

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Χωροχρονική
διακύμανση της
ποιότητας του
ατμοσφαιρικού
περιβάλλοντος στην
ευρύτερη περιοχή
των Αθηνών κατά τα
τελευταία 30 έτη**

ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (ΑΜ 47305)
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ :
Μουστρής Κωνσταντίνος Αναπληρωτής,
Ντούρου Κλεοπάτρα Ε.ΔΙ.Π. Α' Βαθμίδα

10 Οκτωβρίου 2022

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ του ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΟΝΑ με αριθμό μητρώου 47305 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

A photograph of a handwritten signature in blue ink on a white piece of paper. The signature is a stylized representation of the Greek name 'Σπυρόπουλος Ιωάννης'.

Σπυρόπουλος Ιωάννης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία έχει εκπονηθεί στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Μουστρή Κωνσταντίνο και την κα. Ντούρου Κλεοπάτρα για την πολύτιμη βοήθεια που μου δώσανε πάνω σε αυτή τη Διπλωματική και που διδάχθηκα το μάθημα της «Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης» και ασχολήθηκα με αυτό το αντικείμενο.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου από τους οποίους έχω λάβει πολύτιμες γνώσεις πάνω στο αντικείμενο της Μηχανολογίας οι οποίες με έχουν βοηθήσει και πιστεύω θα συνεχίσουν για πάντα να με βοηθάνε στην πορεία μου ως Μηχανολόγος.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τους συμφοιτητές μου οι οποίοι με έχουν βοηθήσει ψυχολογικά και έμπρακτα σε όλη την πορεία των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία σκοπός είναι να διερευνηθούν τα ποσοστά συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων μονοξειδίου του άνθρακα[CO], διοξειδίου του θείου [SO₂] και διοξειδίου του αζώτου [NO₂] στην περιοχή της Αττικής και να δοθούν απαντήσεις για το που οφείλονται και για το πως μπορούν να γίνουν αλλαγές για να διαχειριστούν σωστά αυτά τα δεδομένα. Η μελέτη αυτή πραγματοποιείται λαμβάνοντας μετρήσεις συγκεντρώσεων των ρύπων από την ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας οι οποίες έχουν ληφθεί από σταθμούς μέτρησης ο οποίοι βρίσκονται σε διάφορα μέρη της Αττικής. Οι μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί την χρονική περίοδο 1984-2019 και δίνουν μία χωρική και μία χρονική κατανομή για την ποιότητα του αέρα στην υπό μελέτη περιοχή. Μέσω αυτής της μελέτης διερευνήθηκαν οι τάσεις που εμφάνισε η ατμοσφαιρική ρύπανση τα τελευταία 40 χρόνια και στο τέλος θα παρουσιαστεί μια γενική εικόνα της κατάστασης.

ABSTRACT

In this thesis the aim is to investigate the concentration rates of the atmospheric pollutants carbon monoxide [CO], sulfur dioxide [SO₂] and nitrogen dioxide [NO₂] in the region of Attica and to provide answers as to what they are due to and how changes can be made to properly manage this data. This study is carried out by taking measurements of pollutant concentrations from the website of the Ministry of Environment and Energy which have been taken from measurement stations located in various parts of Attica. The measurements have been carried out in the time period 1984-2019 and give a spatial and a temporal distribution for the air quality in the area under study. Through this study, the trends of atmospheric pollution over the last 40 years will be investigated and a general picture of the situation will be presented at the end.

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	7
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	7
1.1 Ορισμός ατμοσφαιρικής ρύπανσης	7
1.2 Κατηγορίες Αέριας Ρύπανσης	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	10
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ.....	10
2.1 Προέλευση ρύπων στην ατμόσφαιρα.....	10
2.1.1 Φυσικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης:	10
2.1.2 Ανθρωπογενής πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης:	10
2.2. Ορισμός του ρύπου.....	12
2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι.....	12
2.3.1. Μονοξείδιο του άνθρακα.....	13
2.3.2 Διοξείδιο του αζώτου.....	15
2.3.2 Διοξείδιο του θείου.....	16
2.4 Ισχύουσα νομοθεσία για την ατμοσφαιρική ρύπανση (Εθνική & Ευρωπαϊκή).....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	19
Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	19
3.1 Η γεωγραφική θέση της Αττικής	19
3.2 Το κλίμα της Αττικής.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	20
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	20
4.1 ΛΗΦΘΕΝΤΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	22
4.2 ΤΡΟΠΟΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	22
4.3 ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	27
ΜΕΘΟΔΟΣ KRIGING	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	28
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ	28
6.1 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CO)	28
6.2 Διοξείδιο του αζώτου (NO ₂).....	46
6.3 Διοξείδιο του θείου (SO ₂).....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	101
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
Βιβλιογραφία.....	104

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες και συγκεκριμένα μετά την έναρξη του 21^{ου} το φαινόμενο της ρύπανσης τη ατμόσφαιρας έχει λάβει μεγάλες διαστάσεις, σε σημείο που να χρήζει άμεση αντιμετώπιση. Γενικά ανά τον κόσμο υπάρχει μια ευαισθητοποίηση των κρατών η οποία έχει προέλθει μέσω διαφόρων επιστημονικών άρθρων και μελετών που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ένα σημαντικό ποσοστό πληθυσμού διαμένει σε περιοχές, κυρίως σε πόλεις, όπου εμφανίζονται υπερβάσεις των προτύπων ποιότητας της ατμόσφαιρας. Κυριότεροι ρυπαντές όπως το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ) ενέχουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία των κατοίκων. Οι μεγαλύτεροι οργανισμοί όπως είναι Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν θεσπίσει νόμους με σκοπό την μείωση των εκπομπών των ρύπων ανά χώρα. Παρόλα τα μέτρα όμως, οι συγκεντρώσεις κάποιων αέριων ρυπαντών παραμένουν σε υψηλό επίπεδο με αποτέλεσμα τα προβλήματα ποιότητας της ατμόσφαιρας να εξακολουθούν να υφίστανται. Στην Ελλάδα και κυρίως στην Αττική, περιοχή της μελέτης της παρούσης διπλωματικής εργασίας, οι εκπομπές πολλών ατμοσφαιρικών ρύπων έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Ακόμη έχουν βελτιωθεί οι τεχνολογίες συλλογής δεδομένων των ρύπων και παράλληλα πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό την σωστή διαχείριση των εκπομπών των ρυπαντών της ατμόσφαιρας. Έτσι σε συνδυασμό με παλαιότερες έρευνες, θα βοηθήσουν στο να υποδειχθεί η τάση που παρουσιάζει η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, όπως επίσης και ποια είναι η εξέλιξη της αέριας ρύπανσης στον χρόνο και στον χώρο, καθώς το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα παραμένει πάντα επίκαιρο και σημαντικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Το σώμα αερίων που περιβάλλει τη γη ονομάζεται ατμόσφαιρα, συγκρατείται στη θέση της, από την βαρύτητα που του ασκεί η γη. Ένα ουράνιο σώμα, όπως είναι η γη, μπορεί να κρατήσει την ατμόσφαιρα του με το πέρασμα του χρόνου, αν η βαρυτική του έλξη είναι μεγάλη και η θερμοκρασία του κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα. [1]

Σε αυτή την διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με την ρύπανση η οποία υπάρχει στο κατώτερο σώμα της ατμόσφαιρας, το οποίο ονομάζεται "τροπόσφαιρα".

1.1 Ορισμός ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Σύμφωνα με την European Space Agency : "Κάθε είδος ρύπανσης, φυσική ή ανθρωπογενής, του περιβαλλοντικού αέρα, είναι γνωστή ως ατμοσφαιρική ρύπανση, και οι παράγοντες που την προκαλούν είναι γνωστοί ως ατμοσφαιρικοί ρυπαντές. Σε γενικές γραμμές, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια κατάσταση ανισορροπίας της ατμόσφαιρας. Ενδεχομένως να οφείλεται στην εισαγωγή ξένων παραγόντων στον αέρα, είτε από φυσικές είτε από ανθρωπογενείς πηγές, οπότε, ο αέρας καθίσταται επιβλαβής στις βιολογικές κοινότητες, γενικότερα, και στις ανθρώπινες κοινότητες, ειδικότερα"[1].

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), αναφέρει πως η ατμοσφαιρική ρύπανση «περιορίζεται σε καταστάσεις στις οποίες η εξωτερική περιβαλλοντική ατμόσφαιρα περιέχει υλικά σε συγκέντρωση η οποία είναι επιβλαβής για τους ανθρώπους και το γύρω περιβάλλον τους» [2].

Οι ρυπαντές της ατμόσφαιρας στις πόλεις είναι κυρίως μείγμα πολλών διαφορετικών ρυπαντών, από τους οποίους μερικοί είναι ορατοί με γυμνό μάτι, όπως η σκόνη και η αιθάλη, ενώ πολλοί είναι αόρατοι, όπως πολύ μικρά σωματίδια ή αέρια. Τα ορατά συστατικά είναι φανερά, ενώ τα μικρά σωματίδια και αέρια είναι αναμενόμενα. Η ρύπανση ταξινομείται ως πρωτογενής ή δευτερογενής. Οι πρωτογενείς ρυπαντές είναι ουσίες οι οποίες παράγονται απευθείας από μια συγκεκριμένη διαδικασία, όπως για παράδειγμα μπορεί να είναι η τέφρα που απελευθερώνεται από μια ηφαιστειακή έκρηξη ή το μονοξείδιο του άνθρακα το οποίο παράγεται ως καυσαέριο από εξατμίσεις των οχημάτων. Οι δευτερογενείς ρυπαντές δεν απελευθερώνονται από κάπου, αλλά δημιουργούνται στον αέρα όταν οι πρωτογενείς ρυπαντές αντιδρούν ή αλληλοεπιδρούν. Το όζον, για παράδειγμα αποτελεί ένα δευτερογενή ρυπαντή [3].

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας και γενικότερα του περιβάλλοντος, πρωτοεμφανίστηκε κυρίως μετά την βιομηχανική επανάσταση σε μεγάλο βαθμό, αν και υπήρχε και

παλαιότερα κυρίως λόγω της καύσης του άνθρακα για διάφορες ανάγκες, όπως π.χ. για λειτουργία των τρένων ή για θέρμανση. Άργησαν όμως να παρατηρηθούν οι επιπτώσεις της, οι οποίες έγιναν αντιληπτές μετά τον 2ο παγκόσμιο πόλεμο και στην Ελλάδα μετά το 1975 και προκλήθηκαν κυρίως λόγω της προόδου της τεχνολογίας. Με την πάροδο του χρόνου, υπήρξε ευαισθητοποίηση η οποία εκδηλώθηκε μέσω διεθνών συνεδρίων, τοποθετήσεις επιστημόνων και γιατρών σε ενημερωτικά μέσα. Κατά τα τελευταία έτη λαμβάνονται δραστικά μέτρα για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως για παράδειγμα μέσω της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή της ένταξης των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στην καθημερινότητα του ανθρώπου.

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας έχει συνεισφέρει στην αύξηση της θερμοκρασίας, μέσω του φαινομένου του θερμοκηπίου από το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα και υπολογίζεται πως αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα για να το αποτραπεί, θα ανεβάσει την μέση θερμοκρασία του πλανήτη κατά 3 με 4 βαθμούς Κελσίου έως το 2100. Η αύξηση της θερμοκρασίας της γης θα είναι καταστροφική για όλα τα οικοσυστήματα και μπορεί να δημιουργήσει μια εκδήλωση μαζικής εξαφάνισης [4].

Εκτός από τα προβλήματα που προκαλεί στα οικοσυστήματα η μόλυνση του περιβάλλοντος, επιφέρει επίσης και προβλήματα υγείας στους ανθρώπους που ζούνε κυρίως στις περιοχές με υψηλότερα ποσοστά ρύπανσης. Κάποιοι από τους ρυπαντές όπως τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον θεωρούνται κατά κανόνα οι τρεις πιο σημαντικοί ρύποι από άποψη των επιπτώσεων που επιφέρουν στην ανθρώπινη υγεία. Η οξεία και μακροχρόνια έκθεση κυρίως στους προαναφερθείς ρύπους προκαλεί επιπτώσεις που κυμαίνονται από την προσβολή του αναπνευστικού συστήματος, μέχρι και τον πρόωρο θάνατο. Το μεγαλύτερο ποσοστό του Ευρωπαϊκού αστικού πληθυσμού είναι εκτεθειμένο σε συγκεντρώσεις ρύπων που πολύ συχνά υπερβαίνουν τα όρια ασφαλείας που έχουν θεσπιστεί και τα οποία κρίνουν αν είναι επιβλαβή ή όχι [5].

“Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι επιβλαβής για την υγεία μας και τα οικοσυστήματα. Μεγάλο τμήμα του πληθυσμού δεν ζει σε υγιές περιβάλλον, σύμφωνα με τα τρέχοντα πρότυπα. Για μια βιώσιμη πορεία, η Ευρώπη πρέπει να είναι φιλόδοξη και να μην περιορίζεται στις τρέχουσες νομοθετικές ρυθμίσεις.”

Hans Bruyninckx, εκτελεστικός διευθυντής του ΕΟΠ [6].

1.2 Κατηγορίες Αέριας Ρύπανσης

Οι δύο κυριότερες κατηγορίες της αέριας ρύπανσης που έχουν επικρατήσει αυτή τη στιγμή στα αστικά κέντρα είναι η «φωτοχημική αιθαλομίχλη» και η «χειμερινή αιθαλομίχλη» Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, μετά την βιομηχανική επανάσταση, οι ενεργειακές ανάγκες άρχισαν να αυξάνονται εκθετικά για να μπορέσουν να ικανοποιήσουν τις σύγχρονες απαιτήσεις, κυρίως των αστικών κέντρων. Άρα γίνεται να υποτεθεί πως στην ρίζα του προβλήματος βρίσκεται η χρήση και κατανάλωση των

συμβατικών καυσίμων για την ικανοποίηση των αναγκών, κυρίως ορυκτών, που έχει κλιμακωθεί τα τελευταία έτη, κυρίως μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα [5].

Ο όρος **αιθαλομίχλη** χρησιμοποιείται για να περιγράψει το φαινόμενο κατά το οποίο περιορίζεται σημαντικά η ορατότητα εξαιτίας της παρουσίας αυξημένων συγκεντρώσεων αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Η αιθαλομίχλη αποτελεί περιβαλλοντικό πρόβλημα όλων των σύγχρονων μεγαλουπόλεων. Η ένταση του φαινομένου επηρεάζεται σημαντικά από τις μετεωρολογικές συνθήκες και την ιδιαίτερη τοπογραφία της κάθε περιοχής. Κύριο αίτιο του φαινομένου είναι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που εκλύουν αιωρούμενα σωματίδια στον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά και άλλους αέριους ρύπους οι οποίοι αλληλοεπιδρούν προς σχηματισμό αιωρούμενων σωματιδίων. Το “κοκτέιλ” της αιθαλομίχλης περιλαμβάνει αιωρούμενα σωματίδια, ενώσεις του άνθρακα, του αζώτου και του θείου, καθώς και άκαυστους υδρογονάνθρακες.

Η **φωτοχημική αιθαλομίχλη** εμφανίζεται κυρίως κατά την διάρκεια του καλοκαιριού σε αντίθεση με την χειμερινή αιθαλομίχλη. Αποτελείται από μείγμα διαφόρων αερίων ρυπαντών μαζί με την επίδραση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοχημική αιθαλομίχλη επιφέρει και αυτή καταστροφικές βλάβες τόσο περιβάλλον, όσο και την ανθρώπινη υγεία, οι οποίες είναι επιζήμιες [5].



Εικόνα 1. Αιθαλομίχλη πνήγει την Αθήνα [6].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

2.1 Προέλευση ρύπων στην ατμόσφαιρα

Οι πηγές προέλευσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης χωρίζονται σε δύο κύριες. Τις ανθρωπογενείς πηγές και τις φυσικές πηγές. Η ρύπανση που δημιουργούν μπορεί να είναι εμφανής στον αέρα με γυμνό μάτι ή μπορεί να περνάει απαρατήρητη και να μπορεί να εντοπιστεί μόνο μέσω κάποιων διεργασιών.

2.1.1 Φυσικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης:

Ηφαιστιογενής εκρήξεις: Εκλύουν στο περιβάλλον τοξικά αέρια, όπως είναι το θείο και το χλώριο και αιωρούμενα σωματίδια όπως τα σωματίδια τέφρας, τα οποία όμως περιορίζονται τοπικά γύρω από το ηφαίστειο.

Ρεύματα αέρα: δημιουργούν κονιορτό, μεγάλη ποσότητα σκόνης που απλώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω ενός δυνατού ρεύματος αέρα, όπως επίσης και συνεισφέρουν στην εκκένωση του θαλάσσιου άλατος.

Αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος : Συμβάλλει στην αύξηση της ποσότητας των ρύπων οι οποίοι εξατμίζονται απλό το μολυσμένο νερό και έδαφος .

Πυρκαγιές σε δασικές εκτάσεις: Εκλύουν μονοξείδιο του άνθρακα και αιωρούμενα σωματίδια στο περιβάλλον, τα οποία όμως συνήθως περιορίζονται γύρω από την περιοχή που έχουμε την πυρκαγιά.

Διαδικασίες αποσύνθεσης(μικροβιακές και ραδιενεργές): Αυτές οι διαδικασίες έχουν ως αποτέλεσμα την έκλυση αερίων, στην πρώτη περίπτωση κυρίως μεθανίου από μικροοργανισμούς που συμβάλλουν στην αποσύνθεση νεκρής βιολογικής ύλης και στην δεύτερη αερίου ροδανιού από την φυσική διάσπαση του φλοιού της γης.

2.1.2 Ανθρωπογενής πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης:

Γεωργία : μέσω αυτής εκλύεται στον αέρα αμμωνία σε αέρια μορφή και διάφορα φάρμακα(φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα) τα οποία περιέχουν τοξικές οργανικές ενώσεις.

Μεταφορά: εκπέμπει ρύπους όπως το μονοξείδιου του άνθρακα, των οξειδίων του θείου και των οξειδίων του αζώτου αλλά και αιωρούμενων σωματιδίων που εκλύονται μέσω από την εξάτμιση των οχημάτων λόγω καύσης διαφόρων καυσίμων.

Δραστηριότητες εξόρυξης: εκπέμπονται στον αέρα διάφορα μέταλλα τα οποία απορροφώνται από διάφορα αιωρούμενα σωματίδια

Βιομηχανικές διεργασίες : μέσω διαρροών που μπορεί να υπάρχουν εκπέμπονται ρύποι, οργανικοί και ανόργανοι

Σταθμοί παραγωγής ενέργειας : Αναφερόμαστε στους σταθμούς που κάνουν καύση άνθρακα και εκπέμπουν μια σειρά από αέρια όπως και σωματίδια με μέταλλα, όπως Pb και Hg άλλα και κάποιες οργανικές ενώσεις. π.χ. PAH

Κάπνισμα : εκπέμπει μια σειρά τοξικών χημικών, συμπεριλαμβανομένης μιας σειράς οργανικών και ανόργανων χημικών, μερικές από τις οποίες είναι καρκινογόνες.

Αποτέφρωση διάφορων αποβλήτων : ανάλογα με τη σύνθεση των αποβλήτων και την πηγή προέλευσης τους, εκπέμπονται διάφορα τοξικά αέρια και σωματίδια κατευθείαν στην ατμόσφαιρα.

Απόρριψη αποβλήτων από χωματερές: Το κύριο αέριο που παράγουν συνήθως είναι το μεθάνιο λόγω της φυσικής μικροβιακής δραστηριότητας της αποσύνθεσης στην περιοχή διάθεσης

Θέρμανση των κτιρίων: Εκπέμπονται διάφορα σωματίδια και αέρια μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων



Εικόνα 2. Εκπομπές Ρύπων

2.2. Ορισμός του ρύπου

Από νομική άποψη, «ρύπανση είναι κάθε ουσία που υπάρχει στον αέρα που έχει αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία του πληθυσμού ή/και του περιβάλλοντος συνολικά». Ατμοσφαιρικούς ρύπους μπορούν να θεωρηθούν τα διάφορα αέρια που εντοπίζονται συγκεντρωμένα στην ατμόσφαιρα, τα οποία είναι απειλητικά για την ζωή και την υγεία των οργανισμών και γενικότερα των οικοσυστημάτων. Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο, οι ρύποι χωρίζονται σε πρωτογενής και δευτερογενής ανάλογα από το αν εκλύονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα από την πηγή(πρωτογενής) ή αν εκλύονται μέσω μετασχηματισμών(δευτερογενής). Παραδείγματα πρωτογενών ρύπων είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, που εγκλείεται από τα οχήματα και το διοξείδιο το θείου που εκλύεται από την καύση του άνθρακα, αλλά επίσης έχουμε περαιτέρω ρύπανση μέσω του μετασχηματισμού αυτών μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας που προκαλεί φωτοχημικές αντιδράσεις. Δευτερογενής ρύποι είναι το όζον και οι περισσότερες οργανικές ενώσεις οι οποίες έχουν υποστεί οξείδωση όπως τα άλατα του υπεροξικού οξέος [4].

2.3 Ατμοσφαιρικοί ρύποι

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής αλλά και σε άλλες μεγάλες πόλεις έχουν οριστεί κάποιοι ρύποι, οι οποίοι ονομάζονται ρύποι προτεραιότητας, στους οποίους όπως λέει και το όνομα τους, έχει δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα και έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι δειγματοληψίας και προσδιορισμού της συγκέντρωσης τους από διάφορα εξειδικευμένα μηχανήματα. Έχουν θεσπιστεί σε αυτές τις χώρες όρια των εκπομπών των πηγών και όρια συγκέντρωσης στον αέρα περιβάλλοντος.

Οι βασικοί ρύποι είναι οι εξής:

-Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

-Διοξείδιο του θείου(SO₂)

-Διοξείδιο και οξείδια του αζώτου(NO₂)

-Μόλυβδος(Pb)

-Αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10μm, λόγω της ικανότητας τους να προσβάλουν εύκολα το αναπνευστικό μας σύστημα(ΑΣ10 και ΑΣ 2,5 είναι τα εν λόγω σωματίδια όπου ο αριθμός στον δείκτη σημαίνει ότι είναι μικρότερα από αυτόν σε διάμετρο υπολογισμένα σε μm)

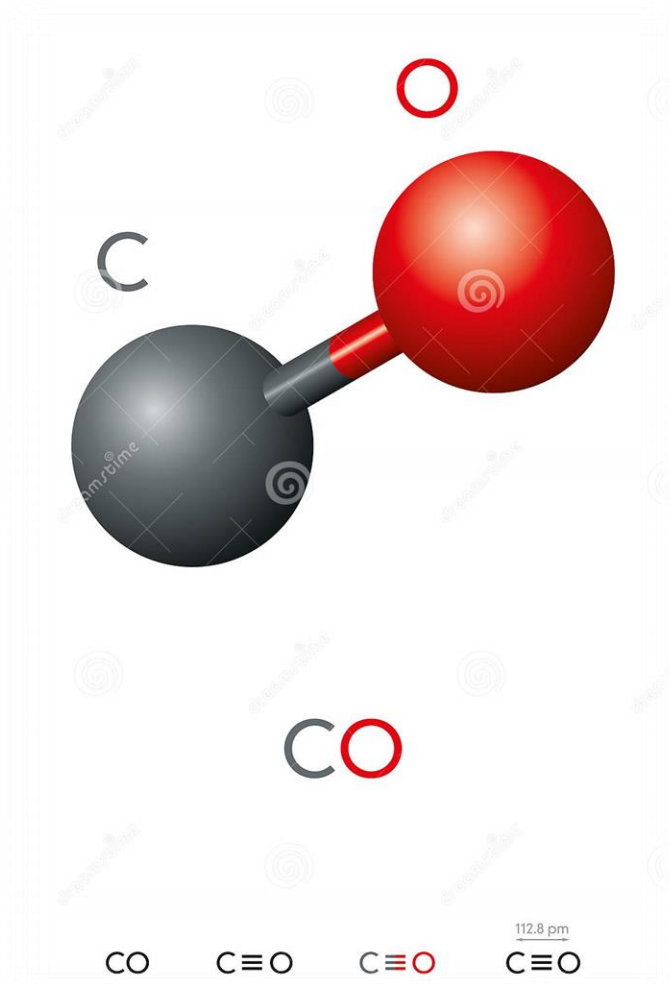
-Το τροποσφαιρικό όζον(O₃)

-Οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (ΠΟΕ)

-Το βενζόλιο το οποίο ανήκει στην παραπάνω κατηγορία των ΠΟΕ, αλλά το αναφέρουμε ξεχωριστά λόγω της επικινδυνότητάς του, καθώς είναι καρκινογόνο.

Οι ρύποι οι οποίοι θα μελετηθούν σε αυτήν την διπλωματική εργασία είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO₂) και το διοξείδιο αζώτου (NO₂).

2.3.1. Μονοξείδιο του άνθρακα



Εικόνα 2. Μονοξείδιο του άνθρακα- ηλεκτρονική δομή του

Σε αντίθεση με το CO₂, το μονοξείδιο του άνθρακα (ή CO) είναι αναμφίβολα ατμοσφαιρικός ρύπος. Στην πραγματικότητα, θεωρείται ότι ευθύνεται για τον μεγαλύτερο αριθμό θανάτων σε πολλά μέρη του κόσμου, όταν οι άνθρωποι εκτίθενται σε αυτό για πολλές ώρες κάθε φορά. Για αυτόν τον λόγο, η εγκατάσταση ενός λειτουργικού ανιχνευτή μονοξειδίου του άνθρακα αποτελεί επείγουσα προτεραιότητα σε σπίτια και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο.

Όπως το CO₂, το CO είναι ένα φυσικό αέριο στο περιβάλλον μας. Ωστόσο, οι κύριες πηγές εκπομπών CO σήμερα είναι αυτές που παράγονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, σωλήνες εξάτμισης οχημάτων και η ατελής ή ακατάλληλη καύση ανθρακούχων υλικών. Η αποψίλωση των δασών, η εκκαθάριση γης και η καύση καλαμιών για γεωργικούς ή βιομηχανικούς σκοπούς είναι άλλοι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στις εκπομπές CO.

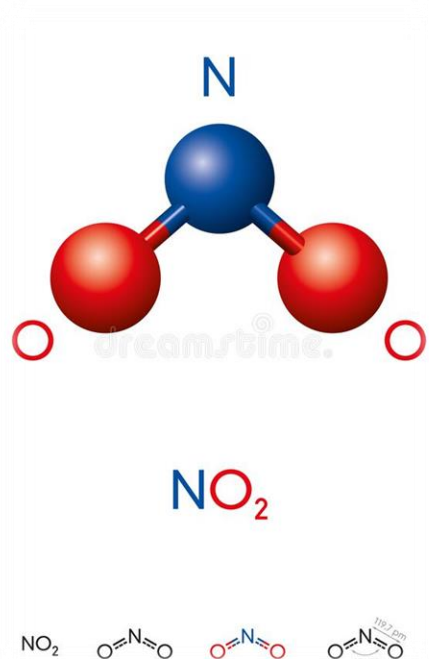
Η εισπνοή CO σε διάστημα λίγων ωρών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπλοκές στην υγεία. Οι έντονοι πονοκέφαλοι μπορούν γρήγορα να μετατραπούν σε κώμα και εάν το άτομο δεν απομακρυνθεί από το περιβάλλον και δεν του δοθεί άμεση ιατρική περίθαλψη, μπορεί να πεθάνει. Εν τω μεταξύ, το CO μπορεί επίσης να αντιδράσει με την υπεριώδη ακτινοβολία από τον ήλιο για να δημιουργήσει όζον, το οποίο είναι ένα επιβλαβές ατμοσφαιρικό ρύπο [4].

Σύμφωνα με την έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (European Environmental Agency) αναφέρονται τα εξής στοιχεία: το μονοξείδιο του άνθρακα παράγεται κατά την ατελή καύση οργανικής ύλης (βενζίνη, ξύλο, καπνός) και ελευθερώνεται από τις καμινάδες, τις εξατμίσεις των οχημάτων καθώς επίσης και τις παλιές θερμάστρες που χρησιμοποιούν το ξύλο ως καύσιμη ύλη. Το μονοξείδιο του άνθρακα δεν είναι αέριο του θερμοκηπίου, οξειδώνεται όμως σε διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζοντας έμμεσα το παγκόσμιό κλίμα. Σε διεθνή κλίμακα, οι μεταφορές αποτελούν το 77% των εκπομπών εξωτερικών χώρων και ακολουθούνται από τις βιομηχανικές διαδικασίες (επιφανειακές πηγές, 7%), τις καύσεις ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (5%) και άλλες πηγές (11%) [7],[8].

Το μονοξείδιο του άνθρακα το συναντάμε συνήθως όπου λαμβάνει χώρα διεργασία καύσης. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι δασικές πυρκαγιές, ένα αρκετά συχνό φαινόμενο στην χώρα μας δυστυχώς, και μέσω αυτών εκλύονται μεγάλες ποσότητες, οι οποίες βέβαια, λόγω των ρευμάτων αέρα διαλύονται και διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Εκτός από τις πυρκαγιές, οι άνθρωποι εκτίθενται στο αέριο μέσω του καπνού του τσιγάρου αλλά επίσης και από την έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση, το οποίο αφορά κυρίως όσους μένουν σε αστικά κέντρα. Στις ώρες αιχμής, οι άνθρωποι είναι εκτεθειμένοι σε υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα, οι οποίες μπορούν να φτάσουν μέχρι και τις διπλάσιες τιμές από τα όρια ασφαλείας που έχουν θεσπιστεί. Εκατομμύρια άνθρωποι ζούνε σε χώρες στις οποίες η ποιότητα του αέρα που επικρατεί είναι αρκετά επιβλαβής για την υγεία τους.

Ένα παράδειγμα στο οποίο μπορούν να παρατηρηθούν τα συμπτώματα της δηλητηρίασης λόγω της έκθεσης στο μονοξείδιο του άνθρακα είναι σε οδηγούς εν ώρα κυκλοφοριακής συμφόρησης. Αυτά μπορούν να είναι μεταξύ άλλων ο πονοκέφαλος, η ζάλη, η υπνηλία και η ναυτία. Στην περίπτωση που υπάρχει μεγαλύτερη έκθεση στον ρύπο, μπορεί να προκληθεί εμετός, λιποθυμία, κώμα ή ακόμα και θάνατος, ανάλογα με τον βαθμό έλλειψης οξυγόνου και την ώρα που εκτίθεται στον αέριο [8].

2.3.2 Διοξείδιο του αζώτου



Εικόνα 3 Διοξείδιο του αζώτου- ηλεκτρονική δομή του

Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) ανήκει στην ομάδα των ρύπων των οξειδίων του αζώτου (NO_x). Όπως και το μονοξείδιο του αζώτου (γνωστό και ως μονοξείδιο του αζώτου ή NO), παράγεται κυρίως μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων. Επειδή το NO είναι ικανό να μεταμορφωθεί σε NO_2 αφού αντιδράσει με άλλα σωματίδια της ατμόσφαιρας - και το ίδιο ισχύει για το NO_2 που μετατρέπεται σε NO - τα δύο αέρια συχνά αναφέρονται απλώς μαζί ως NO_x .

Μέχρι σχετικά πρόσφατα, οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής αντιπροσώπευαν τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών NO_x . Ωστόσο, οι αυστηρότεροι κανονισμοί και η αυστηρότερη συμμόρφωση έχουν δει τον όγκο των NO_x που παράγεται σε τέτοιες βιομηχανικές εγκαταστάσεις να μειώνεται, πράγμα που σημαίνει ότι μόνο τα οδικά οχήματα παραμένουν ως ο κορυφαίος παραγωγός NO_x . Άλλες πηγές περιλαμβάνουν σόμπες αερίου και άλλες συσκευές θέρμανσης εσωτερικού χώρου, καθώς και ο καπνός τσιγάρου.

Το διοξείδιο του αζώτου είναι γνωστό ότι προκαλεί ερεθισμό και δυσκολίες στην αναπνοή σε όσους υποφέρουν από αναπνευστικές παθήσεις. Μπορεί επίσης να θέσει σε κίνδυνο την ποιότητα του εδάφους και να διαταράξει τη χημεία της βιομάζας στον φυσικό κόσμο, ενώ ο ρόλος του ως πρόδρομος του όζοντος σημαίνει ότι έχει ακόμη πιο σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες [11].

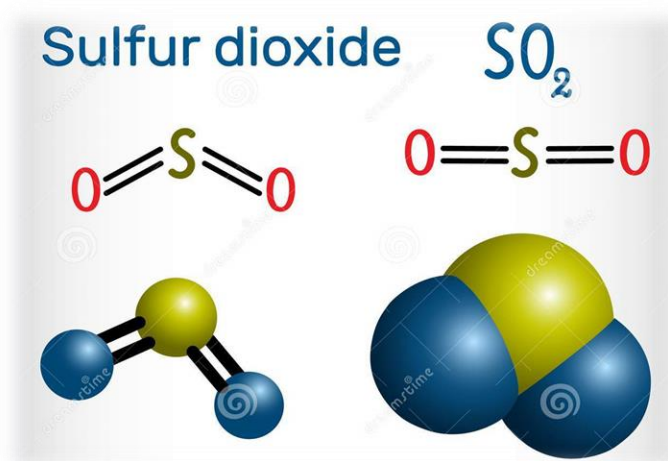
Σύμφωνα με την έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος European Environmental Agency αναφέρονται για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και τις

κλίμακες διασποράς τα εξής: Η κύρια πηγή διοξειδίου του αζώτου είναι η οξείδωση του μονοξειδίου του αζώτου. Δευτερεύουσες πηγές αποτελούν οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και βιομαζών. Πηγές διοξειδίου του αζώτου εσωτερικών χώρων αποτελούν οι συσκευές που λειτουργούν με αέριο, οι θερμάστρες κηροζίνης, οι θερμάστρες που λειτουργούν με καύση ξύλων (ξυλόσομπες) και τα τσιγάρα. Οι κυριότερες πηγές οξειδίων του αζώτου είναι η καύση ορυκτών καυσίμων σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και εργοστάσια (45%) καθώς και τα μεταφορικά μμέσα (49%)[2],[8].

Η μέγιστη έκθεση στα οξείδια του αζώτου σε εξωτερικό χώρο λαμβάνει χώρα στον επιβαρυσμένο αστικό αέρα. Η συγκέντρωση θα παρατηρηθεί αυξημένη κυρίως κατά τη διάρκεια των πρωινών ωρών, από τις 6:00 έως τις 9:00 περίπου, λόγω της μμεγιστοποίησης του αριθμού των αυτοκινήτων και σε συνδυασμό με την παρουσία του ηλιακού φωτός που συμβάλει στην πραγματοποίηση των φωτοχημικών αντιδράσεων[9].

Το διοξείδιο του αζώτου, το οποίο είναι το πιο τοξικό από τα οξείδια του αζώτου, προκαλεί ερεθισμό στους πνεύμονες και καταστρέφει το στρώμα κυττάρων το οποίο τους περιβάλλει προκαλώντας τους βλάβη εξαιτίας της ευαισθησίας τους. Παρόλα αυτά έχει παρατηρηθεί ότι το διοξείδιο του αζώτου προκαλεί συμπτώματα όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, τα οποία είναι διαφορετικά από άλλες ουσίες που προσβάλλουν το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα. Ωστόσο ένα θετικό είναι πως οι συγκεντρώσεις του ρύπου στον περιβάλλοντα αέρα πολύ σπάνια θα φτάσουν σε σημείο που θα είναι στα όρια έτσι ώστε να προκληθούν αυτές οι βλάβες [10].

2.3.2 Διοξείδιο του θείου



Εικόνα 4 Διοξείδιο του θείου- ηλεκτρονική δομή του

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) σχηματίζεται όταν καίγεται οποιοδήποτε υλικό όπως ο άνθρακας, ο οπτάνθρακας πετρελαίου και το μαζούτ, καθώς όλες αυτές οι ουσίες περιέχουν υψηλά επίπεδα θείου. Ως εκ τούτου, τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα και οι τοποθεσίες εξόρυξης μεταλλεύματος είναι μεταξύ των βασικών πηγών ρύπανσης με SO₂, αν και τα μεγάλα οχήματα (όπως τα φορτηγά και οι ατμομηχανές) συμβάλλουν επίσης.

Πράγματι, οι μεταφορές έχουν ξεπεράσει τη βαριά βιομηχανία ως η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών SO₂ τα τελευταία χρόνια, δεδομένου ότι η αυστηρότερη νομοθεσία που έχει επιβληθεί στην βαριά βιομηχανία έχει οδηγήσει στην δραστική μείωση των εκπομπών. Σήμερα, οι συγκεντρώσεις του SO₂ στην ατμόσφαιρα δεν είναι αρκετά υψηλές ώστε να αποτελούν σοβαρή απειλή είτε για την υγεία του ανθρώπου είτε για τα φυτά, αν και είναι κύριο συστατικό στο σχηματισμό PM, το οποίο είναι πολύ πιο επικίνδυνο.

Επιπλέον, το SO₂ μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τον φυσικό κόσμο γύρω μας. Τα υπερβολικά επίπεδα θείου στην ατμόσφαιρα έχουν συνδεθεί με ακραία γεγονότα βροχοπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της όξινης βροχόπτωσης, η οποία είναι γνωστό ότι έχει καταστροφική επίδραση σε πολλούς τύπους χλωρίδας και στα οικοσυστήματα που κατοικούν [9].

Τα στοιχεία που αντλούνται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος European Environmental Agency είναι ότι: Οι κυριότερες πηγές διοξειδίου του θείου είναι οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και η επεξεργασία ορυκτών μεταλλευμάτων. Άλλες πηγές περιλαμβάνουν την οξείδωση των διμεθυλοσουλφιδίων, τις ηφαιστειακές εκπομπές και τις εκπομπές της χημικής βιομηχανίας. Επίσης, το SO₂ ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της χημικής αντίδρασης ανάμεσα στα (CH₃)₂S και H₂S. Συγκεντρωτικά, οι καύσεις είναι υπεύθυνες για το 85% των εκπομπών SO₂ ενώ μμόλις το 7% οφείλεται στα μέσα μεταφοράς [8],[9].

Η μεγαλύτερη έκθεση σε αυτόν τον ρύπο συναντάται σε περιοχές όπου υπάρχουν εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίες χρησιμοποιούν ως καύσιμο τον λιγνίτη ή το μαζούτ και σε εργοστάσια επεξεργασίας μεταλλευμάτων, πλην αυτών του σιδήρου. Οι εκπομπές αυτού του ρύπου έχουν μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια λόγω των εγκαταστάσεων αποθείωσης των απαερίων που υπάρχουν στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει «συστολή των αναπνευστικών αγγείων σε ασθματικούς κατοίκους καθώς επίσης και σε όσα άτομα παρουσιάζουν ευαισθησία. Οι πιο πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι «μία έκθεση διάρκειας 5 με 10 λεπτών, στις μεγάλες συγκεντρώσεις που εμφανίζονται κοντά στις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, αρκεί για να προκληθούν ασθματικά επεισόδια. Η χρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου προκαλεί στένωση στην τραχεία, παρόμοια με την χρόνια βρογχίτιδα»[10].

2.4 Ισχύουσα νομοθεσία για την ατμοσφαιρική ρύπανση (Εθνική & Ευρωπαϊκή)

Έχοντας ως στόχο τον περιορισμό και την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω των οδηγιών της για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα έχει θεσπίσει τιμές όρια (οριακές τιμές) και τιμές στόχους για όλες τους ρύπους. Οι οριακές τιμές αναφέρονται σε επίπεδα συγκεντρώσεων πάνω από τα οποία είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο ότι είναι δυνατή η συσχέτιση εμφάνισης επιβλαβών επιπτώσεων στον ανθρώπινο πληθυσμό και το περιβάλλον, ενώ οι τιμές στόχοι αναφέρονται σε επιθυμητά επίπεδα με σκοπό τη μακροπρόθεσμη αποφυγή επιβλαβών επιδράσεων.

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 ιδιαίτερες ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού, κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία, με αποτέλεσμα να καθίσταται απαραίτητη η άμεση και κατάλληλη πληροφόρηση.

Οριακή τιμή: η συγκέντρωση (ποσότητα ρύπου ανά μονάδα όγκου αέρα) ενός ρύπου στον ατμοσφαιρικό αέρα ή η εναπόθεσή του σε μια επιφάνεια σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Η ισχύουσα νομοθεσία για την ποιότητα του αέρα και τους βασικούς ρύπους, SO₂, NO₂, CO, είναι:

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 2008 για την ποιότητα του αέρα περιβάλλοντος και την ποιότητα καθαρού αέρα στην Ευρώπη [11]
- ΚΥΑ ΗΠ 14122 / 549/Ε103 (ΦΕΚ 488Β/30.3.11) «Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ.
- Κ.Υ.Α 11824 (ΦΕΚ 369Β/24.5.93), όπου εγκρίθηκαν έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της πρωτεύουσας, όπως ισχύει κατόπιν τροποποίησής της με την ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11.

Ο Πίνακας 1 παραθέτει τα νομοθετημένα όρια και τους στόχους για τέτοιους ρύπους που ισχύουν για τα δίκτυα μέτρησης ΠΚΜ στην Ελλάδα. Στον ίδιο πίνακα, εκτός από τα εν λόγω όρια ή τιμές- στόχους για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, παρατίθενται τα όρια για την ενημέρωση του κοινού και τα όρια λήψης έκτακτων μέτρων (όρια συναγερμού).

Όριο για την προστασία της υγείας				Όριο Ενημέρωσης		Όριο Συναγερμού	
Ρύπος	Χρονική Περίοδος	Τιμή	Μέγιστος αριθμός επιτρεπόμενων υπερβάσεων	Χρονική Περίοδος	Τιμή	Χρονική Περίοδος	Τιμή
SO ₂	1 ώρα	350 µg/m ³	24	-----	-----	3 ώρες	500 µg/m ³
	1 ημέρα	125 µg/m ³	3	3 ώρες	350 µg/m ³	3 ώρες	450 µg/m ³
NO ₂	1 ώρα	200 µg/m ³	18	-----	-----	3 ώρες	400 µg/m ³
	1 έτος	40 µg/m ³	0	3 ώρες	250 µg/m ³	3 ώρες	360 µg/m ³
CO	Μέγιστος ημερήσιος Μ.Ο. 8 ωρών	10 mg/m ³	0	-----	-----	-----	-----
				8 ώρες	10 mg/m ³	8 ώρες	16 mg/m ³

Πίνακας 1: Νομοθετημένες οριακές τιμές για την ποιότητα του αέρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 Η γεωγραφική θέση της Αττικής

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξετασθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής. Η Αττική βρίσκεται στο νοτιοανατολικό άκρο της Στερεάς Ελλάδας. Είναι περιοχή, με όρη που υψώνονται απότομα και δημιουργούν ανάμεσά τους τέσσερις πεδιάδες, από τις οποίες σημαντικότερη είναι η πεδιάδα της Αθηνάς. Τα όρη Αιγάλεω, Πάρνηθα, Πεντέλη και Υμηττός, περικλείουν το λεκανοπέδιο που περιλαμβάνει το πολεοδομικό συγκρότημα των Αθηνών περικλείεται, σαν από τείχος και μόνο το τμήμα που βρίσκεται προς την θάλασσα ελεύθερο [12]. Στην περιφέρεια της Αττικής με την επικράτηση της αστυφιλίας συγκεντρώνεται το 1/3 του πληθυσμού της χώρας και σύμφωνα με την απογραφή του 2012 ανέρχεται στους 3.812.330 κατοίκους [13].

3.2 Το κλίμα της Αττικής

Η Αττική έχει μεσογειακό τύπο κλίματος. Οι ηλιόλουστες ημέρες κυριαρχούν ακόμα και τον χειμώνα κατά τις αλκυονίδες ημέρες. Ενώ βροχές σημειώνονται το διάστημα Οκτωβρίου έως Απριλίου. Τα ύψη βροχής είναι πολύ χαμηλά, συνολικά ολόκληρο τον χρόνο δεν ξεπερνούν τα 400-450 mm. Οι περισσότερες βροχές εκδηλώνονται ανατολικά και βόρεια του νομού. Τα τελευταία χρόνια με την κλιματική αλλαγή, σημειώνονται και απότομες βροχοπτώσεις με έντονα πλημμυρικά φαινόμενα. Χιονοπτώσεις εκδηλώνονται κάθε χρόνο στα γύρω ορεινά της Αττικής, στα βόρεια προάστια του νομού, ενώ είναι σπάνιες στο κέντρο των Αθηνών. Τα τελευταία χρόνια

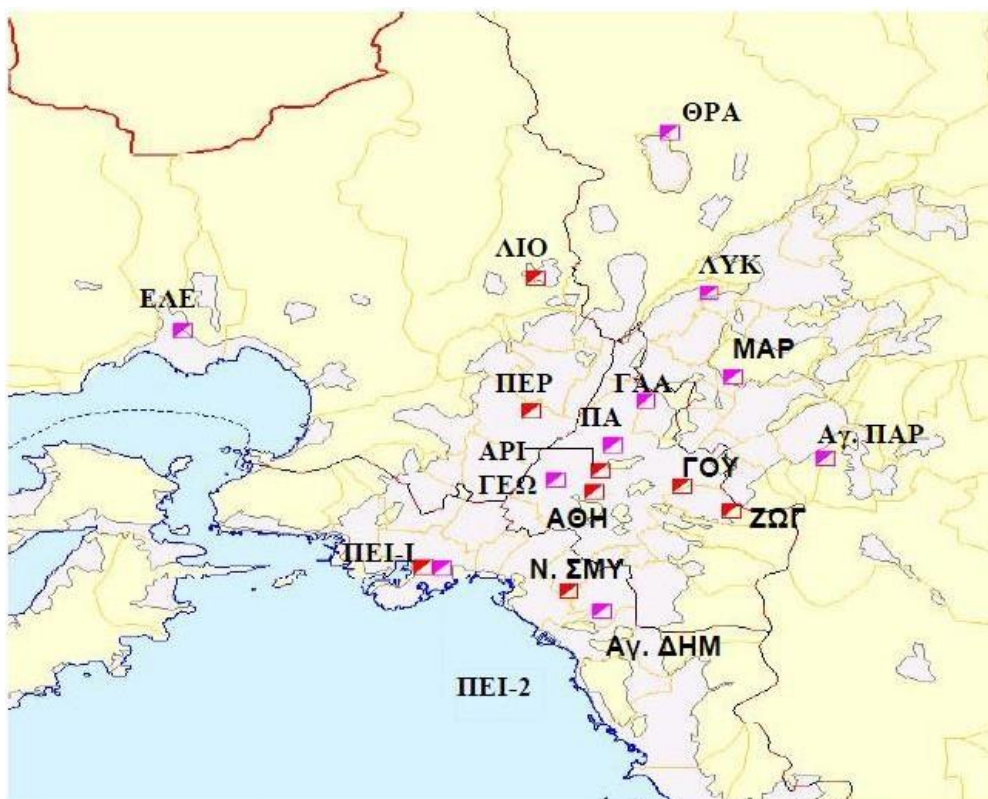
έντονες χιονοπτώσεις σημειώθηκαν στην πόλη τα τελευταία έτη με πιο χαρακτηριστική τον Ιανουάριο 2022.

Σε υψηλά επίπεδα παραμένει η θερμοκρασία παραμένει και κατά την διάρκεια του χειμώνα, με την μέση τιμή του Ιανουαρίου να κυμαίνεται στους 9,2 βαθμούς Κελσίου. Οι θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του καλοκαιριού κυμαίνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα, ενώ κύμα καύσωνα με θερμοκρασίες άνω των 40 βαθμών Κελσίου σημειώνεται δυο έως τρεις φορές. Γενικά στο λεκανοπέδιο και στις πυκνοδομημένες περιοχές επικρατούν συνθήκες που επιβαρύνουν σημαντικά το ήδη θερμό φυσικό κλίμα της Αττικής. Επιπλέον, η κατάσταση επιδεινώθηκε και αυξήθηκε η θερμοκρασία στον νομό Αττικής κατά δυο βαθμούς Κελσίου λόγω των καταστροφικών πυρκαγιών των δασών της Πάρνηθας, Πεντέλης, Υμηττού και Βαρυμπόμπης. Οι ειδικοί επισημαίνουν ότι στην αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλει η αύξηση της ταχύτητας των ανέμων εξαιτίας της έλλειψης ψηλών δέντρων καθώς επίσης και η αλλαγή στην κατανομή των βροχοπτώσεων [14].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα μελέτη, οι τιμές συγκεντρώσεων των ρύπων λαμβάνονται από Σταθμούς Καταγραφής Αέριων Ρύπων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, οι οποίοι βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Οι τοποθεσίες των σταθμών βρίσκονται σε επιλεγμένες περιοχές, οι οποίες είναι αστικές, και υπεραστικές και με κύριο στόχο να καλύψουν το μεγαλύτερο κομμάτι της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών έτσι ώστε η καταγραφή των αερίων ρύπων της ατμόσφαιρας να είναι αξιόπιστη και πληρέστερη.



Εικόνα 5. Χωρική κατανομή του δικτύου παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας

Σταθμός				Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι						
Θέση		Υψόμετρο (a.m.s.l.)	Ονομα		SO ₂	NO _x	CO	O ₃	AΣ ₁₀	AΣ _{2,5}	C ₆ H ₆
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		
Γεωπονική [3]	23° 42' 24",44	37° 59' 01",05	40	Περιαστικός-Βιομηχανικός		v	v	v			
Λιάσια [4]	23° 41' 52",23	38° 04' 36",53	165	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v			
Λυκόβρυση* [5]	23° 47' 19",71	38° 04' 04",35	234	Περιαστικός		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			
Πατησίων [8]	23° 43' 58",97	37° 59' 58",05	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v		v	
Πειραιάς Ι [9]	23° 38' 51",04	37° 56' 35",83	20	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v		
Περιστέρι [10]	23° 41' 18",08	38° 01' 14",91	80	Αστικός-Υποβάθρου	v	v	v	v			
Αγ. Παρασκευή [11]	23° 49' 09",90	37° 59' 42",39	290	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Ελευσίνα [12]	23° 32' 18",41	38° 03' 04",86	20	Περιαστικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v		
Θρακομακεδόνες [13]	23° 45' 29",46	38° 08' 36",68	550	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Κορωπί [14]	23° 52' 44",48	37° 54' 04",70	140	Περιαστικός-Υποβάθρου		v		v	v		

Πίνακας 2. χαρακτηριστικά των σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των σταθμών παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επιπλέον η ακριβής τοποθεσία των σταθμών στην περιοχή της Αττικής φαίνεται στον πίνακα 2., καθώς επίσης τα χαρακτηριστικά των σταθμών όπως είναι ο χαρακτηρισμός θέσης, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος και οι ανά σταθμό μετρούμενοι ρύποι [15].

Οι σταθμοί από τους οποίους λήφθηκαν δεδομένα είναι οι εξής:

1. Αθηνάς
2. Αριστοτέλους
3. Γεωπονική
4. Λιόσια
5. Λυκόβρυση
6. Μαρούσι
7. Νέα Σμύρνη
8. Πατησίων
9. Πειραιάς
10. Περιστερί
11. Αγία Παρασκευή
12. Ελευσίνα
13. Θρακομακεδόνες
14. Κορωπί

4.1 ΛΗΦΘΕΝΤΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Οι ρύποι που θα μελετηθούν καταγράφονται από τα όργανα επί 24 ώρες συνέχεια ημερησίως. Ο αυτόματος αναλυτής έχει χρόνο απόκρισης περίπου ένα λεπτό, δηλαδή ο κάθε αναλυτής μετράει τιμή περίπου ανά 1 λεπτό. Ο υπολογισμός των μέσων ωριαίων τιμών ρύπανσης έγινε με την χρήση ενός μικροεπεξεργαστή που είναι εγκατεστημένος σε κάθε αυτοματοποιημένο σταθμό και ταυτόχρονα συνδέεται με έναν αυτόματο αναλυτή. Στη συνέχεια η μετάδοση αυτών των τιμών γίνεται μέσω τηλεφωνικών γραμμών στους διακομιστές της υπηρεσίας, έτσι ώστε να μπορούν τα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή να παρακολουθούνται συνέχεια.

