



**ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ  
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΑΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. & Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο Κύπρου –  
«Εφαρμοσμένες Πολιτικές Και Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος»**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΗΝ  
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ”**

**Φοιτήτρια: Έλενα Καραμπάση**

**Εισήγηση – επίβλεψη: Δρ. Αναστάσιος Αδαμόπουλος**

**Αθήνα, Μάρτιος 2018**

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Ατμόσφαιρα.....	7
1.1 Γενικά για την ατμόσφαιρα .....	8
1.2 Σύσταση της ατμόσφαιρας.....	10
1.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	11
1.3.1 Πηγές και επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	14
1.3.2 Επίδραση στην χλωρίδα .....	15
1.3.3 Επίδραση στην πανίδα .....	16
1.4 Θερμοκρασιακή αναστροφή .....	17
Υπό μελέτη ρύποι.....	22
2.1 Σταθμοί μέτρησης .....	23
2.1.1 Στοιχεία για τους σταθμούς μέτρησης .....	24
2.1.2 Τρόπος μέτρησης ρύπων .....	25
2.2 Ρύποι προς μελέτη και τρόπος μέτρησης αυτών .....	27
2.2.1 Όζον (O <sub>3</sub> ).....	28
2.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	30
2.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	31
2.2.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	32
2.3 Συλλογή στοιχείων προς επεξεργασία.....	33
Νομοθετικό πλαίσιο.....	37
3.1 Νομοθεσία περί ποιότητας της ατμόσφαιρας.....	38
Μέσες τιμές και μέγιστα συγκεντρώσεων των ρύπων .....	39
4.1 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων .....	40
4.1.1 Όζον (O <sub>3</sub> ).....	40
4.1.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	41
4.1.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	42
4.1.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	43

4.2	Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων .....	43
4.2.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	44
4.2.2	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	45
4.2.3	Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	46
4.2.4	Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	47
	Μηνιαίες μέσες τιμές και μέγιστα μελετώμενων ρύπων .....	48
5.1	Μέσες τιμές συγκεντρώσεων .....	49
5.1.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	49
5.1.2	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	50
5.1.3	Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	51
5.1.4	Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	52
5.2	Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων .....	53
5.2.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	53
5.2.2	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	54
5.2.3	Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	55
5.2.4	Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	56
	Μέσες τιμές και μέγιστα σε σύγκριση με το ύψος βάσης της θερμοκρασιακής αναστροφής .....	58
6.1	Μέσες τιμές συγκεντρώσεων .....	59
6.1.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	59
6.1.2	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	60
6.1.3	Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	61
6.1.4	Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	62
6.2	Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων .....	63
6.2.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	63
6.2.2	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	64
6.2.3	Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	65
6.2.4	Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	66
	Θερμοκρασιακό εύρος .....	67

7.1	Μέσες τιμές συγκεντρώσεων .....	68
7.1.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	68
7.1.2	Μονοξειδίο του άνθρακα (CO).....	69
7.1.3	Μονοξειδίο του αζώτου (NO) .....	70
7.1.4	Διοξειδίο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	71
7.2	Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων .....	71
7.2.1	Όζον (O <sub>3</sub> ).....	72
7.2.2	Μονοξειδίο του άνθρακα (CO).....	73
7.2.3	Μονοξειδίο του αζώτου (NO) .....	74
7.2.4	Διοξειδίο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) .....	75
	Συμπεράσματα.....	76
8.1	Παρουσίαση συμπερασμάτων – παρατηρήσεων.....	77
	Βιβλιογραφία .....	79
	Ελληνική βιβλιογραφία.....	79
	Ξενόγλωσση βιβλιογραφία .....	80
	Πηγές διαδικτύου.....	81
	Εικόνες .....	81

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας, Δρ. Αναστάσιο Αδαμόπουλο, για την απλόχερη αρωγή που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της, καθώς επίσης και τον υπεύθυνο καθηγητή του μεταπτυχιακού προγράμματος και καθηγητή μου στην προπτυχιακή μου πορεία, αξιότιμο κύριο Γεώργιο Βαρελίδη. Τέλος, ευχαριστώ τον αδερφό μου, την οικογένεια και τους φίλους μου για την έμπρακτη στήριξή τους.

## Περίληψη

Σε αυτή την εργασία, ερευνάται η σχέση 4 ατμοσφαιρικών ρύπων με το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής. Οι ρύποι αυτοί είναι το όζον ( $O_3$ ), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ ), οι οποίοι αποτελούν μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη της Αθήνας. Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των ρύπων αυτών προέρχονται από τους σταθμούς του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) σε δύο περιοχές της Αθήνας, την Αγία Παρασκευή και την οδό Πατησίων. Το ΕΔΠΑΡ λειτουργεί σε 24ωρη βάση και ανήκει στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Οι μετρήσεις αφορούν σε δεδομένα δέκα ετών (2001-2010).

## Abstract

In this essay, an investigation on the relationship between 4 atmospheric pollutants and the phenomenon of temperature inversion is carried out. These pollutants are ozone (O<sub>3</sub>), carbon monoxide (CO), nitrogen monoxide (NO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) that constitute part of the atmospheric pollution in the city of Athens, Greece. The measurements of these pollutants have been taken from the stations of the National Air Pollution Monitoring Network (NAPMN) in two monitoring stations in Athens, “Agia Paraskevi” and “Patision”. The NAPMN operates on a 24-hour basis and belongs to the Hellenic Ministry of the Environment and Energy. The measurements concern ten years (2001 – 2010).

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

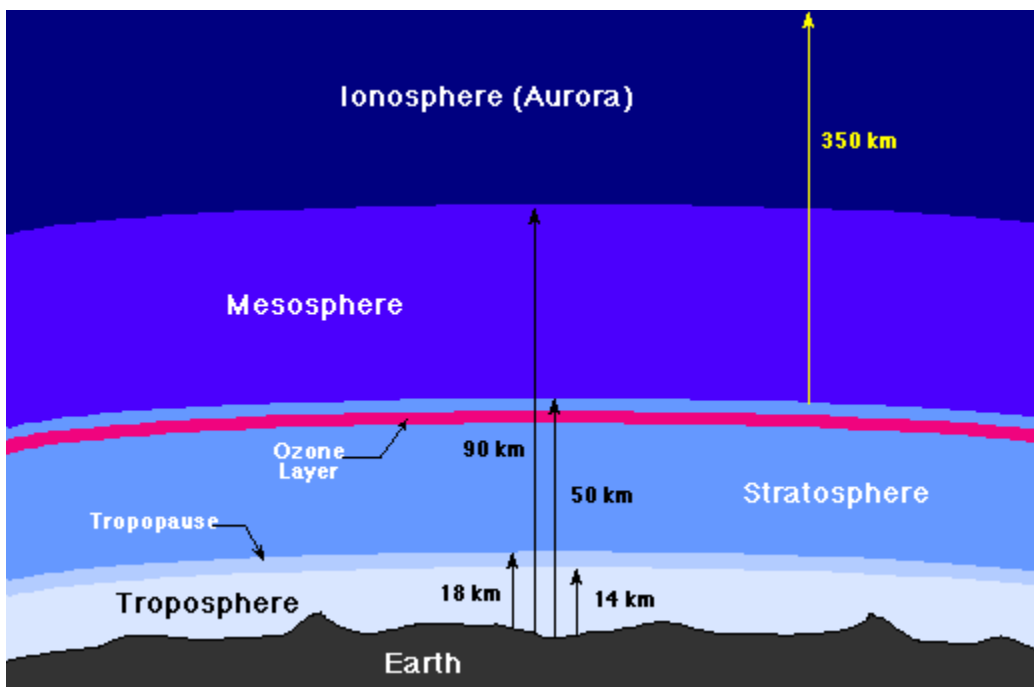
---

## Ατμόσφαιρα



## 1.1 Γενικά για την ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα της Γης μπορεί να οριστεί ως το αέριο σώμα που την περιβάλλει και συγκρατείται λόγω της βαρύτητας αυτής (<http://forecastweather.gr/index.php/site/article/ti-einai-atmosfaira-ghs>). Αποτελείται κυρίως από άζωτο και οξυγόνο, αλλά και από μικρές ποσότητες άλλων αερίων όπως είναι οι υδρατμοί και το διοξείδιο του άνθρακα. Στην ατμόσφαιρα περιλαμβάνονται και τα σύννεφα που σχηματίζονται από νερό σε υγρή μορφή ή από κρυστάλλους πάγου. Το 99% αυτής, βρίσκεται σε απόσταση μόλις 30 χλμ. από την επιφάνεια της γης. Η συμμετοχή της ατμόσφαιρας στις κινήσεις της γης οφείλεται στο ότι συγκρατείται κοντά στην επιφάνεια της γης εξ' αιτίας της βαρύτητάς της καθώς και της θερμικής κίνησης των μορίων των αερίων (Αμπελιώτης, 2008).



**Εικόνα 1.1.1:** Σχεδιάγραμμα επιπέδων ατμόσφαιρας

Ο λεπτός αέριος μανδύας, είναι η αιτία που η επιφάνεια της γης και οι κάτοικοι αυτής, προστατεύονται από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου. Η μείωση της διαφοράς των ακραίων θερμοκρασιών που θα υπήρχε μεταξύ ημέρας και νύχτας, είναι επίσης κάτι που οφείλεται στην ατμόσφαιρα. Είναι αόρατη, χωρίς κάποια οσμή, παρουσιάζοντας

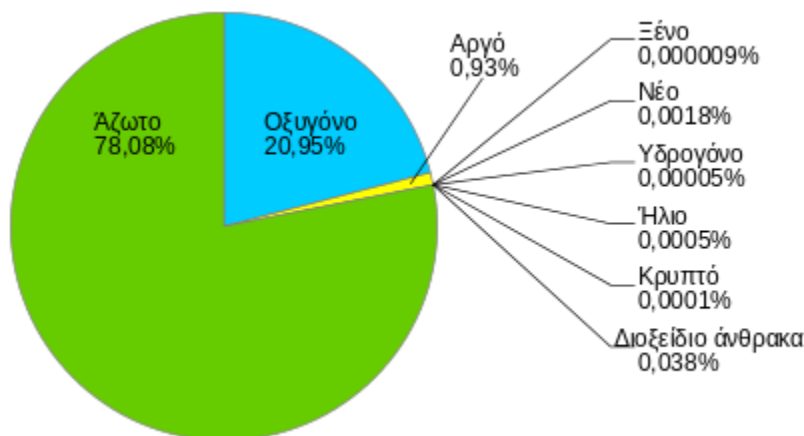
ένα πλήθος ιδιοτήτων που αποτελούν τις συνθήκες επιβίωσης όλων των ζωικών και φυτικών οργανισμών. Η σύσταση, η δομή και τα φυσικοχημικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα, είναι και αυτά που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τους βιογεωχημικούς κύκλους καθώς και τα οικοσυστήματα. Η δυναμική της είναι αυτή που έχει άμεση επίδραση στις καιρικές συνθήκες, αφού είναι αυτές που επηρεάζουν το κλίμα και τη διαβίωση των ανθρώπων (Κουϊμτζής κ.ά., 1998).

Γίνεται κατανοητό λοιπόν, με βάση τα παραπάνω, ότι δίχως την ύπαρξη ατμόσφαιρας η ζωή θα ήταν τελείως διαφορετική. Αυτό γιατί, δεν θα υπήρχαν αέρια, συνεπώς δεν θα μπορούσε να μεταφερθεί ο ήχος ή το φως με αποτέλεσμα ο ουρανός να ήταν μαύρος. Δεν θα υπήρχαν ζώα και φυτά αφού εξ' αιτίας της απώλειας αερίων μορίων δεν θα ήταν δυνατό να υποστηριχτεί η ζωή ή να προστατευτούν οι οργανισμοί από την ακτινοβολία του ηλίου. Πιθανότατα, ο πλανήτης να ήταν σχεδόν ακατοίκητος, ενώ η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ισημερινού και των πόλων θα ήταν αρκετά υψηλή. Στη γη όμως, υπάρχει η ατμόσφαιρα οπότε παρέχονται από τα αέρια αυτής, κάποιες πρώτες ύλες προκειμένου να παρασκευάζεται τροφή από τα φυτά καθώς και η χρήση ενέργειας της τροφής από τα έμβια όντα. Αέρια, όπως το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, είναι απαραίτητα για τα φυτά και τα ζώα, ενώ κάποια άλλα παγιδεύουν τη θερμότητα και διατηρούν τις θερμοκρασίες του πλανήτη σε επιθυμητά επίπεδα (Desonie, 2007). Κι εδώ να σημειωθεί, ότι το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα από διαδικασίες, όπως είναι αυτή της αποσύνθεσης της βλάστησης, καθώς και από ηφαιστειακές εκρήξεις, την εκπνοή των εμβίων όντων, την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και από την αποψίλωση των δασών (Ahrens, 2009).

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, καθώς επίσης και οι γρήγοροι ρυθμοί ανάπτυξης του ανθρώπινου είδους, είναι δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες που οδηγούν στην ρύπανση της ατμόσφαιρας. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας σε επίπεδα πάνω από αυτά που ορίζει η νομοθεσία, μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και στον θάνατο, καθώς και καταστροφή των οικοσυστημάτων και γενικότερα του περιβάλλοντος στο οποίο ζούμε.

## 1.2 Σύσταση της ατμόσφαιρας

Όπως υπολογίζεται από τους επιστήμονες, η γη έχει ηλικία περίπου 4.6 δισεκατομμυρίων χρόνων. Η αρχική σύσταση της ατμόσφαιρας, πιθανότατα να ήταν τοξική για τα περισσότερα εν ζωή όντα εξ' αιτίας πολλών χημικών, γεωλογικών και βιολογικών μηχανισμών, οπότε θα λέγαμε ότι διέφερε κατά πολύ από αυτή των ημερών μας. Η ατμόσφαιρα της οποίας η σύσταση δεν διέφερε πολύ από την σημερινή, υπολογίζεται ότι διαμορφώθηκε περίπου πριν 0.5 δισεκατομμύριο χρόνια. Οι πιο κύριες διαφοροποιήσεις εντοπίζονται κυρίως μετά τη βιομηχανική επανάσταση και αφορούν στις συγκεντρώσεις κάποιων αερίων τα οποία και επιτέλεσαν ελάχιστη συμμετοχή στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από μείγμα διαφόρων αερίων, ενώ η πυκνότητα καθώς και η σύστασή της μεταβάλλονται ανάλογα του ύψους που δημιουργείται από την επιφάνεια της γης. Μέχρι το ύψος των 80 – 100 km από το έδαφος, παρατηρείται κατά μέσο όρο ομοιογενής σύσταση της ατμόσφαιρας. Αυτό οφείλεται στην κατακόρυφη ανάμιξη των ατμοσφαιρικών αερίων, ενώ σε ύψη μεγαλύτερα των 100 km παρουσιάζονται μεγάλες διακυμάνσεις. Τέλος, τα στοιχεία που συνθέτουν την ατμόσφαιρα, είτε εκλύονται από το εσωτερικό της γης είτε προέρχονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς διεργασίες, που λαμβάνουν χώρα πλησίον της επιφάνειας της γης.



Εικόνα 1.2.1: Σύσταση της ατμόσφαιρας

### 1.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Στην ατμόσφαιρα εντοπίζονται τα εξής: περίπου 80% άζωτο, 20% οξυγόνο και 1% από όλα τα υπόλοιπα αέρια. Λέγοντας ατμοσφαιρική ρύπανση, εννοούμε την κατάσταση κατά την οποία διάφορες ουσίες (χημικές ενώσεις ή χημικά στοιχεία) ή ακόμα και υλικά που προέρχονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς δραστηριότητες, βρίσκονται στην ατμόσφαιρα σε αέρια, υγρή ή στερεά μορφή. Οι συγκεντρώσεις τους εντοπίζονται σε αρκετά υψηλότερες τιμές από τα κανονικά για το περιβάλλον επίπεδα, με αποτέλεσμα να προκαλούν υπολογίσιμες επιπτώσεις στον άνθρωπο, τα ζώα καθώς και τη βλάστηση (Seinfeld, Pandis, 2006).

Γενικότερα, ατμοσφαιρική ρύπανση νοείται η κατάσταση του περιβάλλοντος όντας ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του, διότι προκαλεί ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφερθεί ο όρος: Νέφος. Το νέφος απαντάται σε δύο μορφές, το νέφος καπνομίχλης και το φωτοχημικό νέφος. Το μεν πρώτο, δημιουργείται με το συνδυασμό υψηλής συγκέντρωσης ρύπων, τη σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και τη μεγάλη σχετική υγρασία. Το δε δεύτερο, είναι αποτέλεσμα υψηλών θερμοκρασιών, μεγάλης ηλιοφάνειας σε ένταση και διάρκεια, μικρής σχετικής υγρασίας και υψηλής συγκέντρωσης οξειδίων του αζώτου, των υδρογονανθράκων και των δευτερογενών προϊόντων τους (Brimblecombe, 1986).

Αρχικά, η ρύπανση θεωρήθηκε ότι αποτελούσε κυρίως τοπικό πρόβλημα, με την επικέντρωση αυτού σε αστικές ή βιομηχανικές περιοχές. Στη συνέχεια, έγινε γνωστό ότι το πρόβλημα αυτό είναι πολύ πιο σύνθετο, καθώς περιλαμβάνει τοπικές, περιφερειακές αλλά και παγκοσμίου βεληνεκούς συνιστώσες (Βαρδάκα, 2006). Παρ' όλα αυτά, τα ολοένα και αυξανόμενα στοιχεία περί των σοβαρών προβλημάτων της ρύπανσης του αέρα, δεν παρείχαν τη βάση για αποφασιστική δράση κατά του προβλήματος (McGranahan, Murray, 2003).

Τέλος, να αναφερθεί ότι υπάρχουν παράμετροι της μετεωρολογίας οι οποίοι επηρεάζουν τη διαμόρφωση των επιπέδων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τέτοια μπορεί να είναι η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου και η ευστάθεια της ατμόσφαιρας, ενώ για τους φωτοχημικούς ρύπους είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια της ηλιοφάνειας. Παράμετροι που διαμορφώνουν τα επίπεδα της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης, είναι τα μετεωρολογικά κατακρημνίσματα, το ποσό υετού (βροχόπτωση, χιόνι, κ.τ.λ.), η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, ενώ έμμεσα την επηρεάζει και η θερμοκρασία (Adamopoulos, et al., 1996).



**Εικόνα 1.3:** Διαφορετικοί κόσμοι

Στην Ευρώπη, οι εκπομπές αρκετών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν κατέλθει σημαντικά την περίοδο των τελευταίων δεκαετιών, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην εκάστοτε περιοχή. Παρ' όλα αυτά, βρίσκονται σε υψηλό επίπεδο οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων οπότε, τα προβλήματα σχετικά με την ποιότητα του αέρα εξακολουθούν να υφίστανται. Γνωρίζοντας ότι το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ικανά να προκαλέσουν σοβαρούς κινδύνους στην υγεία, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μεγάλο ποσοστό του ευρωπαϊκού πληθυσμού κατοικεί σε περιοχές (ιδίως πόλεις), όπου παρουσιάζονται σημαντικές υπερβάσεις των οριακών τιμών ποιότητας του αέρα καθώς και ότι αρκετές χώρες έχουν υπερβεί ένα ή περισσότερα από τα όρια των εκπομπών του 2010 για τέσσερις σημαντικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Εκτός αυτού,

είναι εφικτό οι ρύποι από μία περιοχή να μεταφερθούν με τις αέριες μάζες, σε μία άλλη περιοχή οπότε και θα επιδεινώσουν ή θα καταστήσουν κακή την ποιότητα αέρα της περιοχής αυτής (Ε.Ο.Π., 2017).

Η ταξινόμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας πολλά και διαφορετικά κριτήρια, βάσει των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων, της προέλευσης, των επιπτώσεων, κ.α.

Παρακάτω, γίνεται ομαδοποίηση των κριτηρίων ταξινόμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Μελάς, 2007):

Περιβάλλον	Εσωτερικών χώρων  Εξωτερική	
Πηγές	Φυσική  Ανθρωπογενής	Γεωχημική Βιολογική <hr/> Κοινωνική Επαγγελματική Προσωπική ρύπανση
Φυσικές ιδιότητες	Αέρια  Σωματίδια  Οσμές	Λεπτά  Μεγάλα
Χρόνος παραμονής	Μόνιμα αέρια	Μικροί χρόνοι ζωής

	Μεταβλητά αέρια	Ημιμόνιμα
Χημική δράση	Χημικά ενεργά αέρια  Χημικά αδρανή αέρια  Ελεύθερες ρίζες	
Προέλευση	Πρωτογενείς  Δευτερογενείς	Πρόδρομοι
Κλίμακα	Τοπική – αστική  Περιφερειακή  Παγκόσμια κλίμακα	
Δραστηκότητα	Ρύποι υψηλής τοξικότητας  Συνηθισμένοι ρύποι	

### 1.3.1 Πηγές και επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μπορεί να είναι είτε ανθρωπογενείς είτε φυσικής προέλευσης. Ανθρωπογενούς προέλευσης μπορεί να είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μεταφορές, βιομηχανία, νοικοκυριά), οι βιομηχανικές διεργασίες καθώς και η χρήση διαλυτών (βιομηχανίες χημικών και

ορυκτών), η γεωργία και η διαχείριση αποβλήτων. Παραδείγματα φυσικών πηγών εκπομπών μπορεί να είναι οι ηφαιστειογενείς εκρήξεις, η αιώρηση θαλάσσιου άλατος και η αμμόστρωση των δρόμων για αποφυγή παγετού (Ε.Ο.Π., 2017).

