

ΠΜΣ: «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

«Στατιστικά στοιχεία ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα  
για τα έτη 2002-2019»



**Νικολόπουλος Νικόλαος**

Υπεύθυνος Καθηγητής: Αδαμόπουλος Αναστάσιος



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ  
ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΤΗ 2002-2019»

Επιβλέπων Καθηγητής: Αδαμόπουλος Αναστάσιος

Η Τριμελής Επιτροπή

Γεώργιος Βαρελίδης

Μαρία Σίνου

Αδαμόπουλος Αναστάσιος

### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Νικολόπουλος Νικόλαος του Πέτρου με αριθμό μητρώου 128, φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένες Πολιτικές & Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος» του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής 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

N. Νικολόπουλος

# Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ .....	7
1.1. Έννοια της Ατμόσφαιρας .....	7
1.2. Κατακόρυφη δομή ατμόσφαιρας .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ .....	10
2.1. Έννοια Ατμοσφαιρικού Ρύπου .....	10
2.2. Επιπτώσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης .....	10
2.3. Πηγές Ατμοσφαιρικών Ρύπων .....	12
2.4. Κύριοι Ατμοσφαιρικοί Ρύποι .....	12
2.4.1. Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) .....	12
2.4.2. Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ) .....	13
2.4.3. Οξείδια του αζώτου (NO <sub>x</sub> ) .....	14
2.4.4. Όζον (O <sub>3</sub> ) .....	15
2.4.5. Αιωρούμενα Σωματίδια (PM) .....	16
2.4.6. Βενζόλιο (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΥΠΩΝ .....	18
3.1. Σταθμοί μέτρησης .....	18
3.2. Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης .....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....	21
4.1. Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του θείου (SO <sub>2</sub> ) ανά σταθμό .....	21
4.1.1. Μέση Τιμή .....	21
4.1.2. Μέγιστη Τιμή .....	24
4.1.3. Διάμεση Τιμή .....	27
4.2. Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) ανά σταθμό .....	30
4.2.1. Μέση Τιμή .....	30
4.2.2. Μέγιστη Τιμή .....	33
4.2.3. Διάμεση Τιμή .....	36
4.3. Διαχρονική μεταβολή μονοξειδίου του αζώτου (NO) ανά σταθμό .....	39
4.3.1. Μέση Τιμή .....	39
4.3.2. Μέγιστη Τιμή .....	42
4.3.3. Διάμεση Τιμή .....	45
4.4. Διαχρονική μεταβολή Όζον (O <sub>3</sub> ) ανά σταθμό .....	48
4.4.1. Μέση Τιμή .....	48

4.4.2.	Μέγιστη Τιμή .....	51
4.4.3.	Διάμεση Τιμή .....	54
4.5.	Διαχρονική μεταβολή Μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ανά σταθμό.....	57
4.5.1.	Μέση τιμή.....	57
4.5.2.	Μέγιστη Τιμή .....	60
4.5.3.	Διάμεση Τιμή .....	63
4.6.	Διαχρονική μεταβολή Αιωρούμενων σωματιδίων (A.Σ <sub>10</sub> ) ανά σταθμό.....	66
4.6.1.	Μέση Τιμή .....	66
4.6.2.	Μέγιστη Τιμή .....	69
4.6.3.	Διάμεση Τιμή .....	72
4.7.	Διαχρονική μεταβολή Αιωρούμενων σωματιδίων (A.Σ <sub>2,5</sub> ) ανά σταθμό .....	75
4.7.1.	Μέση Τιμή .....	75
4.7.2.	Μέγιστη Τιμή .....	77
4.7.3.	Διάμεση Τιμή .....	79
4.8.	Διαχρονική μεταβολή Βενζολίου (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) ανά σταθμό .....	81
4.8.1.	Μέση Τιμή .....	81
4.8.2.	Μέγιστη Τιμή .....	83
4.8.3.	Διάμεση Τιμή .....	85
4.9.	Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του θείου (SO <sub>2</sub> ) ανά κατηγορία σταθμών .....	87
4.9.1.	Μέση Τιμή .....	87
4.9.2.	Μέγιστη Τιμή .....	88
4.9.3.	Διάμεση Τιμή .....	89
4.10.	Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του αζώτου (NO <sub>2</sub> ) ανά κατηγορία σταθμών..	90
4.10.1.	Μέση Τιμή .....	90
4.10.2.	Μέγιστη Τιμή .....	91
4.10.3.	Διάμεση Τιμή .....	92
4.11.	Διαχρονική μεταβολή μονοξειδίου του αζώτου (NO) ανά κατηγορία σταθμών	93
4.11.1.	Μέση Τιμή .....	93
4.11.2.	Μέγιστη Τιμή .....	94
4.11.3.	Διάμεση Τιμή .....	95
4.12.	Διαχρονική μεταβολή όζοντος (O <sub>3</sub> ) ανά κατηγορία σταθμών .....	96
4.12.1.	Μέση Τιμή .....	96
4.12.2.	Μέγιστη Τιμή .....	97
4.12.3.	Διάμεση Τιμή .....	98
4.13.	Διαχρονική μεταβολή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ανά κατηγορία σταθμών .....	99
4.13.1.	Μέση Τιμή .....	99

4.13.2.	Μέγιστη Τιμή .....	100
4.13.3.	Διάμεση Τιμή .....	101
4.14.	Διαχρονική μεταβολή αιωρούμενων σωματιδίων (A $\Sigma_{10}$ ) ανά κατηγορία σταθμών .	102
4.14.1.	Μέση Τιμή .....	102
4.14.2.	Μέγιστη Τιμή .....	103
4.14.3.	Διάμεση Τιμή .....	104
4.15.	Διαχρονική μεταβολή αιωρούμενων σωματιδίων (A $\Sigma_{2,5}$ ) ανά κατηγορία σταθμών	105
4.15.1.	Μέση Τιμή .....	105
4.15.2.	Μέγιστη Τιμή .....	106
4.15.3.	Διάμεση Τιμή .....	107
4.16.	Διαχρονική μεταβολή βενζολίου (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) ανά κατηγορία σταθμών .....	108
4.16.1.	Μέση Τιμή .....	108
4.16.2.	Μέγιστη Τιμή .....	109
4.16.3.	Διάμεση Τιμή .....	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....		111
5.1	Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ).....	111
5.2	Διοξειδίου του αζώτου (NO <sub>2</sub> ).....	111
5.3	Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	111
5.4	Όζον (O <sub>3</sub> ) .....	111
5.5	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).....	112
5.6	Αιωρούμενα σωματίδια (A. $\Sigma_{10}$ ) .....	112
5.7	Αιωρούμενα σωματίδια (A. $\Sigma_{2,5}$ ).....	112
5.8	Βενζόλιο (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....		114

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο την έρευνα και ανάλυση της διακύμανσης των ρύπων της ατμόσφαιρας στην περιοχή της Αθήνας. Ειδικά, η έρευνα πραγματοποιήθηκε πάνω στη διαχρονική διακύμανση των συγκεντρώσεων οξειδίων του αζώτου, όζοντος, μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου, αιωρούμενων σωματιδίων και βενζολίου, εξετάζοντας το χρονικό διάστημα 2002-2019. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η παρακάτω ανάλυση, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα και στοιχεία από το δίκτυο σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι σταθμοί αυτοί έχουν αναπτυχθεί σε όλη την περιοχή της Αθήνας και είναι εγκατεστημένοι από το ΕΔΠΑΡ - Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του ΥΠΕΝ - Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

## ABSTRACT

---

The subject of this paper is to study and analyze the variation of air pollutants in the Athens area. In particular, the research was carried out on the variation of the concentrations of nitrogen oxides, ozone, carbon monoxide, sulfur dioxide, particulate matters and benzene, examining the period 2002-2019. In order to carry out the below analysis, data and elements from the network of air pollution measuring stations have been used. These stations have been developed throughout the Athens area and are installed by EDPAR - National Atmospheric Pollution Monitoring Network of the Ministry of Environment, Energy and Climate Change.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

### 1.1. Έννοια της Ατμόσφαιρας

Ο ορισμός της «ατμόσφαιρας» αναφέρεται σε ένα στρώμα αερίων, το οποίο περιβάλλει έναν πλανήτη (ουράνιο σώμα) και ακολουθεί τις κινήσεις του. Εξετάζοντας την περίπτωση της Γης, αυτό το στρώμα αερίων συγκρατείται εξαιτίας της βαρύτητάς της και μπορεί να φτάσει σε ύψος περίπου 3.500 χλμ., δημιουργώντας ένα σώμα προστασίας το οποίο διατηρεί τη ζωή στη Γη. Η ατμόσφαιρα είναι η πηγή οξυγόνου προκειμένου να μπορούν τα εν ζωή είδη να αναπνέουν και του διοξειδίου του άνθρακα προκειμένου να μπορούν τα φυτά να φωτοσυνθέτουν, ενώ παράλληλα είναι αυτή που προμηθεύει με άζωτο τους οργανισμούς προκειμένου να μπορούν να συνθέτουν τα δομικά τους μόρια. Επιπλέον, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του υδρολογικού κύκλου, καθώς μεταφέρει νερό από τους ωκεανούς προς τα εδάφη και τους χερσαίους ταμιευτήρες νερού. Το νερό που υπάρχει στους ωκεανούς εξατμίζεται εξαιτίας της επίδρασης του ήλιου, στη συνέχεια πραγματοποιείται συμπύκνωσή του στα σύννεφα και εν τέλει καταλήγει στα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα δια μέσου των βροχών και του χιονιού (Ormrod, 1984).

Παρακάτω αναφέρονται οι διάφορες διαδικασίες/λειτουργίες τις οποίες πραγματοποιεί η ατμόσφαιρα και οι οποίες είναι συνδεδεμένες με τα αρνητικά αποτελέσματα της ρύπανσής της (τρύπα του όζοντος, φαινόμενο του θερμοκηπίου κ). Η ατμόσφαιρα:

- Απορροφά το μεγαλύτερο τμήμα της κοσμικής ακτινοβολίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προστατεύει τους οργανισμούς από τις βλαβερές επιπτώσεις της ακτινοβολίας αυτής.
- Απορροφά μεγάλο τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία είναι αποτέλεσμα της εκπομπής του ηλίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αποτρέπονται σημαντικές ποσότητες ακτινοβολίας από το να φτάσουν στη γη.
- Απορροφά μεγάλο τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία αυτή είναι βλαβερή για τους οργανισμούς.
- Επαναπορροφά μεγάλο ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας, η οποία είναι αποτέλεσμα της εκπομπής από την επιφάνεια της Γης.
- Κρατάει σε σταθερά επίπεδα τη θερμοκρασία που υπάρχει στη Γη.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι το όριο το οποίο υπάρχει ανάμεσα στην ατμόσφαιρα και το διάστημα δεν είναι καθορισμένο με αυστηρές τιμές. Όπως η ατμόσφαιρα απομακρύνεται από τη Γη, και βλέπουμε να αυξάνεται η απόστασή της από αυτήν, έτσι σταδιακά παρατηρείται εξασθένησή της έως και εξαφάνισή της στο διάστημα. Το σημείο στο οποίο μπορούν να γίνουν τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα αισθητά κατά τη



διαδικασία επανεισόδου στην ατμόσφαιρα, είναι το υψόμετρο των 120 χλμ. Η γραμμή Κάρμαν, η οποία βρίσκεται στα 100 χλμ., είναι αυτή η οποία καθορίζεται συχνά ως το όριο που υπάρχει μεταξύ της ατμόσφαιρας και του διαστήματος. Εξετάζοντας το στρώμα της ατμόσφαιρας έως το ύψος των 80-100 χλμ., παρατηρούμε ότι επικρατούν συνθήκες ολικής μίξης και ο αέρας διαθέτει σταθερό μοριακό βάρος. Το στρώμα αυτό ονομάζεται ομοιόσφαιρα. Παρατηρώντας πάνω από αυτό το όριο (τυρβόπαυση), υπάρχει η ετερόσφαιρα. Σε αυτό το επίπεδο, η πυκνότητα παρατηρείται να είναι τόσο μικρή, που έχει ως αποτέλεσμα τα μόρια και τα άτομα να συγκρούονται λιγότερο συχνά, και έτσι τα αέρια να καταλήγουν σε διαστρωμάτωση ανάλογα με το μοριακό βάρος που διαθέτουν. Επιπλέον, διάφορες ουσίες οι οποίες σε φυσιολογικά επίπεδα είναι αντιδραστικές (για παράδειγμα τα ελεύθερα ριζικά), στην ετερόσφαιρα παρατηρείται να παρουσιάζουν μεγάλους χρόνους παραμονής. Παρά το γεγονός ότι τα τελευταία αραιότερα «σύνορα» της ατμόσφαιρας μπορούν να φτάσουν σε ύψος χιλιάδων χιλιομέτρων, το 99% του συνόλου της μάζας της βρίσκεται σε μία ζώνη από την επιφάνεια (ύψος 0), έως του ύψους των 30 χλμ. (Κουϊμτζής και συν., 1998).

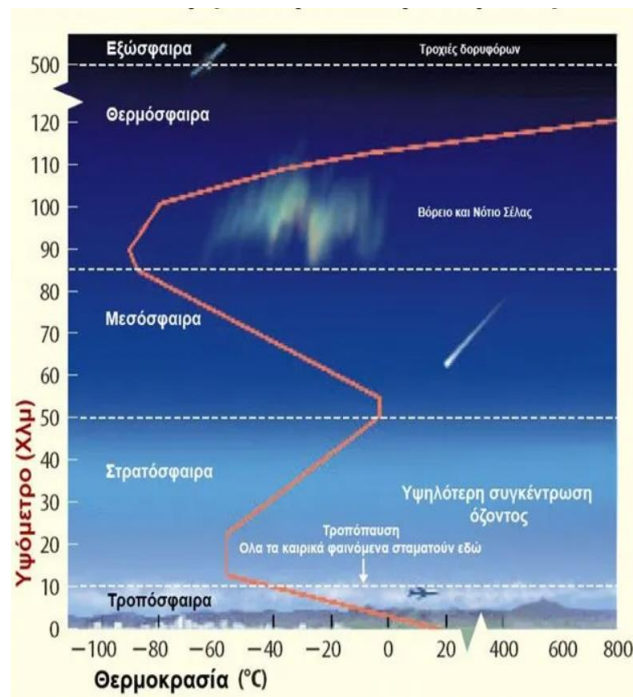
## 1.2. Κατακόρυφη δομή ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα έως το ύψος των 80-100 χλμ., διαθέτει χημική σύνθεση η οποία παρατηρείται να είναι σχεδόν αμετάβλητη. Παρ' όλα αυτά, λαμβάνοντας ως βάση μας την κατακόρυφη κατανομή (μεταβολή) της θερμοκρασίας, μπορούμε να προχωρήσουμε στην παρακάτω διάκριση των στρωμάτων της ατμόσφαιρας (Γεντετάκης, 2010):

- Τροπόσφαιρα (troposphere): ύψος 0 έως 9-18 χλμ. (ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος), σημείο που υπάρχει η τροπόπαυση. Τροπόπαυση αποτελεί το ανώτατο διαχωριστικό σύνορο στο οποίο καταλήγει η τροπόσφαιρα και πριν από το οποίο ξεκινά η στρατόσφαιρα.
- Στρατόσφαιρα (stratosphere): ύψος από την τροπόπαυση έως τα 50 χλμ., σημείο που υπάρχει η στρατόπαυση.
- Μεσόσφαιρα (mesosphere): ύψος από την στρατόπαυση έως τα 80 χλμ., σημείο που υπάρχει η μεσόπαυση.
- Θερμόσφαιρα (thermosphere): ύψος από την μεσόπαυση έως τα 800 χλμ., σημείο που υπάρχει η θερμόπαυση.
- Εξώσφαιρα (exosphere): ύψος από την θερμόπαυση έως τα 3500 χλμ.

Ο τρόπος με τον οποίο διαστρωματώνεται η ατμόσφαιρα, είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι κάθε στρώμα απορροφά διαφορετικά μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Επιπλέον, η ποιότητα της ατμόσφαιρας αλλά και η θερμοκρασία της

διαφοροποιούνται ανάλογα με το ύψος. Σε γενικά επίπεδα, ο αέρας διαθέτει μικρότερη πυκνότητα προοδευτικά καθώς μετακινούμαστε προς τα επάνω επίπεδα, με κατεύθυνση από τα κατώτερα προς τα ανώτερα στρώματα (Γενετάκης, 2010).



**Εικόνα 1.2.1: Κατακόρυφη δομή (ζώνες) της ατμόσφαιρας καθ' ύψος και κατανομή της θερμοκρασίας (Πηγή : env-edu.gr)**

Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας της ατμόσφαιρας, περίπου το 85%, υπάρχει στην τροπόσφαιρα και εκεί παρατηρείται σχεδόν το σύνολο των υδρατμών της, που αφορά και το βασικότερο αέριο του θερμοκηπίου. Αυτή η περιοχή είναι και εκείνη στην οποία συμβαίνει σχεδόν το σύνολο των διεργασιών τα οποία ονομάζονται καιρικά φαινόμενα. Η τροπόσφαιρα ξεκινά από την επιφάνεια της Γης, η οποία θερμαίνεται από τον ήλιο, στη συνέχεια θερμαίνει τον αέρα πάνω από αυτήν έως το ύψος όπου ο αέρας παύει να ψύχεται, συναρτήσει του ύψους. Επιπλέον, είναι ιδιαίτερως σημαντική η μελέτη του στρώματος της τροπόσφαιρας καθώς εκεί υπάρχουν όλα τα έμβια όντα. Η τροπόσφαιρα θερμαίνεται κυρίως με τη μεταφορά από τη θερμή επιφάνεια της γης, και όχι τόσο από την απορρόφηση ακτινοβολίας. Επίσης, εκεί εκπέμπεται ο συνολικός αριθμός των αερίων ρύπων οι οποίοι προέρχονται από φυσικές αλλά και ανθρωπογενείς πηγές. Το τμήμα αυτό της ατμόσφαιρας περιλαμβάνει όλα εκείνα τα φαινόμενα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τα οποία συμβαίνουν και έχουν άμεσες συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον αλλά και στον ίδιο τον άνθρωπο (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2005).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

### 2.1. Έννοια Ατμοσφαιρικού Ρύπου

Μπορούμε να ορίσουμε ως **ατμοσφαιρικό ρύπο** τις ουσίες οι οποίες εισέρχεται στον αέρα που περικλύει το περιβάλλον από τις ενέργειες του ανθρώπου, με έμμεσο ή άμεσο τρόπο. Αυτές οι ουσίες συναντώνται σε στερεή, υγρή αλλά και αέρια μορφή, και είναι αποτέλεσμα είτε μόνο της ανθρώπινης δραστηριότητας είτε της αλληλεπίδρασής της με το οικοσύστημα. Επιπλέον, αυτές οι ουσίες μπορούν να οδηγήσουν σε επιπτώσεις στην ευεξία και στην υγεία του ανθρώπου –άμεσες ή έμμεσες-, αλλά και όλων των ζωντανών οργανισμών. Κατά την είσοδό του, ένας επιβλαβής ατμοσφαιρικός ρύπος δεν γίνεται πάντα αντιληπτός, αλλά και οι επιπτώσεις που προκαλεί δεν είναι απαραίτητο να έχουν βραχυπρόθεσμες και άμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα. Αποτέλεσμα της ύπαρξης αυτών των ουσιών στην ατμόσφαιρα, μπορεί να είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση.

### 2.2. Επιπτώσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελούν καίριο σημείο στην ποιότητα της ζωής που έχουν οι άνθρωποι αλλά και στη υποβάθμιση των οικοσυστημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη το είδος του ρύπου που κάνει είσοδο στην ατμόσφαιρα, μπορούμε να εντοπίσουμε και τις αντίστοιχες επιδράσεις. Οι βασικότερες από αυτές τις επιδράσεις είναι οι εξής (Σούφλα, 2013):

- Μείωση της ορατότητας (εξαιτίας μεγαλύτερης σκέδασης)
- Αύξηση της συχνότητας σχηματισμού ομίχλης
- Μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας
- Μεταβολή του μικροκλίματος
- Συνέπειες παγκοσμίου κλίμακας

Επιπρόσθετα, η ρύπανση της ατμόσφαιρας μπορεί να οδηγήσει σε φθορές στα υλικά, με αποτέλεσμα της πρόκληση διάβρωσης και καταστροφής τόσο ιστορικών αλλά και σύγχρονων κτηρίων και μνημείων. Τον βασικό υπεύθυνο για τις καταστροφές αυτές αποτελεί η όξινη βροχή, καθώς είναι αποτέλεσμα της διάλυσης των ενώσεων του θείου και του αζώτου στο νερό της βροχής, οδηγώντας κατά αυτόν τον τρόπο στην οξίνισή του (αύξηση του pH).

Επιπλέον, παρατηρούνται βασικές επιδράσεις τόσο στη χλωρίδα όσο και την πανίδα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε άμεσες και έμμεσες

επιδράσεις στις λειτουργίες των φυτών. Λαμβάνοντας υπόψη το είδους του ρύπου, υπάρχει πιθανότητα να παρατηρηθεί μικρότερη παραγωγικότητα, μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας και πιο γενικά, αλλαγή στην ισορροπία του. Όσον αφορά τις επιδράσεις στην πανίδα, αυτές μπορούμε να πούμε ότι αφορούν τόσο την άμεση είσοδο στον οργανισμό των ζώων από τους ρύπους που αυτά εισπνέουν, όσο και την έμμεση βλαβερή επίπτωση των ρύπων δια μέσου της τροφής που αυτά καταναλώνουν.

Επίσης, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί ιδιαίτερα σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Παρά το γεγονός ότι οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στο θέμα αυτό συναντούν δυσκολίες αναφορικά με την πρόβλεψη – εξαιτίας της μη διάθεσης αντιπροσωπευτικού δείγματος και της ταυτόχρονης δράσης πολλών ρυπαντών-, είναι εφικτό να καταγραφούν τα παρακάτω παραδείγματα (Ζάνης, 2014):

- Το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με την αιμοσφαιρίνη του αίματος και σε μεγάλες συγκεντρώσεις υπάρχει πιθανότητα να οδηγήσει σε έντονους πονοκεφάλους, μείωση των αντανακλαστικών, απώλεια των αισθήσεων, αλλά ακόμα και σε θάνατο. Επιπλέον, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ικανότητας του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο προς τους βασικούς ιστούς ενός οργανισμού, επηρεάζοντας κατά κύριο λόγο στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα.
- Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα, μπορεί να οδηγήσουν σε πολλές ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος και σε υψηλό ποσοστό θνησιμότητας.
- Το διοξείδιο του αζώτου σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ασθενειών του αναπνευστικού συστήματος σε παιδιά και να δυσχεράνει την αναπνοή στους ασθματικούς.
- Καθώς το όζον είναι πολύ τοξικό, η έκθεση ενός ανθρώπου σε αυτό σε μεγάλες συγκεντρώσεις θα μπορούσε να οδηγήσει σε ζάλη, ερεθισμούς στην αναπνευστική οδό, εμετούς, σύγχυση της αναπνευστικής λειτουργίας, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες, ερεθισμούς στα μάτια, ενδεχόμενες μολύνσεις του αναπνευστικού συστήματος κ.λ.π.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια διαχωριζόμενα με βάση τη χημική τους σύσταση αλλά και το μέγεθός τους, έχουν τη δυνατότητα να εισέρχονται στο αναπνευστικό σύστημα και να οδηγούν σε ποικίλες ασθένειες αλλά και σε διάφορες επιπτώσεις στην αναπνοή.
- Ορισμένες ενώσεις υδρογονανθράκων διαθέτουν καρκινογόνο δράση.
- Τα φωτοχημικά οξειδωτικά μπορεί να οδηγήσουν σε διάφορους ερεθισμούς των βλεννογόνων αλλά και να ενισχύουν ποικίλες ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι οι διάφορες έρευνες και μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στην επίπτωση των ρύπων στην ανθρώπινη υγεία αναφέρονται στις βραχυπρόθεσμες επιδράσεις τους. Όσον αφορά τη μακροπρόθεσμη επίδρασή τους, είναι πιθανόν να υπάρχουν βλαβερές επιδράσεις στη δομή των κυττάρων και πιο γενικά σε ποικίλες γενετικές ιδιότητες.

### 2.3. Πηγές Ατμοσφαιρικών Ρύπων

Οι πιο βασικές **φυσικές πηγές** των ρύπων είναι οι ακόλουθες (Ζάνης, 2014):

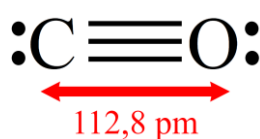
- Οι πυρκαγιές δασών (κατά κύριο λόγο αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα)
- Τα ηφαίστεια (κατά κύριο λόγο αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο)
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κατά κύριο λόγο χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα)
- Τα φυτά και τα δέντρα (κατά κύριο λόγο υδρογονάνθρακες)
- Η βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κατά κύριο λόγο υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο)
- Η αποσάθρωση του εδάφους (αιωρούμενα σωματίδια)

Οι πιο βασικές **ανθρωπογενείς πηγές** ρύπανσης είναι οι ακόλουθες (Ζάνης, 2014):

- Βιομηχανικές καύσεις (αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου κ.ά.)
- Μεταφορές (μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξείδια αζώτου, βενζόλιο κ.ά.)
- Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, βενζόλιο κ.ά.)
- Εναπόθεση και αποτέφρωση στερεών αποβλήτων (μονοξείδιο του άνθρακα).
- Κεντρική θέρμανση (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου κ.ά.)

### 2.4. Κύριοι Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

#### 2.4.1. Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)



Το μονοξειδίο του άνθρακα (CO) αποτελεί ένα αέριο το οποίο είναι άοσμο, άγευστο και άχρωμο. Δημιουργείται από την ατελή καύση του άνθρακα και η τοξικότητά του είναι υψηλή. Τα μόριά του απαρτίζονται το κάθε ένα από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο οξυγόνου, οδηγώντας στον σχηματισμό δύο ομοιοπολικών και έναν ημιπολικού δεσμού ανάμεσά τους. Το CO οξειδώνεται από την ελεύθερη ρίζα του OH σε CO<sub>2</sub>, διαθέτει χρόνος ζωής δύο έως τέσσερις μήνες και αποτελεί καίριο ρόλο στη χημεία του τροποσφαιρικού όζοντος. Οι βασικότερες πηγές της προέλευσης του CO εντοπίζεται να είναι οι εξατμίσεις των μηχανών των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων - κυρίως σε «κλειστά» μέρη όπως αυτά μπορεί να είναι οι χώροι πάρκινγκ, μη επαρκώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις, αλλά και σε δρόμους κατά διαστήματα κυκλοφοριακής αιχμής- καθώς και οι εξατμίσεις πάσης φύσεως μηχανών σε περιπτώσεις όπου πραγματοποιείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης (ΥΠΕΝ, 2017). Πέρα από τα μέσα μεταφοράς, επιπλέον ανθρωπογενείς πηγές του CO αποτελούν τα στερεά απόβλητα, η δημιουργία σιδήρου κ.λ.π. Οι εκπομπές του CO που προέρχονται από οχήματα και βιομηχανίες έχουν υπολογιστεί σε κατά προσέγγιση 200 εκατ. τόνους, το 70% των οποίων σχετίζεται με τις χώρες του ΟΟΣΑ (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης). Αντίστοιχες ποσότητες CO παρατηρούνται σε παγκόσμια κλίμακα ως αποτέλεσμα των φωτιών σε δάση αλλά και της καύσης βιομάζας (Βαλαβανίδης, 2007).

#### 2.4.2. Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)



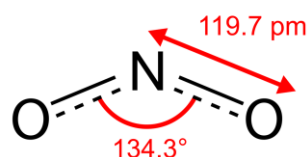
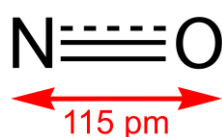
Το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) αποτελεί ένα αέριο το οποίο είναι άχρωμο, δίχως οσμή σε χαμηλές συγκεντρώσεις όμως με ισχυρή μυρωδιά που προκαλεί ερεθισμό σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις. Στην ατμόσφαιρα το SO<sub>2</sub> οδηγείται σε αντίδραση προκειμένου να δημιουργήσει τριοξείδιο του θείου (SO<sub>3</sub>). Το τριοξείδιο του θείου (SO<sub>3</sub>) είναι αυτό που προκαλεί μεγάλη δραστηριότητα με τους υδρατμούς, δημιουργώντας ομίχλη θειικού οξέος, ένα φαινόμενο που παρατηρείται στο ζήτημα ρύπανσης από όξινη βροχή. Επιπλέον βασικές ενώσεις του θείου στην ατμόσφαιρα αποτελούν το καρβο-νυλοσουλφίδιο (OCS), ο διθειάνθρακας (CS<sub>2</sub>), το διμεθυλοσουλφίδιο (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S, το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) και τα θειικά άλατα. Αποτελεί ένα ρύπο με μεγάλα ποσοστά τοξικότητας για το φυσικό περιβάλλον.

Οι βασικότερες φυσικές πηγές των θειούχων ενώσεων είναι οι κοιλότητες συγκέντρωσης βιολογικής ύλης, οι ηφαιστειακές εκρήξεις η αναερόβια σήψη, οι θερμές πηγές και η διάχυση σταγονιδίων από τη θάλασσα. Οι πιο βασικές ανθρωπογενείς πηγές δημιουργίας του SO<sub>2</sub> αποτελούν τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, οι κεντρικές θερμάνσεις, οι βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, οι

χημικές βιομηχανίες, οι χαρτοβιομηχανίες, αλλά και τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα τα οποία κάνουν χρήση καυσίμου με μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο (ΥΠΕΝ, 2017). Εξετάζοντας τις ανθρωπογενείς εκπομπές του  $\text{SO}_2$ , το συμπέρασμα είναι ότι αποτελούν ένα βασικό ποσοστό της ροής του θείου στην ατμόσφαιρα. Το θείο είναι μέρος του άνθρακα και του πετρελαίου συχνά σε ποσοότητες 0-6% κ.β., διαθέτοντας μορφή οργανικών μορίων τα οποία όταν καίγονται δημιουργούν  $\text{SO}_2$ . Το πετρέλαιο το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία και οι βενζίνες διαθέτουν λιγότερο από 0.05% θείο.

Οι εκπομπές του  $\text{SO}_2$  έχουν υποστεί σημαντική μείωση κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών και αυτό είναι αποτέλεσμα τοποθέτησης συστημάτων αποθείωσης σε ορισμένες εγκαταστάσεις δημιουργίας ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και απομείωσης της περιεκτικότητας του θείου σε καύσιμα (Λαζαρίδης, 2010).

#### 2.4.3. Οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ )

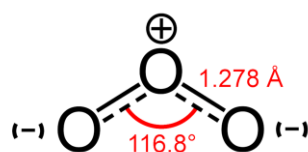


Το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}$ ) και το διοξείδιο του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) αποτελούν τα δύο πιο σημαντικά οξείδια του αζώτου με εμπλοκή τους στη ρύπανση του αέρα. Το  $\text{NO}$  αποτελεί έναν πρωτογενή ρύπο και το  $\text{NO}_2$  αποτελεί κατά κύριο λόγο δευτερογενή ρύπο, ο οποίος είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του  $\text{NO}$  με το όζον. Πιο σύνηθες είναι να χρησιμοποιείται το  $\text{NO}_x$  για να φαίνεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων των  $\text{NO}$  και  $\text{NO}_2$ , και αυτό γιατί αλληλομετατροπή ανάμεσά τους πραγματοποιείται σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Το  $\text{NO}$  αποτελεί ένα αέριο το οποίο είναι άχρωμο, άγευστο, άοσμο και καθόλου τοξικό. Το  $\text{NO}_2$  αποτελεί ένα αέριο το οποίο διαθέτει κιτρινωπό-καφέ χρώμα και έντονη ερεθιστική οσμή, είναι διαλυτό στο νερό και ισχυρό οξειδωτικό. Το  $\text{NO}_2$  σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι και αυτό που δίνει το χρώμα του στην εικόνα του ουρανού στις περιοχές των πόλεων, χρώμα αρκετά χαρακτηριστικό (ΥΠΕΝ, 2017).

Βασικότερες πηγές του  $\text{NO}_x$  αποτελούν οι καύσεις των ορυκτών καυσίμων σε περιοχές με εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και εργοστάσια, αλλά και τα μέσα μεταφοράς. Το  $\text{NO}$  είναι αποτέλεσμα τόσο της διαδικασίας της απονιτροποίησης, των φωτοχημικών αντιδράσεων, αλλά και των καύσεων ορυκτών καυσίμων και βιομαζών. Βασική πηγή του  $\text{NO}_2$  αποτελεί η οξείδωση του  $\text{NO}$ . Πηγές  $\text{NO}_2$  από εσωτερικούς χώρους είναι οι ποικίλες συσκευές οι οποίες τίθενται σε λειτουργία με τη χρήση αερίου, οι θερμάστρες που λειτουργούν με κηροζίνη, οι ξυλόσομπες και το τσιγάρο. Οι ποσοότητες  $\text{NO}_2$  οι οποίες εκπίπτουν πρωτογενώς στην ατμόσφαιρα βρίσκονται σε περιορισμένο βαθμό σε σύγκριση με αυτές του  $\text{NO}$ . Το

NO<sub>2</sub> αποτελεί περισσότερο σημαντικό ρύπο όσον αφορά την επίδραση που αυτός έχει προς τον άνθρωπο. Επιπλέον, οι εκπομπές του NO παρατηρείται να είναι σε μεγαλύτερο βαθμό το χειμώνα σε περιπτώσεις όπου υπάρχει διευρυμένη χρήση των καυσίμων για λόγους θέρμανσης, ενώ από την άλλη το NO<sub>2</sub> παρατηρείται να είναι αυξημένο σε περιόδους ζεστών ηλιόλουστων μερών, καθώς η υψηλή ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί συνδετικό κρίκο με τη μετατροπή (φωτοχημική οξείδωση) του NO σε NO<sub>2</sub> (Οικονομόπουλος, 2000).

#### 2.4.4. Όζον (O<sub>3</sub>)



Το όζον (O<sub>3</sub>) αποτελεί ένα αέριο το οποίο είναι άχρωμο, έχει μεγαλύτερο βάρος από αυτό του αέρα και διαθέτει δριμεία οσμή. Είναι μέρος των ζητημάτων ρύπανσης εξετάζοντας τόσο την αστική, όσο και την παγκόσμια κλίμακα, όπως για παράδειγμα είναι το φωτοχημικό νέφος, η τρύπα του όζοντος, η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος, η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος και η μεγέθυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αποτελεί ένα αέριο στοιχείο το οποίο δημιουργείται στην στρατόσφαιρα (15-50 34 χλμ.), σε επίπεδο που παρατηρείται περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης. Το στρατοσφαιρικό όζον αποτελεί το «καλό» όζον, δεδομένου ότι δρα σαν φίλτρο προς το υπεριώδες, το οποίο είναι αυτό που προστατεύει από την βλαβερή υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα ως αποτέλεσμα της χρήσης ανθρωπογενών χημικών στοιχείων, για παράδειγμα οι χλωροφθοράνθρακες, είναι αδιαμφισβήτητα τα τελευταία έτη ένα ζήτημα παγκοσμίου μεγέθους, το οποίο είναι θέμα συζήτησης και εξέτασης, τόσο της επιστημονικής κοινότητας όσο και της κοινής γνώμης και των διαφόρων κυβερνήσεων των κρατών.

Εξετάζοντας το υπόλοιπο 10% του όζοντος, παρατηρείται ότι υπάρχει στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα (0-15 χλμ.). Καθώς βρίσκεται τόσο χαμηλά στο έδαφος, αποτελεί έναν ρύπο ο οποίος συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους τόσο σε αστικά κέντρα αλλά και γύρω από αυτά, με αποτέλεσμα σε περιπτώσεις υπέρβασης κάποιων οριακών τιμών, την πρόκληση διάφορων προβλημάτων τόσο στον άνθρωπο, όσο και τη φύση. Για τους παραπάνω λόγους, συνηθίζεται να αποκαλείται το τροποσφαιρικό όζον ως το «κακό» όζον.

Στην τροπόσφαιρα το όζον αποτελεί έναν δευτερογενή ατμοσφαιρικό ρύπο, ο οποίος δημιουργείται ως αποτέλεσμα της αλυσίδας χημικών αντιδράσεων ανάμεσα στο οξυγόνο, σε πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και στα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>) κάτω από συνθήκες μεγάλης ακτινοβολίας του ήλιου και πολύ υψηλών



θερμοκρασιών. Βασικές πηγές προέλευσης των ρύπων που αποτελούν μέρος της δημιουργίας του όζοντος είναι τα ακόλουθα: τα εργοστάσια, τα οχήματα, οι χωματερές, τα χημικά διαλυτικά και ποικίλες επιπλέον μικρές πηγές όπως είναι τα βενζινάδικα, ο αγροτικός εξοπλισμός κ.λπ. (ΥΠΕΝ, 2017).

#### 2.4.5. Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

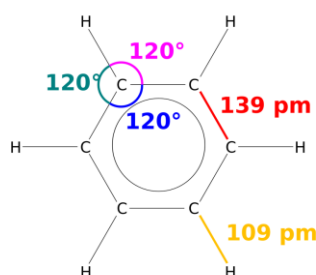
Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) αποτελούν μικρά στοιχεία ύλης παρατηρούμενα σε στερεή ή υγρή φάση, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μακρά χρονικά διαστήματα. Συνήθως στη βιβλιογραφία αναγράφονται και σαν αεροζόλ. Είναι ικανά όταν βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα να διαφοροποιούν το μπλε χρώμα που έχει ο ουρανός, εξαιτίας της σκέδασης, σε χρώμα λευκό ή γκρίζο. Καθώς προέρχονται από ερήμους (Σαχάρα, Σαχελιανή ζώνη), διαθέτουν καφεκόκκινη απόχρωση (ΥΠΕΝ, 2017). Τα κύρια χαρακτηριστικά τους αποτελούν το μέγεθος, η χημική σύσταση αλλά και η φάση κατά την οποία βρίσκονται (υγρή/αέρια). Οι βασικότερες πηγές εκπομπής τους αποτελούν οι ποικίλες βιομηχανικές δραστηριότητες, οι πυρκαγιές, τα αυτοκίνητα, τα καψαλίσματα χωραφιών αλλά και διάφορες γεωργικές δραστηριότητες, οι κατασκευές, η επαναιώρηση σκόνης εξαιτίας των ισχυρών ανέμων κ.α.

Θέτοντας ως βάση την προέλευση αλλά και τους μηχανισμούς με τους οποίους σχηματίζονται, τα αιωρούμενα σωματίδια ταξινομούνται σαν πρωτογενή και σαν δευτερογενή. Πρωτογενή αποτελούν τα σωματίδια τα οποία δημιουργούνται στην πηγή και εκπέμπονται με άμεσο τρόπο στην ατμόσφαιρα. Είναι αποτέλεσμα φυσικών πηγών, όπως για παράδειγμα είναι η θάλασσα, τα ηφαίστεια, η σκόνη προερχόμενη από απογυμνωμένο έδαφος και η γύρη. Οι φυσικές εκπομπές αποτελούν μεγαλύτερο μέρος από ότι οι ανθρωπογενείς και επηρεάζουν τις συνολικές συγκεντρώσεις των σωματιδίων σε παγκόσμιο επίπεδο (Λαζαρίδης, 2008). Οι βασικές πηγές των πρωτογενών σωματιδίων προερχόμενες από ανθρωπογενείς εκπομπές, αποτελούν τόσο οι βιομηχανικές δραστηριότητες αλλά και οι εκπομπές εξωτερικής καύσης, όπως για παράδειγμα είναι η παραγωγή τσιμέντου, χυτήρια μεταλλεύματος, γύψου, αυτοκίνητα (κατά κύριο λόγο πετρελαιοκίνητα οχήματα και δίκυκλα), πυρκαγιές, δραστηριότητες αγροτών, καύση βιομάζας και διάφορες κατασκευές. Το αυτοκίνητο διαθέτει τη δική του συμμετοχή, λόγω της καύσης του καυσίμου, τη χρονική φθορά των ελαστικών και την επαναιώρηση (ΥΠΕΝ, 2017). Η σύσταση χημικά των σωματιδίων, αποτελείται από ενώσεις μολύβδου, άνθρακα και θείου.

Δευτερογενή είναι τα σωματίδια τα οποία δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα σαν αποτέλεσμα διαφόρων χημικών αντιδράσεων των αερίων. Έχουν τη δυνατότητα να δημιουργηθούν από διάφορους χημικούς και φυσικούς μετασχηματισμούς που παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα, από τους οποίους ένας από τους πιο σημαντικούς

παρατηρείται να είναι η συμπύκνωση των προϊόντων αντίδρασης τα οποία διαθέτουν χαμηλή θερμοκρασία και δημιουργούνται φωτοχημικά. Ποσοστό μεγαλύτερο του 50% των ολικών ατμοσφαιρικών αεροζόλ, παρατηρείται να είναι δευτερογενή σωματίδια τα οποία δημιουργούνται από αέριες εκπομπές των φυσικών πηγών (θαλασσινό αλάτι, βιολογικές αποσυνθέσεις, ηφαίστεια) (Οικονομόπουλος, 2000). Τα δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια μπορούμε να τα χωρίσουμε σε ανόργανα (αμμώνιο, νιτρικά και θειικά με πρόδρομες ουσίες την αμμωνία, τα αζωτοξείδια και τα οξείδια του θείου) και οργανικά (με πρόδρομους τους πτητικούς υδρογονάνθρακες). Ως αποτέλεσμα σειράς αντιδράσεων έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούνται οργανικές ουσίες οι οποίες είτε συσσωματώνονται και δημιουργούν καινούρια σωματίδια είτε συμπυκνώνονται πάνω σε υπάρχοντα σωματίδια. Η παραγωγή του όζοντος είναι σχετιζόμενη με τη δημιουργία δευτερογενών σωματιδίων (ΥΠΕΝ, 2017).

#### 2.4.6. Βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)



Το βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) αποτελεί μια χημική ένωση και παρατηρείται σε υγρή μορφή, η οποία είναι μέρος από άνθρακα και υδρογόνο, διαθέτοντας χαρακτηριστική οσμή. Στην ατμόσφαιρα παρατηρείται σε μορφή ατμών, καθώς το σημείο ζέσεώς του είναι χαμηλό (ΥΠΕΝ, 2017). Αυτός ο υγρός και πτητικός υδρογονάνθρακας (VOC) αποτελεί την κύρια δομή της οικογένειας των Πολυκυκλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων (ΠΑΥ).

Αποτελεί μια από τις πιο επικίνδυνες τοξικές πτητικές οργανικές ενώσεις που παρατηρούνται στην ατμόσφαιρα, η οποία είναι ένα από τα δευτερεύοντα μέρη της βενζίνης. Το βενζόλιο ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, κατά κύριο λόγο μέσω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Τη βασικότερη πηγή του αποτελούν τα βενζινοκίνητα οχήματα. Άλλες πηγές αποτελούν η βιομηχανία (διυλιστήρια, χημική βιομηχανία), η θέρμανση στις οικίες των πολιτών και η διακίνηση καυσίμων (πρατήρια βενζίνης και αυτοκίνητα διανομής) (ΥΠΕΝ, 2017).