4.2 ΤΡΟΠΟΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Κάθε μήνα πραγματοποιείται η βαθμονόμηση του αναλυτή και στην συνέχεια μετά από κάθε επισκευή, εκτελείται δυναμική αραίωση, με ελέγχους ενδιάμεσα, σύμφωνα με τεχνικά πρότυπα EN. Αντίστοιχα το Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς Ποιότητας Αέρα βαθμονομεί ετησίως τους μετρητές ροής που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή του συστήματος βαθμονόμησης δυναμικής αραίωσης. Ο έλεγχος γίνεται για την ακρίβεια της γραμμικότητας, της επαναληψιμότητας και της μηδενικής ολίσθησης. Η διαπίστευσή του εργαστηρίου έχει χαρακτηρισμό EN ISO 17025 και παρέχει την δυνατότητα να μπορεί να βαθμονομεί μετρητές ροής βάση της ροής του

αέρα καθώς επίσης μπορεί να προσδιορίζει τις συγκεντρώσεις των αερίων σε μείγματα με την μέθοδο της στατικής αραίωσης [16].

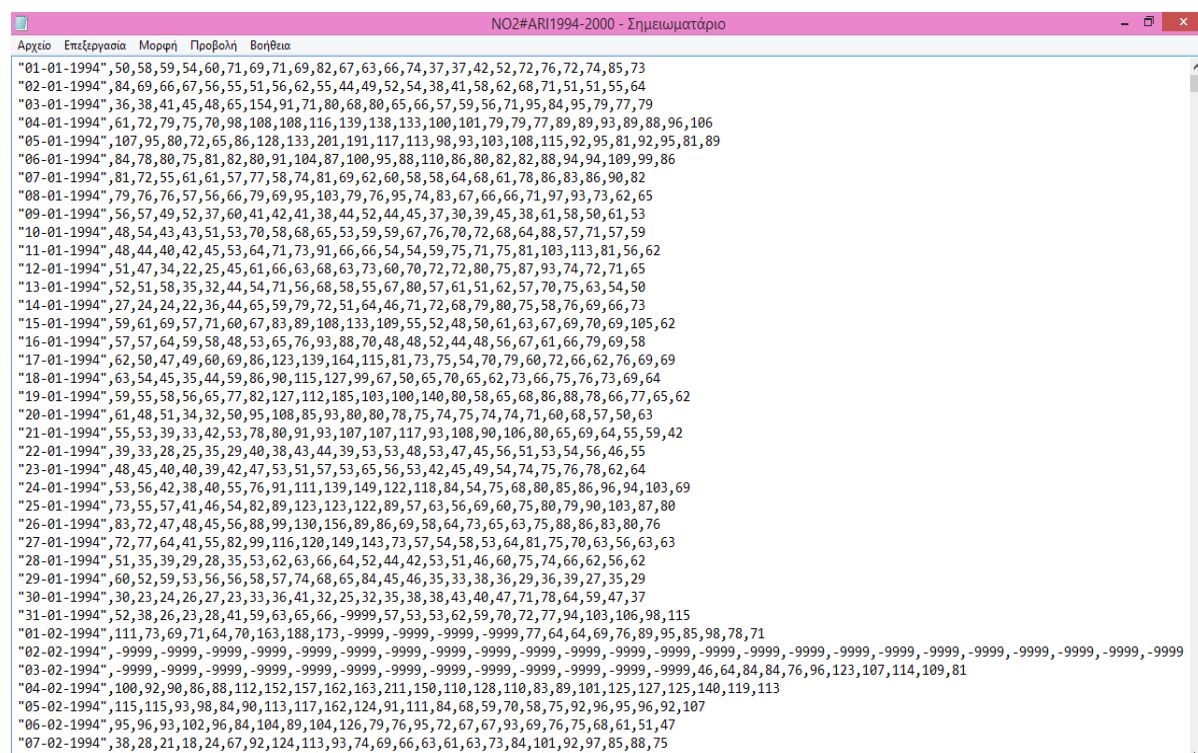
4.3 ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Αρχικά οι ρύποι οι οποίοι επεξεργάζονται σ' αυτή τη διπλωματική είναι οι ακόλουθοι:

- Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)
- Διοξείδιο του Θείου (SO₂)
- Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)

Η διαδικασία που ακολουθείτε είναι η παρακάτω:

1. Στην αρχή, έγινε συλλογή δεδομένων με σκοπό να καλυφθεί υπολογιστικό μέρος της Διπλωματικής Εργασίας. Τα δεδομένα ελήφθησαν από την ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας < Ποιότητα Ατμόσφαιρας < Δεδομένα Μετρήσεων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. Στην συνέχεια, έγινε επιλογή των σταθμών και των αντίστοιχων ρύπων'.
2. Ακολούθως, κατέβηκαν οι μετρήσεις σε συμπιεσμένη μορφή και στην συνέχεια αποσυμπίεζονται και δημιουργείται ένα αρχείο DAT. Στην εικόνα που ακολουθεί δίνεται ένα παράδειγμα της αρχικής μορφής στην οποία υπάρχουν τα δεδομένα, όταν ανοίγονται για πρώτη φορά στην εφαρμογή σημειωματάριο. Το συγκεκριμένο παράδειγμα είναι μετρήσεις του NO₂ για τον σταθμό στην περιοχή Αριστοτέλους για το χρονικό διάστημα 1994-2000.



Εικόνα 6 Αρχείο DAT

επιλέγοντας την πρώτη φορά για κάθε χρόνο, στην συνέχεια για κάθε μήνα, έπειτα για κάθε ημέρα της εβδομάδας και τέλος για κάθε ώρα της ημέρας.

1	DATE	STATID	YEAR	MON	DAY	HR1	HR2	HR3
3	2/1/1994	ARI	1994	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	84	69	66
10	9/1/1994	ARI	1994	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	56	57	49
17	16/1/1994	ARI	1994	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	57	57	64
24	23/1/1994	ARI	1994	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	48	45	40
31	30/1/1994	ARI	1994	1	ΚΥΡΙΑΚΗ	30	23	24
38	6/2/1994	ARI	1994	2	ΚΥΡΙΑΚΗ	95	96	93
45	13/2/1994	ARI	1994	2	ΚΥΡΙΑΚΗ	57	47	45

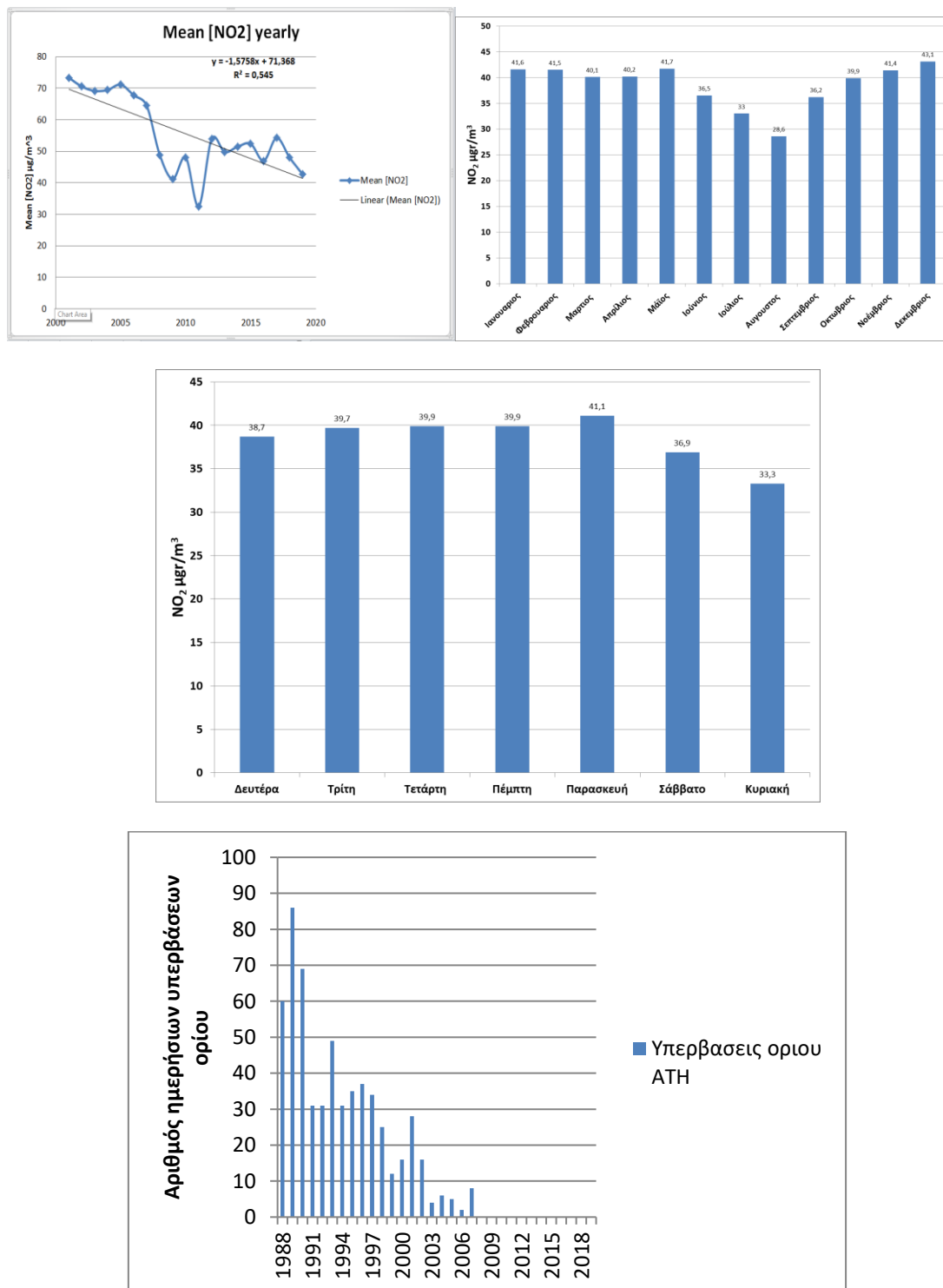
7. Στην αρχή επιλέγεται το φίλτρο του έτους για κάθε έτος ξεχωριστά, η μέση τιμή για όλο το 24ωρο. Στην συνέχεια επιλέγονται οι μήνες, οι ημέρες και τέλος απενεργοποιούνται όλα τα φίλτρα και μαρκάρεται η στήλη κάθε ώρας και κατασκευάζεται ένας πίνακας που περιλαμβάνει τις μέσες τιμές.

2	NO2						
3	ετησιως						
4		Έτος	M.O. NO2	Μήνας	M.O. NO2	Εβδομάδα	
5	92,7	1994	60,2	Ιανουαριος	62,2	Δευτέρα	
6	98,2	1995	63,2	Φεβρουαριος	63,8	Τρίτη	
7	81,2	1996	64,7	Μαρτιος	63,7	Τετάρτη	
8	77	1997	64,7	Απρίλιος	63,6	Πέμπτη	
9	70	1998	63,2	Μάιος	64,7	Παρασκευή	
10	62,7	1999	65	Ιούνιος	57,7	Σάββατο	
11	64,7	2000	60,2	Ιούλιος	52,7	Κυριακή	
12	73,4	2001	54,8	Αυγουστος			
13	70,6	2002	60,3	Σεπτεμβριος			
14	69,2	2003	60	Οκτωβριος			
15	69,5	2004	59,9	Νοέμβριος			
16	71,2	2005	58	Δεκεμβριος			
17	67,8	2006					
18	64,5	2007					
19	48,9	2008					
20	41,2	2009					
21	48,1	2010					
22	32,5	2011					
23	54	2012					
24	49,8	2013					
25	51,5	2014					
26	52,4	2015					
27	47	2016					
28	54,3	2017					
29	48	2018					
30	42,7	2019					

Εικόνα 8: Πίνακας με τις μέσες ετήσιες- μηνιαίες- ημερήσιες τιμές

8. Στην συνέχεια μετά την ολοκλήρωση των τριών πινάκων με τις μέσες τιμές κατασκευάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα συγκέντρωσης – χρόνου, μήνα

και ημέρας για κάθε σταθμό όπως επίσης και ένας συγκεντρωτικός πίνακας, ο οποίος απεικονίζει το σύνολο των φορών που έχει γίνει υπέρβαση του ορίου συγκέντρωσης που έχει θεσπιστεί για κάθε σταθμό ξεχωριστά.



Εικόνα 9: Διαγράμματα συγκέντρωσης- έτους-μήνα και ημέρας και υπερβάσεων ορίου που δημιουργήθηκαν για κάθε ρύπο

9. Αναφορικά με το διάγραμμα συγκέντρωσης ρύπου – έτους επιλέγεται σαν τύπο γραφήματος η γραμμή με κουκκίδες. Ακολούθως προστίθεται η γραμμική εξίσωση, η γραμμή τάσης και ο συντελεστής αξιοπιστίας. Για τα το διαγράμματα συγκέντρωσης – μήνα καθώς επίσης συγκέντρωσης – ημέρας επιλέγεται η μορφή του ιστογράμματος (bar chart).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΣ KRIGING

Η μέθοδος Kriging είναι μια μέθοδος χωρικής παρεμβολής, η οποία εμφανίστηκε πρώτη φορά στον τομέα της γεωλογίας ορυχείων και έχει πάρει το όνομα της από τον Νοτιοαφρικάνο μηχανικό ορυχείων, Danie Krige, ο οποίος πρωτοπορούσε στην εφαρμογή στατιστικών μεθόδων με σκοπό την διερεύνηση κοιτασμάτων ορυκτών. Μέσω αυτής της μεθόδου μπορεί κανείς μέσα από ένα σύνολο γνωστών δεδομένων να προβλεφθούν άγνωστες τιμές όπως είναι για παράδειγμα η συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα σε μία περιοχή.

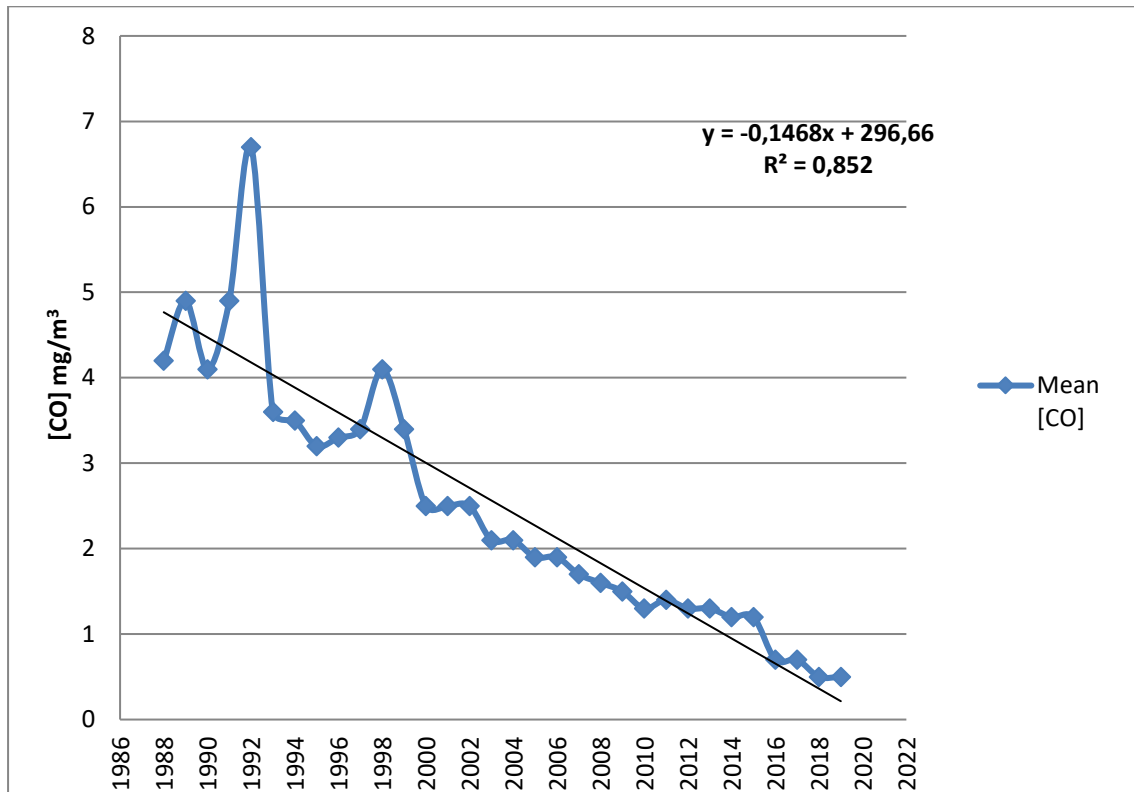
Αυτό που πραγματοποιείται στην ουσία μέσω αυτής της μεθόδου, είναι ότι προσαρμόζεται μία μαθηματική συνάρτηση η οποία χρησιμοποιεί τα σημεία δειγματοληψίας τα οποία έχουν επιλεγεί και στο τέλος λαμβάνεται μία τιμή εξόδου για κάθε ένα σημείο. Αυτά που περιλαμβάνει η μέθοδος Kriging είναι η διερευνητική στατιστική ανάλυση των δεδομένων, η μοντελοποίηση βαριογράμματος, η δημιουργία επιφάνειάς πρόβλεψης και ανάλογα με τις απαιτήσεις που υπάρχουν, η διερεύνηση της επιφάνειας διακύμανσης. Η έκφραση της χωρικής διακύμανσης πραγματοποιείται μέσω του βαριογράμματος όπως προαναφέρθηκε και μέσω αυτού ελαχιστοποιούνται τυχόν σφάλματα που προκύπτουν. Αυτά εκτιμώνται μέσω της χωρικής κατανομής [22].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

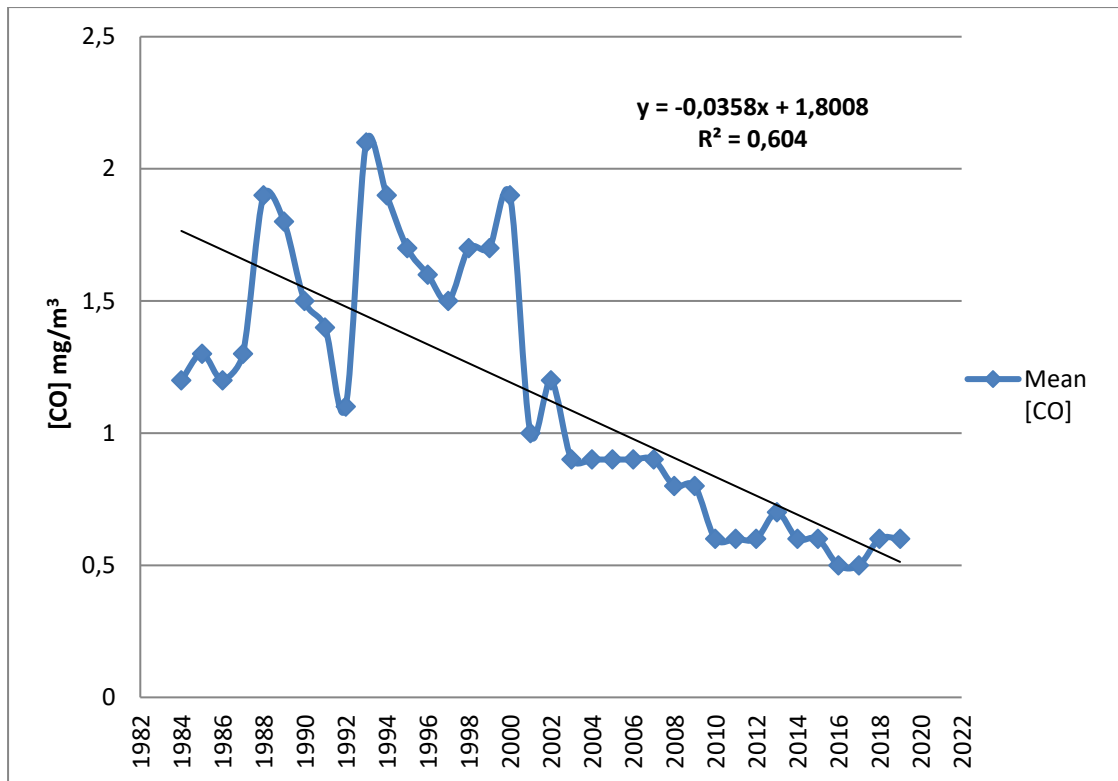
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ

6.1 ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CO)

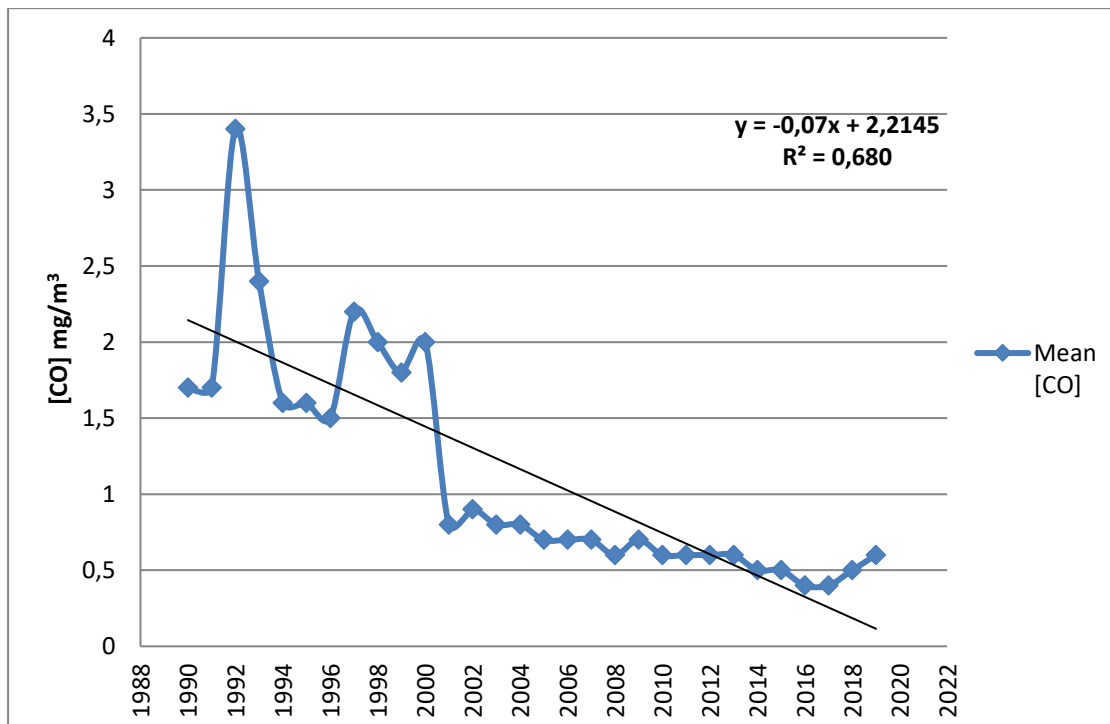
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Έτους/Διαχρονική Εξέλιξη ανά έτος σε κάθε σταθμό



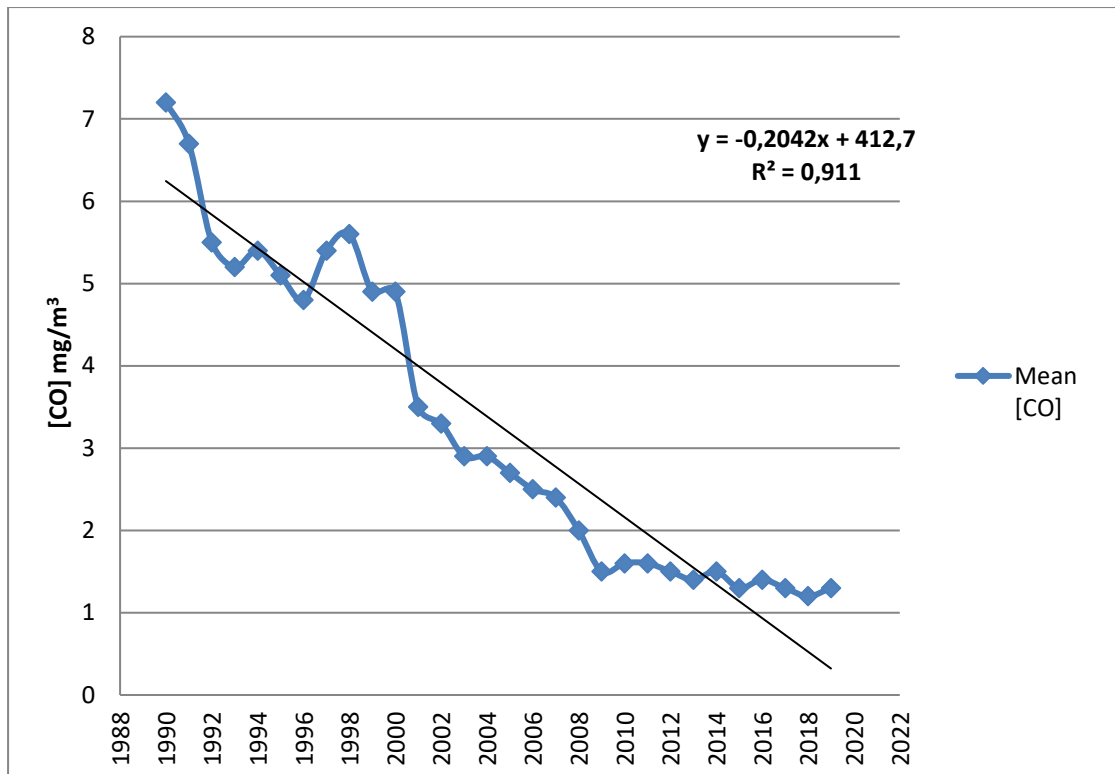
Διάγραμμα 1. Σταθμός Αθηνάς-Ετήσια κλίμακα



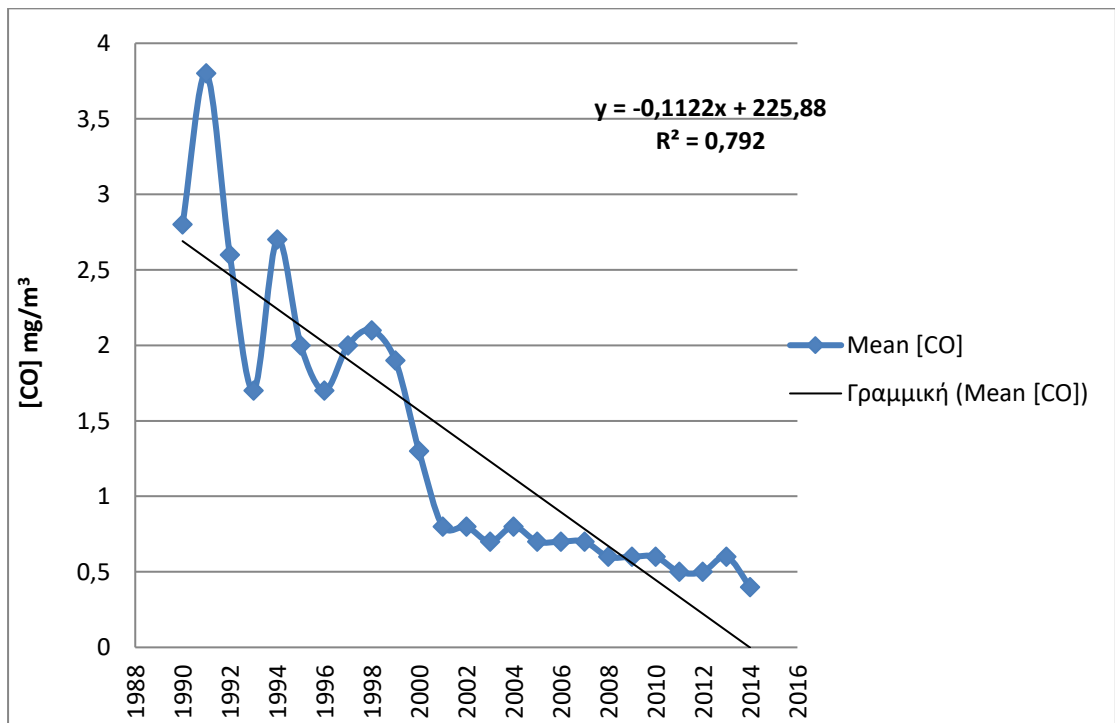
Διάγραμμα 2. Σταθμός Γεωπονικής-Ετήσια κλίμακα



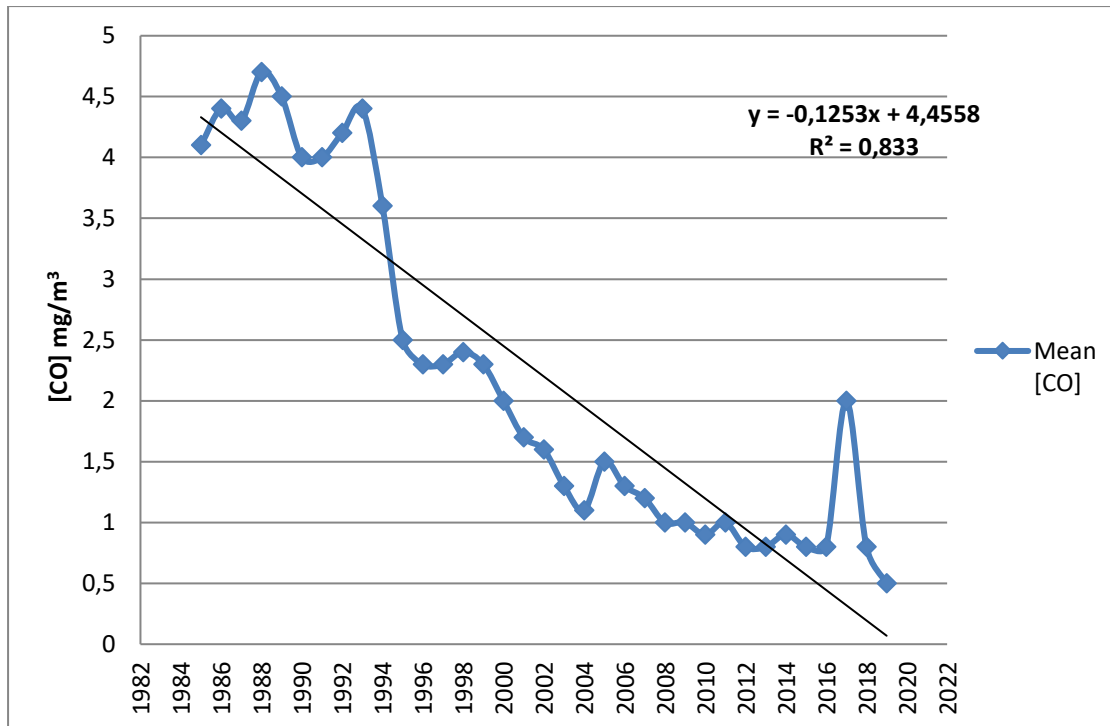
Διάγραμμα 3. Σταθμός Μαρούσι-Ετήσια κλίμακα



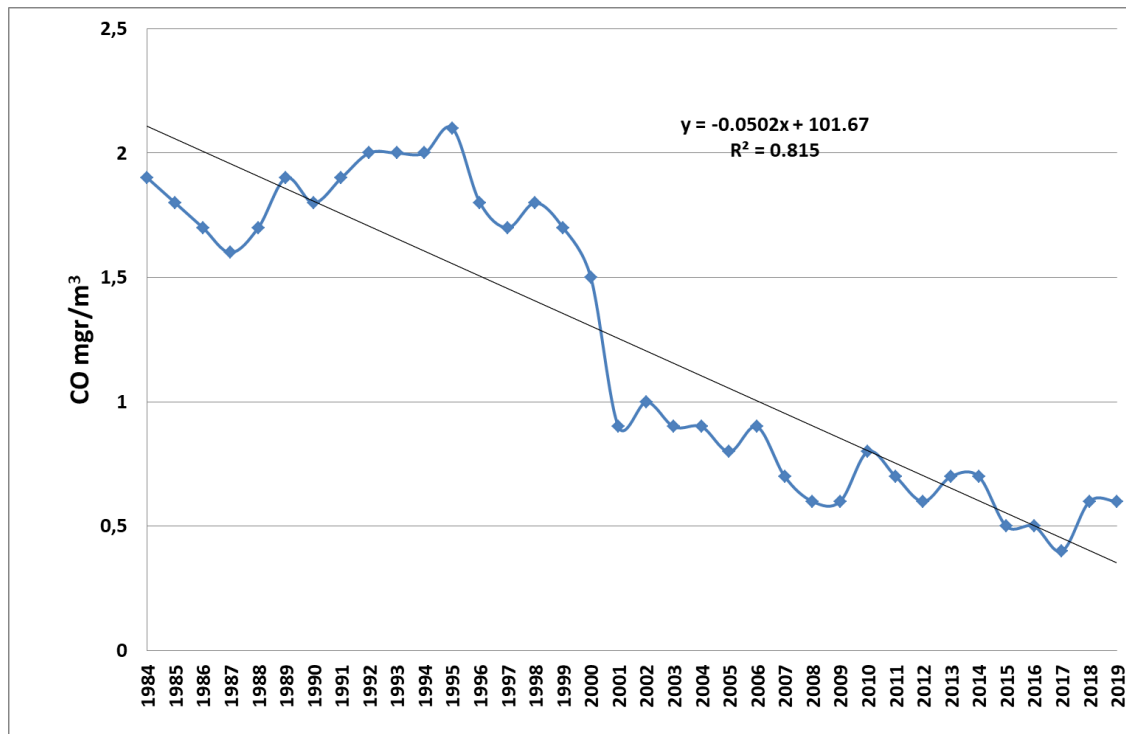
Διάγραμμα 4. Σταθμός Πατριών-Ετήσια κλίμακα



Διάγραμμα 5. Σταθμός Περιστερί-Ετήσια κλίμακα



Διάγραμμα 6. Σταθμός Πειραιά-Ετήσια κλίμακα



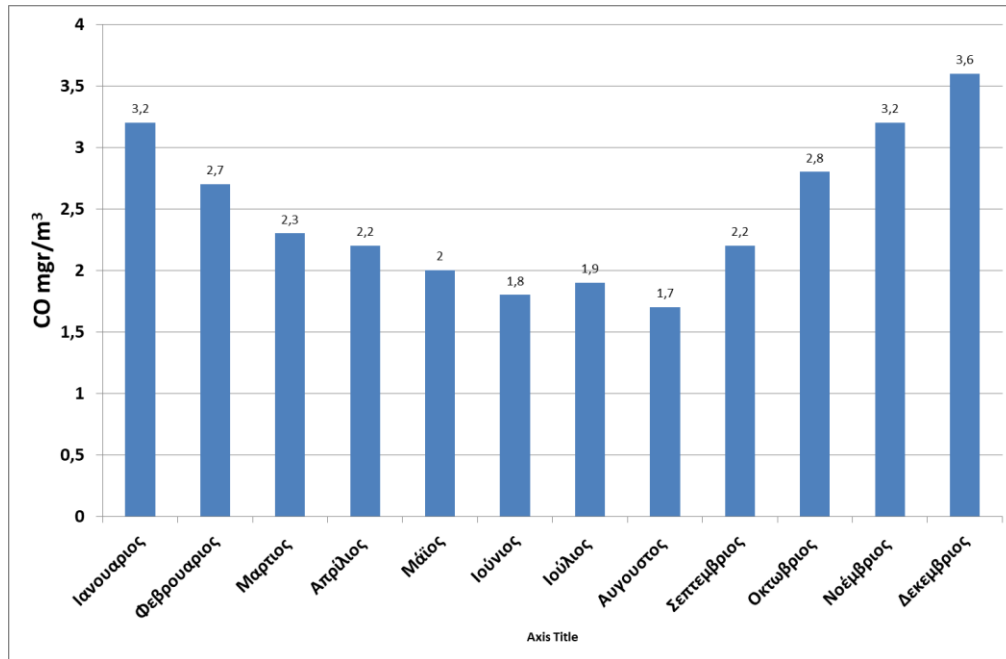
Διάγραμμα 7. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Ετήσια κλίμακα

Σχολιασμός: Παρατηρούμε γενικά σε όλους τους σταθμούς μια πτωτική πορεία στις συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα, με εξαίρεση την απότομη μεταβολή στον σταθμό Πειραιά το 2017. Μία εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι ότι λόγω των έργων και των κυκλοφοριακών ρυθμίσεων για την κατασκευή του τραμ στην περιοχή, παράχθηκαν μεγαλύτερες ποσότητες του ρύπου από τα βαριά οχήματα των κατασκευών και τη μεγαλύτερη κυκλοφοριακή συμφόρηση που δημιουργήθηκε.

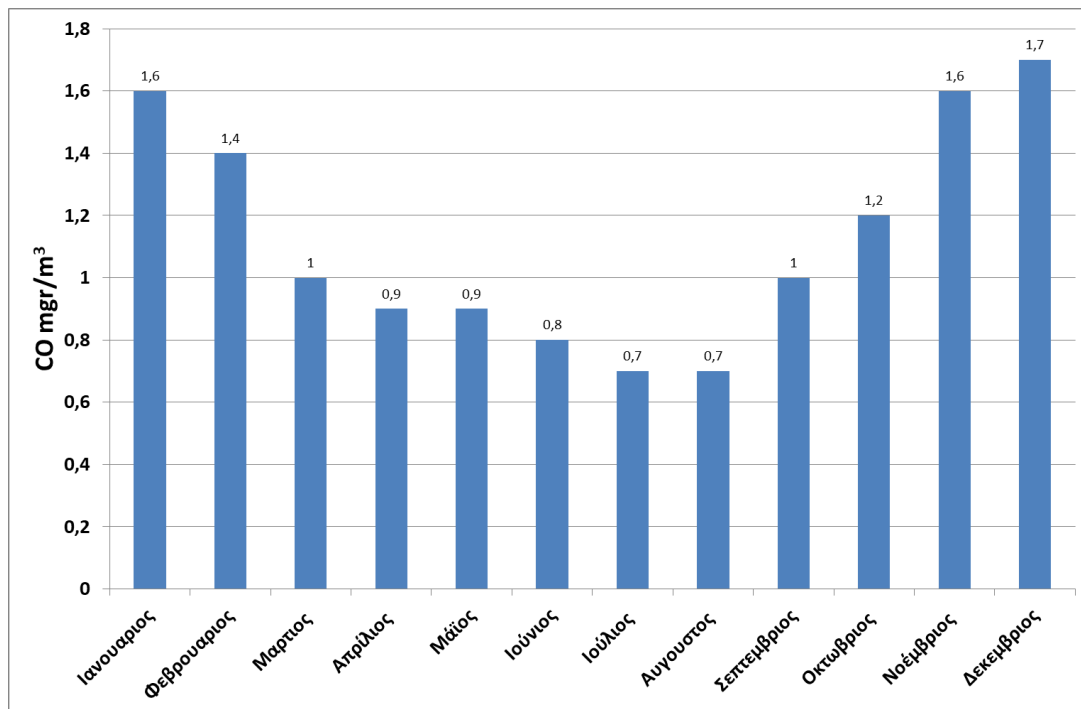
Πιο συγκεκριμένα για κάθε σταθμό:

1. Σταθμός Αθηνάς: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,85$, το οποίο περιγράφει το 85% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
2. Σταθμός Γεωπονικής: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,60$, το οποίο περιγράφει το 60% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
3. Σταθμός Μαρούσι: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,68$, το οποίο περιγράφει το 68% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
4. Σταθμός Πατησίων: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,91$, το οποίο περιγράφει το 91% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί πολύ καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
5. Σταθμός Περιστερι: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,79$, το οποίο περιγράφει το 79% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί σχετικά καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
6. Σταθμός Πειραιάς :εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,83$, το οποίο περιγράφει το 83% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
7. Σταθμός Νέας Σμύρνης: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,81$, το οποίο περιγράφει το 81% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις

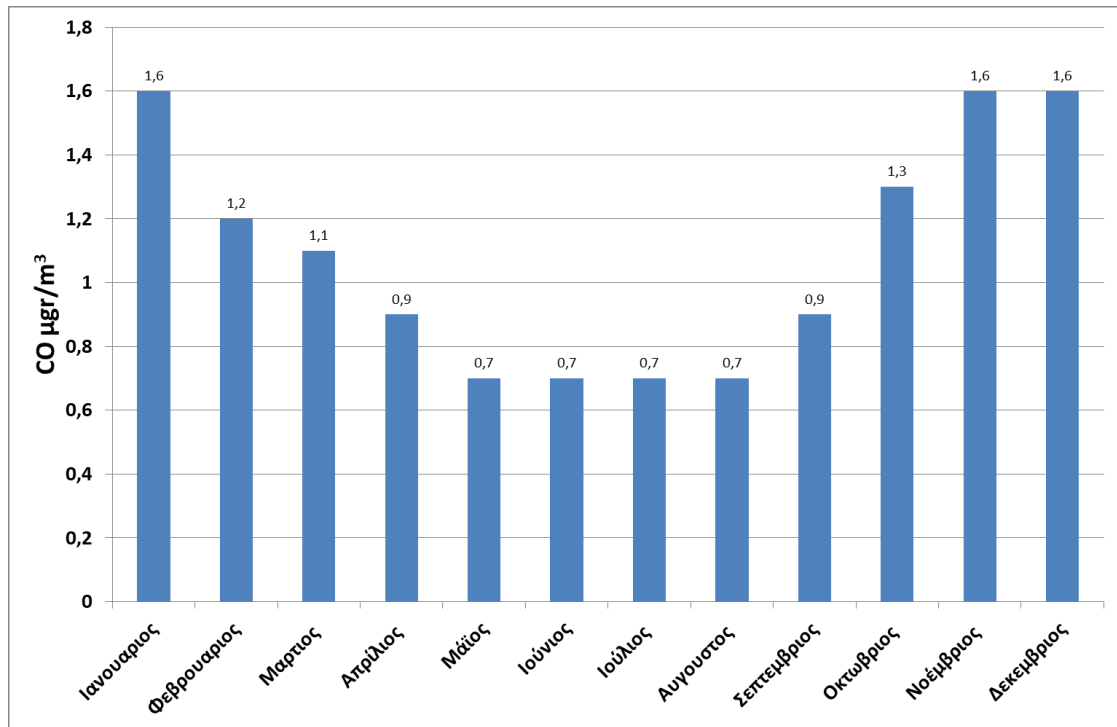
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Μήνα/Διαχρονική Εξέλιξη ανά μήνα σε κάθε σταθμό(mg/m³)



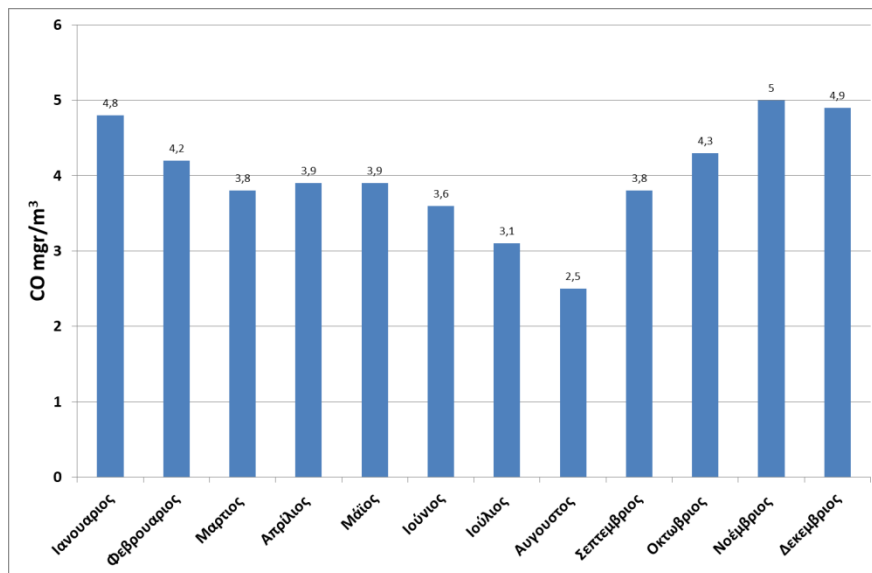
Διάγραμμα 8. Σταθμός Αθηνάς-Μηνιαία κλίμακα



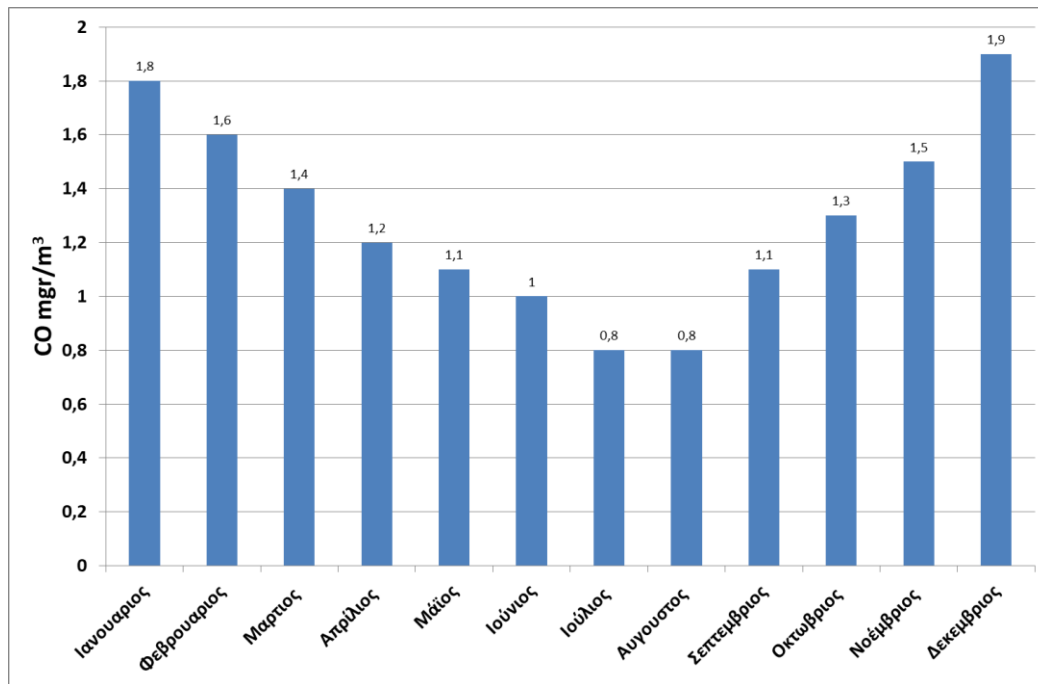
Διάγραμμα 9. Σταθμός Γεωπονικής-Μηνιαία κλίμακα



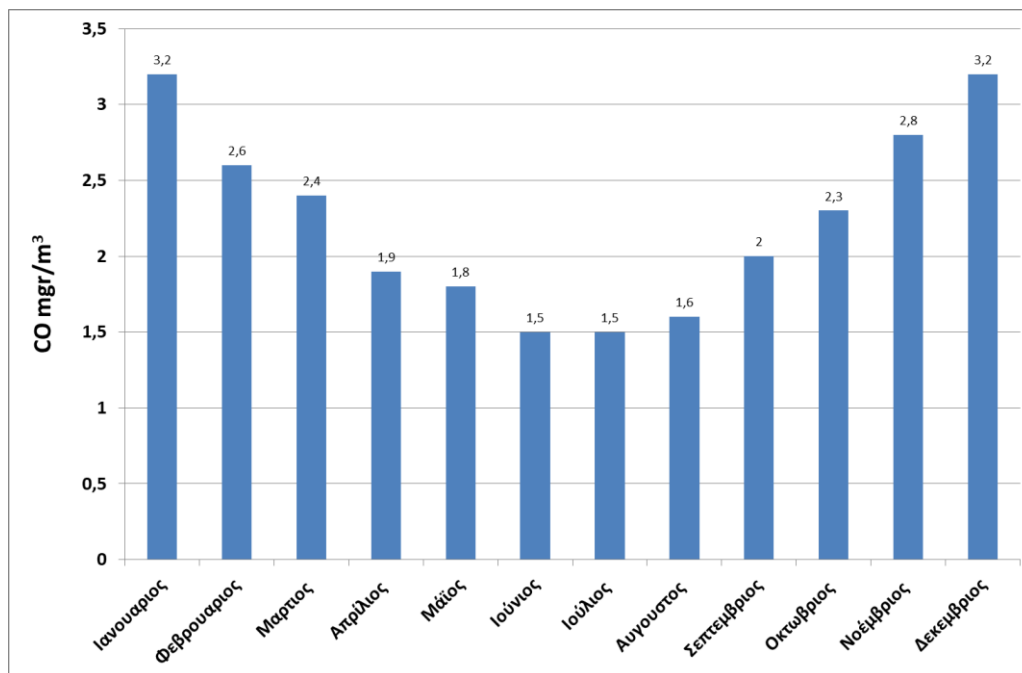
Διάγραμμα 10. Σταθμός Μαρούσι-Μηνιαία κλίμακα



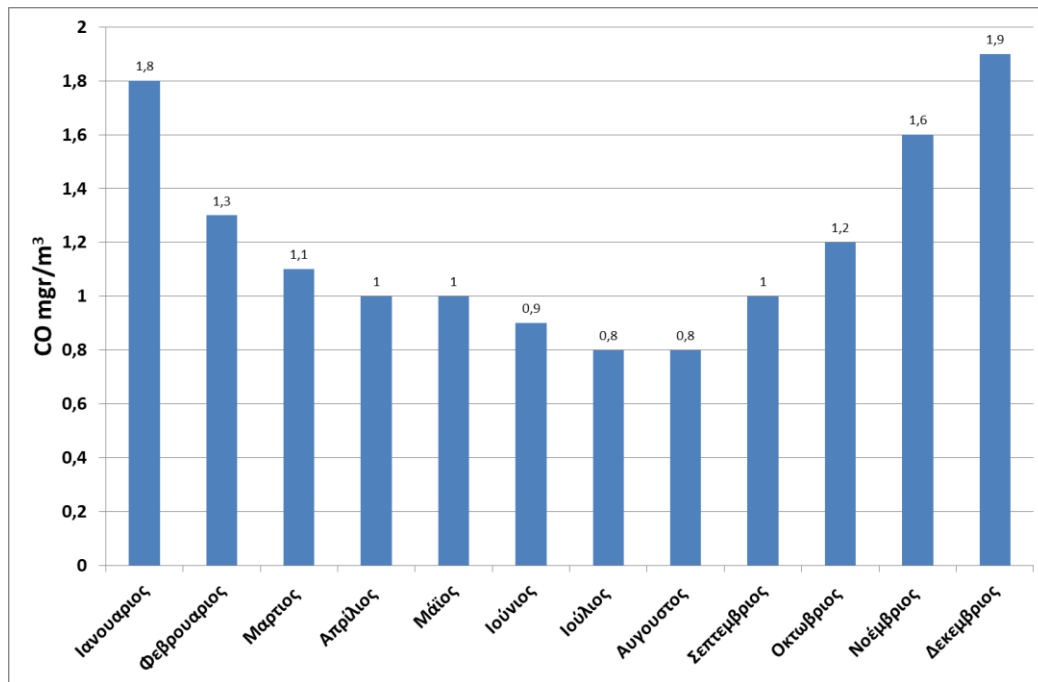
Διάγραμμα 11. Σταθμός Πατησίων-Μηνιαία κλίμακα



Διάγραμμα 12. Σταθμός Περιστερί-Μηνιαία κλίμακα



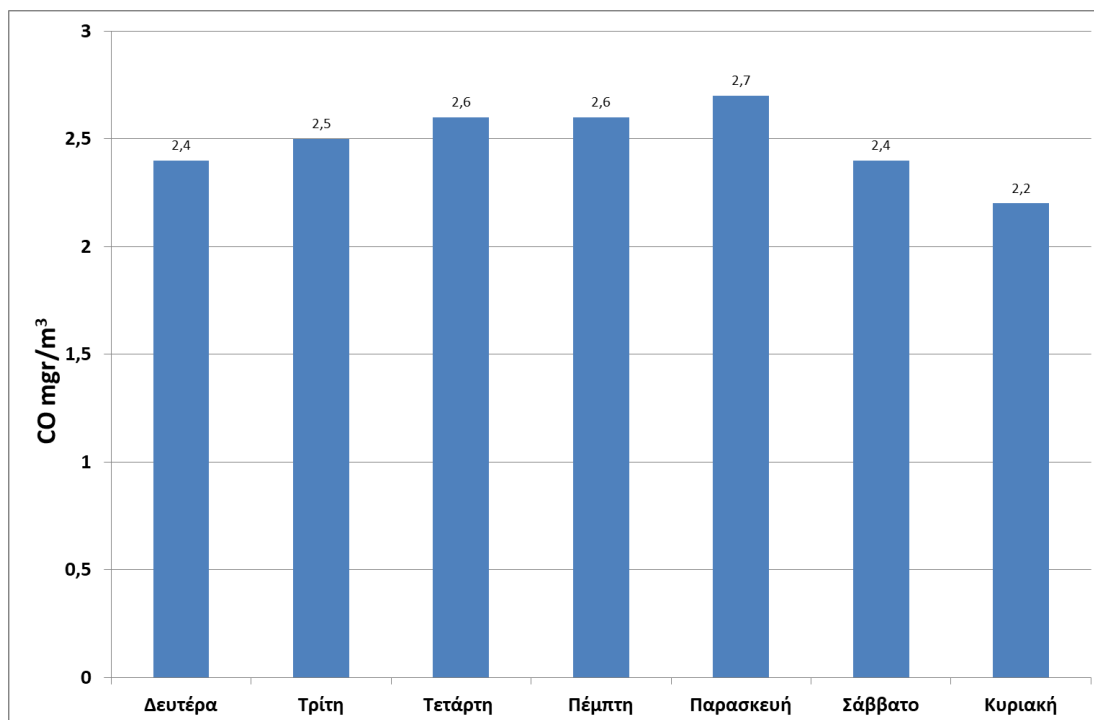
Διάγραμμα 13. Σταθμός Πειραιά-Μηνιαία κλίμακα



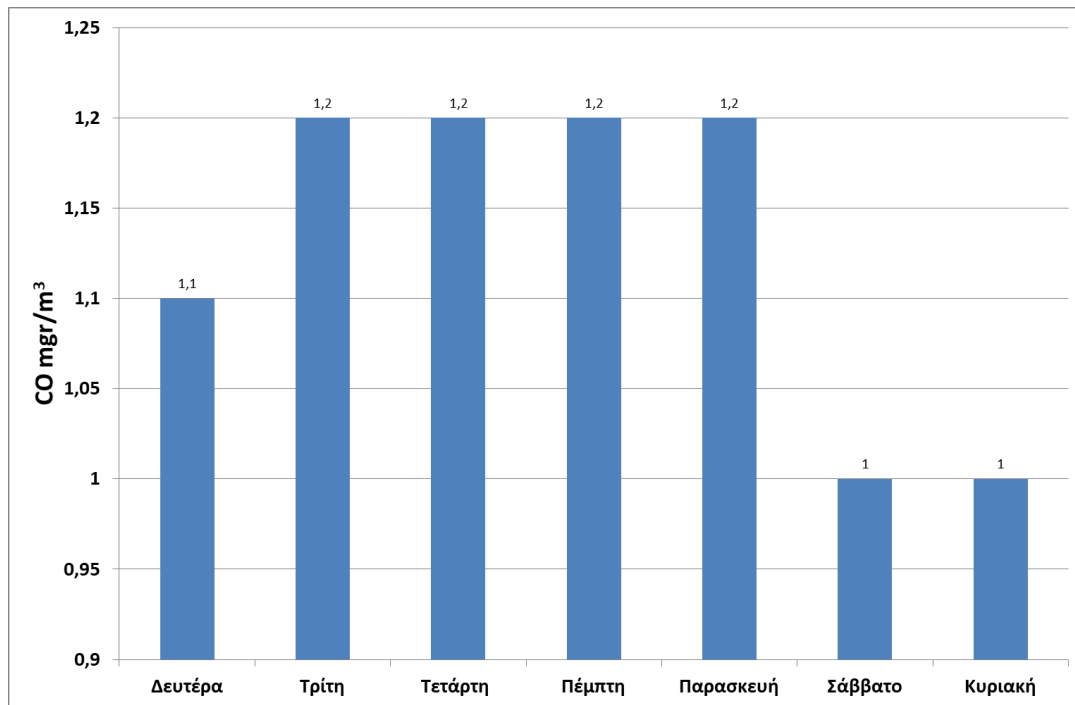
Διάγραμμα 14. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Μηνιαία κλίμακα

Σχολιασμός: Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται εποχικότητα στην μηνιαία διακύμανση. Πιο αναλυτικά κατά τους χειμερινούς μήνες αυξάνονται οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα που μετρούνται σε κάθε σταθμό. Αυτό οφείλεται σε παράγοντες όπως η θέρμανση που χρησιμοποιείται λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών αυτές τις εποχές και η μεγαλύτερη κινητικότητα τους κόσμου λόγω εργασίας και άλλων παραγόντων. Το καλοκαίρι που οι περισσότεροι απομακρύνονται από τα αστικά κέντρα οι συγκεντρώσεις του ρύπου ελαχιστοποιούνται όπως απεικονίζουν και τα διαγράμματα. Επίσης από όλους τους σταθμούς οι πιο επιβαρυνμένοι είναι της Αθηνάς και της Πατησίων. Πρόκειται για το κέντρο της Αθήνας, όπου είναι πυκνοκατοικημένο και χωρίς πράσινο.

