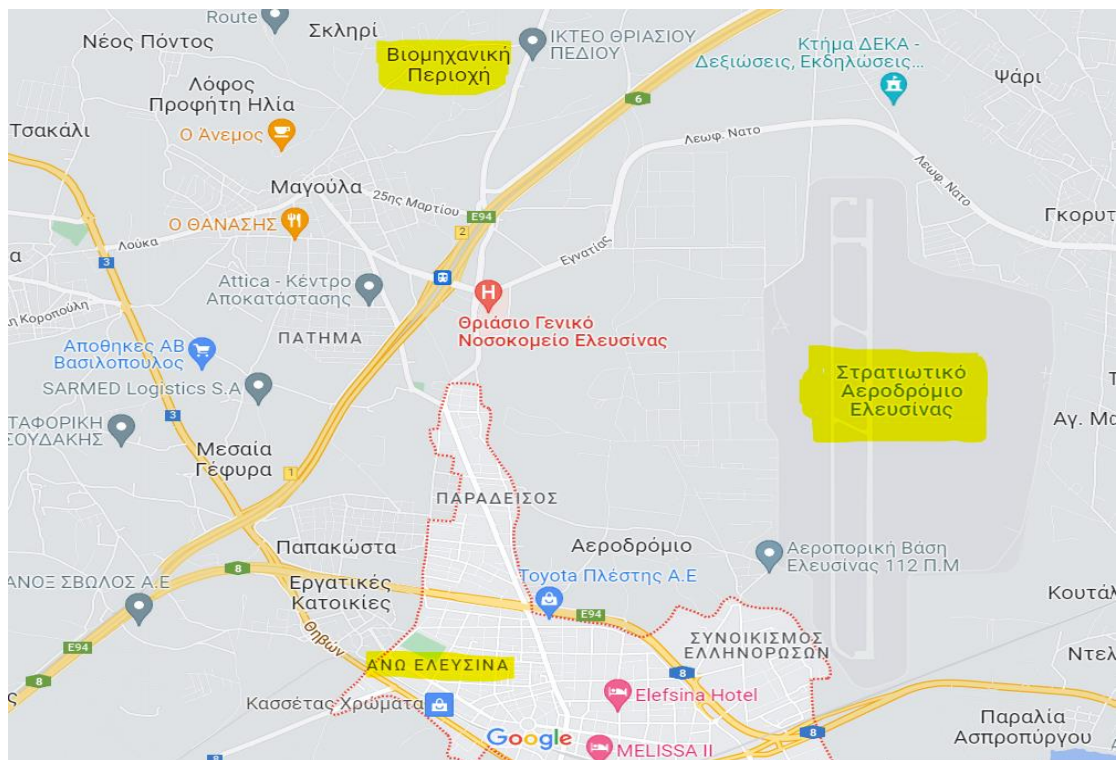
Εικόνα 16: Αρχείο excel με τις μετρήσεις του ρύπου NO₂ από τον σταθμό καταγραφής της Ελευσίνας

- Σύνδεση των τριών περιοχών καταγραφής

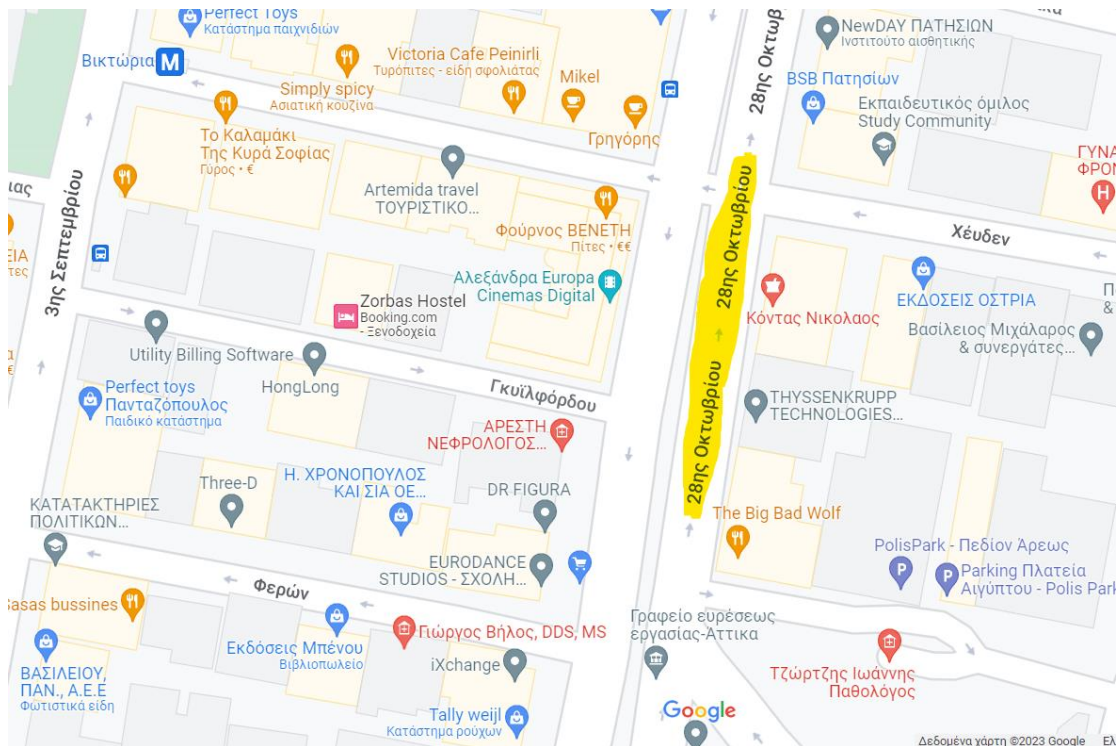


Εικόνα 17: Τα τρία σημεία καταγραφής ατμοσφαιρικών ρύπων

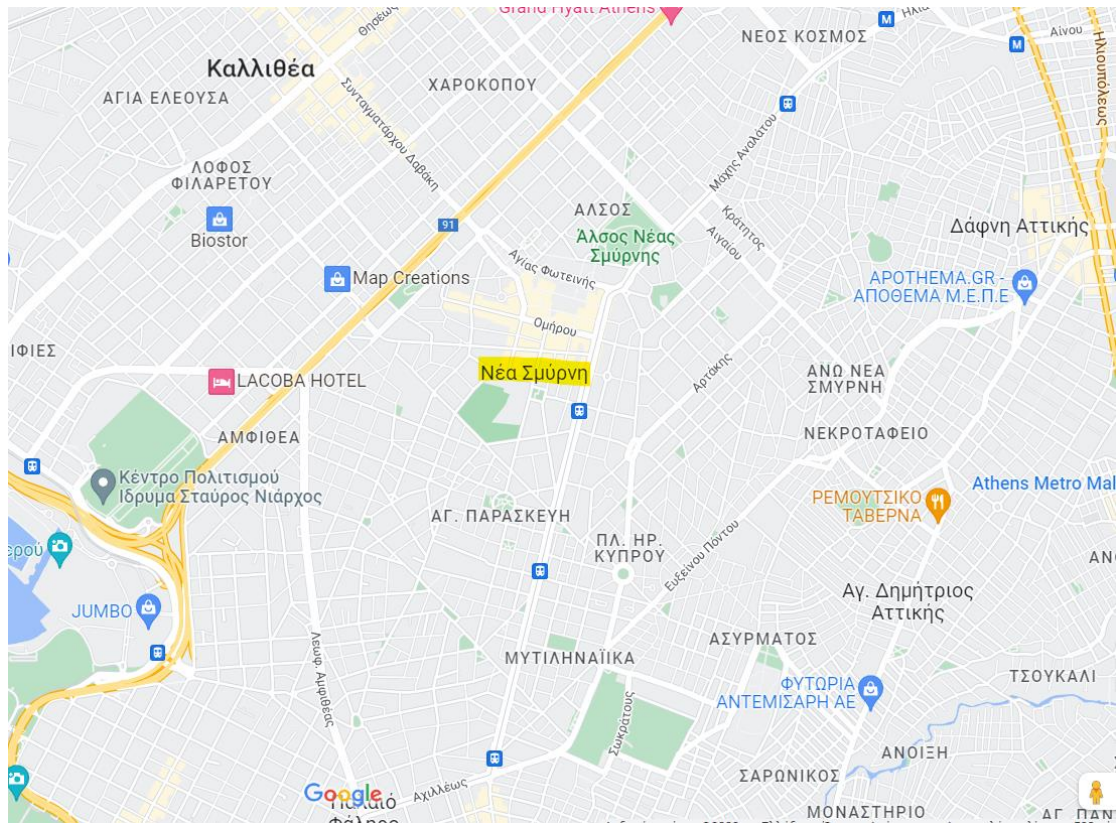
- Σημεία καταγραφής στον χάρτη



Εικόνα 18: Περιοχή καταγραφής Ελευσίνας



Εικόνα 19: Περιοχή καταγραφής Πατησίων (28ης Οκτωβρίου)



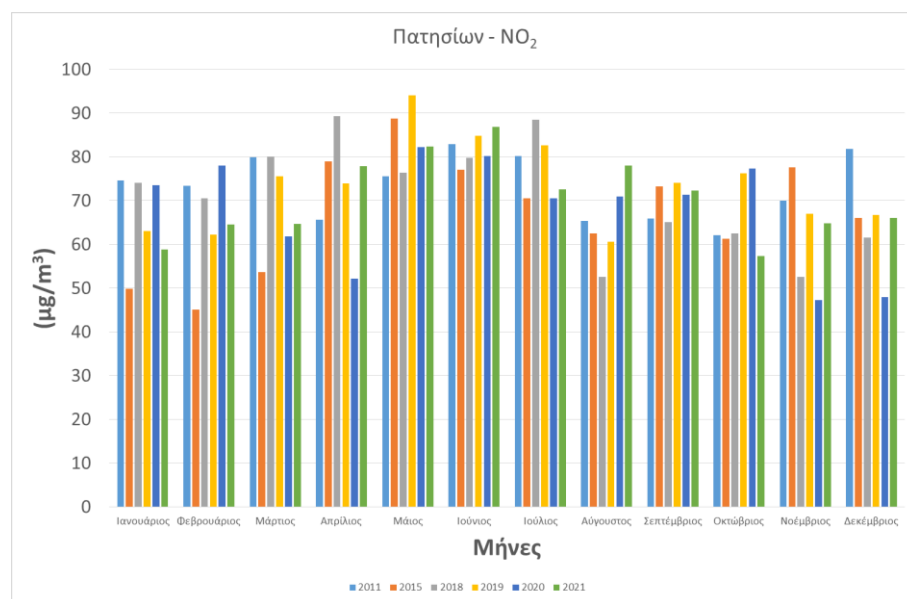
Εικόνα 20: Περιοχή καταγραφής Νέας Σμύρνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

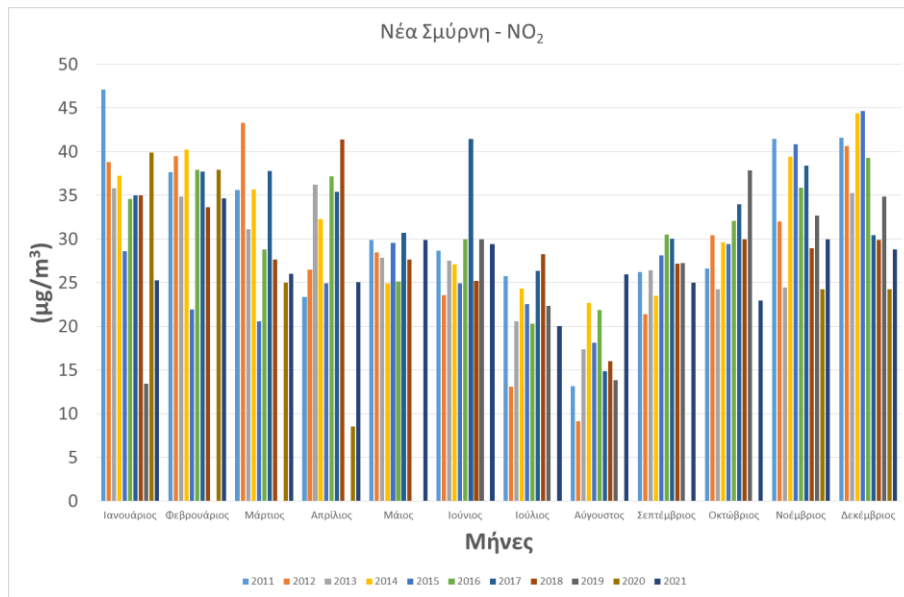
Στα διαγράμματα 1-3 παρουσιάζεται η διακύμανση των μηνιαίων μέσων όρων για τα έτη 2011-2021 και για τους τρεις υπό μελέτη σταθμούς (Ελευσίνα, Νέα Σμύρνη, Πατησίων). Πιο συγκεκριμένα στο διάγραμμα (1) στην περιοχή της Πατησίων παρατηρούμε πιο αυξημένες συγκεντρώσεις του ρύπου σε σχέση με τις άλλες δύο περιοχές.