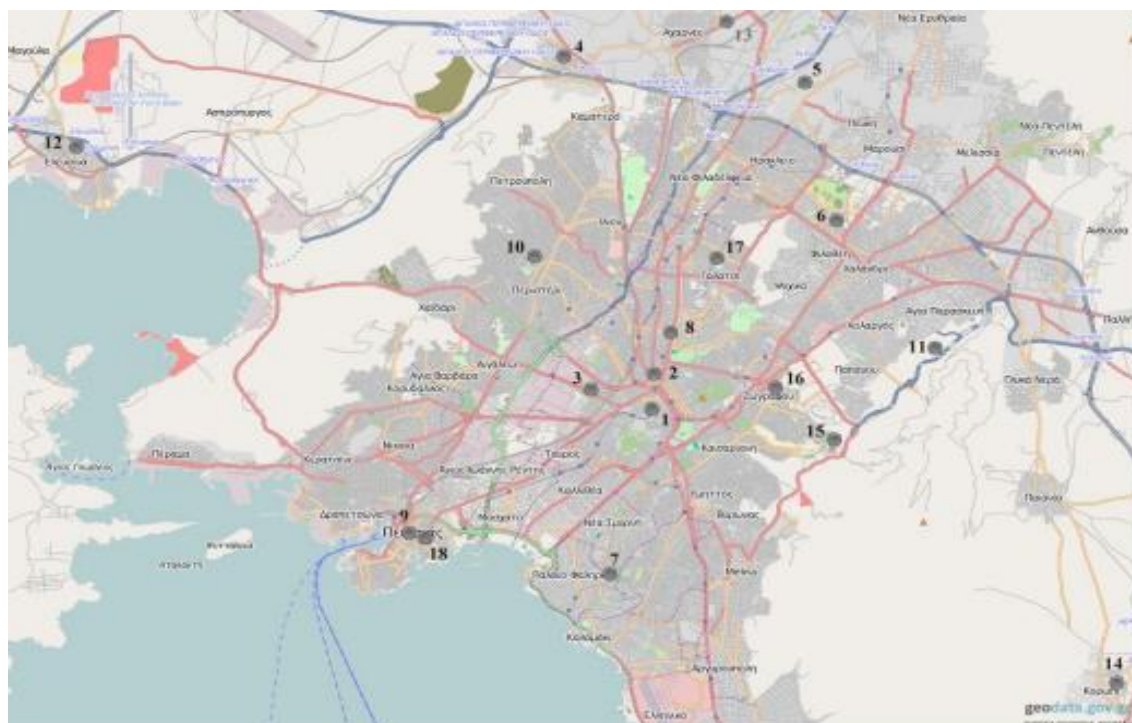
Το βενζόλιο είναι λόγος πρόκλησης διαφόρων ασθενειών του αίματος στον άνθρωπο και είναι χαρακτηρισμένο σαν καρκινογόνα ένωση. Σε περίπτωση εισπνοή υψηλών ποσοτήτων ατμών του για μικρό χρονικό διάστημα, υπάρχει η πιθανότητα πρόκλησης ζάλης, πονοκεφάλου, ταχυκαρδίας, σπασμών αλλά και εμετού. Μελετώντας το σαν

αυτούσια ένωση, έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε διάφορες χρόνιες παθήσεις όπως αυτές μπορεί να είναι ο καρκίνος, η αταξία στο κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπου, ενδεχόμενα ζητήματα στη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών, ποικίλες ανωμαλίες στην αναπαραγωγή αλλά και προβληματικές γεννήσεις (Ζάνης, 2014).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΥΠΩΝ

### 3.1. Σταθμοί μέτρησης

Το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) διαθέτει συνολικά 36 αυτόματους σταθμούς οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε διαφορετικές περιοχές της χώρας. Οι σταθμοί αυτοί έχουν διασυνδεθεί με κάποιο σύστημα τηλεμετάδοσης, με τον κεντρικό σταθμό ο οποίος υπάρχει στην έδρα της εκάστοτε περιφερειακής αρχής η οποία είναι αρμόδια για να παρακολουθεί την ποιότητα του αέρα. Εξετάζοντας τον νομό Αττικής, παρατηρούνται δεκαοχτώ σταθμοί, από τους οποίους είναι σε λειτουργία οι δεκατέσσερις (Χάρτης 3.1.1).



**Χάρτης 3.1.1. Χάρτης σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ στην Αττική**

(Πηγή: [www.geodata.gov.gr](http://www.geodata.gov.gr))

Οι σταθμοί στο σύνολό τους διαθέτουν εξοπλισμό με σύστημα αποθήκευσης δεδομένων (data logger), σύστημα βαθμονόμησης με την χρήση πρότυπων φιαλών με γνωστή συγκέντρωση του ρύπου. σύστημα τηλεμετάδοσης με χρήση modem και γραμμής τηλεφώνου, σε συσχέτιση με σύστημα αραιώσης και διάθεσης καθαρού αέρα.

Παράλληλα, μεγάλο μέρος σταθμών διαθέτει εξοπλισμό με μετεωρολογικό σταθμό, προκειμένου να πραγματοποιείται ταυτόχρονη λήψη και ανάλυση των τιμών διάφορων βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων, οι οποίοι προκαλούν επιδράσεις στην ατμοσφαιρική ρύπανση (ένταση και διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία, υγρασία).

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.1.2), παρατηρούνται οι διάφορες θέσεις των σταθμών στο νομό της Αττικής, ο χαρακτηρισμός τους αλλά και οι ρύποι που έχουν μετρηθεί ανά σταθμό.

Όνομα	Σταθμός					Χαρακτηρισμός	Μετρούμενοι ρύποι						
	WGS84		ΕΓΣΑ87		Υψόμετρο (m -asl)		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>	ΑΣ <sub>10</sub>	ΑΣ <sub>2,5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	Γεωγρ. Μήκος	Γεωγρ. Πλάτος	X (m)	Y(m)									
Αθηνάς (ATH)	23,7268458638789	37,9782041956628	475861	4203144	75	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			
Αριστοτέλους (ARI)	23,7276178492125	37,9880660501340	475932	4204238	75	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v			v	v	
Γεωπονική (GEO)	23,7051539409633	37,9841003103091	473958	4203804	40	Περιστατικός-Βιομηχανικός		v	v	v			
Λιόσια (LIO)	23,6977817797894	38,0767419649980	473344	4214085	165	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Λυκόβρυση* (LYK)	23,7889866802124	38,0677931723947	481341	4213070	234	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Μαρούσι (MAR)	23,7873721482217	38,0308379318551	481190	4208970	170	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		
Νέα Σμύρνη (SMY)	23,7130203990140	37,9319982117031	474631	4198021	50	Αστικός-Υποβάθρου		v	v	v	v		v
Πατησίων (PAT)	23,7330536950717	37,9995879094567	476413	4205515	105	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v			v
Πειραιάς I** (PIR)	23,6452301569805	37,9446567667974	468679	4199446	4	Αστικός-Κυκλοφορίας	v	v	v	v	v	v	v
Περιστερί (PER)	23,6883617540273	38,0208112949686	472497	4207882	80	Αστικός-Υποβάθρου		v		v	v		
Αγ. Παρασκευή (AGP)	23,8194215757818	37,9951106089158	483995	4205000	290	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Ελευσίνα (ELE)	23,5384325457763	38,0513221627153	459354	4211322	20	Περιστατικός-Βιομηχανικός	v	v		v	v	v	v
Θρακομακεδόνες (THR)	23,7581958361834	38,1435214274982	478662	4221479	550	Περιστατικός-Υποβάθρου		v		v	v	v	
Κορωπί (KOR)	23,8790262856793	37,9013083393701	489215	4194584	140	Περιστατικός-Υποβάθρου	v	v		v	v		

**Πίνακας 3.1.2. Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ, που την ευθύνη λειτουργίας τους έχει το ΥΠΕΝ.**

(Πηγή: [https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/2020Pinakas\\_Stathmwn.pdf](https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/2020Pinakas_Stathmwn.pdf) )

### 3.2. Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης

Οι ρύποι οι οποίοι έχουν μετρηθεί στους διάφορους σταθμούς της Αθήνας,, αλλά και οι μέθοδοι οι οποίοι χρησιμοποιούνται, παρατηρούνται στον Πίνακα 3.2.1.

Ρύπος	Μέθοδος Μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδιο του αζώτου (NO, NO <sub>2</sub> )	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O <sub>3</sub> )	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (A <sub>Σ10</sub> – A <sub>Σ2,5</sub> )	Απορρόφηση Β ακτινοβολίας (εκτός από την Ελευσίνα όπου χρησιμοποιείται η σταθμική)
Βενζόλιο (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Αέρια χρωματογραφία (GC)
Βαρέα Μέταλλα	Ατομική Απορρόφηση

*Πίνακας 3.2.1. Μετρούμενοι ρύποι και μέθοδοι μέτρησης*

Οι ρύποι μετρούνται σε συνεχόμενη 24ωρη βάση, και ο χρόνος ανταπόκρισης των αυτομάτων αναλυτών παρατηρείται να είναι της τάξης του ενός λεπτού. Οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση ενός μικροεπεξεργαστή, ο οποίος υπάρχει σε όλους τους αυτόματους σταθμούς και είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές. Η συνεχόμενη παρακολούθηση των επιπέδων της ρύπανσης της ατμόσφαιρας σε κάθε περιοχή, είναι αποτέλεσμα της μεταβίβασης των τιμών αυτών σε έναν κεντρικό υπολογιστή της υπηρεσίας, δια μέσου μιας γραμμής τηλεφώνου.

Στην εργασία αυτή, έχουν χρησιμοποιηθεί μέσες, μέγιστες και διάμεσες ωριαίες τιμές, για τα έτη 2002-2019.

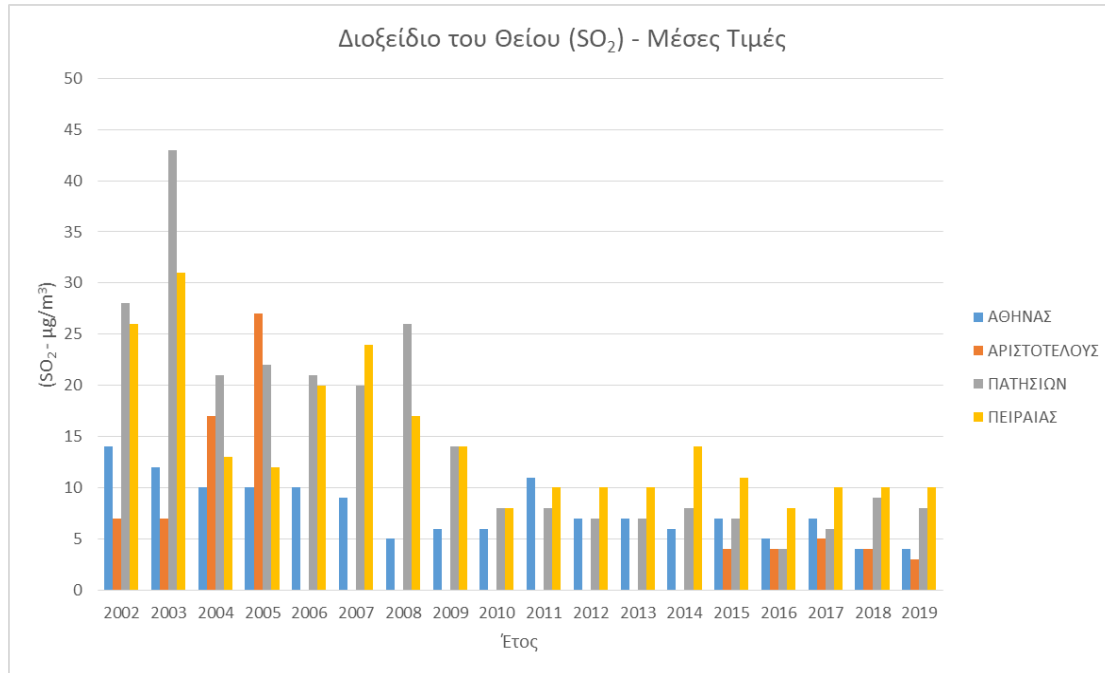
Μέση τιμή αποτελεί το πηλίκο των τιμών της μεταβλητής δια το πλήθος των τιμών της.

Διάμεσος αποτελεί η τιμή εκείνη της μεταβλητής, η οποία διαχωρίζει στο σύνολό τους τις τιμές σε δυο ίσα μέρη, με αποτέλεσμα ο αριθμός των παρατηρήσεων ο οποίος είναι μικρότερος από το Μ, να είναι ίσος με τον αριθμό αυτών που είναι μεγαλύτερες από το Μ. Αποτελεί εκείνο το σημείο της κατανομής το οποίο αφήνει 50% των παρατηρήσεων προς τα πάνω και 50% προς τα κάτω.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

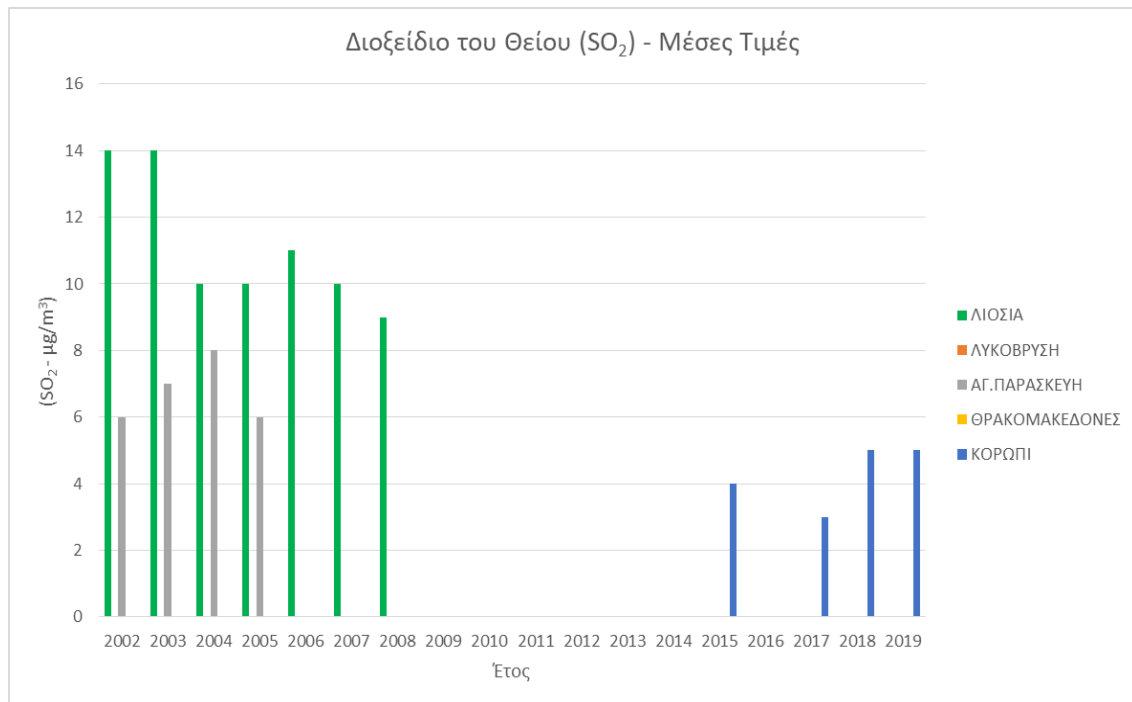
### 4.1. Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) ανά σταθμό

#### 4.1.1. Μέση Τιμή



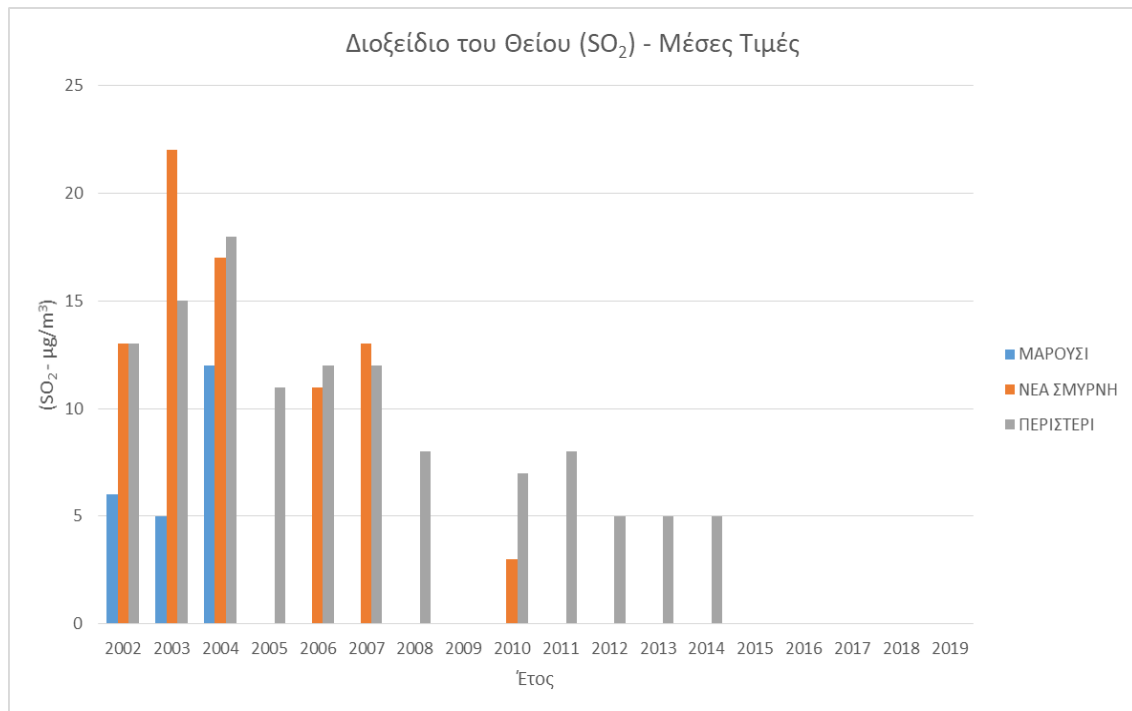
**Σχήμα 4.1.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Από το σχήμα 4.1.1.1, παρατηρούμε πως μεταξύ των ετών 2002-2009 υπάρχει μεγάλη μείωση των τιμών, ενώ από το 2009 και μετά παρατηρείται μια σταθεροποίηση στις τιμές. Βλέπουμε ότι οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται στον σταθμό Πατησίων και έπεται αυτός του Πειραιά. Αναφορικά με τους σταθμούς Αθηνάς και Αριστοτέλους, παρατηρούμε πως οι τιμές τους κυμαίνονται στα ίδια χαμηλά επίπεδα.



**Σχήμα 4.1.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.1.1.2, διαπιστώνουμε αρχικά έλλειψη στο εύρος των μετρήσεων. Από τα δεδομένα που διαθέτουμε, παρατηρούμε πως για το σταθμό των Λιοσίων υπάρχει μια σταδιακή μείωση των τιμών για τα έτη 2002-2008. Για τους σταθμούς της Αγίας Παρασκευής και Κορωπίου, βλέπουμε μια σταθερότητα στις τιμές των συγκεντρώσεων, ωστόσο διαθέτουμε δεδομένα για τέσσερα μόνο έτη, οπότε και δεν μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα. Τέλος, για τους σταθμούς Λυκόβρυσης και Θρακομακεδόνων δεν διαθέτουμε δεδομένα.

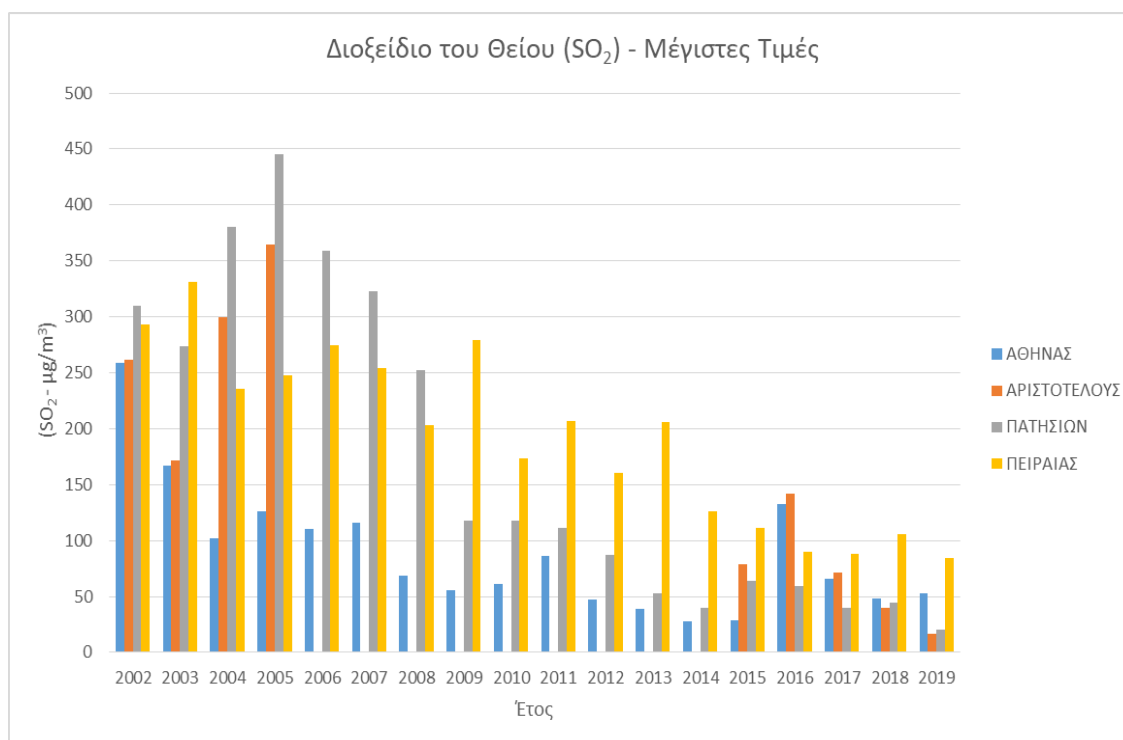


**Σχήμα 4.1.1.3. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο παραπάνω σχήμα 4.1.1.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή συγκέντρωσης SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Παρατηρώντας τη διαχρονική εξέλιξη των τιμών, βλέπουμε πως υπάρχει σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου. Αυτό παρατηρείται και στον σταθμό της Νέας Σμύρνης και στον σταθμό του Περιστερίου. Για τον σταθμό του Αμαρουσίου, υπάρχουν δεδομένα μόνο για τρία έτη, οπότε δεν μπορούμε να διεξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα.

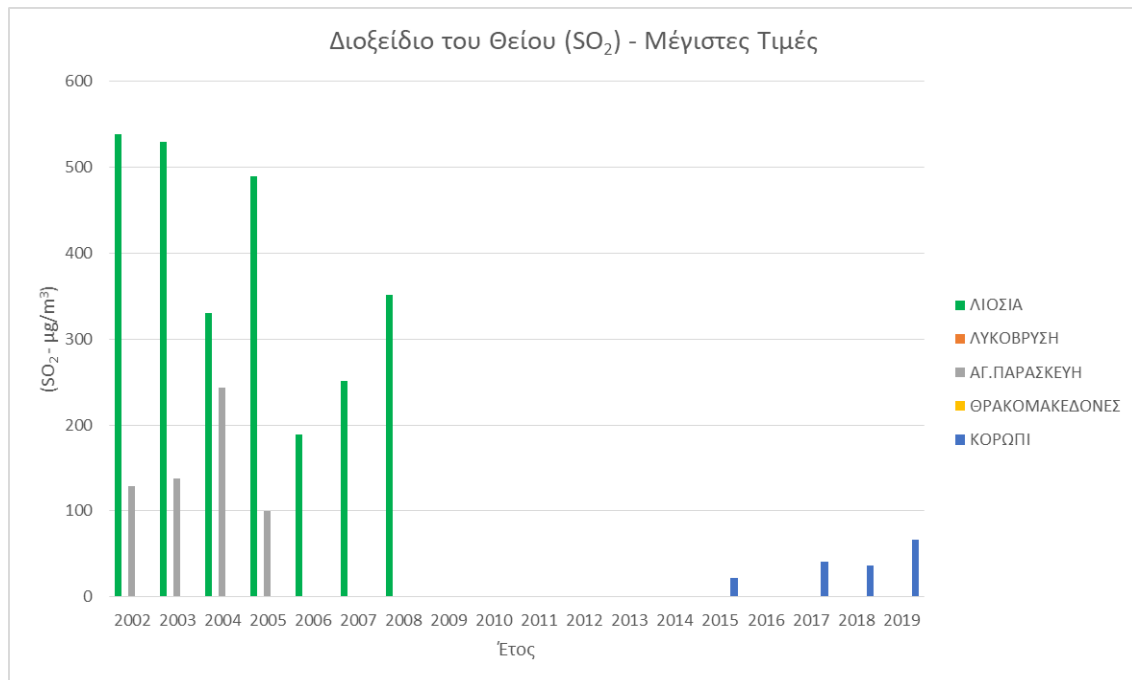


#### 4.1.2. Μέγιστη Τιμή



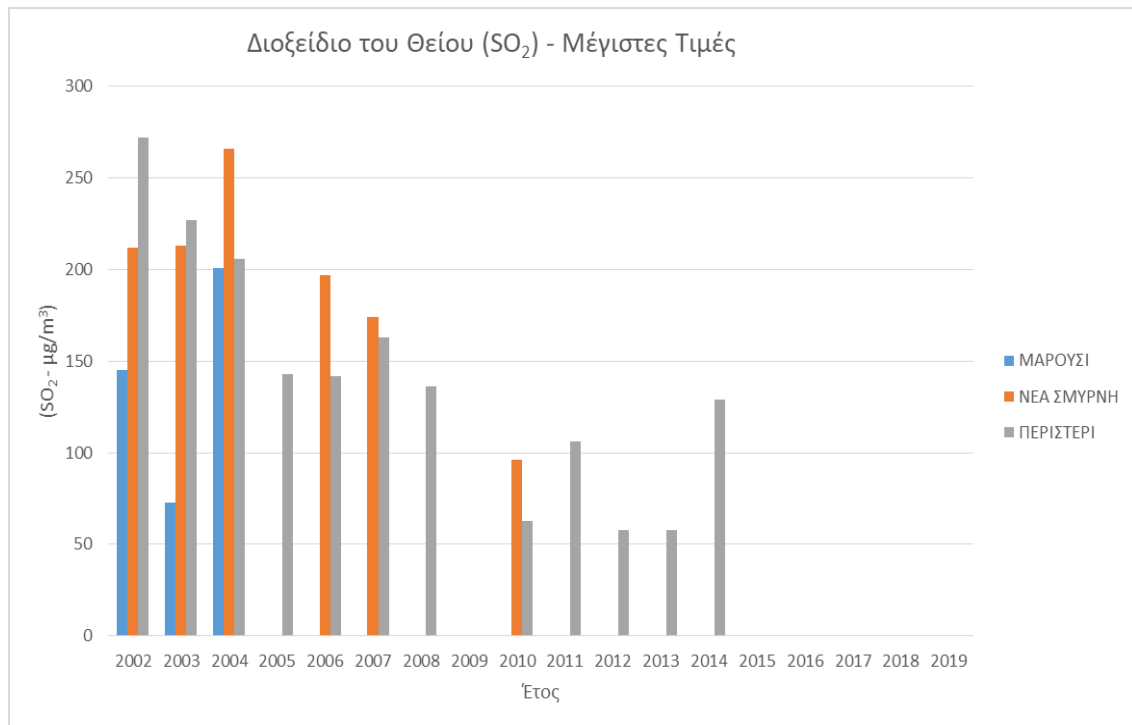
**Σχήμα 4.1.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.1.2.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκεντρώσεων SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Όπως στα αντίστοιχα διαγράμματα των μέσων τιμών, έτσι και εδώ παρατηρούμε μείωση των τιμών με το πέρασ των χρόνων. Αυτό οφείλεται στη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο, τόσο στο πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης, όσο και στην αμόλυβδη βενζίνη.



**Σχήμα 4.1.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών περιβατικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

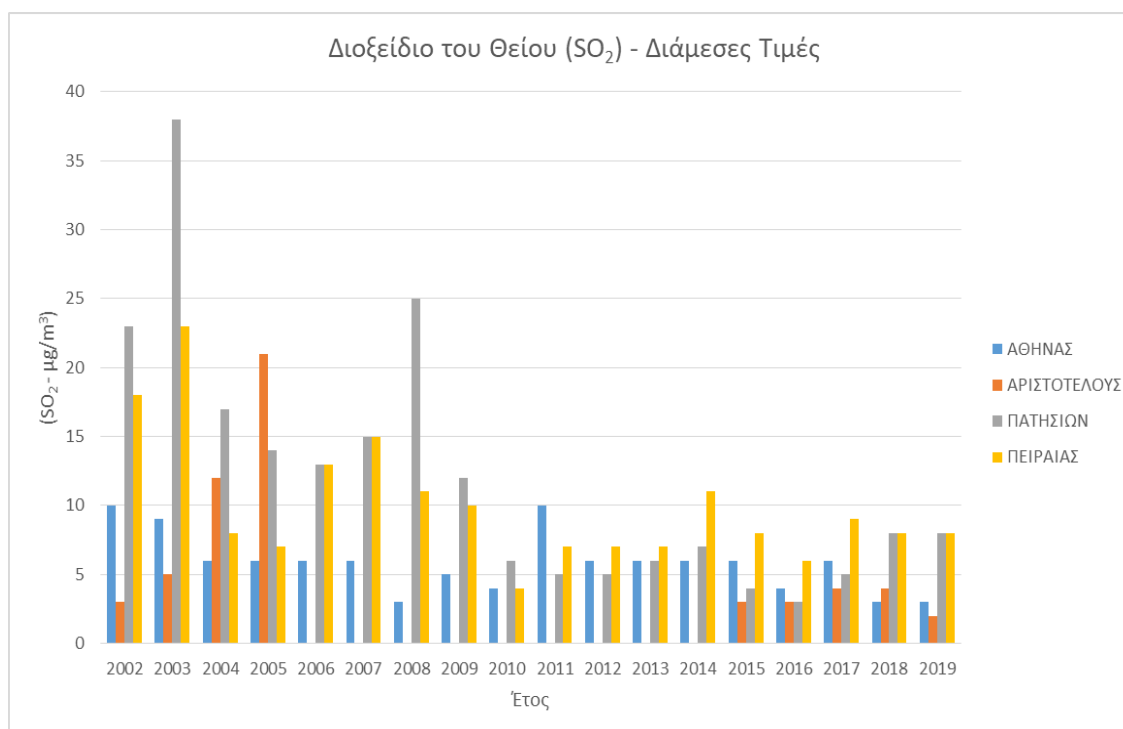
Στο σχήμα 4.1.2.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς περιβατικού υποβάθρου. Τα δεδομένα είναι λίγα ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα, ωστόσο για τον σταθμό Λιοσίων μπορούμε να πούμε πως υπάρχει μια τάση μείωσης των τιμών. Ο σταθμός της Αγίας Παρασκευής, δείχνει και αυτός μια ελαφρά μείωση στη μέγιστη τιμή το 2005. Αντίθετα στο σταθμό Κορωπίου, φαίνεται να υπάρχει μια αυξητική τάση στη μέγιστη τιμή των συγκεντρώσεων.



**Σχήμα 4.1.2.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

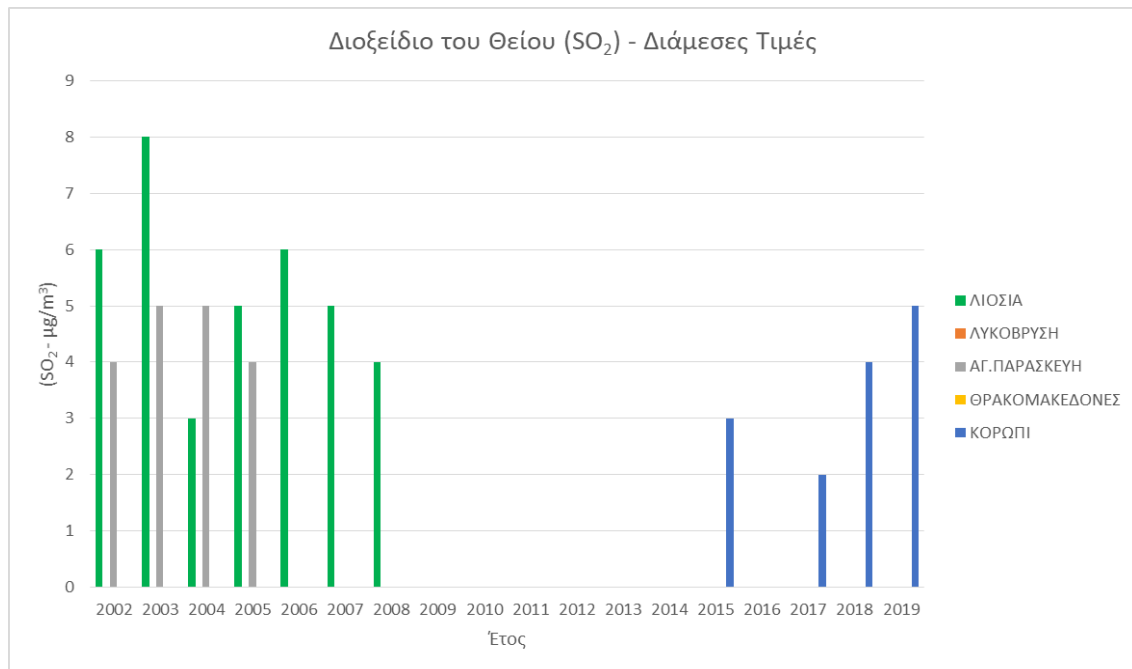
Στο διάγραμμα 4.1.2.3, παρατηρούμε μείωση των μέγιστων τιμών κυρίως στους σταθμούς Νέας Σμύρνης και Περιστερίου, για τα οποία έχουμε αρκετά δεδομένα. Για τον σταθμό Αμαρουσίου, έχουμε δεδομένα μόνο για τρία έτη, συνεπώς και δεν μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα.

#### 4.1.3. Διάμεση Τιμή



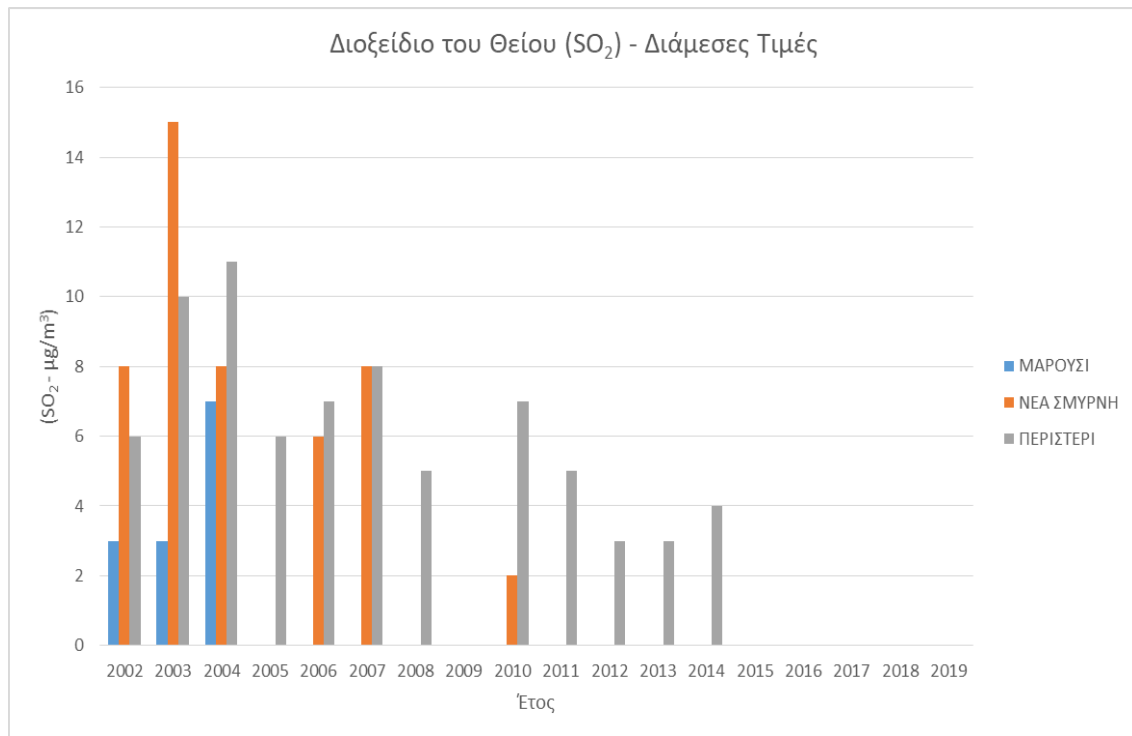
**Σχήμα 4.1.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο παραπάνω σχήμα, βλέπουμε σταδιακή μείωση στις διάμεσες τιμές των συγκεντρώσεων SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας με το πέρασμα των ετών. Κυρίως παρατηρείται στους σταθμούς Πειραιά και Πατησίων, στους οποίους μεταξύ των ετών 2002-2008, υπήρχαν υψηλές διάμεσες τιμές.



**Σχήμα 4.1.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.1.3.2, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Όπως και στο αντίστοιχο σχήμα των μέγιστων τιμών, έτσι και εδώ παρατηρούμε στους σταθμούς Λιοσίων και Αγίας Παρασκευής, μια τάση μείωσης των τιμών, ενώ στο σταθμό Κορωπίου υπάρχει μια αυξητική τάση στις τιμές.

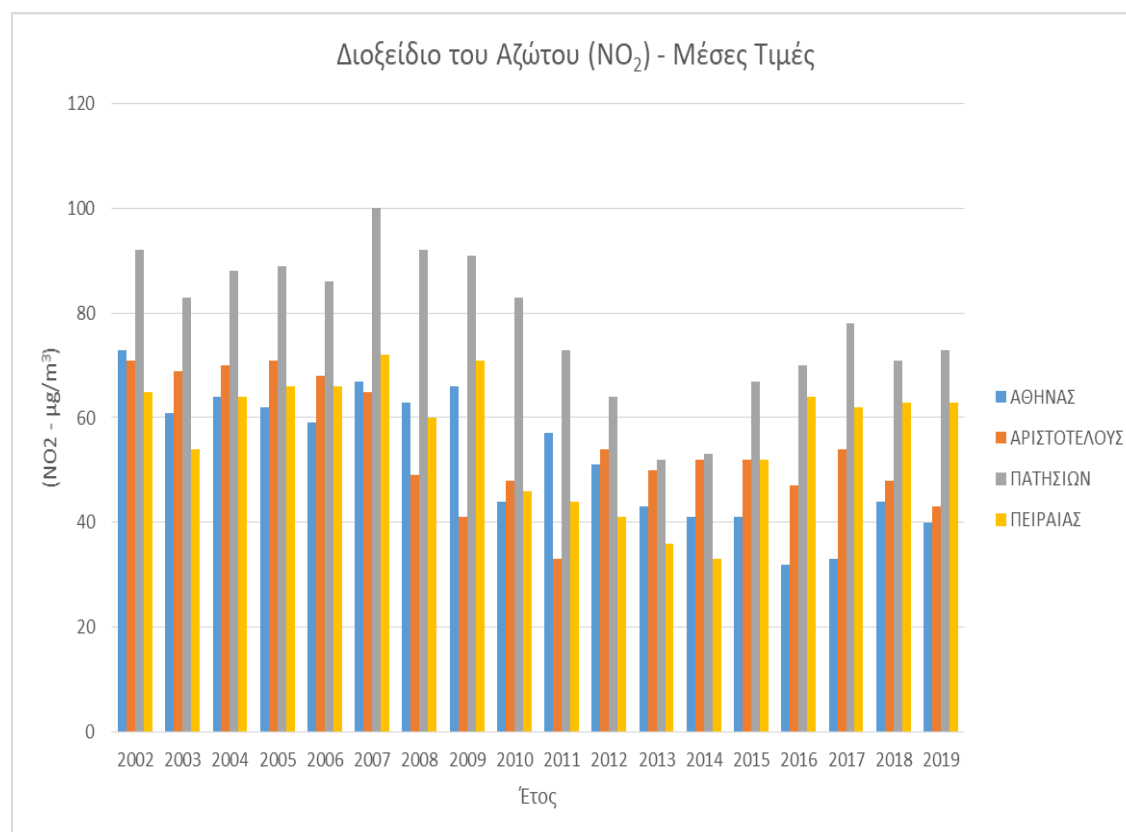


**Σχήμα 4.1.3.3. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.1.3.3, παρατηρούμε μείωση στις διάμεσες τιμές συγκεντρώσεων SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Για τον σταθμό του Αμαρουσίου, τα δεδομένα είναι λίγα, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να διεξάγουμε συμπεράσματα.

