

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΙΚΕΣ  
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Αξιολόγηση μετρήσεων ποιότητας της ατμόσφαιρας στον  
αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση έως Σκάρφεια Φθιώτιδας)  
από το έτος 2012 έως το έτος 2021»**

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Θ. ΜΑΥΡΙΚΟΣ

A.M. 201

ΑΠΟΦΟΙΤΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΑΘΗΝΑ, 2023

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Αξιολόγηση μετρήσεων ποιότητας της ατμόσφαιρας στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ  
(τμήμα Μεταμόρφωση έως Σκάρφεια Φθιώτιδας) από το έτος 2012 έως το έτος 2021

Επιβλέπων καθηγητής: ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΣ ΤΑΣΟΣ

Η Τριμελής Επιτροπή

Γεώργιος Βαρελίδης,

Ανδρέας Ανδρέοπουλος,

Σίνου Μάρω

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μαυρίκος Γεώργιος του Θεμιστοκλή, με αριθμό μητρώου 201, φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Εφαρμοσμένες Πολιτικές και Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος» (Ε.Π.Τ.Ε.Π.Π.) 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».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι ..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο Δηλών



Γεώργιος Μαυρίκος

## Περιεχόμενα

Κατάσταση πινάκων .....	2
Κατάσταση εικόνων .....	2
Κατάσταση διαγραμμάτων .....	3
1. Εισαγωγή-Αντικείμενο της Μελέτης.....	6
2. Μεθοδολογία έρευνας στο ευρύτερο περιβαλλοντικό αντικείμενο .....	6
3. Εννοιολογικοί Προσδιορισμοί .....	6
4. Καταγραφή των Επιστημονικών Δεδομένων για το Μελετώμενο Θέμα .....	7
4.1. Μετρούμενοι ρύποι και θέσεις σταθμών μέτρησης .....	7
4.2. Εξοπλισμός μέτρησης .....	10
4.3. Μεθοδολογία μέτρησης .....	10
5. Αποτύπωση των Δεδομένων της Υπάρχουσας Κατάστασης .....	14
5.1. Αέριοι ρύποι.....	14
5.1.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) .....	16
5.1.2. Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> ) .....	17
5.1.3. Μονοξείδιο του αζώτου (NO) .....	17
5.1.4. Διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ).....	18
5.1.5. Αιωρούμενα σωματίδια (Particulate matter – PM).....	18
5.1.6. Όζον (O <sub>3</sub> ) .....	20
5.1.7. Βενζόλιο (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	21
5.2. Επιπτώσεις των κύριων δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον.....	22
5.3. Νομοθεσία και οριακές τιμές .....	23
5.3.1. Νομοθετήματα ποιότητας ατμόσφαιρας .....	23
5.3.2. Θεσμοθετημένα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας .....	24
5.3.3. Σύγκριση τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης με όρια νομοθεσίας.....	25
6. Κριτική Ανάλυση – Επεξεργασία των Πρωτογενών Στοιχείων της Στατιστικής Έρευνας.....	29
6.1. Ετήσια πληρότητα μετρήσεων.....	29
6.2. Ετήσιοι κυκλοφοριακοί φόρτοι οχημάτων .....	29
6.3. Σύγκριση ετήσιας διακύμανσης ανά σταθμό .....	30
6.3.1. Διαγράμματα .....	30
6.3.2. Στατιστική ανάλυση .....	34
6.4. Σύγκριση μηνιαίας διακύμανσης για τα έτη 2012 – 2021 ανά σταθμό .....	36
6.4.1. Διαγράμματα .....	36

6.4.2.	Στατιστική ανάλυση .....	40
6.5.	Ωριαίες διακυμάνσεις ανά έτος για κάθε ρύπο .....	41
6.5.1.	Διαγράμματα .....	41
6.5.2.	Στατιστική ανάλυση .....	54
6.6.	Εποχικές ωριαίες διακυμάνσεις ανά ρύπο για το σύνολο των ετών 2012-2021 .....	55
6.6.1.	Διαγράμματα .....	55
6.6.2.	Στατιστική ανάλυση .....	67
6.7.	Σύνοψη κύριων συμπερασμάτων.....	69
7.	Συνολική Αποτίμηση – Συμπεράσματα - Προτάσεις .....	71
7.1.	Προτεινόμενα μέτρα για βιώσιμες οδικές μεταφορές.....	71
8.	Πηγές - Βιβλιογραφία .....	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....		74

## Κατάσταση πινάκων

Πίνακας 1: Θέσεις μόνιμων σταθμών μέτρησης αέριων ρύπων στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση Αττικής - Σκάρφεια Φθιώτιδας) .....	7
Πίνακας 2: Μετρούμενοι ρύποι ανά σταθμό .....	8
Πίνακας 3: Πληροφορίες αναλυτή μέτρησης κάθε ρύπου .....	10
Πίνακας 4: Αναλυτές και μέθοδος μέτρησης κάθε ρύπου .....	12
Πίνακας 5: Άποψη εξοπλισμού εντός του οικίσκου στον AQMS Βαρυμπόμπης .....	13
Πίνακας 6: Κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρο.....	20
Πίνακας 7: Επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον .....	23
Πίνακας 8: Θεσμοθετημένα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας σύμφωνα με την Οδηγία 2008/50/ΕΚ .....	25
Πίνακας 9: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ωριαία τιμή NO <sub>2</sub> ανά έτος.....	25
Πίνακας 10: Μέσες ετήσιες τιμές NO <sub>2</sub> .....	26
Πίνακας 11: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ωριαία τιμή SO <sub>2</sub> ανά έτος .....	26
Πίνακας 12: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ημερήσια τιμή SO <sub>2</sub> ανά έτος .....	27
Πίνακας 13: Μέσες ετήσιες τιμές PM <sub>10</sub> .....	27
Πίνακας 14: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ημερήσια τιμή PM <sub>10</sub> ανά έτος .....	27
Πίνακας 15: Μέσες ετήσιες τιμές PM <sub>2,5</sub> .....	28
Πίνακας 16: Μέσες ετήσιες τιμές C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	28
Πίνακας 17: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέγιστη ημερήσια 8ωρη τιμή O <sub>3</sub> ανά έτος.....	29
Πίνακας 18: Κυκλοφοριακοί φόρτοι τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου που βρίσκονται οι AQMS Βαρυμπόμπης, Σχηματαρίου & Αρκίτσας για τα έτη 2018 έως 2021 .....	30
Πίνακας 19: Σύνοψη κύριων συμπερασμάτων από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.....	70

## Κατάσταση εικόνων

Εικόνα 1: Αποτύπωση AQMS Βαρυμπόμπης στον χάρτη.....	8
Εικόνα 2: Αποτύπωση AQMS Σχηματαρίου στον χάρτη.....	9

Εικόνα 3: Αποτύπωση AQMS Αρκίτσας στον χάρτη .....	9
Εικόνα 4: Υπολογιστής των AQMS .....	12
Εικόνα 5: Ενδεικτικό screenshot του λογισμικού Commcenter .....	13
Εικόνα 6: Νέφος αιθαλομίχλης στην Αθήνα.....	15
Εικόνα 7: Φωτοχημική ρύπανση στο Χονγκ Κονγκ.....	15
Εικόνα 8: Τα κυριότερα είδη αερολυμάτων σε ηλεκτρονική μεγέθυνση .....	19
Εικόνα 9: Στρώματα της ατμόσφαιρας .....	21

## Κατάσταση διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ετήσια Διακύμανση PM <sub>10</sub> .....	31
Διάγραμμα 2: Ετήσια Διακύμανση PM <sub>2,5</sub> .....	31
Διάγραμμα 3: Ετήσια Διακύμανση NO .....	32
Διάγραμμα 4: Ετήσια Διακύμανση NO <sub>2</sub> .....	32
Διάγραμμα 5: Ετήσια Διακύμανση CO.....	33
Διάγραμμα 6: Ετήσια Διακύμανση SO <sub>2</sub> .....	33
Διάγραμμα 7: Ετήσια Διακύμανση O <sub>3</sub> .....	34
Διάγραμμα 8: Ετήσια Διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> .....	34
Διάγραμμα 9: Συσχέτιση ετήσιας κυκλοφορίας με ετήσιες τιμές PM <sub>10</sub> και PM <sub>2,5</sub> στη Βαρυμπόμπη τα έτη 2018-2021.....	35
Διάγραμμα 10: Μηνιαία Διακύμανση PM <sub>10</sub> για τα έτη 2012-2021 .....	36
Διάγραμμα 11: Μηνιαία Διακύμανση PM <sub>2,5</sub> για τα έτη 2012-2021 .....	37
Διάγραμμα 12: Μηνιαία Διακύμανση NO για τα έτη 2012-2021.....	37
Διάγραμμα 13: Μηνιαία Διακύμανση NO <sub>2</sub> για τα έτη 2012-2021 .....	38
Διάγραμμα 14: Μηνιαία Διακύμανση CO για τα έτη 2012-2021 .....	38
Διάγραμμα 15: Μηνιαία Διακύμανση SO <sub>2</sub> για τα έτη 2012-2021 .....	39
Διάγραμμα 16: Μηνιαία Διακύμανση O <sub>3</sub> για τα έτη 2012-2021 .....	39
Διάγραμμα 17: Μηνιαία Διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> για τα έτη 2012-2021.....	40
Διάγραμμα 18: Ωριαία διακύμανση PM <sub>10</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος .....	42
Διάγραμμα 19: Ωριαία διακύμανση PM <sub>10</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος .....	42
Διάγραμμα 20: Ωριαία διακύμανση PM <sub>10</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος .....	43
Διάγραμμα 21: Ωριαία διακύμανση PM <sub>2,5</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος.....	43
Διάγραμμα 22: Ωριαία διακύμανση PM <sub>2,5</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος .....	44
Διάγραμμα 23: Ωριαία διακύμανση PM <sub>2,5</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος .....	44
Διάγραμμα 24: Ωριαία διακύμανση NO στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος .....	45
Διάγραμμα 25: Ωριαία διακύμανση NO στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος.....	45
Διάγραμμα 26: Ωριαία διακύμανση NO στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος.....	46
Διάγραμμα 27: Ωριαία διακύμανση NO <sub>2</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος .....	46
Διάγραμμα 28: Ωριαία διακύμανση NO <sub>2</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος .....	47
Διάγραμμα 29: Ωριαία διακύμανση NO <sub>2</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος.....	47
Διάγραμμα 30: Ωριαία διακύμανση CO στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος.....	48
Διάγραμμα 31: Ωριαία διακύμανση CO στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος .....	48
Διάγραμμα 32: Ωριαία διακύμανση CO στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος .....	49
Διάγραμμα 33: Ωριαία διακύμανση SO <sub>2</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος.....	49
Διάγραμμα 34: Ωριαία διακύμανση SO <sub>2</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος .....	50
Διάγραμμα 35: Ωριαία διακύμανση SO <sub>2</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος .....	50
Διάγραμμα 36: Ωριαία διακύμανση O <sub>3</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος.....	51

Διάγραμμα 37: Ωριαία διακύμανση O <sub>3</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος.....	51
Διάγραμμα 38: Ωριαία διακύμανση O <sub>3</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος.....	52
Διάγραμμα 39: Ωριαία διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος.....	52
Διάγραμμα 40: Ωριαία διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος.....	53
Διάγραμμα 41: Ωριαία διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος.....	53
Διάγραμμα 42: Εποχική ωριαία διακύμανση PM <sub>10</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	56
Διάγραμμα 43: Εποχική ωριαία διακύμανση PM <sub>10</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	56
Διάγραμμα 44: Εποχική ωριαία διακύμανση PM <sub>10</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	57
Διάγραμμα 45: Εποχική ωριαία διακύμανση PM <sub>2,5</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	57
Διάγραμμα 46: Εποχική ωριαία διακύμανση PM <sub>2,5</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	58
Διάγραμμα 47: Εποχική ωριαία διακύμανση PM <sub>2,5</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	58
Διάγραμμα 48: Εποχική ωριαία διακύμανση NO στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	59
Διάγραμμα 49: Εποχική ωριαία διακύμανση NO στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	59
Διάγραμμα 50: Εποχική ωριαία διακύμανση NO στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	60
Διάγραμμα 51: Εποχική ωριαία διακύμανση NO <sub>2</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	60
Διάγραμμα 52: Εποχική ωριαία διακύμανση NO <sub>2</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	61
Διάγραμμα 53: Εποχική ωριαία διακύμανση NO <sub>2</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	61
Διάγραμμα 54: Εποχική ωριαία διακύμανση CO στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	62
Διάγραμμα 55: Εποχική ωριαία διακύμανση CO στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	62
Διάγραμμα 56: Εποχική ωριαία διακύμανση CO στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	63
Διάγραμμα 57: Εποχική ωριαία διακύμανση SO <sub>2</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	63
Διάγραμμα 58: Εποχική ωριαία διακύμανση SO <sub>2</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	64
Διάγραμμα 59: Εποχική ωριαία διακύμανση SO <sub>2</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	64
Διάγραμμα 60: Εποχική ωριαία διακύμανση O <sub>3</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	65
Διάγραμμα 61: Εποχική ωριαία διακύμανση O <sub>3</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	65
Διάγραμμα 62: Εποχική ωριαία διακύμανση O <sub>3</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021.....	66

Διάγραμμα 63: Εποχική ωριαία διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021 .....	66
Διάγραμμα 64: Εποχική ωριαία διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021 .....	67
Διάγραμμα 65: Εποχική ωριαία διακύμανση C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021 .....	67



## 1. Εισαγωγή-Αντικείμενο της Μελέτης

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονείται στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Εφαρμοσμένες Πολιτικές και Τεχνικές Προστασίας Περιβάλλοντος» (Ε.Π.Τ.Ε.Π.Π.) του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη των ωριαίων τιμών των αέριων ρύπων που προκύπτουν από την κυκλοφορία των οχημάτων στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση Αττικής – Σκάρφεια Φθιώτιδας) μέσω της καταγραφής τους από 3 μόνιμους σταθμούς μέτρησης στις περιοχές Βαρυμπόμπη, Σχηματάρι και Αρκίτσα για τα έτη 2012 έως 2021. Από την εν λόγω μελέτη, στόχος είναι μέσα από στατιστικά διαγράμματα και αναλύσεις να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τα επίπεδα και τις τάσεις ανά ρύπο και ανά περιοχή.

## 2. Μεθοδολογία έρευνας στο ευρύτερο περιβαλλοντικό αντικείμενο

Η ερευνητική μεθοδολογία της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθεί τον τρόπο έρευνας «Στατιστική έρευνα – επεξεργασία».

Πιο συγκεκριμένα, έχουν ανακτηθεί οι ωριαίες τιμές των αέριων ρύπων Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Μονοξείδιο του αζώτου (NO), Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>), Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), Βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Αιωρούμενα Σωματίδια PM<sub>10</sub>, και PM<sub>2.5</sub> και Όζον (O<sub>3</sub>) από 3 σταθμούς μέτρησης ποιότητας της ατμόσφαιρας στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ στις περιοχές Βαρυμπόμπη, Σχηματάρι και Αρκίτσα για τα έτη 2012 έως 2021.

Στις ωριαίες τιμές έχει γίνει επεξεργασία ώστε να εντοπιστούν και να αφαιρεθούν τυχόν λανθασμένες τιμές, ενώ έχει υπολογιστεί και η ετήσια πληρότητα μετρήσεων για να ελεγχθεί κατά πόσον οι τιμές έχουν στατιστική βαρύτητα.

Για το σύνολο των αέριων ρύπων ανά σταθμό έχουν υπολογιστεί

- οι ετήσιες διακυμάνσεις,
- οι μηνιαίες διακυμάνσεις ανά έτος και για το σύνολο των ετών 2012-2021,
- οι ωριαίες διακυμάνσεις ανά έτος, για το σύνολο των ετών 2012-2021, καθώς και ανά εποχή

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων έχουν προκύψει συμπεράσματα, τάσεις και παρατηρήσεις οι οποίες αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια.

## 3. Εννοιολογικοί Προσδιορισμοί

- **AQMS:** Air Quality Measurement Station (Σταθμός Μέτρησης Ποιότητας της Ατμόσφαιρας)
- **Αυτοκινητόδρομος ΠΑΘΕ:** Αυτοκινητόδρομος Πάτρα-Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Εύζωνες
- **Νέα Οδός:** Η εταιρεία που έχει αναλάβει μέσω Σύμβασης Παραχώρησης με το Ελληνικό Δημόσιο τη μελέτη, το σχεδιασμό, την κατασκευή, την εκμετάλλευση, τη λειτουργία και τη συντήρηση του έργου Παραχώρησης «Ιόνια Οδός».
- **Έργο Παραχώρησης «Ιόνια Οδός»:** Έργο με συνολικό μήκος 380 χλμ., περιλαμβάνει τον ομώνυμο αυτοκινητόδρομο «Ιόνια Οδός» μήκους 196 χλμ. από Αντίρριο έως Ιωάννινα, τμήμα του αυτοκινητόδρομου ΠΑΘΕ μήκους περίπου 172,5 χλμ. από τον Ανισόπεδο Κόμβο Μεταμόρφωσης Αττικής έως τη Σκάρφεια Φθιώτιδας, μετά τα Καμένα Βούρλα, και το συνδετήριο κλάδο του ΠΑΘΕ Σχηματάρι – Χαλκίδα, μήκους 11 χλμ.
- **A/K:** Ανισόπεδος Κόμβος
- **HMK:** Ημικόμβος

- **ΕΜΗΚ:** Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία, δηλαδή ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος ενός έτους, διαιρούμενος με τον αριθμό των ημερών του έτους.
- **ΚΥΑ:** Κοινή Υπουργική Απόφαση
- **ΕΠΟ:** Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων και Εγκεκριμένοι Περιβαλλοντικοί Όροι

## 4. Καταγραφή των Επιστημονικών Δεδομένων για το Μελετώμενο Θέμα

### 4.1. Μετρούμενοι ρύποι και θέσεις σταθμών μέτρησης

Σύμφωνα με την 126119/08.20.2007 «ΚΥΑ ΕΠΟ για τη λειτουργία και τις εργασίες βελτίωσης και συντήρησης του τμήματος Μεταμόρφωση – Υλίκη του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση Αττικής – Περιοχή Υλίκης)» καθώς και την 36759/10.07.1995 «ΚΥΑ ΕΠΟ για την κατασκευή και λειτουργία της Ν.Ε.Ο. Αθηνών Θεσσαλονίκης, Τμήμα Τραγάνα Αρκίτσα» πρέπει να μετριοούνται οι συγκεντρώσεις των εξής ρύπων που προέρχονται από την κυκλοφορία των οχημάτων:

- CO: Μονοξείδιο του άνθρακα
- NO: Μονοξείδιο του αζώτου
- NO<sub>2</sub>: Διοξείδιο του αζώτου
- SO<sub>2</sub>: Διοξείδιο του θείου
- C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: Βενζόλιο (αρωματικός υδρογονάνθρακας).
- PM<sub>10</sub>: Αιωρούμενα Σωματίδια PM<sub>10</sub>
- PM<sub>2.5</sub>: Αιωρούμενα Σωματίδια PM<sub>2.5</sub>
- O<sub>3</sub>: Όζον

Για τη μέτρηση των παραπάνω ρύπων, κατ' εφαρμογή των απαιτήσεων των ανωτέρω ΚΥΑ ΕΠΟ, βρίσκονται εγκατεστημένοι σε αντιπροσωπευτικά σημεία του αυτοκινητοδρόμου ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση Αττικής – Σκάρφεια Φθιώτιδας) 3 μόνιμοι σταθμοί συνεχόμενης καταγραφής αέριων ρύπων στις περιοχές της Αρκίτσας, Σχηματαρίου και Βαρυμπόμπης.

Αναλυτικά οι θέσεις που βρίσκονται οι σταθμοί φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Όνομασία Σταθμού	Συντεταγμένες κατά WGS84	Συντεταγμένες κατά ΕΓΣΑ 87	Χιλιομετρική Θέση
ΑΡΚΙΤΣΑ	38 44 22,09 Β 23 01 29.85 Α	Χ: 415089.2 Υ: 4288027.06	154° χλμ. αυτ/δρομου ΠΑΘΕ στην περιοχή Αρκίτσας
ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ	38 20 46.07 Β 23 35 20.27 Α	Χ: 463926.02 Υ: 4244010.14	65° χλμ. αυτ/δρομου ΠΑΘΕ περί τον κόμβο Χαλκίδας
ΒΑΡΥΜΠΟΜΠΗ	38 06 20.04 Β 23 49 03.31 Α	Χ: 483850.33 Υ: 4217254.61	23° χλμ. αυτ/δρομου ΠΑΘΕ περί τον κόμβο Βαρυμπόμπης

Πίνακας 1: Θέσεις μόνιμων σταθμών μέτρησης αέριων ρύπων στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση Αττικής - Σκάρφεια Φθιώτιδας)

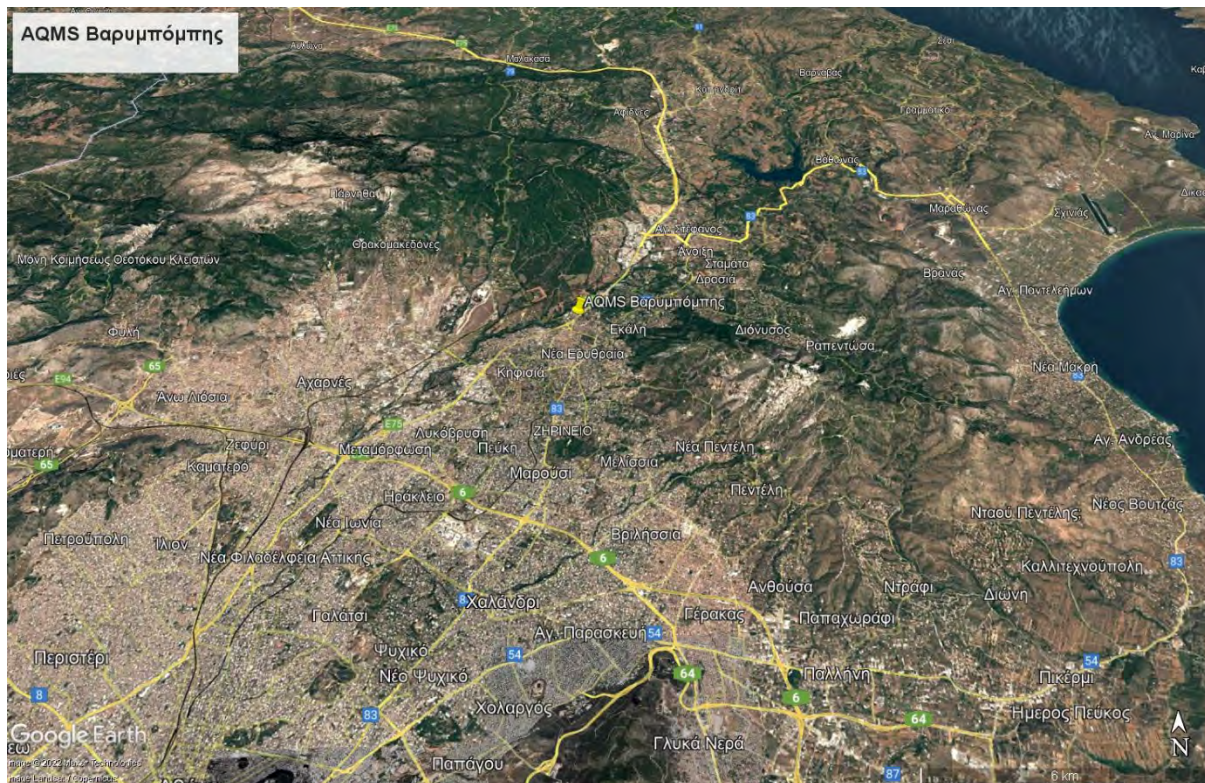
Πιο αναλυτικά οι μετρούμενοι ρύποι ανά σταθμό φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Διπλωματική Εργασία: «Αξιολόγηση μετρήσεων ποιότητας της ατμόσφαιρας στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση έως Σκάρφεια Φθιώτιδας) από το έτος 2012 έως το έτος 2021.»

Σταθμός	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
ΒΑΡΥΜΠΟΜΠΗ	X	X	X	X	X	X	X	X
ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ	X	X	X	X	X	X	X	X
ΑΡΚΙΤΣΑ	X	X	X	X	X	X	X	X

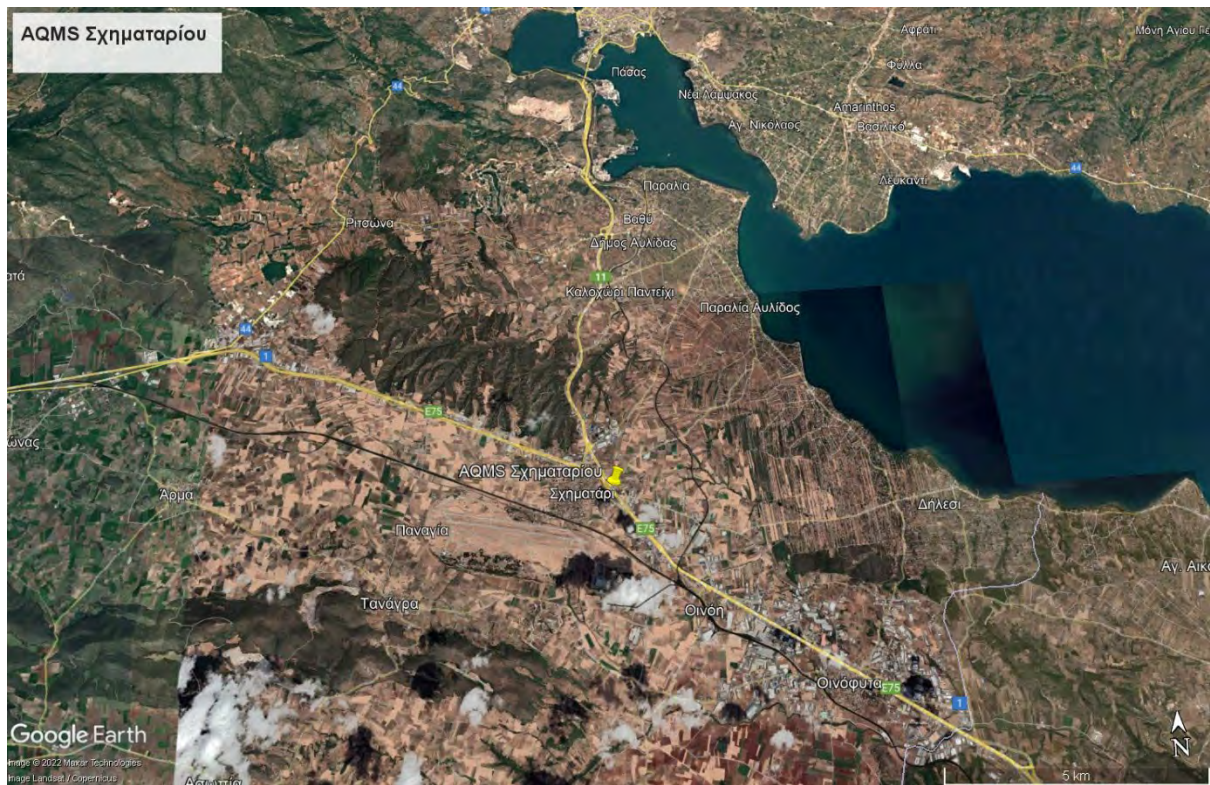
Πίνακας 2: Μετρούμενοι ρύποι ανά σταθμό

Παρακάτω, αποτυπώνονται εικόνες με τις θέσεις των ανωτέρω σταθμών στον χάρτη.

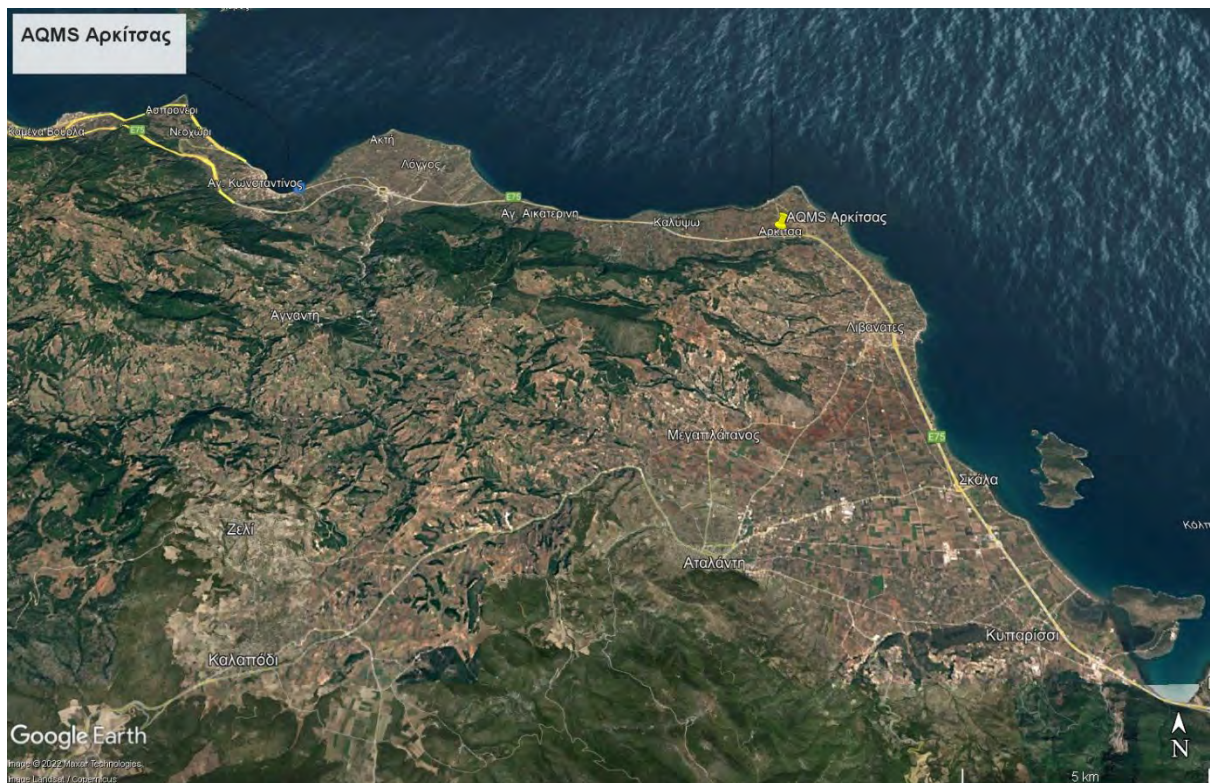


Εικόνα 1: Αποτύπωση AQMS Βαρυμπόμπης στον χάρτη

Διπλωματική Εργασία: «Αξιολόγηση μετρήσεων ποιότητας της ατμόσφαιρας στον αυτοκινητόδρομο ΠΑΘΕ (τμήμα Μεταμόρφωση έως Σκάρφεια Φθιώτιδας) από το έτος 2012 έως το έτος 2021.»



Εικόνα 2: Αποτύπωση AQMS Σχηματαρίου στον χάρτη



Εικόνα 3: Αποτύπωση AQMS Αρκίτσας στον χάρτη

## 4.2. Εξοπλισμός μέτρησης

Για την μέτρηση των ρύπων, οι AQMS Βαρυμπόμπης, Σχηματαρίου και Αρκίτσας έχουν εξοπλιστεί με αναλυτές εγκεκριμένους σύμφωνα με την Εθνική Νομοθεσία (Υ.Α. 14122/549/Ε.103/2011 (ΦΕΚ 488/Β'/30.3.2011) Μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής ένωσης της 21ης Μαΐου 2008»).

Το μοντέλο και ο κατασκευαστής μέτρησης κάθε ρύπου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ρύπος	Αναλυτής	Κατασκευαστής
<b>Αιωρούμενα Σωματίδια PM<sub>10</sub> και PM<sub>2,5</sub></b>	Model EDM 180	GRIMM Aerosol Technik Gmbh & Co.KG
<b>CO</b>	Model 48i	Thermo Scientific
<b>NO NO<sub>2</sub></b>	Model 42i	Thermo Scientific
<b>SO<sub>2</sub></b>	Model 43i	Thermo Scientific
<b>O<sub>3</sub></b>	Model 49i	Thermo Scientific
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	VOC72M	Environnement SA




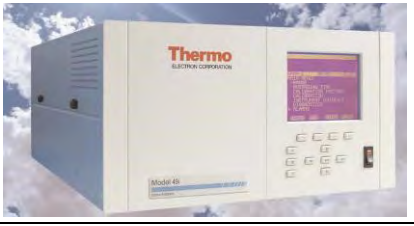

Πίνακας 3: Πληροφορίες αναλυτή μέτρησης κάθε ρύπου

## 4.3. Μεθοδολογία μέτρησης

Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, επί 24ωρης βάσης, 365 ημέρες το έτος. Στο σύστημα καταγραφής που είναι εγκατεστημένο σε κάθε σταθμό και που είναι συνδεδεμένο με τους αναλυτές υπολογίζονται κάθε πέντε λεπτά οι μέσες πρωτογενείς τιμές ρύπανσης. Οι μετρήσεις αυτές μεταφέρονται στον κεντρικό υπολογιστή του συστήματος μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μέσω του δικτύου οπτικών ινών της εταιρείας Νέας Οδού όπου και αποθηκεύονται.

Με την λήξη του κάθε μήνα γίνεται διόρθωση των μετρήσεων στον κεντρικό υπολογιστή του δικτύου. Οι διορθώσεις περιλαμβάνουν τα αποτελέσματα βαθμονομήσεων και τις διορθώσεις ορίου και ολίσθησης των αναλυτών.

Για την επιβεβαίωση καλής λειτουργίας των αναλυτών εκτελείται βαθμονόμηση μηδενός και κλίμακας των αναλυτών κάθε μήνα από εξειδικευμένες εταιρείες. Στο πλαίσιο της συντήρησης των αναλυτών, εκτελείται ετησίως και βαθμονόμηση πολλαπλών σημείων καθώς επίσης και διαβαθμονόμηση των αναλυτών. Η διαδικασία αυτή της βαθμονόμησης επαναλαμβάνεται και μετά την τυχόν επισκευή ενός αναλυτή ή μετά από περιοδική συντήρηση. Κάθε σταθμός ανά οδικό άξονα είναι πανομοιότυπος με τους υπόλοιπους, και περιλαμβάνει τους παρακάτω αναλυτές:

Αναλυτής - Μέθοδος	Φωτογραφία αναλυτή
Αναλυτής NO & NO <sub>2</sub> κατά EN14211 Model 42i Thermo Scientific.  Πρότυπη μέθοδος μέτρησης NO <sub>2</sub> με χημειοφωταύγεια.	
Αναλυτής SO <sub>2</sub> κατά EN14212 Model 43i Thermo Scientific.  Πρότυπη μέθοδος μέτρησης SO <sub>2</sub> με υπεριώδη ακτινοβολία.	
Αναλυτής CO κατά EN14626 Model 48i Thermo Scientific.  Πρότυπη μέθοδος μέτρησης CO με NDIR.	
Αναλυτής O <sub>3</sub> κατά EN14625 Model 49i Thermo Scientific.  Πρότυπη μέθοδος μέτρησης O <sub>3</sub> με υπεριώδη ακτινοβολία.	
Αναλυτής BTEX κατά EN14662-3 VOC72M PID Environnement SA.  Πρότυπη μέθοδος μέτρησης Βενζολίου με χρωματογραφία.	

Αναλυτής PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub> κατά EN12341 / EN14907 Model 180 Grimm Aerosol Technik GmbH.

Ισοδύναμη μέθοδος μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων με οπτική μέθοδο.



Πίνακας 4: Αναλυτές και μέθοδος μέτρησης κάθε τύπου

Όλοι οι ανωτέρω αναλυτές είναι εγκατεστημένοι σε οικίσκο διαστάσεων ο οποίος περιλαμβάνει επιπρόσθετο εξοπλισμό, όπως κλιματιστικό, ηλεκτρολογικό πίνακα, φωτισμό, καλωδίωση, σωληνώσεις, διάταξη δειγματοληψίας και UPS.

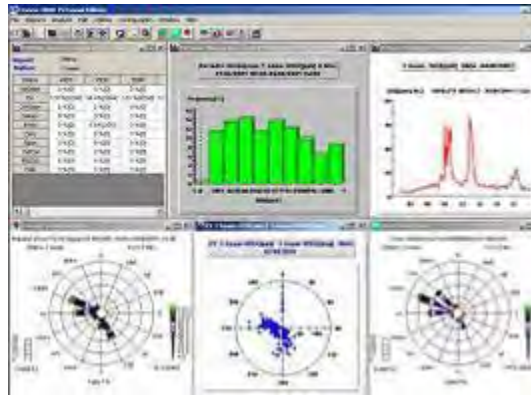
Οι μετρήσεις και τα διαγνωστικά των οργάνων συλλέγονται συνεχώς από ένα σύστημα συλλογής βασισμένο σε βιομηχανικό υπολογιστή εφοδιασμένο με το εξειδικευμένο λογισμικό EnvistasFW της εταιρείας Envitech LTD. Το λογισμικό ελέγχει αυτόματα την εγκυρότητα των μετρήσεων και υπολογίζει τον πρωτογενή μέσο όρο των 5 λεπτών, ο οποίος και αποθηκεύεται στην ενσωματωμένη βάση δεδομένων.



Εικόνα 4: Υπολογιστής των AQMS

Κάθε σύστημα συλλογής είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο οπτικών ινών της Νέας Οδού. Το control της Νέας Οδού διαθέτει έναν κεντρικό υπολογιστή εξοπλισμένο με το εξειδικευμένο λογισμικό επικοινωνίας Commcenter και το λογισμικό παρουσίασης και ανάλυσης EnvistaARM της εταιρείας Envitech LTD.

Το λογισμικό Commcenter επικοινωνεί συνεχώς με τους σταθμούς μέτρησης μέσω του δικτύου οπτικών ινών της Νέας Οδού και συλλέγει τα δεδομένα (μετρήσεις, διαγνωστικά, ψηφιακές πληροφορίες) στην κεντρική βάση δεδομένων. Το λογισμικό EnvistaARM εμφανίζει alarm, και διαγράμματα για την συνεχή παρακολούθηση του δικτύου.



Εικόνα 5: Ενδεικτικό screenshot του λογισμικού Commcenter

Το δίκτυο συντηρείται από υπεργολάβο (βαθμονόμηση και προληπτική συντήρηση σύμφωνα με τις οδηγίες του εκάστοτε κατασκευαστή).

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο ανωτέρω εξοπλισμός τοποθετημένος σε κατάλληλο ράφι (rack) εντός οικίσκου στον AQMS Βαρυμπόμπης.



Πίνακας 5: Άποψη εξοπλισμού εντός του οικίσκου στον AQMS Βαρυμπόμπης



## 5. Αποτύπωση των Δεδομένων της Υπάρχουσας Κατάστασης

### 5.1. Αέριοι ρύποι

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται η παρουσία ρύπων στην ατμόσφαιρα που λόγω της ποσότητας, της συγκέντρωσης και της διάρκειας παρουσίας τους προκαλούν αλλοίωση στη σύσταση, τη δομή και τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας. Αποτέλεσμα αυτών είναι σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία και στο περιβάλλον.

Οι βασικοί παράγοντες που για να χαρακτηριστεί μία ουσία ως ρύπος είναι οι εξής:

- **Συγκέντρωση**  
Ένα παράδειγμα για το πώς η συγκέντρωση επηρεάζει την επίπτωση μίας ουσίας και τη μετατρέπει σε ρύπο είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Σε μικρές συγκεντρώσεις είναι αβλαβής ουσία η οποία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη ζωής καθώς και την φωτοσύνθεση των φυτών. Όταν όμως το  $\text{CO}_2$  βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, δημιουργούνται υψηλές ποσότητες θερμότητας με αποτέλεσμα το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- **Τοποθεσία**  
Για τον παράγοντα αυτό, το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το όζον το οποίο με την παρουσία του στην ατμόσφαιρα έχει την ιδιότητα να φιλτράρει την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και με αυτόν τον τρόπο να αποτελεί μία «ασπίδα» συνεισφέροντας στην ανάπτυξη ζωής στον πλανήτη. Όταν όμως το όζον βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της γης ως αποτέλεσμα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων μπορεί να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό οικοσύστημα και την ανθρώπινη υγεία ως ρύπος.
- **Χρόνος**  
Όταν ένας ρύπος συγκεντρώνεται στην ατμόσφαιρα με χαμηλό και σταθερό ρυθμό το οικοσύστημα έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται στις συγκεντρώσεις του ρύπου χωρίς να διαταράσσεται. Όταν όμως ο ρυθμός αύξησης της συγκέντρωσης ενός ρύπου είναι ψηλός σε σχέση με την προσαρμοστική ικανότητα των οικοσυστημάτων, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ισορροπία τους με αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία. (Τσιάλης, 2022)

Κάτω από ορισμένες συνθήκες η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα που μπορεί να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες συνθήκες διαβίωσης. Στις περιπτώσεις αυτές έχει επικρατήσει να λέγεται ότι έχουμε «Νέφος». Το «Νέφος» παρουσιάζεται με δύο μορφές :

- **Νέφος αιθαλομίχλης** (ή τύπου Λονδίνου): το είδος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως αιωρούμενων σωματιδίων (κυρίως αιθάλης), διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ), μονοξειδίου του άνθρακα σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.



Εικόνα 6: Νέφος αιθαλομίχλης στην Αθήνα

- **Φωτοχημικό Νέφος** (ή τύπου Λος Άντζελες): το είδος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρουσιάζεται όταν έχουμε υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια, μικρή σχετική υγρασία και υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, μονοξειδίου του άνθρακα και δευτερογενών προϊόντων τους, όπως το όζον. (Αδαμόπουλος, 2021)



Εικόνα 7: Φωτοχημική ρύπανση στο Χονγκ Κονγκ

Υπάρχουν διάφορες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ανθρωπογενούς και φυσικής προέλευσης.

Παραδείγματα πηγών ανθρωπογενούς προέλευσης είναι:

- καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μεταφορές, η βιομηχανία και τα νοικοκυριά
- βιομηχανικές διεργασίες και χρήση διαλυτών, για παράδειγμα σε βιομηχανίες χημικών και ορυκτών
- γεωργία

- διαχείριση αποβλήτων

Παραδείγματα πηγών φυσικής προέλευσης είναι:

- ηφαιστειογενείς εκρήξεις
- σκόνη
- εκνέφωση θαλάσσιου άλατος
- εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από εργοστάσια (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2020)

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι ρύποι που παρακολουθούνται από τους AQMS, καθώς και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

#### 5.1.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το CO είναι ανόργανη χημική ένωση που περιέχει άνθρακα και οξυγόνο. Είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο το οποίο είναι αποτέλεσμα κάθε είδους καύσης και είναι τοξικό. Παράγεται από την ατελή καύση ως ενδιάμεσο προϊόν καύσης άνθρακα προς διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

Το CO είναι μία σημαντική συστατική της αστικής ρύπανσης και της ρύπανσης εσωτερικών χώρων λόγω των επιβλαβών συνεπειών του στην υγεία του ανθρώπου. Συναντάται στις αστικές περιοχές σε πολύ υψηλά επίπεδα και μέσα σε σήραγγες μπορεί να φθάσει και σε συγκεντρώσεις της τάξης των 50 ppm. Για την προστασία της υγείας υπάρχουν θεσμοθετημένες οριακές τιμές για τη συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα.

Οι σημαντικότερες πηγές του CO στην ατμόσφαιρα είναι οι παρακάτω:

- Ατελείς καύσεις ορυκτών καυσίμων (κυρίως σε μέσα μεταφοράς)
- (Ατελείς) καύσεις βιομάζας
- Οξειδωση μεθανίου
- Οξειδωση υδρογονανθράκων χωρίς μεθάνιο (NMHC)
- Βιολογικές διαδικασίες

Είναι πολύ σημαντική πηγή που προκαλείται στον τομέα των μεταφορών καθώς παράγεται από την ατελή καύση μεταφορικών μέσων (ΙΧ, φορτηγά, αεροπλάνα κ.ά.)

Η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις CO προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, οι οποίες κυρίως οφείλονται στον σχηματισμό της καρβοξυαιμοσφαιρίνης (HbCO) η οποία εμποδίζει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου στους ιστούς του οργανισμού.

Η έκθεση στο CO προκύπτει κυρίως από τους παρακάτω παράγοντες:

- Στη ρύπανση του αέρα από την κυκλοφορία των οχημάτων
- Στην ρύπανση εσωτερικών χώρων από ατελείς καύσεις χωρίς αποτελεσματικό σύστημα απαγωγής των καυσαερίων (π.χ. τζάκι, μαγκάλι, κ.ά.)
- Από επαγγελματική ρύπανση (π.χ. εισπνοή αέρα από πυροσβέστες κατά την πυρόσβεση, τροχονόμοι που παραμένουν αρκετές ώρες σε πολυσύχναστους αστικούς δρόμους, εργάτες χυτηρίων, κ.ά.)
- Προσωπική ρύπανση η οποία κατά κύριο λόγο προκαλείται από το κάπνισμα. (Ζιώμας, 2007)

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

Το SO<sub>2</sub> είναι άχρωμο αέριο το οποίο είναι άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σε συγκεντρώσεις περί τα 300ppb γίνεται αντιληπτό, ενώ όταν προκύπτουν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 500ppb έχει έντονη ερεθιστική οσμή. Επίσης, έχει μεγάλη διαλυτότητα στο νερό.

Το SO<sub>2</sub> είναι μυκητοκτόνο και έχει ευρείες τοξικές επιδράσεις στους μικροοργανισμούς με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται για απολύμανση και διατήρηση τροφών και κρασιών. Ευθύνεται ωστόσο για αλλεργικές αντιδράσεις σε ανθρώπους με άσθμα καθώς και σε ανθρώπους με άλλες αλλεργικές παθήσεις τα οποία καταναλώνουν τις τροφές αυτές. Μάλιστα, ευθύνεται για τον πονοκέφαλο που προκύπτει από την κατανάλωση κρασιών, κυρίως γλυκών. Επίσης χρησιμοποιείται ως λευκαντικό, π.χ. για χαρτί, υφάσματα, κ.α.

Οι κύριες πηγές έκλυσης SO<sub>2</sub> είναι τα ηφαίστεια, η καύση ορυκτών καυσίμων (π.χ. άνθρακα), η οξειδωση διμεθυλοσουλφιδίου DMS (π.χ. στη ζυθοποιία) και η οξειδωση υδρόθειου H<sub>2</sub>S.

Το κυριότερο μέρος των ανθρωπογενών εκπομπών SO<sub>2</sub> προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων από σταθερές πηγές (βιομηχανία, θέρμανση). Το μεγαλύτερο μέρος αυτού αποτελεί εκπομπές από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μόνο ένα μικρό μέρος οφείλεται σε εκπομπές από τον κλάδο των μεταφορών.

Επίσης, σημαντικές πηγές εκπομπής SO<sub>2</sub> είναι τα διυλιστήρια πετρελαίου και τα εργοστάσια επεξεργασίας χαλκού. Από τις φυσικές πηγές, εκτός από τα ηφαίστεια, παράγοντες έκλυσης SO<sub>2</sub> είναι η οξειδωση των φυσικά παραγομένων DMS κυρίως από τα φύκια και τα βακτήρια των ωκεανών και H<sub>2</sub>S.

Οι επιπτώσεις του SO<sub>2</sub> αφορούν τόσο τον άνθρωπο στον οποίο προκαλεί σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα, αλλά και στο περιβάλλον, καθώς αλλοιώνει τη βλάστηση και τα μέταλλα. Επίσης, προκαλεί μείωση στην ορατότητα της ατμόσφαιρας και προκαλεί αύξηση στην οξύτητα των επιφανειακών υδάτων (ποταμοί και λίμνες) με αποτέλεσμα την αλλοίωση των κοραλλιογενών υφάλων και της θαλάσσιας ζωής. Τέλος, ως θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) επιδρά στα δομικά υλικά προκαλώντας φθορές (π.χ. μετατροπή ανθρακικού ασβεστίου μαρμάρων σε γύψο), ενώ συνεισφέρει και στο φαινόμενο της όξινης βροχής. (Ζιώμας, 2007)

### 5.1.3. Μονοξείδιο του αζώτου (NO)

Το NO είναι ένα άοσμο, άγευστο και άχρωμο αέριο.

Από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, προκύπτει συνήθως από την καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας. Προέρχεται κυρίως από την αντίδραση του υδρογόνου με το οξυγόνο στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις μηχανές καύσης.

Επίσης, το NO εκπέμπεται στα φυτά και στο χώμα από μικρόβια. Όταν το NO βρίσκεται στον αέρα οξειδώνεται εύκολα με αποτέλεσμα να παράγεται διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>). Στις αστικές περιοχές βρίσκεται σε επίπεδα όπου δεν αποτελεί ιδιαίτερο κίνδυνο για την υγεία. Η σημασία του σε περιβαλλοντικό επίπεδο είναι κυρίως γιατί αποτελεί πρόδρομο ρύπο του όζοντος, του νιτρικού οξέος και του νιτρικού άλατος.

Με αυτόν τον τρόπο, έμμεσα το NO εμπλέκεται σε φαινόμενα ρύπανσης όπως η φωτοχημική ρύπανση και η όξινη βροχή. (Ζιώμας, 2007)

Το NO μετατρέπεται σε NO<sub>2</sub> με οξείδωση στην ατμόσφαιρα από ατμοσφαιρικά οξειδωτικά όπως το όζον (O<sub>3</sub>). Η διαδικασία της οξείδωσης συμβαίνει γρήγορα ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα αντιδράσεων που γίνονται στην ατμόσφαιρα. (Αγγελή, 2021)

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

Το NO<sub>2</sub> είναι αέριο με έντονη οσμή και καφέ χρώμα. Η πρωτογενής εκπομπή του γίνεται μέσω των μηχανών εσωτερικής καύσης. Είναι ωστόσο χαρακτηριστικό ότι από τις συνολικές ποσότητες οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) που εκπέμπονται, μόνο το 10% είναι απευθείας NO<sub>2</sub> ενώ το 90% εκπέμπεται ως NO. Συνεπώς, η σημαντικότερη πηγή NO<sub>2</sub> είναι η οξείδωση του NO.

Το NO<sub>2</sub> απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα κυρίως μέσω χημικών αντιδράσεων και μέσω της φωτόλυσης, καθώς και μέσω διάλυσης στο νερό των ωκεανών. (Ζιώμας, 2007)

Η πλειοψηφία των NO<sub>x</sub> είναι άοσμα, άχρωμα και μη εύφλεκτα. Ωστόσο, το NO<sub>2</sub> όταν συγκεντρώνεται στην ατμόσφαιρα μαζί με άλλα σωματίδια σχηματίζει ένα χαρακτηριστικό κόκκινο-καφέ κάλυμμα το οποίο πολλές φορές είναι ορατό κυρίως σε αστικό περιβάλλον, το λεγόμενο φωτοχημικό νέφος, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5.1. (Αγγελή, 2021)

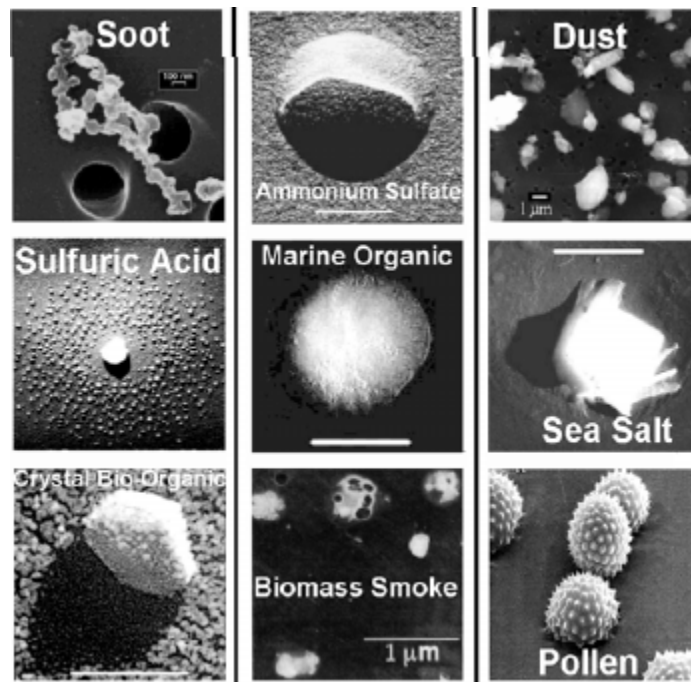
#### 5.1.5. Αιωρούμενα σωματίδια (Particulate matter – PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή φάση με διάμετρο 0,001-200 μm, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Τα πιο χαρακτηριστικά αιωρούμενα σωματίδια είναι:

- σκόνη (dust): στερεά αιωρούμενα σωματίδια που προκύπτουν από μηχανική θραύση στερεών, π.χ. σύνθλιψη, άλεσμα, εκτίναξη.
- καπνός (fume) : στερεά σωματίδια, που παράγονται με συμπύκνωση από την αέρια φάση, γενικά μετά από εξάτμιση ουσιών, που βρίσκονται σε τήξη. Συχνά, η συμπύκνωση συνοδεύεται από χημικές αντιδράσεις, όπως οξείδωση.
- Αιθαλομίχλη ή νέφος (smog): έντονη ρύπανση του αέρα από αιωρήματα
- Καπνός (smoke): αερομεταφερόμενα μικρά σωματίδια που προκύπτουν από ατελή καύση και αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και άλλες καύσιμες ουσίες.
- Αιθάλη (soot): συσσωματώματα αιωρούμενων σωματιδίων και υδρογονανθράκων, προϊόντα ατελούς καύσης υλικών που περιέχουν άνθρακα (π.χ. ξύλα, υγροί υδρογονάνθρακες, κ.α.)
- Γύρη (pollen)
- Θαλασσινό αλάτι (sea salt)
- Ομίχλη (haze/fog): αιωρούμενα σωματίδια υγρής φάσης τα οποία δημιουργούν θολερότητα στην ατμόσφαιρα και ενδεχομένως στη σύνθεσή τους να περιλαμβάνονται και αέριοι ρύποι ή σκόνη (Παρδαλάς, 2014)

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα κυριότερα είδη αιωρούμενων σωματιδίων σε ηλεκτρονική μεγέθυνση



Εικόνα 8: Τα κυριότερα είδη αερολυμάτων σε ηλεκτρονική μεγέθυνση (Παρδαλάς, 2014)

Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα, στους πνεύμονες και στην καρδιά. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι, είναι ομάδες πληθυσμού ιδιαίτερα ευάλωτες στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Σημαντικό ρόλο για την υγεία και το περιβάλλον, έχουν τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) και ιδίως τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ), διότι λόγω του μεγέθους τους έχουν τη δυνατότητα να εισέρχονται στο αναπνευστικό σύστημα προκαλώντας σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα.

Σύμφωνα με την Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 50/2008/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα στην Ευρώπη, τα  $\text{PM}_{10}$  και  $\text{PM}_{2,5}$  ορίζονται ως εξής:

- “  $\text{PM}_{10}$ : τα σωματίδια που διέρχονται διά στομίου κατά μέγεθος διαλογής, όπως ορίζεται στη μέθοδο αναφοράς για τη δειγματοληψία και μέτρηση  $\text{AS}_{10}$  (EN12341), με αποτελεσματικότητα πενήντα τοις εκατό (50%) ως προς τη συγκράτηση των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου δέκα μικρομέτρων (10 $\mu\text{m}$ ). ”
- “ $\text{PM}_{2,5}$ : τα σωματίδια που διέρχονται διά στομίου κατά μέγεθος διαλογής, όπως ορίζεται στη μέθοδο αναφοράς για τη δειγματοληψία και μέτρηση  $\text{AS}_{2,5}$  (EN14907), με αποτελεσματικότητα πενήντα τοις εκατό (50%) ως προς τη συγκράτηση των σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου 2,5 μικρομέτρων (2.5 $\mu\text{m}$ )”

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατηγοριοποίηση των αιωρούμενων σωματιδίων με βάση το μέγεθος (χονδρόκοκα και λεπτόκοκα), και την αεροδυναμική τους διάμετρο ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{PM}_1$  και  $\text{PM}_{0,1}$ ).

Χαρακτηρισμός Σωματιδίων			Εύρος Αεροδυναμικής Διαμέτρου
Χονδρόκοκκα (Coarse)		PM <sub>10</sub>	≤10μm
Λεπτόκοκκα (Fine)	Συσσώρευσης (Accumulation)	PM <sub>2,5</sub>	≤2,5μm
		PM <sub>1</sub>	≤1μm
	Aitken	Ultra fine	≤0,1μm
	Πυρηνοποίησης (Nucleation)		≤0,001μm

Πίνακας 6: Κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρο (Παρδαλάς, 2014).

Η προέλευση των αιωρούμενων σωματιδίων οφείλεται τόσο σε φυσικούς, όσο και σε ανθρωπογενείς παράγοντες.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές εκπομπής σωματιδίων είναι οι εξής:

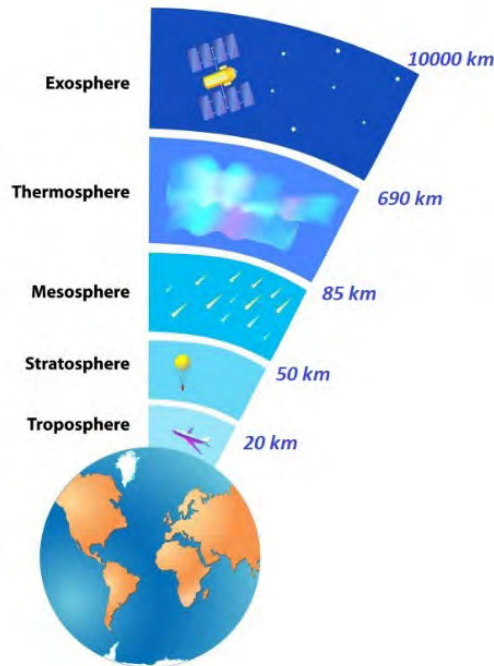
- Ωκεανοί: μέσω του ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας προκύπτουν σταγονίδια που περιέχουν άλατα, π.χ. χλωριούχο νάτριο
- Έδαφος: σκόνη που μετακινείται από τον άνεμο, π.χ. εποχική μεταφορά σκόνης από την Αφρική σε χώρες της Μεσογείου
- Ηφαίστεια: σωματίδια που προκαλούνται από τις εκρήξεις, τα οποία είναι πλούσια σε θειικά
- Βιογενής ύλη: σωματίδια που συμπυκνωμένων οργανικών ενώσεων που εκπέπονται από φυτά (π.χ. γύρη)

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς δραστηριότητες που προκαλούν εκπομπή αιωρούμενων σωματιδίων είναι:

- Καύση ορυκτών καυσίμων: κυριότερες πηγές από τις οποίες προκαλείται καύση ορυκτών καυσίμων είναι η ενεργειακή βιομηχανία, βιομηχανική παραγωγή και οικιακή θέρμανση.
- Παραγωγικές διαδικασίες: Αφορά κυρίως τις βιομηχανίες παραγωγής καθώς και τον κατασκευαστικό τομέα (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία, χαλυβουργία, κατασκευαστικές εργασίες, χημικές βιομηχανίες, κ.α.)
- Μεταφορές: οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων προκύπτουν από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, από μηχανική φθορά (π.χ. τριβή ελαστικών) και επαναίωση ύλης.
- Γεωργία/κτηνοτροφία: κυριότερες πηγές εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων είναι το όργωμα των χωραφιών, η χρήση χημικών λιπασμάτων και ο θερισμός, ενώ η πτηνοτροφία και η χοιροτροφία είναι επίσης σημαντικές πηγές. (Παρδαλάς, 2014)

#### 5.1.6. Όζον (O<sub>3</sub>)

Το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου τα οποία συνδέονται μεταξύ τους (O<sub>3</sub>). Το μεγαλύτερο ποσοστό του ατμοσφαιρικού όζοντος βρίσκεται στη στρατόσφαιρα.



Εικόνα 9: Στρώματα της ατμόσφαιρας (Anissimov, 2022)

Είναι άχρωμο και έχει πολύ έντονη οσμή ενώ στη συγκέντρωση του αέρα έχει ελάχιστο ποσοστό. Χαρακτηριστικό είναι ότι στα 10 εκατομμύρια μόρια αέρα, περίπου 2 εκατομμύρια είναι φυσιολογικό οξυγόνο και μόλις 3 μόρια είναι όζον. Το μεγαλύτερο μέρος του  $O_3$  παράγεται με φυσικό τρόπο στη στρατόσφαιρα. Παρότι το όζον βρίσκεται σε όλη την ατμόσφαιρα, η μεγαλύτερη συγκέντρωσή του παρατηρείται περίπου μεταξύ 19 έως 30 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης δημιουργώντας την περίφημη στοιβάδα του όζοντος.

Επίσης, το όζον εμφανίζεται σε πολύ μικρές ποσότητες στην τροπόσφαιρα. Παράγεται στο έδαφος μέσω της αντίδρασης του ηλιακού φωτός υπό συνθήκες έντονης ακτινοβολίας, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) και οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ). Τόσο τα VOCs όσο και τα  $NO_x$  μπορούν να προκύψουν από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η κυκλοφορία των οχημάτων. Αυτό το όζον αποτελεί συστατικό του αστικού νέφους και είναι βλαπτικό για την ανθρώπινη υγεία.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι το όζον αναλόγως το που βρίσκεται, έχει διαφορετικές επιπτώσεις. Το όζον της στρατόσφαιρας αποτελεί προστατευτική ασπίδα από την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία για τα ζώα και τα φυτά του πλανήτη, διότι απορροφά την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Αντιθέτως, το όζον του εδάφους αποτελεί ρύπο το οποίο αν και απορροφά ένα μέρος ηλιακής ακτινοβολίας δεν αντισταθμίζει τις απώλειες του όζοντος της στρατόσφαιρας.

Ως οι πιο βασικές αιτίες καταστροφής του όζοντος θεωρούνται οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) που χρησιμοποιούνταν ευρέως ως προωθητικά αέρια και σε ψυκτικές συσκευές όπως τα κλιματιστικά, καθώς και οι αζωτούχες ενώσεις. (Νέζου, 2018)

#### 5.1.7. Βενζόλιο ( $C_6H_6$ )

Το βενζόλιο είναι ο πιο κοινός αρωματικός υδρογονάνθρακας και πρόκειται για ένα φυσικό συστατικό του αργού πετρελαίου και ένα από τα πιο βασικά πετροχημικά προϊόντα με έντονο άρωμα.