Την περίοδο 1990 – 2010 σε περιοχές της Ευρώπης με ευαίσθητα οικοσυστήματα τα οποία έχουν υποστεί όξινες εναποθέσεις πλεονάζοντος θείου και αζωτούχων ενώσεων, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της οξίνισης. Άλλο ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα που εντοπίζεται στην απόρριψη πλεοναζόντων θρεπτικών στοιχείων στα οικοσυστήματα, είναι ο ευτροφισμός. Το πλεονάζον ατμοσφαιρικό άζωτο το οποίο προσέβαλε εκτάσεις ευαίσθητων οικοσυστημάτων σημείωσε ελάχιστη μείωση μεταξύ του 1990 και του 2010. Επιπλέον, οι περισσότερες γεωργικές καλλιέργειες εκτίθενται σε επίπεδα όζοντος τα οποία υπερβαίνουν τον μακροπρόθεσμο στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης που αφορά στην προστασία της βλάστησης (Ε.Ο.Π., 2017).

### 1.3.2 Επίδραση στην χλωρίδα

Η εμφάνιση φαινομένων όπως η όξινη βροχή, η ζημιά στη βλάστηση και η επίδραση των ρύπων στο κλίμα, έχουν ως συνέπεια τη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος και την καταστροφή ισορροπιών αιώνων. Σε πολύ χαμηλά επίπεδα έκθεσης δεν υπάρχει καμία ιδιαίτερη επίδραση, ενώ σε λίγο μεγαλύτερα δύναται να υπάρξει ακόμη και θρεπτική αξία (π.χ. το διοξείδιο του θείου να προσφέρει θείο στο φυτό, ενώ μεγαλύτερη έκθεση να προκαλέσει βλάβες σε αυτό). Αυτό γιατί οι αέριοι ρύποι εισχωρούν στο σύστημα του φυτού (άμεσα ή έμμεσα). Άμεσα συμβαίνει μέσω της διάχυσης του αέρα (αέριοι ρύποι εισέρχονται στο κυτταρικό σύστημα της δομής του φύλλου), καθώς και μέσω της απόθεσης σωματιδιακής ύλης στις εξωτερικές επιφάνειες των φύλλων προκαλώντας βλάβες στην αναπνοή και τους μηχανισμούς φωτοσύνθεσης. Έμμεσα προκαλείται μέσω του ριζικού συστήματος (αέριοι ρύποι εισχωρούν στο εσωτερικό του φυτού).



Βάσει εκτιμήσεων, λιγότερο από το 5% των απωλειών στη σοδειά, οφείλεται στην αέρια ρύπανση. Οι επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης παρουσιάζουν διαφορές όταν αναφέρονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και καλλιέργειες. Συνεπώς, η αποτυχία της προσδοκώμενης συγκομιδής οφείλεται είτε σε μια τοπική πηγή αερίων ρύπων είτε σε έκθεση αντίξων επιπέδων ρύπανσης (Μελάς, 2000).

### 1.3.3 Επίδραση στην πανίδα

Τα υδάτινα οικοσυστήματα, παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στις αλλαγές της οξύτητας, με αποτέλεσμα την καταστροφή των υδάτινων πόρων εξ' αιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων όξινης απόθεσης. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί κυρίως τις περιοχές που οι αντιδράσεις με το αλκαλικό έδαφος δεν μπορούν να εξουδετερώσουν τις όξινες εισροές. Εξουδετέρωση των οξέων υπάρχει όταν σωματίδια φυσικού αλκαλικού εδάφους, σαρώνονται από τον αέρα. Όπως, για παράδειγμα, συμβαίνει στην Κίνα και τις δυτικές ΗΠΑ, οι οποίες θα αντιμετώπιζαν τεράστιο πρόβλημα όξινης βροχής, αν δεν υπήρχε η αερομεταφερόμενη αλκαλική σκόνη.

Αυτοψίες που έγιναν σε ζώα μετά τα επεισόδια αιθαλομίχλης στην κοιλάδα Meusse, στη Domoira και στο Λονδίνο, έδωσαν στοιχεία και αποδείξεις περί πρόκλησης πνευματικών οιδημάτων (Μελάς, 2000).

## 1.4 Θερμοκρασιακή αναστροφή

Περιπτώσεις ρύπανσης δύνανται να εντοπιστούν υπό συνθήκες θερμοκρασιακής αναστροφής. Τους χειμερινούς μήνες όταν υφίστανται συνεχόμενες υψηλές πιέσεις, η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει το έδαφος το οποίο θερμαίνεται. Με την έλευση της νύχτας το έδαφος χάνει θερμότητα αρκετά γρήγορα με ακτινοβολία λόγω απουσίας της νεφοκάλυψης, οπότε ο αέρας που έρχεται σε επαφή με το έδαφος τελικά ψύχεται. Δεδομένου ότι, ο ψυχρός αέρας είναι βαρύτερος από τον θερμό, ο θερμότερος αέρας λειτουργεί σαν καπάκι όπου κάτω από αυτό παγιδεύεται ο ψυχρότερος αέρας που βρίσκεται πλέον κοντά στο έδαφος. Μαζί με τον ψυχρό αέρα όμως, παγιδεύεται και η ρύπανση λόγω των ανθρωπογενών εκπομπών. Αυτή η κατάσταση συνεχίζεται έως ότου υπάρξει μεταβολή των μετεωρολογικών συνθηκών. Αλλιώς, η ακτινοβολία του εδάφους από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμαίνει το έδαφος και συνεπώς, τα κατώτερα στρώματα αέρα, που βρίσκονται σε επαφή με αυτό θερμαίνονται και άρα ανέρχονται με αποτέλεσμα την καταστροφή της αναστροφής (Ε.Ο.Π., 2017).

Ο όρος ευστάθεια της ατμόσφαιρας, ορίζεται στη μετεωρολογία, ως το αποτέλεσμα των συνθηκών εκείνων κατά τις οποίες δεν εντοπίζονται φαινόμενα διέγερσης της κανονικής τιμής της βαροβαθμίδας ούτε της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας. Η δύναμη που δημιουργεί την κίνηση των αερίων μαζών, οι οποίες κινούνται από περιοχές με υψηλή ατμοσφαιρική πίεση σε περιοχές με χαμηλότερη ατμοσφαιρική πίεση, ορίζεται ως βαροβαθμίδα. Συνεπώς, εφ' όσον κατά την ευστάθεια δεν παρατηρούνται μεταφορές αερίων μαζών, αυτό που παρατηρείται κατά την διάρκεια της ευστάθειας, είναι η ευκολία με την οποία οι αέριες μάζες μετακινούνται με κατακόρυφη διεύθυνση στον περιβάλλοντα αέρα. Όσον αφορά, την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, δηλαδή η παρατηρούμενη καθ' ύψος αναλογική ελάττωση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, υπάρχει ευσταθής αέρας όταν η τιμή της είναι μικρότερη από  $0,64^{\circ}\text{C}$  ανά  $100\text{ m}$  (επειδή μια τέτοια αναλογία αποκλείει τη δημιουργία ανοδικών ρευμάτων). Η θερμοβαθμίδα αποτελεί σημαντικό παράγοντα της ατμοσφαιρικής ευστάθειας και ο τύπος της είναι ο εξής:  $\Gamma = -\partial T/\partial z \approx \Delta T/\Delta z$ , με μονάδες μέτρησης  $\text{K}/\text{km}$  ή  $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ .

Η ευστάθεια της ατμόσφαιρας, έχει να κάνει με την ικανότητα της ατμόσφαιρας να αναμοχλεύει και να αποσυγκεντρώνει τους αέριους ρύπους οι οποίοι εισάγονται σε

αυτήν από τον άνθρωπο ή ακόμα και από την φύση. Ο βαθμός ευστάθειας καθορίζει το μέγεθος της τυρβώδους ροής της ατμόσφαιρας (Ζερεφός, 2005).



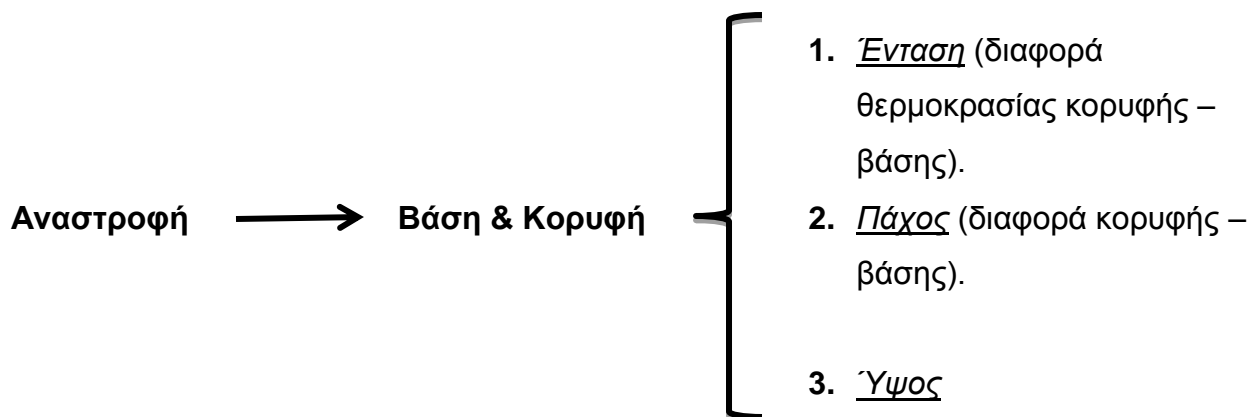
**Εικόνα 1.4.1:** Απεικόνιση θερμοκρασιακής αναστροφής

Είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται συχνά και αφορά τη μετεωρολογία. Όσον αφορά στη μετεωρολογία, χρησιμοποιείται για να δηλώσει την απομάκρυνση της συνήθους μεταβολής μιας ατμοσφαιρικής μεταβλητής σε σχέση με το ύψος. Ο όρος αναστροφή είναι γενικός, αλλά χρησιμοποιείται σχεδόν πάντοτε, για να υποδείξει μια θερμοκρασιακή αναστροφή (Ζερεφός, 2005). Εντοπίζεται στις μέρες με καλοκαιρία και αφορά είτε χειμώνα είτε καλοκαίρι. Βάσει της θερμοκρασίας, αυτό που αναμένεται είναι μια περιοχή με υψηλό υψόμετρο να έχει χαμηλή θερμοκρασία και μια με χαμηλό υψόμετρο να έχει υψηλή θερμοκρασία, όπως είναι οι πεδινές και παραθαλάσσιες

περιοχές. Όμως αυτό είναι κάτι που υφίσταται υπό φυσιολογικές θερμοκρασιακές και κλιματολογικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα όταν υπάρχει συννεφιά το χειμώνα ή άνεμοι, βροχές ή ακόμα και χιόνι. Τελικά, θα μπορούσε να οριστεί ως το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία του αέρα, τείνει να αυξάνεται τοπικά με το ύψος, αντί να μειώνεται όπως κανονικά συμβαίνει (<http://www.meteoclub.gr>).

Θερμοκρασιακή αναστροφή μπορεί να υπάρξει με ποικίλους τρόπους. Ένας από αυτούς μπορεί να υπάρξει σε μια νύχτα με ανέφελο ουρανό κι ενώ το έδαφος ακτινοβολεί θερμότητα με έντονο ρυθμό. Ένας άλλος τρόπος πρόκλησης αναστροφής, μπορεί να προκληθεί μέσω μιας οριζόντιας εισροής ψυχρού αέρα (π.χ. θαλασσινή αύρα σε μια παράκτια περιοχή), ενώ υπάρχει και ένας τρίτος τύπος ο οποίος εντοπίζεται τη νύχτα σε κοιλάδες, όταν κρύος αέρας ρέει από τις πλαγιές προς τον πυθμένα της κοιλάδας λόγω της βαρύτητας, δεδομένου ότι, ο αέρας εκεί είναι πιο ψυχρός από ότι ψηλότερα. Ανάλογα των συνθηκών, μπορούν να εντοπιστούν κι άλλοι τύποι αναστροφής (<http://www.meteoclub.gr>).

Από περιβαλλοντικής απόψεως, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αναστροφές που εντοπίζονται στο κατώτερο μισό της τροπόσφαιρας, δηλαδή στην περιοχή που δραστηριοποιείται ο άνθρωπος. Τέτοιου είδους αναστροφές, δύνανται να καλύψουν ολόκληρες περιοχές, διαστάσεων αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων πολλές φορές. Ενώ γενικά, οι θερμοκρασιακές αναστροφές είναι ευσταθείς, οι επιφανειακές αναστροφές θεωρούνται μετεωρολογική κατάσταση πολύ καλής ευστάθειας χωρίς όμως να μπορεί να ειπωθεί το αντίθετο, δηλαδή μπορούν να εντοπιστούν ευσταθείς συνθήκες στην ατμόσφαιρα, απουσία της αναστροφής. Παρακάτω, γίνεται μια σχηματική απεικόνιση των χαρακτηριστικών μιας αναστροφής, η οποία εξαρτάται από την βάση και την κορυφή και αυτές με την σειρά τους εξαρτώνται από την ένταση, το πάχος και το ύψος:



**Σχήμα 1:** Αναστροφή

Στρώμα αναστροφής, ονομάζεται ο χώρος που παρουσιάζεται η αναστροφή. Τα στρώματα αυτά ταξινομούνται από τους μετεωρολόγους βάσει της θέσης τους και του μηχανισμού σχηματισμού τους. Μέσα σε ένα τέτοιο στρώμα και εξ' αιτίας της ευστάθειας των θερμοκρασιακών αναστροφών, υπάρχουν μειωμένες κατακόρυφες κινήσεις σε σχέση με τις οριζόντιες και άρα η κατακόρυφη διάχυση των ρύπων είναι ελάχιστη. Παρ' ότι κάτι τέτοιο δεν οδηγεί απαραίτητα σε υψηλές συγκεντρώσεις (ειδικά όταν η εκπομπή των ρύπων συμβαίνει σε μεγάλο ύψος), είναι αξιοσημείωτη η σύνδεση των θερμοκρασιακών αναστροφών με τη ρύπανση της ατμόσφαιρας (Ζερεφός, 2005).



**Εικόνα 1.4.2:** Θερμοκρασιακή αναστροφή το χειμώνα

# Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

---

Υπό μελέτη ρύποι

## 2.1 Σταθμοί μέτρησης

Η Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας της Ατμόσφαιρας (Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας), εγκατέστησε το ΕΔΠΑΡ (Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης) το 2001, με σκοπό να επεκτείνει και να αναβαθμίσει το τότε υπάρχον δίκτυο. Το Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας λειτουργεί το δίκτυο σταθμών στην περιοχή της Αττικής, ένα σταθμό στην Αλιάρτο Βοιωτίας για την κάλυψη των αναγκών του Προγράμματος Διασυνοριακής Μεταφοράς της Ρύπανσης (EMEP), όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Σταθμός				Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι						
Θέση			Υψόμετρο (a.m.s.l.)		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>	AΣ <sub>10</sub>	AΣ <sub>2,5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
Όνομα	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος									
Αθηνάς [1]	23° 43' 36",63	37° 58' 41",53	100	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			
Αριστοτέλους [2]	23° 43' 39",46	37° 59' 16",90	95	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v			v	v	
Γεωπονική [3]	23° 42' 24",44	37° 59' 01",05	40	Περισστικός-Βιομηχανικός		v	v	v			
Λιάσια [4]	23° 41' 52",23	38° 04' 36",53	165	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Λυκόβρυση* [5]	23° 47' 19",71	38° 04' 04",35	234	Περισστικός		v		v	v	v	
Μαρούσι [6]	23° 47' 14",49	38° 01' 51",02	170	Αστικός-Κυκλοφορίας		v	v	v	v		
Νέα Σμύρνη [7]	23° 42' 46",83	37° 55' 55",18	50	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		v
Πατησίων [8]	23° 43' 58",97	37° 59' 58",05	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			v
Πειραιάς I** [9]	23° 38' 42",81	37° 56' 40",75	4	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v	v
Περιστερί [10]	23° 41' 18",08	38° 01' 14",91	80	Αστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Αγ. Παρασκευή [11]	23° 49' 09",90	37° 59' 42",39	290	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Ελευσίνα [12]	23° 32' 18",41	38° 03' 04",86	20	Περισστικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v	v	v
Θρακομακεδόνες [13]	23° 45' 29",46	38° 08' 36",68	550	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Κορωπί [14]	23° 52' 44",48	37° 54' 04",70	140	Περισστικός-Υποβάθρου	v	v		v	v		
Οινόφυτα	23° 38' 20",09	38° 18' 22",39	100	Περισστικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v		
Αλιάρτος	23° 06' 36",96	38° 22' 30",89	110	Υποβάθρου	v	v		v	v	v	
<b>Παλιότεροι σταθμοί</b>											
Ζωγράφου [15]	23° 47' 12",22	37° 58' 10",57	245	Περισστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Γουδή [16]	23° 46' 02",75	37° 59' 02",92	155	Αστικός-Κυκλοφορίας		v			v	v	
Γαλάτσι [17]	23° 44' 53",54	38° 01' 13",03	154	Περισστικός-Υποβάθρου	v	v		v			
Πειραιάς II [18]	23° 39' 09",67	37° 56' 31",09	25	Αστικός-Υποβάθρου	v	v		v			

**Πίνακας 2.1.1:** Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ.



Στις υπόλοιπες περιοχές, οι σταθμοί διοικούνται από τις περιφερειακές διοικήσεις. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει στοιχεία των εν λόγω σταθμών:

Σταθμός				
Όνομα	Θέση			Χαρακτηρισμός
	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος	Υψόμετρο (m -asl)	
ΠΛ. ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ	22° 56' 43".04	40° 38' 01".58	27	Αστικός-Κυκλοφορίας
Α.Π.Θ.	22° 57' 24".13	40° 38' 00".86	55	Αστικός-Υποβάθρου
ΚΟΡΔΕΛΙΟ	22° 53' 36".38	40° 40' 24".77	30	Αστικός-Βιομηχανικός
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	23° 01' 54".05	40° 35' 20".15	363	Περισστικός-Υποβάθρου
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	22° 57' 33".49	40° 34' 44".10	60	Περισστικός-Υποβάθρου
ΣΙΝΔΟΣ	22° 48' 08".52	40° 39' 28".23	14	Αστικός-Βιομηχανικός
ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ	22° 52' 34".43	40° 44' 23".43	229	Περισστικός-Υποβάθρου
ΠΑΤΡΑ-1	21° 44' 18".35	38° 15' 11".15	16	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΠΑΤΡΑ-2	21° 44' 09".23	38° 14' 45".51	19	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΒΟΛΟΣ	22° 56' 35"	39° 21' 59"	31	Αστικός-Υποβάθρου
ΛΑΡΙΣΑ	22° 27' 12"	39° 40' 03"	15	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	25° 04' 48"	35° 19' 57"	10	Αστικός-Κυκλοφορίας
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	20° 51' 00"	39° 37' 12"	485	Αστικός-Υποβάθρου

**Πίνακας 2.1.2:** Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ που την ευθύνη λειτουργίας τους έχουν οι περιφερειακές διοικήσεις.

### 2.1.1 Στοιχεία για τους σταθμούς μέτρησης

Κάθε σταθμός μέτρησης είναι συνδεδεμένος με ένα σύστημα τηλεμετάδοσης με τον κεντρικό σταθμό, οποίος βρίσκεται στην έδρα κάθε περιφερειακής αρχής. Ο κάθε σταθμός είναι εξοπλισμένος με ένα σύστημα αποθήκευσης δεδομένων, ένα σύστημα τηλεμετάδοσης και ένα σύστημα βαθμονόμησης σε συνδυασμό με σύστημα αραίωσης και παροχής καθαρού αέρα, ενώ κάποιοι από τους σταθμούς αυτούς, διαθέτουν και

μετεωρολογικό σταθμό. Όλοι οι σταθμοί του εθνικού δικτύου είναι συνδεδεμένοι με την κεντρική έδρα του συστήματος, στην οποία συλλέγονται τα δεδομένα από το σύνολο των σταθμών.