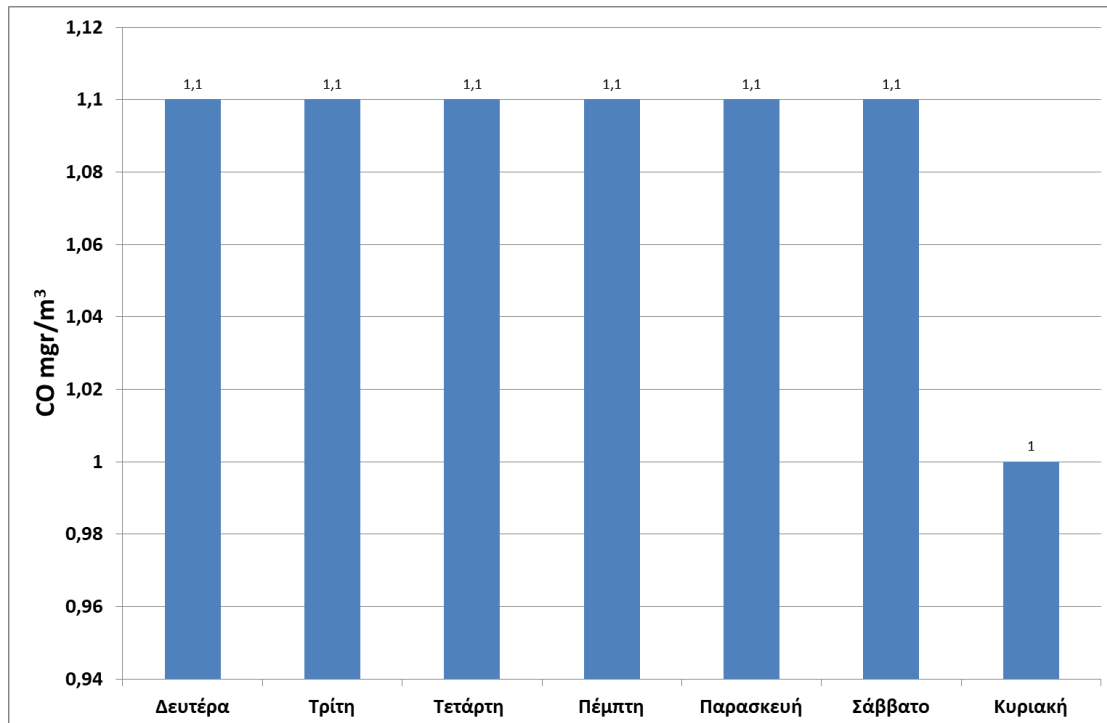
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Ημέρας/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά ημέρα σε κάθε σταθμό(mg/m³)



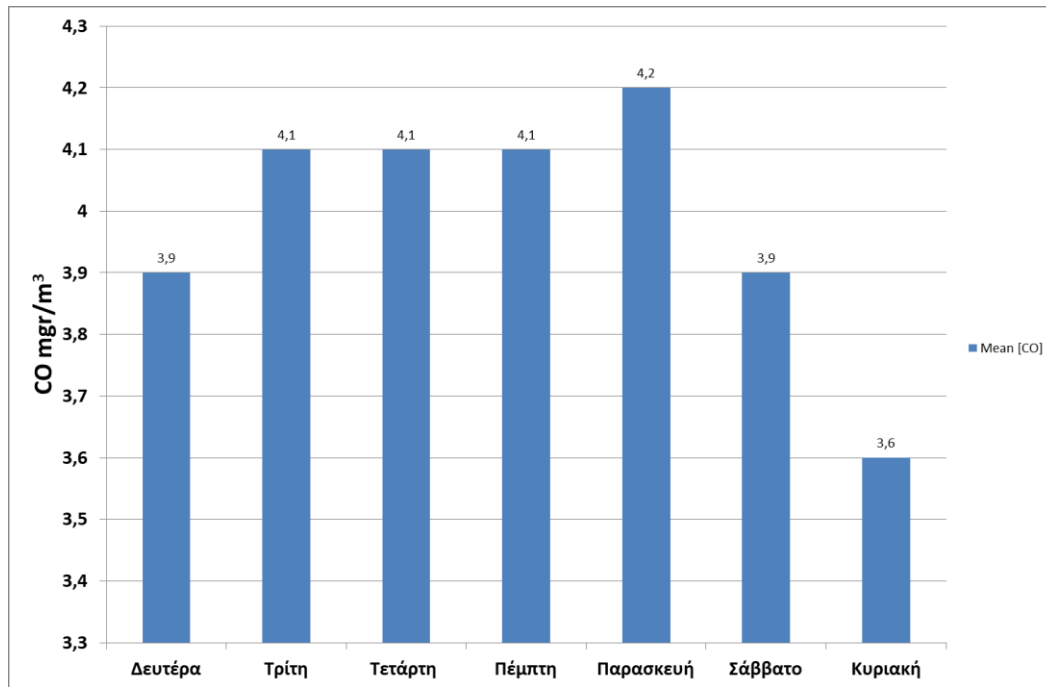
Διάγραμμα 15. Σταθμός Αθηνάς-Ημερήσια κλίμακα



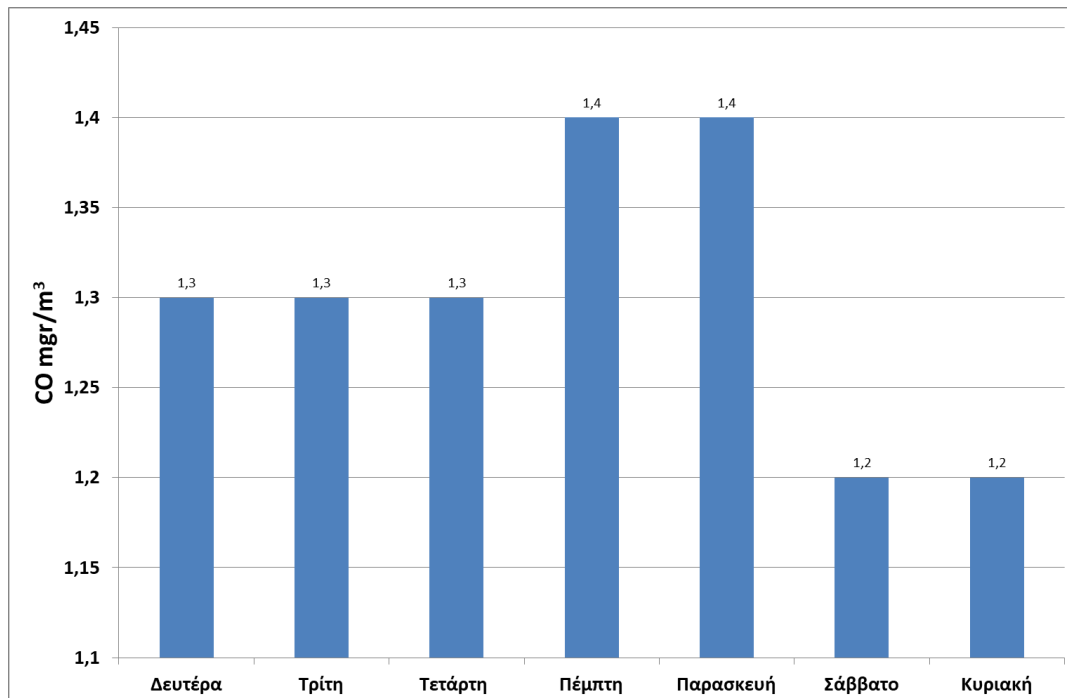
Διάγραμμα 16. Σταθμός Γεωπονικής-Ημερήσια κλίμακα



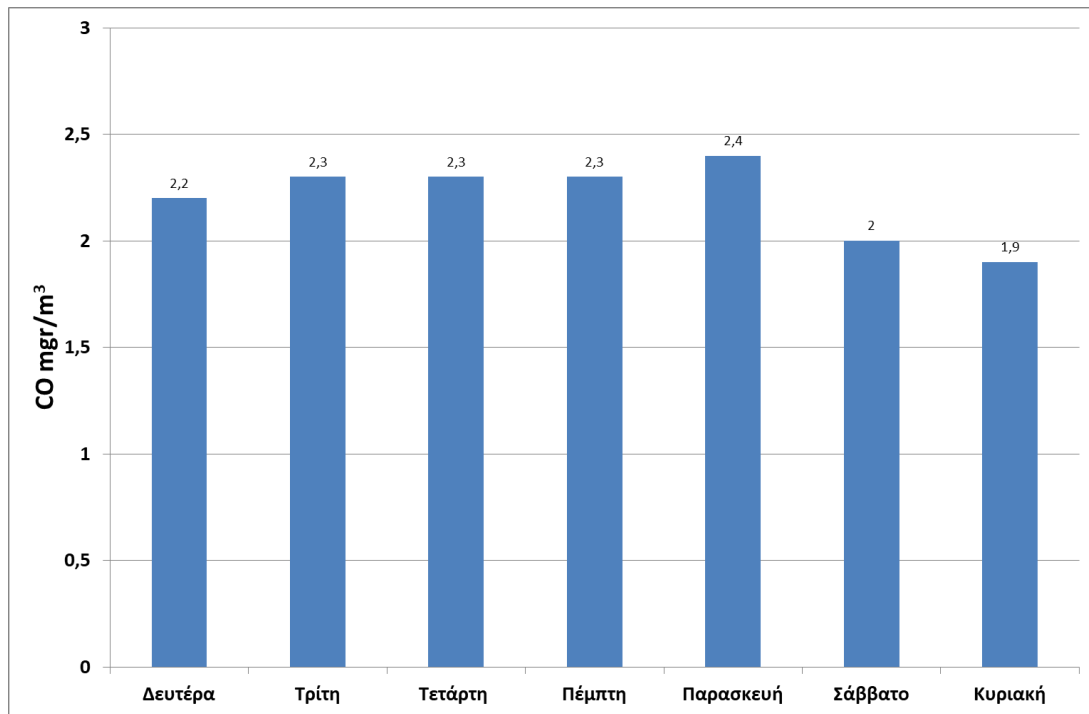
Διάγραμμα 17. Σταθμός Μαρούσι-Ημερήσια κλίμακα



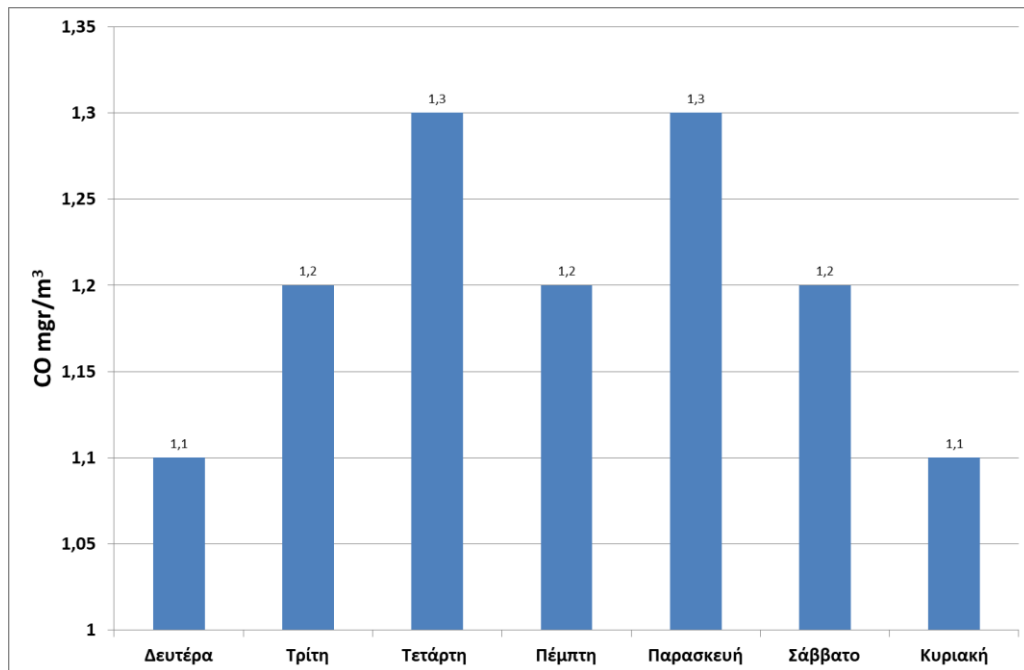
Διάγραμμα 18. Σταθμός Πατησίων-Ημερήσια κλίμακα



Διάγραμμα 19. Σταθμός Περιστερι-Ημερήσια κλίμακα



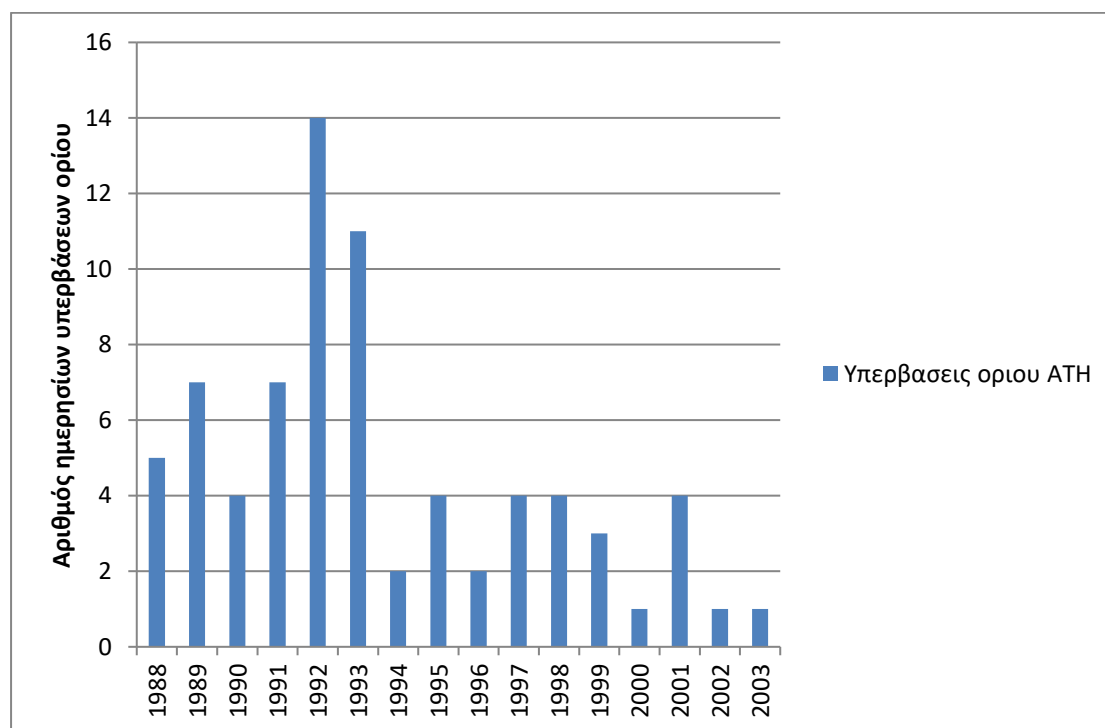
Διάγραμμα 20. Σταθμός Πειραιά-Ημερήσια κλίμακα



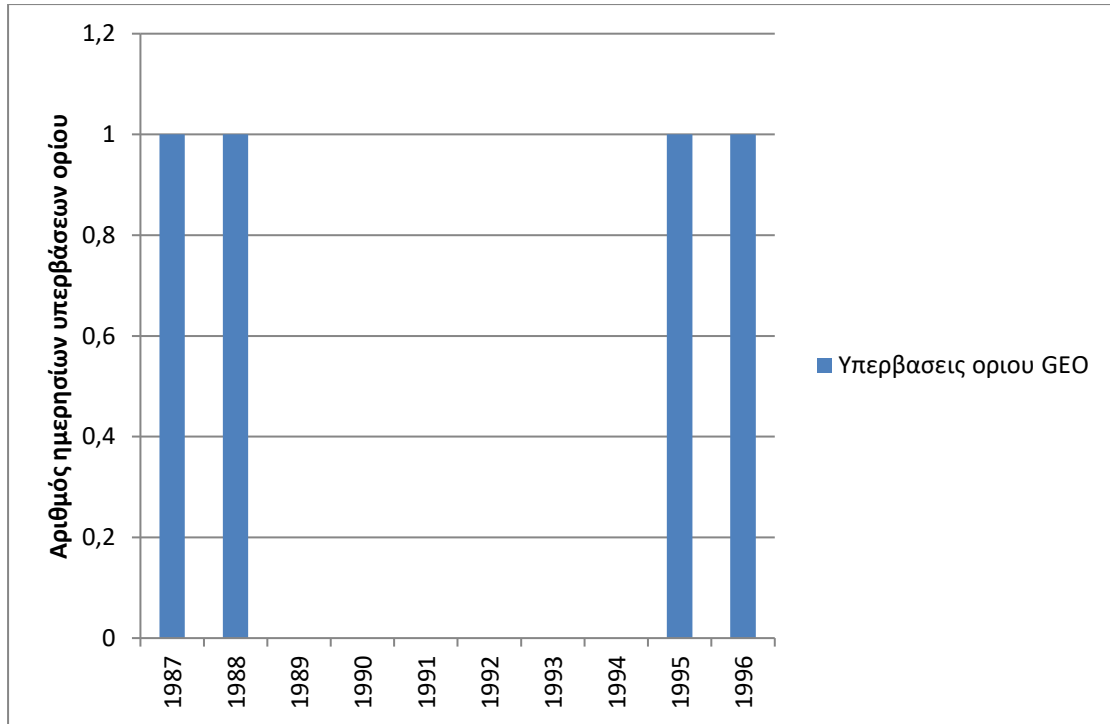
Διάγραμμα 21. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Ημερήσια κλίμακα

Σχολιασμός: Η παρατήρηση που μπορεί να γίνει στα εβδομαδιαία διαγράμματα είναι πως υπάρχει μικρή διακύμανση των συγκεντρώσεων μεταξύ των ημερών στο μέσο της εβδομάδας και αυτών στο τέλος και την αρχή της. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι η μεγαλύτερη κίνηση γίνεται μεσοβδόμαδα με τη χρήση ΙΧ και στο τέλος της εβδομάδας υπάρχει αποσυμφόρηση καθώς περισσότερος κόσμος δεν μετακινείται πιθανότατα λόγω ξεκούρασης. Επίσης θα πρέπει να προσθέσουμε και την συσσώρευση που εμφανίζει ο ρύπος. Δηλαδή ξεκινάει σιγά σιγά η συγκέντρωση να αυξάνει από την Δευτέρα λόγω κίνησης των μέσων μεταφοράς, αυτό όμως δεν φαίνεται αμέσως γιατί έχει μεσολαβήσει το Σαββατοκύριακο όπου υπάρχει μείωση του ρύπου. Στο μέσο της εβδομάδας η συγκέντρωση του ρύπου εμφανίζει την μέγιστη συγκέντρωση και στην συνέχεια ελαττώνεται. Αυτό το μοτίβο παρατηρείται σε όλους τους σταθμούς, όμως με διαφορετικές τιμές συγκέντρωσης, ανάλογα με την συνολική δραστηριότητα της περιοχής και τη συγκέντρωση του πληθυσμού. Όπως και στα προηγούμενα διαγράμματα ο σταθμός Πατησίων και Αθηνάς εμφανίζουν την μεγαλύτερη διακύμανση.

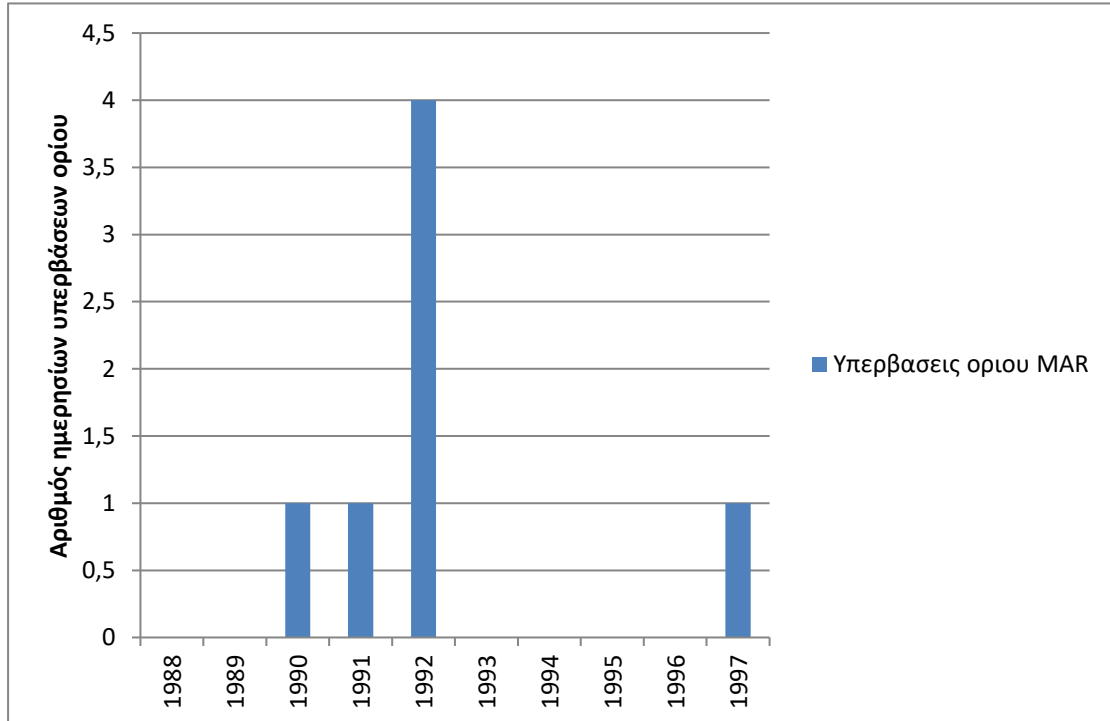
Διαγράμματα ημερών υπέρβασης ορίου ανά σταθμό



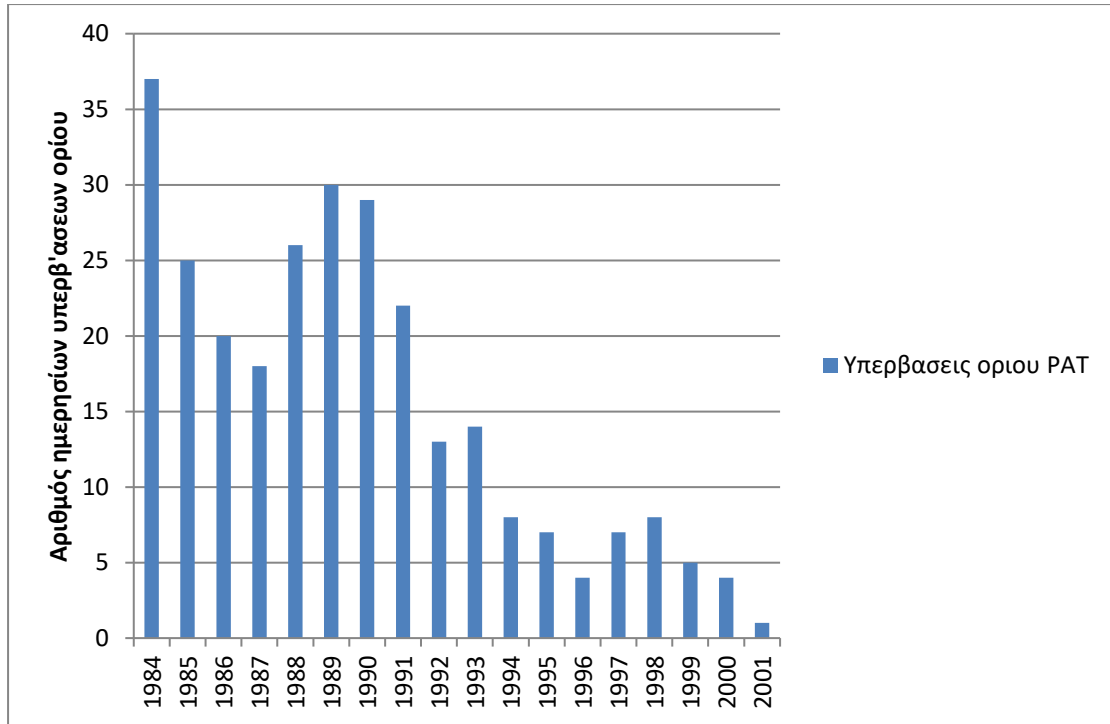
Διάγραμμα 22. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [CO] στο σταθμό Αθηνάς



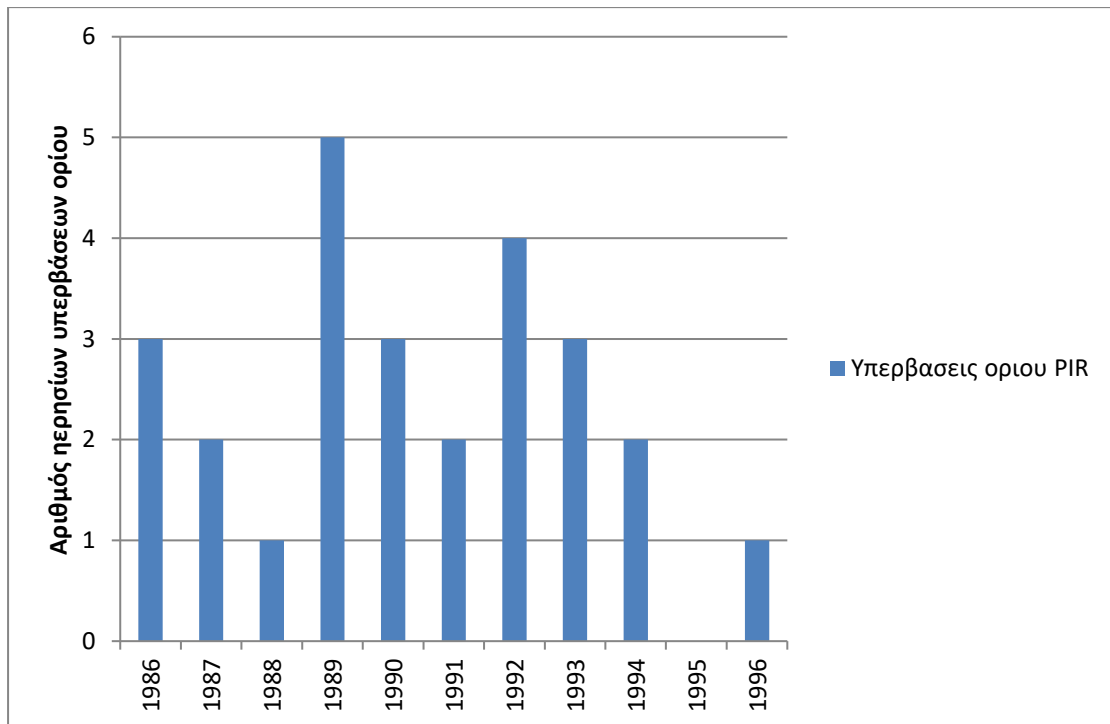
Διάγραμμα 23. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [CO] στο σταθμό Γεωπονικής



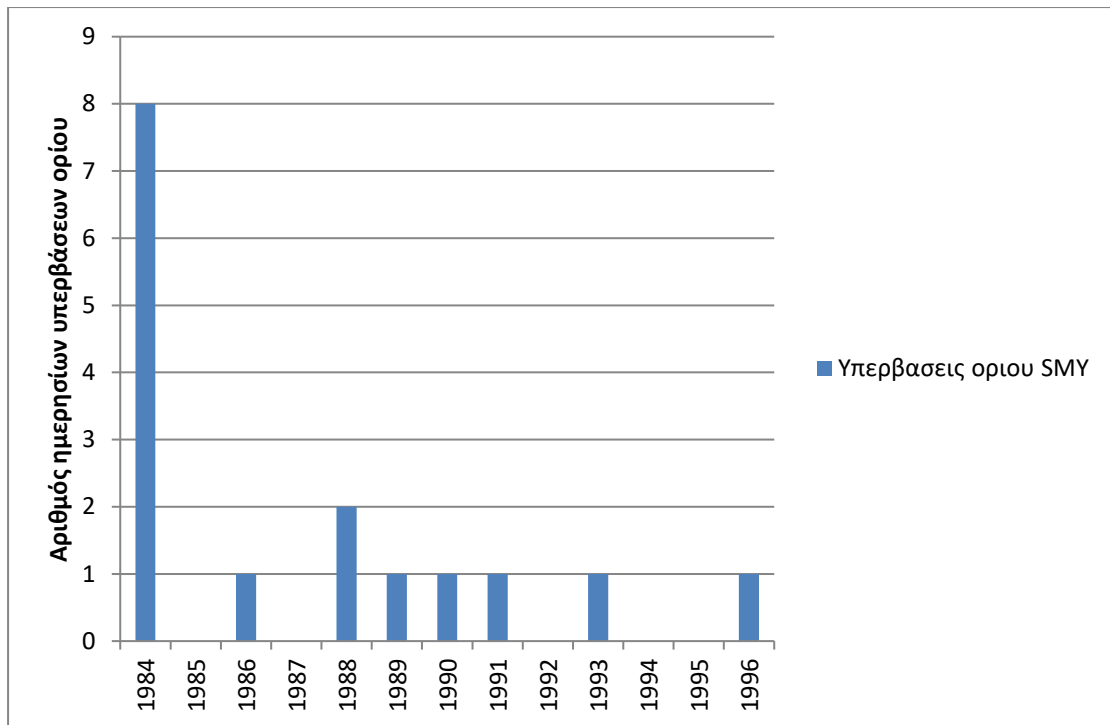
Διάγραμμα 24. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [CO] στο σταθμό Μαρούσι



Διάγραμμα 25. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [CO] στο σταθμό Πατρών



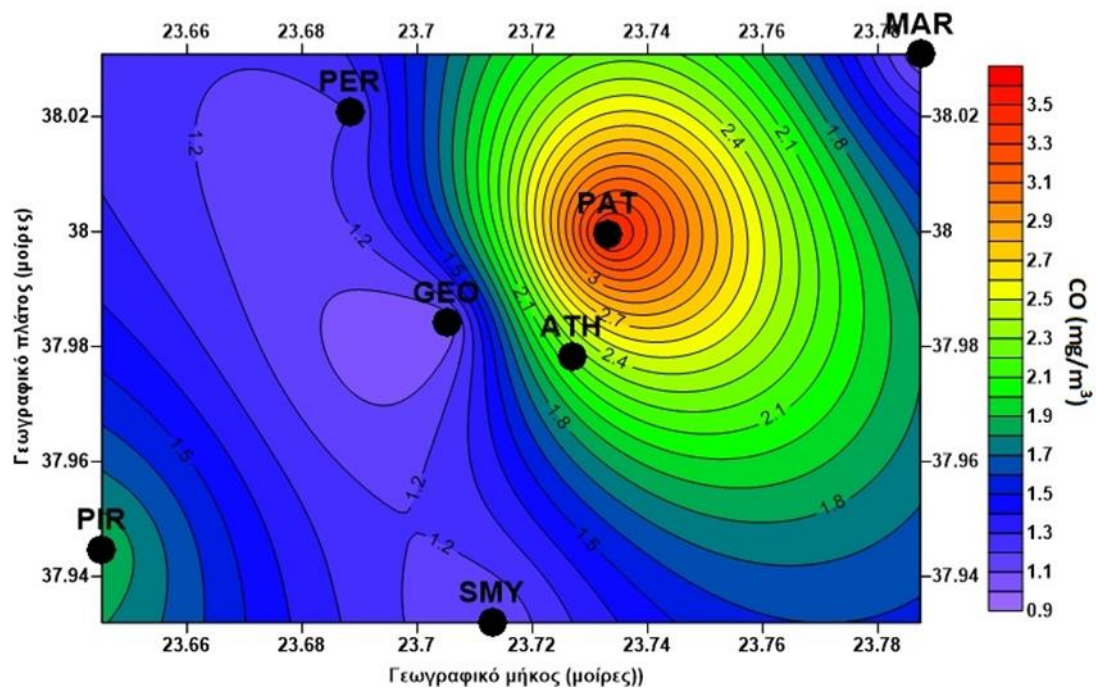
Διάγραμμα 26. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [CO] στο σταθμό Πειραιά



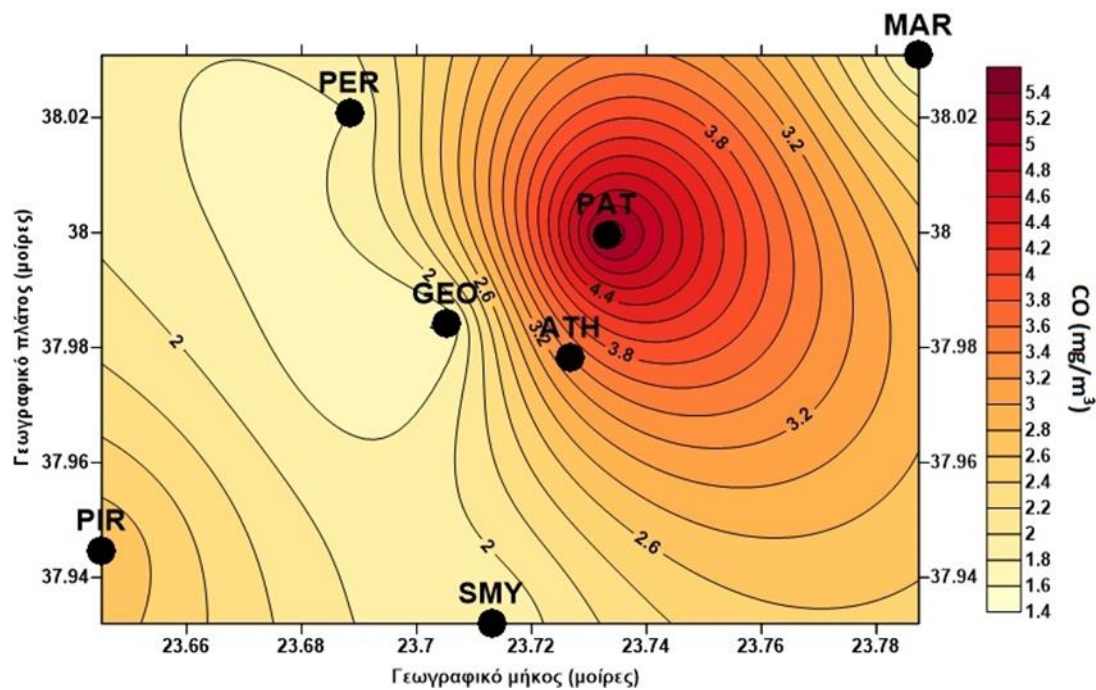
Διάγραμμα 27. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [CO] στο σταθμό Νέας Σμύρνης

Σχολιασμός: Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πτωτική πορεία των ημερών υπερβάσεων των ορίων του ρύπου Επίσης φαίνεται πως οι υπερβάσεις φτάνουν στο μέγιστο μέχρι το 2003 και 2001 στους πιο κεντρικούς σταθμούς , τον σταθμό Αθηνάς και τον σταθμό Πατησίων αντίστοιχα. Στην συνέχεια δεν υπάρχουν άλλες υπερβάσεις του ορίου. Σε αυτό συνέβαλε η κυκλοφορία των καταλυτικών αυτοκινήτων το 1990, καθώς επίσης και η διακοπή λειτουργίας του φωταερίου Αθηνών το 1985.

Διαγράμματα με την μέθοδο Kriging



Σχήμα 1. Μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις CO



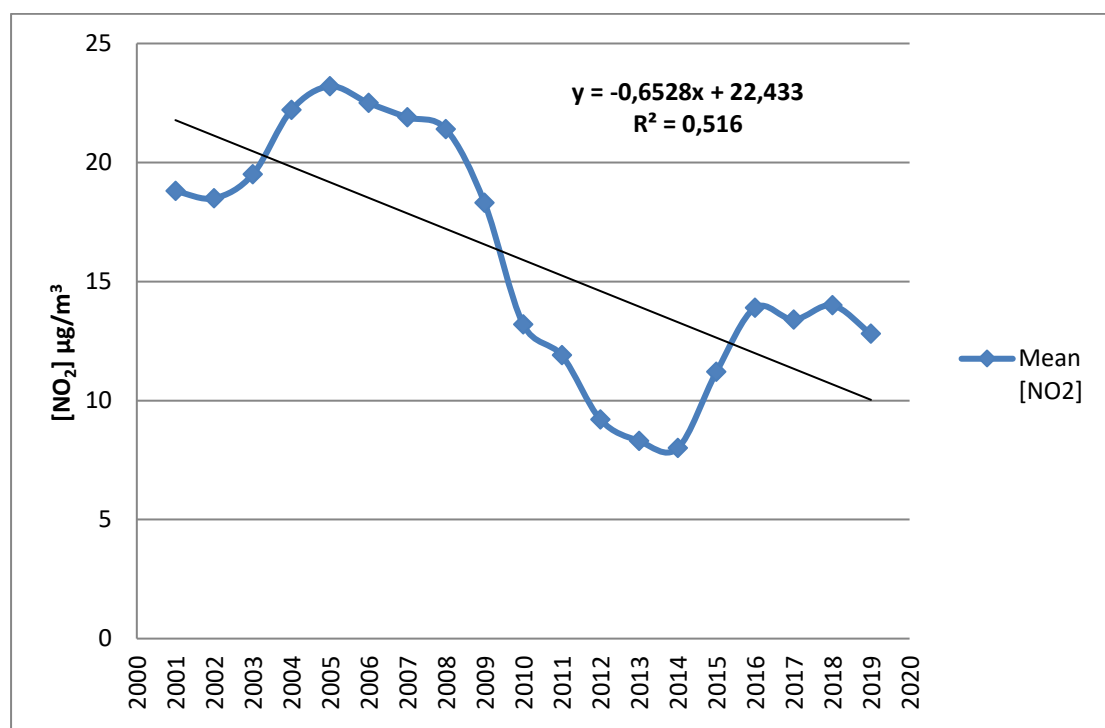
Σχήμα 2. Μέσες απολύτως μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις CO.

Σχολιασμός: Όπως φαίνεται και στα διαγράμματα χωρικής κατανομής του μονοξειδίου του άνθρακα, τα οποία δημιουργήθηκαν μέσω της μεθόδου kriging, στο

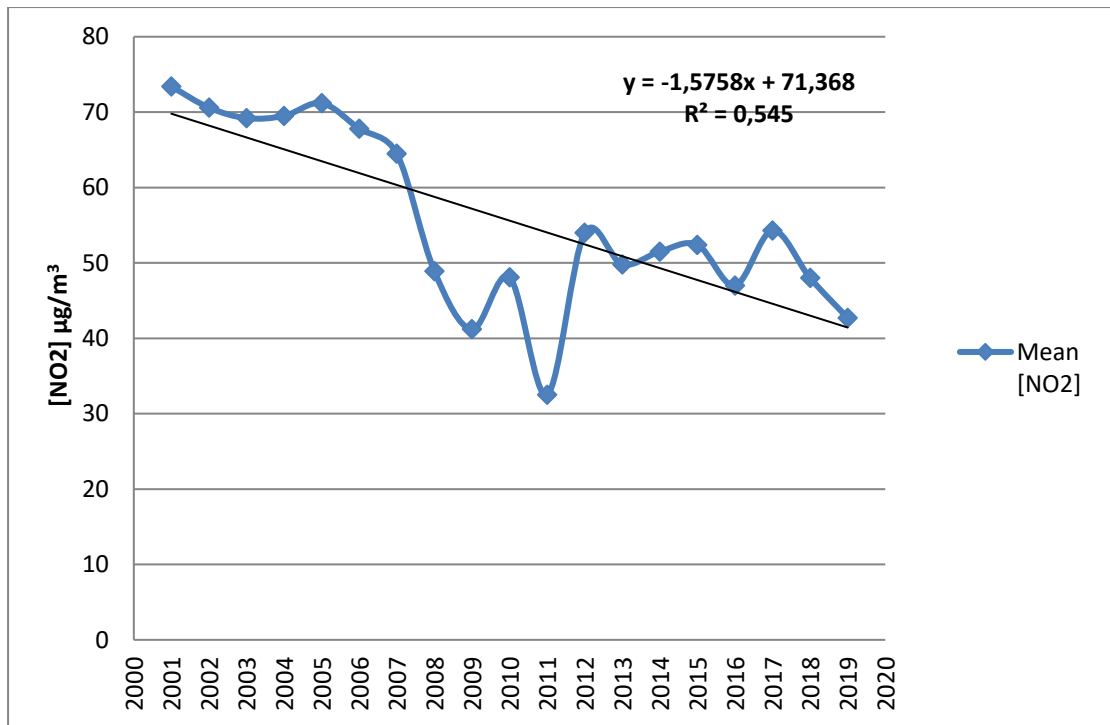
σταθμό Πατησίων συναντώνται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του CO με 5,4 mg/m³, με τους σταθμούς που βρίσκονται σε ίδιο γεωγραφικό μήκος και πλάτος (Αθηνάς και Γεωπονικής) να έχουν τις ακόλουθες μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Στους υπόλοιπους σταθμούς η διακύμανση του ρύπου κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.

