



**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ AIRQ2.2.3 ΤΟΥ
ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΥΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ
ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ
ΛΑΡΙΣΑΣ**

Γατσέλου Ζωή – Δέσποινα του Γεωργίου Α.Μ. 43376

Υπεύθυνος Καθηγητής: Μουστρής Π. Κωνσταντίνος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας ήταν να καταφέρει να εκτιμήσει τις αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, που προκαλούνται εξαιτίας των αυξημένων συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων στην περιοχή της Λάρισας και να αποδώσει ποσοτικά στοιχεία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει επηρεάσει και τη ευρύτερη περιοχή της Λάρισας η οποία προκαλείται από διάφορες δραστηριότητες, όπως η γεωργία, η κτηνοτροφία, η αλιεία, η αυξημένη κυκλοφορία των οχημάτων στο οδικό δίκτυο της περιοχής καθώς επίσης και τα συστήματα θέρμανσης.

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος όλο και περισσότερο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, τις αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και τους τρόπους αντιμετώπισής της, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Για το λόγο αυτό, ο ευρωπαϊκός οργανισμός υγείας έχει σχεδιάσει πολιτικές για την άμεση βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας και έχει ορίσει ξεχωριστά οριακές τιμές συγκεντρώσεων για κάθε ρύπο, προκειμένου να συμμορφωθούν όλα τα ευρωπαϊκά κράτη ως προς τη υπάρχουσα νομοθεσία (οδηγία 2008/50/EK) και να μην υπάρχουν υπερβάσεις των οριακών τιμών.

Στην παρούσα εργασία, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από το 2007 έως το 2013 στην περιοχή της Λάρισας, για τέσσερεις βασικούς ρύπους: το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το όζον (O₃) και τα αιρούμενα σωματίδια (PM₁₀). Οι μετρήσεις βοήθησαν ώστε να εκτιμηθούν η μέγιστη ωριαία τιμή 24-ώρου για κάθε μέρα του έτους καθ' όλη την περίοδο 2007-2013, η ενδοημερήσια πορεία καθώς επίσης η εβδομαδιαία και μηνιαία πορεία κάθε ρύπου ξεχωριστά.

Ολοκληρώνοντας, για την εκτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία των πολιτών της Λάρισας, από την έκθεση σε συγκεκριμένους ρύπους (CO,NO₂,O₃,PM₁₀) χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο AIRQ2.2.3, που αναπτύχθηκε από το WHO European Centre for Environment Health, Bilthoven Division. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το λογισμικό AIRQ2.2.3 δημιουργήθηκε με σκοπό την ποσοτικοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων σε ολόκληρο τον κόσμο, αποτελώντας ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο για κάθε κοινωνία, βασισμένο σε πρόσφατα στοιχεία.

ABSTRACT

The main target of this essay has been to succeed in assessing the negative effects on human health, which are caused due to the increased concentration of atmospheric pollutants in the region of Larissa and to render quantitative data. Atmospheric pollution has also influenced the greater region of Larissa, something which is caused due to various activities, such as agriculture, livestock breeding, fishing, the increased traffic in the road network of the area as well as the heating systems.

It is a given fact that in recent years there has increasingly been talk about the pollution of the environment, its negative consequences on human health and the ways to deal with it not only on a European but also on a global level. For this reason, the European Health Organization has designed policies for the instant improvement of the quality of the atmosphere and has set limit values of concentration for each pollutant separately so that all European countries will conform to the existing legislation (commission directive 2008/50/EC) and that there will not be any exceeding the limit values.

In the present essay, measurements have been made from 2007 to 2013 in the region of Larissa regarding four basic pollutants: carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), ozone (O₃), and particulate matter (PM₁₀). These measurements have helped so as to assess the maximum hourly values on a 24-hour basis for each day of the year throughout the period 2007-2013, the daily course as well as the weekly and the monthly course of each pollutant separately.

To conclude, for the assessment of the negative effects on the health of the citizens of Larissa, because of their exposure to particular pollutants (CO, NO₂, O₃, PM₁₀) the model AIRQ2.2.3 has been used which was developed by WHO European Centre for Environment Health, Bilthoven Division. It is noteworthy that the AIRQ2.2.3 software was developed for the purpose of negative effects quantification throughout the entire world, being a valid and reliable tool for every society, based on recent data.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1	ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	6
1.2	ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΩΝ	8
1.2.1	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	8
1.2.2	Όζον (O ₃)	10
1.2.3	Διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου (NO ₂ & NO _x)	11
1.2.4	Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	12
1.2.5	Αιρούμενα σωματίδια (PM ₁₀ & PM _{2,5})	13
1.2.6	Μόλυβδος (Pb)	15
1.2.7	Υδρογονάνθρακες (H/Cs)	15
1.2.8	Μεθάνιο (CH ₄)	16
1.2.9	Πτητικές ασταθείς οργανικές ενώσεις (VOCs)	16
1.2.10	Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	17
1.3	ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	17
1.3.1	Οδηγία 2008/50/EC	19
1.3.2	Ορισμοί	20
1.3.2.1	Πίνακες οριακών τιμών βάση της οδηγίας 2008/50/ΕΚ	21
1.5	ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΛΑΡΙΣΑΣ	25
1.5.1	Τοπογραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά Λάρισας	25
1.5.2	Μελέτη των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα (CO) την περίοδο 2007-2013	28
1.5.3	Μελέτη των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του αζώτου (NO ₂) την περίοδο 2007-2013	31
1.5.4	Μελέτη των συγκεντρώσεων του όζοντος (O ₃) την περίοδο 2007-2013	35
1.5.5	Μελέτη των συγκεντρώσεων των αιρούμενων σωματιδίων (PM ₁₀) την περίοδο 2007-2013	38
2.1	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ AIRQ2.2.3	42
2.1.1	Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου και σωματίδια στην πόλη Αθηνών.	42
2.1.2	Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή του Καΐρου.	43
2.1.3	Οι επιπτώσεις στην υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη Suwon.	44
2.1.4	Αξιολόγηση των επιπτώσεων στην υγεία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη της Τεχεράνης.	44

2.1.5	Ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία σχετικά με την ποιότητα του αέρα στη βιομηχανοποιημένη περιοχή της βόρειας Ιταλίας.	45
2.1.6	Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή της Μέκκα.	46
2.1.7	Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου.	47
2.1.8	Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.	47
2.2	Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ AIRQ2.2.3 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	48
2.2.1	Τα επίπεδα συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας	48
2.2.2	Τα επίπεδα συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου (NO ₂) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας	52
2.2.3	Τα επίπεδα συγκέντρωσης του όζοντος (O ₃) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας	57
2.2.4	Τα επίπεδα συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM ₁₀) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας	62
2.3	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΗΜΟ της ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	65

1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Όλο και πιο συχνά τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, αν και αρκετές φορές δεν καθίσταται σαφές τι ορίζεται ως ρύπανση του περιβάλλοντος, ποιες είναι οι αιτίες που το προκαλούν, ποιοι τρόποι υπάρχουν για να αντιμετωπισθεί αυτό το φαινόμενο και το κυριότερο ποιες είναι οι αρνητικές επιπτώσεις του στην ανθρώπινη υγεία.

Η περιβαλλοντική ρύπανση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την πρόοδο της τεχνολογίας αλλά και της επιστήμης. Είναι σαφές, ότι όσο συντελείται ανάπτυξη στους δύο κλάδους, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της καθημερινότητας των ανθρώπων τόσο δημιουργούνται καταστάσεις που εγκυμονούν κινδύνους και έχουν αρνητικές επιπτώσεις για το περιβάλλον και εν συνεχεία για την υγεία των πολιτών. Για τη σημασία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν αποδοθεί κατά καιρούς, πολλές και διαφορετικές ερμηνείες. Κατά μία έννοια, είναι η προσθήκη κάθε υλικού, μοριακής ή σωματιδιακής φύσης, στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει, η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη δηλητηρίαση της ζωής πάνω στον πλανήτη.

Το υλικό μπορεί να είναι ένα τοξικό αέριο με κάποια μακροχρόνια αποτελέσματα σε έναν οργανισμό που δεν είναι κατ' ανάγκη άμεσα αντιληπτά. Μπορεί ακόμη να είναι μη ορατό ραδιενεργό, το οποίο έχει καταστρεπτικά αποτελέσματα στην εξέλιξη της ζωής. Ως ρύποι επίσης μπορούν να θεωρηθούν οποιαδήποτε υλικά μπορούν να εισέλθουν στην ατμόσφαιρα, είτε εσκεμμένα είτε μέσω κάποιας φυσικής διαδικασίας και προκαλέσουν έστω και έμμεσα αποτελέσματα. Ένας ατμοσφαιρικός ρύπος δε μπορεί να θεωρηθεί απαραίτητως τοξικός, και να προκαλέσει αρνητικά αποτελέσματα στους ανθρώπινους οργανισμούς και το περιβάλλον, απεναντίας η δημιουργία ενός στρώματος στην ατμόσφαιρα, από αντίστοιχα μόρια, είναι αναγκαία για τον περιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας και κατά συνέπεια την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη. ^[1-2]

Επομένως η ατμοσφαιρική ρύπανση, αποτελεί ένα φαινόμενο του σύγχρονου τρόπου ζωής, της παραγωγής προϊόντων και υπηρεσιών για την κάλυψη των ολοένα και αυξανόμενων αναγκών των ανθρώπων, το οποίο όμως έχει αρνητικές επιπτώσεις τόσο την υγεία του ανθρώπου όσο και το περιβάλλον. Τις τελευταίες δεκαετίες στην Ευρώπη, οι συγκεντρώσεις πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σημαντικά με αποτέλεσμα την καλύτερευση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην περιοχή. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων παραμένουν σε υπερβολικά υψηλά επίπεδα και τα προβλήματα ποιότητας του αέρα εξακολουθούν να υπάρχουν. Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων που εκλύονται από μία χώρα είναι απολύτως αναμενόμενο να μεταφερθούν στην ατμόσφαιρα και να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα του αέρα και να επιδεινώσουν την υπάρχουσα κατάσταση σε κάποια άλλη περιοχή. ^[3]

1.1 ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τους πρωτογενείς και
- τους δευτερογενείς.

Πρωτογενείς, ονομάζονται οι ρύποι οι οποίοι προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης, σχηματίζονται και απελευθερώνονται στο περιβάλλον απ' ευθείας από τις πηγές τους. Τέτοιες πηγές είναι η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα (βενζίνη, πετρέλαιο), η θέρμανση κ.λπ.. Επιπλέον, κατά την έκλυση των πρωτογενών ρύπων είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά τους και η χημική τους σύσταση. Κυριότεροι πρωτογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου (SO_2), το υδρόθειο (H_2S), υδρογονάνθρακες (HC), οξειδία του αζώτου (NO_x), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), μόλυβδος (Pb), αμίαντος, αιωρούμενα σωματίδια (PM) και ο καπνός. Οι ρύποι αυτοί μαζί με το όζον (O_3) παρακολουθούνται συστηματικά από τους αρμόδιους κρατικούς φορείς και ονομάζονται «συμβατικοί ρύποι».

Οι πρωτογενείς ρύποι στην ατμόσφαιρα μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων παράγουν τους δευτερογενείς ρύπους, κυριότερος εκ των οποίων είναι το όζον (O_3). Το όζον για παράδειγμα είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του οξειδίου του αζώτου με διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις, αντίδραση η οποία καταλύεται από το ηλιακό φως. Επομένως, το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά και μόνο των πρωτογενών ρύπων.

Δευτερογενείς, ονομάζονται οι ρύποι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μετά από μια σειρά χημικών αντιδράσεων των πρωτογενών. Συγκεκριμένα πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις μεταξύ των οξειδίων του αζώτου, του οξυγόνου της ατμόσφαιρας και των υδρογονανθράκων, με την επίδραση του ηλιακού φωτός, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δευτερογενών ρύπων όπως το όζον, διάφορες αλδεΰδες και κετόνες και πολύπλοκα άλλα προϊόντα γνωστά και ως PAN (Νιτρικά Υπεροξυακετύλια) τα περισσότερα από τα οποία είναι τοξικά.

Ως δευτερογενείς ρύποι θα μπορούσαν επίσης να θεωρηθούν και τα προϊόντα οξείδωσης των πρωτογενών ρύπων που περιέχουν θείο, όπως το τριοξείδιο του θείου, το θειικό οξύ και τα θειικά άλατα.

Είναι απολύτως κατανοητό ότι η χημική σύσταση των δευτερογενών ρύπων είναι πιο πολύπλοκη, όχι άμεσα γνωστή και σίγουρα εξαρτώμενη από τη γενικότερη σύσταση της ατμόσφαιρας σε άλλους ρύπους στην εν λόγω περιοχή. Πρέπει να υπογραμμιστεί, ότι τα κυριότερα περιβαλλοντικά μίας αστικής ζώνης προέρχονται από τη δημιουργία των δευτερογενών ρύπων. Οι δευτερογενείς ρύποι είναι υπεύθυνοι κατά κύριο λόγο για το φαινόμενο του φωτοχημικού νέφους και της μειωμένης ορατότητας από αερολύματα. [1-2], [4]

CO	Μονοξείδιο του άνθρακα	Pb	Μόλυβδος
O₃	Όζον	CH₄	Μεθάνιο
NO₂, NO_x	Διοξείδιο του αζώτου, Οξείδια του αζώτου	CO₂	Διοξείδιο του άνθρακα
N₂O	Υποξείδιο του αζώτου	VOCs	Πτητικές ασταθείς οργανικές ενώσεις
SO₂, SO_x	Διοξείδιο του θείου, Οξείδια του θείου	H/Cs	Υδρογονάνθρακες
PM₁₀, PM_{2.5}	Αιωρούμενα σωματίδια		

Πίνακας 2.1.1 Οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι.

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τόσο ανθρωπογενούς όσο και φυσικής προέλευσης. Ως κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορούμε να θεωρήσουμε:

- Τα μέσα μεταφοράς
- Την οικιακή θέρμανση
- Τις διεργασίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Τις ανεπιθύμητες καύσεις καυσίμων και γενικότερα τις υπόλοιπες βιομηχανικές εκπομπές.

Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί το ποσοστό ευθύνης που αναλογεί σε κάθε μία από αυτές τις πηγές. Μια χονδρική κατανομή θα χρέωνε τη συνεισφορά όλων των τύπων μηχανών εσωτερικής καύσης για την κίνηση των αυτοκινήτων στο 60% της συνολικής ετήσιας εκπομπής. Οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέρουν κατά 10-15%, η οικιακή θέρμανση περίπου 10%, οι βιομηχανικές καύσεις και βιομηχανικές εκπομπές περίπου 20% και οι ανεπιθύμητες καύσεις περίπου 5%. Εφόσον όμως η κοινωνία μας είναι εξελίξιμη, αυτά τα προσεγγιστικά ποσοστά δεν είναι σταθερά.



Σχήμα 2.1.2: κατανομή ποσοτών ευθύνης των πηγών ατμοσφαιρικής ρύπανσης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα φυσικών πηγών εκπομπών είναι:

- Οι ηφαιστειογενείς εκρήξεις,
- Η εκνέφωση θαλάσσιου άλατος και
- οι πυρκαγιές. [1],[3]

1.2 ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΩΝ

Η ατμόσφαιρα περιέχει χιλιάδες χημικές ενώσεις σε μικρές ποσότητες της τάξεως του 1 ανά εκατομμύριο ανά όγκο (ppm). Η περιοχή της τροπόσφαιρας συμπεριφέρεται ως δεξαμενή των αερίων και των σωματιδιακών ρύπων. Το περιβάλλον επομένως, αποτελεί ένα σκληρό υπεύθυνο τόσο για την ευεξία (σωματική και διανοητική), όσο και για την ευημερία των πολιτών σε κοινωνικό επίπεδο. Παρά τα βήματα που έχουν πραγματοποιηθεί για τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, συνεχίζουν να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών αλλά και στο εσωτερικό τους.

Το ερώτημα λοιπόν που τίθεται επικεντρώνεται σε τι βαθμό είναι επαρκώς γνωστές οι βλαβερές επιδράσεις των διάφορων ρύπων στην ανθρώπινη υγεία, αλλά και γενικότερα στην εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Η αλήθεια είναι κάπου στη μέση, είναι γνωστά αρκετά και κυρίως γνώσεις για ενώσεις που υφίστανται χρόνια. Σαφώς ο ιατρικός χώρος, ενημερώνεται διαρκώς για το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κατά αυτόν τον τρόπο οι γνώσεις για τις βλαβερές επιδράσεις των διαφόρων ρύπων εμπλουτίζονται συνεχώς, αλλά και η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας παρέχει τα μέσα που απαιτούνται για πιο άμεση και συστηματική παρακολούθηση. [1],[10-12]

1.2.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, αναφλέξιμο και ιδιαίτερα τοξικό. Το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται από μερική οξείδωση ανθρακούχων ενώσεων ή και στοιχειακού άνθρακα. Ο χρόνος παραμονής του στην τροπόσφαιρα κυμαίνεται από 30 έως 90 ημέρες και είναι ένας από τους μαζικότερα παραγόμενους πρωτογενείς ρύπους. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι παρόν σε μικρές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα (της Γης), κυρίως ως προϊόν της ηφαιστειακής δραστηριότητας, αλλά επίσης και από φυσικές και ανθρωπογενείς πυρκαγιές (όπως δασικές και θαμνολειβαδικές, εκκαθάριση με φωτιά διαφόρων αγροτικών υπολειμμάτων). Η καύση ορυκτών καυσίμων επίσης συνεισφέρει στην παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα. Το μονοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται διαλυμένο στο μάγμα υπό υψηλές πιέσεις στο μανδύα της Γης. Εξαιτίας των φυσικών πηγών του μονοξειδίου του άνθρακα η συγκέντρωσή του μεταβάλλεται χρόνο με το χρόνο και γι' αυτό είναι εξαιρετικά δύσκολη η ακριβής μέτρηση των φυσικών εκπομπών αυτού του αερίου. Παγκοσμίως, η μεγαλύτερη πηγή μονοξειδίου του

άνθρακα είναι φυσικής προέλευσης, εξαιτίας φωτοχημικών αντιδράσεων στην τροπόσφαιρα.

Στις αστικές περιοχές σημαντική ποσότητα του μονοξειδίου του άνθρακα προέρχεται κατά κύριο λόγο από την ατελή καύση των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα στα αυτοκίνητα. Σε μικρότερο ποσοστό συνεισφέρουν στην εμφάνιση του ρύπου, οι μονάδες θέρμανσης, οι βιομηχανικές κατεργασίες και η καύση των στερεών αποβλήτων.

Η τοξική δράση του του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) σχετίζεται με το αναπνευστικό σύστημα. Ανταγωνίζεται έντονα την δέσμευση του οξυγόνου από την αιμοσφαιρίνη του αίματος, το μεταφορέα δηλαδή του οξυγόνου στους ιστούς ενός οργανισμού, παράγοντας καρβοξυαιμοσφαιρίνη, ένα μόριο που δεν έχει πλέον την ικανότητα δέσμευσης και μεταφοράς οξυγόνου. Έτσι, παρεμποδίζεται η μεταφορά οξυγόνου από τους πνεύμονες στους ιστούς, έχοντας σαν αποτέλεσμα τη μείωση της φυσικής και πνευματικής ικανότητας του ανθρώπου, καθώς και σοβαρές επιπτώσεις στα διάφορα λειτουργικά όργανα και κυρίως στον εγκέφαλο.

Συνεπώς, η συνεχής έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα την ξαφνική απώλεια της συνειδήσεως που συνεχιζόμενη μπορεί να προκαλέσει και το θάνατο, χωρίς ταυτόχρονα να εμφανίζονται ιδιαίτερες αναπνευστικές διαταραχές, ώστε να μην μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτό. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για μεγάλα όμως χρονικά διαστήματα έκθεσης, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση των πολιτών μιας πόλης, επηρεάζουν δυσμενώς τα άτομα με καρδιακά προβλήματα, ενώ για υψηλότερες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα μικρότερων χρονικών διαστημάτων έκθεσης, έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκέφαλοι και κόπωση. Η απορρόφηση του μονοξειδίου του άνθρακα από το σώμα αυξάνεται με τη τιμή της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στον αέρα, κατά τη διάρκεια εκθέσεως σε αυτό και τη δραστηριότητα που εκτελείται.^{[1],[4],[14-15]}

Επίπεδο COHb (%)	Εμφανιζόμενα αποτελέσματα
Λιγότερο από 1,0	Μη εμφανή αποτελέσματα
1,0 έως 2,0	Μερικές συνέπειες στη συμπεριφορά
2,0 έως 5,0	Επίδραση στο κεντρικό νευρικό σύστημα: χειροτέρευση του χρονικού διαστήματος διακρίσεως, οπτική άμβλυση και ορισμένες άλλες ψυχοσωματικές λειτουργίες
Μεγαλύτερο από 5,0	Καρδιακές λειτουργικές αλλαγές
10,0 έως 80,0	Πονοκέφαλοι, ίλιγγοι, ζαλάδες, κόμα, θάνατος

Πίνακας 2.5.1: Αποτελέσματα της COHb στην υγεία, σε διάφορα επίπεδα στο αίμα, για το μονοξείδιο του άνθρακα.^[15]

1.2.2 Όζον (O₃)

Οξειδωτικά ή συνολικά οξειδωτικά είναι δύο όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα επίπεδα των φωτοχημικών οξειδωτικών που γενικά χαρακτηρίζουν την καθαρή οξειδωτική ικανότητα του αέρα. Το όζον αποτελεί το κυριότερο φωτοχημικό οξειδωτικό και μάλιστα σε ποσοστό 90%, της συνολικής ποσότητας των οξειδωτικών. Το όζον που αποτελεί το σπουδαιότερο φωτοχημικό ρυπαντή του αέρα, όπου παράγεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα από την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια μικρές συγκεντρώσεις του αερίου κατέρχονται στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας.

Το όζον ανήκει στην κατηγορία των δευτερογενών ρύπων της ατμόσφαιρας. Προέρχεται από φωτοχημικές αντιδράσεις των πρωτογενών ρύπων, κυρίως των οξειδίων του αζώτου, των υδρογονανθράκων και των πτητικών οργανικών υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα. Το όζον έχει προκαλέσει το επιστημονικό ενδιαφέρον και βρίσκεται υπό περιβαλλοντικό έλεγχο και παρακολούθηση κυρίως σε αστικές περιοχές λόγω των επιπτώσεών στη δημόσια υγεία.

Τα συμπτώματα από την έκθεση σε υψηλά επίπεδα όζοντος περιλαμβάνουν πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, πνευμονική και ρινική συμφόρηση, ερεθισμό στα μάτια και τη μύτη. Αυτά τα συμπτώματα εμφανίζονται σε επίπεδα όζοντος ελαφρώς πάνω από το όριο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, ένα όριο που πολλές περιοχές το πλησιάζουν αρκετά. Άλλες επιπτώσεις στην υγεία που έχουν αναφερθεί είναι η αύξηση των κρουσμάτων καρδιακής δυσλειτουργίας, η μείωση της αεροβικής ικανότητας καθώς επίσης και η διαταραχή στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο συκώτι, στο αίμα και στο ενδοκρινικό σύστημα. Ομάδες υψηλού κινδύνου είναι όσοι έχουν ήδη αναπνευστικά προβλήματα ή χρόνια πνευμονική πάθηση. Υπολογίζεται ότι εκατοντάδες εκατομμύρια τέτοιοι άνθρωποι ζουν σε αστικές περιοχές όπου τα επίπεδα όζοντος είναι τουλάχιστον 25% πάνω από το επιτρεπτό όριο. [1],[12],[15-16]

Συγκέντρωση ppm	Επιπτώσεις στην υγεία
0,1	Ερεθισμός στα μάτια
0,2	Αναπνευστική δυσχέρεια και αυξημένη ευαισθησία σε οξείες αναπνευστικές μολύνσεις
0,3	Έντονος ερεθισμός στο λάρυγγα
1	Σοβαρή δυσχέρεια της αναπνοής, ενώ πολλοί άνθρωποι δε μπορούν να αντέξουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις

Πίνακας 2.5.2: Επιπτώσεις στην υγεία για διαφορετικά επίπεδα του όζοντος [15]

1.2.3 Διοξείδιο του αζώτου και οξειδία του αζώτου (NO₂ & NO_x)

Το μοριακό άζωτο (N₂) αποτελεί την πιο γνωστή μορφή του αζώτου και συναντάται ως συστατικό του καθαρού αέρα σε ποσοστό 80%, είναι όμως χημικά ευσταθής και δε συμμετέχει σε χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, στην ατμόσφαιρα έχουν καταγραφεί πολλές ενώσεις που περιέχουν το στοιχείο του αζώτου, τέτοιες ενώσεις χημικά ενεργείς είναι το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το νιτρικό οξύ (HNO₃) και τέλος η αμμωνία (NH₃). Οι αζωτούχες ενώσεις της ατμόσφαιρας προέρχονται τόσο από ανθρωπογενείς, όσο και από φυσικές πηγές.

Τα παραγόμενα οξειδία του αζώτου εξαιτίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων προέρχεται από την καύση σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα εκπέμπεται σε μικρές ποσότητες από καύσεις μαζί με το μονοξείδιο του αζώτου. Το διοξείδιο του αζώτου παράγεται επίσης από την οξειδωση του μονοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Στις φυσικές πηγές παραγωγής οξειδίων του αζώτου κατατάσσονται μικροβιακοί οργανισμοί, οι οποίοι δεσμεύουν N₂ της ατμόσφαιρας συνθέτοντας οξειδία του αζώτου και άλλες ενώσεις (π.χ. αμμωνία). Επίσης θα πρέπει να συμπεριληφθεί και ο σχηματισμός του NO₂ στα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας μέσω ιονισμού του N₂ από την κοσμική ακτινοβολία.

Τα δύο οξειδία του αζώτου που πρωτογενώς αφορούν τη ρύπανση του αέρα είναι το νιτρικό άζωτο (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), τα μόνα από τα οξειδία του αζώτου που εκπέμπονται σε αξιοσημείωτες ποσότητες στον αέρα. Αυτά συχνά αναφέρονται ως NO_x. Προσβάλλουν άμεσα την υγεία και υποβαθμίζουν το περιβάλλον, υποκινώντας παράλληλα την δημιουργία του όζοντος στην επιφάνεια της γης προκαλώντας περαιτέρω βλάβες.

Τα κριτήρια ποιότητας του αέρα υπογραμμίζουν τις σοβαρές αρνητικές επιδράσεις των οξειδίων του αζώτου (NO_x) στην υγεία. Υπάρχουν αποδείξεις για σοβαρή συμμετοχή στην εμφάνιση οξείας βρογχίτιδας σε νήπια και παιδιά προσχολικής ηλικίας. Το μονοξείδιο του αζώτου προκαλεί παράλυση και σπασμούς του νευρικού συστήματος. Το διοξείδιο του αζώτου, το πιο τοξικό οξείδιο του αζώτου, ερεθίζει τα μάτια και τους πνεύμονες προκαλώντας βλάβη στα ευαίσθητα κύτταρα που τους περιβάλλουν. Το διοξείδιο του αζώτου προκαλεί ιδιαίτερα συμπτώματα μόνο όταν συναντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Η παρατεταμένη έκθεση σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί ευαισθησία του αναπνευστικού συστήματος και μόνιμες αλλοιώσεις των πνευμόνων. Ο σημαντικός κίνδυνος εμφανίζεται περίπου 5 με 72 ώρες αργότερα, όταν είναι σε εξέλιξη η φλεγμονή που μπορεί να οδηγήσει σε πνευματικό οίδημα, αλλά ακόμη και στο θάνατο. Οι συγκεντρώσεις στον περιβάλλοντα αέρα εξαιρετικά σπάνια φτάνουν σε εκείνα τα όρια ώστε να προκληθούν τέτοια ακραία αποτελέσματα, όμως η έκθεση σε τέτοιες τιμές πραγματοποιείται σε μερικά επαγγέλματα. [1],[5],[12],[16-17]

Συγκέντρωση ppm	Επιπτώσεις
1.6 (έκθεση 3 λεπτών)	Αύξηση της αντίστασης εναέριων οδών στη χρόνια βρογχίτιδα
0.5 (έκθεση 2 ωρών)	Συμπτώματα σε ασθματικούς (ρινική απαλλαγή, πονοκέφαλοι, ζαλάδες, δυσκολία στην αναπνοή)
0.15 - 0.30 (συχνή έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις)	Λοιμώξεις σε μικρά παιδιά

Πίνακας 2.5.3: Επιπτώσεις στην υγεία για διαφορετικά επίπεδα οξειδίων του αζώτου [16]

1.2.4 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου είναι ένα αέριο άχρωμο, άοσμο σε μικρές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Είναι ένας από τους χαρακτηριστικούς ρύπους που εμφανίζονται σε αστικές περιοχές. Οι κυριότερες μορφές του θείου στην ατμόσφαιρα είναι το διοξείδιο του θείου, το τριοξείδιο του θείου, το θειικό οξύ και το υδρόθειο που οφείλονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Οι κυριότερες φυσικές πηγές παραγωγής θειούχων ενώσεων είναι τα ηφαίστεια, οι ωκεανοί και η αποσύνθεση οργανικών ενώσεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θειούχων ενώσεων (>90%) εκπέμπεται από ανθρωπογενείς πηγές και είναι το διοξείδιο του θείου.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου είναι ικανές να προκαλέσουν συμπτώματα όπως η προσωρινή δυσκολία αναπνοής ασθματικών παιδιών και ενηλίκων που ενεργούν στην ύπαιθρο. Η έκθεση μικρής διάρκειας, ατόμων που πάσχουν από άσθμα, σε υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης διοξειδίου του θείου (SO₂), και εφόσον βρίσκονται σε μέτρια δραστηριότητα, μπορεί να προκαλέσει μειωμένη λειτουργία των πνευμόνων πιθανά συνοδευόμενη από συμπτώματα όπως δύσπνοια, πόνος στο στήθος ή λαχάνιασμα. Άλλες συνέπειες που έχουν συνδυασθεί με παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου, σε συνδυασμό με υψηλά ποσοστά αιωρούμενων σωματιδίων (PM), περιλαμβάνουν αναπνευστικές παθήσεις, μεταβολές στην άμυνα των πνευμόνων και επιδείνωση υπαρχόντων καρδιαγγειακών παθήσεων. Άτομα με καρδιαγγειακές παθήσεις ή χρόνιες παθήσεις πνευμόνων, καθώς επίσης παιδιά και ηλικιωμένοι, αποτελούν ομάδες αυξημένου κινδύνου υπό τις άνωθεν προγραφείσες συνθήκες. Συγκεκριμένα συχνότητες θανάτου έχουν συσχετιστεί με επίπεδα συγκέντρωσης διοξειδίου του θείου και σωματιδίων. Η ομίχλη παρακινεί την μετατροπή του διοξειδίου του θείου σε όξινα θειικά αερολύματα, τα οποία όπως και τα σωματίδια εισπνέονται βαθύτερα και είναι πιο επικίνδυνα από το αέριο διοξείδιο του θείου, η παρουσία καπνού και ομίχλης αυξάνει τη θνησιμότητα. Οι επιπτώσεις στην υγεία λόγω της έκθεσης σε διοξείδιο του θείου φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα. [5],[16-18]

Συγκέντρωση ppm	Επιπτώσεις στην υγεία
1- 2	Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς
0,6 - 0,75	Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς σε μέτρια άσκηση
0,4 - 0,6	Αλλαγές στις λειτουργίες των πνευμόνων σε ασθματικούς με μέτρια άσκηση έως έντονη άσκηση
0,1 - 0,3	Χωρίς επιπτώσεις σε ασθματικούς σε μέτρια άσκηση και ασήμαντες επιπτώσεις σε μη ασθματικούς σε μέτρια άσκηση

Πίνακας 2.5.4: Επιπτώσεις στην υγεία για διαφορετικά επίπεδα διοξειδίου του θείου ^[16]

1.2.5 Αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀ & PM_{2,5})

Ο όρος αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιείται για να περιγράψει διάφορες ουσίες που υπάρχουν στον ατμοσφαιρικό αέρα σαν διακριτά σωματίδια άλλοτε σε υγρή και άλλοτε σε στερεή μορφή και έχουν διαμέτρους που κυμαίνονται από 2.5 έως 10 μm.. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τους πιο επικίνδυνους αέριους ρύπους διότι περιέχουν καρκινογόνους ουσίες όπως ο αμιάντος και ο καπνός και παράλληλα επιδεινώνουν τις βλαβερές συνέπειες άλλων αέριων ρύπων (όπως το διοξειδίου του θείου). Τα σωματίδια είναι συνδυασμοί πολλών μορίων, μερικές φορές παρόμοιων, άλλες φορές διαφορετικών μεταξύ τους. Περιλαμβάνουν ιόντα, συμπλέγματα μορίων, κρυστάλλους πάγου, σκόνη, σωματίδια καπνού, σταγόνες βροχής, γύρη κ.λπ..

Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να συμμετέχουν σε φυσικοχημικές μεταβολές στην ατμόσφαιρα που περιλαμβάνουν αλλαγές στη χημική τους σύσταση, στο μέγεθός τους και να συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις. Μερικά σωματίδια αντιδρούν χημικά με αέρια της ατμόσφαιρας ή ατμούς και σχηματίζουν νέες εναποθέσεις. Όταν δύο σωματίδια συγκρούονται μεταξύ τους στον αέρα τείνουν να συγκολληθούν εξαιτίας ελκτικών δυνάμεων, δημιουργώντας έτσι σταδιακά όλο και μεγαλύτερα συσσωματώματα, που αυξάνουν την πιθανότητα για βαρυτικού τύπου εναπόθεσής τους στο έδαφος λόγω της αύξησης του βάρους τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι σωματιδιακοί ρύποι περιλαμβάνουν διάφορες τοξικές ενώσεις, με αποτέλεσμα τα αιωρούμενα σωματίδια να αποτελούν μέσο μεταφοράς βαρέων μετάλλων και τοξικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Ο χρόνος ζωής των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα μεταβάλλεται μεταξύ λίγων ημερών (για σωματίδια μεγάλου μεγέθους) και ολίγων εβδομάδων (για σωματίδια μικρού μεγέθους).

Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μεταξύ 2.5 - 10.0 μm, χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκα σωματίδια, PM 2,5 – 10, και έχουν διάφορες πηγές προέλευσης.

Οι κυριότερες πηγές προέλευσης των σωματιδίων είναι:

- Τα αιωρήματα εδαφικής προέλευσης. Οι πηγές αυτών είναι οι ακάλυπτες από βλάστηση περιοχές.

- Μικροκρυσταλλικές μορφές αλάτων της θάλασσας από την εξάτμιση του νερού των θαλάσσιων σταγόνων της ατμόσφαιρας πάνω από θάλασσες και ωκεανούς. Το μέγεθός τους είναι 1-10 μm .
- Οργανικά αιωρήματα (γύρη, μικρόβια κ.α.) με διαμέτρους από 10^{-5} - 10^{-2} cm.
- Καπνοί και στάχτη (τέφρα) που είναι σωματίδια αεροζόλ και προέρχονται από καύσεις στη φύση ή από τον άνθρωπο.
- Σωματίδια από ανθρώπινες δραστηριότητες. Στην κατηγορία αυτή μπαίνουν πολλά διαφορετικού τύπου σωματίδια. Εκτός από τα σωματίδια που προέρχονται από καύσεις, άλλες χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι τα σωματίδια του αμιάντου, ενώσεις του μόλυβδου που εκλύονται από μη καταλυτικά αυτοκίνητα.



Σχήμα 2.2.5: πηγές εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια βέβαια δεν είναι ένας ενιαίος ρύπος, αλλά μάλλον είναι ένα μίγμα πολλών ρύπων. Μακροπρόθεσμα, η έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να προκαλέσει ζημιά στους πνευμονικούς ιστούς οδηγώντας σε χρόνια αναπνευστική πάθηση, καρκίνο, πρόωγη ασθένεια και θάνατο. Σε υψηλές συγκεντρώσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια, προξενούν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων, ιδιαίτερα σ' εκείνους που είναι ευαίσθητοι και με προϋπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα, προκαλώντας μικρές αλλά σημαντικές αλλαγές στη λειτουργία των πνευμόνων σε μικρά παιδιά, που μπορεί να φτάσουν ακόμη και σε αιφνίδιο θάνατο για ηλικιωμένους με προβλήματα στην καρδιά και στους πνεύμονες. Προβλήματα μπορεί να εμφανιστούν σε ασθματικούς και σε ανθρώπους με αλλεργίες ειδικά στα θειικά σωματίδια. Στα σημερινά επίπεδα συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων, η ποικιλία και η συχνότητα των συμπτωμάτων αυξάνουν με την αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων. Τα παιδιά που ζουν σε περιοχές με υψηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων εμφανίζουν συχνότερα κρυολογήματα, βήχα και άλλα συμπτώματα που δεν εμφανίζουν παιδιά που ζουν σε περιοχές με μικρότερη ρύπανση. Συνοπτικά, η φύση και η έκταση της ασθένειας που αναπτύσσεται συνδέεται με τη φύση των αιωρούμενων σωματιδίων, με τη συγκέντρωση αυτών και την παρουσία άλλων ρυπαντών καθώς και από το χρόνο εκθέσεως σ' αυτά. [1],[5],[12],[15-18]

1.2.6 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος, που αιωρείται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή λεπτότατων σωματιδίων προέρχεται από την καύση βενζίνης στους κινητήρες αυτοκινήτων και από τις βιομηχανίες όπου γίνεται η παραγωγή του ή χρησιμοποιείται για την παρασκευή κραμάτων, χρωμάτων, συσσωρευτών κ.α. Σε αντίθεση με άλλους ρύπους οι οποίοι προσλαμβάνονται από την έκθεση σε μολυσμένο αέρα, ο μόλυβδος είναι τοξική ουσία που συσσωρεύεται στον ανθρώπινο οργανισμό και εισέρχεται μέσω της αναπνευστικής διόδου αλλά και της πεπτικής οδού.

Οι συγκεντρώσεις που υπάρχουν σε μία αστική περιοχή δε δημιουργούν κλινικά συμπτώματα, αλλά έπειτα από χρόνια έκθεση σε χαμηλές συγκεντρώσεις τότε δημιουργείται συσσώρευση αλλοιώσεων και όταν φανούν τα πρώτα συμπτώματα τότε η δράση έχει προχωρήσει σε σοβαρό βαθμό. Οι κύριοι στόχοι του μόλυβδου είναι το κεντρικό νευρικό σύστημα και το αιμοποιητικό. Ο ατμοσφαιρικός αέρας με περιεκτικότητα σε μόλυβδο της τάξεως του $0,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ είναι επικίνδυνος για κάθε οργανισμό που τον εισπνέει.

Ο μόλυβδος από τη στιγμή που θα έρθει σε επαφή με τον άνθρωπο και σε υψηλά ποσοστά συγκέντρωσης, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στη λειτουργία των νεφρών, βλάβη σε πνεύμονες και μόνιμα αναπνευστικά προβλήματα, καθώς και καρκινογενέσεις. Επίσης η παρουσία του μόλυβδου, μπορεί να προκαλέσει αλλαγή της σύστασης του αίματος. [1],[5],[17]

1.2.7 Υδρογονάνθρακες (H/Cs)

Υδρογονάνθρακες είναι οι οργανικές ενώσεις που περιέχουν μόνο άνθρακα και υδρογόνο. Στην ατμόσφαιρα ιδιαίτερα των κατοικημένων περιοχών έχουν ανιχνευθεί υδρογονάνθρακες. Κυκλικοί, αρωματικοί υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, κετόνες και άλλες οργανικές ενώσεις χαρακτηρίζονται από περιβαλλοντική άποψη ολικοί υδρογονάνθρακες (TOC) ή απλώς υδρογονάνθρακες (HC). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι υδρογονάνθρακες που εκλύονται στα μεγάλα αστικά κέντρα (π.χ. καυσαέρια αυτοκινήτων) γιατί συμμετέχουν στη δημιουργία της φωτοχημικής καπνομίχλης και στις διάφορες αντιδράσεις παραγωγής των δευτερογενών ρύπων. Τα περισσότερα συστατικά της βενζίνης και των άλλων πετρελαϊκών υλικών είναι υδρογονάνθρακες που διαιρούνται σε δύο κυρίως κατηγορίες, τους αλειφατικούς και τους αρωματικούς.

Οι πηγές εκπομπής υδρογονανθράκων είναι ποικίλες, συμμετοχή έχουν οι φυσικές πηγές αλλά και οι ανθρωπογενείς. Ορισμένες ανθρωπογενείς πηγές είναι οι καύσεις (πετρελαίου, λιγνίτη, κ.α.), οι εξατμίσεις πετρελαιοειδών και οργανικών διαλυτών, τα αερόλυμα πετροχημικών βιομηχανιών. Όσο αφορά την ανθρώπινη υγεία οι υδρογονάνθρακες και κυρίως οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι ιδιαίτερα καρκινογόνοι και για το λόγο αυτό αντιμετωπίζονται με σοβαρότητα ως ατμοσφαιρικοί ρύποι. [1],[15],[17]

1.2.8 Μεθάνιο (CH₄)

Το μεθάνιο αποτελεί τον απλούστερο και ελαφρύτερο υδρογονάνθρακα, με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι εκπομπές μεθανίου στην ατμόσφαιρα από ανθρωπογενείς πηγές ξεπερνούν κατά πολύ τις εκπομπές του από φυσικές πηγές και μάλιστα ένα μεγάλο ποσοστό προέρχεται από τη διαχείριση ορυκτών καυσίμων. Η κατάσταση αυτή έχει δημιουργήσει μια ανησυχητικά αυξητική τάση της συγκέντρωσης του μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Το μεθάνιο δεν είναι άμεσα τοξικό, συμμετέχει ωστόσο σε αντιδράσεις της ατμόσφαιρας για παραγωγή δευτερογενών ρύπων, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό από ότι οι άλλοι υδρογονάνθρακες. Βέβαια αποτελεί ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου και ως εκ τούτου η επίδραση του ως ρύπος είναι σημαντική μεν αλλά περισσότερο έμμεση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μεθάνιο είναι 20 έως 30 φορές περισσότερο αποτελεσματικό σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα στην απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη Γη. [1],[12]

1.2.9 Πτητικές ασταθείς οργανικές ενώσεις (VOCs)

Δεδομένου ότι το μεθάνιο δε συμμετέχει σε φωτοχημικές αντιδράσεις, έχει καθιερωθεί ένας διαχωρισμός των οργανικών ενώσεων της ατμόσφαιρας σε δύο κατηγορίες:

- στο μεθάνιο και
- σε όλες τις υπόλοιπες οργανικές ενώσεις, τις οποίες συνηθίζουμε να ονομάζουμε ως πτητικές οργανικές ενώσεις.

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις μεταφέρονται μέσω της ατμόσφαιρας σε μεγάλες αποστάσεις και ως πρόδρομες ενώσεις του όζοντος αντιπροσωπεύουν μία από τις κύριες πηγές διαμεθοριακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα VOCs ελευθερώνονται από τα αυτοκίνητα, τους σταθμούς αερίου, τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα στεγνοκαθαριστήρια, τα καταστήματα χρωμάτων, τις χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου και άλλες επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν διαλύτες.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.5.2 τα συμπτώματα από την έκθεση σε υψηλά επίπεδα φωτοχημικών διεργασιών περιλαμβάνουν συμπτώματα όπως πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, πνευμονική και ρινική συμφόρηση, ερεθισμό στα μάτια και τη μύτη. Επίσης άλλες επιπτώσεις στην υγεία που προκύπτουν είναι η αύξηση των κρουσμάτων καρδιακής δυσλειτουργίας, η μείωση της αεροβικής ικανότητας καθώς επίσης και η διαταραχή στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο συκώτι, στο αίμα και στο ενδοκρινικό σύστημα. [1],[12],[15-16]

1.2.10 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί ένα αέριο συστατικό της ατμόσφαιρας του οποίου η περιεκτικότητα μεταβάλλεται χρονικά και τοπικά. Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα:

- από τις βιολογικές διεργασίες της αναπνοής και του μεταβολισμού της οργανικής ύλης των ζώντων οργανισμών τόσο της ξηράς όσο και της θάλασσας,
- από τη αποσύνθεση των οργανικών στοιχείων μέσα στο έδαφος,
- από τις καύσεις της οργανικής ύλης (άνθρακας, πετρέλαιο, ξύλα, υγραέριο κ.α.),
- από φυσικές πηγές (εκρήξεις ηφαιστείων, αέρια των θερμοπηγών, διάβρωση των ανθρακικών πετρωμάτων κ.α.).

Διοξείδιο του άνθρακα δε μπορεί να χαρακτηριστεί τοξικό και επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, αποτελεί όμως ένα μόριο που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα σε τεράστιες ποσότητες ως αποτέλεσμα της τεχνολογικής εξέλιξης της ανθρωπότητας και των αναγκών της σε ενέργεια. Βέβαια επιβαρύνει κατά μία έννοια την ατμόσφαιρα δεδομένου ότι παράγεται έπειτα από καύσεις που έχουν καταναλώσει οξυγόνο και επιπλέον είναι συνδεδεμένο με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. ^{[1],[12],[17]}

1.3 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Οι περιβαλλοντικές πολιτικές που έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς από την Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην αποκατάσταση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Ωστόσο, σημαντικές εξακολουθούν να παραμένουν οι προκλήσεις σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση και οι οποίες, πρέπει αντιμετωπιστούν άμεσα, ώστε να μην υπάρξουν επιβλαβείς επιπτώσεις για το περιβάλλον. Τα κατορθώματα των τελευταίων ετών είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτα, αν συγκριθούν με τις σημαντικές μεταβολές που έχει υποστεί όχι μόνο το ευρωπαϊκό αλλά και το παγκόσμιο περιβάλλον τις περασμένες δεκαετίες. Σήμερα, με τη ραγδαία ανάπτυξη της οικονομίας και της τεχνολογίας θα είχαν προκληθεί πολύ σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία αν η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν είχε επέμβει άμεσα με πολύ καλά οργανωμένες, σχεδιασμένες, δεσμευτικές πολιτικές στρατηγικές, ικανές να αποδώσουν και να εξασφαλίσουν σημαντικά οφέλη κυρίως για το περιβάλλον.

Εξαιτίας λοιπόν μίας σειράς επιτυχημένων πολιτικών σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο σημειώθηκε ελαχιστοποίηση ορισμένων προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης το τελευταίο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, οι εκπομπές διοξειδίου του θείου (αιτία της όξινης βροχής) μειώθηκαν πάνω από 80%. Πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει πραγματοποιήσει αρκετές επιτυχίες στο κομμάτι αυτό, απέχει αρκετά από τον μακροπρόθεσμο στόχο που η ίδια έχει θέσει και αφορά τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα σε τέτοιο επίπεδο ώστε να εκλείψουν οι σημαντικότερες επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Παράδειγμα αποτελεί η έκθεση για το 2010, όπου οι εκτιμήσεις αναφέρουν ότι συνολικά 400.000 άτομα σε ευρωπαϊκό έδαφος έχασαν τη ζωή τους από πρόωρο θάνατο λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και σχεδόν τα δύο τρίτα της χερσαίας επιφάνειας της Ευρωπαϊκής Ένωση εκτέθηκαν σε υπερβολικές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν έχουν κόστος μόνο στην υγεία αλλά και ένα τεράστιο οικονομικό κόστος, που εκτιμάται σε 330-940 δισ. ευρώ (3-9 % του ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης). Το υψηλό λοιπόν οικονομικό κόστος αποτελεί ίσως και έναν από τους κυριότερους λόγους για τους οποίους η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχωρά σε αναθεωρημένες πολιτικές της και τη λήψη νέων μέτρων για τη διασφάλιση της ποιότητας του αέρα. Σύμφωνα με την καινούργια στρατηγική, θα εφαρμόζονται αυστηρότερα μέτρα και θα οριστούν εξαρχής νέοι στόχοι για την προστασία της υγείας των Ευρωπαίων πολιτών και του περιβάλλοντος. Η νέα ευρωπαϊκή πολιτική θα είναι επιπλέον, άμεσα συνδεδεμένη με διεθνείς πολιτικές αποφάσεις και υπολογίζεται ότι θα προβάλλει την ανάγκη κάθε κοινωνίας για την παραγωγή καθαρότερων προϊόντων, διαδικασιών και υπηρεσιών.

Ο μακροπρόθεσμος στόχος που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η επίτευξη επιπέδων ποιότητας αέρα ώστε να μην καταγράφονται σοβαρές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία και να μην εγκυμονούν κίνδυνοι για το περιβάλλον. Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της νομοθεσίας που έχει ορίσει, της συνεργασίας με τομείς που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση, τις περιφερειακές αρχές (διεθνείς και εθνικές) και με μη κυβερνητικές οργανώσεις, στοχεύει στην αποτελεσματική μείωση της έκθεσης των πολιτών της στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί πλέον σοβαρό πρόβλημα για κάθε χώρα που δεν περιορίζεται μόνο εντός των εθνικών συνόρων. Επομένως, οι εθνικές κυβερνήσεις οφείλουν να πραγματοποιούν ενέργειες για τη μείωση της ρύπανσης και να είναι συνεργάσιμες τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και διεθνές. Κατά συνέπεια, η Ευρωπαϊκή Ένωση και πολλές ευρωπαϊκές χώρες χαράσσουν από κοινού ολόένα και περισσότερες πολιτικές που επικεντρώνονται στη βελτίωση του περιβάλλοντος και του κλίματος για διαφορετικές χρονικές βαθμίδες.

Αυτές οι πολιτικές περιλαμβάνουν:

- συγκεκριμένες περιβαλλοντικές πολιτικές, με δικά τους χρονοδιαγράμματα και προθεσμίες εφαρμογής, υποβολής εκθέσεων και αναθεώρησης, που συχνά περιλαμβάνουν πιο βραχυπρόθεσμους στόχους
- θεματικές περιβαλλοντικές και τομεακές πολιτικές, που διαμορφώνονται μέσα από το πρίσμα πιο διεξοδικών πολιτικών και συμπεριλαμβάνουν συγκεκριμένους μεσοπρόθεσμους στόχους με ορίζοντα το 2020 ή 2030,
- μακροπρόθεσμα οράματα και στόχους, κατά κύριο λόγο υπό το πρίσμα μιας κοινωνικής μετάβασης με ορίζοντα το 2050.

Οι πολιτικές λοιπόν, που τίθενται από την Ευρωπαϊκή Ένωση αποβλέπουν στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα και στη μείωση της έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς

ρύπους με μεθόδους όπως: η μείωση των εκπομπών και ο καθορισμός των ορίων των συγκεντρώσεων του κάθε ρύπου. Τα νέα μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εγκρίθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Πιο συγκεκριμένα η νέα στρατηγική για την ποιότητα του αέρα σκιαγραφεί κινήσεις, οι οποίες:

- αποβλέπουν στην πλήρη συμμόρφωση ως προς την ισχύουσα νομοθεσία για την για τη μείωση της ρύπανσης του αέρα, το αργότερο μέχρι το 2020,
- κατευθύνουν σε αξιοσημείωτες μειώσεις μέχρι το 2030, επιτυγχάνοντας τον μακροπρόθεσμο στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για βελτίωση της ποιότητας του αέρα παντού. Για την ισχύ της νέας στρατηγικής, προτείνεται μια αναθεωρημένη οδηγία που περιορίζει τις εκπομπές των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων, προτείνοντας καινούργια όρια για το 2020 και το 2030.

Επομένως, τα οφέλη που θα προκύψουν από τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα θα ευνοήσουν τόσο τους Ευρωπαίους πολίτες όσο και τη βιομηχανία, δεδομένου ότι η εφαρμογή των νέων βελτιωτικών κινήσεων για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα δώσουν ώθηση στην καινοτομία των πράσινων τεχνολογιών σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί παγκόσμια ανησυχία, και η ανάγκη για προϊόντα και μεθόδους παραγωγής χαμηλών εκπομπών και πράσινων μορφών ενέργειας κρίνεται επιτακτική. Οι δημόσιες αρχές θα ωφεληθούν επίσης, καθώς η νέα πολιτική θα τις βοηθήσει να επιτύχουν τα ισχύοντα πρότυπα για την ατμοσφαιρική ρύπανση. ^{[3],[5-8],[10-11]}

1.3.1 Οδηγία 2008/50/EC

Συνοπτικά, η οδηγία 2008/50/ΕΚ που έχει συνταχθεί από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, την 21η Μαΐου 2008, διατυπώνει τους στόχους που έχουν τεθεί για τη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Οι στόχοι αυτοί να θεωρηθούν αρκετά μεγαλεπήβολοι και οικονομικώς δικαιολογημένοι, στοχεύοντας στη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο (έως το 2020). Επιπλέον, αναφέρει μεθόδους για την αξιολόγηση και την εφαρμογή νέων διορθωτικών μέτρων σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με τα πρότυπα, ενώ προβλέπει και την ενημέρωση των πολιτών.

Η οδηγία για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην Ευρώπη [Οδηγία 2008/50, τροπ. τελευταία από οδηγία 2015/1480] ορίζει μέτρα που στοχεύουν:

- στον προσδιορισμό και καθορισμό των στόχων για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο σύνολο του περιβάλλοντος,
- στην εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στα κράτη μέλη βάσει κοινών μεθόδων και κριτηρίων

- τη συγκέντρωση πληροφοριών όσον αφορά την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να διευκολυνθεί η καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των οχλήσεων καθώς και η παρακολούθηση των μακροπρόθεσμων τάσεων και βελτιώσεων που προκύπτουν από τα εθνικά και ευρωπαϊκά μέτρα
- την εξασφάλιση της διάθεσης αυτών των πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα του αέρα στο κοινό
- τη διατήρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, όταν είναι καλή, και τη βελτίωσή της στις άλλες περιπτώσεις και
- την προαγωγή μεγαλύτερης συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών σε ό,τι αφορά τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. ^{[5-6],[8]}

1.3.2 Ορισμοί

Σύμφωνα με την οδηγία 2008/50/EK ορίζονται οι παρακάτω έννοιες:

- **ατμοσφαιρικός αέρας**: ο αέρας της τροπόσφαιρας στους εξωτερικούς χώρους, εξαιρουμένου του αέρα στους χώρους εργασίας όπως ορίζονται στην οδηγία 89/654/ΕΟΚ, για τους οποίους ισχύουν οι διατάξεις για την υγεία και την ασφάλεια στους χώρους εργασίας και στους οποίους δεν έχει συχνά πρόσβαση το κοινό.
- **ρύπος**: οιαδήποτε ουσία εμφανίζεται στον ατμοσφαιρικό αέρα και ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και/ή στο περιβάλλον στο σύνολό του.
- **επίπεδο**: η συγκέντρωση ενός ρύπου στον ατμοσφαιρικό αέρα ή η εναπόθεσή του σε μια επιφάνεια σε δεδομένη χρονική στιγμή.
- **εκτίμηση**: οιαδήποτε μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση, τον υπολογισμό, την πρόβλεψη ή την κατά προσέγγιση εκτίμηση επιπέδων.
- **οριακή τιμή**: επίπεδο καθοριζόμενο βάσει επιστημονικών γνώσεων, με σκοπό να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και/ή στο σύνολο του περιβάλλοντος, το οποίο πρέπει να επιτευχθεί εντός δεδομένης προθεσμίας χωρίς εν συνεχεία υπερβάσεις.
- **κρίσιμο επίπεδο**: επίπεδο καθοριζόμενο βάσει επιστημονικών γνώσεων, η υπέρβαση του οποίου ενδέχεται να συνεπάγεται άμεσες αρνητικές επιπτώσεις για ορισμένους υποδοχείς όπως τα δένδρα, άλλα φυτά ή τα φυσικά οικοσυστήματα, όχι όμως και για τον άνθρωπο.
- **περιθώριο ανοχής**: το ποσοστό της οριακής τιμής κατά το οποίο επιτρέπεται να γίνεται υπέρβασή της σύμφωνα με τους όρους της παρούσας οδηγίας.
- **τιμή στόχος**: επίπεδο καθοριζόμενο με σκοπό να αποφεύγονται, να προλαμβάνονται ή να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και/ή στο σύνολο του περιβάλλοντος, που επιτυγχάνεται κατά το δυνατόν εντός δεδομένης χρονικής περιόδου.

- **όριο συναγερμού**: το επίπεδο πέραν του οποίου υπάρχει κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία του πληθυσμού εν γένει ύστερα από σύντομη έκθεση και κατά τη διαπίστωση του οποίου τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν άμεσα μέτρα.
- **όριο ενημέρωσης**: το επίπεδο πέραν του οποίου η βραχύχρονη έκθεση εγκυμονεί, για ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού, κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία με αποτέλεσμα να καθίσταται απαραίτητη η άμεση και κατάλληλη πληροφόρηση.
- **ανώτερο όριο εκτίμησης**: το επίπεδο κάτω από το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται συνδυασμός σταθερών μετρήσεων και τεχνικών προσομοίωσης ή/και ενδεικτικών μετρήσεων για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.
- **κατώτερο όριο εκτίμησης**: το επίπεδο κάτω από το οποίο μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο τεχνικές προσομοίωσης ή αντικειμενικής εκτίμησης για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.
- **σχέδια για την ποιότητα του αέρα**: τα σχέδια που ορίζουν μέτρα για την επίτευξη των οριακών τιμών ή των τιμών στόχων.
- **μακροπρόθεσμος στόχος**: επίπεδο που πρέπει να επιτευχθεί μακροπρόθεσμα, εκτός εάν αυτό είναι ανέφικτο με ανάλογα μέτρα, για να εξασφαλισθεί η αποτελεσματική προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος.
- **συμβολή από φυσικές πηγές**: εκπομπές ρύπων που δεν οφείλονται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, περιλαμβανομένων φυσικών φαινομένων όπως οι εκρήξεις ηφαιστείων, η σεισμική δραστηριότητα, οι γεωθερμικές δραστηριότητες, οι πυρκαγιές φυσικών εκτάσεων, οι περιπτώσεις ισχυρών ανέμων, τα σταγονίδια θαλάσσιου ύδατος ή η επαναιώρηση ή η μεταφορά με τον ατμοσφαιρικό αέρα φυσικών σωματιδίων από ξηρές περιοχές.
- **Οικισμός**: ζώνη αστικού χαρακτήρα της οποίας ο πληθυσμός υπερβαίνει τους 250 000 κατοίκους ή, όταν ο πληθυσμός είναι μικρότερος ή ίσος των 250 000 κατοίκων, με συγκεκριμένη πληθυσμιακή πυκνότητα ανά km² που καθορίζεται από τα κράτη μέλη. ^[8]

1.3.2.1 Πίνακες οριακών τιμών βάση της οδηγίας 2008/50/EK

ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ 8 ΩΡΩΝ
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (7 mg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της οριακής τιμής (5 mg/m ³)

Πίνακας 2.3.2.1: Οριακές τιμές για το μονοξείδιο του άνθρακα. ^[8]

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ		
	ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ	ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	80% του κρίσιμου επιπέδου (32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	65% του κρίσιμου επιπέδου (19,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Πίνακας 2.3.2.2: Οριακές τιμές για το διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου.

ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ PM_{10} & $\text{PM}_{2,5}$			
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ 24 ΩΡΩΝ PM_{10}	ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΡΟΣ PM_{10}	ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΡΟΣ $\text{PM}_{2,5}$ (*)
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	70% της οριακής τιμής (28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	70% της οριακής τιμής (17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	50% της οριακής τιμής (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50% της οριακής τιμής (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
(*) το ανώτερο όριο εκτίμησης και το κατώτερο όριο εκτίμησης για τα $\text{PM}_{2,5}$ δεν ισχύουν για τις μετρήσεις για την εκτίμηση της συμμόρφωσης προς το στόχο μείωσης της έκθεσης σε σωματίδια $\text{PM}_{2,5}$ που αποσκοπεί στην προστασία της ανθρώπινης υγείας.			