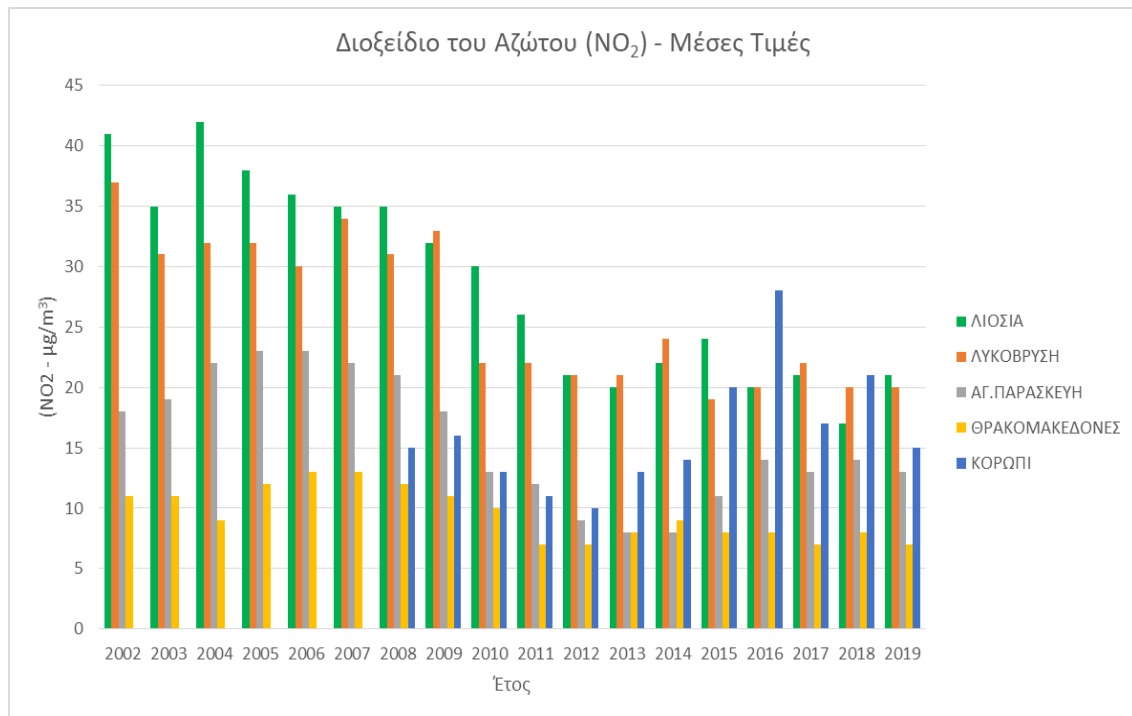
## 4.2. Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) ανά σταθμό

### 4.2.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.2.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

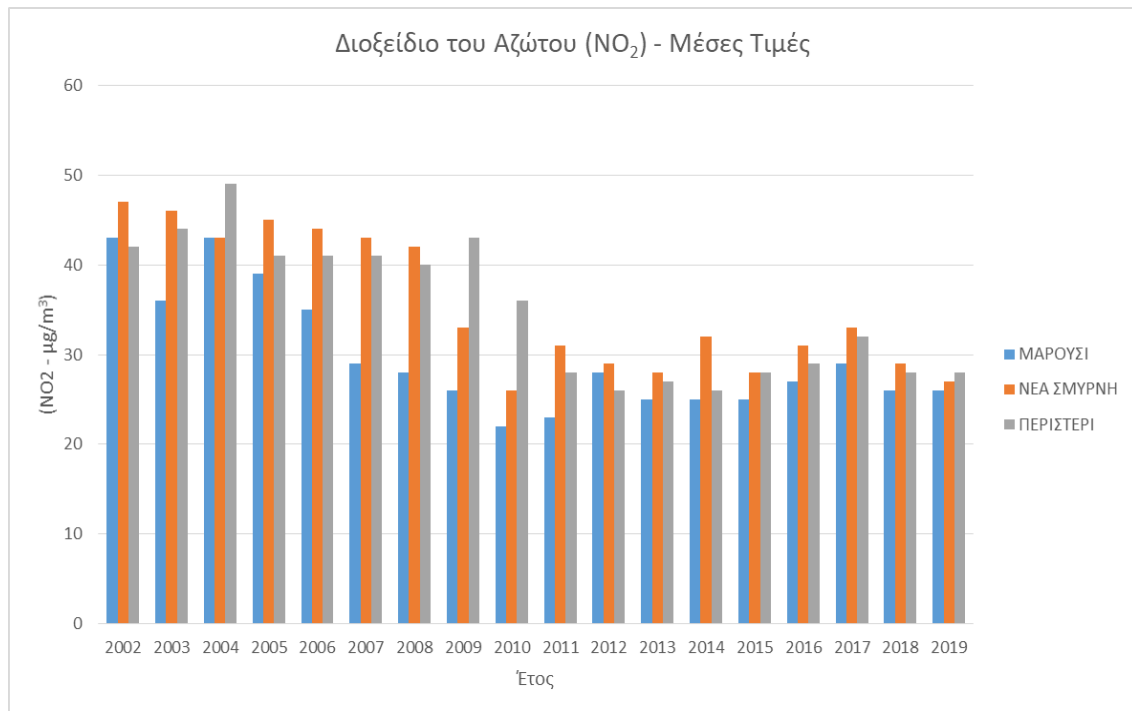
Στο σχήμα 4.2.1.1, φαίνεται η διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>, των σταθμών αστικής κυκλοφορίας. Από το διάγραμμα, παρατηρούμε πως μέχρι και το 2014, υπάρχει μείωση των συγκεντρώσεων σε όλους τους σταθμούς. Από το 2015 και μετά, κυρίως στους σταθμούς Πατησίων και Πειραιά, βλέπουμε μια αυξητική τάση, γεγονός που οφείλεται τόσο στην ολοένα και μεγαλύτερη χρήση πετρελαιοκίνητων οχημάτων, όσο και στην αύξηση κυκλοφορίας αυτοκινήτων, καθώς και στην αύξηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, από την κρίση και έπειτα.



**Σχήμα 4.2.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Από το σχήμα 4.2.1.2, βλέπουμε τη διαχρονική μεταβολή των συγκεντρώσεων του NO<sub>2</sub>, των σταθμών περιαστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε και εδώ μια πτώση των τιμών μέχρι και το 2012, ενώ από το 2013 και μετά, φαίνεται να υπάρχει μια σχετική σταθεροποίηση των τιμών.

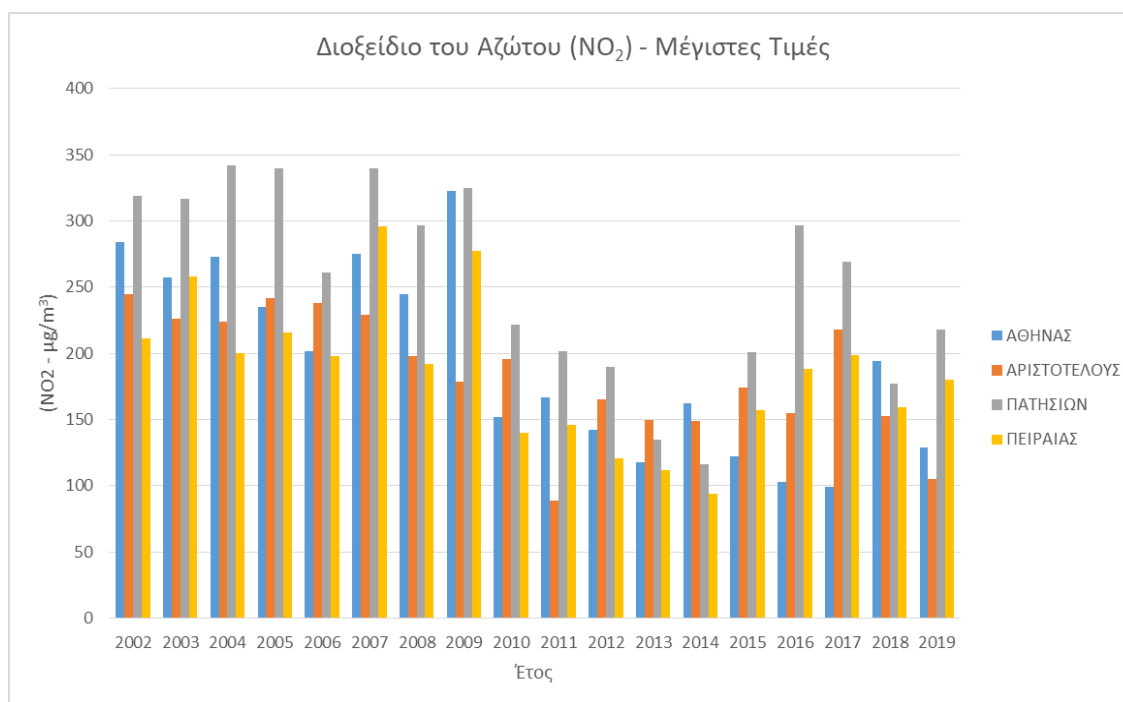




**Σχήμα 4.2.1.3. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

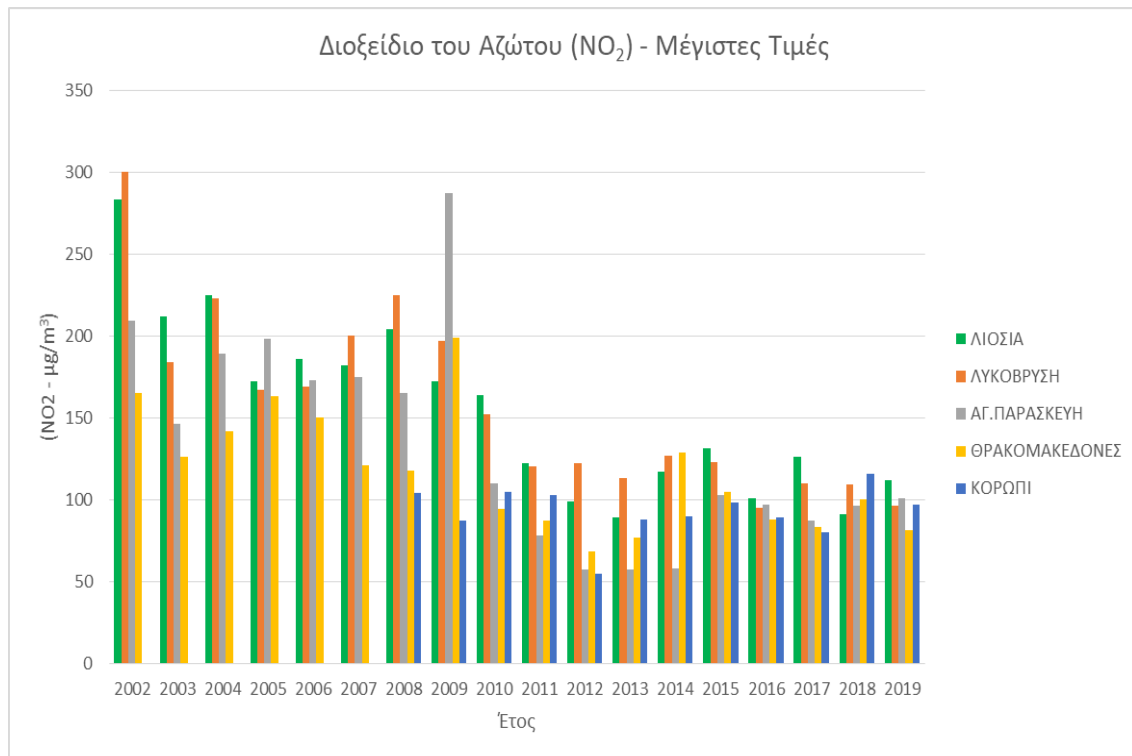
Το σχήμα 4.2.1.3, παρουσιάζει παρόμοια εικόνα με αυτή των σταθμών αστικής κυκλοφορίας και περιαστικού υποβάθρου. Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων μέχρι το 2014 παρουσιάζουν πτωτική πορεία, ενώ από το 2015 έως και το 2017, παρατηρείται μια μικρή αύξηση στις τιμές. Από το 2018 και μετά, φαίνεται να υπάρχει εκ νέου μείωση των τιμών.

#### 4.2.2. Μέγιστη Τιμή



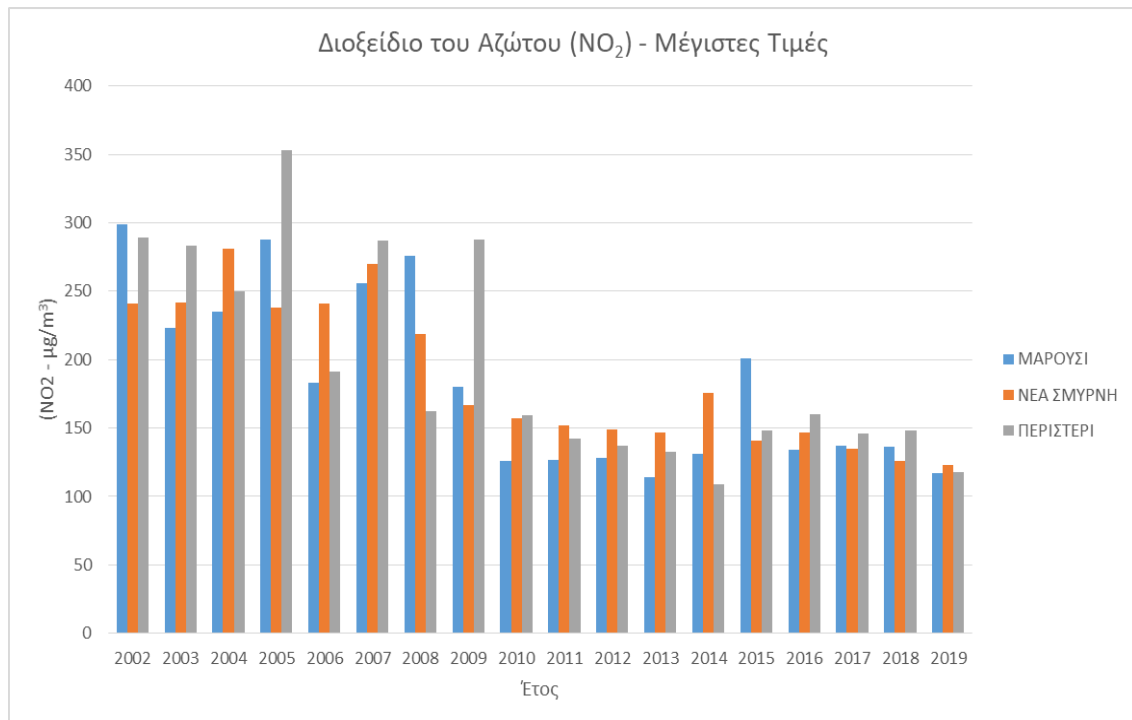
**Σχήμα 4.2.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.2.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Παρατηρούμε πως μέχρι το 2014, υπάρχει σημαντική μείωση των μέγιστων τιμών. Από το 2015 έως και το 2017, βλέπουμε να υπάρχει μια αυξητική τάση στις μέγιστες τιμές, ενώ από το 2018 και μετά, παρατηρείται πάλι φθίνουσα πορεία.



**Σχήμα 4.2.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

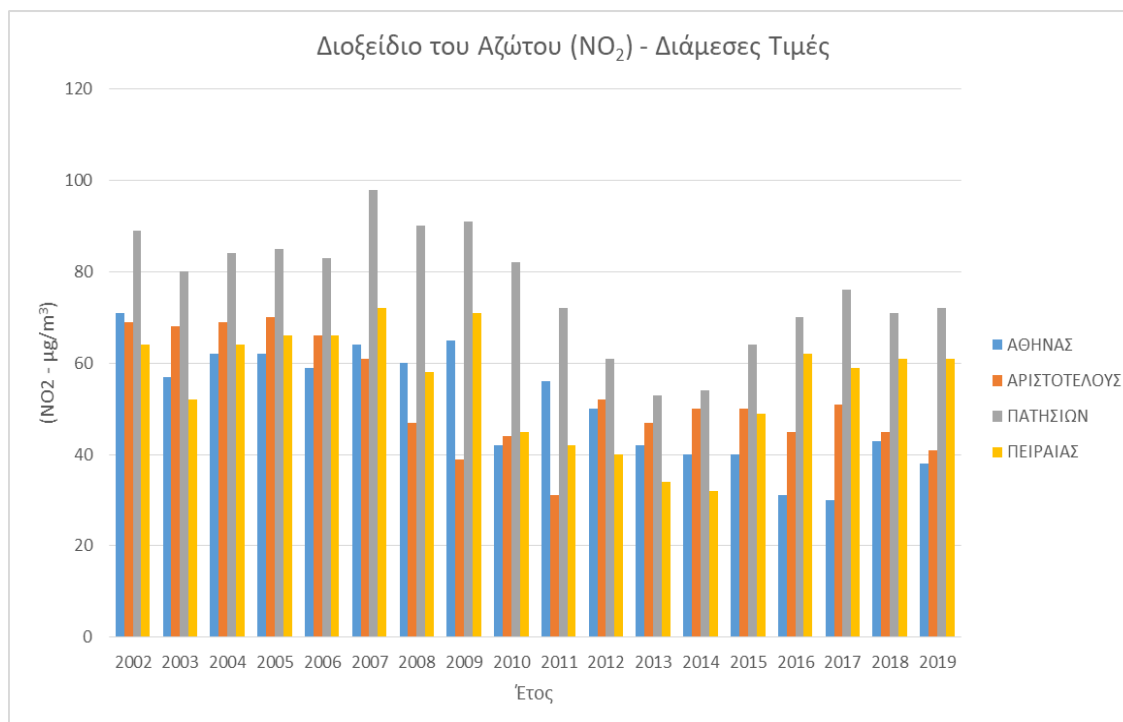
Στο σχήμα 4.2.2.2, παρατηρούμε μείωση των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου μέχρι και το 2013, ενώ από το 2014 και μετά, παρατηρούμε μια μικρή αύξηση των μέγιστων τιμών, τα αίτια της οποίας τα έχουμε αναφέρει παραπάνω.



**Σχήμα 4.2.2.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

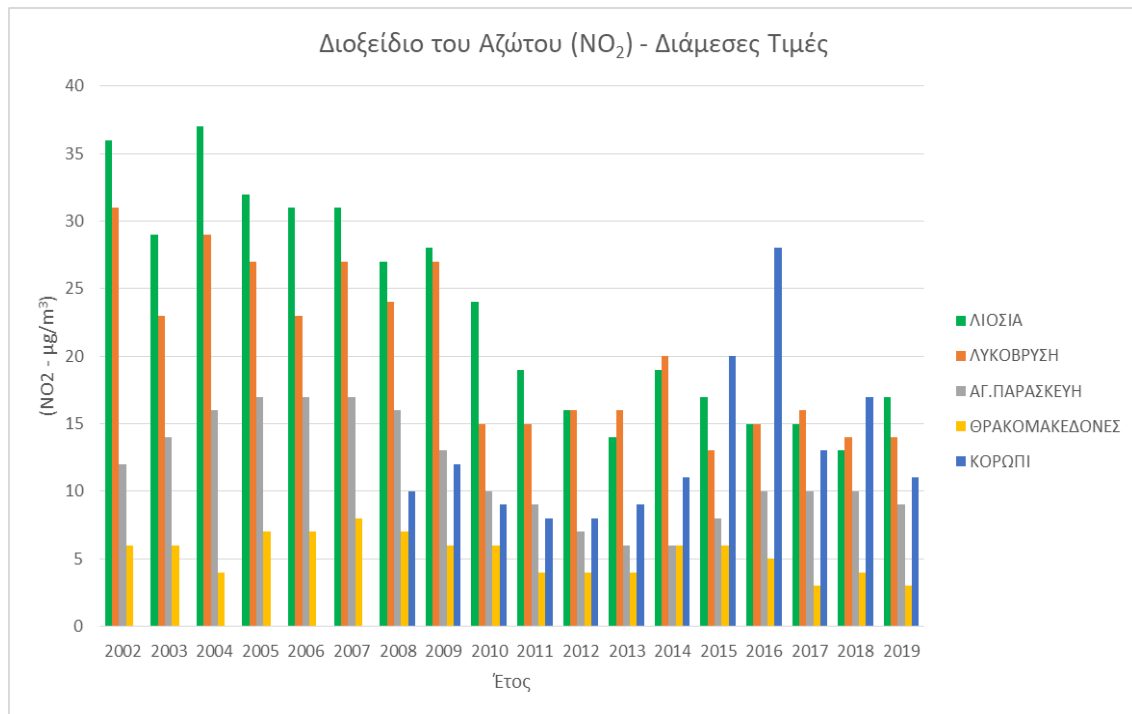
Στο σχήμα 4.2.2.3, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Στον σταθμό του Αμαρουσίου, βλέπουμε μια μείωση στις μέγιστες τιμές μέχρι και το 2014, ενώ το 2015 παρουσιάζει μια απότομη αύξηση. Από το 2016 και μετά, ξεκινάει και πάλι μια πτωτική τάση στις μέγιστες τιμές. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στον σταθμό της Νέας Σμύρνης, με τη διαφορά πως η μείωση των μέγιστων τιμών σημειώνεται μέχρι το 2013 και το 2014 παρουσιάζει μια απότομη αύξηση. Η μείωση των μέγιστων τιμών ξεκινά πάλι από το 2015 και μετά. Τέλος, ο σταθμός Περιστερίου, έχει μια ανάλογη μεταβολή στις τιμές με αυτή του σταθμού του Αμαρουσίου.

### 4.2.3. Διάμεση Τιμή



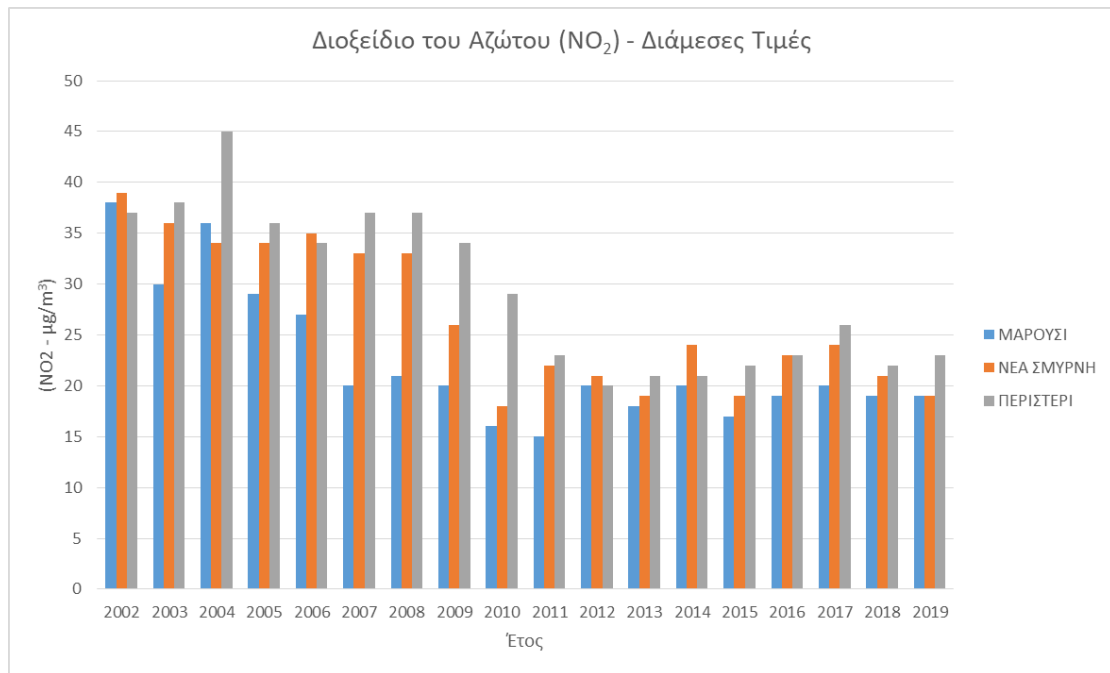
**Σχήμα 4.2.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.2.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Στους σταθμούς Πατησίων και Πειραιά, βλέπουμε μια μείωση των τιμών μέχρι το 2014 και από το 2015 και μετά, μια αυξητική τάση. Στο σταθμό Αθηνάς παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση των διάμεσων τιμών στο πέρασμα των χρόνων. Τέλος, στο σταθμό της Αριστοτέλους βλέπουμε μείωση των διάμεσων τιμών μέχρι το 2011, ενώ το 2012 αυξάνονται οι τιμές και από εκεί και πέρα υπάρχει μια σταθεροποίηση των τιμών.



**Σχήμα 4.2.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.2.3.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Στο σταθμό Λιοσίων, παρατηρούμε μείωση των τιμών μέχρι το 2014, ενώ από το 2015 και μετά αρχίζει μια μικρή αύξηση των τιμών. Στο σταθμό Θρακομακεδόνων, οι τιμές είναι γενικά σταθερές και σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Στο σταθμό Λυκόβρυσης βλέπουμε μια απότομη μείωση στις τιμές το 2010 και από εκεί και πέρα μια σταθερότητα. Στο σταθμό της Αγίας Παρασκευής βλέπουμε μείωση των τιμών αρχής γενομένης από το 2008 έως και το 2014. Ενώ από το 2015 και μετά, παρατηρούμε μια αυξητική τάση. Τέλος, στο σταθμό Κορωπίου βλέπουμε μια αυξητική τάση από το 2013 έως και το 2016. Από το 2017 παρατηρούμε μια πτώση στις τιμές.

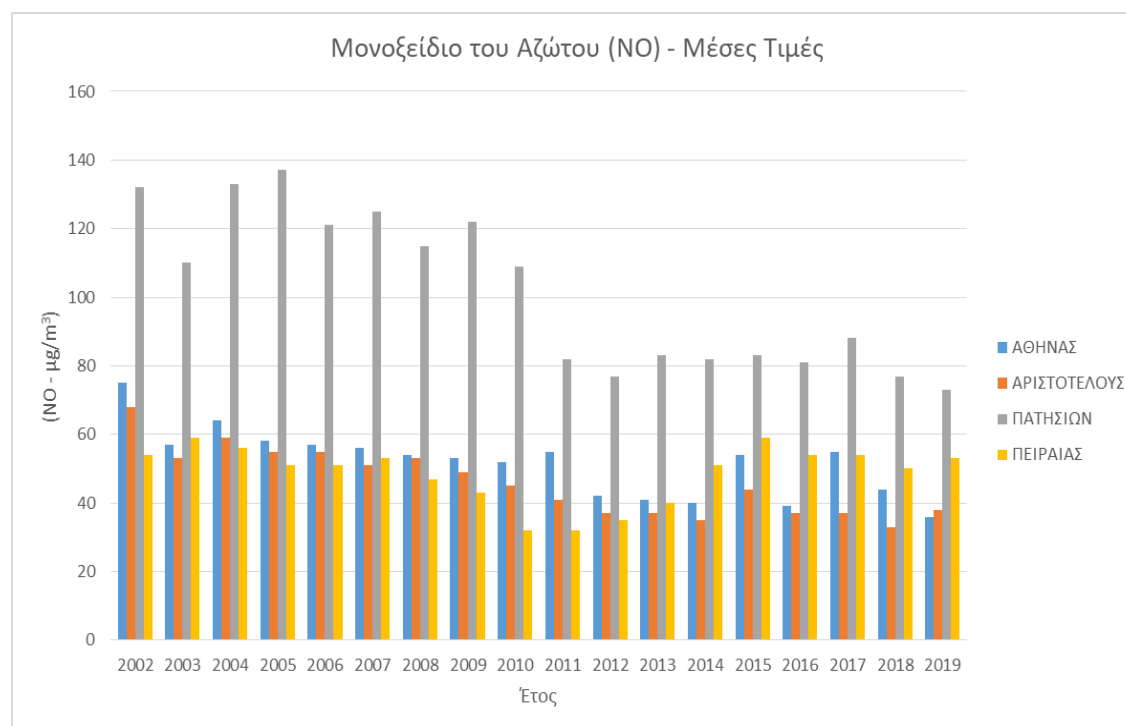


**Σχήμα 4.2.3.3. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο διάγραμμα 4.2.3.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Για τον σταθμό Αμαρουσίου, βλέπουμε μια πτωτική τάση των τιμών από το 2002 έως το 2011. Από το 2012 και μετά, παρατηρούμε μια μικρή αύξηση στις τιμές. Αντίστοιχα στο σταθμό Νέας Σμύρνης, παρατηρούμε μια πτωτική τάση των τιμών μεταξύ 2002 και 2010, ενώ από το 2011 υπάρχει μια μικρή αύξηση στις τιμές. Τέλος, στο σταθμό Περιστερίου βλέπουμε μια πτώση των τιμών μέχρι το 2012 και από εκεί και πέρα μια ελαφρά ανοδική πορεία στις τιμές.

### 4.3. Διαχρονική μεταβολή μονοξειδίου του αζώτου (NO) ανά σταθμό

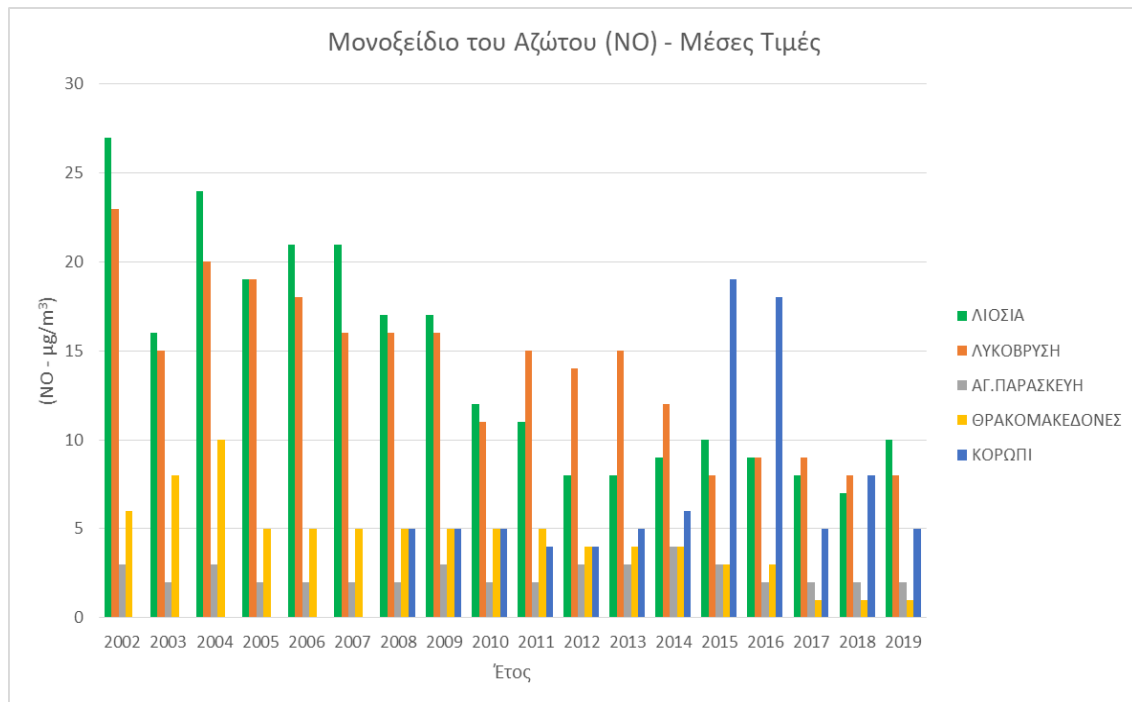
#### 4.3.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.3.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

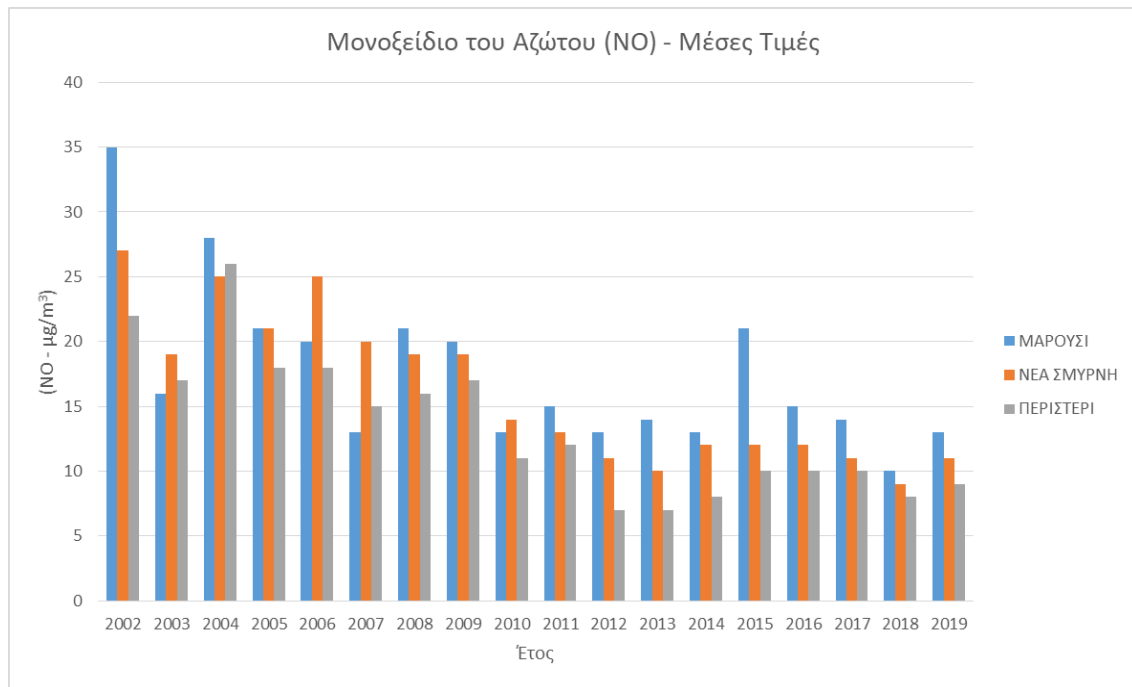
Στο σχήμα 4.3.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσω τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Το πρώτο πράγμα που παρατηρούμε, είναι πως οι τιμές στο σταθμό Πατησίων είναι σχεδόν οι διπλάσιες από τις τιμές των υπόλοιπων σταθμών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως πρόκειται για έναν σχετικά στενό αυτοκινητόδρομο, με ψηλά κτίρια και εντονότερη κυκλοφορία. Βλέπουμε πως στο σταθμό Πατησίων υπάρχει πτώση των τιμών μέχρι και το 2012 και από το 2013 και μετά, μια σταθεροποίηση των τιμών. Αντίστοιχη εικόνα με τον σταθμό Πατησίων παρουσιάζουν και οι άλλοι δύο σταθμοί, Αριστοτέλους και Αθηνάς. Τέλος, στον σταθμό Πειραιά βλέπουμε μείωση των τιμών μέχρι το 2011. Ωστόσο από το 2012 και μετά, φαίνεται να υπάρχει μια αυξητική τάση στις τιμές.





**Σχήμα 4.3.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

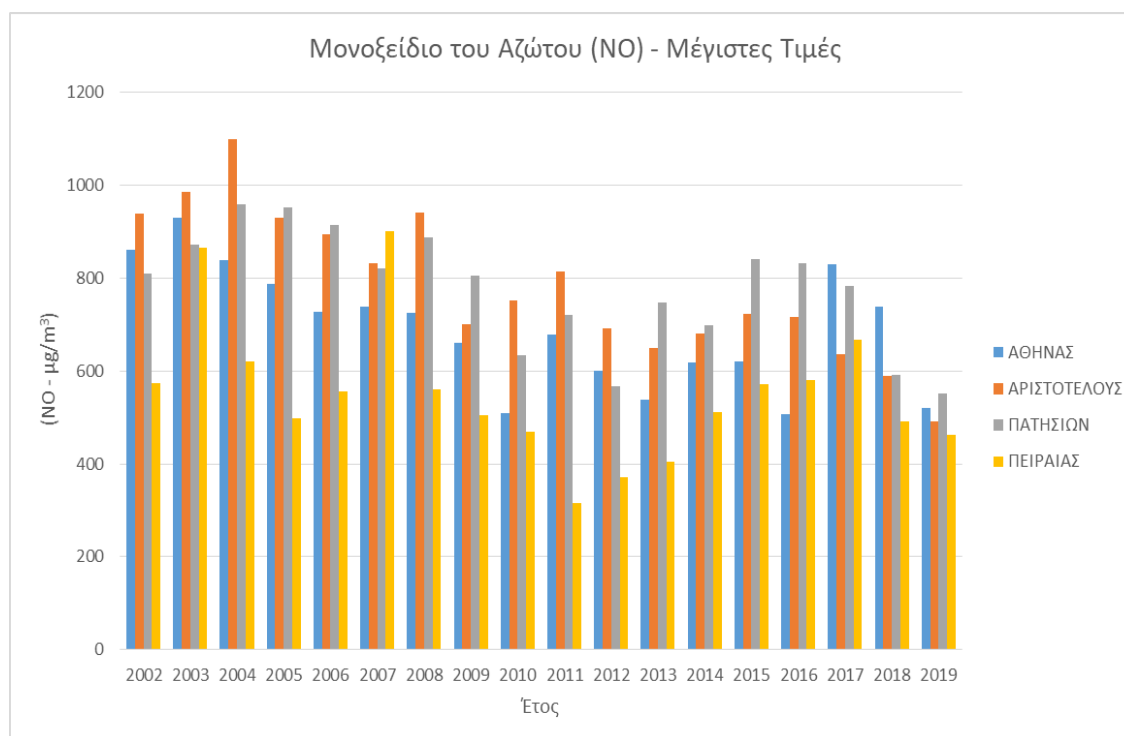
Στο σχήμα 4.3.1.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Για τον σταθμό Λιοσίων παρατηρούμε μείωση των τιμών μέχρι το 2013. Από το 2014 υπάρχει μια μικρή αύξηση και έπειτα σταθεροποίηση των τιμών. Στον σταθμό Λυκόβρυσης παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση των τιμών. Στον σταθμό Αγίας Παρασκευής βλέπουμε σταθερά χαμηλές τιμές, με κάποιες μικρές αυξομειώσεις. Στον σταθμό Λυκόβρυσης από το 2005 έως και το 2011, παρατηρούμε μια σταθερότητα στις τιμές, ενώ από το 2012 και μετά, βλέπουμε μια σταδιακή μείωση των τιμών. Τέλος στον σταθμό Κορωπίου, από το 2008 έως και το 2014, βλέπουμε μια σταθερότητα στις τιμές με κάποιες μικρές αυξομειώσεις, ωστόσο το 2015 και 2016 υπάρχει κατακόρυφη αύξηση των τιμών. Από το 2017 και μετά, υπάρχει μεγάλη πτώση στις συγκεντρώσεις NO στο σταθμό του Κορωπίου. Παρατηρούμε ότι τα επίπεδα συγκεντρώσεων είναι πολύ χαμηλότερα σε σχέση με τους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας, γεγονός που οφείλεται στην ηπιότερη κυκλοφορία και στην πολεοδομική διάταξη των περιοχών αυτών.



**Σχήμα 4.3.1.3. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

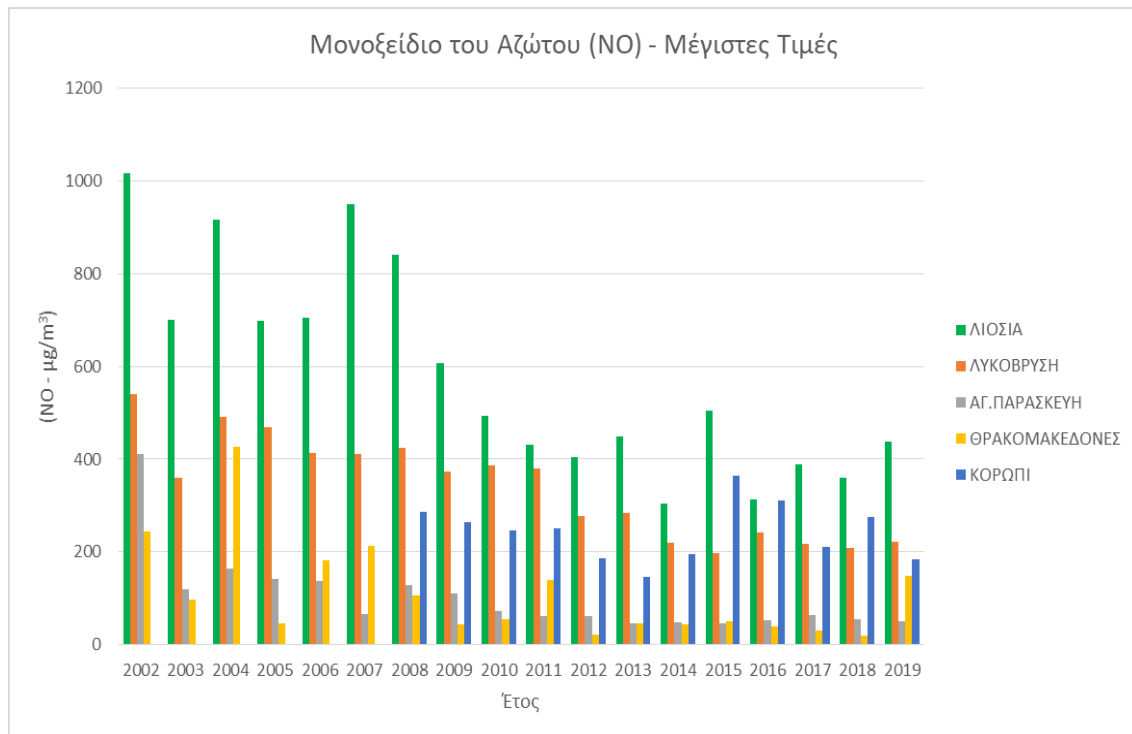
Στο σχήμα 4.3.1.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε γενικά μια πτωτική τάση των τιμών μέχρι το 2009. Από εκεί και πέρα, βλέπουμε μια σταθεροποίηση στις τιμές. Εξάιρεση αποτελεί η μεγάλη αύξηση στη συγκέντρωση NO στον σταθμό του Αμαρουσίου για το έτος 2015.

### 4.3.2. Μέγιστη Τιμή



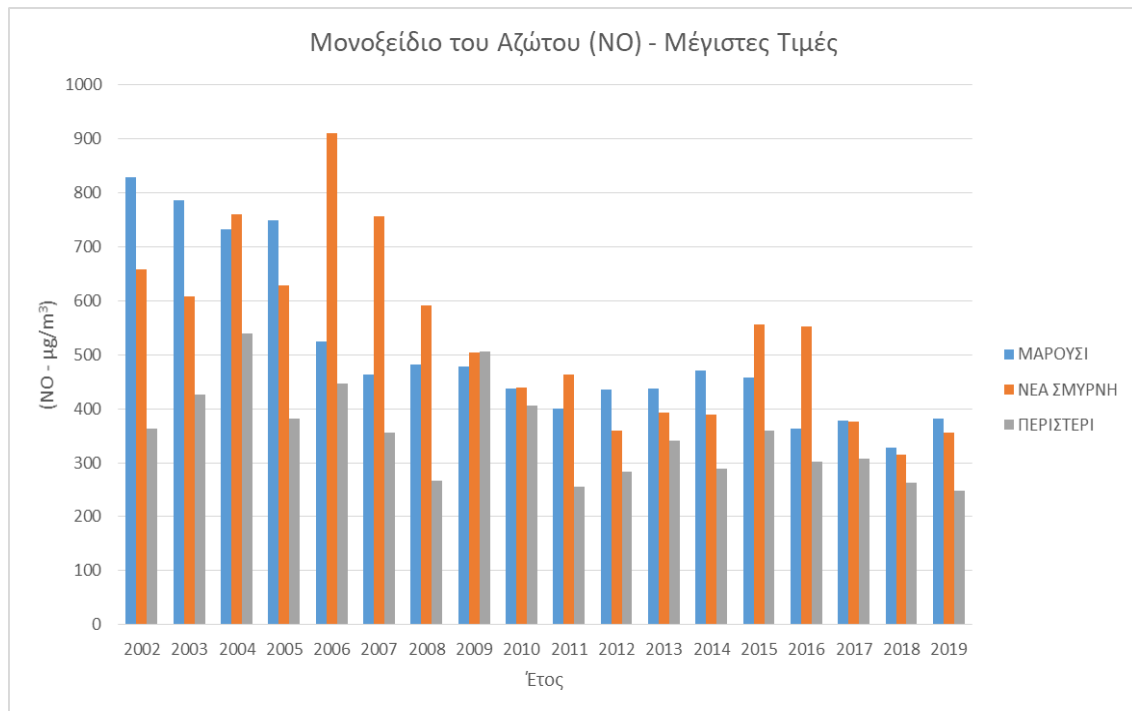
**Σχήμα 4.3.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.3.2.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Παρατηρούμε πως σε αντίθεση με το αντίστοιχο διάγραμμα μέσων τιμών, που ο σταθμός Πατησίων είχε με διαφορά τις μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων NO, σε αυτό το διάγραμμα ο σταθμός Αριστοτέλους είναι αυτός που έχει την μεγαλύτερη μέγιστη τιμή διαχρονικά το 2004.