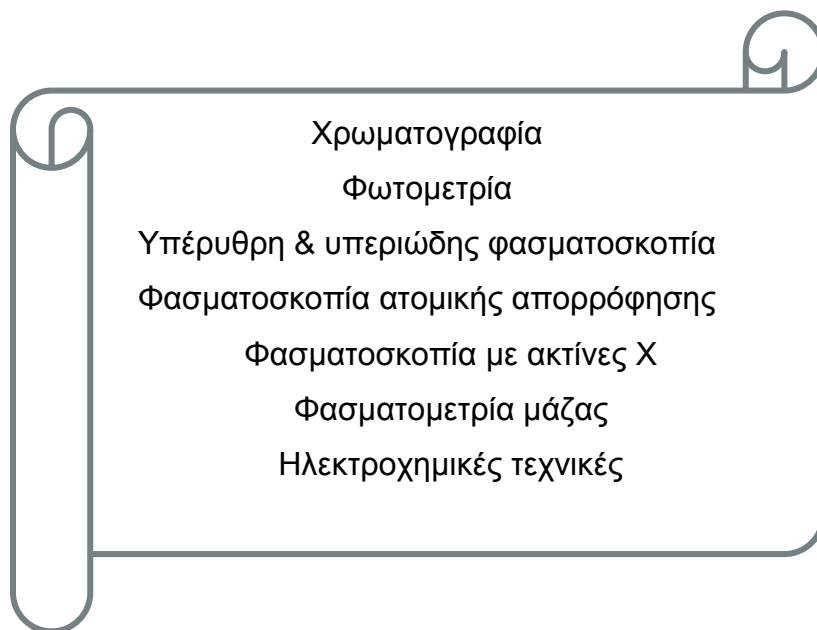
Το 2016 η Δ/ση ΚΑΠΑ (Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας), λειτούργησε 14 σταθμούς μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Αττικής, όπως επίσης και έναν σταθμό στην Αλίαρτο Βοιωτίας για τις ανάγκες του Προγράμματος Διασυνοριακής Μεταφοράς της Ρύπανσης (EMEP) (ΥΠΕΝ, 2017).

### 2.1.2 Τρόπος μέτρησης ρύπων

Χάρη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και των συνεχών ερευνών, δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε ένα εύρος οργάνων και μεθόδων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να μετρηθεί αποτελεσματικά ένας μεγάλος αριθμός ρύπων και χημικών ενώσεων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα.

Αυτές οι μετρήσεις γίνονται είτε με δειγματοληπτικές μεθόδους και ανάλυση στο εργαστήριο είτε με συνεχείς επί τόπου μετρήσεις αλλά και με τη μέθοδο της τηλεπαράτηρησης, δηλαδή από μακριά. Με τη βοήθεια των μεθόδων αυτών, είναι εφικτή μια χωροχρονική καταγραφή της σύνθεσης της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας.

Όταν γίνεται η μέτρηση των αέριων ρύπων, εστιάζουμε σε δύο κύριους στόχους, την ορθή ταυτοποίηση των ρύπων, όπως και τον ποσοτικό τους προσδιορισμό. Οι ακόλουθες συνήθεις τεχνικές εφαρμόζονται στη μελέτη και μέτρηση των αέριων ρύπων και είναι οι εξής:



Ο ακόλουθος πίνακας παραθέτει τις μεθόδους αναφοράς για μετρήσεις των θεσμοθετημένων αερίων ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων:

<b>Ρύπος</b>	<b>Μέθοδος μέτρησης</b>
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO <sub>2</sub> )	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O <sub>3</sub> )	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ <sub>10</sub> –ΑΣ <sub>2,5</sub> )	Σταθμικός προσδιορισμός
Βενζόλιο (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Αέρια χρωματογραφία (GC)

**Πίνακας 2.1.2.1:** Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης

## 2.2 Ρύποι προς μελέτη και τρόπος μέτρησης αυτών

Όπως αναφέρθηκε και στην περίληψη, οι ρύποι προς μελέτη είναι οι εξής: όζον ( $O_3$ ), όπου ελήφθησαν υπόψιν οι μετρήσεις από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής, ενώ από τον σταθμό της Πατησίων είναι το μονοξείδιο του άνθρακα ( $CO$ ), μονοξείδιο του αζώτου ( $NO$ ) και διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ ). Η λήψη μετρήσεων για τους ρύπους έγινε από τον σταθμό του ΕΔΠΑΡ. Στο διάστημα των δέκα ετών που μελετήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν ωριαίες μετρήσεις για κάθε ημέρα όλων των ετών.

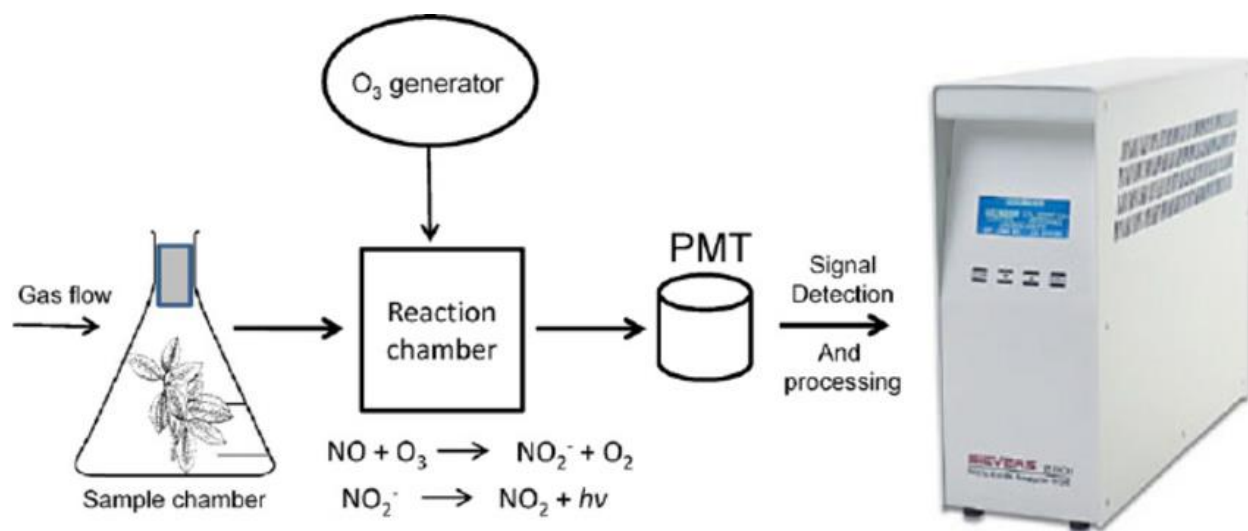
Ο κάθε ρύπος από αυτούς που αναλύθηκε στην παρούσα εργασία έχει διαφορετική σημασία. Το όζον, και το διοξείδιο του αζώτου, αποτελούν δευτερογενείς ρύπους που δύνανται να προκαλέσουν επιπτώσεις στο περιβάλλον και τον άνθρωπο, ενώ σε αντίθεση με τα προηγούμενα, το μονοξείδιο του άνθρακα και το μονοξείδιο του αζώτου αποτελούν πρωτογενείς χημικές ενώσεις.

Ο τρόπος μέτρησης των ρύπων αυτών διαφέρει ως εξής. Ξεκινώντας με το όζον, η μέτρησή του γίνεται με τη μέθοδο απορρόφησης στο υπεριώδες και η λήψη των μετρήσεων από τους σταθμούς γίνεται ανά ώρα. Η απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας από το όζον είναι στα 253 nm. Ο αναλυτής χρησιμοποιεί καθαρό αέρα σαν αέριο αναφοράς και η μέτρηση της εξασθένισης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο δείγμα, οδηγεί στη μέτρηση της συγκέντρωσης του όζοντος. Συνεχίζοντας, προκειμένου να μετρηθεί το μονοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, χρησιμοποιείται η μέθοδος απορρόφησης στο υπέρυθρο.

Το μονοξείδιο του άνθρακα απορροφά ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας με αποτέλεσμα η μέτρηση της εξασθένισης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας λόγω απορρόφησης από το μονοξείδιο του άνθρακα του δείγματος να οδηγεί στη μέτρηση συγκέντρωσης του ρύπου αυτού στο δείγμα.

Τέλος, όσον αφορά στα οξείδια του αζώτου, η μέθοδος μέτρησης είναι η χημειοφωταύγεια, ενώ οι μετρήσεις λαμβάνονται με συχνότητα μίας ώρας από τους σταθμούς. Όταν υπάρχει αντίδραση μεταξύ του μονοξειδίου του αζώτου και του όζοντος, προκαλείται οξειδωση του πρώτου σε διοξείδιο του αζώτου, το οποίο βρίσκεται σε διέγερση και εκπέμπει ακτινοβολία όταν λάβει χώρα η αποδιέγερση αυτού. Η συγκέντρωση του μονοξειδίου του αζώτου στο δείγμα, προσδιορίζεται από τη μέτρηση

της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, ενώ η συγκέντρωση του όζοντος που παρέχεται είναι σταθερή, προκειμένου η παραγωγή φωτός να είναι ανάλογη μόνο της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του αζώτου η οποία περιέχεται στο δείγμα του ατμοσφαιρικού αέρα που χρησιμοποιείται.



**Εικόνα 2.2:** Σχηματική απεικόνιση της χημειοφωταύγειας

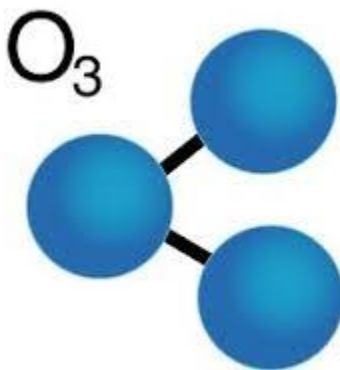
### 2.2.1 Όζον (O<sub>3</sub>)

Το όζον, που στα αρχαία σημαίνει βρωμερό, είναι αέριος δευτερογενής ρύπος, χωρίς χρώμα και με μία ιδιαίτερη οσμή. Αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό του φωτοχημικού νέφους στην επιφάνεια της γης και συγκεκριμένα στην τροπόσφαιρα. Παρ' όλα αυτά, στη στρατόσφαιρα, δηλαδή στην ανώτερη ατμόσφαιρα, έχει ευεργετικό ρόλο αφού απορροφάει τις βλαβερές υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου.

Ο σχηματισμός του στην κατώτερη ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα μιας αλυσίδας χημικών αντιδράσεων μέρη των οποίων αποτελούν πτητικές οργανικές ενώσεις καθώς και οξείδια του αζώτου κάτω από συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και έντονης ηλιακής

ακτινοβολίας. Πηγές προέλευσης των πρόδρομων ουσιών του εν λόγω ρύπου, αποτελούν τα οχήματα, τα εργοστάσια, οι χωματερές, χημικά διαλυτικά, ενώ μπορεί να σχηματιστεί και από μικρότερης κλίμακας πηγές όπως είναι τα βενζινάδικα, ο αγροτικός εξοπλισμός, κ.α.

Παρά το γεγονός ότι στην στρατόσφαιρα έχει θετικές επιδράσεις, δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι κάτι τέτοιο συμβαίνει και στο περιβάλλον που ζούμε αφού σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία. Μπορούμε να κάνουμε λόγο για ερεθισμό της αναπνευστικής οδού, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες, πιθανή ευπάθεια του αναπνευστικού συστήματος όπως και ερεθισμό των οφθαλμών. Επίσης, μπορεί να θεωρηθεί ως ρύπος με τις πιο ανεπιθύμητες επιδράσεις στα φυτά, αφού ελαττώνει την παραγωγή των αγροτικών καλλιεργειών και λειτουργεί ζημιογόνα για τη δασική βλάστηση (Υ.Π.Ε.Ν., 2017). Επιπρόσθετα, το όζον είναι ισχυρότατο οξειδωτικό μέσο (σχηματισμός όξινης βροχής) (Ζάνης, 2008). Μία ιδιαιτερότητα που παρουσιάζει το όζον σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι ότι η κατανομή των τιμών του παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις στις περιφέρειες των πόλεων και όχι στα κέντρα αυτών (Haryanto, 2012).



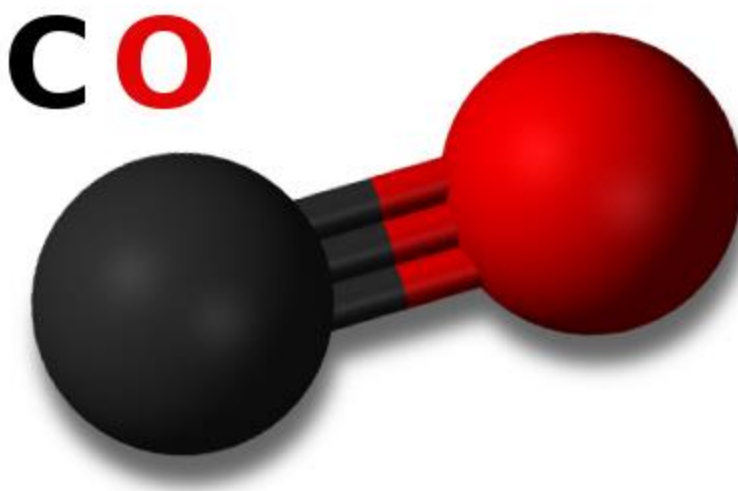
**Εικόνα 2.2.1**

### 2.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο, δίχως οσμή και χρώμα. Παράγεται όταν συντελείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης από τις εξατμίσεις των μηχανών των βενζινοκίνητων οχημάτων και πάσης φύσεως μηχανών (Υ.Π.Ε.Ν., 2017). Η συνεισφορά των αυτοκινήτων ανέρχεται περίπου στο 75% όταν αναφερόμαστε στις ανθρωπογενείς πηγές του μονοξειδίου του άνθρακα ενώ η ατελής καύση ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία συνεισφέρει άλλα 25% περίπου (Μελάς, 2007).

Πέρα από τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου αυτού δύνανται να εντοπιστούν και σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλειπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις καθώς και κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής (Υ.Π.Ε.Ν., 2017). Στις περιόδους αιχμής της κυκλοφορίας, δύνανται να διακριθούν οι ωριαίες ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του ρύπου (Τσέζος και Ρεμουντάκη, 2010).

Οι επιπτώσεις του στην ανθρώπινη υγεία μπορούν να εντοπιστούν στην μείωση της ικανότητας του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού επηρεάζοντας κυρίως το καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις του ρύπου αυτού, υπάρχουν επιπτώσεις σε άτομα με καρδιακά προβλήματα και μπορεί να μειώσει τις σωματικές επιδόσεις ατόμων νεαρών και υγιών, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται συμπτώματα όπως ζαλάδα, πονοκέφαλοι και αίσθημα κόπωσης (Υ.Π.Ε.Ν., 2017).



**Εικόνα 2.2.2**

### 2.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

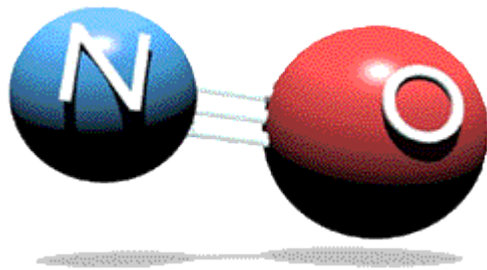
Το μονοξείδιο του αζώτου αποτελεί ρύπο, η οποία είναι ακίνδυνη για τον άνθρωπο όταν απαντάται σε χαμηλή συγκέντρωση.

Παράγεται από τη χρήση των καυσίμων πρωτίστως σε οχήματα αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες ή σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Λαμβάνουμε τις μετρήσεις αυτού του ρύπου διότι αποτελεί πρόδρομη ουσία για το σχηματισμό του διοξειδίου του αζώτου παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας (Υ.Π.ΕΝ., 2017).

Να αναφερθεί ότι, τα οξείδια του αζώτου εμπλέκονται και ενεργοποιούν τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και άρα το σχηματισμό της φωτοχημικής ρύπανσης, ενώ ο ρόλος του είναι καταλυτικός σε ό,τι αφορά στον έλεγχο του τροποσφαιρικού όζοντος (Ζάνης, 2008).





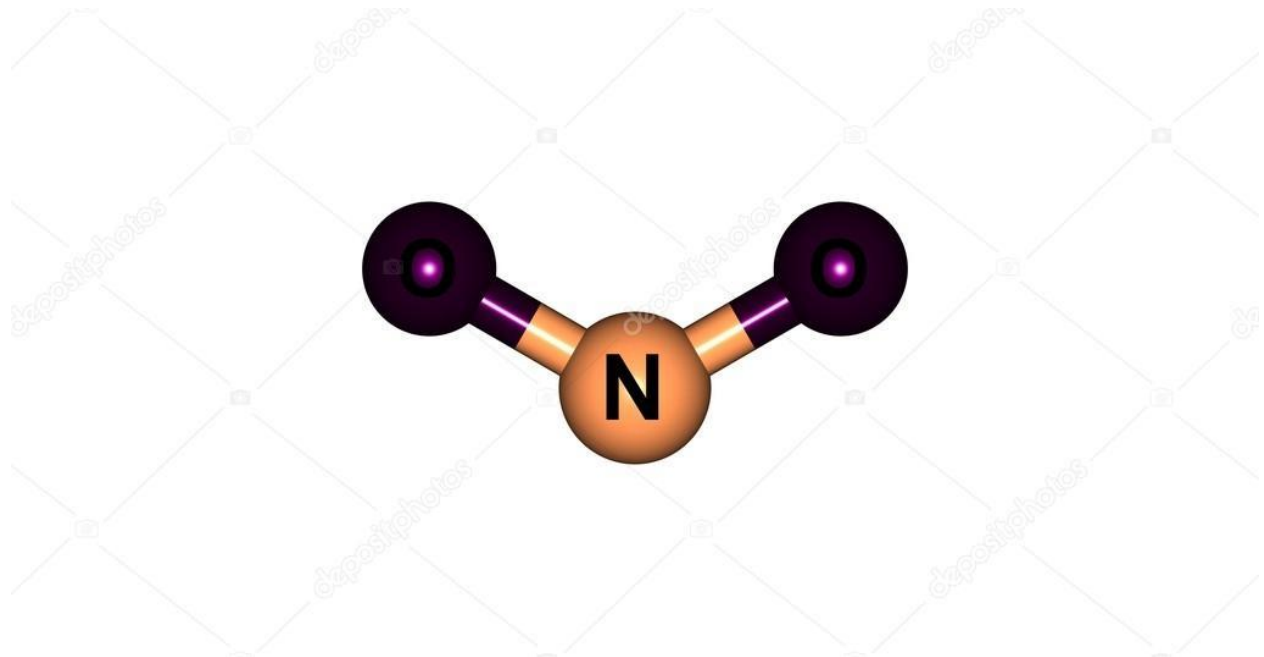
**Εικόνα 2.2.3**

#### **2.2.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)**

Το διοξείδιο του αζώτου είναι δευτερογενής αέριος ρύπος με καφέ – κίτρινο χρώμα και ιδιαίτερη οσμή. Όταν εντοπίζεται σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι αιτία του χαρακτηριστικού χρώματος στην όψη του ουρανού στις αστικές περιοχές.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, προέρχεται από χημική αντίδραση του μονοξειδίου του αζώτου παρουσίας της ηλιοφάνειας.

Οι επιπτώσεις του συγκεκριμένου ρύπου έγκεινται στο γεγονός ότι αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη δημιουργία όξινης βροχής, ενώ υψηλές συγκεντρώσεις αυτού, βλάπτουν ανθρώπους (είναι δυνατόν να προκαλέσει αναπνευστικές ασθένειες σε παιδιά και να επιβαρύνει την αναπνοή των ασθματικών) καθώς και την βλάστηση (Brimblecombe, 1986).



**Εικόνα 2.2.4**

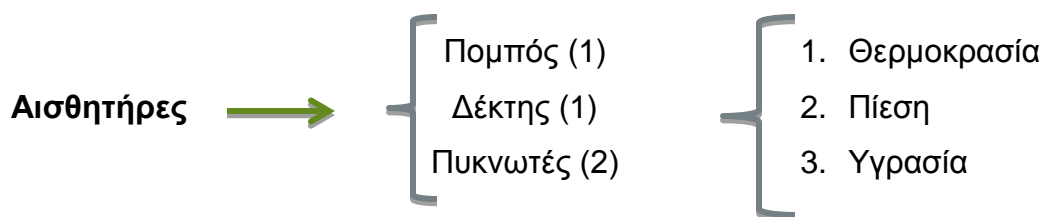
### **2.3 Συλλογή στοιχείων προς επεξεργασία**

Για τη μελέτη, ελήφθησαν ωριαίες μετρήσεις συγκεντρώσεων από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας για συνολικό χρονικό διάστημα δέκα ετών. Στη συνέχεια, ελήφθησαν στοιχεία μετρήσεων αναστροφών από τη βάση δεδομένων του εν λόγω Υπουργείου, προερχόμενα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.).