Το χημικά καθαρό βενζόλιο, στις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, δηλαδή σε θερμοκρασία 25°C και υπό πίεση 1 atm, είναι άχρωμο και πολύ εύφλεκτο υγρό, με γλυκιά οσμή. Είναι αναμείξιμο με σχεδόν όλους τους οργανικούς διαλύτες, αλλά είναι δύσκολα και λίγο αναμείξιμο με το νερό. Το ίδιο το βενζόλιο αποτελεί καλό διαλύτη, αλλά η χρήση του για το σκοπό αυτό αποφεύγεται γιατί είναι γνωστό καρκινογόνο και μεταλλαξιογόνο, καθώς το ίδιο και οι μεταβολίτες του είναι δηλητήρια που μπορούν να προκαλέσουν χρωμοσωμικές ανωμαλίες. (Whysner, et al., 2004)

Το βενζόλιο είναι χημική ένωση που προκύπτει τόσο με συνθετικό, όσο και με φυσικό τρόπο, από διεργασίες που περιλαμβάνουν: ηφαιστειακές εκρήξεις, πυρκαγιές, σύνθεση χημικών ουσιών όπως φαινόλη, παραγωγή συνθετικών ινών και κατασκευή καουτσούκ, λιπαντικών, φυτοφαρμάκων, φαρμάκων και βαφών. Οι κύριες πηγές έκθεσης στο βενζόλιο είναι ο καπνός του τσιγάρου, τα πρατήρια καυσίμων αυτοκινήτων, τα καυσαέρια από μηχανοκίνητα οχήματα και οι βιομηχανικές εκπομπές.

Σχετικά με την βλαπτικότητα του, το βενζόλιο είναι μία ιδιαίτερα τοξική χημική ένωση. Όταν εισπνέεται σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να προκαλέσει ζάλη, ταχυκαρδία, πονοκεφάλους, σύγχυση, αναισθησία, ακόμα και το θάνατο. Επίσης όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα τρόφιμα μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό, ζάλη, ταχυκαρδία, τάση για εμετό, σπασμούς και το θάνατο.

Μακροχρόνια έκθεση σε βενζόλιο έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και κυρίως στο αίμα. Καταστρέφει το μυελό των οστών και μπορεί να προκαλέσει την εμφάνιση αναιμίας. Επίσης μπορεί να προκαλέσει υπερβολική αιμορραγία και να μειώσει την ικανότητα του ανοσοποιητικού συστήματος αυξάνοντας τις πιθανότητες μόλυνσης. (Agency for Toxic Substances and Disease, 2007)

## 5.2. Επιπτώσεις των κύριων δεικτών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον

Η επίπτωση των ατμοσφαιρικών ρύπων στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να προκληθούν είτε άμεσα, με διείσδυση των ρύπων στον οργανισμό, είτε έμμεσα από τις αλλοιώσεις στο περιβάλλον. Η εισροή των ρύπων στον οργανισμό γίνεται μέσω:

- Της εισπνοής, κατά την οποία ο άνθρωπος εκτός από αέρα εισπνέει και ρύπους
- Της κατάποσης, όπου λόγω ότι κάποιοι ρύποι βρίσκονται στο έδαφος ή στο νερό, απορροφώνται από τα φυτά και καταπίνονται από τα ζώα, με αποτέλεσμα να βρίσκονται συνεχώς στην τροφική αλυσίδα
- Της δερματικής επαφής, συνήθως κατά τυχαίο τρόπο

Τα προβλήματα υγείας από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους μπορεί να είναι αρκετά σοβαρά και να αφορούν το αναπνευστικό σύστημα, όπως το άσθμα ερεθισμός των πνευμόνων, βρογχίτιδα, πνευμονία, κ.α. Επίσης μπορεί να προκαλέσουν αλλεργίες, προβλήματα στο νευρικό σύστημα, στην αναπαραγωγή και την ανάπτυξη, καθώς και καρκίνους. (Pénard-Morand & Annesi-Maesano, 2004).

Εκτός από τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι προκαλούν επιπτώσεις και στο περιβάλλον, όπως η όξινη βροχή και η υπερθέρμανση στον πλανήτη. Οι αυξήσεις στην θερμοκρασία με τη σειρά τους προκαλούν σοβαρές διαταραχές στα οικοσυστήματα, όπως πλημμύρες και ξηρασίες.

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις του κάθε ρύπου στην υγεία και στο περιβάλλον φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ατμοσφαιρικός ρύπος	Κύριες επιπτώσεις στην υγεία	Κύριες επιπτώσεις στο περιβάλλον
CO	Μείωση της μεταφοράς O <sub>2</sub> στο σώμα Πονοκέφαλοι Ναυτία Μείωση ικανότητας σκέψης Θάνατος	Οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και γίνεται CO <sub>2</sub> το οποίο επηρεάζει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συνδυάζεται με άλλα αέρια για τον σχηματισμού O <sub>3</sub> .
NO <sub>2</sub>	Ερεθιστικό για το αναπνευστικό σύστημα Επιδεινώνει υπάρχουσες αναπνευστικές ασθένειες Μειώνει την λειτουργία των πνευμόνων σε ανθρώπους με προβλήματα άσθματος	Τα NO <sub>x</sub> οξειδώνεται στον ατμόσφαιρα και μετατρέπεται σε νιτρικό οξύ (HNO <sub>3</sub> ), βασικό συστατικό της όξινης βροχής. Σχηματίζει O <sub>3</sub> όταν συνδυάζεται με VOCs.
SO <sub>2</sub>	Ερεθιστικό για το αναπνευστικό σύστημα Επιδεινώνει υπάρχουσες αναπνευστικές ασθένειες Αυξάνει τα αναπνευστικά συμπτώματα στους ενήλικες (βήχας) Αλλάζει την πνευμονική λειτουργία των ανηλίκων	Οξειδώνεται στην ατμόσφαιρα και γίνεται θειικό οξύ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , βασικό συστατικό της όξινης βροχής
PM	Ερεθισμός της μύτης και του λαιμού Παλμική βλάβη Βρογχίτιδα Κίνδυνος καρδιακής ανακοπής Καρκινογόνες επιδράσεις Πρόωρος θάνατος	Ο καπνός και η σκόνη προκαλούν βρωμιά και αποχρωματίζουν τις δομές.
O <sub>3</sub>	Ερεθισμός των ματιών Ερεθισμός της αναπνευστικής οδού Βήχας (σοβαρός) Δύσπνοια Ερεθισμός στους πνεύμονες Ευαισθησία σε αναπνευστικές νόσους, π.χ. βρογχίτιδα και πνευμονία Επιδείνωση άσθματος	Βλαπτικό για τα δέντρα και τα φυτά. Μειώνει την ορατότητα.
VOCs (συμπεριλαμβ. C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Καρκινογόνες επιδράσεις Δυσμενείς αναπαραγωγικές, νευρολογικές και αναπτυξιακές επιπτώσεις	Συνδυάζεται με άλλες ουσίες (π.χ. NO <sub>x</sub> ,) για τη δημιουργία O <sub>3</sub>

Πίνακας 7: Επιπτώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον (Pénard-Morand & Annesi-Maesano, 2004)

### 5.3. Νομοθεσία και οριακές τιμές

#### 5.3.1. Νομοθετήματα ποιότητας ατμόσφαιρας

Στη χώρα μας ισχύουν θεσμοθετημένα όρια και στόχοι για τους ρύπους που εξετάζονται στην παρούσα εργασία: SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, O<sub>3</sub>, CO, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, καθώς και για λοιπούς ρύπους, όπως μόλυβδο, αρσενικό, κάδμιο, νικέλιο και βενζο(α)πυρένιο, σύμφωνα με τα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας που

έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια αυτά αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων.

Η νομοθεσία που αφορά στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι η εξής:

- Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11).
- Οδηγία 2004/107/ΕΚ σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες στον ατμοσφαιρικό αέρα (ΚΥΑ ΗΠ 22306/1075/Ε103, ΦΕΚ 920Β/8.6.07).
- Οδηγία 2015/1480/ΕΚ για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (ΚΥΑ 174505/607, ΦΕΚ 1311Β/13.4.17).
- ΚΥΑ 70601 (ΦΕΚ 3272Β/23.12.13), Βραχυπρόθεσμα σχέδια δράσης για την αντιμετώπιση ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια.
- Κ.Υ.Α 11824 (ΦΕΚ 369Β/24.5.93), Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της πρωτεύουσας, όπως ισχύει κατόπιν τροποποίησής της με την ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11. (ΥΠΕΝ, η.δ.)

Τα αποτελέσματα των καταγραφών του συστήματος παρακολούθησης των 3 AQMS του ΠΑΘΕ χρησιμοποιούνται στη σύγκριση με τα θεσμοθετημένα όρια σύμφωνα με την «Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη (ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103, ΦΕΚ 488Β/30.3.11)».

### 5.3.2. Θεσμοθετημένα όρια ποιότητας ατμόσφαιρας

Τα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας σύμφωνα με την παραπάνω Οδηγία είναι τα εξής:

Ρύπος	Οριακή τιμή
<b>Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)</b>	<b>10mg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή
<b>Διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>200μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ωριαία τιμή και δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 18 φορές ανά έτος
	<b>40μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ετήσια τιμή
<b>Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>350μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ωριαία τιμή και δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 24 φορές ανά έτος
	<b>125μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ημερήσια τιμή και δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 3 φορές ανά έτος

<b>Αιωρούμενα σωματίδια PM<sub>10</sub></b>	<b>50μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ημερήσια τιμή και δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά έτος
	<b>40μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ετήσια τιμή
<b>Αιωρούμενα σωματίδια PM<sub>2,5</sub></b>	<b>25μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ετήσια τιμή
<b>Βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>	<b>5μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέση ετήσια τιμή
<b>Όζον (O<sub>3</sub>)</b> Τιμή στόχος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	<b>120μg/m<sup>3</sup></b> Σαν μέγιστη ημερήσια οκτάωρη τιμή και δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 25 φορές ανά έτος(κατά μέσο όρο σε 3 χρόνια)

Πίνακας 8: Θεσμοθετημένα όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας σύμφωνα με την Οδηγία 2008/50/ΕΚ

### 5.3.3. Σύγκριση τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης με όρια νομοθεσίας

- CO  
Για το ρύπο αυτό δεν υπήρξε καμία υπέρβαση της οριακής τιμής (10mg/m<sup>3</sup> σε οκτάωρη βάση) σε κανέναν σταθμό.
- NO<sub>2</sub>
  - Στον ρύπο NO<sub>2</sub> δεν υπήρξε υπέρβαση της μέσης ωριαίας τιμής 200μg/m<sup>3</sup> περισσότερες από 18 φορές ανά έτος σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	Ετήσια υπέρβαση ορίου (φορές)		
2012	0	0	0
2013	0	0	0
2014	0	0	0
2015	0	0	1
2016	0	0	0
2017	0	0	0
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0

Πίνακας 9: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ωριαία τιμή NO<sub>2</sub> ανά έτος

- Ως προς την ετήσια μέση τιμή, στην Αρκίτσα και στο Σχηματάρι δεν παρατηρούνται υπερβάσεις σε σχέση με το όριο (40μg/m<sup>3</sup> ως μέση ετήσια τιμή). Στη Βαρυμπόμπη, παρατηρούνται μικρές υπερβάσεις τα έτη 2012, 2013, 2016 και 2018 έως 2021.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
2012	31	35	42
2013	35	35	45
2014	33	30	37
2015	32	29	38
2016	30	30	41
2017	35	31	40
2018	28	24	42
2019	32	22	46
2020	25	32	49
2021	30	33	42

Πίνακας 10: Μέσες ετήσιες τιμές NO<sub>2</sub>

- SO<sub>2</sub>
  - Στον ρύπο SO<sub>2</sub> δεν υπήρξε υπέρβαση της μέσης ωριαίας τιμής 350μg/m<sup>3</sup> περισσότερες από 24 φορές ανά έτος σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	Ετήσια υπέρβαση ορίου (φορές)		
2012	0	0	0
2013	0	0	0
2014	0	0	0
2015	0	0	0
2016	0	0	0
2017	0	0	0
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0

Πίνακας 11: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ωριαία τιμή SO<sub>2</sub> ανά έτος

- Ως προς την μέση ημερήσια τιμή, δεν υπήρξε υπέρβαση του ορίου (125μg/m<sup>3</sup> ως μέση ημερήσια τιμή) περισσότερες από 3 φορές ανά έτος σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	Ετήσια υπέρβαση ορίου (φορές)		
2012	0	0	0
2013	0	0	0
2014	0	0	0
2015	0	0	0
2016	0	0	0

2017	0	0	0
2018	0	0	0
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	0

Πίνακας 12: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ημερήσια τιμή SO<sub>2</sub> ανά έτος

- PM<sub>10</sub>

- Στον ρύπο PM<sub>10</sub> δεν υπήρξε καμία υπέρβαση σε σχέση με το όριο (40μg/m<sup>3</sup> ως μέση ετήσια τιμή) σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
2012	14	30	30
2013	19	28	31
2014	16	23	25
2015	18	22	16
2016	16	12	25
2017	13	17	27
2018	17	19	21
2019	15	18	22
2020	13	14	7
2021	16	19	25

Πίνακας 13: Μέσες ετήσιες τιμές PM<sub>10</sub>

- Ως προς την μέση ημερήσια τιμή, στην Αρκίτσα και στο Σχηματάρι δεν υπήρξαν υπερβάσεις του ορίου (50μg/m<sup>3</sup> ως μέση ημερήσια τιμή) περισσότερες από 35 φορές. Στη Βαρυμπόμπη υπήρξε υπέρβαση του ορίου περισσότερες από 35 φορές το 2012.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	Ετήσια υπέρβαση ορίου (φορές)		
2012	0	9	44
2013	9	25	30
2014	0	7	10
2015	3	3	9
2016	3	1	20
2017	1	0	23
2018	3	3	6
2019	0	1	7
2020	0	0	0
2021	3	7	19

Πίνακας 14: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέση ημερήσια τιμή PM<sub>10</sub> ανά έτος

- PM<sub>2,5</sub>

Στον ρύπο PM<sub>2,5</sub> δεν υπήρξε καμία υπέρβαση σε σχέση με το όριο (25μg/m<sup>3</sup> ως μέση ετήσια τιμή) σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
2012	11	16	15
2013	13	18	19
2014	12	16	17
2015	13	15	11
2016	11	10	13
2017	9	12	14
2018	11	12	12
2019	11	12	13
2020	9	10	4
2021	10	12	13

Πίνακας 15: Μέσες ετήσιες τιμές PM<sub>2,5</sub>

- C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Στον ρύπο C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> δεν υπήρξε καμία υπέρβαση σε σχέση με το όριο (5μg/m<sup>3</sup> ως μέση ετήσια τιμή) σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
2012	0,5	0,9	1,2
2013	0,3	0,7	1,0
2014	0,4	0,7	1,1
2015	0,4	0,6	0,9
2016	0,4	0,8	1,0
2017	0,6	0,9	1,1
2018	0,3	0,8	0,8
2019	0,0	0,1	0,8
2020	0,1	0,6	0,9
2021	0,4	1,1	1,3

Πίνακας 16: Μέσες ετήσιες τιμές C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

- O<sub>3</sub>

Στον ρύπο O<sub>3</sub> δεν υπήρξε υπέρβαση της μέγιστης ημερήσιας οκτάωρης τιμής 120 μg/m<sup>3</sup> περισσότερες από 25 φορές ανά έτος (κατά μέσο όρο σε 3 χρόνια) σε κανέναν σταθμό.

Έτος	Αρκίτσα	Σχηματάρι	Βαρυμπόμπη
	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
2012	13	0	16
2013	0	2	5

2014	0	1	25
2015	6	0	20
2016	1	2	4
2017	0	0	3
2018	2	0	1
2019	0	0	0
2020	0	0	0
2021	0	0	2

Πίνακας 17: Αριθμός υπερβάσεων ορίου για τη μέγιστη ημερήσια 8ωρη τιμή O<sub>3</sub> ανά έτος

## 6. Κριτική Ανάλυση – Επεξεργασία των Πρωτογενών Στοιχείων της Στατιστικής Έρευνας

### 6.1. Ετήσια πληρότητα μετρήσεων

Όπως έχει αναφερθεί και στην εισαγωγή, για το σύνολο των αέριων ρύπων ανά σταθμό έχουν υπολογιστεί

- οι ετήσιες διακυμάνσεις,
- οι μηνιαίες διακυμάνσεις ανά έτος και για το σύνολο των ετών 2012-2021,
- οι ωριαίες διακυμάνσεις ανά έτος, για το σύνολο των ετών 2012-2021, καθώς και ανά εποχή

Από τον ετήσιο έλεγχο πληρότητας των μετρήσεων προκύπτει ότι η πλειοψηφία των τιμών έχουν ετήσια πληρότητα >50%, με τις περισσότερες τιμές να ξεπερνούν το 80% πληρότητα. Συνεπώς το στατιστικό δείγμα χαρακτηρίζεται ασφαλές και ικανό για να εξαχθούν συμπεράσματα.

Οι μοναδικές παρατηρήσεις είναι οι εξής:

- Στον σταθμό Σχηματαρίου το 1<sup>ο</sup> εξάμηνο 2012 δεν υπάρχουν αποτελέσματα, συνεπώς οι μετρήσεις αφορούν μόνο το 2<sup>ο</sup> εξάμηνο 2012 και η ετήσια πληρότητα του κάθε ρύπου κυμαίνεται περί το 50%.
- Χαμηλή πληρότητα υπάρχει στις εξής περιπτώσεις:
  - ο C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> για τα έτη 2019 και 2020 στην Αρκίτσα: πληρότητα 13% και 28% αντίστοιχα
  - ο C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> για το έτος 2019 στο Σχηματάρι: πληρότητα 28%
  - ο C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> για τα έτη 2020 και 2021 στη Βαρυμπόμπη: πληρότητα 29% και 40% αντίστοιχα

Για τις περιπτώσεις αυτές οι τιμές δεν θα ληφθούν υπόψη στην ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Αναλυτικά οι πίνακες πληρότητας των μετρήσεων περιλαμβάνονται στο παράρτημα 1 της παρούσας.

### 6.2. Ετήσιοι κυκλοφοριακοί φόρτοι οχημάτων

Για την καλύτερη επεξήγηση των αποτελεσμάτων, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η επίπτωση της κυκλοφορίας των οχημάτων σε κάθε μία από τις περιοχές που βρίσκονται οι AQMS. Το μέγεθος που χρησιμοποιείται συχνότερα για τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των οδικών υποδομών είναι η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ), δηλαδή ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος ενός έτους, διαιρούμενος με τον αριθμό των ημερών του έτους.



Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η ΕΜΗΚ στα κοντινότερα τμήματα του αυτοκινητοδρόμου για κάθε περιοχή που βρίσκονται οι AQMS τα τελευταία έτη (2018 – 2022). Οι τιμές είναι αθροιστικές και για τις δύο κατευθύνσεις (ρεύματα) κυκλοφορίας.

Σταθμός	Τμήμα αυτ/δρομου	2018	2019	2020	2021
Βαρυμπόμπη	A/K Αγ. Στεφάνου – A/K Βαρυμπόμπης	72000	80500	62500	63800
Σχηματάρι	ΗΜΚ Σχηματαρίου – A/K Χαλκίδας	20100	22300	17500	17700
Αρκίτσα	A/K Αρκίτσας – A/K Λιβανάτες	14100	16000	11800	12700

Πίνακας 18: Κυκλοφοριακοί φόρτοι τμημάτων του αυτοκινητοδρόμου που βρίσκονται οι AQMS Βαρυμπόμπης, Σχηματαρίου & Αρκίτσας για τα έτη 2018 έως 2021

Από τους παραπάνω δείκτες φαίνεται η σαφώς εντονότερη κυκλοφορία που υπάρχει στην περιοχή που βρίσκεται ο AQMS Βαρυμπόμπης, σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς. Λόγω αυτής της διαπίστωσης αναμένεται γενικά οι τιμές αέριων ρύπων να είναι υψηλότερες στον σταθμό αυτόν, ενώ βάσει της κυκλοφορίας, γενικά χαμηλότερα επίπεδα τιμών αναμένεται να καταγράφονται στον σταθμό Αρκίτσας.

Επίσης αξίζει να σημειωθεί η μείωση της κυκλοφορίας που παρατηρείται τα έτη 2020 και 2021 σε σχέση με τα δύο προηγούμενα έτη, προφανώς λόγω των απαγορεύσεων κυκλοφορίας σε εθνικό επίπεδο εξαιτίας της πανδημίας Covid-19 που είχαν θεσπιστεί από την Πολιτεία. Εντονότερη μείωση παρατηρείται στην περιοχή της Βαρυμπόμπης που βρίσκεται πιο κοντά στο αστικό κομμάτι της Αττικής. Λόγω αυτής μείωσης των κυκλοφοριακών φόρτων αναμένεται στα ποιοτικά αποτελέσματα των μετρήσεων να υπάρχουν ενδεχομένως μειώσεις στους αέριους ρύπους τα έτη 2021 και 2022.

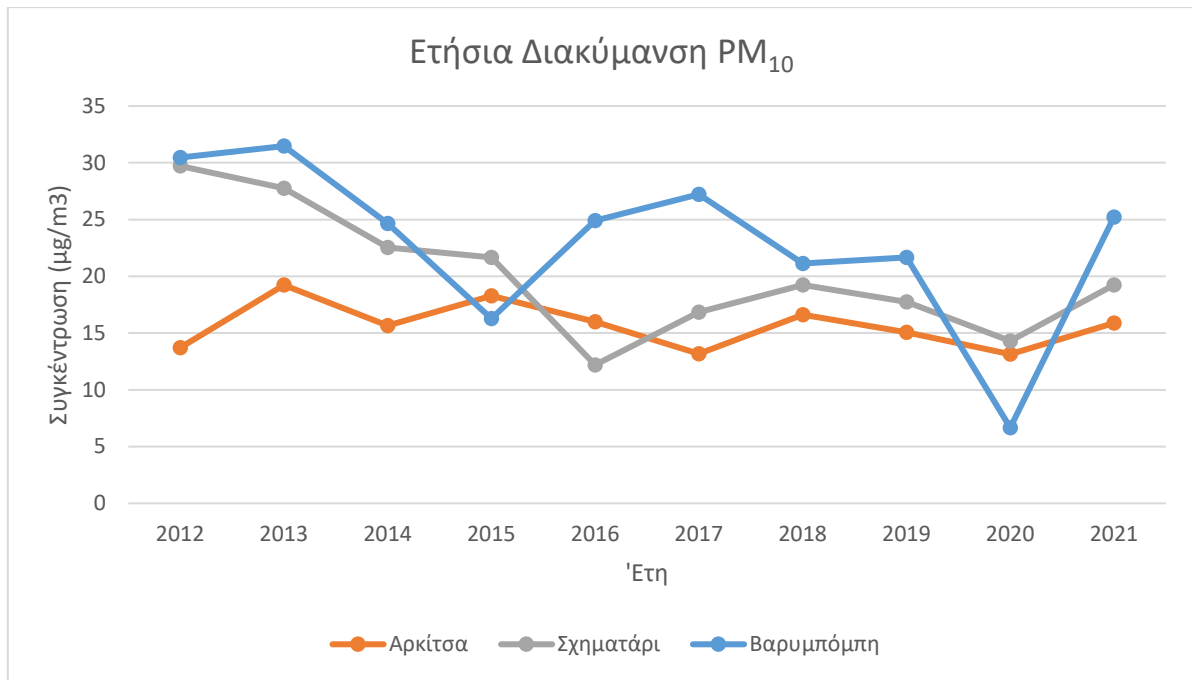
Συμπερασματικά, οι AQMS, βάσει της κυκλοφορίας των οχημάτων στον αυτοκινητόδρομο, μπορούν στην παρούσα εργασία να λάβουν τους εξής χαρακτηρισμούς:

- AQMS Βαρυμπόμπης: Αστικός, με υψηλή κυκλοφορία οχημάτων
- AQMS Σχηματαρίου: Ημιαστικός, με έντονη βιομηχανική παρουσία στην ευρύτερη περιοχή
- AQMS Αρκίτσας: Ηπειρωτικός, με αρκετές εξοχικές κατοικίες στην ευρύτερη περιοχή

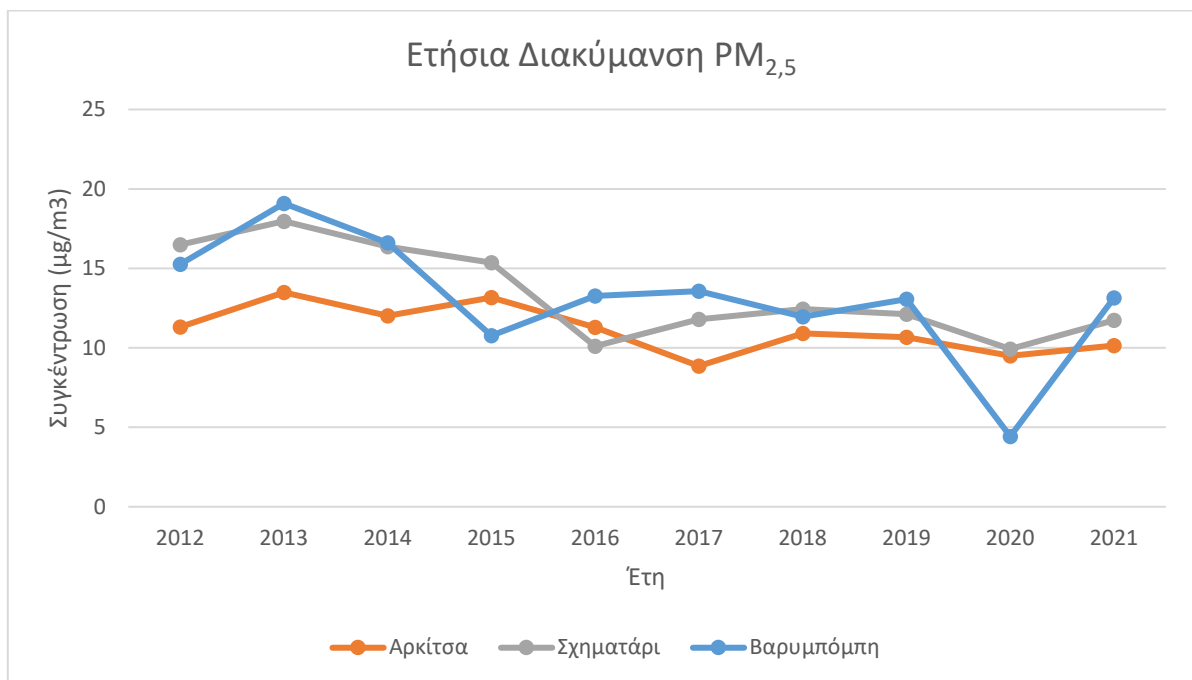
### 6.3. Σύγκριση ετήσιας διακύμανσης ανά σταθμό

#### 6.3.1. Διαγράμματα

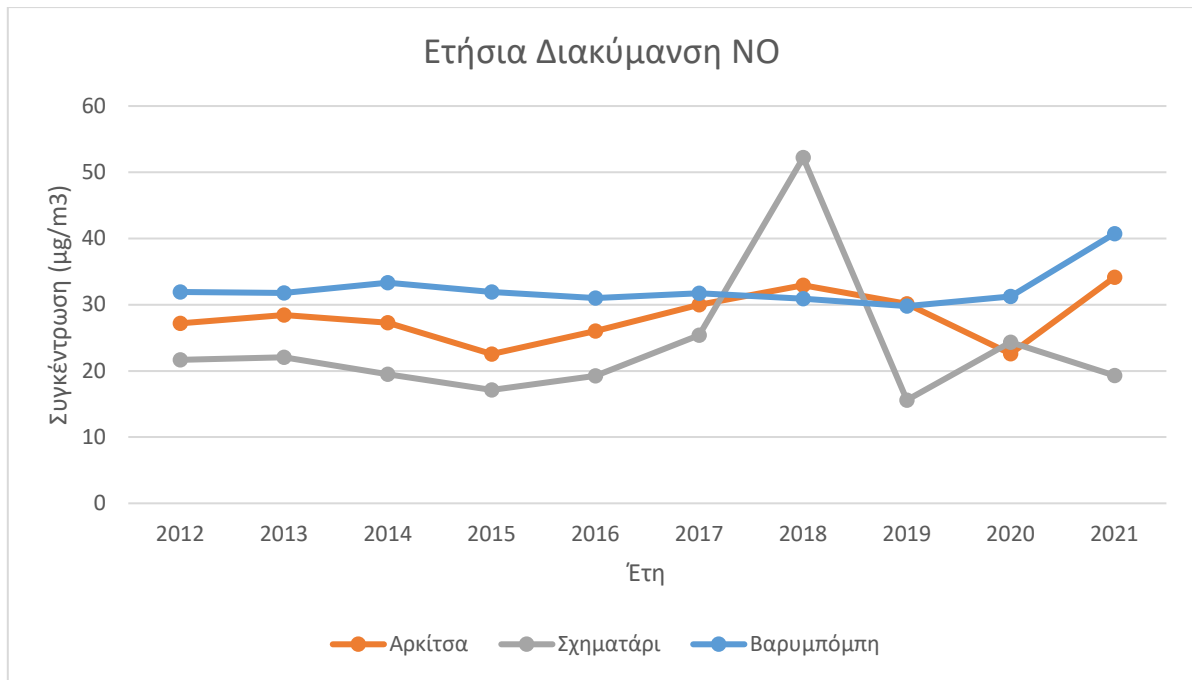
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η ετήσια διακύμανση ανά ρύπο για τους 3 AQMS.



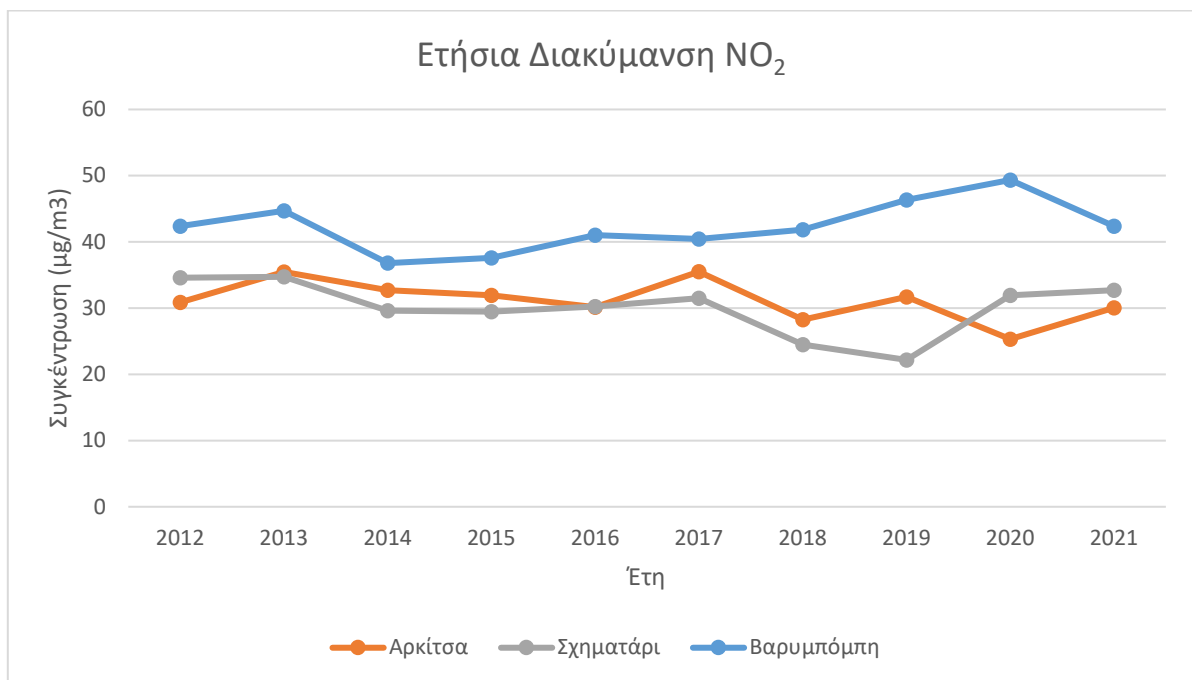
Διάγραμμα 1: Ετήσια Διακύμανση PM<sub>10</sub>



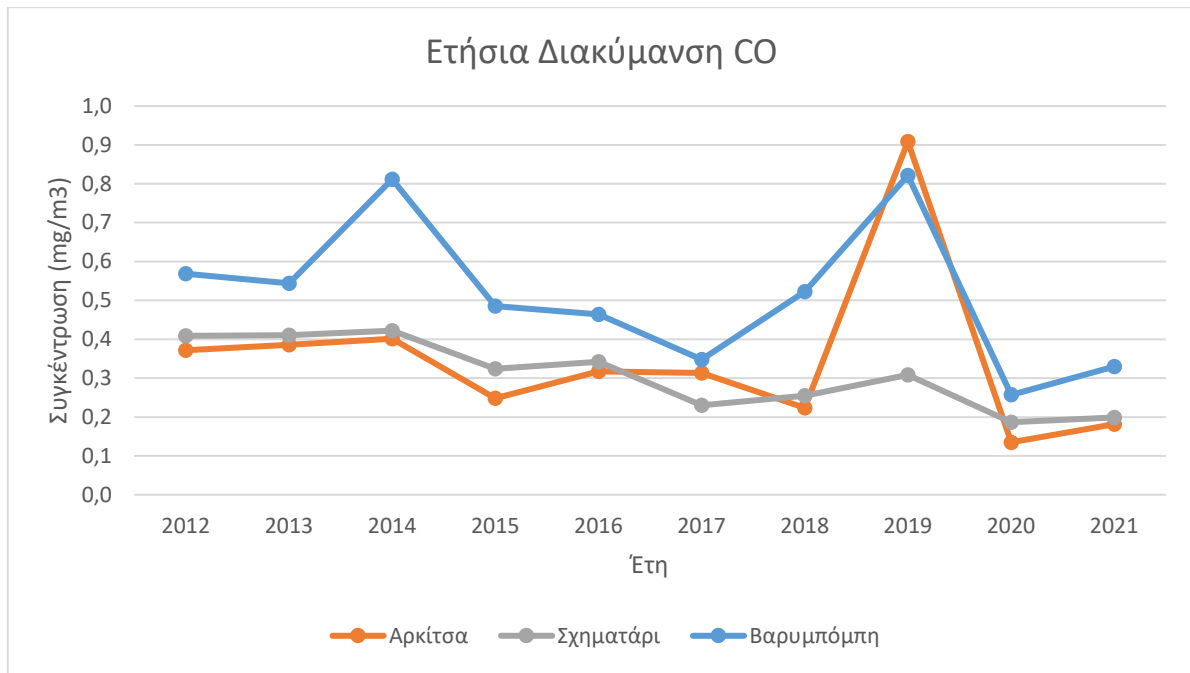
Διάγραμμα 2: Ετήσια Διακύμανση PM<sub>2,5</sub>



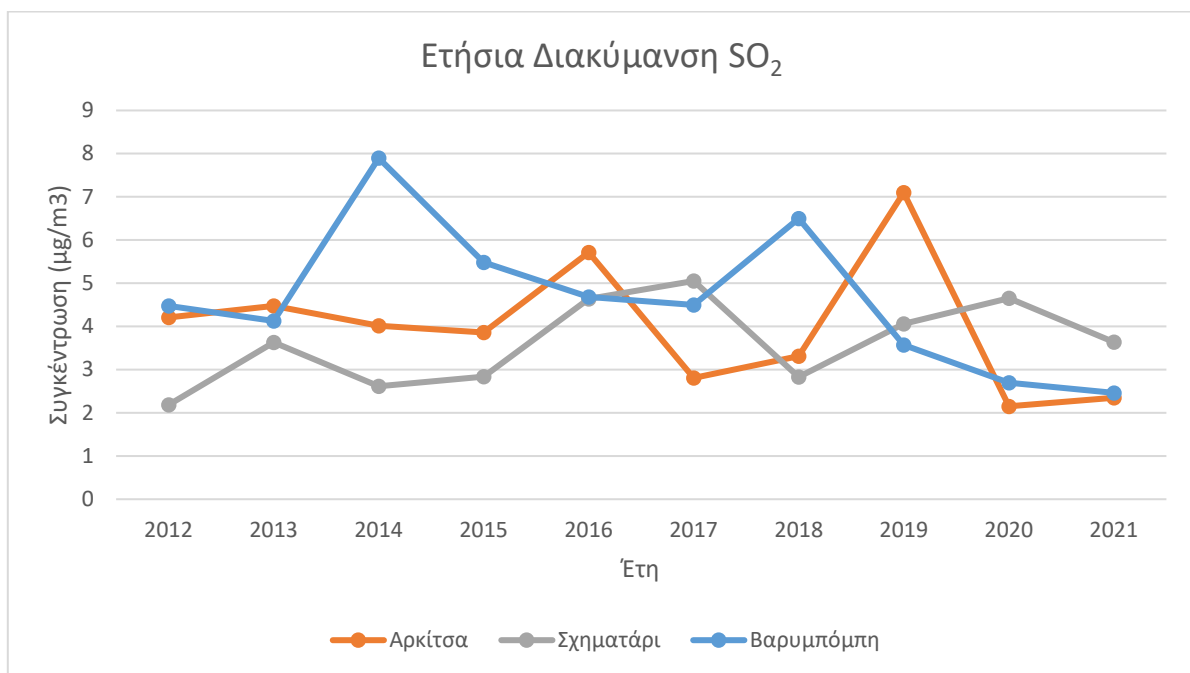
Διάγραμμα 3: Ετήσια Διακύμανση NO



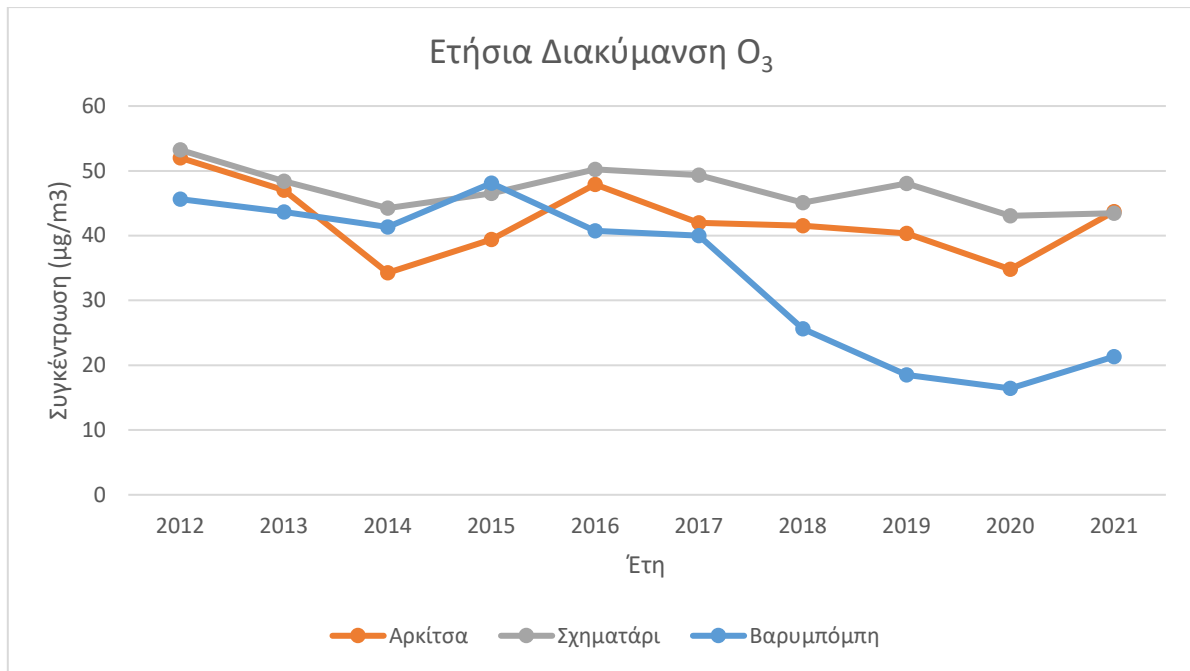
Διάγραμμα 4: Ετήσια Διακύμανση NO<sub>2</sub>



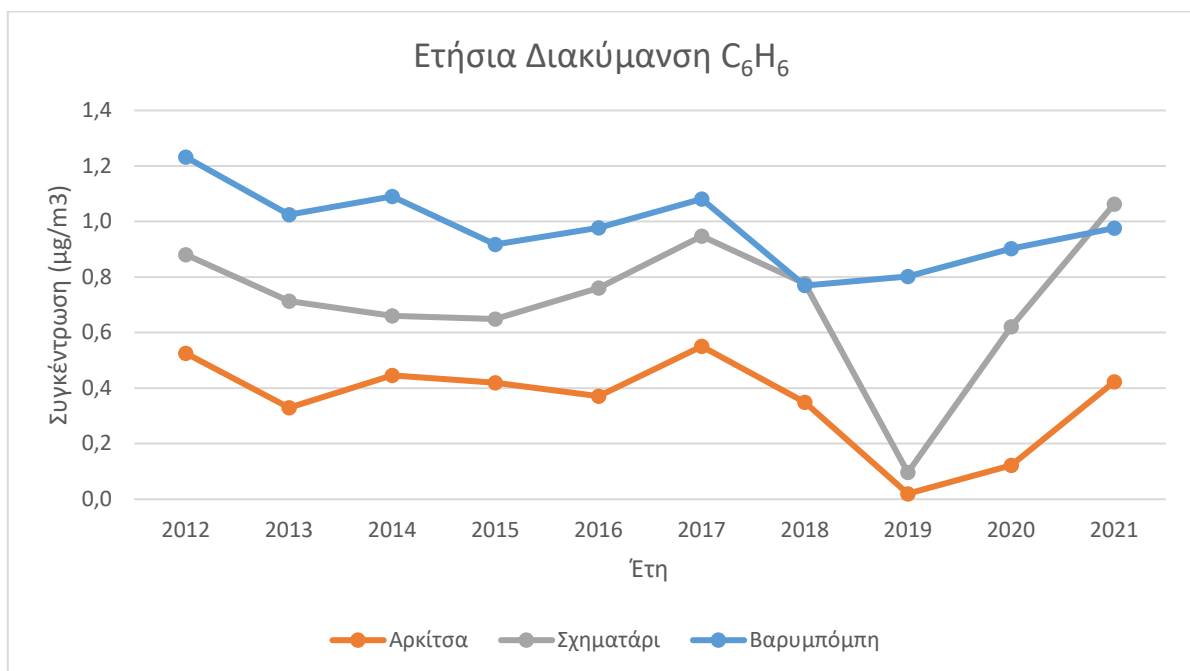
Διάγραμμα 5: Ετήσια Διακύμανση CO



Διάγραμμα 6: Ετήσια Διακύμανση SO<sub>2</sub>



Διάγραμμα 7: Ετήσια Διακύμανση O<sub>3</sub>



Διάγραμμα 8: Ετήσια Διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

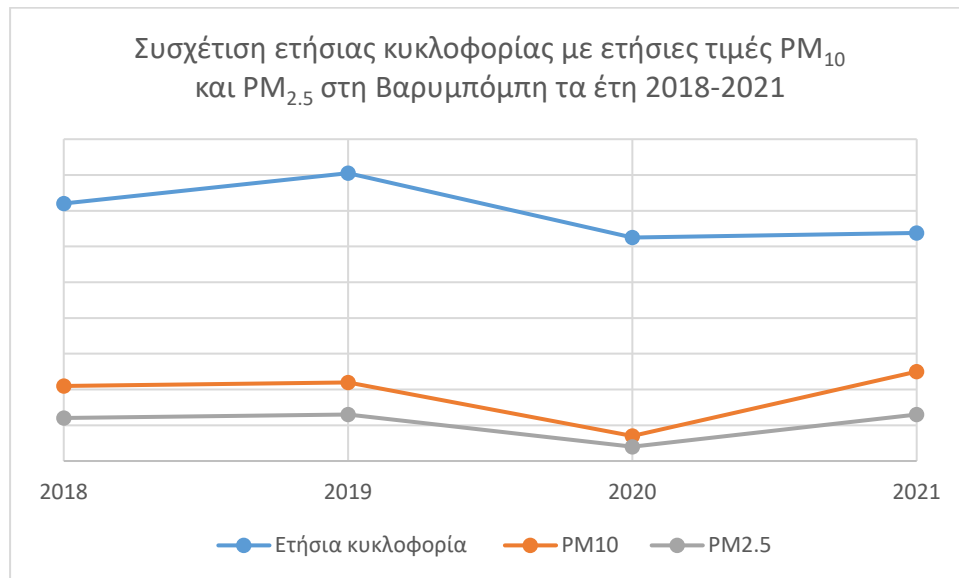
### 6.3.2. Στατιστική ανάλυση

Από τα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Από την ετήσια διακύμανση PM<sub>10</sub> στο Διάγραμμα 1 και PM<sub>2,5</sub> στο Διάγραμμα 2 φαίνεται ότι οι τιμές στην Βαρυμπόμπη που είναι σε αστικό κομμάτι με εντονότερη κυκλοφορία είναι υψηλότερες από τους άλλους σταθμούς, ενώ παρατηρείται μια έντονη μείωση το έτος 2020, προφανώς εξαιτίας της μείωσης κυκλοφορίας λόγω των lockdowns. Σταθερότητα

παρατηρείται στην Αρκίτσα καθώς λόγω τοποθεσίας δεν υπάρχει έντονη μεταβολή στην σχετικά χαμηλή κυκλοφορία.

Χαρακτηριστικά στο παρακάτω διάγραμμα 9 φαίνεται η συσχέτιση μεταξύ της ετήσιας διακύμανσης κυκλοφορίας και των τιμών  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$  τα έτη 2018 έως 2021 στη Βαρυμπόμπη, όπου η ετήσια αυξομείωση κυκλοφορίας είναι αντίστοιχη της αυξομείωσης των τιμών αέριων ρύπων.



Διάγραμμα 9: Συσχέτιση ετήσιας κυκλοφορίας με ετήσιες τιμές  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$  στη Βαρυμπόμπη τα έτη 2018-2021

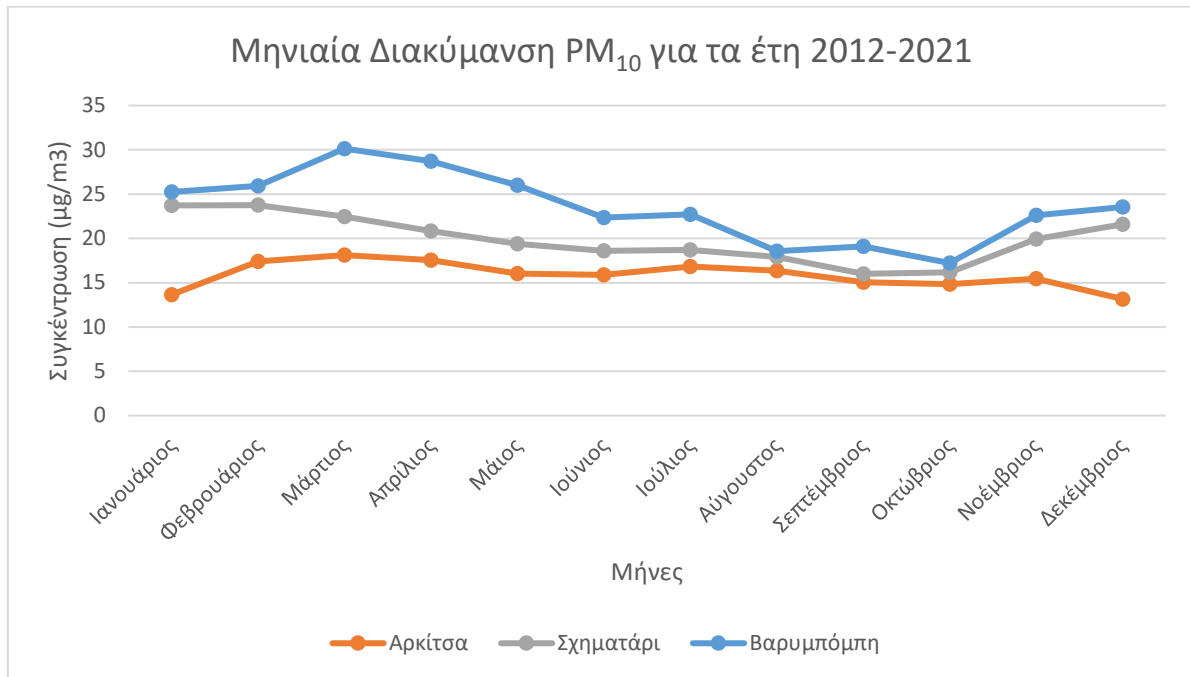
- Οι ετήσιες διακυμάνσεις  $NO$  και  $NO_2$  όπως φαίνονται στο Διάγραμμα 3 και Διάγραμμα 4 αντίστοιχα είναι γενικά σταθερές σε όλους τους σταθμούς. Η ραγδαία μεταβολή στην τιμή του Σχηματάριου για το έτος 2018 πιθανώς οφείλεται σε κακή βαθμονόμηση. Καθώς η τιμή είναι ύποπτη δεν λαμβάνεται υπόψη στη στατιστική ανάλυση. Γενικά υψηλότερα επίπεδα στις τιμές  $NO_2$  παρατηρούνται στη Βαρυμπόμπη, προφανώς λόγω εντονότερης κυκλοφορίας. Οι μέσες ετήσιες τιμές  $NO_2$  κυμαίνονται στα όρια της νομοθεσία με μικρές υπερβάσεις σε κάποια έτη.
- Οι ρύποι  $CO$  και  $SO_2$  που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 5 και Διάγραμμα 6 αντίστοιχα κυμαίνονται πολύ χαμηλά σε σχέση με τα θεσμοθετημένα όρια και παρουσιάζουν μικρές αυξομειώσεις στις μέσες ετήσιες τιμές. Καθώς όμως τα επίπεδά τους είναι πολύ μικρά, δεν χρήζουν ποιοτικής ανάλυσης.
- Οι μέσες ετήσιες τιμές του ρύπου  $O_3$  όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7 είναι σε σταθερά επίπεδα, ενώ μία πτωτική τάση παρατηρείται από το 2017 – 2021 στον σταθμό Βαρυμπόμπης.
- Οι μέσες ετήσιες τιμές του  $C_6H_6$  όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 8 είναι σε σταθερά επίπεδα. Οι ραγδαίες μειώσεις που φαίνονται στο Διάγραμμα τα έτη 2019 και 2020 στο Σχηματάρι και στην Αρκίτσα δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση, καθώς όπως φαίνεται και στο Παράρτημα 1, οι ετήσιες τιμές έχουν πολύ χαμηλή πληρότητα και δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση. Τα ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα της Βαρυμπόμπης σε σχέση με το Σχηματάρι και το Σχηματάρι σε σχέση με την Αρκίτσα συνάδουν με τα επίπεδα κυκλοφοριακών φόρτων.

Αναλυτικά τα διαγράμματα ετήσιας διακύμανσης κάθε σταθμού σε μορφή ραβδογράμματος περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 2 της παρούσας.

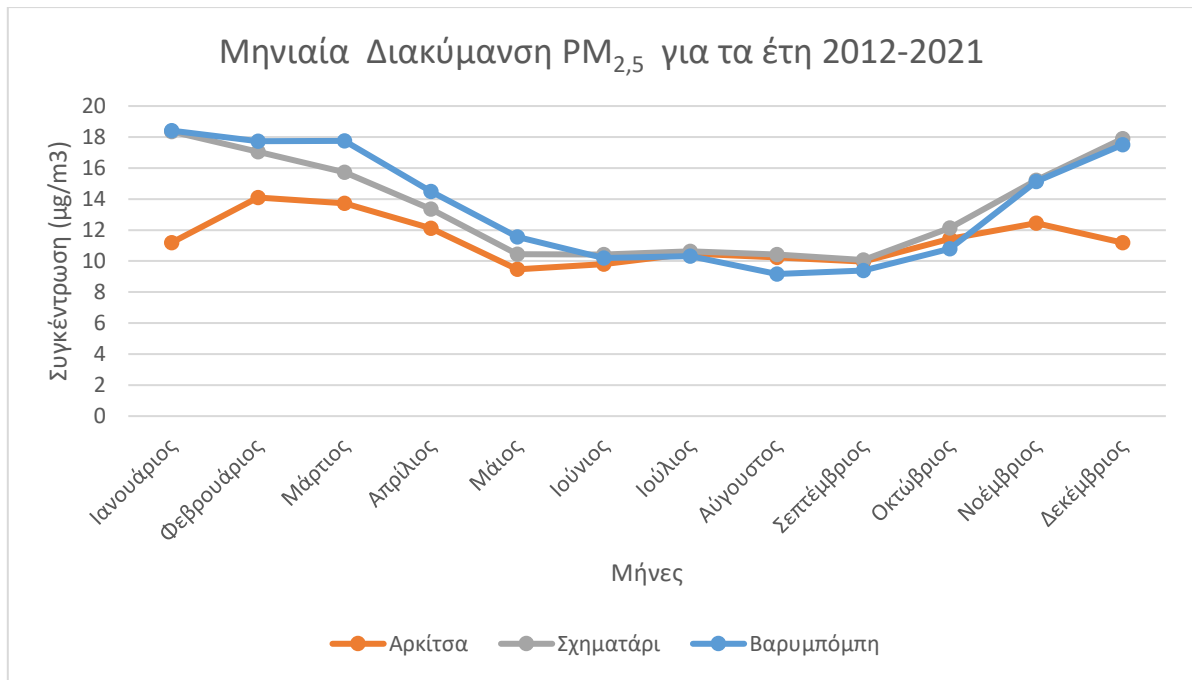
#### 6.4. Σύγκριση μηνιαίας διακύμανσης για τα έτη 2012 – 2021 ανά σταθμό

##### 6.4.1. Διαγράμματα

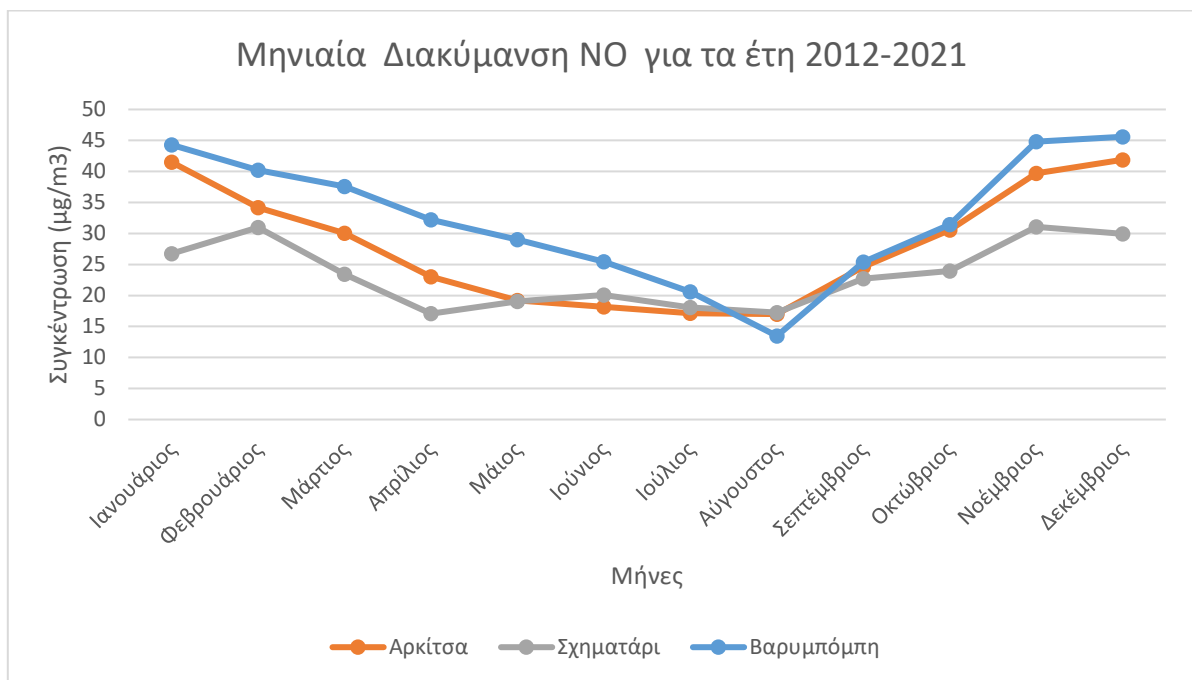
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μηνιαίες διακυμάνσεις για το σύνολο των ετών 2012-2021 ανά ρύπο.