5.1 Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

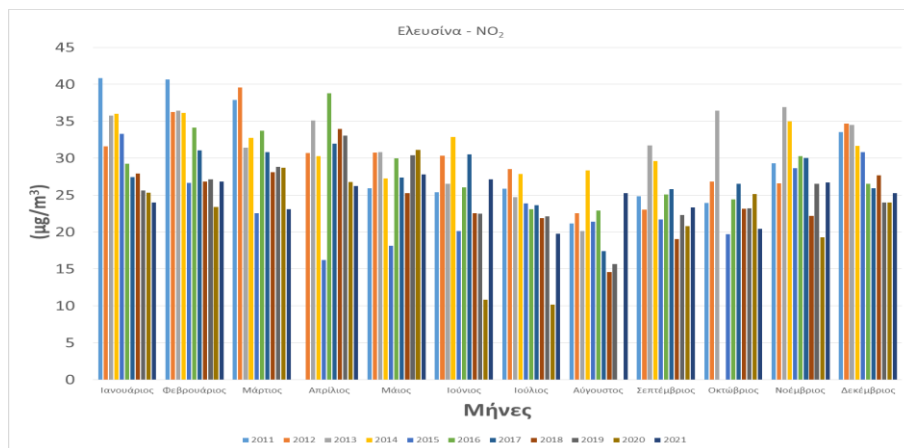
Διαγράμματα συγκέντρωσης ανά μήνα και για κάθε σταθμό



Διάγραμμα 1: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Πατησίων



Διάγραμμα 2: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Νέα Σμύρνη



Διάγραμμα 3: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνα

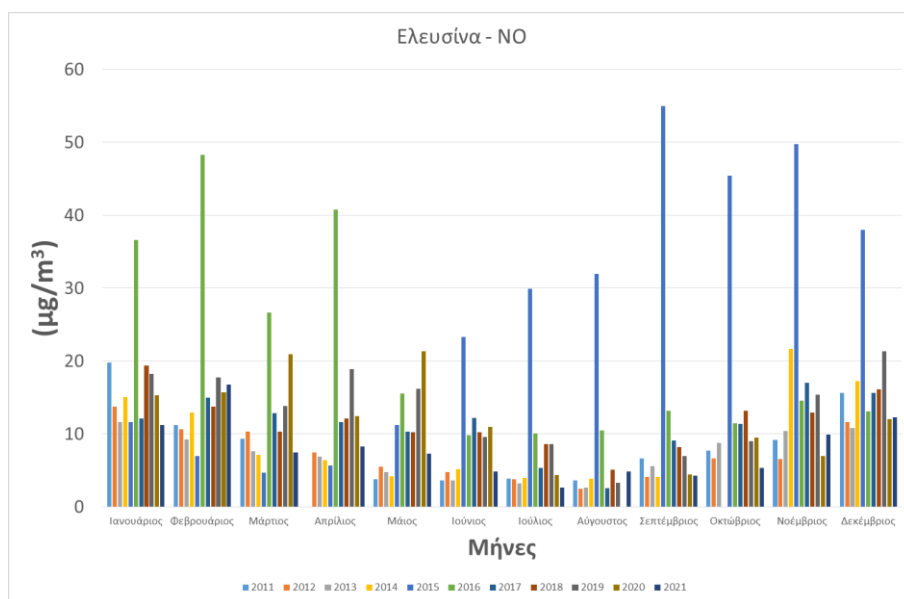
Σχολιασμός: Σύμφωνα με τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από την μηνιαία εξέλιξη του διοξειδίου του αζώτου, υπάρχει ομοιογενής συμπεριφορά μεταξύ των σταθμών, αλλά με διαφορετική κλίμακα όσον αφορά τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές. Το διοξείδιο του αζώτου χαρακτηρίζεται από την εποχικότητα την οποία παρουσιάζει κατά την διάρκεια του έτους. Στη διάρκεια των χειμερινών μηνών τα επίπεδα των συγκεντρώσεων είναι αντιστρόφως ανάλογα με αυτά των θερμοκρασιών και αυτό συσχετίζεται με τις πηγές από όπου προέρχεται ο ρύπος. Πολλοί πολίτες καθώς και τα περισσότερα καταστήματα εστίασης χρησιμοποιούν σόμπες και θερμάστρες αερίου, όπου είναι από τις κύριες πηγές προέλευσης του ρύπου. Η χρήση αυτών των πηγών εμφανίζεται συνήθως κατά τους μήνες, Σεπτέμβριο έως και Μάρτιο, το οποίο και εμφανίζεται στα μηνιαία αποτελέσματα. Επίσης ένα άλλο φαινόμενο, αυτό της χρήσης των αυτοκινήτων, δημιουργεί μεγάλες ποσότητες διοξειδίου

του αζώτου στην ατμόσφαιρα, το οποίο όπως είναι φυσικό, αναπτύσσεται κατά τους χειμερινούς μήνες και εξασθενεί τους θερινούς μήνες, όπου εκεί παρατηρείται και μείωση της χρήσης των αυτοκινήτων. Όμως την περίοδο του lockdown (Νοέμβριος 2020), και ιδιαίτερα στην περιοχή της Πατησίων, έχουμε πολύ χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τα προηγούμενα έτη διότι η χρήση των μέσων μεταφοράς μειώθηκε κατακόρυφα διότι και οι πολίτες δεν κυκλοφορούσαν στους δρόμους. Επίσης κατά την διάρκεια της δεκαετίας φαίνεται μια πτώση στις τιμές συγκέντρωσης του ρύπου.

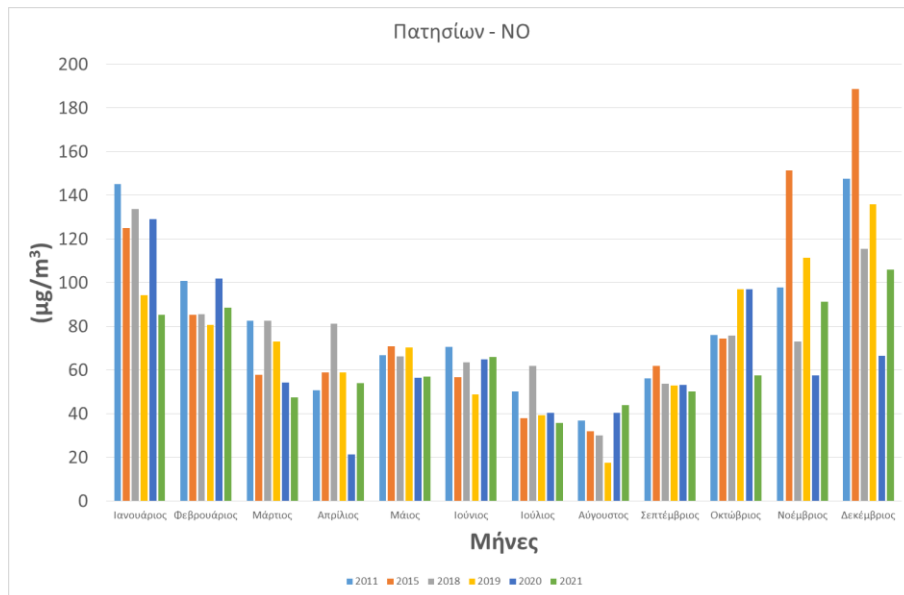
5.2 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Στα παρακάτω διαγράμματα βλέπουμε τις αυξημένες τιμές των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του αζώτου οι οποίες λαμβάνουν χώρα στην περιοχή της Πατησίων και είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τις άλλες δύο περιοχές.

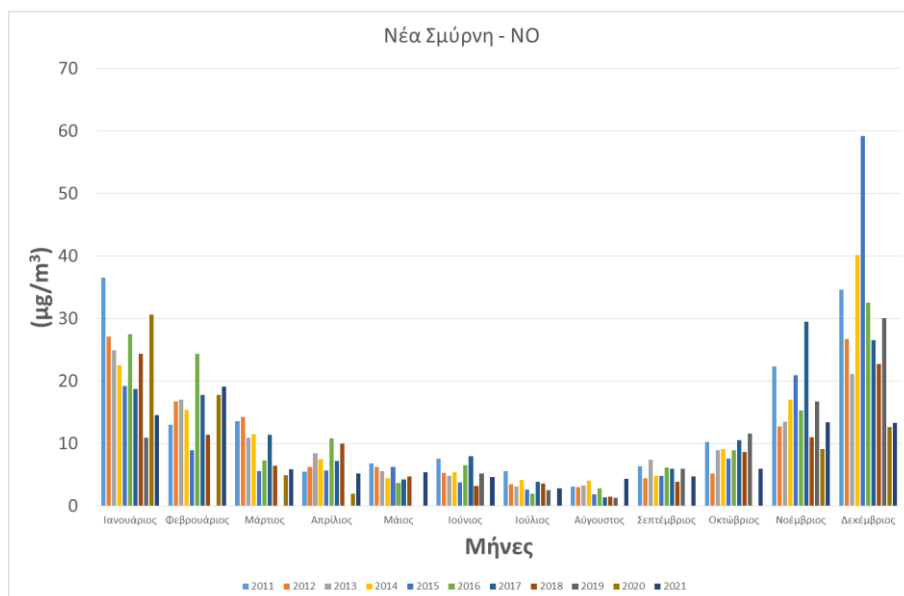
Διαγράμματα συγκέντρωσης ανά μήνα και για κάθε σταθμό



Διάγραμμα 4: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνα



Διάγραμμα 5: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Πατησίων



Διάγραμμα 6: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Νέα Σμύρνη

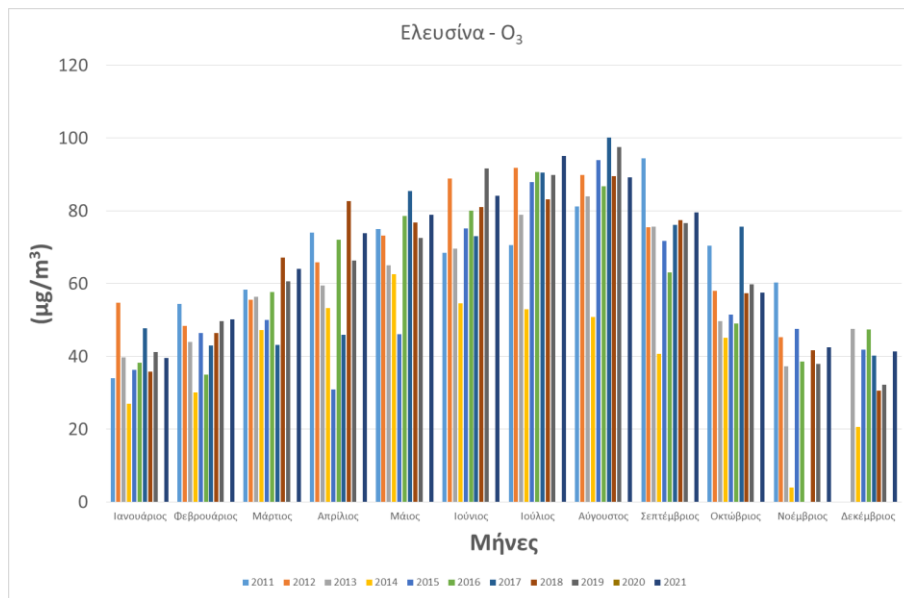
Σχολιασμός: Όσον αφορά τα παραπάνω διαγράμματα μηνιαίας εξέλιξης του ρύπου, κατά την διάρκεια μιας δεκαετίας, παρατηρούμε ότι για την βιομηχανική περιοχή της Ελευσίνας, οι μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης του ρύπου ανέρχονται μεταξύ 45 έως 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και παρατηρούνται κατά την διάρκεια των μηνών Σεπτέμβριος – Νοέμβριος 2015 και Ιανουάριος – Απρίλιος 2016. Αυτό κρίνεται φυσιολογικό, διότι με βάση τα αναρτημένα στοιχεία των Ελληνικών Πετρελαίων (ΕΛΠΕ), η χρονιά αυτή κρίθηκε ως η υψηλότερη σε επίδοση όσον αφορά την παραγωγή. Επίσης μειωμένες τιμές παρατηρούμε κατά τους θερινούς μήνες όπου ενδεχομένως είναι μειωμένη και η παραγωγή στις βιομηχανίες. Αξιοσημείωτο είναι να

αναφερθεί ότι κατά τις χρονολογίες 2020-2021 παρατηρούμε εξίσου μειωμένες τιμές, και αυτό οφείλεται στην εξάπλωση του ιού COVID-19. Οι τιμές των συγκεντρώσεων στην περιοχή της Πατησίων, που χαρακτηρίζεται ως αστικός κυκλοφορίας, δηλαδή κατά τους χειμερινούς μήνες εμφανίζεται αύξηση της κυκλοφορίας που δημιουργείται τόσο από τους πολίτες όσο και από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι κατά τους μήνες, Ιανουάριος (του 2011, του 2015, του 2018, του 2020), Φεβρουάριος (του 2011, του 2020), Οκτώβριος (του 2019, του 2020), Νοέμβριος (του 2015, του 2019, του 2021), και του Δεκέμβριου (του 2011, του 2015, του 2019, του 2021), υπήρξαν αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης του ρύπου περί των τιμών 90 έως 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στην περιοχή αυτή. Οι αυξήσεις αυτών των τιμών είναι φυσιολογικές καθώς κατά τους χειμερινούς μήνες έχουμε αυξημένη κίνηση στους δρόμους, επίσης γίνεται η χρήση θέρμανσης των κατοικιών που είναι άλλος ένας παράγοντας που αυξάνεται η τιμή της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του αζώτου. Παρατηρούμε ότι τους θερινούς μήνες υπάρχουν μειωμένες τιμές της συγκέντρωσης του ρύπου. Αυτό είναι φυσιολογικό, διότι κατά τους θερινούς μήνες έχουμε μειωμένη κυκλοφορία. Επίσης παρατηρούμε ότι, υπάρχουν μειωμένες τιμές συγκέντρωσης του ρύπου από τον Φεβρουάριο του 2020 μέχρι και τον Νοέμβριο του 2021 που αυτό κρίνεται φυσιολογικό καθώς εκείνη ήταν μία περίοδος lockdown λόγω του COVID-19. Όσον αφορά την περιοχή της Νέας Σμύρνης, η οποία χαρακτηρίζεται ως αστικός υποβάθρου, παρατηρούμε ότι κατά τους χειμερινούς μήνες οι τιμές είναι αυξημένες, ενώ τους θερινούς μειωμένες. Επίσης οι τιμές συγκέντρωσης του ρύπου είναι πολύ πιο χαμηλές σε σχέση με την περιοχή της Πατησίων, όπου εκεί συναντάμε περισσότερη κυκλοφορία.