Πίνακας 2.3.2.3: Οριακές τιμές για τα σωματίδια PM_{10} και $\text{PM}_{2,5}$.^[8]

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ	
	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
Ανώτερο όριο εκτίμησης	60% της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40% της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)

Πίνακας 2.3.2.4: Οριακές τιμές για το διοξείδιο του θείου.^[8]

ΜΟΛΥΒΔΟΣ	
	ΕΤΗΣΙΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (0,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της οριακής τιμής (0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Πίνακας 2.3.2.5: Οριακές τιμές για το μόλυβδο.^[8]

BENZOΛΙΟ	
	ΕΤΗΣΙΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40% της οριακής τιμής (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Πίνακας 2.3.2.6: Οριακές τιμές για το βενζόλιο.^[8]

1.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (ΕΟΠ)

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) έχει ως στόχο την επίτευξη βελτιωτικών και πραγματοποιήσιμων δραστηριοτήτων για την προστασία του οικοσυστήματος στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Παρέχοντας πληροφορίες και πραγματοποιώντας δραστηριότητες για τη βελτίωση της ατμοσφαιρικής

ρύπανσης ο ΕΟΠ επιθυμεί να γίνει ο φορέας περιβαλλοντικής ενημέρωσης των πολιτών. Τα τελευταία έτη ο οργανισμός προσπαθεί μέσα από τη χάραξη πολιτικών να δημιουργήσει μια βιώσιμη κοινωνία και να συνεισφέρει στην ανταλλαγή και την ανάπτυξη γνώσεων και ικανοτήτων εντός Ευρωπαϊκής ζώνης.

Επομένως, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος και η Ευρωπαϊκή Ένωση συνεργάζονται για τη δημιουργία νέων μέτρων στοχεύοντας στη μείωση των εκπομπών των ατμοσφαιρικών ρύπων, με τον πρώτο να είναι σε θέση να παρέχει την απαιτούμενη πληροφόρηση στους πολιτικούς φορείς, αποτελώντας το κέντρο καταγραφής όλων των δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ο ΕΟΠ έχει δημιουργήσει μία εφαρμογή καταγραφής όλων των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με τις εκπομπές των ρύπων στην ατμόσφαιρα και την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, εκτός της συνεργασίας του με τη Ευρωπαϊκή Ένωση, συναλλάσσεται και με άλλους φορείς, όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης και όσες χώρες είναι μέλη του. Επίσης, συχνά συνεργάζεται με διάφορες ομάδες συμφερόντων που συμμετέχουν και παρουσιάζουν προτάσεις πολιτικής χάραξης, όπως μη κυβερνητικές οργανώσεις (ΜΚΟ), επιστημονικές και ακαδημαϊκές κοινότητες. Όπως ήδη έχει αναφερθεί ο οργανισμός επιχειρεί να γίνει ο φορέας ενημέρωσης για κάθε πολίτη αλλά και για τις προαναφερθείσες ομάδες, προάγοντας το διάλογο και διασφαλίζοντας κατανοητές και αξιόπιστες πληροφορίες.

Ολοκληρώνοντας, το έργο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος προσανατολίζεται στην αξιολόγηση των νέων πολιτικών ενεργειών και μέτρων για τη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, που θεσπίζονται και εφαρμόζονται εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης. Παρέχει λοιπόν έγκυρες και αξιόπιστες πληροφορίες, για το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη μορφή εκθέσεων, σύντομων ενημερώσεων και άρθρων για την ενημέρωση του κοινού. Το υλικό αυτό αναφέρει την κατάσταση του περιβάλλοντος, την πορεία του φαινομένου και των επιπτώσεών του, την αποτελεσματικότητα των εφαρμοζόμενων πολιτικών και τον προσδιορισμό των πιθανών μελλοντικών στρατηγικών. ^{[5],[9]}

1.4.1 Οι δραστηριότητες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος

Οι βασικές δραστηριότητες και τα βασικά προϊόντα του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος περιλαμβάνουν:

- διάθεση των δεδομένων που υποβάλλονται από τις ευρωπαϊκές χώρες στο πλαίσιο της υποχρέωσης υποβολής εκθέσεων δυνάμει της διεθνούς και ευρωπαϊκής νομοθεσίας,
- ετήσιες εκθέσεις που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα πιο πρόσφατα δεδομένα που υποβάλλονται από τα κράτη μέλη δυνάμει της οδηγίας για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών. Τα δεδομένα διατίθενται μέσω του συστήματος απεικόνισης δεδομένων του ΕΟΠ για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων (οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών),
- κατάρτιση της ετήσιας απογραφής των εκπομπών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας που προβλέπεται στη σύμβαση για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση και υποστήριξη της έκθεσης απογραφής. Τα δεδομένα διατίθενται μέσω του συστήματος απεικόνισης δεδομένων του ΕΟΠ για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων (σύμβαση για τη διαμεθοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση),

- μια διαδικασία επισκόπησης της απογραφής των εκπομπών, από κοινού με το Κέντρο για τις απογραφές και προβλέψεις εκπομπών UNECE/EMEP, το οποίο αξιολογεί την ποιότητα των εθνικών απογραφών εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων, τακτικές ενημερώσεις του οδηγού απογραφής εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων EMEP/ΕΟΠ, που προσφέρει μεθοδολογικές οδηγίες για τους συντάκτες των εθνικών απογραφών και τους ερευνητές που ενδιαφέρονται για τον υπολογισμό των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων. [5],[9]

1.5 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΛΑΡΙΣΑΣ

Η επιβάρυνση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος έκτος από τα μεγάλα αστικά κέντρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό και την ευρύτερη περιοχή της Λάρισας. Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη της Λάρισας προκαλείται κατά κύριο λόγο από ανθρωπογενής φύσεως δραστηριότητες, όπως αστικές, βιομηχανικές και παραγωγικές (γεωργία, κτηνοτροφία, αλιεία, τουρισμός κ.λπ.). Επίσης, πολύ σημαντικές πηγές επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας, τόσο τοπικού όσο και εποχιακού χαρακτήρα, είναι η κυκλοφορία των οχημάτων και τα συστήματα θέρμανσης (σόμπες, εγκαταστάσεις καλοριφέρ κ.λπ.), αντίστοιχα. [13]



Εικόνα 5.1.1: Θέση της Περιφερειακής Ενότητας Λάρισας στο χάρτη της Ελλάδας. [31]

1.5.1 Τοπογραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά Λάρισας

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος δεν επιβαρύνεται μόνο από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες αλλά και από τα κλιματολογικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Ορισμένες παράμετροι που συμβάλλουν στην διαμόρφωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι: η ένταση και η διεύθυνση του

αέρα, τα μεγάλα διαστήματα ηλιοφάνειας, οι βροχοπτώσεις, οι ορεινοί όγκοι που περικλείουν την περιοχή. Συγκεκριμένα, η Λάρισα περιβάλλεται από τον ορεινό όγκο του Όλυμπου στο βορειοανατολικό της τμήμα και από το όρος Όσσα, στα ανατολικά, στις ακτές του Αιγαίου Πελάγους. Την πόλη της Λάρισας διασχίζει και ο ποταμός Πηνειός, ο οποίος πηγάζει από την Πίνδο, περνάει ανάμεσα από την Κοιλιάδα των Τεμπών, που βρίσκεται μεταξύ Ολύμπου και Όσσας και εκβάλλει στο Θερμαϊκό Κόλπο. Το βορειότερο τμήμα του νομού καλύπτεται από δάση, ενώ το μεγαλύτερό του τμήμα είναι πεδινό. Το μεγαλύτερο μέρος της Θεσσαλικής πεδιάδας βρίσκεται στο Νομό Λάρισας.

Το κλίμα του νομού θεωρείται μεσογειακό, χαρακτηριστικό του είναι τα ζεστά καλοκαίρια και οι ήπιοι χειμώνες κυρίως στις πεδινές περιοχές, ενώ στα πιο ορεινά σημεία του νομού ο χειμώνας είναι πιο βαρύς. Η Λάρισα κατατάσσεται σε μία από τις πιο ζεστές περιοχές της Ελλάδας κατά τους θερινούς μήνες. Συνοπτικά, όσον αφορά την υπό μελέτη περιοχή της Λάρισας τα τοπογραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

- Η τοπογραφία της περιοχής. Η Λάρισα περιβάλλεται από ορεινούς όγκους, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη τοπικών συστημάτων κυκλοφορίας του αέρα, που δυσχεραίνει τη διαδικασία καθαρισμού με τους μηχανισμούς διάχυσης και μεταφοράς.
- Οι κλιματολογικές συνθήκες. Το κλίμα της Λάρισας χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμοκρασία, συνθήκες που ευνοούν την εμφάνιση της φωτοχημικής ρύπανσης. Το νέφος των ρύπων δρα σαν «κουβέρτα» πάνω από την πόλη σημειώνοντας μία σοβαρή μείωση της ηλιοφάνειας στην περιοχή αυτή.
- Η μεταφορά σκόνης από ερήμους (π.χ. Σαχάρα). Ένα φαινόμενο που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος της Λάρισας και που παρατηρείται σε όλες τις νότιες Ευρωπαϊκές χώρες κάτω από συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες. ^{[1],[12],[31]}

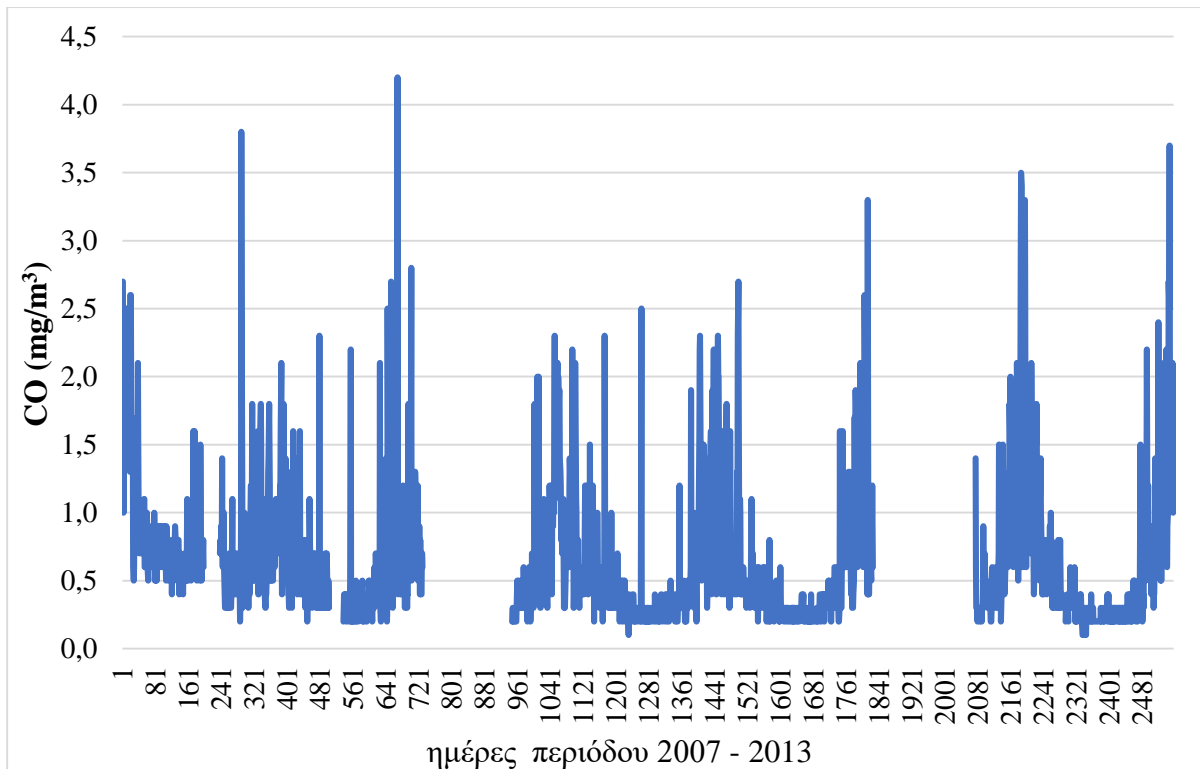
ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

ΜΗΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ (h)	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (mm Hg)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟ-ΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ (°C)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΠΟΛΥΤΗ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΜΕΣΗ ΝΕΦΩΣΗ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	ΟΛΙΚΗ ΗΛ. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖ. ΕΠΙΠ.	ΔΙΑΧΥΤΗ ΗΛ. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖ. ΕΠΙΠ.	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m/sec)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	89,4	1018,4	5,2	22,8	-21,6	79,6	5,0	32,5	ΒΟΡΕΙΑ	56,7	30,4	0,8
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	109,7	1016,7	6,8	25,2	-10,5	75,1	4,8	31,7	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	75,0	37,1	1,2
ΜΑΡΤΙΟΣ	159,1	1015,6	9,4	27,5	-7,0	73,4	4,8	36,7	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	119,5	54,7	1,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	213,1	1012,7	13,8	32,4	-4,4	68,7	4,4	33,0	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	160,0	58,1	1,2
ΜΑΙΟΣ	279,8	1013,1	19,7	40,0	1,4	61,6	4,0	38,2	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	206,6	61,2	1,2
ΙΟΥΝΙΟΣ	300,2	1012,2	25,0	42,2	7,0	49,2	3,0	25,6	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	213,8	59,9	1,8
ΙΟΥΛΙΟΣ	333,1	1011,8	27,2	45,2	11,0	46,6	2,1	19,0	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	232,2	54,7	2,0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	322,5	1012,4	26,2	45,0	10,0	50,0	2,0	16,4	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	212,4	46,6	1,6
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	243,6	1015,5	21,8	39,2	0,0	58,9	2,7	30,2	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	153,1	44,5	1,3
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	176,0	1018,0	16,2	36,8	-2,0	70,0	3,9	52,2	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	103,0	41,3	1,0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	140,6	1018,0	10,8	29,6	-7,0	79,5	4,7	56,9	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	70,1	29,9	0,7
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	95,9	1017,4	6,6	23,2	-17,5	82,2	4,8	50,8	ΒΟΡΕΙΑ	52,1	26,3	0,6
ΣΥΝΟΛΟ	2463,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1654,6	544,6	-
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΛΑΡΙΣΑΣ												
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ / ΠΛΑΤΟΣ: 22,25 / 39,38												
ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ: 73												

Πίνακας 2.5.1: Κλιματολογικά στοιχεία Λάρισας ^[33]

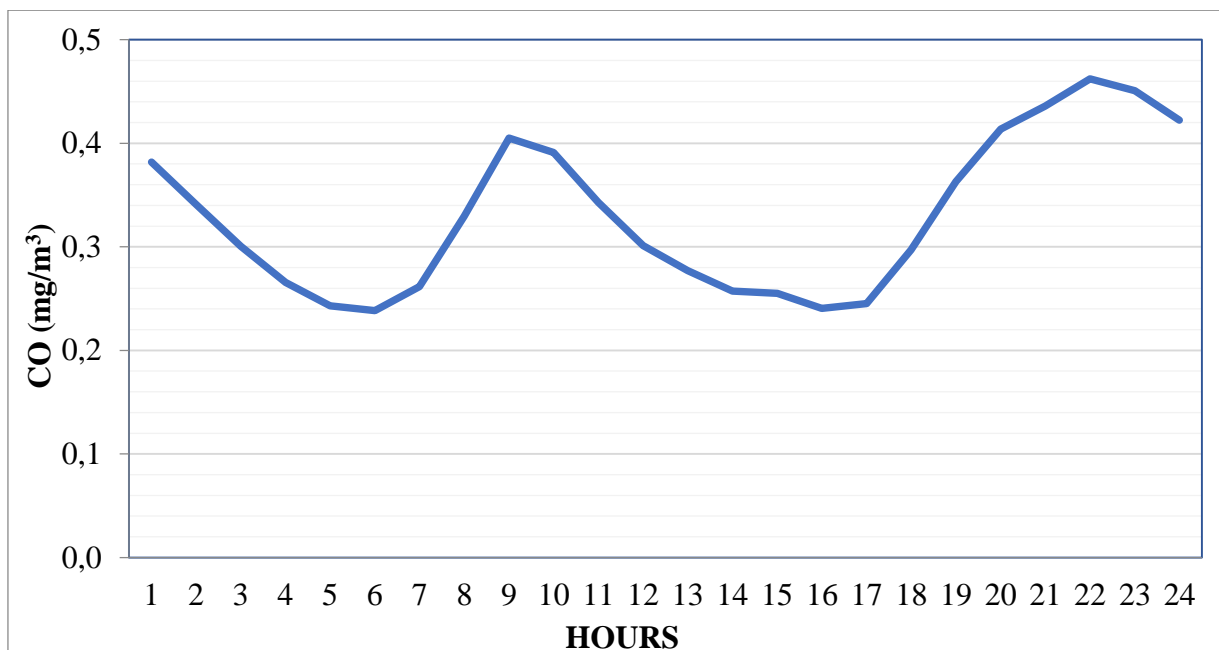
1.5.2 Μελέτη των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα (CO) την περίοδο 2007-2013

Για κάθε μέρα του έτους απεικονίζεται παρακάτω σε διάγραμμα η μέγιστη ωριαία τιμή του 24-ώρου στην περιοχή της Λάρισας καθ' όλη τη χρονική περίοδο από το 2007 έως το 2013.



Σύμφωνα με την οδηγία 2008/50/EK που έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οριακή τιμή για τις συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα είναι 5 mg/m^3 ως κατώτερο όριο εκτίμησης για τη μέγιστη ημερήσια μέση τιμή κυλιόμενου 8-ώρου. Στο παραπάνω διάγραμμα που απεικονίζεται η μέγιστη ωριαία τιμή του 24-ώρου, παρατηρείται ότι για τη χρονική περίοδο 2007-2013, που μελετήθηκε η περιοχή της Λάρισας, δεν υπήρξε καμία υπέρβαση του κατώτατου ορίου των 5 mg/m^3 .

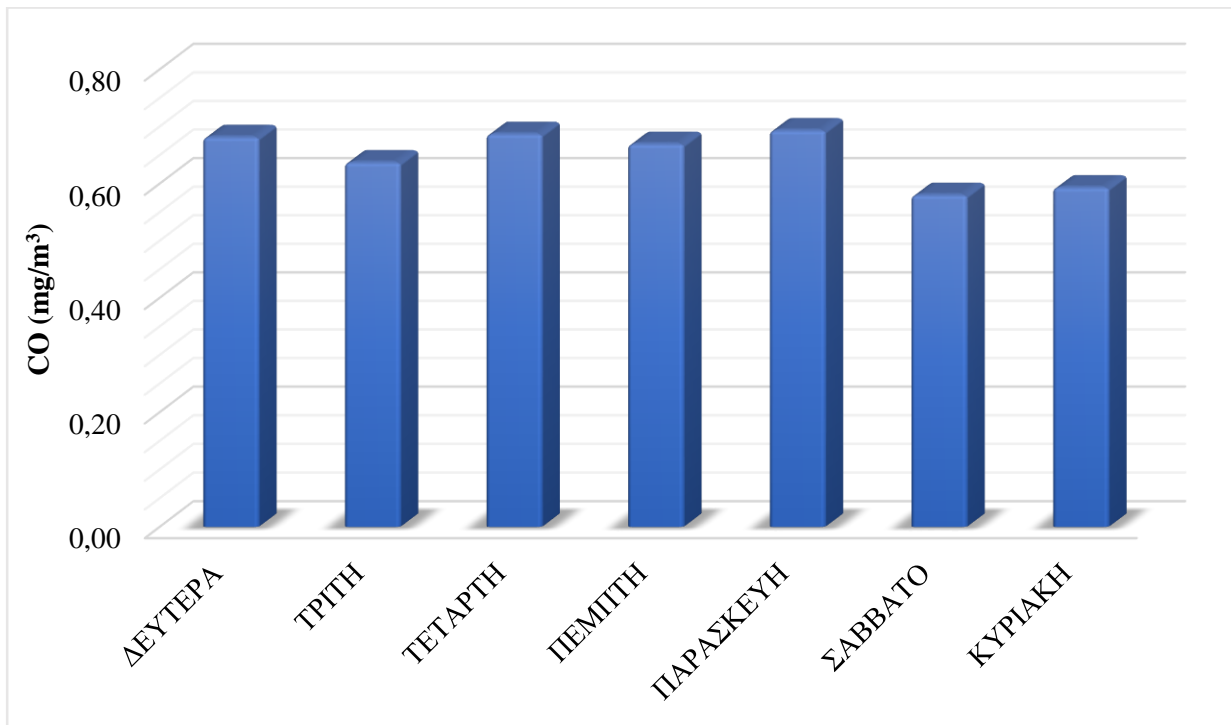
Στη συνέχεια εξετάζεται η ενδοημερήσια πορεία του μονοξειδίου του άνθρακα, σύμφωνα με τις συγκεντρώσεις του ρύπου που έχουν ληφθεί και όπως αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Παρατηρώντας λοιπόν την πορεία του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) εντός του εικοσιτετράωρου, φαίνεται ότι η καμπύλη του γραφήματος παρουσιάζει δύο μέγιστα, τις πρωινές ώρες (μεταξύ 9:00 με 10:00) και τις βραδινές ώρες (από τις 21:00 μέχρι τις 22:00). Όπως ήδη έχει αναφερθεί, σε παγκόσμιο επίπεδο η μεγαλύτερη πηγή του μονοξειδίου του άνθρακα είναι φυσικής προέλευσης, εξαιτίας των φωτοχημικών αντιδράσεων στην τροπόσφαιρα. Ωστόσο, σε αστικές περιοχές, όπως η Λάρισα, η κύρια ποσότητα του μονοξειδίου του άνθρακα προέρχεται κατά κύριο λόγο από την ατελή καύση των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα στα αυτοκίνητα και στη θέρμανση. Στην παρουσία του ρύπου στην ατμόσφαιρα, συνεισφέρουν σημαντικά και οι μονάδες θέρμανσης, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό κατέχουν οι βιομηχανικές κατεργασίες και η καύση των στερεών αποβλήτων. Επομένως, η αύξηση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα, τις πρώτες πρωινές ώρες, μπορεί να αποδοθεί κατά κύριο λόγο στην αυξημένη κυκλοφορία των οχημάτων, καθώς οι περισσότεροι πολίτες χρησιμοποιούν τα αυτοκίνητά τους προκειμένου να μεταβούν στους εργασιακούς τους χώρους. Ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου τις βραδινές ώρες (21:00 - 22:00) αποδίδεται τόσο στην κυκλοφορία των οχημάτων, αλλά και στη χρήση μονάδων θέρμανσης. Επιπλέον, η καμπύλη του παραπάνω γραφήματος, παρουσιάζει και δύο ελάχιστα, τις πρώτες πρωινές ώρες (μεταξύ 5:00 και 6:00) και τις απογευματινές ώρες (από τις 15:00 έως τις 16:00). Οι χαμηλές λοιπόν συγκεντρώσεις τα χρονικά αυτά διαστήματα, οφείλονται τόσο στη μειωμένη κυκλοφορία των οχημάτων όσο και στην περιορισμένη χρήση μονάδων θέρμανσης.

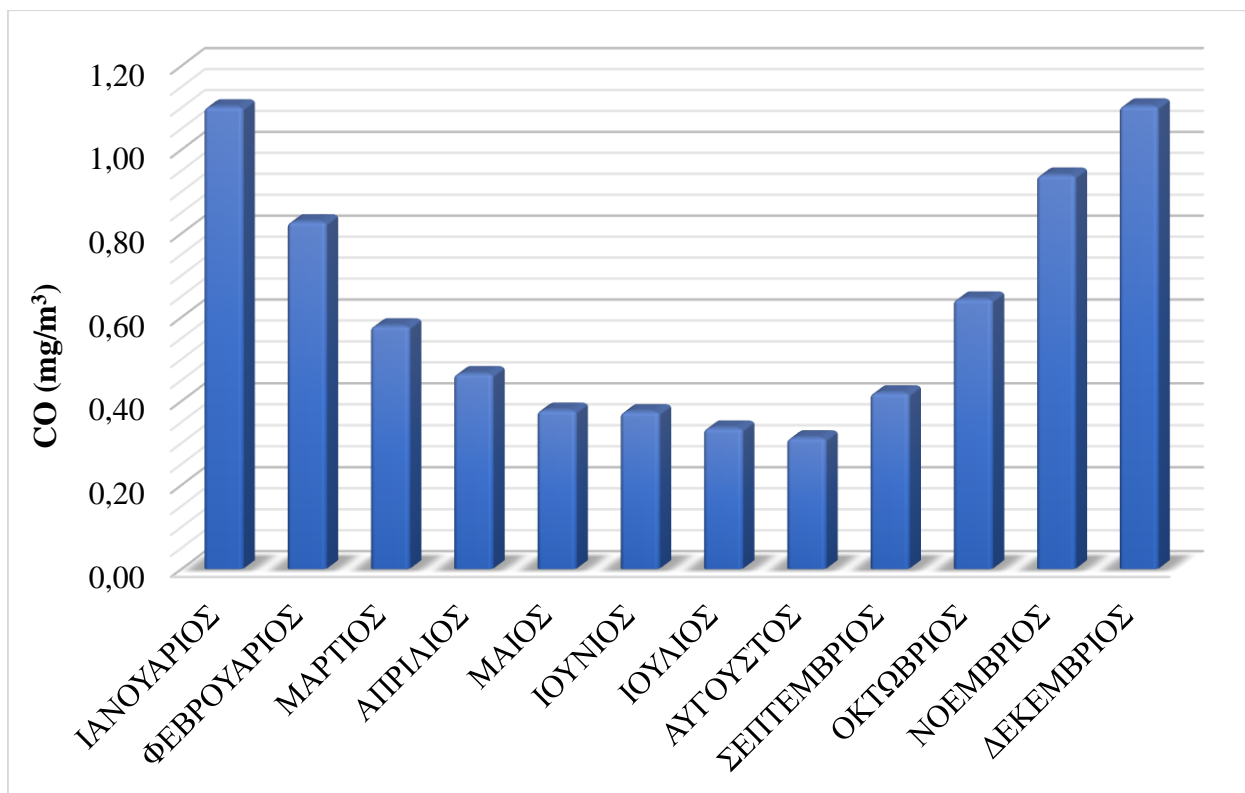
Το παρακάτω διάγραμμα με τη μορφή ιστογράμματος, παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για κάθε ημέρα της εβδομάδας (Δευτέρα - Κυριακή), για την χρονική περίοδο 2007 έως 2013,

προκειμένου να καταγραφεί η ενδεχόμενη μεταβολή των συγκεντρώσεων του ρύπου κατά τη διάρκεια της εβδομάδας.



Από το παραπάνω διάγραμμα δεν είναι εύκολο να βγάλουμε σαφή συμπεράσματα για την εξέλιξη του ρύπου σε εβδομαδιαία βάση. Ωστόσο, παρατηρείται μία σχετικά σταθερή πορεία των συγκεντρώσεων του ρύπου από Δευτέρα έως Παρασκευή, ενώ το Σαββατοκύριακο παρατηρείται μία μικρή μείωση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), που μπορεί να αποδοθεί στις περιορισμένες μετακινήσεις των πολιτών της Λάρισας με τα αυτοκίνητα το διήμερο.

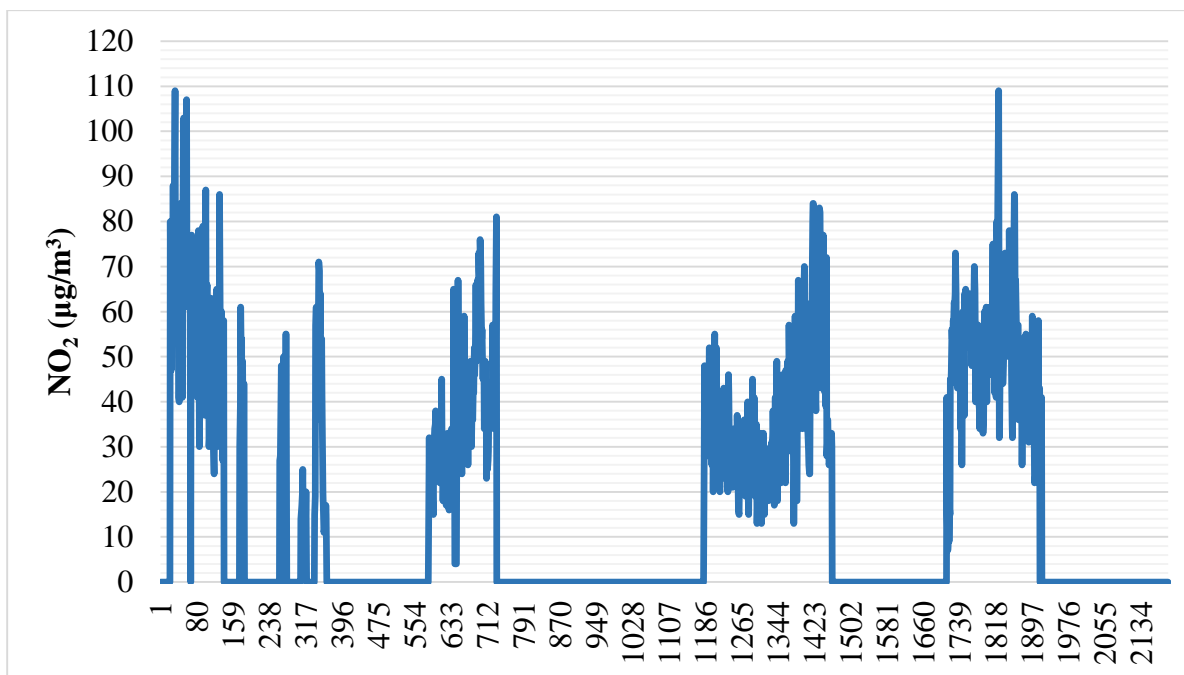
Το διάγραμμα της εξέλιξης των μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για την χρονική περίοδο από το 2007 έως το 2013, για την πόλη της Λάρισας, που ακολουθεί, πραγματοποιείται προκειμένου να εξεταστεί αν ο ρύπος παρουσιάζει πιθανή εποχικότητα.



Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι κατά τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες, υπάρχει μία σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην έλλειψη αερίων καύσης που αποδίδουν τον ρύπο (CO) και τα οποία που παράγονται κυρίως από καυστήρες, τζάκια, σόμπες, μαγκάλια. Επίσης, η μείωση του ρύπου που παρατηρείται μπορεί να αποδοθεί και στη χαμηλότερη κυκλοφορία των οχημάτων στο κέντρο της πόλης της Λάρισας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς πρόκειται για περίοδο διακοπών. Από το διάγραμμα λοιπόν, παρατηρείται αύξηση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα τους χειμερινούς μήνες κυρίως λόγω της αυξημένης ανάγκης για θέρμανση και επομένως, συμπεραίνεται η εποχικότητα του ρύπου.