Διάγραμμα 10: Μηνιαία Διακύμανση PM<sub>10</sub> για τα έτη 2012-2021

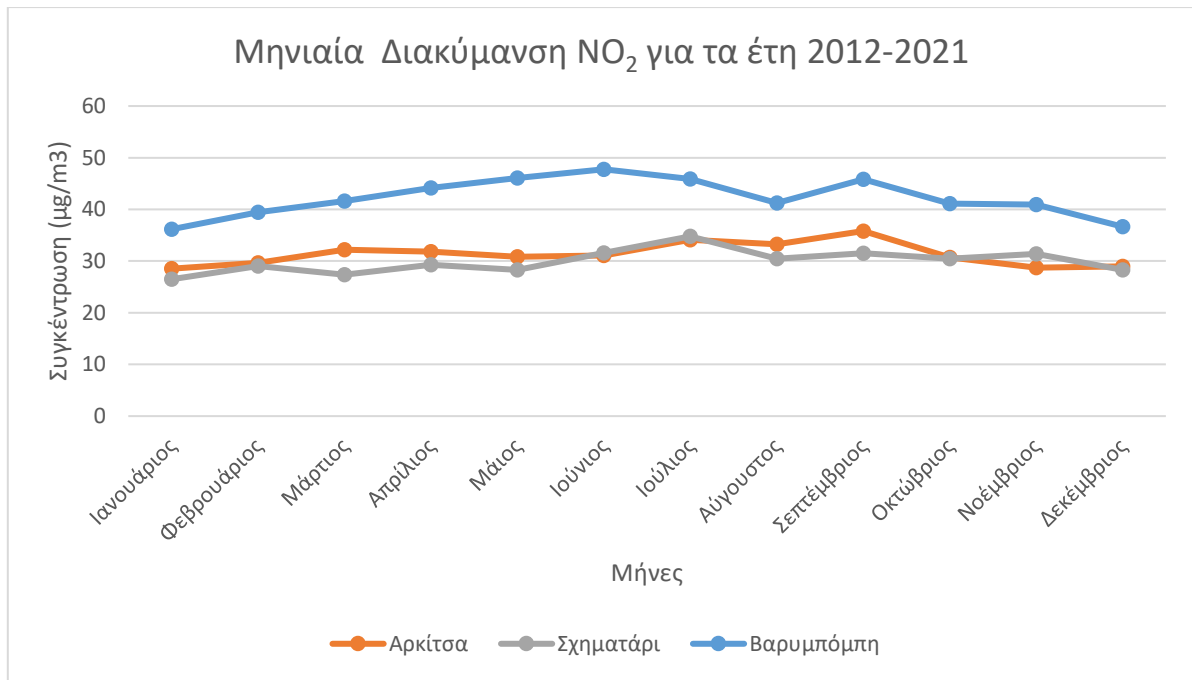


Διάγραμμα 11: Μηνιαία Διακύμανση PM<sub>2,5</sub> για τα έτη 2012-2021

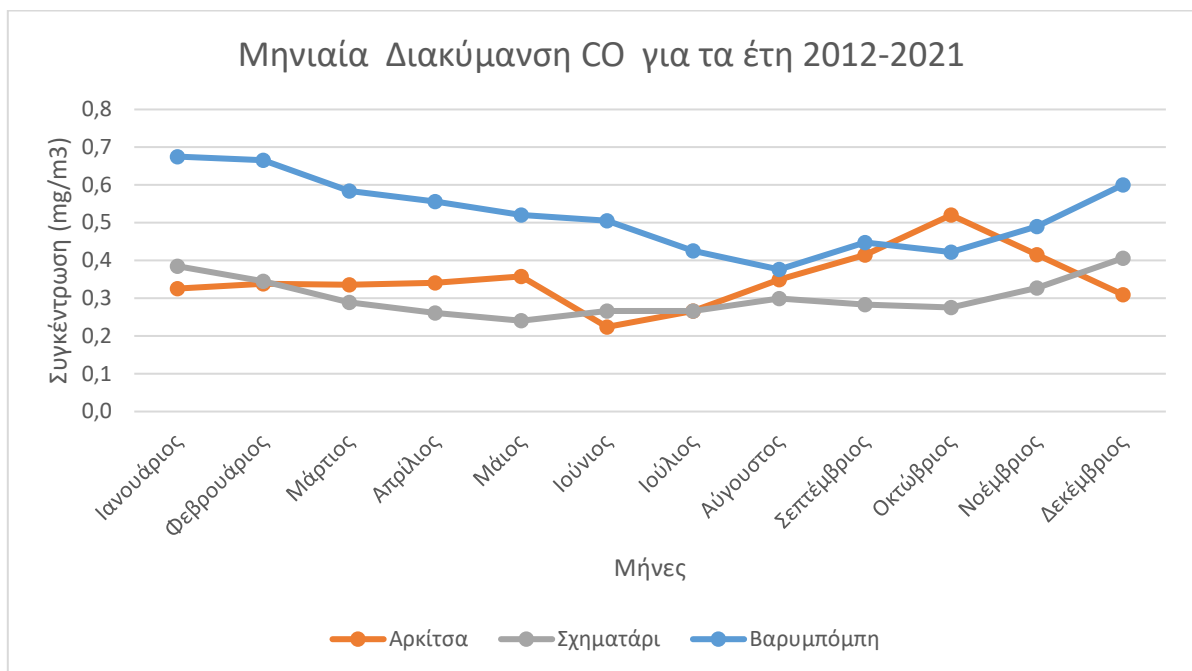


Διάγραμμα 12: Μηνιαία Διακύμανση NO για τα έτη 2012-2021

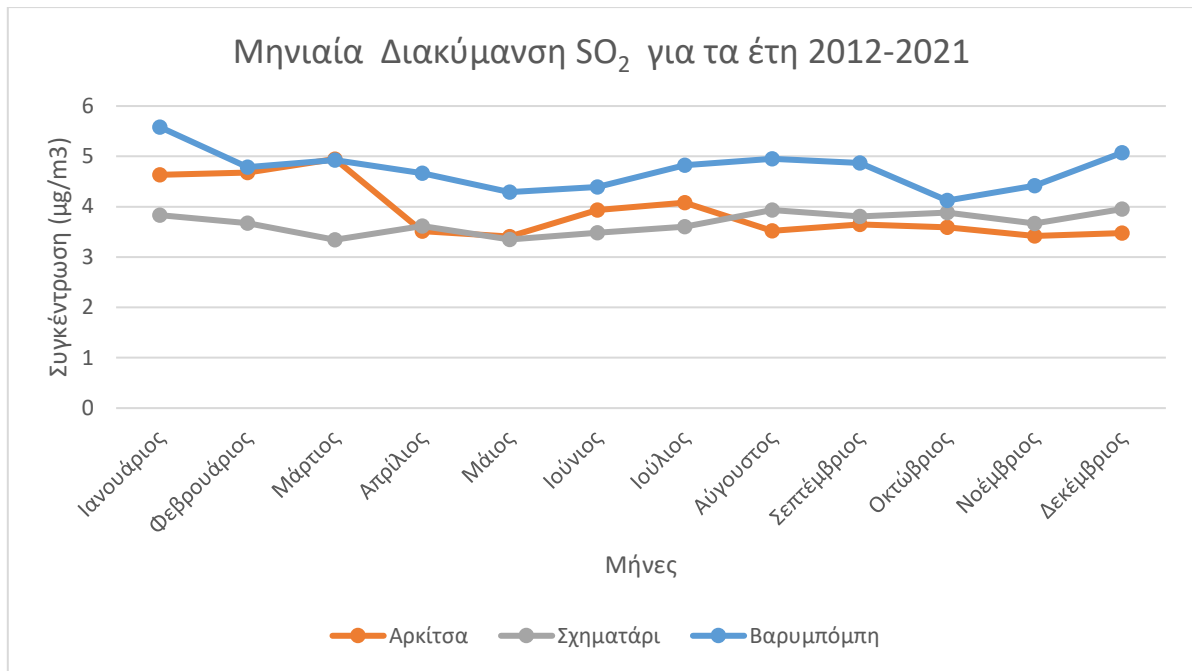




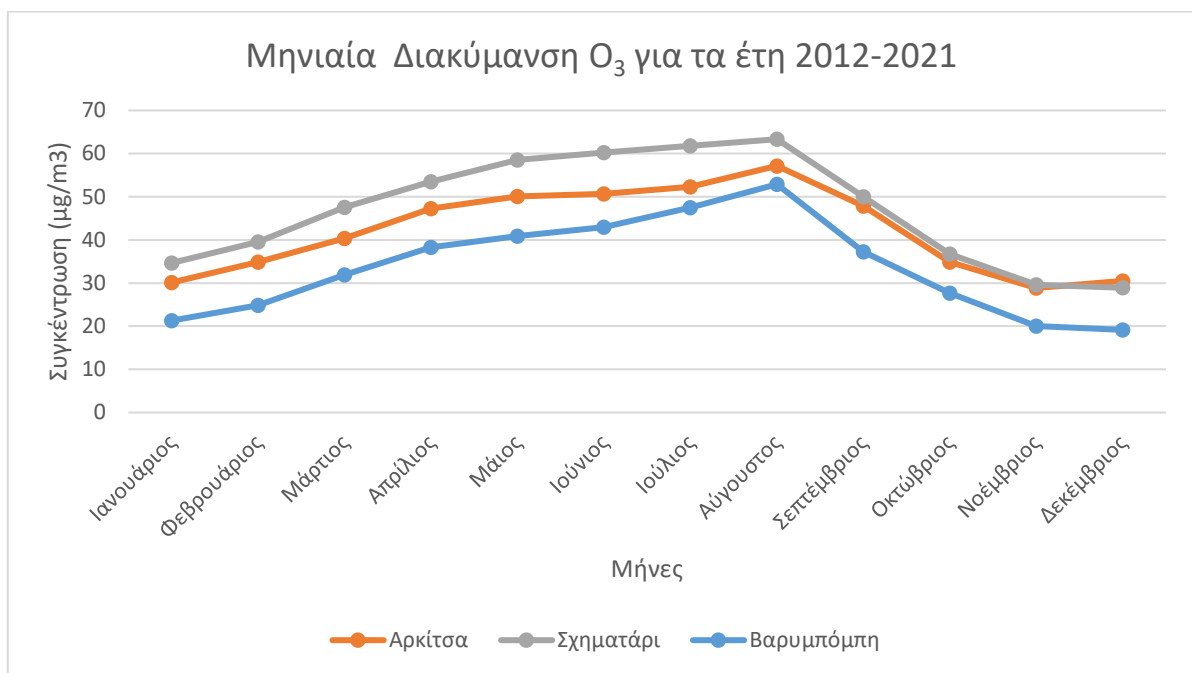
Διάγραμμα 13: Μηνιαία Διακύμανση NO<sub>2</sub> για τα έτη 2012-2021



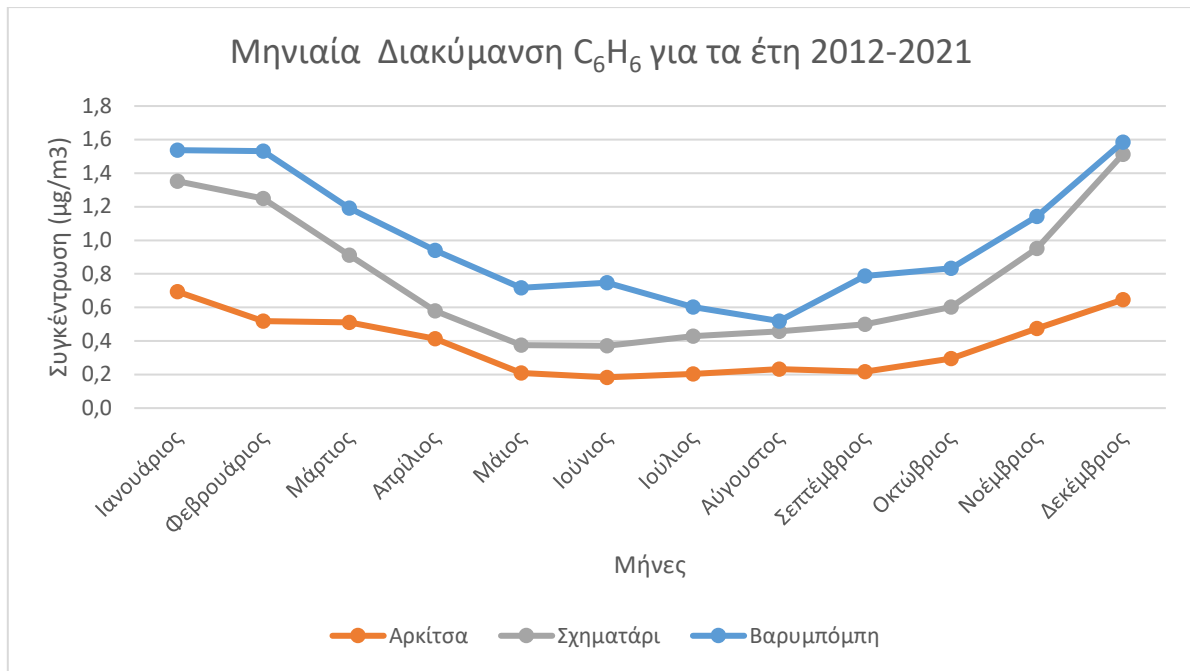
Διάγραμμα 14: Μηνιαία Διακύμανση CO για τα έτη 2012-2021



Διάγραμμα 15: Μηνιαία Διακύμανση SO<sub>2</sub> για τα έτη 2012-2021



Διάγραμμα 16: Μηνιαία Διακύμανση O<sub>3</sub> για τα έτη 2012-2021



Διάγραμμα 17: Μηνιαία Διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> για τα έτη 2012-2021

#### 6.4.2. Στατιστική ανάλυση

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπως αποτυπώνεται και στα παραπάνω διαγράμματα μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Γενικά, παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα, φαίνεται ότι και οι 3 σταθμοί παρουσιάζουν παρόμοια μηνιαία μεταβολή στους ρύπους. Οι πρωτογενείς ρύποι (CO, NO, SO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές τους χειμερινούς μήνες.
- Σχετικά με τα PM<sub>10</sub> και PM<sub>2,5</sub> όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 10 και 11, τα επίπεδα είναι σταθερά στην Αρκίτσα. Τους χειμερινούς μήνες παρατηρούνται οι υψηλότερες τιμές σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι, πιθανώς λόγω αυξημένης κυκλοφορίας οχημάτων στο αστικό κομμάτι λόγω κρύου. Τους θερινούς μήνες παρατηρείται μια σχετική πτώση κυρίως στη Βαρυμπόμπη, και σε κάπως χαμηλότερο βαθμό στο Σχηματάρι. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί λόγω της μείωσης κυκλοφορίας που συμβαίνει τη θερινή περίοδο στις αστικές περιοχές λόγω καλοκαιρινών αδειών. Επίσης, η χρήση βιομάζας ως θερμαντικό μέσο συνεισφέρει στην αύξηση των τιμών τους χειμερινούς μήνες.
- Πτωτική τάση παρατηρείται τη θερινή περίοδο στον ρύπο NO όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 12, με την εικόνα να είναι παρεμφερής και στους 3 σταθμούς.
- Οι ρύποι CO και SO<sub>2</sub> δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες μεταβολές όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 14 και Διάγραμμα 15 αντίστοιχα, έχουν ωστόσο ελαφρώς υψηλότερες τιμές τους χειμερινούς μήνες, προφανώς λόγω εντονότερης κυκλοφορίας βενζινοκίνητων οχημάτων. Υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στη Βαρυμπόμπη.

Οι υψηλότερες τιμές NO και CO τους χειμερινούς μήνες οφείλονται κυρίως στην εντονότερη κυκλοφορία οχημάτων που επικρατεί τον χειμώνα και στις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων (χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή). Σημαντικό ρόλο παίζει και η καύση βιομάζας για θέρμανση ενώ συνεισφέρει στις εκπομπές και η κεντρική θέρμανση. Οι υψηλότερες τιμές SO<sub>2</sub> τους χειμερινούς μήνες ενδεχομένως οφείλονται στη λειτουργία κεντρικής θέρμανσης

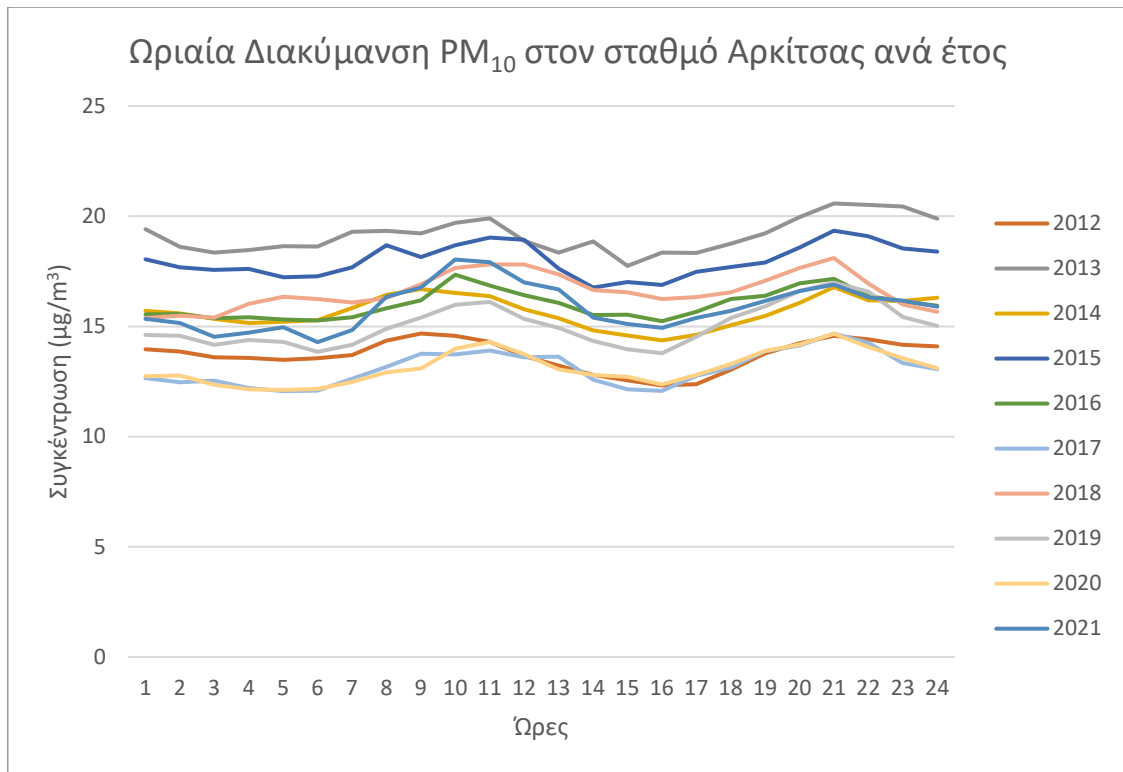
(Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021). Ωστόσο οι πολύ χαμηλές τιμές συγκεντρώσεων  $SO_2$  δεν επιτρέπουν την εξαγωγή στατιστικά σημαντικών συμπερασμάτων.

- Αντίθετα, ο ρύπος  $NO_2$  παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 13, με υψηλότερες τιμές στη Βαρυμπόμπη. Παρατηρείται ωστόσο μικρή μείωση στις τιμές του  $NO_2$  τους χειμερινούς μήνες και ελαφρώς υψηλότερες τιμές τους θερινούς μήνες. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη συχνότητα ισχυρών θερμοκρασιακών αναστροφών καθώς και στη μέγιστη διάρκεια ηλιοφάνειας που επιτείνει το σχηματισμό του  $NO_2$  μέσω του κύκλου του όζοντος πέραν του συνήθους σχηματισμού του από το  $NO$ . (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)
- Στο Διάγραμμα 16 φαίνεται η αύξηση του  $O_3$  τη θερινή περίοδο. Οι αυξημένες τιμές της συγκέντρωσης του όζοντος τους καλοκαιρινούς μήνες οφείλονται στην έντονη και διαρκή ηλιοφάνεια, καθώς ο ρύπος αυτός σχηματίζεται από φωτοχημικές διεργασίες στις οποίες βασικό ρόλο παίζει η ηλιακή ακτινοβολία, έχοντας ως πρόδρομες ενώσεις τα αζωτοξείδια και τους πτητικούς υδρογονάνθρακες. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)  
Είναι χαρακτηριστικό ότι οι τιμές της Βαρυμπόμπης είναι χαμηλότερες από τους άλλους σταθμούς, πιθανώς λόγω ότι σε σχέση με το Σχηματάρι και την Αρκίτσα το υψόμετρο είναι μεγαλύτερο και η θερμοκρασία σχετικά χαμηλότερη.
- Στο Διάγραμμα 17 στον ρύπο  $C_6H_6$  παρατηρούνται μέγιστες τιμές τους χειμερινούς μήνες, ενώ η τάση είναι πτωτική τη θερινή περίοδο. Αυτό φαίνεται εντονότερα στη Βαρυμπόμπη και στο Σχηματάρι.  
Το  $C_6H_6$  εμφανίζει τις μέγιστες συγκεντρώσεις του το χειμώνα, όπως και το  $CO$  και το  $NO$ , καθώς επηρεάζεται και αυτό από την κυκλοφορία (βενζινοκίνητα οχήματα) και την καύση βιομάζας. Σημαντική επίσης πηγή εκπομπής του στην ατμόσφαιρα αποτελεί και η εξάτμιση από χώρους αποθήκευσης καυσίμων (βενζινάδικα, ρεζερβουάρ οχημάτων) αλλά και από χρήση διαλυτών λόγω της υψηλής πτητικότητάς του. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)

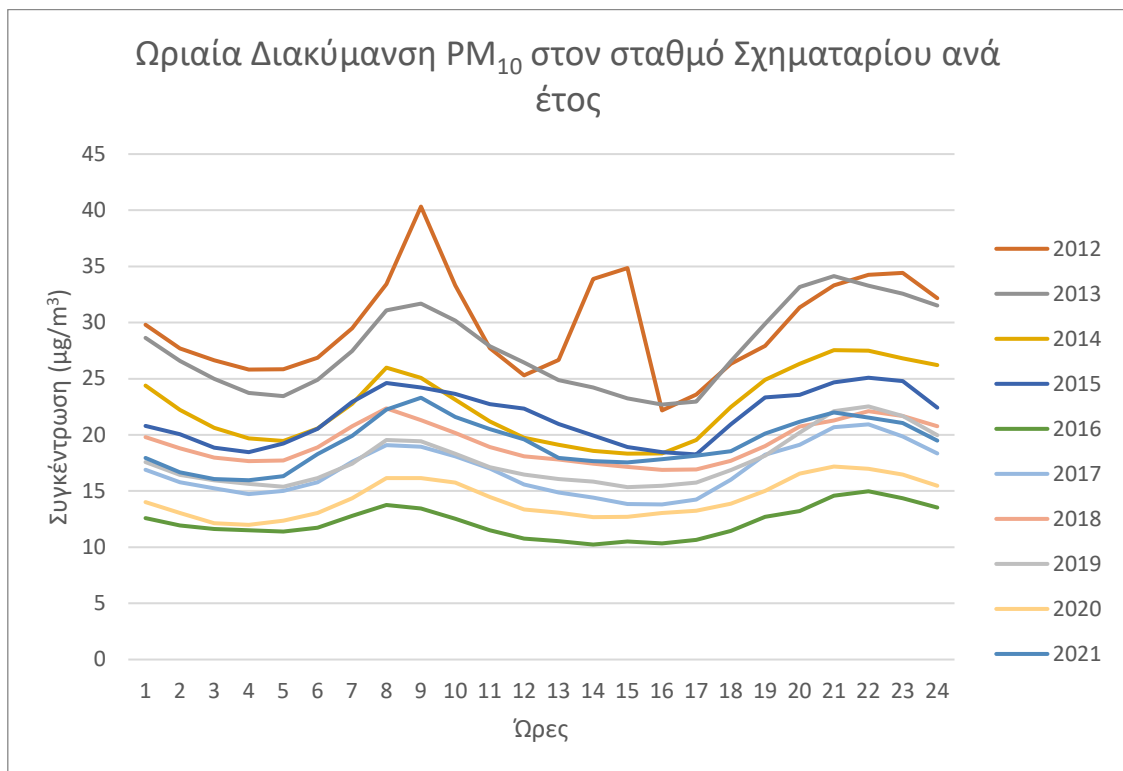
Αναλυτικά τα διαγράμματα μηνιαίας διακύμανσης κάθε σταθμού ανά έτος, καθώς και για το σύνολο των ετών 2012-2021 σε μορφή ραβδογραμμάτων περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 3 της παρούσας.

## 6.5. Ωριαίες διακυμάνσεις ανά έτος για κάθε ρύπο

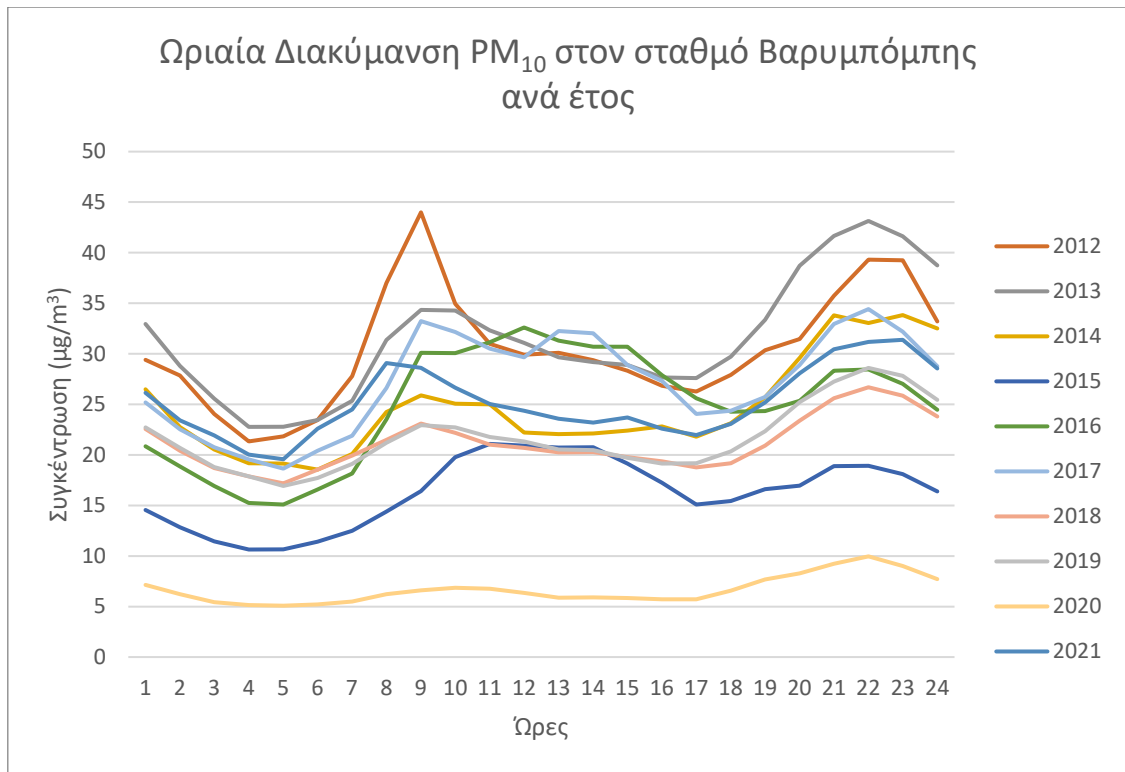
### 6.5.1. Διαγράμματα



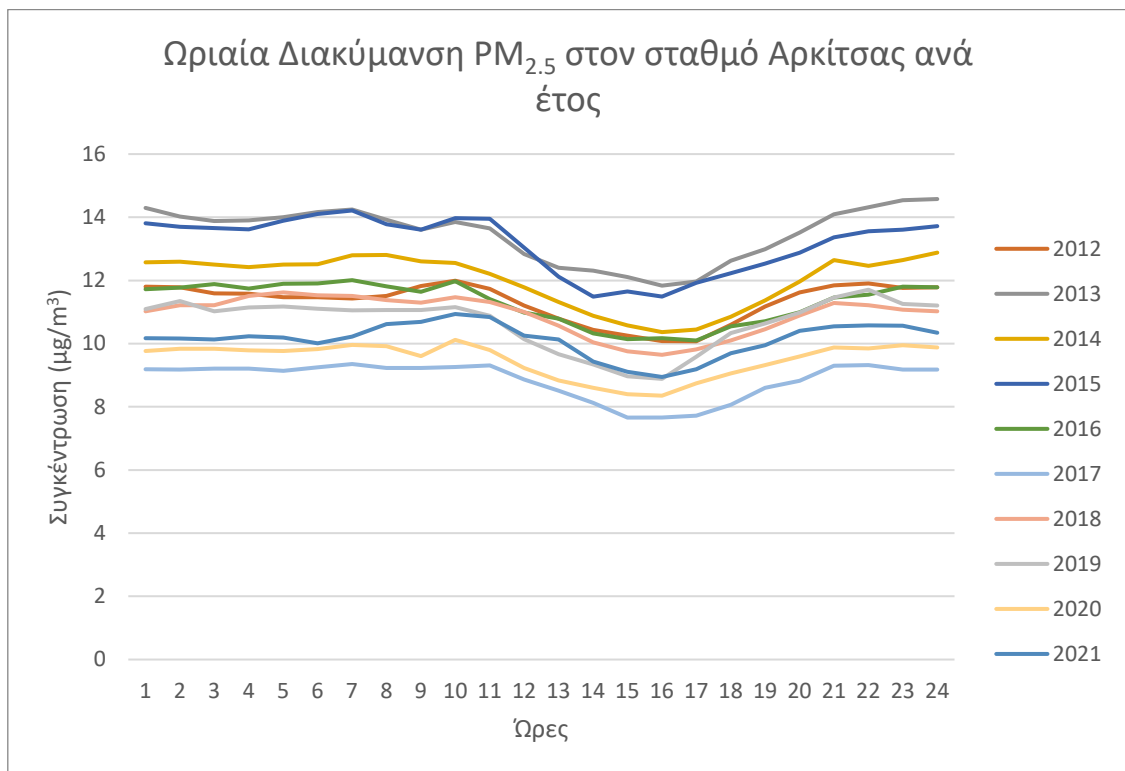
Διάγραμμα 18: Ωριαία διακύμανση PM<sub>10</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



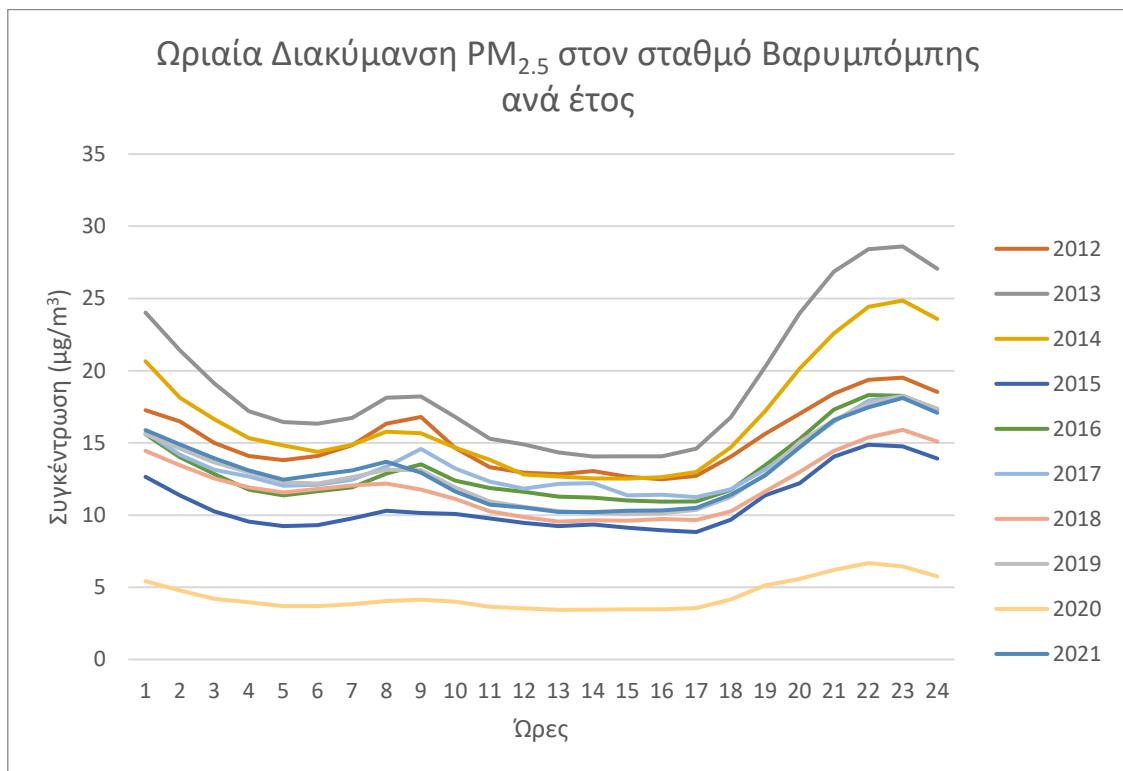
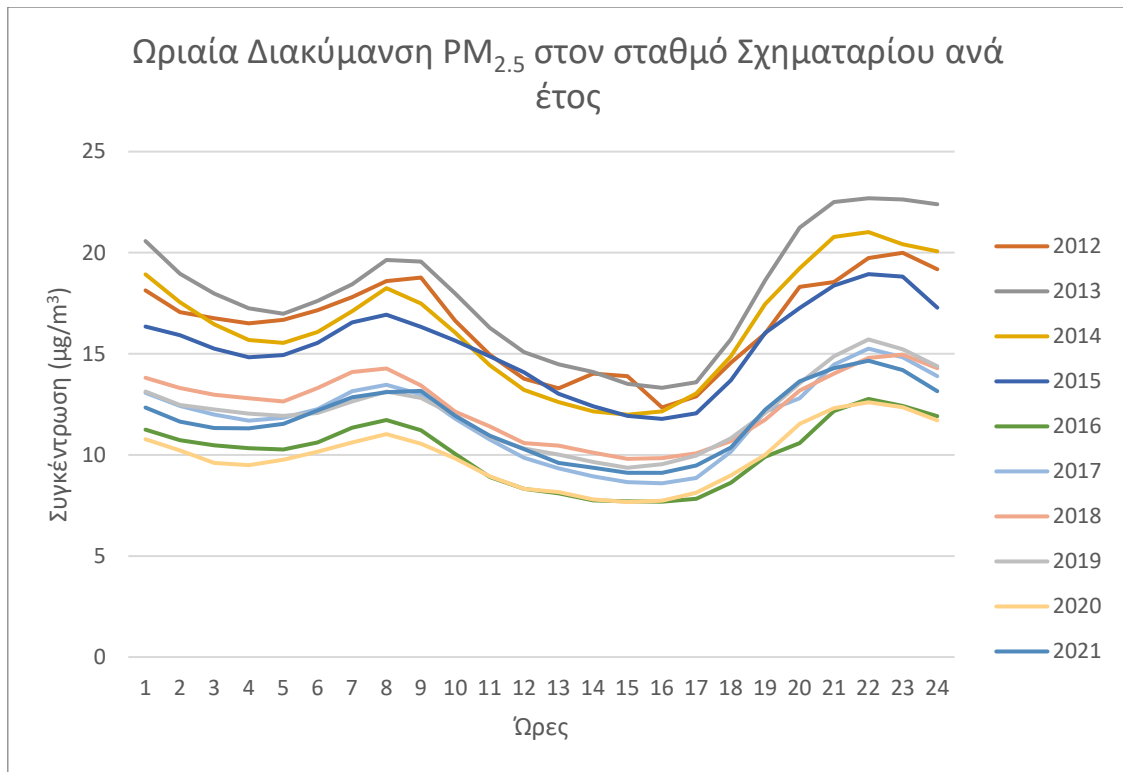
Διάγραμμα 19: Ωριαία διακύμανση PM<sub>10</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος

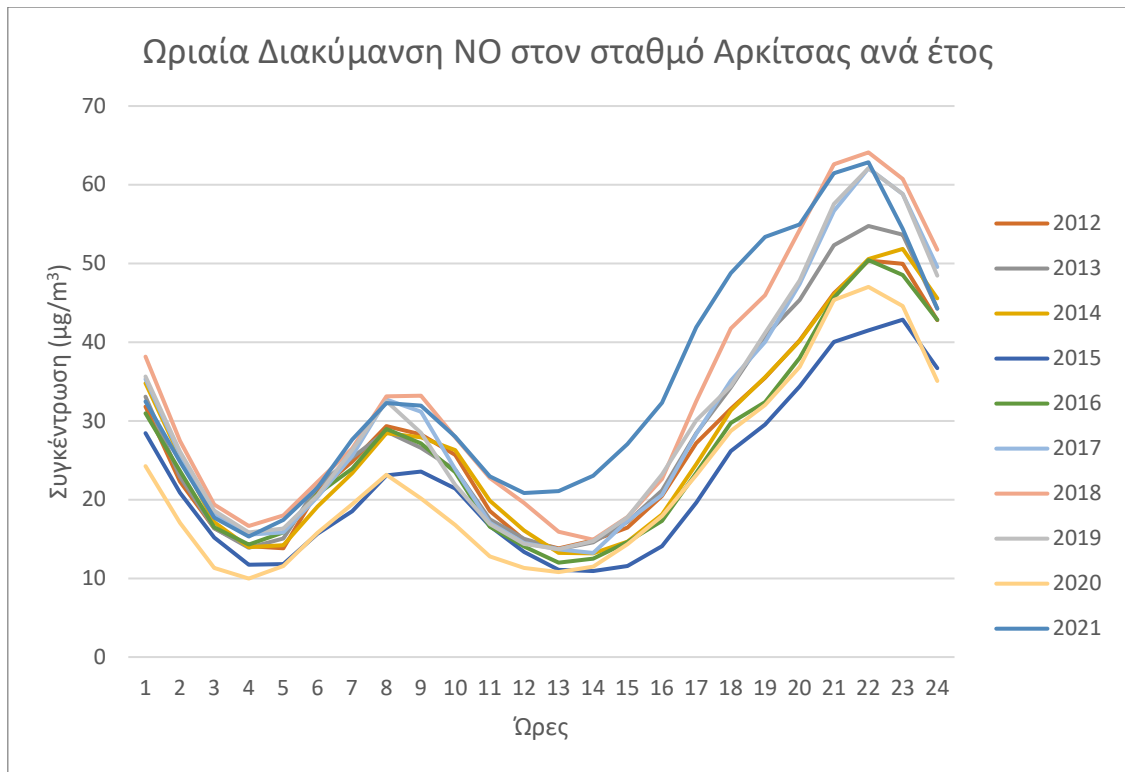


Διάγραμμα 20: Ωριαία διακύμανση PM<sub>10</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος

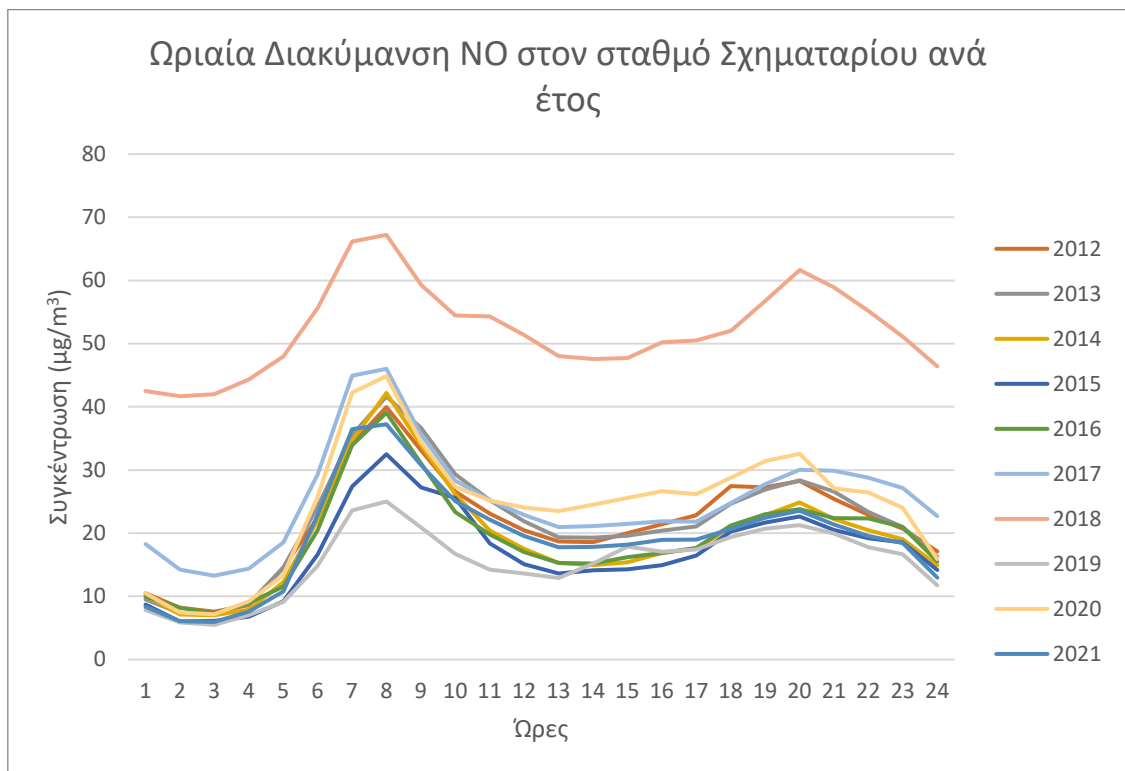


Διάγραμμα 21: Ωριαία διακύμανση PM<sub>2.5</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



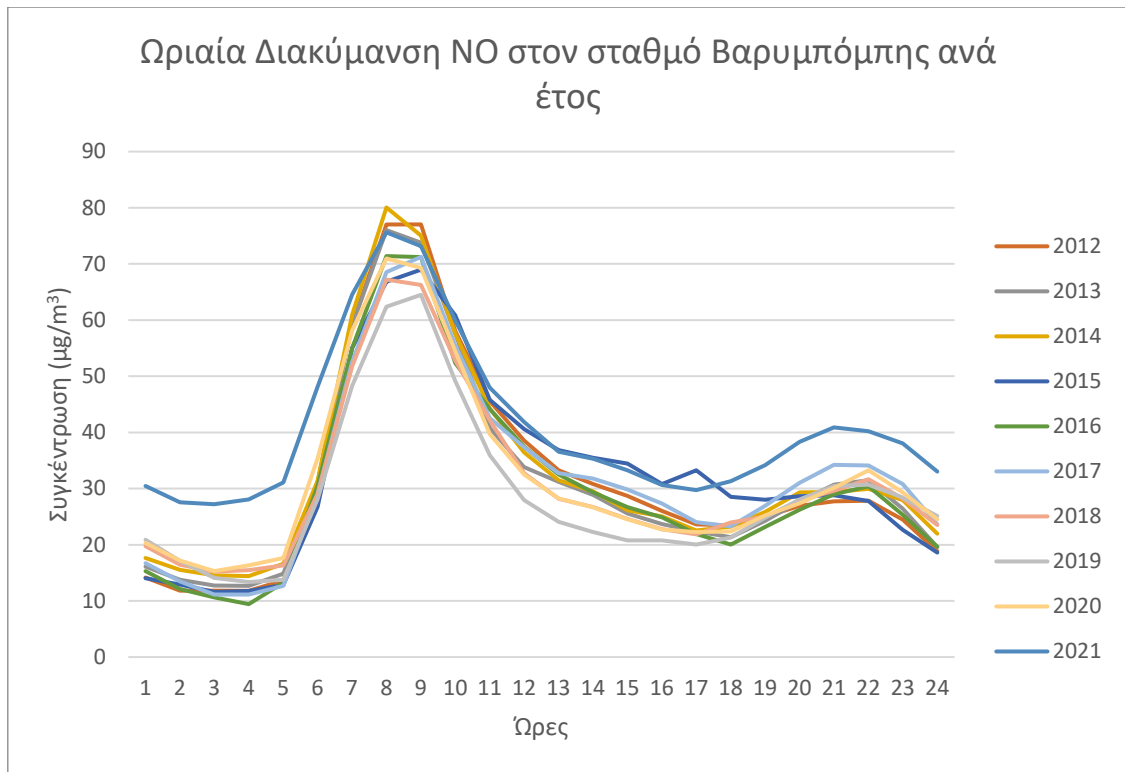


Διάγραμμα 24: Ωριαία διακύμανση NO στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος

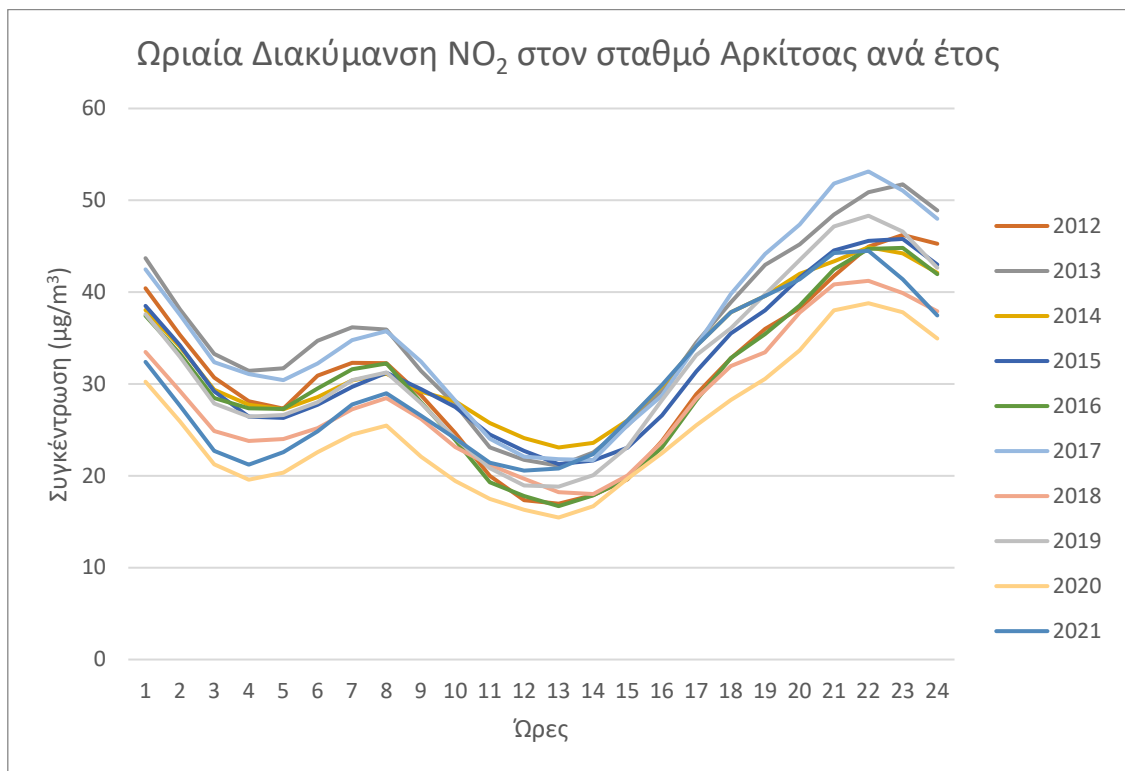


Διάγραμμα 25: Ωριαία διακύμανση NO στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος

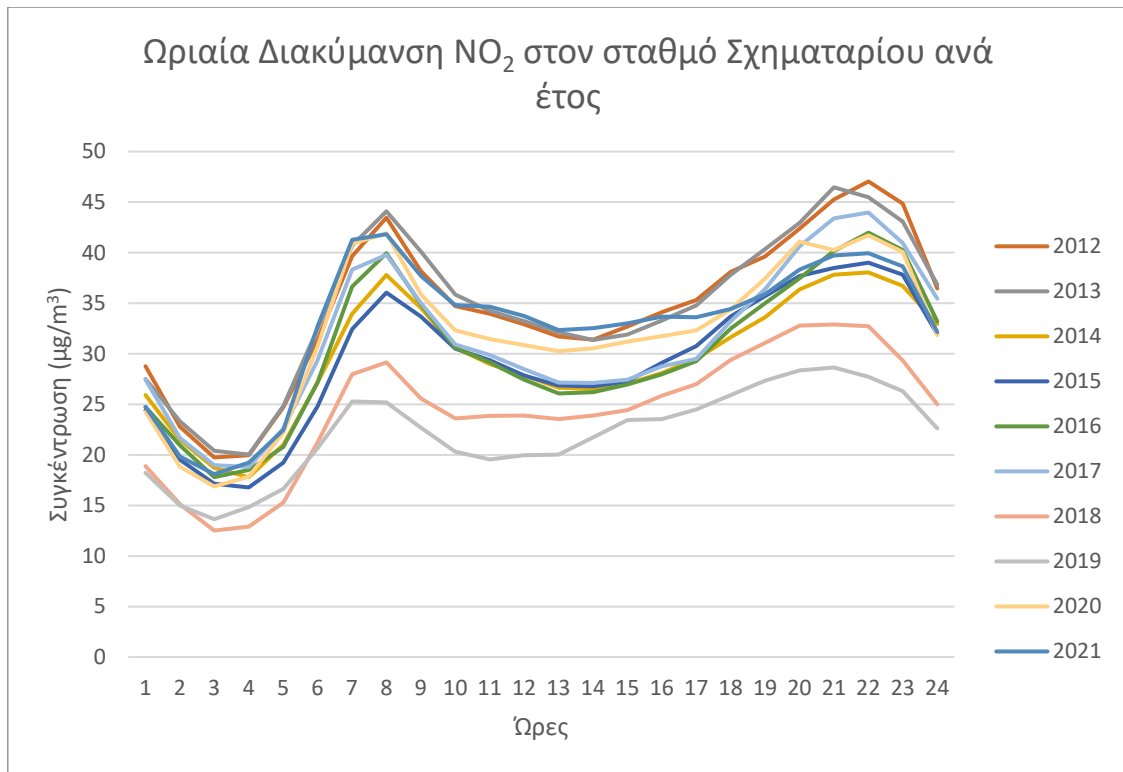




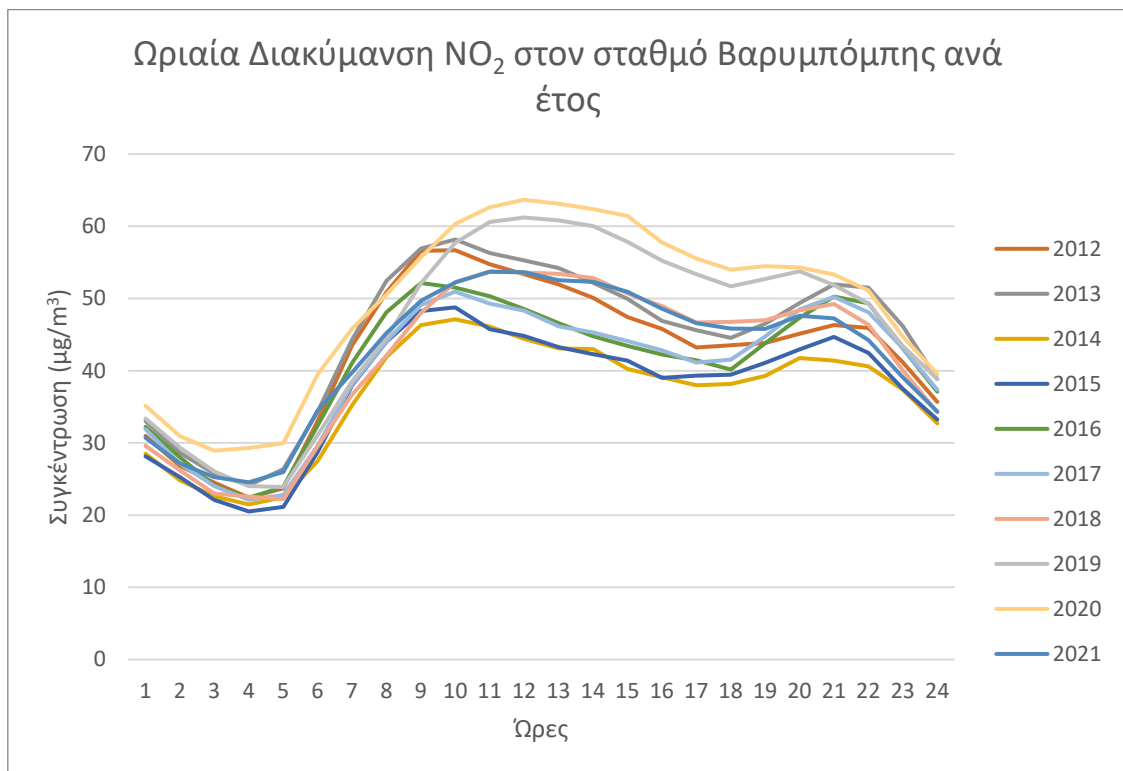
Διάγραμμα 26: Ωριαία διακύμανση NO στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος



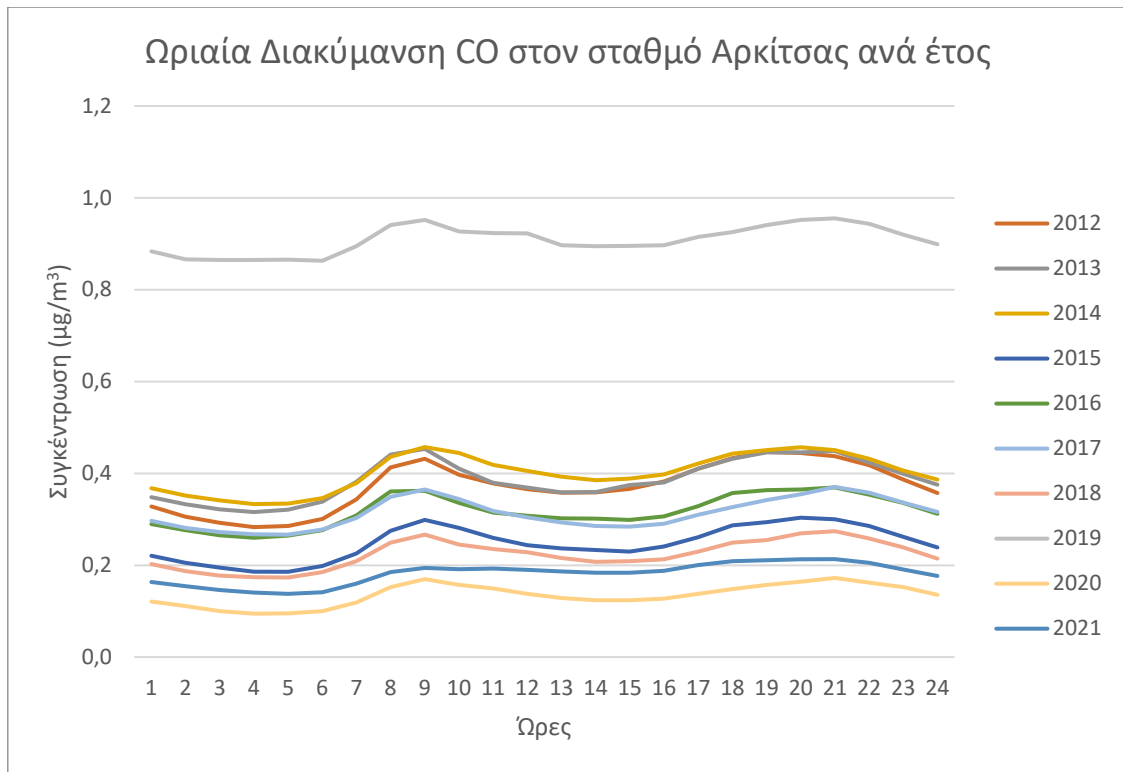
Διάγραμμα 27: Ωριαία διακύμανση NO<sub>2</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



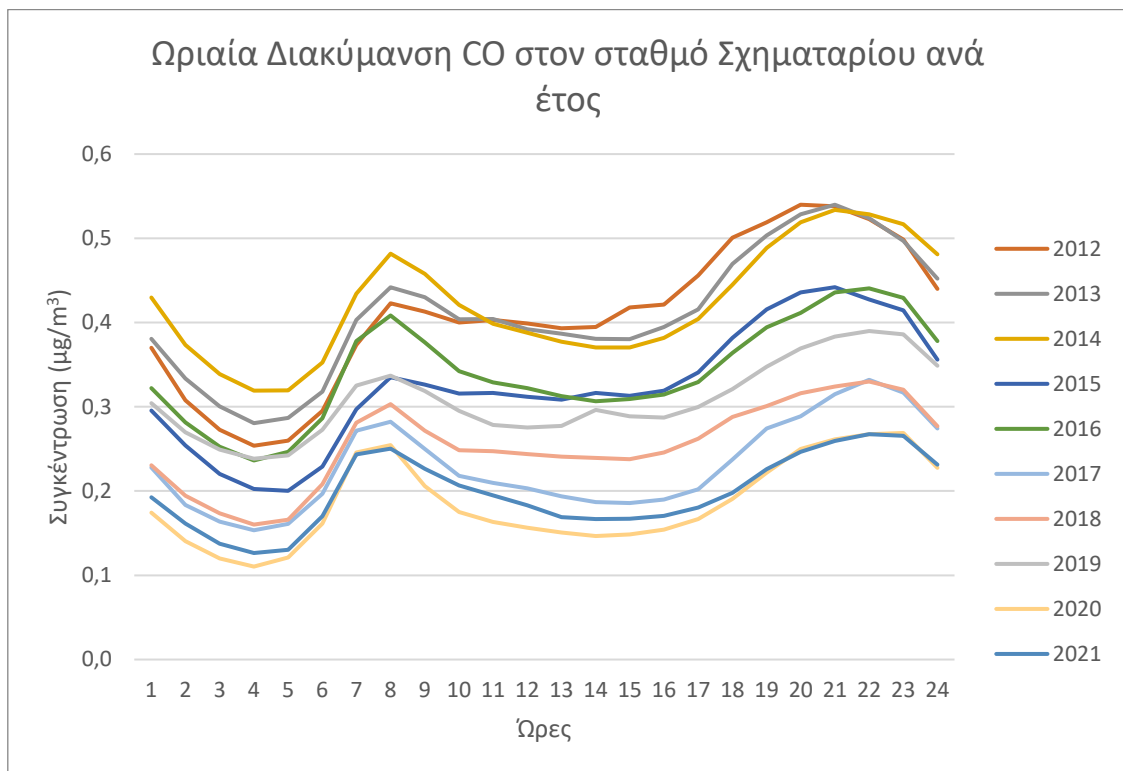
Διάγραμμα 28: Ωριαία διακύμανση NO<sub>2</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος



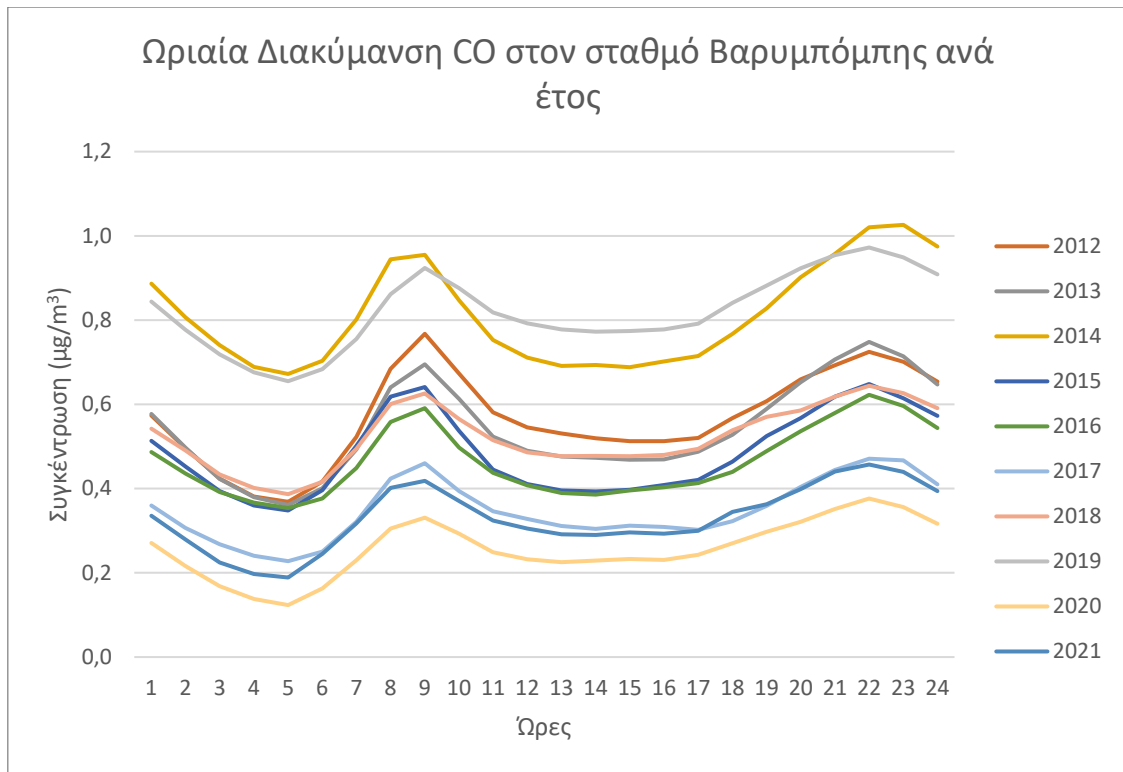
Διάγραμμα 29: Ωριαία διακύμανση NO<sub>2</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος



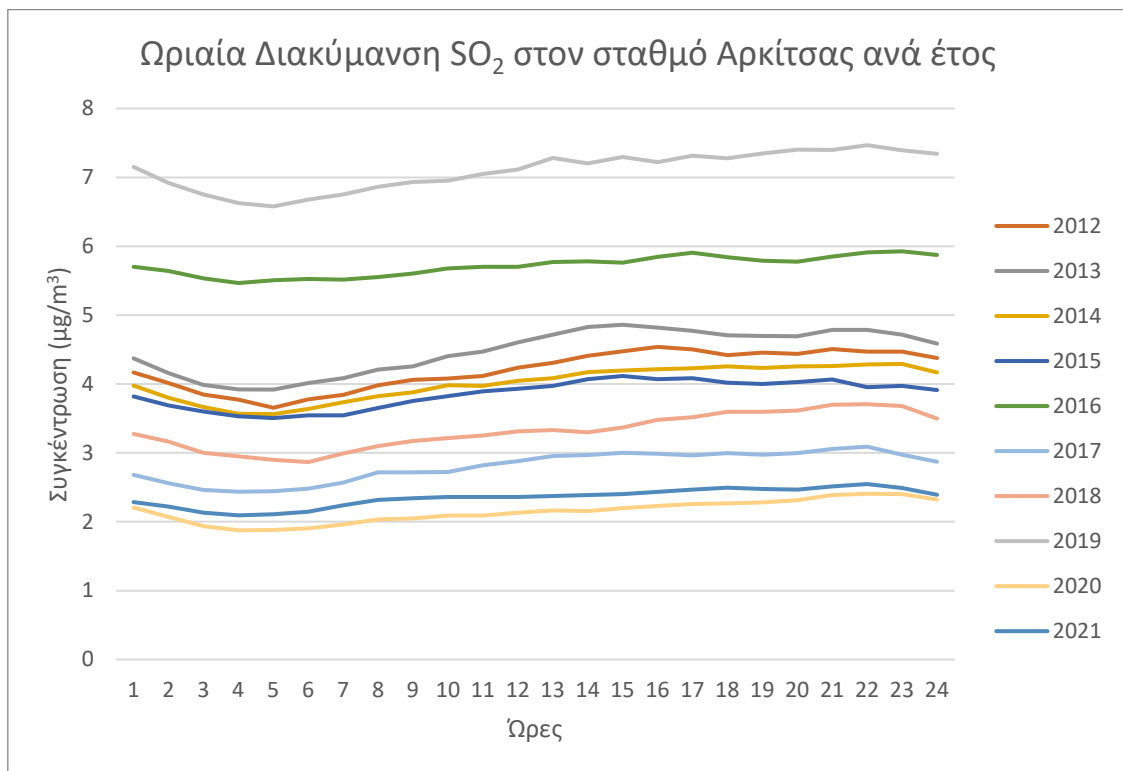
Διάγραμμα 30: Ωριαία διακύμανση CO στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



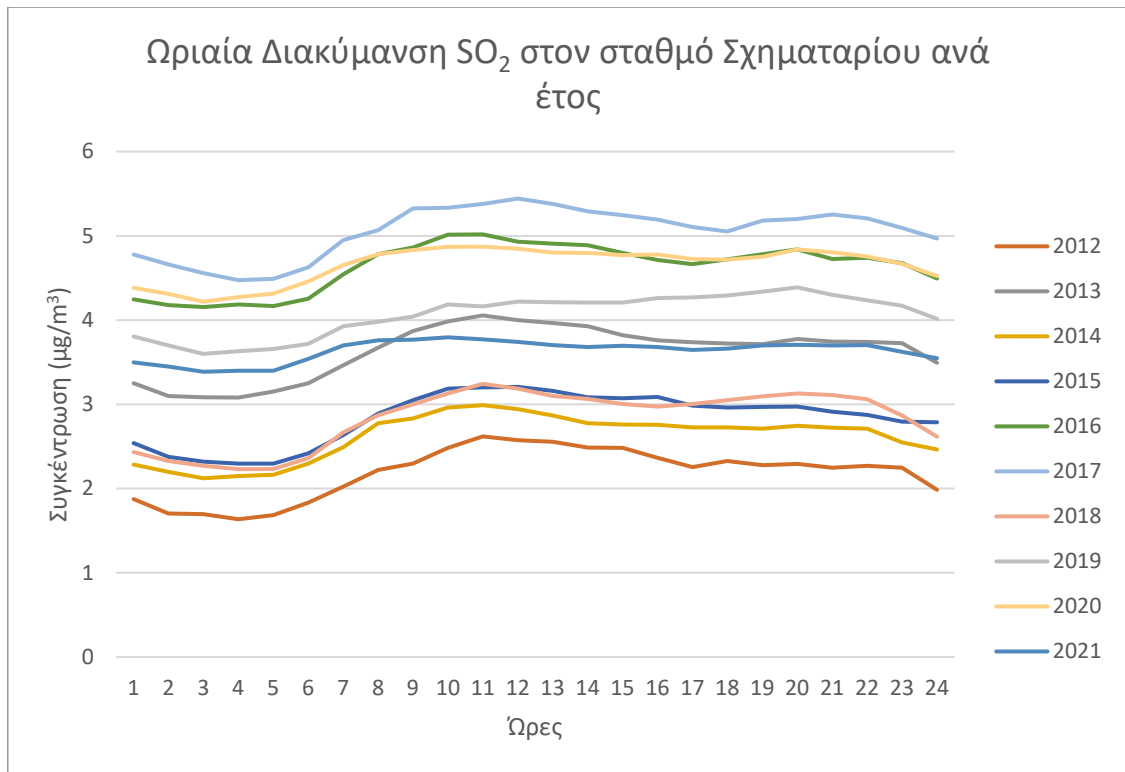
Διάγραμμα 31: Ωριαία διακύμανση CO στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος



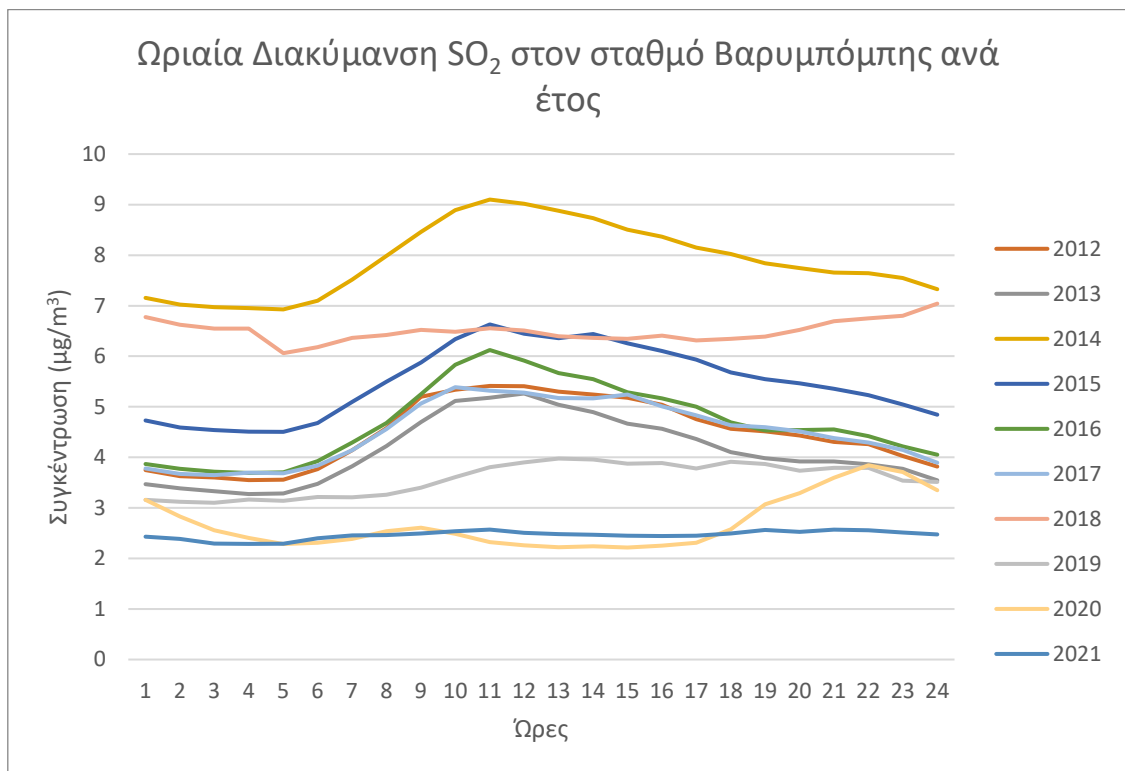
Διάγραμμα 32: Ωριαία διακύμανση CO στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος



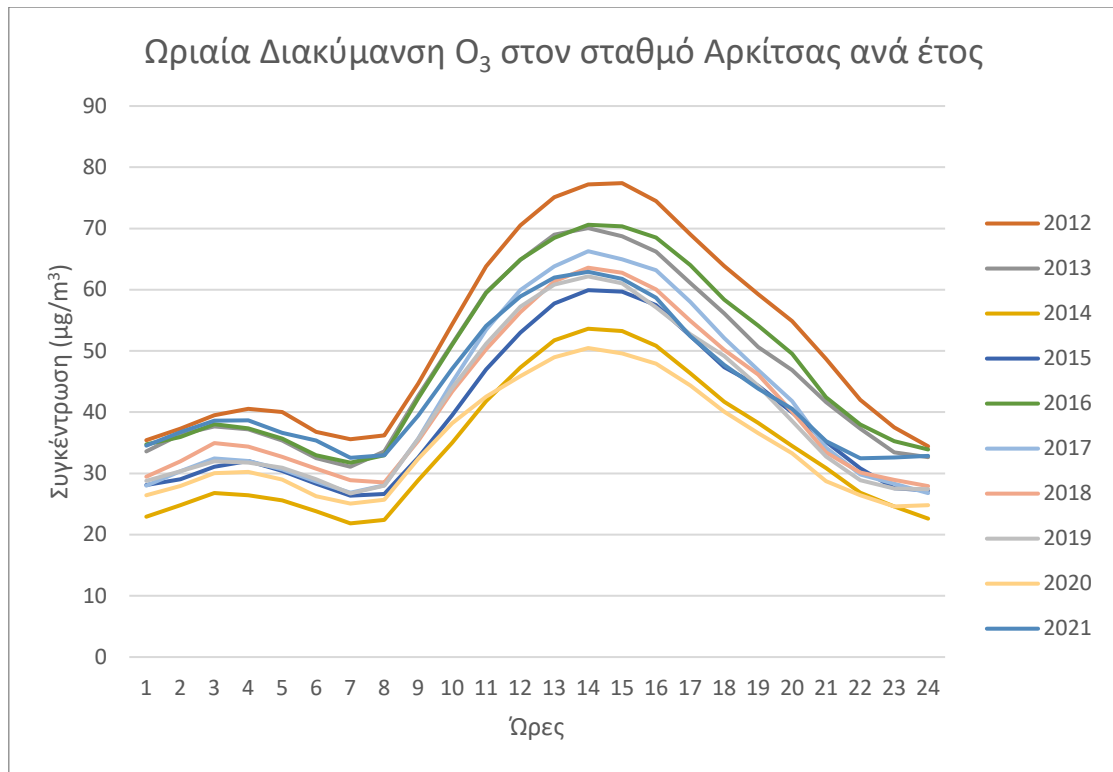
Διάγραμμα 33: Ωριαία διακύμανση SO<sub>2</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



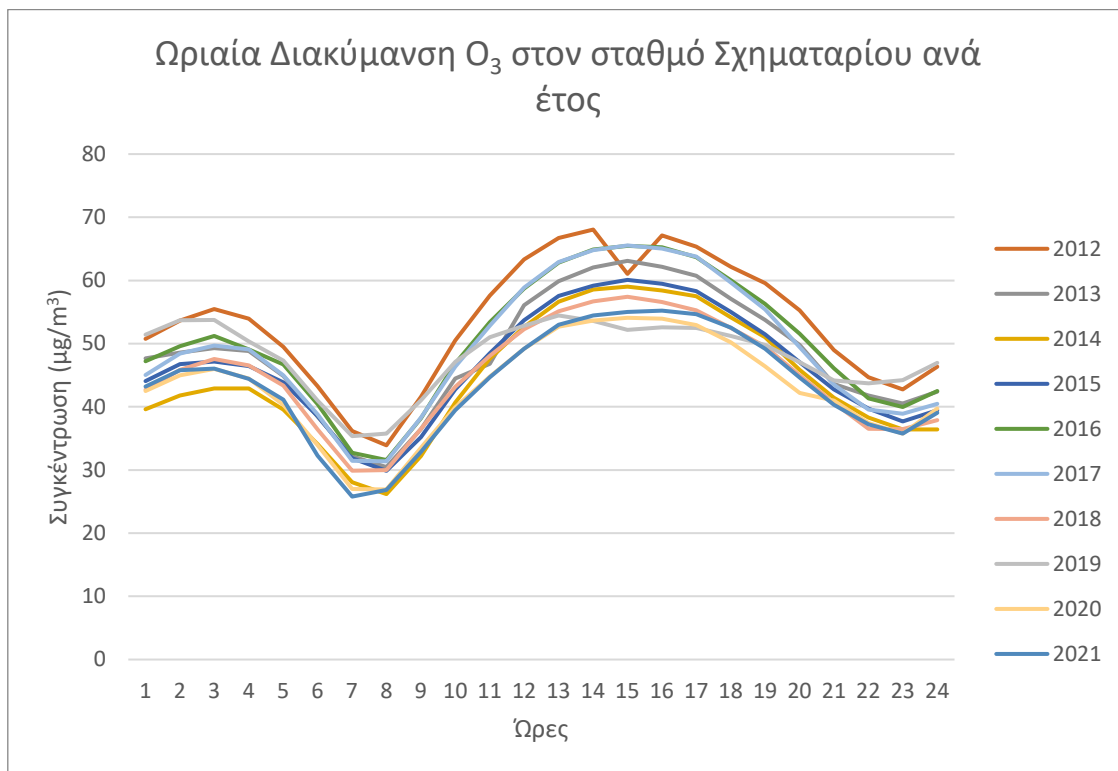
Διάγραμμα 34: Ωριαία διακύμανση SO<sub>2</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος



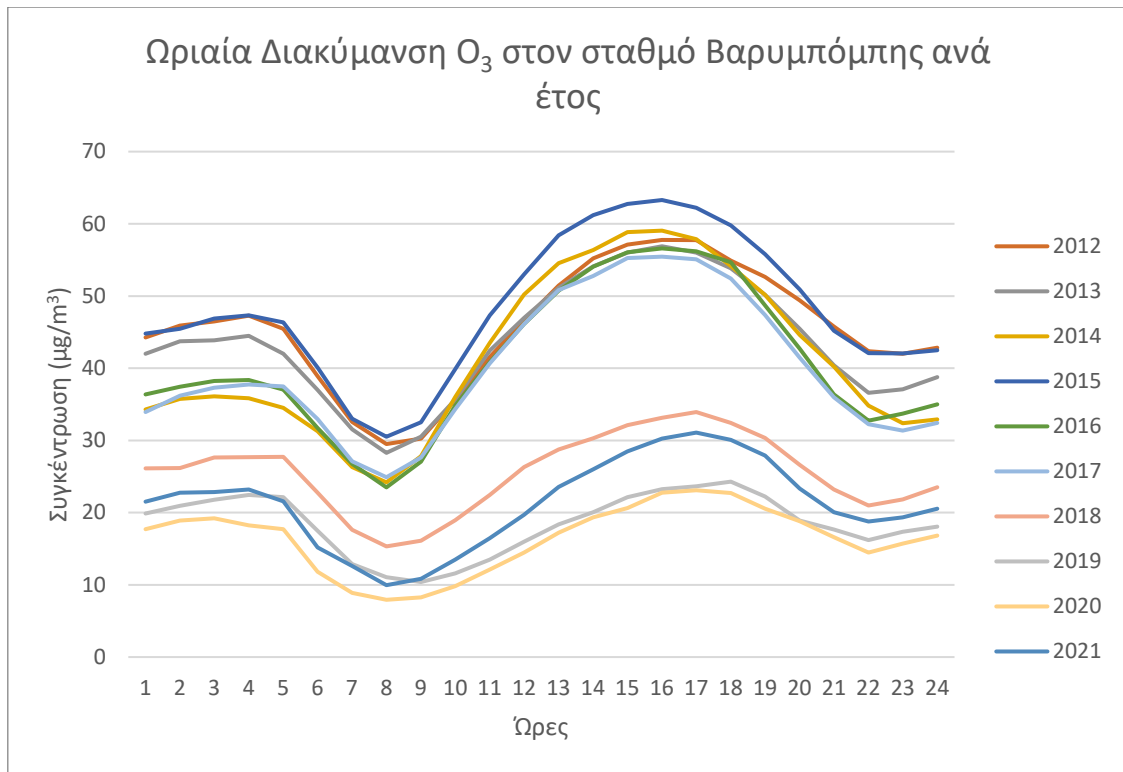
Διάγραμμα 35: Ωριαία διακύμανση SO<sub>2</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος



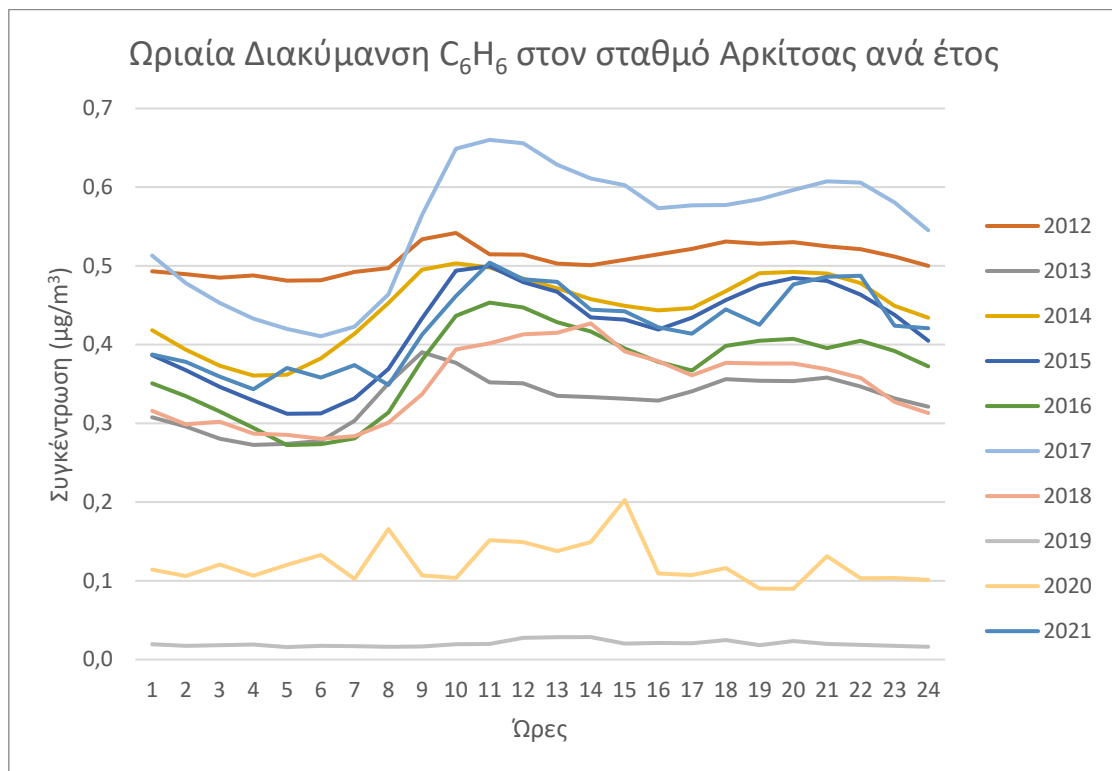
Διάγραμμα 36: Ωριαία διακύμανση O<sub>3</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



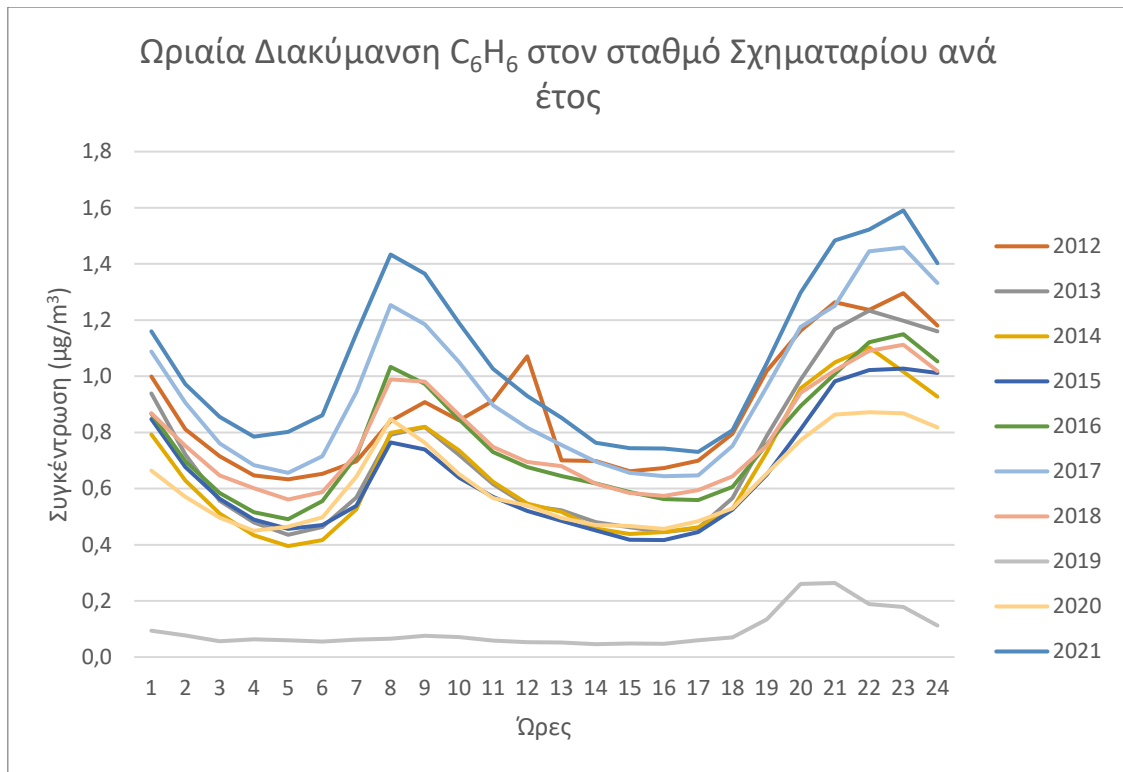
Διάγραμμα 37: Ωριαία διακύμανση O<sub>3</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος



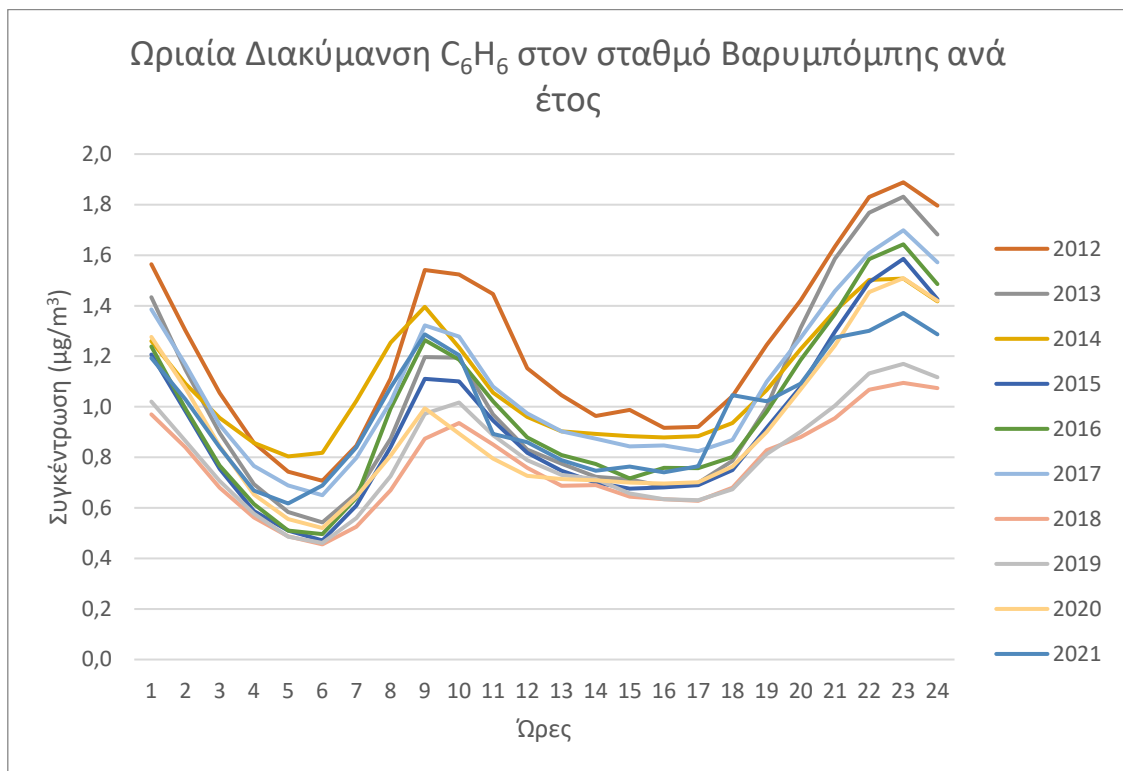
Διάγραμμα 38: Ωριαία διακύμανση O<sub>3</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος



Διάγραμμα 39: Ωριαία διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> στον σταθμό Αρκίτσας ανά έτος



Διάγραμμα 40: Ωριαία διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> στον σταθμό Σχηματαρίου ανά έτος



Διάγραμμα 41: Ωριαία διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> στον σταθμό Βαρυμπόμπης ανά έτος



### 6.5.2. Στατιστική ανάλυση

- Σχετικά με τα  $PM_{10}$  και τα  $PM_{2.5}$  όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 18, 19, 20 και στα Διαγράμματα 20, 21, 22 αντίστοιχα, χαρακτηριστική είναι η αυξητική τάση που υπάρχει στη Βαρυμπόμπη και στο Σχηματάρι τις πρωινές ώρες 7-10πμ και τις απογευματινές-βραδινές 17-21μμ. Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι πρόκειται για διαστήματα έντονης κυκλοφοριακής αιχμής λόγω μετάβασης και αποχώρησης από την εργασία.

Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου (πετρελαιοκίνητα οχήματα), στη φθορά των ελαστικών, των υλικών πέδησης και του οδοστρώματος και στην επαναιώρηση. Επίσης, στις αυξημένες τιμές ενδεχομένως να συνεισφέρει και η καύση βιομάζας για θέρμανση την ψυχρή περίοδο του έτους σε ώρες παρουσίας φαινομένου θερμοκρασιακής αναστροφής. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)

Αντίθετα, τις ώρες που πέφτει η κυκλοφορία στο αστικό κομμάτι, μειώνεται το επίπεδο των ρύπων. Στην Αρκίτσα η ωριαία μεταβολή είναι λιγότερο έντονη σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς.

Όπως φαίνεται και στις ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις του Παραρτήματος 4, υπάρχει παρόμοια ωριαία μεταβολή  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$  για κάθε έτος. Στην Αρκίτσα ωστόσο ενώ παρατηρείται σχετική σταθερότητα στις ωριαίες μεταβολές  $PM_{10}$  τα έτη 2017, 2019, 2020 και 2021, στα υπόλοιπα έτη παρατηρούνται αυξημένες τιμές τις πρωινές και νυχτερινές ώρες. Στον ίδιο σταθμό για τα  $PM_{2.5}$  παρατηρείται σχετική σταθερότητα στις ωριαίες τιμές εκτός από τα έτη 2012 και 2016 όπου υπάρχει αρκετή μείωση στις τιμές τις μεταμεσημβρινές ώρες. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η χαμηλή τιμή των ρύπων  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$  το 2020 η οποία φαίνεται να οφείλεται στη μειωμένη κυκλοφορία το έτος αυτό, ειδικά στον αστικό σταθμό Βαρυμπόμπης, λόγω των απαγορεύσεων κυκλοφορίας εξαιτίας της πανδημίας Covid-19.

- Παρόμοια εικόνα μπορεί να παρατηρήσει κάποιος βλέποντας τα διαγράμματα 24,25,26 και 27,28,29 για τα  $NO$  και  $NO_2$  αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, τις πρωινές ώρες περί τις 6-10πμ και 17-21μμ σε όλους τους σταθμούς υπάρχει αύξηση των εν λόγω ρύπων, στο οποίο ενδεχομένως να συνεισφέρει ότι πρόκειται για ώρες κυκλοφοριακής αιχμής λόγω μετάβασης και αποχώρησης από την εργασία, ενώ τις νυχτερινές και μεσημεριανές ώρες οι τιμές έχουν πτωτική τάση.

Όπως φαίνεται και στις ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις του Παραρτήματος 4, υπάρχει παρόμοια ωριαία μεταβολή  $NO$  και  $NO_2$  για κάθε έτος.

Τα υψηλά επίπεδα του ρύπου  $NO$  το 2018 στο Σχηματάρι είναι ύποπτα και δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση καθώς πιθανώς να υπάρχει σφάλμα στις μετρήσεις.

- Σχετικά με τον ρύπο  $CO$  όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 30, 31 και 32 υπάρχει αντίστοιχη εικόνα με τους ανωτέρω ρύπους στη Βαρυμπόμπη και στο Σχηματάρι, προφανώς για τους ίδιους κυκλοφοριακούς λόγους. Στην Αρκίτσα οι μετρήσεις είναι σε παρεμφερή επίπεδα όλο το 24ωρο, πιθανώς λόγω της πιο αραιής κυκλοφορίας.

Όπως φαίνεται και στις ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις του Παραρτήματος 4, υπάρχει παρόμοια ωριαία μεταβολή  $CO$  για κάθε έτος.

Τα υψηλά επίπεδα τιμών στην Αρκίτσα το 2019 είναι ύποπτα και δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση καθώς πιθανώς οφείλονται σε εσφαλμένη βαθμονόμηση.

- Για τον ρύπο  $SO_2$  όπως φαίνεται στα διαγράμματα 33, 34 και 35 δεν παρατηρείται κάποια αυξομειωτική τάση κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Η μοναδική παρατήρηση αφορά τα σχετικά χαμηλότερα επίπεδα κατά τις μεταμεσονύχτιες και πρώτες πρωινές ώρες. Οι τιμές όπως προαναφέρθηκε είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα θερμοθετημένα όρια.

Όπως φαίνεται και στις ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις του Παραρτήματος 4, υπάρχει παρόμοια ωριαία μεταβολή  $SO_2$  για κάθε έτος.

- Σχετικά με το  $O_3$ , όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 36, 37 και 38, οι τιμές παρουσιάζουν αυξητική τάση τις μεσημεριανές ώρες, με τις υψηλότερες τιμές μεταξύ 14-16μμ. καθώς εκείνες τις ώρες υπάρχει μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία και υψηλές θερμοκρασίες, συνθήκες οι οποίες συνεισφέρουν στον σχηματισμό  $O_3$ .

Όπως φαίνεται και στις ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις του Παραρτήματος 4, υπάρχει παρόμοια ωριαία μεταβολή  $O_3$  για κάθε έτος.

Παρατηρώντας το διάγραμμα 38, στη Βαρυμπόμπη διαπιστώνονται πτωτικές τιμές από το έτος 2018 και έπειτα σε σχέση με τα προηγούμενα έτη, ενδεχομένως λόγω της φύσης του ρύπου (δευτερογενής ρύπος με μεγάλο χρόνο παραμονής στην τροπόσφαιρα και φαινόμενο μεταφοράς από την στρατόσφαιρα).

- Το  $C_6H_6$  ακολουθεί παρόμοια τάση με τα PM,  $NO_x$  και CO, όπως φαίνεται και στα σχετικά διαγράμματα 39, 40 και 41. Δηλαδή, στους σταθμούς Βαρυμπόμπης και Σχηματαρίου φαίνεται αύξηση τις πρωινές ώρες μεταξύ 7-10πμ και τις απογευματινές 18-22μμ. Στην Αρκίτσα ωστόσο δεν διαφαίνεται κάποιο μοτίβο, προφανώς λόγω πιο αραιής κυκλοφορίας οχημάτων.

Όπως φαίνεται και στις ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις του Παραρτήματος 4, υπάρχει παρόμοια ωριαία μεταβολή  $C_6H_6$  για κάθε έτος.

Σημειώνεται ότι τα χαμηλά επίπεδα τιμών στην Αρκίτσα το 2019 και 2020 και στο Σχηματάρι το 2019 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω πολύ χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων.

- Για τα  $NO$ , CO και  $C_6H_6$  εκτός από την κυκλοφορία οχημάτων οι αυξημένες τιμές τις πρωινές ώρες οφείλεται στο γεγονός ότι τις ώρες αυτές επικρατούν ευνοϊκές για τη συσσώρευση των ατμοσφαιρικών ρύπων μετεωρολογικές συνθήκες (εμφάνιση θερμοκρασιακών αναστροφών) ενώ και επίσης η λειτουργία κεντρικής θέρμανσης την ψυχρή περίοδο του έτους συνεισφέρει τόσο στις πρωινές όσο και στις νυχτερινές αυξημένες τιμές. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)

Αναλυτικά οι ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις ανά ρύπο και ανά σταθμό περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 4 της παρούσας.

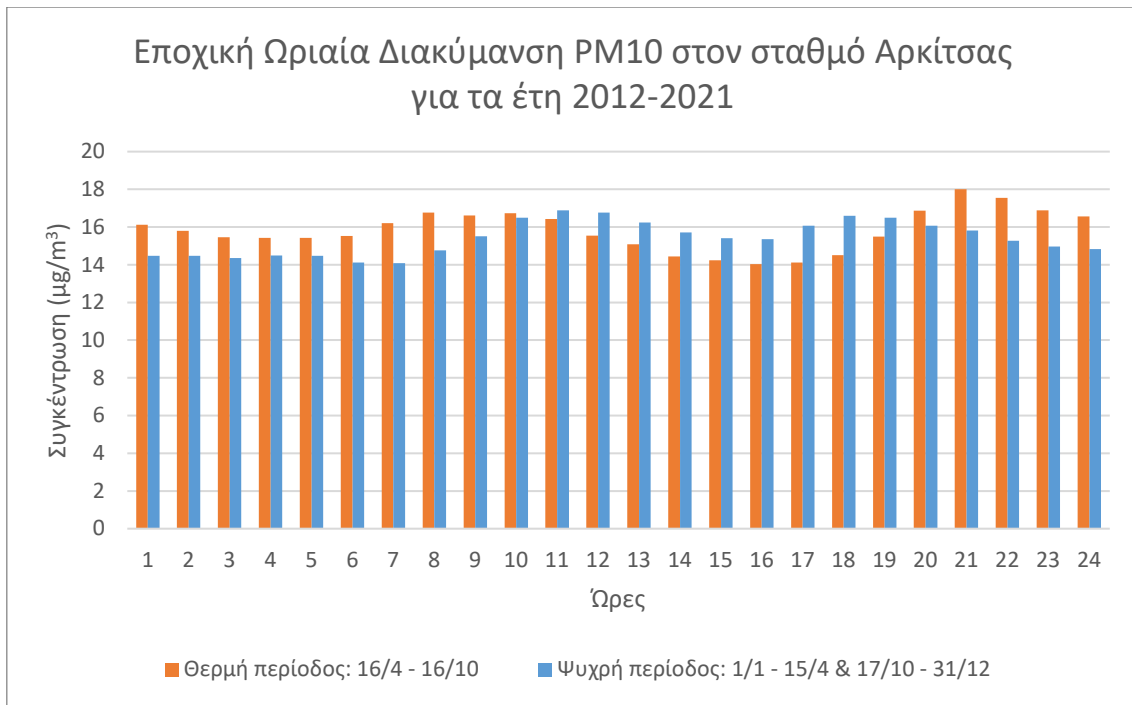
## 6.6. Εποχικές ωριαίες διακυμάνσεις ανά ρύπο για το σύνολο των ετών 2012-2021

Για την εξαγωγή περισσότερων παρατηρήσεων έχει υπολογιστεί η εποχική διακύμανση ωριαίων μετρήσεων για κάθε ρύπο ανά σταθμό για το σύνολο των ετών 2012 – 2021.

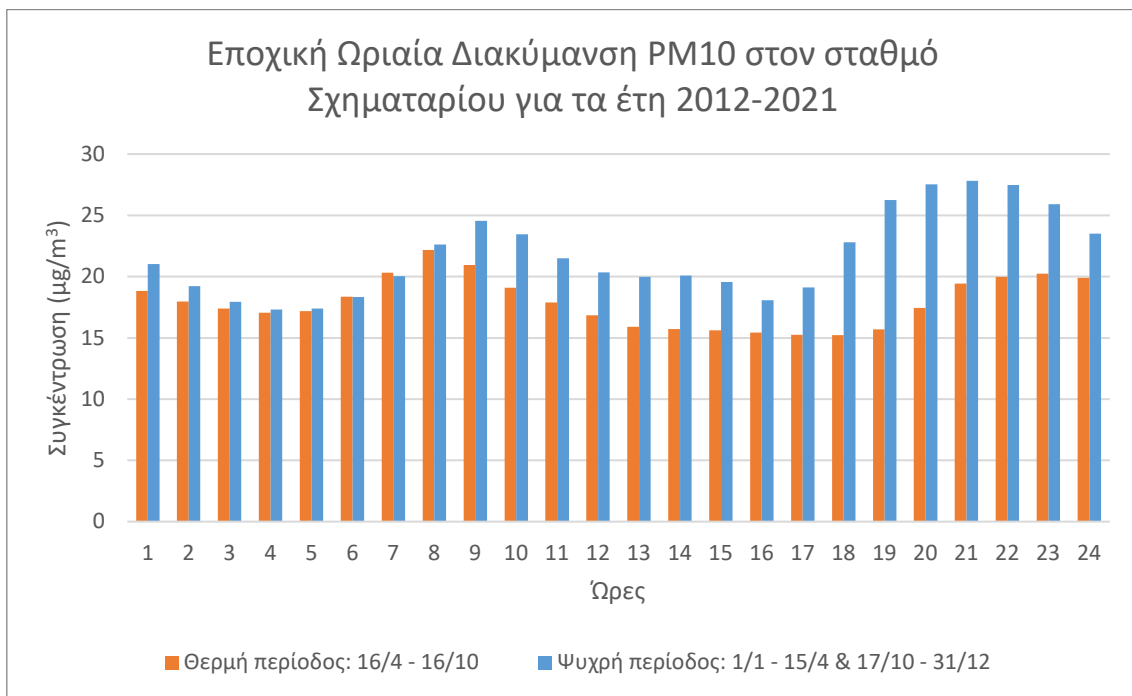
Ως «θερμή περίοδος» του έτους έχει χαρακτηριστεί το διάστημα 16 Απριλίου έως 16 Οκτωβρίου. Ως «ψυχρή περίοδος» του έτους έχει χαρακτηριστεί το διάστημα από 1 Ιανουαρίου έως 15 Απριλίου και από 17 Οκτωβρίου έως 31 Δεκεμβρίου.

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικά διαγράμματα μεταξύ θερμής και ψυχρής περιόδου.

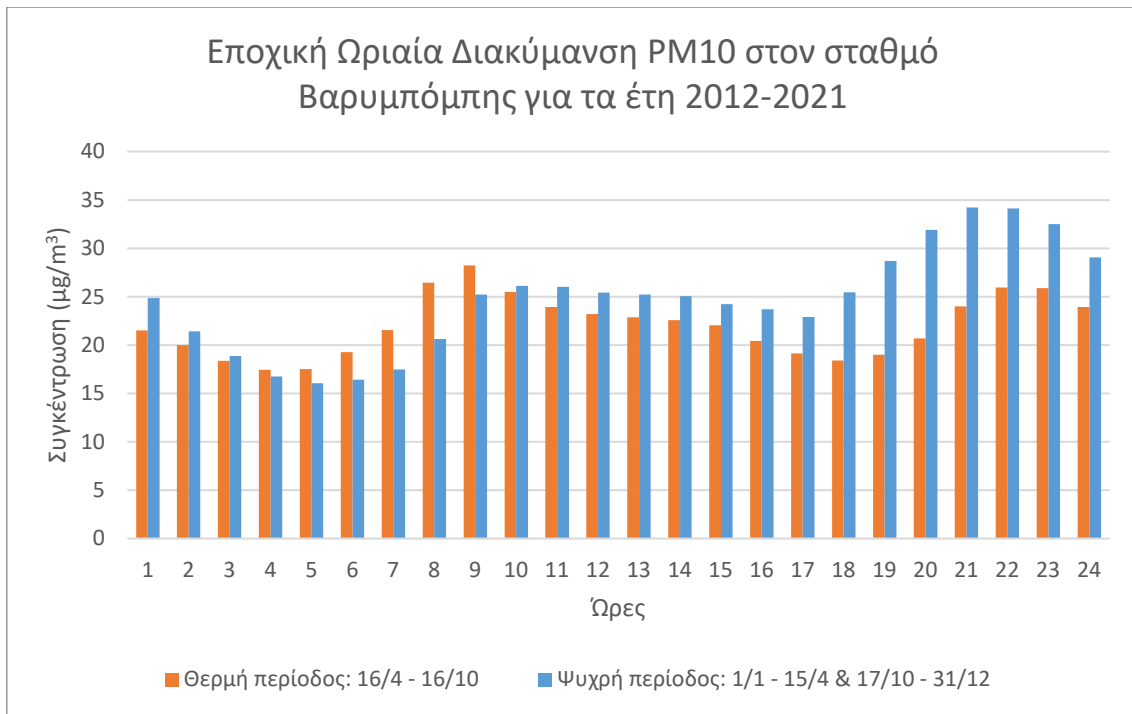
### 6.6.1. Διαγράμματα



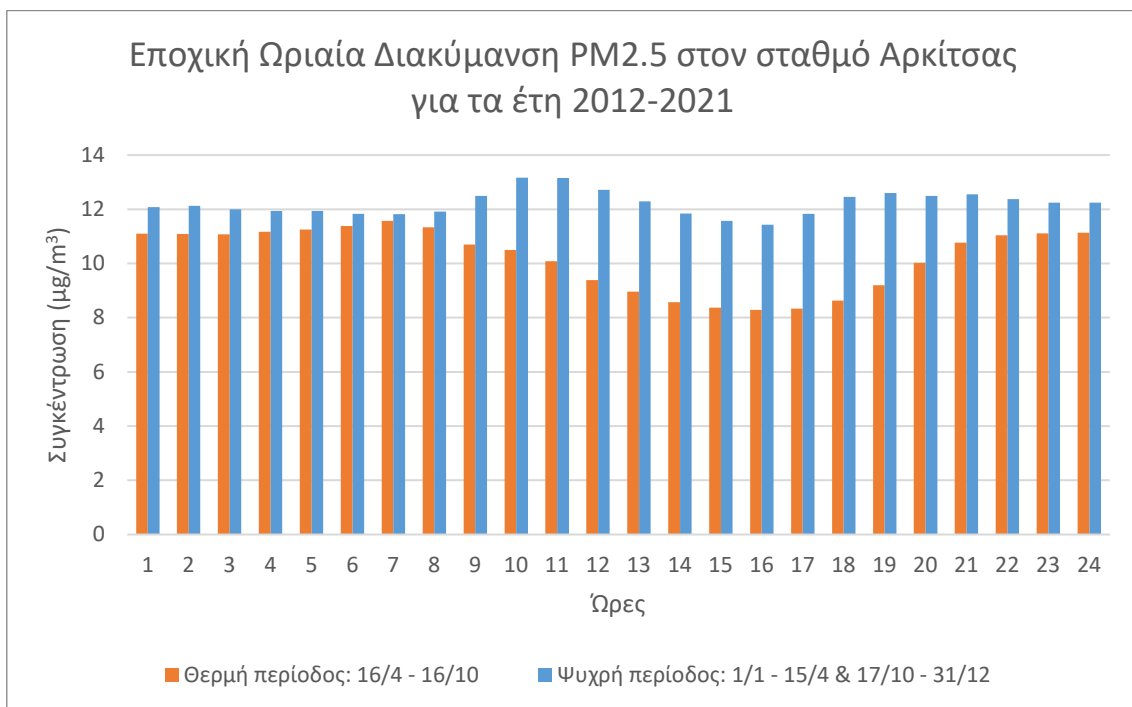
Διάγραμμα 42: Εποχική ωριαία διακύμανση PM<sub>10</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



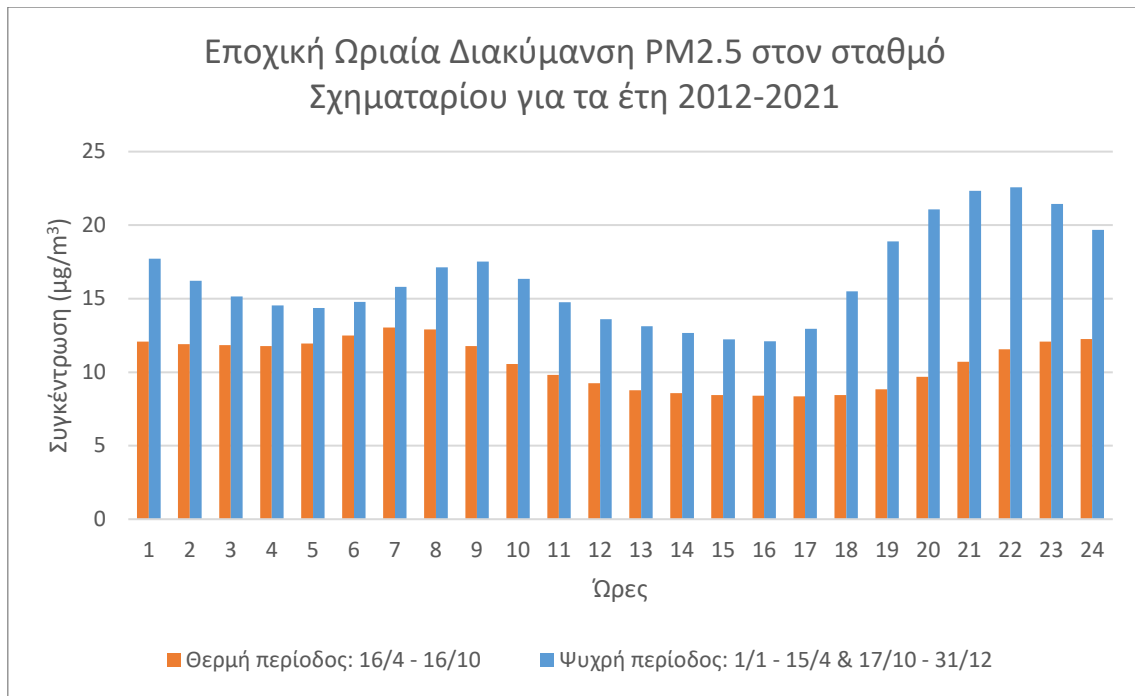
Διάγραμμα 43: Εποχική ωριαία διακύμανση PM<sub>10</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



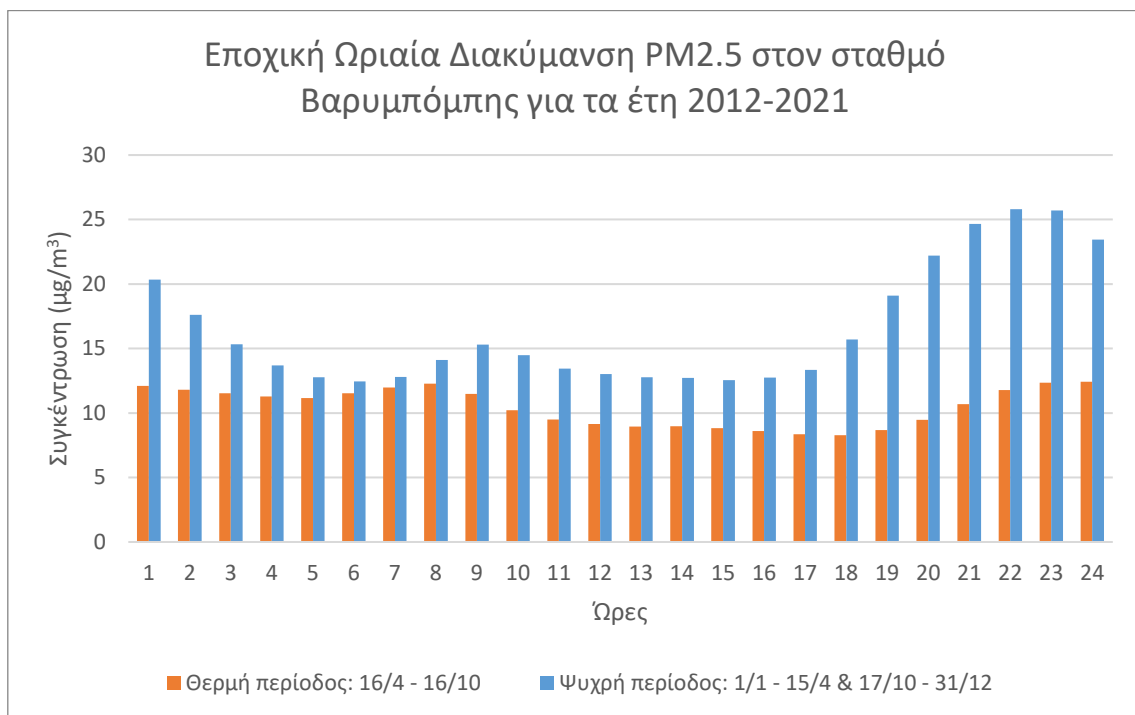
Διάγραμμα 44: Εποχική ωριαία διακύμανση PM<sub>10</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021



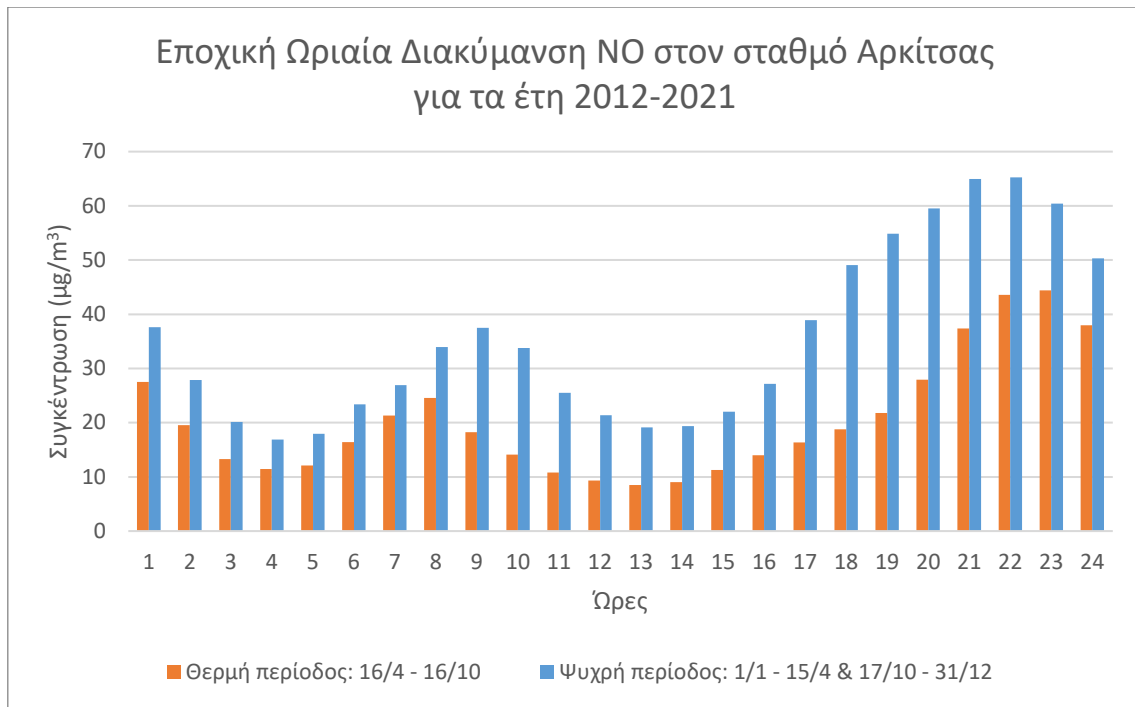
Διάγραμμα 45: Εποχική ωριαία διακύμανση PM<sub>2.5</sub> στον Σταθμό Αρκίσσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



Διάγραμμα 46: Εποχική ωριαία διακύμανση PM<sub>2.5</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



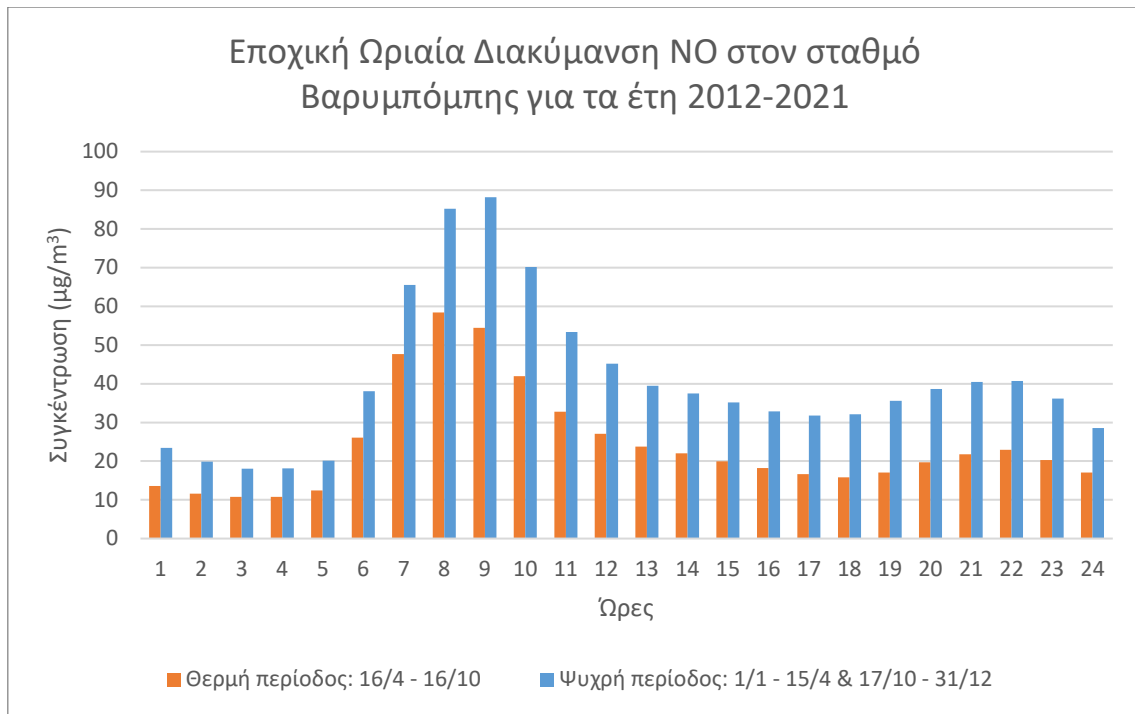
Διάγραμμα 47: Εποχική ωριαία διακύμανση PM<sub>2.5</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021



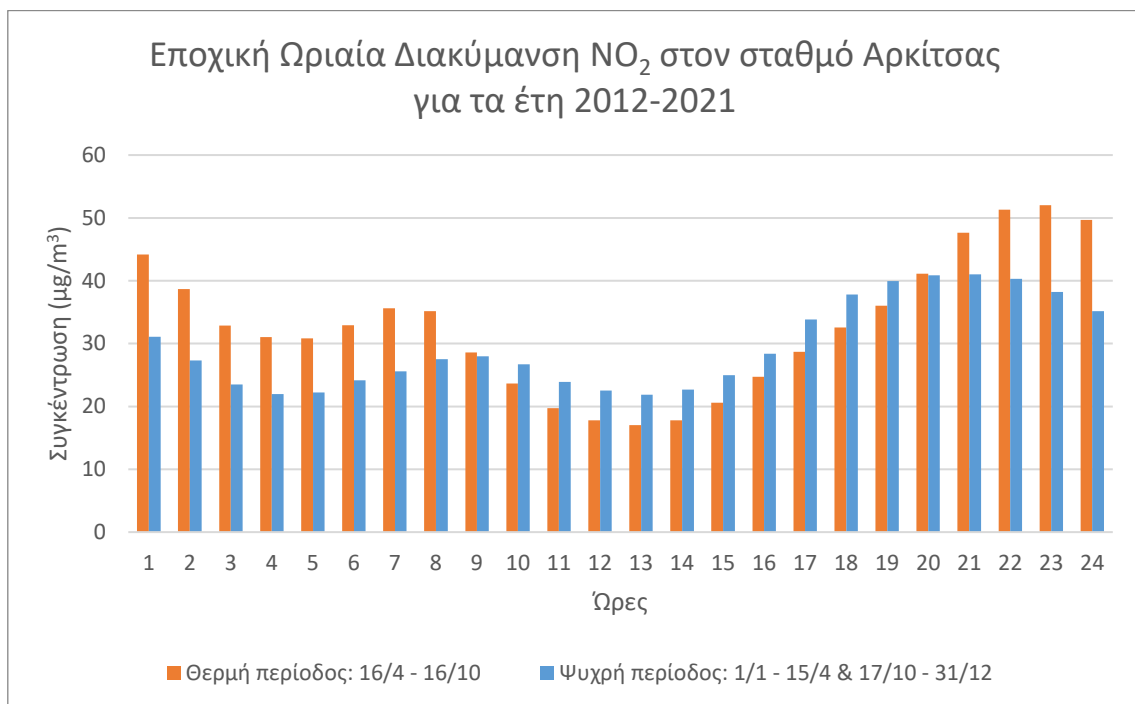
Διάγραμμα 48: Εποχική ωριαία διακύμανση NO στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



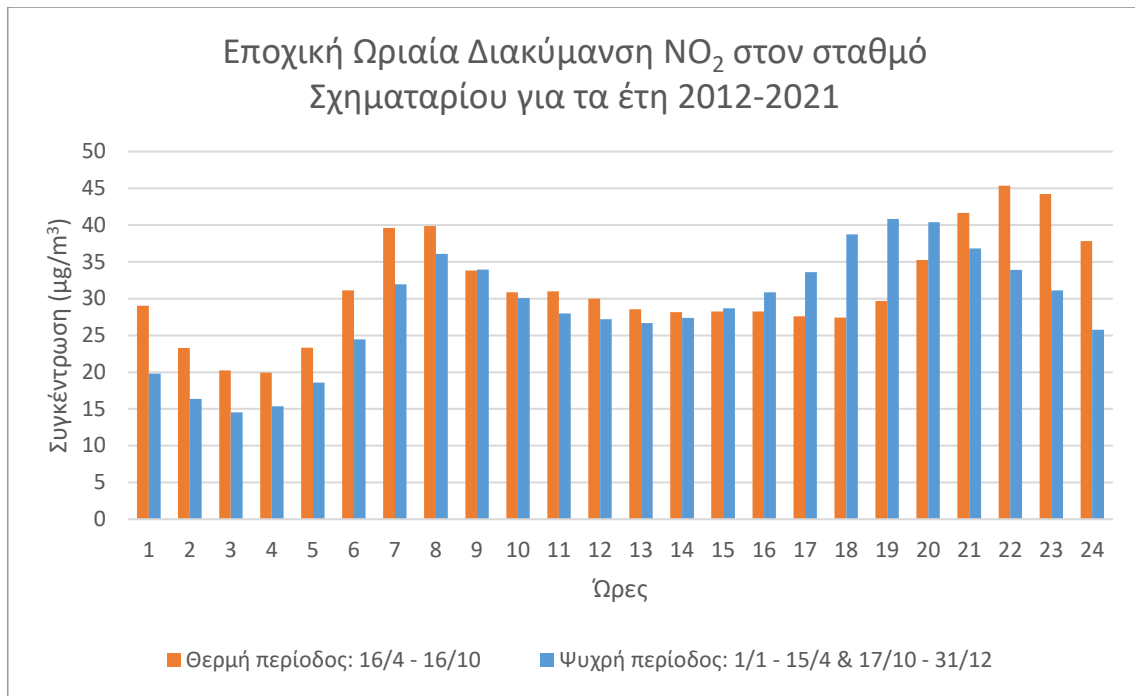
Διάγραμμα 49: Εποχική ωριαία διακύμανση NO στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



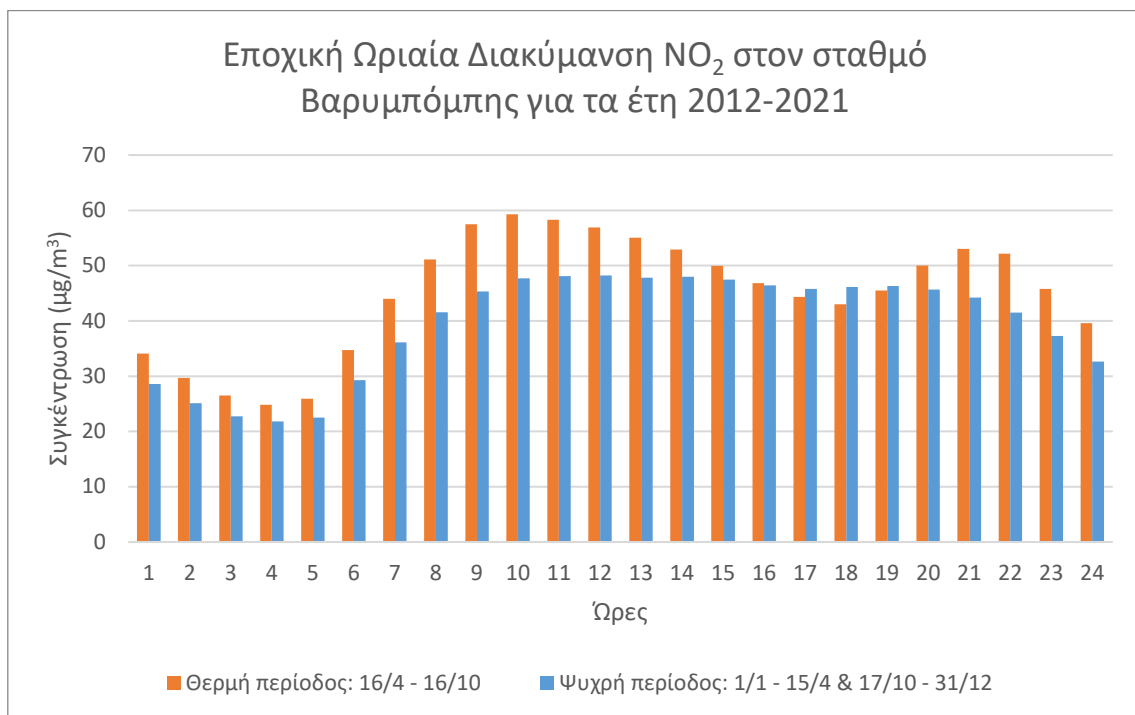
Διάγραμμα 50: Εποχική ωριαία διακύμανση NO στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021



Διάγραμμα 51: Εποχική ωριαία διακύμανση NO<sub>2</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021

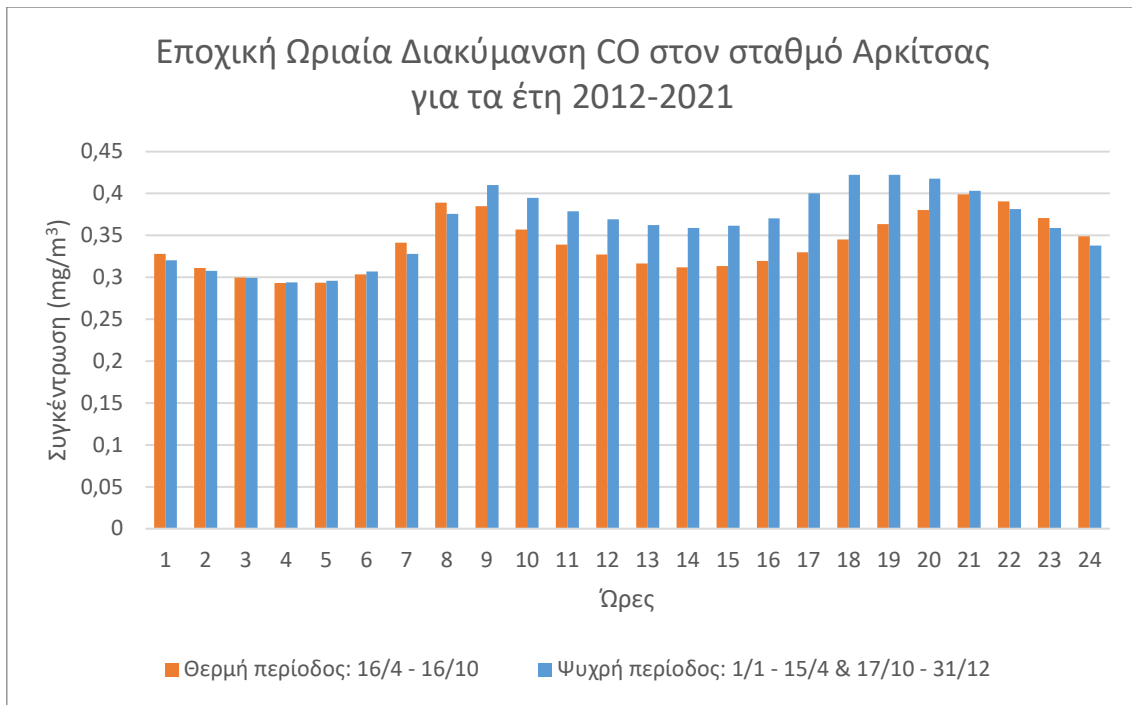


Διάγραμμα 52: Εποχική ωριαία διακύμανση NO<sub>2</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021

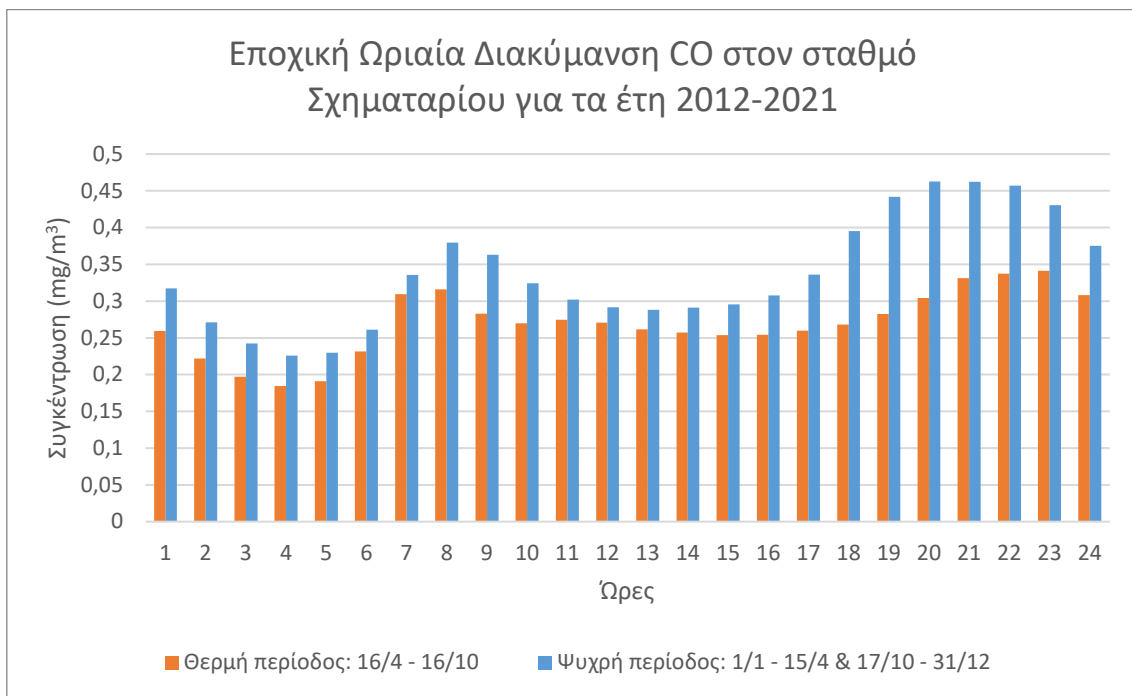


Διάγραμμα 53: Εποχική ωριαία διακύμανση NO<sub>2</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021