**Σχήμα 4.3.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

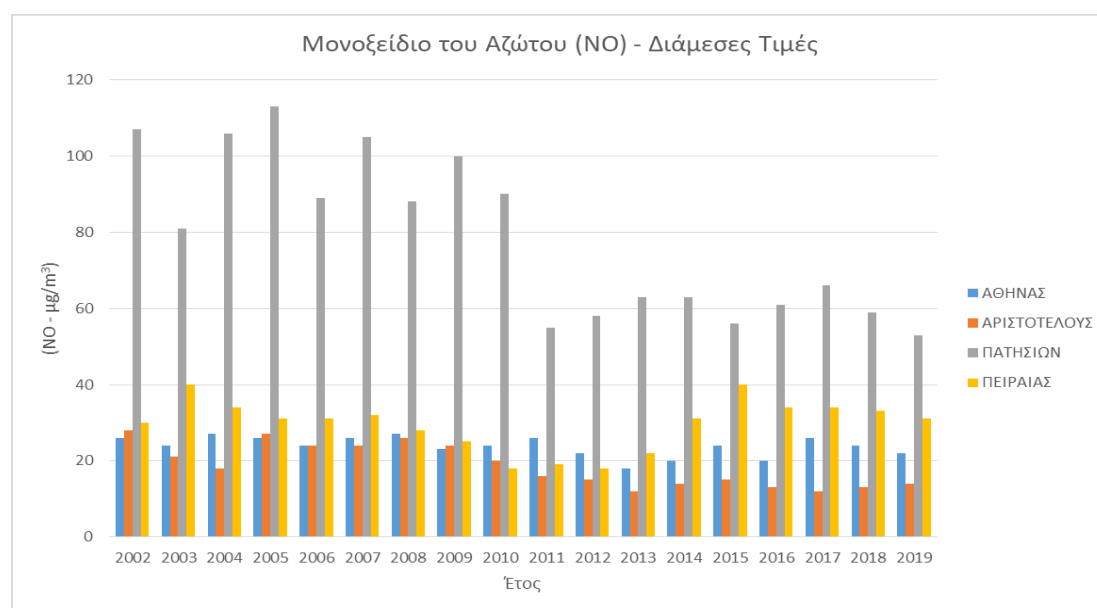
Στο διάγραμμα 4.3.2.2, παρατηρούμε ότι διαχρονικά οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται στον σταθμό Λιοσίων, με τον σταθμό της Λυκόβρυσης και του Κορωπίου να έπονται, ωστόσο με αρκετά μικρότερες τιμές. Τέλος, οι σταθμοί Θρακομακεδόνων και Αγίας Παρασκευής είναι αυτοί που παρουσιάζουν τις μικρότερες μέγιστες τιμές διαχρονικά.



**Σχήμα 4.3.2.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

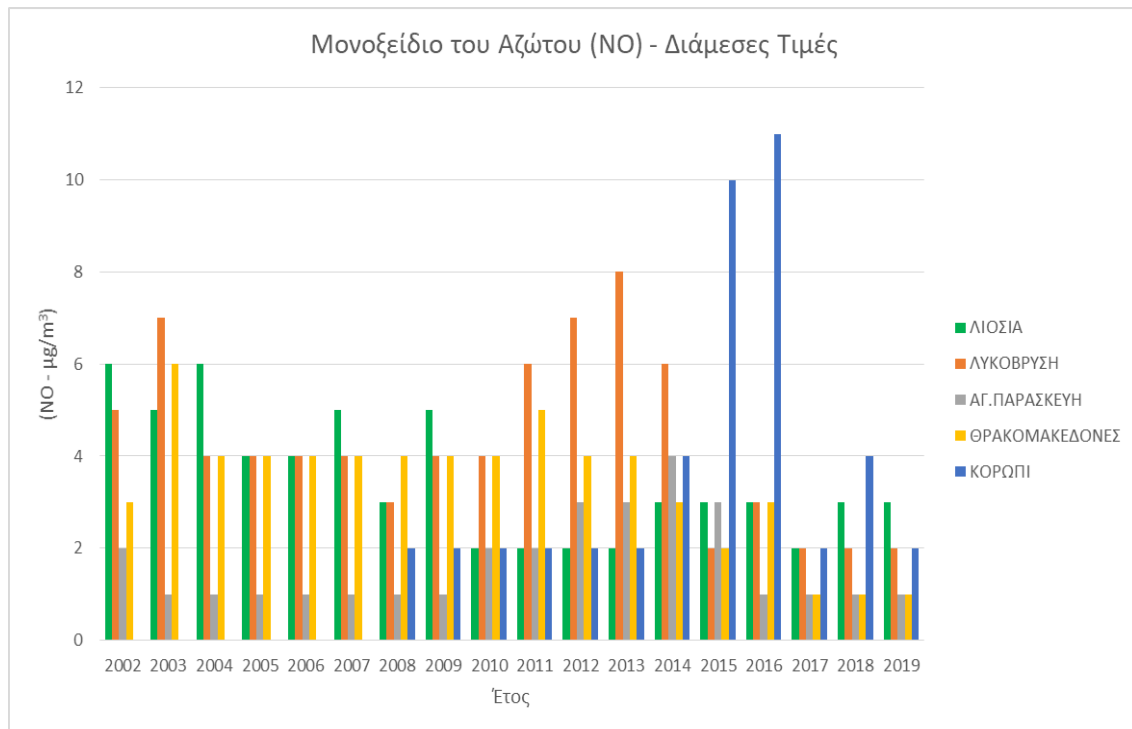
Στο σχήμα 4.3.2.3, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Από το παραπάνω σχήμα, συμπεραίνουμε πως οι μεγαλύτερες μέγιστες τιμές διαχρονικά εμφανίζονται στους σταθμούς Νέας Σμύρνης και Αμαρουσίου, ενώ ο σταθμός Περιστερίου παρουσιάζει χαμηλότερες μέγιστες τιμές. Παρατηρούμε επίσης, ότι με το πέρασ των χρόνων σημειώνεται σταδιακή μείωση των μέγιστων τιμών και στους τρεις σταθμούς αστικού υποβάθρου.

### 4.3.3. Διάμεση Τιμή



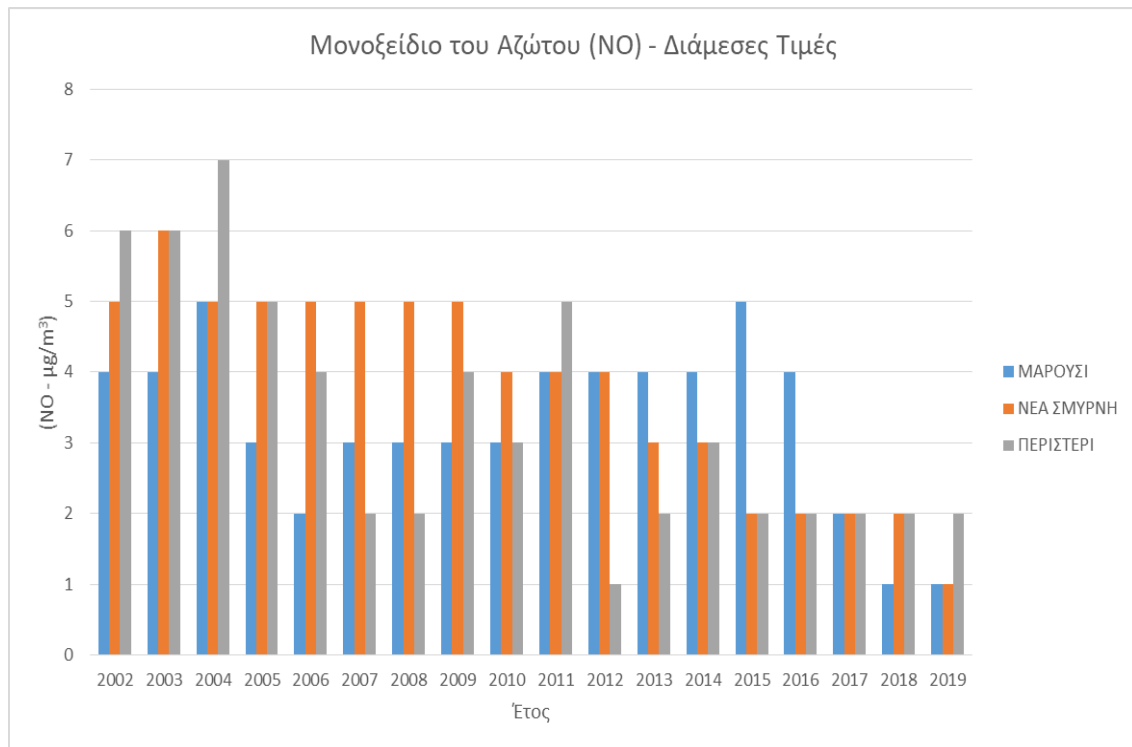
**Σχήμα 4.3.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.3.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Όπως και στο σχήμα 4.3.1.1, το αντίστοιχο σχήμα των μέσων τιμών NO στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας, παρατηρούμε πως στο σταθμό Πατησίων οι διάμεσες τιμές είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από των υπολοίπων σταθμών αστικής κυκλοφορίας που εξετάζουμε.



**Σχήμα 4.3.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.3.3.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε πως οι διάμεσες τιμές των σταθμών περιαστικού υποβάθρου, είναι πολύ χαμηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές των σταθμών αστικής κυκλοφορίας. Επίσης, βλέπουμε πως οι διάμεσες τιμές συγκέντρωσης NO στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου είναι γενικά σταθερές, ενώ παρουσιάζουν μικρές αυξομειώσεις.



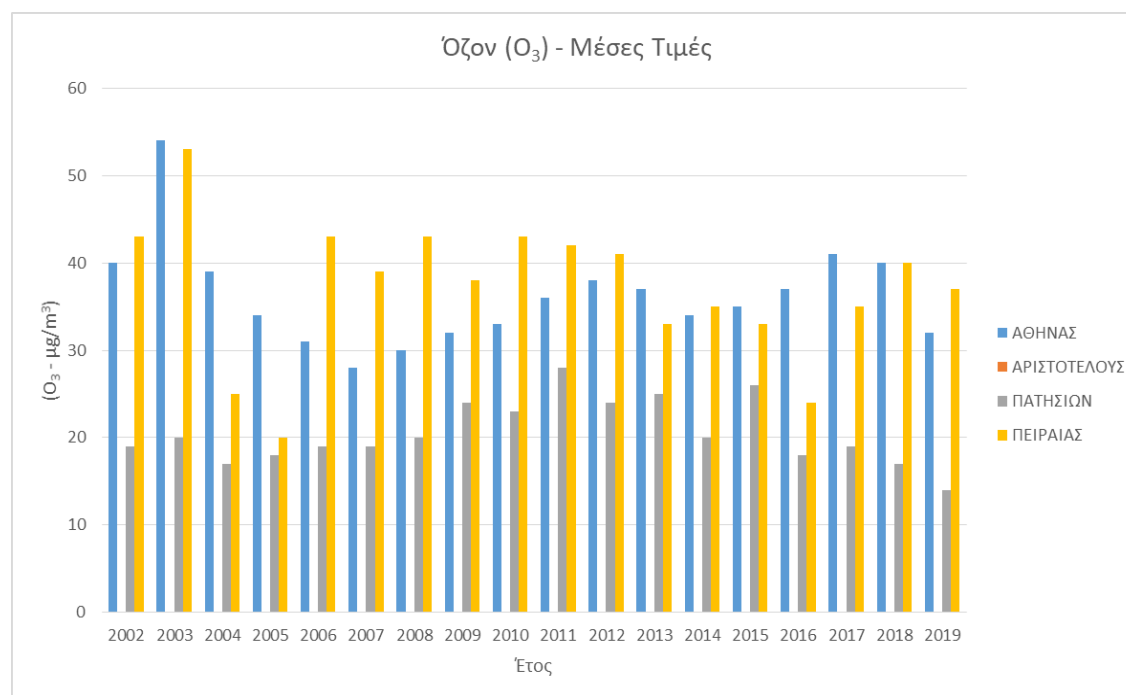
**Σχήμα 4.3.3.3. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.3.3.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Όπως και στο σχήμα 1.3.3.2, έτσι και σε αυτό, βλέπουμε χαμηλές τιμές, κατά πολύ χαμηλότερες σε σχέση με το αντίστοιχο διάγραμμα των σταθμών αστικής κυκλοφορίας. Επίσης, και εδώ παρατηρούμε ότι οι διάμεσες τιμές παρουσιάζουν μικρές αυξομειώσεις με το πέρασ των χρόνων.



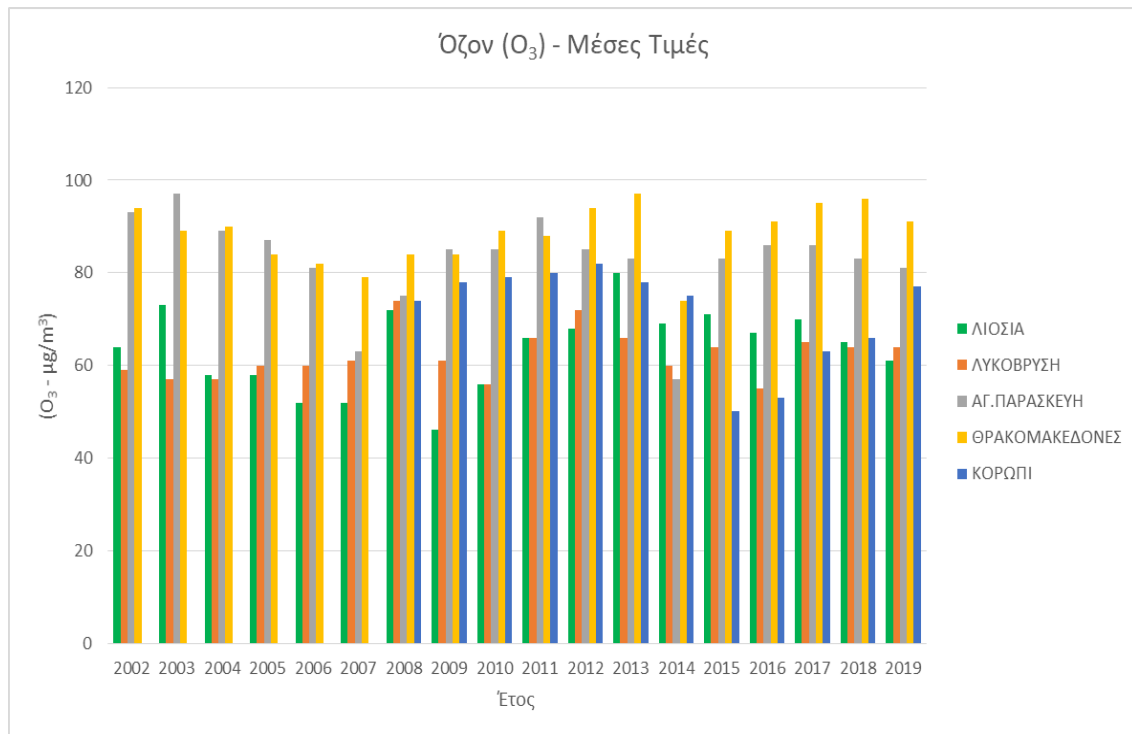
#### 4.4. Διαχρονική μεταβολή Όζον (O<sub>3</sub>) ανά σταθμό

##### 4.4.1. Μέση Τιμή



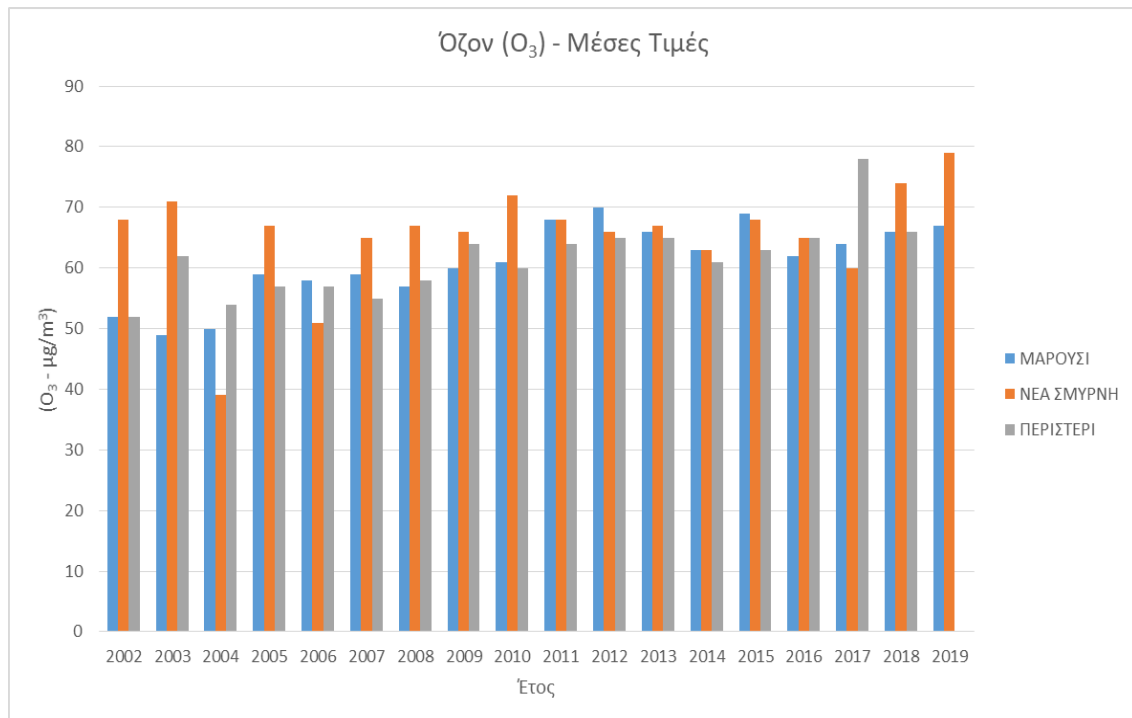
**Σχήμα 4.4.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.4.1.1, παρατηρείται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Από το διάγραμμα, βλέπουμε ότι παρουσιάζονται αυξομειώσεις των τιμών, από χρόνο σε χρόνο. Παρατηρούμε επίσης, πως στο σταθμό Πατησίων καταγράφονται οι χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς, λόγω υψηλότερων επιπέδων NO.



**Σχήμα 4.4.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

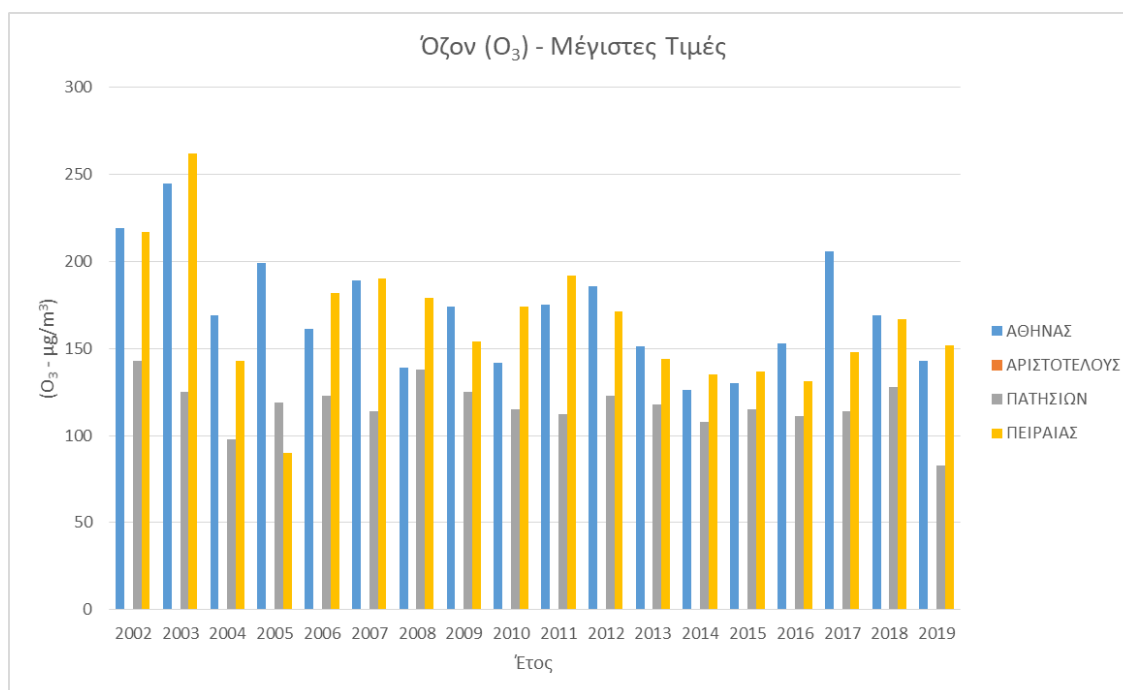
Στο σχήμα 4.4.1.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε πως η διακύμανση των συγκεντρώσεων είναι παρόμοια με των αστικών κυκλοφορίας, ωστόσο οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τους σταθμούς αστικών κυκλοφορίας. Το γεγονός αυτό είναι λογικό, καθώς το όζον χαρακτηρίζεται ως περιφερειακός ρύπος.



**Σχήμα 4.4.1.3. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

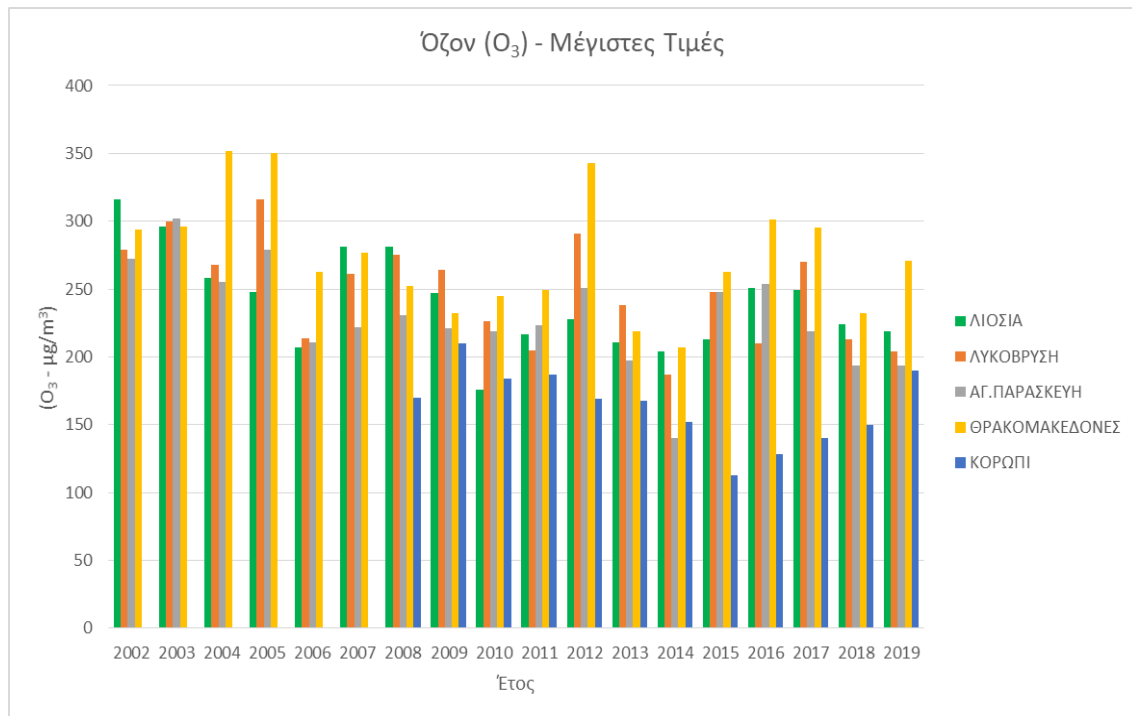
Στο σχήμα 4.4.1.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, παρατηρούμε μια τάση αύξησης των συγκεντρώσεων από έτος σε έτος. Βλέπουμε επίσης, πως οι τιμές είναι υψηλότερες σε σχέση με τους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας, μικρότερες ωστόσο σε σχέση με τους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Τέλος και στους τρεις σταθμούς τα επίπεδα των συγκεντρώσεων είναι παρόμοια.

#### 4.4.2. Μέγιστη Τιμή



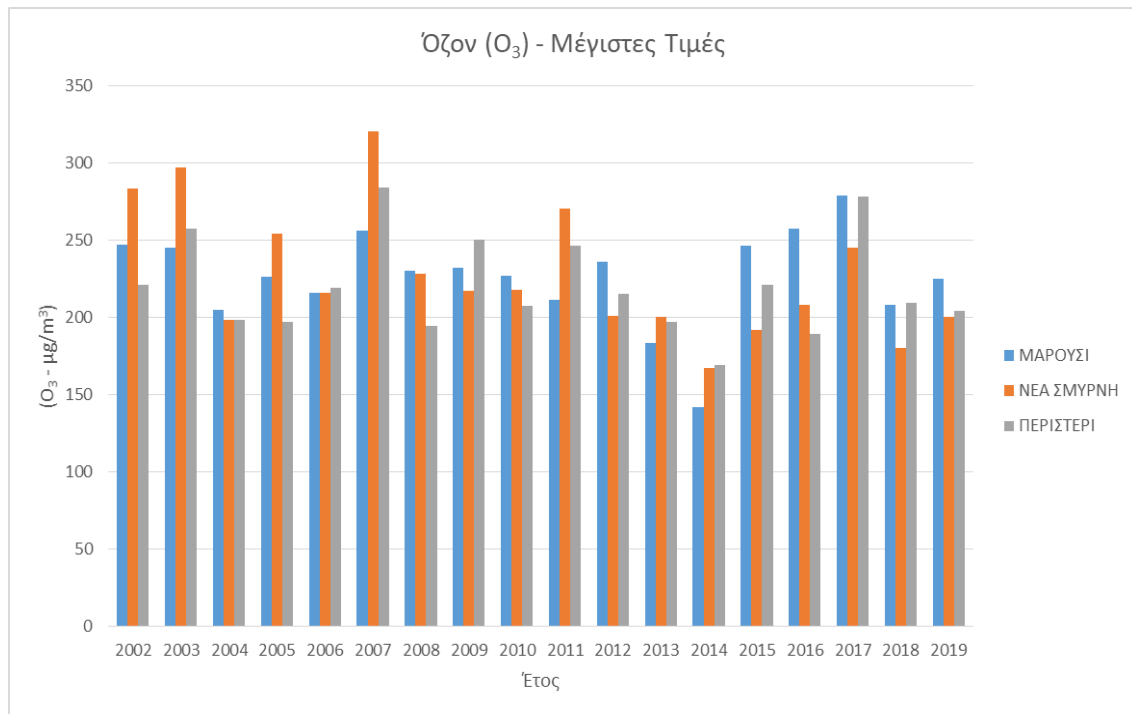
**Σχήμα 4.4.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.4.2.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Παρατηρούμε ότι οι υψηλότερες μέγιστες τιμές σημειώνονται στους σταθμούς Πειραιά και Αθηνάς. Ο σταθμός Πατησίων, εμφανίζει χαμηλότερες μέγιστες τιμές. Και στους τρεις σταθμούς βλέπουμε αυξομειώσεις στις τιμές από χρόνο σε χρόνο.



**Σχήμα 4.4.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

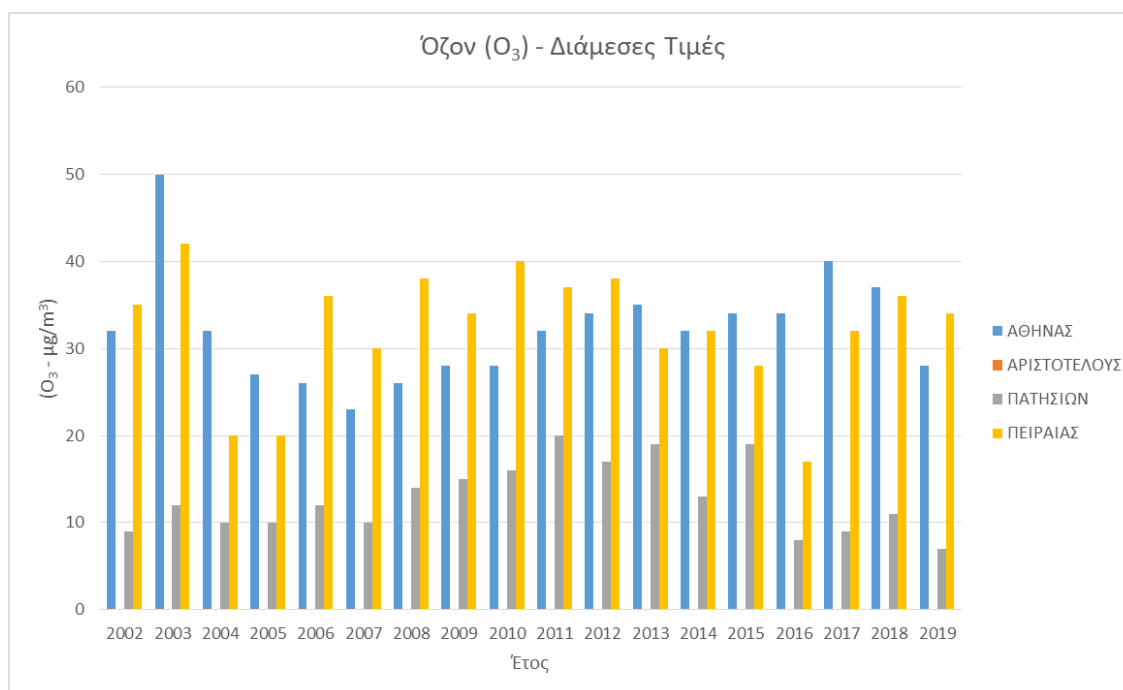
Στο σχήμα 4.4.2.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε ότι οι υψηλότερες μέγιστες τιμές παρουσιάζονται στον σταθμό Θρακομακεδόνων, ενώ οι χαμηλότερες στο σταθμό Κορωπίου.



**Σχήμα 4.4.2.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

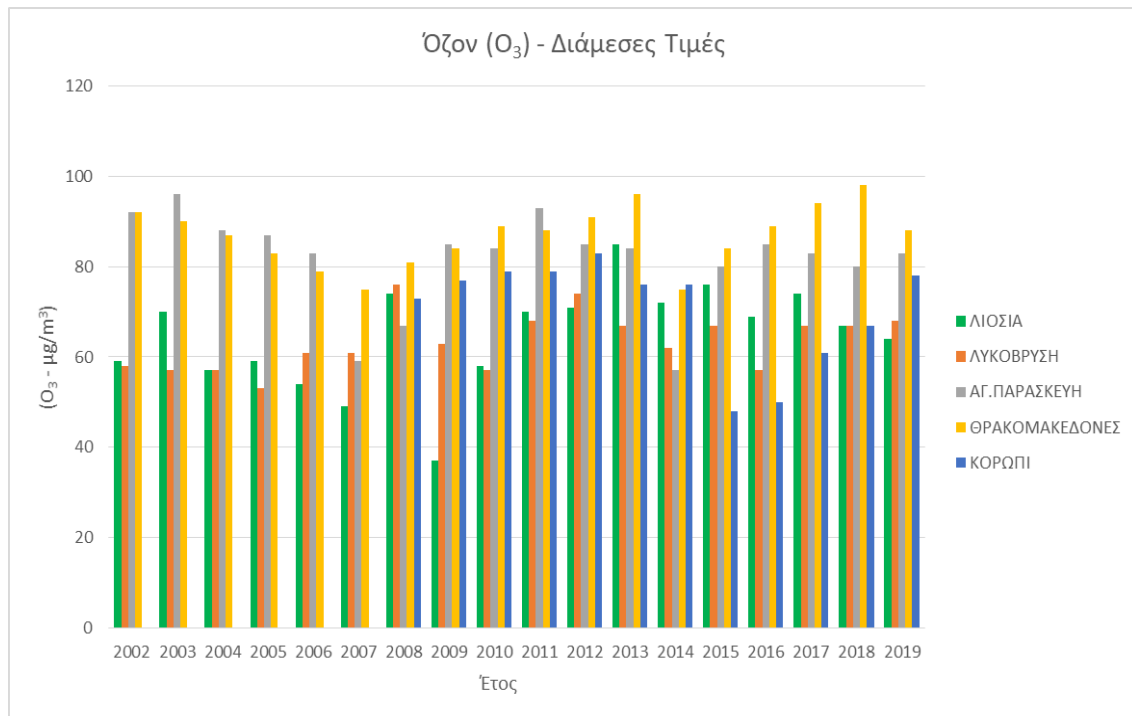
Στο σχήμα 4.4.2.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Αυτό που παρατηρούμε και στο διάγραμμα αυτό, όπως και στο αντίστοιχο των μέσων τιμών, είναι πως τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των μέγιστων τιμών είναι παρόμοια, γεγονός που δείχνει πως οι τρεις σταθμοί έχουν κοινά χαρακτηριστικά.

#### 4.4.3. Διάμεση Τιμή



**Σχήμα 4.4.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $O_3$  σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu g/m^3$**

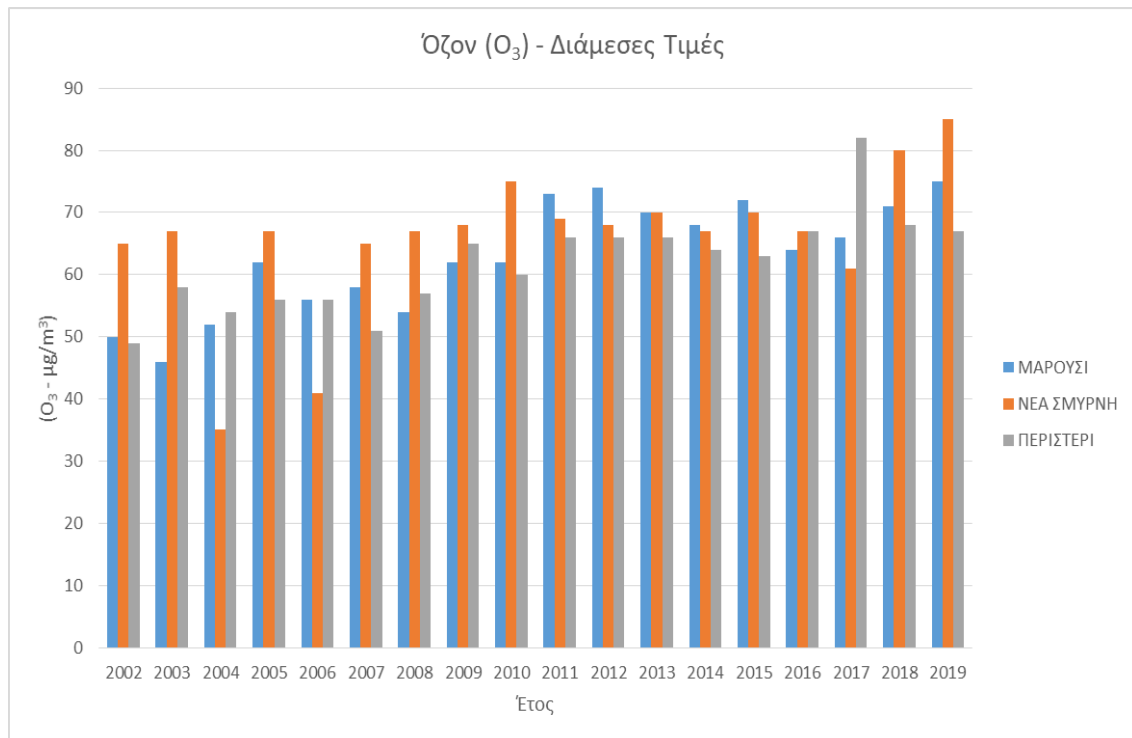
Στο σχήμα 4.4.3.1, βλέπουμε την διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $O_3$ , στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Παρατηρούμε ότι και στους τρεις σταθμούς η διακύμανση των τιμών είναι παρόμοια, ωστόσο στο σταθμό Πατησίων η συγκέντρωση των τιμών είναι αρκετά χαμηλότερη, συγκριτικά με τους σταθμούς Πειραιά και Αθηνάς.



**Σχήμα 4.4.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.4.3.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες, σε σχέση με το αντίστοιχο διάγραμμα των σταθμών αστικής κυκλοφορίας. Οι σταθμοί Θρακομακεδόνων και Αγίας Παρασκευής είναι αυτοί που διαχρονικά εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές.



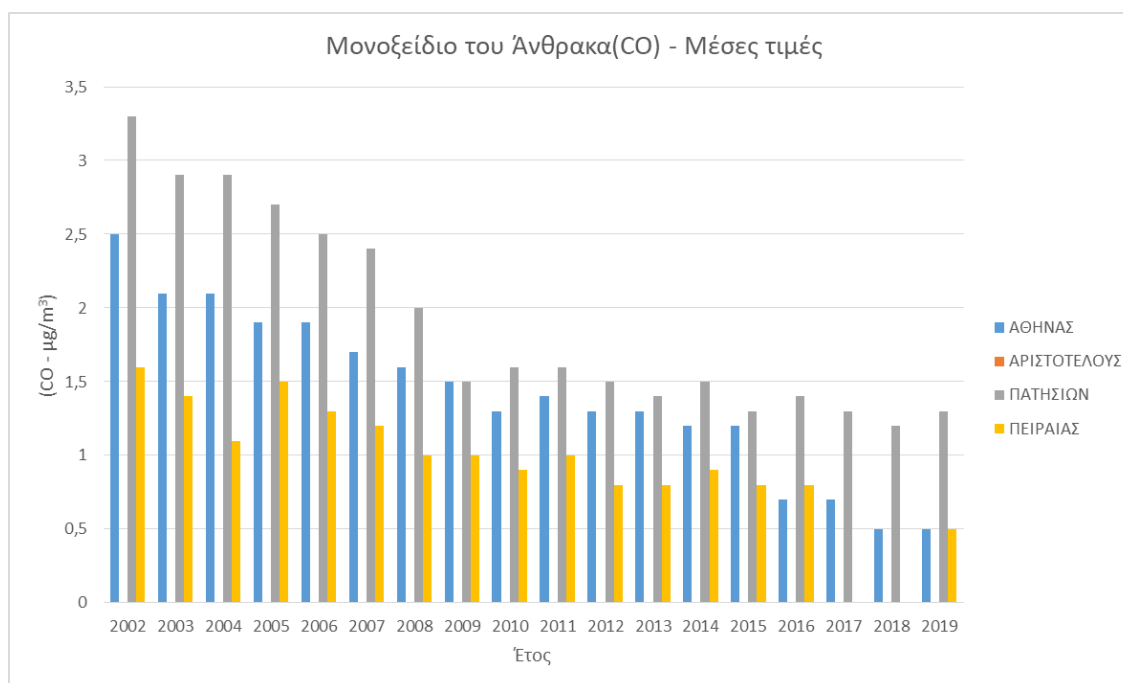


**Σχήμα 4.4.3.3. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.4.3.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε, όπως και στα σχήματα 4.4.1.3 και 4.4.2.3, που αφορούν τους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου, πως οι τιμές των διάμεσων τιμών είναι και αυτές σε παρόμοια επίπεδα και στους τρεις σταθμούς. Επίσης, βλέπουμε πως οι τιμές παρουσιάζουν μια αυξητική τάση με το πέρασμα των ετών.

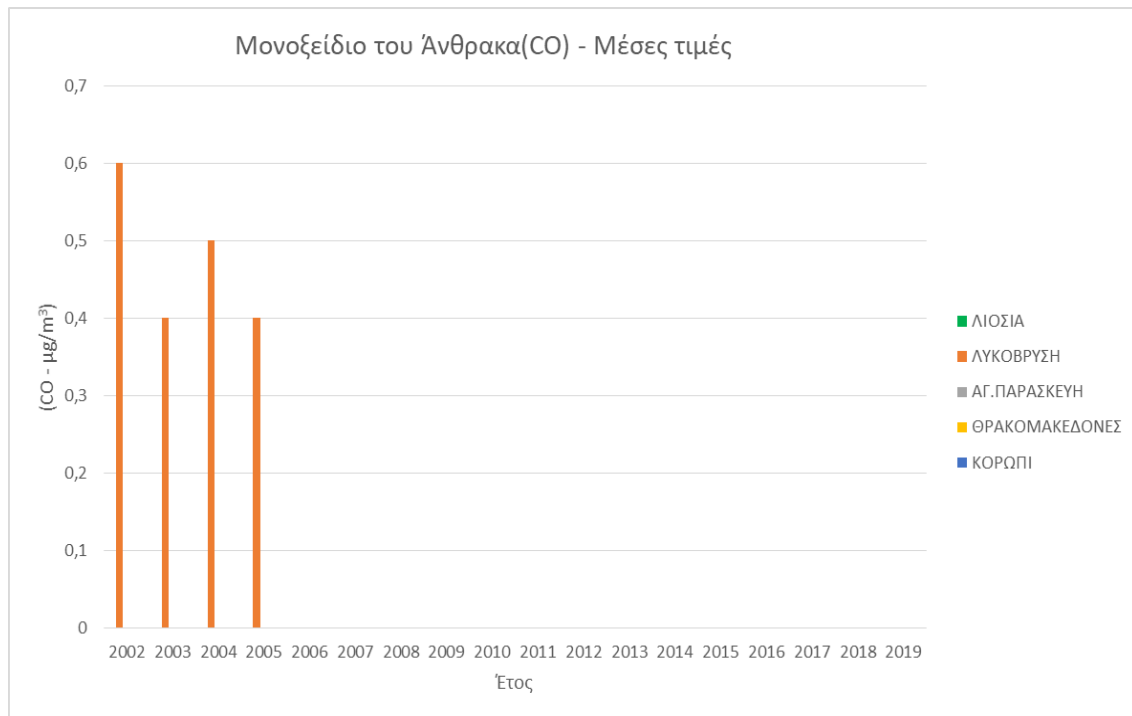
## 4.5. Διαχρονική μεταβολή Μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ανά σταθμό

### 4.5.1. Μέση τιμή



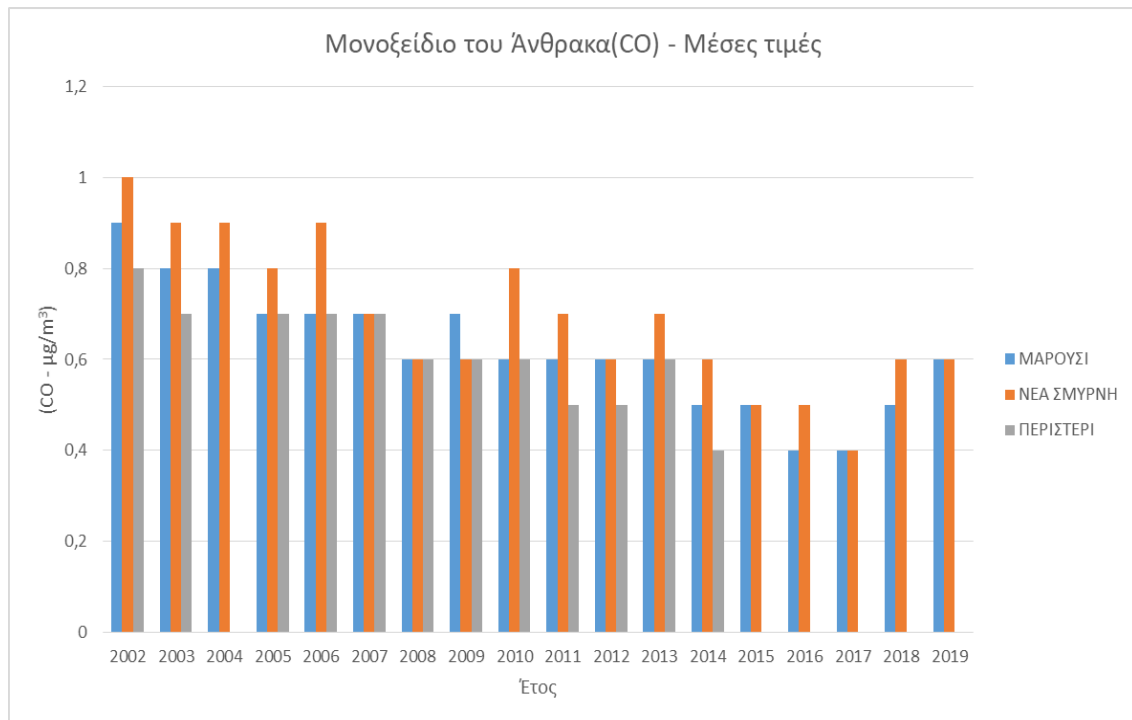
**Σχήμα 4.5.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.5.1.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Παρατηρούμε μείωση στις τιμές συγκεντρώσεων, γεγονός που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην βελτίωση των κινητήρων των αυτοκινήτων και βελτίωση των καυσίμων. Οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στο σταθμό Πατησίων, καθώς πρόκειται για μια οδό με εντονότερη κυκλοφορία.