6.2 Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

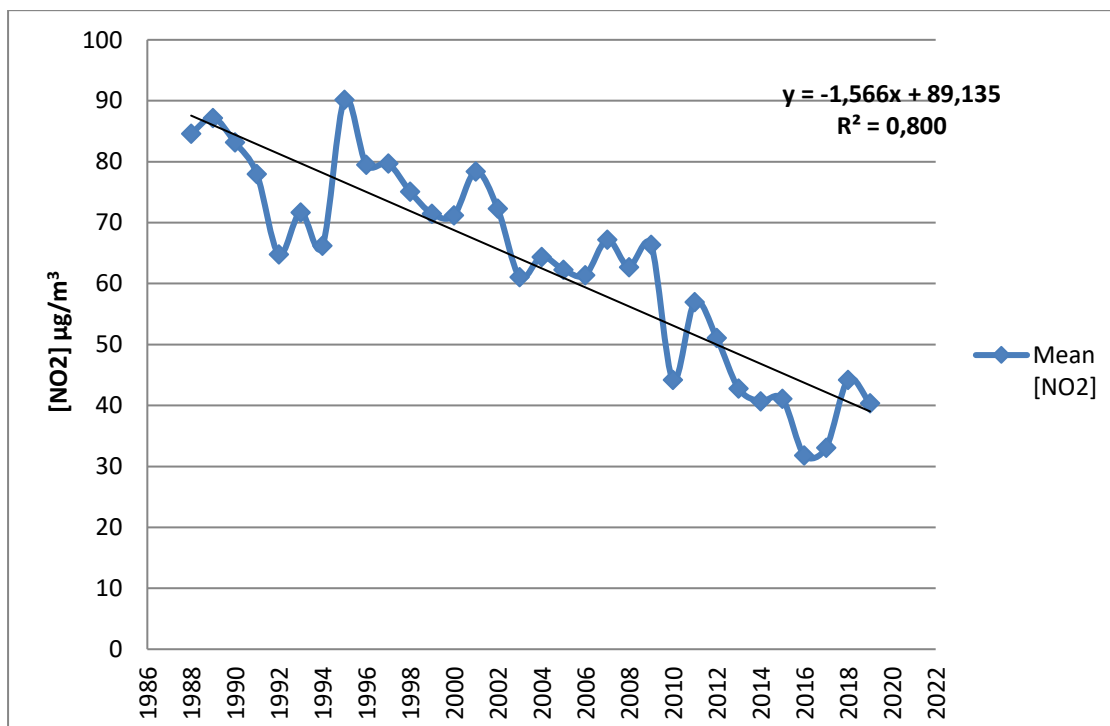
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Έτους/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά έτος σε κάθε σταθμό



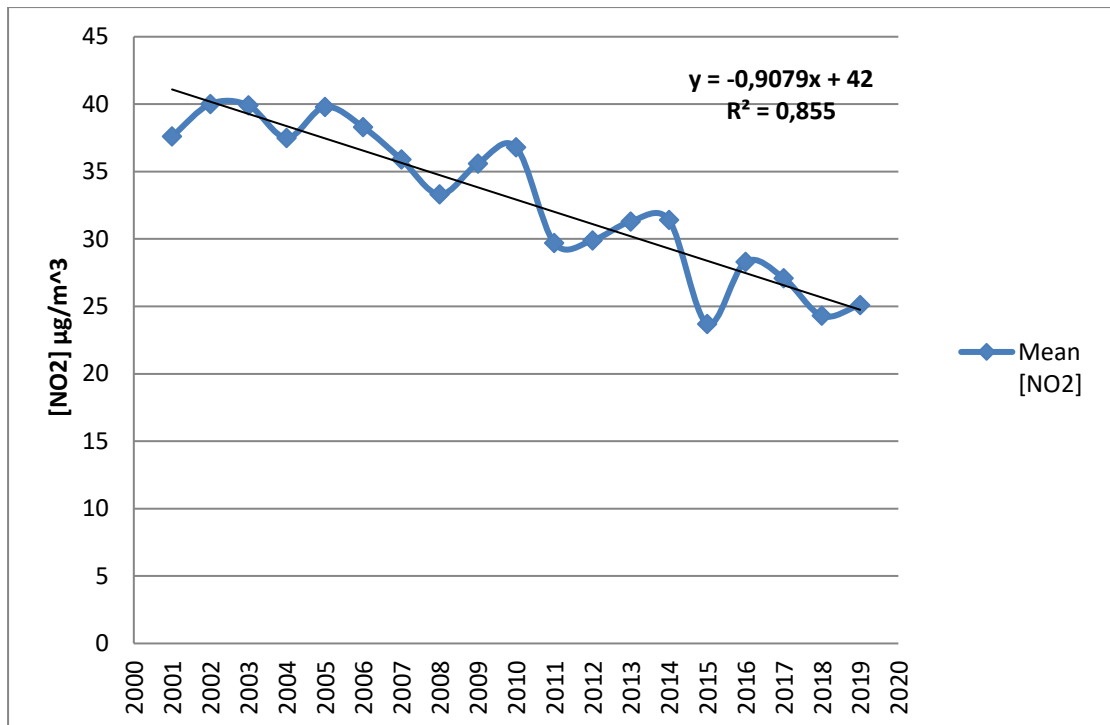
Διάγραμμα 28. Σταθμός Αγίας Παρασκευής-Ετήσια κλίμακα



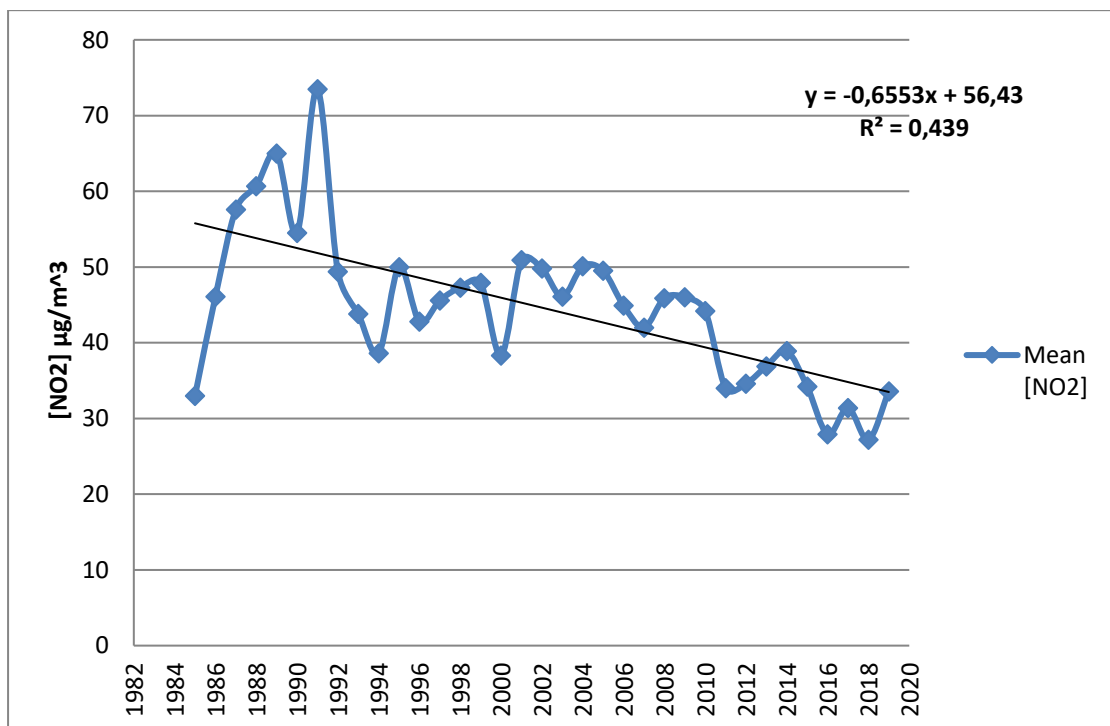
Διάγραμμα 29. Σταθμός Αριστοτέλους-Ετήσια κλίμακα



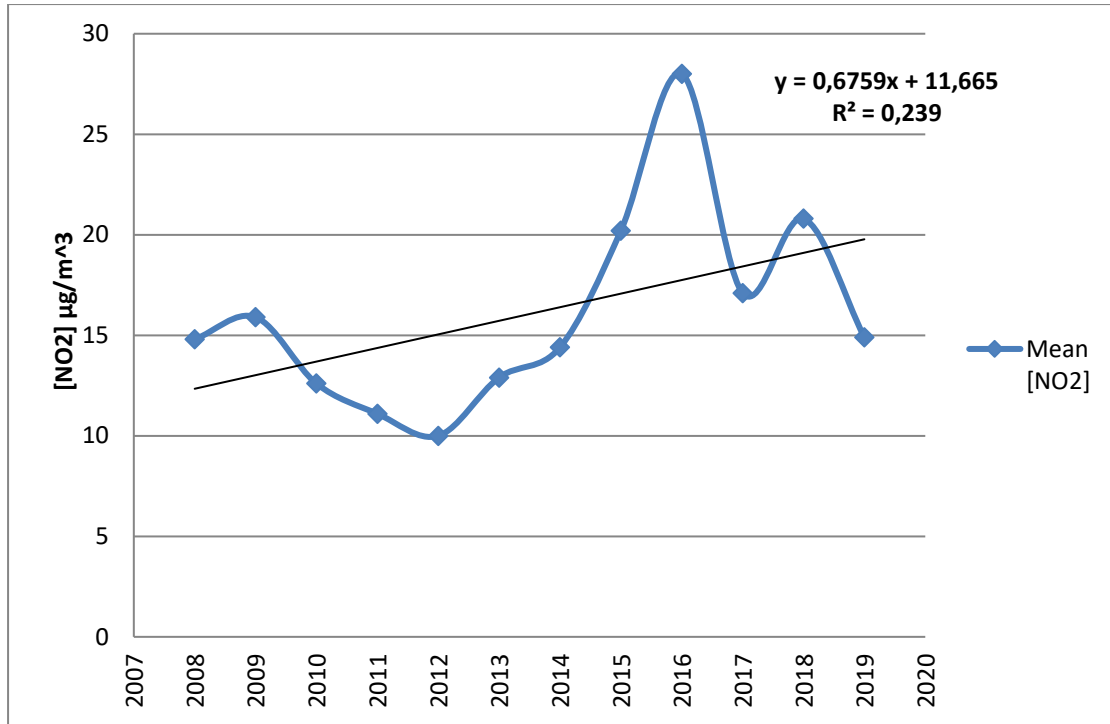
Διάγραμμα 30. Σταθμός Αθηνάς-Ετήσια κλίμακα



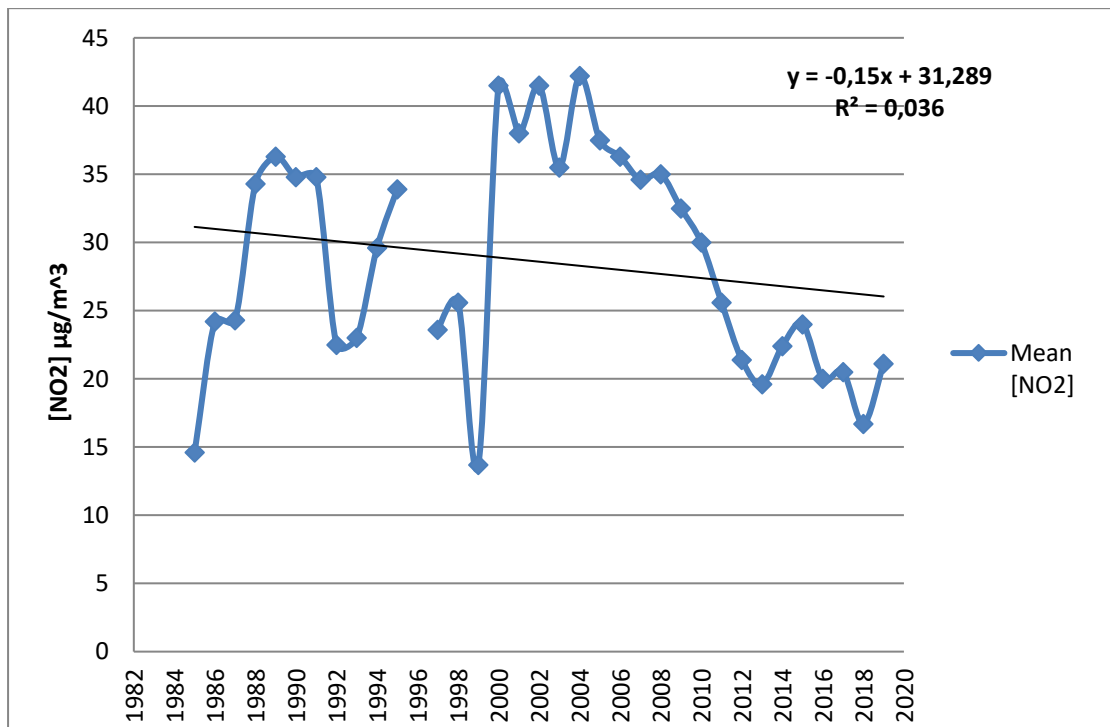
Διάγραμμα 31. Σταθμός Ελευσίνα-Ετήσια κλίμακα



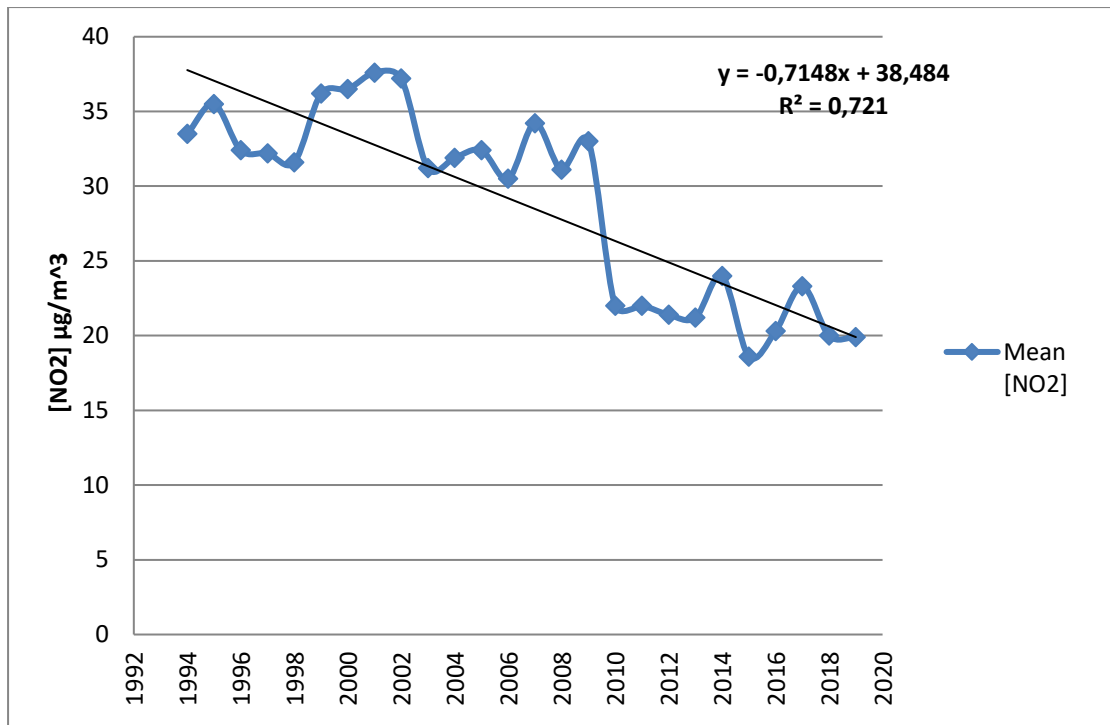
Διάγραμμα 32. Σταθμός Γεωπονική-Ετήσια κλίμακα



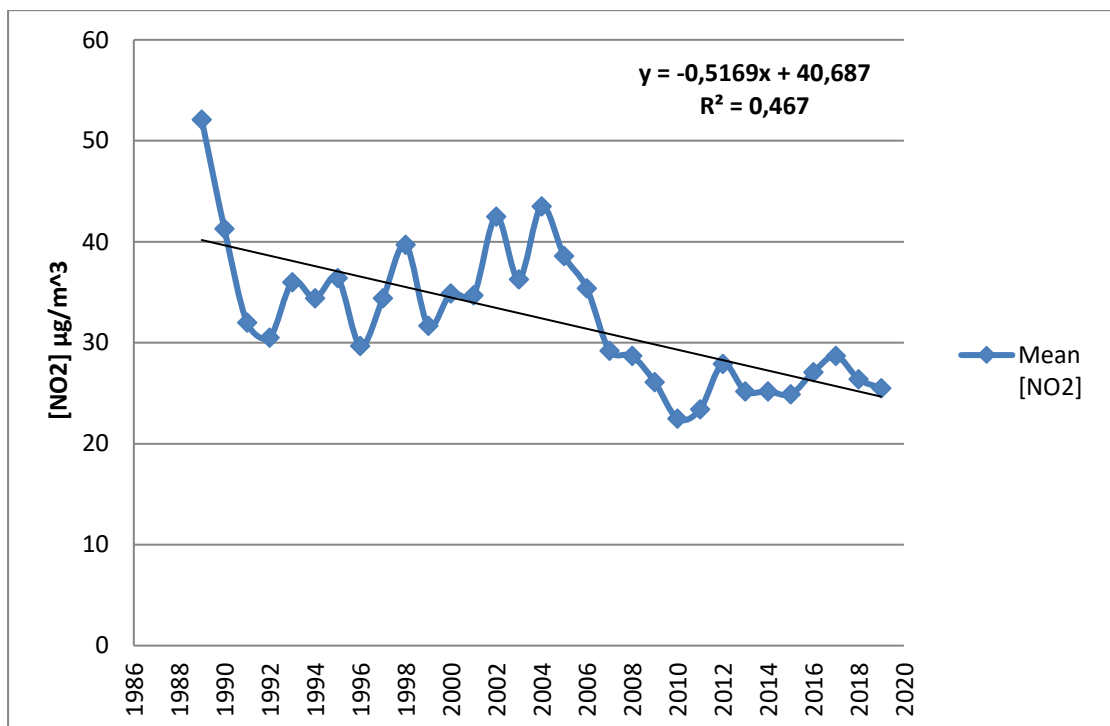
Διάγραμμα 33. Σταθμός Κορωπί-Ετήσια κλίμακα



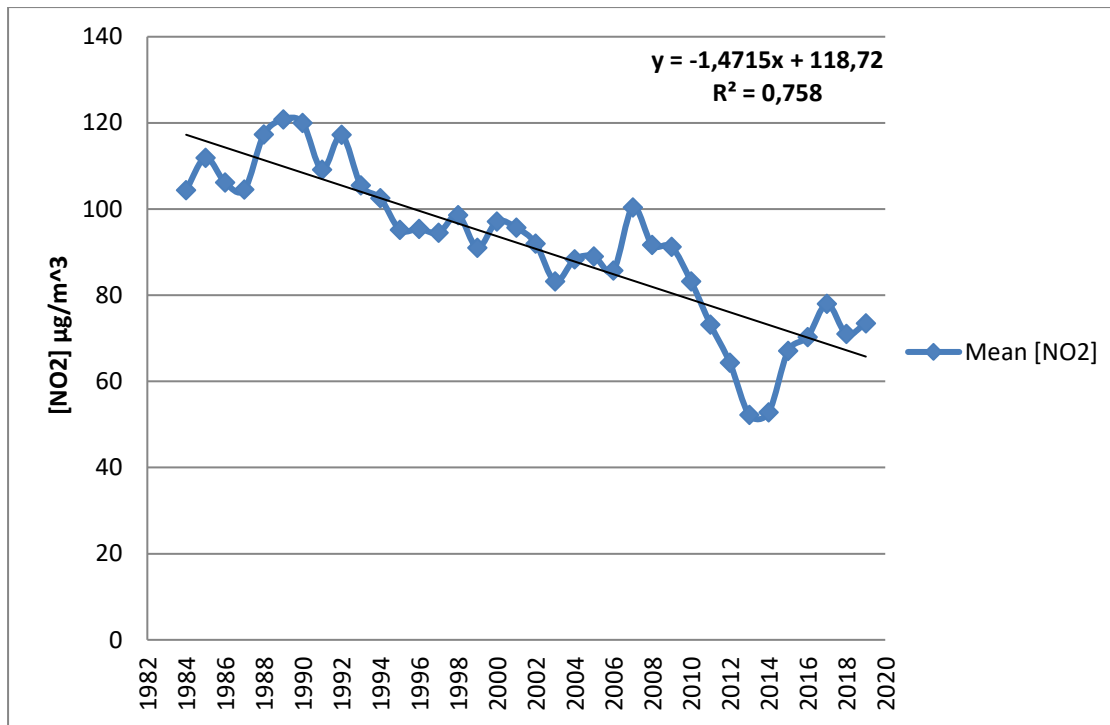
Διάγραμμα 34. Σταθμός Λιόσια-Ετήσια κλίμακα



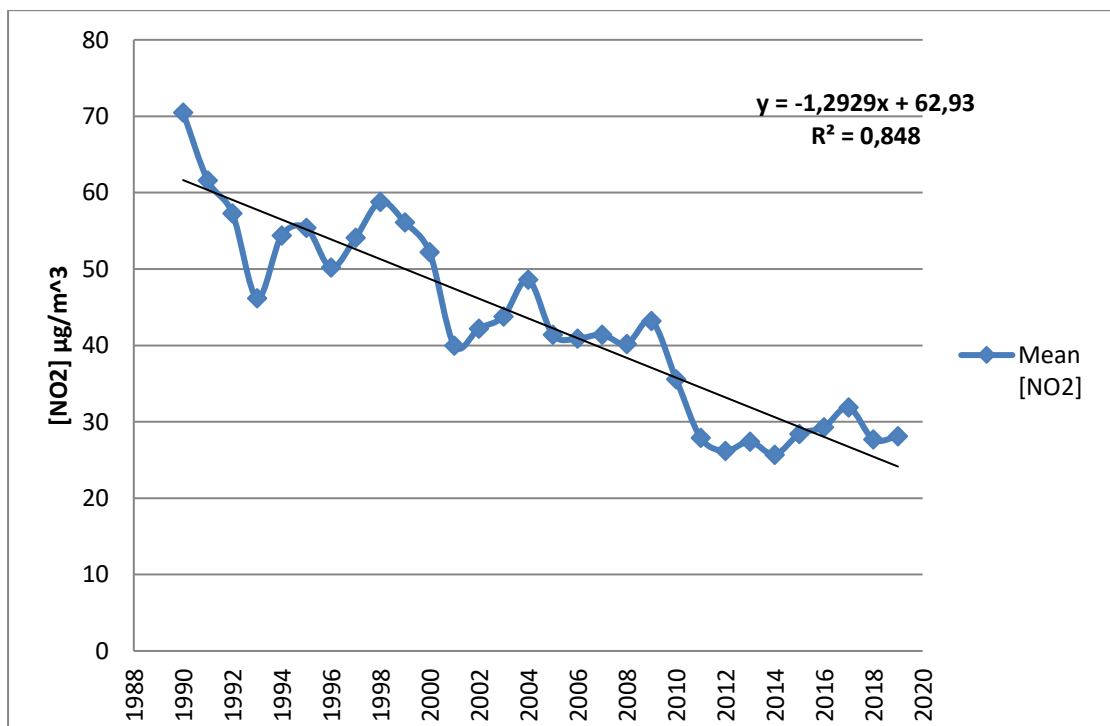
Διάγραμμα 35. Σταθμός Λυκόβρυση-Ετήσια κλίμακα



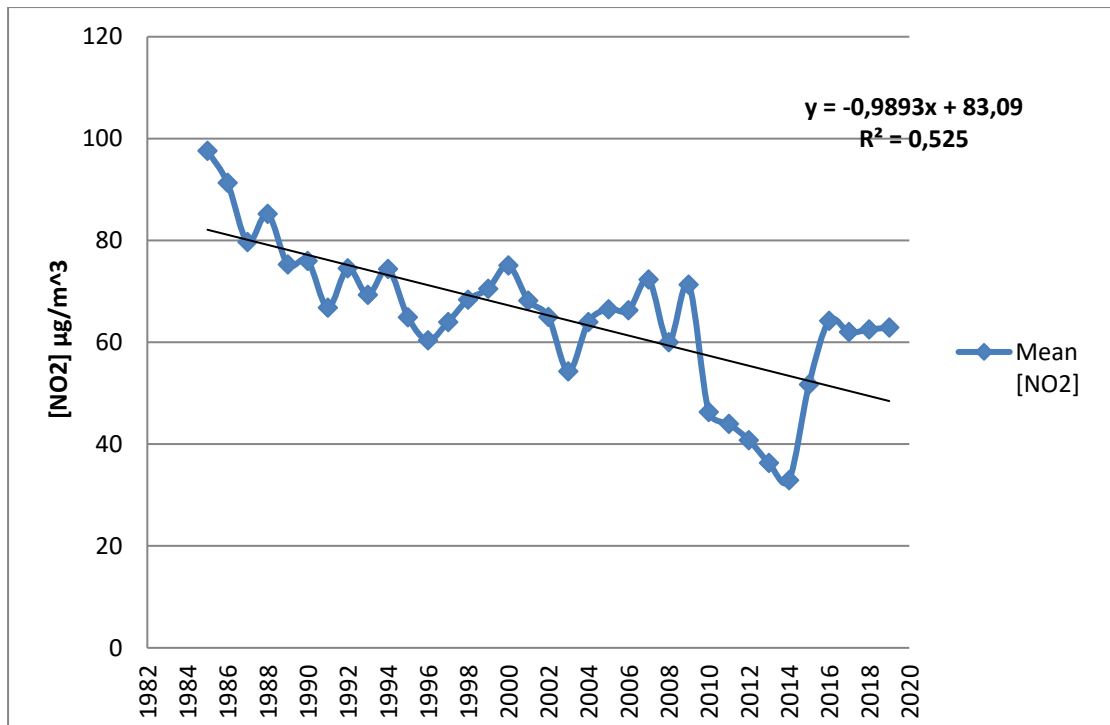
Διάγραμμα 36. Σταθμός Μαρούσι-Ετήσια κλίμακα



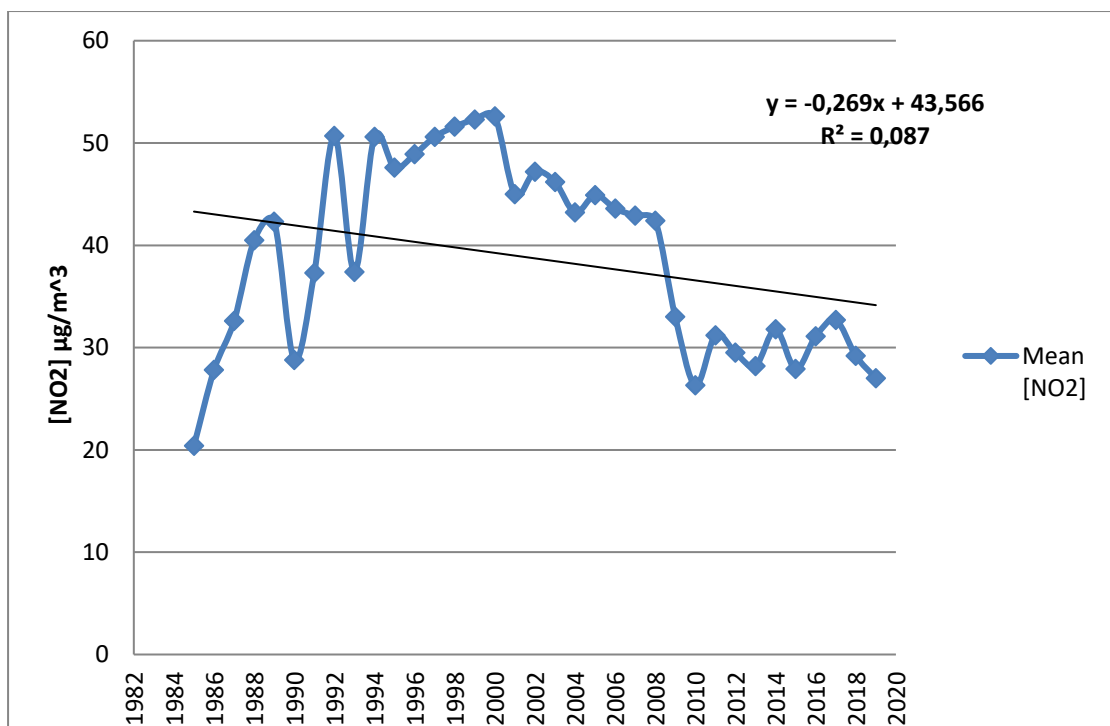
Διάγραμμα 37. Σταθμός Πατησίων-Ετήσια κλίμακα

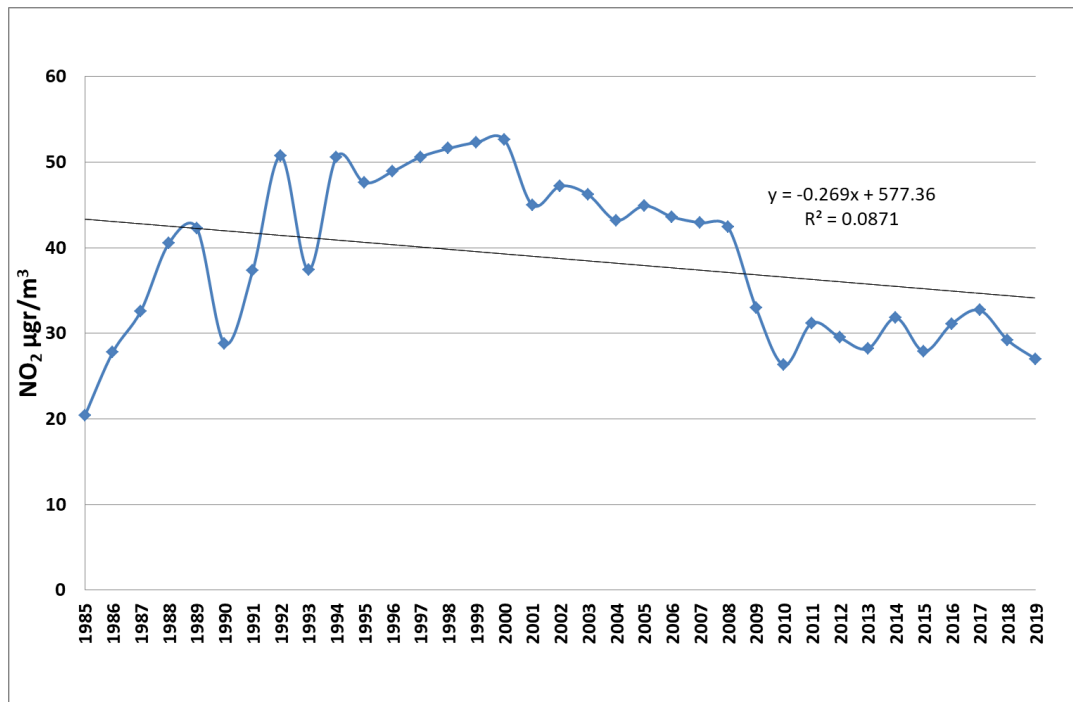


Διάγραμμα 38. Σταθμός Περιστερι-Ετήσια κλίμακα

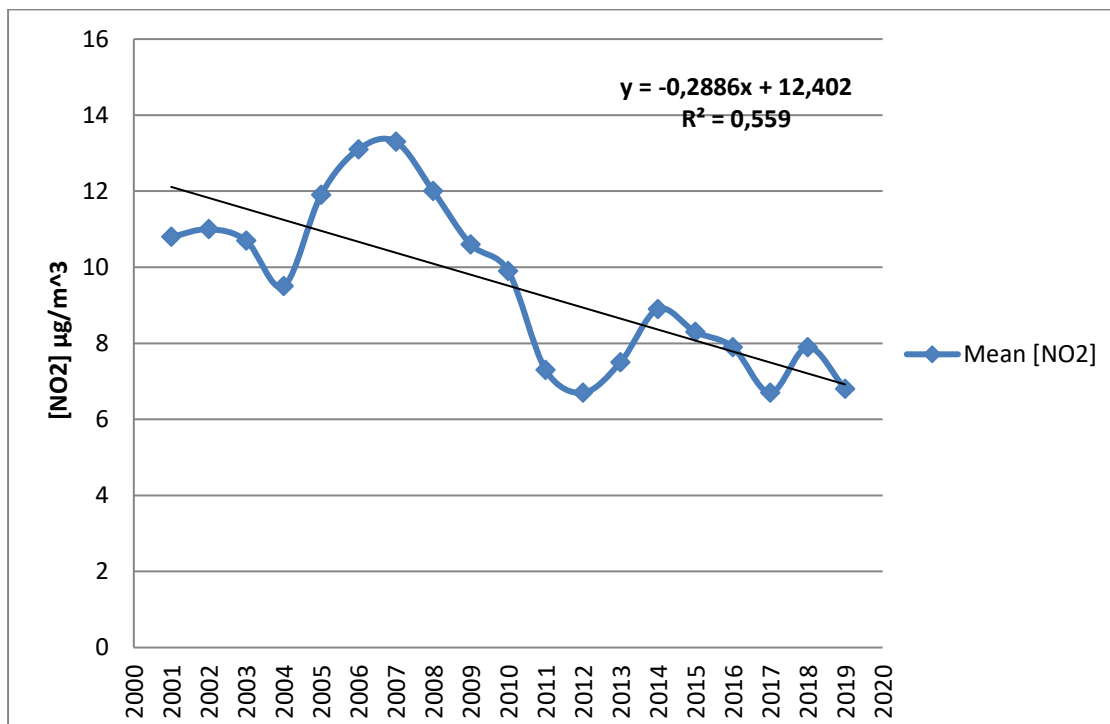


Διάγραμμα 39. Σταθμός Πειραιάς-Ετήσια κλίμακα





Διάγραμμα 40. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Ετήσια κλίμακα



Διάγραμμα 41. Σταθμός Θρακομακεδόνες-Ετήσια κλίμακα

Σχολιασμός: Όλα τα διαγράμματα της διαχρονικής εξέλιξης των συγκεντρώσεων του ρύπου NO₂ σε κάθε σταθμό εμφανίζουν πτωτική πορεία από την αρχή των

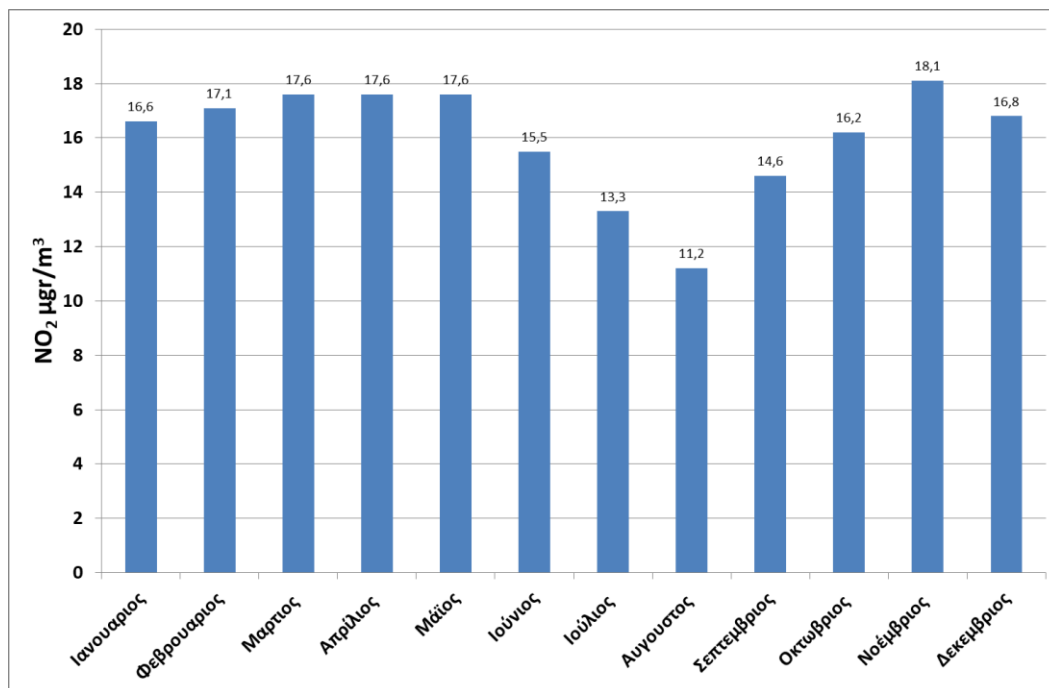
μετρήσεων έως και το τελευταίο έτος. Όμως σε αυτή την πτωτική πορεία παρατηρούνται διακυμάνσεις οι οποίες μπορούν να οφείλονται σε ρύπους από τα ΙΧ και λιγότερο σε εργοστάσια καθώς εφαρμόστηκαν μέτρα αντιρύπανσης και μειώθηκαν σταδιακά οι συγκεντρώσεις του ρύπου. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεγάλη πτώση παρατηρείται κατά τα έτη 2009-2012 όπου υπήρξε η οικονομική κρίση.

Πιο αναλυτικά:

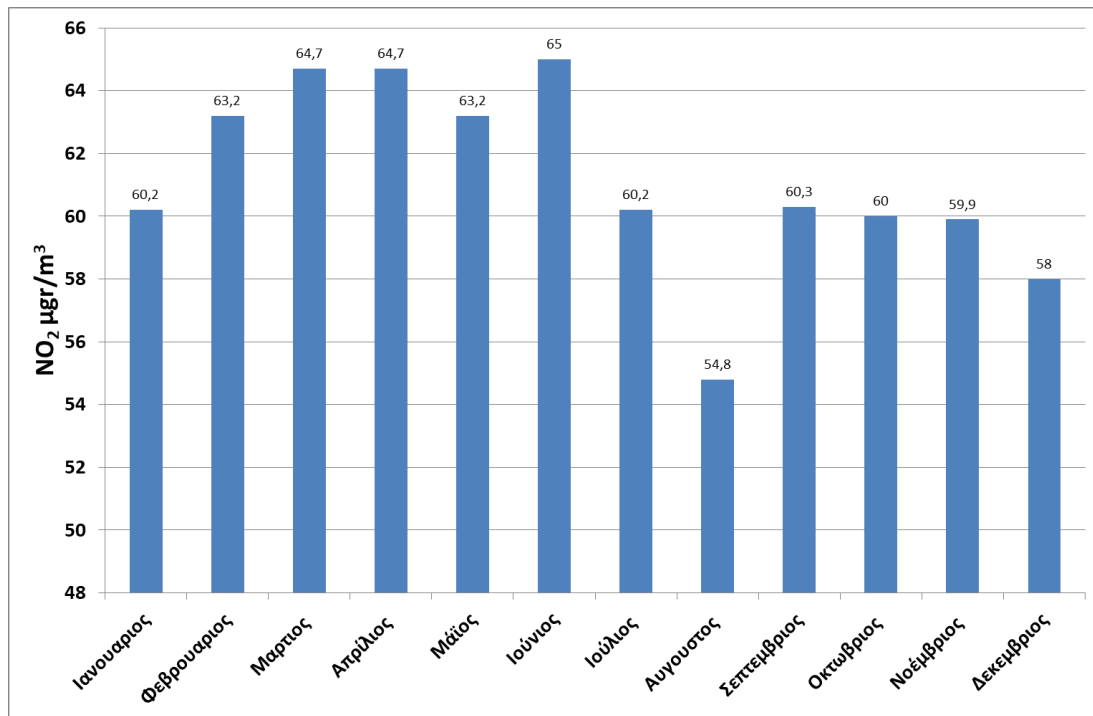
1. Σταθμός Αγίας Παρασκευής: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,51$, το οποίο περιγράφει το 51% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις.
2. Σταθμός Αριστοτέλους: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,54$, το οποίο περιγράφει το 54% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις.
3. Σταθμός Αθηνάς: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,80$, το οποίο περιγράφει το 80% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
4. Σταθμός Ελευσίνα : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,85$, το οποίο περιγράφει το 85% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
5. Σταθμός Γεωπονική : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,43$, το οποίο περιγράφει το 43% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις.
6. Σταθμός Κορωπί : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,23$, το οποίο περιγράφει το 23% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί χαμηλή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
7. Σταθμός Λιόσια : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,03$, το οποίο περιγράφει το 3% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί πολύ χαμηλή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
8. Σταθμός Λυκόβρυση : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,72$, το οποίο περιγράφει το 72% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί σχετικά καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
9. Σταθμός Μαρούσι : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,46$, το οποίο περιγράφει το 46% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις.
10. Σταθμός Πατησίων : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,75$, το οποίο περιγράφει το 75% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί σχετικά καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
11. Σταθμός Περιστερί : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,84$, το οποίο περιγράφει το 84% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
12. Σταθμός Πειραιάς : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,52$, το οποίο περιγράφει το 52% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις.

13. Σταθμός Νέα Σμύρνη : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,08$, το οποίο περιγράφει το 8% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί κακή αξιοπιστία στις μετρήσεις.
14. Σταθμός Θρακομακεδόνες : εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,55$, το οποίο περιγράφει το 55% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις.

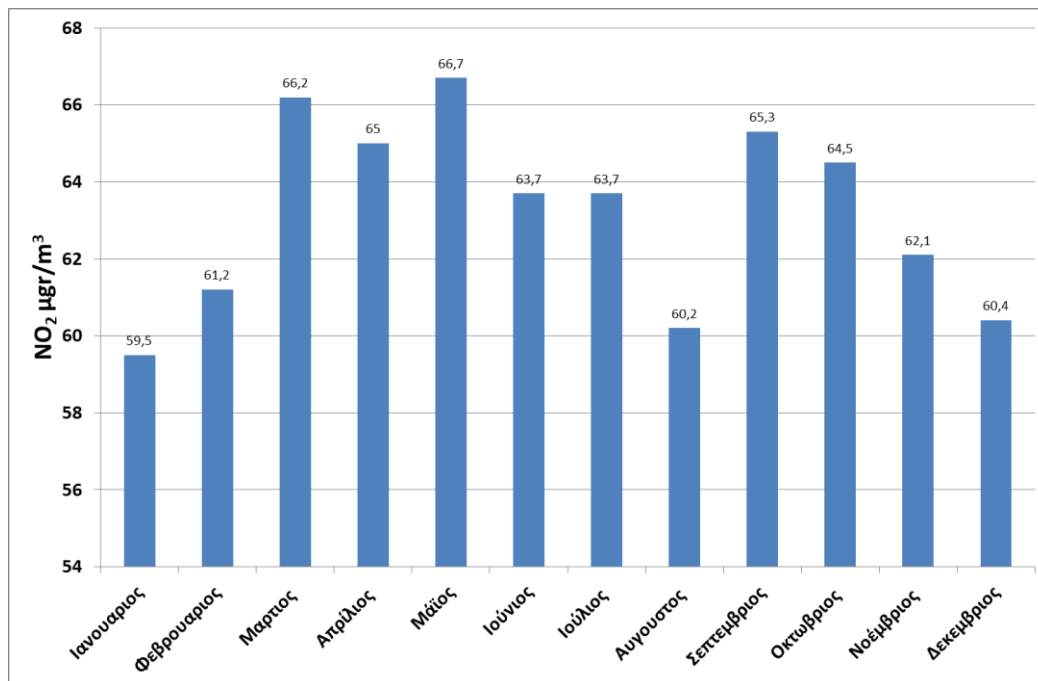
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Μήνα/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά μήνα σε κάθε σταθμό($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



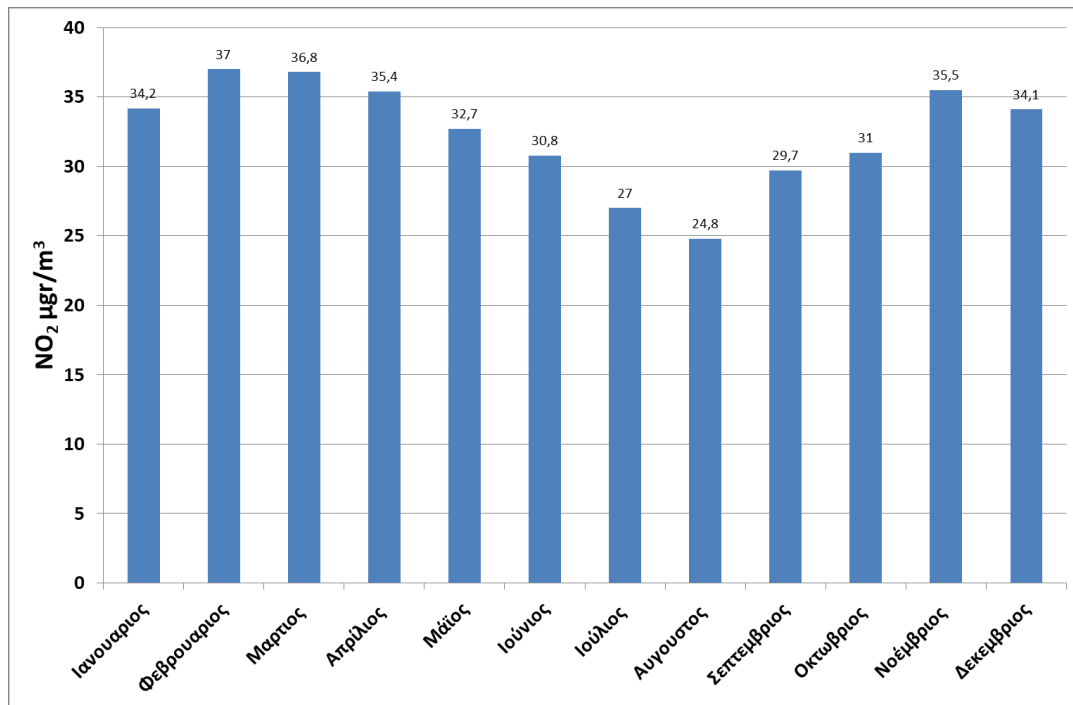
Διάγραμμα 42. Σταθμός Αγία Παρασκευή-Μηνιαία κλίμακα



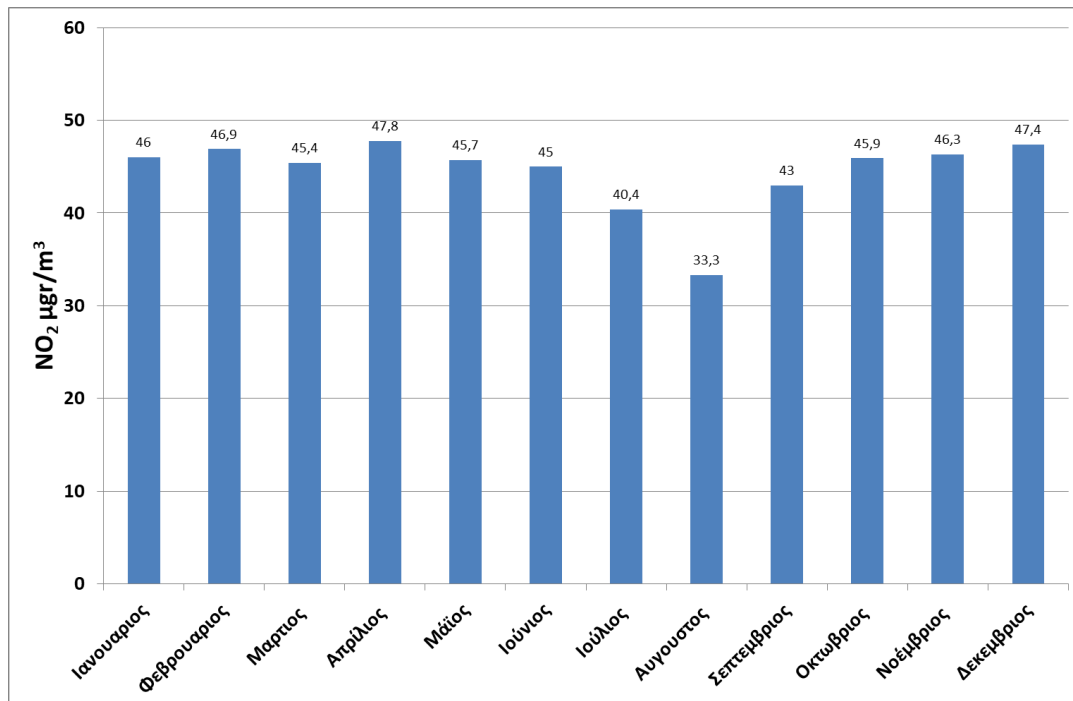
Διάγραμμα 43. Σταθμός Αριστοτέλους-Μηνιαία κλίμακα



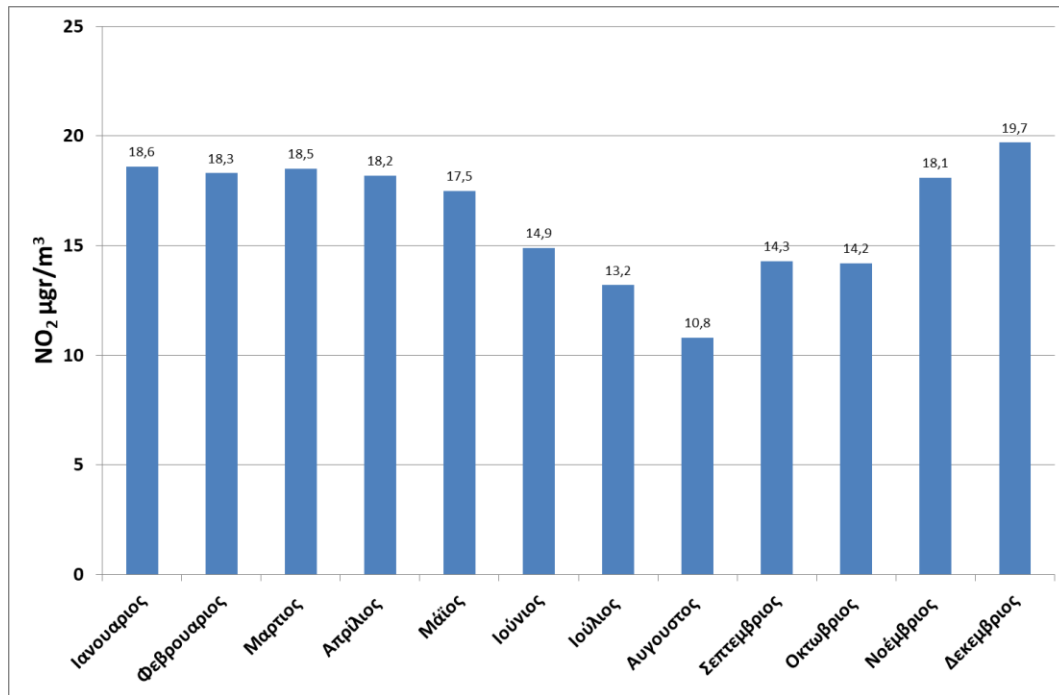
Διάγραμμα 44. Σταθμός Αθηνάς-Μηνιαία κλίμακα



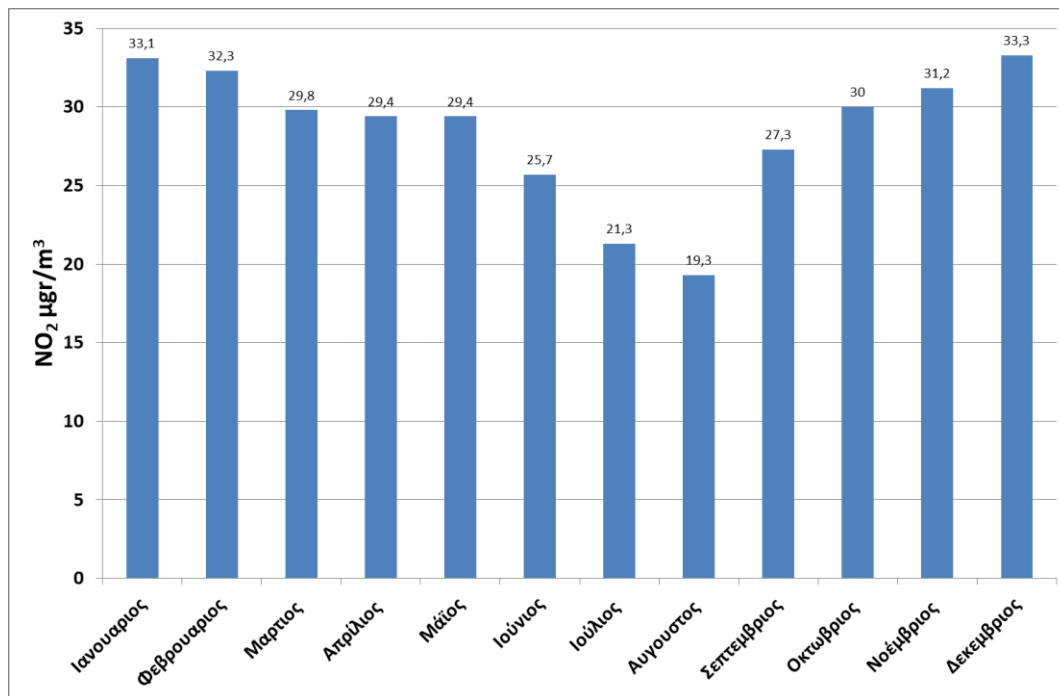
Διάγραμμα 45. Σταθμός Ελευσίνα-Μηνιαία κλίμακα



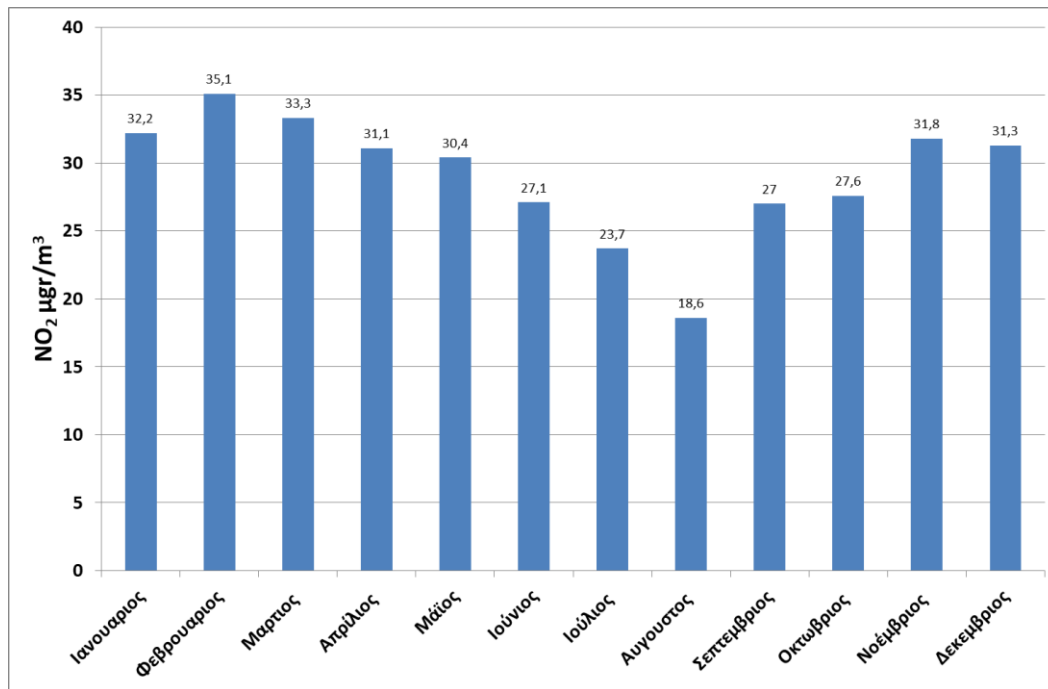
Διάγραμμα 46. Σταθμός Γεωπονική-Μηνιαία κλίμακα