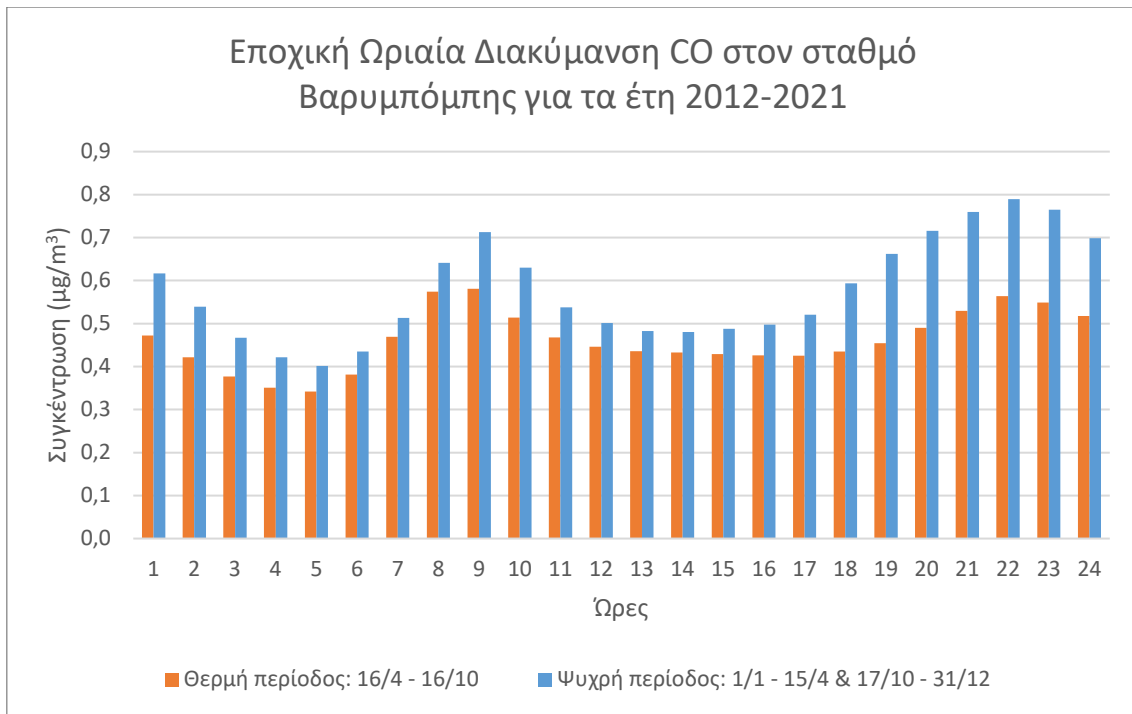




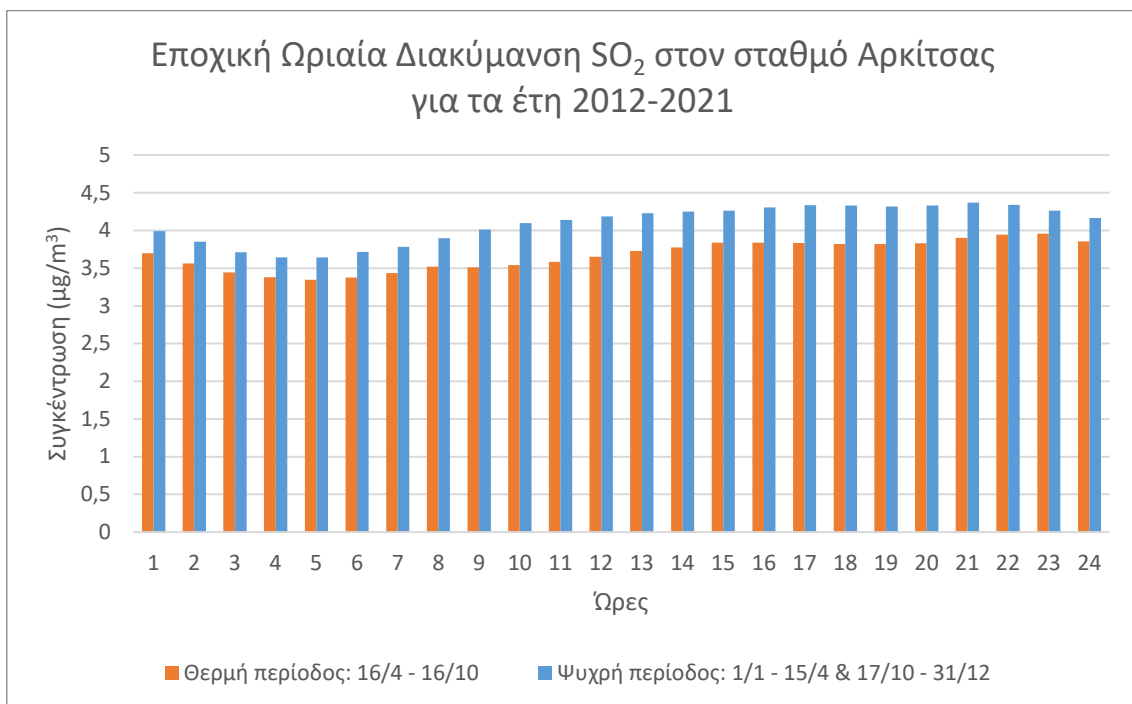
Διάγραμμα 54: Εποχική ωριαία διακύμανση CO στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



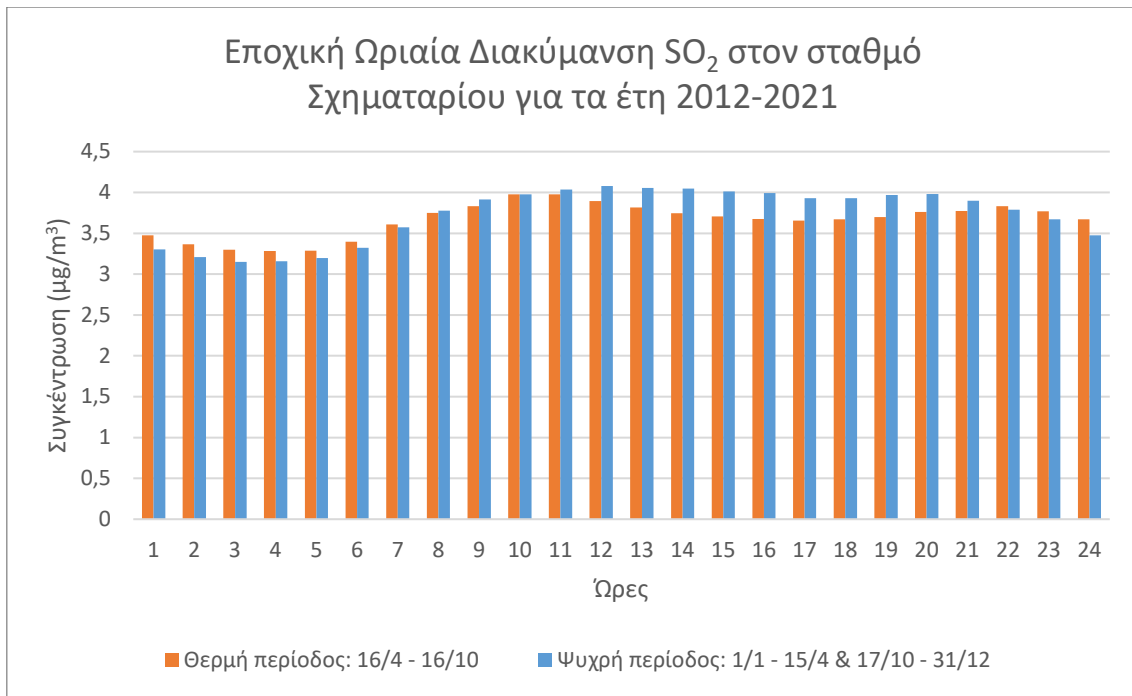
Διάγραμμα 55: Εποχική ωριαία διακύμανση CO στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



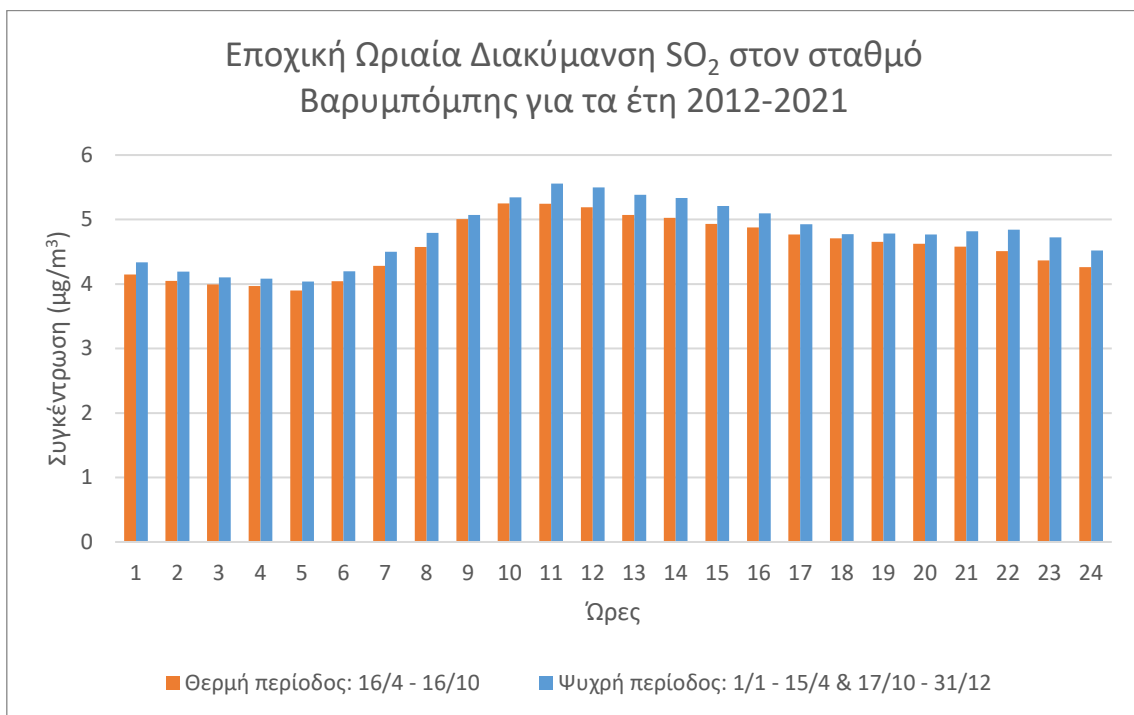
Διάγραμμα 56: Εποχική ωριαία διακύμανση CO στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021



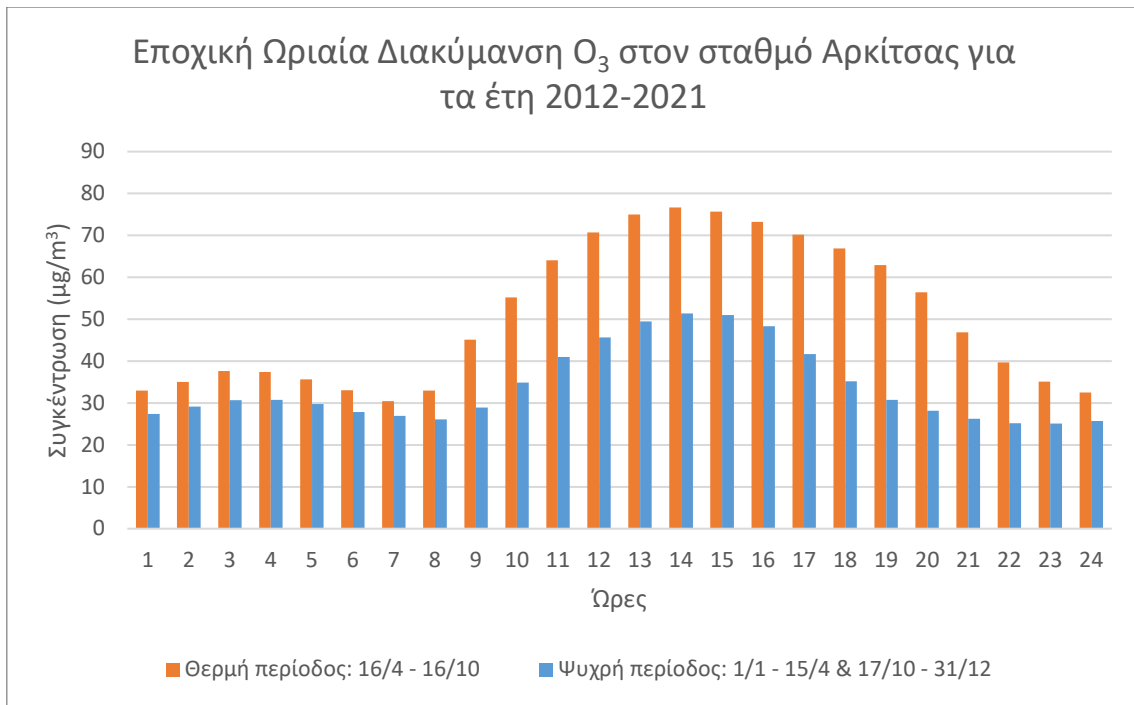
Διάγραμμα 57: Εποχική ωριαία διακύμανση SO<sub>2</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



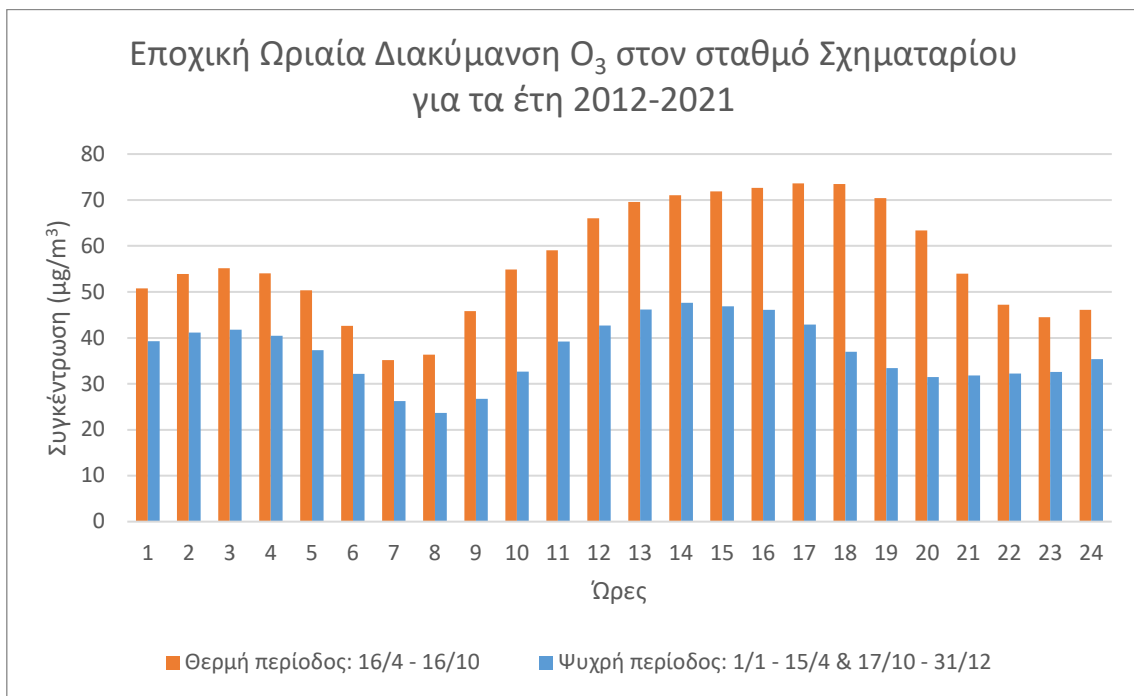
Διάγραμμα 58: Εποχική ωριαία διακύμανση SO<sub>2</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



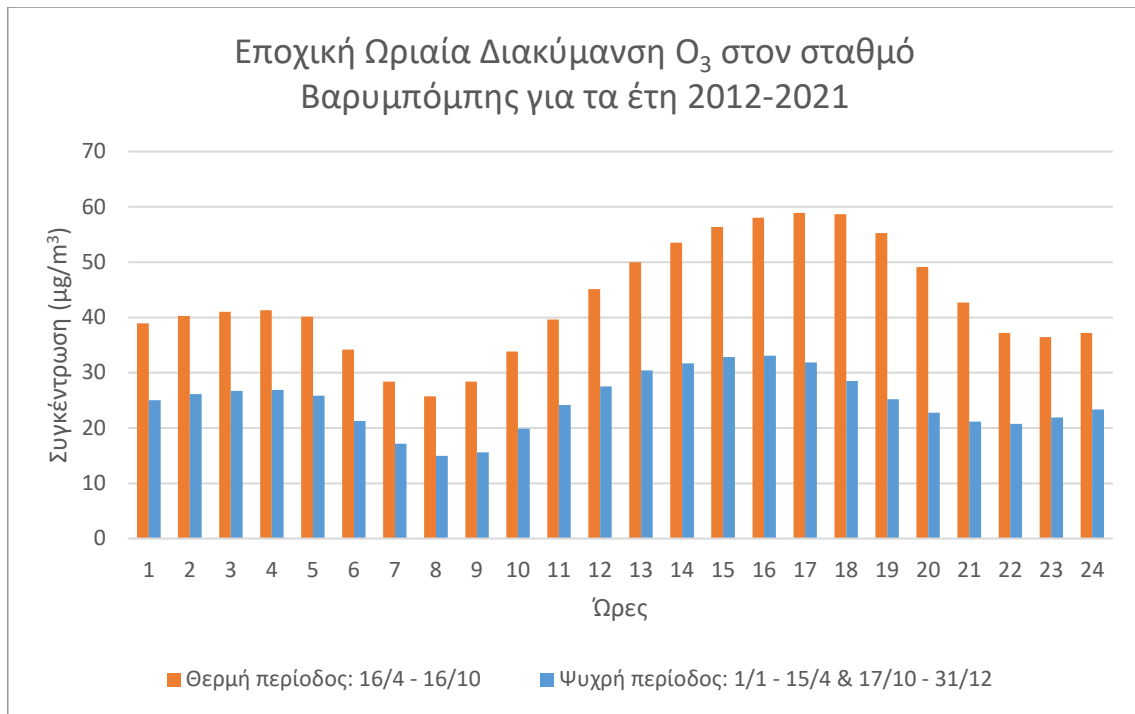
Διάγραμμα 59: Εποχική ωριαία διακύμανση SO<sub>2</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021



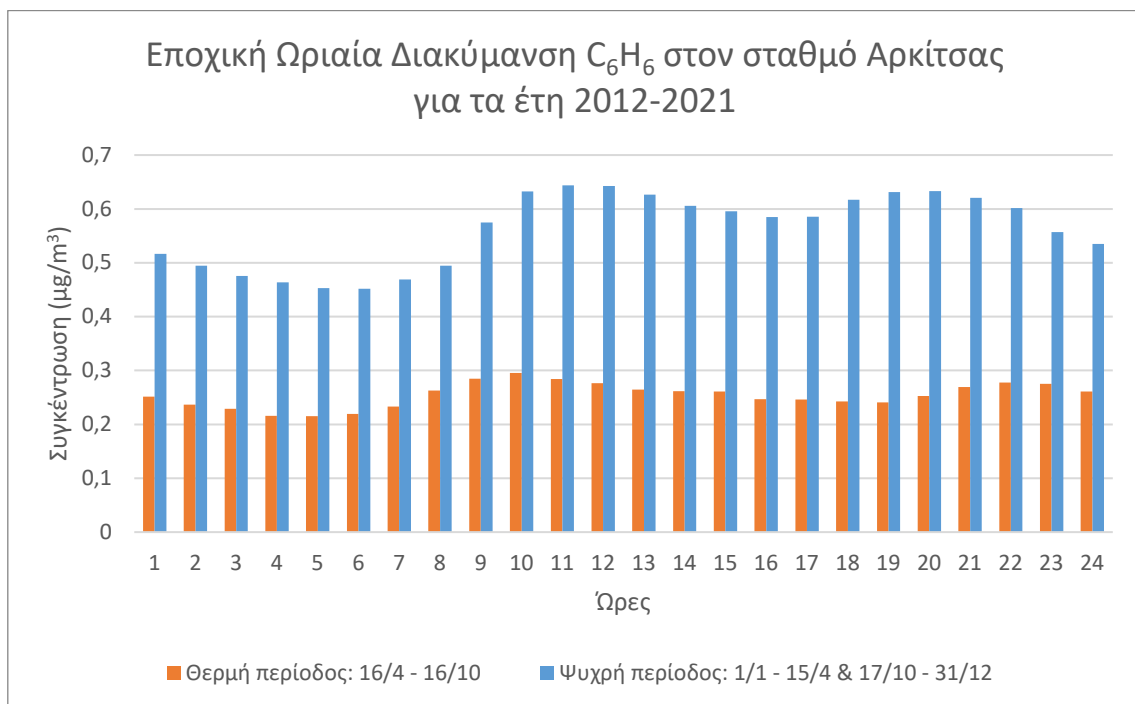
Διάγραμμα 60: Εποχική ωριαία διακύμανση O<sub>3</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



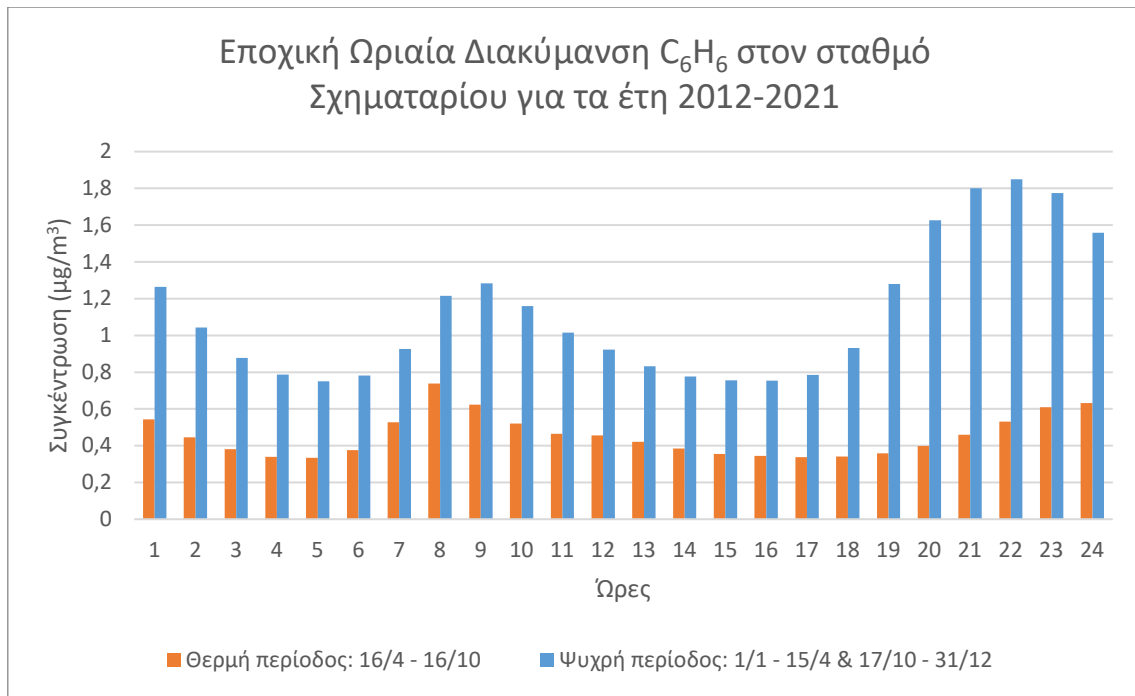
Διάγραμμα 61: Εποχική ωριαία διακύμανση O<sub>3</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



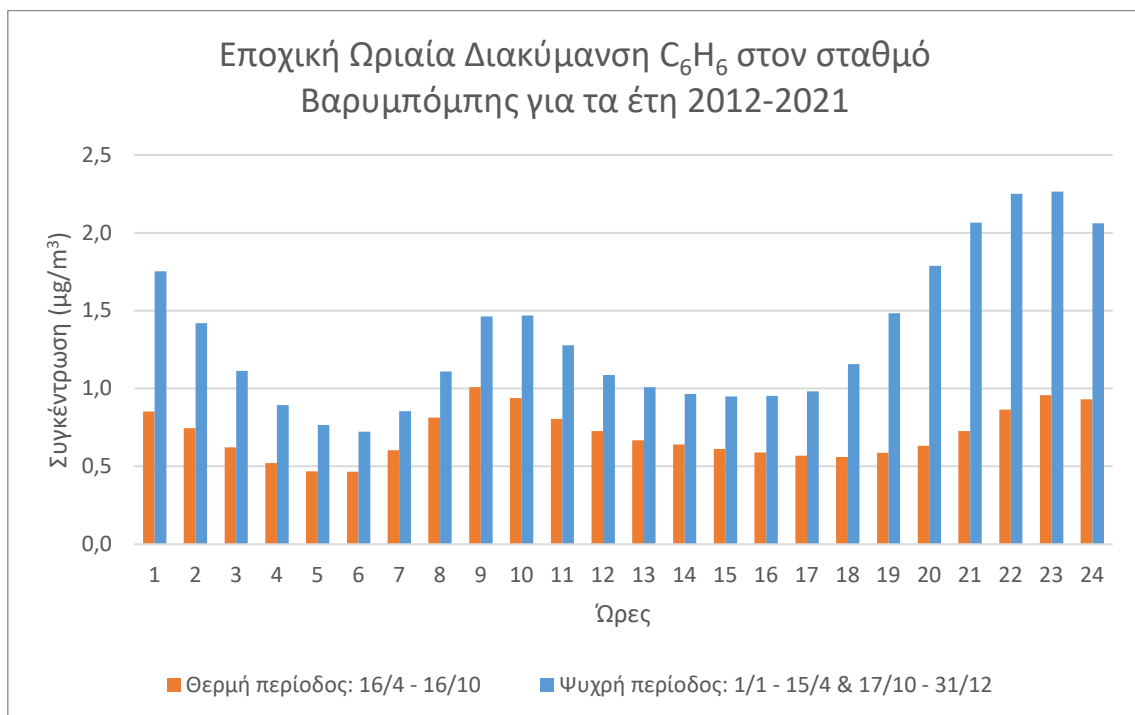
Διάγραμμα 62: Εποχική ωριαία διακύμανση O<sub>3</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021



Διάγραμμα 63: Εποχική ωριαία διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> στον Σταθμό Αρκίτσας για το σύνολο των ετών 2012-2021



Διάγραμμα 64: Εποχική ωριαία διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> στον Σταθμό Σχηματαρίου για το σύνολο των ετών 2012-2021



Διάγραμμα 65: Εποχική ωριαία διακύμανση C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> στον Σταθμό Βαρυμπόμπης για το σύνολο των ετών 2012-2021

### 6.6.2. Στατιστική ανάλυση

Σχετικά με τα  $PM_{10}$  και τα  $PM_{2,5}$  όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 42, 43, 44 και στα Διαγράμματα 45, 46, 47 αντίστοιχα, η επίπτωση των ρύπων είναι αυξημένη την ψυχρή περίοδο, ιδιαιτέρως στη Βαρυμπόμπη και στο Σχηματάρι. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται τις απογευματινές-βραδινές ώρες με κορύφωση μεταξύ 18-23μμ. Η χρήση μηχανοκίνητων οχημάτων εσωτερικής καύσης λόγω κρύου ενδεχομένως να αποτελεί μία εξήγηση για το φαινόμενο αυτό. Επίσης η πιο έντονη νυχτερινή υγρασία την ψυχρή περίοδο πιθανώς ενισχύει την παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Η συμμετοχή του αυτοκινήτου οφείλεται στην καύση του καυσίμου (πετρελαιοκίνητα οχήματα), στη φθορά των ελαστικών, των υλικών πέδησης και του οδοστρώματος και στην επαναιώρηση. Επίσης, στις αυξημένες τιμές ενδεχομένως να συνεισφέρει και η καύση βιομάζας για θέρμανση την ψυχρή περίοδο του έτους σε ώρες παρουσίας φαινομένου θερμοκρασιακής αναστροφής. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)

- Αντίστοιχη εικόνα μπορεί να παρατηρήσει κάποιος βλέποντας τα διαγράμματα 48, 49 και 50 για το  $NO$  όπου την ψυχρή περίοδο οι τιμές του είναι υψηλότερες καθώς αποτελεί ρύπο άμεσης εκπομπής των μηχανών εσωτερικής καύσης. Η κορύφωση φαίνεται τις πρωινές και απογευματινές-βραδινές ώρες όπου συνηθίζεται να υπάρχει κυκλοφοριακή αιχμή λόγω αποχώρησης εργαζομένων από τις εργασίες τους.

Η εντονότερη κυκλοφορία που υπάρχει τους χειμερινούς μήνες και οι χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων (χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή) συνεισφέρουν στις υψηλές τιμές. Επίσης η λειτουργία κεντρικής θέρμανσης την ψυχρή περίοδο του έτους συνεισφέρει τόσο στις πρωινές όσο και στις νυχτερινές αυξημένες τιμές, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η καύση βιομάζας για θέρμανση την ψυχρή περίοδο. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)

- Ο ρύπος  $NO_2$  όπως φαίνεται στα διαγράμματα 51, 52 και 53 έχει μια ελαφριά αύξηση τη θερινή περίοδο. Αυτό οφείλεται στο ότι σχηματίζεται μέσω οξειδωσης στην ατμόσφαιρα από ατμοσφαιρικά οξειδωτικά όπως το όζον ( $O_3$ ), το οποίο για να δημιουργηθεί χρειάζεται υψηλή ακτινοβολία και θερμοκρασία, χαρακτηριστικά τα οποία κορυφώνονται τη θερμή περίοδο.
- Σχετικά με τον ρύπο  $CO$  όπως φαίνεται στα Διαγράμματα 54, 55 και 56 υπάρχει αντίστοιχη εικόνα με τους ανωτέρω ρύπους  $PM$  και  $NO$ , κυρίως στη Βαρυμπόμπη και στο Σχηματάρι, προφανώς για τους ίδιους κυκλοφοριακούς λόγους.

Όπως και για τον ρύπο  $NO$ , η εντονότερη κυκλοφορία που υπάρχει τους χειμερινούς μήνες και οι χειρότερες συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων (χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή) συνεισφέρουν στις υψηλές τιμές. Επίσης η λειτουργία κεντρικής θέρμανσης την ψυχρή περίοδο του έτους συνεισφέρει τόσο στις πρωινές όσο και στις νυχτερινές αυξημένες τιμές, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η καύση βιομάζας για θέρμανση την ψυχρή περίοδο. (Αδαμόπουλος & Τσιλιμπάρη, 2021)

- Για τον ρύπο  $SO_2$  όπως φαίνεται στα διαγράμματα 57, 58 και 59 δεν παρατηρείται μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμής και ψυχρής περιόδου. Ελαφρώς υψηλότερες ωστόσο είναι οι τιμές την ψυχρή περίοδο. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Οι τιμές ωστόσο όπως προαναφέρθηκε είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα θεσμοθετημένα όρια. Συμπερασματικά, καθώς και στο κεφάλαιο 6.5 (ωριαίες διακυμάνσεις ανά έτος) δεν παρατηρήθηκε ιδιαίτερη αυξομείωση στις ωριαίες διακυμάνσεις, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ο συγκεκριμένος ρύπος δεν επηρεάζεται από τις ωριαίες μεταβολές και παραμένει σε σχετικά σταθερά επίπεδα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- Σχετικά με το O<sub>3</sub>, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα 60, 61 και 62, είναι εμφανής η αύξηση των τιμών τη θερμή περίοδο με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται τις μεσημεριανές ώρες. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 6.5 (ωριαίες διακυμάνσεις ανά έτος) ο ρύπος αυτός σχηματίζεται σε συνθήκες έντονης ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών, συνεπώς είναι απολύτως φυσιολογική η εικόνα που δείχνουν τα διαγράμματα.
- Το C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> έχει παρόμοια εικόνα με τα PM, NO και CO, όπως φαίνεται και στα σχετικά διαγράμματα 63, 64 και 65, καθώς την ψυχρή περίοδο οι τιμές είναι υψηλότερες καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου σε σχέση με τη θερμή περίοδο. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό καθώς το C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> σχετίζεται και αυτό με την κυκλοφορία (βενζινοκίνητα) και την καύση βιομάζας αλλά σημαντική πηγή εκπομπής του στην ατμόσφαιρα αποτελεί και η εξάτμιση από χώρους αποθήκευσης καυσίμων (βενζινάδικα, ρεζερβουάρ οχημάτων) αλλά και από χρήση διαλυτών λόγω της υψηλής πτητικότητάς του.

Συμπερασματικά μπορούμε να αποδεχτούμε ότι τα επίπεδα των ρύπων είναι πιο υψηλά την ψυχρή περίοδο, προφανώς λόγω αυξημένης χρήσης οχημάτων και μέσων θέρμανσης λόγω κρύου, καθώς και καιρικών φαινομένων (υγρασία και χαμηλές θερμοκρασίες). Αντίθετα οι ρύποι NO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub> παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης τη θερμή περίοδο, για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

### 6.7. Σύνοψη κύριων συμπερασμάτων

Ρύπος	Κύρια συμπεράσματα
PM <sub>10</sub> & PM <sub>2,5</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Υψηλότερες ετήσιες τιμές στη Βαρυμπόμπη λόγω αστικού τμήματος με υψηλή κυκλοφορία.</li><li>• Έντονη μείωση το έτος 2020 στη Βαρυμπόμπη, η οποία οφείλεται στη μείωση κυκλοφορίας λόγω Covid Lockdowns.</li><li>• Υψηλότερες τιμές ρύπων τους χειμερινούς μήνες σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι λόγω αύξησης χρήσης μηχανοκίνητων οχημάτων εσωτερικής καύσης εξαιτίας του κρύου και χρήσης βιομάζας ως θερμαντικό μέσο.</li><li>• Υψηλότερες τιμές ρύπων πρωινές ώρες 7-10πμ και απογευματινές-βραδινές 17-21πμ, στο οποίο ενδεχομένως συνεισφέρει η κυκλοφοριακή αιχμή λόγω μετάβασης και αποχώρησης από εργασία αντίστοιχα.</li><li>• Αυξημένες τιμές στους ρύπους την ψυχρή περίοδο, ιδιαιτέρως σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι με κορύφωση τις ώρες 18-23πμ. Σε αυτό ενδεχομένως συνεισφέρουν η χρήση μηχανοκίνητων οχημάτων εσωτερικής καύσης λόγω κρύου και η χρήση βιομάζας για θέρμανση.</li><li>• Αρκίτσα χωρίς ιδιαίτερες αυξομειώσεις, προφανώς λόγω αραιής κυκλοφορίας χωρίς συγκεκριμένο κυκλοφοριακό μοτίβο.</li></ul>
NO & NO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Υψηλότερα επίπεδα ετήσιων τιμών στη Βαρυμπόμπη λόγω αστικού τμήματος με υψηλή κυκλοφορία</li><li>• Πτωτική τάση NO το καλοκαίρι πιθανώς λόγω μειωμένης κίνησης ΙΧ στο αστικό κομμάτι</li><li>• Υψηλότερες τιμές ρύπων πρωινές ώρες 6-10πμ και απογευματινές-βραδινές 17-21πμ, προφανώς λόγω κυκλοφοριακής αιχμής για μετάβαση και αποχώρηση από εργασία αντίστοιχα, ενώ συνεισφέρει και η λειτουργία κεντρικής θέρμανσης τις</li></ul>



	<p>πρωινές και νυχτερινές ώρες. Στις αυξημένες τιμές τις πρωινές ώρες συνεισφέρουν οι θερμοκρασιακές αναστροφές.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυξημένες τιμές NO την ψυχρή περίοδο σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι, πιθανώς λόγω εντονότερης κυκλοφορίας οχημάτων των χειμώνα και χειρότερων συνθηκών λειτουργίας μηχανών αυτοκινήτων (χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή), και λόγω καύσης βιομάζας για θέρμανση.</li> <li>• Υψηλότερες τιμές NO<sub>2</sub> τη θερινή περίοδο καθώς σχηματίζεται μέσω οξειδωσης με οξειδωτικά όπως το O<sub>3</sub> που αυξάνεται το σε συνθήκες έντονης ακτινοβολίας και υψηλής θερμοκρασίας</li> </ul>
CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλότερες τιμές ρύπων σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι πρωινές ώρες 7-10πμ και απογευματινές-βραδινές 17-21μμ, προφανώς λόγω κυκλοφοριακής αιχμής για μετάβαση και αποχώρηση εργαζομένων σε εργασία, ενώ συνεισφέρει και η λειτουργία κεντρικής θέρμανσης τις πρωινές και νυχτερινές ώρες. Στις αυξημένες τιμές τις πρωινές ώρες συνεισφέρουν οι θερμοκρασιακές αναστροφές.</li> <li>• Την ψυχρή περίοδο σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι υψηλότερες τιμές πιθανώς λόγω εντονότερης κυκλοφορίας οχημάτων των χειμώνα και χειρότερων συνθηκών λειτουργίας μηχανών αυτοκινήτων (χαμηλή απόδοση καταλύτη στο ξεκίνημα με κρύα μηχανή), και λόγω καύσης βιομάζας για θέρμανση.</li> <li>• Ετήσιες και μηνιαίες διακυμάνσεις χωρίς ιδιαίτερες παρατηρήσεις.</li> </ul>
SO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χωρίς ιδιαίτερες αυξομειώσεις. Ελαφρώς υψηλότερες τιμές την ψυχρή περίοδο και τις πρώτες πρωινές ώρες κυρίως λόγω λειτουργίας κεντρικής θέρμανσης και χρήσης βενζινοκίνητων οχημάτων, ωστόσο τα επίπεδα τιμών κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα θερμοθετημένα όρια.</li> </ul>
O <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυξημένα επίπεδα τους θερινούς μήνες και γενικότερα τη θερμή περίοδο του έτους λόγω έντονης ακτινοβολίας και υψηλών θερμοκρασιών, συνθήκες στις οποίες σχηματίζεται ο εν λόγω ρύπος.</li> <li>• Χαμηλότερες τιμές σε γενικές γραμμές στη Βαρυμπόμπη, λόγω υψηλότερων επιπέδων NO, καθώς η εντονότερη κυκλοφορία συνεπάγεται υψηλότερα επίπεδα NO/NO<sub>2</sub> και συνεπώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις O<sub>3</sub>.</li> <li>• Αυξημένες τιμές τις μεσημεριανές ώρες, με τις υψηλότερες τιμές μεταξύ 14-16μμ καθώς εκείνες τις ώρες υπάρχει μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία και υψηλές θερμοκρασίες, συνθήκες οι οποίες συνεισφέρουν στον σχηματισμό O<sub>3</sub>.</li> </ul>
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαφρώς υψηλότερες ετήσιες τιμές ρύπων στη Βαρυμπόμπη σε σχέση με τους άλλους σταθμούς προφανώς λόγω αυξημένων κυκλοφοριακών φόρτων.</li> <li>• Υψηλότερες τιμές ρύπων τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους θερινούς, ειδικά σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι, καθώς επηρεάζεται από την κυκλοφορία (βενζινοκίνητα οχήματα) και την καύση βιομάζας.</li> <li>• Υψηλότερες τιμές ρύπων σε Βαρυμπόμπη και Σχηματάρι πρωινές ώρες 7-10πμ και απογευματινές-βραδινές 18-22μμ, πιθανώς λόγω κυκλοφοριακής αιχμής για μετάβαση και αποχώρηση από εργασία αντίστοιχα. Στις αυξημένες τιμές τις πρωινές ώρες συνεισφέρουν οι θερμοκρασιακές αναστροφές.</li> <li>• Την ψυχρή περίοδο οι τιμές ρύπων είναι υψηλότερες καθόλη τη διάρκεια του 24ώρου σε σχέση με τη θερμή περίοδο.</li> </ul>

Πίνακας 19: Σύνοψη κύριων συμπερασμάτων από την ανάλυση των αποτελεσμάτων

## 7. Συνολική Αποτίμηση – Συμπεράσματα - Προτάσεις

### 7.1. Προτεινόμενα μέτρα για βιώσιμες οδικές μεταφορές

Για τη βιωσιμότητα των οδικών μεταφορών και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης η στρατηγική σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η κατεύθυνση προς την ηλεκτροκίνηση με σκοπό τη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> που προκύπτουν από τις μηχανές εσωτερικής καύσης και αποτελούν την κύρια αιτία φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η προβλεπόμενη αύξηση του αριθμού ηλεκτροκίνητων οχημάτων σε συνδυασμό με τον αυξανόμενο ρόλο των καυσίμων που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο τα επόμενα έτη στον στόχο της απαλλαγής των οδικών μεταφορών από τον άνθρακα.

Πιο συγκεκριμένα, η ηλεκτροκίνηση αποτελεί σημαντικό μέτρο μείωσης

Αν και η ηλεκτροκίνηση αποτελεί ένα μέτρο για τη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>, για την ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ημίμετρο. Οι αέριοι ρύποι που προκύπτουν από τις εξατμίσεις των οχημάτων θα μειωθούν σημαντικά από την αύξηση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα με μπαταρία και τα ηλεκτρικά οχήματα κυψελών υδρογόνου εξαλείφουν πλήρως τις εκπομπές καυσαερίων ενώ τα plug-in υβριδικά οχήματα εξαλείφουν τις εκπομπές καυσαερίων κατά τη φάση της ηλεκτρικής οδήγησής τους.

Ωστόσο οι εκπομπές ρύπων που δεν προκύπτουν από τις εξατμίσεις των οχημάτων παραμένουν ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να αντιμετωπίσει η ηλεκτροκίνηση. Η τριβή των ελαστικών, τα φρένα και η φθορά του οδοστρώματος προκαλούν εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων (PM). Μάλιστα, αυτές οι εκπομπές PM που δεν προκύπτουν από τις εξατμίσεις αυξάνονται σταθερά όσο αυξάνεται η ζήτηση κυκλοφορία των οχημάτων και ήδη, σε κοινοτικό επίπεδο, έχουν ξεπεράσει σε σημαντικότητα τις εκπομπές PM που προκύπτουν από τις εξατμίσεις των οχημάτων.

Επίσης, η υψηλότερη απόδοση καυσίμου/ενέργειας τόσο στα συμβατικά όσο και στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και γίνονται προσπάθειες εξέλιξης της τεχνολογίας τόσο σε βιομηχανικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο. (European Environmental Agency, 2021)

Προκειμένου να συμβάλει στην ευρύτερη βιωσιμότητα των μεταφορών, η στροφή προς την ηλεκτροκίνηση θα πρέπει να συνδυαστεί με αλλαγές στον τρόπο των συνηθειών μετακίνησής μας. Απαιτείται η μετάβαση σε πιο βιώσιμους τρόπους μεταφοράς, καθώς και η εστίαση όχι μόνο στη δραστηριότητα των μεταφορών, αλλά και στη προσβασιμότητα των χώρων εργασίας και των υπηρεσιών. Για τον σκοπό αυτό, απαιτείται ευρύτερος πολιτικός σχεδιασμός. Για παράδειγμα, ο πολεοδομικός σχεδιασμός είναι δυνατό να μεριμνά για την επάρκεια χώρου για τη δημιουργία υποδομών ποδηλασίας, και παράλληλα να τοποθετεί τις διάφορες υπηρεσίες, τις περιοχές εμπορικής δραστηριότητας και τις κατοικημένες περιοχές σε πιο κοντινή απόσταση μεταξύ τους. (Narkevičiute & Selleri, 2022)

Επιπροσθέτως, οι άνθρωποι θα πρέπει να στραφούν σε πιο βιώσιμους τρόπους μεταφοράς, ιδίως στην καθημερινότητά τους, με κύρια προϋπόθεση για τη μετάβαση αυτή να είναι το κόστος, η διαθεσιμότητα και η ταχύτητα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση θα πρέπει να συμβάλει στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την υιοθέτηση περισσότερων βιώσιμων εναλλακτικών λύσεων που είναι ασφαλείς, ανταγωνιστικές και προσιτές. Εφόσον είναι διαθέσιμες οι κατάλληλες εναλλακτικές λύσεις σε ανταγωνιστικές τιμές, συχνότητες και επίπεδα άνεσης, οι άνθρωποι θα επιλέγουν τον πιο βιώσιμο τρόπο λειτουργίας. Ταυτόχρονα, τα πρότυπα κινητικότητας και η συμπεριφορά των πολιτών

αλλάζουν. Αυτές οι αλλαγές ενισχύονται από την πανδημία Covid-19 και διευκολύνονται σε μεγάλο βαθμό από ψηφιακές λύσεις. Η τηλεργασία, η τηλεδιάσκεψη, η τηλεκπαίδευση, το ηλεκτρονικό εμπόριο, η υιοθέτηση κοινών και συνεργατικών υπηρεσιών κινητικότητας, όλα συμβάλλουν στον συνεχή μετασχηματισμό της κινητικότητας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω μεταφορών. (European Commission, 2020)

Περαιτέρω μέτρα για την καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη χώρα μας είναι

- η προώθηση και βελτίωσης Μέσων Μαζικής Μεταφοράς με σκοπό την μείωση χρήσης ΙΧ.
- Αντικατάσταση των επιβατικών οχημάτων και επαγγελματικών στόλων με νέα χαμηλών εκπομπών και υψηλής ενεργειακής απόδοσης.
- Αυστηρότερος και πιο ακριβής έλεγχος ρύπων στα ΚΤΕΟ και άμεση εγκατάσταση σε αυτά ειδικών μετρητών εκπομπών σωματιδίων.
- Μηχανογράφηση της κάρτας καυσαερίων.
- Καλή εφαρμογή του ωραρίου φόρτωσης και εκφόρτωσης φορτηγών προμηθειών στα αστικά κέντρα.
- Αποτελεσματικότερη αστυνόμευση του δακτυλίου, με βάση και τα σύγχρονα ηλεκτρονικά μέσα. (ΥΠΕΝ, 2020)

## 8. Πηγές - Βιβλιογραφία

Agency for Toxic Substances and Disease, 2007. *Toxicological Profile for Benzene*, Atlanta, Georgia, USA: Registry, Agency for Toxic Substances and Disease (U.S. Department of Health and Human Services).

Anissimov, M., 2022. *All The Science*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://www.allthescience.org/what-is-the-stratosphere.htm>

European Commission, 2020. *Sustainable & Smart Mobility Strategy - Putting European Transport on track of the future*, s.l.: European Commission.

European Environmental Agency, 2021. *Transport and environment report 2021 - Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand*, Denmark: European Environmental Agency.

Green Agenda, 2016. *Green Agenda*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://greenagenda.gr/%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BD%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B1-%CF%85%CF%88%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%83-%CF%83%CF%85%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CF%89%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%83/>

Hellenica World, n.d. *Hellenica World*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://www.hellenicaworld.com/Science/Meteorology/gr/Stratosfaira.html>

Narkeviciute, R. & Selleri, T., 2022. *Ενίσχυση της βιωσιμότητας των μεταφορών στην Ευρώπη*. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://www.eea.europa.eu/el/articles/enischysi-tis-biosimotitas-ton-metaforon>

Rénard-Morand, C. & Annesi-Maesano, I., 2004. Air pollution: from sources of emissions to health effects. *Breathe*, 1(2).

Whysner, J. και συν., 2004. Genotoxicity of benzene and its metabolites. *Elsevier*, 566(2), pp. 99-130.

Αγγελή, Β., 2021. Σωματιδιακή ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία σε παγκόσμιο επίπεδο, s.l.: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας.

Αδαμόπουλος, Α., 2021. Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Αθήνα, Διαφάνειες μαθήματος.

Αδαμόπουλος, Α. & Τσιλιμπάρη, Ε., 2021. Ετήσια Έκθεση Ποιότητας της Ατμόσφαιρας 2021. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2022/07/%CE%95%CE%9A%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%97-2021.pdf>

Βερύκιος, Ξ., 2003. Διαχείριση αέριων ρύπων: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Τεχνολογία Ελέγχου Εκπομπής τους, Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2020. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>

Ζιώμας, Γ., 2007. Ατμόσφαιρα - Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών.

Νέζου, Χ., 2018. Αιωρούμενα Σωματίδια - Υπεριώδης Ακτινοβολία - Όζον. Οι επιπτώσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Τρόποι αντιμετώπισής τους., Πάτρα: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας.

Παρασχά, Α., 2014. Η χώρο - χρονική εξέλιξη της φωτοχημικής ρύπανσης στην Ελλάδα. Συγκρίσεις με άλλες ευρωπαϊκές πόλεις., Πάτρα: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ.

Παρδαλάς, Δ., 2014. Μετρήσεις Πεδίου και ανάλυση χρονοσειράς αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 στην περιοχή της Πυλαίας Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Διπλωματική Εργασία.

Τσιάλης, Ν., 2022. Ατμοσφαιρική Ρύπανση και πράσινη μετάβαση, Πάτρα: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

ΥΠΕΝ, 2020. Έκθεση Διαβούλευσης - Εθνικό Πρόγραμμα Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/ethniko-programma-elegchou-atmosfairikis-rypansis/>

ΥΠΕΝ, n.d. Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. [Ηλεκτρονικό]  
Available at: <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/nomothesia/>

Χαϊνά, Ε., 2014. Η σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικά αστικά κέντρα. Η επίδραση της οικονομικής κρίσης στα επίπεδα της σωματιδιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, Πάτρα: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - Πίνακες πληρότητας των μετρήσεων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - Διαγράμματα ετήσιας διακύμανσης ανά ρύπο και ανά σταθμό

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - Διαγράμματα μηνιαίας διακύμανσης ανά ρύπο και ανά σταθμό

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 - Ωριαίες ετήσιες διακυμάνσεις ανά ρύπο και ανά σταθμό

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - Πίνακες πληρότητας των μετρήσεων

- ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΚΙΤΣΑΣ

	PM10	PM2.5	NO	NO2	CO	SO2	O3	C6H6
2012	96%	96%	95%	96%	96%	96%	96%	84%
2013	82%	82%	91%	91%	91%	91%	91%	78%
2014	83%	83%	98%	99%	99%	99%	99%	98%
2015	93%	93%	93%	94%	94%	94%	93%	73%
2016	92%	92%	94%	94%	94%	88%	94%	79%
2017	92%	92%	95%	95%	91%	97%	94%	93%
2018	88%	87%	93%	93%	100%	93%	99%	55%
2019	92%	92%	89%	90%	98%	53%	98%	13%
2020	71%	71%	85%	85%	90%	71%	80%	28%
2021	85%	86%	78%	78%	98%	98%	84%	55%

- ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ

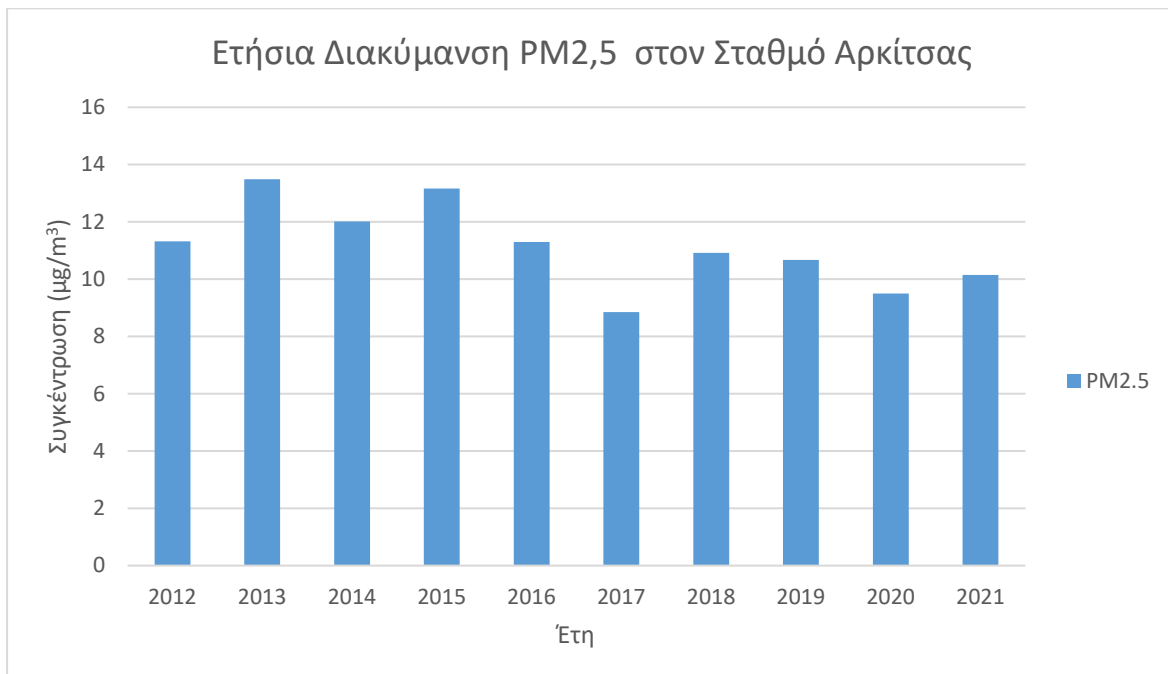
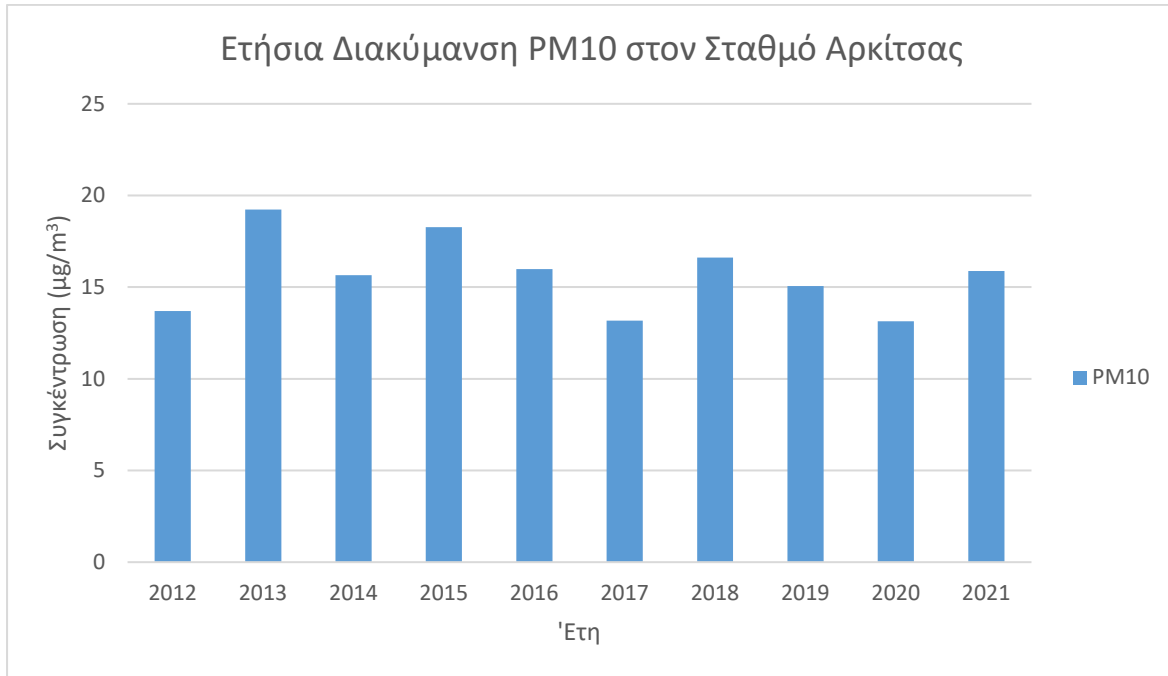
	PM10	PM2.5	NO	NO2	CO	SO2	O3	C6H6
2012	50%	50%	52%	52%	52%	47%	52%	50%
2013	94%	94%	94%	94%	94%	94%	94%	78%
2014	98%	98%	98%	99%	99%	99%	99%	84%
2015	95%	95%	96%	96%	96%	96%	90%	61%
2016	96%	96%	95%	95%	96%	99%	99%	83%
2017	95%	95%	99%	100%	98%	100%	100%	94%
2018	85%	85%	76%	76%	100%	100%	100%	83%
2019	94%	94%	85%	87%	95%	94%	77%	28%
2020	83%	83%	100%	100%	99%	99%	86%	86%
2021	95%	95%	95%	95%	100%	100%	100%	92%

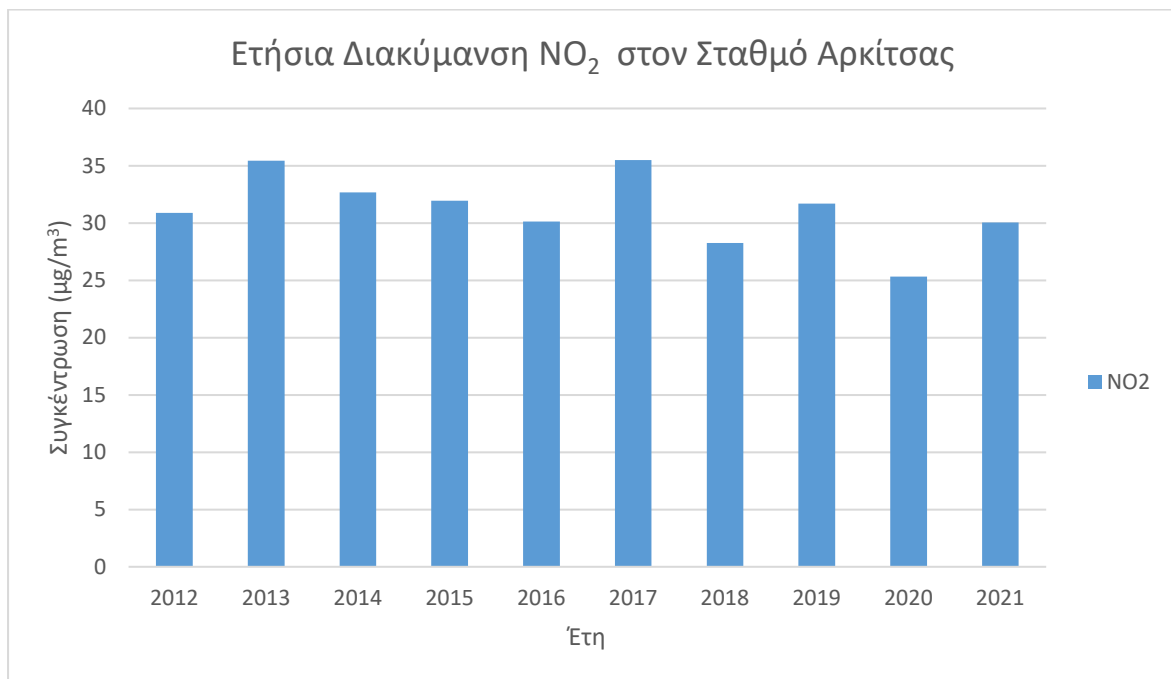
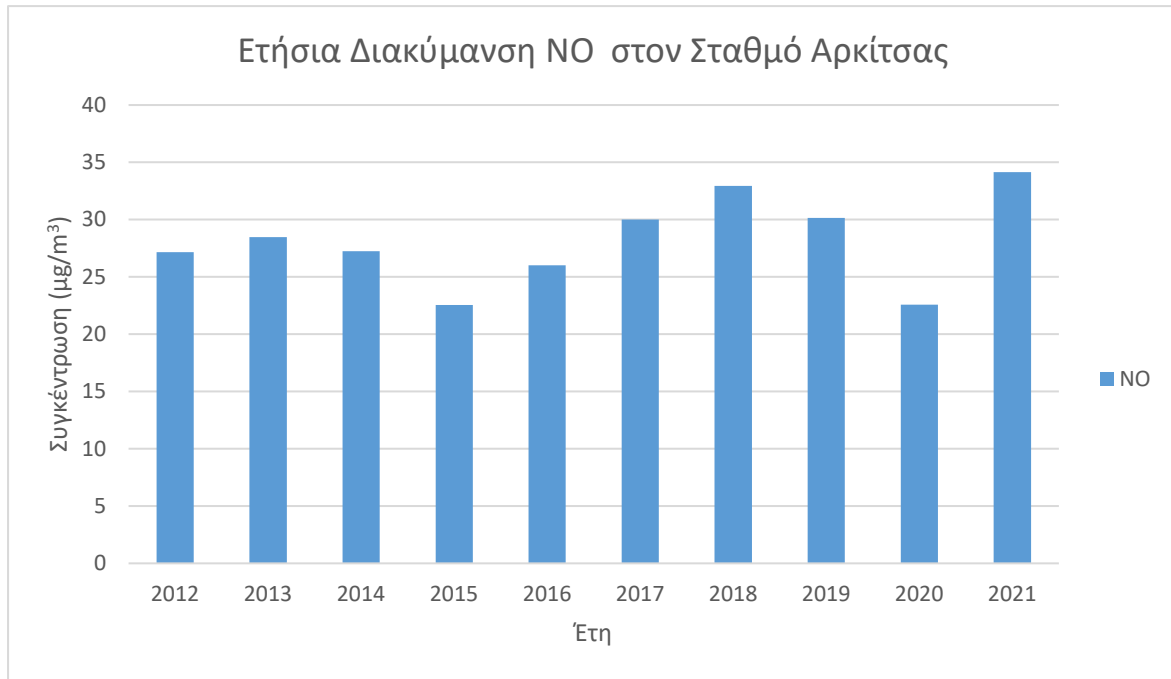
- ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΡΥΜΠΟΜΠΗΣ

	PM10	PM2.5	NO	NO2	CO	SO2	O3	C6H6
2012	90%	89%	95%	96%	96%	96%	96%	82%
2013	93%	93%	94%	95%	95%	95%	92%	83%
2014	93%	93%	93%	94%	94%	94%	94%	82%
2015	91%	91%	95%	95%	95%	93%	93%	67%
2016	96%	96%	96%	96%	99%	98%	96%	96%
2017	89%	89%	94%	94%	83%	93%	94%	86%
2018	81%	81%	91%	92%	80%	79%	88%	67%
2019	90%	90%	91%	91%	97%	59%	93%	78%
2020	77%	78%	96%	96%	96%	78%	96%	29%
2021	88%	89%	91%	92%	92%	93%	91%	40%