**Σχήμα 4.5.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσω των τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

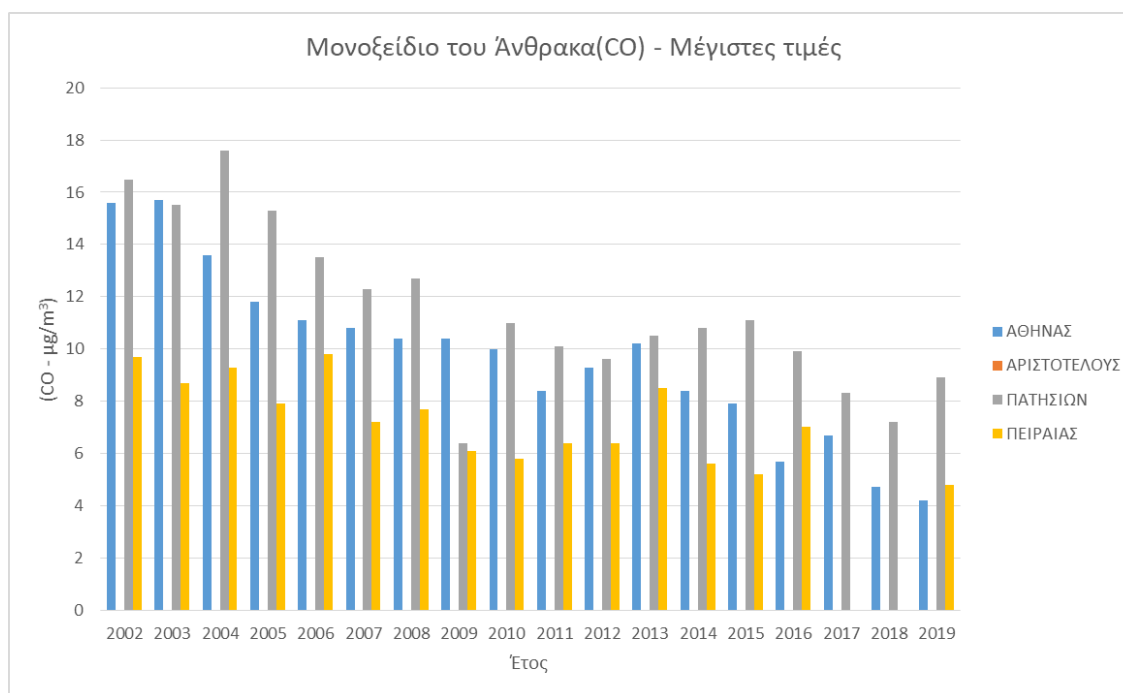
Στο σχήμα 4.5.1.2, βλέπουμε μείωση των τιμών στις συγκεντρώσεις του CO, στο σταθμό της Λυκόβρυσης. Τα δεδομένα ωστόσο, δεν επαρκούν για να διεξάγουμε περαιτέρω συμπεράσματα. Για τους υπόλοιπους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου, δεν υπάρχουν καθόλου δεδομένα σχετικά με τις συγκεντρώσεις του CO.



**Σχήμα 4.5.1.3. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

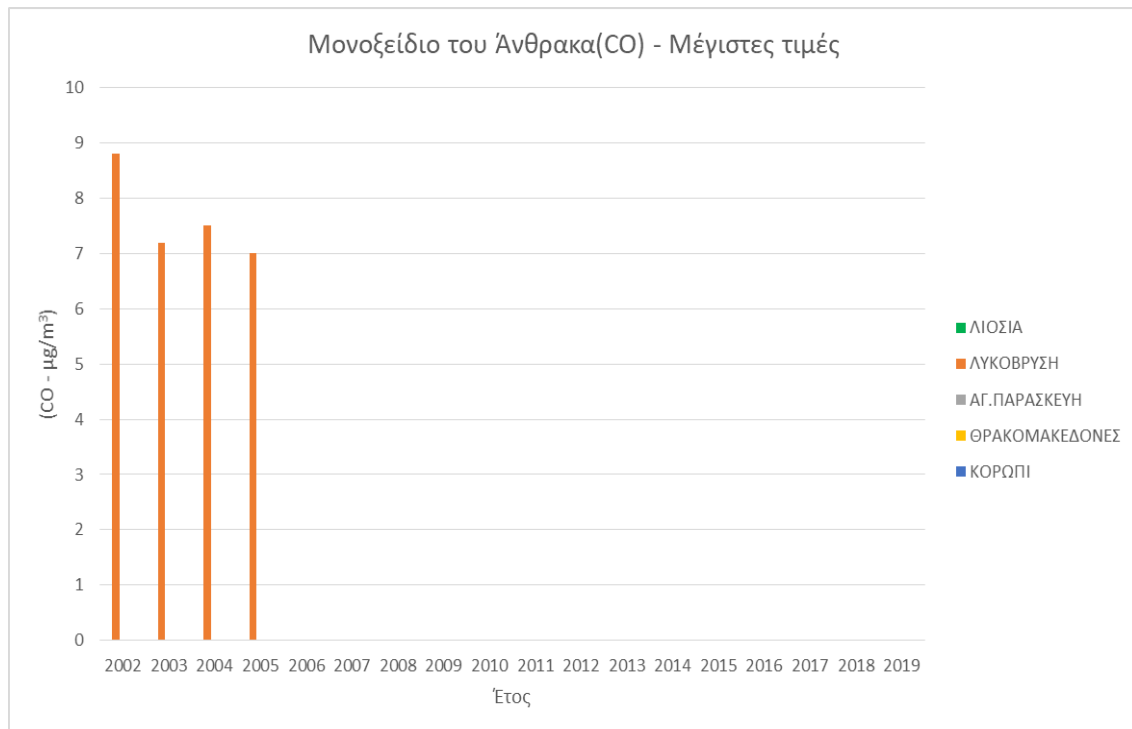
Στον σχήμα 4.5.1.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση στις συγκεντρώσεις CO, με το πέρας των ετών. Επίσης, συγκριτικά με τις μέσες τιμές των σταθμών αστικής κυκλοφορίας, βλέπουμε πως οι τιμές είναι σε χαμηλότερα επίπεδα, γεγονός που οφείλεται στην ηπιότερη κίνηση.

#### 4.5.2. Μέγιστη Τιμή



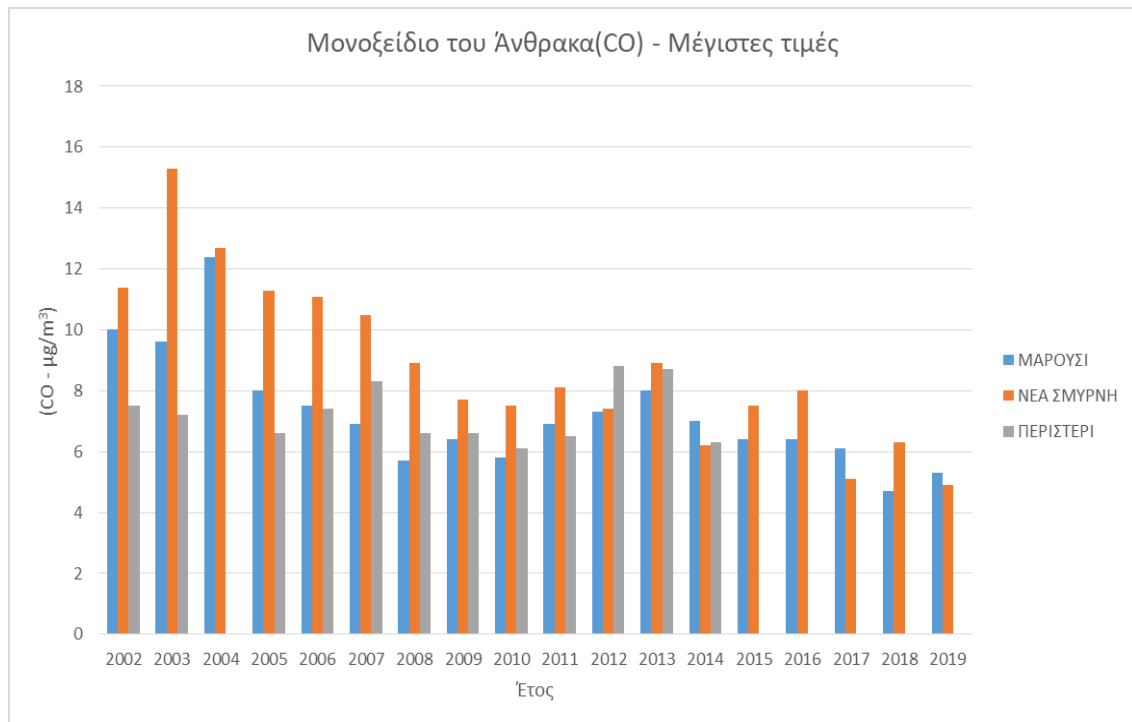
**Σχήμα 4.5.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στον πίνακα 4.5.2.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Διαχρονικά, οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στο σταθμό Πατησίων, ακολουθεί ο σταθμός Αθηνάς και έπεται ο σταθμός Πειραιά, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα. Παρατηρούμε επίσης, μια τάση μείωσης των μέγιστων τιμών με το πέρασμα των ετών, για τους λόγους που αναφέραμε προηγουμένως.



**Σχήμα 4.5.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

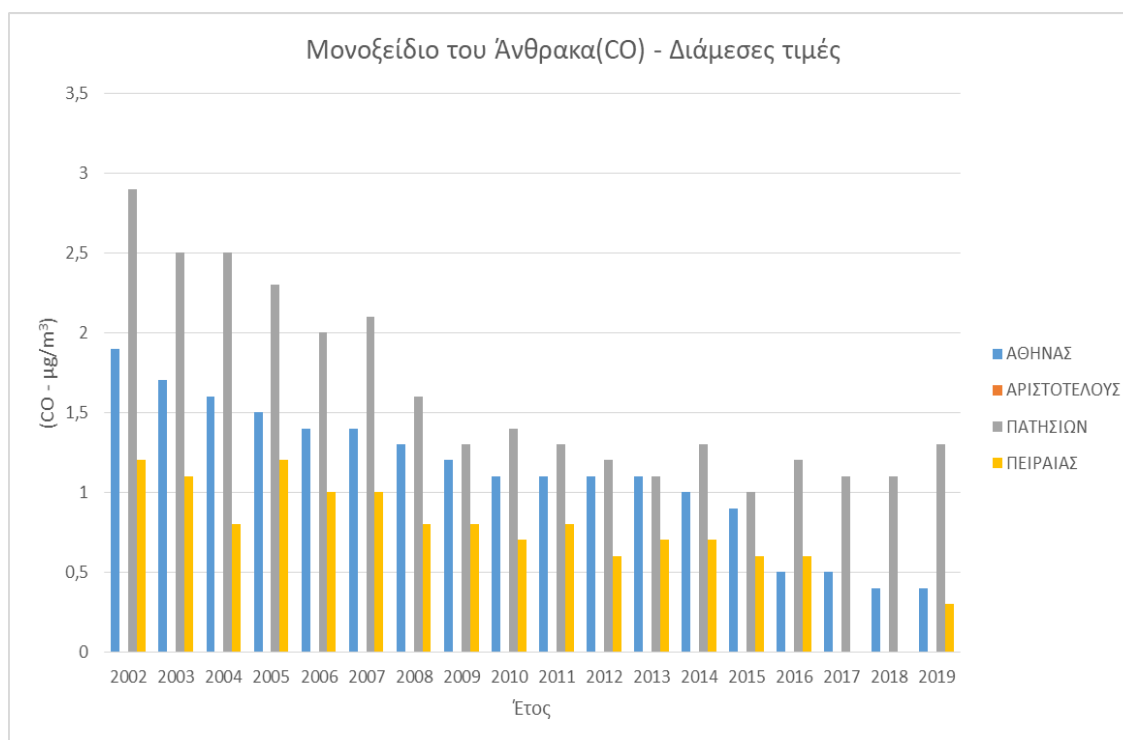
Στο διάγραμμα 4.5.2.2, βλέπουμε τάση μείωσης των μέγιστων τιμών CO, στο σταθμό Λυκόβρυσης. Τα δεδομένα δεν επαρκούν για περαιτέρω συμπεράσματα. Για τους υπόλοιπους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου, δεν υπάρχουν δεδομένα για τις συγκεντρώσεις CO.



**Σχήμα 4.5.2.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.5.2.3, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε σταδιακή μείωση των μέγιστων τιμών στους σταθμούς με το πέρασμα των χρόνων. Οι υψηλότερες μέγιστες τιμές εμφανίζονται στο σταθμό Νέας Σμύρνης, γεγονός που οφείλεται στην εντονότερη κίνηση.

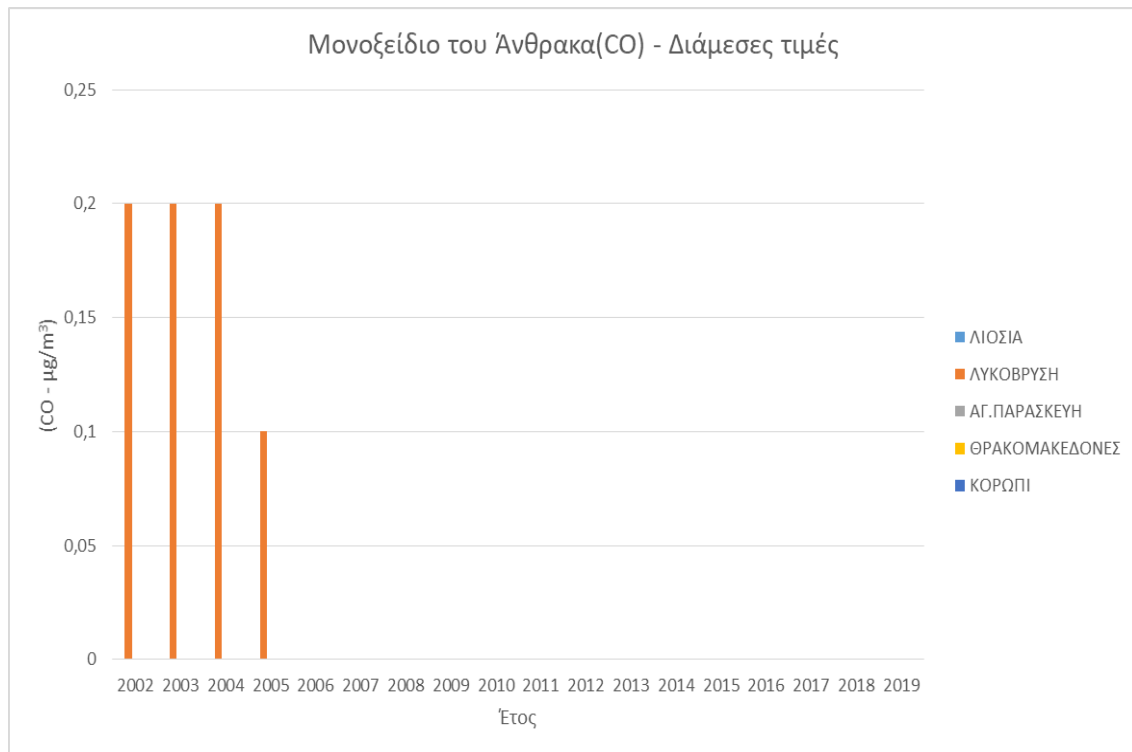
### 4.5.3. Διάμεση Τιμή



**Σχήμα 4.5.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

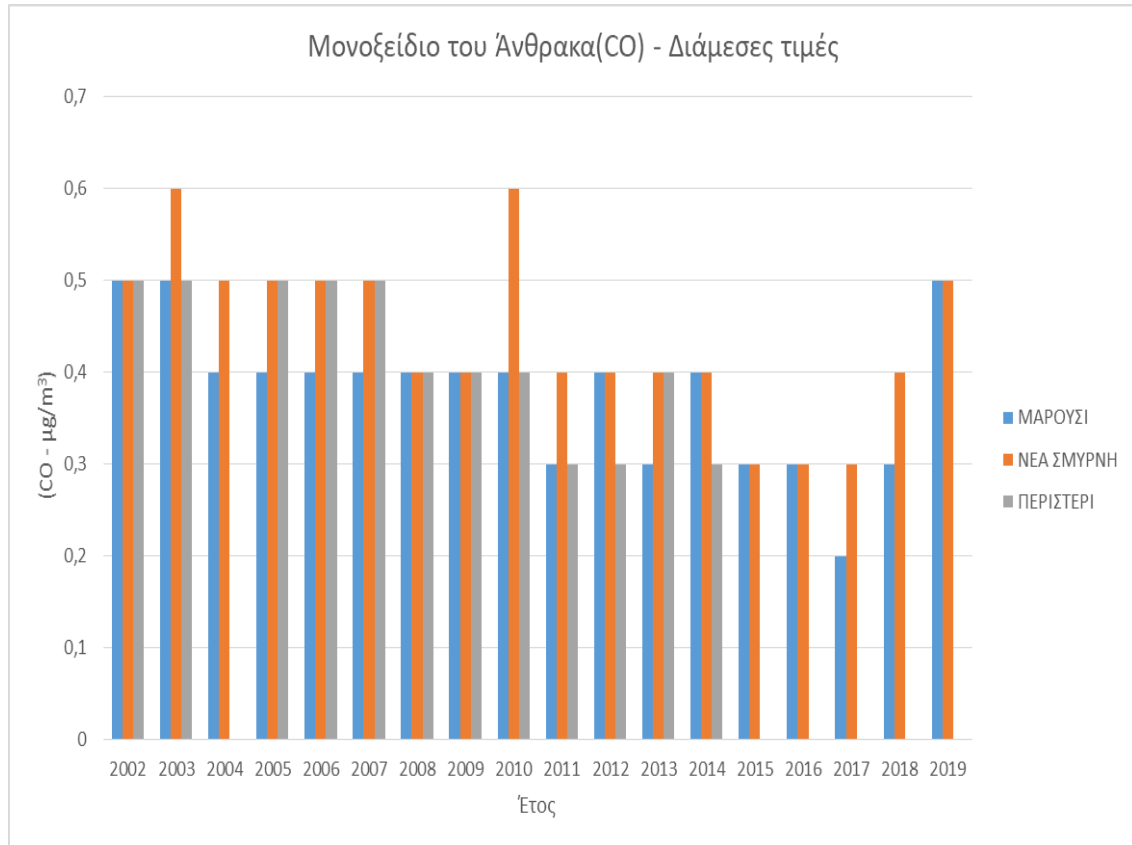
Στο σχήμα 4.5.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικών κυκλοφορίας. Βλέπουμε και εδώ μια τάση μείωσης των τιμών. Οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στο σταθμό Πατησίων, ενώ οι μικρότερες στον σταθμό Πειραιά.





**Σχήμα 4.5.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.5.3.2, βλέπουμε σταθερότητα στις διάμεσες τιμές για το σταθμό Λυκόβρυσης, ενώ το 2005 υπάρχει μείωση στην τιμή αυτή. Εξαιτίας των περιορισμένων δεδομένων, δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα.

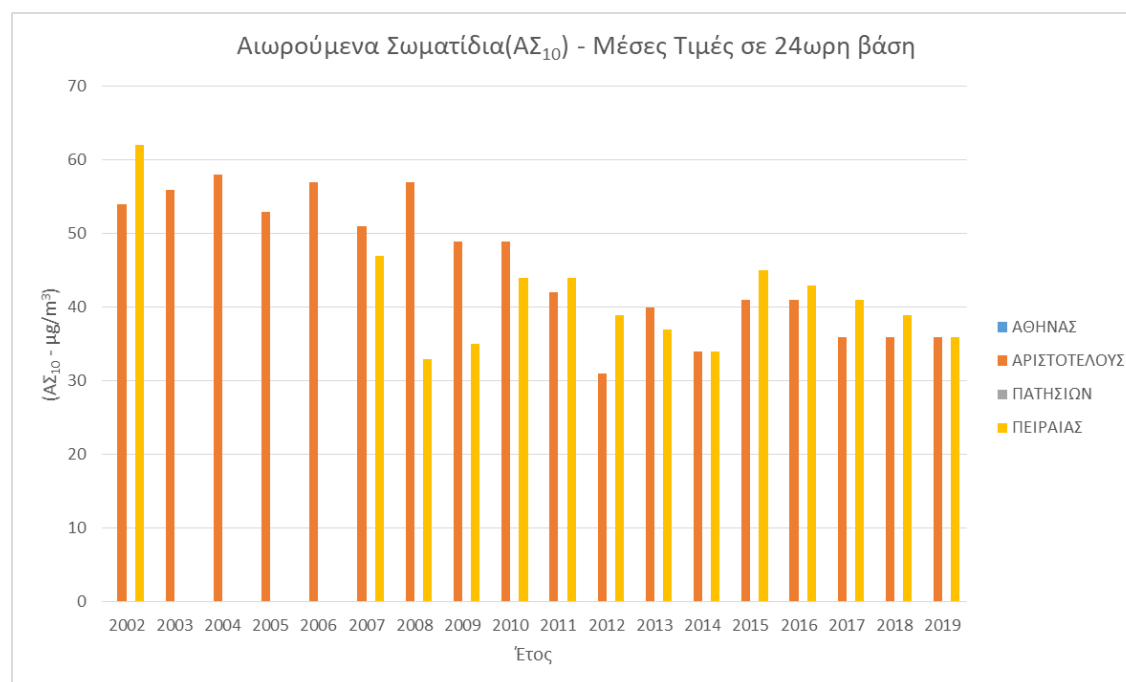


**Σχήμα 4.5.3.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.5.3.3, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε μια σταθερότητα στη διακύμανση των τιμών, με μια ελαφριά τάση μείωσής τους.

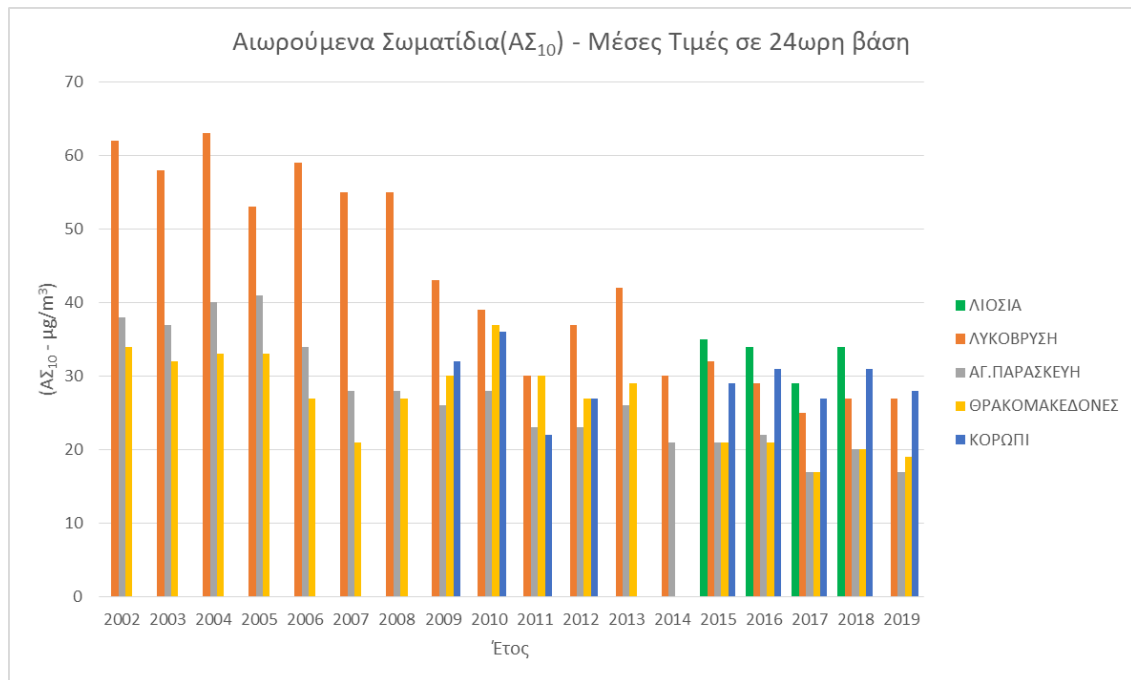
## 4.6. Διαχρονική μεταβολή Αιωρούμενων σωματιδίων (Α.Σ<sub>10</sub>) ανά σταθμό

### 4.6.1. Μέση Τιμή



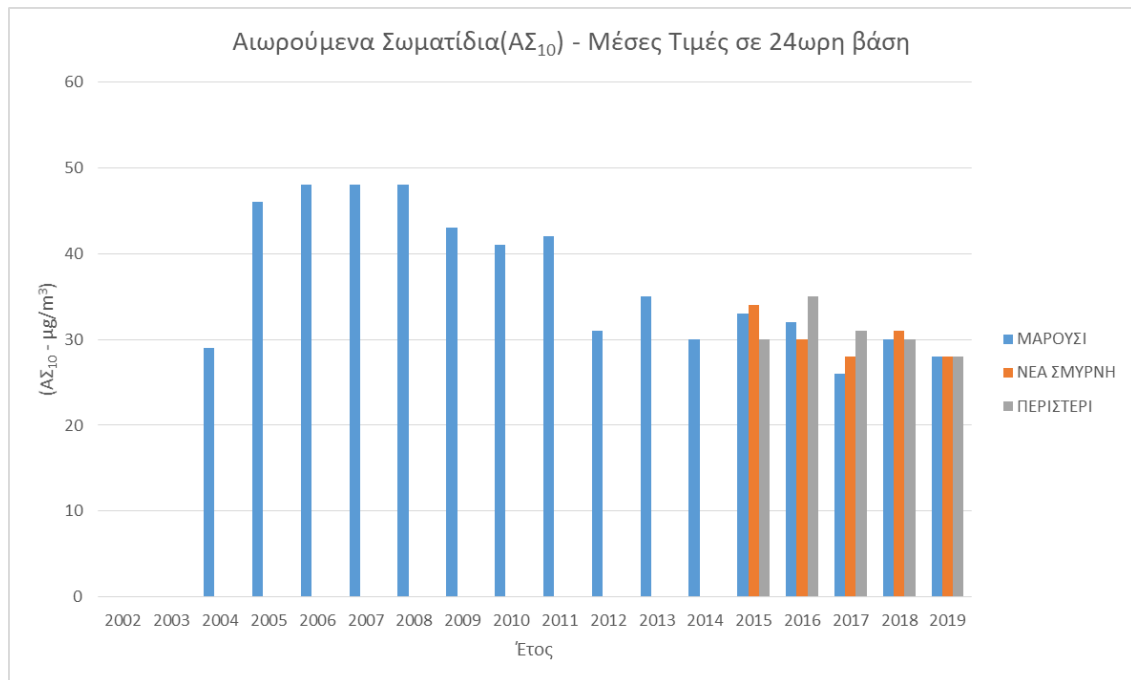
**Σχήμα 4.6.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσω των τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.6.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Θα εξετάσουμε τις μετρήσεις για τους σταθμούς Αριστοτέλους και Πειραιά, καθώς για τους σταθμούς Αθηνάς και Πατησίων δεν έχουμε δεδομένα. Για τον σταθμό Αριστοτέλους, βλέπουμε πως μεταξύ 2002 και 2008, υπάρχει μια σταθερότητα στις τιμές, με κάποιες μικρές αυξομειώσεις. Από το 2009 έως και το 2012, παρατηρείται μείωση στις συγκεντρώσεις του ρύπου, ενώ από το 2013, εμφανίζεται μικρή αύξηση και μετέπειτα σταθεροποίηση των τιμών. Για το σταθμό Πατησίων, βλέπουμε πως η μεγαλύτερη συγκέντρωση τιμών παρατηρείται το 2002. Από το 2008 και μετά, που έχουμε και πάλι δεδομένα, βλέπουμε μια μείωση στις συγκεντρώσεις, με κάποιες αυξομειώσεις στο πέρασμα των ετών.



**Σχήμα 4.6.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης A.Σ<sub>10</sub> σταθμών περιβατικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

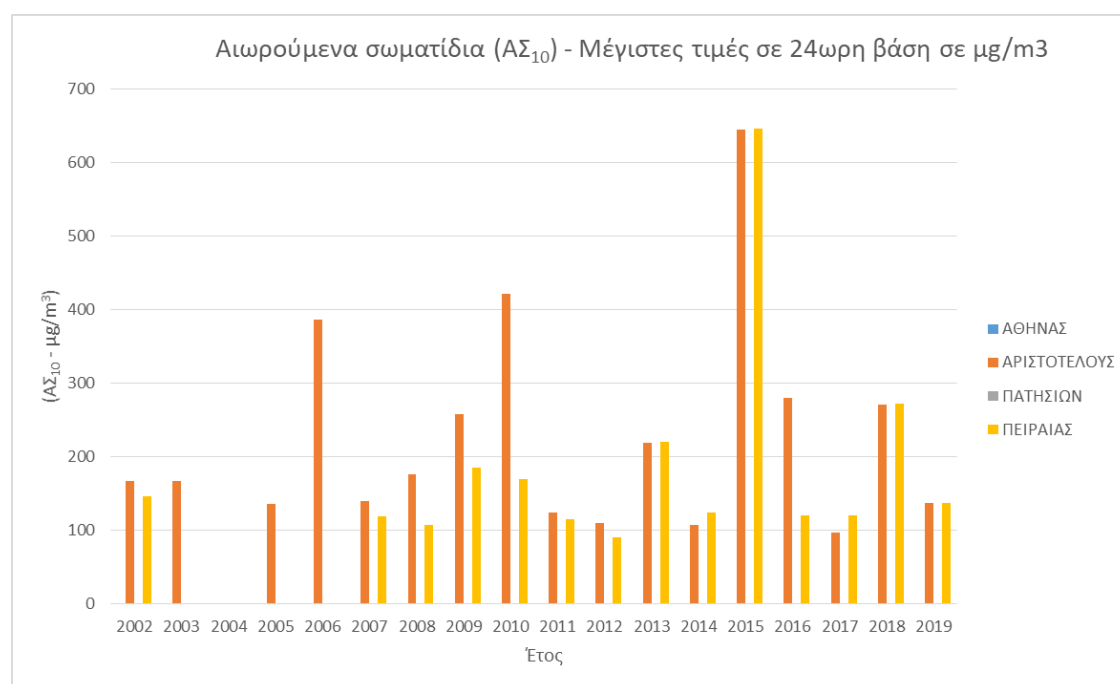
Στο παραπάνω σχήμα 4.6.1.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης A.Σ<sub>10</sub> στους σταθμούς περιβατικού υποβάθρου. Για τον σταθμό της Λυκόβρυσης, παρατηρούμε μια μείωση των τιμών με το πέρασ των ετών, ενώ από το 2014, φαίνεται μια σταθεροποίηση στις συγκεντρώσεις. Στον σταθμό Αγίας Παρασκευής, παρατηρείτε επίσης μείωση στις συγκεντρώσεις και από το 2014 και μετά, μια σταθεροποίηση των τιμών. Στους σταθμούς Θρακομακεδόνων και Κορωπίου, δεν παρουσιάζεται σαφής διαχρονική μεταβολή, καθώς ο συγκεκριμένος ρύπος είναι κυρίως φυσικής προέλευσης εξαιτίας της θέσης των σταθμών. Αυτό οφείλεται κυρίως στην μεταφορά σκόνης από τη Βόρειο Αφρική και στην επαναιώρηση από το έδαφος. Τέλος, για το σταθμό Λιοσίων δεν μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα, καθώς υπάρχουν δεδομένα για τέσσερα μόνο έτη.



**Σχήμα 4.6.1.3. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης AΣ<sub>10</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

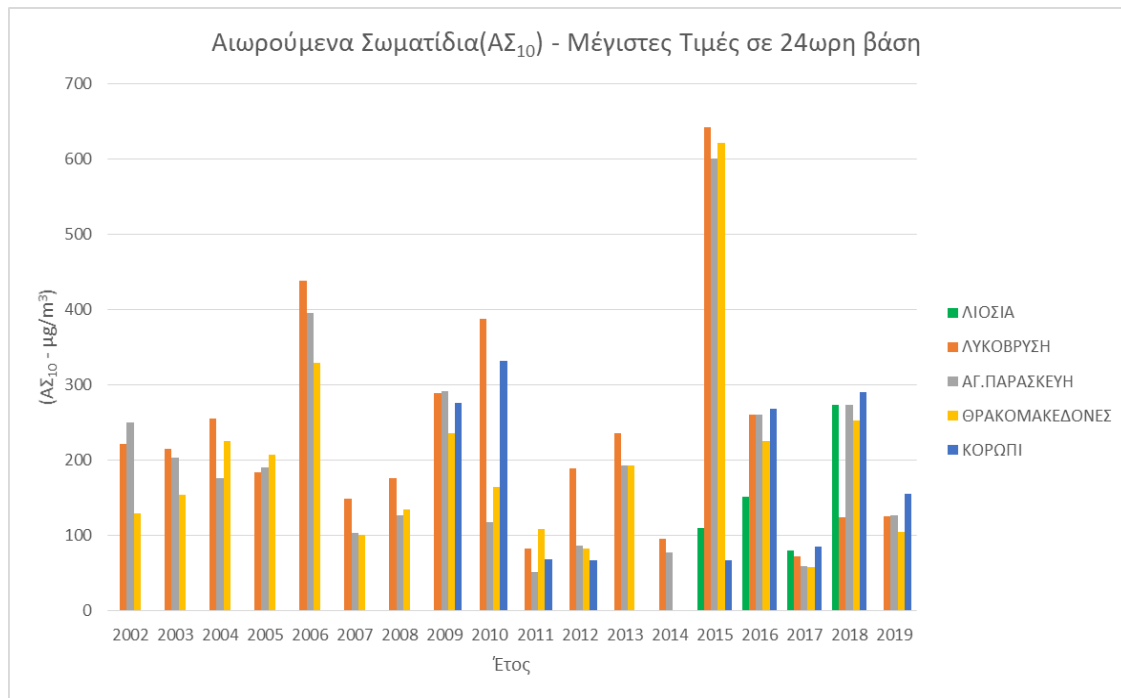
Στο σχήμα 4.6.1.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης A.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Στο σταθμό Αμαρουσίου από το 2005 έως και το 2011, παρατηρούμε μια σταθερότητα στις συγκεντρώσεις των τιμών, ενώ από το 2012, υπάρχει μείωση και μετέπειτα σταθερότητα στις συγκεντρώσεις τιμών των αιωρούμενων σωματιδίων. Στους σταθμούς Νέας Σμύρνης και Περιστερίου, υπάρχουν δεδομένα από το 2015 και μετά. Στο διάστημα αυτό, παρατηρούμε και στους δύο σταθμούς, σταθερότητα στις τιμές συγκεντρώσεων.

#### 4.6.2. Μέγιστη Τιμή



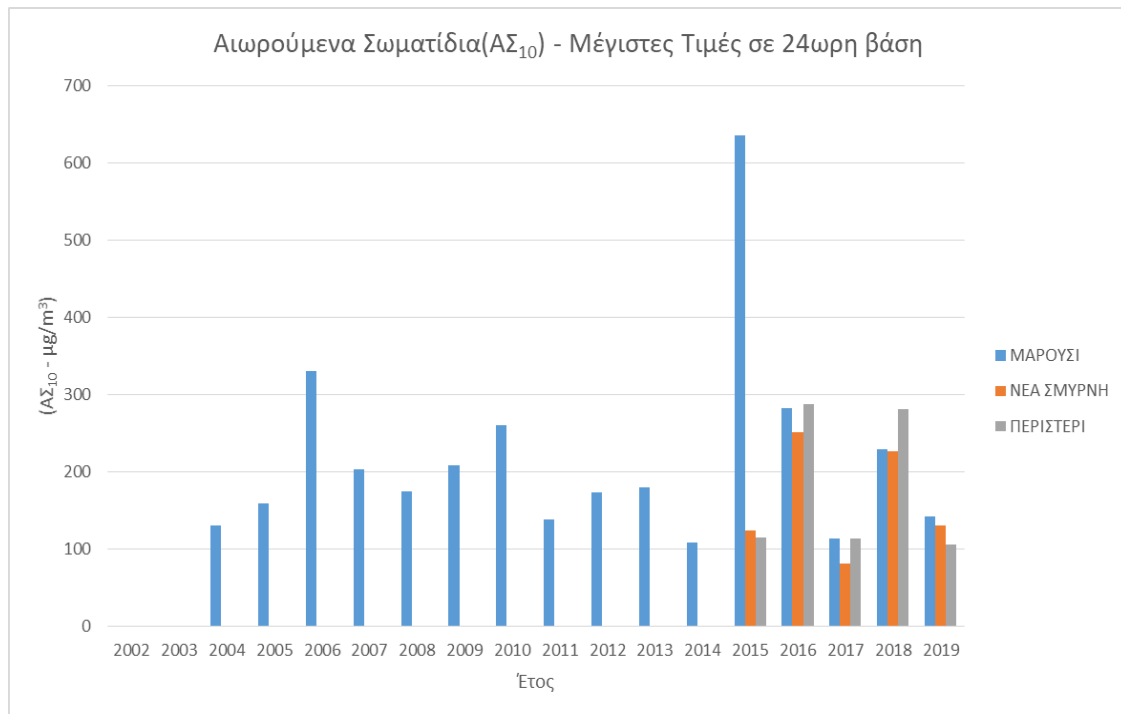
**Σχήμα 4.6.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.6.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Αυτό που παρατηρούμε πρώτα στο παραπάνω διάγραμμα, είναι ότι και οι δύο σταθμοί για τους οποίους έχουμε δεδομένα (Αριστοτέλους και Πειραιά), παρουσιάζουν την μεγαλύτερη μέγιστη τιμή τους το 2015, γεγονός που οφείλεται σε φαινόμενα έντονης μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Γενικά, παρατηρούμε ότι οι μέγιστες τιμές συγκεντρώσεων Α.Σ<sub>10</sub>, στους δύο σταθμούς, συμβαδίζουν ανά έτος.



**Σχήμα 4.6.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σήμα 4.6.2.2, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Παρατηρούμε πως οι διακύμανση των μέγιστων τιμών, είναι παρόμοια με τους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Βλέπουμε και στο παραπάνω διάγραμμα πως οι σταθμοί Λυκόβρυσης, Αγίας Παρασκευής και Θρακομακεδόνων, εμφανίζουν τη μεγαλύτερη μέγιστη τιμή το 2015, το οποίο όπως προαναφέραμε οφείλεται σε φαινόμενα έντονης μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα.

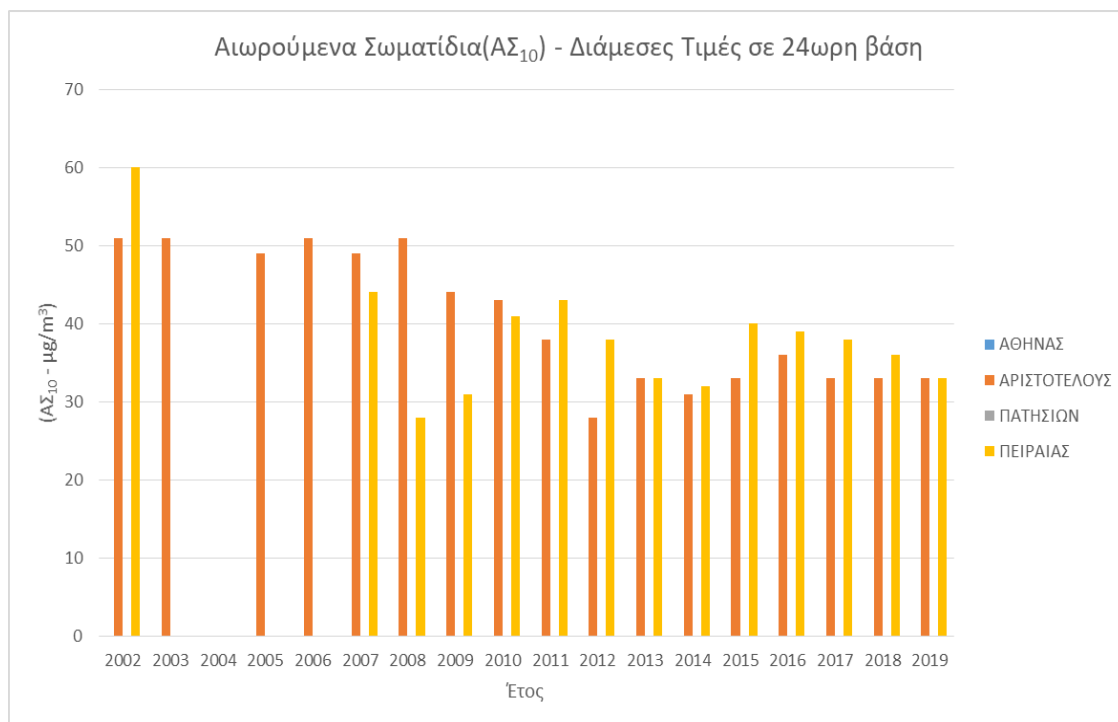


**Σχήμα 4.6.2.3. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.6.2.3, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Η διακύμανση των τιμών και εδώ είναι παρόμοια με τους άλλους δυο τύπους σταθμών. Παρατηρούμε πως και στο σταθμό Αμαρουσίου, η μεγαλύτερη μέγιστη τιμή εμφανίζεται το 2015, καθώς και ο συγκεκριμένος σταθμός επηρεάστηκε από τα έντονα φαινόμενα μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα.