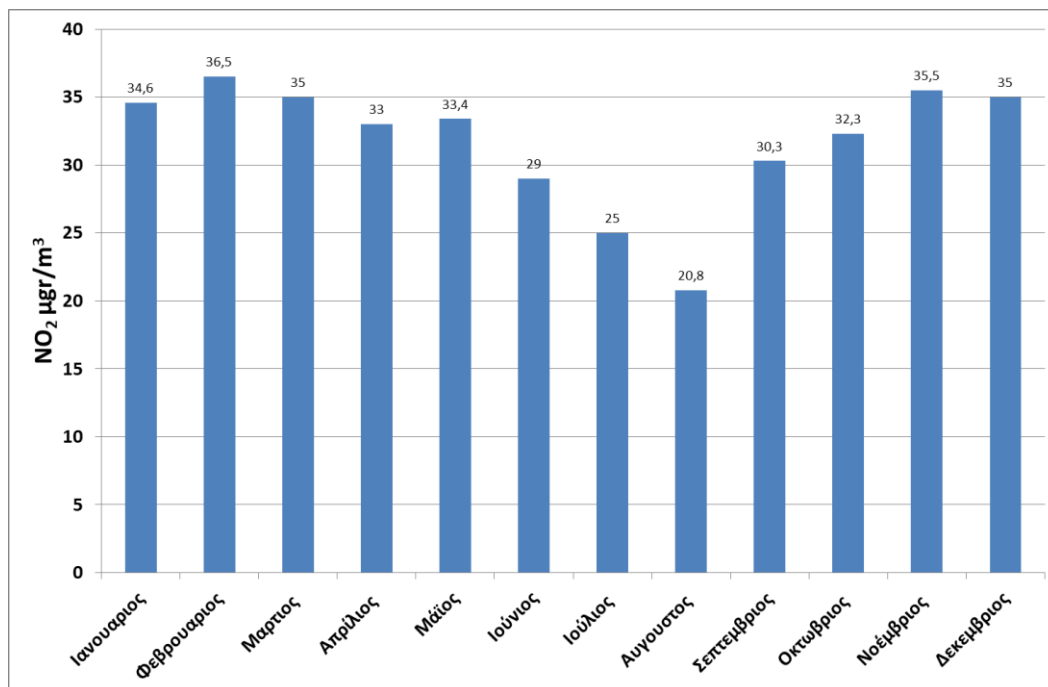
Διάγραμμα 47. Σταθμός Κορωπί-Μηνιαία κλίμακα



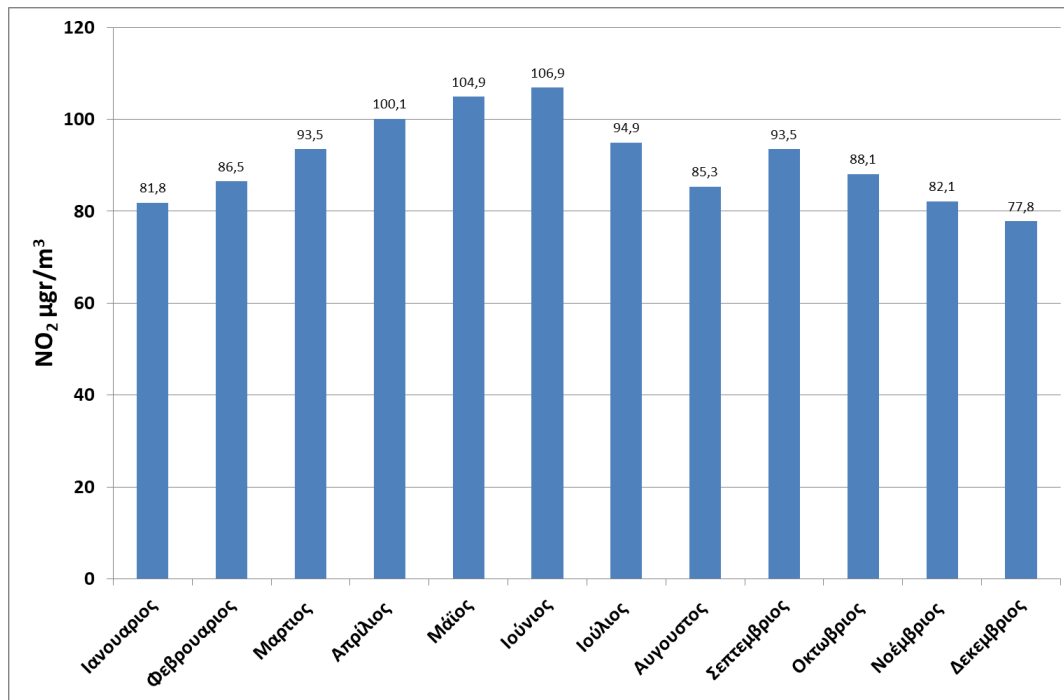
Διάγραμμα 48. Σταθμός Λιόσια-Μηνιαία κλίμακα



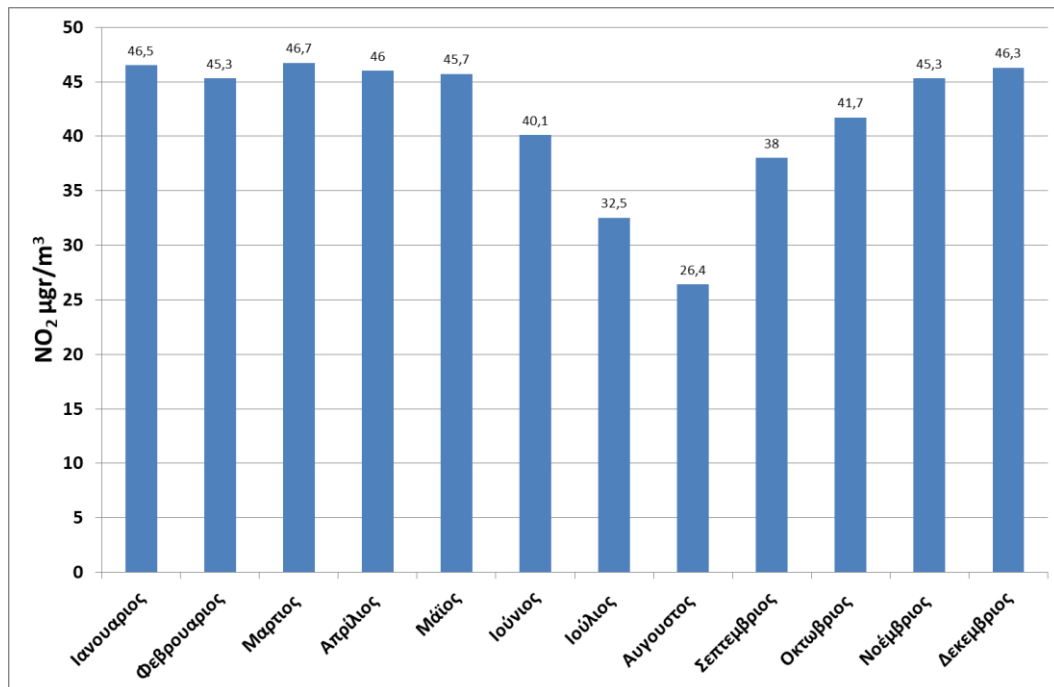
Διάγραμμα 49. Σταθμός Λυκόβρυση-Μηνιαία κλίμακα



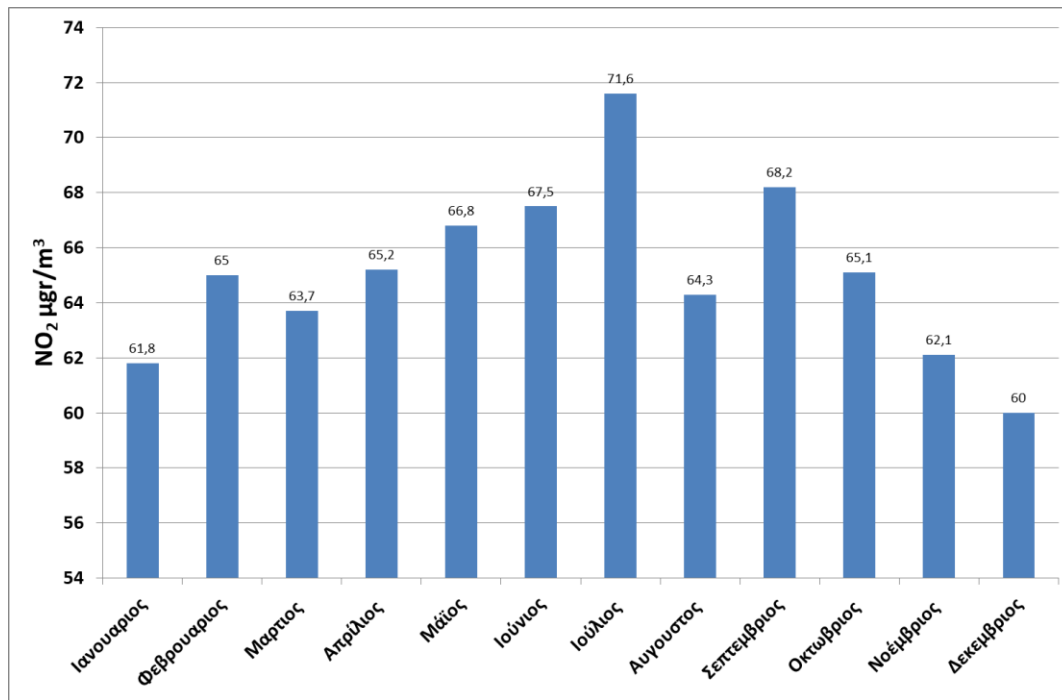
Διάγραμμα 50. Σταθμός Μαρούσι-Μηνιαία κλίμακα



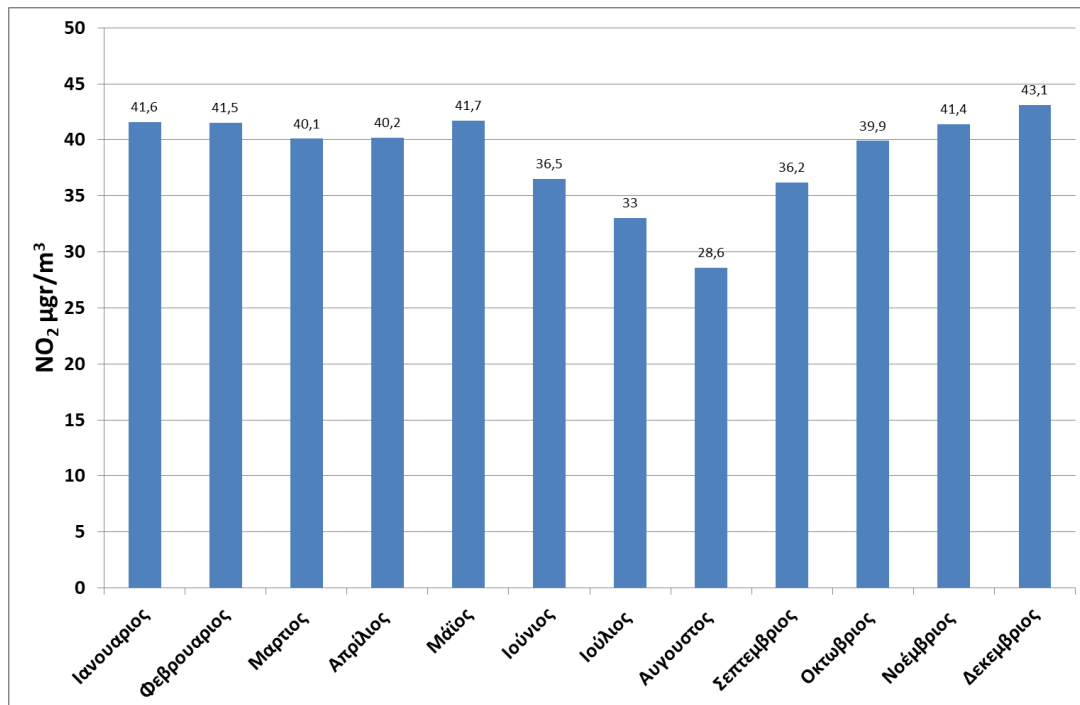
Διάγραμμα 51. Σταθμός Πατησίων-Μηνιαία κλίμακα



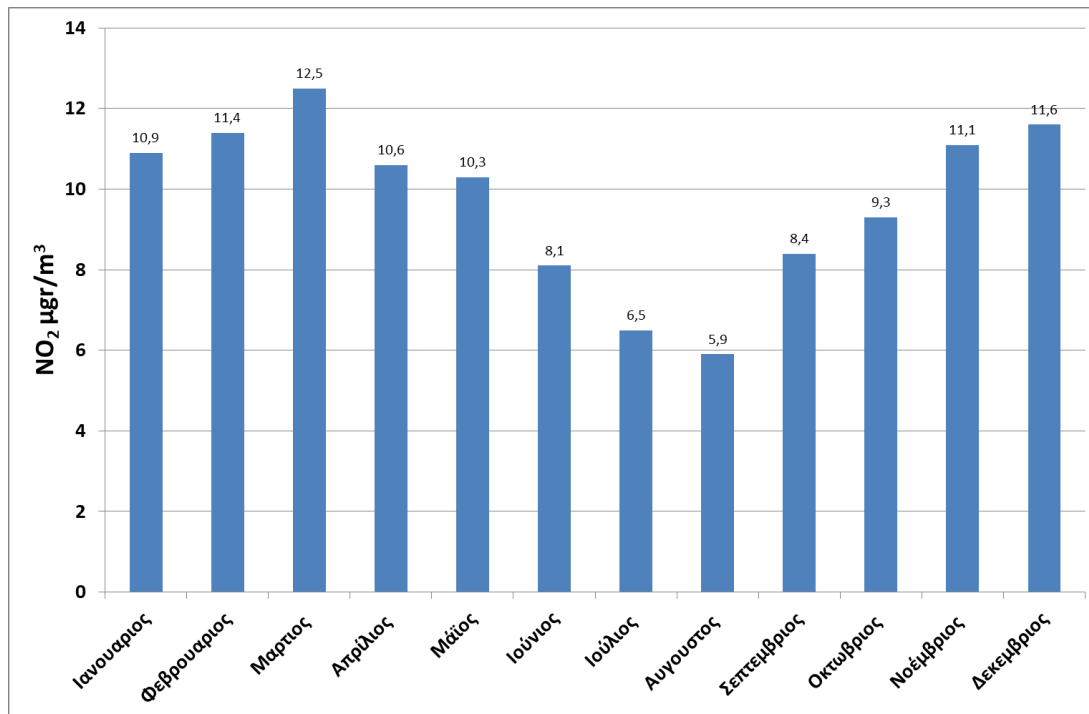
Διάγραμμα 52. Σταθμός Περιστερι-Μηνιαία κλίμακα



Διάγραμμα 53. Σταθμός Πειραιά-Μηνιαία κλίμακα



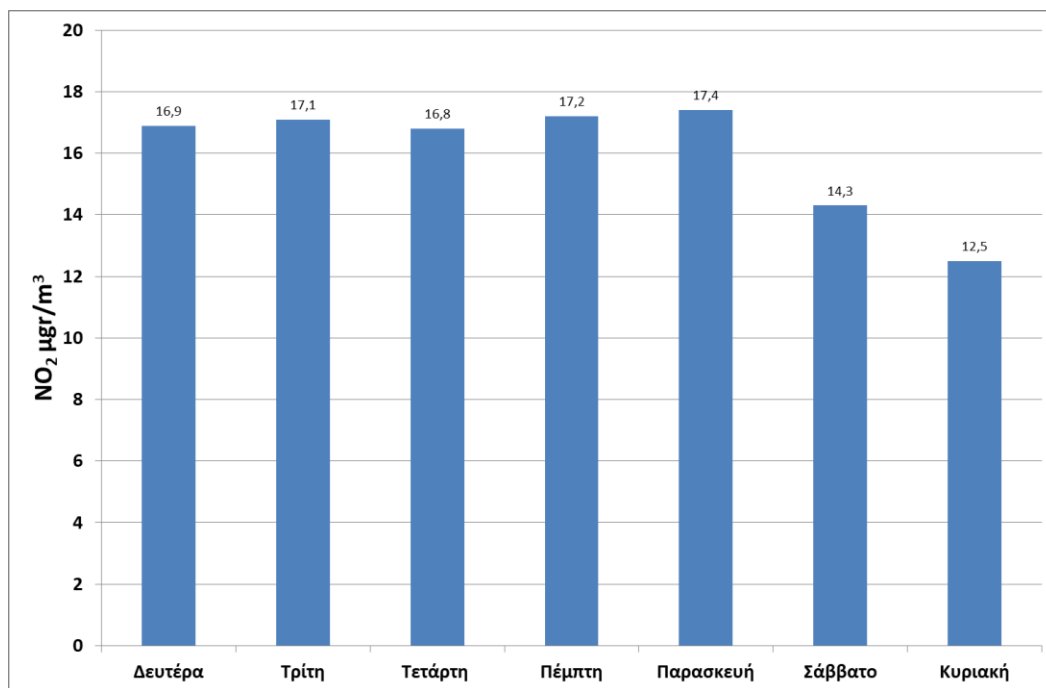
Διάγραμμα 54. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Μηνιαία κλίμακα



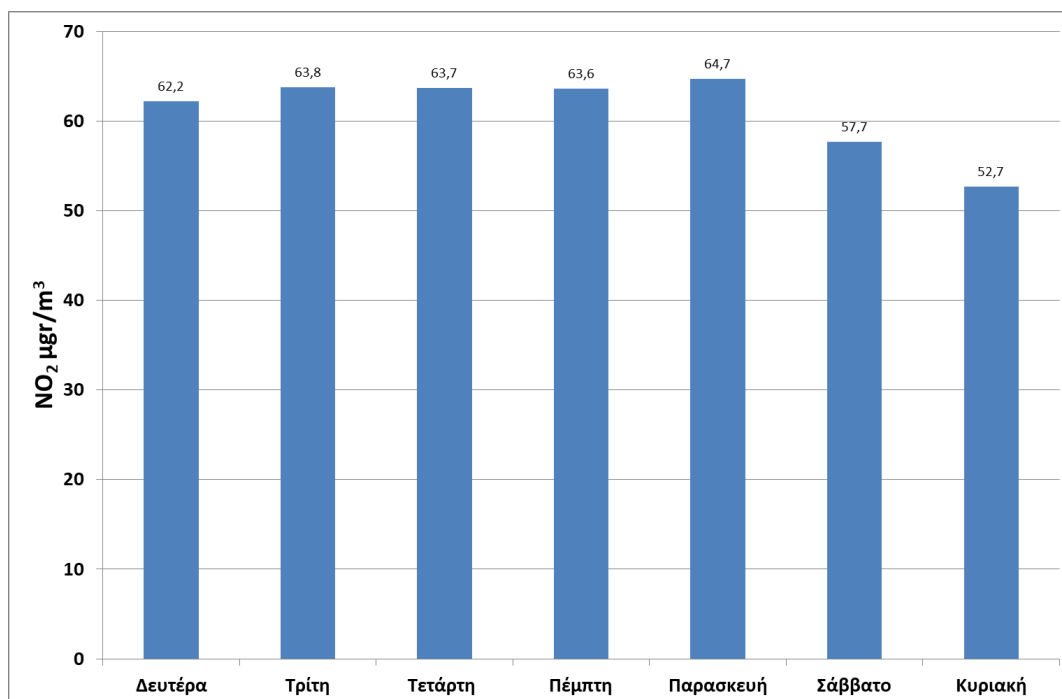
Διάγραμμα 55. Σταθμός Θρακομακεδώνες-Μηνιαία κλίμακα

Σχολιασμός: Από τα παραπάνω διαγράμματα εξάγεται το συμπέρασμα πως και αυτός ο ρύπος εμφανίζει εποχικότητα, με τα μέγιστα του να εμφανίζονται την άνοιξη και το φθινόπωρο, ενώ το καλοκαίρι και τον χειμώνα εμφανίζονται τα ελάχιστα των συγκεντρώσεων. Εξάιρεση σε όλα αυτά αποτελεί ο Πειραιάς καθώς το μέγιστο της συγκέντρωσης του NO₂ εμφανίζεται το καλοκαίρι. Αυτό εξηγείται γιατί η περιοχή έχει τη μεγαλύτερη κινητικότητα λόγω του λιμανιού και του κόσμου ο οποίος βρίσκεται εκεί για να ταξιδέψει. Γενικά πάντως διαπιστώνεται ότι οι μήνες με την μεγαλύτερη μείωση της συγκέντρωσης του ρύπου είναι ο Ιούλιος και πιο πολύ ο Αύγουστος λόγω της αποσυμφόρησης των αστικών κέντρων, με εξαίρεση τον Πειραιά, ο οποίος είναι κέντρο διερχομένων ταξιδιωτών για όλο το καλοκαίρι. Παρόλα αυτά επειδή το NO₂ είναι ο πρωτεύων ρύπος που μαζί με την ηλιακή ακτινοβολία συμβάλει στην παραγωγή όζοντος χρειάζεται να παραμένει πάντα σε χαμηλά επίπεδα.

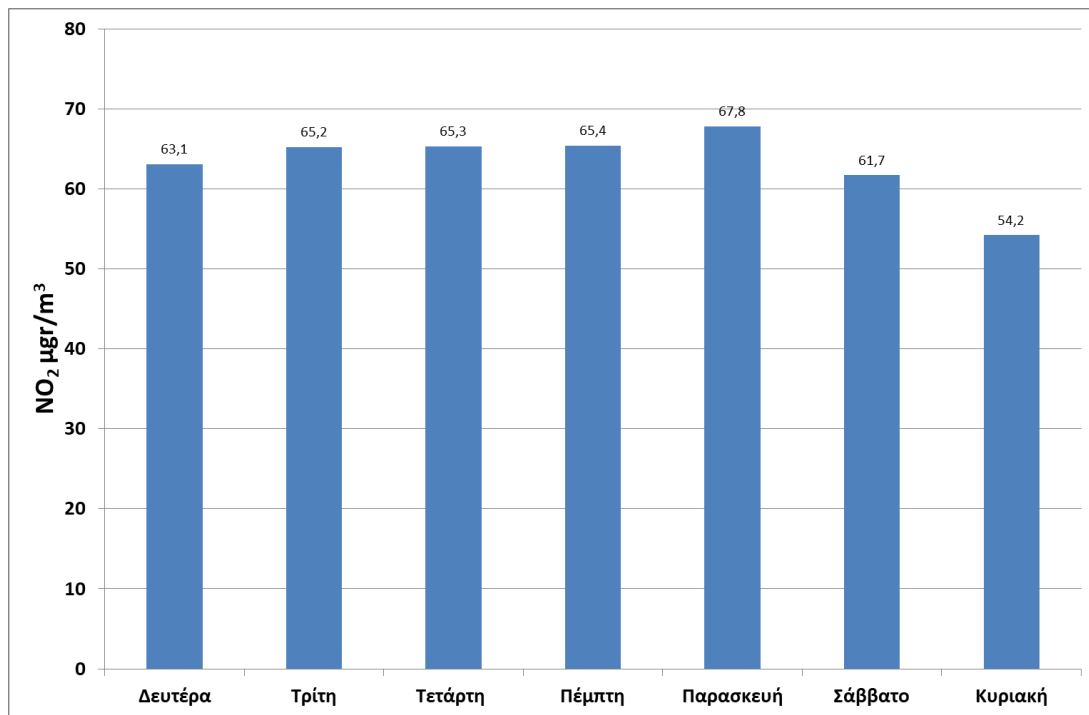
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Ημέρας/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά ημέρα σε κάθε σταθμό(μg/m³)



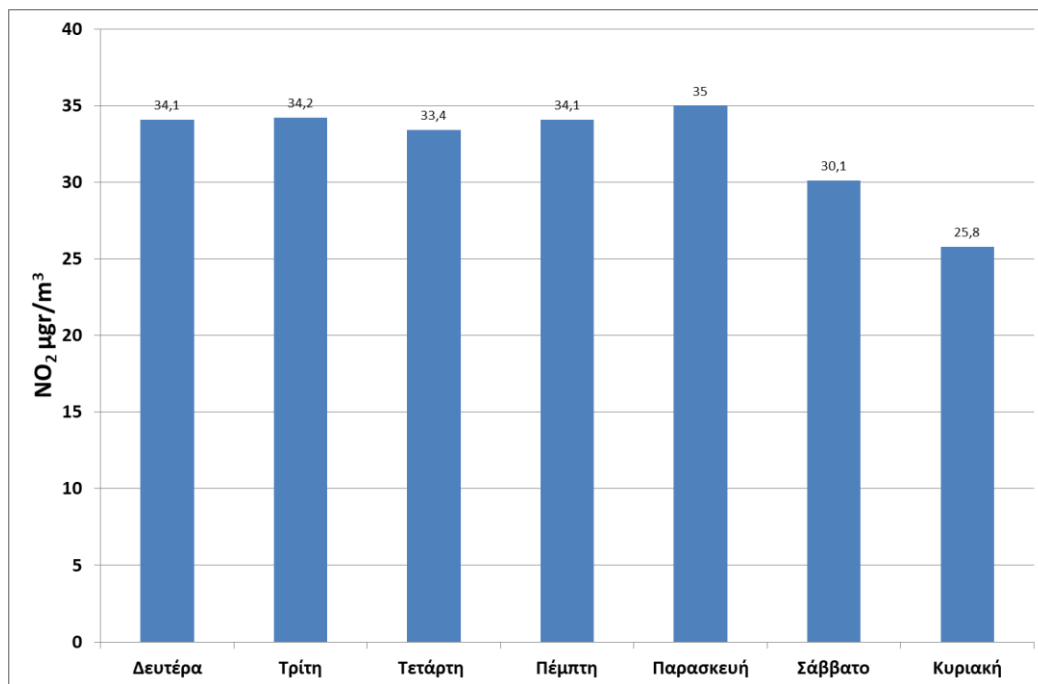
Διάγραμμα 56. Σταθμός Αγία παρασκευή-Ημερήσια κλίμακα



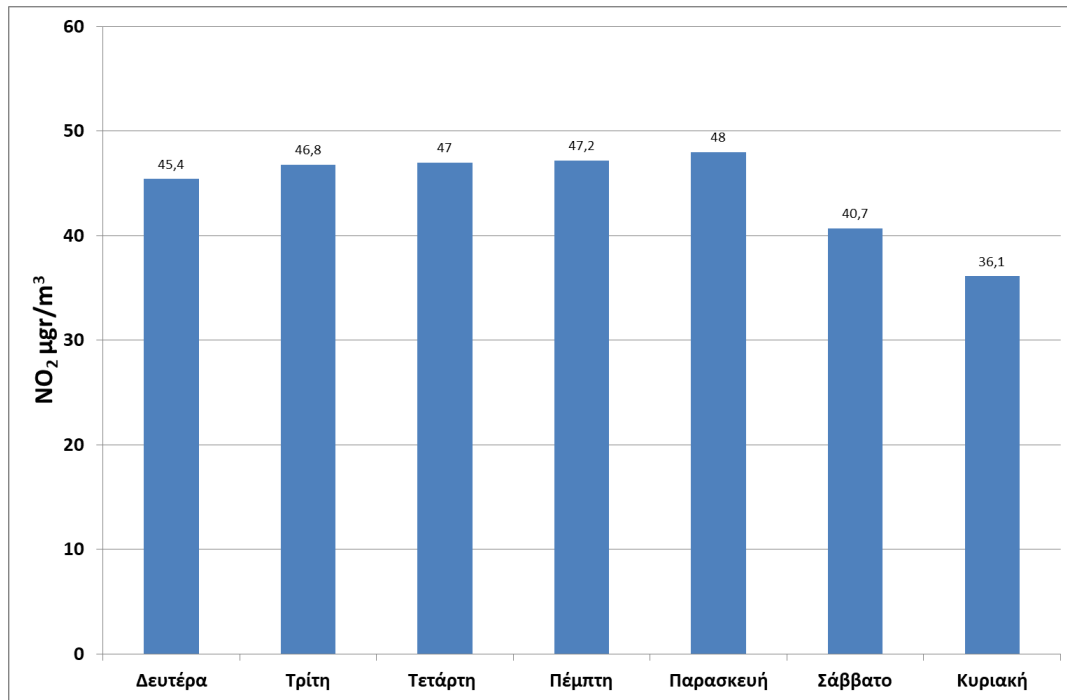
Διάγραμμα 57. Σταθμός Αριστοτέλους-Ημερήσια κλίμακα



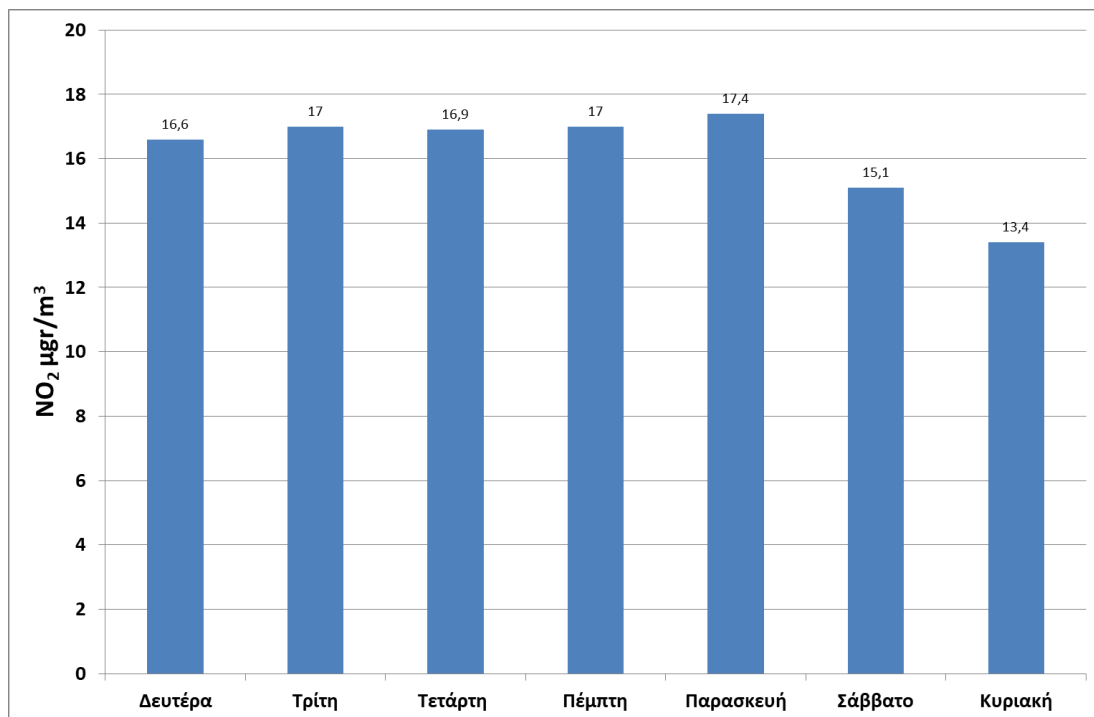
Διάγραμμα 58. Σταθμός Αθηνάς-Ημερήσια κλίμακα



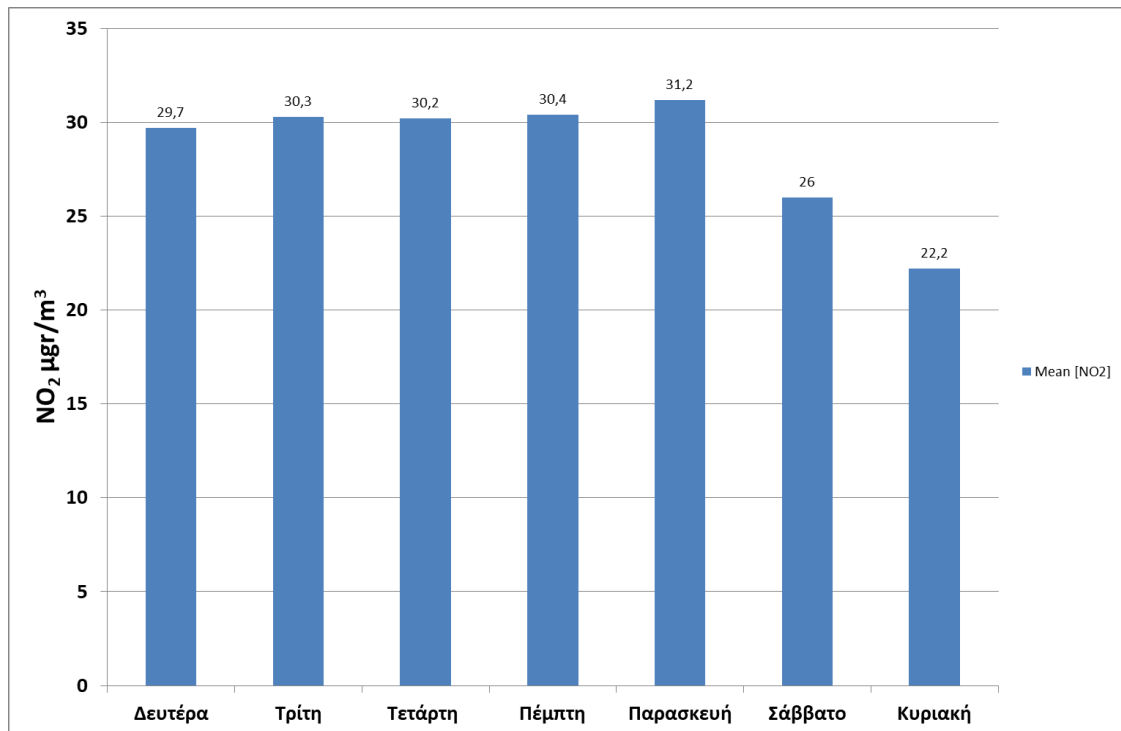
Διάγραμμα 59. Σταθμός Ελευσίνα-Ημερήσια κλίμακα



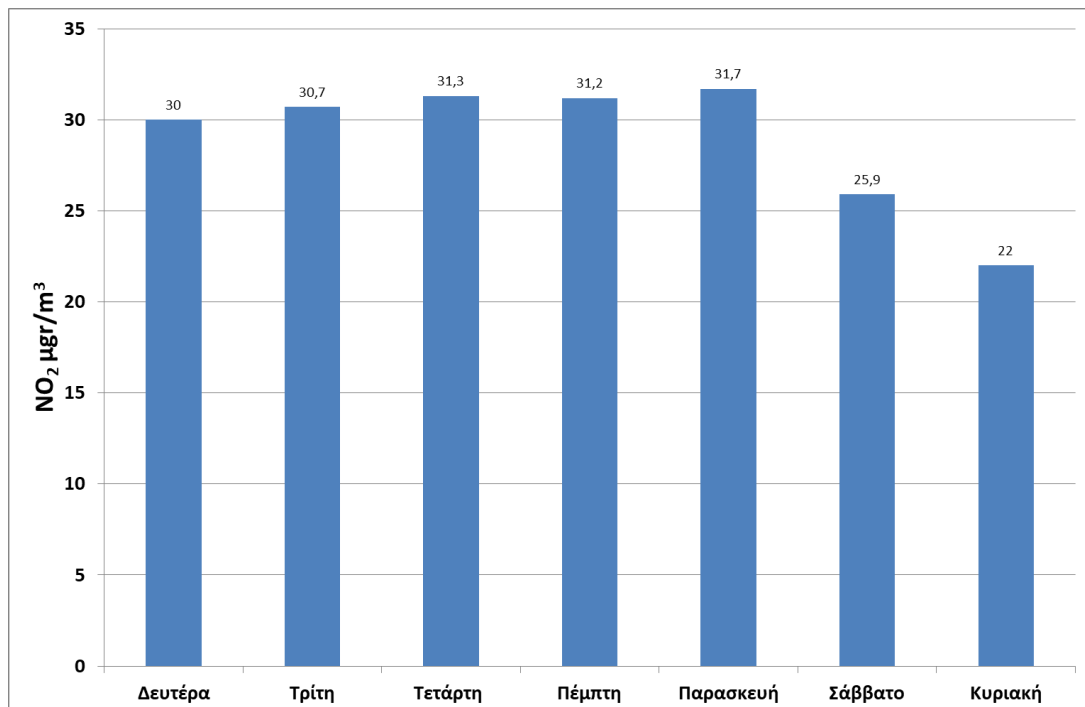
Διάγραμμα 60. Σταθμός Γεωπονική-Ημερήσια κλίμακα



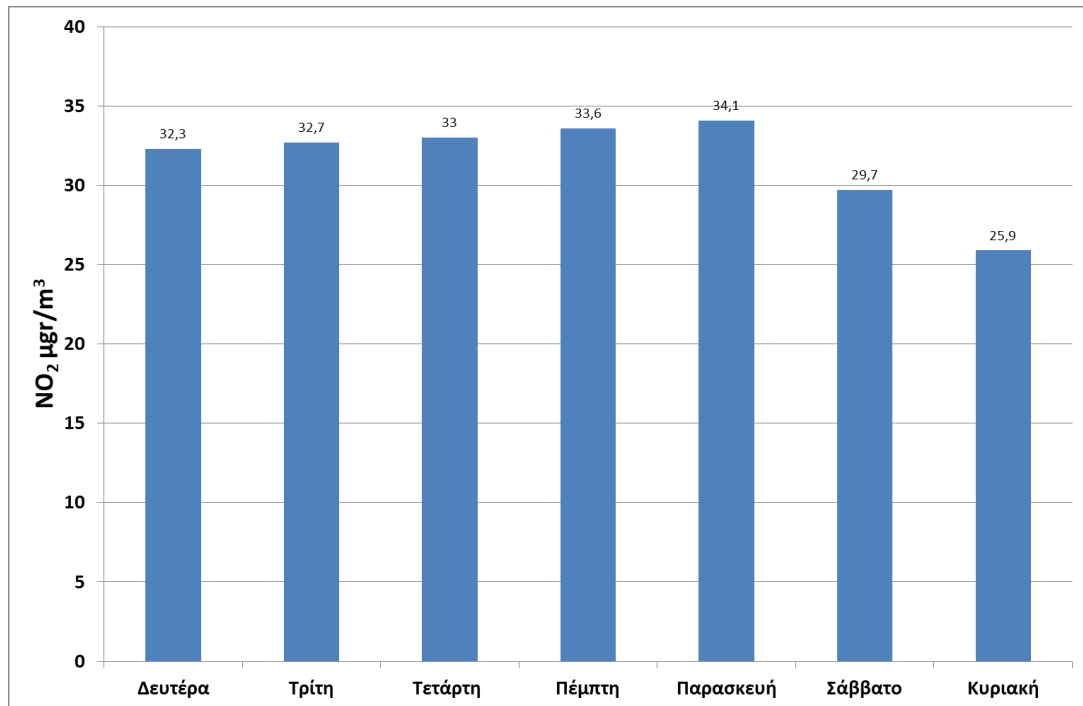
Διάγραμμα 61. Σταθμός Κορωπί-Ημερήσια κλίμακα



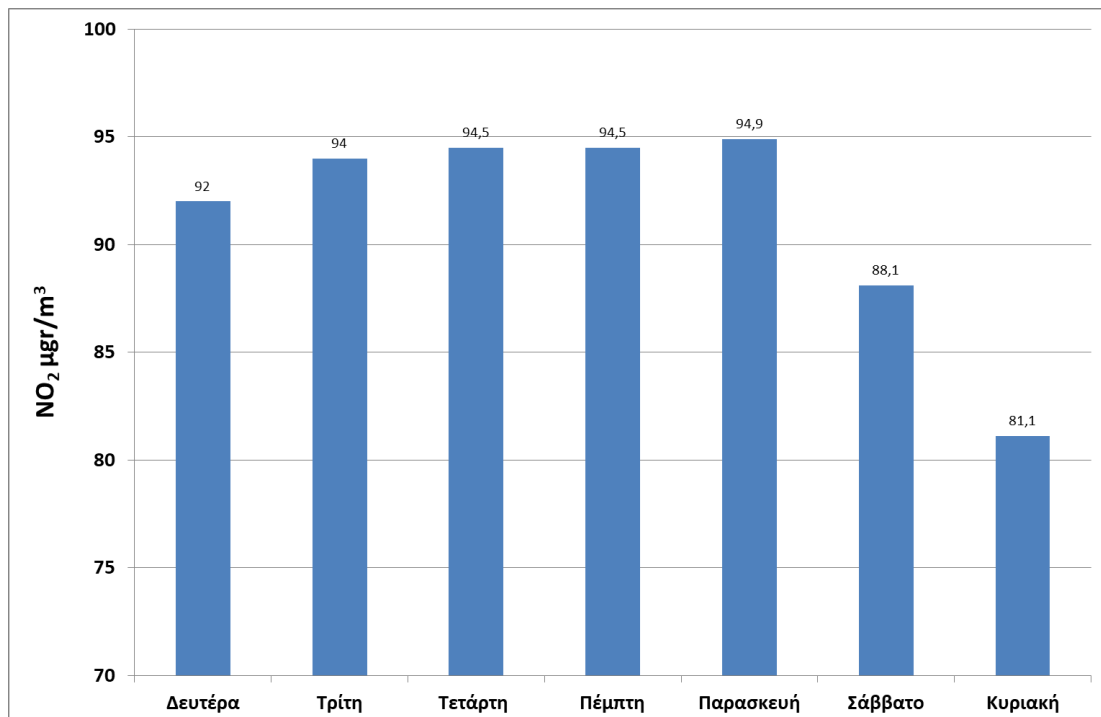
Διάγραμμα 62. Σταθμός Λιόσια-Ημερήσια κλίμακα



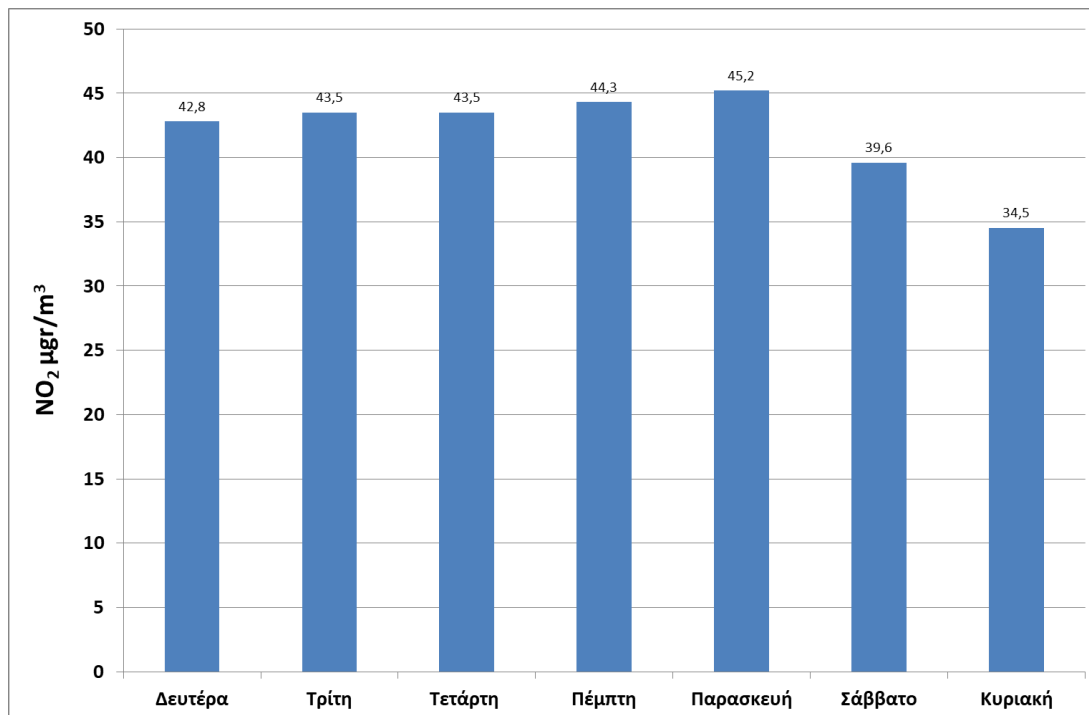
Διάγραμμα 63. Σταθμός Λυκόβρυση-Ημερήσια κλίμακα



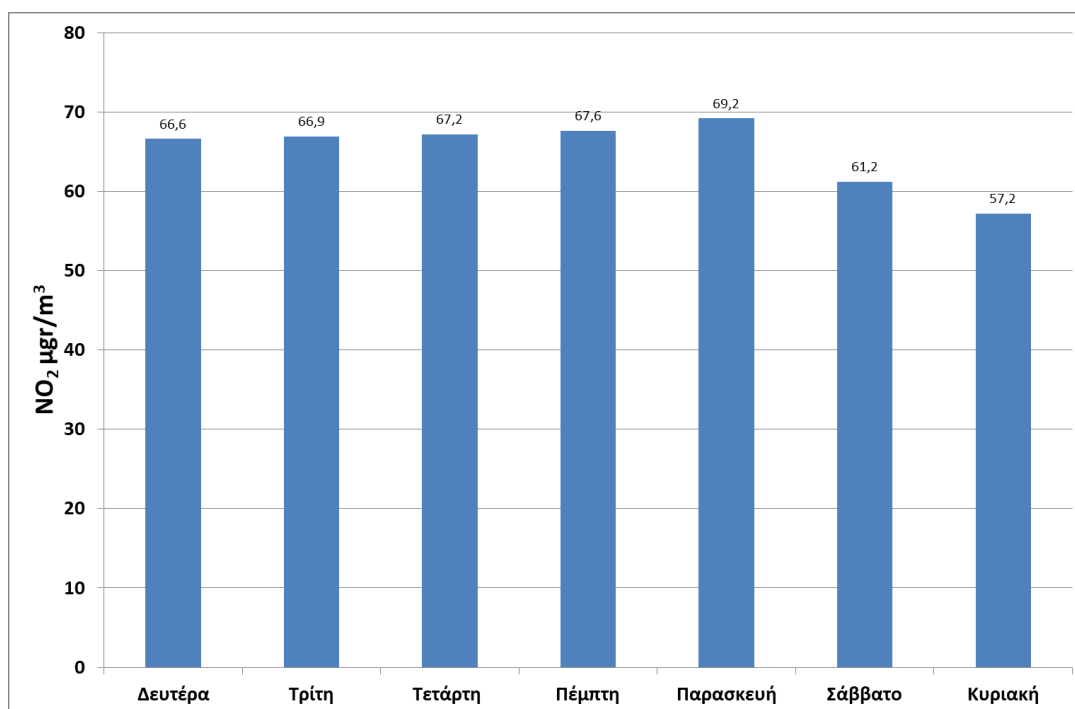
Διάγραμμα 64. Σταθμός Μαρούσι-Ημερήσια κλίμακα



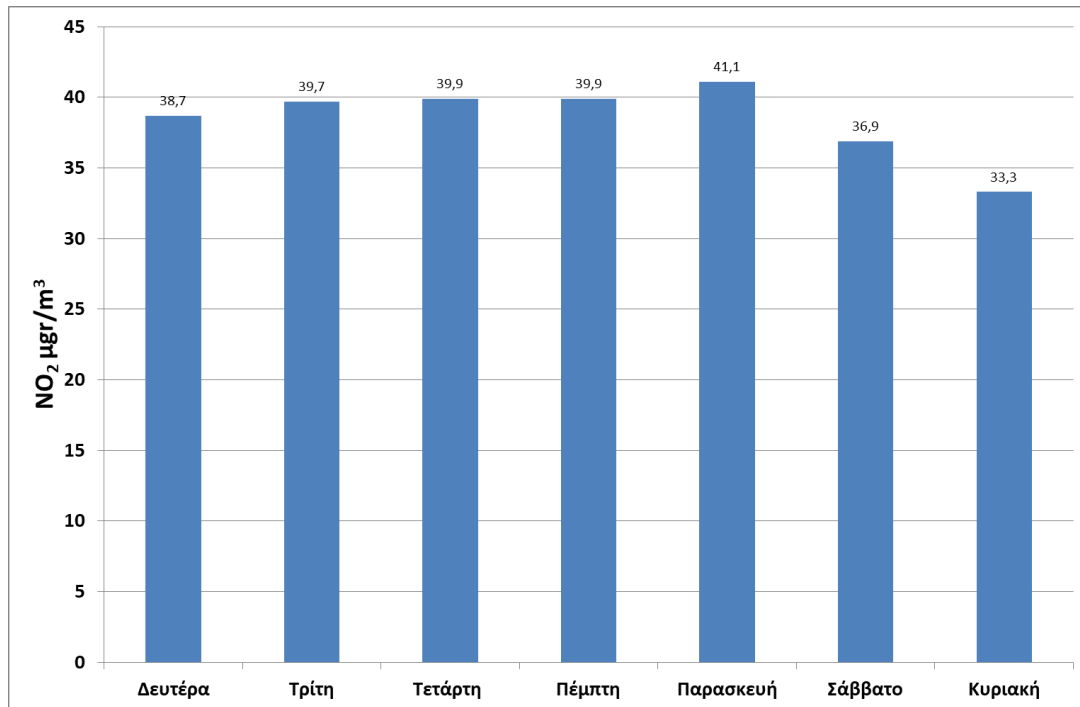
Διάγραμμα 65. Σταθμός Πατησίων-Ημερήσια κλίμακα



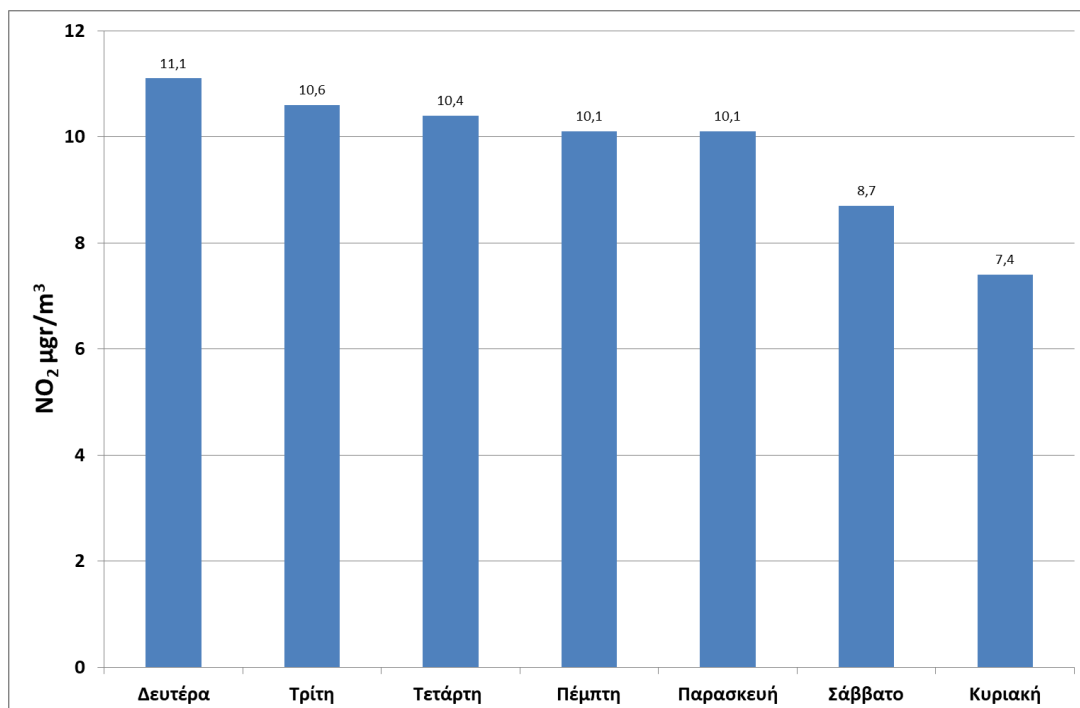
Διάγραμμα 66. Σταθμός Περιστερί-Ημερήσια κλίμακα



Διάγραμμα 67. Σταθμός Πειραιά-Ημερήσια κλίμακα



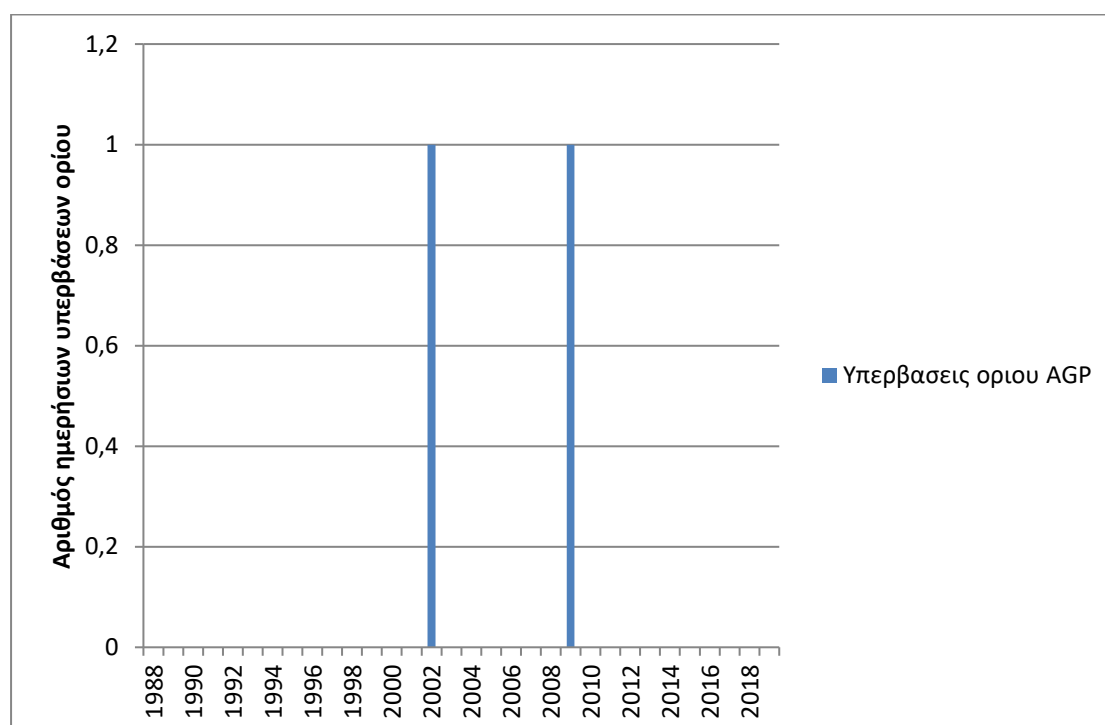
Διάγραμμα 68. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Ημερήσια κλίμακα



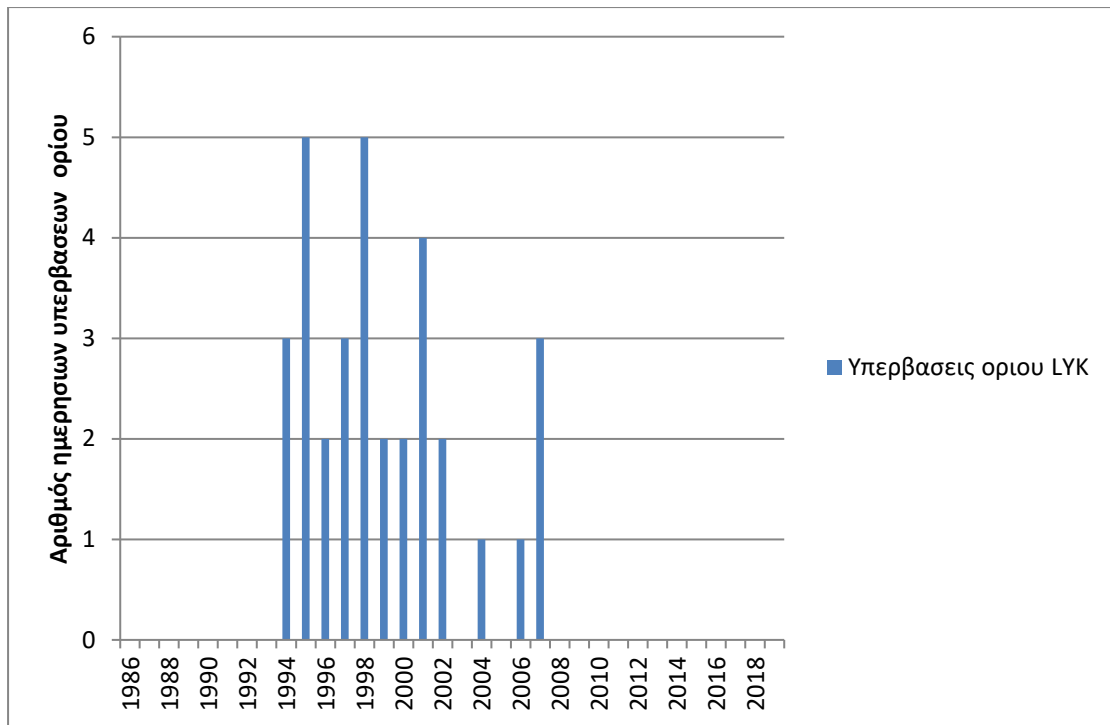
Διάγραμμα 69. Σταθμός Θρακομακεδόνες-Ημερήσια κλίμακα

Σχολιασμός: Στα ημερήσια διαγράμματα NO₂ ανακύπτει πως από Δευτέρα έως Παρασκευή εμφανίζονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και στο τέλος της εβδομάδας, το σαββατοκύριακο, παρουσιάζονται τα ελάχιστα των συγκεντρώσεων λόγω μικρότερης κινητικότητας του κόσμου καθώς οι περισσότεροι δεν δουλεύουν, επομένως δεν μετακινούνται και δεν παράγουν ρύπους NO₂ με τα ΙΧ. Το μέγιστο σε όλα τα διαγράμματα εμφανίζεται την Παρασκευή, η οποία είναι η τελευταία εργάσιμη μέρα της εβδομάδας με εξαίρεση το σταθμό στους Θρακομακεδόνες, ο οποίος εμφανίζει το μέγιστο των συγκεντρώσεων του ρύπου την Δευτέρα.