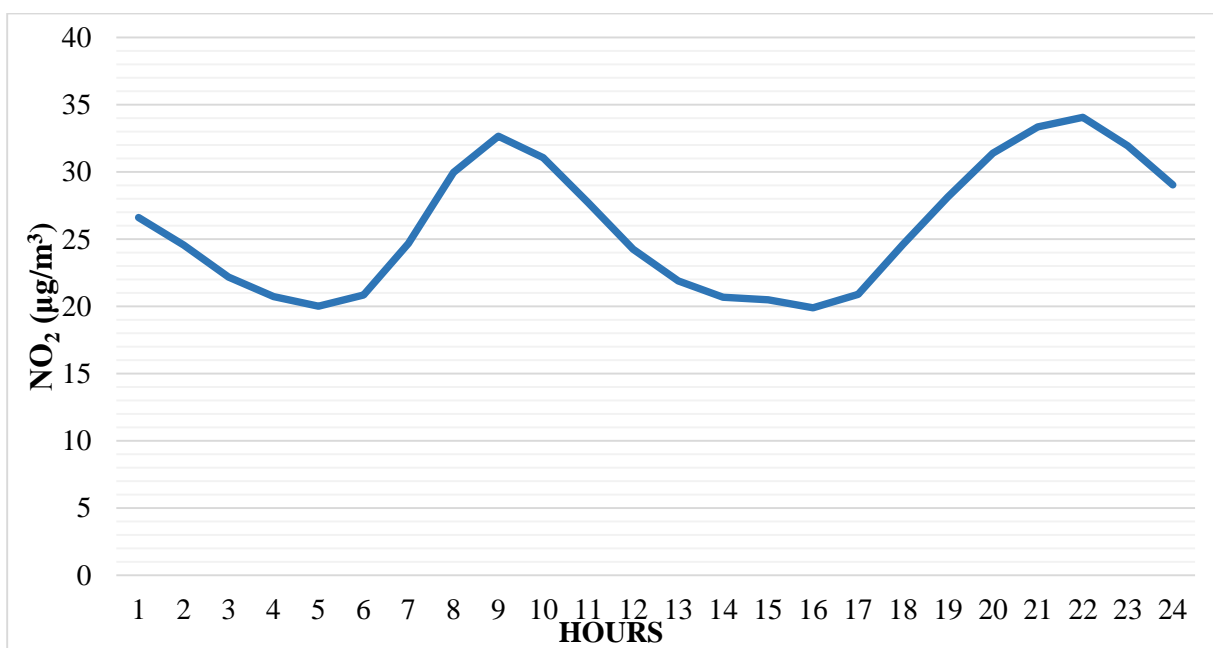
1.5.3 Μελέτη των συγκεντρώσεων μονοξειδίου του αζώτου (NO₂) την περίοδο 2007-2013

Η μέγιστη ωριαία τιμή του 24-ώρου για όλες τις μέρες κάθε έτους, που μελετήθηκαν στην περιοχή της Λάρισας κατά τη χρονική περίοδο από το 2007 έως το 2013, αναπαρίσταται στο παρακάτω διάγραμμα.



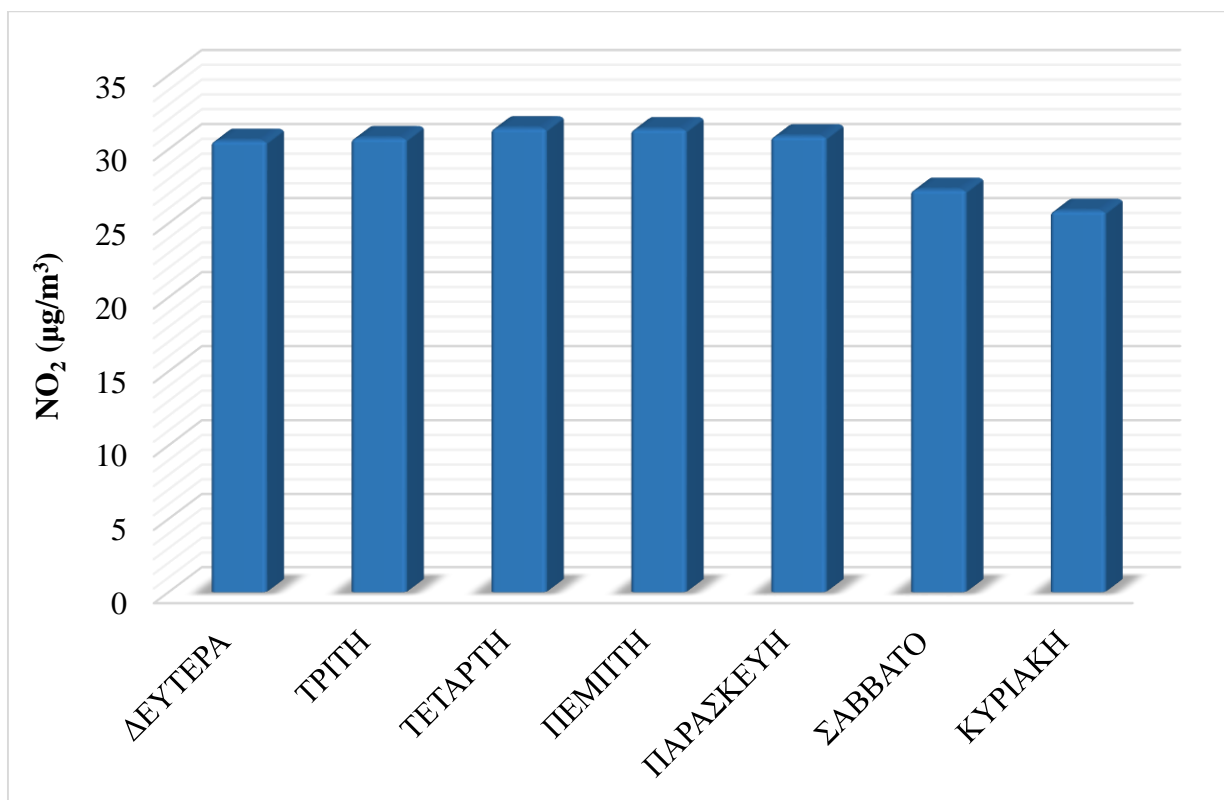
Σύμφωνα με την οδηγία 2008/50/EK που έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η οριακή τιμή για τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου είναι $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ως ανώτερο όριο εκτίμησης για τη μέγιστη ημερήσια μέση τιμή του 24-ώρου, που δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος. Στο διάγραμμα λοιπόν, παρατηρείται ότι για τη χρονική περίοδο 2007-2013, που μελετήθηκε η περιοχή της Λάρισας, δεν υπήρξε καμία υπέρβαση του ανώτερου ορίου των $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Το αμέσως επόμενο διάγραμμα, παρουσιάζει την ενδοημερήσια πορεία του διοξειδίου του αζώτου και σύμφωνα πάντα με τις συγκεντρώσεις του ρύπου που έχουν ληφθεί τη χρονική περίοδο 2007 έως 2013.



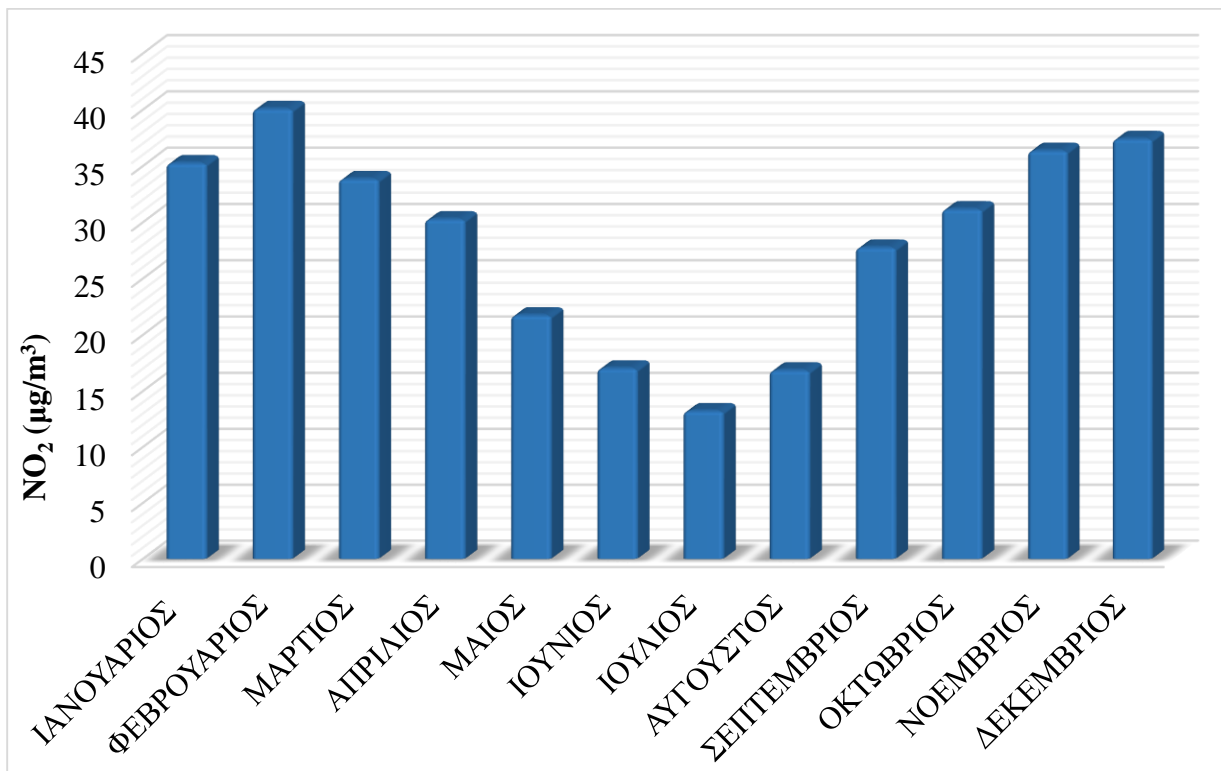
Παρατηρώντας λοιπόν την πορεία της καμπύλης για το διοξείδιο του αζώτου μέσα στο εικοσιτετράωρο, φαίνεται παρουσιάζονται δύο μέγιστα, τις πρωινές ώρες (μεταξύ 9:00 με 10:00) και τις βραδινές ώρες (από τις 21:00 μέχρι τις 22:00). Γνωρίζοντας ήδη ότι η κύρια αιτία εμφάνισης του διοξειδίου του αζώτου οφείλεται κατά κύριο λόγο στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και ειδικότερα στην καύση σε υψηλές θερμοκρασίες, τα δύο αυτά μέγιστα επομένως, μπορούν να αποδοθούν στις καύσεις των καύσιμων που χρησιμοποιούνται για τις μετακινήσεις με τα αυτοκίνητα και στη θέρμανση. Συγκεκριμένα, τα υψηλά ποσοστά των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου (όπως και το μονοξειδίου του άνθρακα), τις πρώτες πρωινές ώρες, μπορεί να αποδοθεί κατά κύριο λόγο στην αυξημένη κυκλοφορία των οχημάτων, καθώς οι περισσότεροι πολίτες χρησιμοποιούν τα αυτοκίνητά τους προκειμένου να μεταβούν στους εργασιακούς τους χώρους. Ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου τις βραδινές ώρες (21:00 - 22:00) αποδίδεται τόσο στην κυκλοφορία των οχημάτων, όσο και στη χρήση μονάδων θέρμανσης. Ωστόσο, η παραπάνω γραφική παράσταση, παρουσιάζει και δύο ελάχιστα, τις πρώτες πρωινές ώρες (μεταξύ 5:00 και 6:00) και τις απογευματινές ώρες (από τις 15:00 έως τις 17:00), όπου οι χαμηλές συγκεντρώσεις εντός των χρονικών αυτών διαστημάτων, οφείλονται τόσο στη μειωμένη κυκλοφορία των οχημάτων όσο και στην περιορισμένη χρήση μονάδων θέρμανσης.

Στη συνέχεια και με τη μορφή ιστογράμματος, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου (NO_2) για κάθε ημέρα της εβδομάδας (Δευτέρα - Κυριακή), για την χρονική περίοδο 2007 έως 2013, ώστε να καταγραφεί η ενδεχόμενη μεταβολή των συγκεντρώσεων του ρύπου κατά τη διάρκεια της εβδομάδας.



Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται μία σχετικά σταθερή πορεία των συγκεντρώσεων του ρύπου από Δευτέρα έως Παρασκευή, ενώ το Σαββατοκύριακο παρατηρείται μία σχετικά μικρή μείωση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), που ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στην περιορισμένη χρήση των οχημάτων το διήμερο.

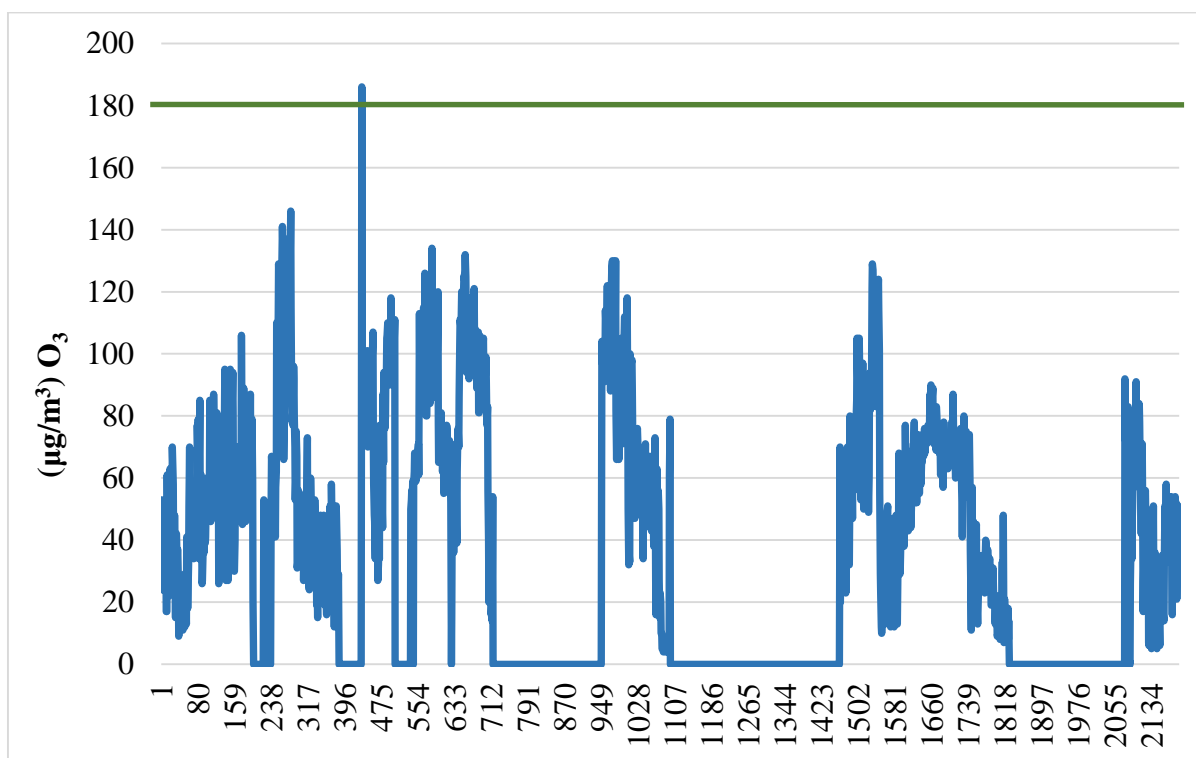
Το διάγραμμα που ακολουθεί σε μορφή ιστογράμματος, παρουσιάζει την εξέλιξη των μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου (NO_2) κατά την χρονική περίοδο 2007 έως 2013, για την πόλη της Λάρισας, ενώ εξετάζει και την πιθανή εποχικότητα που μπορεί να παρουσιάζει ο ρύπος.



Σύμφωνα λοιπόν και με το παραπάνω διάγραμμα συμπεραίνεται ότι κατά τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες, υπάρχει μία αξιοσημείωτη μείωση των συγκεντρώσεων του ρύπου, που οφείλεται, όπως και στην περίπτωση του μονοξειδίου του άνθρακα, κατά κύριο λόγο στην έλλειψη αερίων καύσης που παράγονται κυρίως από μονάδες θέρμανσης όπως για παράδειγμα καυστήρες, τζάκια, σόμπες. Επίσης, η μείωση του διοξειδίου του αζώτου μπορεί να αποδοθεί και στην περιορισμένη κυκλοφορία των οχημάτων στο κέντρο της πόλης της Λάρισας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, διότι πρόκειται για περίοδο διακοπών. Επίσης, παρατηρείται αύξηση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου τους χειμερινούς μήνες κυρίως λόγω της αυξημένης ανάγκης για θέρμανση. Επομένως, συμπεραίνεται η εποχικότητα του ρύπου.

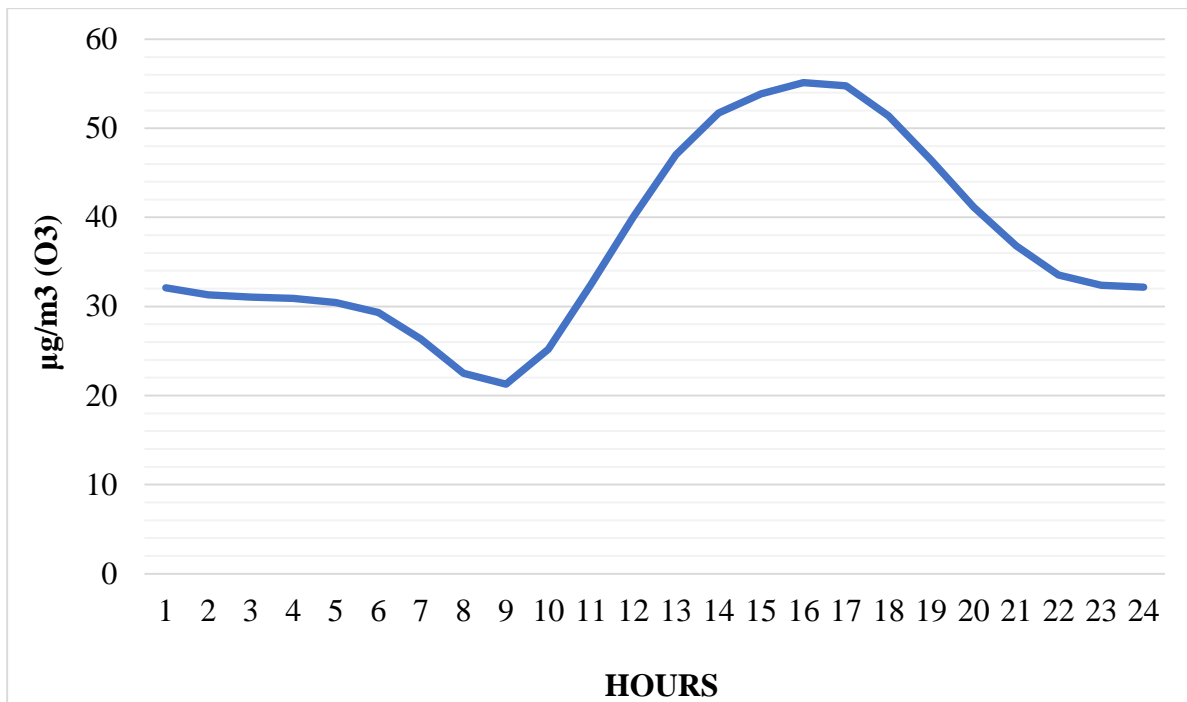
1.5.4 Μελέτη των συγκεντρώσεων του όζοντος (O₃) την περίοδο 2007-2013

Για κάθε μέρα του έτους, απεικονίζεται σε διάγραμμα η μέγιστη ωριαία τιμή του εικοσιτετράωρου για τις συγκεντρώσεις του όζοντος, την χρονική περίοδο 2007-2013. Στο διάγραμμα, επίσης, απεικονίζεται και η αντίστοιχη οριακή τιμή όπως αυτή έχει καθοριστεί με βάση την οδηγία 2008/50/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκειμένου να ελεγχθούν ενδεχόμενες υπερβάσεις βάσει των ορίων που έχουν θεσμοθετηθεί.



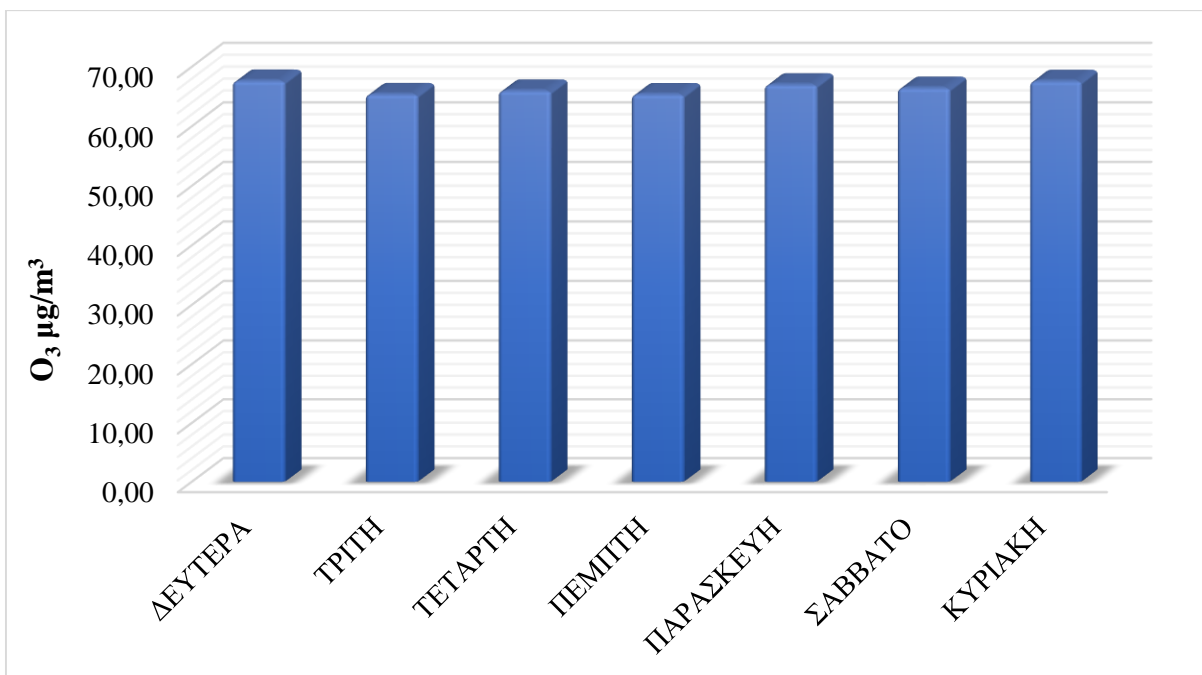
Σύμφωνα με την οδηγία 2008/50/ΕΚ που έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η ωριαία οριακή τιμή για τις συγκεντρώσεις του όζοντος (O₃) είναι 180 µg/m³. Στο διάγραμμα λοιπόν, παρατηρείται ότι έχει καταγραφεί τιμή πάνω από την ωριαία οριακή τιμή το 2008. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται μείωση των συγκεντρώσεων του ρύπου και συμμόρφωση ως προς τον κανονισμό που έχει ορίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Σύμφωνα με το γράφημα που ακολουθεί, απεικονίζεται η ενδοημερήσια πορεία των συγκεντρώσεων του όζοντος για την περιοχή της Λάρισας, την περίοδο 2007-2013.



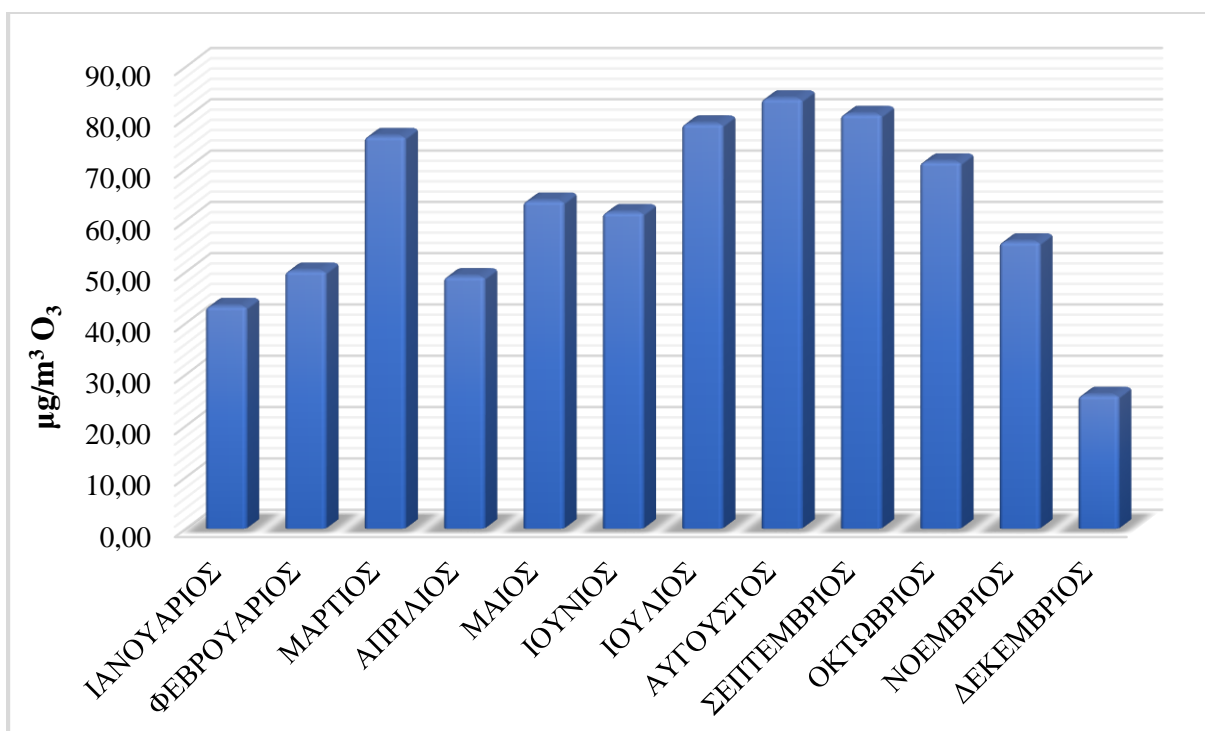
Το όζον, ο σπουδαιότερος φωτοχημικός ρυπαντής, ανήκει στην κατηγορία των δευτερογενών ρύπων της ατμόσφαιρας που παράγεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα από την ηλιακή ενέργεια. Προέρχεται λοιπόν από φωτοχημικές αντιδράσεις των πρωτογενών ρύπων, όπως των οξειδίων του αζώτου, των υδρογονανθράκων και των πτητικών οργανικών υδρογονανθράκων στον ατμοσφαιρικό αέρα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η Λάρισα χαρακτηρίζεται από ένα κλίμα ηλιόλουστο και με υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή με ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, που ευνοούν την εμφάνιση της φωτοχημικής ρύπανσης στην περιοχή. Από την καμπύλη του παραπάνω γραφήματος, παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των τιμών των συγκεντρώσεων του ρύπου τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες, επαληθεύοντας όλα τα παραπάνω.

Οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων του όζοντος (O₃) για κάθε ημέρα της εβδομάδας (Δευτέρα - Κυριακή), για την χρονική περίοδο 2007 έως 2013, παρουσιάζονται στο παρακάτω ιστόγραμμα ώστε να καταγραφεί ενδεχόμενη μεταβολή των συγκεντρώσεων του ρύπου κατά τη διάρκεια της εβδομάδας.



Από το διάγραμμα ωστόσο, δεν είναι εύκολο να βγάλουμε σαφή συμπεράσματα για την εξέλιξη του ρύπου σε εβδομαδιαία βάση, καθώς οι διαφοροποιήσεις είναι πολύ μικρές και επομένως, παρατηρείται μία σταθερή πορεία των συγκεντρώσεων του ρύπου όλες τις ημέρες τις εβδομάδας.

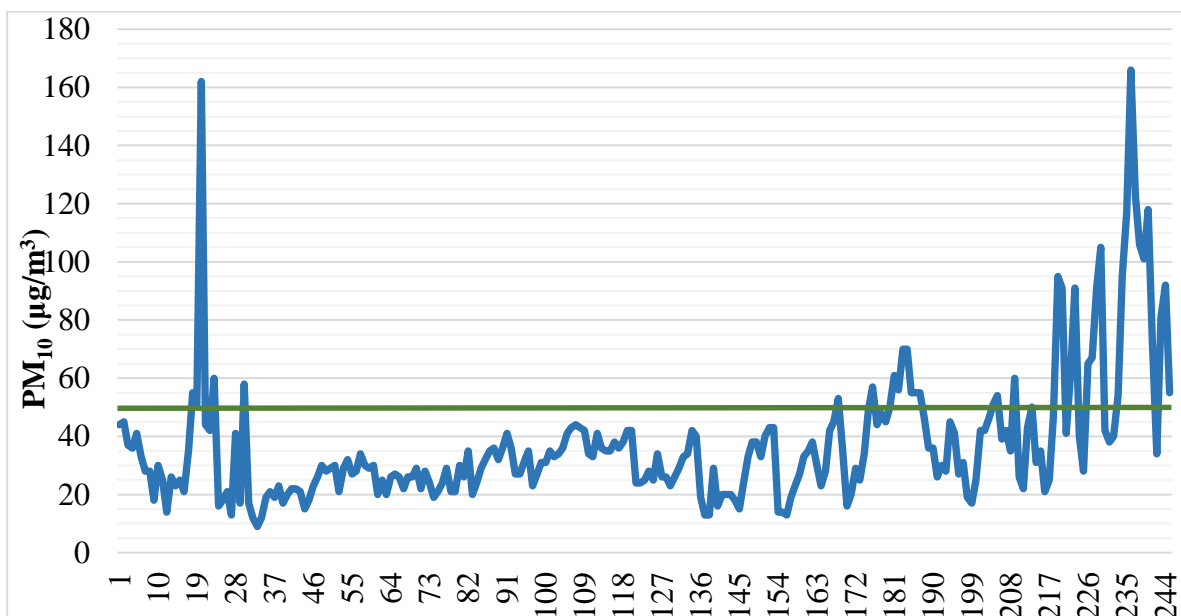
Το διάγραμμα εξέλιξης των μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων του όζοντος (O₃) κατά την χρονική περίοδο 2007 έως 2013, για την πόλη της Λάρισας, που ακολουθεί, σε μορφή ιστογράμματος, παρουσιάζει την πιθανή εποχικότητα για το ρύπο.