Η Ε.Μ.Υ. συλλέγει τις εν λόγω μετρήσεις μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται ραδιοβόλιση. Η ραδιοβόλιση αποτελεί κομμάτι συλλογής στοιχείων που χειρίζεται η Ε.Μ.Υ. ώστε να κάνει τις απαραίτητες εκθέσεις, μελέτες και αναλύσεις σχετικά με τον καιρό και την πρόγνωση αυτού. Ο κλάδος της ραδιοβόλισης ανήκει στον τομέα Συνοπτικής και Αεροναυτικής Μετεωρολογίας, ο οποίος λειτουργεί ως κέντρο

προγνώσεων καιρού και παροχής υπηρεσιών για την πολιτική αεροπορία και τη ναυτιλία (E.M.Y.) ([www.meteoclub.gr](http://www.meteoclub.gr)).

Οι ραδιοβολίδες αποτελούν ένα σύστημα παρατήρησης με το οποίο συλλέγονται δεδομένα στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Είναι ένα μικρό αναλώσιμο κιβώτιο οργάνων το οποίο κρέμεται κάτω από ένα μεγάλο μπαλόκι που περιέχει ήλιο. Αποτελείται από τρεις αισθητήρες συγκεντρωμένους σε ένα ελαφρύ κουτί, οι οποίοι μετράνε θερμοκρασία, πίεση και υγρασία (τα δεδομένα της οποίας δεν λαμβάνονται υπόψιν άνω των 10 km, λόγω της αναξιοπιστίας των αισθητήρων στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, οι οποίες εντοπίζονται πάνω από το εν λόγω ύψος) :

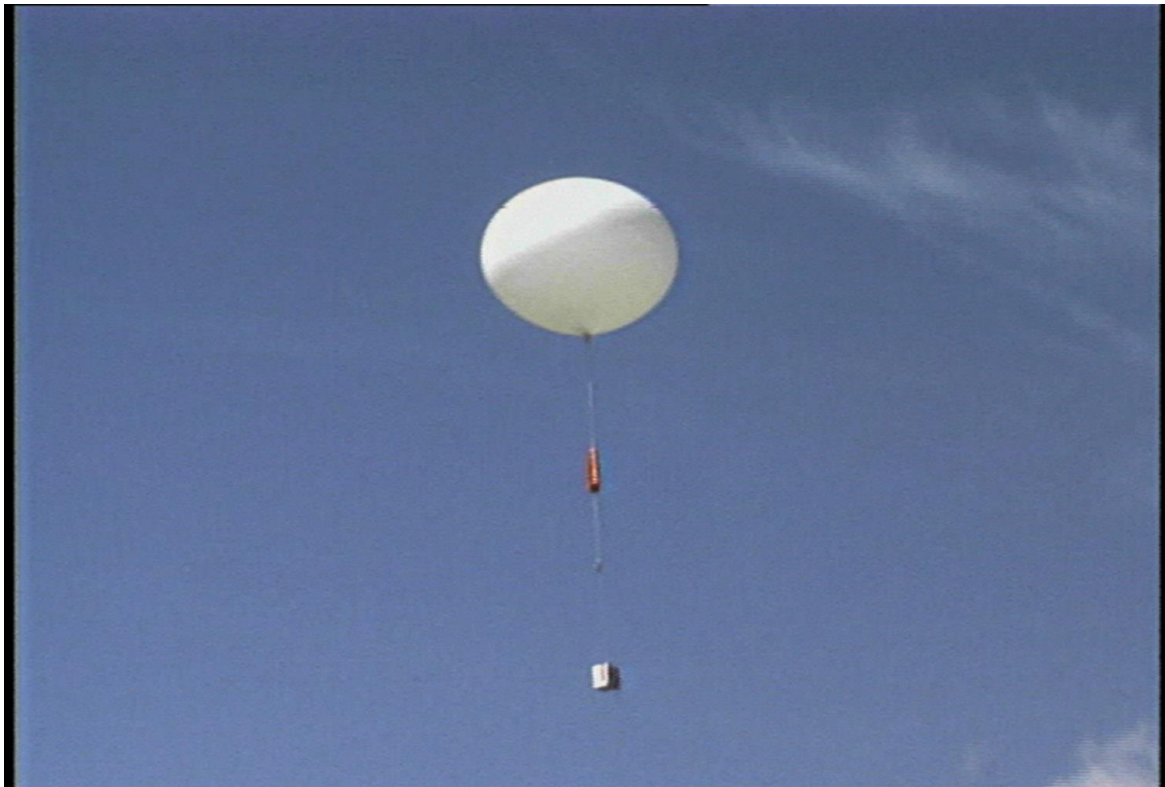


**Σχήμα 2:** Σχηματική απεικόνιση ραδιοβολίδας

Στις 00:00 UTC και 12:00 UTC και σε καθημερινή βάση, απελευθερώνονται οι ραδιοβολίδες από τους σταθμούς ανώτερης ατμόσφαιρας, με ταχύτητα 1000 ft/min μέχρι να φτάσουν το ύψος των 20 ή 30 km, σημείο στο οποίο σπάει το μπαλόκι, ενώ το κιβώτιο με τα όργανα μέτρησης επιστρέφει με τη χρήση αλεξίπτωτου για πιθανή επαναχρησιμοποίηση. Όση ώρα διαρκεί η πτήση, τα μετρούμενα μεγέθη αναμεταδίδονται στο σταθμό που βρίσκεται στο έδαφος ώστε να επεξεργάζονται. Λόγω της ελάχιστης αδράνειας που έχει η ραδιοβολίδα, κινείται με τον οριζόντιο άνεμο των επιπέδων που διέρχεται. Συνεπώς, συνεχόμενες οριζόντιες θέσεις της, δύνανται να δώσουν τον σχηματισμό του κατακόρυφου προφίλ του οριζόντιου ανέμου, παρά το

γεγονός ότι επιστημονικά κάτι τέτοιο δεν είναι ακριβές, εξ' αιτίας των πιθανών δυνατών ανέμων. Επίσης, με τη χρήση της ραδιοβόλισης μπορούν να ανιχνευτούν οι θερμοκρασιακές αναστροφές στην περιοχή που αυτές υφίστανται. Στην Ελλάδα λειτουργούν τρεις επιχειρησιακοί σταθμοί ραδιοβολίσεων, οι οποίοι βρίσκονται στην Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη και το Ηράκλειο (Katsoulis, 1988).

Η ραδιοβόλιση εφευρέθηκε από τον βρετανό μετεωρολόγο Napier Shaw το 1915 και χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον στη Μεγάλη Βρετανία και τον Καναδά. Επιπλέον, η προγνωστική ραδιοβόλιση έρχεται σαν ένα ακόμα εργαλείο του προγνώστη μετεωρολόγου, έτσι ώστε να του παρέχονται όσο το δυνατόν παραπάνω στοιχεία που αφορούν στις συνθήκες της ατμόσφαιρας και τα οποία πρόκειται να επικρατήσουν σε μια περιοχή ([www.meteoclub.gr](http://www.meteoclub.gr)).



**Εικόνα 2.3:** Ραδιοβολίδα

Στον πρώτο κύκλο διαγραμμάτων παρουσιάζονται στοιχεία για τις μέσες τιμές των στοιχείων, καθώς και μέσες τιμές των μεγίστων αυτών. Σε δεύτερη φάση, δημιουργούνται διαγράμματα που έχουν στοιχεία από όλους τους ίδιους μήνες όλων των ετών. Στη συνέχεια, από το αρχείο των αναστροφών χρησιμοποιώντας τα στοιχεία της βάσης της θερμοκρασιακής αναστροφής, χωρίζουμε τις μετρήσεις σε κλάσεις και δημιουργούμε τα αντίστοιχα διαγράμματα. Στο τελικό στάδιο χρησιμοποιούμε από το αρχείο των αναστροφών, τα στοιχεία για το θερμοκρασιακό εύρος της θερμοκρασιακής αναστροφής, χωρίζοντας ξανά τα στοιχεία σε κλάσεις καταλήγοντας στη δημιουργία του τελευταίου σετ διαγραμμάτων. Σε όλα τα διαγράμματα ασχολούμαστε και με το αν υπάρχει ή όχι αναστροφή.

# Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

---

## Νομοθετικό πλαίσιο

### 3.1 Νομοθεσία περί ποιότητας της ατμόσφαιρας

Τα όρια που ισχύουν για την ποιότητα της ατμόσφαιρας, αφορούν τόσο την ανθρώπινη υγεία, όσο και την προστασία των οικοσυστημάτων. Σύμφωνα με την νομοθεσία που ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση, έχουν θεσμοθετηθεί για τη χώρα μας νομοθετικά όρια και στόχοι για τους ρύπους: 1) διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), 2) αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ<sub>10</sub> και ΑΣ<sub>2,5</sub>), 3) διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), 4) όζον (O<sub>3</sub>), 5) μονοξείδιο του άνθρακα (CO), 6) βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), 7) μόλυβδος (Pb), 8) αρσενικό (As), 9) κάδμιο (Cd), 10) νικέλιο (Ni), και 11) βενζο(α)πυρένιο (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>).

Οι εκδοθείσες οδηγίες καθώς και οι εναρμονίσεις αυτών μέχρι και σήμερα είναι:

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11).
- Οδηγία 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07).
- Οδηγία 2015/1480/ΕΚ για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (ΚΥΑ 174505/607, ΦΕΚ 1311Β/13.4.17).

# Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

---

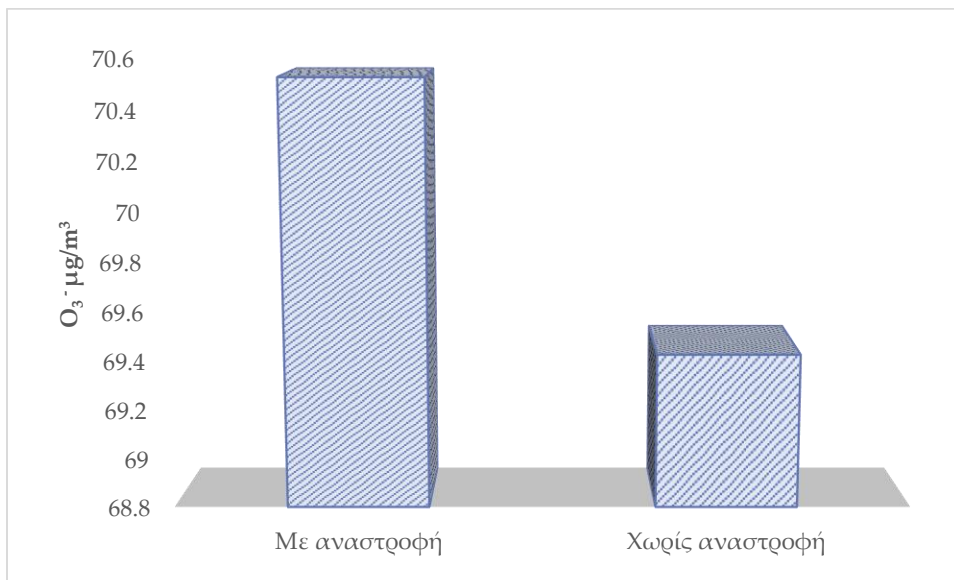
**Μέσες τιμές και μέγιστα συγκεντρώσεων των ρύπων**



## 4.1 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων

Προκειμένου, να δημιουργηθούν τα επόμενα 4 διαγράμματα, πήραμε τις ημερήσιες τιμές του κάθε ρύπου ξεχωριστά. Στη συνέχεια, βρήκαμε τις μέσες ημερήσιες τιμές όταν έχουμε και όταν δεν έχουμε αναστροφή και καταλήξαμε όπως φαίνεται παρακάτω:

### 4.1.1 Όζον (O<sub>3</sub>)

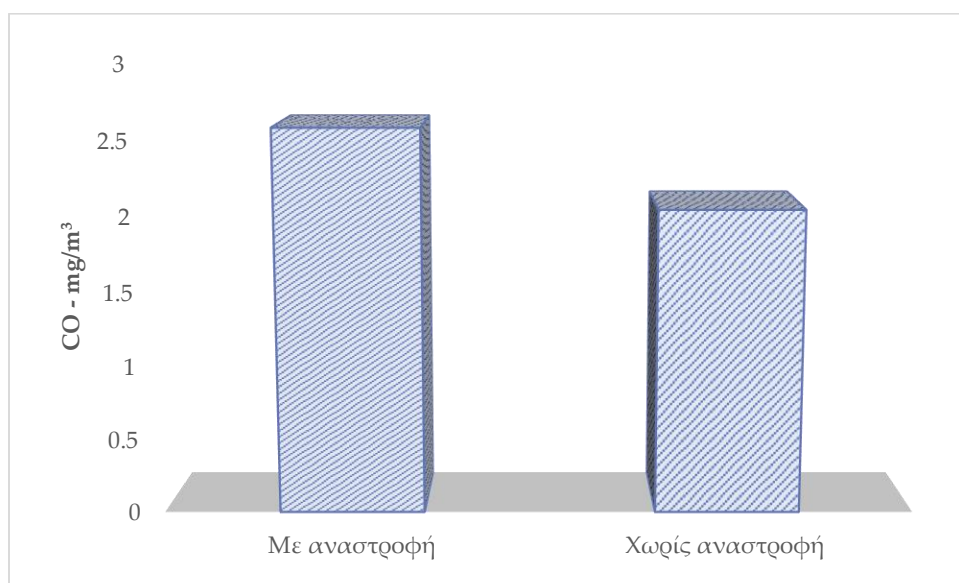


**Γράφημα 4.1.1:** Μέση τιμή ημερήσιων τιμών του ρύπου O<sub>3</sub> με και χωρίς αναστροφή (μg/m<sup>3</sup>)

Το όζον είναι δευτερογενής ρύπος ο οποίος εξαρτάται από την ηλιοφάνεια και τον άνεμο. Οπότε σε ημέρες με μεγάλη συννεφιά, παρατηρείται σημαντική μείωση αυτού. Δεδομένου του ορισμού της θερμοκρασιακής αναστροφής, δηλαδή του γεγονότος ότι κατά τη διάρκεια της αναστροφής οι ρύποι που παγιδεύονται στον αέρα έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, είναι λογικό να υπάρχει μία διαφορά μεταξύ των μέσων

τιμών όζοντος με και χωρίς αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

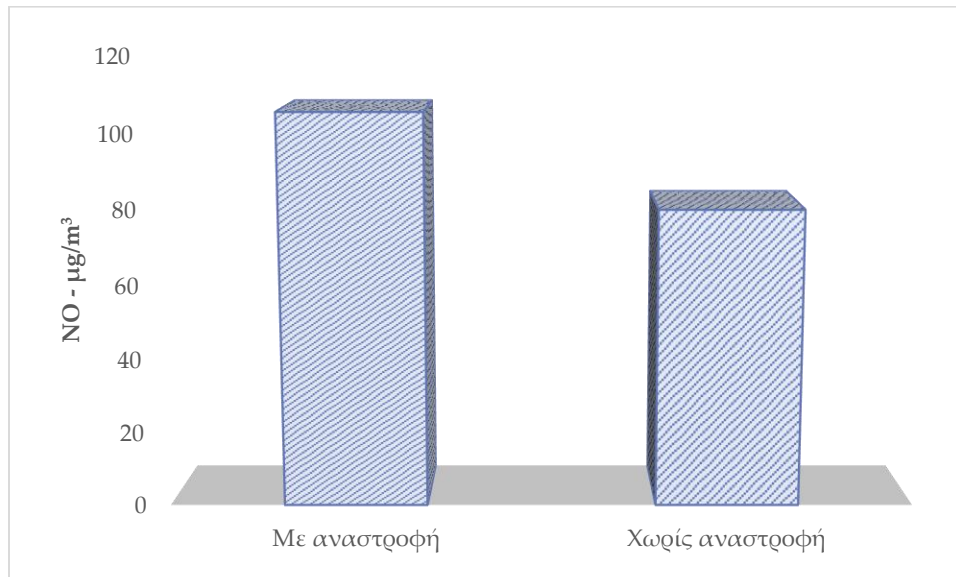
#### 4.1.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



**Γράφημα 4.1.2:** Μέση τιμή ημερήσιων τιμών του ρύπου CO με και χωρίς αναστροφή (mg/m<sup>3</sup>)

Εδώ, παρατηρούνται γενικά μικρές τιμές συγκέντρωσης του ρύπου αυτού. Παρατηρείται ότι, η υπάρχει διαφορά μεταξύ της τιμής συγκέντρωσης με αναστροφή και αυτής χωρίς αναστροφή. Αυτό οφείλεται στο ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει ελαττώσει την εκπομπή του ρύπου, καθώς επίσης και στον ορισμό της θερμοκρασιακής αναστροφής όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ότι δηλαδή υπάρχει μεγαλύτερη παγίδευση ρύπων κατά τη διάρκεια της αναστροφής. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

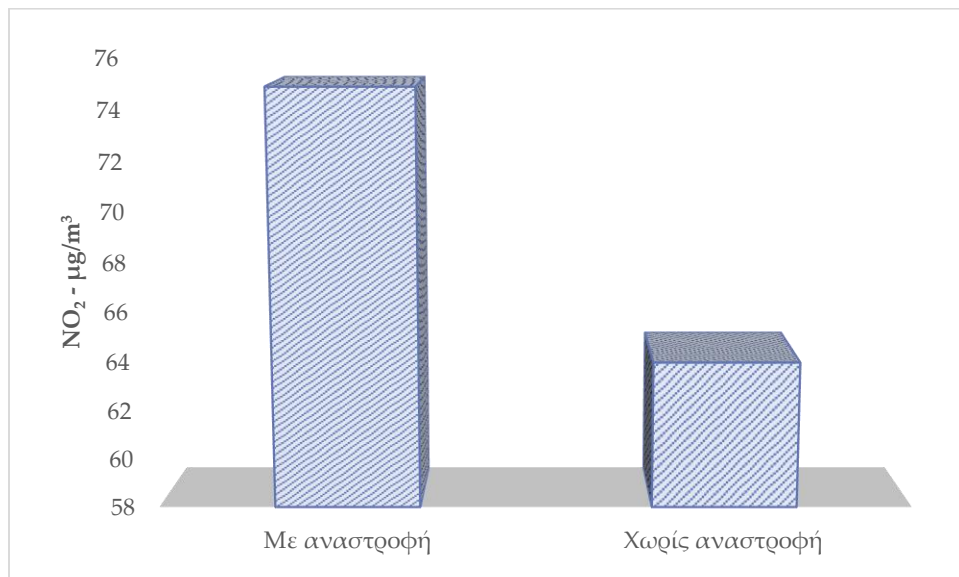
#### 4.1.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)



**Γράφημα 4.1.3:** Μέση τιμή ημερήσιων τιμών του ρύπου NO με και χωρίς αναστροφή (μg/m<sup>3</sup>)

Όπως αναγράφεται και παραπάνω, το μονοξείδιο του αζώτου δεν θεωρείται επικίνδυνος για την υγεία ρύπος. Όμως, η μέτρηση αυτού του πρωτογενούς ρύπου μας δίνει στοιχεία για την παραγωγή του διοξειδίου του αζώτου. Παρατηρείται ότι, εντοπίζεται μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτού κατά τη διάρκεια ύπαρξης αναστροφής. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 4.1.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



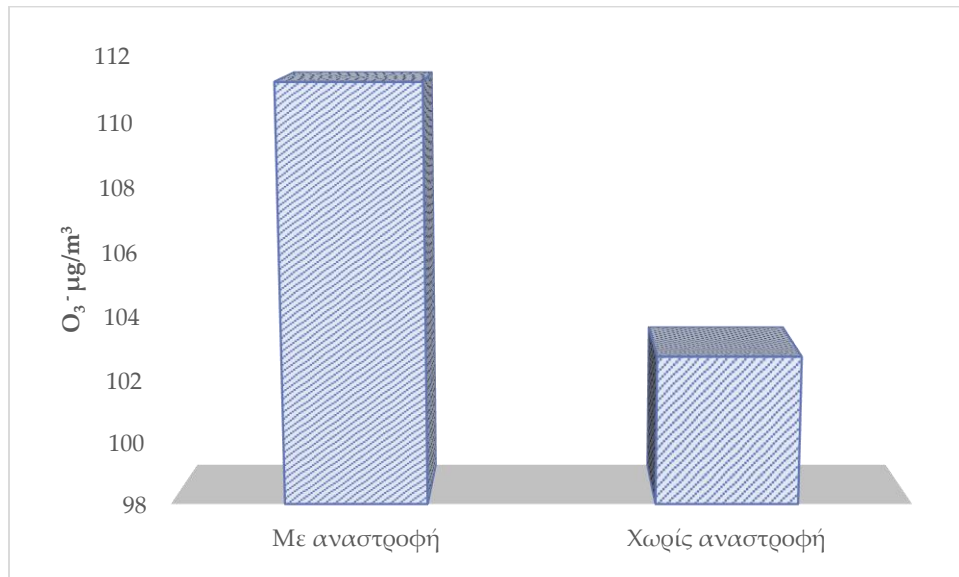
**Γράφημα 4.1.4:** Μέση τιμή ημερήσιων τιμών του ρύπου NO<sub>2</sub> με και χωρίς αναστροφή (μg/m<sup>3</sup>)

Το διοξείδιο του αζώτου είναι δευτερογενής ρύπος, ο οποίος εξαρτάται από την ηλιοφάνεια, τον άνεμο και τις εκπομπές NO. Φαίνεται από το διάγραμμα ότι υπάρχει διαφορά στη συγκέντρωση με αναστροφή και χωρίς αναστροφή, αφού η τιμή συγκέντρωσης του ρύπου με αναστροφή είναι εμφανώς μεγαλύτερη από αυτήν χωρίς αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 4.2 Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων

Εδώ λειτουργήσαμε με τον ίδιο τρόπο όπως στις μέσες τιμές, απλώς αυτή τη φορά πήραμε τα ημερήσια μέγιστα και οδηγηθήκαμε στις μέσες τιμές των μεγίστων του κάθε στοιχείου.