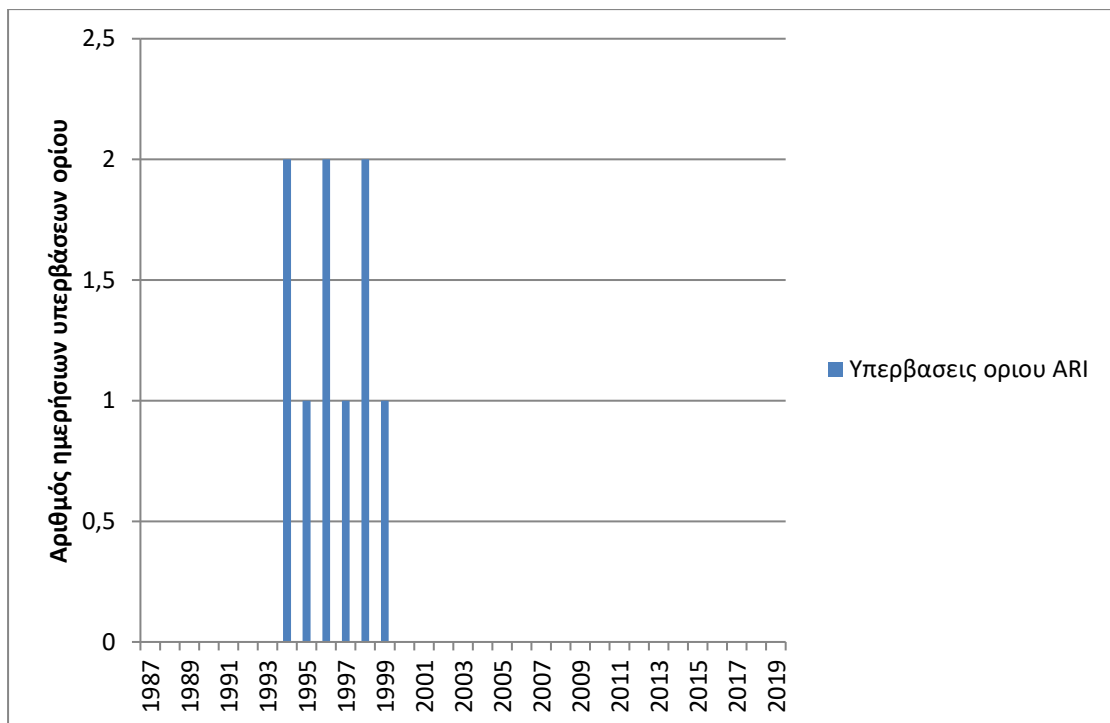
Διαγράμματα ημερών υπέρβασης ορίου ανά σταθμό



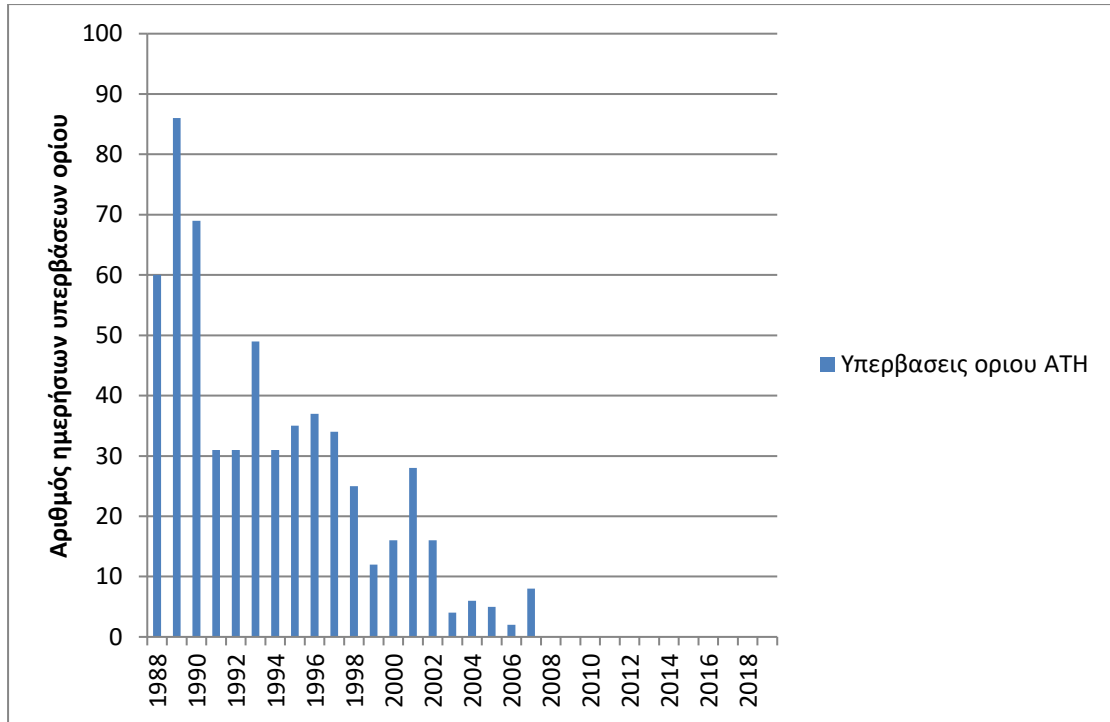
Διάγραμμα 70. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Αγίας Παρασκευής



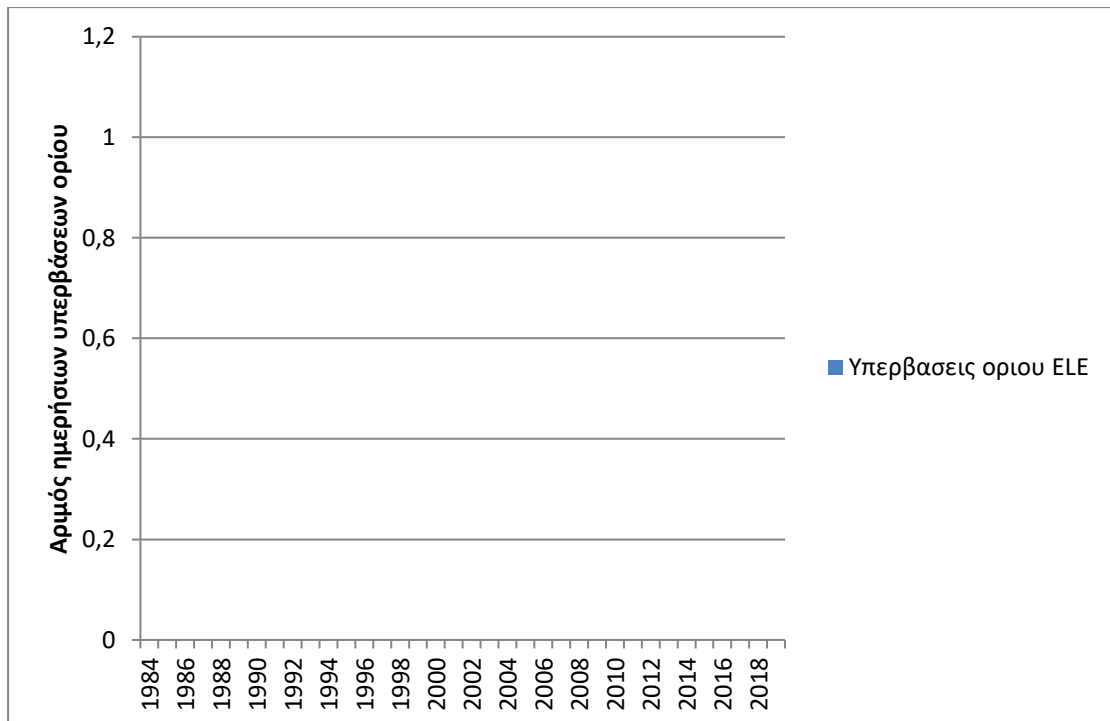
Διάγραμμα 71. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Λυκόβρυση.



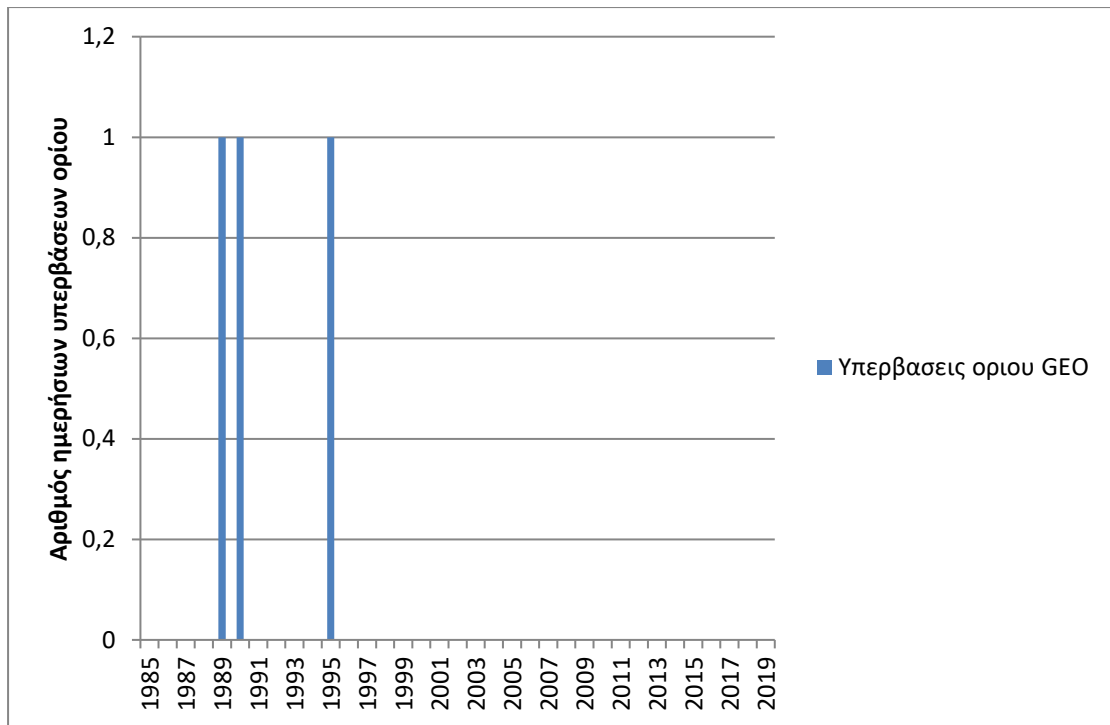
Διάγραμμα 72. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Αριστοτέλους.



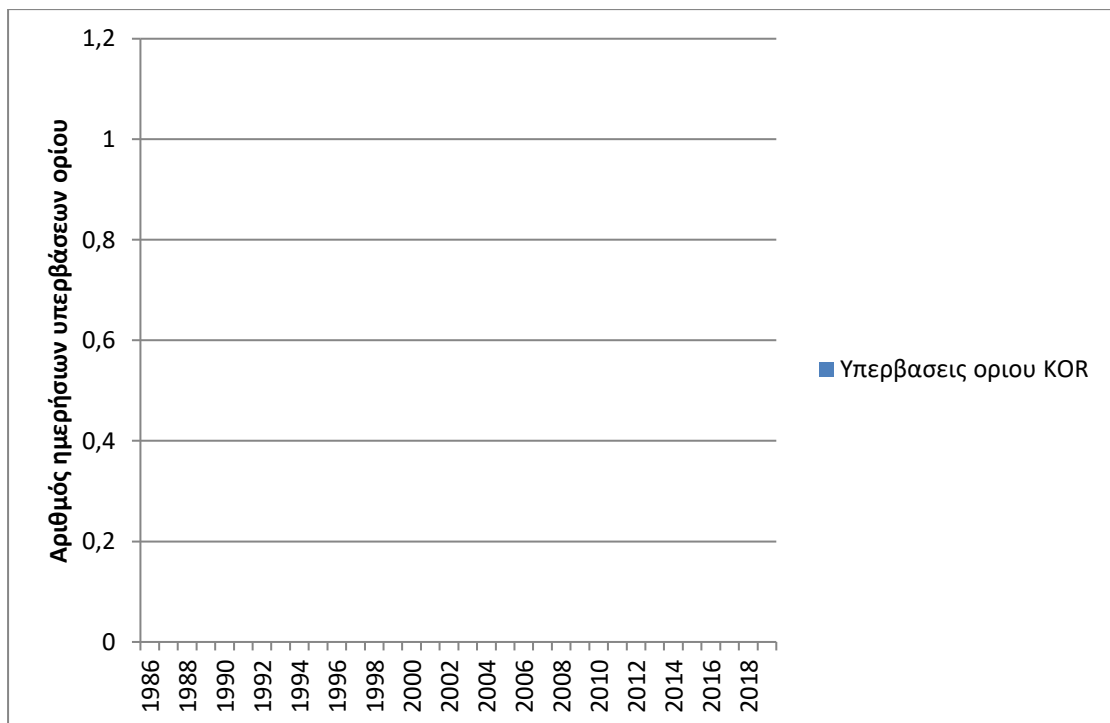
Διάγραμμα 73. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Αθηνάς



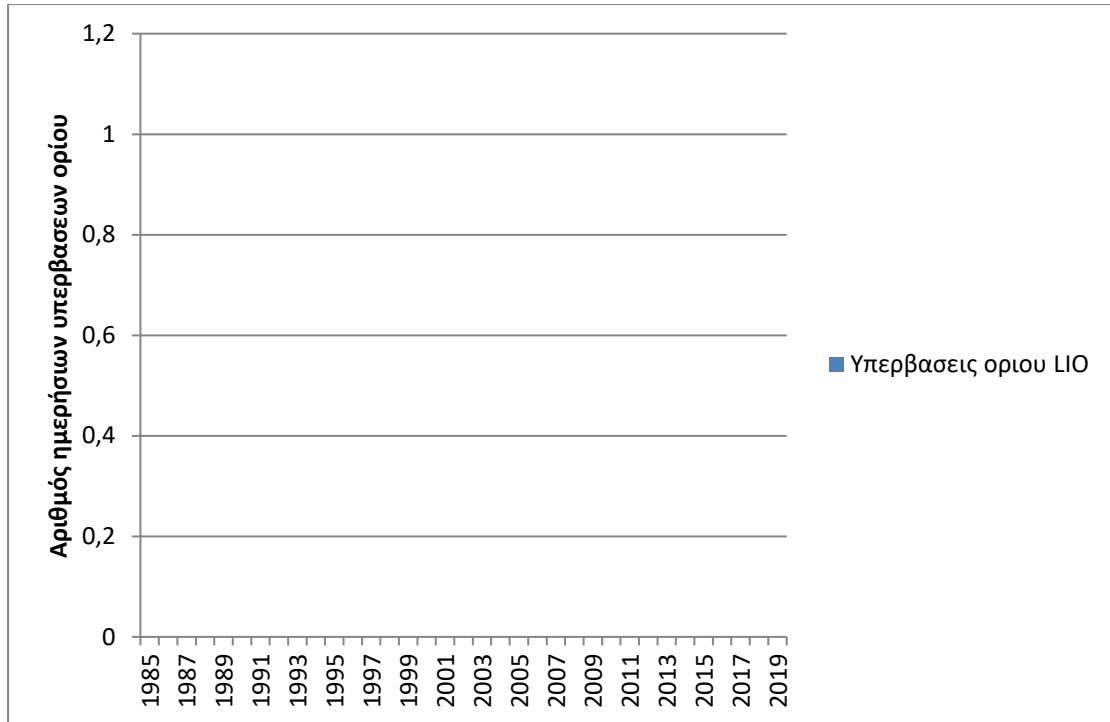
Διάγραμμα 74. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Ελευσίνας



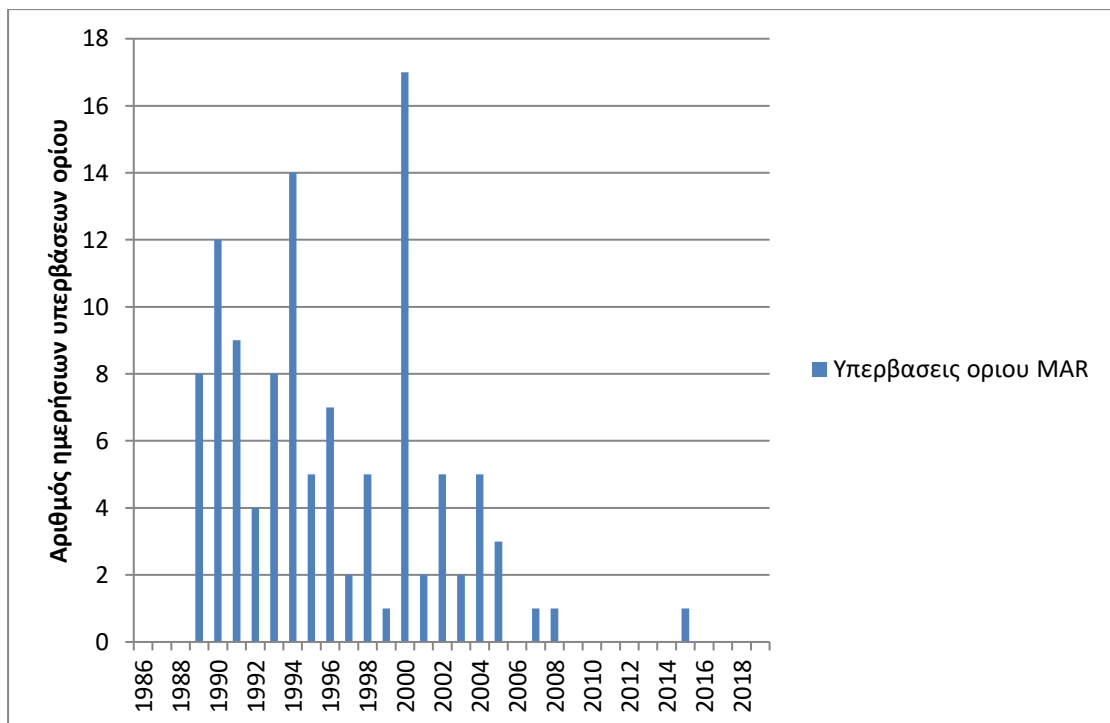
Διάγραμμα 75. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Γεωπονικής



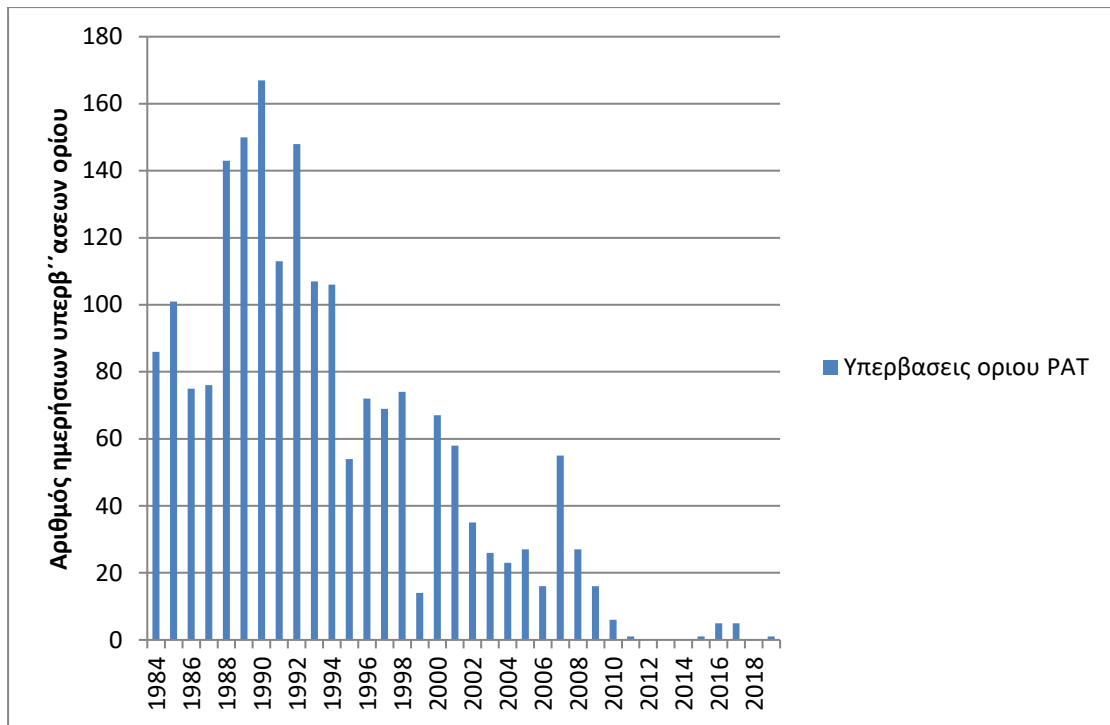
Διάγραμμα 76. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Κορωπί



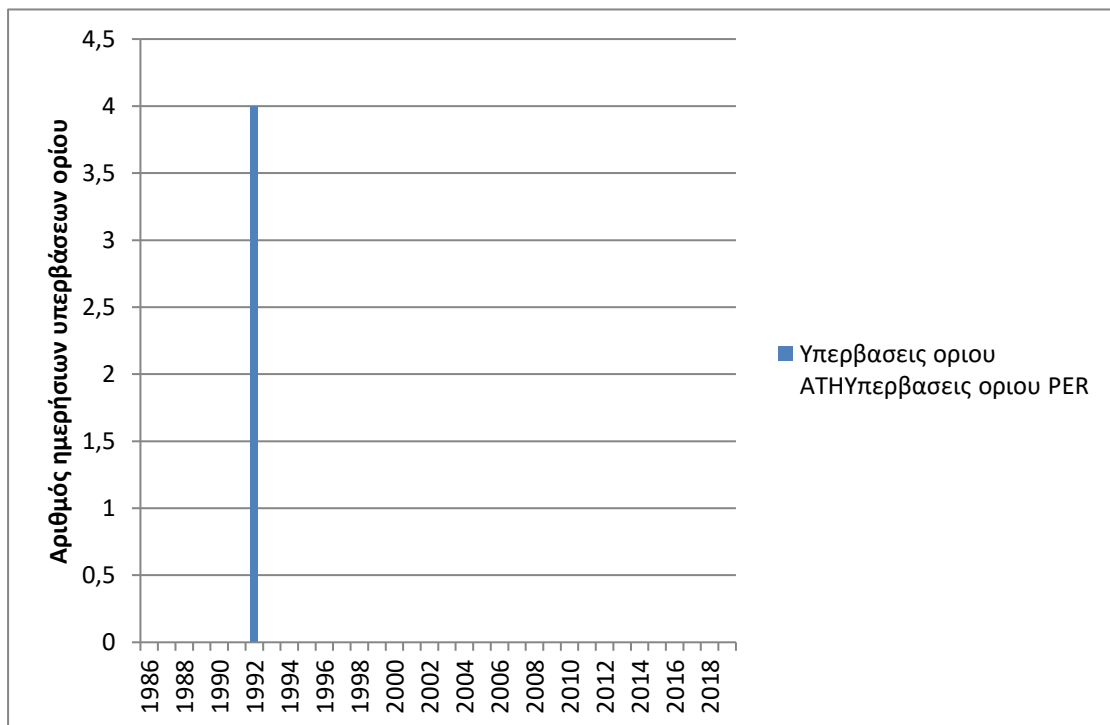
Διάγραμμα 77.. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για $[NO_2]$ στο σταθμό Λιόσια



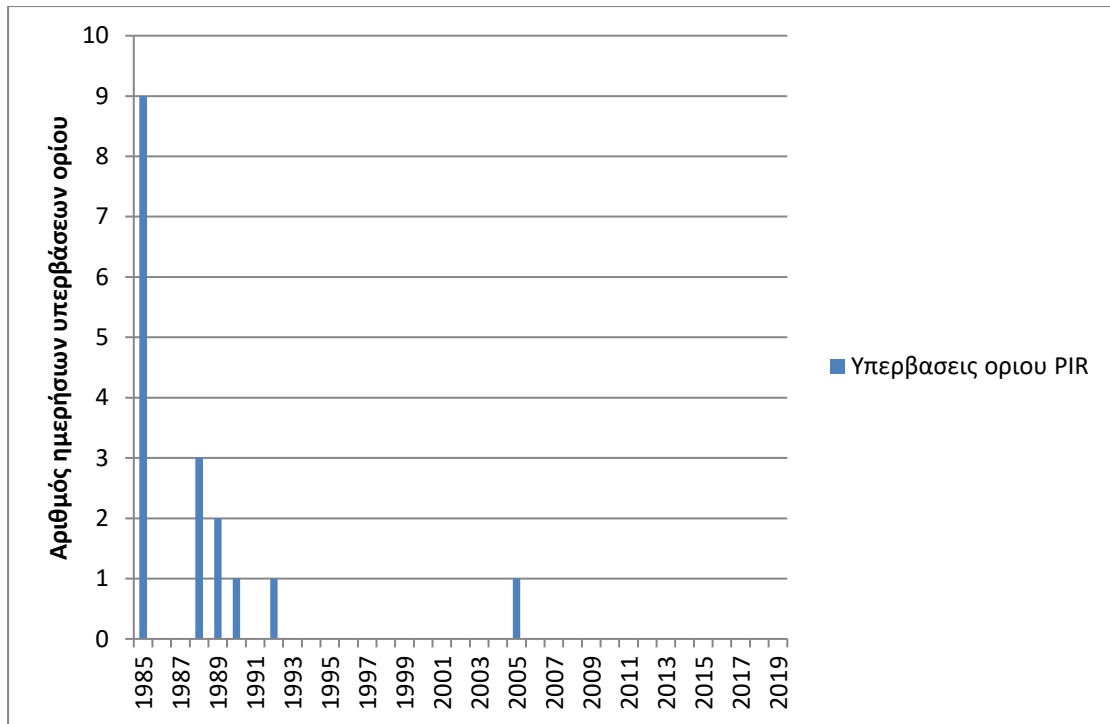
Διάγραμμα 78. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για $[NO_2]$ στο σταθμό Μαρούσι



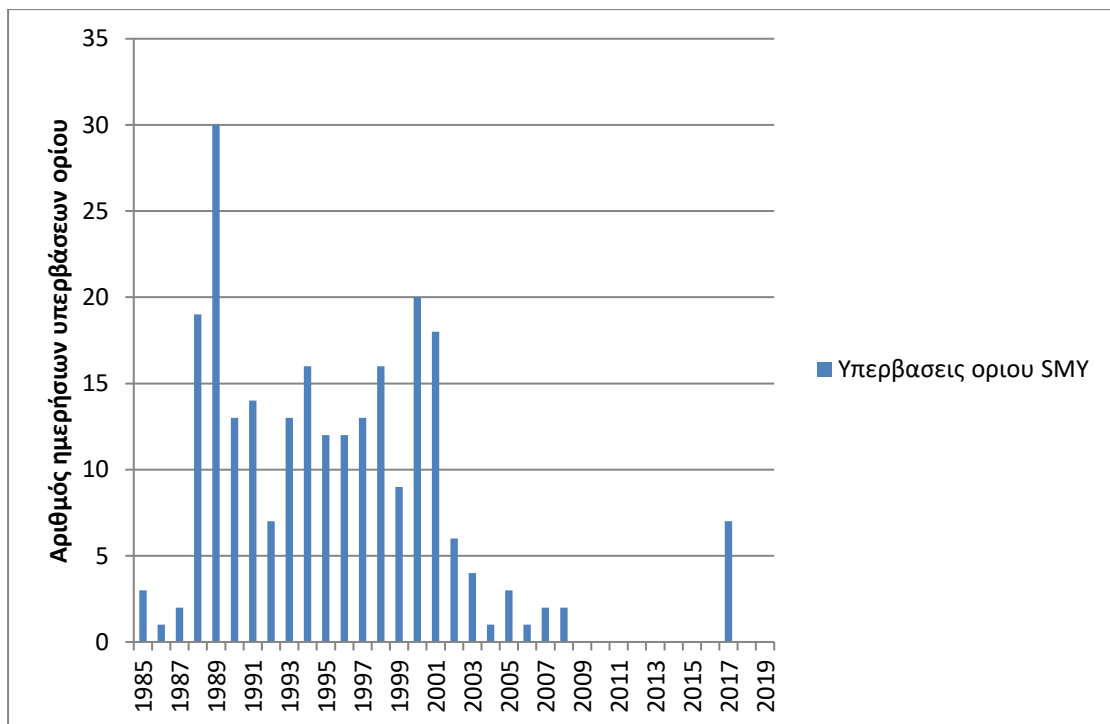
Διάγραμμα 79. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Πατριών



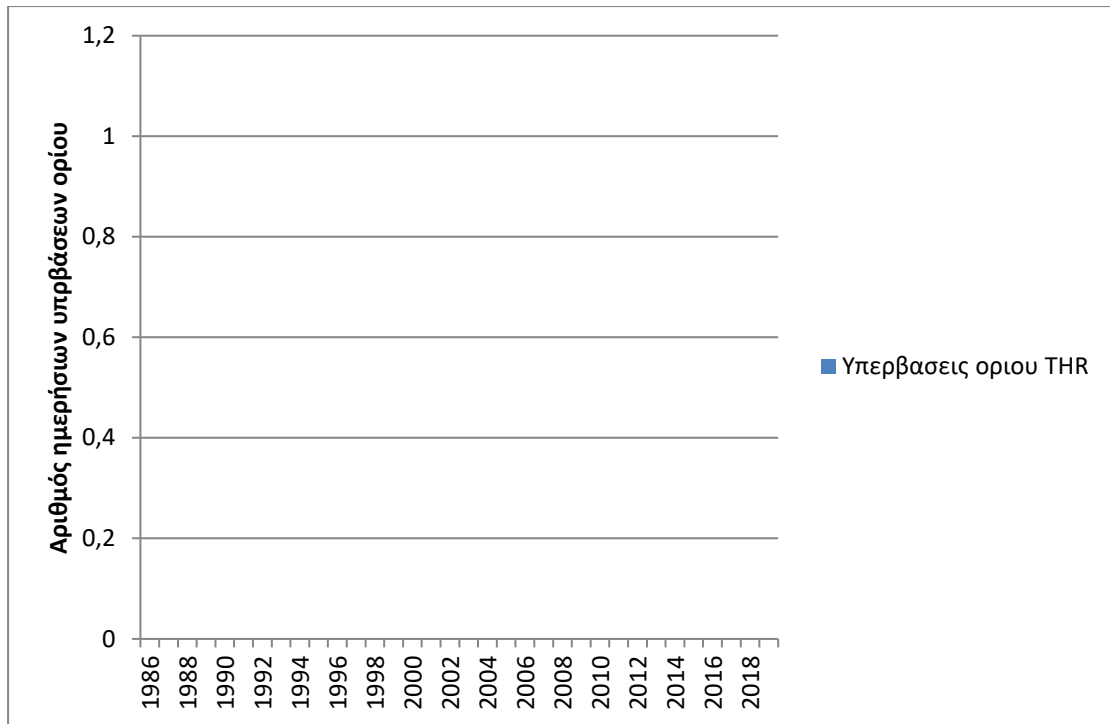
Διάγραμμα 80. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Περιστέρι



Διάγραμμα 81. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Πειραιά



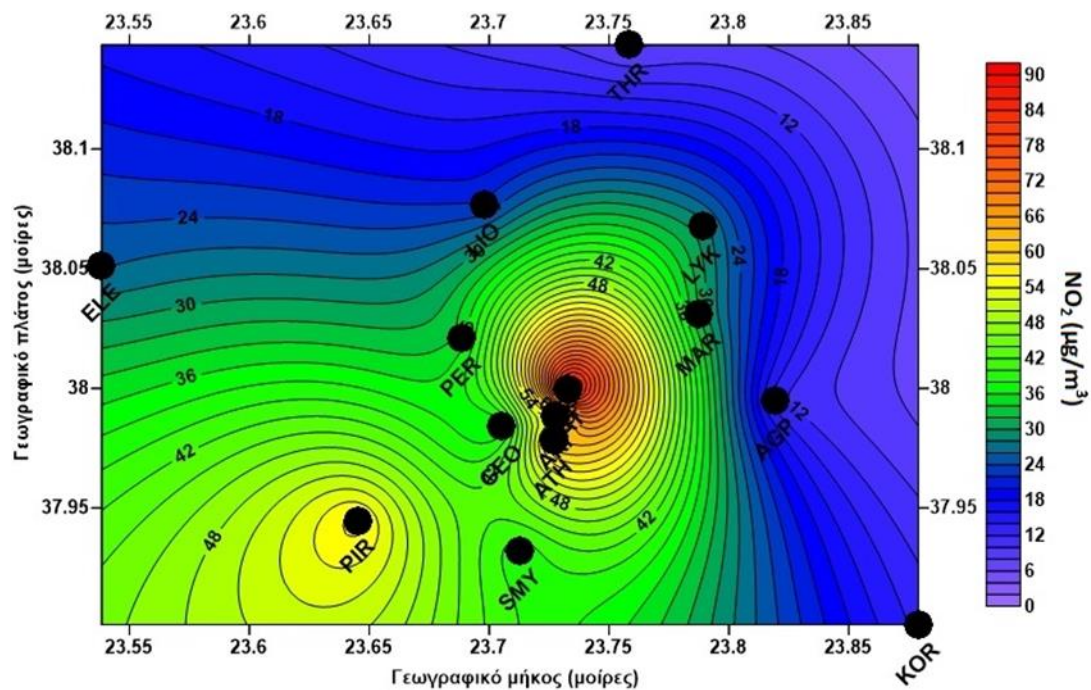
Διάγραμμα 82. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Νέας Σμύρνης



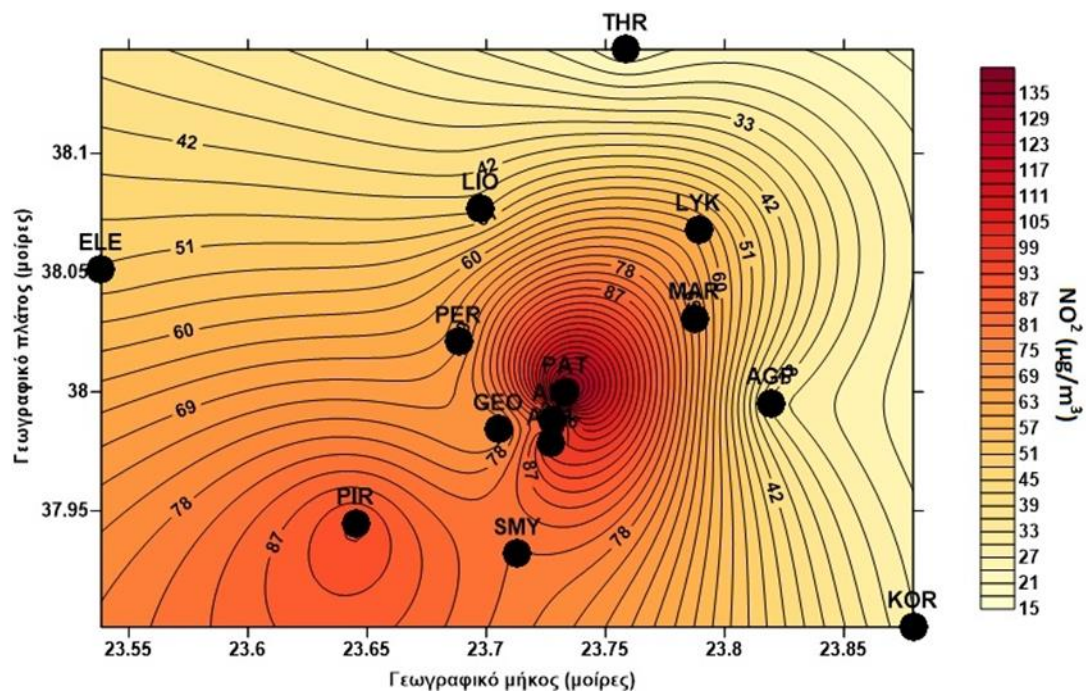
Διάγραμμα 83. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [NO₂] στο σταθμό Θρακομακεδόνες

Σχολιασμός: Μέσω των διαγραμμάτων υπέρβασης του ορίου μπορεί να δει κανείς πως τα όρια τα οποία έχουν θεσπιστεί γι' αυτόν τον ρύπο, υπερβαίνονται πολύ λίγες φορές σε κάθε σταθμό, σε μερικούς δεν εμφανίζεται ούτε μία υπέρβαση για το χρονικό διάστημα της μελέτης. Φαίνεται πως έχουν ελαττωθεί τα τελευταία χρόνια οι συγκεντρώσεις του ρύπου έως και να εκμηδενιστούν. Αυτό είναι ένα φαινόμενο το οποίο είναι αρκετά θετικό. Σύμφωνα με το νόμο 2008 το NO₂ μετά το 2010 δεν θα έπρεπε να υπερβαίνει ποτέ τα 200 μg/m³ ημερησίως, κάτι που όπως φαίνεται από τα διαγράμματα συμβαίνει σε μερικές περιπτώσεις, όμως σε τελική ανάλυση δεν αποτελεί πρόβλημα καθώς τα τελευταία έτη και συγκεκριμένα το 2019 εκμηδενίζονται οι υπερβάσεις ορίου. Μόνο στην περίπτωση της πιο βεβαρημένης περιοχής λόγω της κυκλοφοριακής συμφόρησης, η οποία είναι η Πατησίων. Αυτό θα ήταν καλό να συνεχίσει να ελέγχεται και το μέλλον για πιθανή αύξηση των υπερβάσεων.

Διαγράμματα από μέθοδο Kriging



Σχήμα 3. Μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις NO₂.

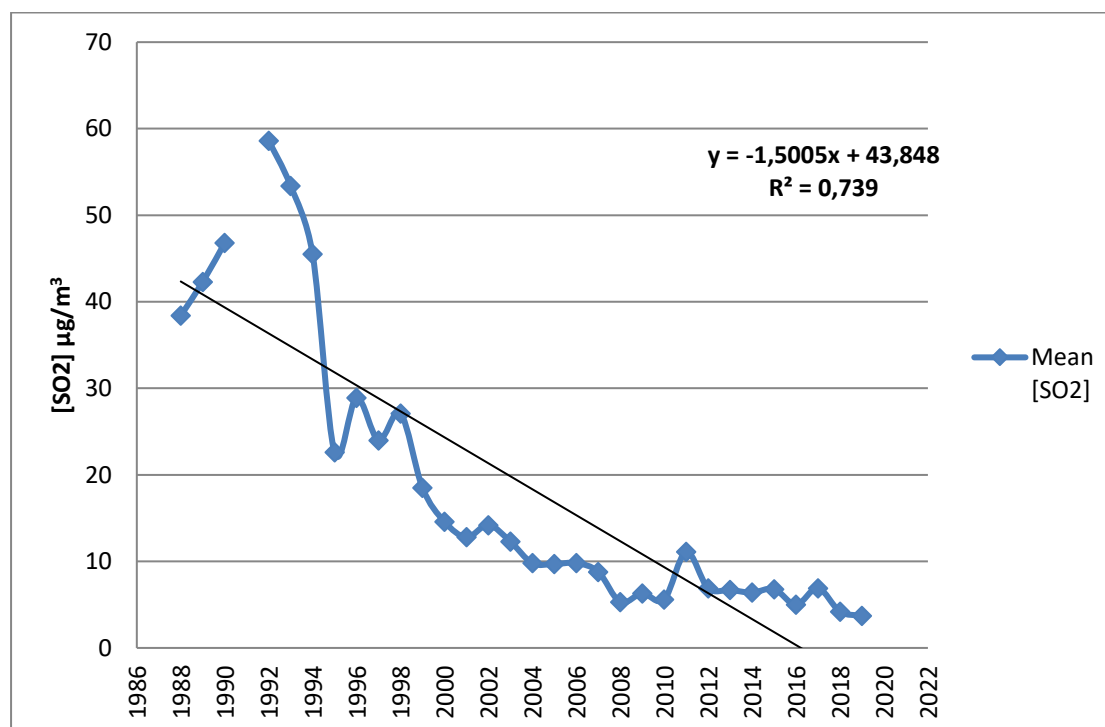


Σχήμα 4. Μέσες απολύτως μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις NO₂.

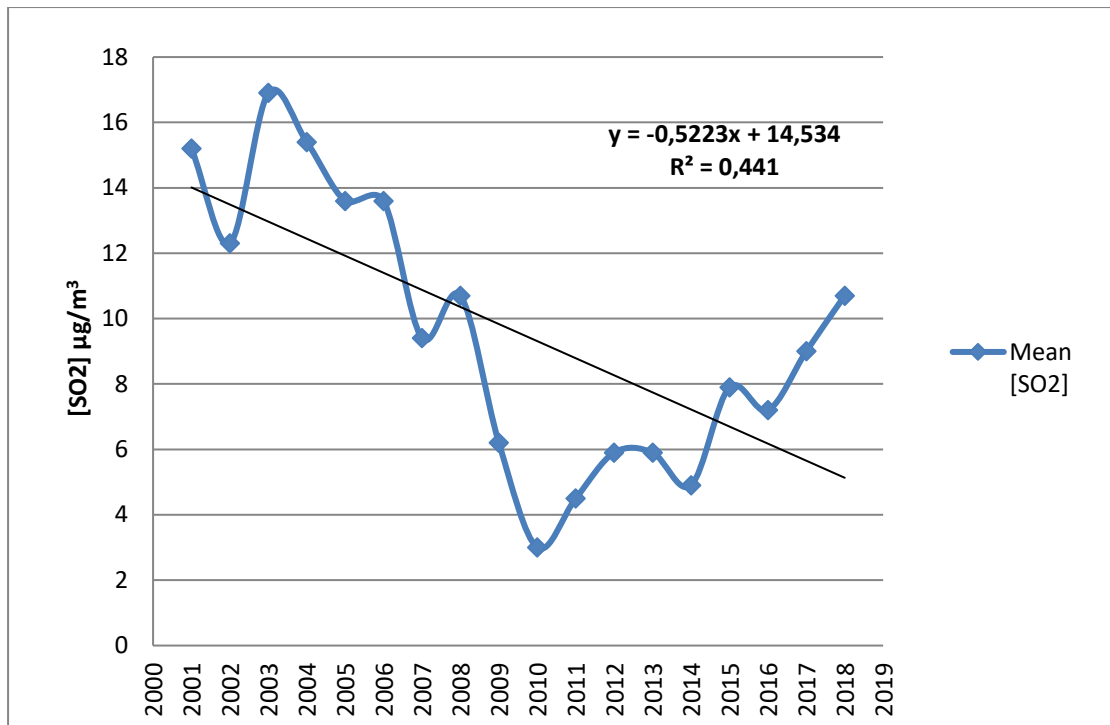
Σχολιασμός: Μέσω των διαγραμμάτων με τη μέθοδο Kriging, όπου παρουσιάζεται η χωρική κατανομή του διοξειδίου του αζώτου, εξάγεται το συμπέρασμα ότι στους περισσότερους σταθμούς υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση του ρύπου NO₂ και οι περιοχές οι οποίες πλήττονται περισσότερο είναι η Πατησίων και οι κοντινοί σταθμοί Αθηνάς, Αριστοτέλους και Γεωπονικής που βρίσκονται σχεδόν στο ίδιο γεωγραφικό μήκος και πλάτος.