Σύμφωνα με το διάγραμμα των μηνιαίων συγκεντρώσεων παρατηρείται ότι κατά τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς κυρίως μήνες, υπάρχει μία σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος (O₃). Δεδομένου ότι η Λάρισα αποτελεί μία ηλιόλουστη και με αρκετά υψηλές θερμοκρασίες περιοχή του Ελλαδικού χώρου, κατά κύριο λόγο την περίοδο Ιουνίου – Οκτωβρίου, ενισχύει την δημιουργία φωτοχημικής ρύπανσης και κυρίως την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων του όζοντος στην περιοχή. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου καταγράφονται και τους μήνες Μαρτίου και Μαΐου που οφείλονται ακριβώς στους ίδιους παράγοντες δημιουργίας του φαινομένου, στην παρουσία δηλαδή μεγάλων ποσών ηλιακής ενέργειας. Αντίθετα, παρατηρείται μείωση των συγκεντρώσεων του ρύπου τους χειμερινούς μήνες, εξαιτίας της μειωμένης ηλιοφάνειας και των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, συγκριτικά με το καλοκαίρι. Επομένως, μπορεί να γίνει λόγος για εποχικότητα του ρύπου.

1.5.5 Μελέτη των συγκεντρώσεων των αιρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) την περίοδο 2007-2013

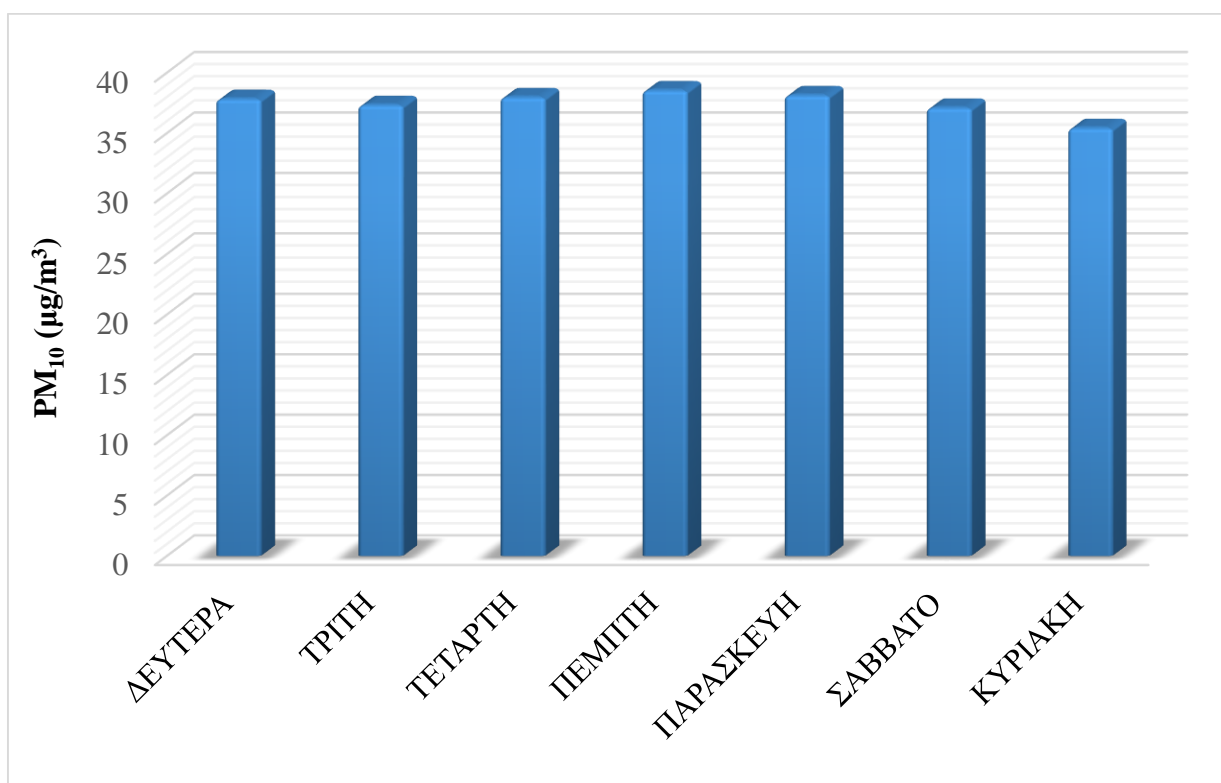
Στο διάγραμμα απεικονίζεται για κάθε μέρα του έτους, η μέγιστη ωριαία τιμή του εικοσιτετράωρου για τις συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων (PM₁₀), κατά τη χρονική περίοδο 2007-2013.



Σύμφωνα με την οδηγία 2008/50/EK που έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η ωριαία οριακή τιμή για τις συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) είναι 50 µg/m³ (και δεν πρέπει να υπερβεί περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος). Στο παραπάνω διάγραμμα λοιπόν, παρατηρείται ότι για τα έτη 2007, 2008 και 2013 που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, υπήρξαν υπερβάσεις και μάλιστα για περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος όπως ορίζει η

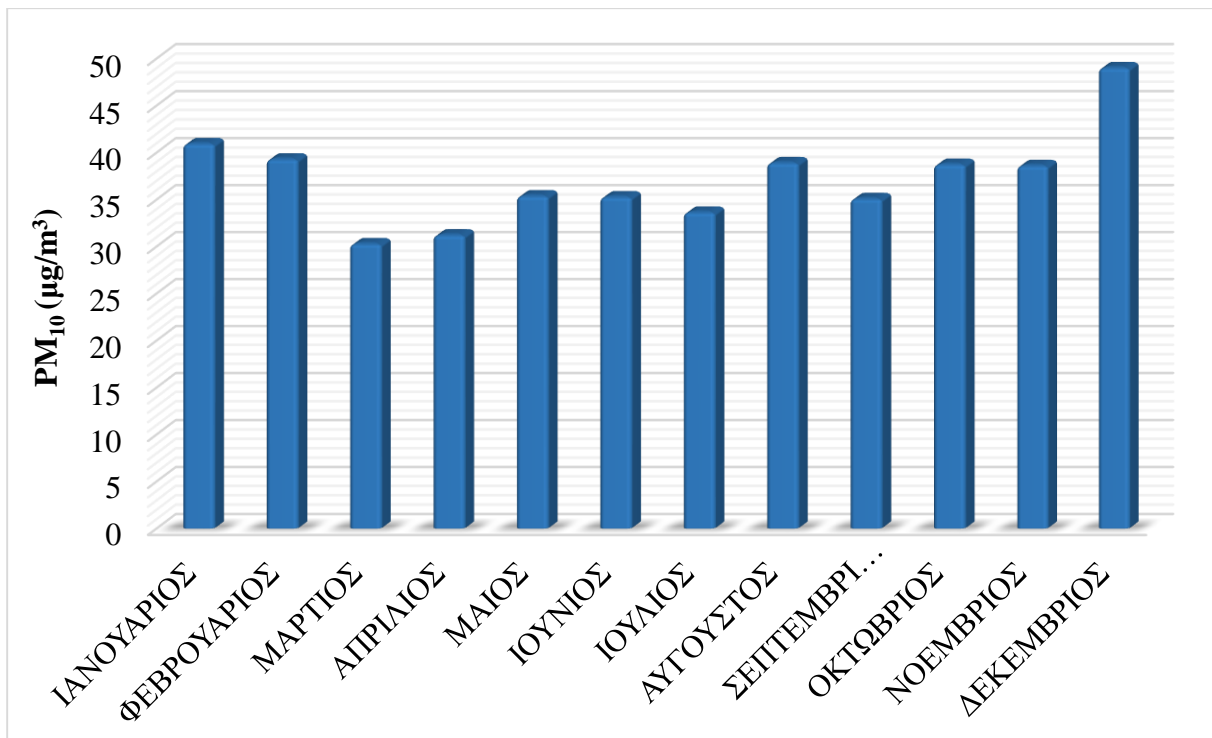
οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Εξαίρεση, αποτέλεσαν μόνο οι συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων για τα έτη 2009, 2010 έως 2012, όπου σημειώθηκαν υπερβάσεις όμως λιγότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος, όπως προβλέπει η σχετική νομοθεσία .

Με τη μορφή ιστογράμματος, παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων των αιρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) για κάθε ημέρα της εβδομάδας (Δευτέρα - Κυριακή), για την χρονική περίοδο 2007 έως 2013, προκειμένου να καταγραφεί η ενδεχόμενη μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) κατά τη διάρκεια της εβδομάδας.



Από το παραπάνω διάγραμμα, δεν είναι εύκολο να βγάλουμε σαφή συμπεράσματα για την εξέλιξη του ρύπου μέσα στην εβδομάδα, καθώς οι διαφοροποιήσεις είναι πολύ μικρές και παρατηρείται μία σταθερή πορεία των συγκεντρώσεων του ρύπου, κυρίως από Δευτέρα έως Σάββατο. Την Κυριακή παρατηρείται μία πολύ μικρή πτώση των συγκεντρώσεων του ρύπου που πιθανόν να οφείλεται στην περιορισμένη χρήση των οχημάτων στο κέντρο της πόλης της Λάρισας.

Στη συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα, σε μορφή ιστογράμματος, με την εξέλιξη των μηνιαίων τιμών των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) για την χρονική περίοδο από το 2007 έως το 2013, το οποίο παρουσιάζει την πιθανή εποχικότητα του ρύπου.



Σύμφωνα με το διάγραμμα των μηνιαίων συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, προκύπτει μία μικρή αύξηση των συγκεντρώσεων του ρύπου τους χειμερινούς μήνες. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται από την καύση καυσίμων που χρησιμοποιούνται τόσο για τις μετακινήσεις των αυτοκινήτων όσο και για την κάλυψη των αναγκών για θέρμανση.

2 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ AIRQ 2.2.3

Στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης, η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα έχει βελτιωθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών και ύστερα από μία σειρά ενεργειών και μέτρων που θεσπίστηκαν, για την προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, όπως είναι ήδη γνωστό, υπάρχουν ακόμα αρκετοί παράμετροι που αποδεικνύουν ότι η έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση, σήμερα, οδηγεί σε αρνητικές επιπτώσεις τόσο για την υγεία των πολιτών όσο και του οικοσυστήματος. Ειδικότερα, η έκθεση σε ρύπους, όπως τα αιωρούμενα σωματίδια και το όζον έχει αποδειχτεί ότι συνδέονται άμεσα με τις αυξήσεις των εισαγωγών στα νοσοκομεία εξαιτίας καρδιαγγειακών προβλημάτων, αναπνευστικών νοσημάτων και θνησιμότητας σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Οι σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών και το τεράστιο οικονομικό κόστος λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που έχουν καταγραφεί από τις μελέτες των τελευταίων δεκαετιών έχουν υποχρεώσει τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και τις Ευρωπαϊκές Κυβερνήσεις να μελετήσουν τα δεδομένα που προκύπτουν από αυτές τις μελέτες και να προβούν στη χάραξη νέων πολιτικών για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επομένως, η ανάγκη για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων στη δημόσια υγεία λόγω της ρύπανσης καθίσταται αναγκαία. Οι κύριες γραμμές για την προστασία της υγείας των πολιτών, που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι πολιτικές αρχές είναι η άμεση ενημέρωση και η παροχή συμβουλών από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, για την ορθή λήψη αποφάσεων και την αντιμετώπιση κάθε δυνατού κινδύνου. Η Ευρωπαϊκή Ένωση βάση των οδηγιών του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας όρισε νέα μέτρα και στόχους για όλα τα κράτη μέλη της αποσκοπώντας στη βελτίωση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Αν και τα δεδομένα των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, συχνά έχουν παρερμηνευθεί, παρεμποδίζοντας έτσι την αξιολόγηση των κινδύνων από τη ρύπανση του αέρα. Απαιτείται λοιπόν μεθοδολογία και σωστός σχεδιασμός για την ορθή διεξαγωγή της μελέτης και των αποτελεσμάτων της. Με τη χάραξη νέας στρατηγικής για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των επιπτώσεών της στην υγεία του ανθρώπου, κρίθηκε αναγκαία η αναθεώρηση ορισμένων βασικών ρύπων όπως: τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το όζον (O₃), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), με τις πιο πρόσφατες μελέτες να έχουν επικεντρωθεί στην ποσοτικοποίηση των σοβαρών επιπτώσεών τους στην υγεία των πολιτών.

Το μοντέλο AIR-Q2.2.3 αναπτύχθηκε από το WHO European Centre for Environment Health, Bilthoven Division, προκειμένου να γίνει η ποσοτικοποίηση των βλαβερών επιπτώσεων στην υγεία για συγκεκριμένο πληθυσμό ανθρώπων, ύστερα από την έκθεσή τους σε συγκεκριμένους ατμοσφαιρικούς ρύπους, για ορισμένο χρονικό διάστημα και περιοχή. Το μοντέλο AIR-Q 2.2.3 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τον υπολογισμό των βλαβερών για την ανθρώπινη

υγεία επιπτώσεων που προκαλούνται από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια. Το AirQ2.2.3 αποτελεί ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο πολιτικής χάραξης σε ολόκληρο τον κόσμο που βασίζεται σε πρόσφατα επιστημονικά στοιχεία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε πόλη ή και χώρα. Συνοπτικά λοιπόν, το μοντέλο AirQ2.2.3 αποτελεί την προσεγγιστική λύση του Παγκόσμιου Οργανισμού υγείας και αποτελεί ένα απόλυτα ενημερωμένο λογισμικό που μπορεί να ποσοτικοποιήσει τις βλαβερές επιπτώσεις για την υγεία των πολιτών από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Το λογισμικό του AirQ2.2.3 απαιτεί τα ακόλουθα δεδομένα:

- Τις συντεταγμένες θέσης παρακολούθησης.
- Το συνολικό αριθμό του εκτιθέμενου πληθυσμού.
- Τον ετήσιο και εποχιακό αριθμητικό μέσο όρο των ημερήσιων τιμών
- Το ετήσιο 98^ο εκατοστημόριο για τις ημερήσιες τιμές
- Τις ετήσιες και εποχιακές μέγιστες ημερήσιες τιμές.
- Το σχετικό κίνδυνο (RR).

Το μοντέλο AirQ2.2.3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των συσσωρευτικών τιμών σε περιπτώσεις ανά 100,000 ανθρώπων για κάθε περιοχή συγκέντρωσης του σχετικού κινδύνου και των σοβαρών επιπτώσεων. [19-21],[23],[30]

2.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ AIRQ2.2.3

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό AirQ2.2.3 μπορεί να εκτιμηθεί η βραχυπρόθεσμη επίπτωση θνησιμότητας από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι καθημερινές συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM), του όζοντος (O₃), του διοξειδίου του αζώτου (NO₂), του διοξειδίου του θείου (SO₂) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) χρησιμοποιούνται από το λογισμικό για την αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τις επιπτώσεις που προκαλούνται στην υγεία του. [24-25]

2.1.1 Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου και σωματίδια στην πόλη Ahvaz.

Η μελέτη διεξήχθη για να εκτιμήσει τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, λόγω της έκθεσης σε σωματίδια (PM₁₀) στην πόλη Αχβάζ (που βρίσκεται στο Νότιο-Δυτικό Ιράν), κατά τη διάρκεια του 2009. Οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) υπολογίστηκαν με βάση το σχετικό κίνδυνο (RR), με ένα εξειδικευμένο λογισμικό. Με τον όρο: σχετικός κίνδυνος (Relative Risk, RR), προβλέπεται η πιθανότητα ενός ατόμου να παρουσιάσει τη νόσο ενώ έχει εκτεθεί σε κάποιο παράγοντα σε σχέση με τη πιθανότητα ενός ατόμου να παρουσιάσει τη νόσο ενώ δεν έχει εκτεθεί στον παράγοντα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το AirQ2.2.3, είναι ένα εργαλείο αξιολόγησης των επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπων. Τα δεδομένα των τιμών για τα αιωρούμενα σωματίδια για τη μελέτη συλλέχθηκαν από τον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος και Μετεωρολογικής Οργάνωσης της Αχβάζ και πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα στοιχεία ήταν σε ογκομετρική βάση. Για το λόγο αυτόν οι επιπτώσεις στην υγεία που σχετίζονται με τη μάζα των ρύπων που εισπνέονται πρέπει να μετατραπούν σε σταθμική βάση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περίπου το 3% του συνολικού αριθμού των θανάτων λόγω αναπνευστικών προβλημάτων συνέβη όταν η συγκέντρωση των αιρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) ήταν άνω των 50 μg/m³. Αθροίζοντας, το συνολικό αριθμό των θανάτων που αποδίδονται σε σωματίδια (PM₁₀), για το 2009 οι περιπτώσεις ανέρχονται σε 1165. Με βάση τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, το 13% του συνόλου θανάτων αυτών αποδόθηκαν σε συγκέντρωση σωματιδίων άνω από 20 μg/m³ στην πόλη Αχβάζ κατά τη διάρκεια του 2009, ποσοστό υψηλό βάση των παρατηρούμενων παραμέτρων υγείας.

Επίσης, αξιολογήθηκαν και οι επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε διοξείδιο του αζώτου (NO₂) στην πόλη Αχβάζ, με τη χρήση του μοντέλου AirQ2.2.3. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι περίπου το 3% της συνολικής θνησιμότητας λόγω καρδιαγγειακών προβλημάτων (οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου), αλλά και των εισαγωγών στο νοσοκομείο εξαιτίας χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας συνέβησαν όταν οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου ήταν περισσότερο από 20 μg/m³. Όπως και τα δεδομένα των τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων, έτσι και για το διοξείδιο του αζώτου, τα δεδομένα των τιμών για την έρευνα συλλέχθηκαν από τον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος και Μετεωρολογικής Οργάνωσης της Αχβάζ και μετατράπηκαν από ογκομετρική βάση σε σταθμική βάση.^{[21-22],[26]}

2.1.2 Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή του Καΐρου.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στο Κάιρο, συνέβαλλαν ώστε η πόλη να επεκταθεί σε μία μητροπολιτική περιοχή και να γίνει ένα κέντρο για σύγχρονη και βαριά βιομηχανική δραστηριότητα. Τα ανθρωπογενή αερομεταφερόμενα σωματίδια προέρχονται από μια ποικιλία πηγών όπως η κυκλοφορία, οι βιομηχανίες, το εμπόριο και η οικιακή θέρμανση.

Δείγματα για αερομεταφερόμενα σωματίδια (PM) συλλέχθηκαν για πάνω από δύο χρόνια (2008-2009) προκειμένου να ερευνηθούν τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων σε κάποιες επιλεγμένες περιοχές του Καΐρου. Το μοντέλο Air-Q 2.2.3 που αναπτύχθηκε από τον Παγκόσμιο οργανισμό υγείας χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε αυτή τη μελέτη με σκοπό την εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία των πολιτών από την έκθεση σε μικροσωματίδια για τις ανθρώπινες κοινότητες.^[24]

2.1.3 Οι επιπτώσεις στην υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη Suwon.

Ο σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να παράσχει ποσοτικά στοιχεία για τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία των ατμοσφαιρικών ρύπων, σχετικά με τη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα των ανθρώπων που ζουν στην πόλη Suwon. Η πόλη Suwon αποτελεί μία ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη περιοχή της Σεούλ και για το λόγο αυτόν, ερευνήθηκε για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού της περιβάλλοντος. Προκειμένου λοιπόν να εκτιμηθεί η βραχυπρόθεσμη επίπτωση στην υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση, εφαρμόστηκε και σε αυτή την περίπτωση, η προσέγγιση που προτείνεται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, χρησιμοποιώντας το λογισμικό AirQ2.2.3.

Για την αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τις επιπτώσεις στην υγεία του χρησιμοποιήθηκαν καθημερινές συγκεντρώσεις των ρύπων: PM₁₀, O₃, NO₂ και SO₂. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολλές πόλεις της Ασίας, συμπεριλαμβανομένης της Κορέα, παραμένουν πολύ πάνω από τις κατευθυντήριες τιμές που έχει ορίσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Σε αυτή τη μελέτη, τα δεδομένα ελήφθησαν τη χρονική περίοδο Ιανουαρίου – Δεκεμβρίου 2011, από έξι σταθερές υπό παρακολούθηση περιοχές, και χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στην υγεία των κατοίκων από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης στην πόλη Suwon προκύπτει ότι η επίδραση του όζοντος (O₃) και διοξειδίου του αζώτου (NO₂) ήταν περίπου πάνω από 42,7, και 81,3 περιπτώσεις θανάτου, αντίστοιχα για το όζον και το διοξείδιο του αζώτου, σε διάστημα ενός χρόνου στην πόλη Suwon. Ωστόσο, τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην υγεία του 1.118.000 κατοίκων της πόλης Suwon έχουν τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπερβάσεις που σημειώθηκαν προκάλεσαν το θάνατο σε 105,5 ανθρώπους από τους συνολικά 4.254 θανάτους σε διάστημα ενός χρόνου.^[25]

2.1.4 Αξιολόγηση των επιπτώσεων στην υγεία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη της Τεχεράνης.

Οι στόχοι της έρευνας ήταν να παράσχει ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των ανθρώπων που ζουν στην πόλη Τεχεράνη, την πιο πυκνοκατοικημένη πόλη του Ιράν, με τη χρήση του μοντέλου AirQ2.2.3. Όπως και άλλες μεγάλες πόλεις, η Τεχεράνη αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα σχετικά με την ποιότητα του αέρα. Σε γενικές γραμμές, το 20% της συνολικής ενέργειας της χώρας καταναλώνεται στην Τεχεράνη. Οι ρύποι όπως PM₁₀, SO₂, NO₂, HC, O₃ και CO είναι εκ των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων στην περιοχή της Τεχεράνης, όπου περίπου 80-85% των οποίων παράγεται από κινητές πηγές ρύπανσης.

Τα αποτελέσματα της μελέτης εκτιμούν ότι το μέγεθος των επιπτώσεων για την υγεία των πολιτών της Τεχεράνης και υπογραμμίζουν την ανάγκη για επείγουσα δράση προκειμένου να μειωθεί η επιβάρυνση της υγείας από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Συγκεκριμένα, η υψηλότερη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) ανιχνεύθηκε κατά τη θερινή περίοδο, με μέγιστη τιμή 329,95 μg/m³. Για το όζον (O₃) η μέγιστη συγκέντρωση (κατά μέσο όρο 8 ωρών) που ανιχνεύτηκε ήταν 187 μg/m³ και όπως αναμενόταν παρατηρήθηκε το καλοκαίρι. Αντιθέτως, οι μέγιστες συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου (NO₂) και διοξειδίου του θείου (SO₂), ήταν 163,85 και 313,27 μg/m³, αντιστοίχως και εντοπίστηκαν κατά τη χειμερινή περίοδο. Τα λαμβανόμενα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι ο ετήσιος μέσος όρος των σωματιδίων PM₁₀ στην Τεχεράνη ήταν 1,3 φορές μεγαλύτερος από τον κατά μέσο όρο στον υπόλοιπο κόσμο που είναι 71 μg/m³ και 4,5 φορές μεγαλύτερος από τις ενδεικτικές τιμές που καθορίζονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Επίσης, ο ετήσιος μέσος όρος των συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου (NO₂) στην Τεχεράνη ήταν 2,1 φορές μεγαλύτερος από την κατευθυντήρια γραμμή που προβλέπεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις για την υγεία, τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην υγεία των 8.700.000 κατοίκων της Τεχεράνης, έχουν τα σωματίδια (PM₁₀) προκαλώντας τους 2.194 θανάτους από τους συνολικά 47.284 σε διάστημα ενός χρόνου. Από την επίδραση των υπολοίπων εξεταζόμενων ατμοσφαιρικών ρύπων: SO₂, NO₂ και O₃ προκλήθηκαν περίπου, 1.458, 1.050 και 819 περιπτώσεις θανάτων, αντίστοιχα, σε ένα έτος. [27]

2.1.5 Ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία σχετικά με την ποιότητα του αέρα στη βιομηχανοποιημένη περιοχή της βόρειας Ιταλίας.

Η ποιότητα του αέρα είναι ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την υγεία του ανθρώπου. Πολίτες και αρμόδιες αρχές συνειδητοποιούν τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει για την υγεία τους η ατμοσφαιρική ρύπανση, ανησυχούν όλο και περισσότερο γι' αυτό το φαινόμενο και ζητούν να συμμετέχουν στις αποφάσεις καταπολέμησης του.

Οι στόχοι της μελέτης σχετικά με την ποιότητα του αέρα στις δύο βιομηχανοποιημένες και πυκνοκατοικημένες πόλεις της βόρειας Ιταλίας ήταν να παρέχει ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία των ανθρώπων που ζουν στην περιοχή, μέσα από την προσέγγιση που προτείνεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, χρησιμοποιώντας το λογισμικό AirQ2.2.3. Καθημερινές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) και των αιωρούμενων σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου ≤10 μm (PM₁₀) και ≤2.5 μm (PM_{2.5}) χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της υγείας του ανθρώπου για όλες τις αιτίες (καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις).

Οι τοπικές αρχές σε αυτούς τους δήμους, με σκοπό να σχεδιάζουν την περαιτέρω επέκταση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων στην περιοχή, ζήτησαν να πραγματοποιηθεί μια ποσοτική εκτίμηση των επιπτώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία για τους ανθρώπους που ζουν σε αυτόν τον τομέα. Οι ρύποι που

επιλέχθηκαν ήταν το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το όζον (O₃) και τα αιωρούμενα σωματίδια, διότι αυτά είχαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τα πρότυπα ποιότητας του αέρα.

Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις εκτιμήθηκαν για τα σωματίδια PM_{2.5} ως έτη ζωής που χάνονται. Λαμβάνοντας υπόψη τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις των PM_{2.5} είχαν το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην υγεία των 24.000 κατοίκων των δύο μικρών πόλεων, προκαλώντας τους 8 από τους 177 θανάτους σε ένα χρόνο. Το όζον (O₃) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) προκάλεσαν το καθένα περίπου τρεις φορές περισσότερες θανατηφόρες περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα θνησιμότητας από όλες τις αιτίες (καρδιοπνευμονικές παθήσεις και καρκίνος του πνεύμονα), σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις έδειξαν να χάνονται, αντίστοιχα για τα αιωρούμενα σωματίδια, το όζον και το διοξείδιο του αζώτου, 433, 180, και 72 έτη ζωής, σε ένα χρόνο. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν συμφωνούν και με άλλες αναφορές της επίδρασης στην ανθρώπινη υγεία της ποιότητας του αέρα και το λογισμικό AirQ φαίνεται να αποτελεί ένα αποτελεσματικό και εύκολο εργαλείο, χρήσιμο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. [28]

2.1.6 Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή της Μέκκα.

Ο κύριος στόχος και αυτής της εργασίας ήταν να καταφέρει διερευνήσει τις επιπτώσεις στην υγεία λόγω των ατμοσφαιρικών σωματιδίων με διάμετρο 10 μικρομέτρων ή λιγότερο (PM₁₀) στην περιοχή της Μέκκα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα σωματίδια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από πολυάριθμες φυσικές και τεχνητές πηγές και σχηματίζονται κατά την συμπύκνωση των αερίων και ατμών. Η αυξημένη δραστηριότητα των προσκυνητών στη Μέκκα σε συγκεκριμένες περιόδους ετησίως, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των συγκεντρώσεων σωματιδίων, που παράγονται λόγω της αύξησης της κυκλοφορίας των οχημάτων και από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή. Επιπλέον, η τρέχουσα μελέτη με τη χρήση του μοντέλου AirQ2.2.3, υποδεικνύει τον αριθμό των εισαγωγών στο νοσοκομείο λόγω αναπνευστικών νόσων και κάθε σχετικό κίνδυνο έπειτα από υπερβάσεις στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) στην περιοχή δειγματοληψίας.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) στη Μέκκα υπερβαίνουν τόσο τα εθνικά όσο και τα διεθνή πρότυπα ποιότητας του αέρα, που καθορίζονται για την προστασία της υγείας του ανθρώπου και ως εκ τούτου μπορεί να αποτελέσει απειλή για την ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για τις πιο ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού, όπως οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και πολίτες με μακροχρόνια προβλήματα υγείας. [29]

2.1.7 Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου.

Η μελέτη αυτή ξεκίνησε με σκοπό την εκτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία, που προκαλούνται εξαιτίας των αυξημένων συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀). Για να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών του Βόλου, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πέντε ετών (2007 έως 2011) χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο AirQ2.2.3. Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων και ιδιαίτερα των αιωρούμενων σωματιδίων για την περιοχή του Βόλου αποτελούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων σε οχήματα και σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι βιομηχανικές προ-διεργασίες ή τα φυσικά φαινόμενα, όπως μεταφορά σκόνης από την περιοχή της Σαχάρας εξαιτίας των ανέμων.

Τα επίπεδα συγκέντρωσης των PM₁₀ σύμφωνα με τα αποτελέσματα για την περιοχή του Βόλου και κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, παραμένουν πάνω από τις οριακές τιμές που έχει ορίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση και που αποτελεί φαινόμενο όχι μόνο για μεγάλες πόλεις αλλά και για μεσαίου μεγέθους πόλεις. Ενώ, η υψηλή μέση ημερήσια συγκέντρωση των PM₁₀ παρατηρήθηκε ότι διπλασίασε τον κίνδυνο των παροξύνσεων του άσθματος ακόμη και σε νεότερους ανθρώπους και παιδιά.