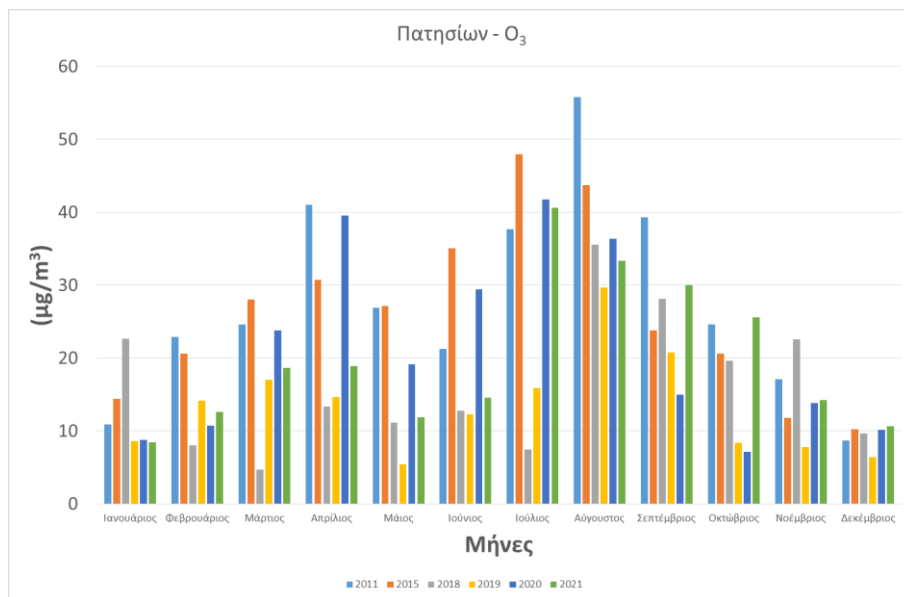
5.3 Όζον (O₃)

Στα διαγράμματα για τον ατμοσφαιρικό ρύπο όζον (O₃) βλέπουμε αυξημένες τιμές συγκεντρώσεων στις περιοχές της Ελευσίνας και της Νέας Σμύρνης, σχεδόν διπλάσιες από τις τιμές των συγκεντρώσεων στην περιοχή της Πατησίων.

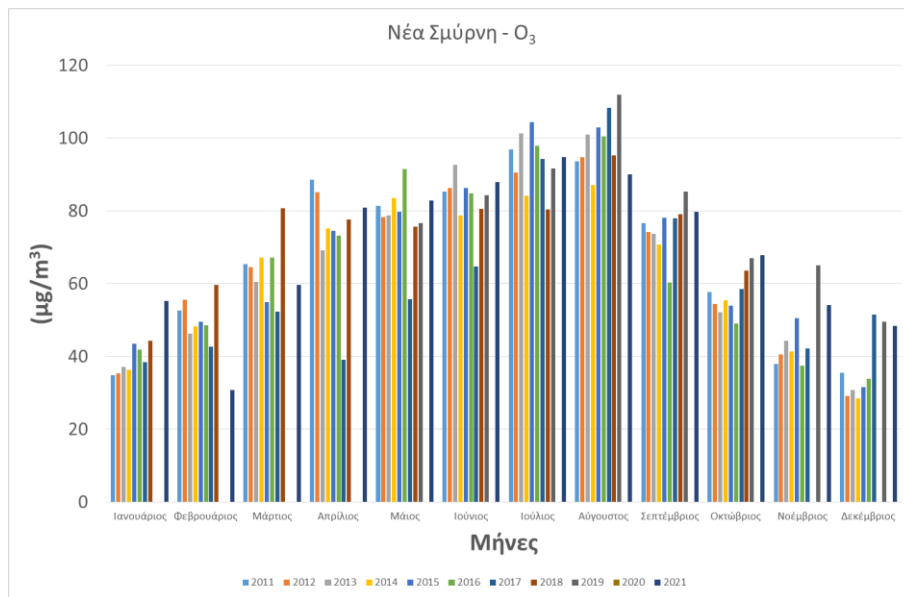
Διαγράμματα συγκέντρωσης ανά μήνα και για κάθε σταθμό



Διάγραμμα 7: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας



Διάγραμμα 8: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Πατησίων



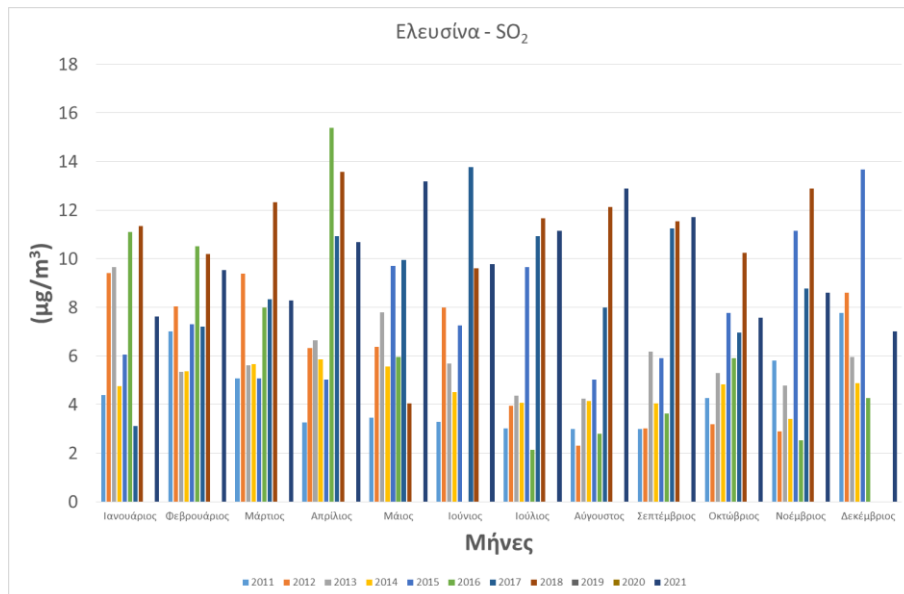
Διάγραμμα 9: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Νέας Σμύρνης

Σχολιασμός: Όσον αφορά τα παραπάνω διαγράμματα μηνιαίας εξέλιξης του ρύπου, παρατηρείται ότι, και για τις τρεις εξεταζόμενες περιοχές, κατά τους θερινούς μήνες υπάρχει αύξηση των τιμών της συγκέντρωσης του ρύπου, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες υπάρχει μείωση. Αυτό συμβαίνει διότι το όζον κατατάσσεται στους εποχικούς ρύπους και η δημιουργία του εξαρτάται από την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνδυασμό με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Αξιοσημείωτο θα ήταν να αναφερθεί ότι κατά την περίοδο του lockdown εξαιτίας του ιού COVID-19 (Φεβρουάριος 2020 – Φεβρουάριος 2021) παρατηρείται ότι για την περιοχή της Ελευσίνας και της Νέας Σμύρνης, δεν υπάρχουν καθόλου τιμές συγκέντρωσης του O₃.

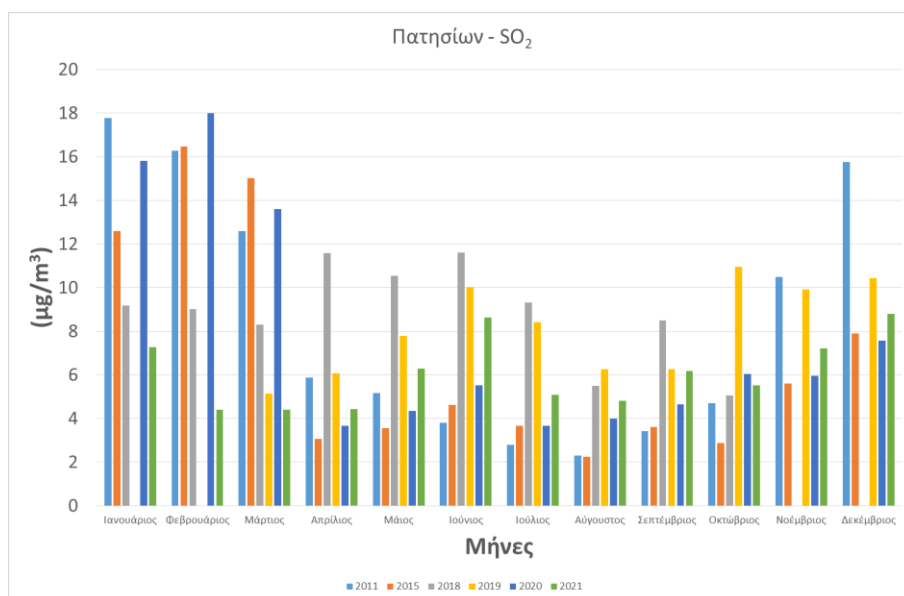
5.4 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Στα διαγράμματα για το διοξείδιο του θείου (SO₂) παρατηρούμε ότι οι τιμές στις συγκεντρώσεις του ρύπου είναι αρκετά πιο χαμηλές σε σχέση με τους υπόλοιπους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Επίσης αξιοσημείωτο είναι ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις για την περιοχή της Νέας Σμύρνης.

Διαγράμματα συγκέντρωσης ανά μήνα και για κάθε σταθμό



Διάγραμμα 10: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας



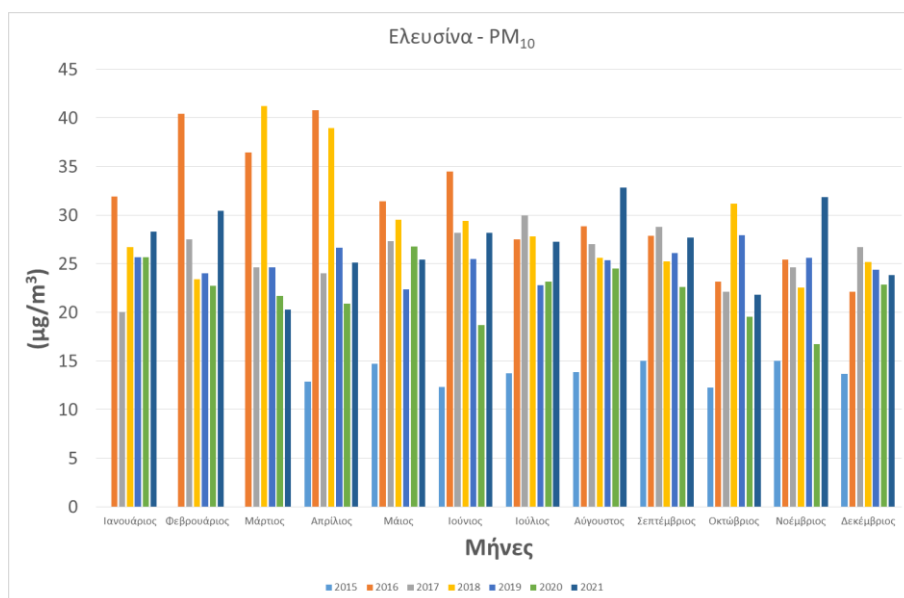
Διάγραμμα 11: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Πατησίων

Σχολιασμός: Όσον αφορά τα παραπάνω διαγράμματα μηνιαίας εξέλιξης του ρύπου, παρατηρείται ότι, για τις δύο εξεταζόμενες περιοχές, κατά τους χειμερινούς μήνες υπάρχει αύξηση των τιμών της συγκέντρωσης του ρύπου, ενώ κατά τους θερινούς μήνες υπάρχει μείωση. Επειδή το διοξείδιο του θείου χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό για τα σταφύλια και τα βαρέλια του κρασιού, αλλά και ως συντηρητικό, αποχρωματιστικό των φρούτων, κατά τους χειμερινούς μήνες, είναι φυσιολογική η αύξηση της τιμής της συγκέντρωσής του. Ένας άλλος παράγοντας που αιτιολογεί την αύξηση της τιμής συγκέντρωσής του είναι οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και η επεξεργασία ορυκτών μεταλλευμάτων. Αξιοσημείωτο θα ήταν να αναφερθεί ότι κατά την περίοδο του lockdown εξαιτίας του ιού COVID-19 (Φεβρουάριος 2020 – Φεβρουάριος 2021) παρατηρείται ότι για την περιοχή της Ελευσίνας, δεν υπάρχουν καθόλου τιμές συγκέντρωσης του SO₂. Επίσης στην περιοχή της Νέας Σμύρνης δεν υπάρχει καθόλου καταγραφή της συγκέντρωσης του ρύπου.

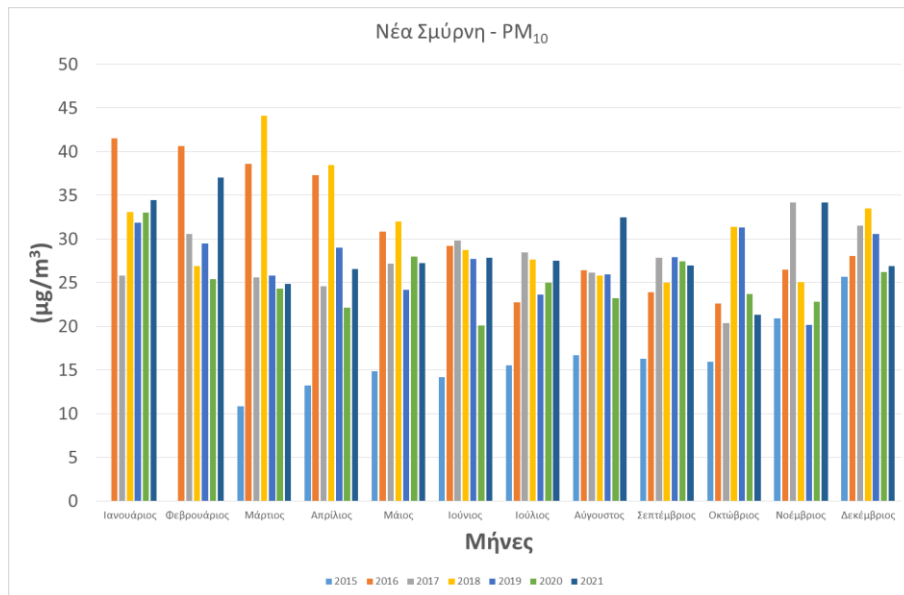
5.5 Αιωρούμενα Σωματίδια PM₁₀

Στα παρακάτω διαγράμματα βλέπουμε τις τιμές των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ για τις περιοχές της Ελευσίνας και της Νέας Σμύρνης, οι οποίες κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.