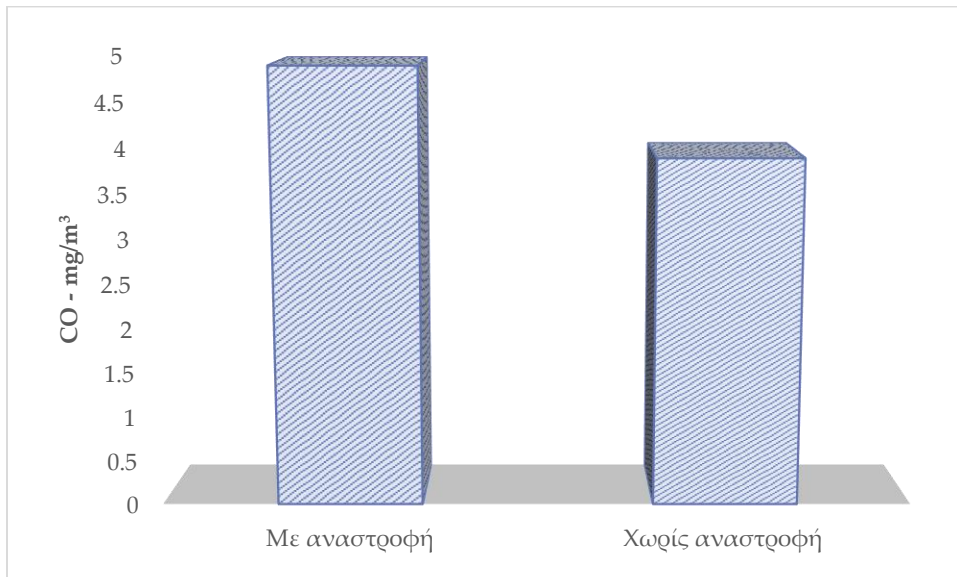
#### 4.2.1 Όζον (O<sub>3</sub>)



**Γράφημα 4.2.1:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιων τιμών του ρύπου O<sub>3</sub> με και χωρίς αναστροφή (μg/m<sup>3</sup>)

Τα ημερήσια μέγιστα εδώ βλέπουμε ότι παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές σε σχέση με τις ημερήσιες μέσες τιμές, με τις τιμές του ανωτέρω διαγράμματος να έχουν και πάλι διαφορά μεταξύ τους λόγω ύπαρξης αναστροφής. Η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τις μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις του ρύπου αφού αυτές δύνανται να μεταβάλλονται ευκολότερα επηρεαζόμενες από διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους ενώ τα μέγιστα λιγότερο. Άλλωστε το όζον λαμβάνει το μέγιστό του τις απογευματινές ώρες ενώ οι μέσες τιμές υπολογίζονται σε 24-ωρη βάση. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

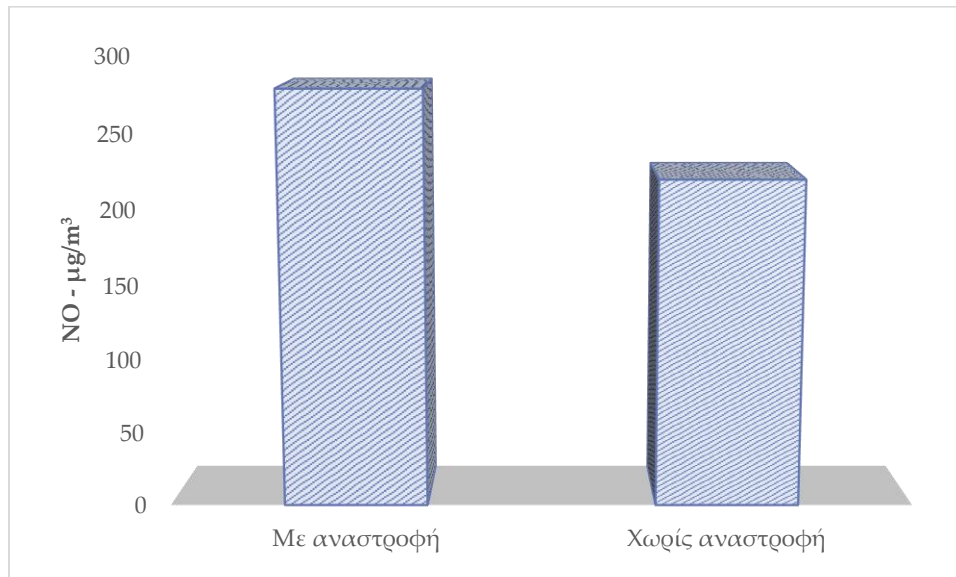
#### 4.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



**Γράφημα 4.2.2:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιων τιμών του ρύπου CO με και χωρίς αναστροφή (mg/m<sup>3</sup>)

Στο μονοξείδιο του άνθρακα, εντοπίζονται και εδώ μικρές τιμές ενώ οι διαφορές με αναστροφή και χωρίς αναστροφή είναι υπαρκτές. Παρ' όλα αυτά, εδώ παρουσιάζονται μέσες τιμές μεγίστων ημερήσιων συγκεντρώσεων των ρύπων, το οποίο σημαίνει ότι εντοπίζονται διαφορές σε σχέση με τις μέσες ημερήσιες τιμές, αφού οι τελευταίες δύνανται να μεταβάλλονται περισσότερο μέσα στη μέρα. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

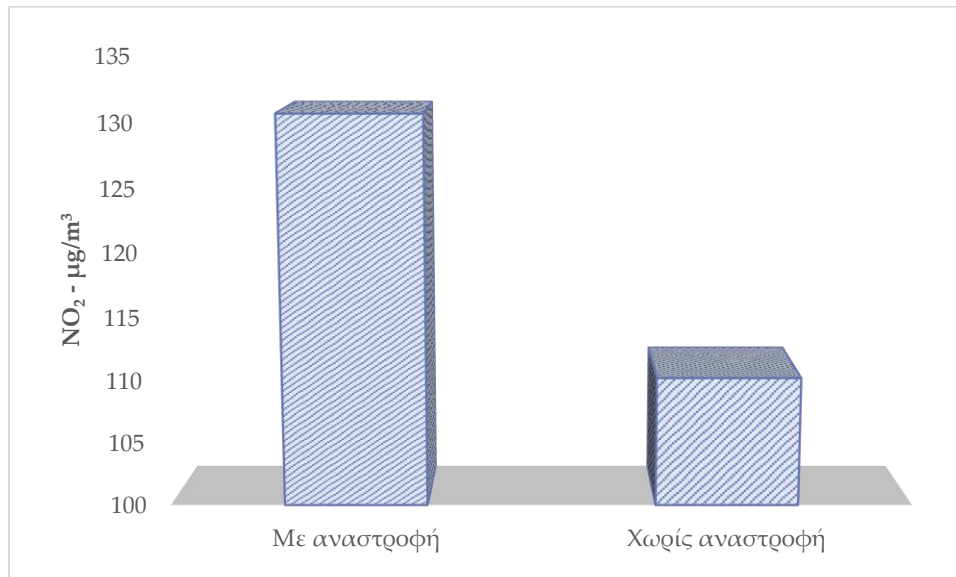
### 4.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)



**Γράφημα 4.2.3:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιων τιμών του ρύπου NO με και χωρίς αναστροφή (μg/m<sup>3</sup>)

Το διάγραμμα αυτό είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο διάγραμμα των μέσων τιμών του ρύπου αυτού με διαφορές να κάνουν την εμφάνισή τους στις τιμές συγκέντρωσης του ρύπου όταν υπάρχει αναστροφή και όταν δεν υπάρχει λόγω μη κατακόρυφης διάχυσης. Οι τιμές με αναστροφή είναι υψηλότερες. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 4.2.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



**Γράφημα 4.2.4:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιων τιμών του ρύπου NO<sub>2</sub> με και χωρίς αναστροφή (μg/m<sup>3</sup>)

Εδώ, φαίνεται να εντοπίζεται μία διαφορά 20 μg/m<sup>3</sup> περίπου. Να επισημανθεί, ότι η αναστροφή ευνοεί τη συσσώρευση NO λόγω μη κατακόρυφης διάχυσης και άρα του NO<sub>2</sub>, εξ' αιτίας της μη ύπαρξης σημαντικής ροής ανέμου και έτσι μπορεί να δικαιολογηθεί η διαφορά μεταξύ των τιμών όταν υπάρχει αναστροφή και όταν δεν υπάρχει. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.



# Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

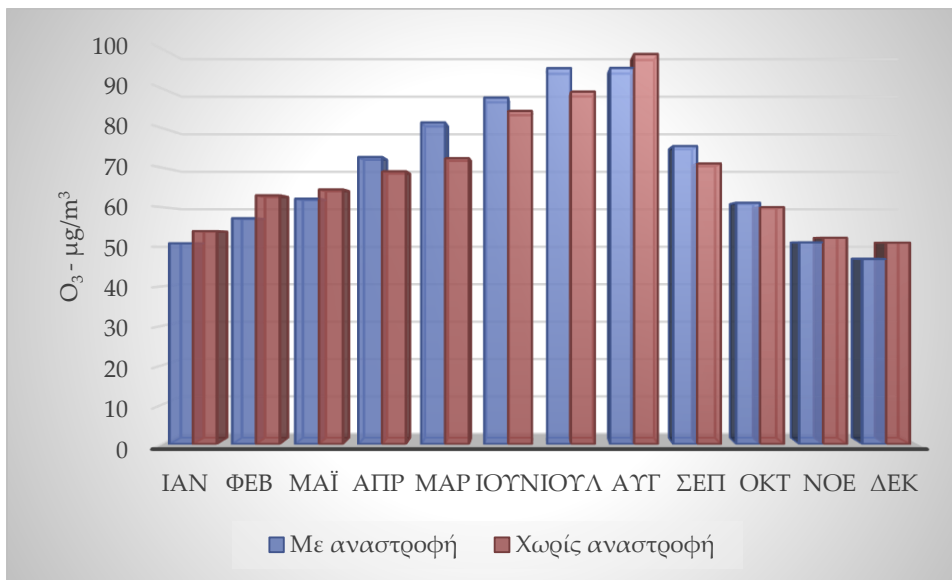
---

Μηνιαίες μέσες τιμές και μέγιστα μελετώμενων ρύπων

## 5.1 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων

Σ' αυτόν τον κύκλο διαγραμμάτων λειτουργήσαμε ως εξής. Ελήφθησαν τα δεδομένα όλων των ετών για κάθε στοιχείο ξεχωριστά. Στη συνέχεια, έγινε διαχωρισμός όλων των ίδιων μηνών από το 2001 μέχρι και το 2010. Στο Γράφημα 4.1.1, παρουσιάζεται η μηνιαία μεταβολή της μέσης τιμής συγκέντρωσης  $O_3$ , κατά τα έτη 2001 – 2010 παρουσία ή όχι θερμοκρασιακής αναστροφής.

### 5.1.1 Όζον ( $O_3$ )

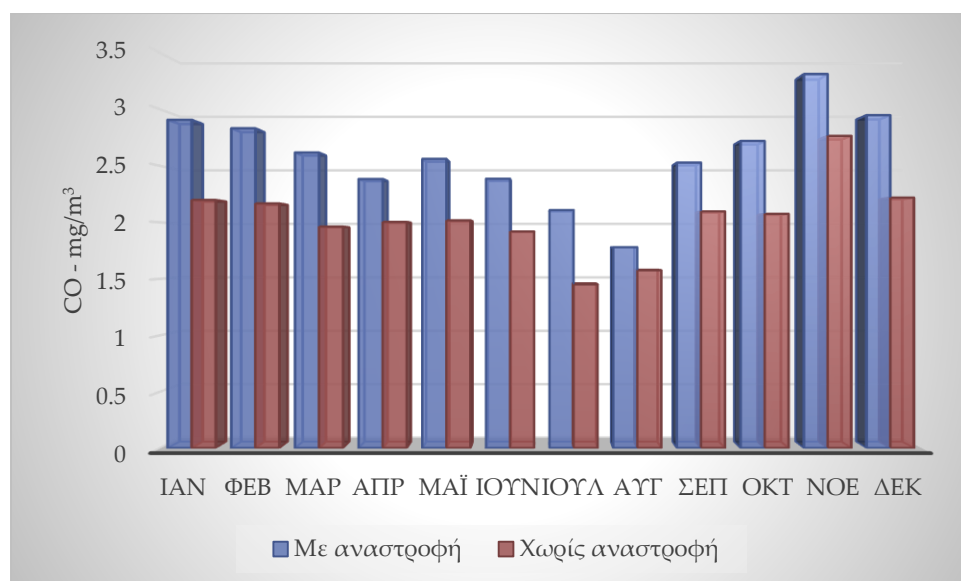


**Γράφημα 5.1.1:** Μηνιαία μεταβολή μέσης τιμής συγκέντρωσης  $O_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

Όπως αναφέρθηκε, ο ρύπος του όζοντος επηρεάζεται από την ηλιοφάνεια και τον άνεμο. Παρατηρείται ότι, η συγκέντρωση του εν λόγω ρύπου, λαμβάνει υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης παρουσία θερμοκρασιακής αναστροφής, σε σχέση με τους μήνες όπου δεν υπάρχει αναστροφή, στην πλειονότητα των μηνών. Εξαρτάται από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία σε διάρκεια και ένταση, το επίπεδο της θερμοκρασίας που

υπάρχει την εκάστοτε περίοδο όπως επίσης και τι πρωτογενείς ρύποι εντοπίζονται. Το όζον είναι διαφορετικό σε σχέση με τους πρωτογενείς ρύπους, οπότε δικαιολογείται η μη σταθερότητα αυτού με το πέρασμα των μηνών. Παρατηρείται ότι σε κάποιους μήνες, οι τιμές συγκέντρωσης του ρύπου χωρίς αναστροφή, είναι μεγαλύτερες από αυτές με αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

### 5.1.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

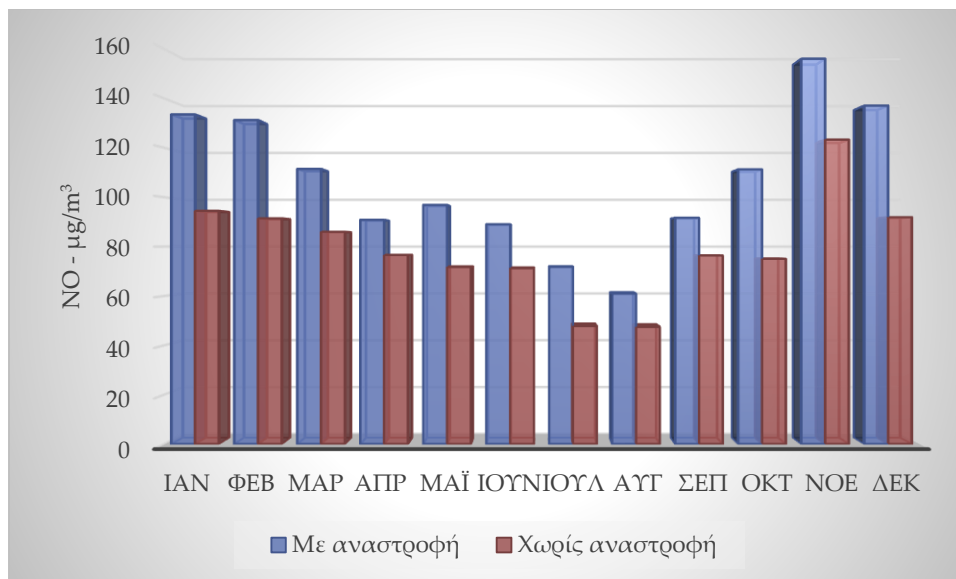


**Γράφημα 5.1.2:** Μηνιαία μεταβολή μέσης τιμής συγκέντρωσης CO (mg/m<sup>3</sup>), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

Στον συγκεκριμένο ρύπο, έχουμε μείωση γενικότερα λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας, αφού πλέον εξ' αιτίας αυτής, παράγεται λιγότερο μονοξείδιο του άνθρακα. Εν συνεχεία, μπορεί να επισημανθεί ότι, η παραγωγή του οφείλεται στην ατελή καύση στα οχήματα, η οποία ευνοείται από τις χαμηλές θερμοκρασίες και αυτό αυτόματα επηρεάζει το γεγονός ότι τους καλοκαιρινούς μήνες μειώνεται η εκπομπή του. Αφού, τότε είναι που οι περισσότεροι άνθρωποι παίρνουν άδεια από τις δουλειές τους, με λογικό επακόλουθο,

την συγκεκριμένη χρονική περίοδο να μειώνεται ο πληθυσμός της πόλης. Παρατηρείται ότι, οι συγκεντρώσεις του ρύπου κατά τη διάρκεια ύπαρξης αναστροφής, είναι μεγαλύτερες από αυτές χωρίς αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

### 5.1.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

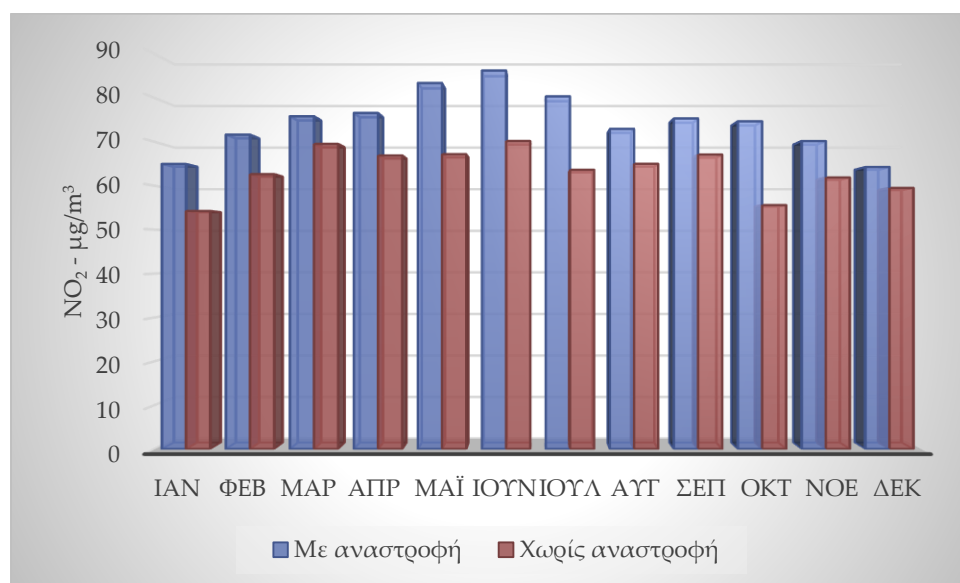


**Γράφημα 5.1.3:** Μηνιαία μεταβολή μέσης τιμής συγκέντρωσης NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

Το μονοξείδιο του αζώτου στην πόλη παράγεται από τις εξατμίσεις των οχημάτων. Το συγκεκριμένο διάγραμμα δείχνει ότι, τους θερινούς μήνες έχουμε λιγότερη παραγωγή αυτού του ρύπου ενώ ταυτόχρονα είναι εμφανής η διαφορά στους μήνες χωρίς αναστροφή σε σχέση με αυτούς με αναστροφή όπου, όταν υπάρχει αναστροφή

εντοπίζεται μεγαλύτερη συγκέντρωση του ρύπου. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 5.1.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



**Γράφημα 5.1.4:** Μηνιαία μεταβολή μέσης τιμής συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> (μg/m<sup>3</sup>), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

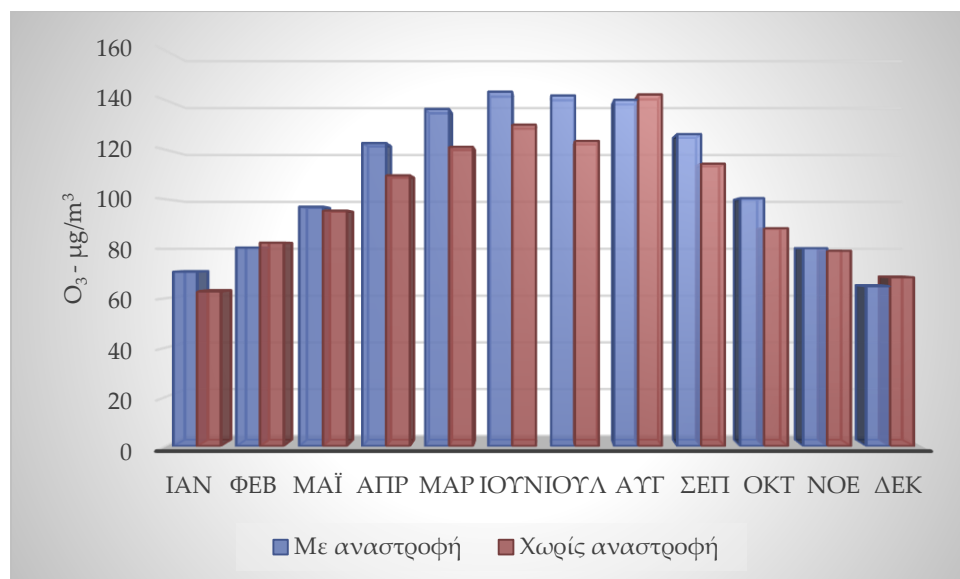
Σε συνέχεια του παραπάνω διαγράμματος, ερχόμαστε σε αυτό, να παρατηρήσουμε ότι τους θερινούς μήνες η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει γιατί παρά το γεγονός ότι δεν κυκλοφορούν τόσα οχήματα το καλοκαίρι, ο συγκεκριμένος ρύπος παράγεται σε συνδυασμό των εκπομπών NO από τα οχήματα αλλά και της ηλιοφάνειας. Οπότε επειδή έχουμε υψηλή ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια στο πέρας των συγκεκριμένων μηνών, είναι λογικό να είναι αυξημένος ο ρύπος κατά τους θερινούς

μήνες. Στις συγκεντρώσεις του ρύπου παρατηρείται ότι, μικρότερες είναι αυτές όπου δεν υπάρχει αναστροφή, ενώ επίσης φαίνεται ότι, κατά τους θερινούς μήνες οι συγκεντρώσεις του ρύπου όταν δεν υπάρχει αναστροφή είναι εμφανώς λιγότερες από όταν υπάρχει αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

## 5.2 Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων

Στα ακόλουθα διαγράμματα φαίνονται οι μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις των μεγίστων του εκάστοτε ρύπου.