Είναι λοιπόν προφανές, πως ο αριθμός των σοβαρών περιπτώσεων, ανά 100.000 κατοίκους των πόλεων εξετάστηκαν, αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀). Επιπλέον, φαίνεται ότι κατά τα διαστήματα που η συγκέντρωση των PM₁₀ ήταν άνω των 250 μg/m³ κατά τη διάρκεια του έτους, στην περιοχή του Βόλου, οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων ήταν μεγαλύτερες. Άρα, όταν ο πληθυσμός μιας πόλης εκτίθεται σε επίπεδα συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων μεγαλύτερα από 250 μg/m³ για μεγάλο αριθμό ημερών κατά τη διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους, τότε ο αριθμός των σοβαρών περιπτώσεων αυξάνεται δραματικά. ^[30]

2.1.8 Εκτίμηση των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.

Ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας ήταν η αξιολόγηση του ετήσιου αριθμού εισαγωγών σε νοσοκομεία σοβαρών περιστατικών, λόγω της έκθεσης σε εισπνεόμενες σωματιδιακές ουσίες (PM₁₀), στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, στην Ελλάδα. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, μελετήθηκαν σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 10 μm (PM₁₀), που καταγράφηκαν από έξι σταθμούς παρακολούθησης, για μια δεκαετή περίοδο 2001-2013. Εφαρμόζοντας το μοντέλο AirQ2.2.3 υπολογίζεται ο σοβαρός κίνδυνος αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπινων κοινοτήτων, ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε σωματίδια. Τα αποτελέσματα άλλων παρόμοιων εκθέσεων έδειξαν ότι η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία του πληθυσμού αποτελεί πλέον κρίσιμη συνιστώσα στη συζήτηση πολιτικής.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ των αρνητικών επιπτώσεων και των επιπέδων έκθεσης σε αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων για την περιοχή της Αθήνας ξεπερνούσαν το ετήσιο όριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (40 μg/m³) μέχρι το 2010, ενώ οι συγκεντρώσεις του ρύπου για όλους τους εξεταζόμενους σταθμούς παραμένουν κάτω από το ετήσιο όριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά την περίοδο 2011-2013.

Ωστόσο, κατά τα τελευταία χρόνια, η ποιότητα της ατμόσφαιρας (όσον αφορά τα σωματίδια PM₁₀) βελτιώνεται, έχοντας θετικό αντίκτυπο στη δημόσια υγεία. Σύμφωνα με όσα είναι γνωστά, αυτό είναι το αποτέλεσμα πολλών διαφορετικών μέτρων και δράσεων που έχουν ληφθεί από το κράτος. [32]

2.2 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ AIRQ2.2.3 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε προκειμένου να παράσχει στοιχεία για τις πιθανές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία λόγω των ατμοσφαιρικών ρύπων, σε βραχυπρόθεσμο επίπεδο, σχετικά με τη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα των ανθρώπων στην περιοχή της Λάρισας. Για το λόγο αυτό, στις παρακάτω ενότητες, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο AIRQ2.2.3, για τον υπολογισμό των συνολικών περιστατικών που νόσησαν ανά 100,000 άτομα πληθυσμό, για κάθε ρύπο και έτος ξεχωριστά.

2.2.1 Τα επίπεδα συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία, που προκαλούνται λόγω των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα στην περιοχή της Λάρισας. Αρχικά, υπολογίστηκαν τα περιστατικά που νόσησαν ανά 100,000 άτομα πληθυσμό, για κάθε έτος ξεχωριστά, ανάλογα τις τιμές των συγκεντρώσεων του ρύπου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

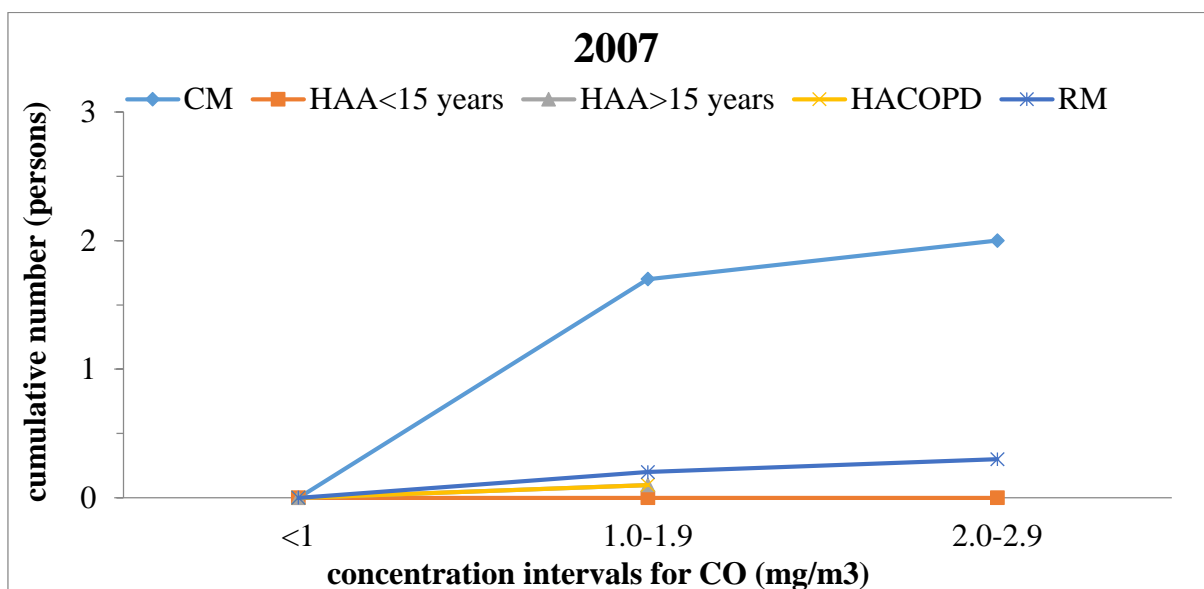
Διαστήματα συγκεντρώσεων ρύπου (ανά mg/m ³)	2007	2008	2010	2011	2013
<1.0	0	0	0	0	0
1.0-1.9	0,4	0,2	0,2	0,4	0,5
2.0-2.9	0,6	0	0,5	0,6	1,1

Πίνακας 3.2.1(α): Διαστήματα συγκεντρώσεων μονοξειδίου του άνθρακα

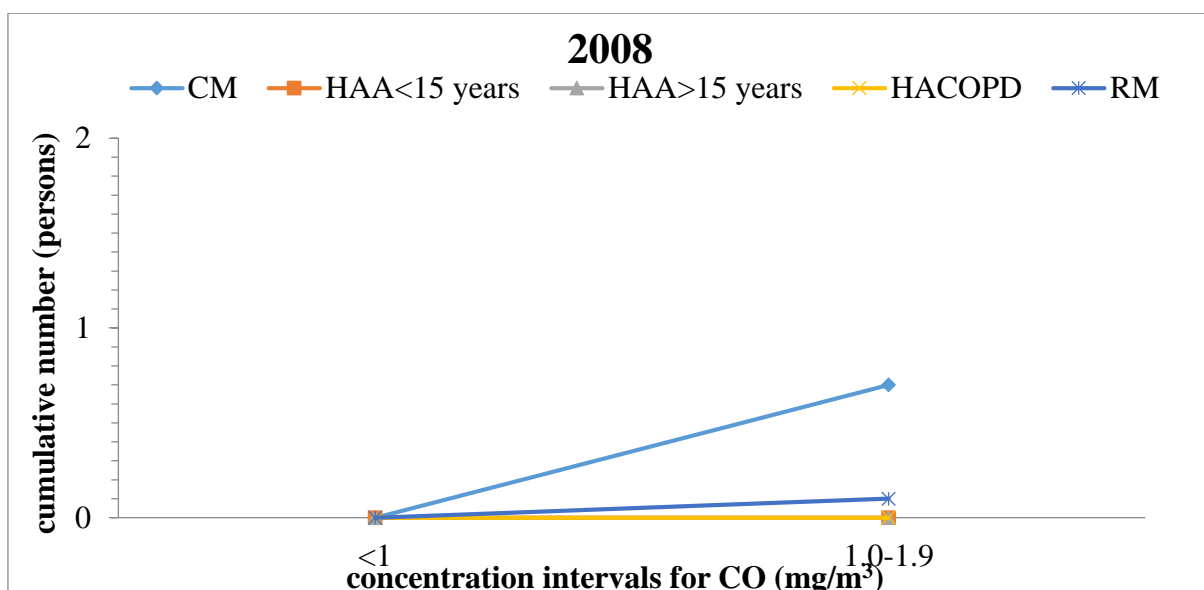
Όπως προκύπτει και από τον πίνακα 3.2.1(α) για συγκεντρώσεις <1,0 mg/m³ ανά 1000 άτομα πληθυσμό τα περιστατικά είναι μηδενικά για όλα τα έτη που

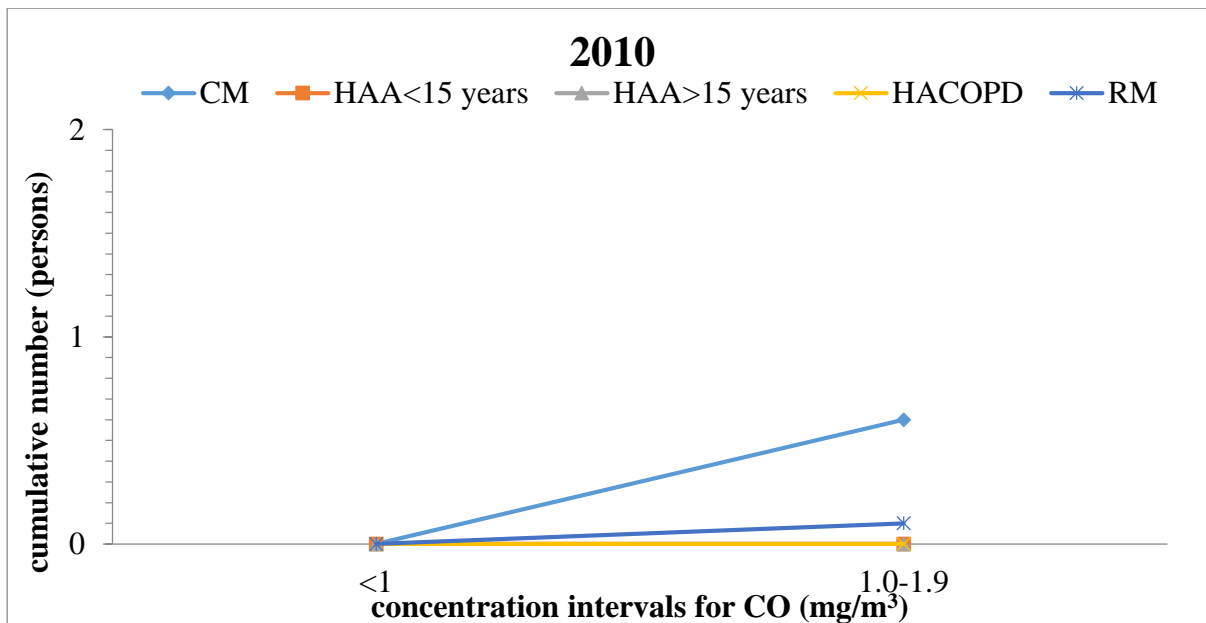
πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Για συγκεντρώσεις της τάξεως 1,0-1,9 mg/m³ παρατηρείται μία μείωση των περιστατικών το 2008 και το 2010, ενώ για τιμές 2,0–2,9 mg/m³ από το 2010 μέχρι το 2013 σημειώνεται αύξηση των κρουσμάτων που νόσησαν.

Στη συνέχεια, μελετήθηκε ο συσσωρευτικός αριθμός των ατόμων που νόσησαν ανάλογα τα διαστήματα συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα, για κάθε ασθένεια και έτος ξεχωριστά.

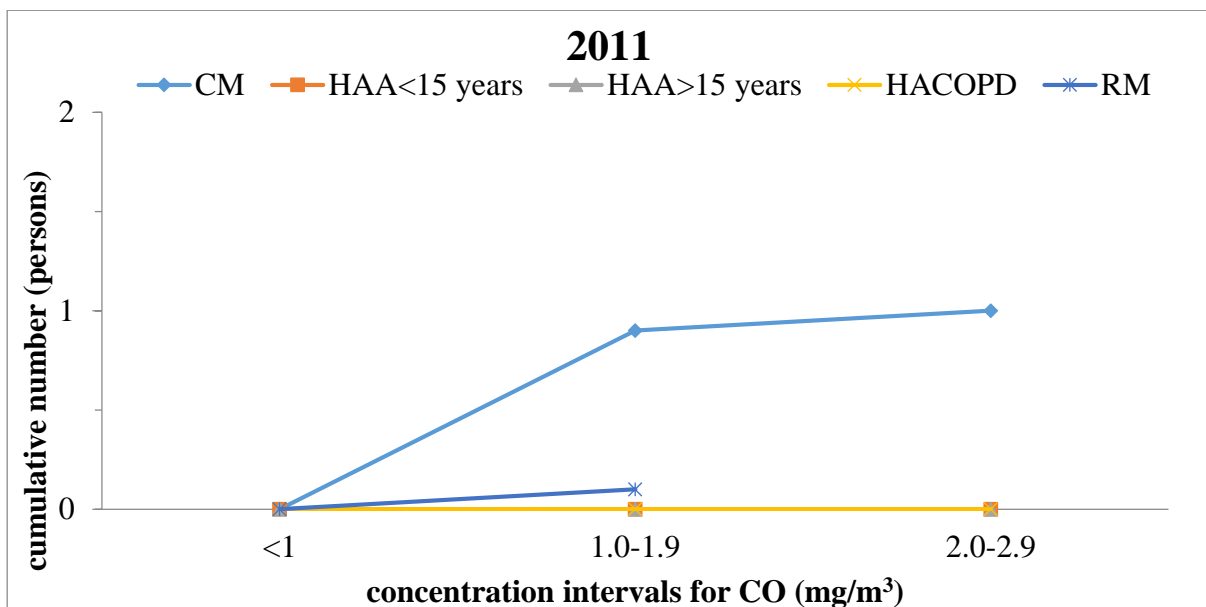


Για το έτος 2007, σύμφωνα με τα δεδομένα της μελέτης, όπως αυτά αποτυπώνονται στο παραπάνω διάγραμμα, τα κρούσματα άσθματος για άτομα πάνω των 15 ετών και τα περιστατικά θνησιμότητας από αναπνευστικά προβλήματα ανέρχονται σε τιμές χαμηλότερες του ενός. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα θανατηφόρα περιστατικά λόγω καρδιοπάθειας για συγκεντρώσεις <1,0 mg/m³ είναι μηδενικά, ενώ για συγκεντρώσεις της τάξεως του 2,0–2,9 mg/m³, τα κρούσματα ανέρχονται σε δύο ανθρώπους ετησίως.

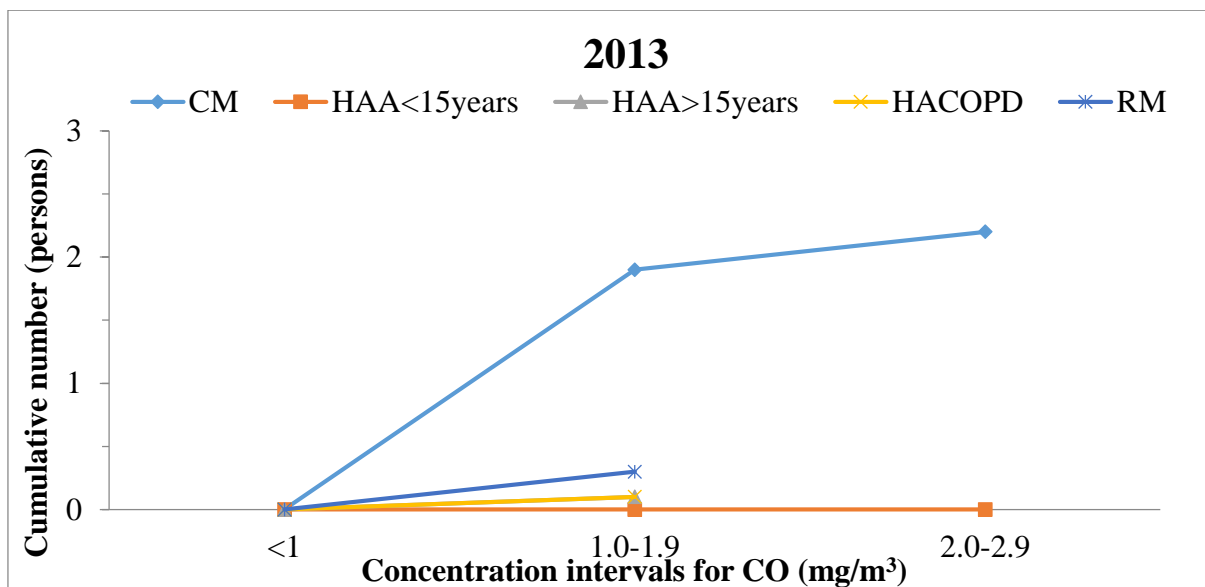




Από τα διαγράμματα για το 2008 και το 2010 παρουσιάζεται μία σχετικά μικρή μείωση των θανατηφόρων κρουσμάτων από καρδιοπάθειες και αναπνευστικά προβλήματα ενώ, οι περιπτώσεις ανθρώπων που νόσησαν από άσθμα είναι μηδενικές. Συγκεκριμένα, για τα αποτελέσματα των θανατηφόρων περιστατικών από καρδιοπάθειες για το 2008 και 2010, όπως αποτυπώνονται στα δύο παραπάνω διαγράμματα, οι τιμές ανέρχονται στο 0,7 και 0,6 αντίστοιχα για συγκεντρώσεις της τάξεως του 1,0 – 1,9 mg/m³, ενώ για τα θανατηφόρα κρούσματα από αναπνευστικά προβλήματα είναι σχεδόν μηδενικά.



Το 2011, οι περιπτώσεις των ανθρώπων που νόσησαν από άσθμα παραμένουν μηδενικές, όπως και τα προηγούμενα έτη. Επίσης, σταθερά παραμένουν τα αποτελέσματα των θανατηφόρων κρουσμάτων λόγω αναπνευστικών προβλημάτων. Αντιθέτως, παρουσιάζεται σταδιακή αύξηση της θνησιμότητας από καρδιοπάθειες, με τα κρούσματα να ανέρχονται στο ένα άτομο, κατά το 2011.



Από το παραπάνω διάγραμμα, για το έτος 2013, τα αποτελέσματα των θανατηφόρων κρουσμάτων λόγω αναπνευστικών προβλημάτων αυξάνονται σε ένα πολύ μικρό βαθμό και επιπλέον, υπάρχει περαιτέρω αύξηση της θνησιμότητας από καρδιοπάθειες, με τα κρούσματα να ανέρχονται στα δύο άτομα.

Χρησιμοποιώντας τις ωριαίες τιμές των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), αναγράφεται σε μορφή πίνακα η πορεία των μέγιστων και μέσων τιμών των συγκεντρώσεων του ρύπου, η εξέλιξή του κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο και το πλήθος των μετρήσεων τις δύο αυτές περιόδους. Επιπλέον, υπολογίζεται το 98^ο εκατοστημόριο, το οποίο αποτελεί γενίκευση της έννοιας της διαμέσου.

CO (mg/m ³)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ANNUAL MEAN	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
COLD PERIOD MEAN	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
WARM PERIOD MEAN	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
ANNUAL 98 PERCENTILE	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
ANNUAL MAX	0,8	0,6	0,7	0,5	0,6	0,8	0,6
COLD PERIOD MAX	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9
WARM PERIOD MAX	0,7	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
COLD PERIOD OBSERVATIONS	5088	5112	5088	5088	5088	5112	5088
WARM PERIOD OBSERVATIONS	3672	3672	3672	3672	3672	3672	3672

Πίνακας 3.2.1(β): Ετήσιες μέσες και μέγιστες τιμές μονοξειδίου του άνθρακα (ανά mg/m³)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα 3.2.1(α), κατά την ψυχρή περίοδο οι τιμές παρατηρούνται αυξημένες, συγκριτικά με τις τιμές της θερμής περιόδου τόσο για τις μέσες όσο και τις μέγιστες τιμές του ρύπου. Αντιπαραθέτοντας, το γράφημα των μηνιαίων τιμών του κεφαλαίου 2.4.2 παρατηρείται ότι οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων κατά τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζουν αύξηση και τους θερινούς μήνες μείωση, όπου συμπεραίνεται η εποχικότητα του μονοξειδίου του άνθρακα, φαινόμενο το οποίο παρατηρείται και στα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα για τις μέσες και μέγιστες τιμές των ετήσιων συγκεντρώσεων. Από τον υπολογισμό του 98^{ου} εκατοστημορίου, προκύπτει ότι το 98% των τιμών είναι μικρότερες του 2,2, με τη μέγιστη τιμή να ανέρχεται στα 4,2 mg/m³.

2.2.2 Τα επίπεδα συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι αρνητικές επιπτώσεις του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) στην ανθρώπινη υγεία, στην περιοχή της Λάρισας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, οι οποίες επεξεργάστηκαν με τη χρήση του μοντέλου AIRQ2.2.3. Για το διοξείδιο του αζώτου πρέπει να σημειωθεί ότι η μεγάλη έκθεση σε αρκετές υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου, είναι ικανή να προκαλέσει πολύ σοβαρά προβλήματα του αναπνευστικού συστήματος, ενώ μπορεί να επιφέρει και θανατηφόρα περιστατικά.

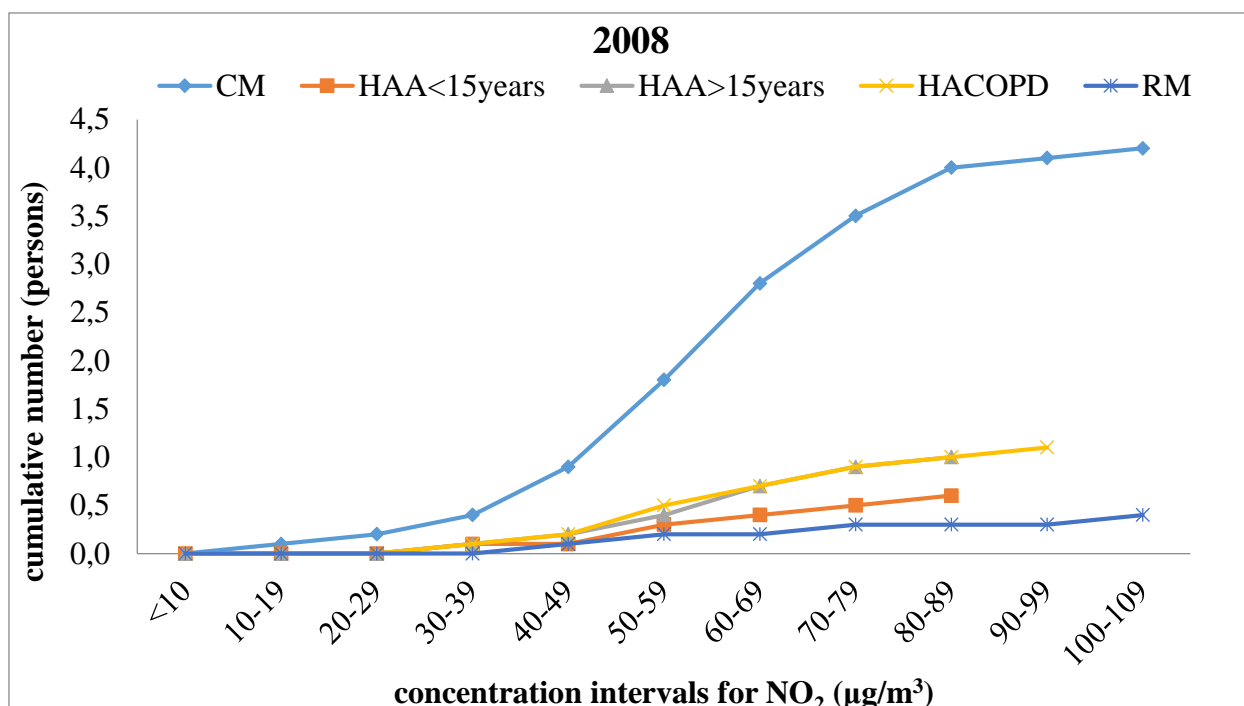
Αρχικά, στον παρακάτω πίνακα, υπολογίστηκαν τα περιστατικά που νόσησαν ανά 100,000 άτομα πληθυσμό, για κάθε έτος ξεχωριστά, ανάλογα τα διαστήματα των συγκεντρώσεων του ρύπου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Διαστήματα συγκεντρώσεων ρύπου (ανά mg/m ³)	2008	2009	2011	2012	2013
0-9	0	0	0	0	0
10-19	0	0	0	0	0
20-29	0,3	0,1	0,2	0	0
30-39	0,8	0,2	0,6	0,1	0,2
40-49	1,2	0,3	0,9	0,6	0,7
50-59	1,4	0,6	1	1,3	1,4
60-69	1,5	0,9	1,2	1,8	1,7
70-79	1,9	1,2	2,4	1,9	1,8
80-89	2,4	1,6	2,7	2,3	2,5
90-99	-	1,8	-	2,7	-
100-109	-	2,3	-	2,8	-

Πίνακας 3.2.2(α): Διαστήματα συγκεντρώσεων διοξειδίου του αζώτου

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 3.2.2(α) για τα διαστήματα των συγκεντρώσεων 0-9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και 10-19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ανά 100,000 άτομα πληθυσμό τα περιστατικά είναι μηδενικά για όλα τα έτη που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Κατά το έτος 2009 παρατηρείται μία μείωση των περιστατικών για όλα τα διαστήματα των συγκεντρώσεων του ρύπου, συγκριτικά με το έτος 2008. Επιπλέον, για τα έτη από το 2011 μέχρι το 2013 που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, παρατηρείται μία σταδιακή αύξηση των κρουσμάτων που νόσησαν, για κάθε διάστημα του ρύπου.

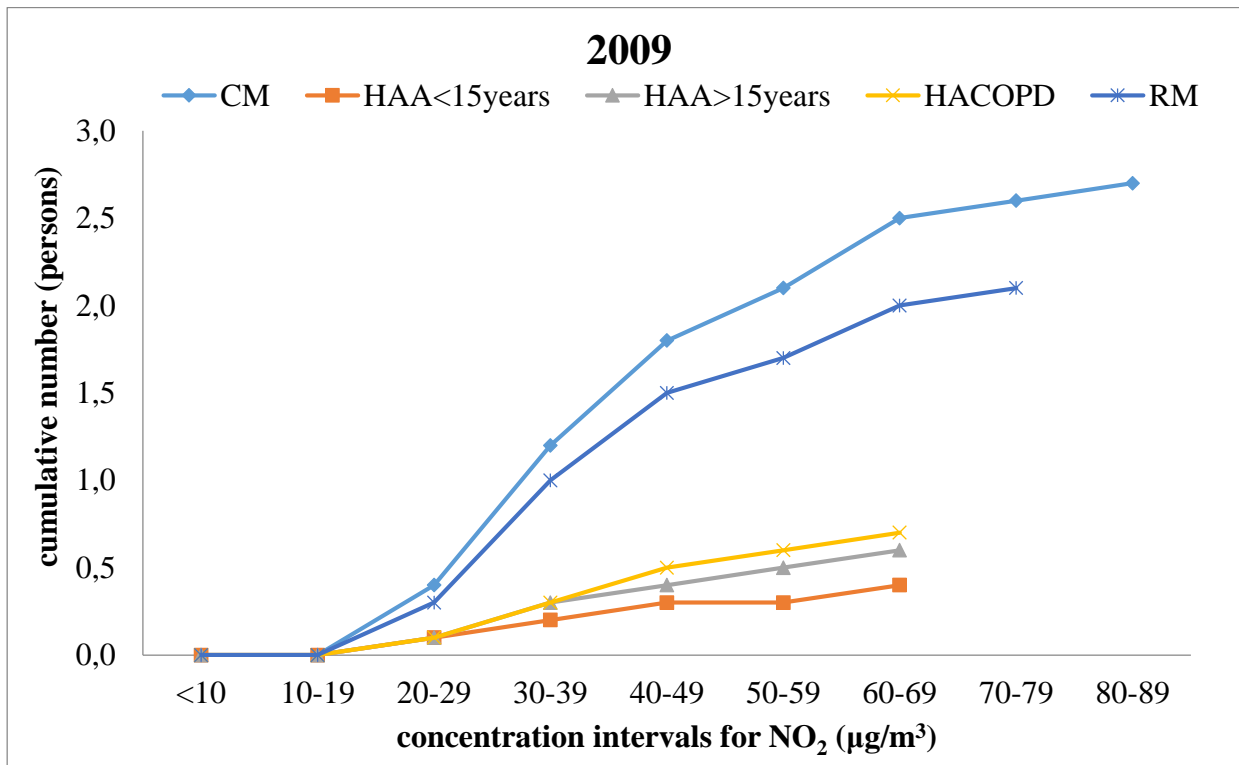
Στη συνέχεια και όπως αποτυπώνεται στα παρακάτω γραφήματα, μελετήθηκε ο συσσωρευτικός αριθμός των ατόμων που νόσησαν ανάλογα τα διαστήματα συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου, για κάθε ασθένεια και έτος ξεχωριστά.



Σύμφωνα με το παραπάνω γράφημα για το διάστημα των συγκεντρώσεων της τάξεως του 30-39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, συμπεραίνεται ότι ο συσσωρευτικός αριθμός των ανθρώπων που νόσησαν για κάθε κατηγορία ασθένειας που αναφέρεται, είναι χαμηλότερος του ένα. Για τις τιμές 40-49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, παρατηρείται ότι για τα θανατηφόρα καρδιακά περιστατικά (CM), ο σωρευτικός αριθμός είναι πολύ κοντά στο ένα και αυξάνεται καθώς αυξάνονται και τα διαστήματα των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου. Χαρακτηριστικά, για το διάστημα από 100 έως 109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ τα κρούσματα των θανατηφόρων κρουσμάτων από καρδιοπάθειες ανέρχεται στα τέσσερα άτομα.