Διαγράμματα συγκέντρωσης ανά μήνα και για κάθε σταθμό



Διάγραμμα 12: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας



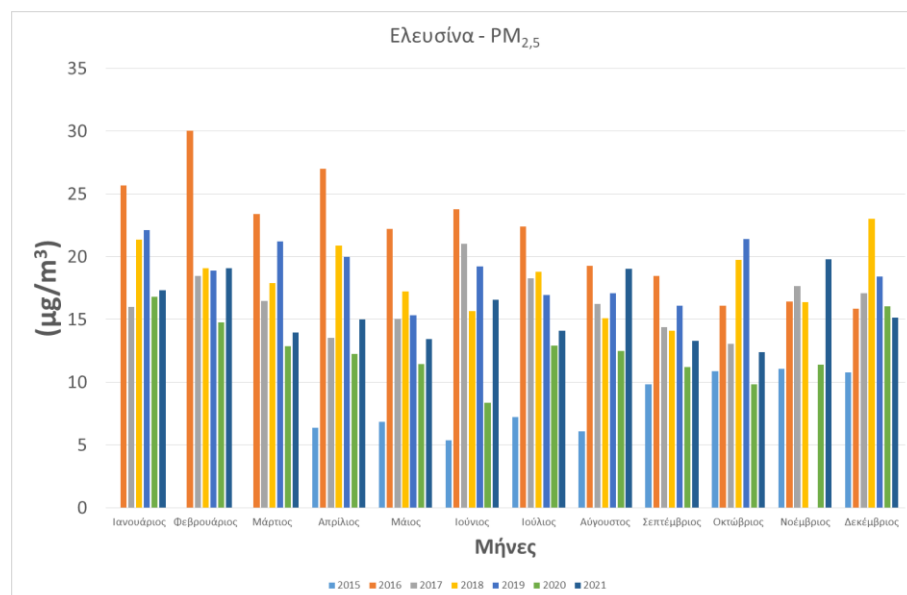
Διάγραμμα 13: Μηνιαία εξέλιξη του ρύπου - Σταθμός Νέας Σμύρνης

Σχολιασμός: Όσον αφορά τα παραπάνω διαγράμματα μηνιαίας εξέλιξης του ρύπου, παρατηρείται ότι, για τις δύο εξεταζόμενες περιοχές, καθόλη την διάρκεια του έτους, με κάποιες μικρές παύσεις, παρατηρείται αύξηση των τιμών της συγκέντρωσης του ρύπου. Αυτό συμβαίνει διότι ο ρύπος αυτός προκύπτει από τα μεταλλεύματα, τις κατασκευαστικές δραστηριότητες, τις πυρκαγιές και την ατμοσφαιρική σκόνη. Κατά την περίοδο του COVID – 19 οι τιμές της συγκέντρωσης του ρύπου ήταν αυξημένες και αυτό οφείλεται στον εγκλεισμό των κατοίκων στα σπίτια τους και στη χρήση συστημάτων θέρμανσης.

5.6 Αιωρούμενα Σωματίδια PM_{2.5}

Τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} δημιουργούνται από τις πηγές καύσης, οπότε και είναι φυσιολογικό να εμφανίζονται στην περιοχή της Ελευσίνας όπου και χαρακτηρίζεται ως βιομηχανική περιοχή.

Διαγράμματα συγκέντρωσης ανά μήνα και για κάθε σταθμό



Διάγραμμα 14: Μηνιαία εξέλιξη ρύπου - Σταθμός Ελευσίνας

Σχολιασμός: Τα PM_{2.5} προκύπτουν από τις πηγές καύσης, οπότε είναι φυσιολογικό να είναι αυξημένες στην περιοχή της Ελευσίνας. Αυτό συμβαίνει διότι η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται ως βιομηχανική περιοχή και εκεί γίνεται το μεγαλύτερο μέρος επεξεργασίας μετάλλων και άλλων υλικών που επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα. Στις άλλες δύο περιοχές μπορεί να μην έχουμε μετρήσεις και λόγω σφάλματος του μετρητικού οργάνου.

5.7 Περίοδοι lockdown Αττικής

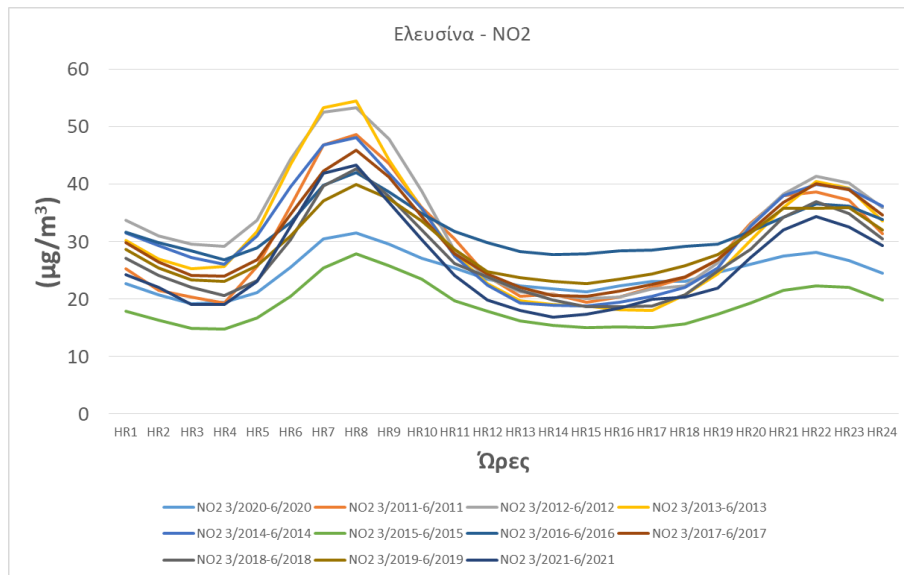
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται ένας πίνακας στον οποίο έχει καταγραφεί η περίοδος του lockdown στην Αττική, με χρονολογική σειρά, με βάση τις κυβερνητικές αποφάσεις που ανακοινώθηκαν. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι ημερομηνίες και οι περίοδοι και χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, τις εξής: 03/2020 – 06/2020 καθώς και 09/2020 – 01/2021. Σε αυτές τις περιόδους πάρθηκαν αυστηρά μέτρα τα οποία είχαν ως αποτέλεσμα τον εγκλεισμό των πολιτών στα σπίτια τους έτσι ώστε να μειωθεί η διασπορά του ιού. Χάρη σε αυτόν τον εγκλεισμό υπήρχαν διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες οφείλονταν στην μειωμένη ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των ωριαίων συγκεντρώσεων των ρύπων για την κάθε κατηγορία καθώς και ο σχολιασμός τους.

9/3/2020	Αναστέλλονται οι πολιτιστικές και καλλιτεχνικές εκδηλώσεις άνω των 1.000 ατόμων. Η Επιτροπή Εμπειρογνομόνων του υπουργείου Υγείας απευθύνει ισχυρή σύσταση για αποφυγή των μη αναγκαίων ταξιδιών και συγχρωτισμού σε ανθρώπους που ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες. Την ίδια μέρα ανακοινώνεται η πρώτη δέσμη μέτρων αντιμετώπισης των επιπτώσεων του κορωνοϊού που μεταξύ άλλων προβλέπει φορολογικές και ασφαλιστικές διευκολύνσεις και έκτακτες δαπάνες για την Υγεία.
10/3/2020	Κλείνουν τα σχολεία και τα Πανεπιστήμια σε όλη τη χώρα.
13/3/2020	«Κατεβάζουν ρολά» τα εμπορικά κέντρα, η εστίαση, τα μουσεία και οι αρχαιολογικοί χώροι.
16/3/2020	Αναστέλλονται οι λειτουργίες σε όλους τους χώρους θρησκευτικής λατρείας.
18/3/2020	Κλείνουν όλα τα εμπορικά καταστήματα.
19/3/2020	Τίθεται σε ισχύ απαγόρευση συναθροίσεων άνω των 10 ατόμων.
22/3/2020	Ανακοινώνεται απαγόρευση κάθε άσκοπης κυκλοφορίας και μετακίνησης πολιτών σε όλη τη χώρα.
28/4/2020	Έχοντας καταφέρει να περιορίσει το πρώτο κύμα της πανδημίας η Ελλάδα «βλέπει» την έξοδο από το lockdown. Ανακοινώνεται σταδιακή αποκλιμάκωση των μέτρων.
4/5/2020	Καταργούνται η γραπτή άδεια και τα SMS για τις μετακινήσεις.
11/5/2020	Ανοίγει ξανά το λιανεμπόριο με κανόνες λειτουργίας προσαρμοσμένους στις έκτακτες υγειονομικές συνθήκες. Οι μαθητές της Γ΄ Λυκείου είναι οι πρώτοι που επιστρέφουν στις σχολικές αίθουσες.
18/5/2020	Επανεκκινεί το λιανικό εμπόριο σε εμπορικά κέντρα (malls) και εκπαιδευτικά χωριά. Επιστρέφουν στα θρανία και οι μαθητές της Α΄ και Β΄ Λυκείου καθώς και των Γυμνασίων. Επιτρέπονται πλέον οι μετακινήσεις στην ηπειρωτική Ελλάδα, μεταξύ δηλαδή νομών και περιφερειακών ενοτήτων.
25/5/2020	Απελευθερώνεται η μετακίνηση προς τα νησιά. Ανοίγουν οι χώροι εστίασης μετά από 2,5 μήνες.
1/6/2020	Ανοίγουν ξανά τα δημοτικά σχολεία, επαναλειτουργούν τα ξενοδοχεία δωδεκάμηνης λειτουργίας και οι χώροι κατασκήνωσης.
19/9/2020	Η επιδημιολογική εικόνα στην Αττική επιδεινώνεται. Σταματούν οι συναυλίες, θεσπίζεται ανώτατο όριο 20 ατόμων σε γάμους – βαπτίσεις.
22/10/2020	Η αύξηση των κρουσμάτων φέρνει νέα μέτρα. Ανακοινώνεται καθολική χρήση μάσκας παντού και απαγόρευση νυχτερινής κυκλοφορίας στις «πορτοκαλί» και «κόκκινες» περιοχές.
31/10/2020	Υπό την πίεση του δεύτερου κύματος της πανδημίας ανακοινώνεται μερικό lockdown σε Αττική και βόρεια Ελλάδα. Κλείνουν μπαρ, καφέ, κινηματογράφοι, θέατρα, γυμναστήρια.
5/11/2020	Το δεύτερο lockdown σε όλη τη χώρα είναι γεγονός. Επιστρέφουν τα sms για μετακινήσεις, κλείνει το λιανεμπόριο, αρχίζει η τηλεκπαίδευση για Γυμνάσια και Λύκεια.
18/12/2020	Τίθενται σε ισχύ έκτακτα μέτρα σε Ασπρόπυργο, <u>Ελευσίνα</u> , Μάνδρα.
11/1/2021	Ανοίγουν ξανά τα νηπιαγωγεία και δημοτικά σχολεία.
18/1/2021	Ανεβάζουν ξανά ρολά λιανεμπόριο, κομμωτήρια, κέντρα αισθητικής και ΚΤΕΟ.
22/1/2021	Ανακοινώνεται επαναλειτουργία Γυμνασίων και Λυκείων από την 1η Φεβρουαρίου.

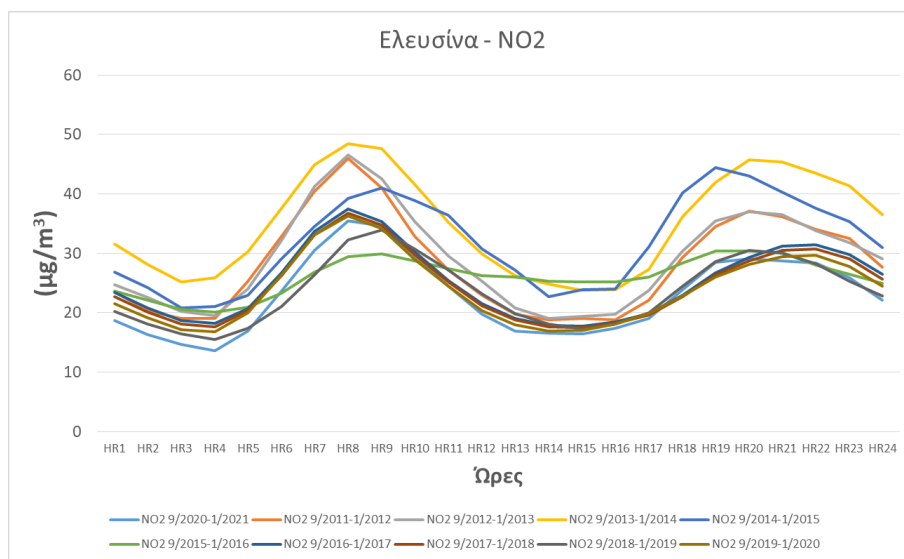
Πίνακας 2 :Περίοδος Lockdown καθώς και τα μέτρα που εφαρμόστηκαν

Διαγράμματα ωριαίων τιμών τις περιόδους του lockdown στις περιοχές της Ελευσίνας, της Νέας Σμύρνης και της Πατησίων εν συγκρίσει με τα υπόλοιπα έτη.