### 5.2.1 Όζον (O<sub>3</sub>)

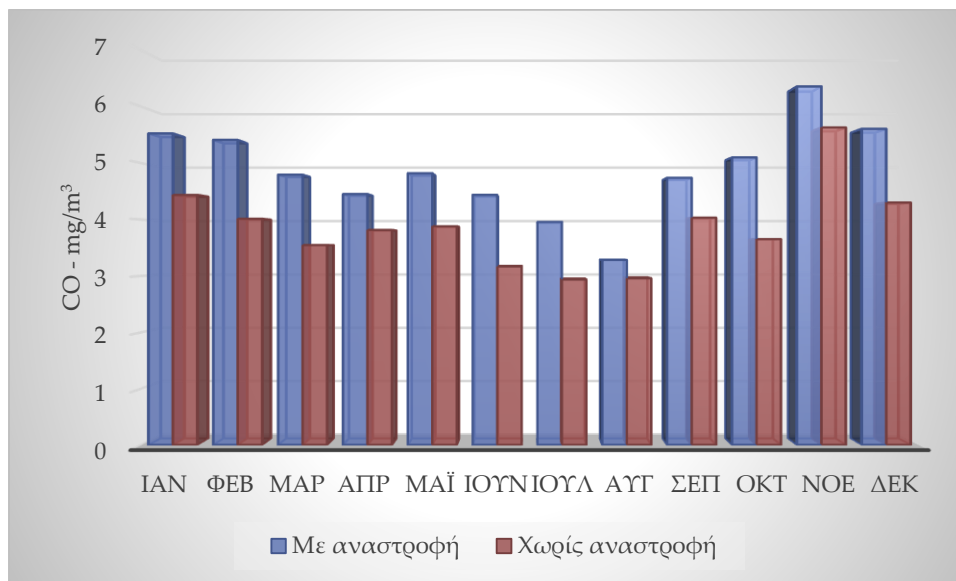


**Γράφημα 5.2.1:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιας συγκέντρωσης O<sub>3</sub> (μg/m<sup>3</sup>), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

Και σ' αυτό το διάγραμμα διακρίνουμε υψηλές τιμές κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό δικαιολογείται αφού κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών υπάρχουν λιγότερα οχήματα,

άρα λιγότερο μονοξείδιο του αζώτου και άρα μικρότερης έκτασης καταστροφή του όζοντος αλλά και από την διαφορά στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όσον αφορά στις τιμές που διακρίνονται χωρίς αναστροφή παρατηρείται ότι δεν είναι πλησίον αυτών με αναστροφή. Το όζον παράγεται μετά τη διάλυση της αναστροφής, δηλαδή κατά τη διάρκεια των απογευματινών ωρών. Παρατηρείται ότι, ο μήνας Δεκέμβριος έχει υψηλότερη τιμή απουσία αναστροφής, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας από την οποία χαρακτηρίζεται ένας χειμερινός μήνας όπως είναι αυτός, πράγμα το οποίο έχει επίδραση στον ρύπο. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

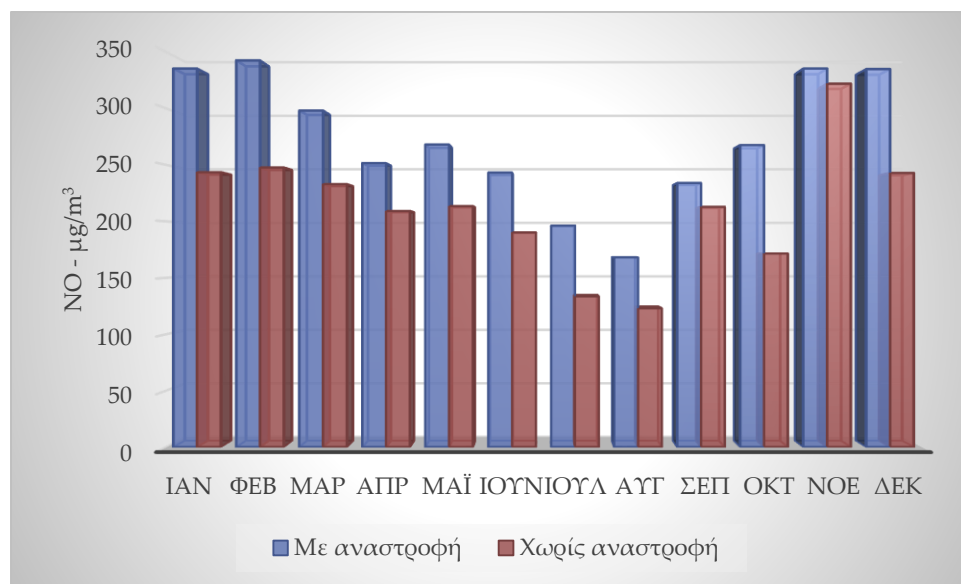
### 5.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



**Γράφημα 5.2.2:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιας συγκέντρωσης CO (mg/m<sup>3</sup>), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

Εδώ μπορούμε πάλι να διακρίνουμε ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου εντοπίζονται κατά τους μήνες που ο πληθυσμός της πόλης βρίσκεται εντός της, δηλαδή τους μήνες εκτός του καλοκαιριού, οπότε είναι και οι μήνες εντονότερης παραγωγής του ρύπου. Επίσης, ένα άλλο στοιχείο που επηρεάζει το φαινόμενο της αναστροφής καταστρέφοντάς την, είναι ο άνεμος. Όσον αφορά στις τιμές των μηνών που δίνονται χωρίς αναστροφή, εντοπίζονται διαφορές σε σχέση με αυτές που είναι με αναστροφή. Φαίνονται δηλαδή, να είναι μεγαλύτερες οι τιμές συγκέντρωσης του ρύπου όταν υπάρχει αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

### 5.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

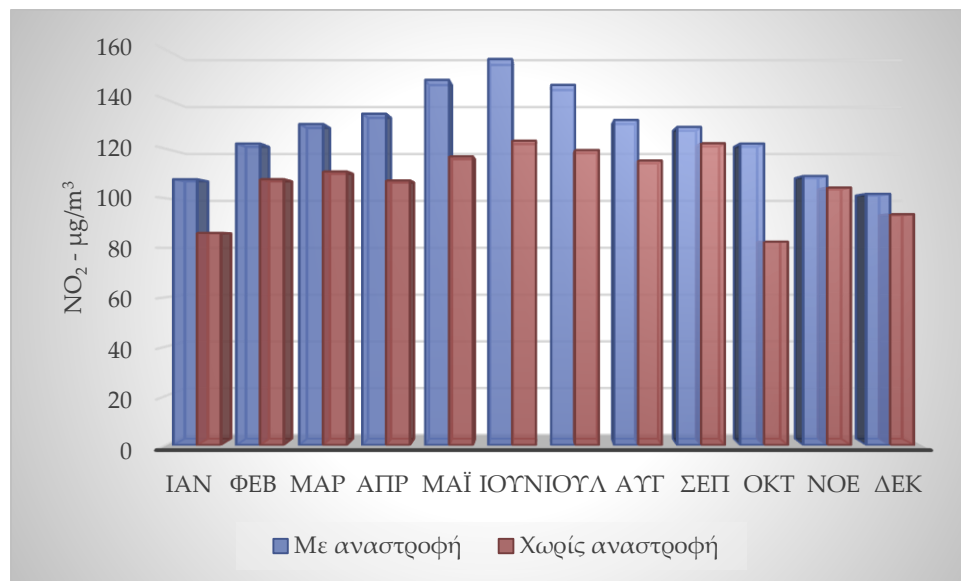


**Γράφημα 5.2.3:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιας συγκέντρωσης NO (µg/m³), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή



Λόγω του ότι, ο συγκεκριμένος ρύπος είναι πρωτογενής, βλέπουμε αυξημένη συγκέντρωσή του, κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ επίσης διακρίνεται εντονότερη διαφορά μεταξύ της ύπαρξης θερμοκρασιακής αναστροφής και της μη ύπαρξης αυτής. Την περίοδο του καλοκαιριού όμως, παρατηρείται μικρότερη παραγωγή του εν λόγω ρύπου και αυτό έχει να κάνει με την έντονη ηλιοφάνεια από την οποία χαρακτηρίζεται η χώρα μας, ενώ διακρίνεται η σταδιακή αύξησή του καθώς οι εποχές διαδέχονται η μια την άλλη. Η συγκέντρωση του ρύπου είναι αυξημένη όταν υπάρχει αναστροφή και μειώνεται εμφανώς όταν υφίσταται απουσία θερμοκρασιακής αναστροφής. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 5.2.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



**Γράφημα 5.2.4:** Μέση τιμή μεγίστων ημερήσιας συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>), με αναστροφή και χωρίς αναστροφή

Στο παρόν ραβδόγραμμα διαπιστώνεται ότι, ο ρύπος αυτός δημιουργεί μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, κατά τους θερινούς μήνες. Αυτό βεβαίως συνδυάζεται και με το μονοξειδίο του αζώτου, αφού αυτό είναι που παράγει το διοξείδιο του αζώτου. Συνεπώς, παρατηρείται η ακριβώς αντίθετη μορφή εκδήλωσης του ρύπου, σε σχέση με αυτήν του μονοξειδίου του αζώτου, με την έξαρσή του να εντοπίζεται κατά τους θερινούς μήνες, όπως προαναφέρθηκε. Παρατηρείται ότι, η συγκέντρωση του ρύπου όταν υπάρχει αναστροφή, είναι υψηλότερη σε σχέση με το όταν δεν υπάρχει θερμοκρασιακή αναστροφή όπου παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές συγκέντρωσης του ρύπου. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

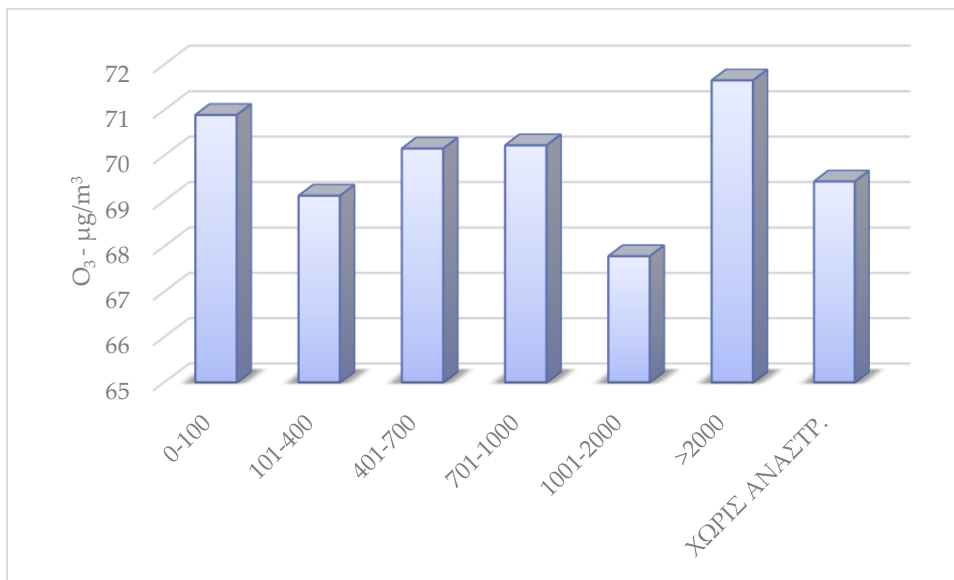
---

Μέσες τιμές και μέγιστα σε σύγκριση με το ύψος βάσης της  
θερμοκρασιακής αναστροφής

## 6.1 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων

Υπολογίστηκαν οι μέσες συγκεντρώσεις για το ύψος βάσης κάθε αναστροφής. Χωρίστηκαν σε κλάσεις οι τιμές της βάσης και υπάρχουν και οι αντίστοιχες μέσες τιμές οπότε και σχηματίζονται τα ακόλουθα διαγράμματα. Στο τέλος, προστίθεται μία ακόμα ράβδος που αφορά στις μέσες τιμές χωρίς αναστροφή όμως.

### 6.1.1 Όζον (O<sub>3</sub>)

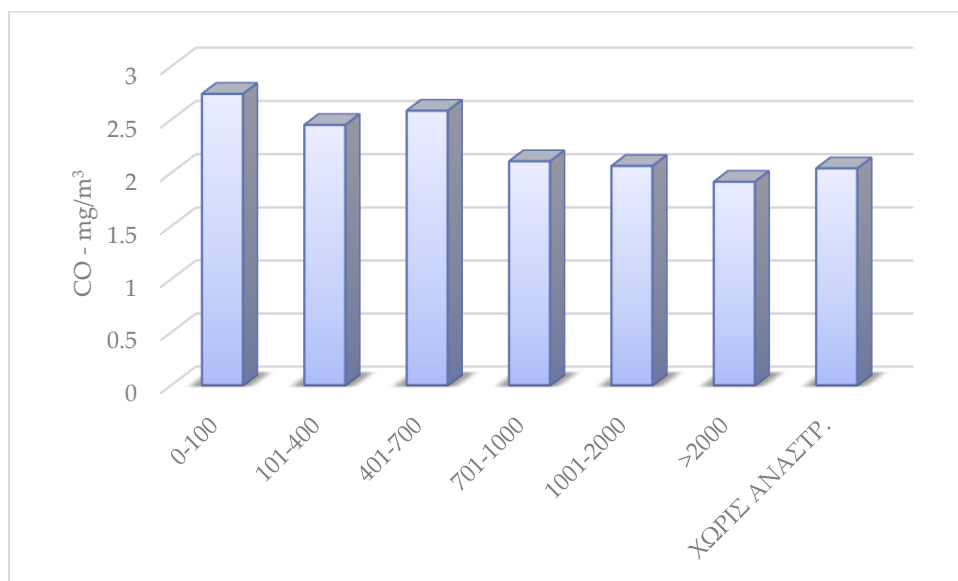


**Γράφημα 6.1.1:** Μέση τιμή O<sub>3</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά βάση της αναστροφής (m)

Εδώ βλέπουμε τις ράβδους χωρισμένες σε κλάσεις που αφορούν στο ύψος της βάσης της θερμοκρασιακής αναστροφής. Έχουμε έξι κλάσεις, με διακριτές τις τιμές συγκέντρωσης του ρύπου και μία ράβδο ακόμα, με την μέση τιμή συγκέντρωσης του ρύπου χωρίς αναστροφή. Οι τιμές αυτές αφορούν, όπως και σε όλα τα διαγράμματα της παρούσας εργασίας, τα 10 έτη που επεξεργαζόμαστε σε αυτήν. Παρατηρείται, η

υψηλότερη συγκέντρωση στην τελευταία ράβδο που είναι >2000 και με αναστροφή. Στις υπόλοιπες διακρίνεται μια ασυνέχεια, αφού δεν μπορεί να ειπωθεί ότι υπάρχει αύξηση του ρύπου αλλά ούτε μείωση αυτού, παρά μόνο ότι οι τιμές του ρύπου αυτού κυμαίνονται σε μικρές τιμές από περίπου 67 – περίπου 71 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Η αναστροφή εμφανίζεται τις πρωινές ώρες ενώ το όζον αρχίζει να δημιουργείται αφού η αναστροφή έχει διαλυθεί. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

### 6.1.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

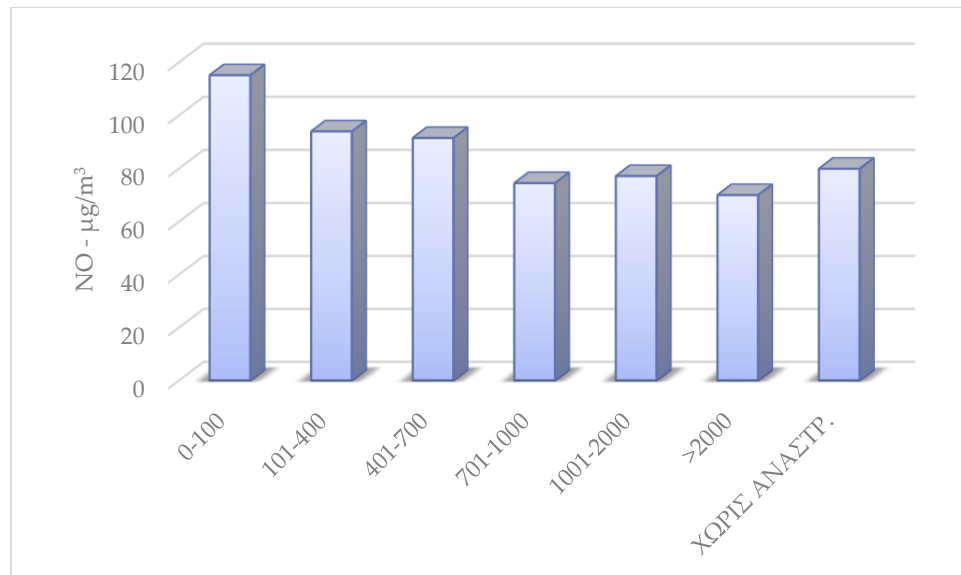


**Γράφημα 6.1.2:** Μέση τιμή CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) ανά βάση της αναστροφής (m)

Παρατηρείται μείωση συγκέντρωσης του ρύπου καθώς αυξάνεται το ύψος βάσης, εξ' αιτίας μεγαλύτερου ύψους και άρα όγκου αέρα μέσα στον οποίο έχουν εγκλωβιστεί οι ρύποι. Φαίνεται ότι, μέχρι τα 700 μ. οι συγκεντρώσεις του ρύπου είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις μέρες όπου δεν υπάρχει αναστροφή. Όταν το ύψος βάσης είναι χαμηλό

υπάρχουν υψηλές τιμές με αναστροφή σε αντίθεση με τις τιμές χωρίς αναστροφή που είναι χαμηλότερες οι συγκεντρώσεις του ρύπου. Αυτό οφείλεται στο χαμηλό στρώμα ανάμειξης, δηλαδή υπάρχει μικρότερος όγκος αέρα, με συνέπεια όταν υπάρχουν χαμηλές αναστροφές, οι συγκεντρώσεις του ρύπου να είναι υψηλές. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