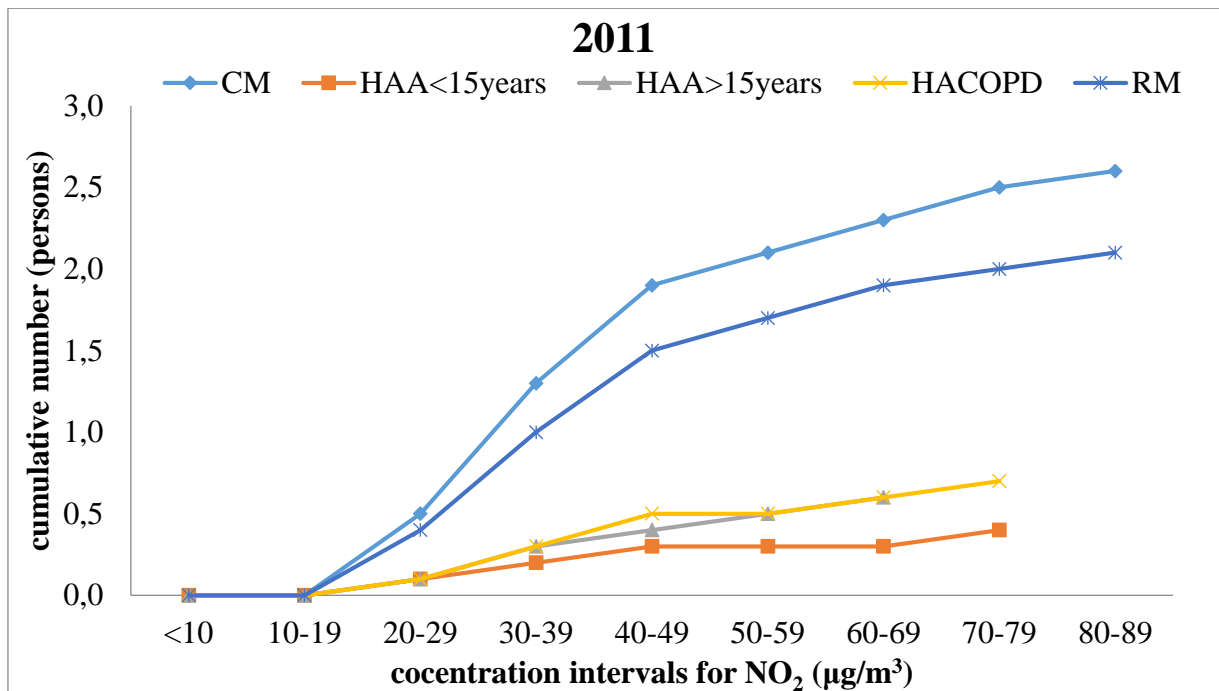
Επιπλέον, για τα περιστατικά λόγω άσθματος για ανθρώπους άνω των 15 ετών (HAA>15years) και εισαγωγών στο νοσοκομείο λόγω χρόνιων αναπνευστικών προβλημάτων (HACOPD) για τις συγκεντρώσεις του ρύπου 80-89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ο συσσωρευτικός αριθμός των ανθρώπων που νόσησαν, είναι της τάξεως του ένα. Για τα περιστατικά λόγω άσθματος για ανθρώπους κάτω των 15 ετών (HAA<15years) και των θανατηφόρων κρουσμάτων λόγω αναπνευστικών προβλημάτων (RM) ο συσσωρευτικός

αριθμός είναι μικρότερος του ένα, για κάθε διάστημα των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου.

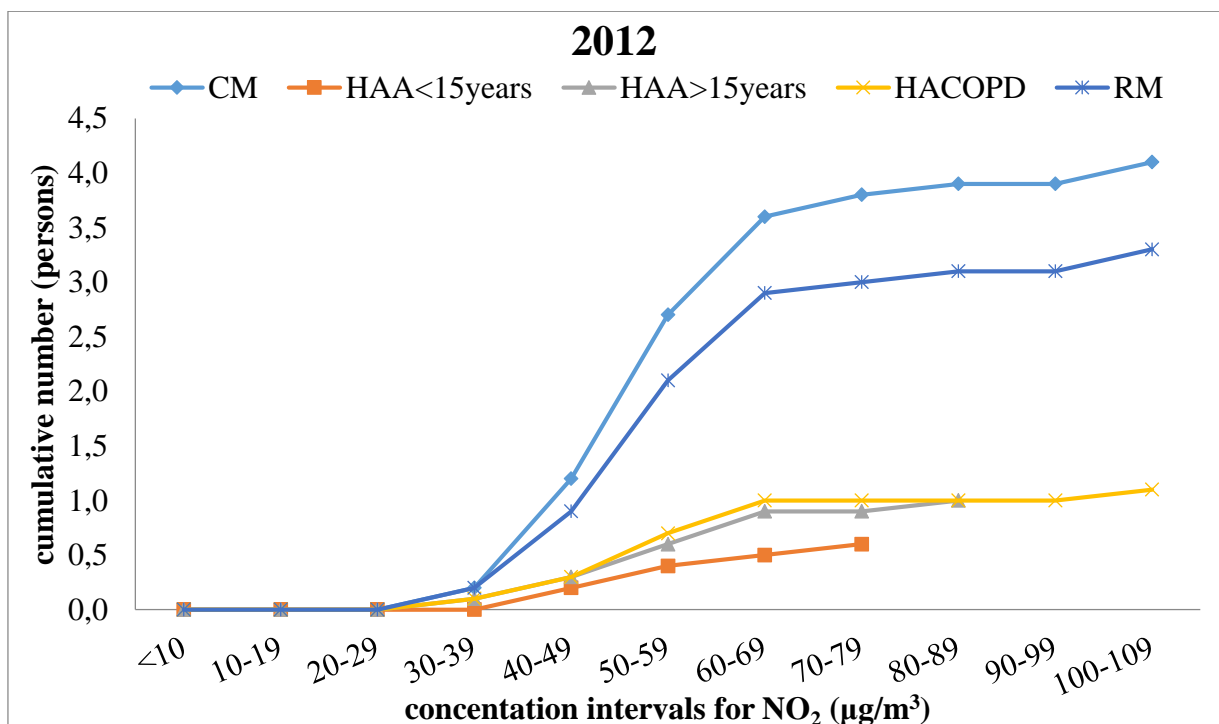


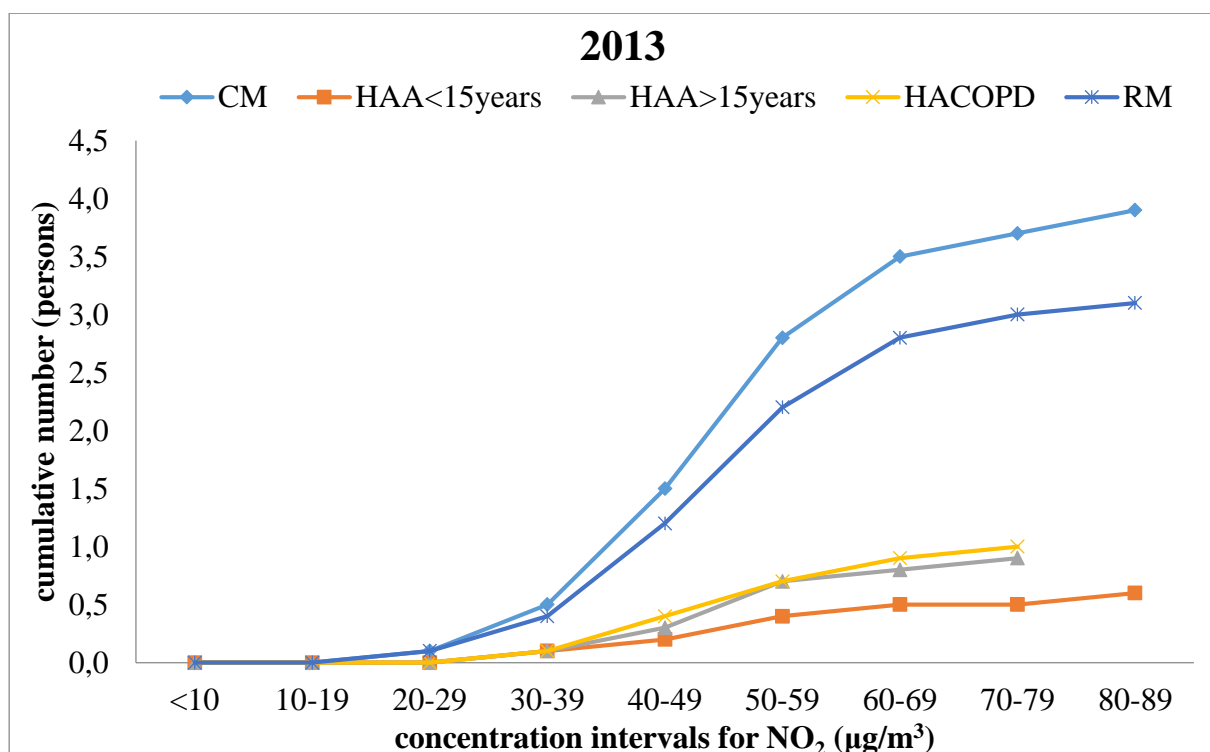
Κατά το 2009 παρατηρείται μία σχετικά μικρή μείωση των συγκεντρώσεων του ρύπου και συνεπώς των περιστατικών που νόσησαν, ωστόσο αξιοσημείωτη είναι η αύξηση των θανατηφόρων κρουσμάτων λόγω αναπνευστικών προβλημάτων (RM). Συγκεκριμένα, για συγκεντρώσεις της τάξεως του 60-69 µg/m³ και 70-79 µg/m³ ο σωρευτικός αριθμός ανέρχεται στα δύο άτομα ετησίως.

Βάσει του διαγράμματος που ακολουθεί για το 2011, παρατηρείται μία πολύ μικρή μεταβολή της πορείας κάθε ασθένειας συγκριτικά με τα αποτελέσματα του έτους 2008, για κάθε διάστημα συγκεντρώσεων του ρύπου.



Κατά τα δύο τελευταία έτη (2012 και 2013) που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις για το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), προκύπτει αύξηση των τιμών του σωρευτικού αριθμού των ανθρώπων κυρίως στις περιπτώσεις των θανατηφόρων περιστατικών που οφείλονται τόσο σε αναπνευστικά προβλήματα (RM), όσο και σε καρδιοπάθειες (CM). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των κρουσμάτων άσθματος (HAA) και εισαγωγών στο νοσοκομείο λόγω χρόνιων αναπνευστικών προβλημάτων (HACOPD), δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη μεταβολή, σε σχέση με τα γραφήματα προηγούμενων ετών.





Στον παρακάτω πίνακα αναγράφεται η πορεία των μέγιστων και των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων του ρύπου (NO₂) καθώς και η εξέλιξή του κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο. Επιπλέον, υπολογίζεται το 98^ο εκατοστημόριο, το οποίο αποτελεί, όπως έχει αναφερθεί, μία γενίκευση της έννοιας της διαμέσου.

NO ₂ (µg/m ³)	2008	2009	2011	2012	2013
ANNUAL MEAN	29	22	21	34	31
COLD PERIOD MEAN	31	26	26	36	31
WARM PERIOD MEAN	23	16	16	29	-
ANNUAL 98 PERCENTILE	84	84	84	84	84
ANNUAL MAX	52	36	36	51	49
COLD PERIOD MAX	55	42	44	53	49
WARM PERIOD MAX	44	27	29	42	-
COLD PERIOD OBSERVATIONS	5112	5088	5088	5112	5088
WARM PERIOD OBSERVATIONS	3672	3672	3672	3672	-

Πίνακας 3.2.3(β): Ετήσιες μέγιστες και μέσες τιμές διοξειδίου του αζώτου ανά µg/m³.

Από το πίνακα 3.2.3(β) παρατηρείται αύξηση των τιμών κατά την ψυχρή περίοδο και μείωση τους τη θερμή περίοδο, είτε πρόκειται για τις μέσες τιμές είτε για τις μέγιστες. Παρατηρώντας, στο γράφημα των μηνιαίων τιμών του κεφαλαίου 2.4.3, συμπεραίνεται η εποχικότητα του διοξειδίου του αζώτου καθώς κατά τους χειμερινούς μήνες αυξάνονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων και μειώνονται τους θερινούς μήνες, όπως αντίστοιχα και οι ετήσιες τιμές των μέσων και μέγιστων τιμών του παραπάνω πίνακα. Σύμφωνα το 98^ο εκατοστημόριο και τα αποτελέσματα του πίνακα 3.2.3(β), το 98% των τιμών είναι μικρότερο του 84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, με τη μέγιστη τιμή των συγκεντρώσεων να φτάνει στα 109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.3 Τα επίπεδα συγκέντρωσης του όζοντος (O₃) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας

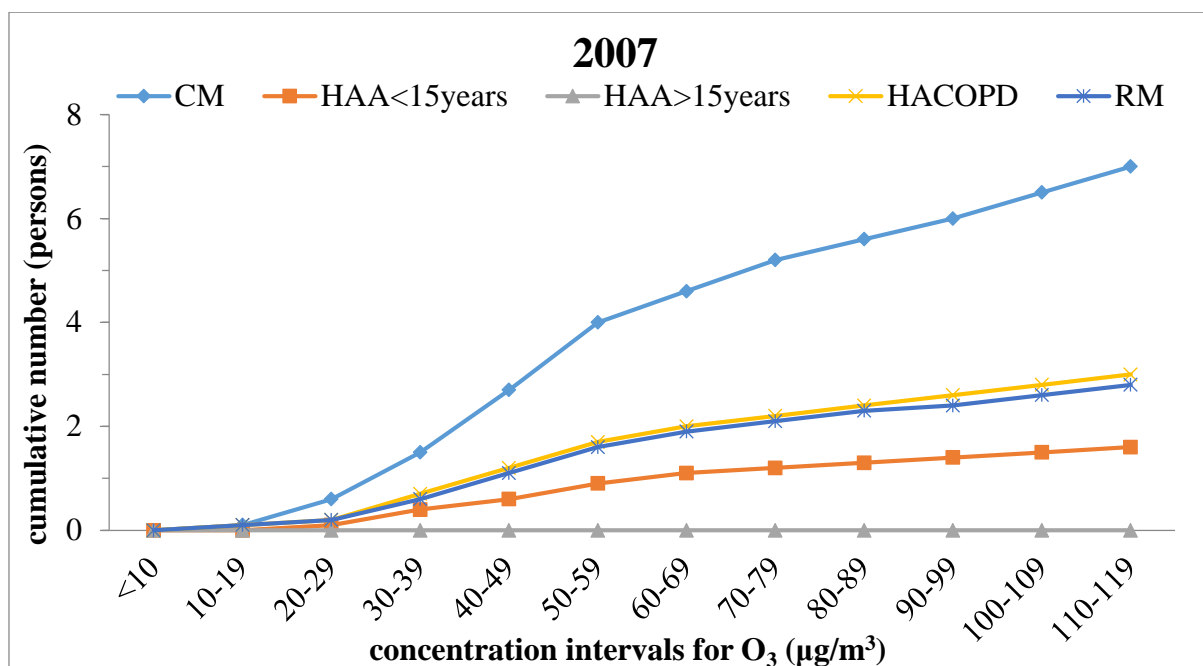
Αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, προκαλούνται και λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων του όζοντος στην πόλη της Λάρισας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η Λάρισα, αποτελεί μία περιοχή με μεγάλα διαστήματα ηλιοφάνειας που συμβάλλουν στην παράγωγή του ρύπου στην ανώτερη ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα συγκεντρώσεις του όζοντος να κατέρχονται και στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των περιστατικών που νόσησαν, ανά 100,000 άτομα πληθυσμό, όπως αυτά υπολογίστηκαν για κάθε έτος ξεχωριστά, ανάλογα τις τιμές των συγκεντρώσεων του ρύπου.

Διαστήματα συγκεντρώσεων ρύπου (ανά $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2007	2008	2009	2011	2012
0-9	0	0	0	0	0
10-19	0,1	0	0	0,1	0
20-29	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
30-39	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4
40-49	1,1	0,3	0,7	0,6	0,9
50-59	1,6	0,7	0,9	1,1	1,7
60-69	1,9	1,1	1,3	2,2	2,6
70-79	2,1	1,6	1,8	2,7	3,4
80-89	2,3	2,5	2,5	2,8	2,5
90-99	2,5	3,9	3,3	2,9	-
100-109	2,7	4,9	3,7	2,9	-
110-119	2,9	5,1	3,9	3,1	-

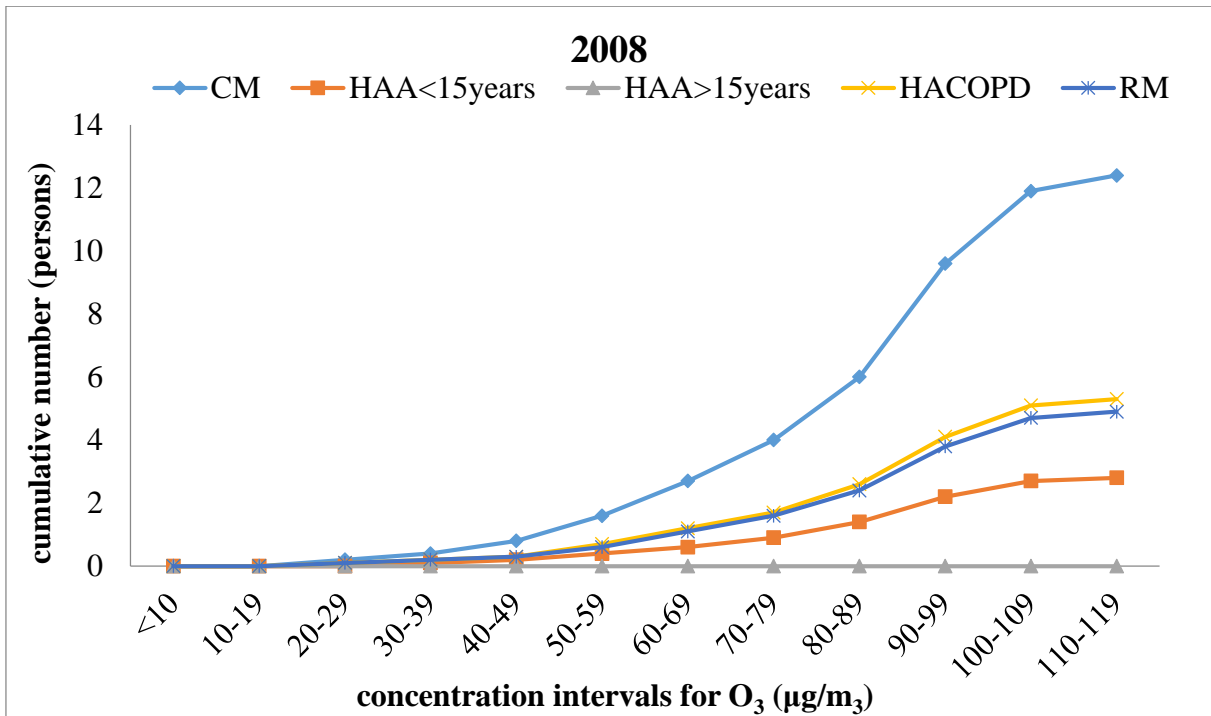
Πίνακας 2.3.4(α): Διαστήματα συγκεντρώσεων του όζοντος

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, για τα διαστήματα των συγκεντρώσεων από 0-9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ έως 70 – 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και για όλα τα χρόνια που ελήφθησαν μετρήσεις των συγκεντρώσεων του όζοντος (O_3), παρατηρείτε μία μείωση των κρουσμάτων που νόσησαν τα έτη 2008 και 2009, συγκριτικά με τα υπόλοιπα χρόνια. Αντιθέτως, για τα διαστήματα των συγκεντρώσεων από 80 – 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ μέχρι 110 – 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, συμπεραίνεται αύξηση των περιστατικών, το 2007 έως το 2009 και μείωση τους τα δύο τελευταία χρόνια, δηλαδή το 2011 και 2012.

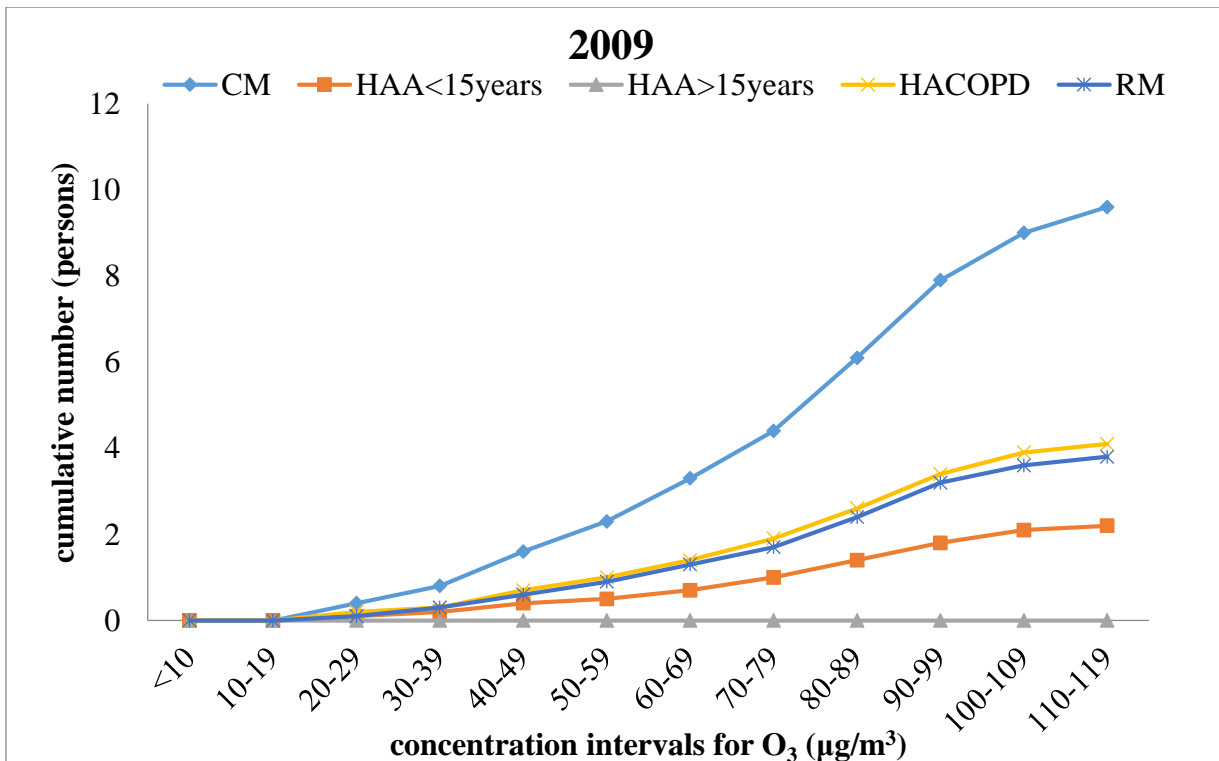
Τα διαγράμματα που ακολουθούν, φανερώνουν το συσσωρευτικό αριθμό των ατόμων που νόσησαν συγκριτικά με τα διαστήματα συγκεντρώσεων του ρύπου, για κάθε ασθένεια ξεχωριστά και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά έτος, ξεκινώντας από το 2007.



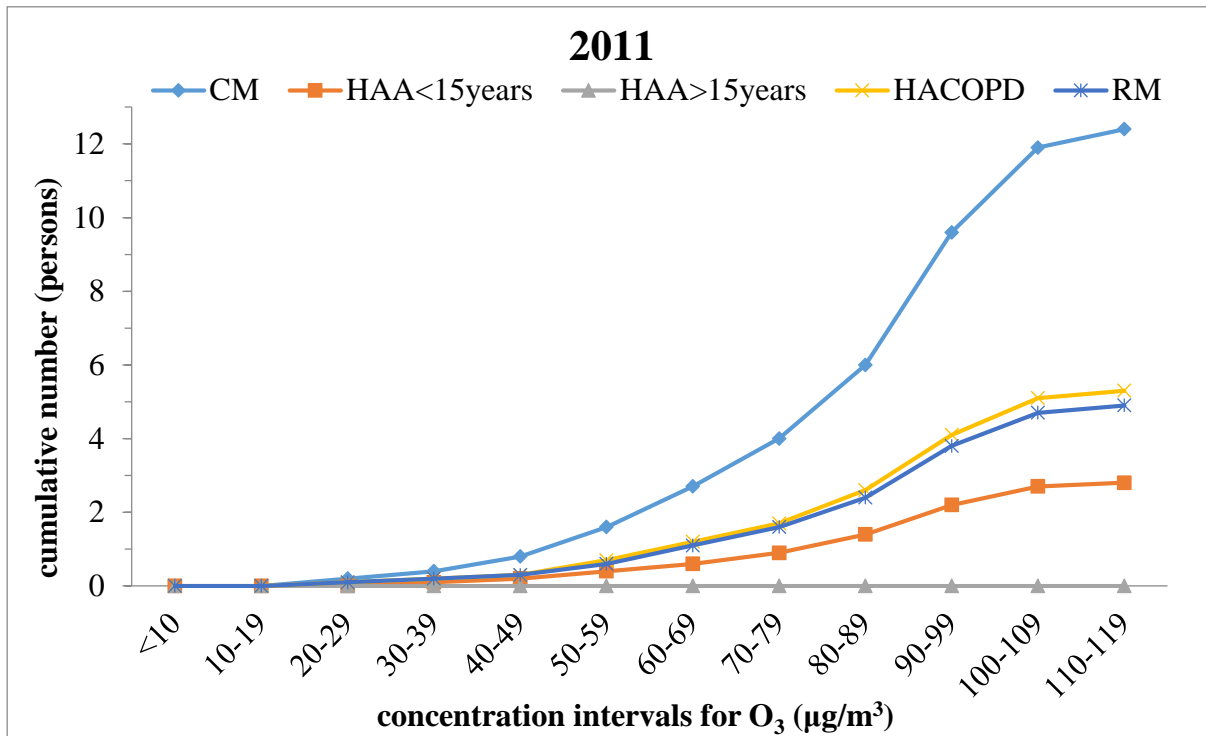
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι καθώς αυξάνονται τα διαστήματα των συγκεντρώσεων του ρύπου, αυξάνεται και ο αριθμός των ατόμων που νόσησαν από κάποια μορφή ασθένειας που συνδέεται άμεσα με την εμφάνιση του όζοντος στην ατμόσφαιρα. Για διαστήματα συγκεντρώσεων χαμηλότερα του 20 – 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, συμπεραίνεται ότι ο σωρευτικός αριθμός των ανθρώπων που νόσησαν για κάθε κατηγορία ασθένειας, είναι χαμηλότερος του ένα. Από την άλλη πλευρά, για το μέγιστο διάστημα συγκεντρώσεων του όζοντος, δηλαδή 110 – 119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, προκύπτει ότι τα κρούσματα θνησιμότητας από καρδιοπάθειες (CM), ανέρχονται στα επτά άτομα για το 2007, ενώ τα κρούσματα θνησιμότητας από αναπνευστικά προβλήματα ανέρχονται περίπου στα τρία άτομα (RM).



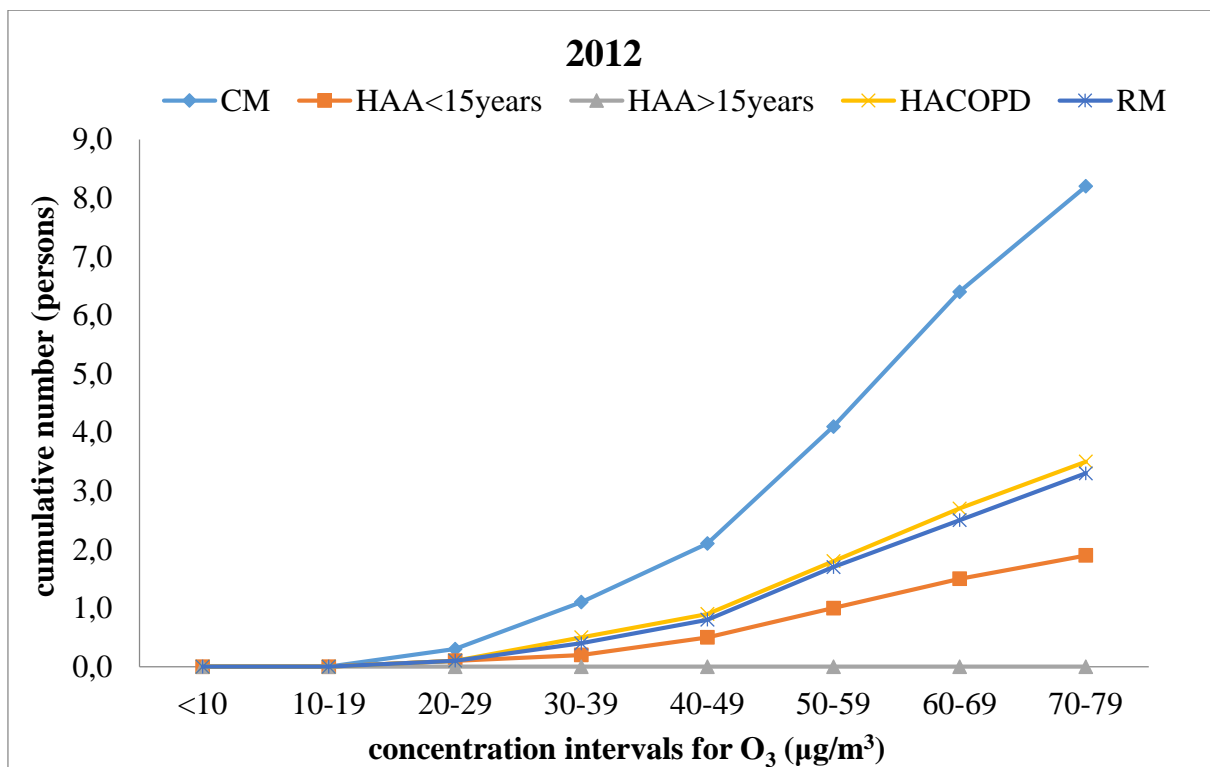
Με βάση το διάγραμμα για το έτος 2008, σημειώνεται μία σημαντική αύξηση του συσσωρευτικού αριθμού των ατόμων που νόσησαν για τα διαστήματα συγκεντρώσεων του όζοντος που είναι μεγαλύτερα της τάξεως των 60 – 69 µg/m³. Η αύξηση αυτή χαρακτηρίζει όλες της μορφές ασθενειών που μελετήθηκαν σύμφωνα με το μοντέλο AIRQ2.2.3 και αποτυπώνονται στα γραφήματα. Εξαιρέση αποτελεί μόνο η περίπτωση του άσθματος για ανθρώπους άνω των 15 ετών (HAA>15years), διότι δεν υπήρξε κανένας ασθενής για όλα τα διαστήματα συγκεντρώσεων του ρύπου.