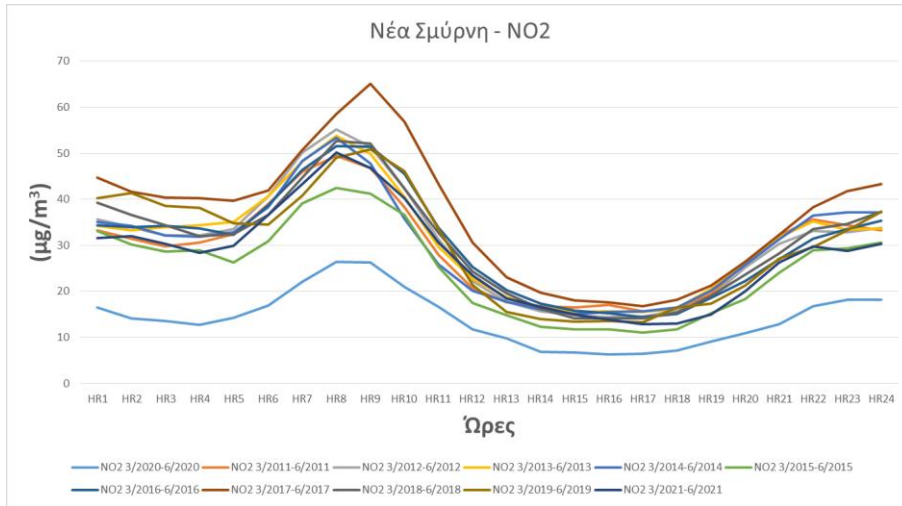
- Παρακάτω εμφανίζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις του ρύπου διοξειδίου του αζώτου (NO₂) στις δύο περιόδους του lockdown και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.



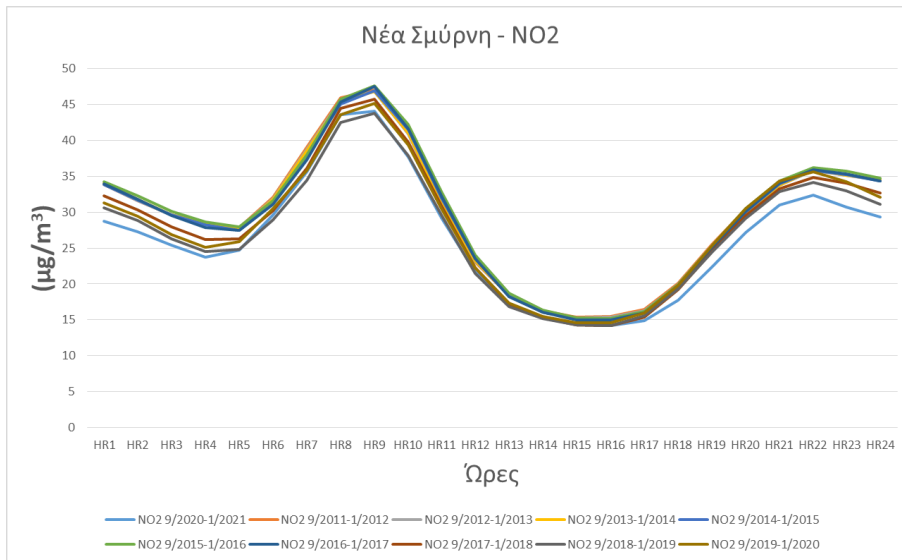
Διάγραμμα 15: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



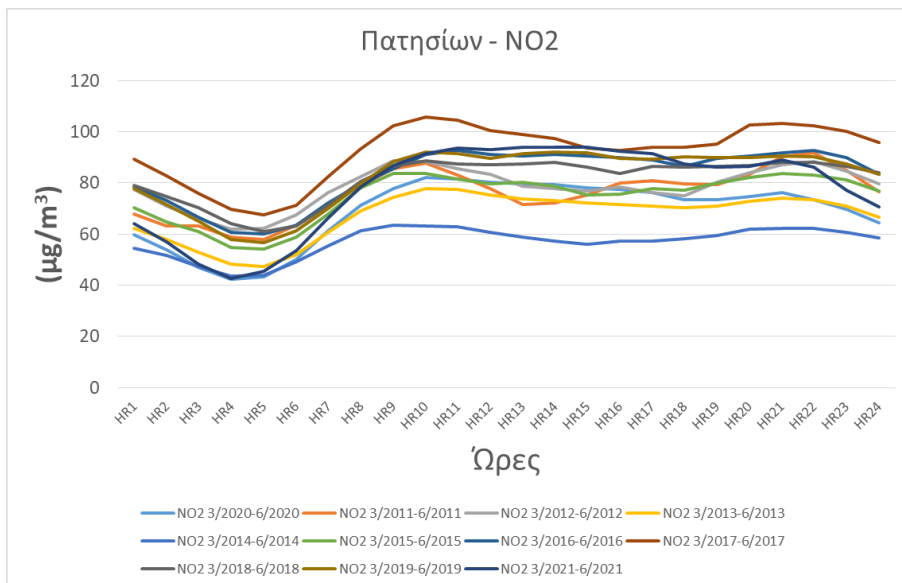
Διάγραμμα 16: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



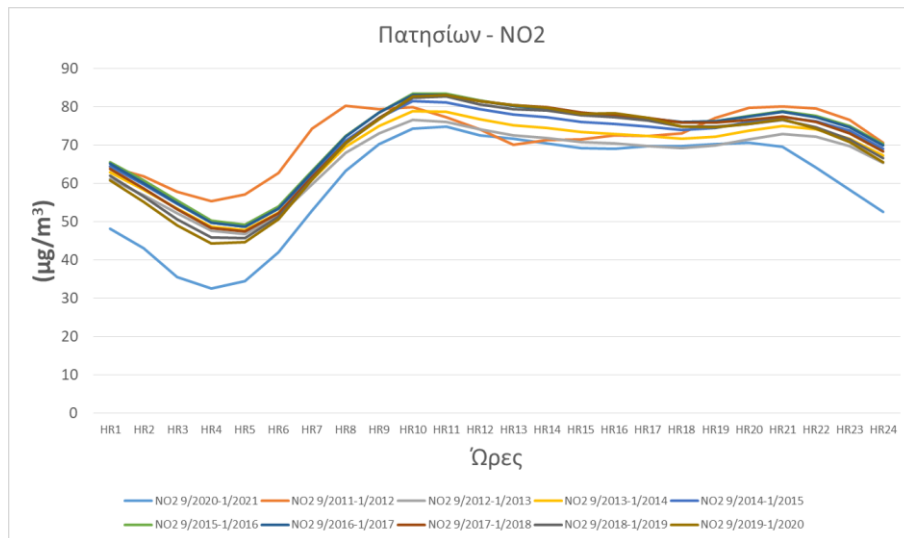
Διάγραμμα 17: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



Διάγραμμα 18: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



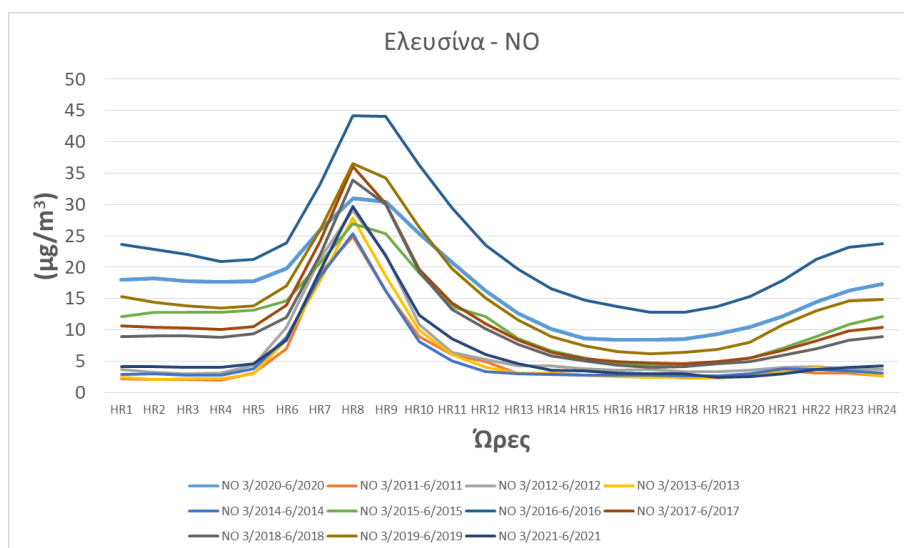
Διάγραμμα 19: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



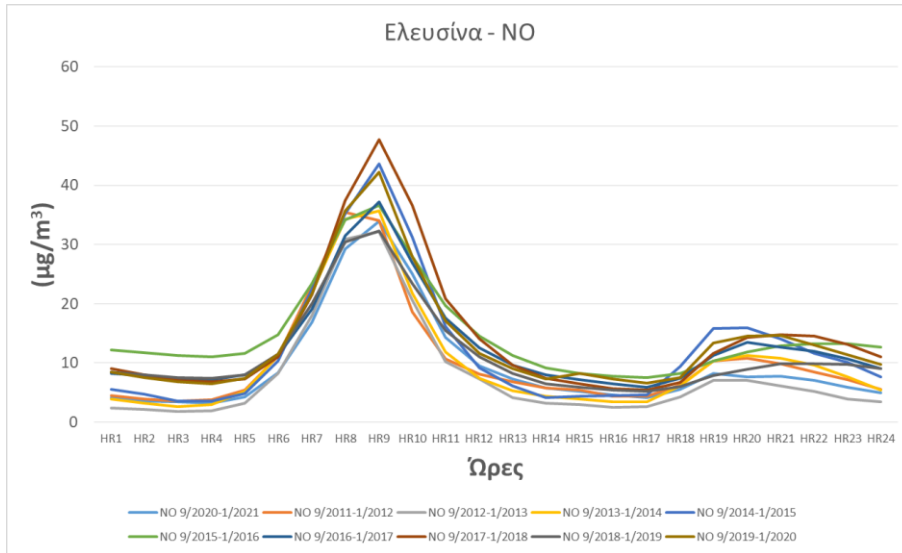
Διάγραμμα 20: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων

Σχολιασμός: Οι συγκεντρώσεις του ρύπου και στις δύο περιόδους του lockdown είναι αρκετά πιο χαμηλές σε σχέση με τα υπόλοιπα χρόνια. Παρόλο που υπήρξε περίοδος εγκλεισμού εκείνο το χρονικό διάστημα, υπήρχαν πολίτες όπου εργάζονταν κανονικά, όπως στα εργοστάσια που βρίσκονται στην περιοχή της Ελευσίνας. Γενικά διακρίνεται μια αυξομείωση της συκέντρωσης αυτού του ρύπου καθόλη την διάρκεια του εικοσιτετράωρου, πιο συγκεκριμένα μια σχετικά ραγδαία αύξηση των τιμών κατά τις εννιά το πρωί και έπειτα μείωση τους γύρω στις δώδεκα το μεσημέρι ενώ στις έξι το απόγευμα υπάρχει ξανά μια μικρή αύξηση (δηλαδή ώρες αιχμής), αυτό είναι φυσιολογικό διότι εκείνη την περίοδο του lockdown είχαν ξεκινήσει ακόμα περισσότεροι πολίτες να εργάζονται δια ζώσης.

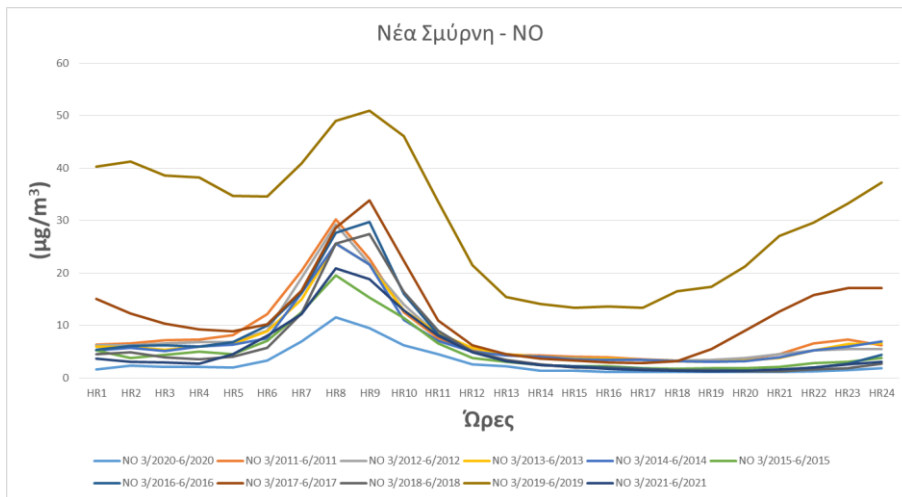
- Παρακάτω εμφανίζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις του ρύπου μονοξειδίου του αζώτου (NO) στις δύο περιόδους του lockdown και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.