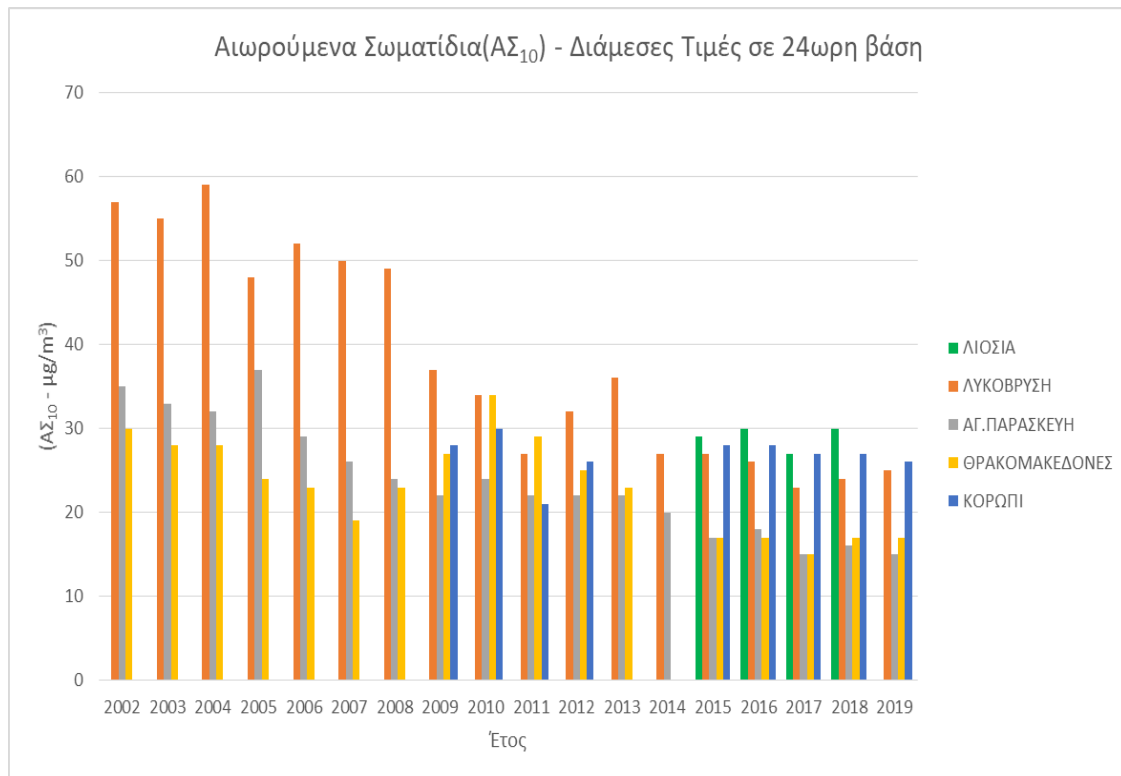


### 4.6.3. Διάμεση Τιμή



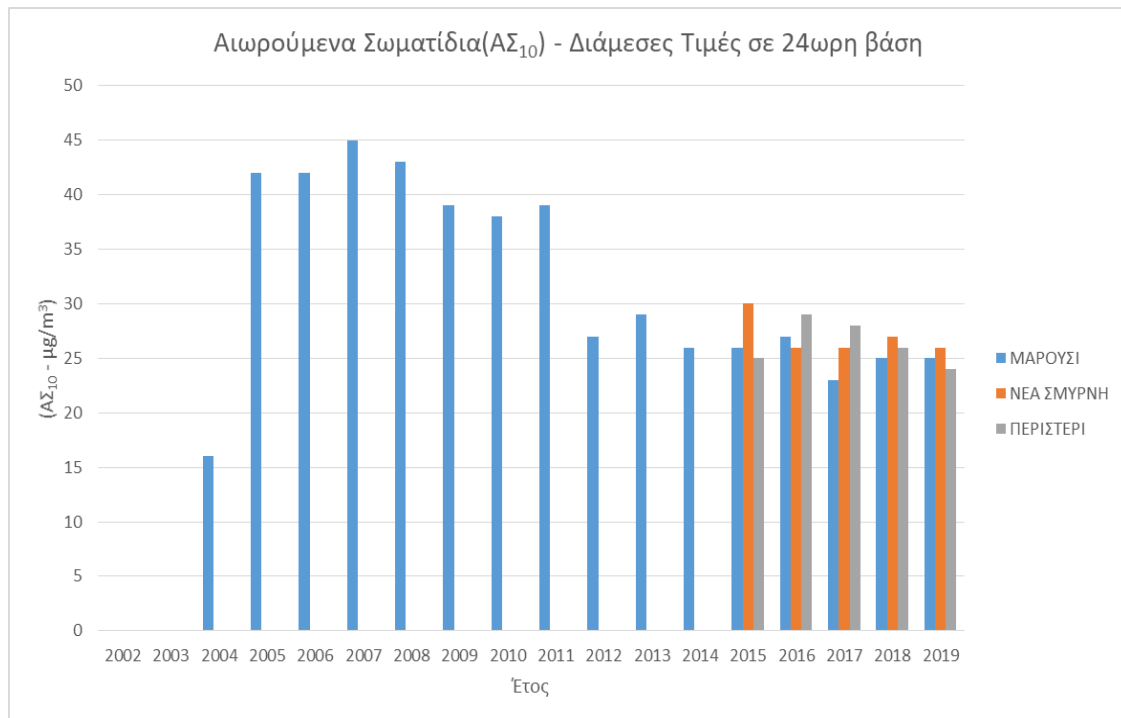
**Σχήμα 4.6.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.6.3.1, βλέπουμε τη διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Παρατηρούμε μικρές αυξομειώσεις, με το πέρασ των ετών, αν και γενικότερα υπάρχει μια σταθερότητα στην διακύμανση των διάμεσων τιμών.



**Σχήμα 4.6.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο παραπάνω σχήμα 4.6.3.2 απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Η διακύμανση των τιμών είναι παρόμοια με του αντίστοιχου σχήματος των μέσων τιμών 4.6.1.2.

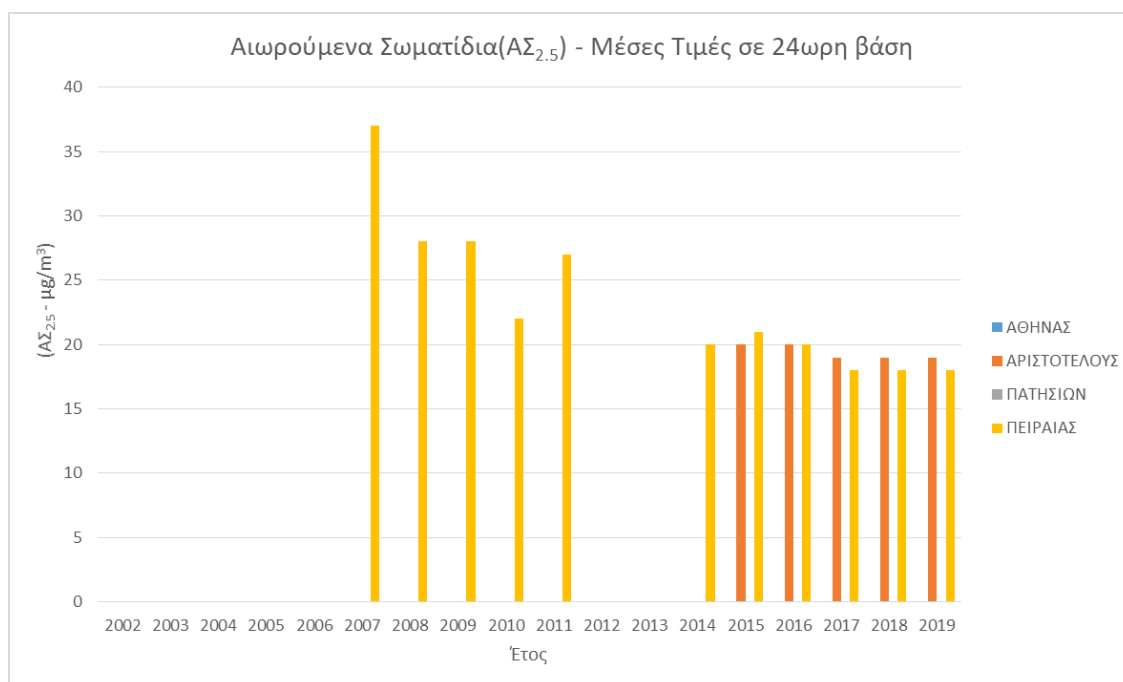


**Σχήμα 4.6.3.3. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.6.3.3, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Και εδώ παρατηρούμε ότι η διακύμανση των τιμών, είναι ίδια με το αντίστοιχο σχήμα που παρουσιάζει τη διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου 4.6.1.3.

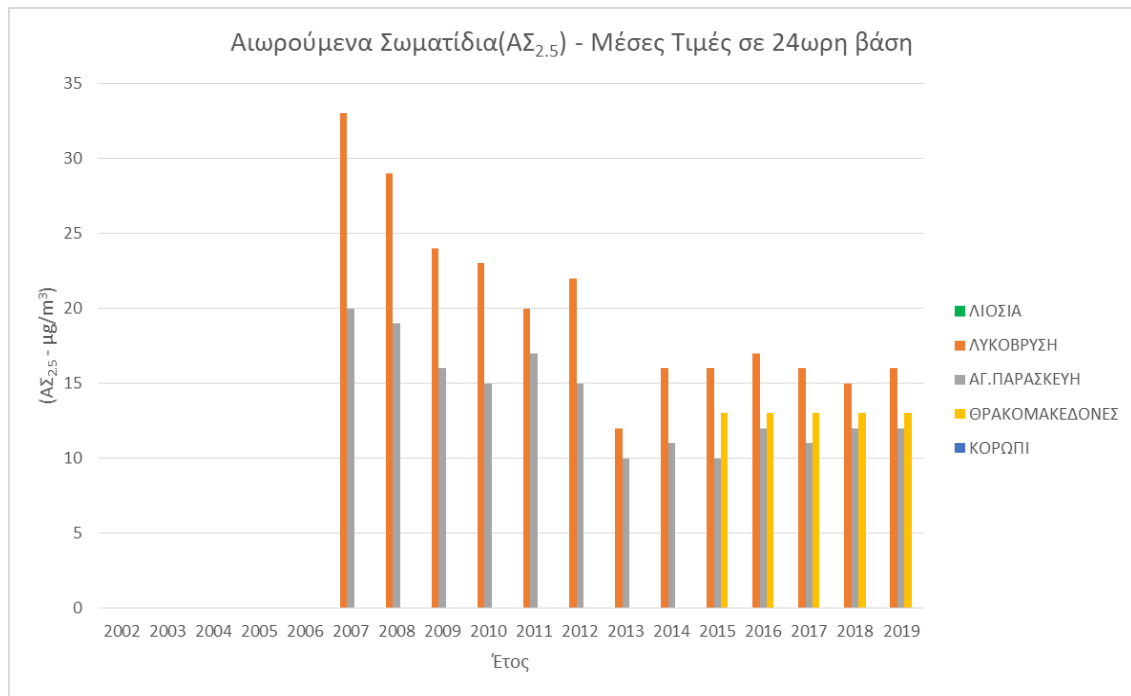
#### 4.7. Διαχρονική μεταβολή Αιωρούμενων σωματιδίων (Α.Σ<sub>2,5</sub>) ανά σταθμό

##### 4.7.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.7.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

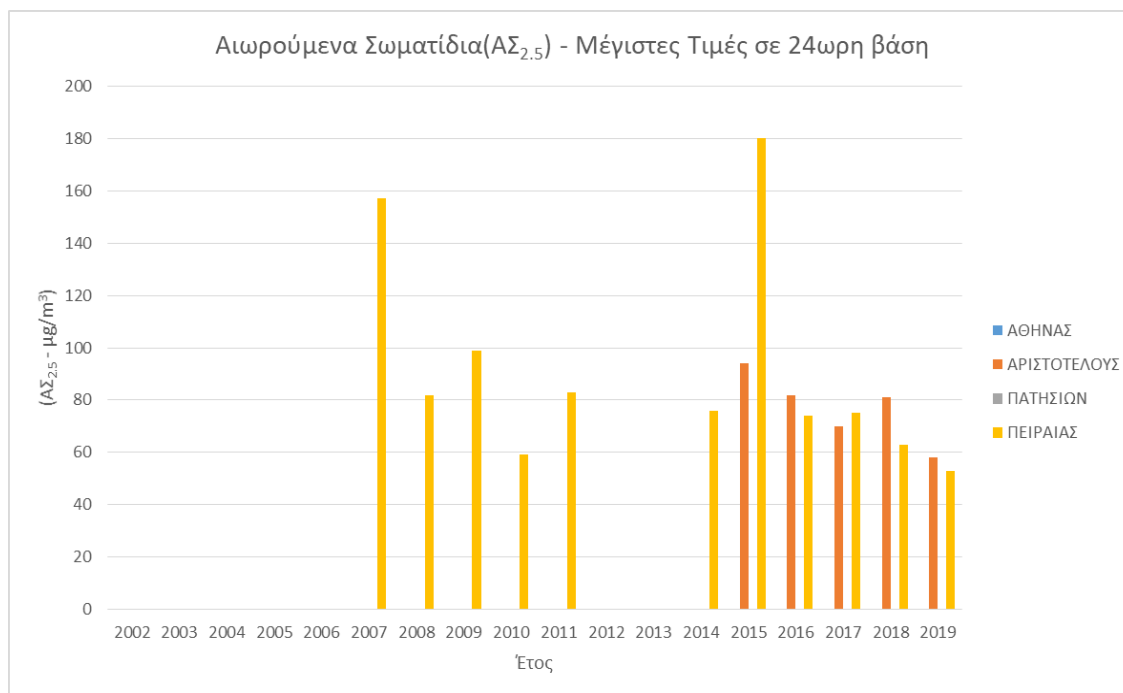
Στο σχήμα 4.7.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Στο σταθμό Πειραιά, παρατηρούμε μείωση των τιμών, ενώ από το 2014 και μετά, υπάρχει μια σταθεροποίηση των τιμών. Στον σταθμό Αριστοτέλους, παρατηρούμε επίσης μια σταθεροποίηση των τιμών.



**Σχήμα 4.7.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσω των τιμών συγκέντρωσης  $Α.Σ_{2,5}$  σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $μg/m^3$**

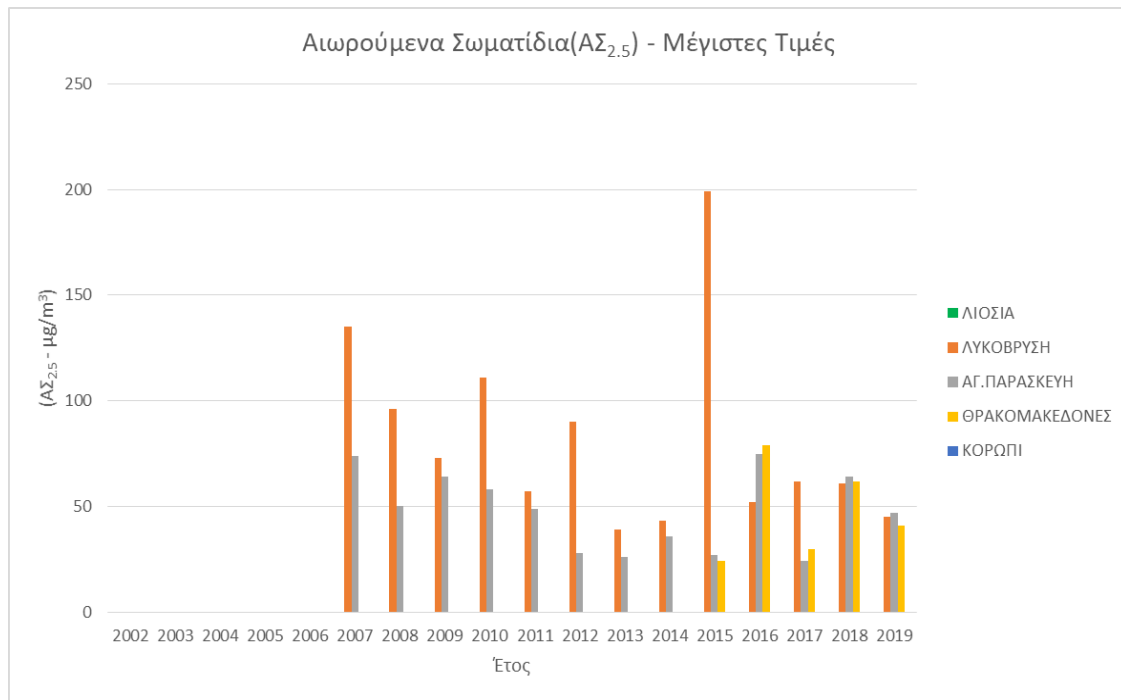
Στο σχήμα 4.7.1.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης  $Α.Σ_{2,5}$ , στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Για τον σταθμό των Θρακομακεδόνων, βλέπουμε μια σταθερότητα στις συγκεντρώσεις των τιμών. Στους σταθμούς Λυκόβρυσης και Αγίας Παρασκευής, παρατηρούμε μείωση των τιμών μέχρι το 2013, έπειτα το 2014 μια μικρή αύξηση και στη συνέχεια σταθεροποίηση των τιμών με μικρές αυξομειώσεις.

#### 4.7.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.7.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

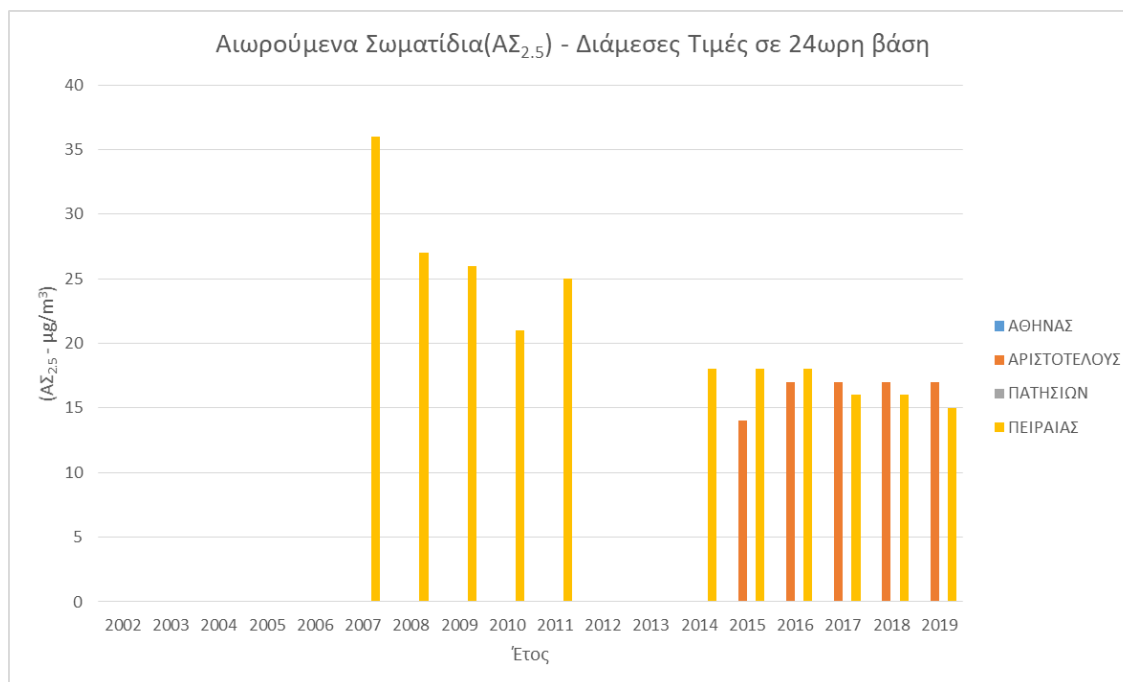
Στο σχήμα 4.7.2.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub>, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Για τους σταθμούς Αθηνάς και Πατησίων, δεν υπάρχουν μετρήσεις. Στους άλλους δύο σταθμούς, παρατηρούμε ότι οι μέγιστες τιμές τους εμφανίζονται το 2015.



**Σχήμα 4.7.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub> σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.7.2.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub>, στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Για τους σταθμούς Λιοσίων και Κορωπίου, δεν υπάρχουν μετρήσεις. Για τους υπόλοιπους τρεις σταθμούς, μπορούμε να πούμε πως παρατηρείται μια αυξομείωση στις μέγιστες τιμές, με το σταθμό Αριστοτέλους, να παρουσιάζει γενικά τις μεγαλύτερες μέγιστες τιμές, με μεγαλύτερη όλων αυτή του 2015.

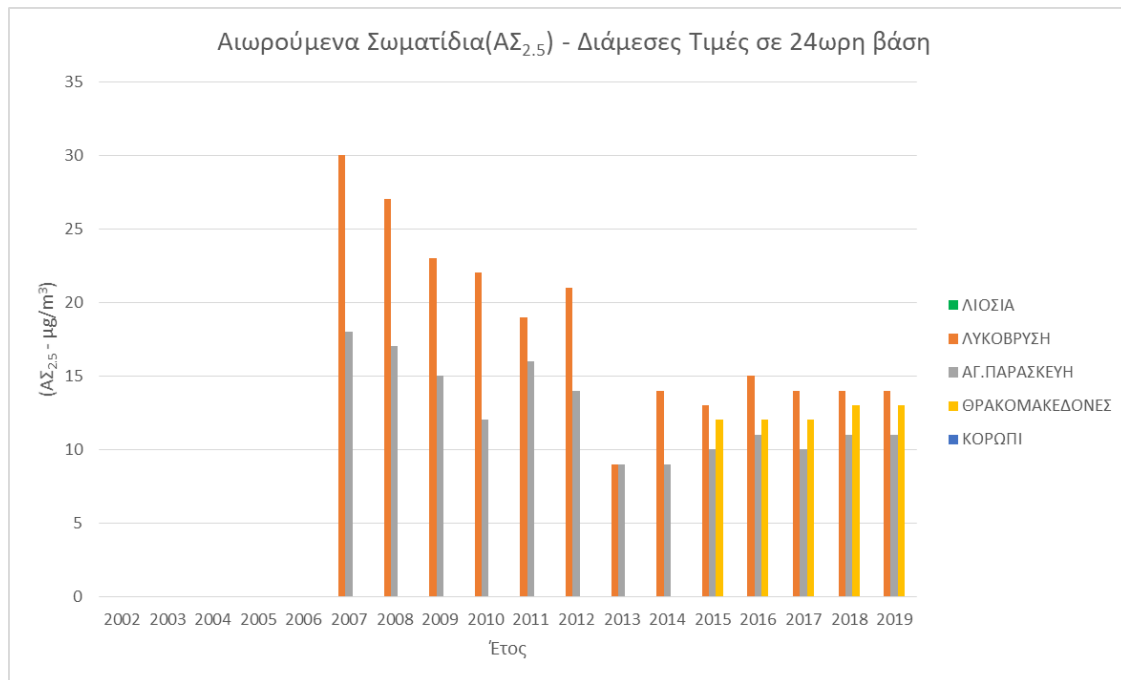
### 4.7.3. Διάμεση Τιμή



**Σχήμα 4.7.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.7.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης Α.Σ<sub>2,5</sub>, στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας. Για τους σταθμούς Αθηνάς και Πατησίων, δεν υπάρχουν μετρήσεις. Για το σταθμό Πειραιά, παρατηρούμε μείωση των συγκεντρώσεων, ενώ από το 2014 και μετά, βλέπουμε σταθεροποίηση στις τιμές. Στο σταθμό Αριστοτέλους, εμφανίζεται μια σταθερότητα στις τιμές.



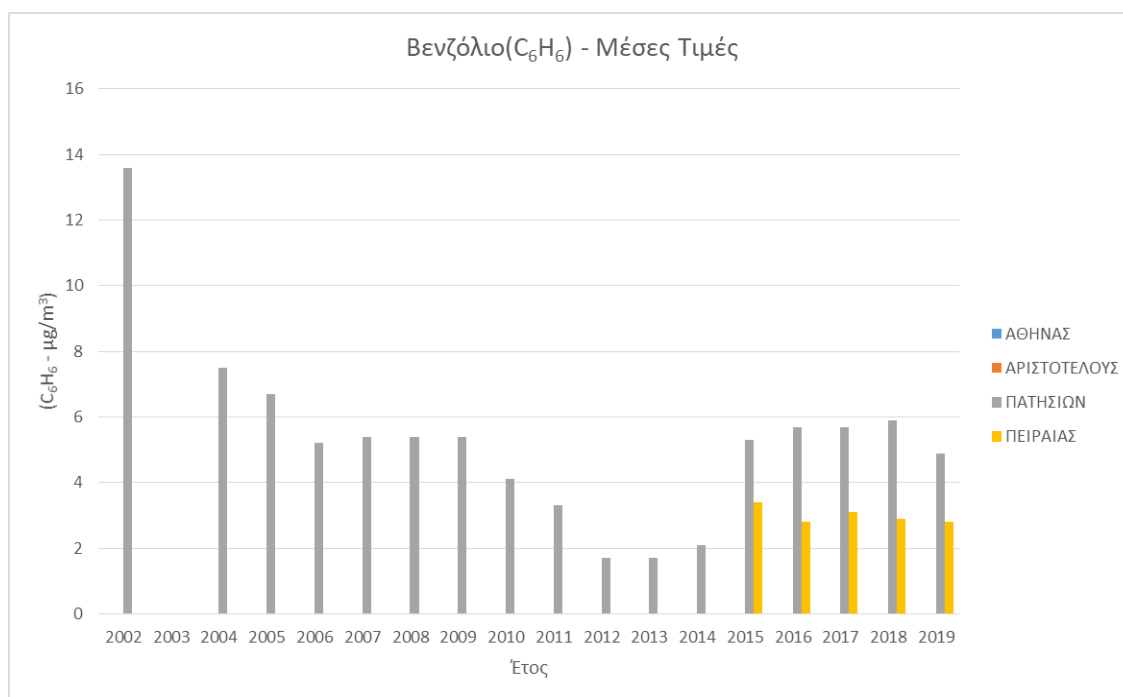


**Σχήμα 4.7.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $A\Sigma_{2,5}$  σταθμών περιαστικού υποβάθρου 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.7.3.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $A\Sigma_{2,5}$ , στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Στους σταθμούς Λυκόβρυσης και Αγίας Παρασκευής, βλέπουμε από το 2007 έως και το 2013, μείωση των διάμεσων τιμών, ενώ από το 2014 και μετά, παρατηρούμε μια αυξητική τάση στις τιμές και μετέπειτα σταθεροποίησή τους. Στο σταθμό Θρακομακεδόνων, οι τιμές παρουσιάζουν σταθερότητα.

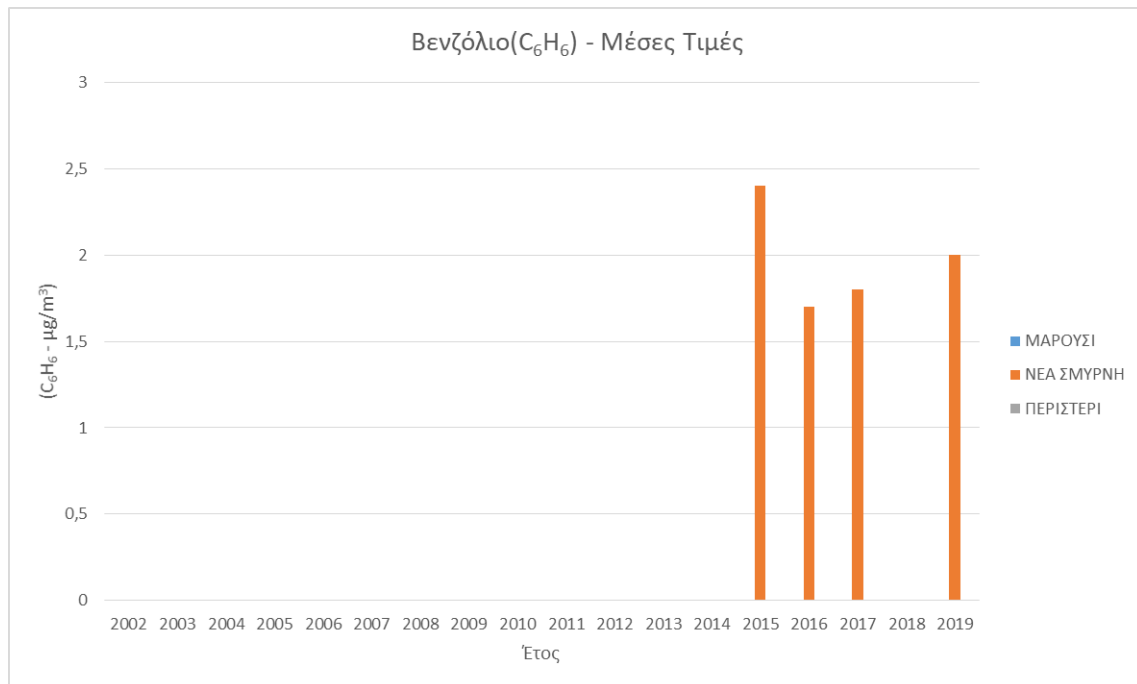
## 4.8. Διαχρονική μεταβολή Βενζολίου (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) ανά σταθμό

### 4.8.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.8.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> σταθμών αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

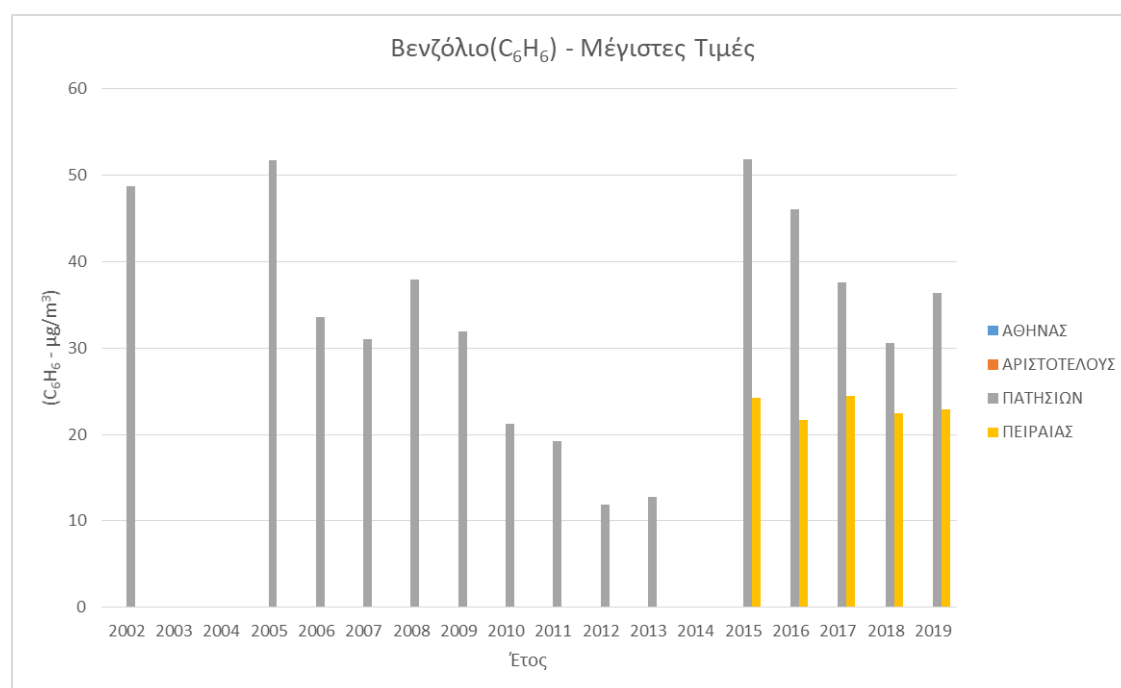
Στο σχήμα 4.8.1.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Στον σταθμό Πειραιά, παρατηρούμε σταθερότητα στις τιμές. Στον σταθμό Πατησίων, από το 2002 έως το 2014, συναντάμε μείωση στη συγκέντρωση των μέσων τιμών. Από το 2015, βλέπουμε αύξηση στις συγκεντρώσεις και μετέπειτα σταθεροποίηση των τιμών.



**Σχήμα 4.8.1.2. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

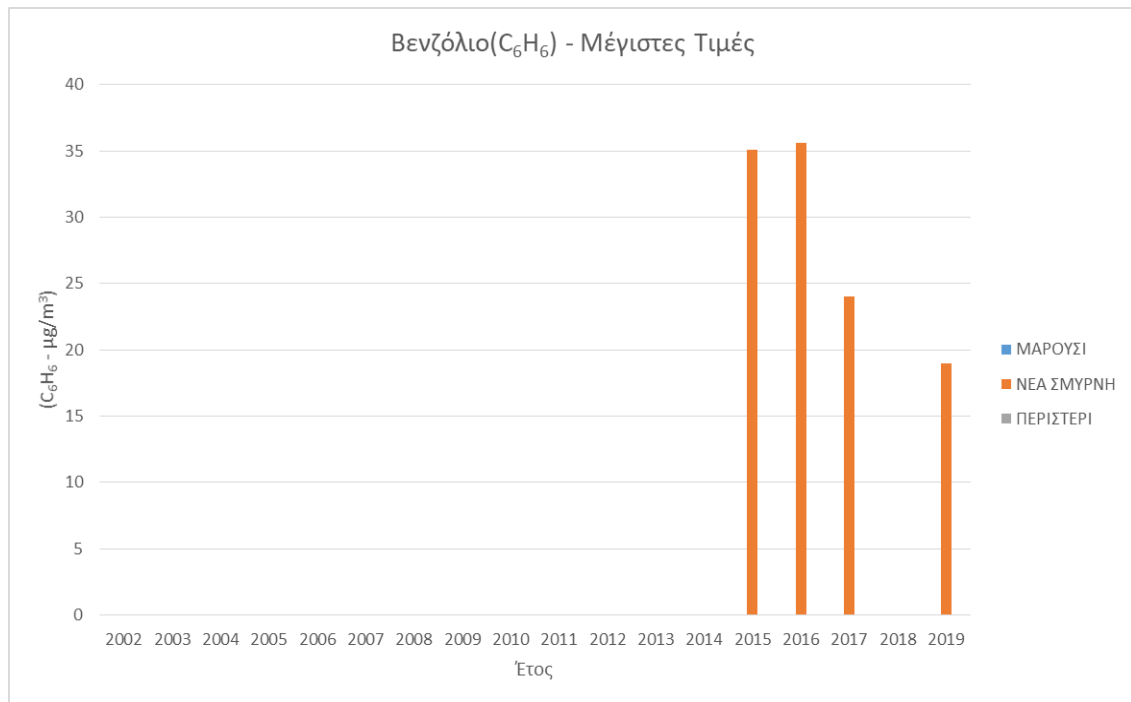
Στο σχήμα 4.8.1.2, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέσων τιμών συγκέντρωσης, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Οι μετρήσεις που έχουμε είναι περιορισμένες και δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποια ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τη διακύμανση.

#### 4.8.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.8.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης σταθμών C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

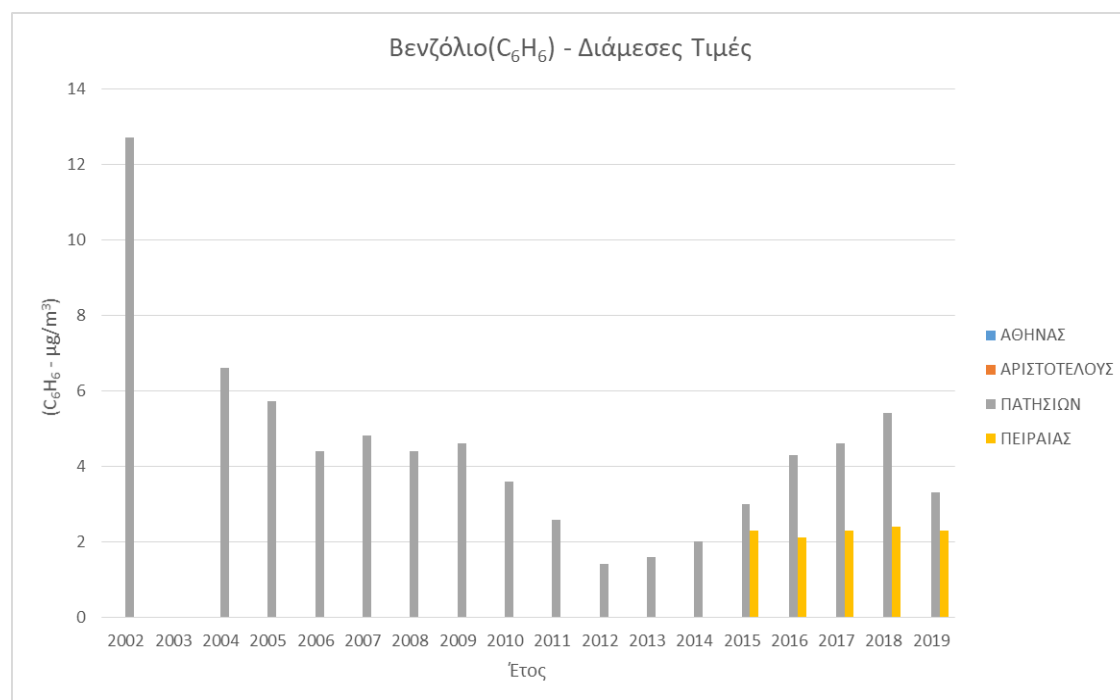
Στο σχήμα 4.8.2.2, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Στον σταθμό Πειραιά, παρατηρούμε σταθερότητα στις τιμές. Στον σταθμό Πατησίων, από το 2002 έως το 2013, συναντάμε μείωση στη συγκέντρωση των μέγιστων τιμών. Από το 2015, βλέπουμε αύξηση των μέγιστων τιμών και μετέπειτα σταδιακή μείωση.



**Σχήμα 4.8.2.2. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

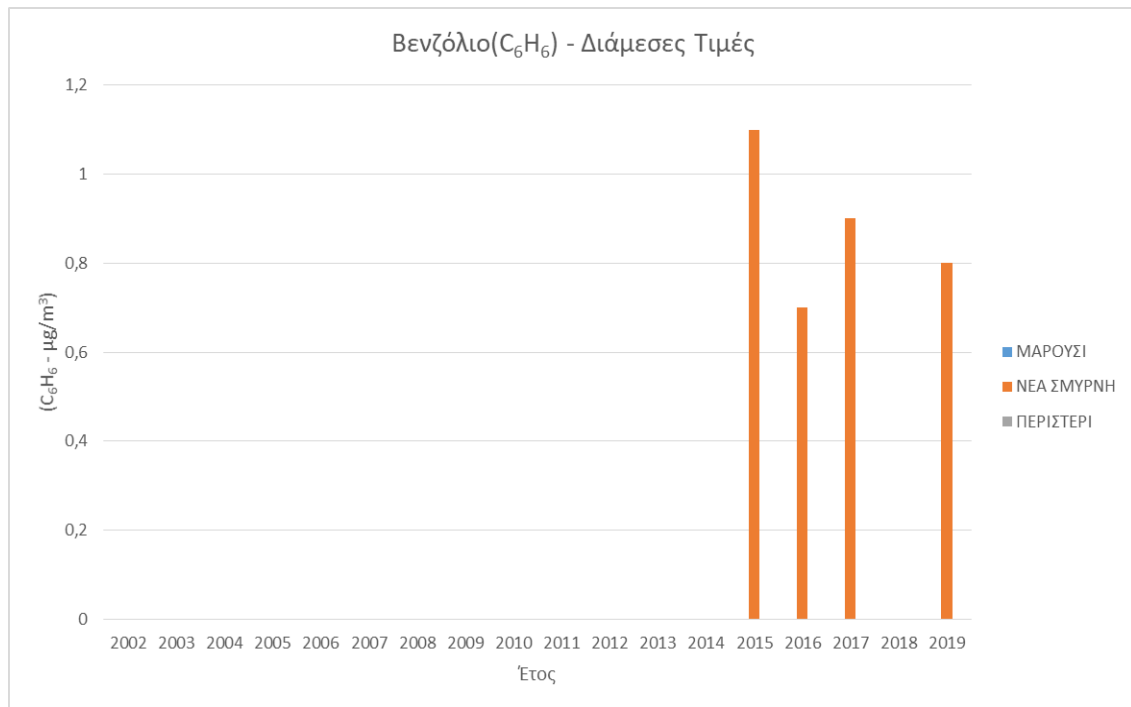
Στο σχήμα 4.8.2.2, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Αυτό που συμπεραίνουμε, με επιφύλαξη εξαιτίας του μικρού αριθμού μετρήσεων, είναι πως υπάρχει μείωση των μέγιστων τιμών, με το πέρασμα των ετών.

### 4.8.3. Διάμεση Τιμή



**Σχήμα 4.8.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης σταθμών C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> αστικών κυκλοφορίας 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.8.3.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας. Για τον σταθμό Πατησίων, παρατηρούμε μείωση των τιμών από το 2002 έως και το 2012, ενώ από το 2013 και μετά, βλέπουμε σταδιακή αύξηση των τιμών. Ο σταθμός Πειραιά, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη διακύμανση στις συγκεντρώσεις των διάμεσων τιμών.

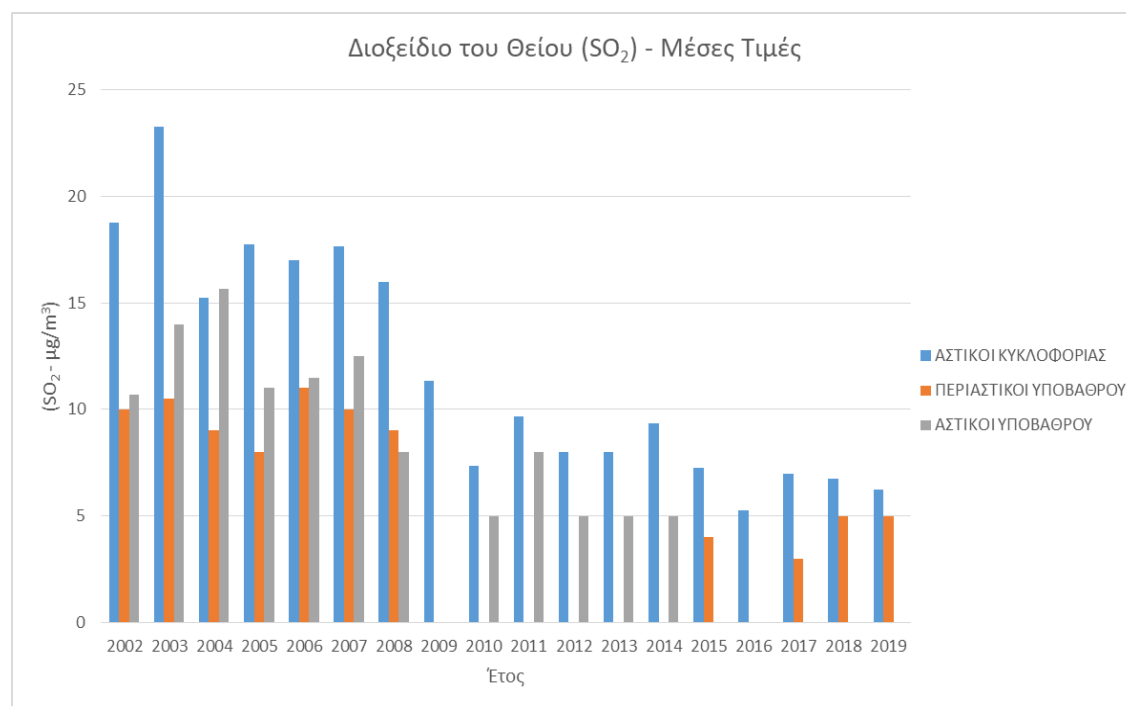


**Σχήμα 4.8.3.2. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> σταθμών αστικού υποβάθρου 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.8.3.2, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Οι μετρήσεις που έχουμε είναι περιορισμένες και δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποια ασφαλή συμπεράσματα, σχετικά με τη διακύμανση.