Από το παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται μία σχετικά μικρή μείωση των όλων κρουσμάτων είτε πρόκειται για περιπτώσεις άσθματος (HAA) και γενικότερα αναπνευστικών προβλημάτων είτε για περιπτώσεις καρδιοπαθειών. Ωστόσο, όπως διαπιστώνεται από το γράφημα για το 2011, η πρωτική πορεία του σωρευτικού αριθμού των ατόμων που νόσησαν, συγκριτικά με τα διαστήματα των συγκεντρώσεων του ρύπου παύει να ισχύει και τα αποτελέσματα παρουσιάζουν και πάλι αύξηση. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κρούσματα που καταγράφηκαν ανάλογα την ασθένεια για το 2011 ταυτίζονται πλήρως με τα αποτελέσματα του γραφήματος του έτους 2008.



Ένα συμπέρασμα που προκύπτει μελετώντας όλα τα γραφήματα για το διοξείδιο του αζώτου ανά έτος από το 2007 που καταγράφονται οι μετρήσεις, είναι ότι τα περιστατικά των ανθρώπων που νόσησαν δεν παρουσιάζουν μία σταθερή πορεία. Αντιθέτως, από έτος σε έτος παρουσιάζονται σημαντικές αυξομειώσεις του συσσωρευτικού αριθμού των ατόμων που νόσησαν. Το 2012 τα περιστατικά σημειώνουν και πάλι αύξηση σε σχέση με το 2011, για όλες τις κατηγορίες ασθενειών.



Χρησιμοποιώντας τις ωριαίες τιμές των συγκεντρώσεων του όζοντος (O₃), παρουσιάζεται σε μορφή πίνακα η πορεία των μέγιστων και μέσων τιμών των συγκεντρώσεων του ρύπου και η εξέλιξή του κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο. Επίσης, υπολογίζεται το 98^ο εκατοστημόριο και αναγράφεται το πλήθος των μετρήσεων κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο.

O ₃ (µg/m ³)	2007	2008	2009	2011	2012
ANNUAL MEAN	29	55	39	33	27
COLD PERIOD MEAN	24	54	24	25	25
WARM PERIOD MEAN	39	56	64	43	37
ANNUAL 98 PERCENTILE	122	122	122	122	122
ANNUAL MAX	55	81	66	54	43
COLD PERIOD MAX	47	80	46	46	38
WARM PERIOD MAX	70	82	99	65	61
COLD PERIOD OBSERVATIONS	5088	5112	5088	5088	5112
WARM PERIOD OBSERVATIONS	3672	3672	3672	3672	3672

Πίνακας 3.2.4(β): Ετήσιες μέσες και μέγιστες τιμές όζοντος (ανά µg/m³)

Σε αντίθεση με τους ρύπους του μονοξειδίου του άνθρακα και του διοξειδίου του αζώτου, οι ετήσιες μέσες και μέγιστες τιμές του όζοντος, παρατηρούνται μειωμένες κατά τη ψυχρή περίοδο, ενώ αυξάνονται τη θερμή περίοδο. Σύμφωνα με το γράφημα των μηνιαίων τιμών του κεφαλαίου 2.4.4, για τις μέγιστες τιμές του ρύπου παρατηρείται το φαινόμενο της εποχικότητας, δηλαδή αυξημένες τιμές τους καλοκαιρινούς μήνες και μειωμένες τιμές τους χειμερινούς μήνες. Επομένως, μπορεί να γίνει άμεση συσχέτιση του φαινομένου αυτού και με τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα για τις ετήσιες μέσες και μέγιστες τιμές. Όσον αφορά το 98^ο εκατοστημόριο, προκύπτει ότι το 98% των τιμών του όζοντος είναι μικρότερο του 122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, με τη μέγιστη τιμή του ρύπου να ανέρχεται στα 186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.4 Τα επίπεδα συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου AIRQ2.2.3 για την πόλη της Λάρισας

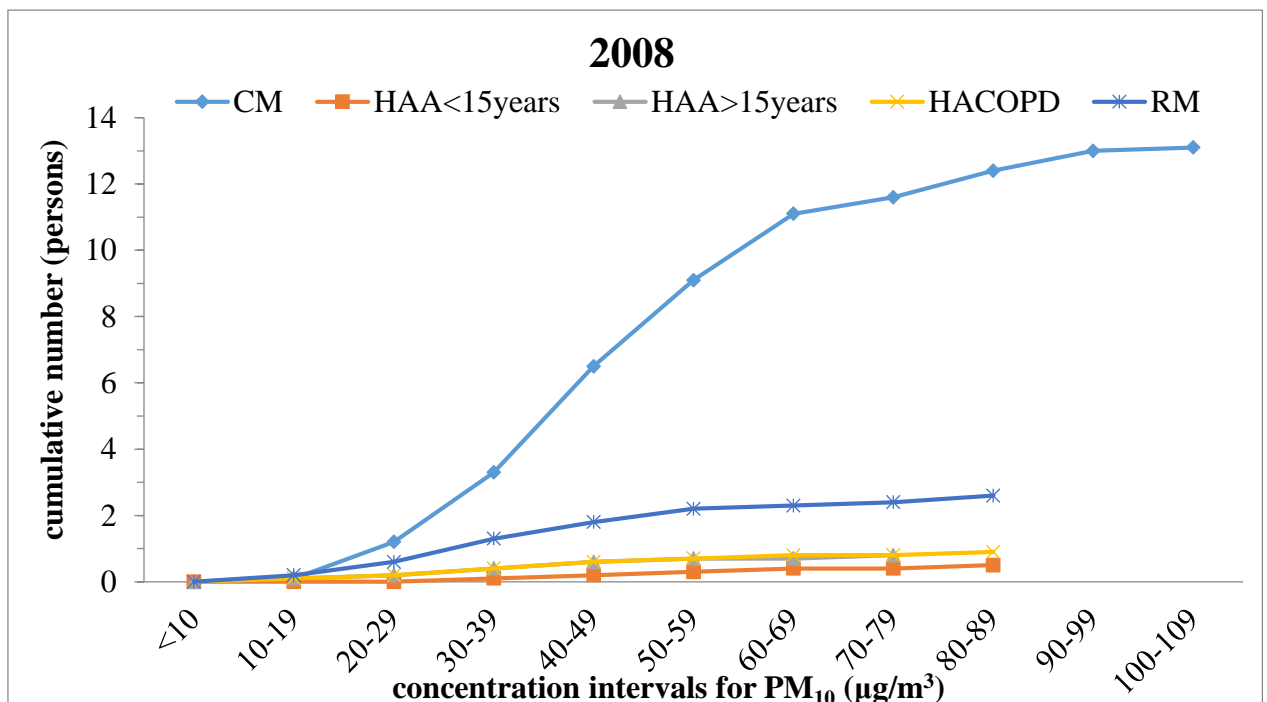
Η μελέτη ολοκληρώθηκε με σκοπό την εκτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία, που προκαλούνται λόγω των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) στην περιοχή της Λάρισας. Αρχικά, υπολογίστηκαν τα περιστατικά που νόσησαν ανά 100,000 άτομα πληθυσμό, για κάθε έτος ξεχωριστά, ανάλογα τις τιμές των συγκεντρώσεων του ρύπου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Διαστήματα συγκεντρώσεων ρύπου (ανά $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2008	2011	2013
<10	0	0	0
10-19	0,1	0,2	0
20-29	0,4	0,8	0,5
30-39	1,1	1,6	1,2
40-49	1,9	2	1,7
50-59	2,6	2,7	2,1
60-69	3,1	3,7	2,3
70-79	3,2	9,1	2,4
80-89	4,1	9,2	2,5
90-99	13	9,2	2,7
100-109	13,1	9,3	4,3
110-119	-	-	4,4
120-129	-	-	4,5
130-139	-	-	6,4
140-149	-	-	6,4
150-159	-	-	6,4
160-169	-	-	6,7

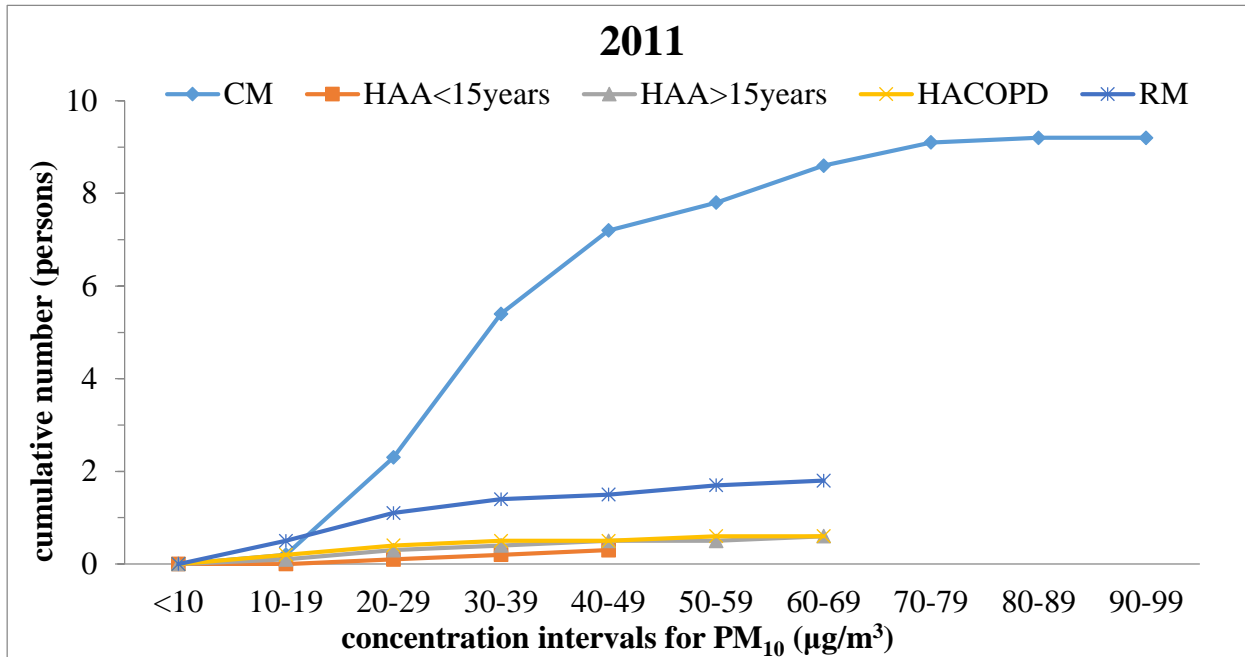
Πίνακας 3.2.4(α): Διαστήματα συγκεντρώσεων αιρούμενων σωματιδίων

Όπως προκύπτει και από τον πίνακα 3.2.4(α) για συγκεντρώσεις $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ανά 100,000 άτομα πληθυσμό τα περιστατικά είναι μηδενικά για όλα τα έτη που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Για συγκεντρώσεις της τάξεως 30-39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ παρατηρείται μία αύξηση των περιστατικών το 2008, το 2011 και το 2013, ενώ για τιμές 70–79 mg/m^3 σημειώνεται ραγδαία αύξηση των κρουσμάτων που νόσησαν κατά το 2011. Αξιοσημείωτο είναι το νούμερο για το διάστημα 100-109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ των συγκεντρώσεων του ρύπου για το 2008 που ανέρχεται στο 13,1.

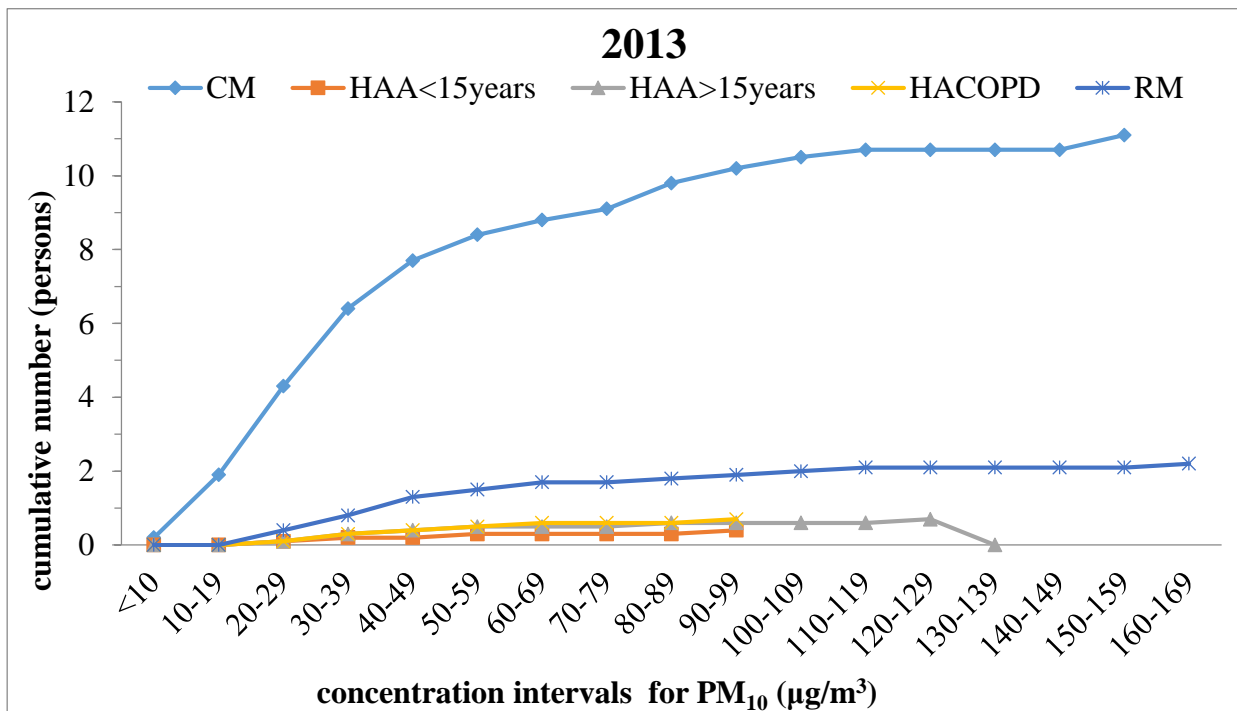
Στη συνέχεια, μελετήθηκε ο συσσωρευτικός αριθμός των ατόμων που νόσησαν ανάλογα τα διαστήματα συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, για κάθε ασθένεια και έτος ξεχωριστά, σύμφωνα με τα παρακάτω γραφήματα.



Σύμφωνα με το παραπάνω γράφημα για το διάστημα των συγκεντρώσεων της τάξεως του 30-39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, συμπεραίνεται ότι ο συσσωρευτικός αριθμός των ανθρώπων από τα θανατηφόρα περαστικά εξαιτίας αναπνευστικών προβλημάτων (RM) ανέρχεται σε 1,3, ενώ για συγκεντρώσεις 80-89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ έχει μέγιστη τιμή 2,6. Για το διάστημα 100–109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, παρατηρείται ότι για τα θανατηφόρα καρδιακά περιστατικά (CM), ο σωρευτικός αριθμός είναι 13,1. Επιπλέον, για τα περιστατικά λόγω άσθματος για ανθρώπους άνω και κάτω των 15 ετών (HAA>15years) καθώς επίσης και για τις εισαγωγές στο νοσοκομείο λόγω χρόνιων αναπνευστικών προβλημάτων (HACOPD) για όλα τα διαστήματα των συγκεντρώσεων του ρύπου, ο συσσωρευτικός αριθμός των ανθρώπων που νόσησαν, δεν ξεπερνά σαν τιμή το ένα.



Από το παραπάνω διάγραμμα, για το έτος 2011, προκύπτει μία μείωση κυρίως των θανατηφόρων κρουσμάτων από καρδιοπάθειες (CM) και από αναπνευστικά προβλήματα (RM). Αξίζει να σημειωθεί ότι για τις υπόλοιπες ασθένειες που μελετήθηκαν τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη μεταβολή.



Για το 2013 που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀), παρατηρείται αύξηση των τιμών του συσσωρευτικού αριθμού των ανθρώπων κυρίως στις περιπτώσεις των θανατηφόρων περιστατικών που οφείλονται τόσο σε αναπνευστικά προβλήματα (RM), όσο και σε καρδιοπάθειες (CM). Ωστόσο, ο αριθμός των κρουσμάτων άσθματος (HAA) και των εισαγωγών στο νοσοκομείο λόγω χρόνιων

αναπνευστικών προβλημάτων (HACOPD), δεν παρουσιάζουν διαφοροποίηση, συγκριτικά με τα γραφήματα των προηγούμενων ετών.

Η πορεία των μέγιστων και των μέσων τιμών των συγκεντρώσεων του ρύπου (NO₂), η εξέλιξη του κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο καθώς επίσης και το 98^ο εκατοστημόριο αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

PM₁₀ (μg/m³)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ANNUAL MEAN	43	43	31	24	33	44	38
COLD PERIOD MEAN	43	45	40	24	36	47	44
WARM PERIOD MEAN	44	40	25	-	30	33	30
ANNUAL 98 PERCENTILE	91,02	91,02	91,02	91,02	91,02	91,02	91,02
COLD PERIOD OBSERVATIONS	212	213	212	212	213	214	213
WARM PERIOD OBSERVATIONS	154	154	154	154	154	154	154

Πίνακας 3.2.4(β): Ετήσιες μέσες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων (ανά μg/m³)

Από τον πίνακα 3.2.4(β), κατά την ψυχρή περίοδο παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές σε αντίθεση με τις τιμές της θερμής περιόδου για τα έτη από το 2008 έως το 2013 που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Εξαιρέση από τα παραπάνω αποτελούν οι τιμές του έτους 2007. Από το γράφημα των μηνιαίων τιμών του ρύπου του κεφαλαίου 2.4.5, παρατηρείται μία μικρή αύξηση των μέγιστων συγκεντρώσεων κατά τους χειμερινούς μήνες, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση των ετήσιων μέσων τιμών των αιρούμενων σωματιδίων. Υπολογίζοντας το 98^ο εκατοστημόριο, προκύπτει ότι το 98% των τιμών είναι μικρότερο του 91,02 μg/m³, με τη μέγιστη τιμή του ρύπου να ανέρχεται στα 166 μg/m³.

2.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΔΗΜΟ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ ΜΕ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Ο παρακάτω πίνακας 3.3(α) παρουσιάζει τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων ανά περιοχή και χρονική περίοδο, όπου πραγματοποιήθηκε η αντίστοιχη μελέτη, καθώς επίσης και το σύνολο των σοβαρών περιστατικών ανά 100,000 πληθυσμό.

Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των αιρούμενων σωματιδίων, για την περιοχή της Λάρισας αλλά και τα σοβαρά περιστατικά ανά 100,000 άτομα, όπως διακρίνονται στον παρακάτω πίνακα, μπορούν να συγκριθούν με τις περιοχές της Αθήνας και τις δύο πόλεις Βόλο και Suwon. Αντίθετα, οι περιοχές του Καΐρου και η πόλη της Μέκκα παρουσιάζουν σημαντικές υπερβάσεις στις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις και ένα αρκετά μεγάλο αριθμό στα σοβαρά περιστατικά ανά 100,000 πληθυσμό, που δε μπορούν συγκριθούν με τα αποτελέσματα της περιοχή της Λάρισας. Επιπλέον, και η πόλη Τεχεράνη, παρουσιάζει αυξημένα επίπεδα τόσο στις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του ρύπου, όσο και στα σοβαρά περιστατικά που σημειώθηκαν στην περιοχή συγκριτικά με την πόλη της Λάρισας.

Συμπερασματικά, πιο κοντά μέση ετήσια συγκέντρωση της περιοχής της Λάρισας ($36,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) βρίσκονται η περιοχή της Αγίας Παρασκευής στην πόλη της Αθήνας και η πόλη του Βόλου με μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις $32,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και $41,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα. Ενώ, όσον αφορά το σύνολο των σοβαρών περιστατικών ανά 100,000 άτομα, για τη Λάρισα σημειώθηκαν μόλις 1,1 σοβαρά περιστατικά (εισαγωγές στα νοσοκομεία λόγω άσθματος), αριθμός πολύ χαμηλότερο συγκριτικά με τα αποτελέσματα των υπολοίπων περιοχών που καταγράφονται στον πίνακα 3.3(α).

PM₁₀					
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ		ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HARD cases ANA 100,000 ΑΤΟΜΑ	
LARISA	GREECE	2007-2013	36,3	1.1	
SUWON	SOUTH KOREA	2011	52,0	39,0	
TEHRAN	IRAN	2010-2011	90,6	77,0	
MEKKAH	SAUDI ARABIA	2011-2012	195,5	2504,0	
CAIRO	NORTH SHOUBRA	EGYPT	2008-2009	306,0	10941,0
	SOUTH SHOUBRA			267,0	4919,0
	NORTH HELWAN			382,0	5002,0
	SOUTH HELWAN			441,0	4053,0
ATHENS	ARISTOTELOUS	GREECE	2001-2013	50,1	40,0
	LYKOVRISSI			50,3	40,0
	MAROUSSI			44,5	35,5
	PIRAEUS			44,2	36,0
	AGIA PARASKEVI			32,1	21,0
	THRAKOMAKEDONES			30,0	20,0
VOLOS	GREECE	2007-20011	41,2	32,0	

Πίνακας 3.3(α): Σύγκριση αποτελεσμάτων των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων και των εισαγωγών σε νοσοκομείο λόγω άσθματος

Ο πίνακας 3.3(β) που ακολουθεί, παρουσιάζει τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου για κάθε πόλη, που πραγματοποιήθηκε η αντίστοιχη μελέτη. Όπως διακρίνεται η τιμή της μέσης ετήσιας συγκέντρωσης του διοξειδίου του αζώτου για την περιοχή της Λάρισας είναι σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τις. Συγκεκριμένα, οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις για Suwon και Τεχεράνη είναι 75,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και 85,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ αντίστοιχα, ενώ για την πόλη της Λάρισας μόλις 27,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO₂			
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ		ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
LARISA	GREECE	2007-2013	27,4
SUWON	SOUTH KOREA	2011	75,0
TEHRAN	IRAN	2010-2011	85,0

Πίνακας 3.3(β): Σύγκριση αποτελεσμάτων των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του διοξειδίου του αζώτου ανά περιοχή μελέτης (NO₂)^{[25], [27]}

Ο παρακάτω πίνακας 3.3(γ), παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του όζοντος για τις πόλεις: Λάρισα, Suwon και Τεχεράνη, όπου πραγματοποιήθηκαν οι αντίστοιχες μελέτες. Όπως προκύπτει, από τα αποτελέσματα του πίνακα, η περιοχή της Λάρισας παρουσιάζει μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις χαμηλότερες από τις άλλες δύο περιοχές. Αναλυτικότερα, η Λάρισα παρουσιάζει μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις της τάξεως του 36,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, για την περίοδο 2007-2013, όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, , ενώ η πόλη Suwon 43,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και η Τεχεράνη 68,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τις περιόδους 2011 και 2010-2011 αντίστοιχα.

O₃			
ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ		ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
LARISA	GREECE	2007-2013	36,6
SUWON	SOUTH KOREA	2011	43,0
TEHRAN	IRAN	2010-2011	68,8

Πίνακας 3.3(γ): Σύγκριση αποτελεσμάτων των μέσων ετήσιων συγκεντρώσεων του όζοντος ανά περιοχή μελέτης (O₃)^{[25], [27]}

3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Γεντεκάκης Ιωάννης, Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος & εναλλακτικές τεχνολογίες, εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2010

[2] Χαϊνής Νίκος Δ., ατμοσφαιρική ρύπανση, 2016

Διαθέσιμο στο (2016): http://www.pneumonologist.gr/article.php?article_id=51&lang=gr

[3] European Environment Agency, ατμοσφαιρική ρύπανση, 2016

Διαθέσιμο στο (2016): <http://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro#tab>

[4] Μουστρής Κωνσταντίνος Π., Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών με τη χρήση νευρωνικών δικτύων, 2009

Διαθέσιμο στο (2016): <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/18219#page/1/mode/2up>

[5] Μούσης Νίκος, Ευρωπαϊκή Ένωση: δίκαιο, οικονομία, πολιτικές, εκδόσεις Παπαζήση

[6] European Commission, Environment: Καθαρότερος αέρας για την Ευρώπη, 2013

Διαθέσιμο στο (2016):

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=URISERV%3Aenv0002>

[7] European Commission, Citizens' summary of the impact assessment, 2013

Διαθέσιμο στο (2016):

http://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/citizens_sum/EL.pdf

[8] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Οδηγία 2008/50/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 2008, επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008

Διαθέσιμο στο (2016): <http://www.ypeka.gr>

[9] European Environment Agency, ποιοι είμαστε, τι κάνουμε, πώς το κάνουμε, Brochure No 2/2015, 2015

[10] European Environment Agency, Το Ευρωπαϊκό περιβάλλον – Κατάσταση και προοπτικές 2010: Συγκεφαλαιωτική έκθεση, Brochure No 1/2010, 2010

Διαθέσιμο στο (2016): <http://www.eea.europa.eu/soer>

[11] European Environment Agency, Το Ευρωπαϊκό περιβάλλον – Κατάσταση και προοπτικές 2015: Συνθετική έκθεση, 2015

Διαθέσιμο στο (2016): <http://www.eea.europa.eu/soer>

[12] Λαζαρίδης Μιχάλης, Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας, εκδόσεις Τζιόλα, 2010

[13] Δήμος Λάρισας, Ατμοσφαιρική ρύπανση, Αίτηση για το Ευρωπαϊκό Βραβείο Πράσινης Πρωτεύουσας 2016, 2016

Διαθέσιμο στο (2016): http://www.larissa-dimos.gr/new/pdf/EGC_LARISSA_5.pdf

[14] Wikipedia, Μονοξείδιο του άνθρακα, 2016

Διαθέσιμο στο (2016): https://el.wikipedia.org/wiki/Μονοξείδιο_του_άνθρακα

[15] Καρβούνης Σωτήρης Κ., Γεωργακέλλος Δημήτρης Α., Διαχείριση του περιβάλλοντος, επιχειρήσεις και βιώσιμη ανάπτυξη, εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, 2003

[16] Μελάς Δημήτρης, Ατμοσφαιρικοί ρύποι και κλίμακες διασποράς, σημειώσεις εργαστηρίου: Φυσική της ατμόσφαιρας Α.Π.Θ, 2007

Διαθέσιμο στο (2016): <http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>

[17] Κούγκολος Αθανάσιος Γ., Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική, εκδόσεις Τζιόλα, 2007

[18] AirDMS Data Management System, Ατμοσφαιρική ρύπανση, 2009

Διαθέσιμο στο (2016): <http://www.air-quality.gr>

[19] World Health Organization, Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution, 2000

[20] World Health Organization, Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, 2003

[21] Gholamreza Goudarzi, Mohammad Javad Mohammadi, Kambiz Ahmadi Angali, Abdol Kazem Neisi, Ali Akbar Babaei, Basir Mohammadi, Zahra Soleimani, Sahar Geravandi, Estimation of Health Effects Attributed to NO₂ Exposure Using AirQ Model, Journal Homepage, Arch Hyg Sci 2012, 59-66, 2012

[22] Goudarzi G, Geravandi S, Mohammadi MJ, Vosoughi M, Angali KA, Zallaghi E, Neisi AK, Saeidimehr S, Mohammadi B. Total number of deaths and respiratory mortality attributed to particulate matter (PM₁₀) in Ahvaz, Iran during 2009. Int J Env Health Eng, 2015

Διαθέσιμο στο (2016): <http://www.ijehe.org/text.asp?2015/4/1/33/163978>

[23] Kazem Naddafi, Mohammad Sadegh Hassanvand, Masud Yunesian, Fatemeh Momeniha, Ramin Nabizadeh, Sasan Faridi and Akbar Gholampour, Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran, 2012

[24] A.A. Shakour, M.F. El-Shahat, N.M. El-Taieb, M.A. Hassanein, A.M.F. Mohamed, Health Impacts of Particulate Matter in Greater Cairo, Egypt, Journal of American Science, 2011

[25] Sang Jin Jeong, The Impact of Air Pollution on Human Health in Suwon City, Asian Journal of Atmospheric Environment, Vol. 7-4, pp.227-233, 2013

[26] Δημοσθένης Β. Παναγιωτάκος, Μέτρα υπολογισμού του κινδύνου εκδήλωσης μιας κατάστασης, 1st Workshop on Evidence Based Medicine Athens, 2003

Διαθέσιμο στο (2016): <http://biostats-lab.nurs.uoa.gr/EMR-IBS/lecture.pdf>

[27] Kazem Naddafi, Mohammad Sadegh Hassanvand, Masud Yunesian, Fatemeh Momeniha, Ramin Nabizadeh, Sasan Faridi and Akbar Gholampour, Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran, Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering, 2012

[28] Elena Fattore, Viviana Paiano, Alessandro Borgini, Andrea Tittarelli, Martina Bertoldi, Paolo Crosignani, Roberto Fanelli, Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy, Environmental Research 111, 2011

[29] T.M. Habeebullah, Health Impacts of PM10 Using AirQ2.2.3 Model in Makkah, Journal of Basic & Applied Sciences, 2013

[30] Konstantinos P. Moustris, George T. Proias, Ioanna K. Larissi, Panagiotis T. Nastos, Konstantinos V. Koukouletsos, Athanasios G. Paliatsos, Health impacts due to particulate air pollution in Volos City, Greece, Journal of Environmental science and health, Part A, 2015, Διαθέσιμο στο (2016):

https://www.researchgate.net/publication/282345605_Health_impacts_due_to_particulate_air_pollution_in_Volos_City_Greece

[31] Wikipedia, Νομός Λάρισας, 2016

Διαθέσιμο στο (2017): https://el.wikipedia.org/wiki/Νομός_Λάρισας

[32] Konstantinos P. Moustris, Kleopatra Ntourou , Panagiotis T. Nastos, Estimation of Particulate Matter Impact on Human Health within the Urban Environment of Athens City, Greece, Urban Science , 2017

[33] Κλιματολογικά στοιχεία Λάρισας

Διαθέσιμο στο (2017): http://www.cres.gr/kape/pdf/clima/clima_larissas.pdf