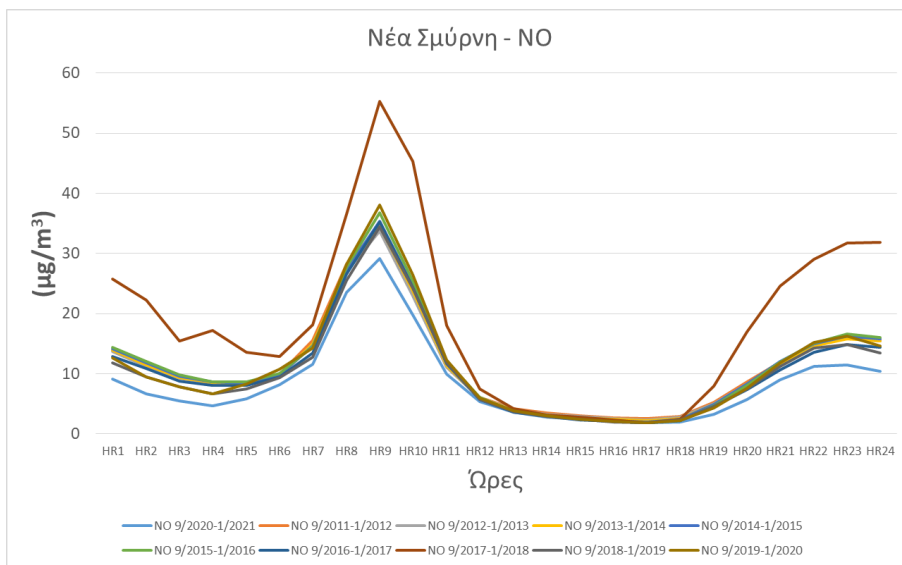
Διάγραμμα 21: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



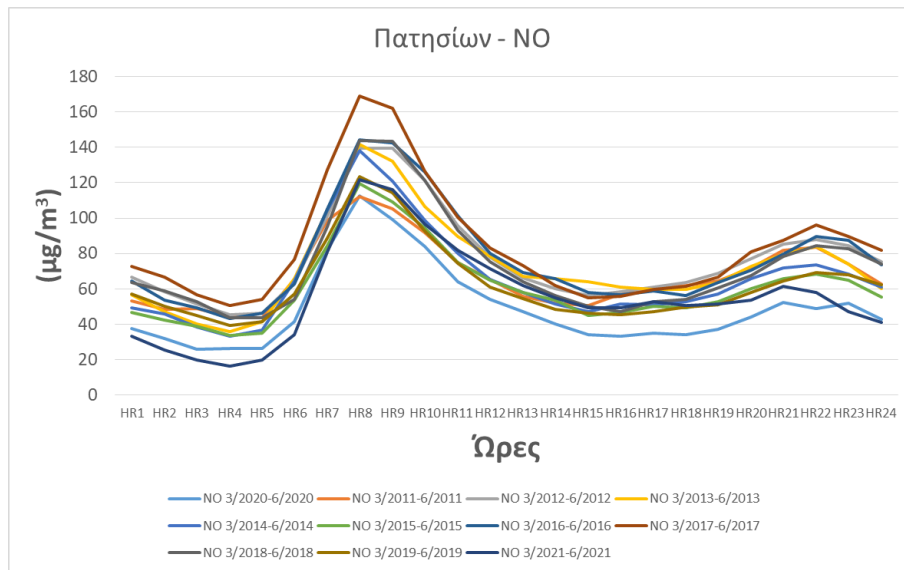
Διάγραμμα 22: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



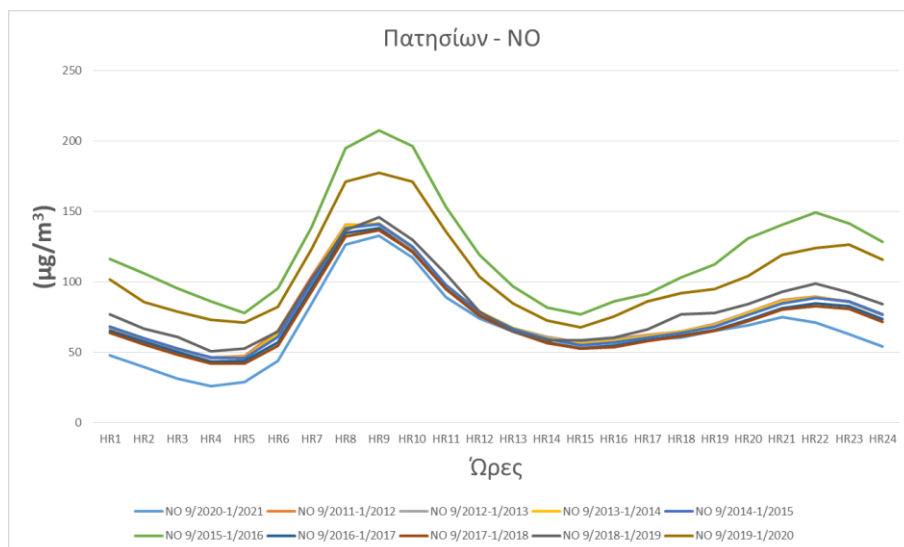
Διάγραμμα 23: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



Διάγραμμα 24: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



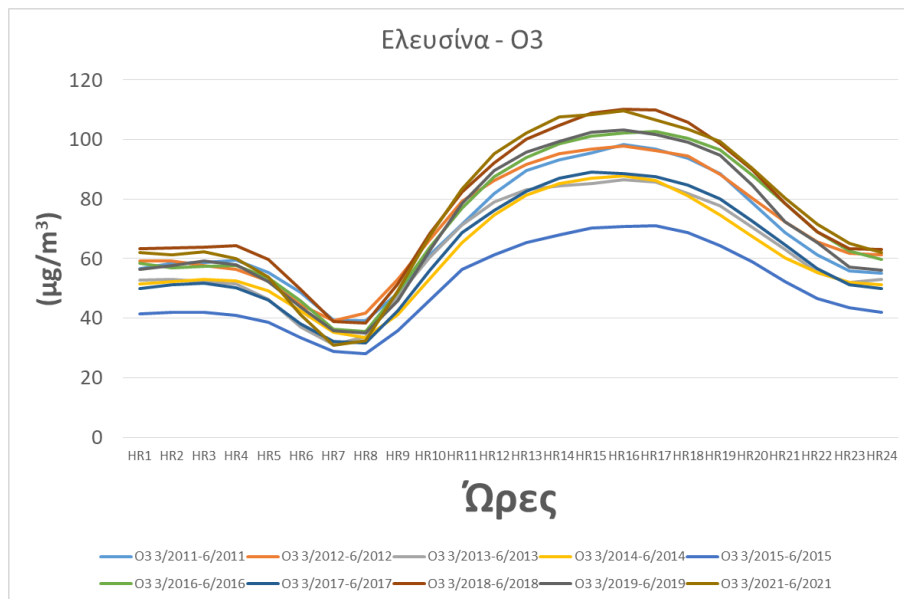
Διάγραμμα 25: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



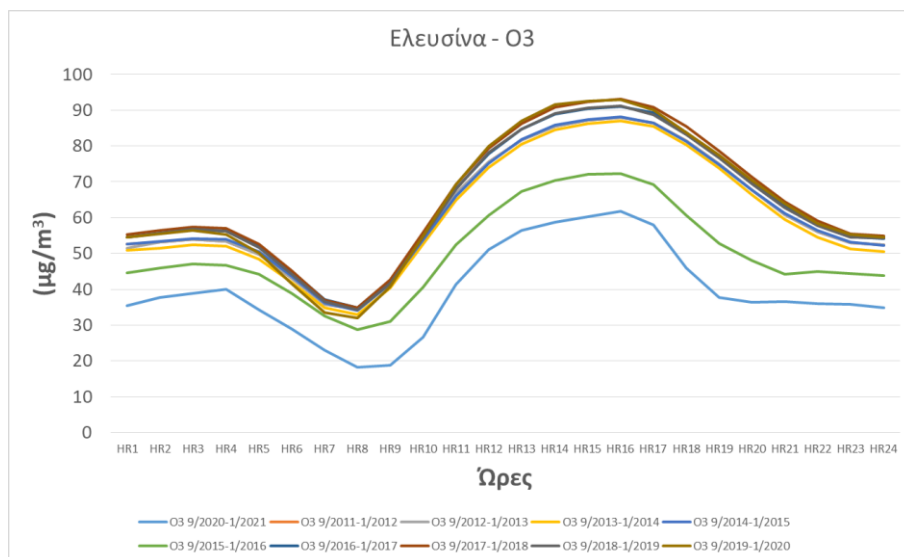
Διάγραμμα 26: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων

Σχολιασμός: Οι τιμές στις συγκεντρώσεις του ρύπου NO κατά την πρώτη περίοδο lockdown (3/2020 – 6/2020) είναι αρκετά πιο υψηλές σε σχέση με τα υπόλοιπα έτη. Αυτό δεν ισχύει όμως και για την δεύτερη περίοδο lockdown (9/2020 – 1/2021), όπου οι τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τα υπόλοιπα έτη. Γενικά για τον ρύπο NO διακρίνεται μια αυξομείωση της συγκέντρωσης τους καθόλη την διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται μια ραγδαία αύξηση των τιμών κατά τις εννιά το πρωί και έπειτα μείωση τους γύρω στις δώδεκα το μεσημέρι ενώ στις έξι το απόγευμα υπάρχει ξανά μια μικρή αύξηση (δηλαδή ώρες αιχμής).

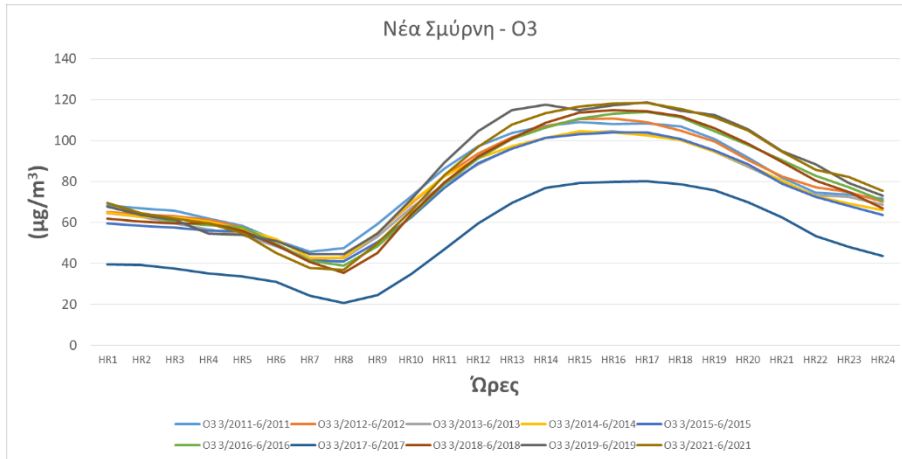
- Παρακάτω εμφανίζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις του ρύπου όζον (O_3) στις δύο περιόδους του lockdown και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.



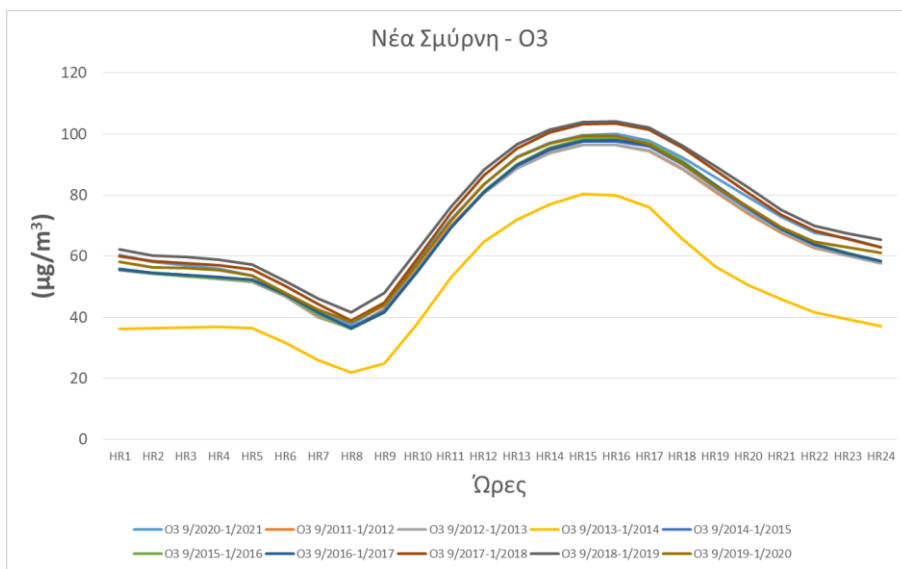
Διάγραμμα 27: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



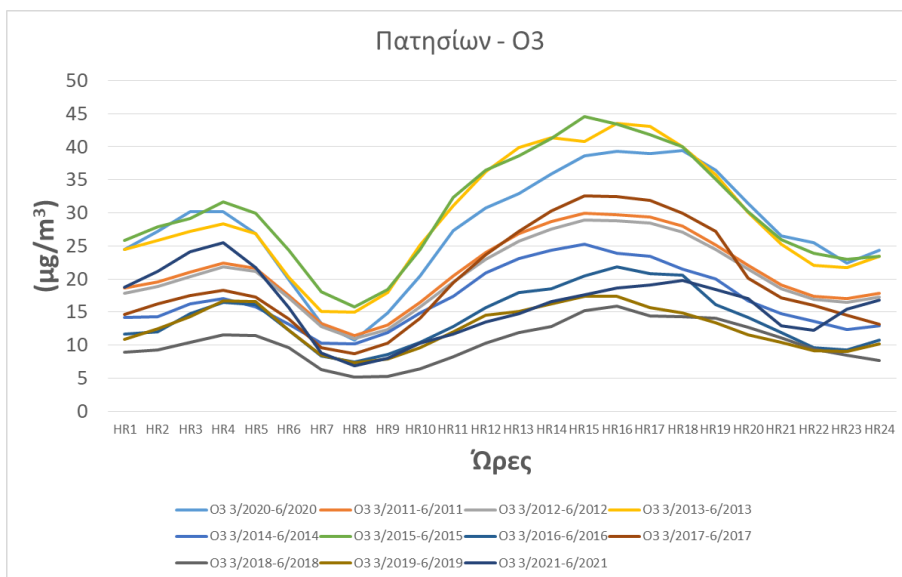
Διάγραμμα 28: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