## 4.9. Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) ανά κατηγορία σταθμών

### 4.9.1. Μέση Τιμή

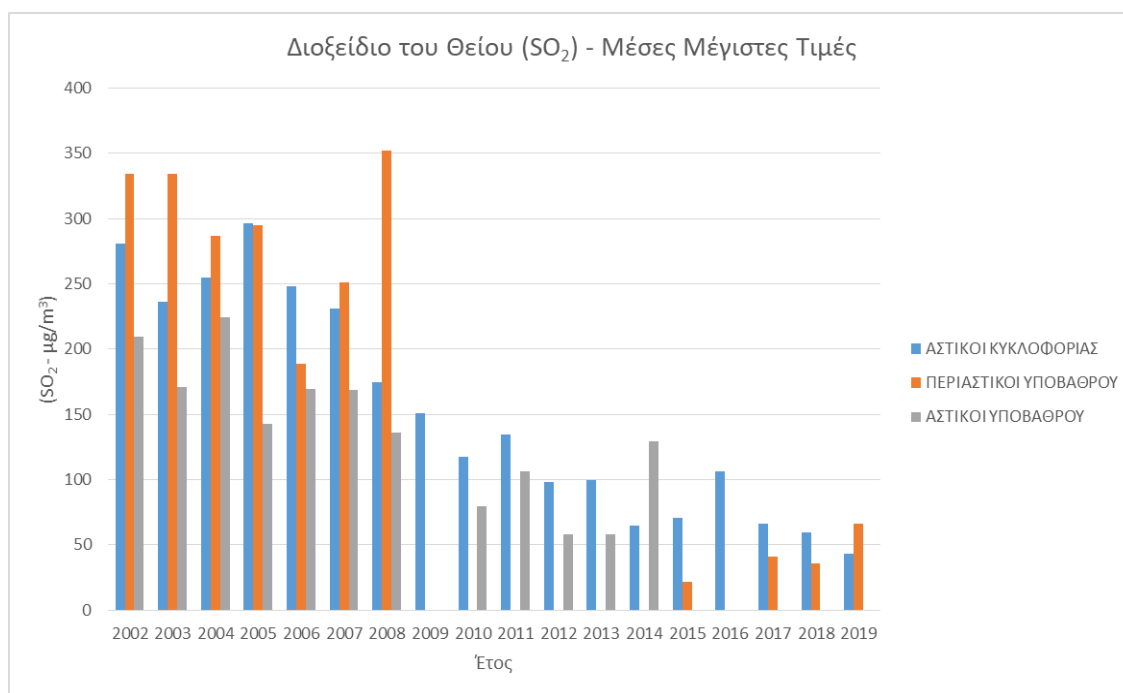


**Σχήμα 4.9.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.9.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub>, στις τρεις κατηγορίες σταθμών που εξετάζουμε. Και στις τρεις κατηγορίες σταθμών, παρατηρούμε μείωση των τιμών, γεγονός που οφείλεται στη μείωση της περιεκτικότητας του θείου στο πετρέλαιο κίνησης, θέρμανσης αλλά και στην αμόλυβδη βενζίνη. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, εξαιτίας των πολύ χαμηλών τιμών, δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικά.



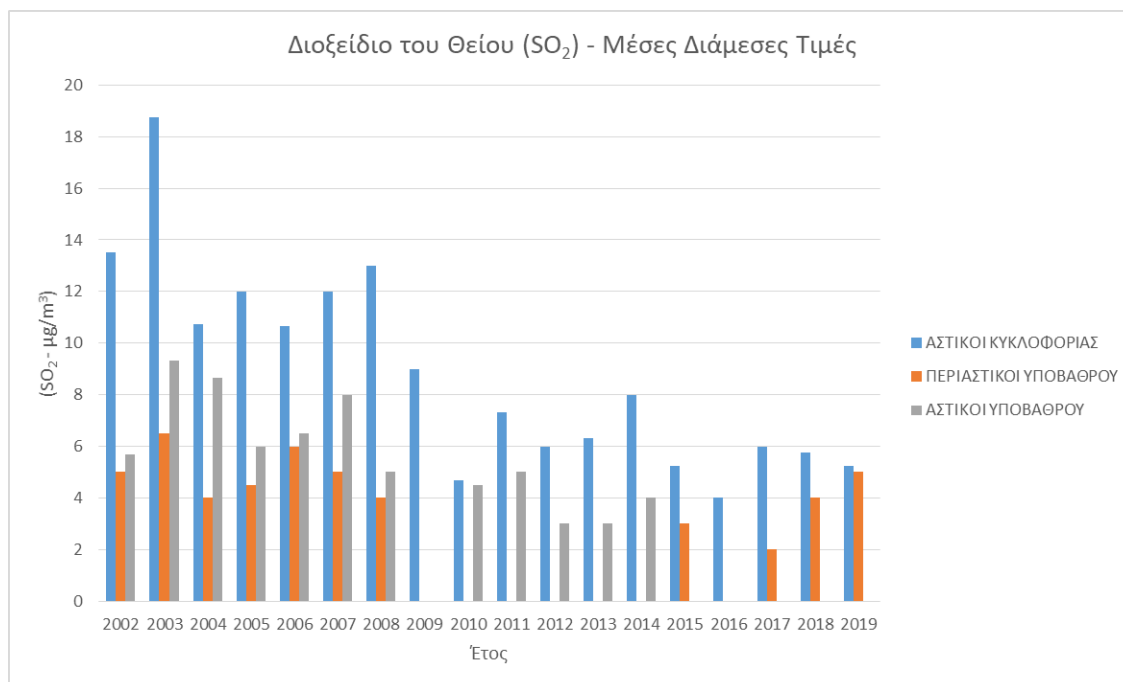
#### 4.9.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.9.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.9.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας, περιαστικούς υποβάθρου και αστικούς υποβάθρου. Παρατηρούμε, ότι οι μεγαλύτερες μέγιστες τιμές εμφανίζονται στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου και αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στους σταθμούς Λιοσίων και Ελευσίνας, των οποίων οι τιμές επηρεάζονται από τη βιομηχανική περιοχή του Θριασίου. Επίσης, παρατηρείται σημαντική μείωση των μέγιστων τιμών, σε όλες τις κατηγορίες σταθμών, με το πέρασμα των ετών.

### 4.9.3. Διάμεση Τιμή

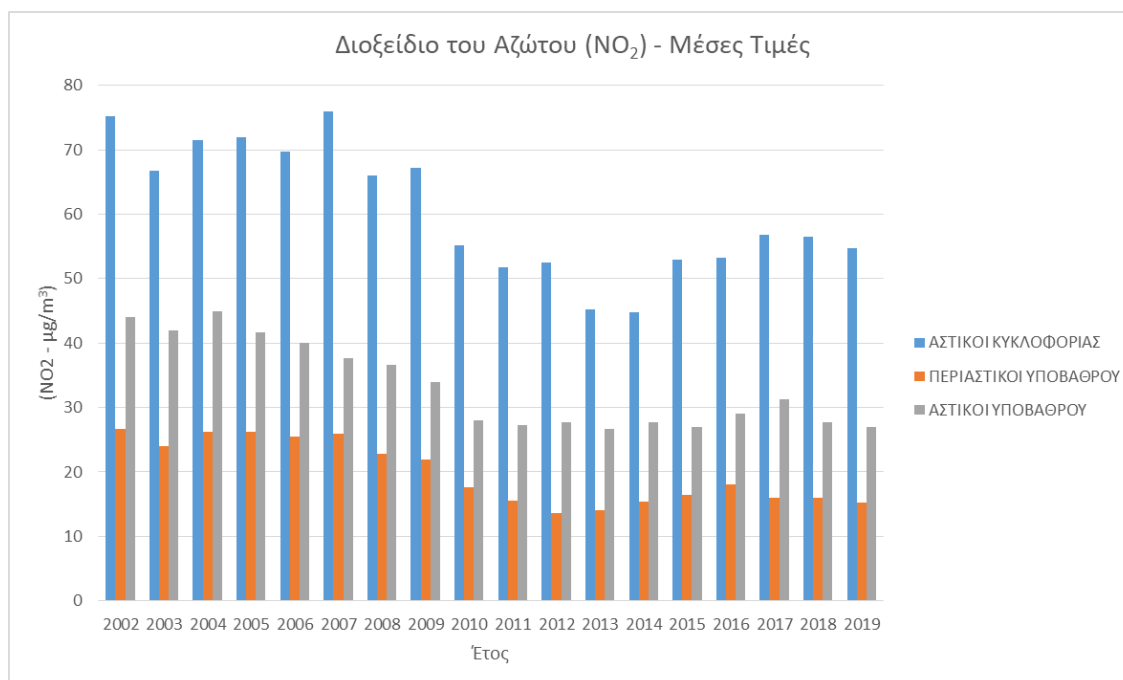


**Σχήμα 4.9.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.9.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης SO<sub>2</sub>, στις τρεις κατηγορίες σταθμών. Η διακύμανση των τιμών και στις τρεις κατηγορίες σταθμών είναι παρόμοια, παρόλο που τα χαρακτηριστικά των σταθμών διαφέρουν. Και σε αυτό το διάγραμμα παρατηρείται μείωση των τιμών, ωστόσο εξαιτίας των χαμηλών τιμών συγκεντρώσεων SO<sub>2</sub>, τα αποτελέσματα δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικά.

#### 4.10. Διαχρονική μεταβολή διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) ανά κατηγορία σταθμών

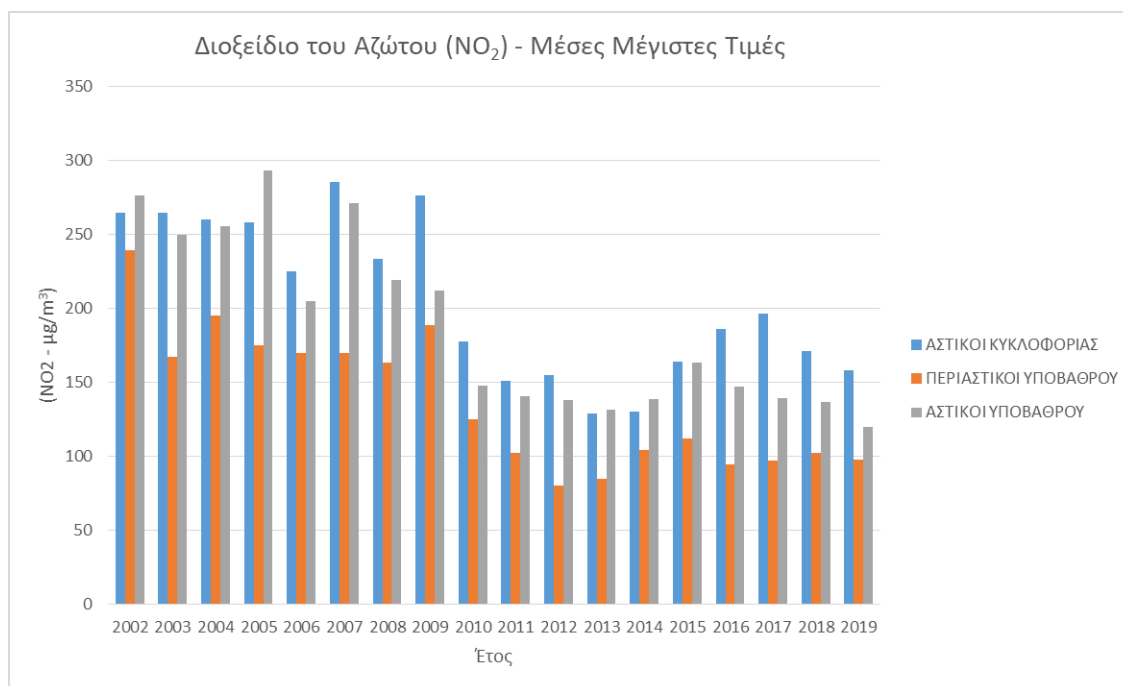
##### 4.10.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.10.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.10.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, των σταθμών κυκλοφορίας αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Το πρώτο συμπέρασμα που βγάζουμε από το διάγραμμα, είναι πως η διακύμανση των τιμών και στις τρεις κατηγορίες σταθμών, είναι παρόμοια. Στους σταθμούς αστικής κυκλοφορίας, οι συγκεντρώσεις είναι πολύ υψηλότερες σε σύγκριση με τις άλλες δύο κατηγορίες, γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη κυκλοφορία σε σχετικά στενούς δρόμους με αρκετά ψηλά κτίρια, όπου η αέρια διάχυση είναι χαμηλή. Η πτώση των τιμών που παρατηρείται από το 2010 έως και το 2014, οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην οικονομική κρίση που έπληξε τη χώρα, που είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση των δραστηριοτήτων και της κυκλοφορίας γενικότερα. Το επόμενο που παρατηρούμε, είναι πως από το 2014 και μετά, υπάρχει μια σταδιακή αύξηση των συγκεντρώσεων, γεγονός που οφείλεται στη χρήση συστημάτων θέρμανσης με καύσιμο βιομάζας, απόρροια της οικονομικής κρίσης που έπληξε την χώρα και στην κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

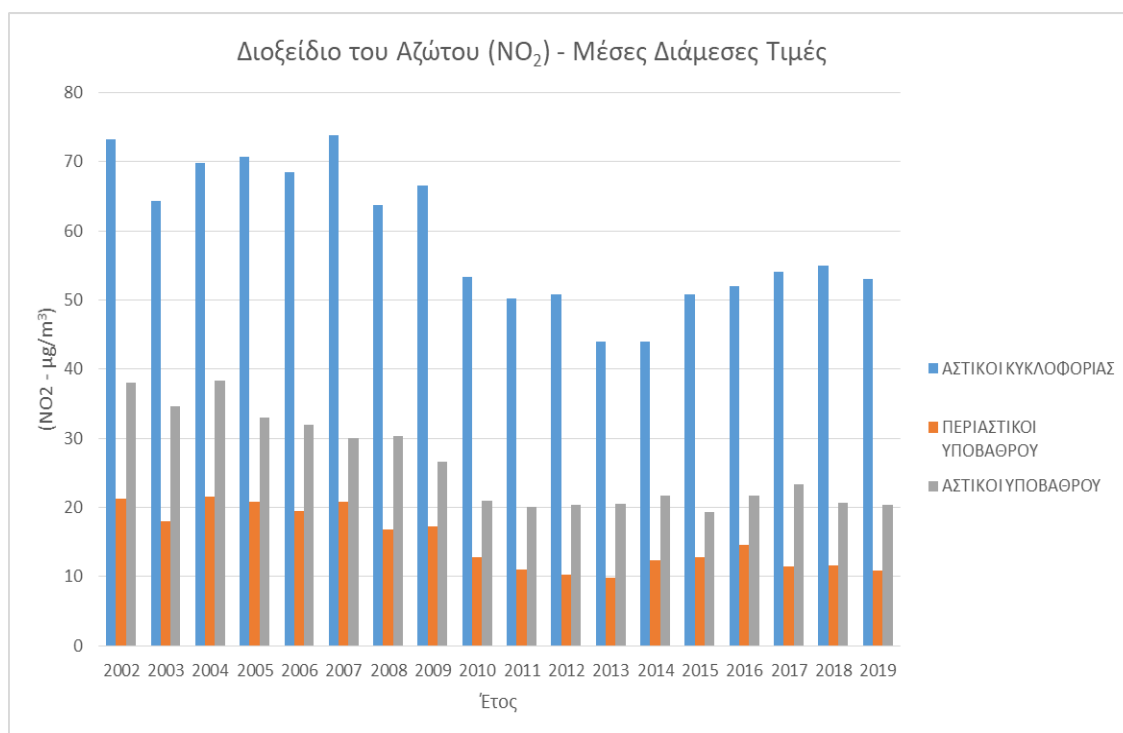
#### 4.10.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.10.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.10.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέσω των μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub>, στις τρεις κατηγορίες σταθμών που εξετάζουμε. Η εικόνα του διαγράμματος είναι παρόμοια με του αντίστοιχου των μέσων τιμών. Παρατηρούμε και εδώ μια σημαντική μείωση των μέγιστων τιμών μέχρι το 2014 και έπειτα αύξησή τους. Στους σταθμούς κυκλοφορίας, ο κύριος λόγος της αύξησης αυτής, είναι η χρήση πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, ενώ στους σταθμούς αστικού υποβάθρου κατά κύριο λόγο η αύξηση αυτή οφείλεται στην καύση βιομάζας για θέρμανση.

### 4.10.3. Διάμεση Τιμή

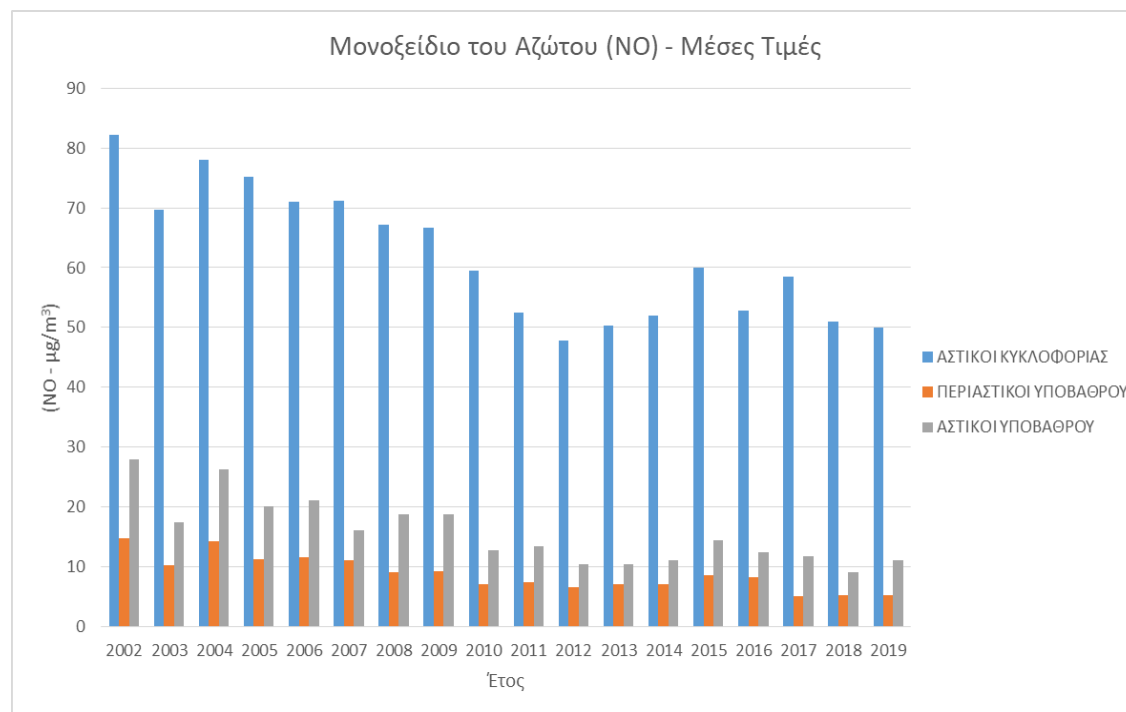


**Σχήμα 4.10.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.10.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> των σταθμών κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Και εδώ, όπως και στα διαγράμματα 4.10.1.1 και 4.10.2.1, η διακύμανση των τιμών είναι παρόμοια. Και στις τρεις κατηγορίες σταθμών, παρατηρούμε μικρές αυξομειώσεις των τιμών, από το 2002 έως και το 2009. Από το 2010 έως και το 2014, υπάρχει μείωση των τιμών και σταθεροποίηση, ενώ από το 2015 και έπειτα, παρατηρούμε αυξητικές τάσεις.

#### 4.11. Διαχρονική μεταβολή μονοξειδίου του αζώτου (NO) ανά κατηγορία σταθμών

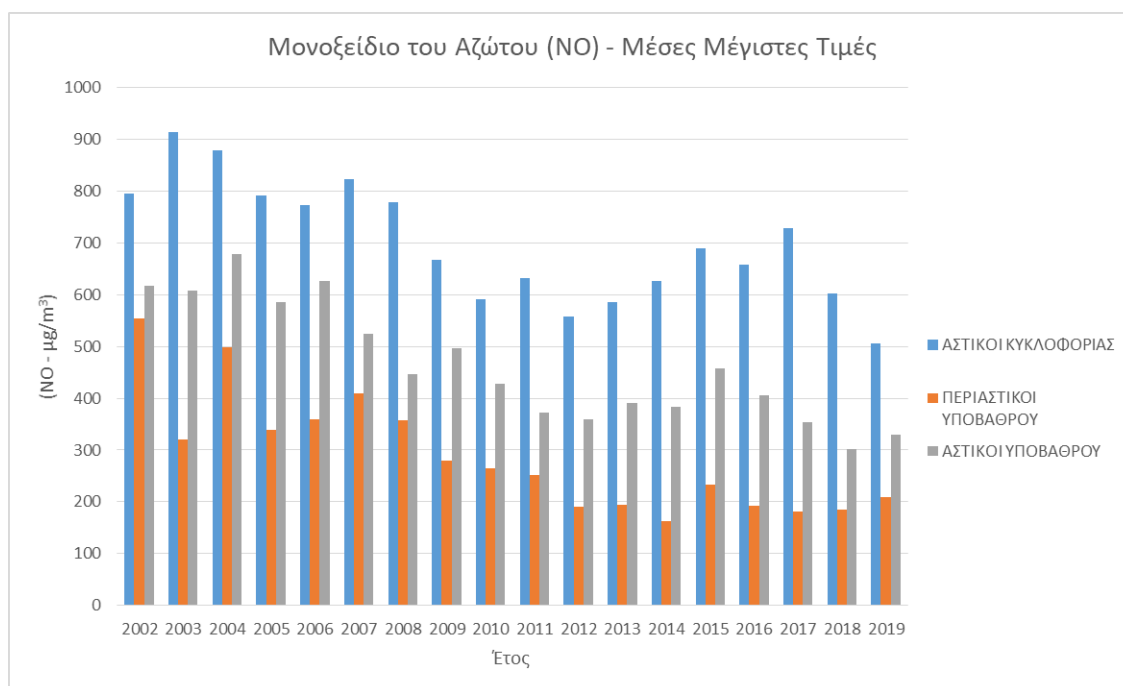
##### 4.11.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.11.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Από το σχήμα 4.11.1.1, βλέπουμε πως η διακύμανση στις συγκεντρώσεις των τιμών του NO και στις τρεις κατηγορίες σταθμών, είναι παρόμοια. Το γεγονός αυτό κυρίως οφείλεται, στο ότι κάθε έτος με διαφορετικά μετεωρολογικά χαρακτηριστικά επηρεάζει το ίδιο, όλες τις κατηγορίες σταθμών. Σχετικά με το διάγραμμα παρατηρούμε, ότι από το 2002 έως το 2012, η πορεία των τιμών είναι πτωτική, ενώ από το 2013 και έπειτα, παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των τιμών και στις τρεις κατηγορίες σταθμών. Αυτό οφείλεται στην οικονομική κρίση, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για θέρμανση και αντικατάστασή τους από καύσιμα βιομάζας. Στην αύξηση αυτή συντέινε και το γεγονός ότι το 2011, επιτράπηκε στην Αθήνα η κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων. Επίσης, είναι εμφανές ότι οι συγκεντρώσεις των τιμών στους σταθμούς κυκλοφορίας είναι πολύ υψηλότερες, σε σχέση με τις τιμές των άλλων δύο κατηγοριών. Αυτό οφείλεται στο ότι πρόκειται για δρόμους με αυξημένη κυκλοφορία, στενούς, με αρκετά ψηλά κτίρια και πυκνή δόμηση. Τα αποτελέσματα των σταθμών περιαστικού και αστικού υποβάθρου, δεν μπορούν να θεωρηθούν στατιστικά σημαντικά, καθώς οι τιμές είναι ιδιαίτερα χαμηλές.

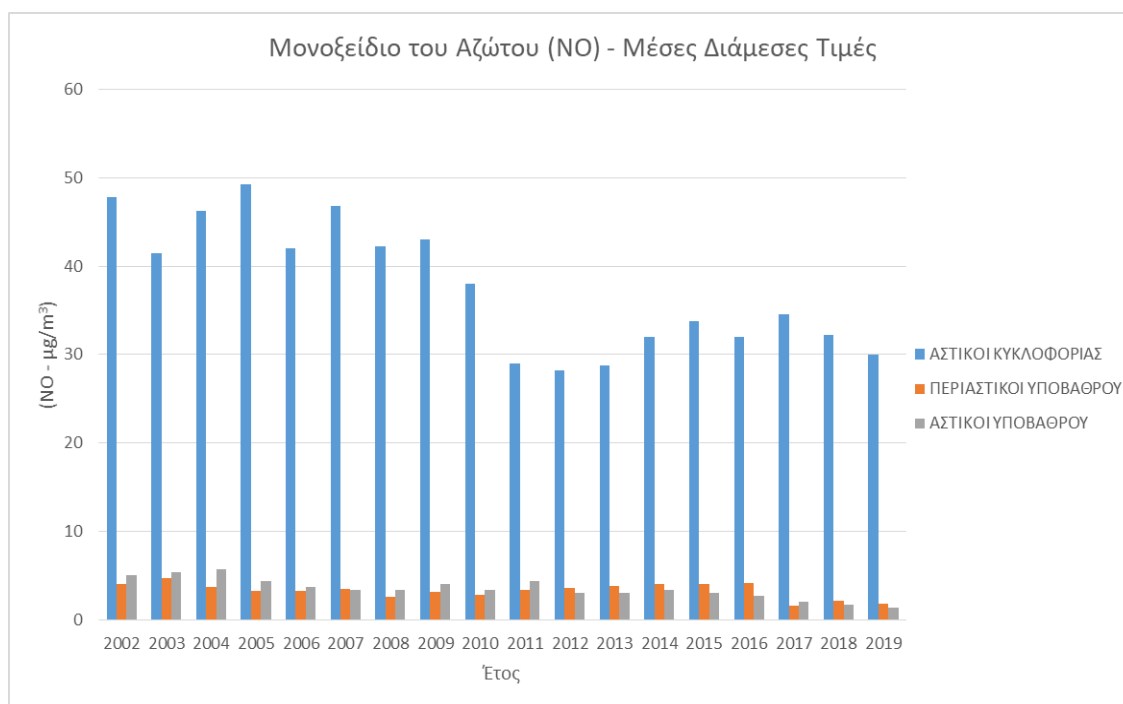
#### 4.11.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.11.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.11.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης NO, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας, περιαστικούς υποβάθρου και αστικούς υποβάθρου. Παρατηρούμε μείωση των μέγιστων τιμών μέχρι το 2012 και στις τρεις κατηγορίες σταθμών. Από το 2013 και έπειτα, εμφανίζεται μια σταδιακή αύξηση των τιμών. Από το διάγραμμα, συμπεραίνουμε πως οι υψηλότερες μέγιστες τιμές εμφανίζονται στους σταθμούς κυκλοφορίας, έπονται οι σταθμοί αστικοί υποβάθρου και οι χαμηλότερες μέγιστες τιμές εμφανίζονται στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην δόμηση των περιοχών, στους οποίους βρίσκονται εκάστοτε οι σταθμοί.

#### 4.11.3. Διάμεση Τιμή



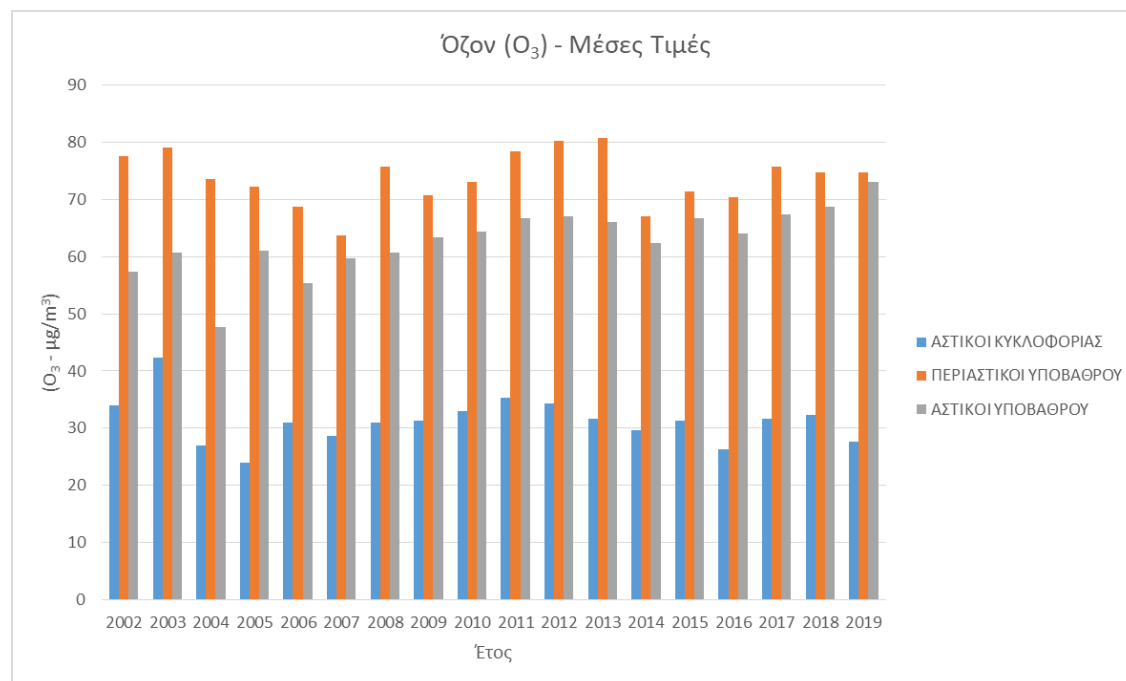
**Σχήμα 4.11.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.11.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> των σταθμών κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Αναφορικά με τους σταθμούς κυκλοφορίας, παρατηρούμε μείωση των διάμεσων τιμών μέχρι το 2012, ενώ από το 2013 και έπειτα, εμφανίζονται αυξητικές τάσεις στις διάμεσες τιμές. Για τις άλλες δύο κατηγορίες σταθμών, περιαστικού και αστικού υποβάθρου, οι τιμές είναι πολύ χαμηλές και ως εκ τούτου δεν μπορούν να εξαχθούν σημαντικά στατιστικά συμπεράσματα.



## 4.12. Διαχρονική μεταβολή όζοντος (O<sub>3</sub>) ανά κατηγορία σταθμών

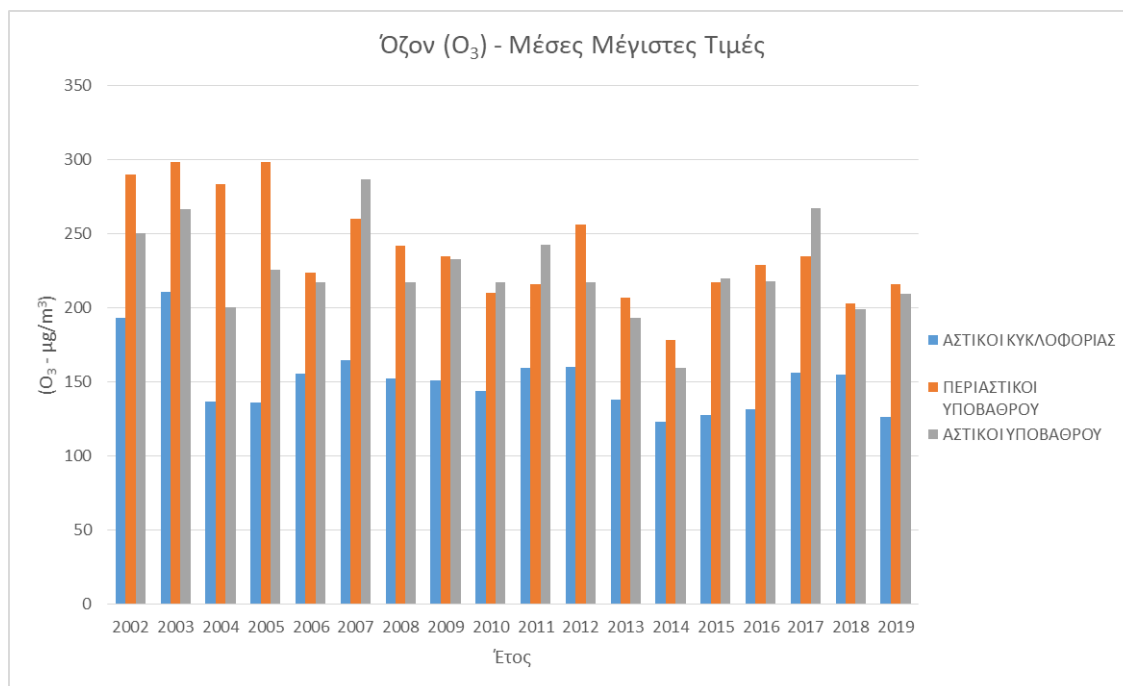
### 4.12.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.12.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.12.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς κυκλοφορίας, περιαστικού και αστικού υποβάθρου. Από το διάγραμμα, συμπεραίνουμε πως και στις τρεις κατηγορίες σταθμών η διακύμανση των τιμών είναι παρόμοια, με αυξομειώσεις στις τιμές των συγκεντρώσεων. Παρατηρούμε, πως οι υψηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται στους περιαστικούς σταθμούς, έπονται οι σταθμοί αστικού υποβάθρου. Στους σταθμούς κυκλοφορίας, οι τιμές των συγκεντρώσεων είναι σε πολύ μικρότερα επίπεδα, σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες σταθμών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το O<sub>3</sub> θεωρείται περιφερειακός ρύπος, δηλαδή οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες σε περιοχές εκτός του κέντρου της πόλης. Σε περιοχές που τα επίπεδα συγκεντρώσεων NO είναι υψηλά, όπως τα κέντρα των πόλεων, δεν ευνοείται η δημιουργία O<sub>3</sub>, καθώς το O<sub>3</sub> αντιδρά με το NO που είναι υψηλό και καταστρέφεται.

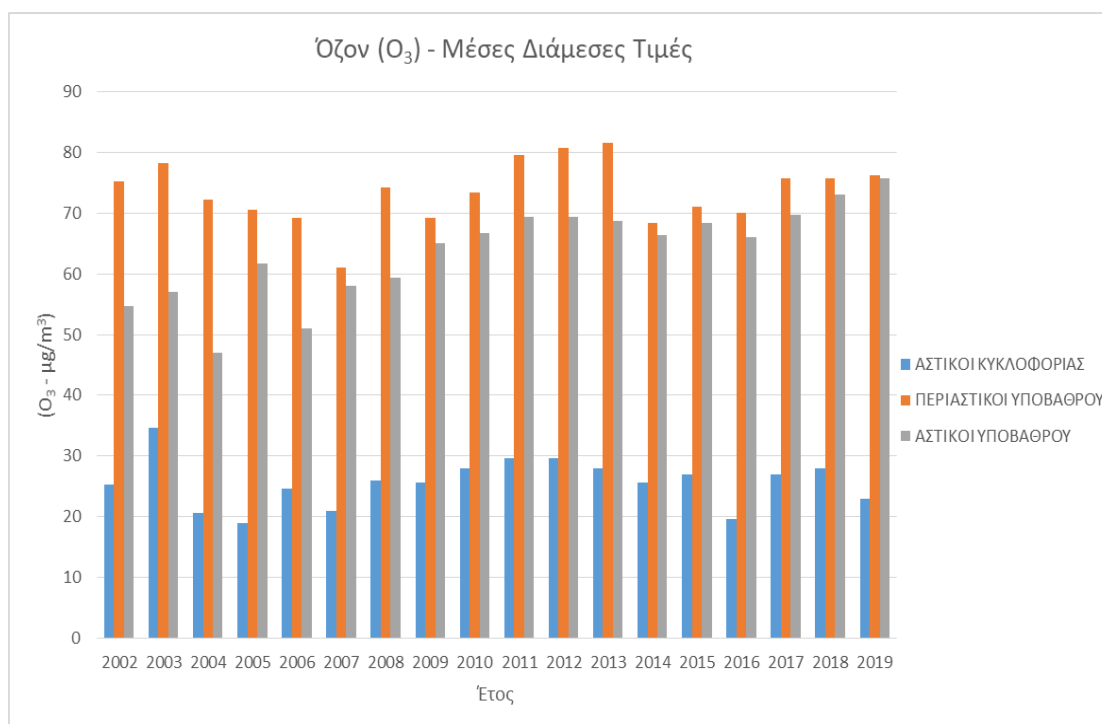
#### 4.12.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.12.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.12.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας, περιαστικούς υποβάθρου και αστικούς υποβάθρου. Στο παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε πως οι υψηλότερες μέγιστες τιμές εντοπίζονται στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου. Αυτό, όπως αναφέραμε, οφείλεται στην τοποθεσία των σταθμών αυτών, η οποία είναι τέτοια που ευνοεί τη δημιουργία O<sub>3</sub>.

### 4.12.3. Διάμεση Τιμή

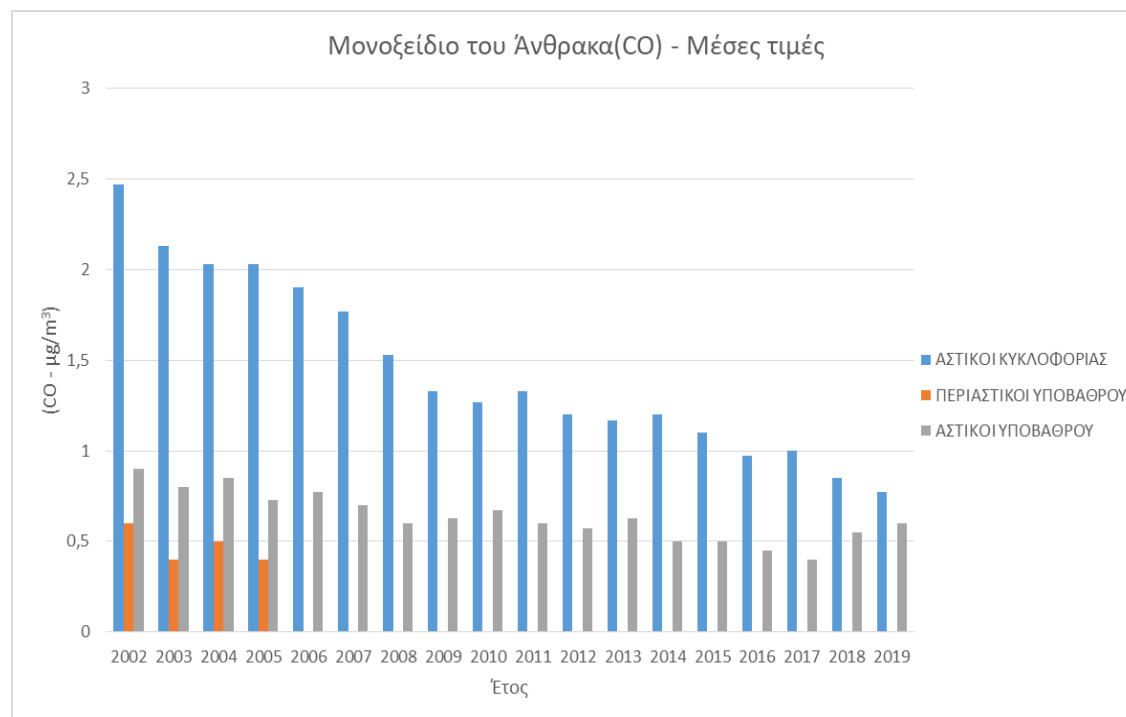


**Σχήμα 4.12.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.12.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης O<sub>3</sub>, των σταθμών κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Η διακύμανση του διαγράμματος είναι παρόμοια με το αντίστοιχο διάγραμμα μέσων τιμών (4.12.1.1). Παρατηρούμε και εδώ, πως οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου.

#### 4.13. Διαχρονική μεταβολή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) ανά κατηγορία σταθμών

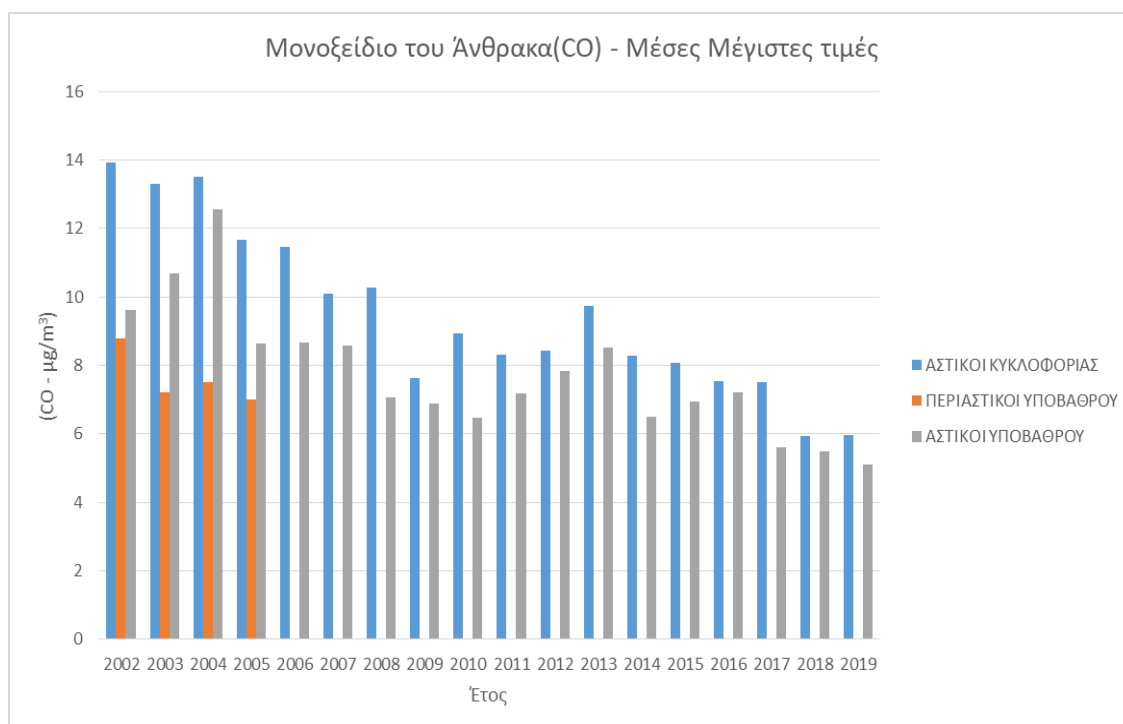
##### 4.13.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.13.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης CO κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.13.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων CO, στους σταθμούς κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρούμε πως υπάρχει τάση μείωσης των τιμών με το πέρασμα των ετών. Αυτό κυρίως οφείλεται στη χρήση καταλυτών στα αυτοκίνητα και στη χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς σταθερής τροχιάς (τραμ, μετρό). Επίσης, το γεγονός πως τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται πλέον έχουν καλύτερες τεχνικές προδιαγραφές (οκτάνια), συνέτεινε στη μείωση των εκπομπών CO.