6.3 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

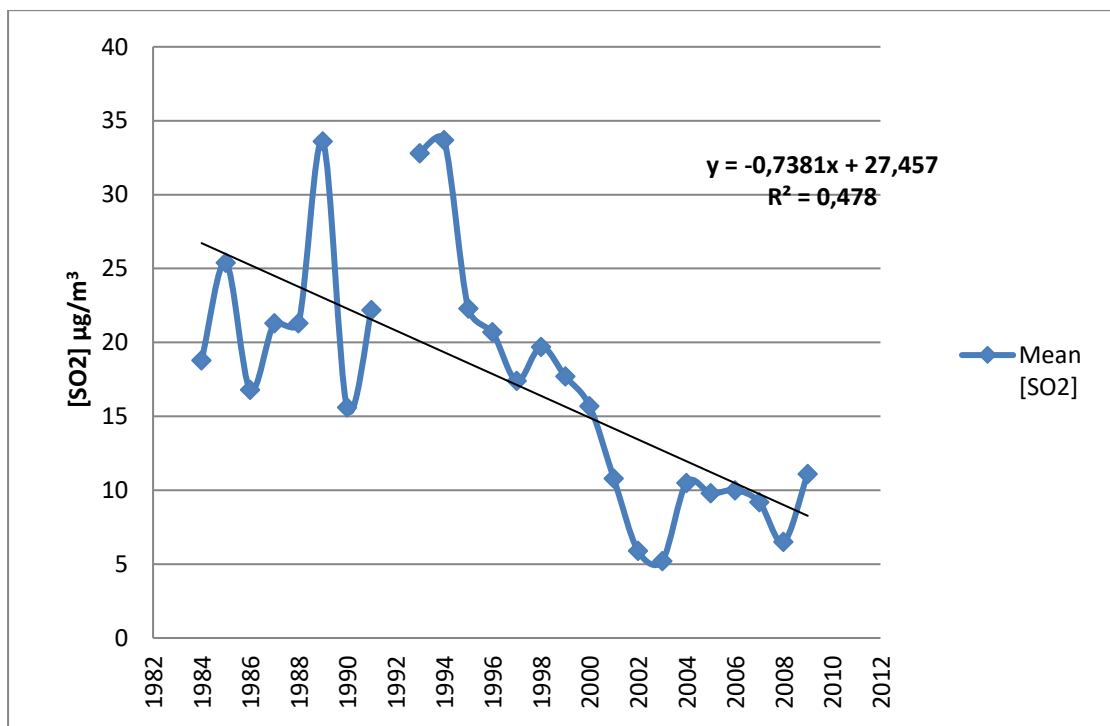
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Έτους/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά έτος σε κάθε σταθμό



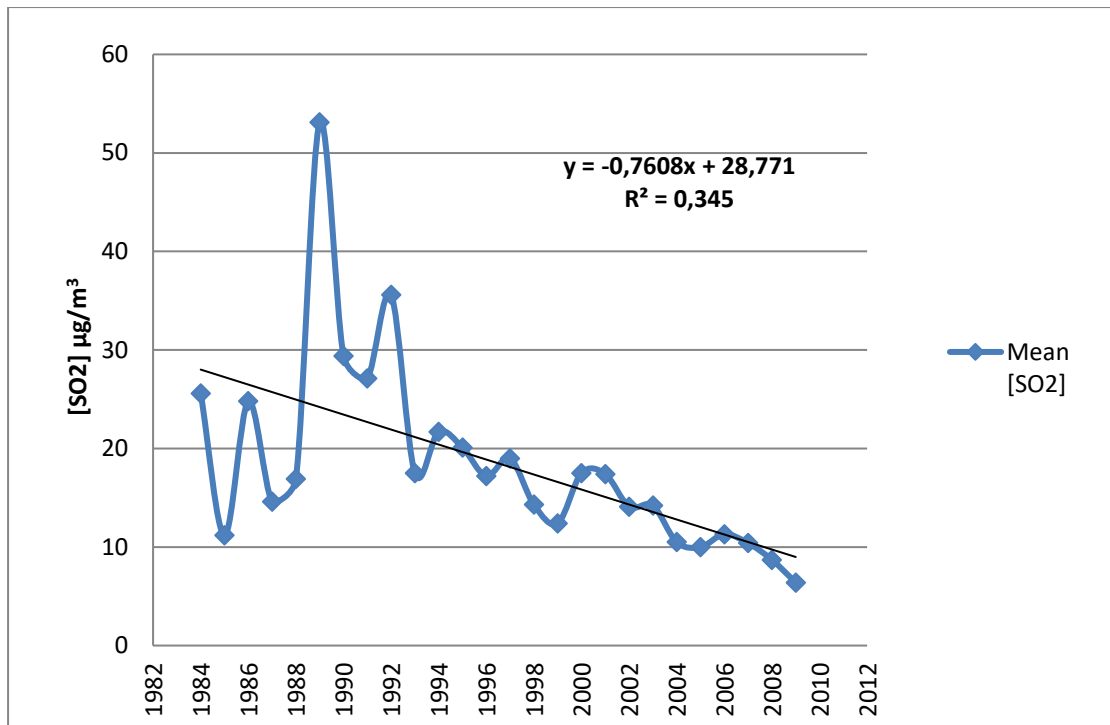
Διάγραμμα 84. Σταθμός Αθηνάς-Ετήσια κλίμακα



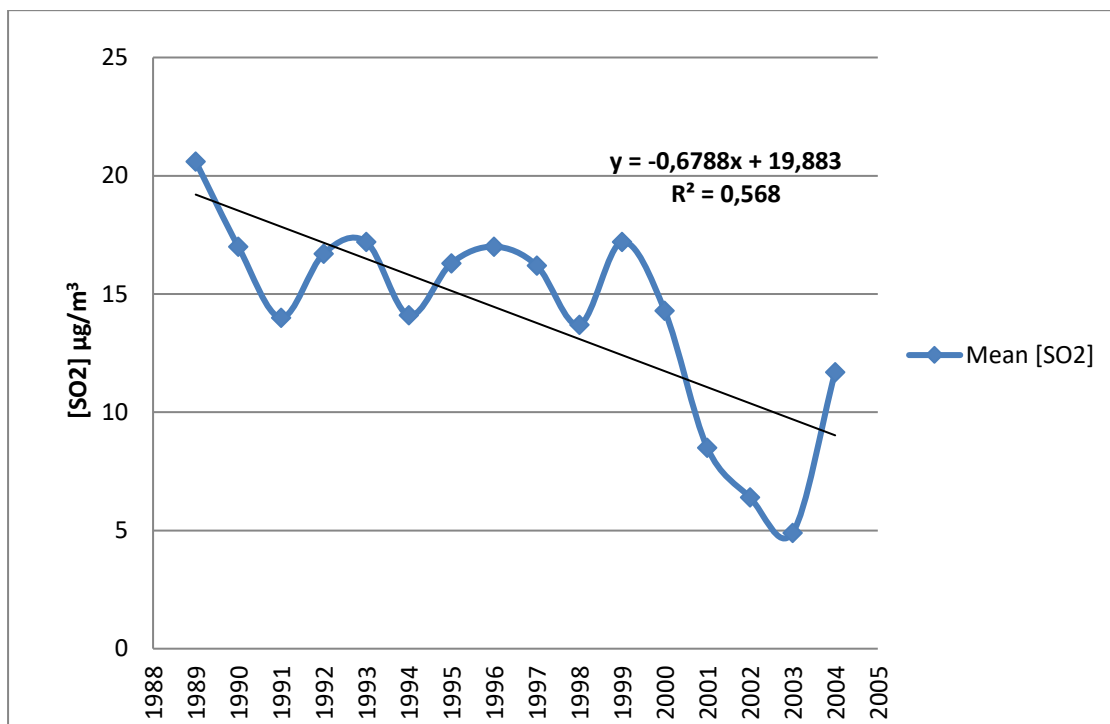
Διάγραμμα 85. Σταθμός Ελευσίνα-Ετήσια κλίμακα



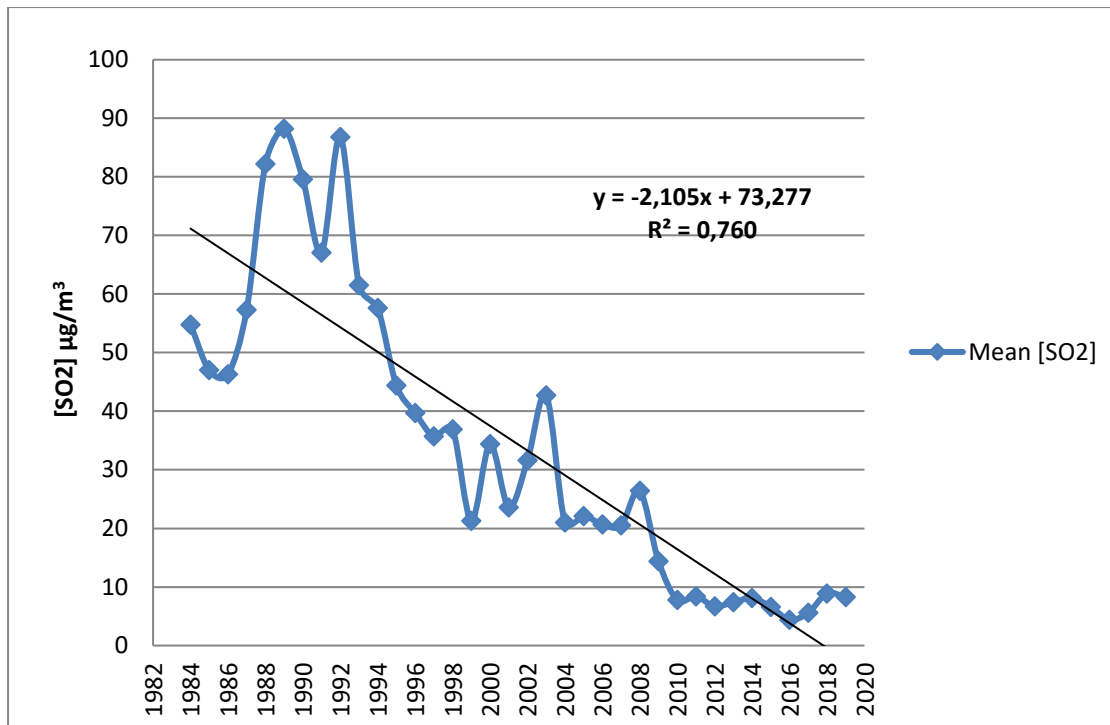
Διάγραμμα 86. Σταθμός Γεωπονική-Ετήσια κλίμακα



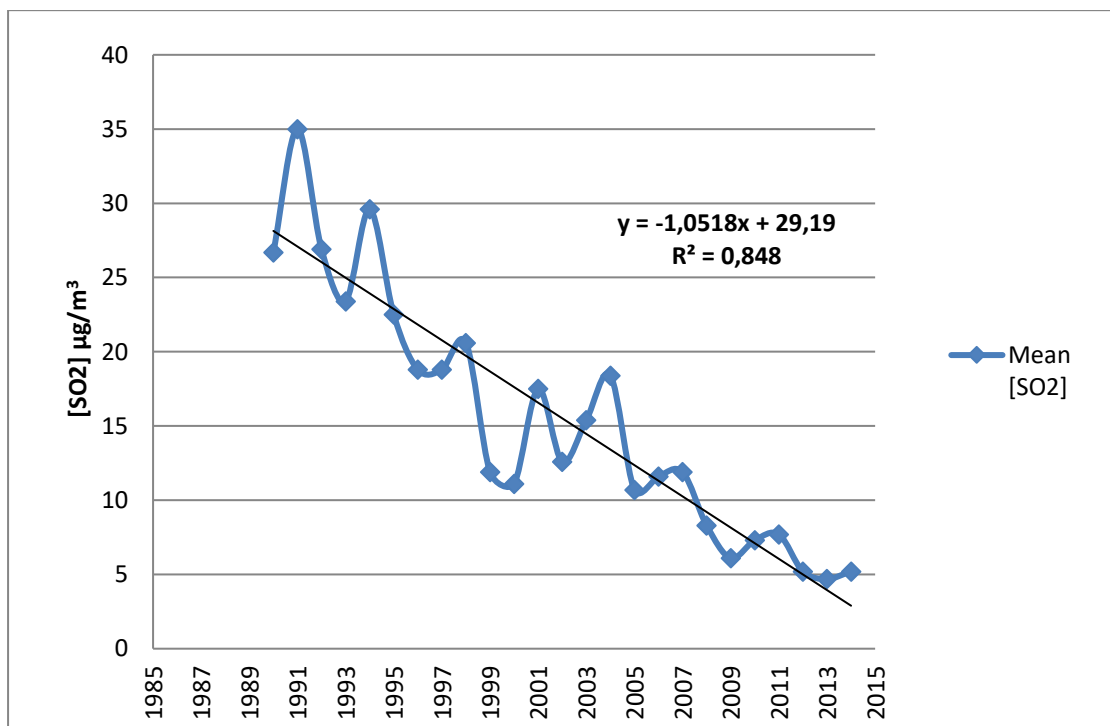
Διάγραμμα 87. Σταθμός Λιόσια-Ετήσια κλίμακα



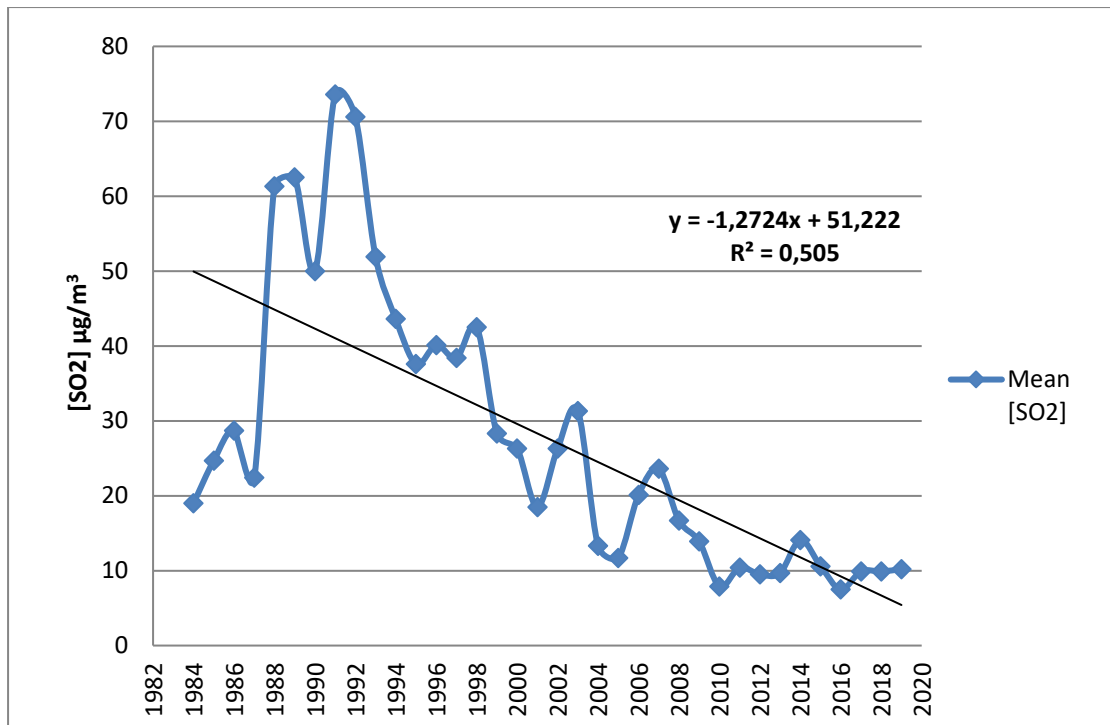
Διάγραμμα 88. Σταθμός Μαρούσι-Ετήσια κλίμακα



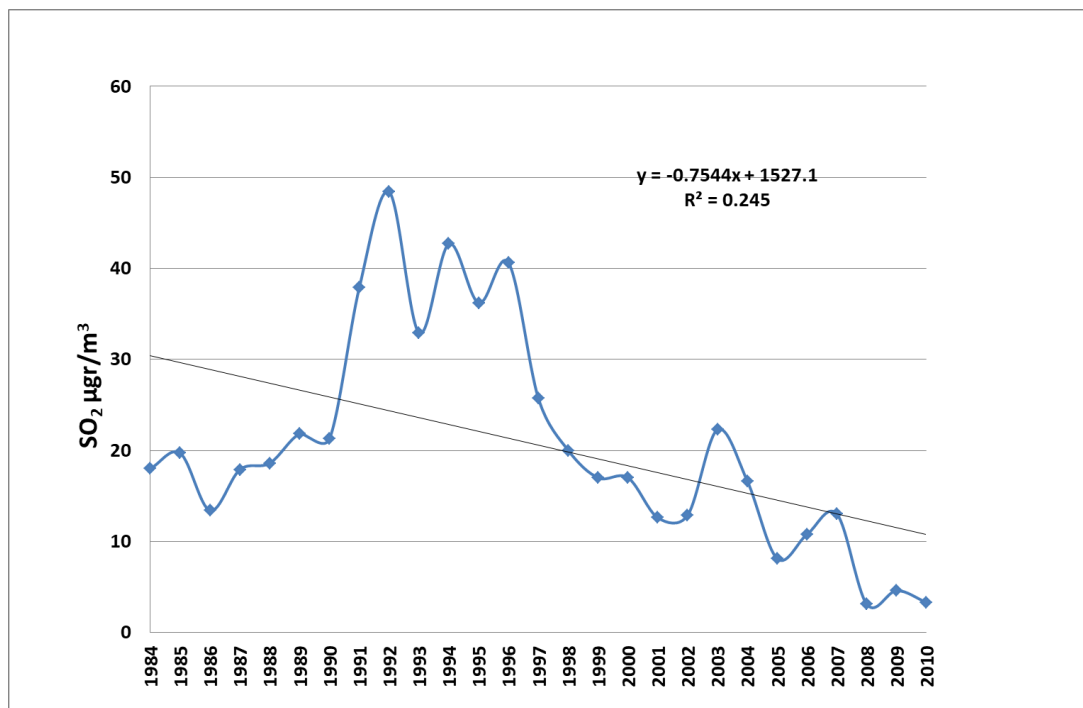
Διάγραμμα 89. Σταθμός Πατησίων-Ετήσια κλίμακα



Διάγραμμα 90. Σταθμός Περιστερί-Ετήσια κλίμακα



Διάγραμμα 91. Σταθμός Πειραιάς-Ετήσια κλίμακα



Διάγραμμα 92. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Ετήσια κλίμακα

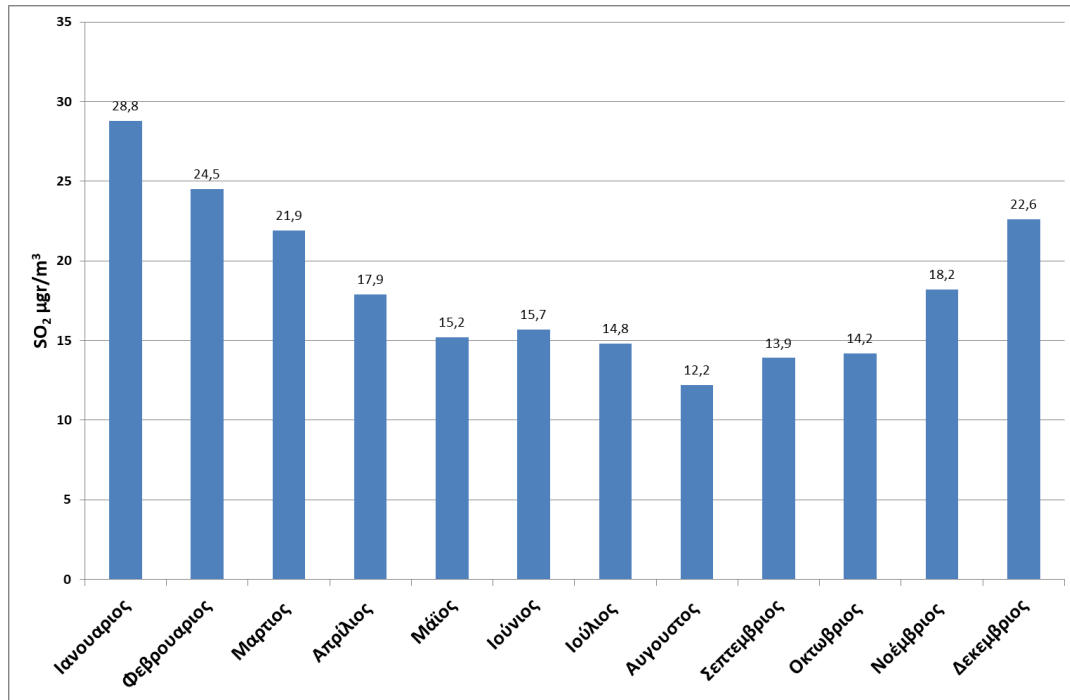
Σχολιασμός : Η πτωτική πορεία της συγκέντρωσης των ρύπων εμφανίζεται και στη συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου. Μέσω των διαγραμμάτων φαίνεται πως ο ρύπος μέχρι τις αρχές του 21^{ου} αιώνα διατηρεί πολύ υψηλές τιμές συγκέντρωσης , ειδικά στους σταθμούς που βρίσκονται στα αστικά κέντρα όπως είναι οι σταθμοί Πειραιάς, Πατησίων, Λιόσια και Αθηνάς.

Πιο αναλυτικά:

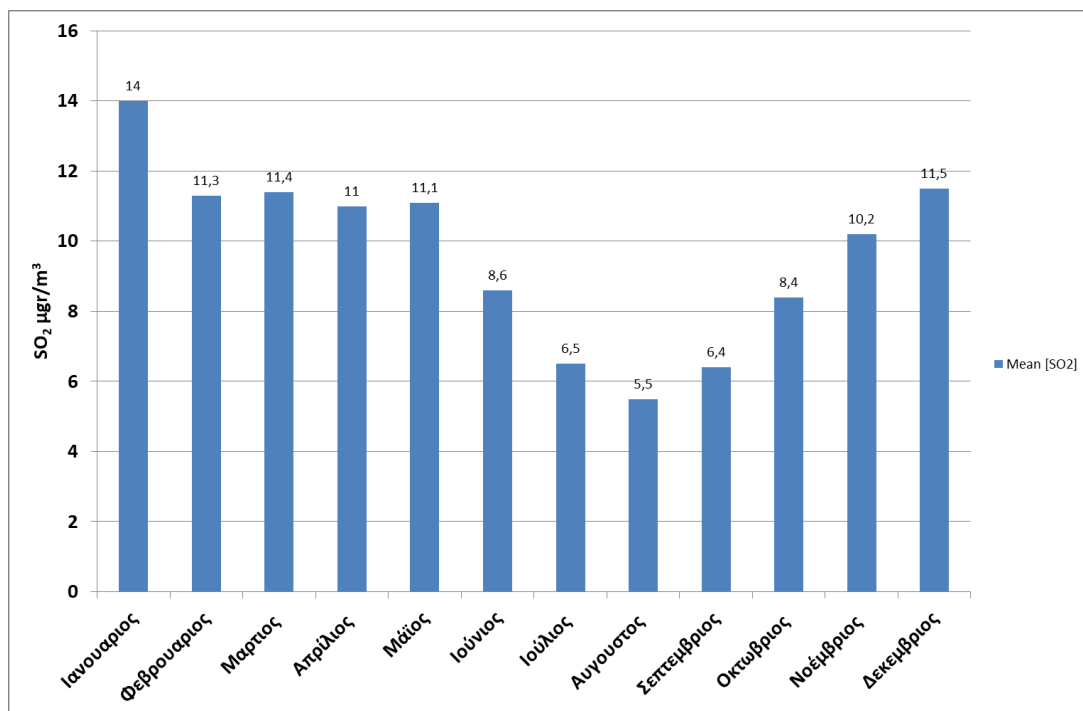
1. Σταθμός Αθηνάς: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,73$, το οποίο περιγράφει το 73% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί σχετικά καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
2. Σταθμός Ελευσίνας :εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,44$, το οποίο περιγράφει το 44% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
3. Σταθμός Γεωπονικής: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,47$, το οποίο περιγράφει το 51% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
4. Σταθμός Λιόσια: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,34$, το οποίο περιγράφει το 51% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί αρκετά μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
5. Σταθμός Μαρούσι: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,56$, το οποίο περιγράφει το 56% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
6. Σταθμός Πατησίων: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,76$, το οποίο περιγράφει το 76% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί σχετικά καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
7. Σταθμός Περιστερί: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,84$, το οποίο περιγράφει το 84% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί καλή αξιοπιστία στις μετρήσεις
8. Σταθμός Πειραιάς: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,50$, το οποίο περιγράφει το 50% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί μέτρια αξιοπιστία στις μετρήσεις
9. Σταθμός Νέα Σμύρνη: εμφανίζει μείωση με συντελεστή συσχέτισης $R=0,24$, το οποίο περιγράφει το 24% της διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να αποδοθεί χαμηλή αξιοπιστία στις μετρήσεις

Αυτή η πτωτική πορεία που εμφανίζει ο ρύπος μπορεί να εξηγηθεί στους αυστηρούς κανονισμούς που επιβλήθηκαν από την ΕΕ και την ελληνική νομοθεσία. Ο κύριος λόγος της πτώσης αυτής στην Αθήνα είναι η βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων (πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης). Αξίζει να αναφερθεί εδώ ότι στη δεκαετία του 80 είχε δημιουργηθεί μεγάλο ζήτημα για την αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα της Αθήνας. Η φθορά λόγω γυψοποίησης των μαρμάρων της Ακρόπολης έγινε παράδειγμα των καταστροφικών επιδράσεων της ρύπανσης. [11]

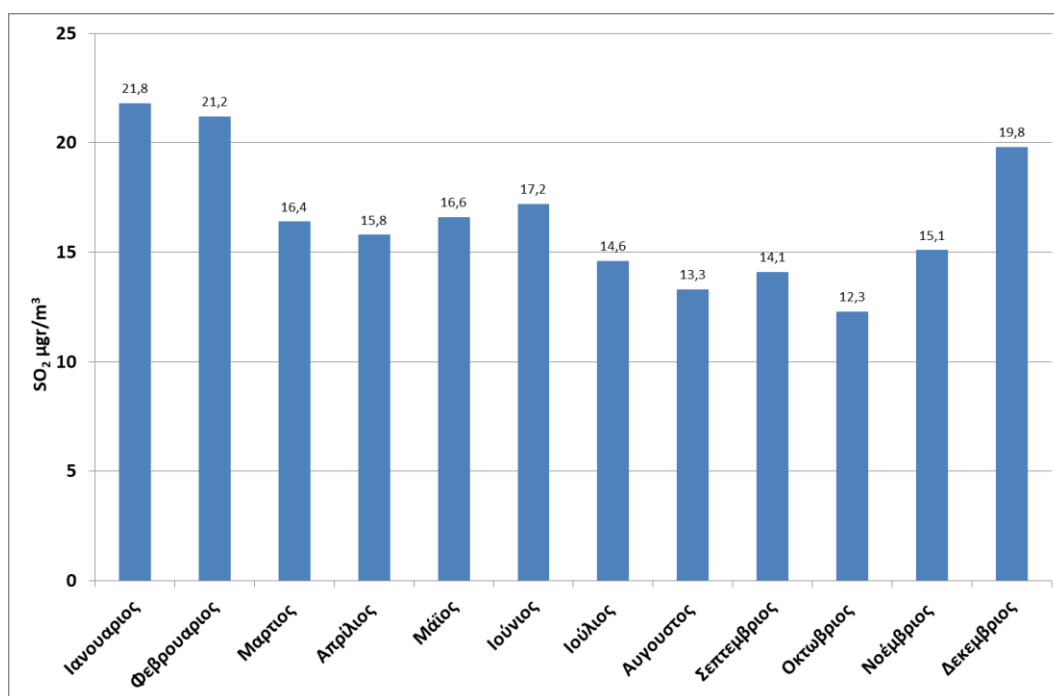
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Μήνα/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά μήνα σε κάθε σταθμό(μg/m³)



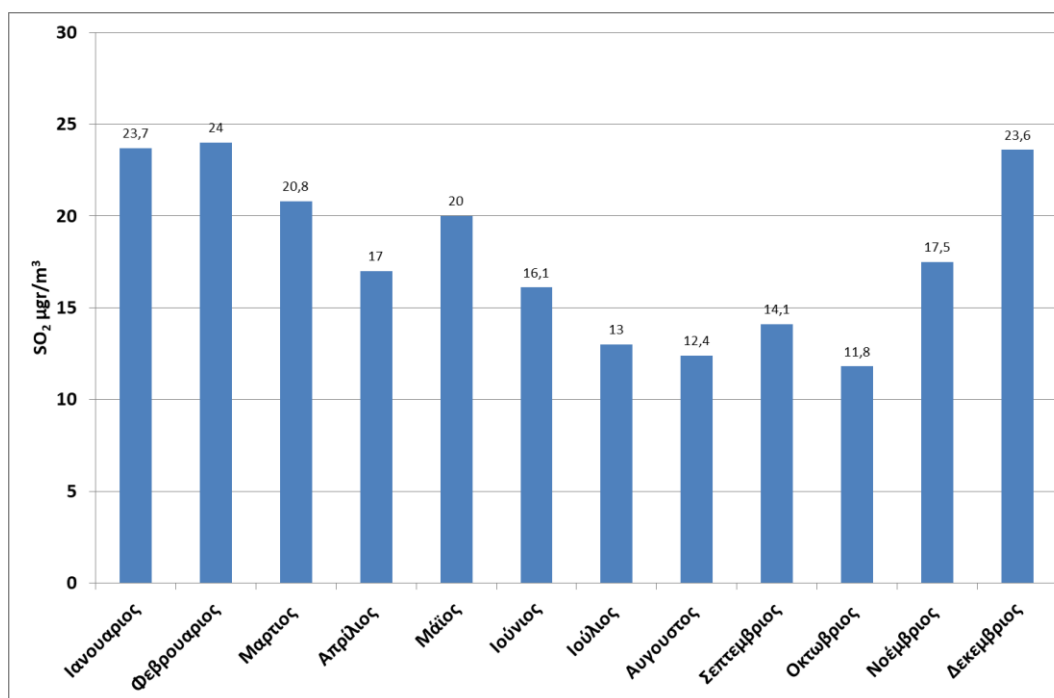
Διάγραμμα 93. Σταθμός Αθηνάς -Μηνιαία κλίμακα



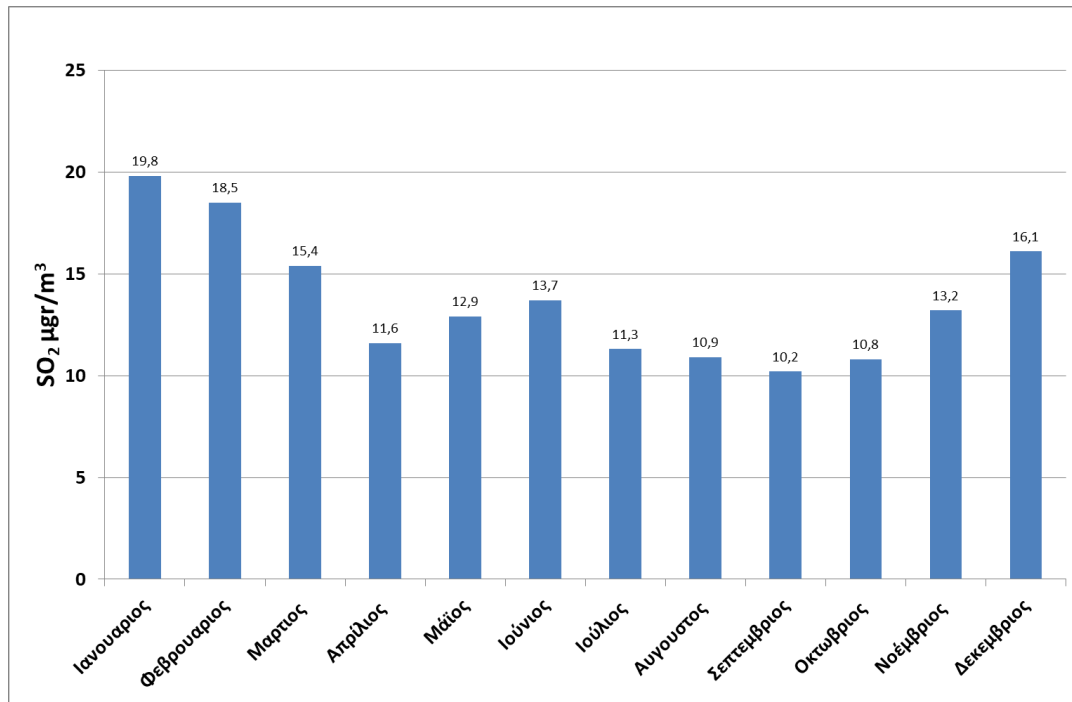
Διάγραμμα 94. Σταθμός Ελευσίνα-Μηνιαία κλίμακα



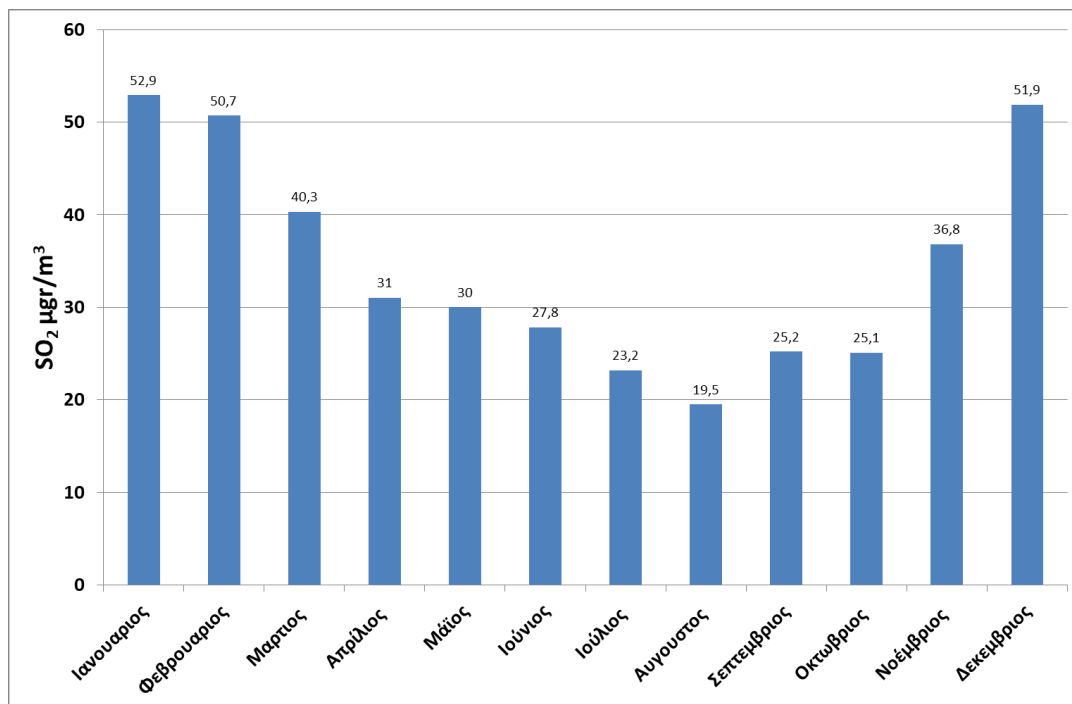
Διάγραμμα 95. Σταθμός Γεωπονική-Μηνιαία κλίμακα



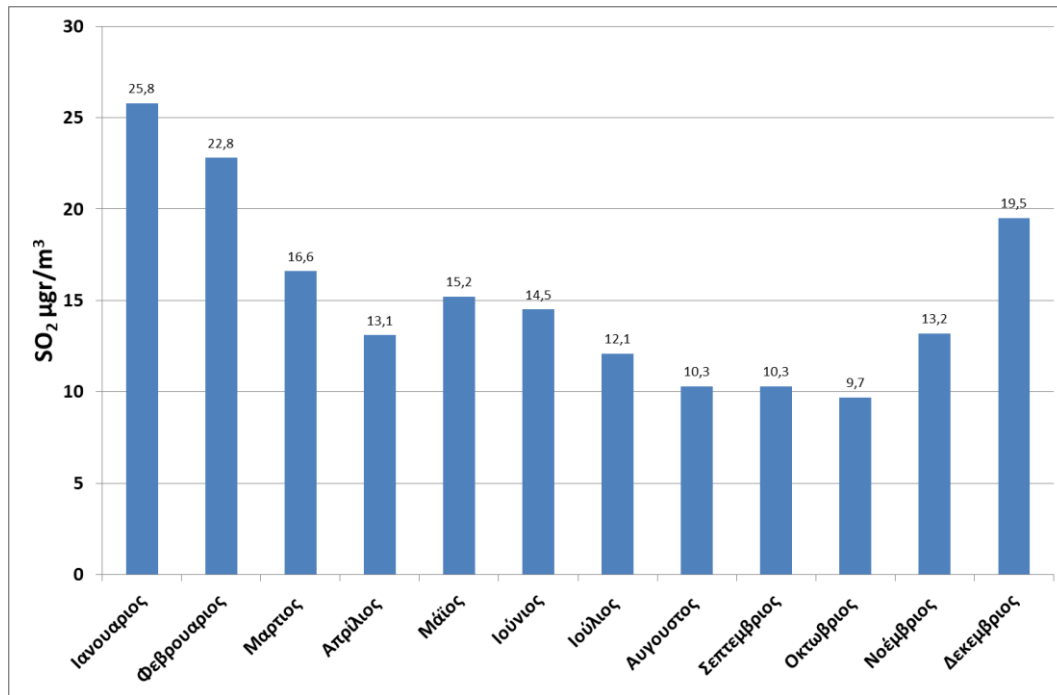
Διάγραμμα 96. Σταθμός Λιόσια-Μηνιαία κλίμακα



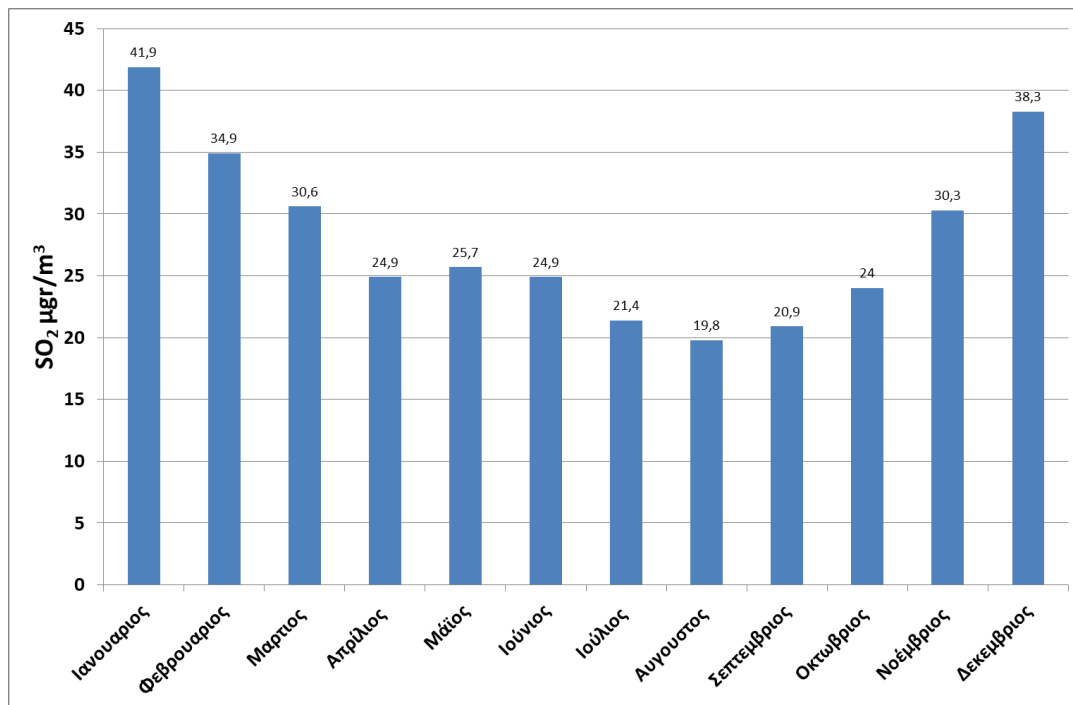
Διάγραμμα 97. Σταθμός Μαρούσι-Μηνιαία κλίμακα



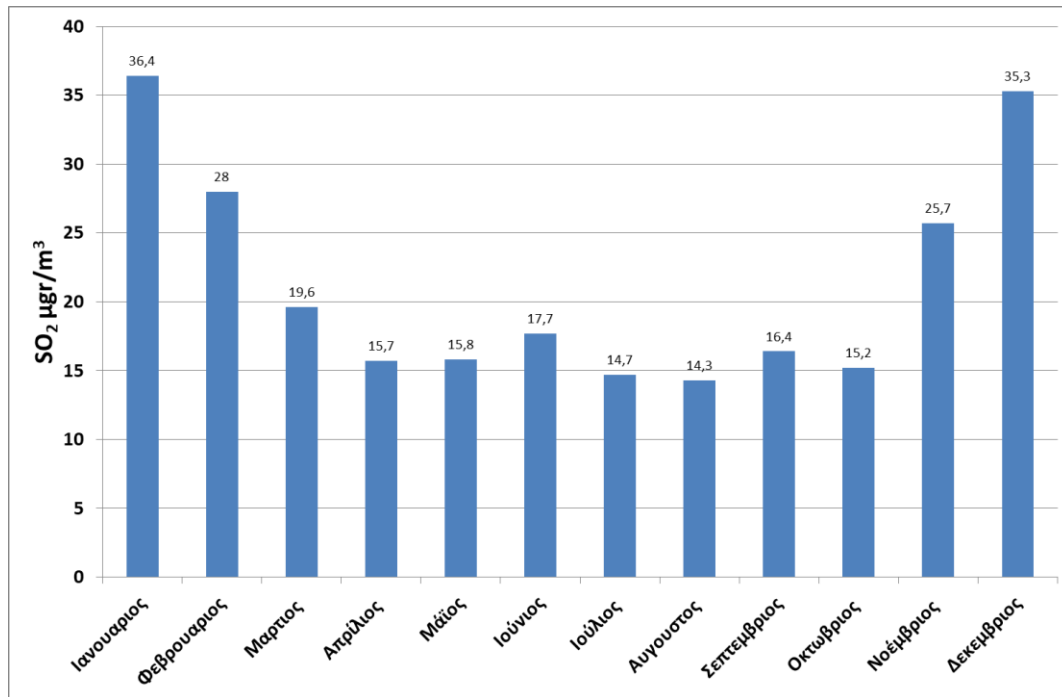
Διάγραμμα 98. Σταθμός Πατησίων-Μηνιαία κλίμακα



Διάγραμμα 99. Σταθμός Περιστερί-Μηνιαία κλίμακα



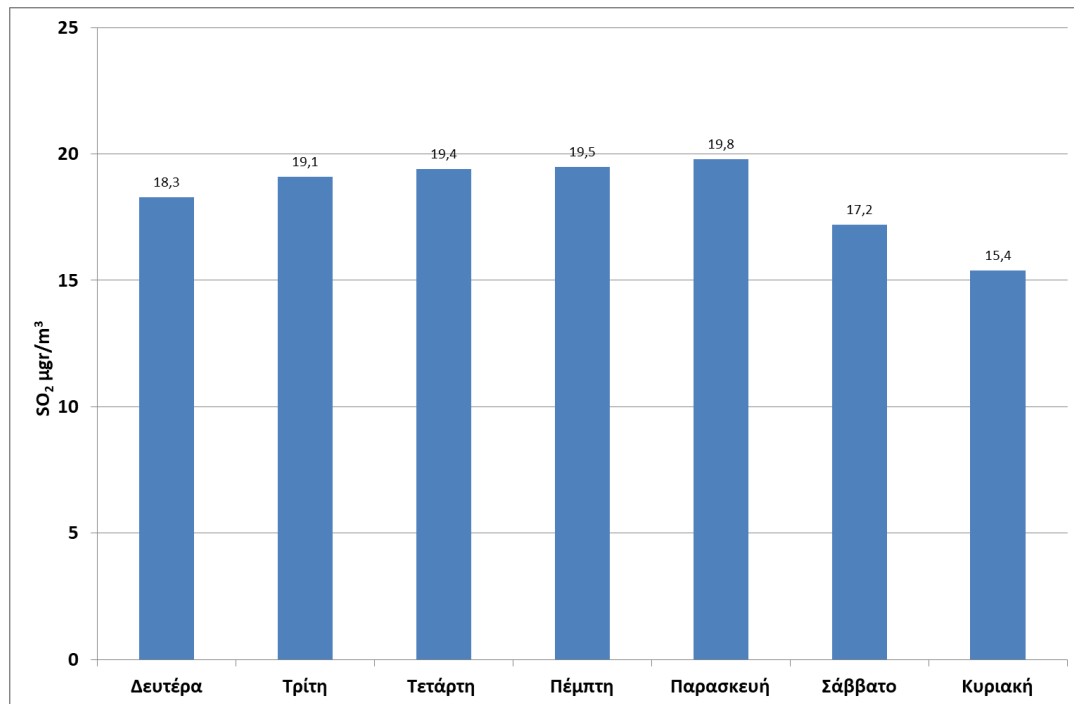
Διάγραμμα 100. Σταθμός Πειραιά-Μηνιαία κλίμακα



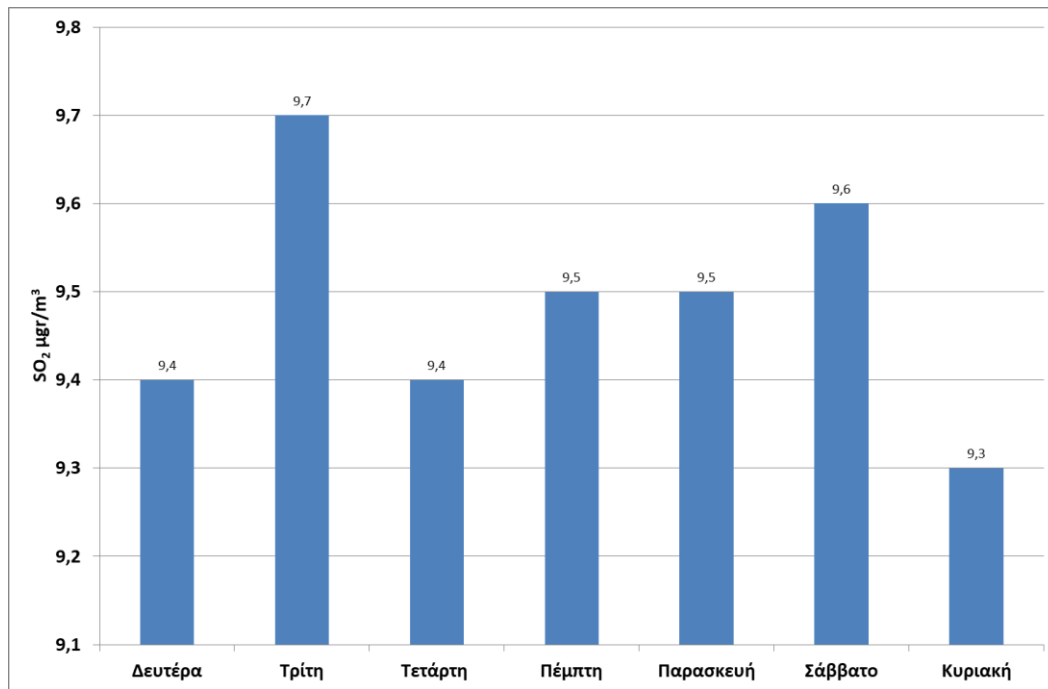
Διάγραμμα 101. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Μηνιαία κλίμακα

Σχολιασμός: Εποχικότητα εμφανίζει και το SO₂ καθώς τους καλοκαιρινούς μήνες που υπάρχει αποσυμφόρηση των αστικών κέντρων οι συγκεντρώσεις του ρύπου μειώνονται σε σημαντικό βαθμό σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες στους οποίους είναι γεμάτη κόσμος η πόλη της Αθήνας. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο της διπλωματικής, οι μεταφορές έχουν ξεπεράσει κατά πολύ τη βιομηχανία ως ο κύριος παράγοντας έκλυσης του ρύπου SO₂ στην ατμόσφαιρα και γι αυτό παρατηρεί κανείς ότι όσο λιγότερος κόσμος βρίσκεται στην πόλη, τόσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση του ρύπου στον αέρα. Επιπλέον το πετρέλαιο θέρμανσης τους χειμερινούς μήνες συμβάλλει στην αύξηση του ρύπου στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια του χειμώνα.