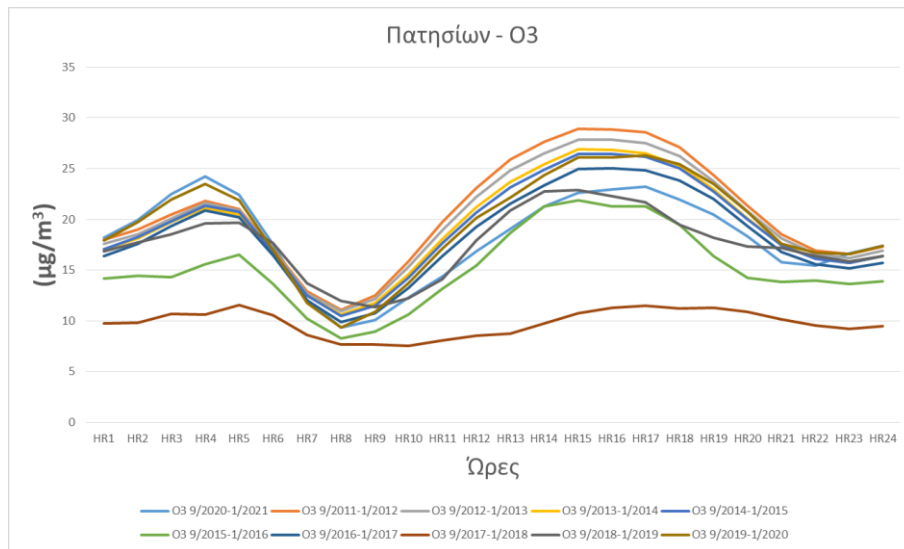
Διάγραμμα 29: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



Διάγραμμα 30: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



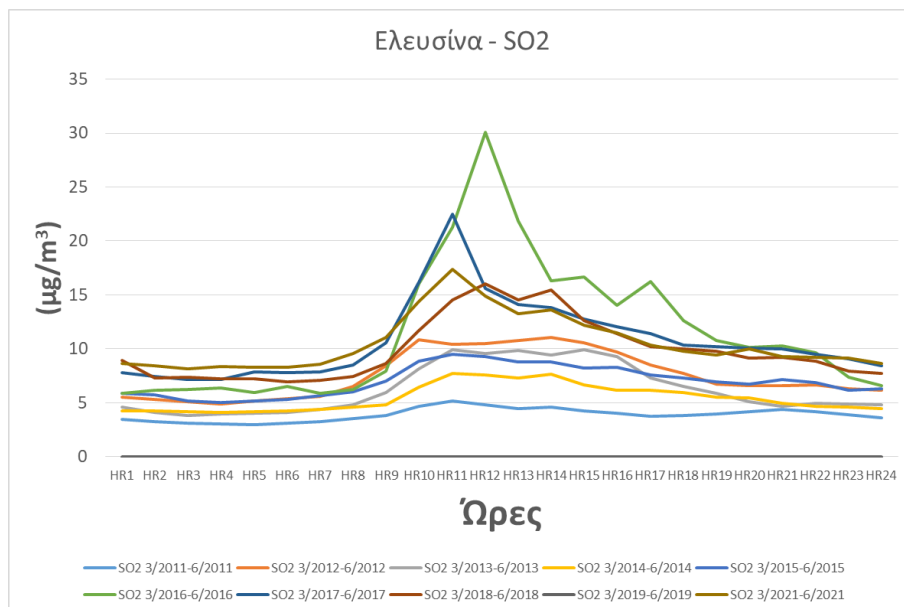
Διάγραμμα 31: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



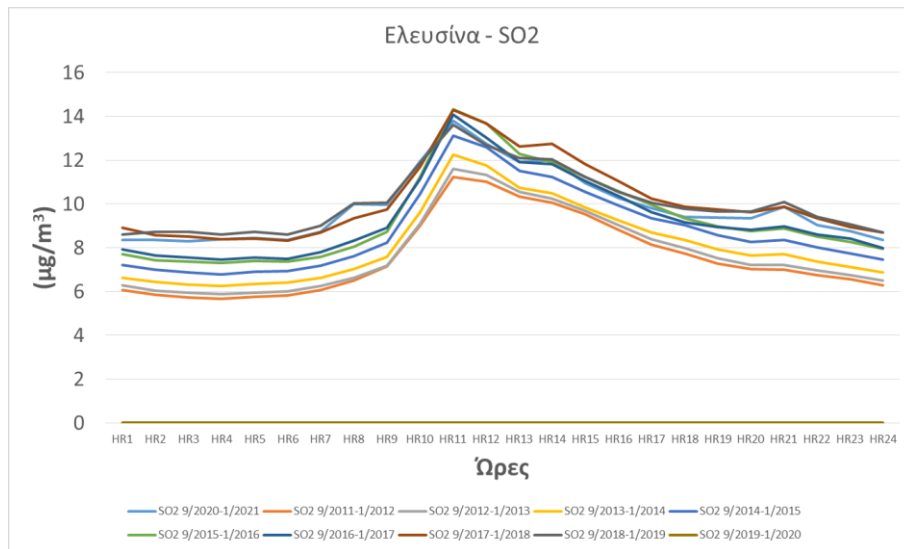
Διάγραμμα 32: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων

Σχολιασμός: Οι τιμές της συγκέντρωσης του O_3 παρουσιάζουν μια ραγδαία αύξηση κατά της μεσημβρινές και τις πρώτες απογευματινές ώρες, αυτό πιθανώς συμβαίνει διότι το μεσημέρι έχουμε άνοδο της θερμοκρασίας, η οποία σε συνδυασμό με την οδική κυκλοφορία προκαλεί την αύξηση των επιπέδων του όζοντος. Αναφέρεται ότι για τις τιμές κατά την πρώτη περίοδο lockdown (3/2020 – 6/2020) δεν υπάρχουν τιμές μέτρησης στις περιοχές της Ελευσίνας και της Νέας Σμύρνης και αυτό κρίνεται φυσιολογικό διότι δεν υπήρχε μεγάλη οδική κυκλοφορία σε αντίθεση με την περιοχή της Πατησίων όπου όσοι πολίτες εργάζονταν στις περιοχές του κέντρου της Αθήνας χρησιμοποιούσαν την περιοχή της Πατησίων και τα μέσα μεταφοράς όπου διέρχονταν από εκεί.

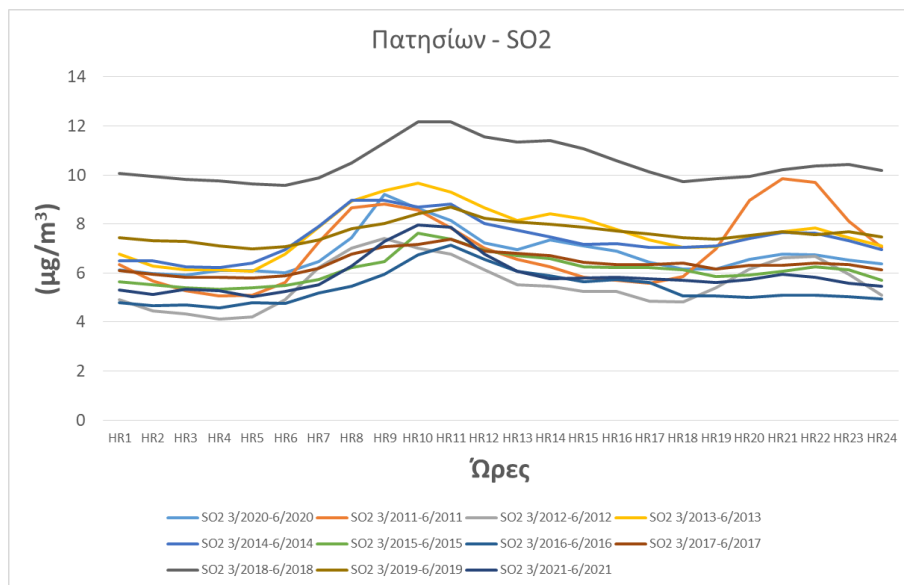
- Παρακάτω εμφανίζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις του ρύπου διοξειδίου του θείου (SO_2) στις δύο περιόδους του lockdown και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.



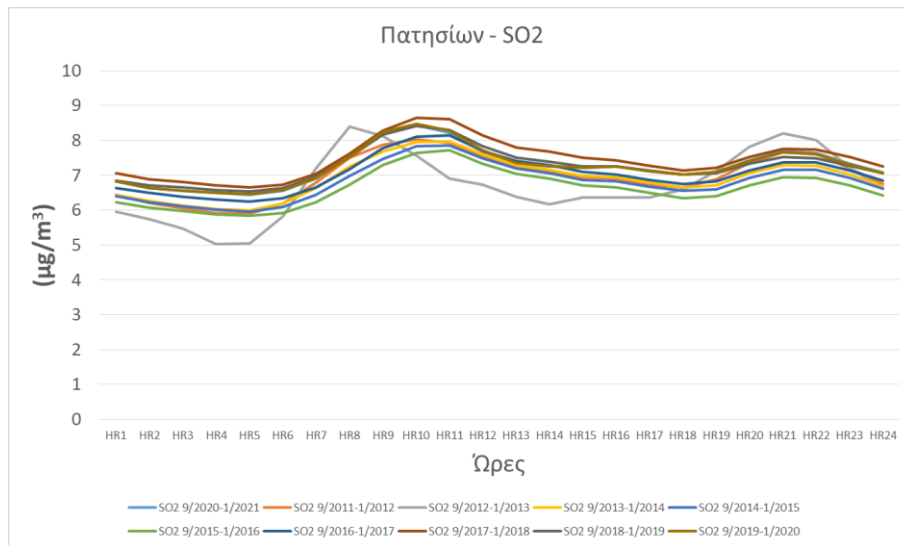
Διάγραμμα 33: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



Διάγραμμα 34: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



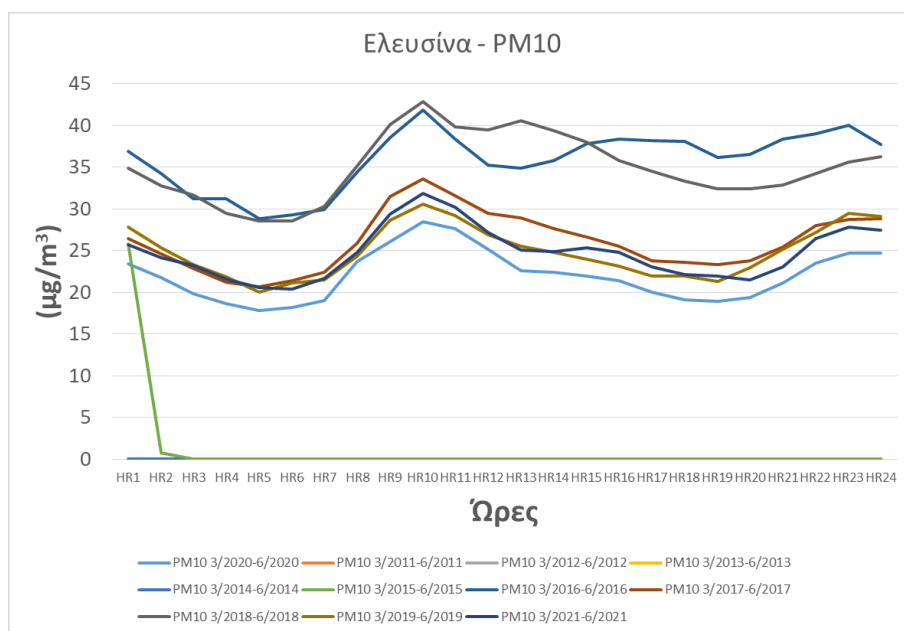
Διάγραμμα 35: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



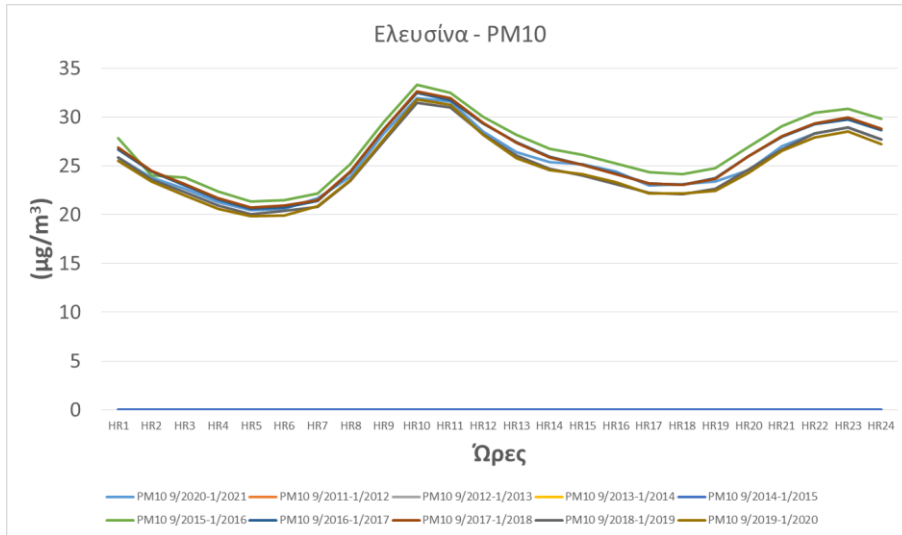
Διάγραμμα 36: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων

Σχολιασμός: Για τον ρύπο SO_2 δεν εμφανίζονται καθόλου ή οι τιμές τους ήταν αρνητικές, κατά την διάρκεια του lockdown και αυτό μπορεί να οφείλεται σε πιθανό σφάλμα του μετρητικού οργάνου. Επίσης όσον αφορά το SO_2 παρατηρείται μια σταθερή πορεία της συγκέντρωσης του ρύπου, καθόλη την διάρκεια του εικοσιτετράωρου, με μια απειροελάχιστη αύξηση του γύρω στις έντεκα με δώδεκα το πρωί. Αυτό ενδεχομένως να συμβαίνει λόγω της μειωμένης παραγωγικής διαδικασίας των εργοστασίων στην περιοχή της Ελευσίνας κατά την περίοδο του lockdown.