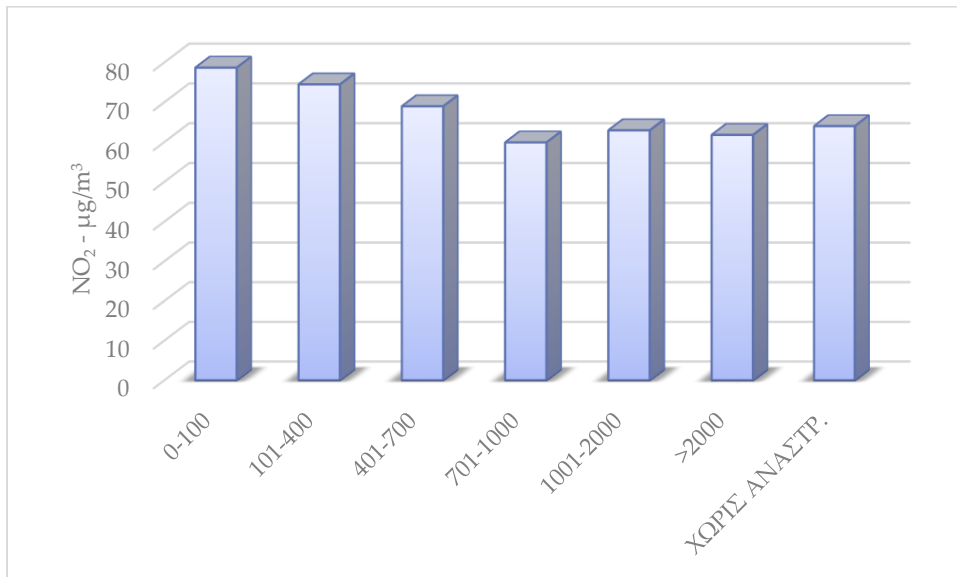
### 6.1.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)



**Γράφημα 6.1.3:** Μέση τιμή NO (μg/m<sup>3</sup>) ανά βάση της αναστροφής (m)

Παρατηρείται και εδώ η σταδιακή μείωση συγκέντρωσης του ρύπου όσο το ύψος της βάσης αυξάνεται, λόγω συγκράτησής του στα υψηλότερα στρώματα αέρα. Όσο το ύψος της βάσης είναι χαμηλό, εντοπίζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του ρύπου λόγω ισχυρής αναστροφής και άρα μεγαλύτερη είναι η παγίδευση αυτού στον αέρα. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 6.1.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



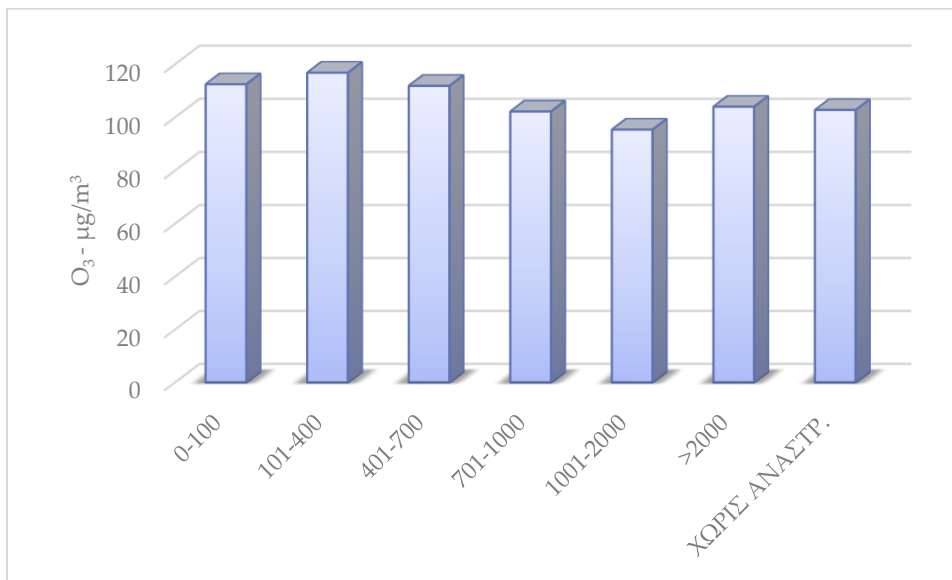
**Γράφημα 6.1.4:** Μέση τιμή NO<sub>2</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά βάση της αναστροφής (m)

Στα χαμηλά ύψη της βάσης της αναστροφής παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις λόγω μεγαλύτερων συγκεντρώσεων NO. Ακόμη η ηλιοφάνεια είναι καταλυτική παράμετρος παραγωγής του ρύπου. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

## 6.2 Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων

Όπως, ακριβώς και προηγουμένως χωρίζουμε το ύψος της βάσης σε κλάσεις αλλά αυτή τη φορά χρησιμοποιούμε τις ημερήσιες μέσες τιμές των μεγίστων των στοιχείων. Προσθέτουμε κι εδώ μία επιπλέον ράβδο με τις μέσες τιμές μεγίστων χωρίς αναστροφή.

### 6.2.1 Όζον (O<sub>3</sub>)



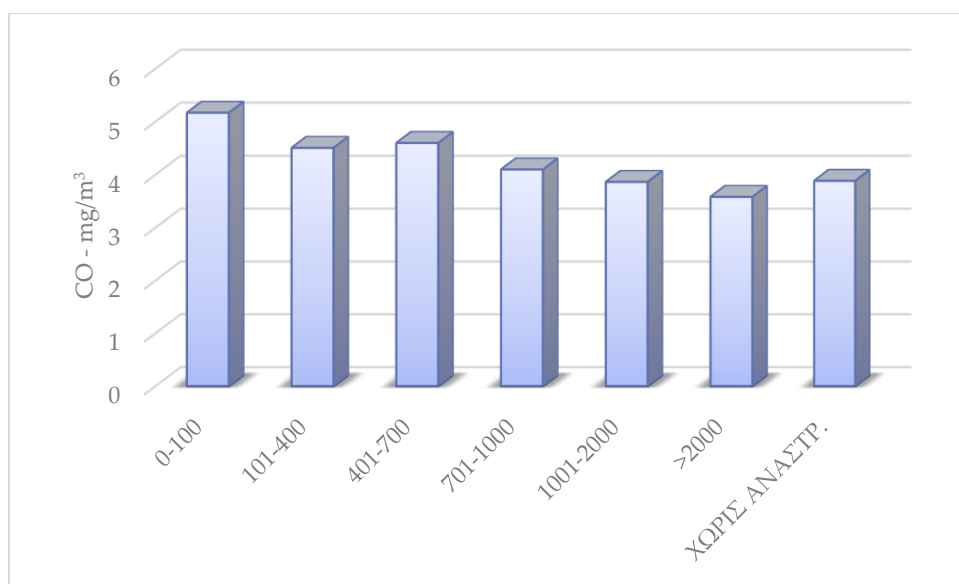
**Γράφημα 6.2.1:** Μέση τιμή μεγίστων O<sub>3</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά βάση της αναστροφής (m)

Παρατηρούνται, κάποιες αυξομειώσεις ανάλογα με το ύψος βάσης της αναστροφής. Στα χαμηλότερα ύψη το όζον παρουσιάζει υψηλότερες τιμές σε σχέση με την περίπτωση απουσίας αναστροφής. Το όζον είναι δευτερογενής ρύπος που παράγεται φωτοχημικά το απόγευμα, όταν η αναστροφή έχει ήδη καταστραφεί και για αυτό τον λόγο, δεν παρατηρούμε παρόμοια συμπεριφορά με τους υπόλοιπους υπό εξέταση ρύπους. Η ώρα που αναπτύσσεται η αναστροφή και η ώρα που αναπτύσσεται το όζον είναι



διαφορετικές. Όταν υπάρχει αναστροφή, υπάρχουν υδρογονάνθρακες και συνεπώς υπάρχει αιτία ώστε να δημιουργηθεί το όζον. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

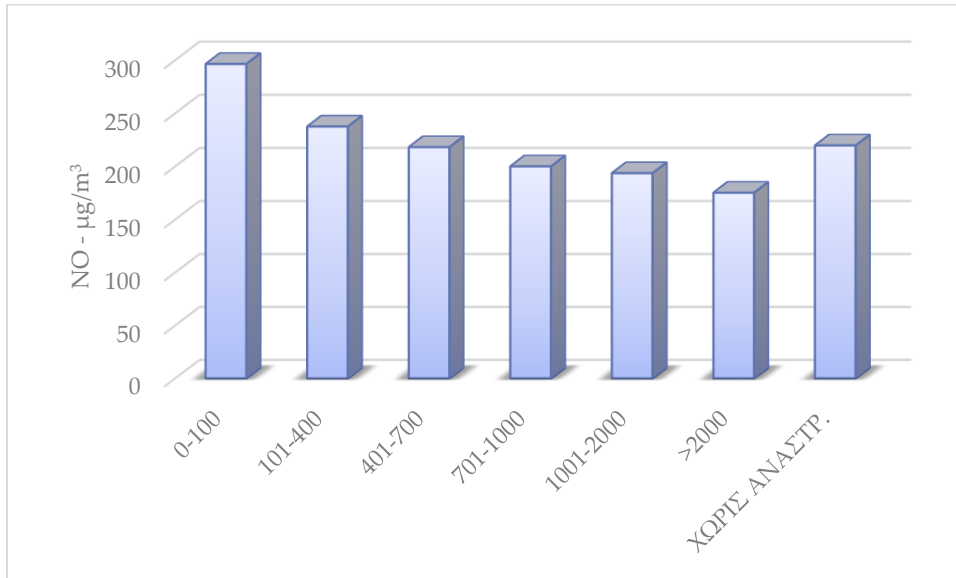
### 6.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



**Γράφημα 6.2.2:** Μέση τιμή μεγίστων CO (mg/m<sup>3</sup>) ανά βάση της αναστροφής (m)

Σε αυτό το διάγραμμα, εντοπίζεται μείωση, του ρύπου αυτού με το ύψος της βάσης, εκτός από το όριο 401-700 όπου διακρίνεται μια μικρή αύξηση. Είναι διακριτό ότι, σε χαμηλά ύψη βάσης αναστροφής, υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

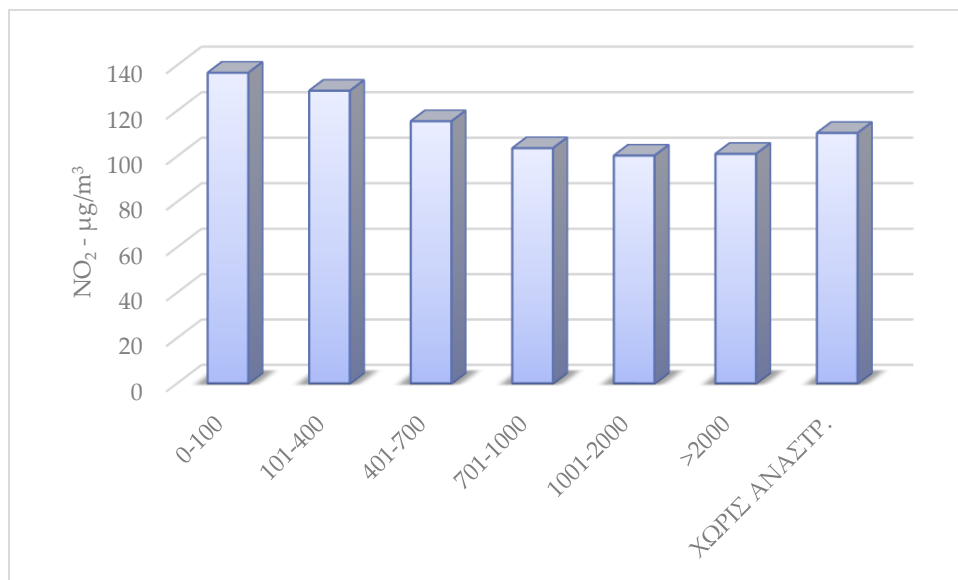
### 6.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)



**Γράφημα 6.2.3:** Μέση τιμή μεγίστων NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ανά βάση της αναστροφής (m)

Εδώ, εντοπίζεται μείωση τιμών συγκεντρώσεων καθώς αυξάνει το ύψος βάσης. Να υπενθυμιστεί ότι, η ένωση αυτή είναι πρωτογενής και άρα η μείωσή της είναι επακόλουθο του εγκλωβισμού των μορίων της σε ανώτερα στρώματα αέρα. Η τιμή συγκέντρωσης του ρύπου χωρίς αναστροφή είναι αυξημένη σε σχέση με τα περισσότερα ύψη βάσης που φαίνονται στο διάγραμμα. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 6.2.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



**Γράφημα 6.2.4:** Μέση τιμή μεγίστων NO<sub>2</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά βάση της αναστροφής (m)

Παρατηρείται και σε αυτό το διάγραμμα τάση μείωσης των τιμών συγκέντρωσης με το ύψος της βάσης της αναστροφής. Η συγκέντρωση του ρύπου με χαμηλή βάση αναστροφής είναι υψηλότερη σε σχέση με αυτή χωρίς αναστροφή. Γνωρίζουμε δε, ότι ο ρύπος αυτός παράγεται από το μονοξείδιο του αζώτου, οπότε αυτό που αναμένεται είναι υψηλές τιμές συγκέντρωσης του ρύπου σε χαμηλό ύψος βάσης. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

# Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>

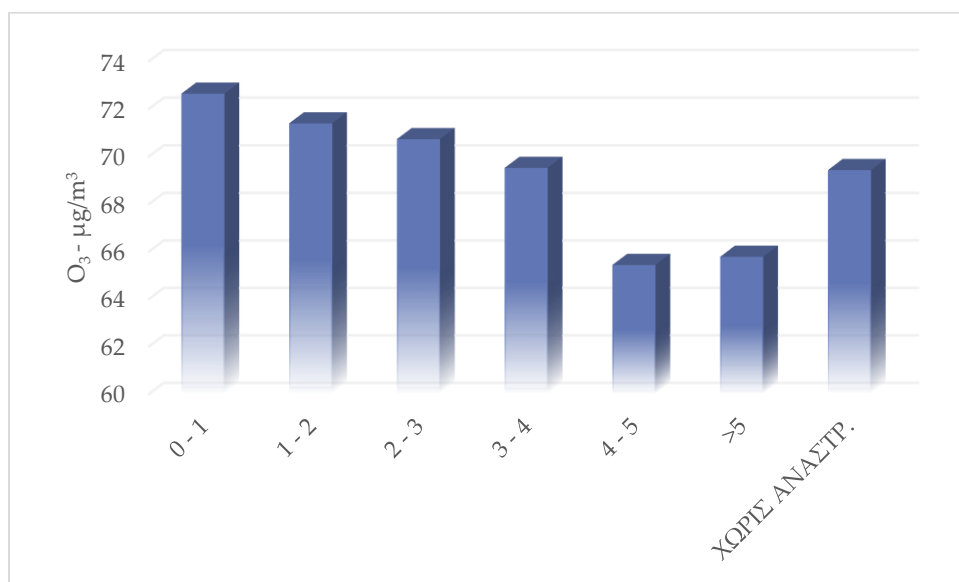
---

Θερμοκρασιακό εύρος

## 7.1 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων

Στην ενότητα αυτή, δημιουργούνται κλάσεις και παρουσιάζονται διαγράμματα βάσει των τιμών του θερμοκρασιακού εύρους και των μέσων τιμών κάθε στοιχείου.

### 7.1.1 Όζον (O<sub>3</sub>)

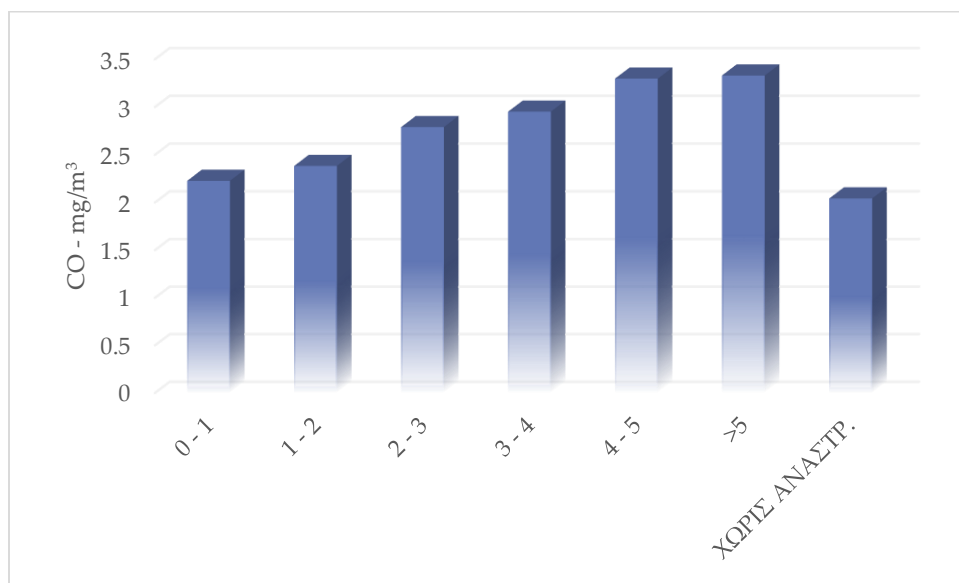


**Γράφημα 7.1.1:** Μέση τιμή συγκέντρωσης O<sub>3</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής (°C)

Γνωρίζοντας ότι, όσο πιο μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος έχουμε, τόσο ισχυρότερη αναστροφή προκαλείται το οποίο οδηγεί σε μεγαλύτερη παγίδευση ρύπων και άρα μεγαλύτερη συγκέντρωσή τους, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχει μία σταδιακή μείωση όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος. Οι ισχυρές αναστροφές αργούν να διαλυθούν.

Για θερμοκρασιακό εύρος μέχρι 4°C, παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα συγκεντρώσεων, μεγαλύτερα από τις ημέρες όπου δεν παρατηρήθηκε αναστροφή. Λόγω της φύσης αυτού του δευτερογενούς ρύπου και του γεγονότος ότι επηρεάζεται και από άλλες παραμέτρους μετεωρολογικές (όπως θερμοκρασία) και μη (όπως εκπομπές πρωτογενών ρύπων), το συμπέρασμα αυτό δεν φαίνεται να ισχύει για όλες τις κλάσεις. Ακόμη, τονίζεται ότι, οι κλάσεις με μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος δεν είναι στατιστικά σημαντικές (μικρός αριθμός συμβάντων). Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

### 7.1.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

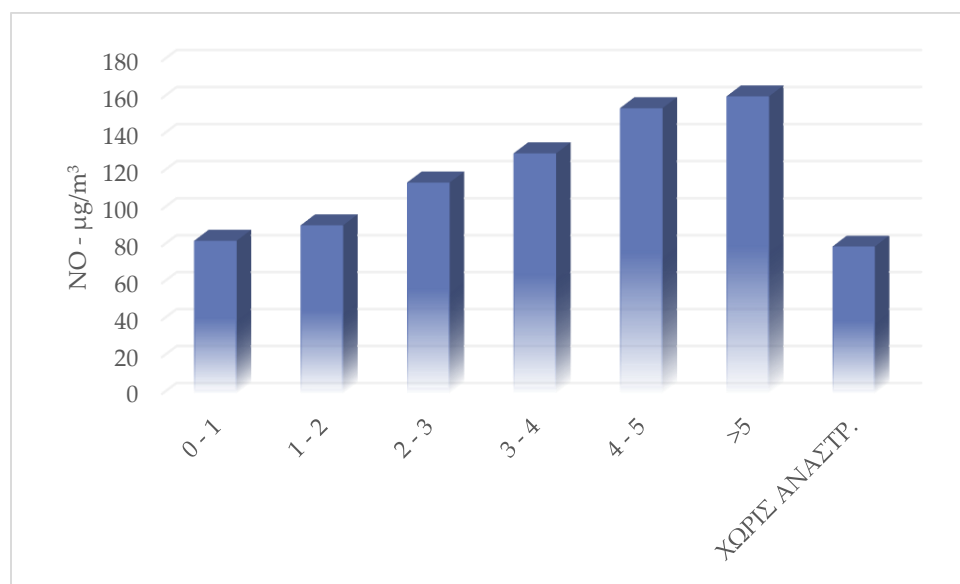


**Γράφημα 7.1.2:** Μέση τιμή CO (mg/m<sup>3</sup>) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής (°C)

Σε αντίθεση με το προηγούμενο διάγραμμα, σε αυτό εδώ, όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος, αυξάνεται και η συγκέντρωσή του ρύπου. Πράγμα το οποίο σχετίζεται με την παγίδευσή του. Όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος τόσο αυξάνεται η συγκέντρωση του ρύπου γιατί είναι πιο ισχυρή η αναστροφή και δεν

διαλύεται τόσο εύκολα. Κάτι το οποίο δεν παρατηρείται στο όζον που είναι δευτερογενής ρύπος, αφού η συγκέντρωσή του όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος, μειώνεται. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