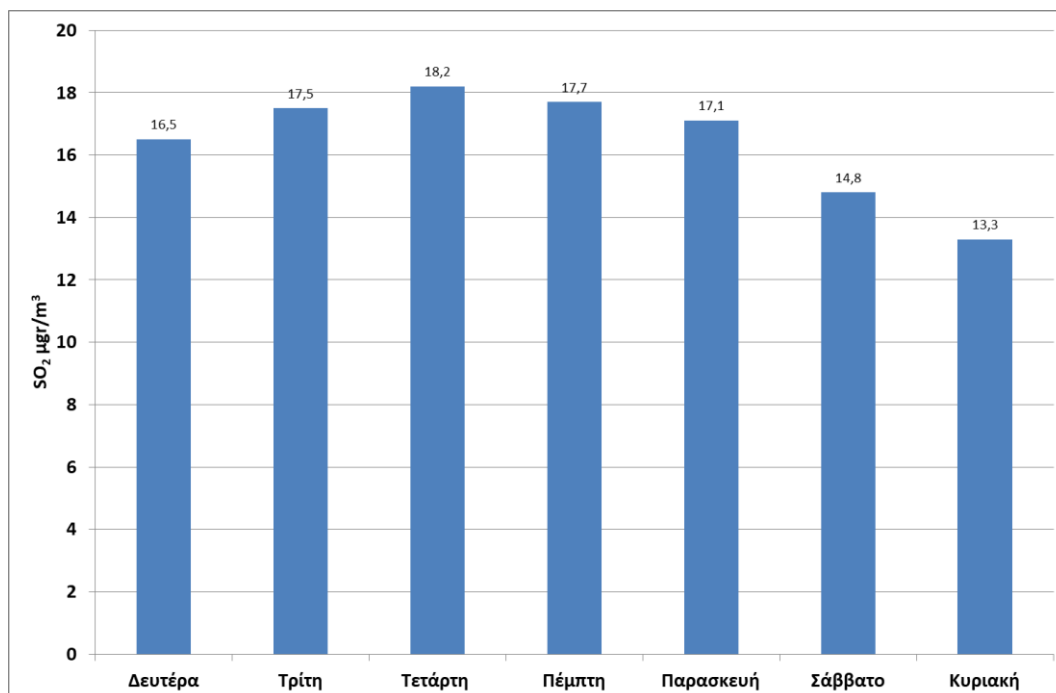
Διαγράμματα Συγκέντρωσης-Ημέρας/ Διαχρονική Εξέλιξη ανά ημέρα σε κάθε σταθμό(μg/m³)



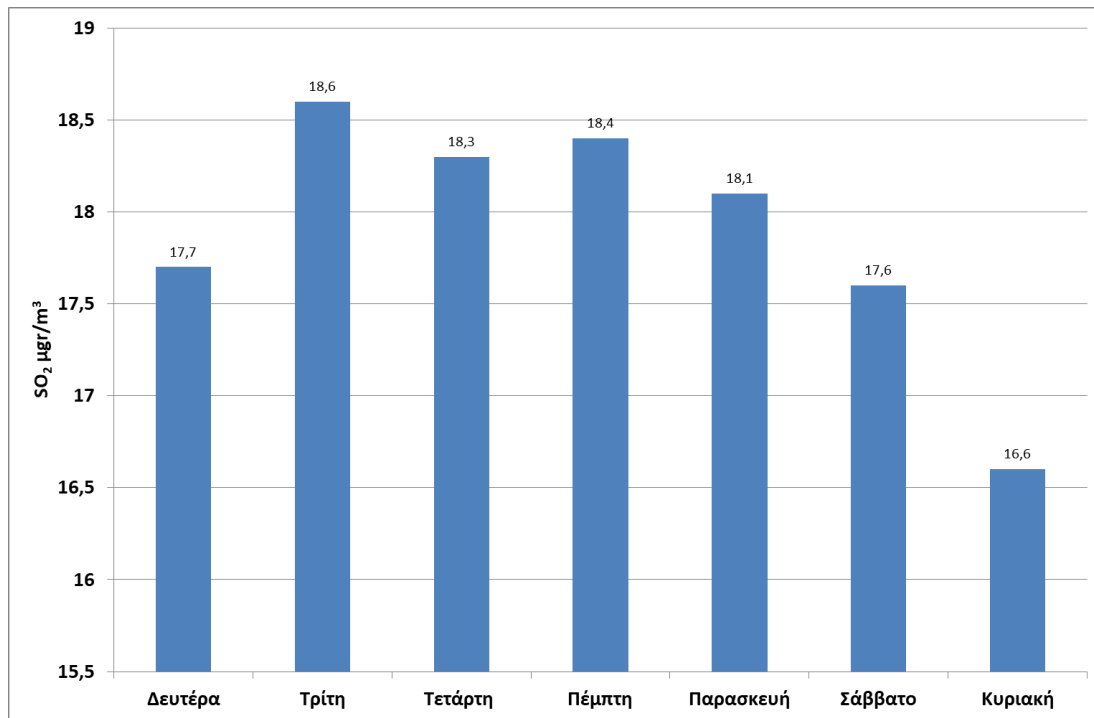
Διάγραμμα 102. Σταθμός Αθηνάς-Ημερήσια κλίμακα



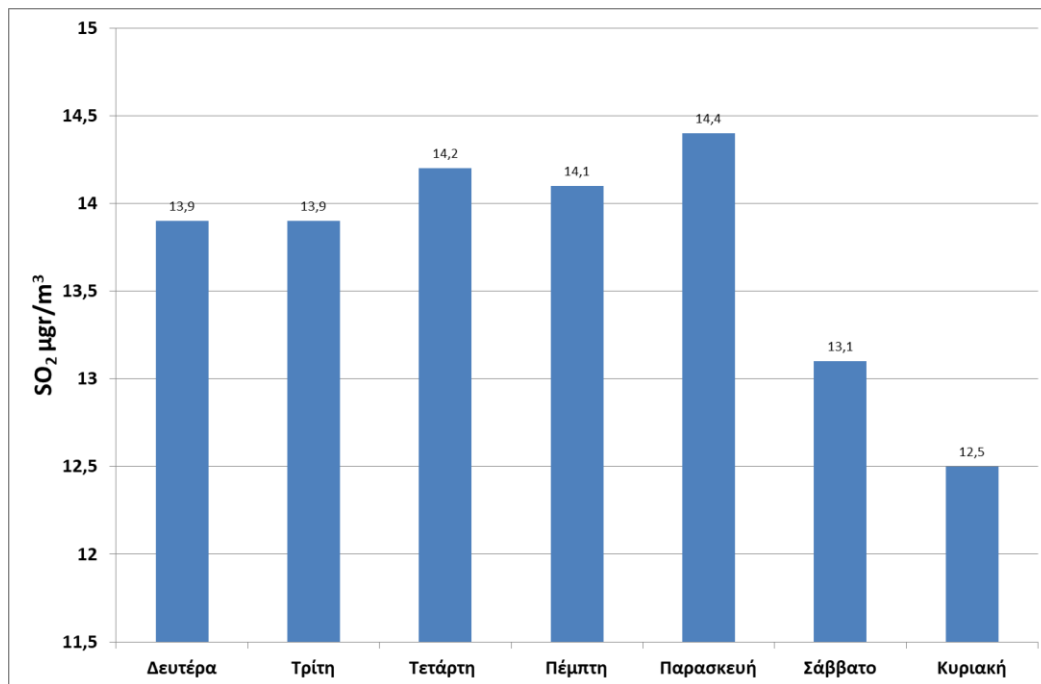
Διάγραμμα 103. Σταθμός Ελευσίνα-Ημερήσια κλίμακα



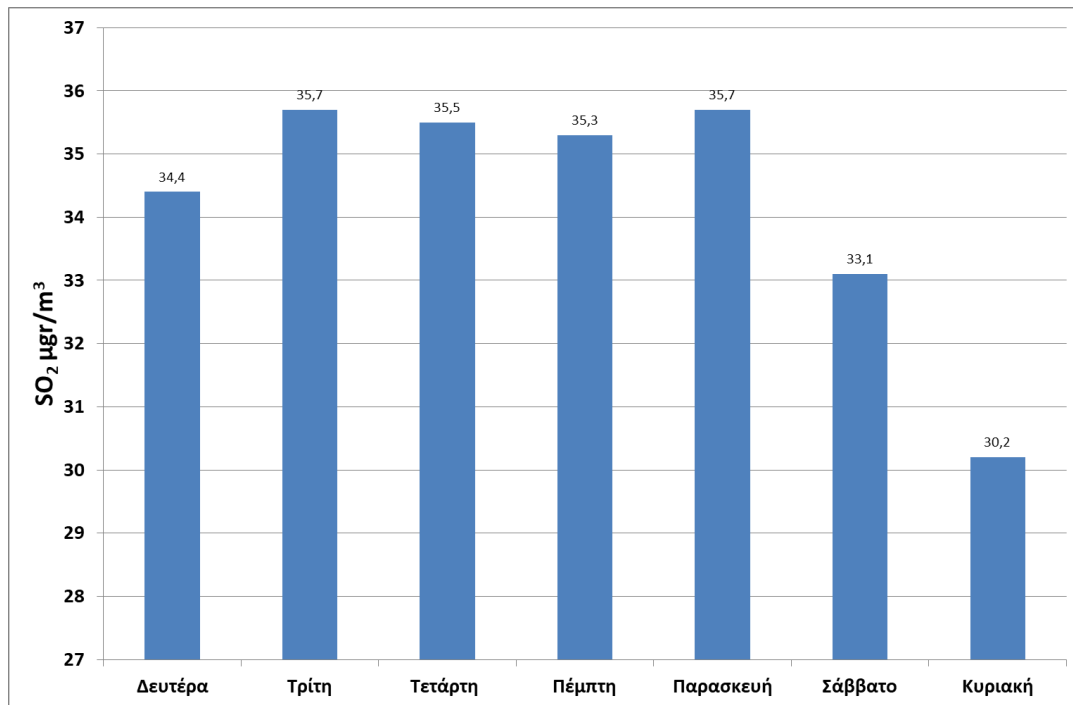
Διάγραμμα 104. Σταθμός Γεωπονική-Ημερήσια κλίμακα



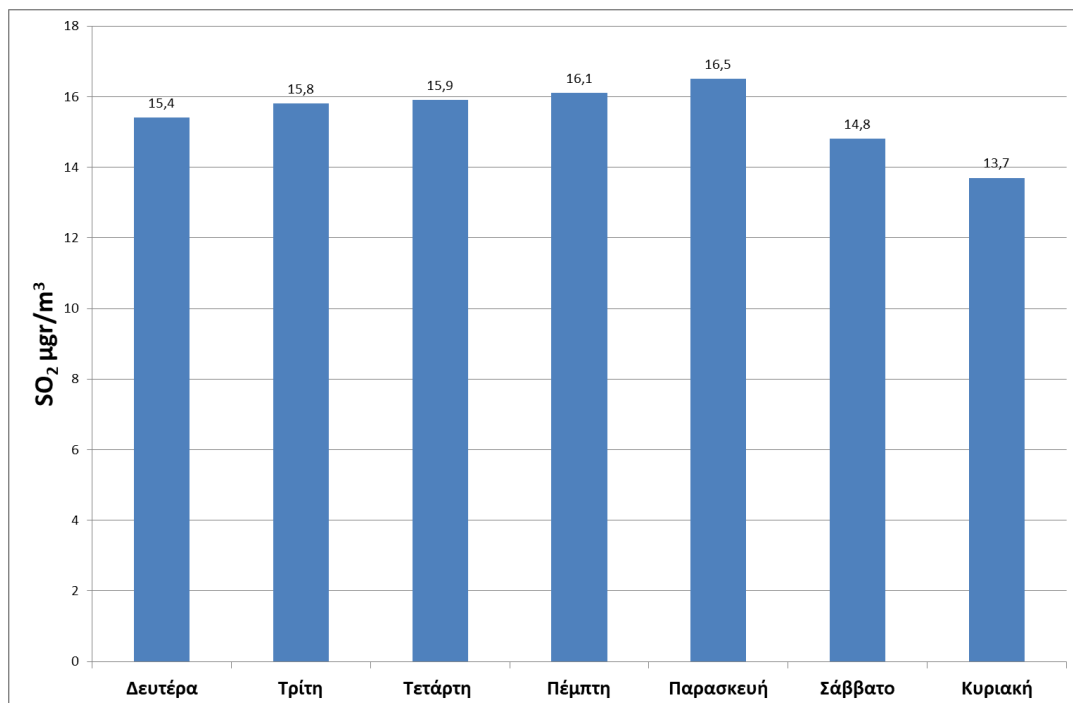
Διάγραμμα 105. Σταθμός Λιόσια-Ημερήσια κλίμακα



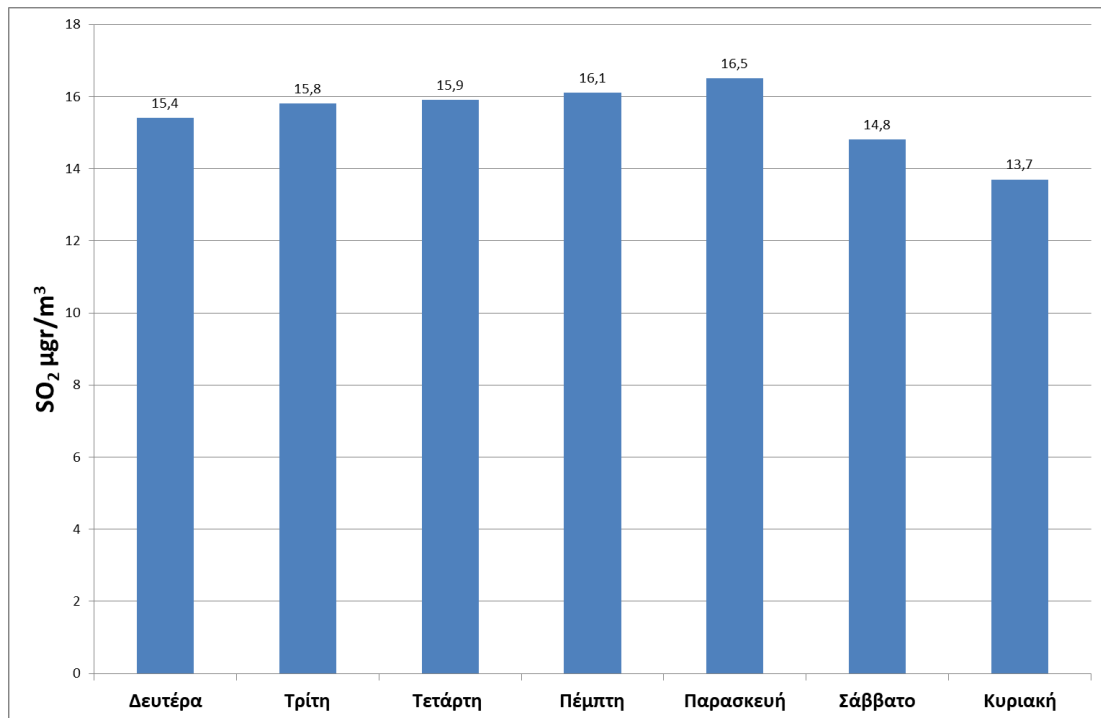
Διάγραμμα 106. Σταθμός Μαρούσι-Ημερήσια κλίμακα



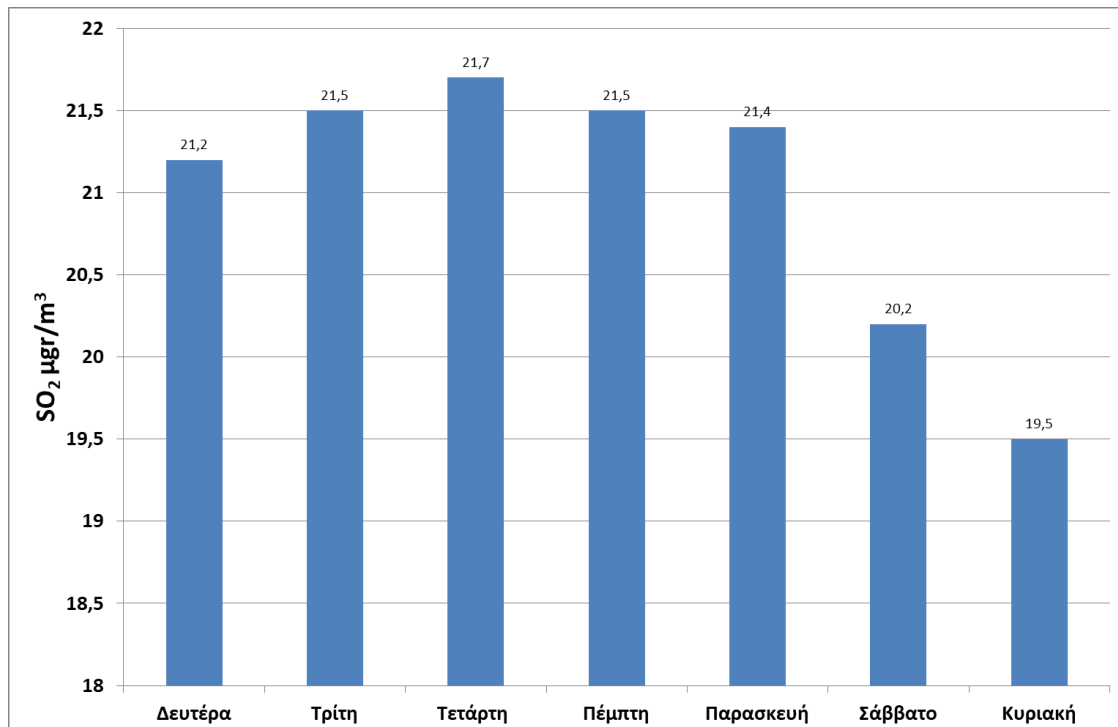
Διάγραμμα 107. Σταθμός Πατησίων-Ημερήσια κλίμακα



Διάγραμμα 108. Σταθμός Περιστερί-Ημερήσια κλίμακα



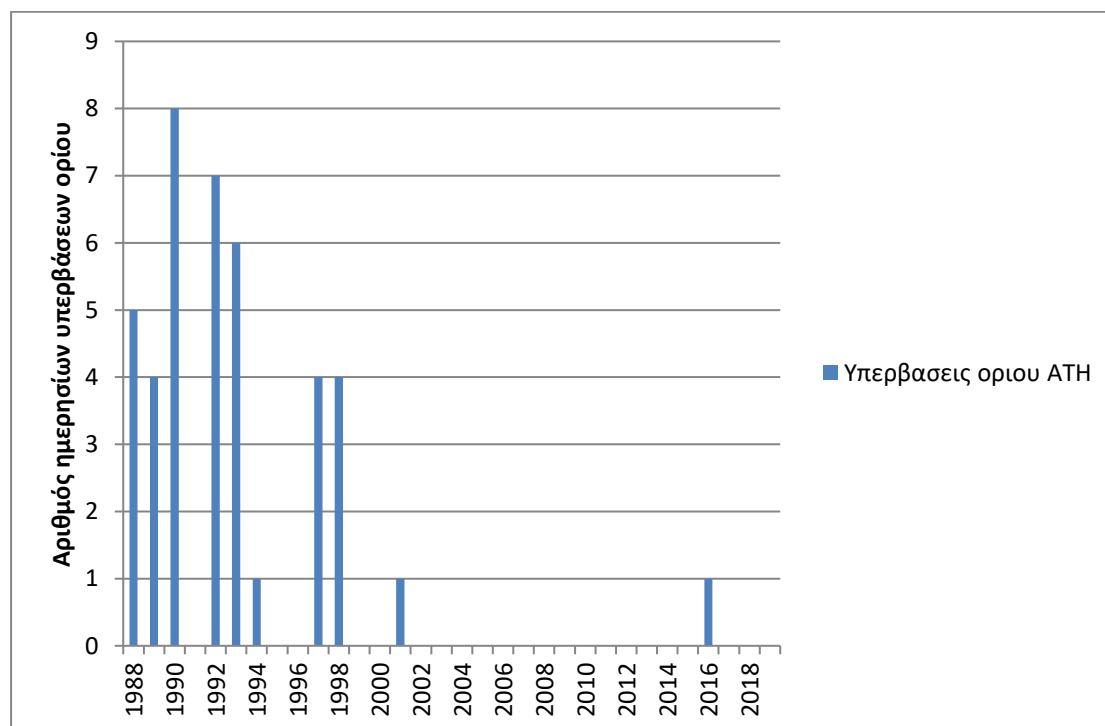
Διάγραμμα 109. Σταθμός Πειραιάς-Ημερήσια κλίμακα



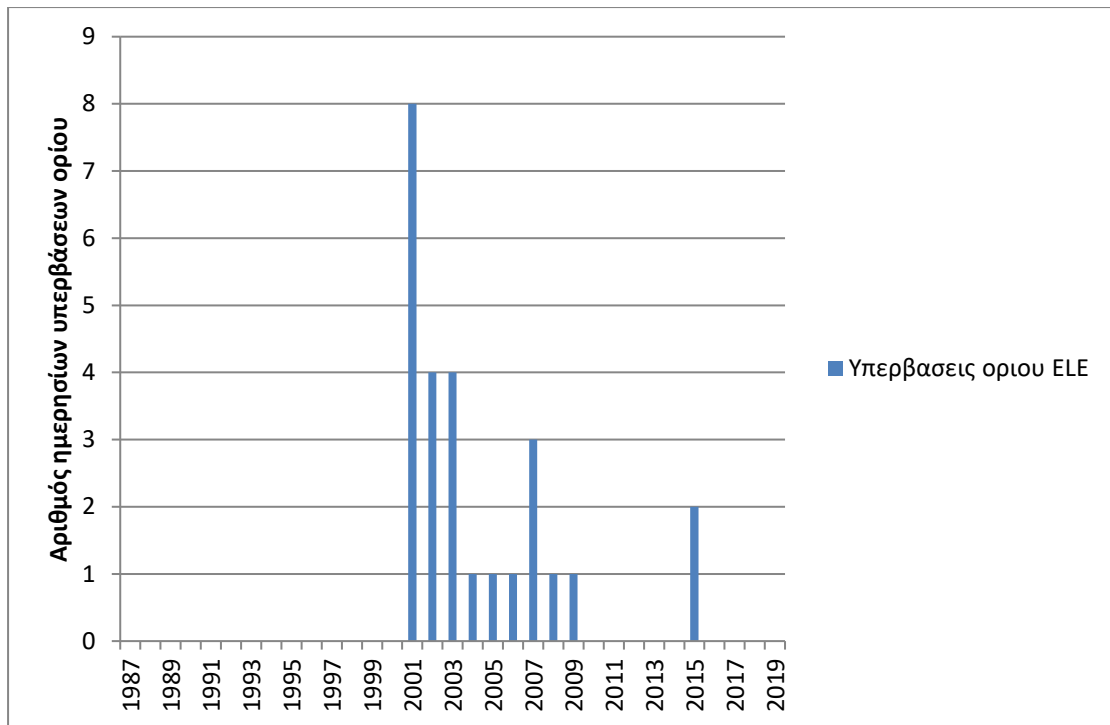
Διάγραμμα 110. Σταθμός Νέα Σμύρνη-Ημερήσια κλίμακα

Σχολιασμός: Παρατηρώντας τα διαγράμματα ημερήσιας διακύμανσης του διοξειδίου του θείου προκύπτει το συμπέρασμα, πως στις εργάσιμες ημέρες οι συγκεντρώσεις του ρύπου είναι σε υψηλά επίπεδα λόγω των μετακινήσεων του κόσμου και στο τέλος της εβδομάδας που υπάρχει μία μειωμένη κινητικότητα, η συγκέντρωση του ρύπου μειώνεται σημαντικά. Τη μόνη διαφοροποίηση εμφανίζουν οι μετρήσεις του σταθμού της Ελευσίνας στον οποίο τα μέγιστα παρατηρούνται την Τρίτη και το Σάββατο.

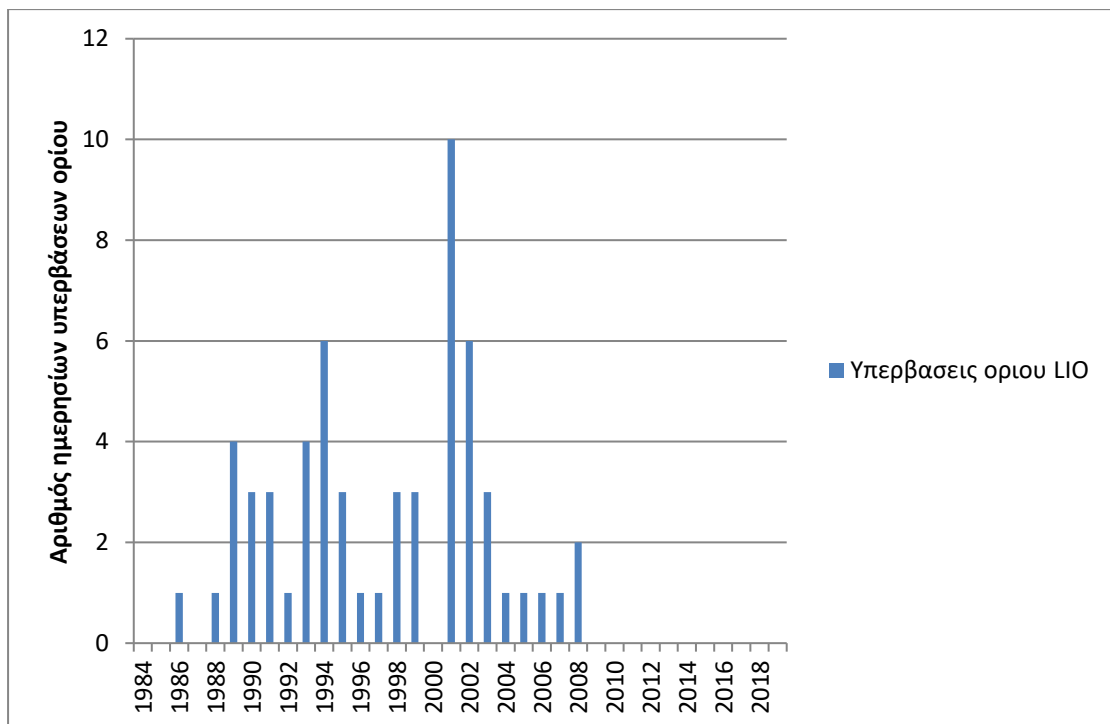
Διαγράμματα ημερών υπέρβασης ορίου ανά σταθμό



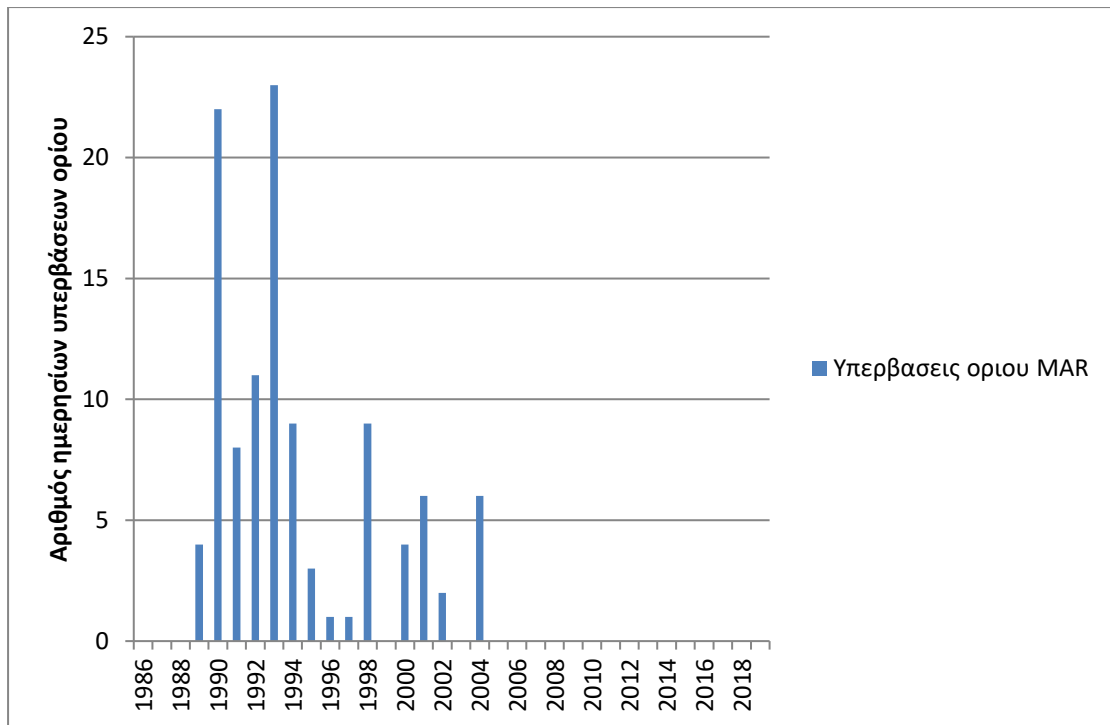
Διάγραμμα 111.. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Αθηνάς



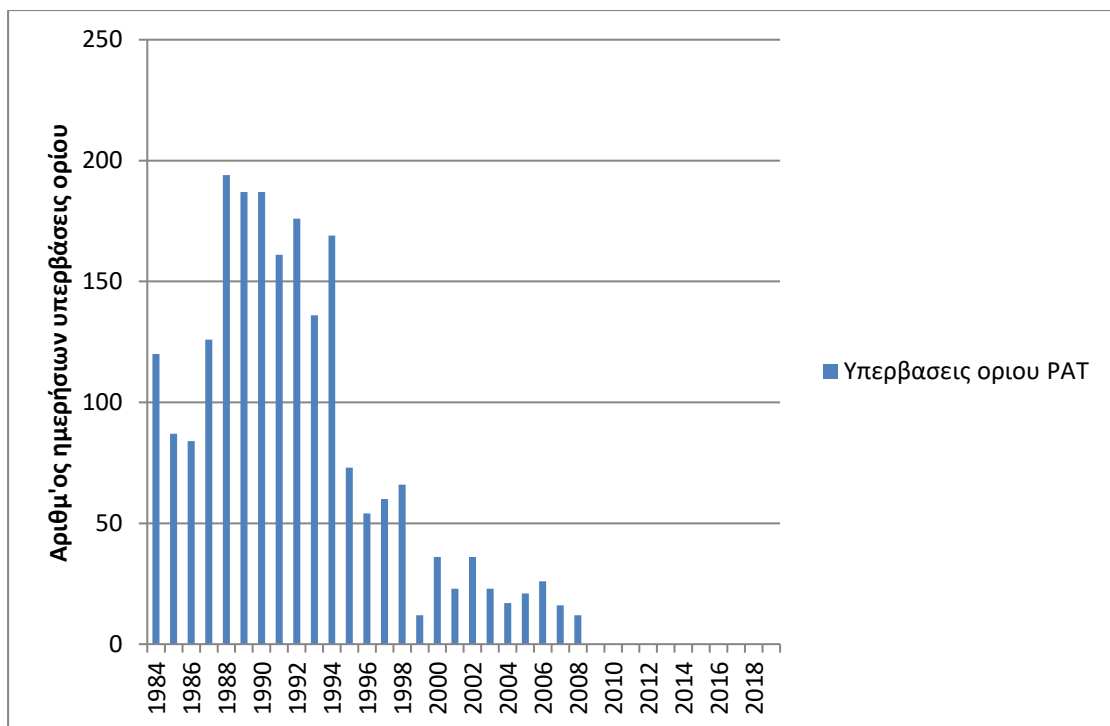
Διάγραμμα 112. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Ελευσίνας



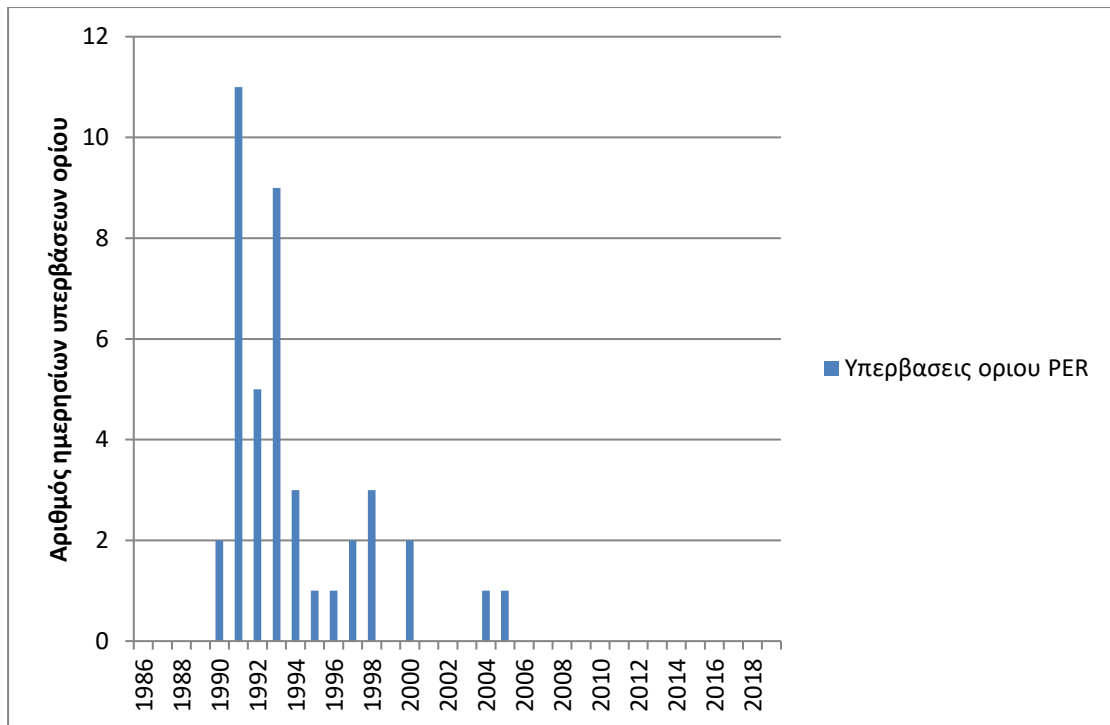
Διάγραμμα 113. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Λιόσια



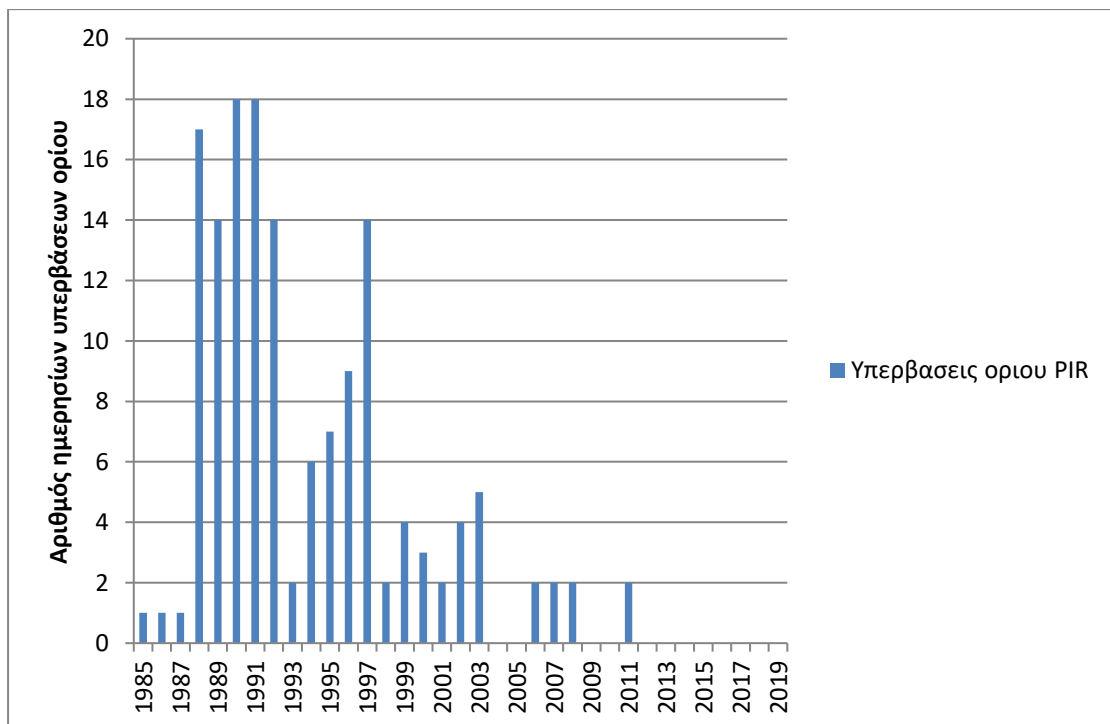
Διάγραμμα 113. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Μαρούσι



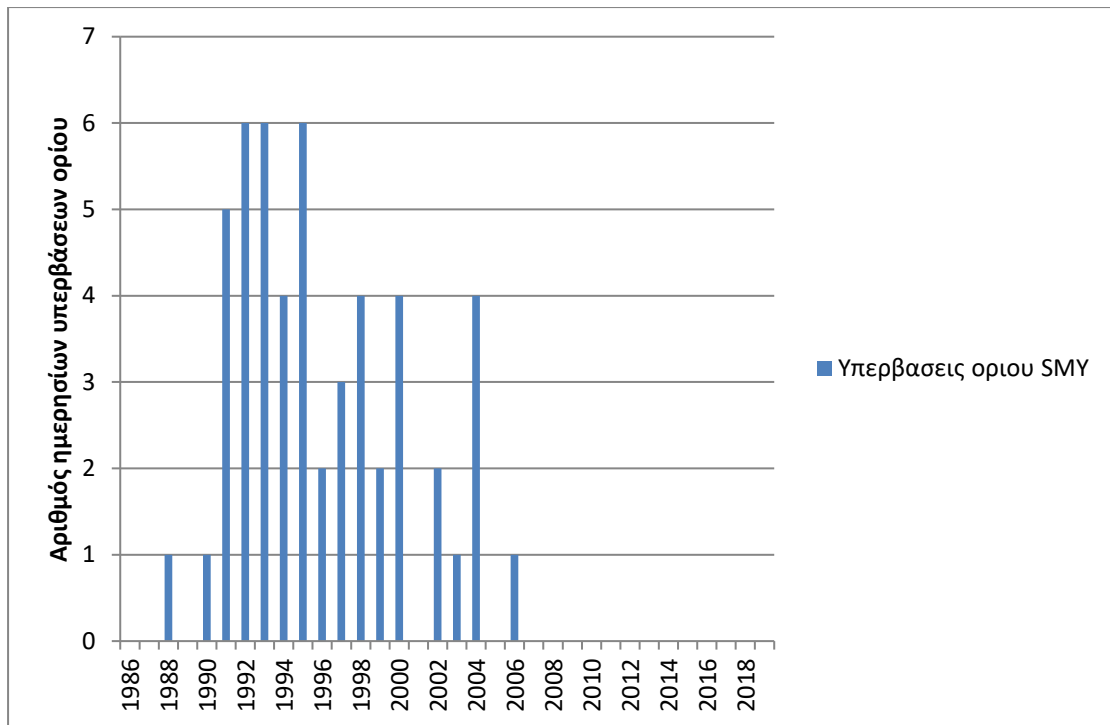
Διάγραμμα 114. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Πατησίων



Διάγραμμα 115. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Περιστερί



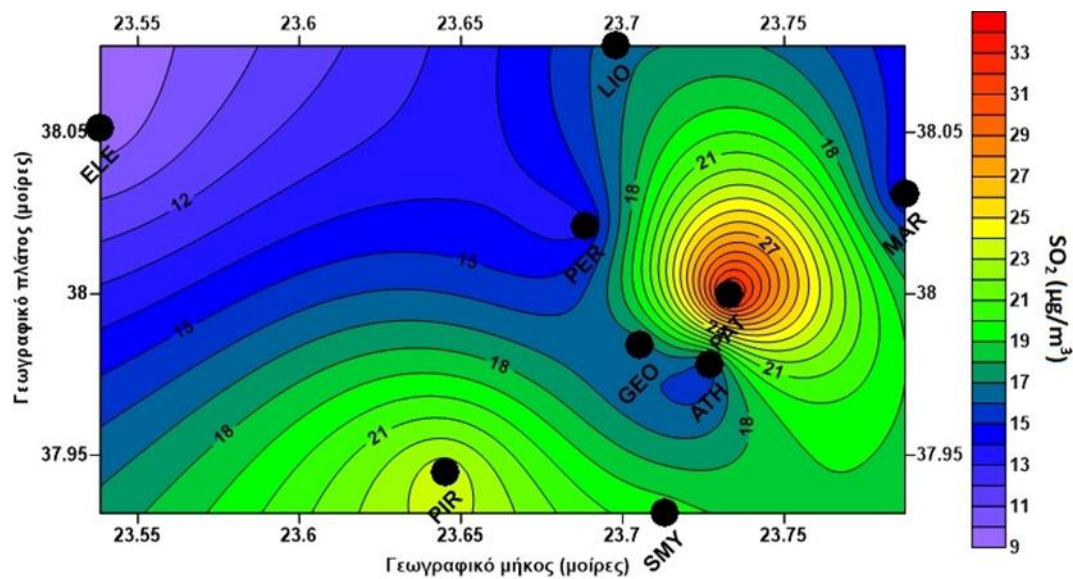
Διάγραμμα 116. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Πειραιά



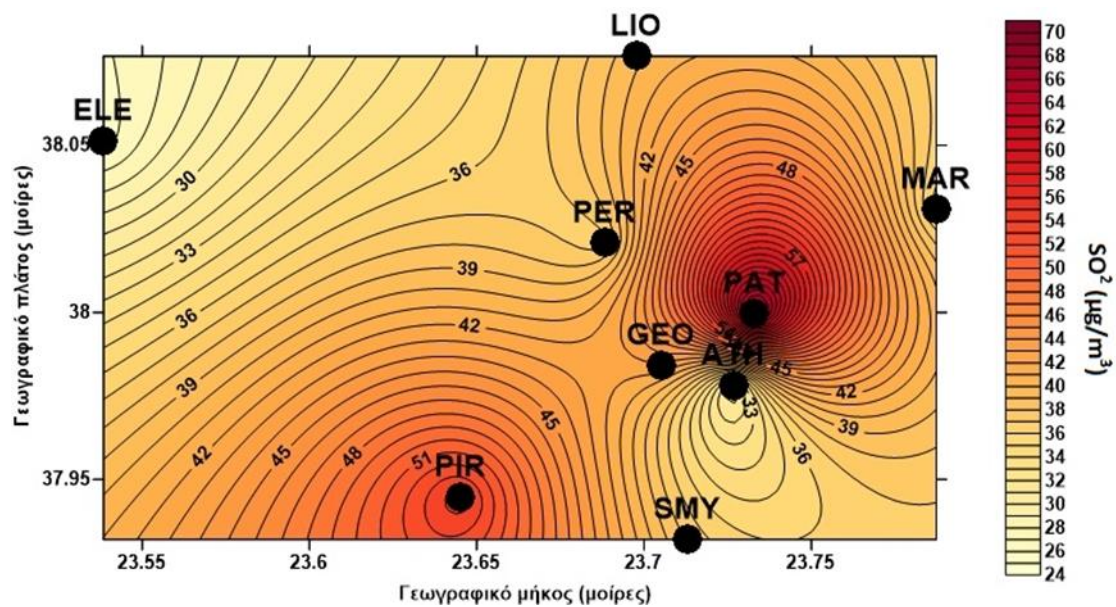
Διάγραμμα 118. Αριθμός υπερβάσεων ορίου προστασίας ανά έτος για [SO₂] στο σταθμό Νέας Σμύρνης

Σχολιασμός: Όπως αποτυπώνεται από τα διαγράμματα των υπερβάσεων SO₂ ότι έως και το 2010 εμφανίζονται αρκετές υπερβάσεις του ορίου του ρύπου, αλλά στην συνέχεια δεν σημειώνονται άλλες υπερβάσεις. Αυτό οφείλεται στα μέτρα που εφαρμόστηκαν στην αλλαγή της ποιότητας του πετρελαίου κίνησης και θέρμανσης. Καθώς επίσης στην παγκόσμια οικονομική κρίση που εμφανίστηκε τα έτη 2008-2009, η οποία συνέβαλε στο να ελαχιστοποιήσει ο πληθυσμός τις μετακινήσεις του.

Διαγράμματα από μέθοδο Kriging



Σχήμα 5. Μέσες ωριαίες συγκεντρώσεις SO₂.



Σχήμα 6. Μέσες απολύτως μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις SO₂.

Σχολιασμός: Από τα διαγράμματα χωρικής κατανομής του διοξειδίου του θείου, τα οποία δημιουργήθηκαν μέσω της μεθόδου Kriging, παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο σταθμοί Πατησίων και Πειραιάς στους οποίους υφίστανται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του ρύπου SO₂ και ακολουθούν οι περιοχές οι οποίες βρίσκονται κοντά σε αυτές Αθηνάς, Γεωπονικής και Περιστέρι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τα δεδομένα που λήφθηκαν μέσω των σταθμών μέτρησης της συγκέντρωσης των τριών υπό μελέτη ρύπων για την Ευρύτερη περιοχή της Αθήνας είναι τα εξής:

- Για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τόσο η χρονική όσο και η χωρική διακύμανση της συγκέντρωσης του, δείχνουν πως δεν αποτελούν πρόβλημα για την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Αυτό συμπεραίνεται καθώς σε κανέναν σταθμό οι μετρήσεις του ρύπου δεν έχουν ξεπεράσει τα $10\text{mg}/\text{m}^3$ κατά μέσο όρο το οποίο έχει θεσπιστεί ως όριο για την προστασία της υγείας. Οι περισσότερες υπερβάσεις παρατηρήθηκαν στο σταθμό Πατησίων το έτος 1984 με σύνολο 37 υπερβάσεις, ενώ το τελευταίο έτος στο οποίο υπάρχει υπέρβαση του ορίου, είναι το 2001 με 1 συνολικά υπέρβαση. Αυτός ο σταθμός είναι στο πιο κεντρικό σημείο, οπότε θεωρείται και λογικό να έχει τις περισσότερες υπερβάσεις του ορίου. Σε ετήσιο επίπεδο ο μέσος όρος της συγκέντρωσης του ρύπου δεν ξεπερνά το $8,8\text{ mg}/\text{m}^3$, σε μηνιαίο επίπεδο δεν ξεπερνάει τα $4,9\text{ mg}/\text{m}^3$ ενώ σε ημερήσιο επίπεδο η μέση τιμή δεν ξεπερνάει τα $4,2\text{ mg}/\text{m}^3$. Το γεγονός επίσης πως η πορεία που ακολουθεί χρονικά η συγκέντρωση του ρύπου είναι πτωτική, συνεπάγεται ότι δεν αποτελεί κίνδυνο για την δημόσια υγεία στο άμεσο μέλλον.
- Για το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), η χωροχρονική εξέλιξη του ρύπου δείχνει πως αυτός ο ρύπος αποτελεί τον ρυπαντή με την μικρότερη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας. Οι περισσότερες υπερβάσεις ορίου πραγματοποιούνται στο σταθμό Πατησίων με συνολικά 167 ημέρες υπέρβασης για το έτος 1990. Μπορεί να παρατηρηθεί με ευκολία από τα διαγράμματα υπερβάσεων του θεσπισμένου ορίου πως οι περισσότερες υπό εξέταση περιοχές μετά το 2010, δηλαδή το έτος στο οποίο η ΕΕ θέσπισε τις μηδενικές ημέρες υπέρβασης του ορίου, δεν εμφανίζουν υπερβάσεις εκτός από τις περιοχές Μαρούσι και Νέα Σμύρνη οι οποίες δεν εμφανίζουν μετά το 2017 υπέρβαση. Επίσης και η περιοχή των Πατησίων, όπου εκεί συναντάται η μεγαλύτερη κυκλοφοριακή συμφόρηση, το 2019 εμφανίζει 1 μόνο υπέρβαση ορίου μέσα στο έτος και μέσω των διαγραμμάτων Kriging φαίνεται πως εκεί είναι το κέντρο από το οποίο εκλύεται το μεγαλύτερο κομμάτι του ρύπου NO_2 . Επίσης ο μέσος όρος συγκέντρωσης του ρύπου δεν ξεπερνάει τα $120\text{ }\mu\text{gr}/\text{m}^3$ σε ετήσιο επίπεδο, σε μηνιαίο επίπεδο δεν ξεπερνάει τα $106,9\text{ }\mu\text{gr}/\text{m}^3$ και σε ημερήσιο τα $94,9\text{ }\mu\text{gr}/\text{m}^3$. Λόγω της πτωτικής πορείας και σε αυτή την περίπτωση μπορεί να υποτεθεί πως δεν θα αποτελέσει πρόβλημα για την υγεία μελλοντικά αυτός ο ρύπος
- Για το διοξείδιο του θείου (SO_2) η χωροχρονική εξέλιξη του ρύπου παρουσιάζει και εδώ μία πτωτική τάση με τον σταθμό στη Πατησίων να αποτελεί και σε αυτό το ρύπο το σημείο με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις του ρύπου, καθώς και με τις περισσότερες υπερβάσεις του ορίου υγείας. Για

το έτος 1988 στο σταθμό Πατησίων οι υπερβάσεις ορίου εμφανίζουν το μέγιστο με συνολικά 194 υπερβάσεις, ενώ από το έτος 2009 και μετά δεν εμφανίζεται καμία υπέρβαση, με το 2008 12 ημέρες στις οποίες η συγκέντρωση υπερέβη το όριο. Γενικότερα, σε ετήσιο επίπεδο η μέση τιμή συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου δεν ξεπερνά τα 88,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, σε μηνιαίο επίπεδο τα 52,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ σε ημερήσιο επίπεδο η τιμή δεν φτάνει πάνω από τα 35,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Η πρωτική πορεία των συγκεντρώσεων των ρύπων οφείλεται σε νόμους που λήφθηκαν από την πολιτεία καθώς επίσης και σε μέτρα αντιρύπανσης που εφαρμόστηκαν συνέβησαν τα τελευταία 30 χρόνια στα οποία γίνεται η μελέτη αυτή. Αυτά είναι τα εξής:

1. Πραγματοποιήθηκε απόσυρση των παλιών μοντέλων των αυτοκινήτων (1/1/1991) τα οποία δεν χρησιμοποιούσαν καταλυτικό μετατροπέα. Το μέτρο της απόσυρσης και της αντικατάστασης των αυτοκινήτων συνέβαλε στο να μειωθούν σημαντικά με την πάροδο των ετών οι συγκεντρώσεις των υπό μελέτη ρύπων [17].
2. Το 1984 σταματάει οριστικά η λειτουργία του εργοστασίου φωταερίου Γκάζι της Αθήνας το οποίο φώτιζε με φωταέριο κυρίως το κέντρο της Αθήνας. Το φωταέριο που παραγόταν στους φούρνους περιείχε διάφορα συστατικά. Τα κυριότερα από αυτά ήταν η πίσσα, η αμμωνία, η ναφθαλίνη και το υδρόθειο [18].
3. Λειτουργήσε για πρώτη φορά η Αττική οδός (24/6/2004) και επέφερε την κυκλοφοριακή αποσυμφόρηση του αστικού κέντρου, με αποτέλεσμα να μειωθεί ο χρόνος κυκλοφορίας των μέσων μεταφοράς καθώς μειώθηκε ο χρόνος που χρειαζόταν για να πάνε πολλοί πολίτες στην εργασία τους και γενικότερα να μετακινηθούν με αποτέλεσμα την μικρότερη παραγωγή των ρύπων [19].
4. Από το 1990 έως το 2004 ολοκληρώνονται τα έργα δημιουργίας των λεωφορειοδρόμων και των γραμμών 2 και 3 του μετρό, με αποτέλεσμα να υπάρχουν περισσότεροι τρόποι μετακίνησης του πληθυσμού με πιο φιλικούς προς το περιβάλλον τρόπους όπως είναι το μετρό, αλλά και με μείωση της χρήσης των ΙΧ, λόγω της μεγαλύτερης δυνατότητας μετακίνησης με αστικές συγκοινωνίες [19].
5. Σύμφωνα με το Ο.Α.Σ.Α. ο στόλος των παλαιών λεωφορείων άρχισε να αντικαταστατέ από το 1993 και έπειτα με οχήματα Πετρελαίου τεχνολογίας EURO I,II,III, Φυσικού Αερίου νέας τεχνολογίας EEV και ηλεκτρονικά λεωφορεία [20].
6. Ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος» λειτουργήσε το 2001 και εξυπηρετεί την Αθήνα και γενικά την Αττική Η μεταφορά του αεροδρομίου από το Ελληνικό στα Σπάτα βοήθησε στην αποσυμφόρηση του κέντρου και στην μετατόπιση της επιβατικής κίνησης μακριά από το κέντρο της Αθήνας [21].

7. Το 2009 μία οικονομική κρίση έπληξε τον κόσμο και κυρίως την Ελλάδα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει τόση κινητικότητα μέχρι να ξεπεραστεί αυτή από τον ευρύτερο πληθυσμό της χώρας έχοντας ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των μετακινήσεων.

Ενδιαφέρον αποτελεί το να γίνει μία παρόμοια έρευνα η οποία θα αξιοποιεί δεδομένα τα οποία έχουν ληφθεί από το 2019 έως το 2023 καθώς αυτά είναι τα έτη τα οποία έπληξε η πανδημία του κορονοϊού στον πλανήτη. Κατά την διάρκεια της πανδημίας το σύνολο του πληθυσμού αναγκάστηκε να μείνει σε υποχρεωτική καραντίνα. Μπορεί εύλογα να υποθέσει κανείς πως οι συγκεντρώσεις των ρύπων που μελετήθηκαν σε αυτή την διπλωματική θα έχουν μειωθεί σημαντικά κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου. Θα μπορούσε να συνεχιστεί μια αντίστοιχη έρευνα και να μελετηθεί πόσο μειώθηκαν οι συγκεντρώσεις των ρύπων και πια τα αποτελέσματα στην ποιότητα της ατμόσφαιρας. Τέλος, αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι πως αυτή η έρευνα είναι πρωτοποριακή καθώς λαμβάνει και αξιοποιεί δεδομένα τα οποία έχουν ξεκινήσει να λαμβάνονται εδώ και 30 έτη, οπότε αυτή η διπλωματική αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα για την εξέλιξη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας της Αττικής στα έτη της Μοντέρνας Ελλάδας μετά την μεταπολίτευση.

Βιβλιογραφία

1. Ευρωπαϊκή διαστημική υπηρεσία, Άρθρο για την ατμοσφαιρική ρύπανση (2020)
https://www.esa.int/SPECIALS/EduspaceGlobal_GR/SEM03T4SZLG_0.html
2. World Health Organization (2004) Protection for the Human Environment: Our Door Air Pollution
3. Ευρωπαϊκή υπηρεσία περιβάλλοντος,(2022) Άρθρο περί μόλυνσης του αέρα και στάση της Ευρώπης.<https://pollution.ww.eea.europa.eu/el/themes/air/intro> accessed 20-08-2022
4. Envirotech, Air monitoring news. <https://www.envirotech-online.com/news/air-monitoring/6/breaking-news/what-are-the-different-types-of-air-/56994> accessed 20-08-2022
5. Meteo (2021) Άρθρο για την αιθαλομίχλη<https://northmeteo.gr/smog-th-other-half-of-truth/> accessed 20-08-2022
6. Τα Νέα (2018) Αιθαλομίχλη πνίγει την Αθήνα <https://www.ta.nea.gr/>, accessed 20-07-2022
7. European Environmental Agency (EEA): Air pollution fact sheet 2012 Greece
8. European Environmental Agency (EEA): Air quality in Europe – 2013 report ISSN 1725-9177 No 9/2013
9. Εμμανουέλα Ρεμουντάκη Επικ. Καθηγήτρια Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, (Αθήνα 2010),Οδηγός για το Περιβάλλον: Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση WWF. <https://www.contentarchive.wwf.gr/images/>
10. Health impacts of air pollution in Europe, 2021 <https://eea.europa.eu/>, accessed 29-07-2022
11. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council (2008) On ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal of the European Union, L 152/1-43
12. Εκδόσεις ΟΡΑΜΑ (2009) – Χάρτες & Ταξιδιωτικοί Οδηγοί «Λεκανοπέδιο Αττικής» <https://www.oramaeditions.gr> accessed 20-07-2022
13. HSA, Hellenic Statistical Authority, (2021). www.statistics.gr, accessed 20-07-2022 Census 2011
14. Meteo, (2021) <https://www.meteo.gr/>, accessed 20-07-2022
15. ΗΜΕΕ, Hellenic Ministry of Environment and Energy, (2021). ypen.gov.gr, accessed 20-07-2022
16. ΗΠΕΝ, ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, (2020). <https://ypen.gov.gr>, accessed 20-07-2022
17. ΦΕΚ.2/Β/3.1.1991 Φορολογικά κίνητρα για την απόσυρση αυτοκινήτων συμβατικής τεχνολογίας.
18. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΩΤΑΕΡΙΟΥ <https://gasmuseum.gr/> accessed 20-08-2022
19. ΑΤΤΙΚΙ ΟΔΟΣ. (<https://www.aodos.gr> accessed 28 July 2022)
20. Athens Public Transport Organization (O.A.S.A.) (<https://www.oasa.gr> accessed 2 July 2022)
21. Athens International Airport (O.A.S.A.) (<https://www.aia.gr> accessed 20/8/2022)

22. Σημειώσεις Εργαστηρίου Μηχανικής Υδρολογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (<https://users.auth.gr/vmarios/courses/engineeringhydrology> accessed 20/8/ 2022)

23.