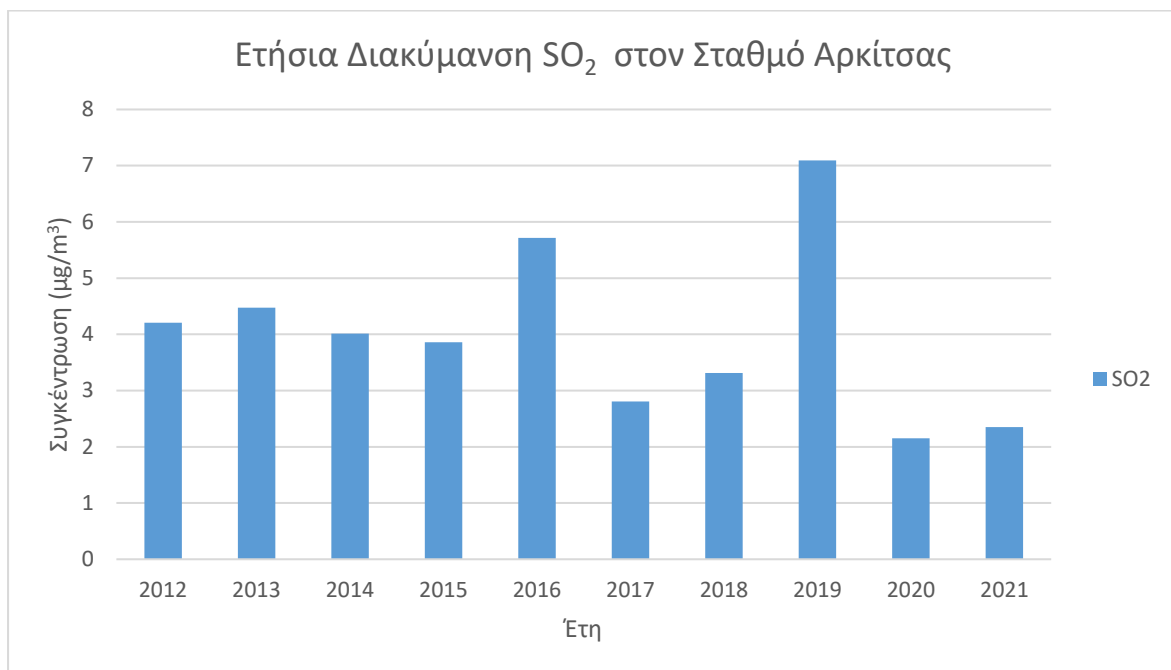
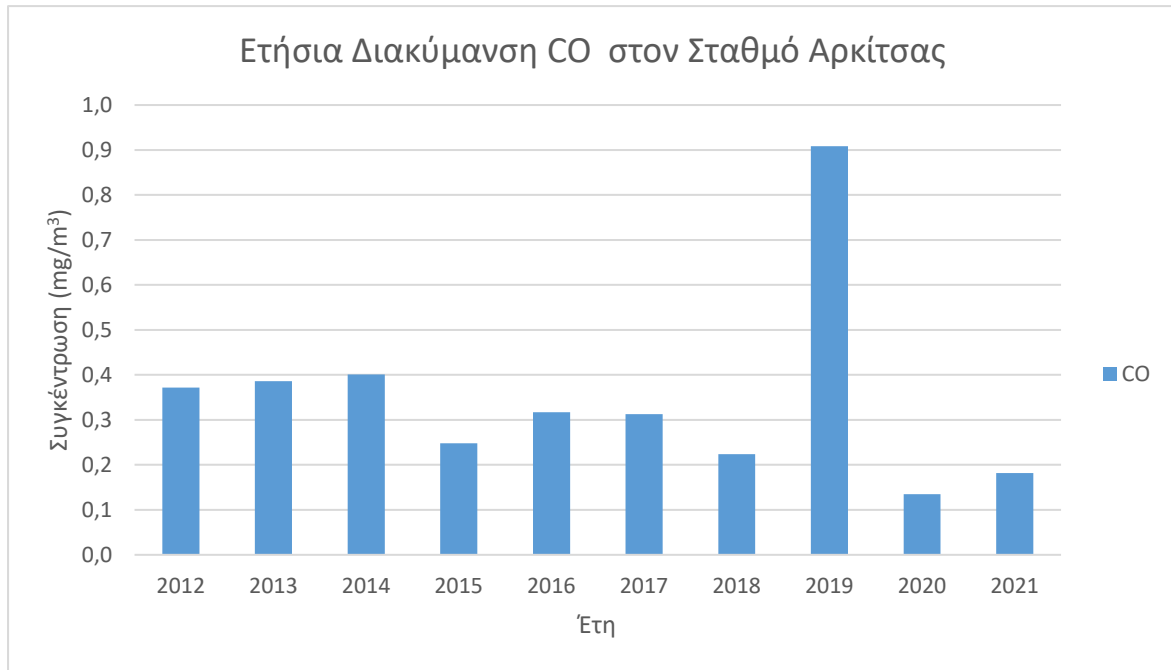
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - Διαγράμματα ετήσιας διακύμανσης κάθε σταθμού

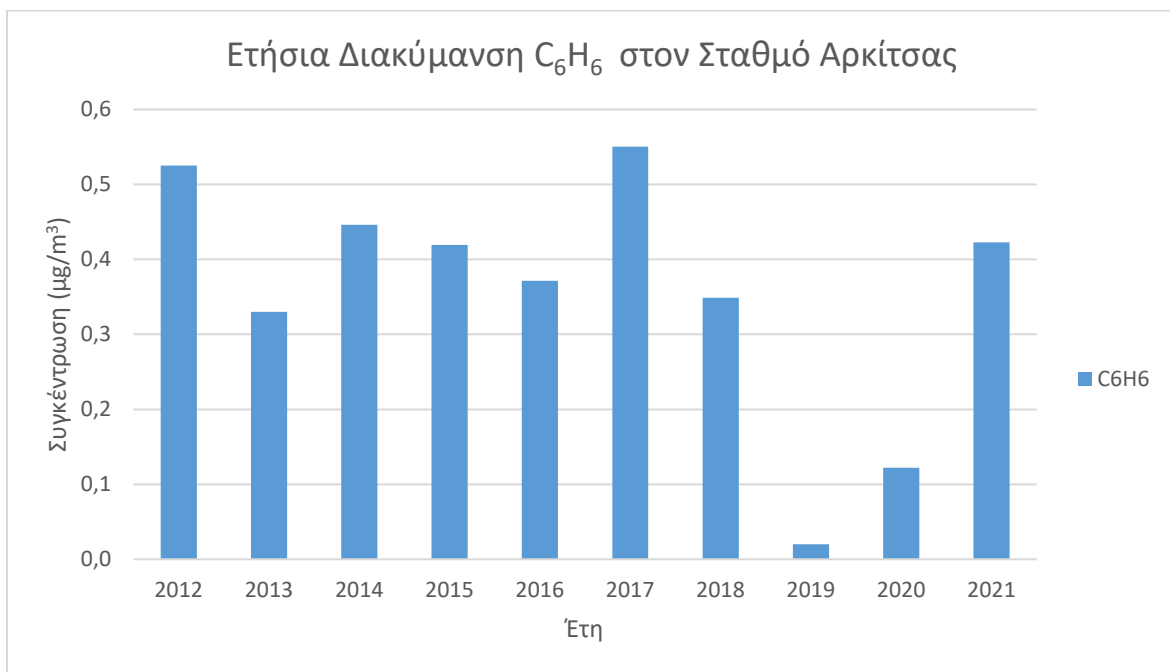
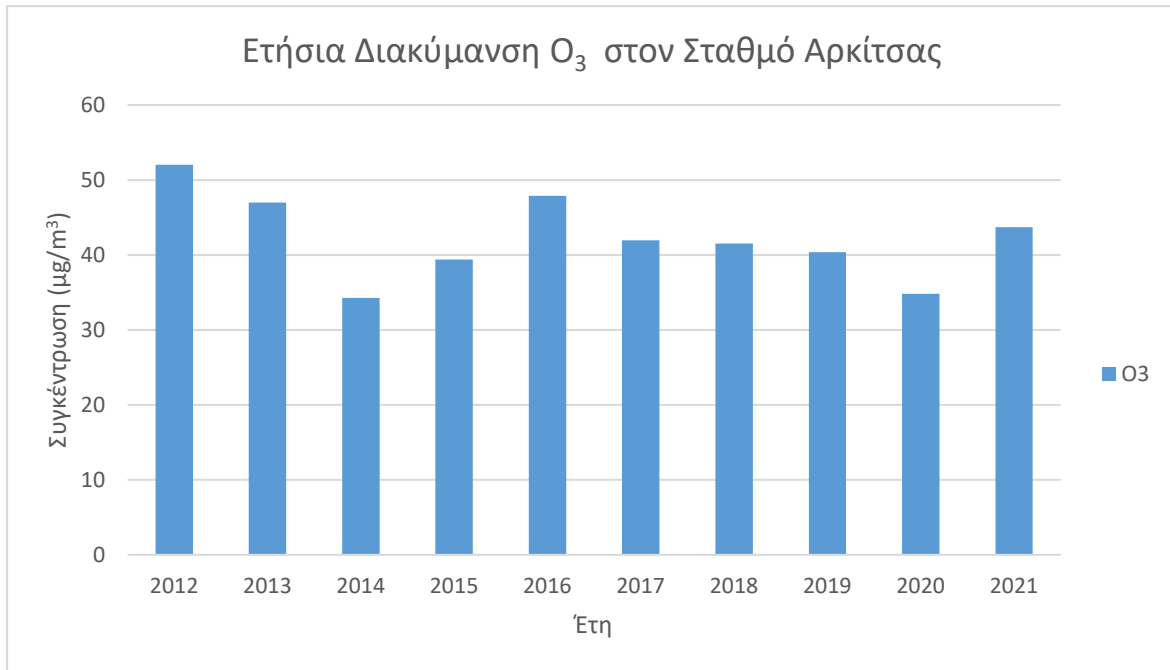
- ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΚΙΤΣΑΣ





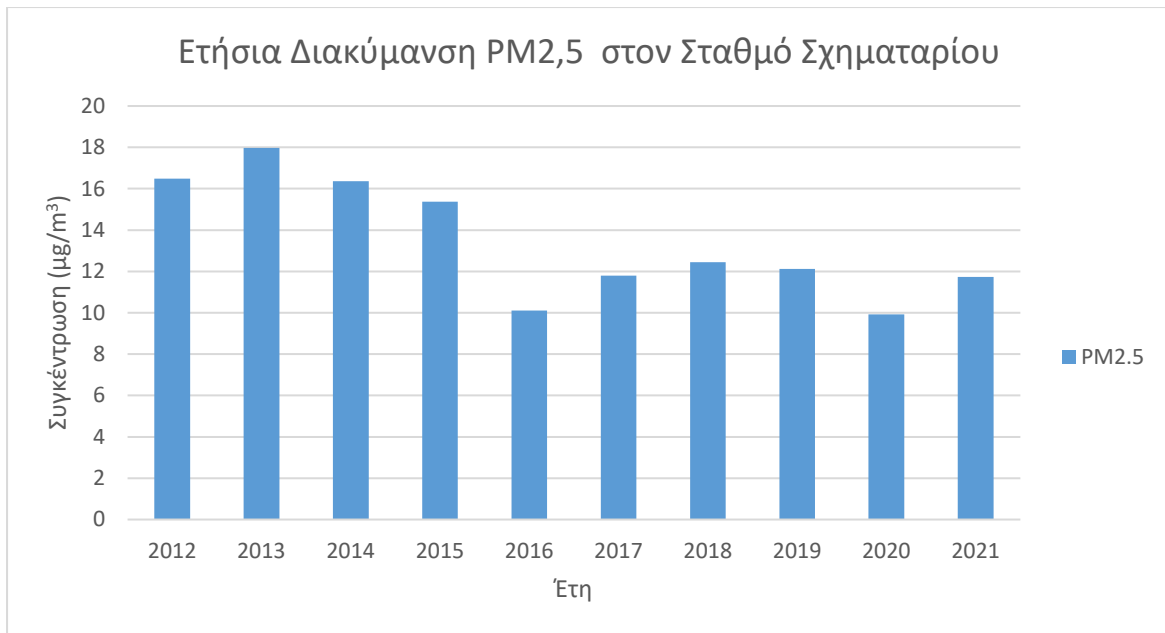
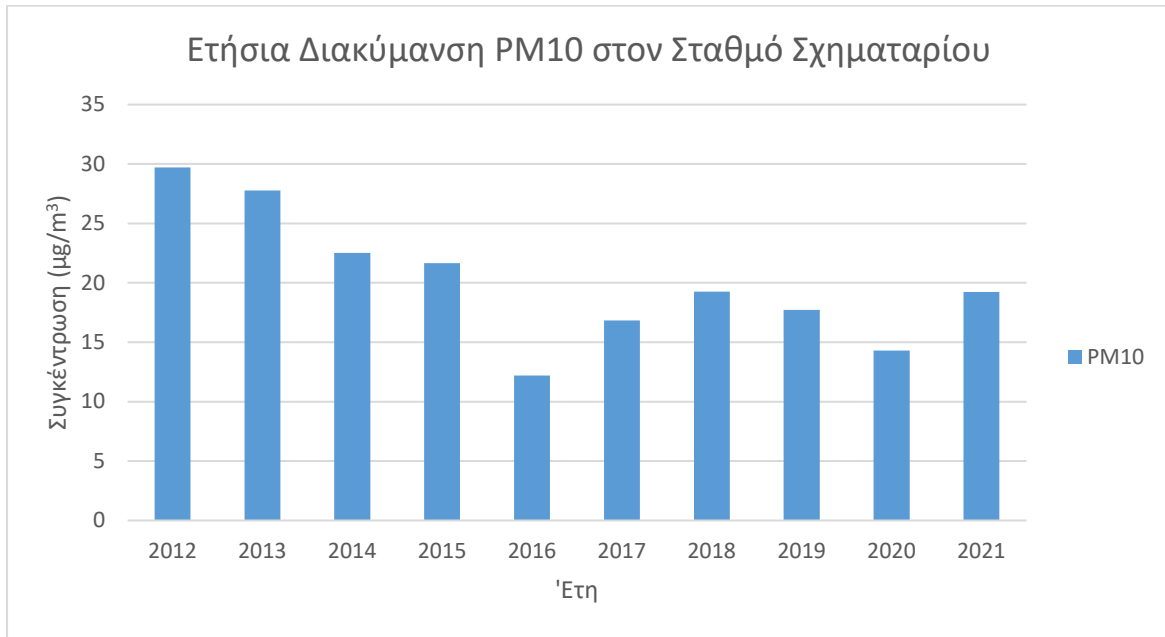






\* Οι τιμές για τα έτη 2019 και 2020 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

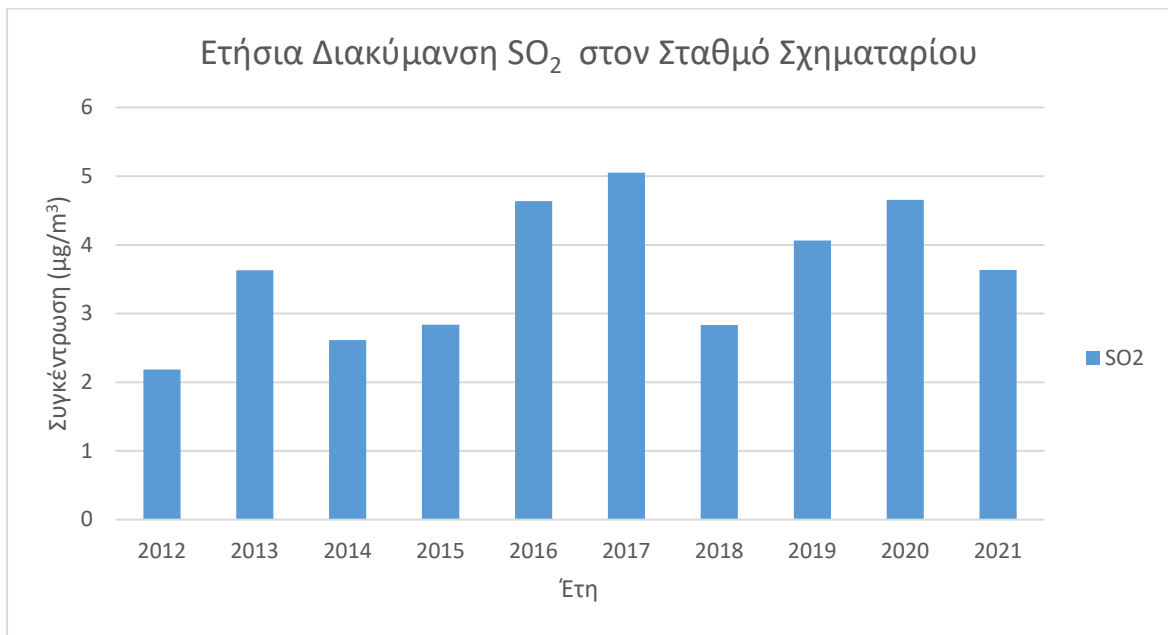
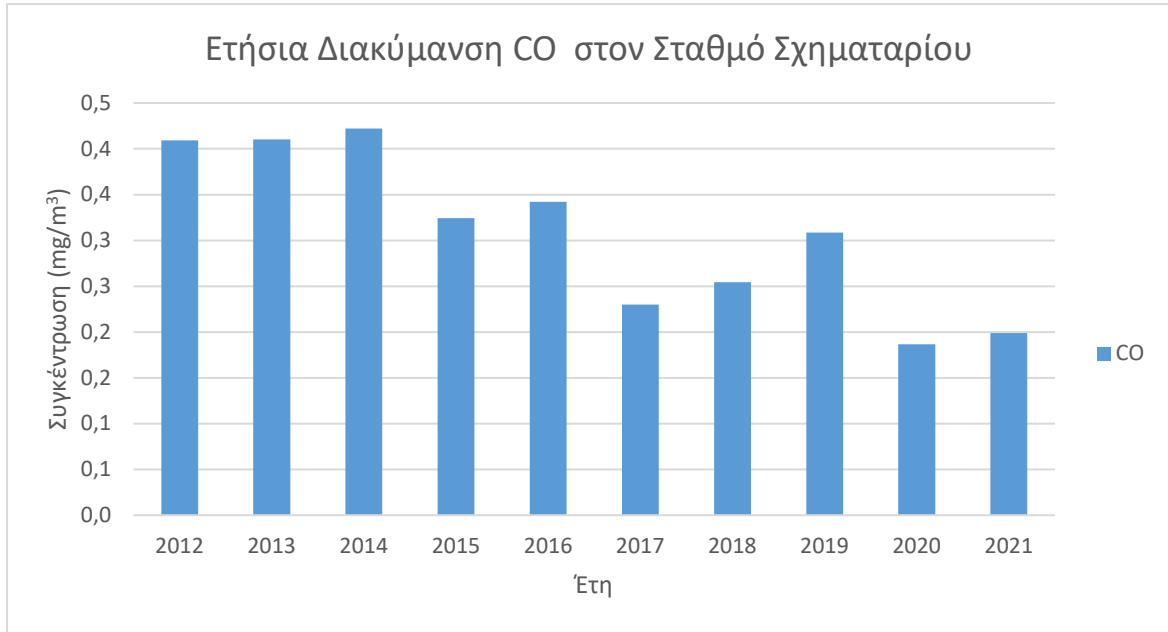
• ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ

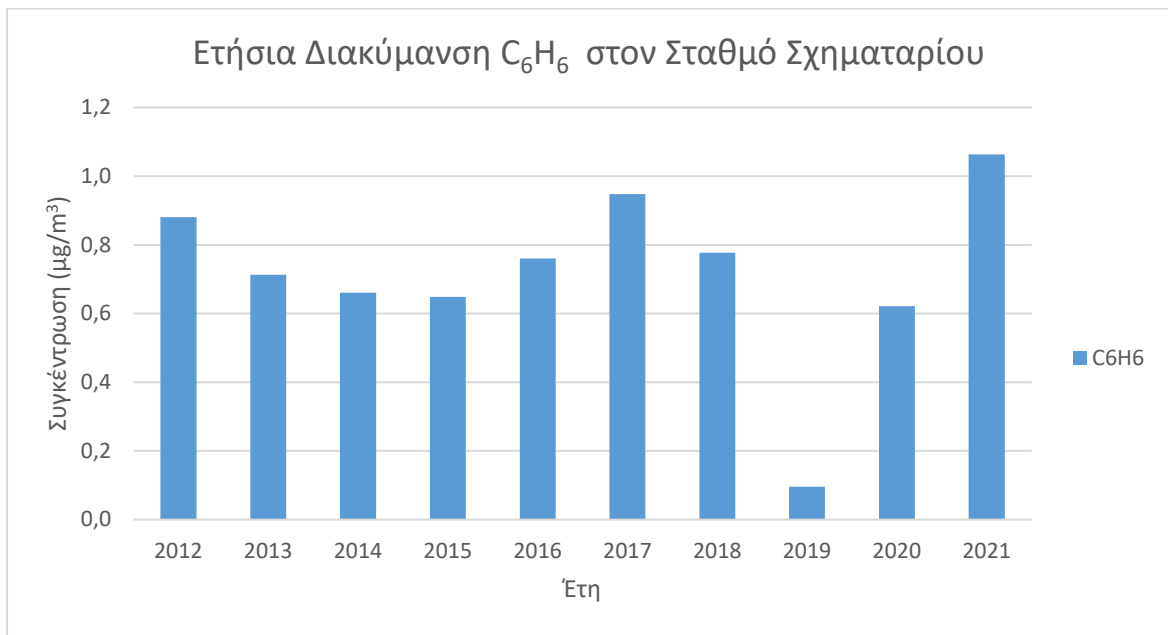




- Η ραγδαία μεταβολή για το έτος 2018 πιθανώς οφείλεται σε κακή βαθμονόμηση. Καθώς η τιμή είναι ύποπτη δεν λαμβάνεται υπόψη στη στατιστική ανάλυση.

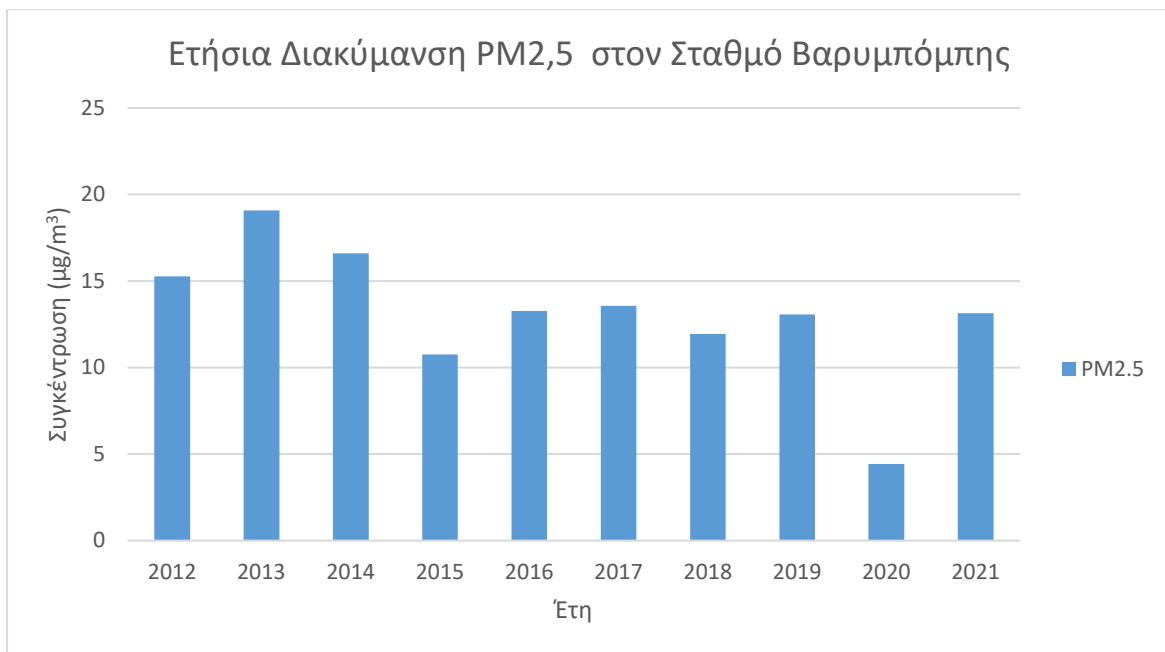
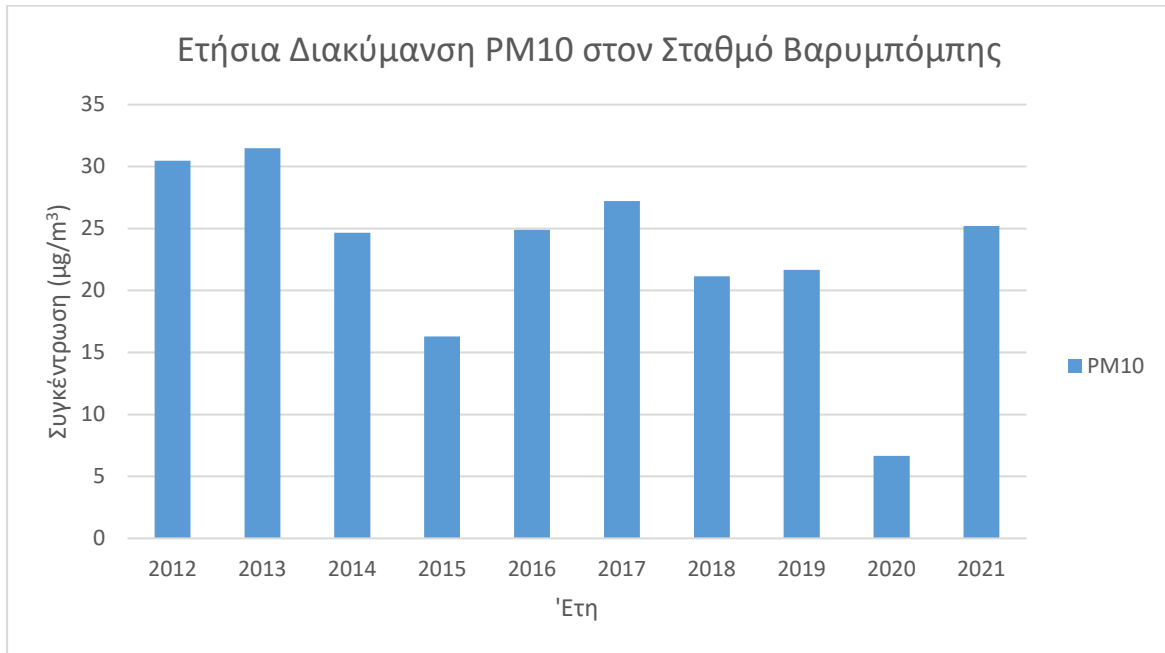


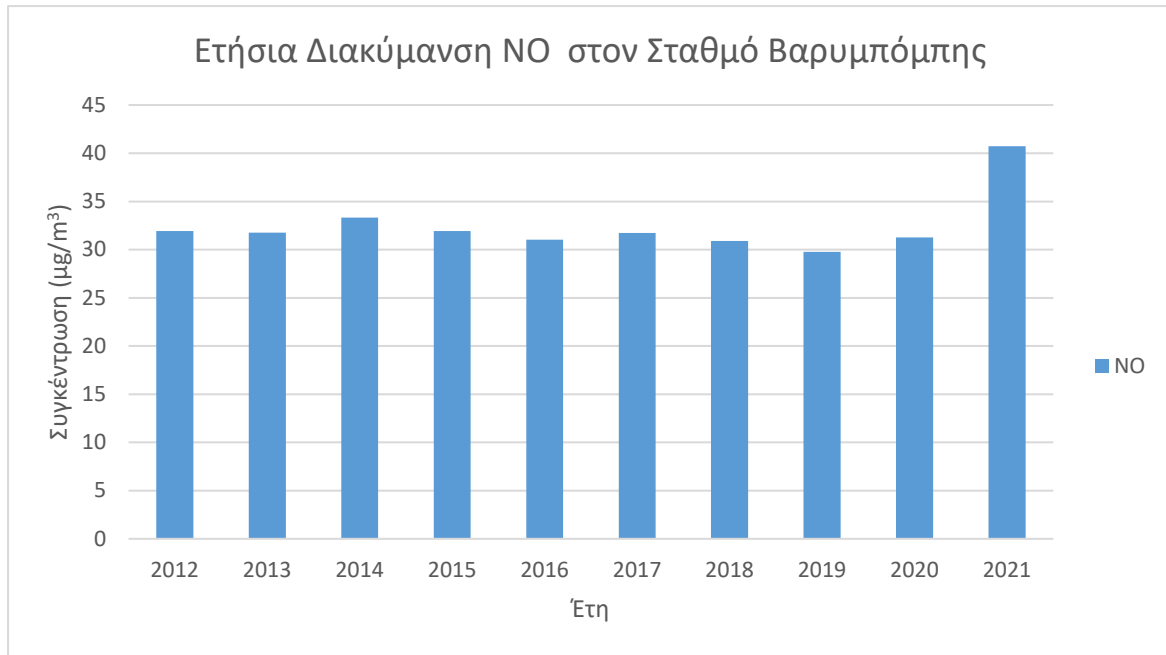




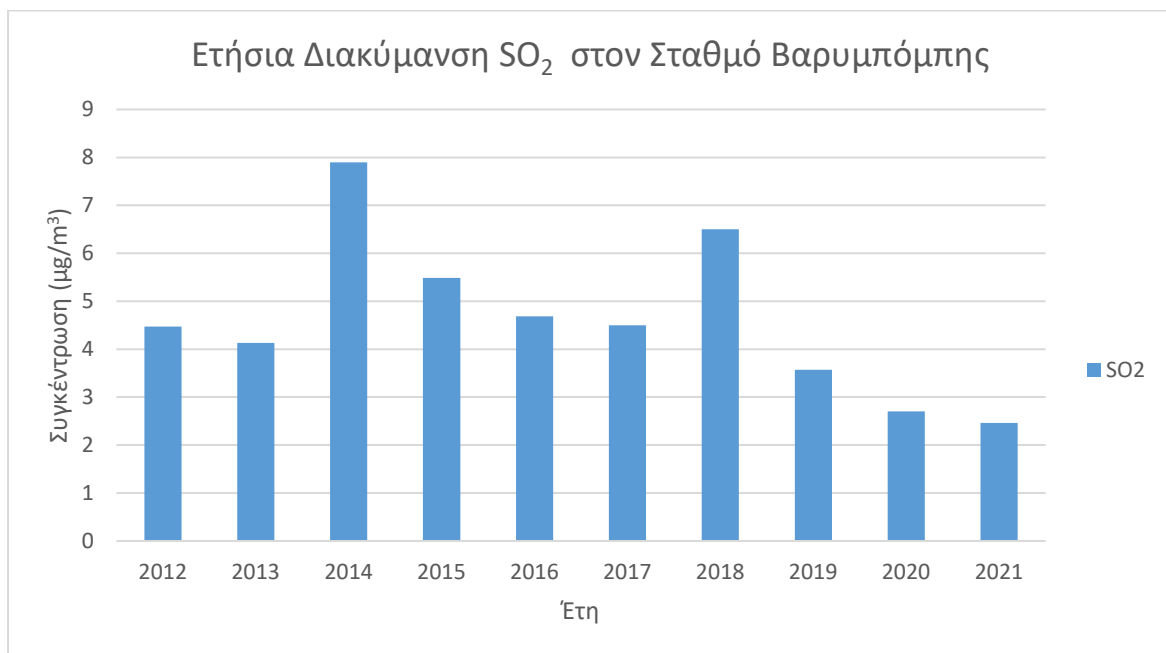
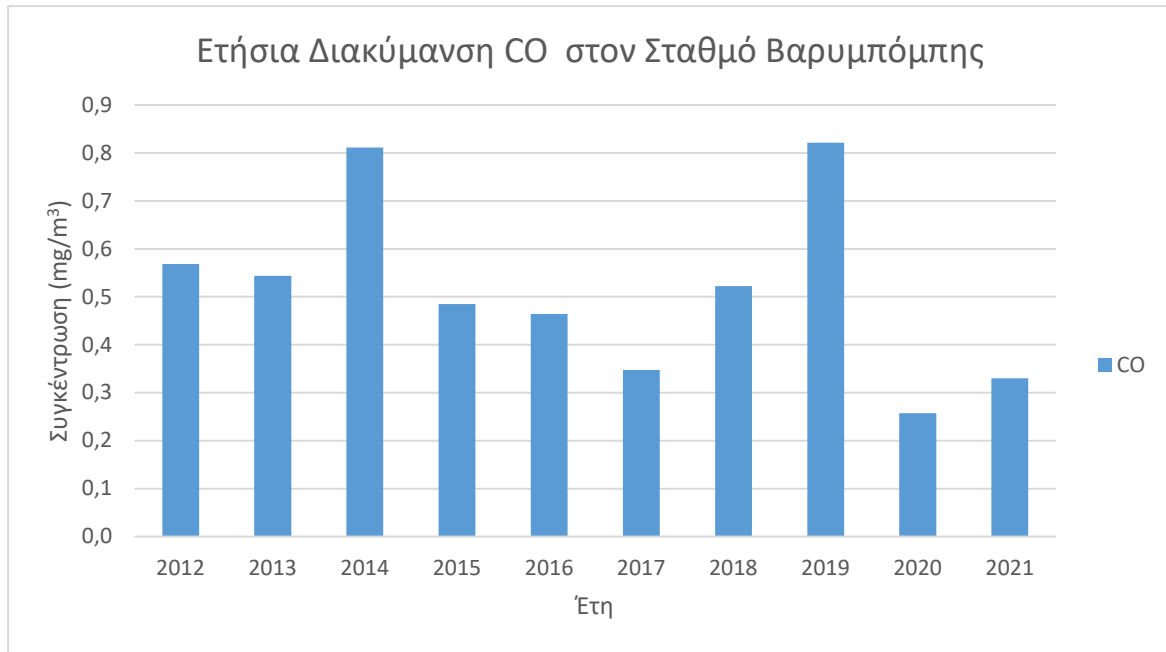
\* Η τιμή για το έτος 2019 δεν λαμβάνεται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

• ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΡΥΜΠΟΜΠΗΣ







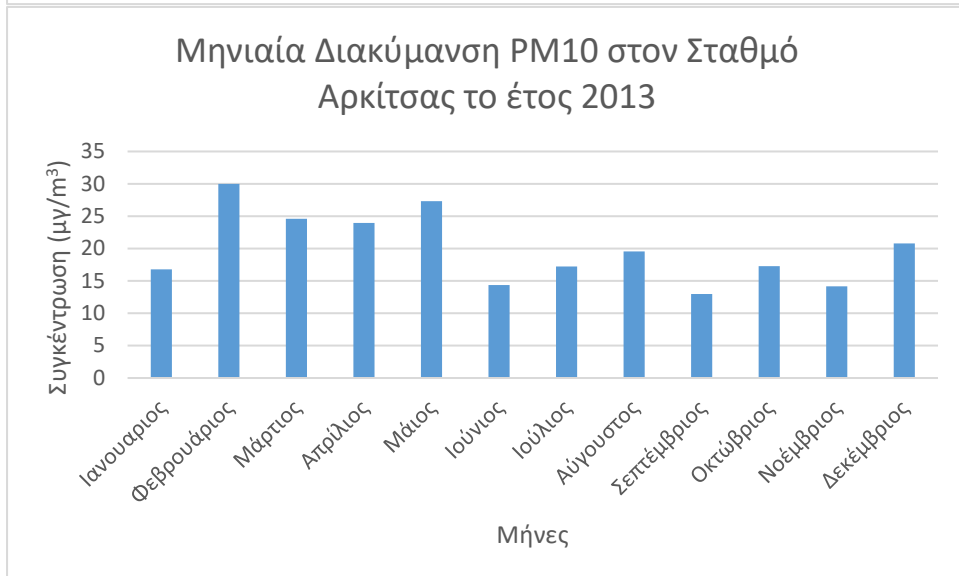
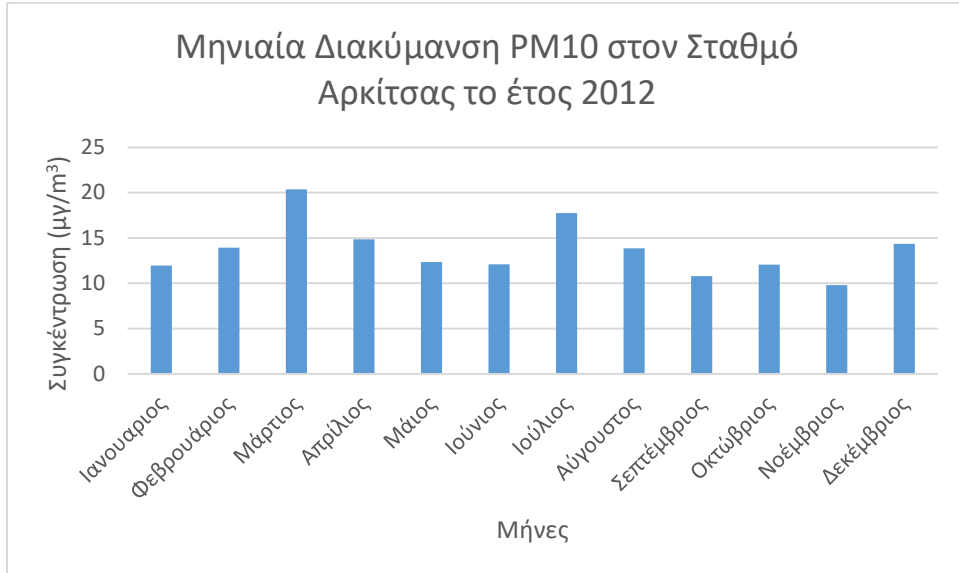


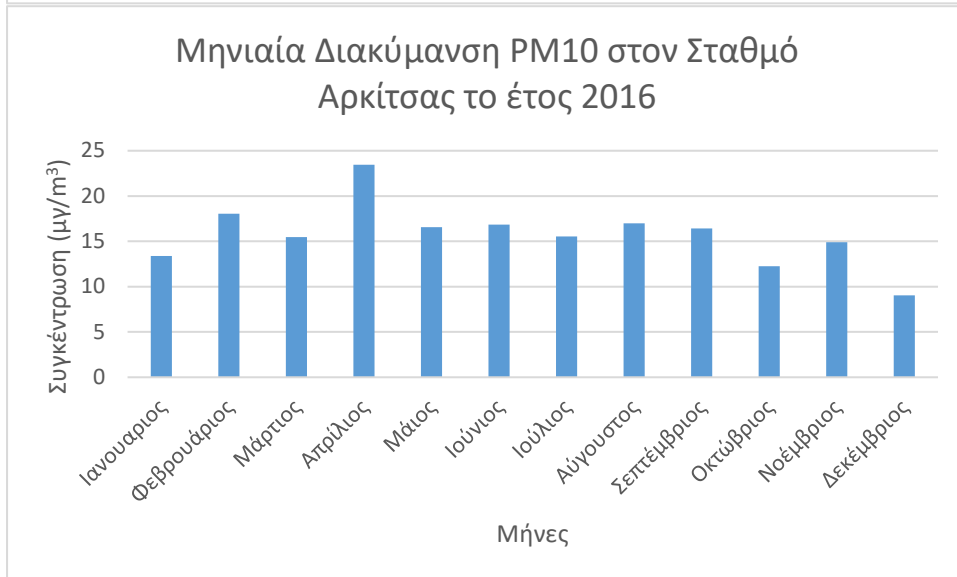
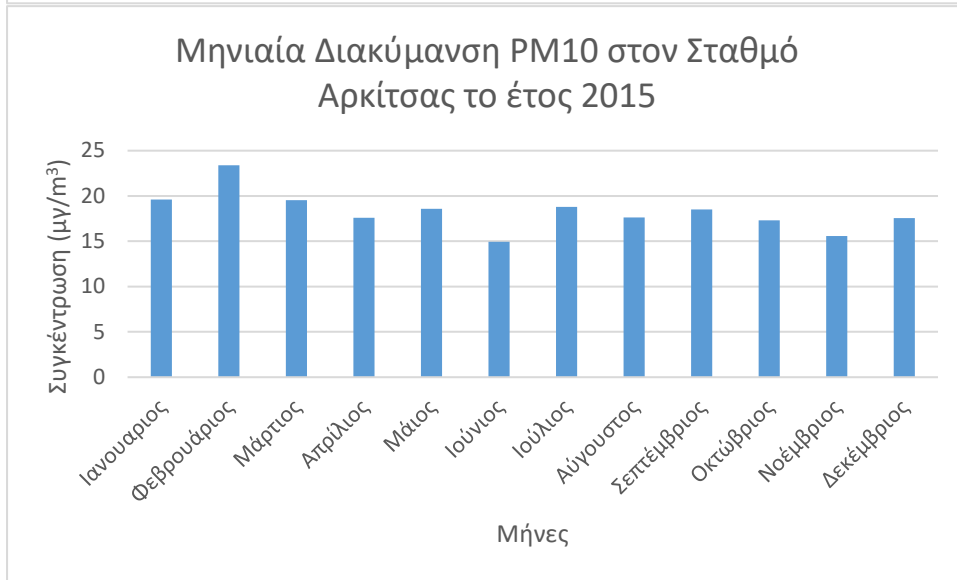
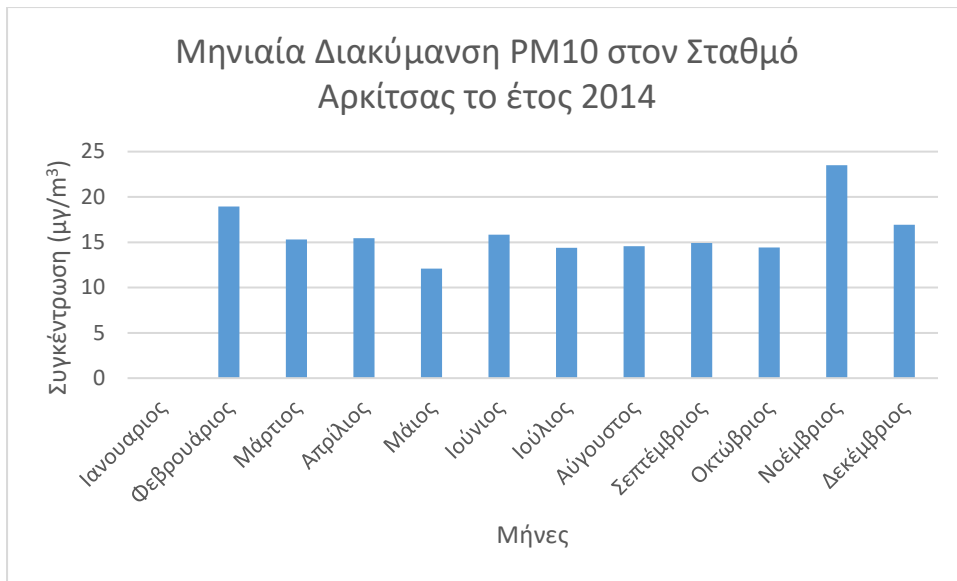


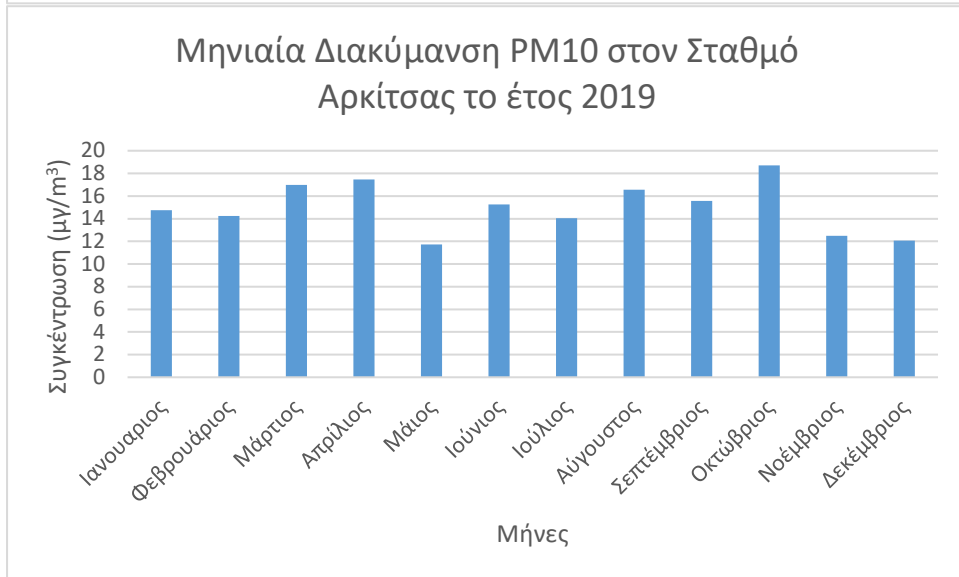
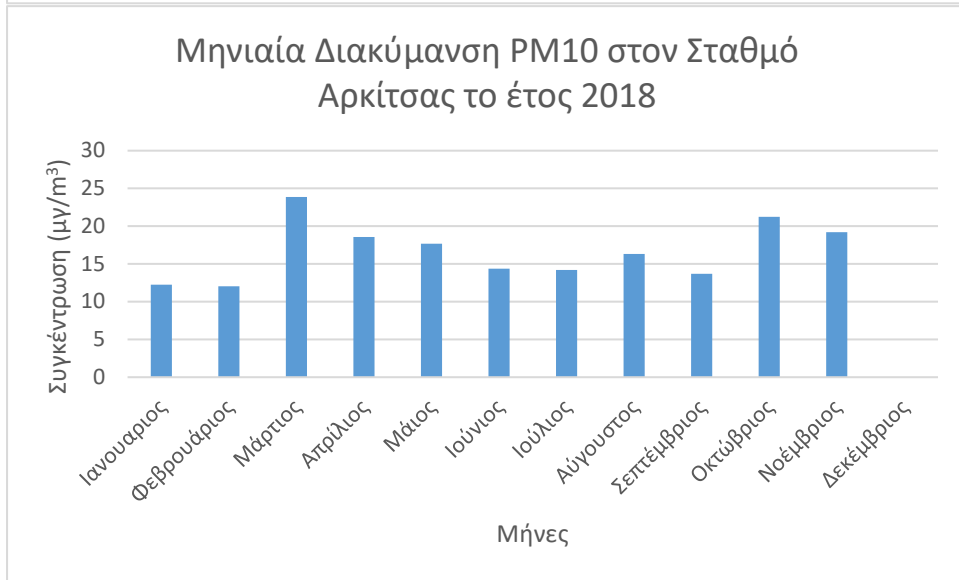
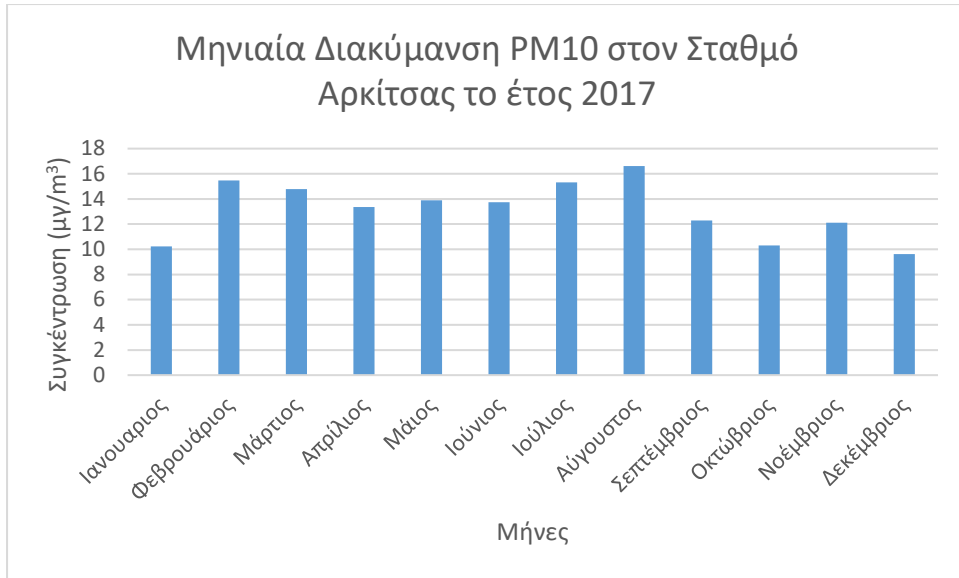
\* Οι τιμές για τα έτη 2020 και 2021 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

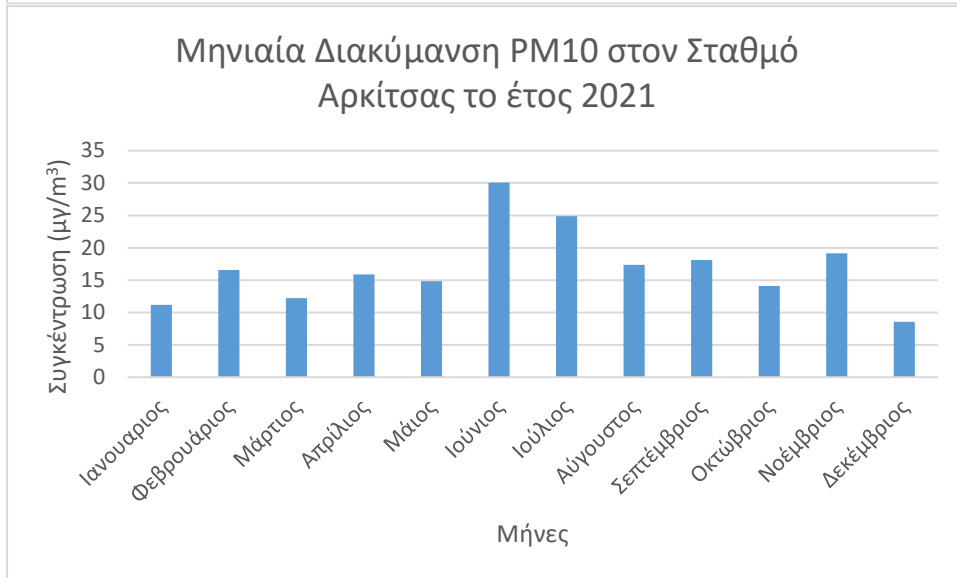
### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - Διαγράμματα μηνιαίας διακύμανσης κάθε σταθμού

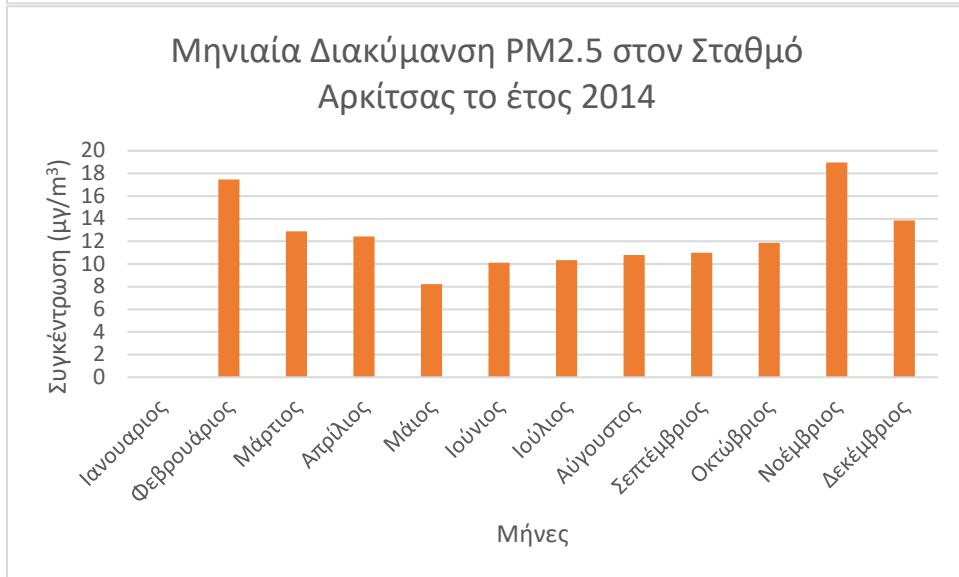
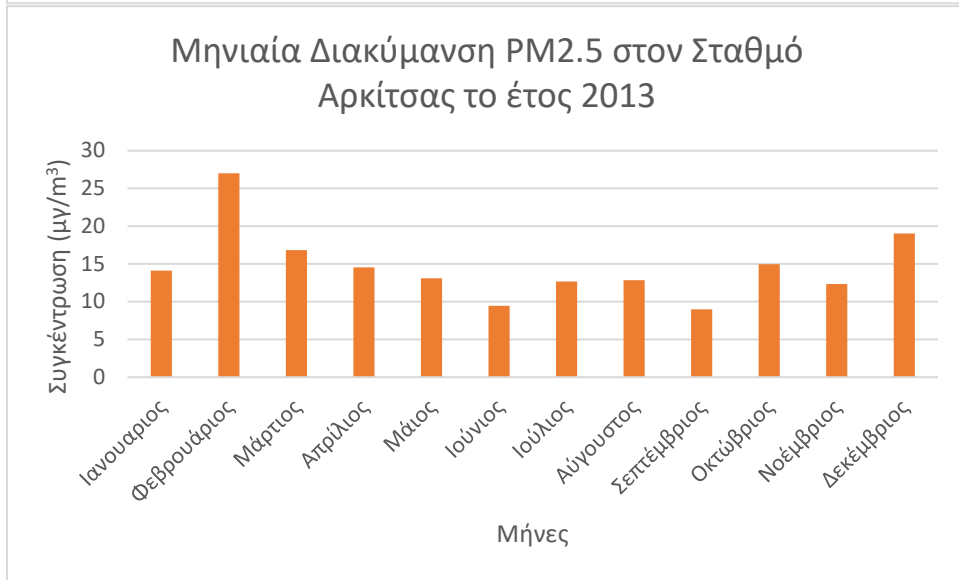
- ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΚΙΤΣΑΣ

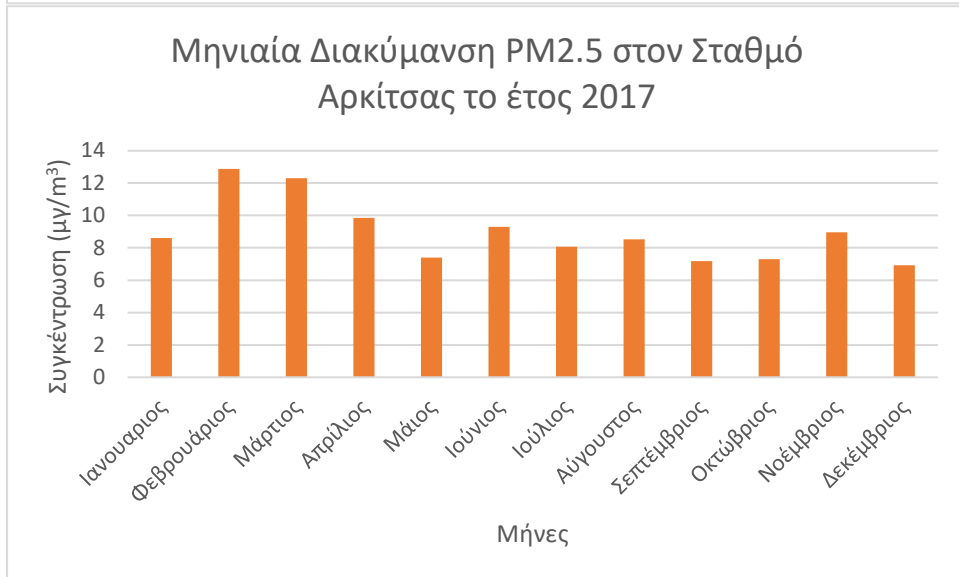
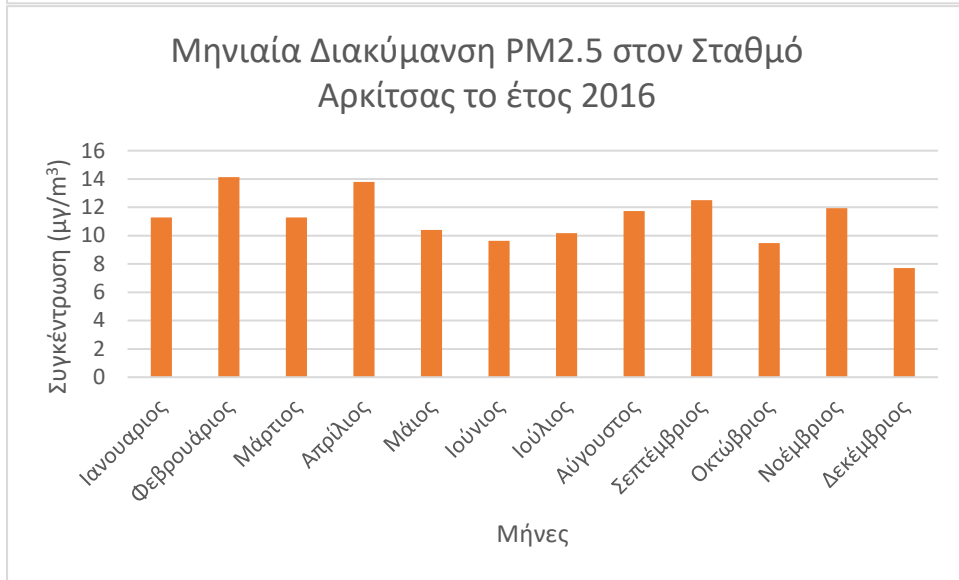
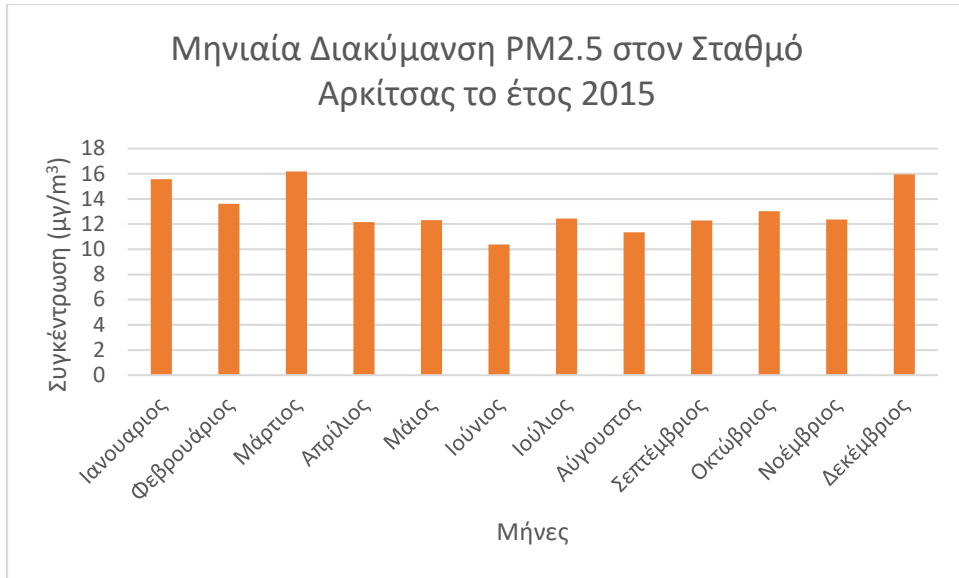




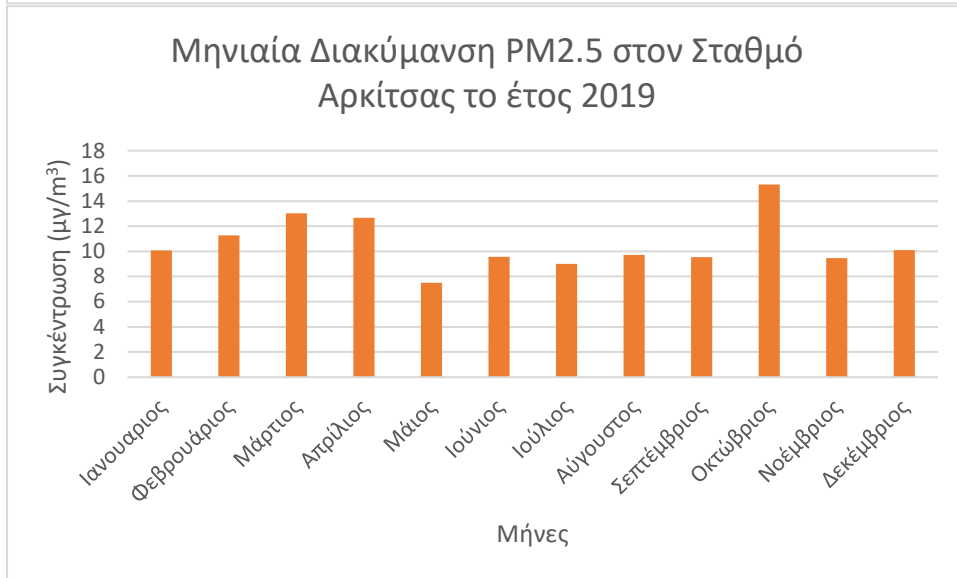
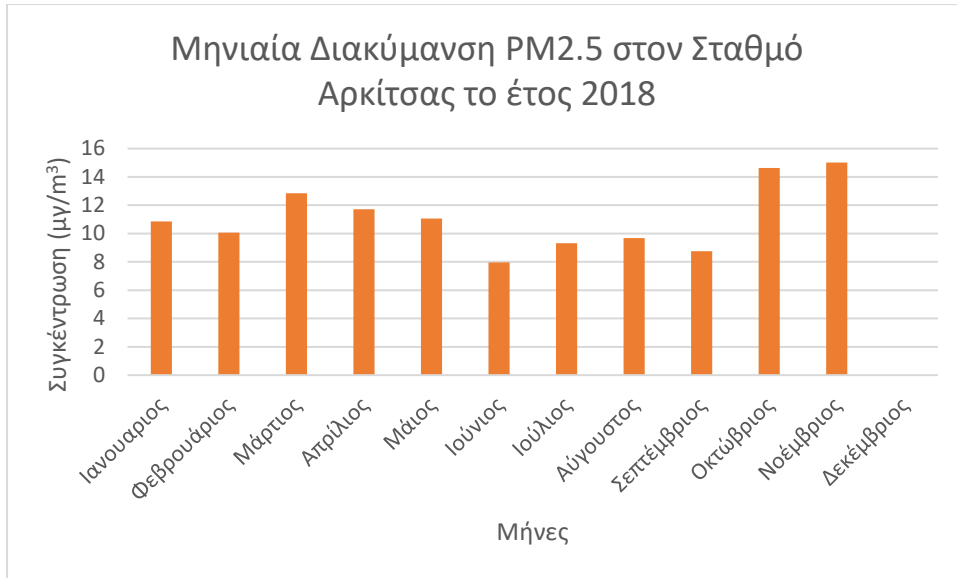