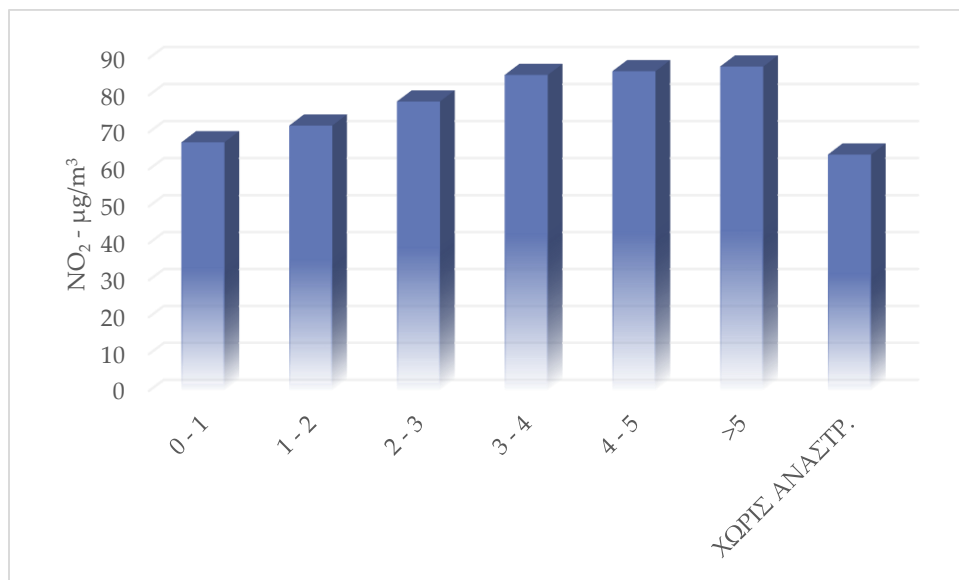
### 7.1.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)



**Γράφημα 7.1.3:** Μέση τιμή NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής ( $^{\circ}\text{C}$ )

Οι τιμές συγκέντρωσης του ρύπου αυτού, αυξάνονται όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος, όπως συμβαίνει και με το μονοξείδιο του άνθρακα. Η αύξηση αυτή είναι αρκετά ξεκάθαρη όσον αφορά την εκάστοτε θερμοκρασιακή αναστροφή. Αυτό που διακρίνεται με ευκρίνεια, είναι ότι η τιμή που λαμβάνει χωρίς αναστροφή είναι αρκετά μικρή σε σχέση με τις υπόλοιπες τιμές συγκέντρωσης του ρύπου όπου υπάρχει αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 7.1.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



**Γράφημα 7.1.4:** Μέση τιμή NO<sub>2</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής (°C)

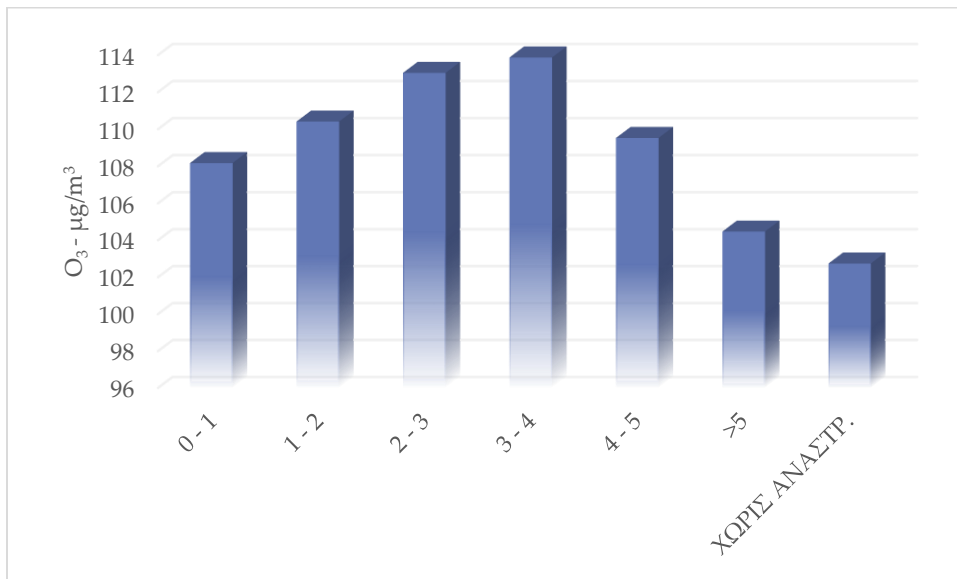
Η αύξηση της συγκέντρωσης του ρύπου αυτού, εντοπίζεται όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος. Τότε είναι που υπάρχει μεγαλύτερη παγίδευση του ρύπου και άρα μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτού. Η τιμή που λαμβάνει όταν δεν υπάρχει αναστροφή είναι μικρότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες όπου υπάρχει αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 7.2 Μέσες τιμές μεγίστων συγκεντρώσεων ρύπων

Κάνουμε το ίδιο με προηγουμένως, αλλάζοντας αυτή τη φορά τις μέσες τιμές με τις μέσες τιμές των μεγίστων των στοιχείων μας.



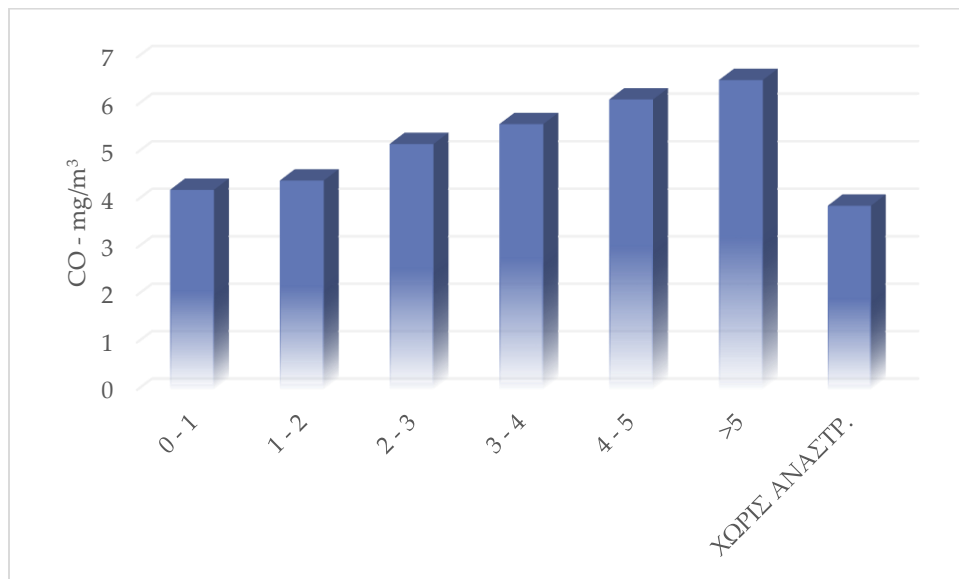
## 7.2.1 Όζον (O<sub>3</sub>)



**Γράφημα 7.2.1:** Μέση τιμή μεγίστων O<sub>3</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής (°C)

Στις μεσαίες κλάσεις διακρίνουμε μία σταδιακή αύξηση των τιμών των συγκεντρώσεων του ρύπου και αμέσως μετά την μείωση αυτών. Η αύξηση των συγκεντρώσεων οφείλεται στην ηλιοφάνεια και στο ύψος της θερμοκρασίας που υπάρχει. Παρατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές σε ημέρες χωρίς αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

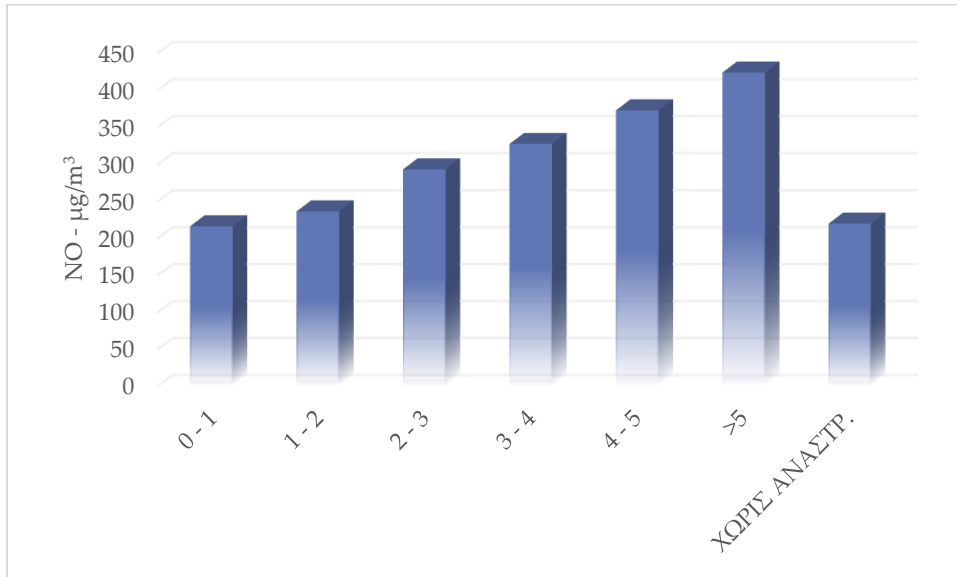
## 7.2.2 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)



**Γράφημα 7.2.2:** Μέση τιμή μεγίστων CO (mg/m<sup>3</sup>) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής (°C)

Εδώ, βλέπουμε αύξηση της συγκέντρωσης όσο αυξάνεται το εύρος. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχει ισχυρότερη αναστροφή και άρα παγιδεύεται μεγαλύτερο μέρος του ρύπου στην ατμόσφαιρα με συνέπεια να υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτού. Η τιμή που λαμβάνει όταν δεν υπάρχει αναστροφή είναι μικρότερη σε σχέση με αυτές που παρατηρούνται όταν υπάρχει αναστροφή. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

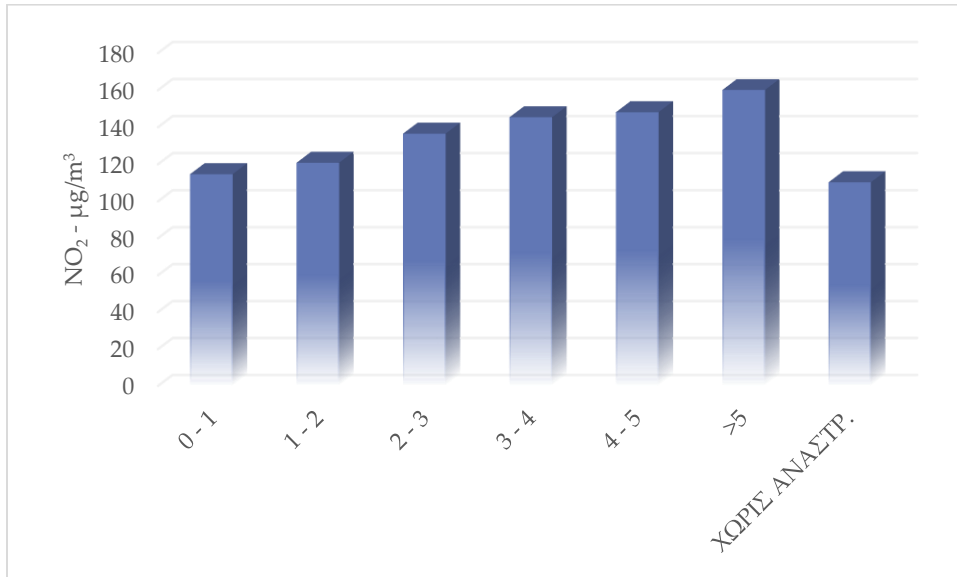
### 7.2.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)



**Γράφημα 7.2.3:** Μέση τιμή μεγίστων NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής ( $^{\circ}\text{C}$ )

Η αύξηση τιμών συγκεντρώσεων του ρύπου είναι αναμενόμενη όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος, αφού τότε είναι που παγιδεύεται μεγαλύτερο μέρος του ρύπου. Πρόκειται για πρωτογενή ρύπο. Παρατηρείται ότι, η τιμή χωρίς αναστροφή είναι η μικρότερη, αφού δεν υφίσταται παγίδευση του ρύπου. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

#### 7.2.4 Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)



**Γράφημα 7.2.4:** Μέση τιμή μεγίστων NO<sub>2</sub> (μg/m<sup>3</sup>) ανά θερμοκρασιακό εύρος της αναστροφής (°C)

Επ' ακόλουθο του προηγούμενου διαγράμματος είναι αυτό εδώ στο οποίο φαίνεται η αύξηση των συγκεντρώσεων του ρύπου. Η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνεται το θερμοκρασιακό εύρος οπότε και υπάρχει μεγαλύτερη παγίδευση του ρύπου. Η τιμή που παρατηρείται χωρίς αναστροφή είναι εμφανώς μικρότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες. Οι τιμές ελήφθησαν από τον σταθμό της Πατησίων.

# Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>

---

## Συμπεράσματα

## 8.1 Παρουσίαση συμπερασμάτων – παρατηρήσεων

Στα ανωτέρω κεφάλαια αυτής λοιπόν, γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση της θερμοκρασιακής αναστροφής στις συγκεντρώσεις τεσσάρων ατμοσφαιρικών ρύπων (όζον – μονοξείδιο του άνθρακα – μονοξείδιο του αζώτου – διοξείδιο του αζώτου) στην ατμόσφαιρα της Αθήνας. Με τα στοιχεία μέτρησης των ρύπων αυτών από τους σταθμούς της Πατησίων και της Αγίας Παρασκευής του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, δημιουργήθηκαν τέσσερα διαφορετικά είδη διαγραμμάτων, τα οποία κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερα διαφορετικά κεφάλαια.

Παρατηρώντας τα εν λόγω διαγράμματα διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

- Στις μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης των ρύπων, η συγκέντρωση αυτών με αναστροφή είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωσή τους χωρίς αναστροφή.
- Το ίδιο συμβαίνει και στις μέσες τιμές των ημερήσιων μεγίστων, αφού κι εκεί παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των ρύπων παρουσία αναστροφής είναι μεγαλύτερη από την συγκέντρωσή τους όταν δεν υπάρχει αναστροφή.
- Όταν η βάση αναστροφής είναι χαμηλή, παρατηρείται ότι εντοπίζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των ρύπων.
- Σε ύψος βάσης μεγαλύτερο των 1000 m, οι τιμές συγκέντρωσης των ρύπων με αναστροφή δεν φαίνεται να επηρεάζουν τη ρύπανση, επειδή δεν εντοπίζεται σημαντική απόκλιση των τιμών των συγκεντρώσεων των ρύπων σε σχέση με τις μέρες χωρίς αναστροφή.
- Το όζον έχει διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με την αναστροφή συγκριτικά με τους υπόλοιπους ρύπους. Αυτό οφείλεται στο ότι, η αναστροφή είναι φαινόμενο το οποίο λαμβάνει χώρα τις πρωινές ώρες άρα έχουμε εκπομπή πρωτογενών ρύπων, ενώ το όζον αρχίζει να παράγεται σταδιακά όταν η αναστροφή έχει ήδη διαλυθεί.
- Με την αύξηση του θερμοκρασιακού εύρους της αναστροφής, παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων.

- Για τους πρωτογενείς ρύπους παρατηρούνται αυξημένες συγκεντρώσεις κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ για το όζον η αύξηση συγκέντρωσής του εντοπίζεται κατά τους θερινούς μήνες.
- Στο διοξείδιο του αζώτου παρατηρείται, αυξημένη συγκέντρωση το καλοκαίρι, αλλά γενικά για τον ρύπο αυτό, μπορεί να ειπωθεί ότι, παρουσιάζει μια σταθερότητα.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αμπελιώτης Κ., 2008, «Περιβάλλον - Οικολογία», εκπαιδευτικό υλικό στα πλαίσια του έργου «Κέντρα Εκπαίδευσης Ενηλίκων IV», ενταγμένο στο Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. II του ΥΠ.Ε.Π.Θ (Γ.Γ.Δ.Β.Μ), Μέτρο 1.1. Ενέργεια 1.1.2.Β. με συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Κ.Τ.).
2. Βαρδάκα Σ., 2006, «Ένα παρατηρητήριο ατμοσφαιρικής ρύπανσης για τον Υμηττό: Πρόταση περιβαλλοντικής διαχείρισης ενός περιιαστικού ορεινού όγκου στο μέλλον μιας βιώσιμης ανάπτυξης της Αθήνας», Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βιώσιμη Ανάπτυξη» στην κατεύθυνση «Διαχείριση περιβάλλοντος», Τμήμα Οικιακής Οικονομίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
3. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ).
4. Ετήσια έκθεση ατμοσφαιρικής ρύπανσης 2017, «ΥΠΕΝ Γεν. Δ/ση περιβαλλοντικής Πολιτικής – Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας».
5. Ζάνης Π., 2008, «Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας», Βοηθητικές Σημειώσεις Μαθήματος, Τομέας Μετεωρολογία – Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
6. Ζερεφός Χ., 2005, «Μαθήματα Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Φυσικής του Περιβάλλοντος», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
7. Κουϊμτζής Θ., Σαμαρά – Κωνσταντίνου Κ., Φυτιάνος Κ., 1998, «Χημεία Περιβάλλοντος», University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
8. Μελάς Δ., Αλεξανδροπούλου Α., Αμοιρίδης Β., Κακαρίδου Μ., Σουλακέλλης Ν., 2000, *Ατμοσφαιρική Ρύπανση*, ΥΠΕΠΘ – Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ΕΠΕΑΕΚ I, Αθήνα.
9. Μελάς Δ., 2007, «Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος», Βοηθητικές Σημειώσεις Μαθήματος, Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.



10. Μελάς Δ., Αλεξανδροπούλου Α., Αμοιρίδης Β., Κακαρίδου Μ., Σουλακέλλης Ν., 2000, «Ατμοσφαιρική Ρύπανση», εκπαιδευτικό υλικό στα πλαίσια του έργου «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση», ενταγμένο στο ΕΠΕΑΕΚ Υποέργο 1.1.ΣΤ.1.Γ2 του ΥΠ.Ε.Π.Θ., με συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ε.Κ.Τ.) και Ανάδοχο Φορέα το Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
11. Τσέζος Μ., Ρεμουντάκη Ε., 2010, «Περιβάλλον Ι – Εισαγωγή στην Επιστήμη & Τεχνολογία Προστασίας του Περιβάλλοντος», Βοηθητικές Σημειώσεις Μαθήματος, Τομέας Μεταλλουργίας και Τεχνολογίας Υλικών, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Αθήνα.

## Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Adamopoulos A.D., Kambezidis H.D., Sipsas A.B. (1996), “Meteorological factors that influence O<sub>3</sub> concentration in the Athens basin”, *Fresenius Environmental Bulletin* 5, 37-42.
2. Ahrens D., 2009, “Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment”, Ninth Edition, Brooks/Cole, Cengage Learning, CA USA.
3. Brimblecombe, 1986, “Air Composition and Chemistry”, Cambridge University Press, Cambridge.
4. Desonie D., 2007, «OUR FRAGILE PLANET – Atmosphere: Air Pollution and its Effects», Chelsea House Publishing, New York, USA.
5. Haryanto B., 2012, «Air Pollution – A Comprehensive Perspective», Published by InTech, Rijeka, Croatia.
6. Katsoulis B. D., 1988, «Aspects of the occurrence of persistent surface inversions over Athens Basin, Greece», *Theoretical and Applied Climatology*, 39: 98 – 107.
7. Mc Granahan G. and Murray F., 2003, «Air Pollution and Health in Rapidly Developing Countries», Earthscan Publications Ltd, London – Sterling, VA.

8. Seinfeld J., Pandis S., 2006, «ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS: From Air Pollution to Climate Change», Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.

## Πηγές διαδικτύου

1. <http://forecastweather.gr/>
2. <https://www.eea.europa.eu/el/>
3. <http://www.ypeka.gr/>
4. <http://www.moa.gov.cy/>
5. <http://www.epa.gov/>
6. <http://www.meteoclub.gr/>

## Εικόνες

- Εικόνα 1.1.1: <http://www.adibsite.com>
- Εικόνα 1.2.1: <http://intranet.tdmu.edu.ua>
- Εικόνα 1.3: <http://www.iatropedia.gr>
- Εικόνα 1.4.1: <http://blogs.sch.gr>
- Εικόνα 1.4.2: <http://www.meteoclub.gr>
- Εικόνα 2.2: <https://www.sciencedirect.com>
- Εικόνα 2.2.1: <http://www.therapain.gr>
- Εικόνα 2.2.2: <http://www.discountfiresupplies.co.uk>
- Εικόνα 2.2.3: <http://muscles.gr>
- Εικόνα 2.2.4: <https://gr.depositphotos.com>
- Εικόνα 2.3: <http://www.meteoclub.gr>

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η..... Καρολίνια Ελένη.....του  
Σωφίστου.....φοιτητής του ΠΜΣ..... Εφαρμοσμένες Πολιτικές & Τεχνικές Προστασίας του Περιβάλλοντος

του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Διπλωματική Εργασία (Δ.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών



Ημερομηνία

24/5/2018