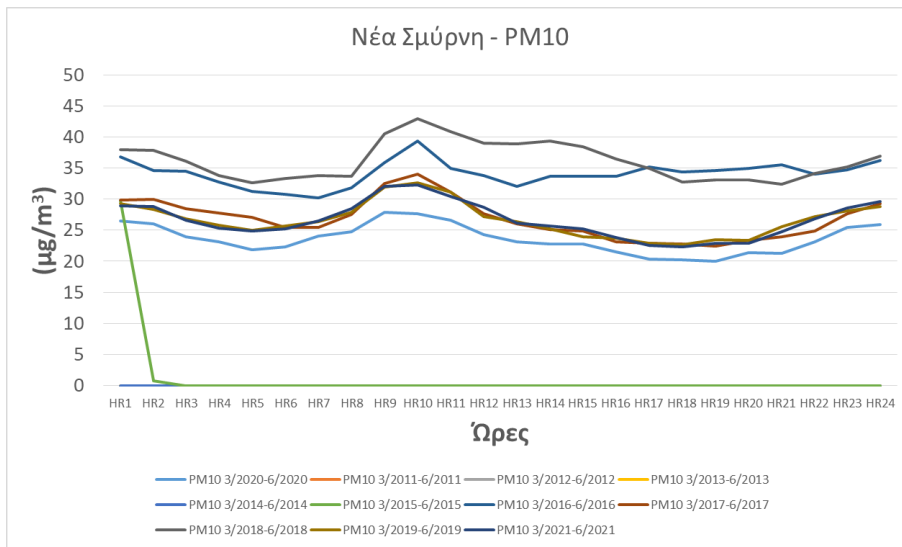
- Παρακάτω εμφανίζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις του ρύπου αιωρούμενα σωματίδια (PM_{10}) στις δύο περιόδους του lockdown και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.



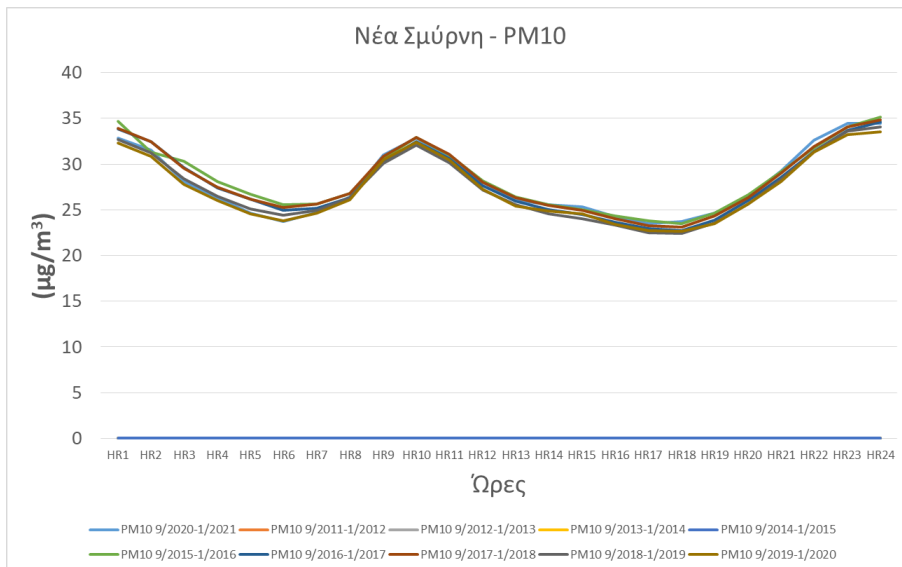
Διάγραμμα 37: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



Διάγραμμα 38: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



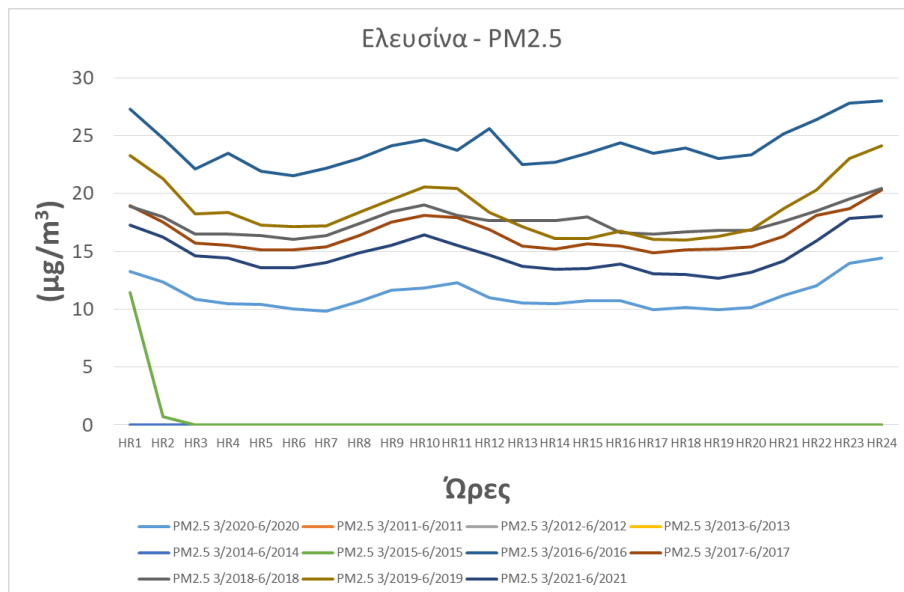
Διάγραμμα 39: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων



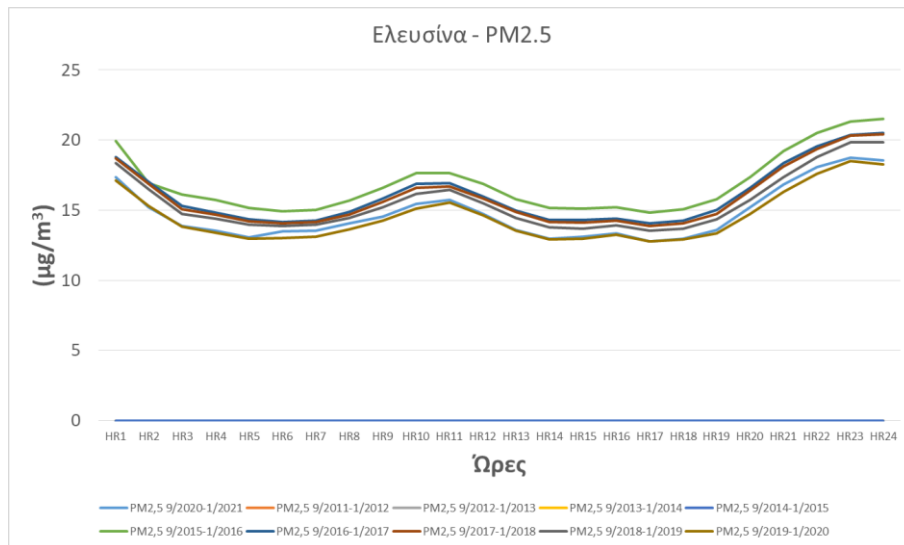
Διάγραμμα 40: Ωραίες τιμές συγκεντρώσεων

Σχολιασμός: Για τον ρύπο PM_{10} παρατηρείται κατά τις πρώτες πρωινές ώρες μία ραγδαία αύξηση των τιμών, στις οποίες διαπιστώνεται μία αυξομείωση των τιμών κατά τις μεσημβρινές και βραδινές ώρες. Παρόλο που υπήρξε περίοδος εγκλεισμού εκείνο το χρονικό διάστημα (περίοδος lockdown), υπήρχαν πολίτες όπου εργάζονταν κανονικά, όπως στα εργοστάσια που βρίσκονται στην περιοχή της Ελευσίνας. Άρα κρίνονται φυσιολογικές οι τιμές των PM_{10} καθώς προέρχονται από κατασκευαστικές δραστηριότητες, μεταλλεύματα και ατμοσφαιρική σκόνη. Οπότε είναι φυσιολογική η ύπαρξη του ρύπου, όχι όμως σε υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης. Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων του ρύπου αρχίζουν να εμφανίζονται από το έτος 2016 και μετά και αυτό συμβαίνει διότι εκείνη την περίοδο ξεκίνησαν ξανά οι οικοδομικές δραστηριότητες. Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι δεν υπάρχουν τιμές συγκεντρώσεων για την περιοχή της Πατησίων. Αυτό ίσως συμβαίνει από ένα πιθανό σφάλμα του μετρητικού οργάνου.

- Παρακάτω εμφανίζονται οι ωριαίες συγκεντρώσεις του ρύπου αιωρούμενα σωματίδια ($PM_{2.5}$) στις δύο περιόδους του lockdown και σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έτη.



Διάγραμμα 41: Ωριαίες τιμές συγκεντρώσεων



Διάγραμμα 42: Ωραιοί τιμές συγκεντρώσεων

Σχολιασμός: Επίσης αναφέρεται ότι οι τιμές των συγκεντρώσεων του ρύπου αυτού εμφανίζονται από το έτος 2016 και μετά. Διακρίνεται μια σταθερή πορεία της συγκέντρωσης του ρύπου καθόλη την διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Παρόλο που η εμφάνιση τους συσχετίζεται με τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, την βιομηχανία ακόμα και τις αγροτικές δραστηριότητες, εμφανίζονται και την περίοδο του lockdown που θεωρητικά δεν έχουμε τόσο αυξημένη κινητικότητα και βιομηχανική δραστηριότητα. Αυτό συμβαίνει διότι η βιομηχανία δεν σταμάτησε να λειτουργεί και έτσι και οι πολίτες σε μεγάλο ποσοστό δεν σταμάτησαν να εργάζονται. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι δεν υπάρχουν καθόλου μετρήσεις για τις περιοχές της Πατησίων και της Νέας Σμύρνης και αυτό ίσως οφείλεται είτε σε αρνητικές τιμές μέτρησης, είτε σε πρόβλημα στο μετρητικό όργανο.

Κεφάλαιο 6: Σχόλια – Συμπεράσματα

Στις υπό μελέτη περιοχές , έγινε καταγραφή της ρύπανσης που υφίσταται από ατμοσφαιρικούς ρύπους και τα σχόλια που προκύπτουν είναι τα εξής:

- Για το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) οι μετρήσεις οι οποίες επεξεργαστήκαμε σε όλες τις περιπτώσεις δεν ξεπερνούσαν το όριο για την προστασία της υγείας που έχει θεσπιστεί από την Νομοθεσία, δηλαδή τα $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nomoskorio, n.d.)ανά ώρα. Μόνο στην περιοχή της Πατησίων έφτασαν τα $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ που και πάλι δεν ξεπερνά το όριο.
- Για το διοξείδιο του θείου (SO_2) οι τιμές των συγκεντρώσεων είναι αρκετά πιο χαμηλές από το όριο που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Οδηγία, που είναι τα $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ σε διάστημα μίας ημέρας. Τα δεδομένα που επεξεργαστήκαμε είναι τις τάξεως περίπου του 25 – 30 % του ορίου που προαναφέρθηκε. Επίσης η εξέλιξη του ρύπου έχει πτωτική τάση κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Για το όζον (O_3) η Ευρωπαϊκή Οδηγία έχει θεσπίσει ως όριο τα $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι μετρήσεις που επεξεργαστήκαμε δεν ξεπέρασαν το όριο αυτό, παρόλο που σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στην περιοχή της Ελευσίνας, έφτασε σχεδόν στο όριο αυτό. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι σε εκείνη την περιοχή υπάρχει αρκετή κινητικότητα τόσο οχημάτων, όσο και πολιτών.
- Για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} έχει θεσπιστεί όριο για την προστασία της υγείας τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ημερησίως . Στις περιπτώσεις που επεξεργαστήκαμε, το όριο αυτό δεν ξεπεράστηκε. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις που έχουμε επεξεργαστεί ξεκινούν από το έτος 2016 και έπειτα. Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι εκείνη η περίοδος είναι μετά την οικονομική κρίση που είχε δεχθεί η χώρα και επίσης τότε ξεκίνησε και πάλι η οικοδομική δραστηριότητα. Επίσης αξίζει να επισημανθεί ότι για τα αιωρούμενα σωματίδια $\text{PM}_{2.5}$ δεν έχει θεσπιστεί ημερήσιο όριο για την προστασία της υγείας, αλλά μόνο ετήσιο όπου και είναι τα $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ben Amar, A., & Persis, J. (2023). Predictive modeling and analysis of air quality – Visualizing before and during COVID-19 scenarios. *ELSEVIER*, 12.
2. *ENVIRONMENTAL POLLUTION CENTERS*. (2023). Ανάκτηση από <https://www.environmentalpollutioncenters.org/air/>
3. nomoskopio. (n.d.). http://www.nomoskopio.gr/pys_34_02_p2.php?toc=0&printWindow&. Ανάκτηση από http://www.nomoskopio.gr/pys_34_02_p2.php?toc=0&printWindow&
4. Raza, T., Shehzad, M., Abbas, M., Eash, N. S., Singh Jatav, H., Sillanpaa, M., & Flynn, T. (2023). Impact assessment of COVID-19 global pandemic on water, environment, and humans. *ELSEVIER*, 15.
5. review, m. (n.d.). *money review*. Ανάκτηση από money review: <https://www.moneyreview.gr/society/19969/to-imerologio-tis-pandimias-stin-ellada/>
6. ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΥ, Μ. (2004). ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. 140.
7. Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς. (n.d.).
8. ΓΡΥΔΑΚΗ, Ν. (2010). *ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ: ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ*. ΧΑΝΙΑ.
9. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Υ. Π. (2023). *ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*. Ανάκτηση από <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/nomothesia/>
10. *ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*. (2013, 06 17). Ανάκτηση 01 17, 2022, από <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2013/arthra/kathe-anasa-roγ-pairnoyme>
11. Ζάνη, Π. (2014). *ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ*.
12. Ρεμουντάκη, Ε. (2010). *Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση*. Αθήνα.