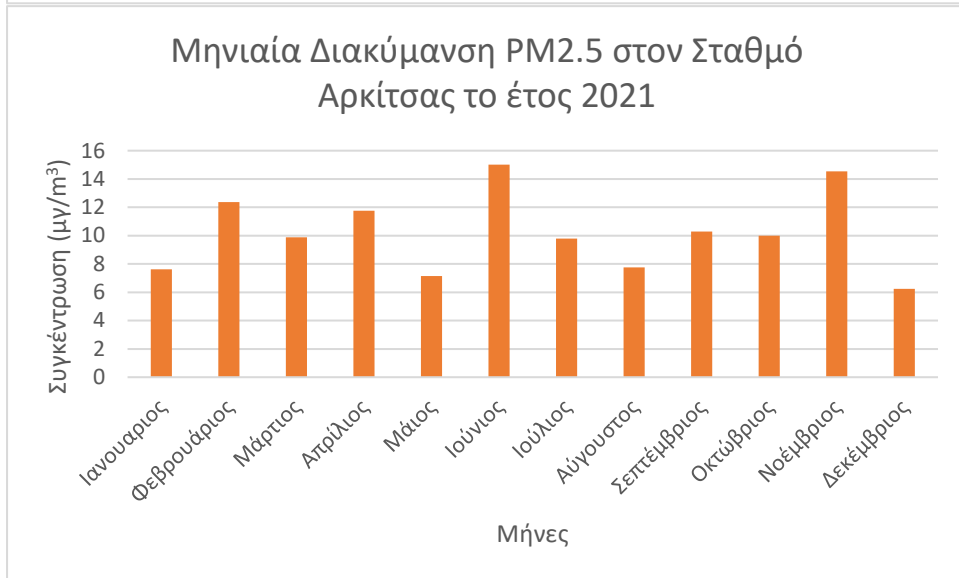
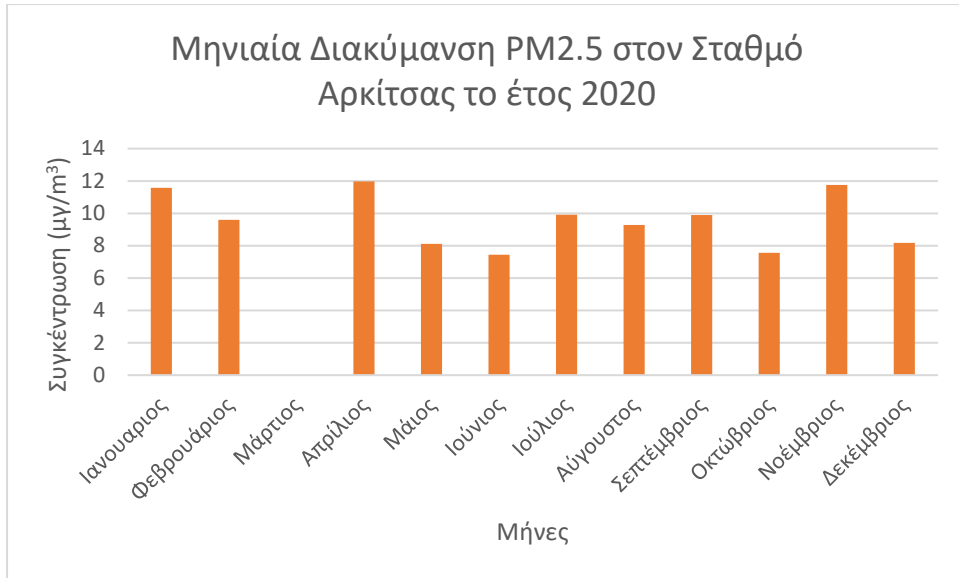


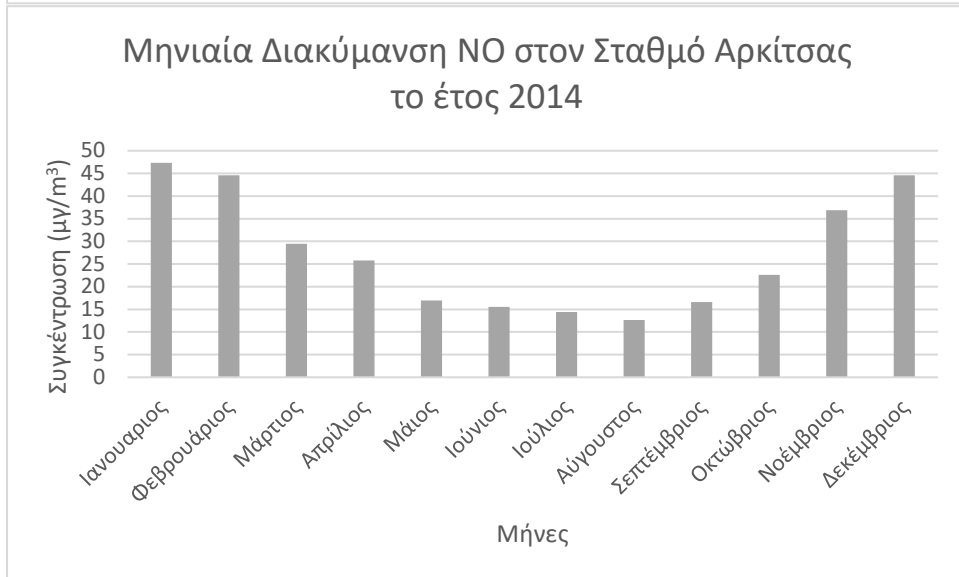
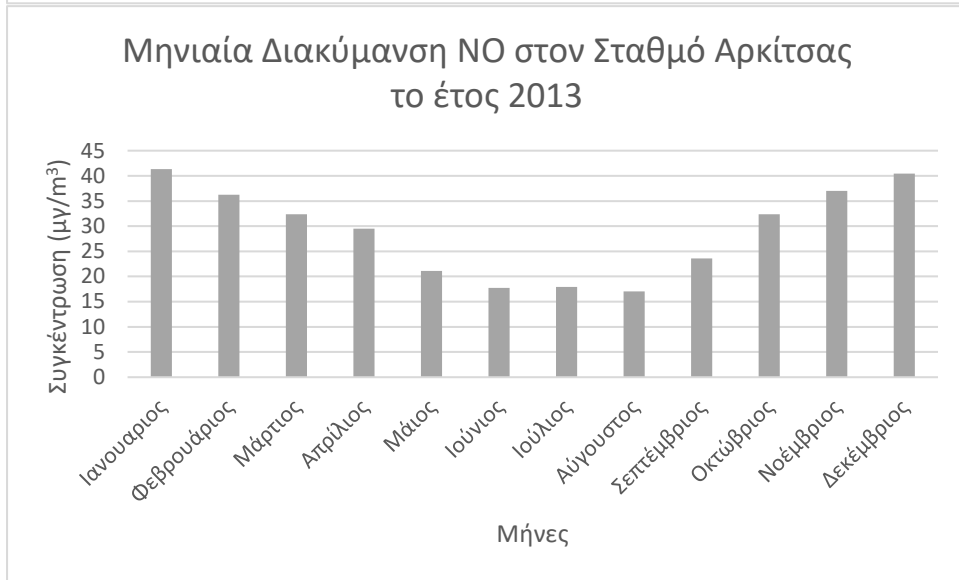
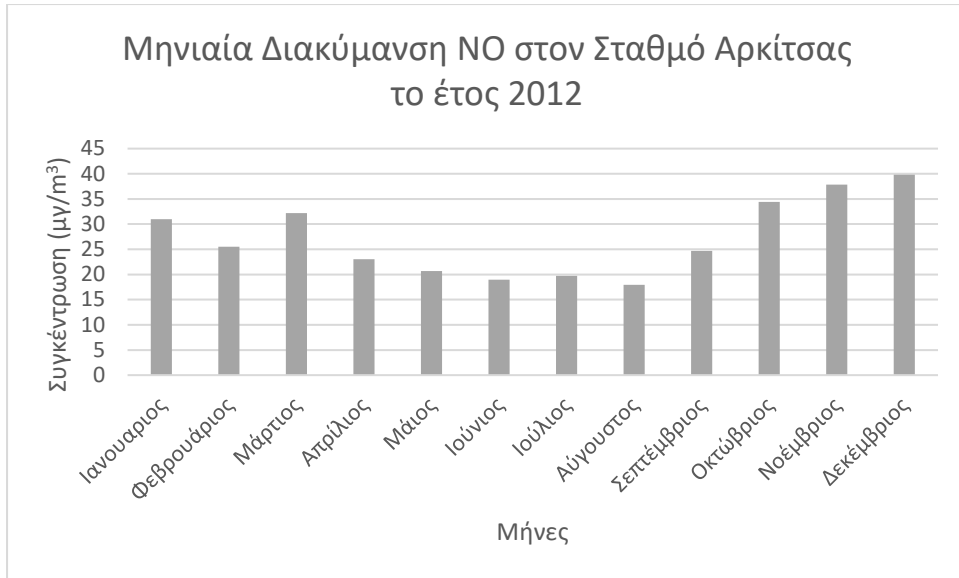


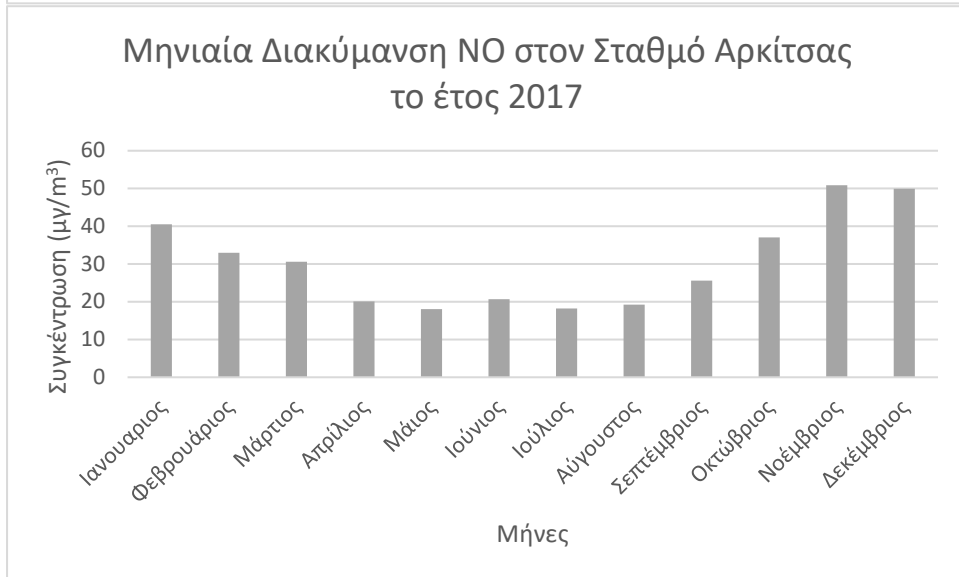
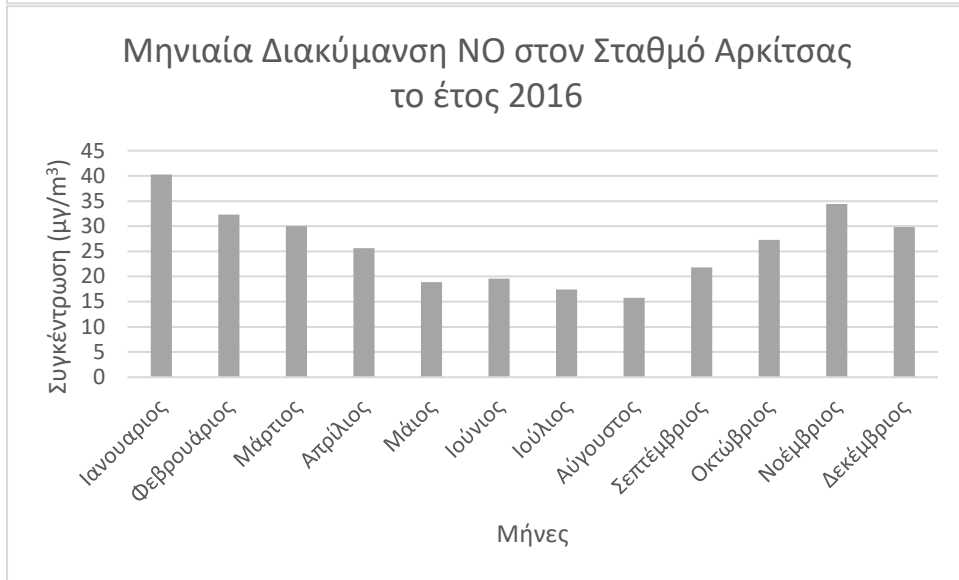
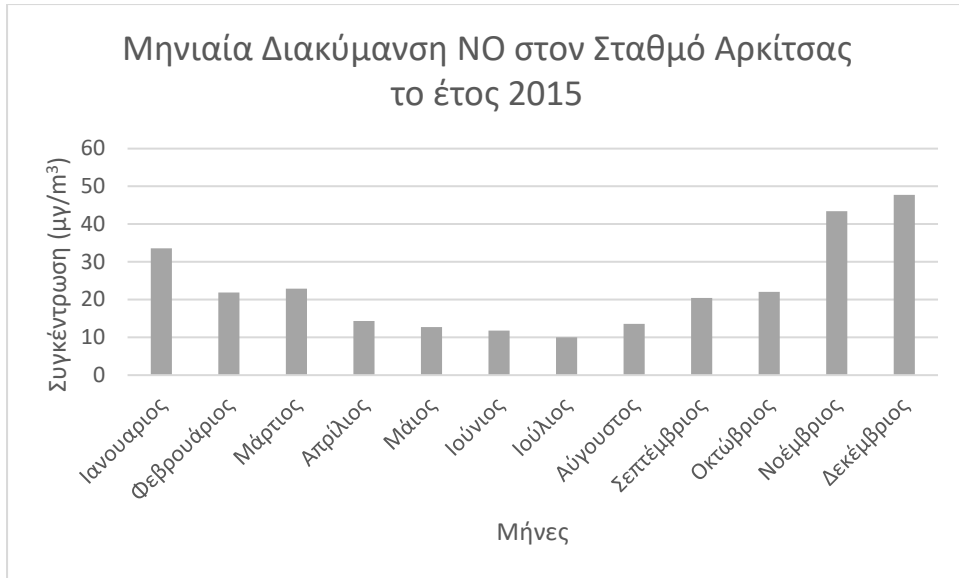


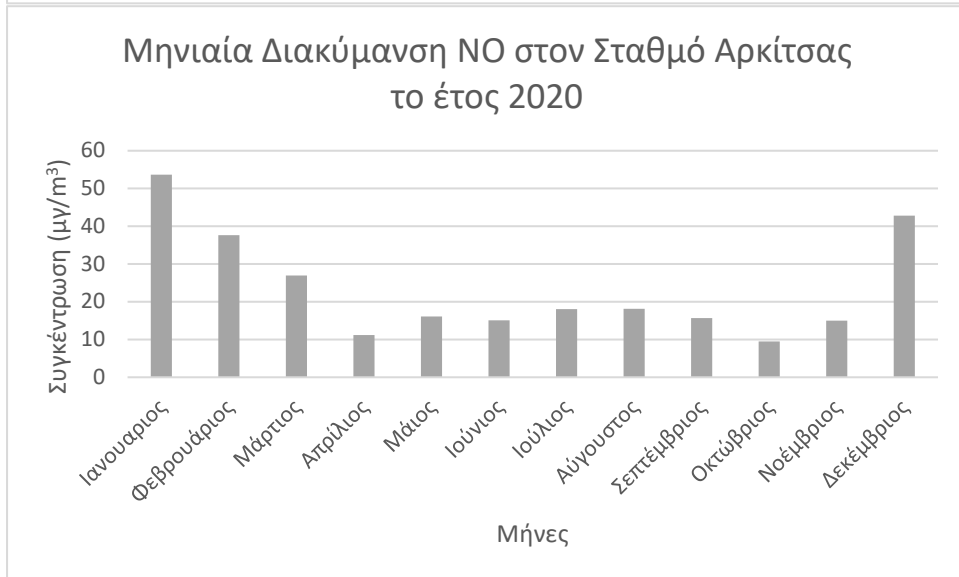
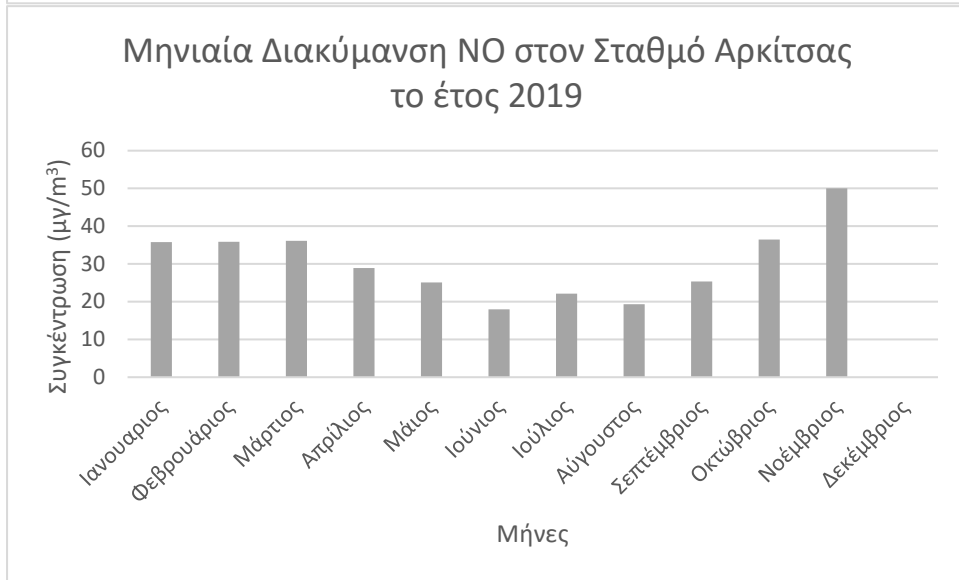
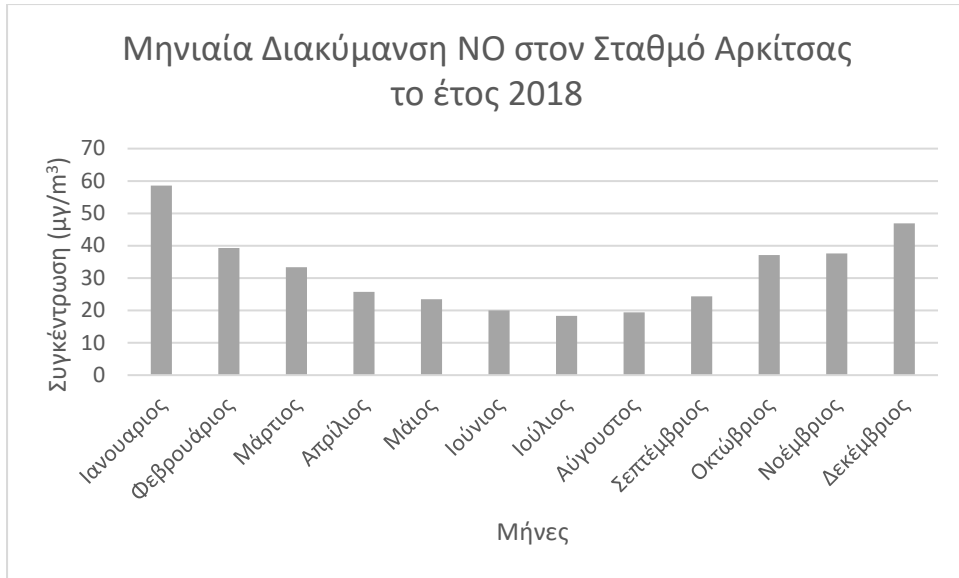


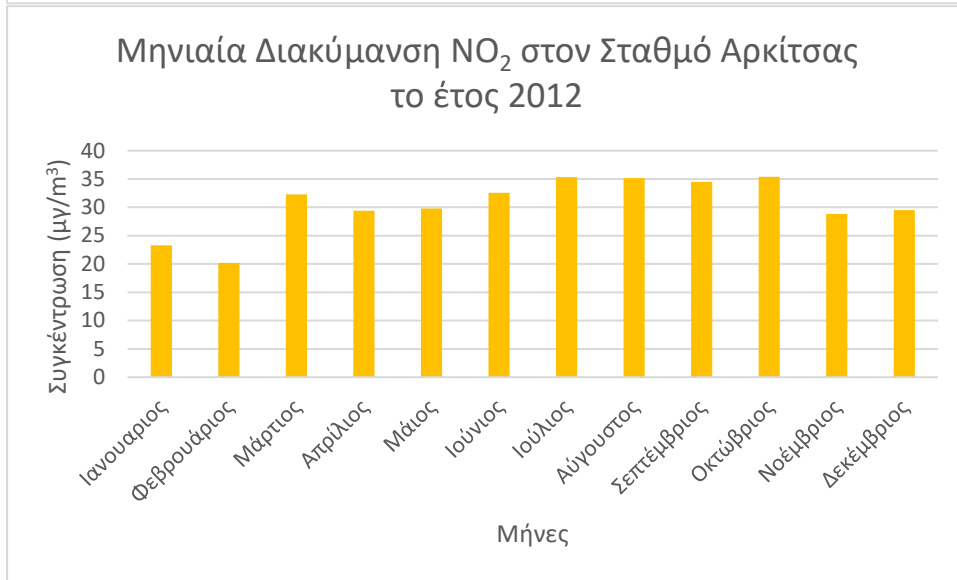
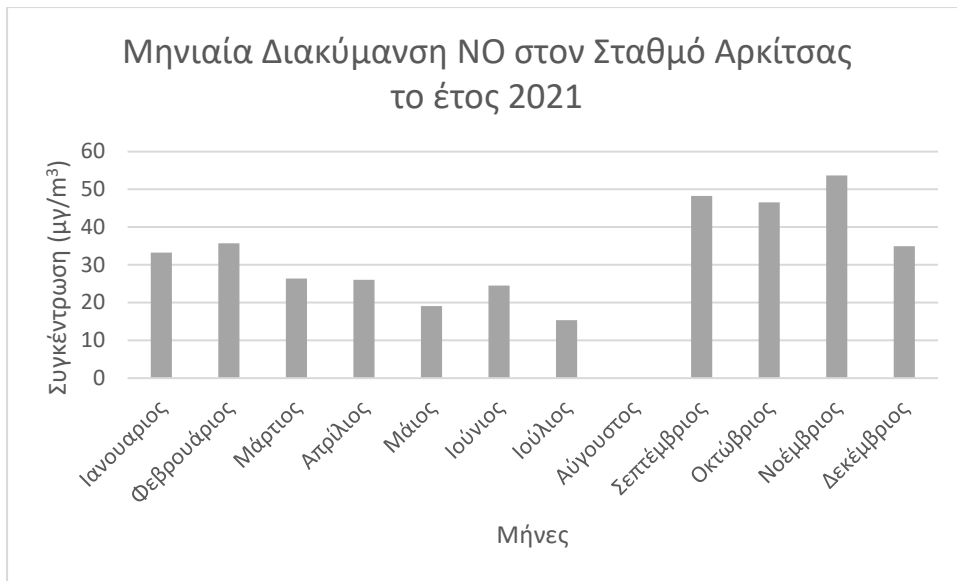


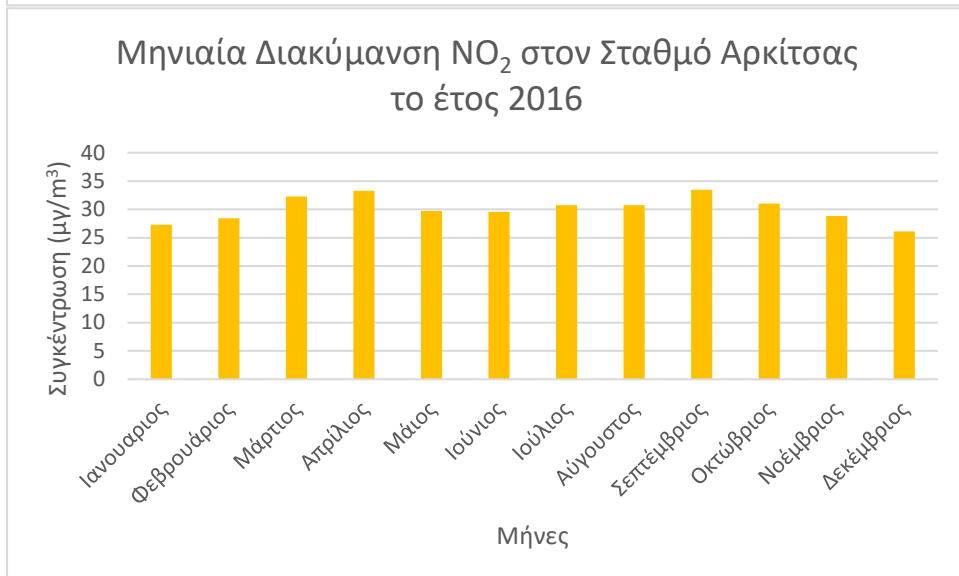
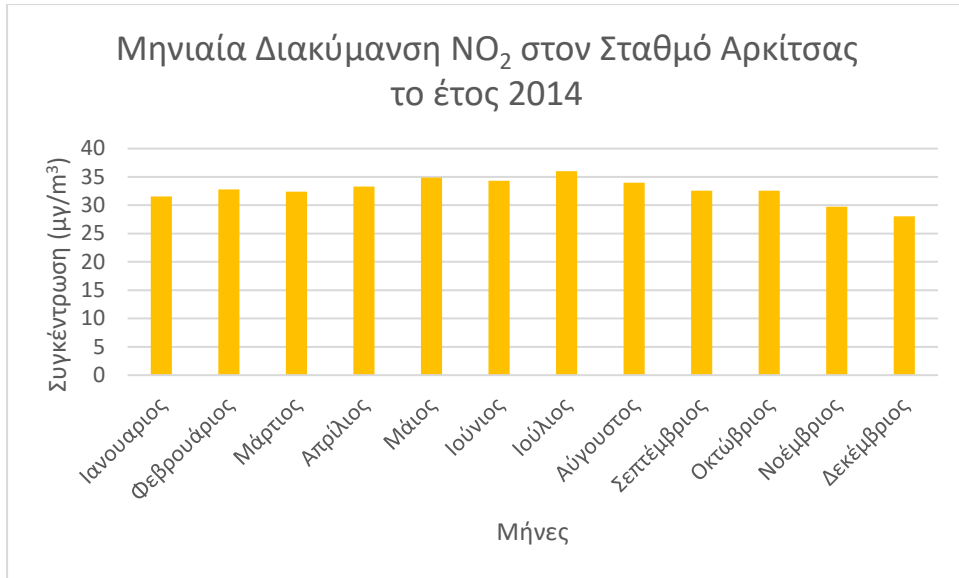


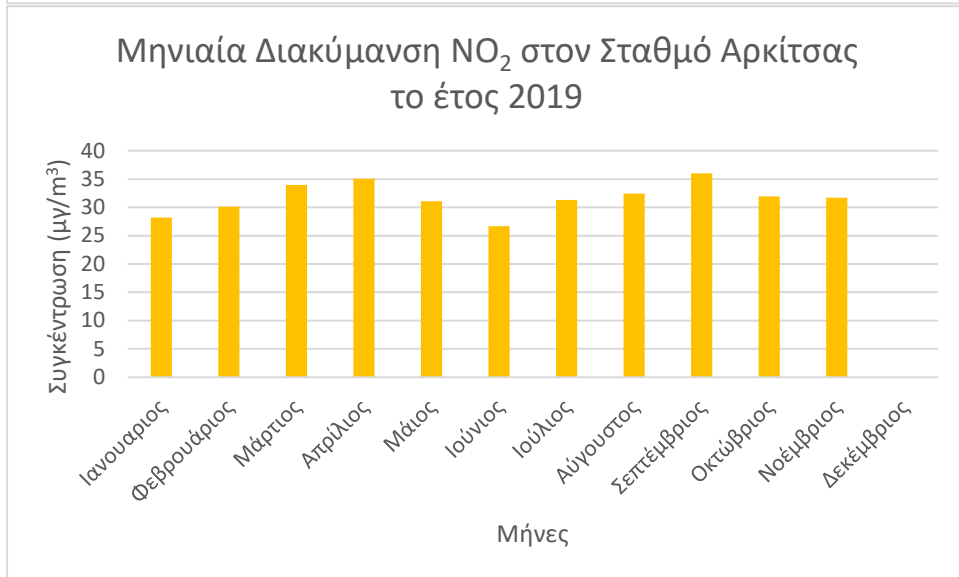
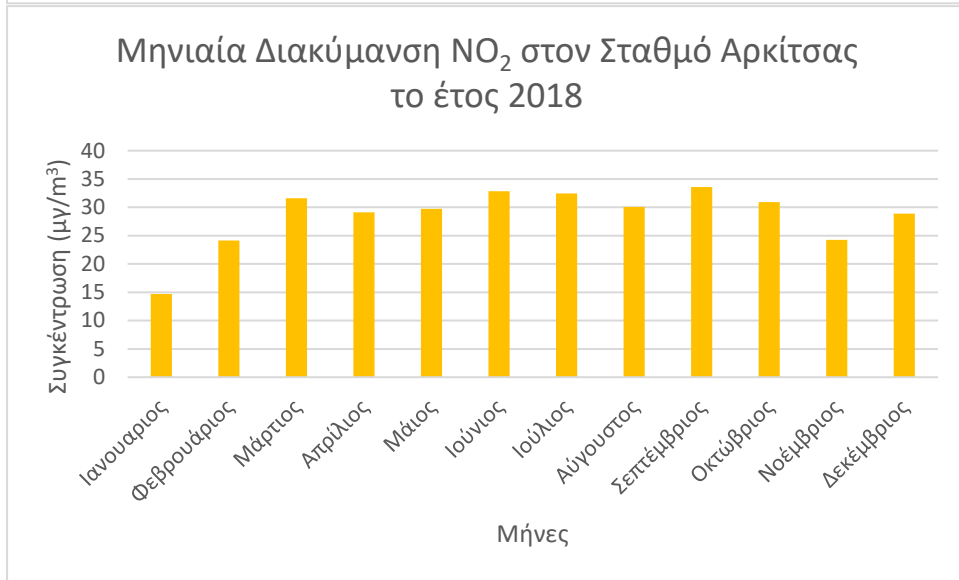
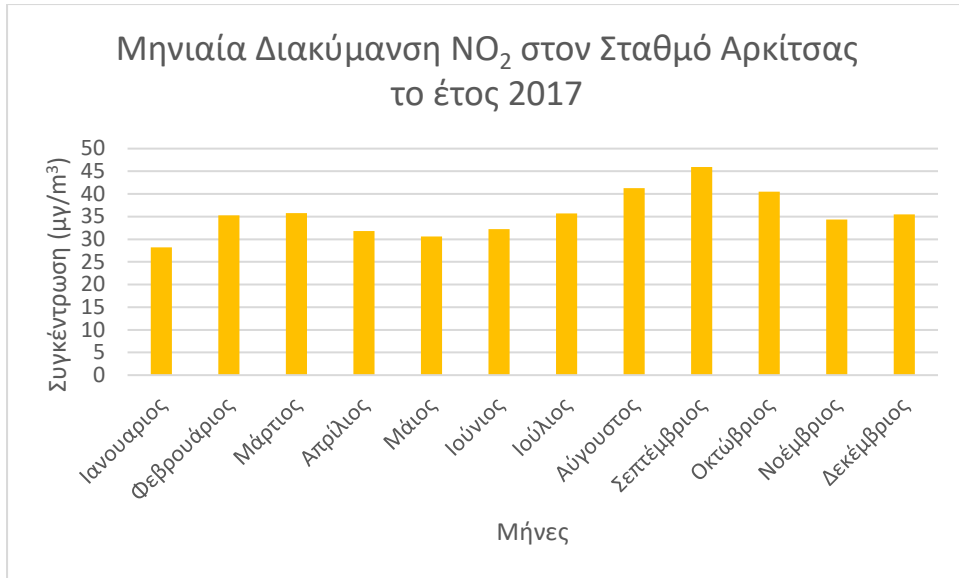




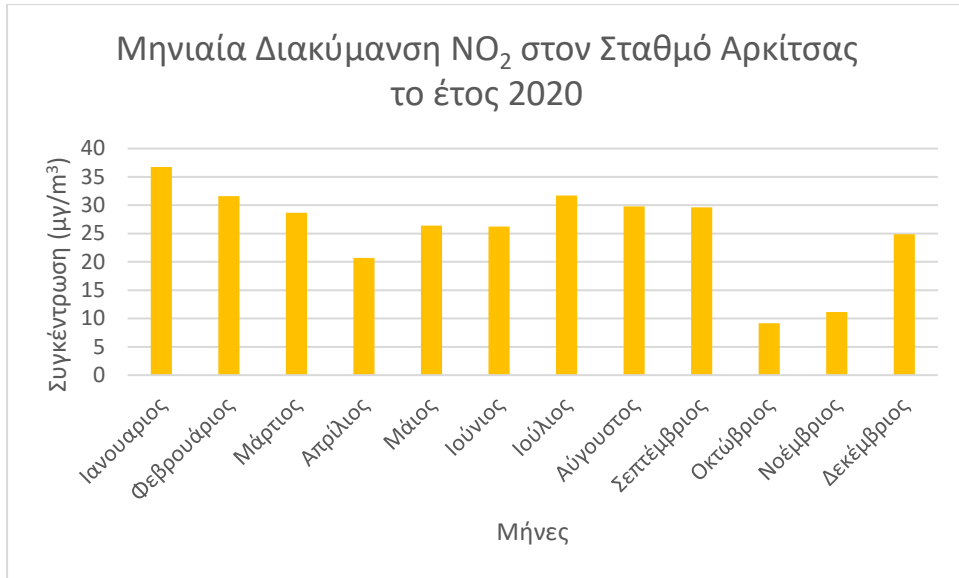


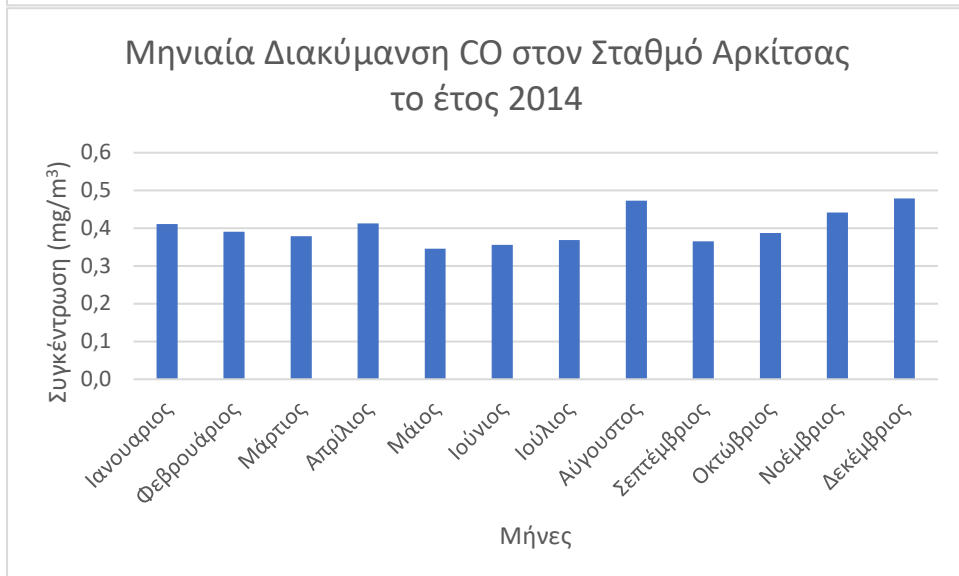
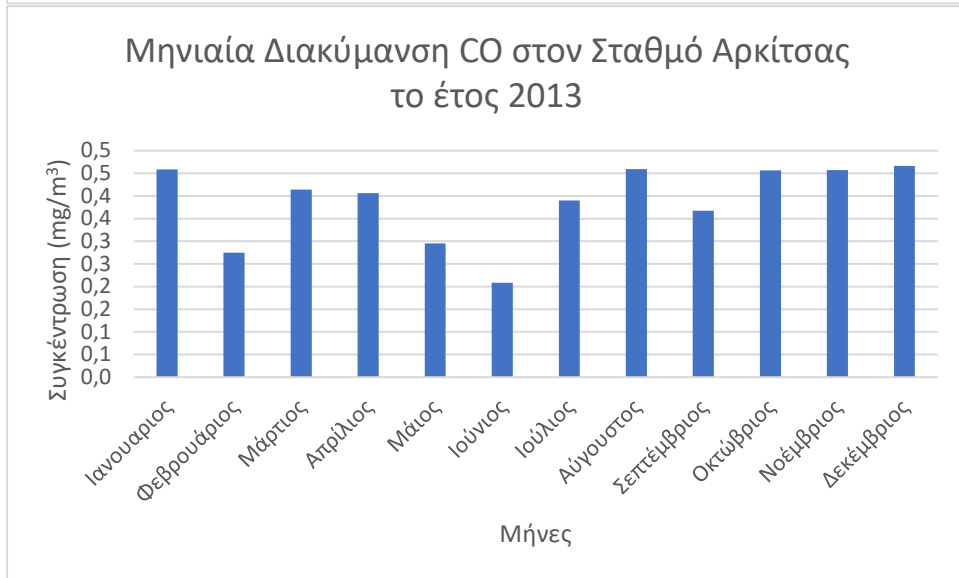
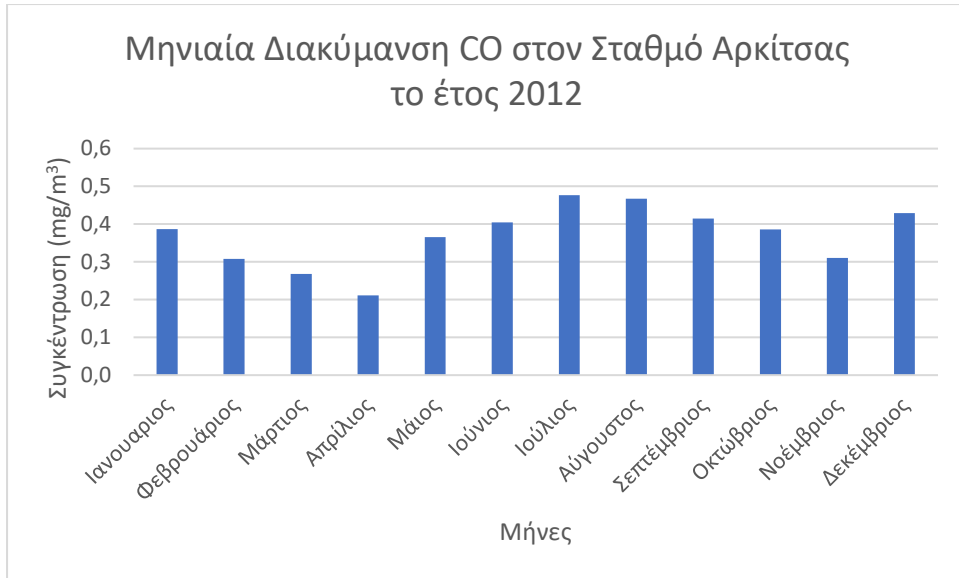


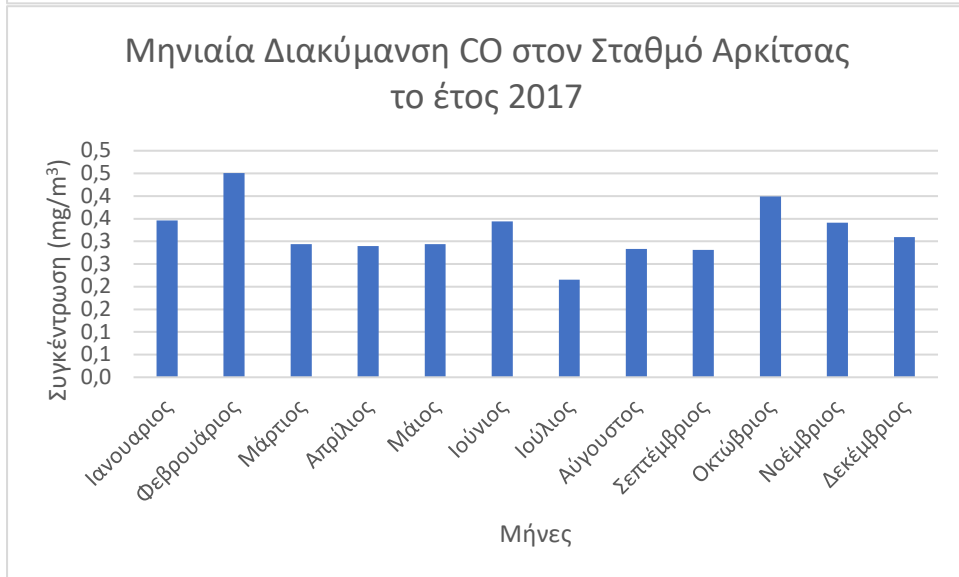
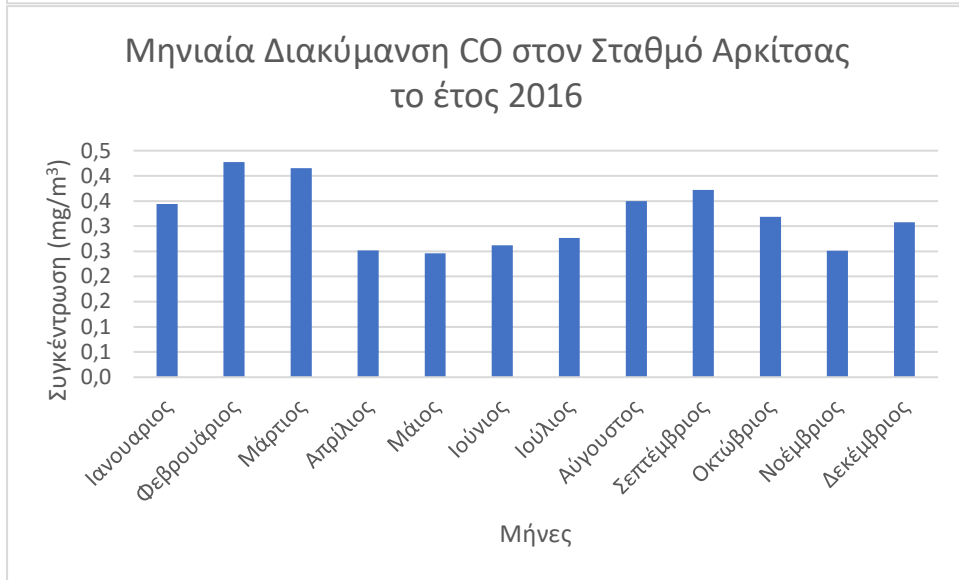
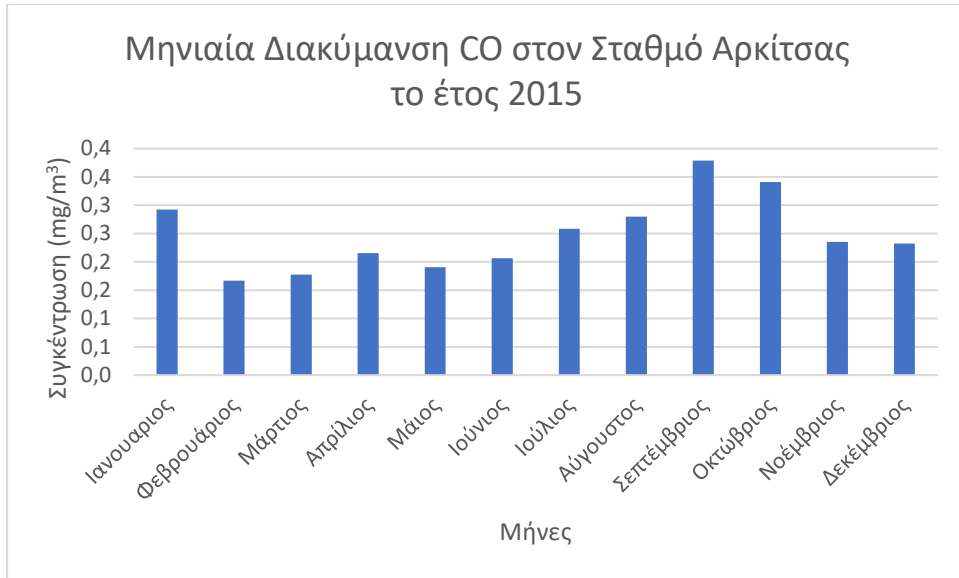


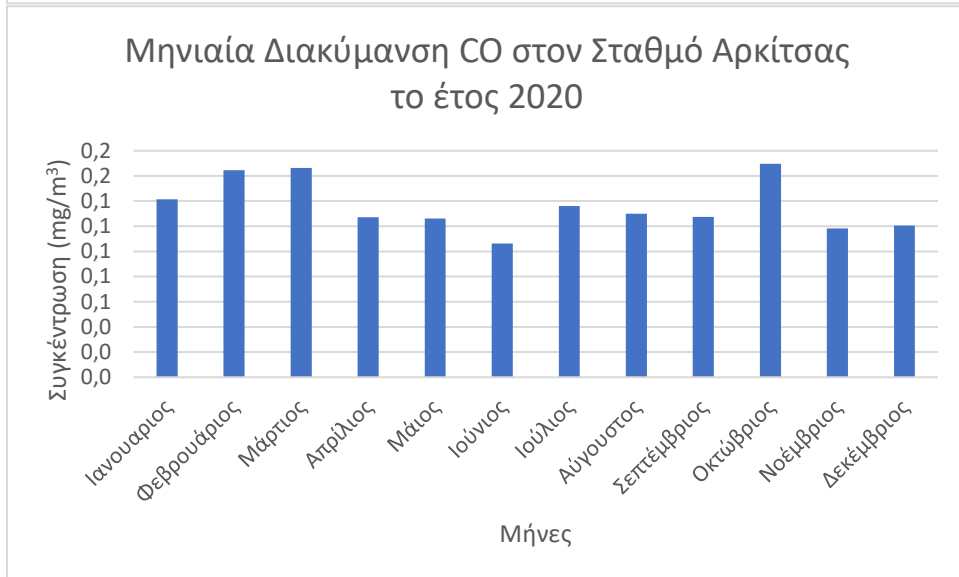
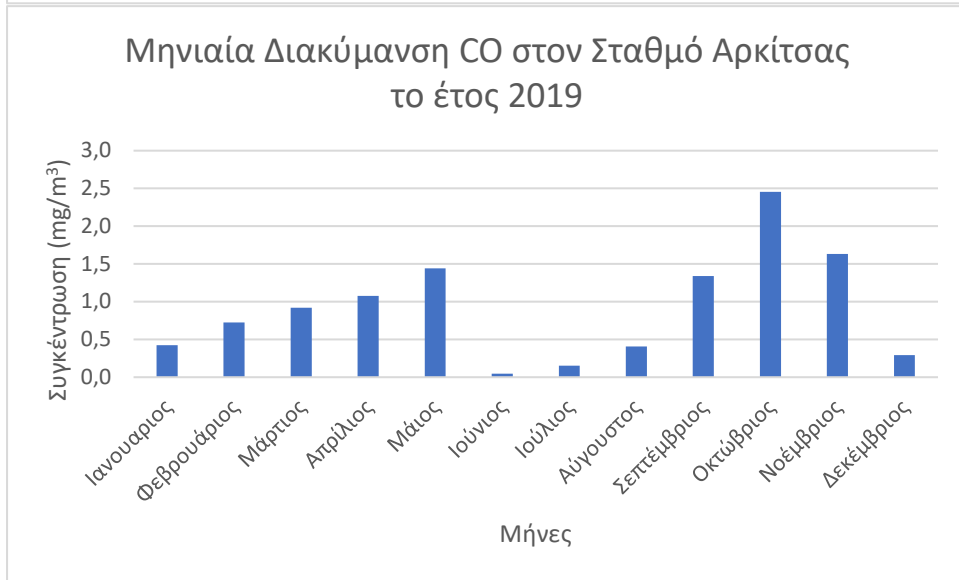
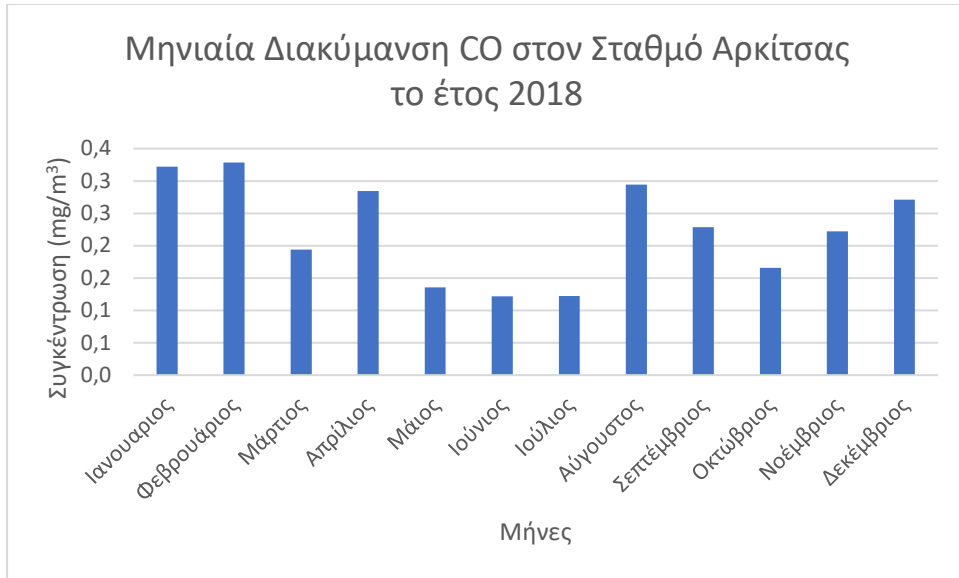


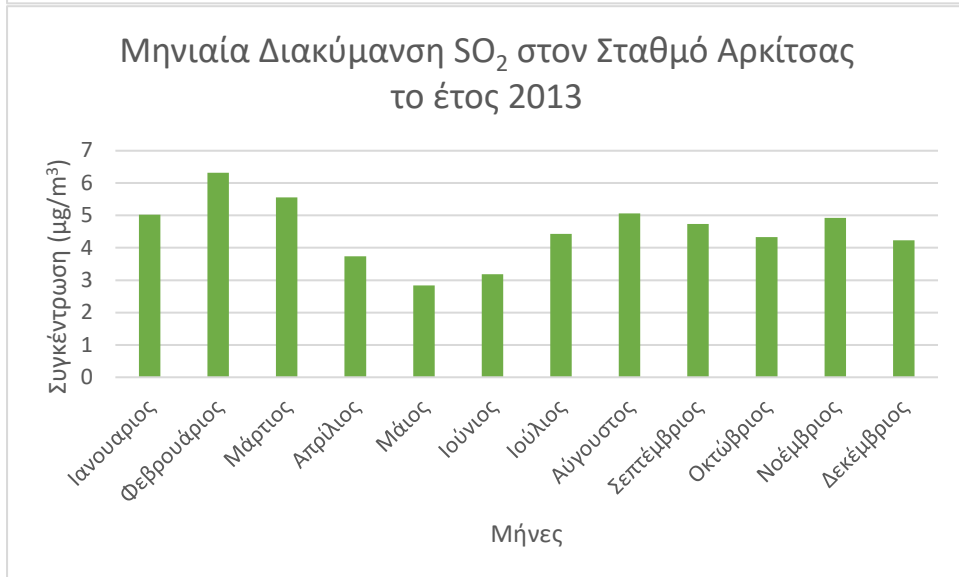
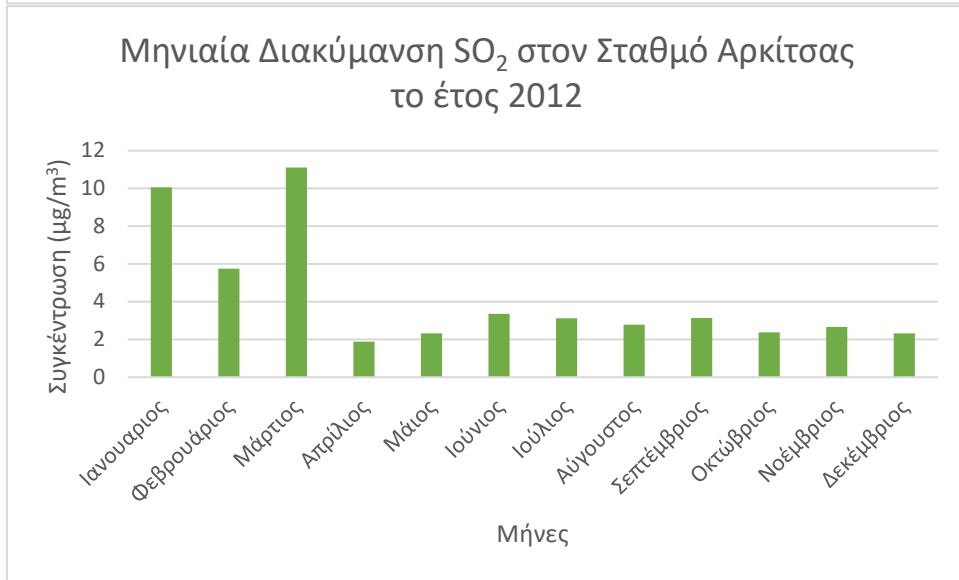
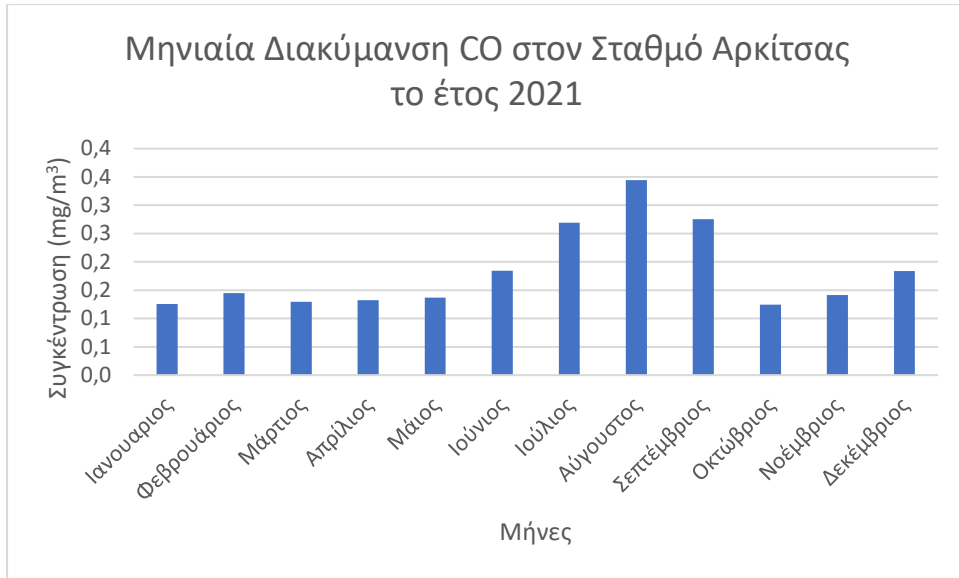


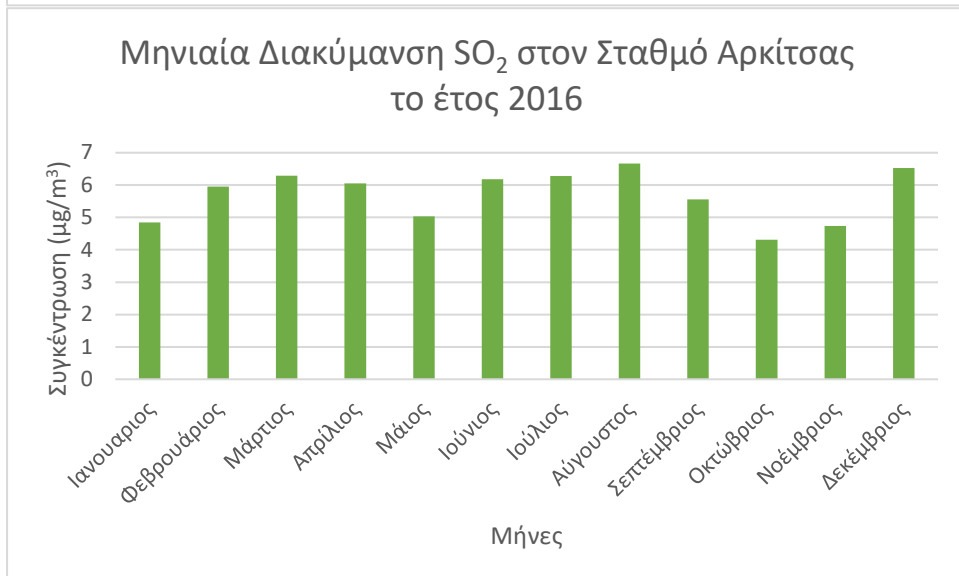
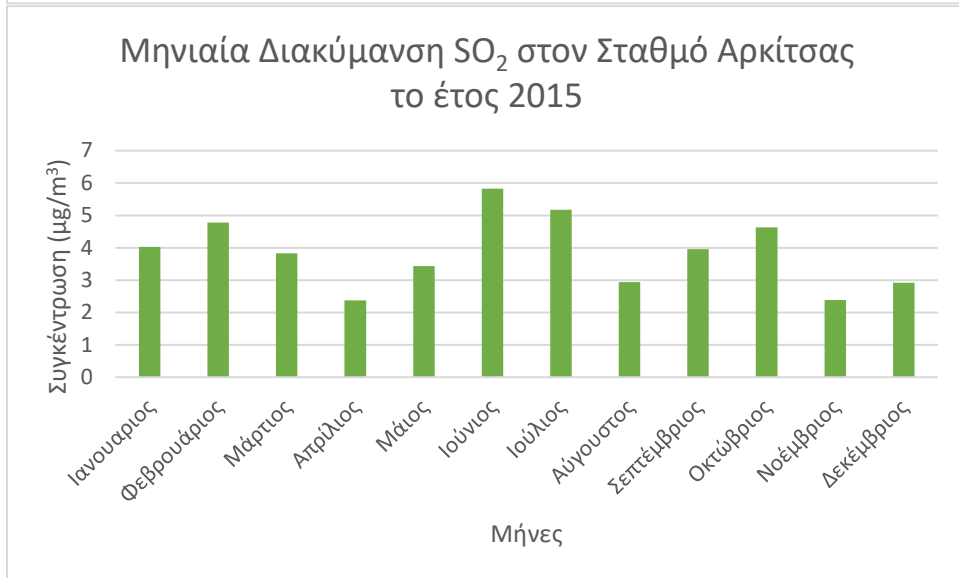
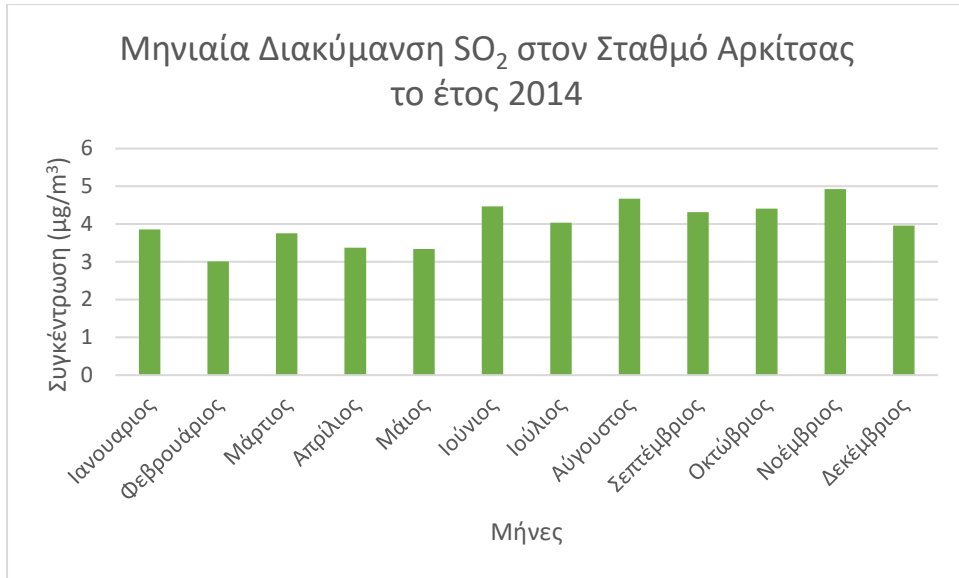


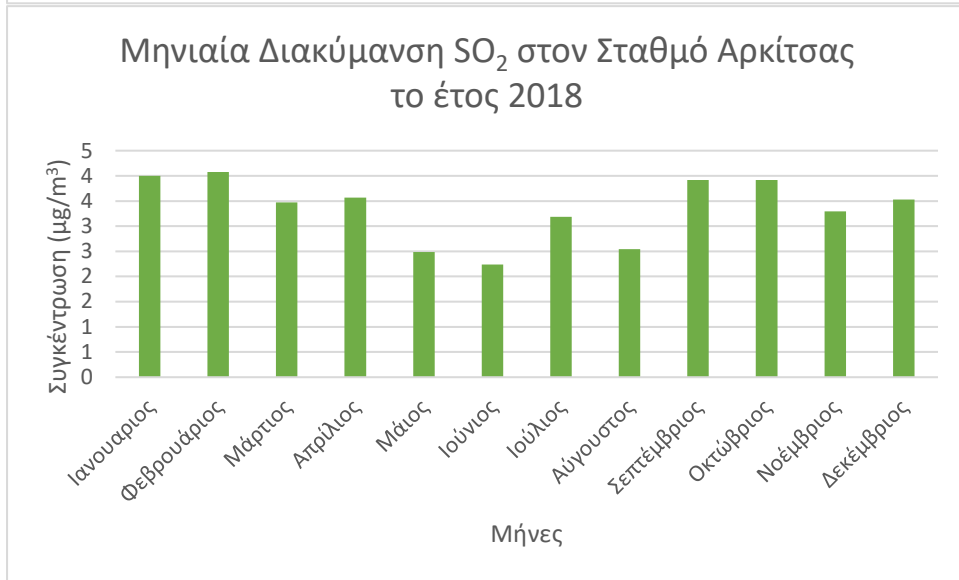
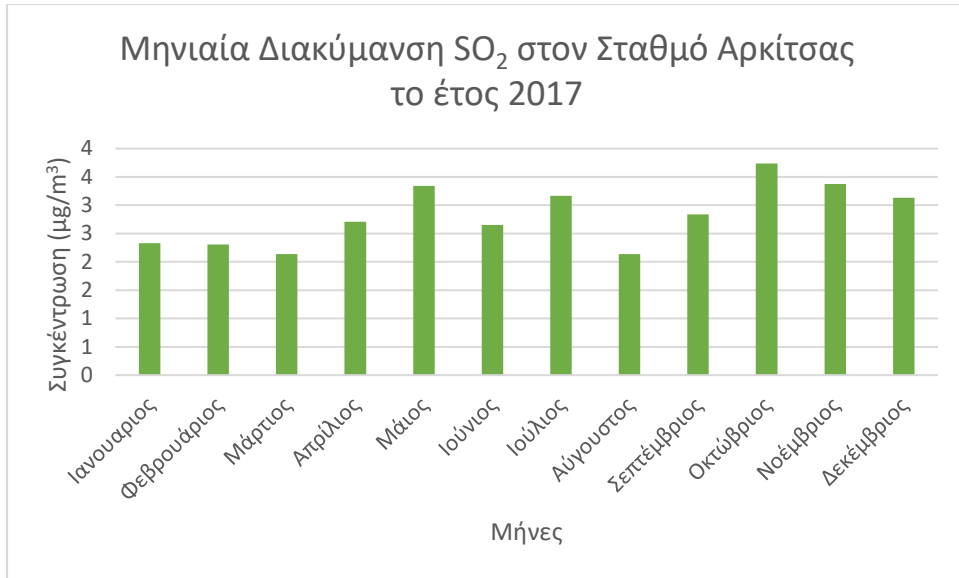