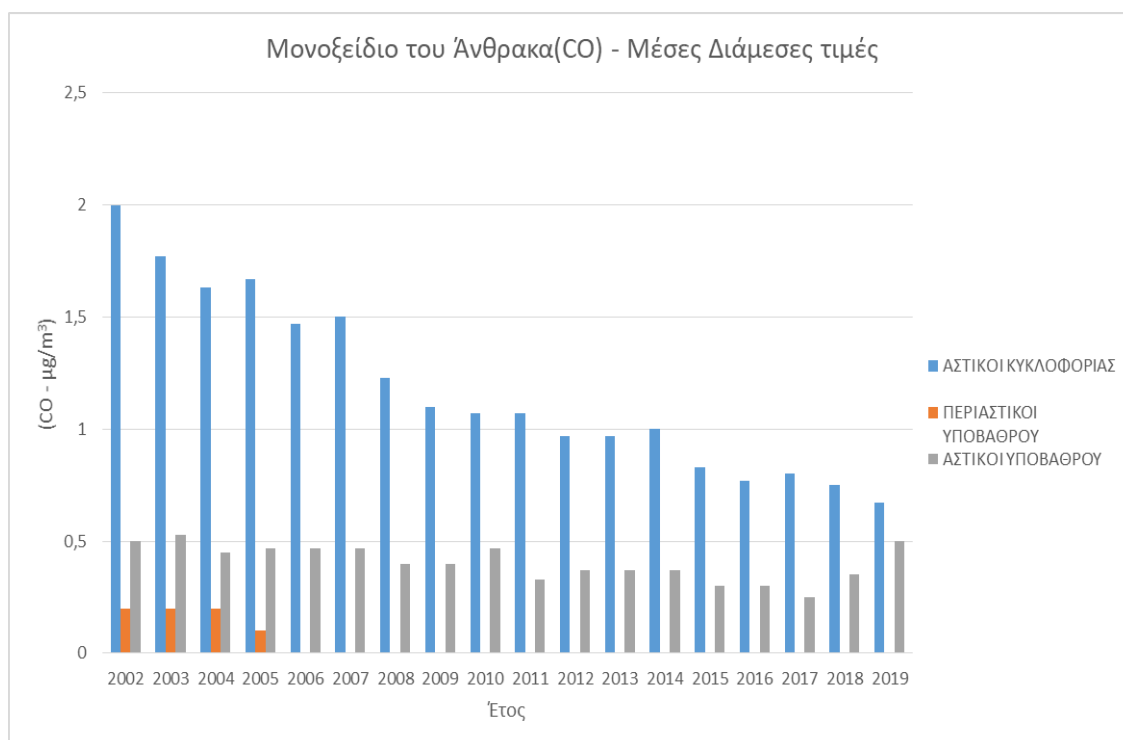
#### 4.13.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.13.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.13.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης CO, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας, περιαστικούς υποβάθρου και αστικούς υποβάθρου. Παρατηρούμε ότι η διακύμανση των μέγιστων τιμών, είναι παρόμοια στους σταθμούς κυκλοφορίας και στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Στους σταθμούς κυκλοφορίας, οι μέγιστες τιμές CO είναι ελαφρώς μεγαλύτερες, από ότι στους σταθμούς αστικού υποβάθρου, γεγονός που οφείλεται στην εντονότερη κυκλοφορία και στην πιο κλειστή τοπογραφία των περιοχών που βρίσκονται η σταθμοί κυκλοφορίας. Και εδώ παρατηρούμε τάσεις μείωσης των τιμών, με το πέρασ των ετών.

#### 4.13.3. Διάμεση Τιμή

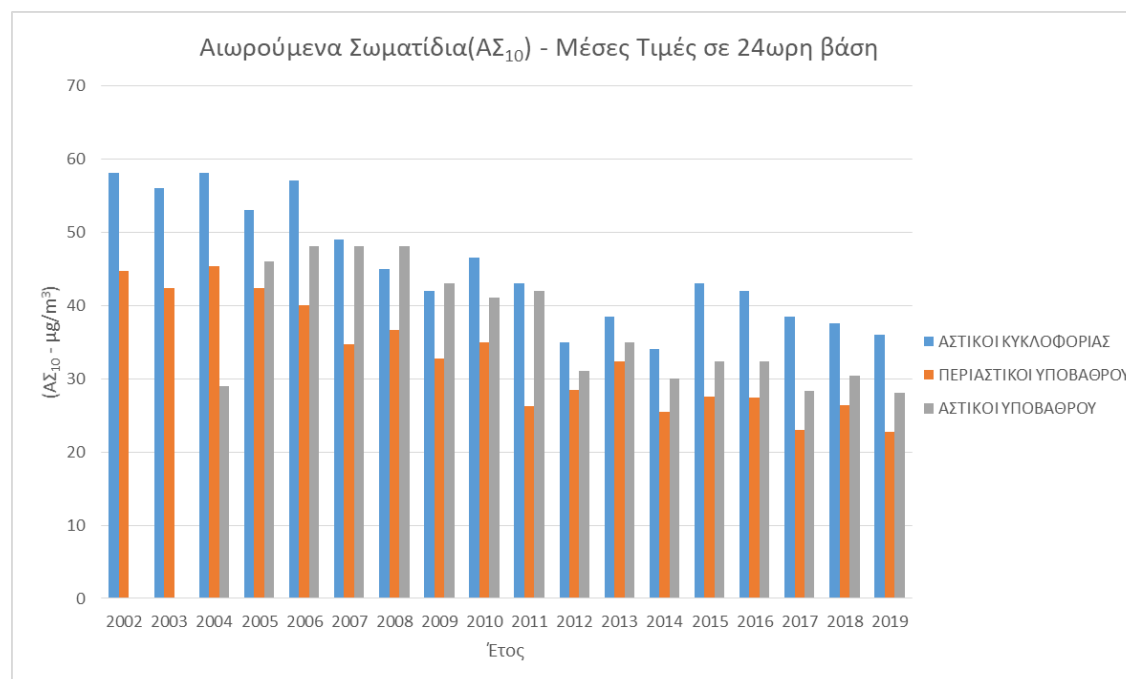


**Σχήμα 4.13.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης CO κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Στο σχήμα 4.13.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης CO, των σταθμών κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Και στο διάγραμμα της μεταβολής των διάμεσων τιμών συγκέντρωσης CO, παρατηρούμε τάσεις μείωσης των τιμών με το πέρασμα των ετών.

#### 4.14. Διαχρονική μεταβολή αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ<sub>10</sub>) ανά κατηγορία σταθμών

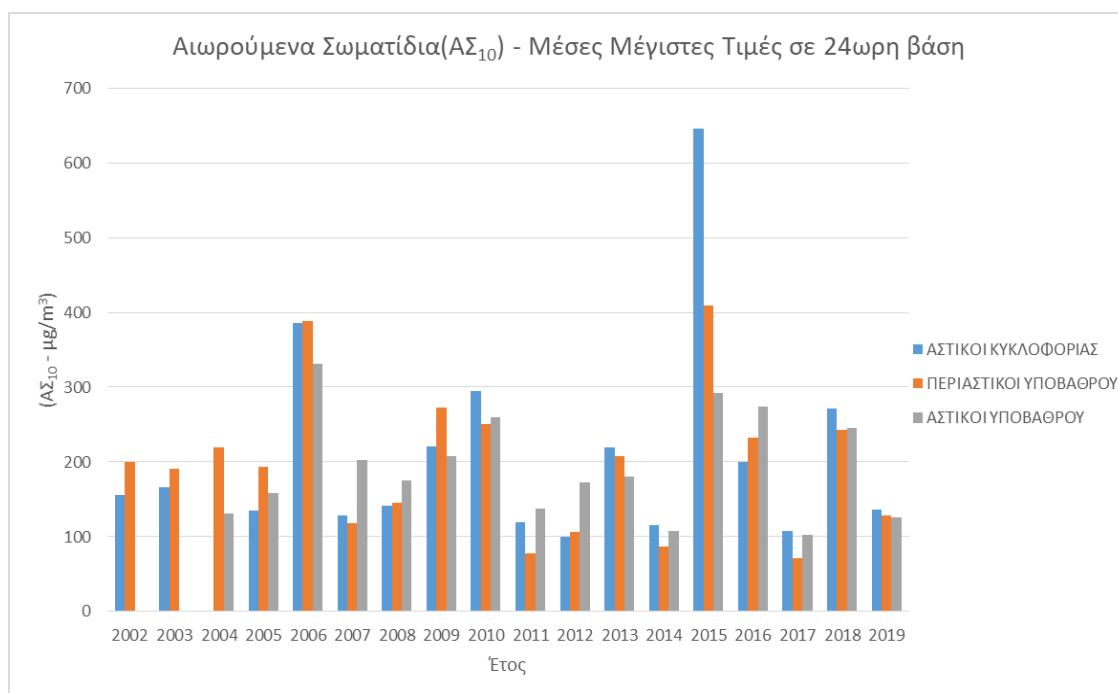
##### 4.14.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.14.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης ΑΣ<sub>10</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.14.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων ΑΣ<sub>10</sub>, στους σταθμούς κυκλοφορίας, αστικούς και περιαστικούς υποβάθρου. Για τους σταθμούς κυκλοφορίας, παρατηρούμε τάση μείωσης των τιμών μέχρι το 2012, ενώ από το 2013, βλέπουμε πια άνοδο στις τιμές και έπειτα μια σταθεροποίηση των τιμών. Παρόμοια, με ελαφρώς μικρότερες τιμές, είναι και η διακύμανση στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Στους σταθμούς περιστικού υποβάθρου, βλέπουμε μείωση των τιμών μέχρι το 2012 και έπειτα μικρές αυξομειώσεις των τιμών συγκεντρώσεων, από έτος σε έτος. Ο συγκεκριμένος ρύπος κυρίως οφείλεται σε φυσικούς παράγοντες, όπως η μεταφορά σκόνης από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές (Σαχάρα) και στην επαναιώρηση από το έδαφος, λόγω ισχυρών ανέμων. Αυτοί οι φυσικοί παράγοντες, επηρεάζουν και τις τρεις κατηγορίες σταθμών. Φυσικά, ο συγκεκριμένος ρύπος προκαλείται και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τέτοιες είναι, για παράδειγμα, η χρήση πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, η οποία επηρεάζει κυρίως τους σταθμούς κυκλοφορίας. Επίσης, παράδειγμα αποτελεί και η καύση βιομάζας για θέρμανση, η οποία επηρεάζει κυρίως τους περιφερειακούς σταθμούς.

#### 4.14.2. Μέγιστη Τιμή

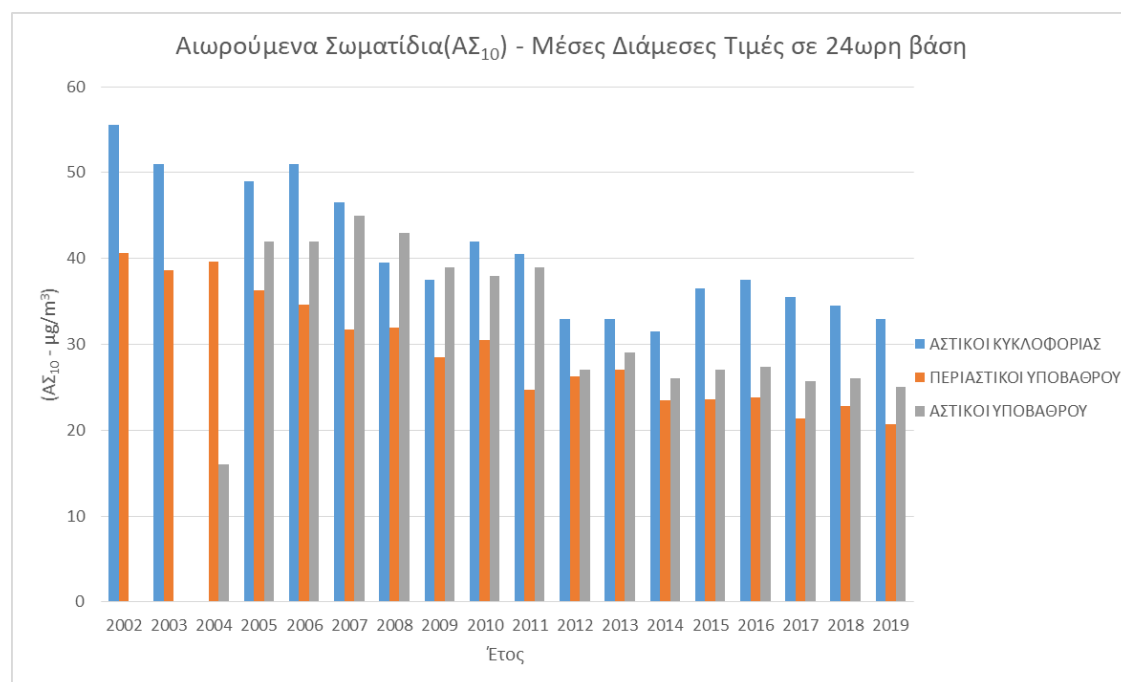


**Σχήμα 4.14.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης ΑΣ<sub>10</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.14.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης ΑΣ<sub>10</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας, περιαστικούς υποβάθρου και αστικούς υποβάθρου. Στο διάγραμμα των μέγιστων τιμών, παρατηρούμε αυξομείωση των τιμών με το πέρασμα των ετών, χωρίς κάποια συγκεκριμένη τάση μείωσης ή αύξησης των τιμών. Βλέπουμε την υψηλότερη μέγιστη τιμή στους σταθμούς κυκλοφορίας και στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου, το έτος 2015. Αυτό οφείλεται στο ότι την 1/2/2015 συνέβη ένα μεγάλο επεισόδιο μεταφοράς σκόνης από τη Σαχάρα. Αντίθετα, η υψηλότερη μέγιστη τιμή στους σταθμούς αστικού υποβάθρου, εμφανίζεται το έτος 2006.



### 4.14.3. Διάμεση Τιμή

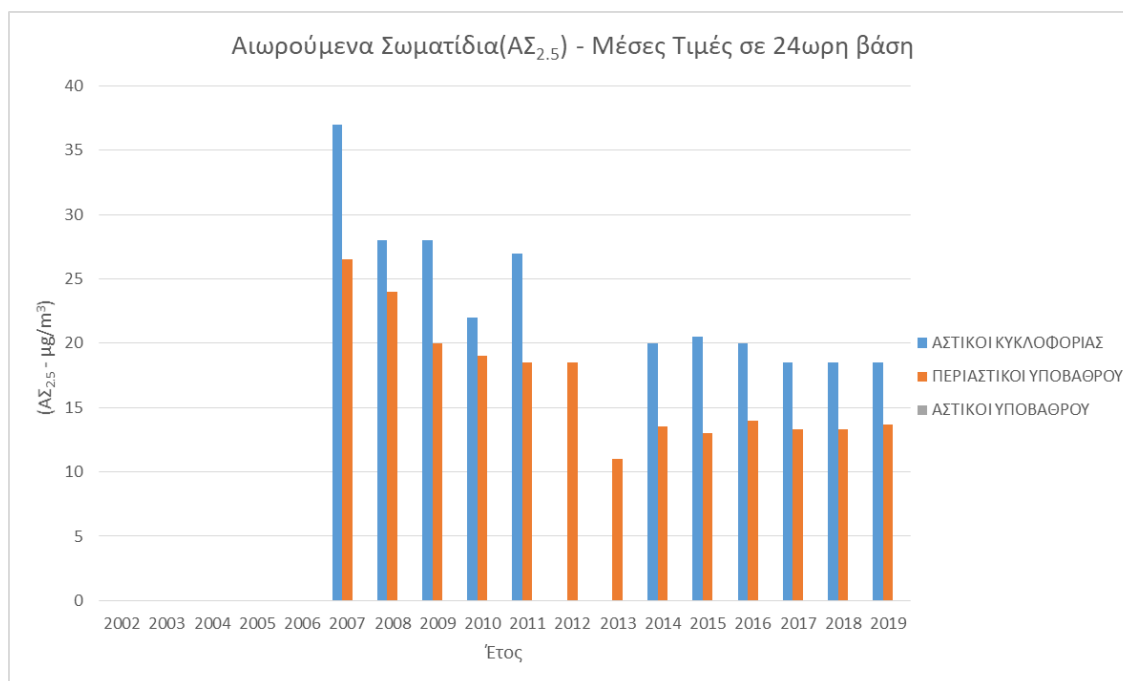


**Σχήμα 4.14.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $AS_{10}$  κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε  $\mu g/m^3$**

Στο σχήμα 4.14.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $AS_{10}$ , των σταθμών κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου. Το διάγραμμα αυτό, είναι παρόμοια διακύμανσης με το αντίστοιχο διάγραμμα μέσων τιμών (4.14.1.1). Στους σταθμούς κυκλοφορίας, παρατηρούμε τάσεις μείωσης των τιμών, έως το 2014 και από το 2015, αύξηση των τιμών και μετέπειτα σταθεροποίησή τους. Στους περιαστικούς και στους αστικούς υποβάθρου, βλέπουμε μείωση των τιμών μέχρι το 2014 και έπειτα σταθεροποίηση στις τιμές.

#### 4.15. Διαχρονική μεταβολή αιωρούμενων σωματιδίων (ΑΣ<sub>2.5</sub>) ανά κατηγορία σταθμών

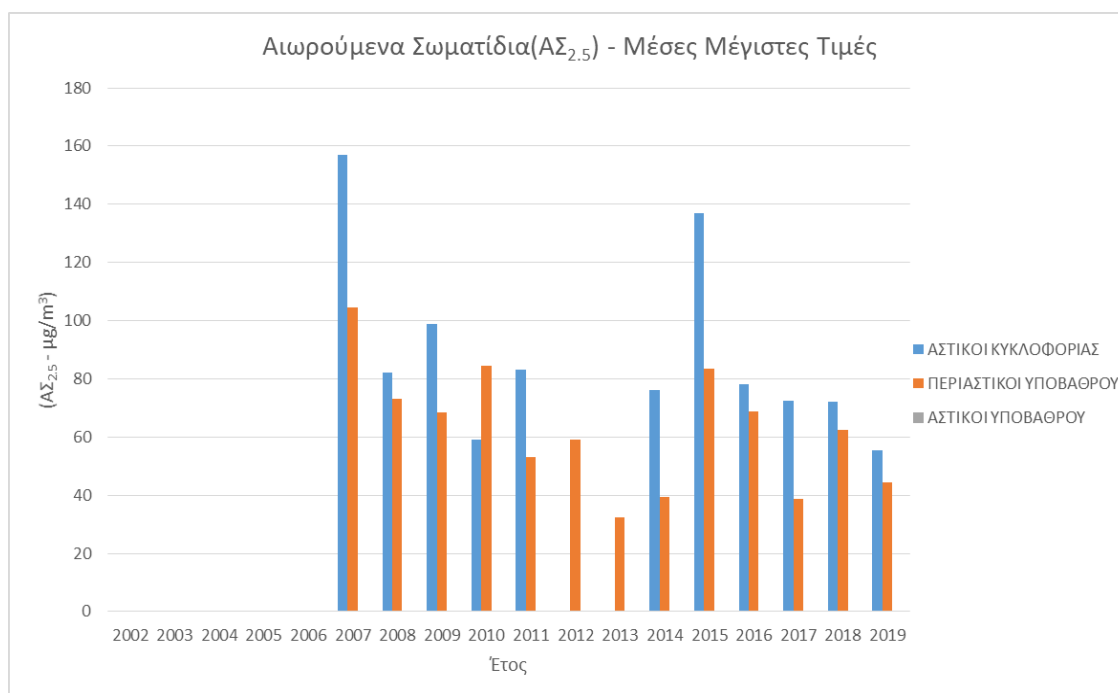
##### 4.15.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.15.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης ΑΣ<sub>2.5</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.15.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων ΑΣ<sub>2.5</sub>, στους σταθμούς κυκλοφορίας και περιαστικούς υποβάθρου. Και στις δυο κατηγορίες σταθμών, παρατηρούμε τάσεις μείωσης του ρύπου και από το 2014 και μετά, σταθεροποίηση στις τιμές. Αυτό οφείλεται, στο γεγονός ότι οι κινητήρες των αυτοκινήτων έχουν εκσυγχρονιστεί, οι έλεγχοι των ΚΤΕΟ είναι εντατικότεροι και από το 2012 και μετά, έγινε υποχρεωτικός ο έλεγχος και για τα δίκυκλα. Επίσης η κάρτα ελέγχου καυσαερίων (ΚΕΚ) και η βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων, αποτελούν ακόμα δύο λόγους για την μείωση και σταθεροποίηση των τιμών του ρύπου. Τέλος, να αναφέρουμε πως οι τιμές συγκεντρώσεων αφορούν τους σταθμούς κυκλοφορίας και περιαστικού υποβάθρου. Όσον αφορά τους σταθμούς αστικού υποβάθρου, δεν υπάρχουν δεδομένα για ανάλυση.

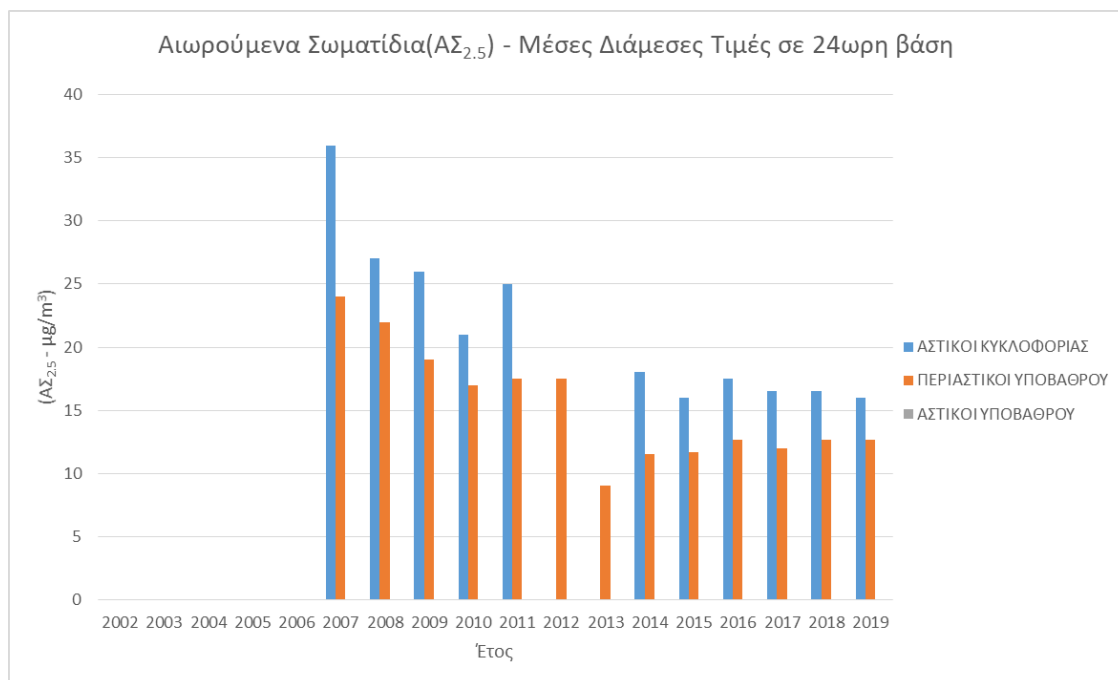
#### 4.15.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.15.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης ΑΣ<sub>2.5</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.15.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης ΑΣ<sub>2.5</sub>, στους σταθμούς αστικού κυκλοφορίας, περιαστικού υποβάθρου. Από το σχήμα, παρατηρούμε και στις δύο κατηγορίες σταθμών παρόμοια διακύμανση, με υψηλότερες μέγιστες τιμές στους σταθμούς κυκλοφορίας. Αυτό οφείλεται στην αυξημένη κίνηση στους συγκεκριμένους δρόμους και στο ότι πρόκειται για πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές.

### 4.15.3. Διάμεση Τιμή

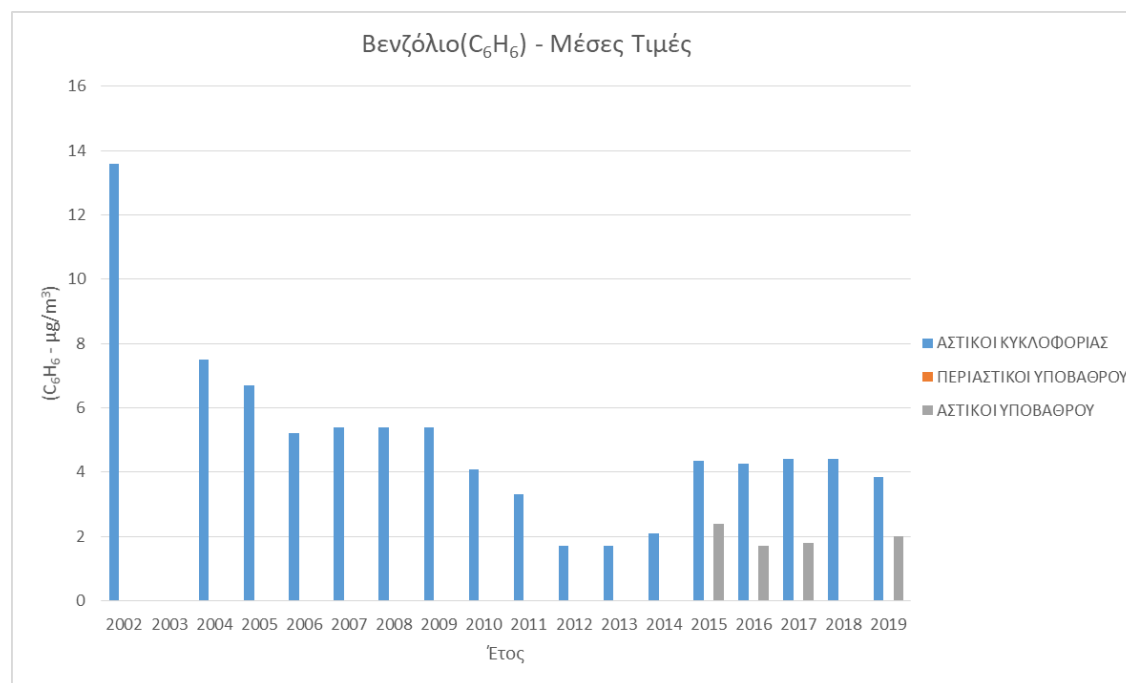


**Σχήμα 4.15.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $AS_{2.5}$  κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε  $\mu g/m^3$**

Στο σχήμα 4.15.3.1 παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης  $AS_{2.5}$ , των σταθμών κυκλοφορίας και περιαστικού υποβάθρου. Από το παραπάνω σχήμα, συμπεραίνουμε πως η διακύμανση των διάμεσων τιμών του ρύπου είναι παρόμοια με το αντίστοιχο των μέσων τιμών (4.15.1.1), παρατηρούμε δηλαδή και εδώ τάσεις μείωσης των τιμών, ενώ από το 2014 και μετά, υπάρχει σχετική σταθεροποίηση. Τα αίτια της μείωσης αυτής τα αναφέραμε προγενέστερα.

## 4.16. Διαχρονική μεταβολή βενζολίου (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) ανά κατηγορία σταθμών

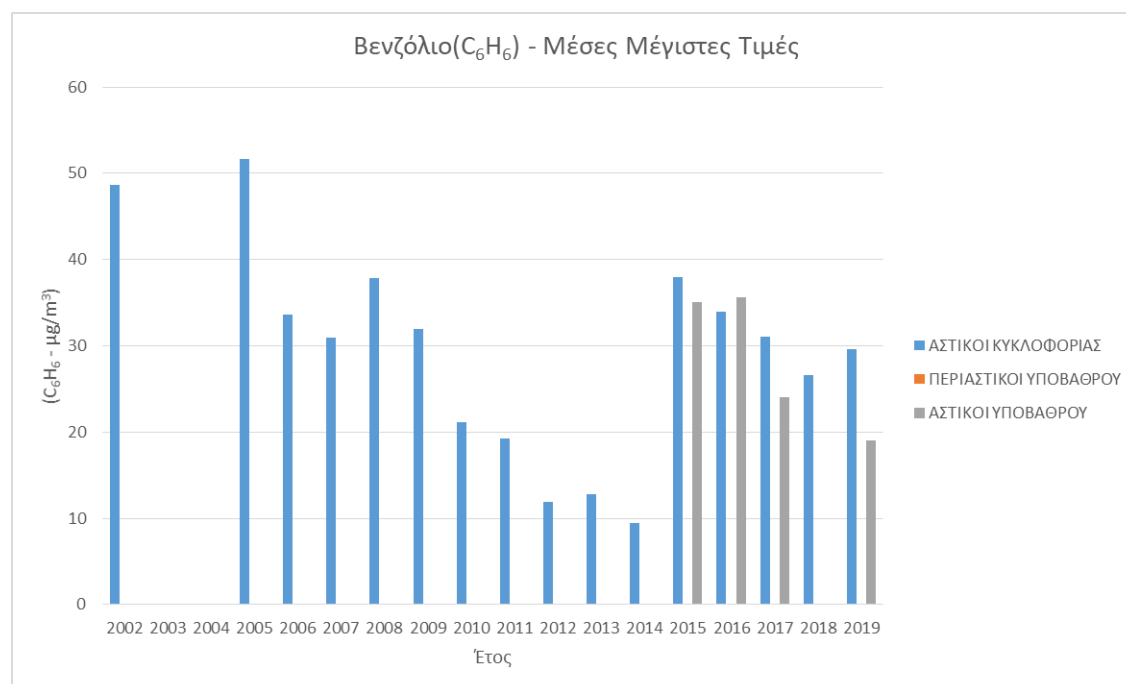
### 4.16.1. Μέση Τιμή



**Σχήμα 4.16.1.1. Διαχρονική μεταβολή μέσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.16.1.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, στους σταθμούς κυκλοφορίας, αστικού υποβάθρου. Αναφορικά με τους σταθμούς αστικού υποβάθρου, βλέπουμε μια σταθεροποίηση των τιμών, ωστόσο έχουμε δεδομένα για τέσσερα μόνο έτη, οπότε δεν μπορούμε να εξάγουμε σημαντικά στατιστικά στοιχεία. Στους σταθμούς κυκλοφορίας, παρατηρούμε μείωση των τιμών μέχρι το 2013 και από το 2014, αύξηση και μετέπειτα σταθεροποίηση των τιμών. Από το διάγραμμα, συμπεραίνουμε επίσης πως οι τιμές του C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> είναι αρκετά μειωμένες τα έτη 2012, 2013, 2014. Αυτό μπορεί να οφείλεται, στην οικονομική κρίση η οποία έπληξε τη χώρα από το 2011 και είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της κυκλοφορίας. Επίσης, το 2011 επιτράπηκε η κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων στην Αττική. Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για την ύπαρξη βενζολίου, είναι και η θερμοκρασία, καθώς ευνοεί την εξάτμιση των καυσίμων από τις δεξαμενές αποθήκευσης, αλλά και κατά τη μετάγγιση στα πρατήρια, αφού το βενζόλιο είναι πολύ πτητικό.

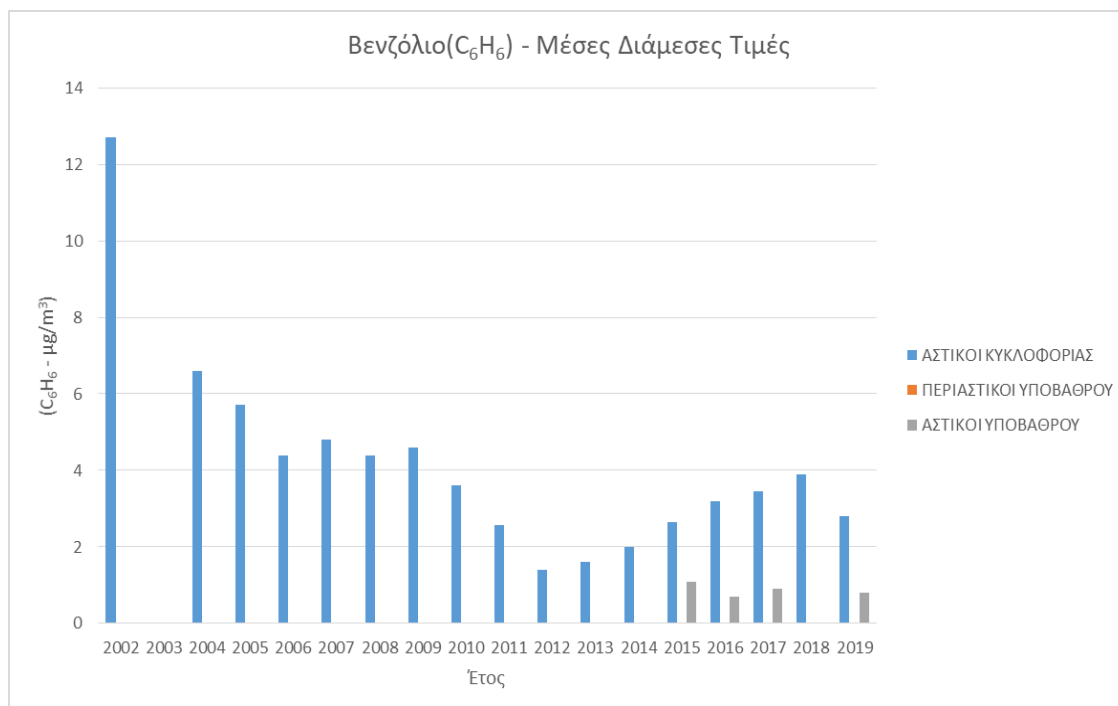
#### 4.16.2. Μέγιστη Τιμή



**Σχήμα 4.16.2.1. Διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε µg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.16.2.1, απεικονίζεται η διαχρονική μεταβολή μέγιστων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, στους σταθμούς αστικούς κυκλοφορίας, αστικού υποβάθρου. Αρχικά, στους σταθμούς αστικού υποβάθρου, βλέπουμε τάση μείωσης των μέγιστων τιμών, ωστόσο τα δεδομένα δεν επαρκούν για ασφαλή συμπεράσματα καθώς υπάρχουν από το 2015 και μετά. Στους σταθμούς αστικού υποβάθρου, η κύρια αιτία που προκαλεί τον ρύπο, είναι η καύση της βιομάζας. Στους σταθμούς κυκλοφορίας, παρατηρούμε μείωση των μέγιστων τιμών μέχρι το 2014. Μετά το 2014, βλέπουμε μεγάλη αύξηση των μέγιστων τιμών και αργότερα τάση μείωσης ή και σταθεροποίησης.

#### 4.16.3. Διάμεση Τιμή



**Σχήμα 4.16.3.1. Διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> κατηγορίας σταθμών 2002-2019, σε μg/m<sup>3</sup>**

Στο σχήμα 4.16.3.1, παρουσιάζεται η διαχρονική μεταβολή διάμεσων τιμών συγκέντρωσης C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, των σταθμών κυκλοφορίας, αστικού υποβάθρου. Η διακύμανση του διαγράμματος των διάμεσων τιμών, είναι παρόμοια με του διαγράμματος των μέσων τιμών (4.16.3.1). Παρατηρούμε τάση μείωσης μέχρι το 2012 και έπειτα σταδιακή αύξηση των τιμών. Σχετικά με τους σταθμούς αστικού υποβάθρου, παρά το μικρό εύρος δεδομένων, φαίνεται να υπάρχει σταθεροποίηση στις τιμές .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

Η διαχρονική μεταβολή συγκέντρωσης SO<sub>2</sub> και στις τρεις κατηγορίες σταθμών που εξετάσαμε, παρουσιάζει σημαντική μείωση των τιμών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μείωση της περιεκτικότητας του θείου στο πετρέλαιο κίνησης, θέρμανσης, αλλά και στην αμόλυβδη βενζίνη. Μάλιστα, τα αποτελέσματα των μετρήσεων εξαιτίας των πολύ χαμηλών τιμών, δεν θεωρούνται στατιστικά σημαντικά.

### 5.2 Διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>)

Η διαχρονική μεταβολή συγκέντρωσης NO<sub>2</sub> και στις τρεις κατηγορίες σταθμών, παρουσιάζει πτώση των τιμών που παρατηρείται από το 2010 έως και το 2014. Αυτό οφείλεται, σε μεγάλο βαθμό στην οικονομική κρίση που έπληξε τη χώρα, γεγονός που είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση των δραστηριοτήτων και της κυκλοφορίας γενικότερα. Το επόμενο που παρατηρούμε, είναι πως από το 2014 και μετά, υπάρχει μια σταδιακή αύξηση των συγκεντρώσεων, γεγονός που οφείλεται στη χρήση συστημάτων θέρμανσης με καύσιμο βιομάζας απόρροια της οικονομικής κρίσης που έπληξε την χώρα και στην κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

### 5.3 Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Στο συγκεκριμένο ρύπο, αυτό που διαπιστώνουμε είναι πως, η διαχρονική μεταβολή της συγκέντρωσης NO από το 2002 έως το 2012, παρουσιάζει πτωτική πορεία, ενώ από το 2013 και έπειτα, παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των τιμών και στις τρεις κατηγορίες σταθμών. Αυτό οφείλεται στην οικονομική κρίση, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων για θέρμανση και αντικατάστασή τους από καύσιμα βιομάζας. Στην αύξηση αυτή, συντέινε και το γεγονός ότι το 2011 επιτράπηκε στην Αθήνα η κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων.

### 5.4 Όζον (O<sub>3</sub>)

Η διαχρονική μεταβολή της συγκέντρωσης του O<sub>3</sub>, παρουσιάζει αυξομειώσεις στις τιμές με το πέρασμα των ετών. Αρχικά, μέχρι το 2007, βλέπουμε μείωση στις τιμές, ωστόσο από το 2008 έως και το 2013, παρατηρούμε σταδιακή αύξηση των τιμών



συγκεντρώσεων  $O_3$ . Η αύξηση αυτή, διακόπτεται το 2014, όπου υπάρχει μείωση των τιμών και από εκεί και έπειτα, εκ νέου σταδιακή αύξηση στις συγκεντρώσεις  $O_3$ .

### 5.5 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων CO στους σταθμούς κυκλοφορίας, αστικού και περιαστικού υποβάθρου, παρουσιάζει τάση μείωσης των τιμών. Αυτό κυρίως οφείλεται, στη χρήση καταλυτών στα αυτοκίνητα και στη χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς σταθερής τροχιάς (τραμ, μετρό). Επίσης, το γεγονός πως τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται πλέον έχουν καλύτερες τεχνικές προδιαγραφές (οκτάνια), συντέινει στη μείωση των εκπομπών CO.

### 5.6 Αιωρούμενα σωματίδια ( $A_{\Sigma 10}$ )

Αναφορικά με τη διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων  $A_{\Sigma 10}$ , στους σταθμούς κυκλοφορίας, παρατηρούμε τάση μείωσης των τιμών μέχρι το 2012, ενώ από το 2013, βλέπουμε πια άνοδο στις τιμές και έπειτα μια σταθεροποίηση των τιμών. Παρόμοια, με ελαφρώς μικρότερες τιμές, είναι και η διακύμανση στους σταθμούς αστικού υποβάθρου. Στους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου, βλέπουμε μείωση των τιμών μέχρι το 2012, και έπειτα μικρές αυξομειώσεις των τιμών συγκεντρώσεων, από έτος σε έτος.

### 5.7 Αιωρούμενα σωματίδια ( $A_{\Sigma 2,5}$ )

Η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων  $A_{\Sigma 2,5}$ , παρουσιάζει τάσεις μείωσης του ρύπου και από το 2014 και μετά, σταθεροποίηση στις τιμές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι κινητήρες των αυτοκινήτων έχουν εκσυγχρονιστεί, οι έλεγχοι των ΚΤΕΟ είναι εντατικότεροι και από το 2012 και μετά, έγινε υποχρεωτικός ο έλεγχος και για τα δίκυκλα. Επίσης, η κάρτα ελέγχου καυσαερίων (ΚΕΚ) και η βελτίωση της ποιότητας των καυσίμων, αποτελούν ακόμα δύο λόγους για την μείωση και σταθεροποίηση των τιμών του ρύπου. Τέλος, σχετικά με τους σταθμούς αστικού υποβάθρου, δεν υπάρχουν δεδομένα για ανάλυση.

### 5.8 Βενζόλιο ( $C_6H_6$ )

Η διαχρονική μεταβολή συγκεντρώσεων  $C_6H_6$ , στους σταθμούς κυκλοφορίας, παρουσιάζει μείωση των τιμών μέχρι το 2013 και από το 2014, αύξηση και μετέπειτα

σταθεροποίηση των τιμών. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην οικονομική κρίση η οποία έπληξε τη χώρα από το 2011 και είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της κυκλοφορίας. Επίσης, το 2011 επιτράπηκε η κυκλοφορία πετρελαιοκίνητων οχημάτων στην Αττική. Αναφορικά με τους σταθμούς αστικού υποβάθρου, βλέπουμε μια σταθεροποίηση των τιμών, ωστόσο έχουμε δεδομένα για τέσσερα μόνο έτη, οπότε δεν μπορούμε να εξάγουμε σημαντικά στατιστικά στοιχεία. Για τους σταθμούς περιαστικού υποβάθρου, δεν υπάρχουν δεδομένα για τον συγκεκριμένο ρύπο που εξετάζουμε.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

- Κουϊμτζής, Θ., Φυτιάνος, Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ. (1998). Χημεία Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- ΥΠΕΧΩΔΕ (2005). Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Αθήνα. Δ/ση Περιβάλλοντος, Δ/ση ΕΑΡΘ, Έκθεση 2004, Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας.
- Σούφλα, Ε. (2013). Μελέτη των Ατμοσφαιρικών Ρύπων στην πόλη της Πάτρα με τη μέθοδο της Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πάτρα.
- Ζάνης, Π. (2014). Σημειώσεις για την Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας, Θεσσαλονίκη.
- Βαλαβανίδης, Α. (2007). Οικοτοξικολογία και περιβαλλοντική τοξικολογία. Εκδόσεις Τμήματος Χημείας Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα
- ΥΠΕΝ (2017). Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας 2016. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Γεν. Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής, Δ/ση Κλιματικής Αλλαγής & Ποιότητας Ατμόσφαιρας, Τμήμα Ποιότητας της Ατμόσφαιρας,, Ιούνιος 2017
- Λαζαρίδης, Μ. (2010). Ατμοσφαιρική ρύπανση με στοιχεία μετεωρολογίας. Εκδόσεις Τζιόλα, 2η έκδοση, Θεσσαλονίκη
- Γεντετάκης, Ι. (2010). Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες. 2η έκδοση, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Οικονομόπουλος, Α. (2000). Σημειώσεις Μαθήματος Ρύπανση και Έλεγχος Ρύπανσης Αέρα. Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Λαζαρίδης, Μ. (2008). Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Κρητικός, Ι. (2019). Αξιολόγηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας ανά κατηγορία σταθμού παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα. Διπλωματική εργασία, ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ-ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ.
- Πλακάκη, Κ. (2019). Χωρική κατανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Πάτρα.

### **Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία**

- Ormrod, D., P. (1984). Impact of trace element pollution on plants. In: Treshow M, ed. Air Pollution and Plant Life. Wiley: Chichester, pp. 291-319.

- Adamopoulos A.D., Kambezidis H.D., Sipsas A.B. [1996], “Meteorological factors that influence O3 concentration in the Athens basin”, Fresenius Environmental Bulletin 5, 37-42.
- Adamopoulos A.D., Kambezidis H.D., Kaskaoutis D.G., Giavis G. A study of aerosol particle sizes in the atmosphere of Athens, Greece, retrieved from solar spectral measurements. Atmospheric Research 86 (2007) 194–206.

### **Πηγές Διαδικτύου**

- <http://library.tee.gr/>
- <https://repository.kallipos.gr/>
- <http://env-edu.gr>
- <https://geodata.gov.gr>
- [https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/2020Pinakas\\_Stathmwn.pdf](https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/12/2020Pinakas_Stathmwn.pdf)