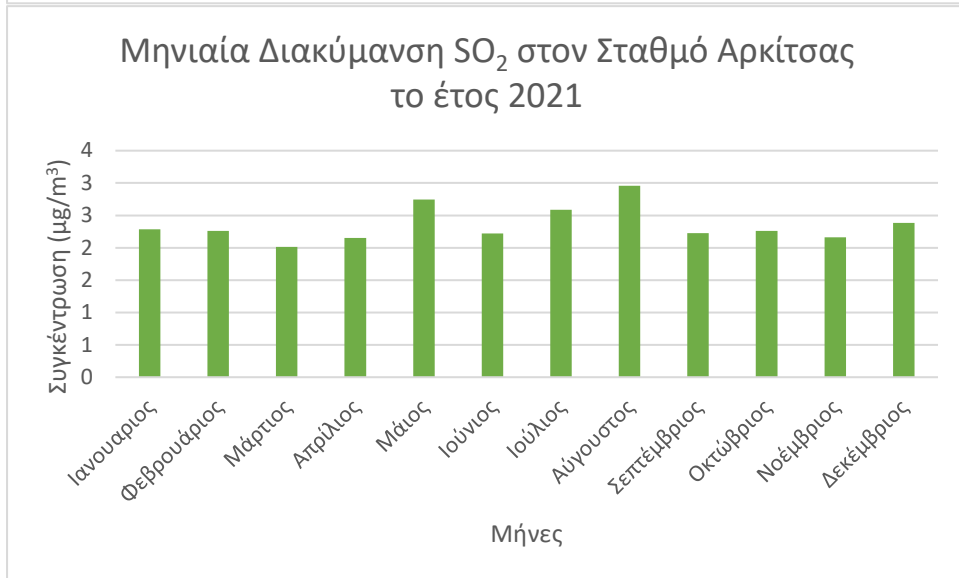
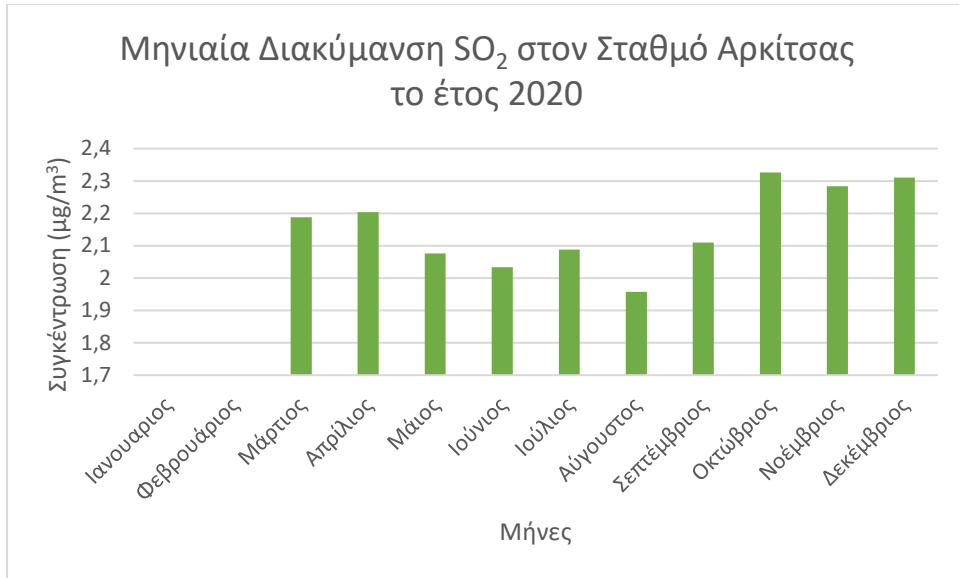




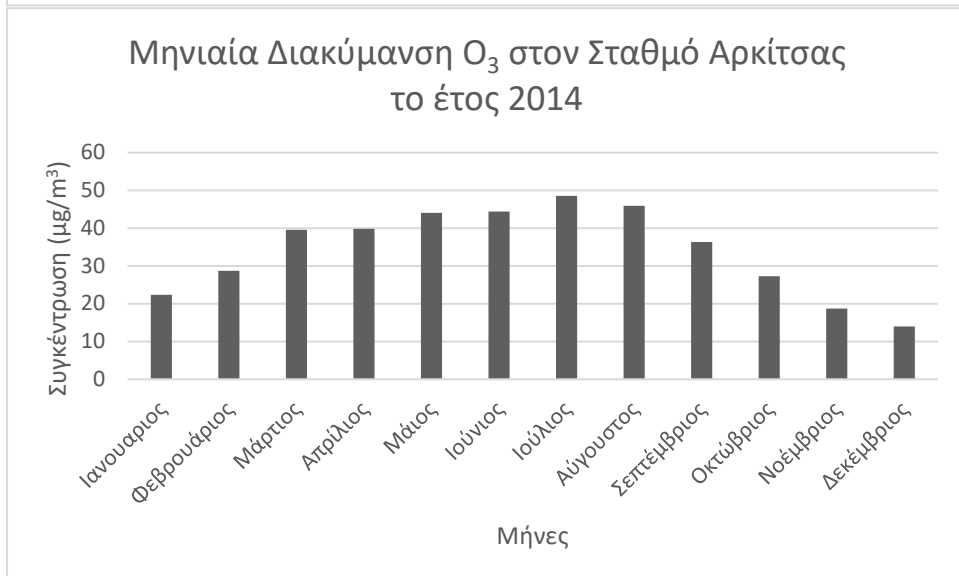
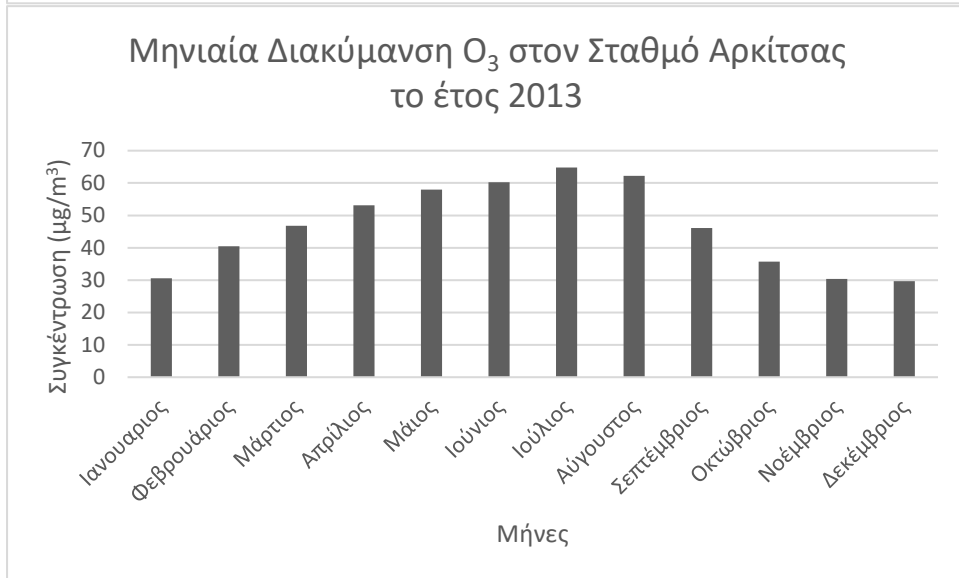
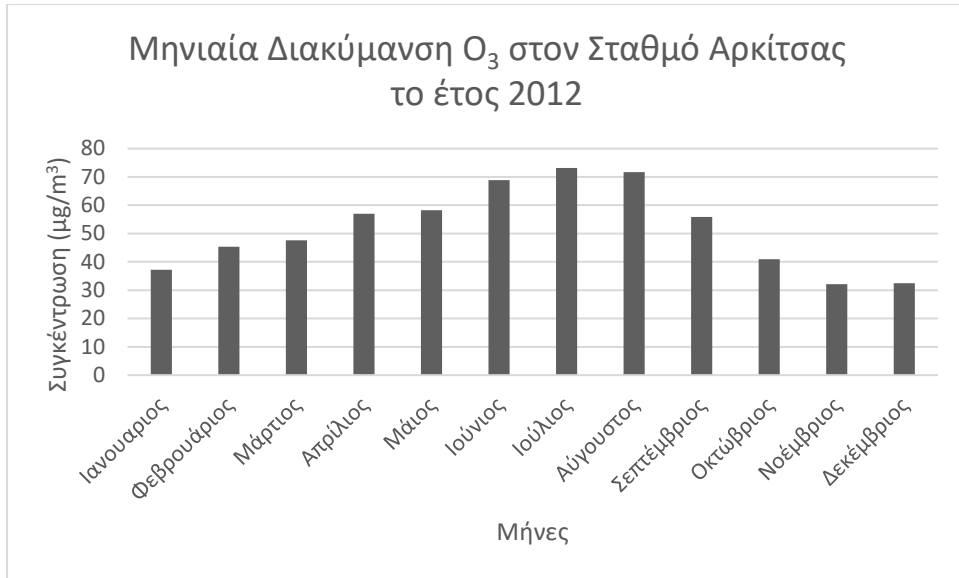


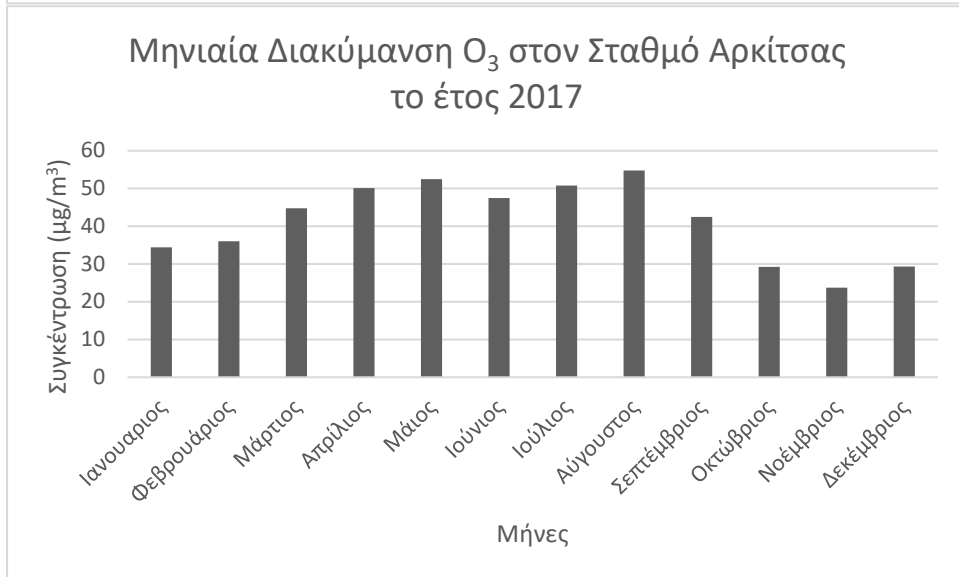
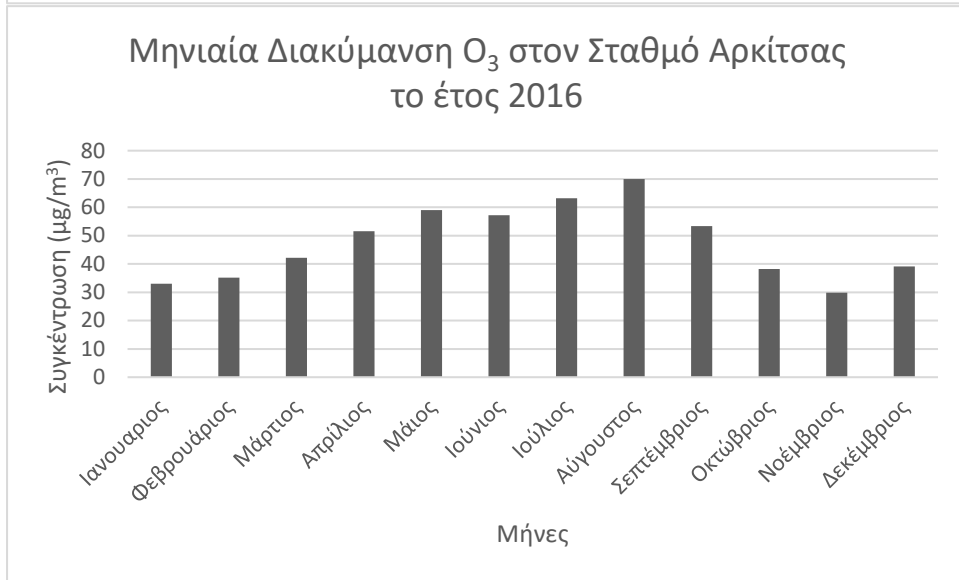
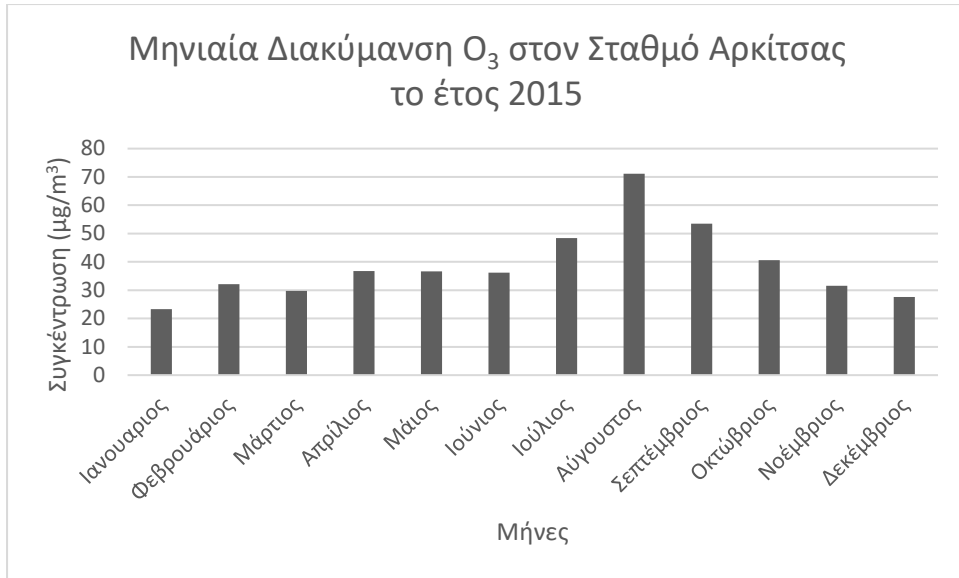


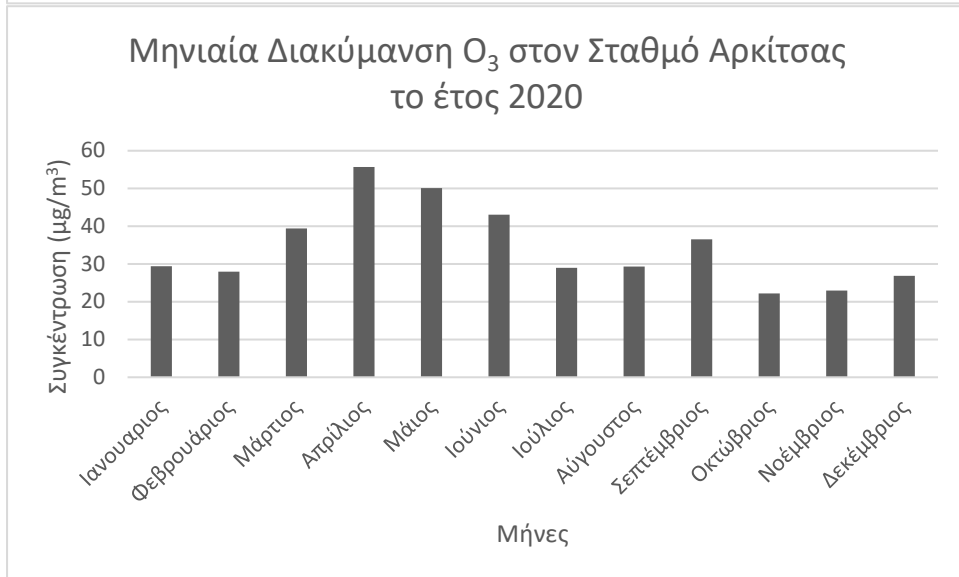
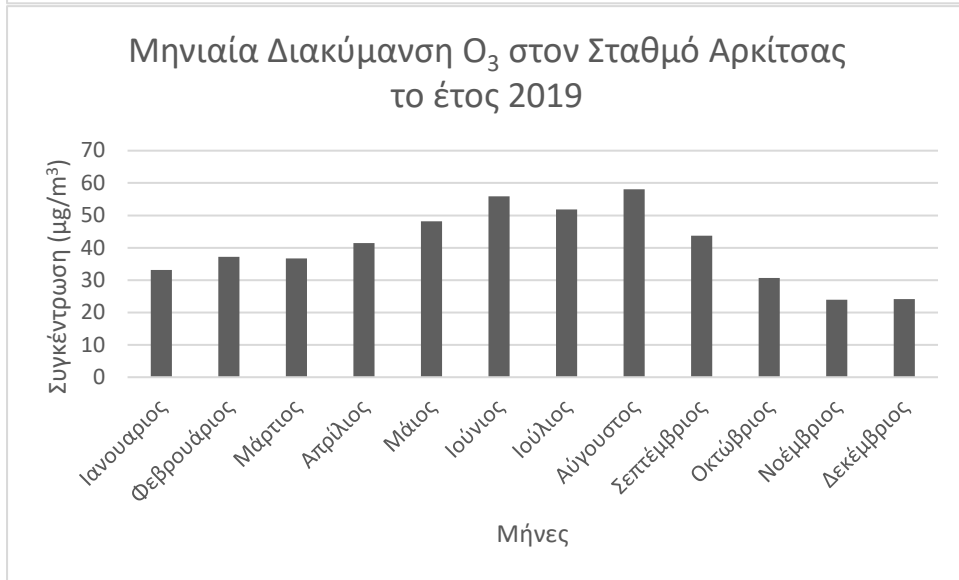
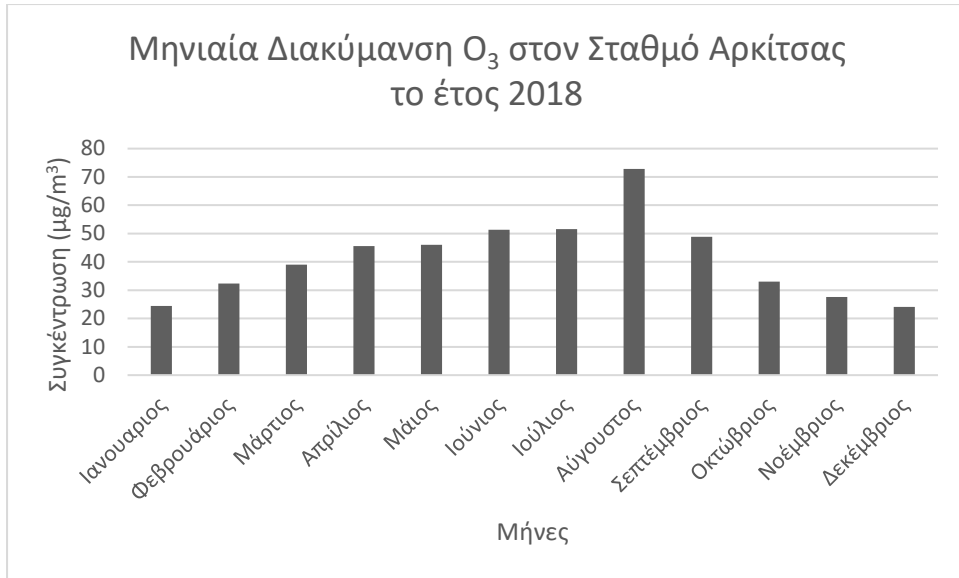


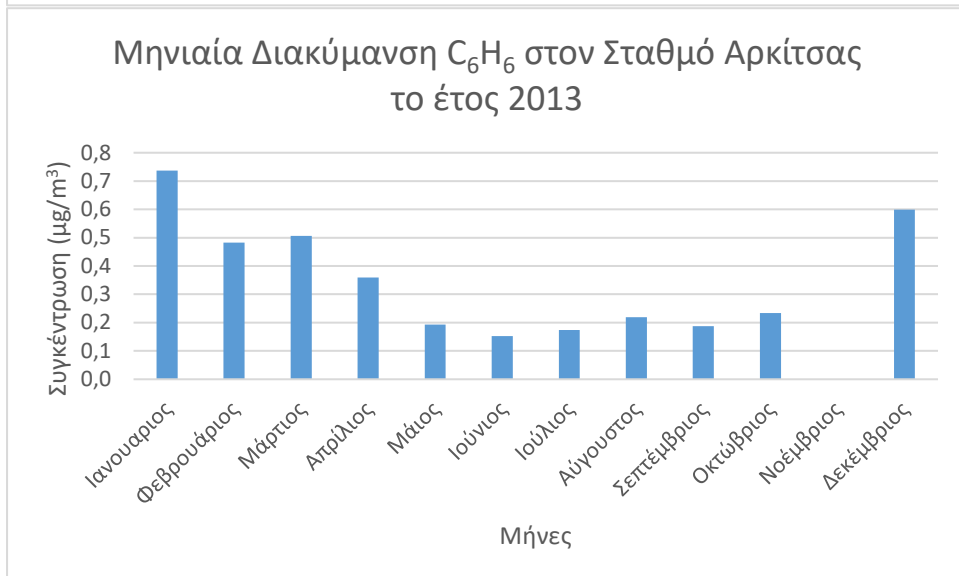
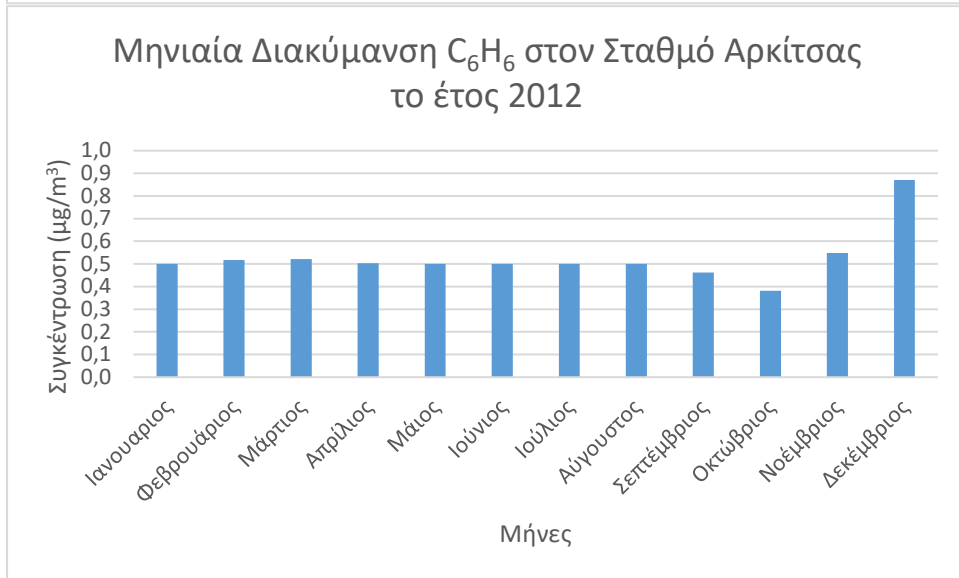
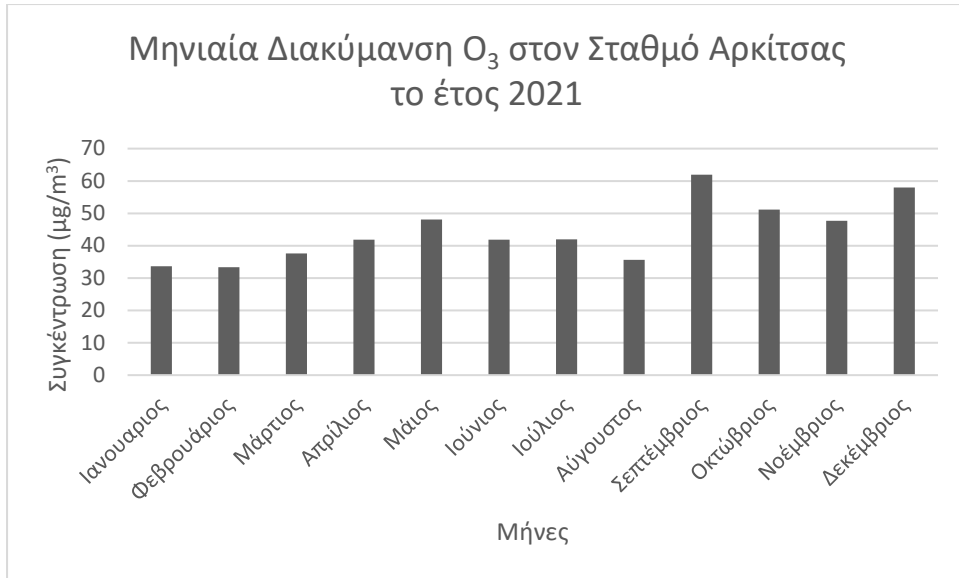


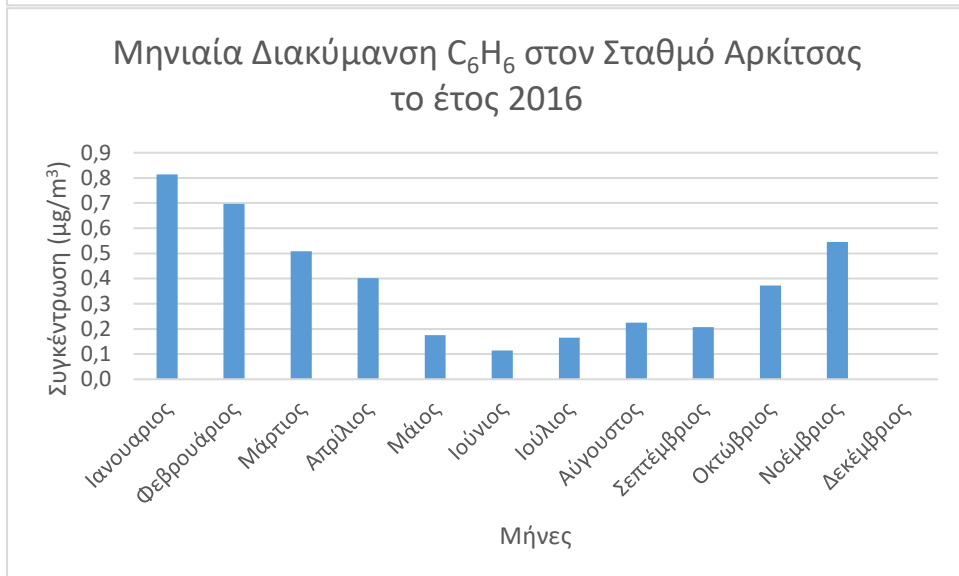
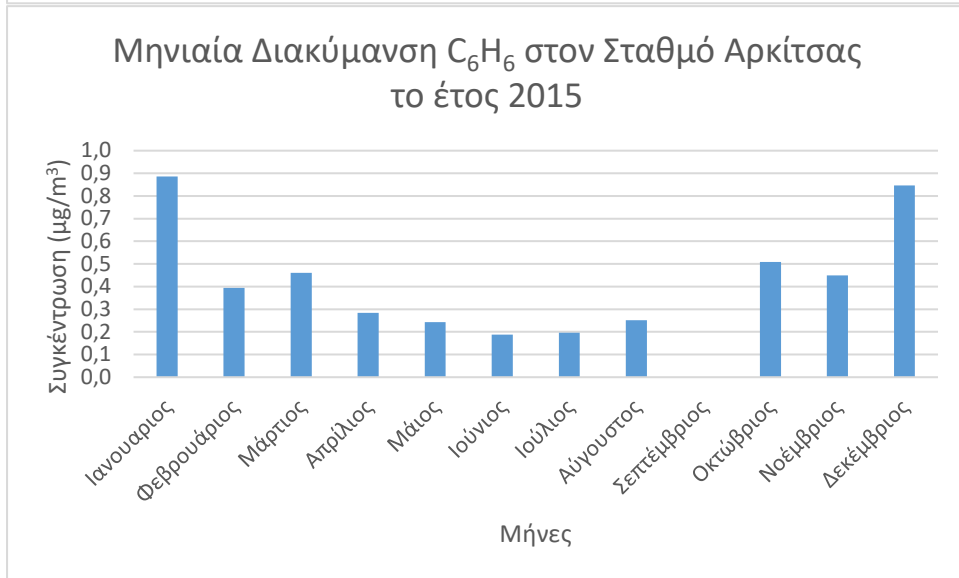
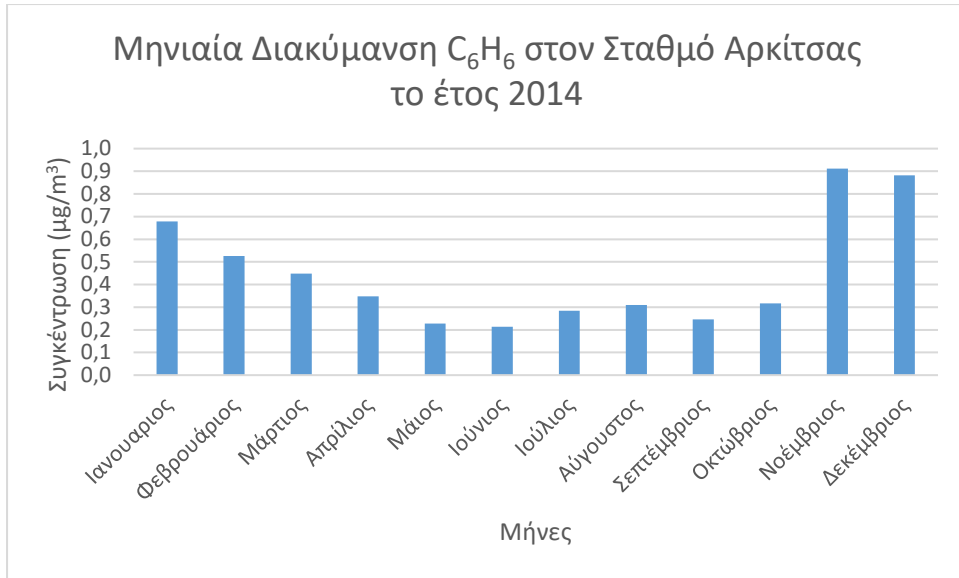


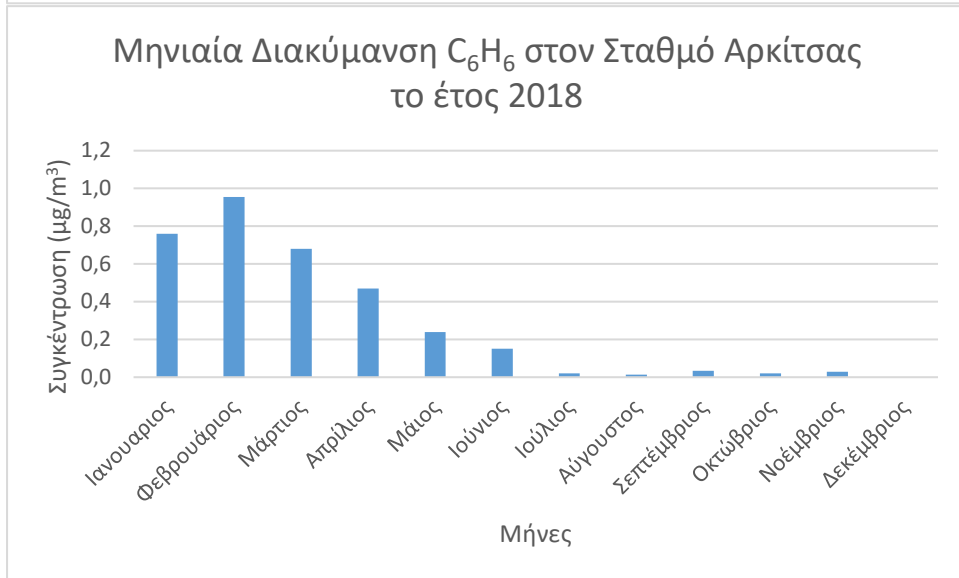
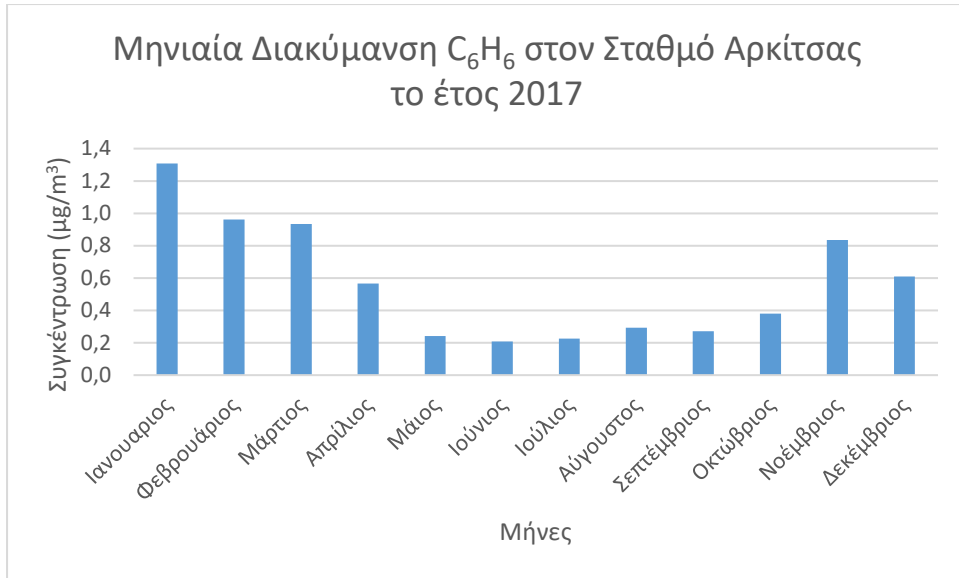


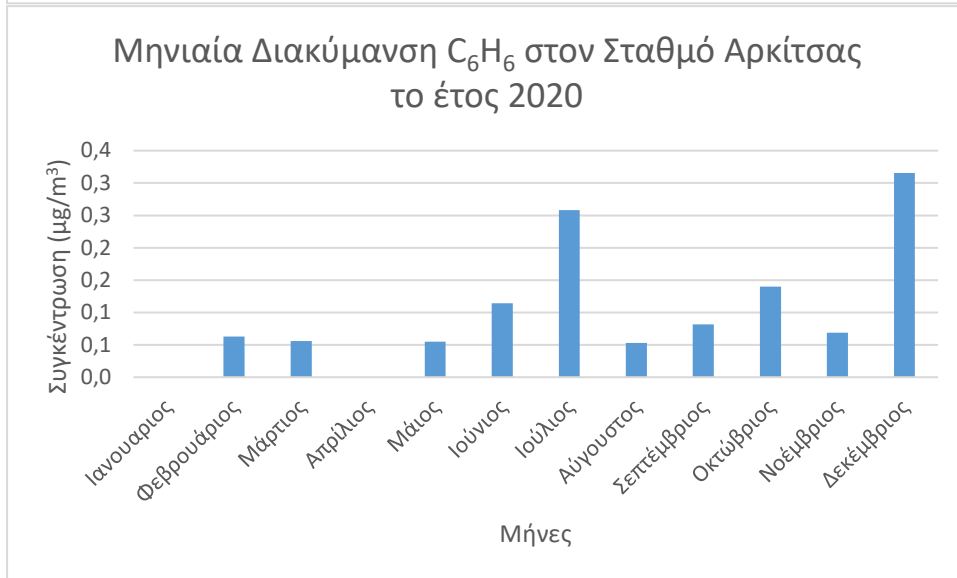
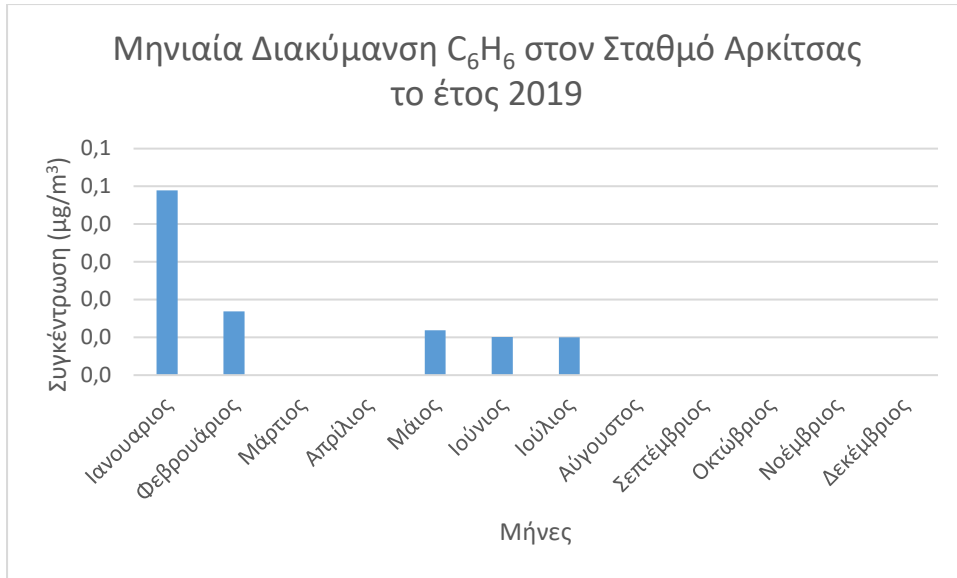




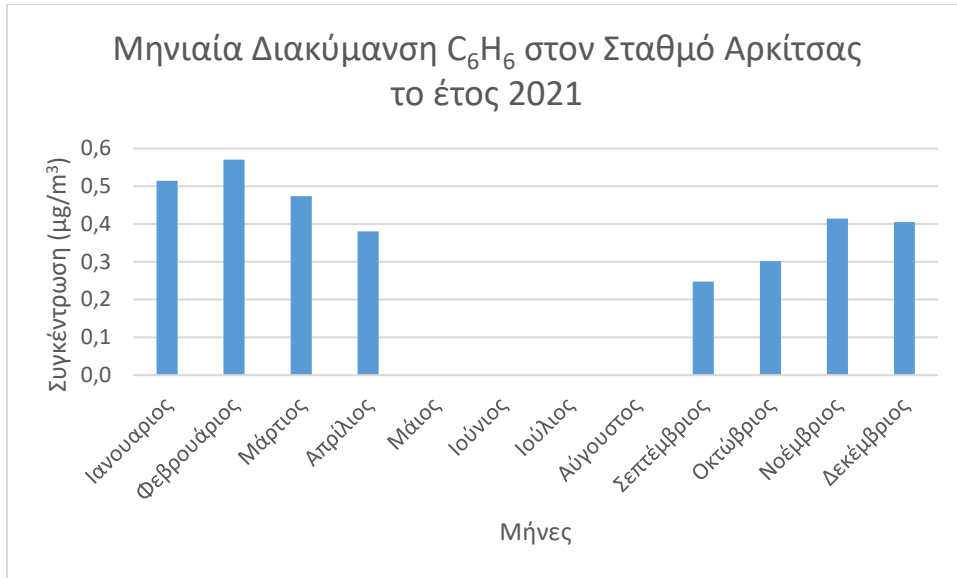




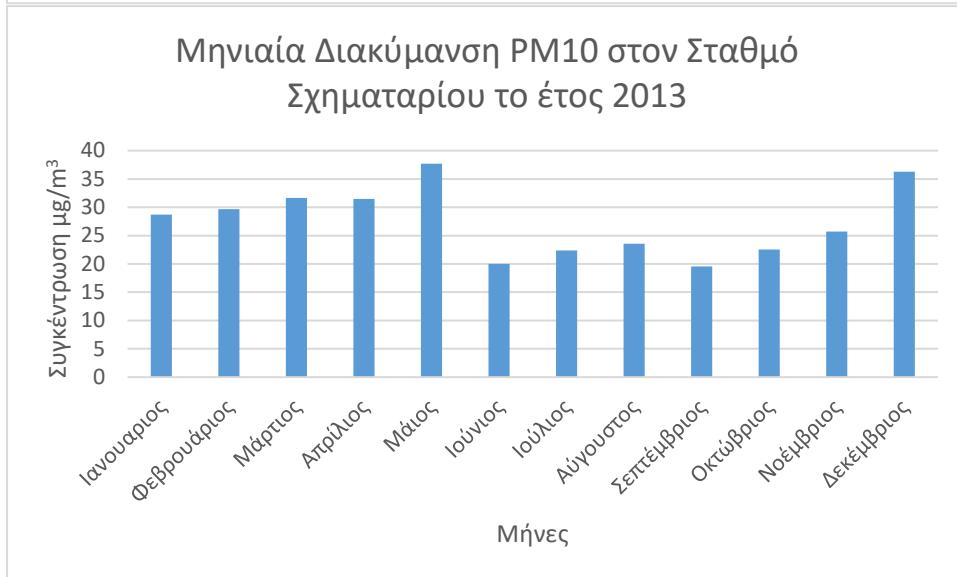
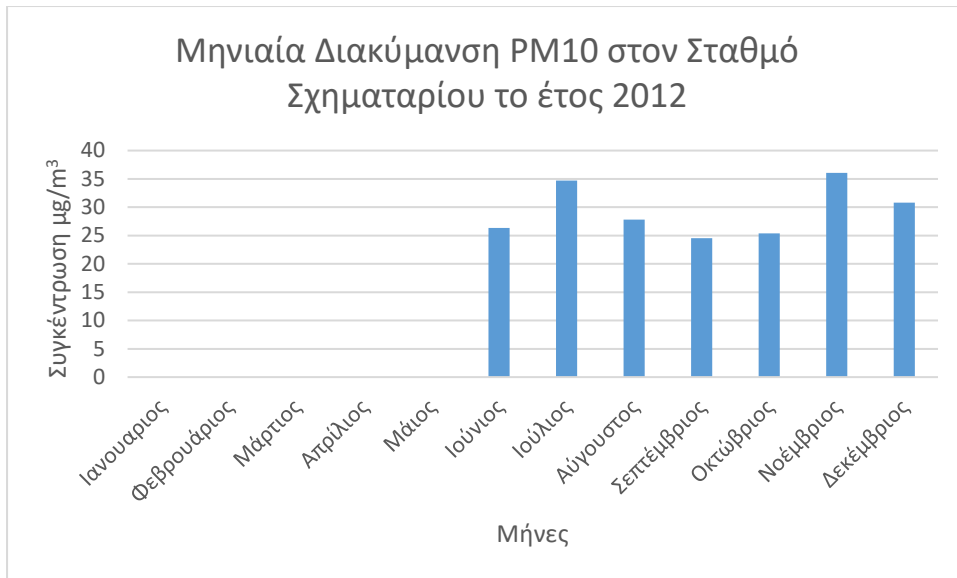




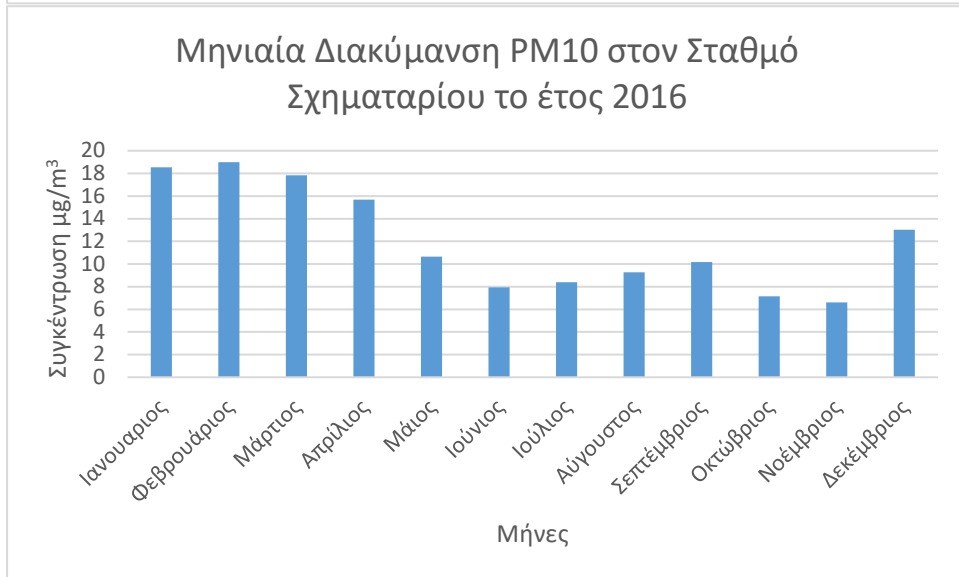
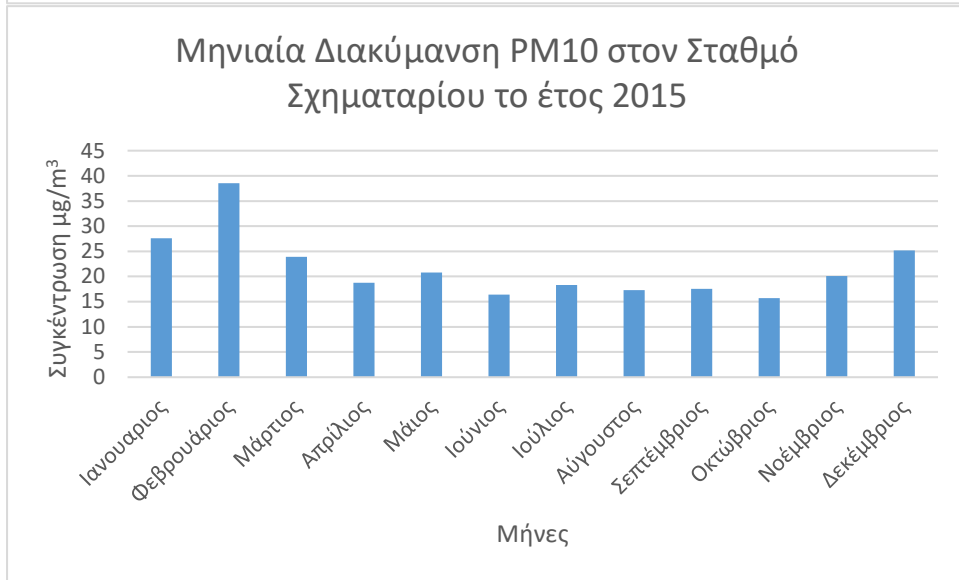
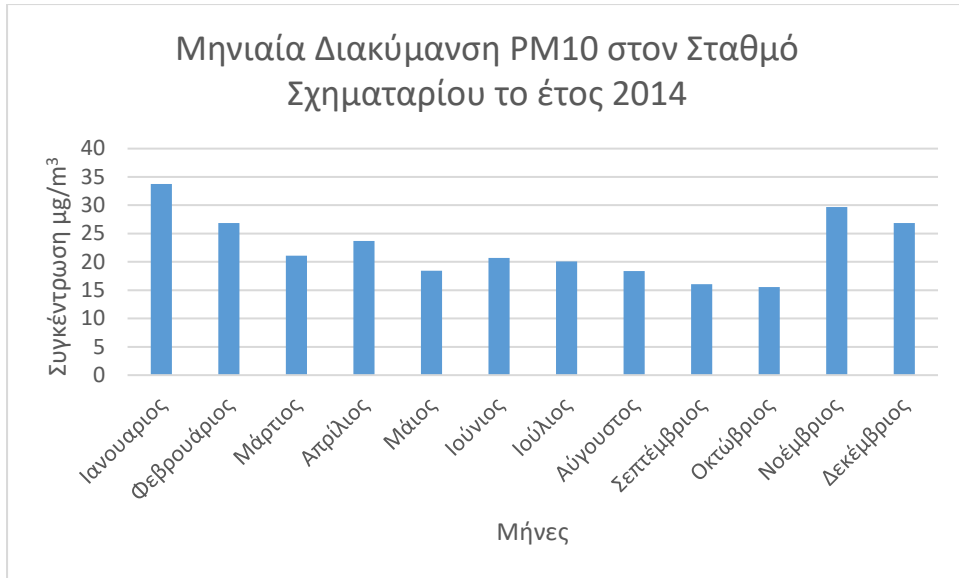
\* Οι τιμές για τα έτη 2019 και 2020 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

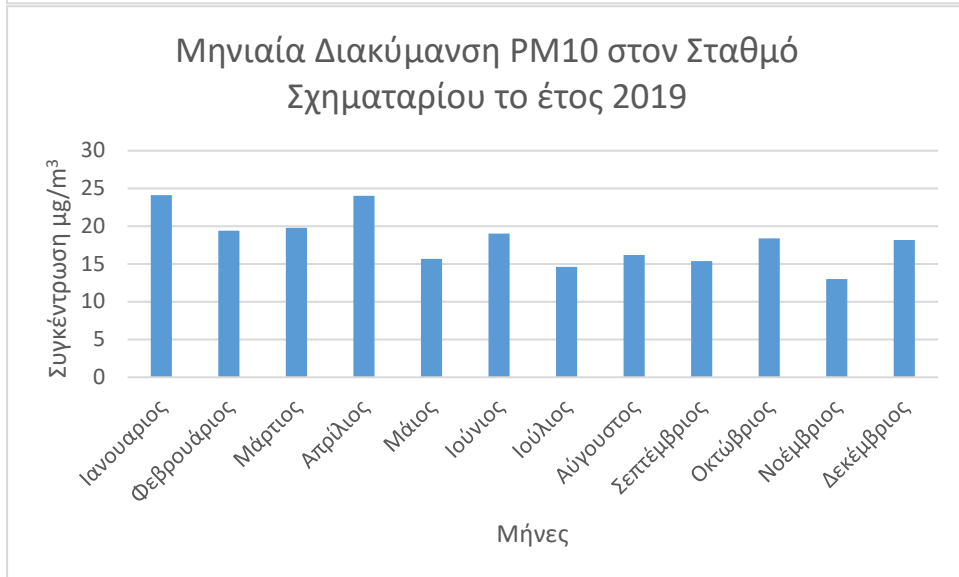
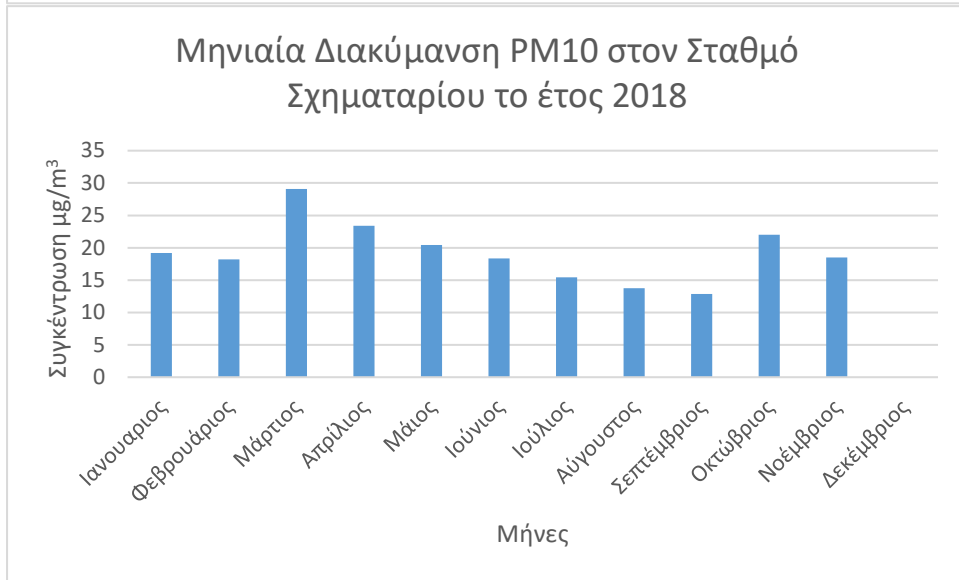
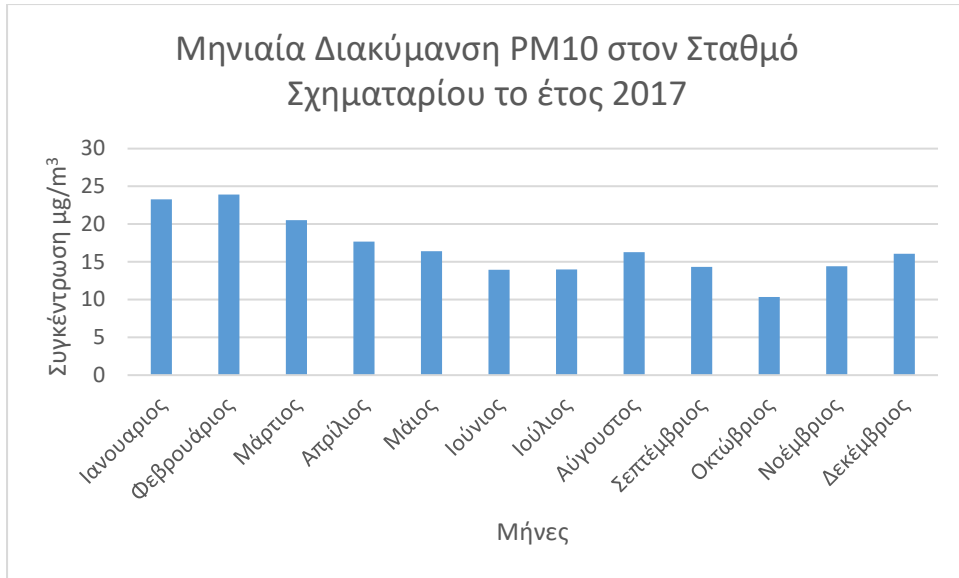


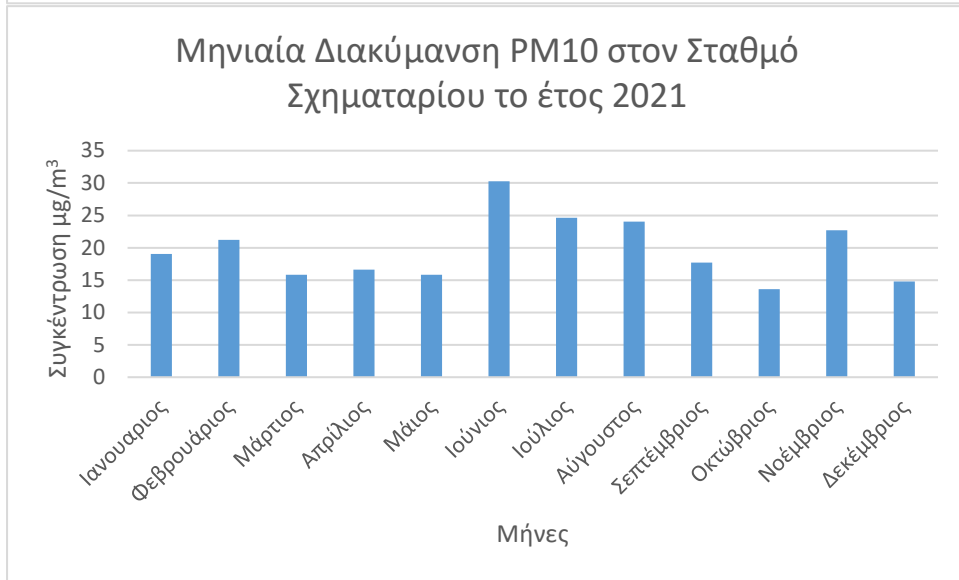
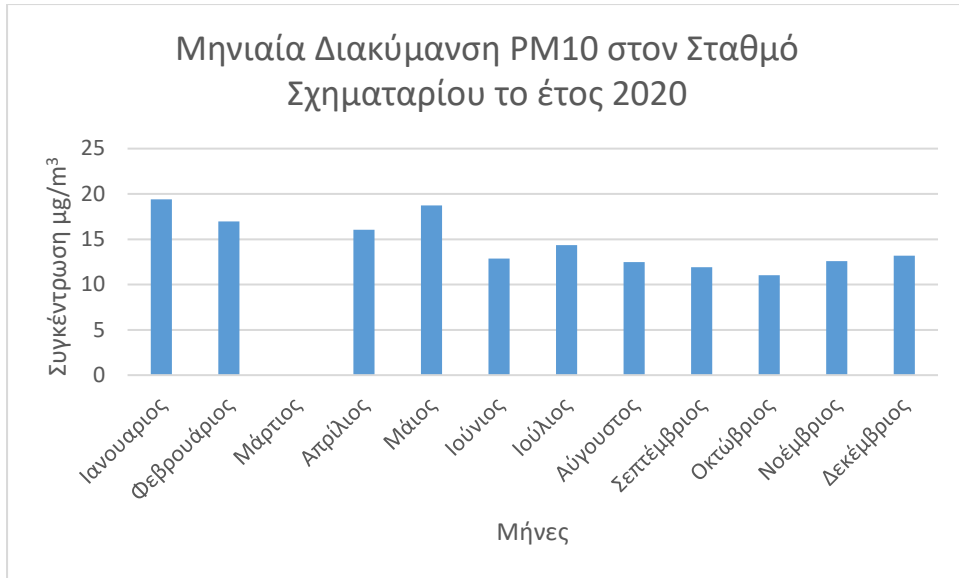
- **ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ**

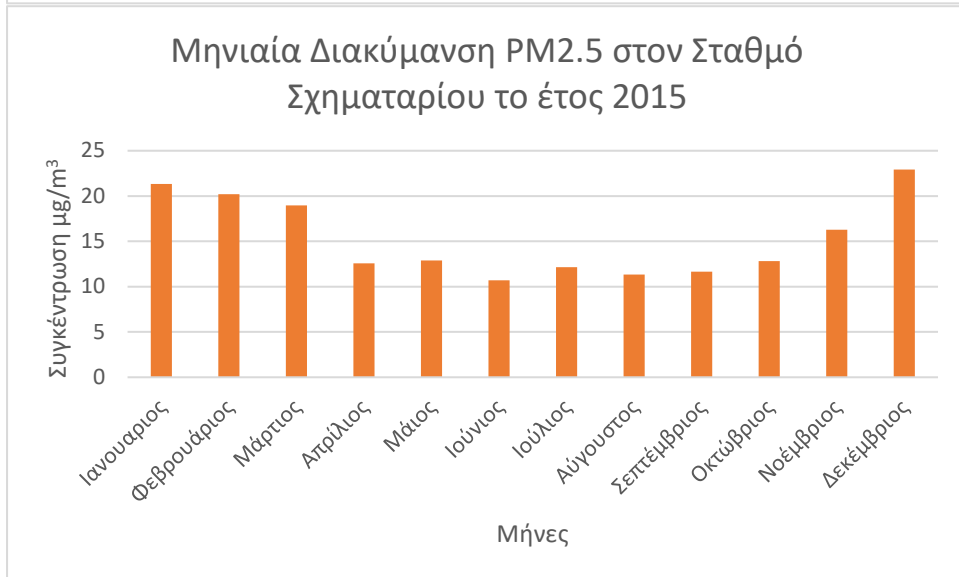
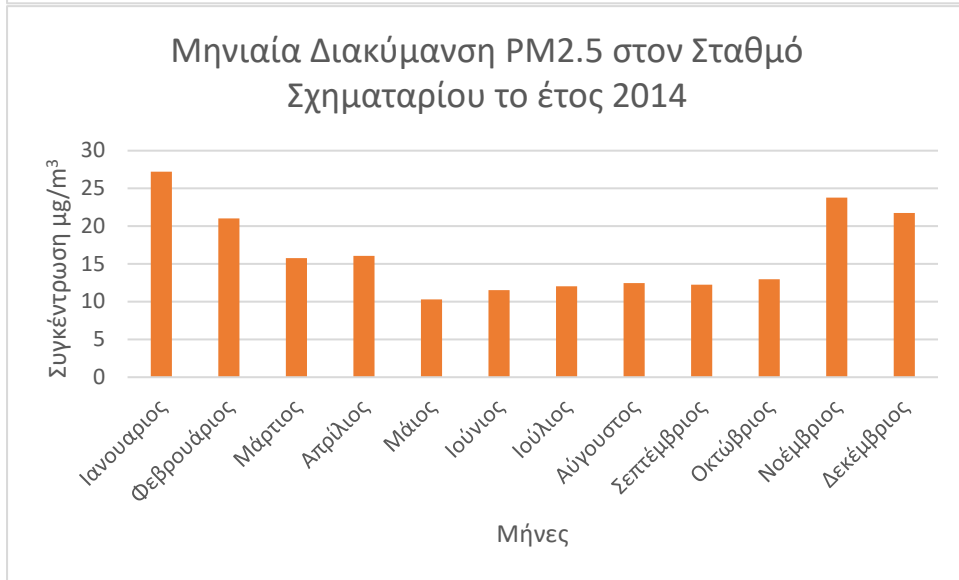
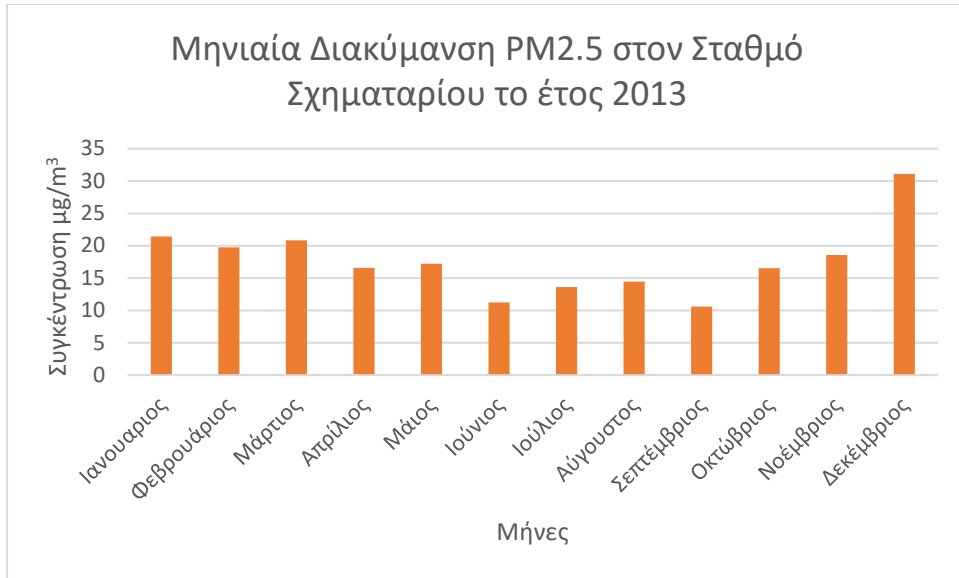


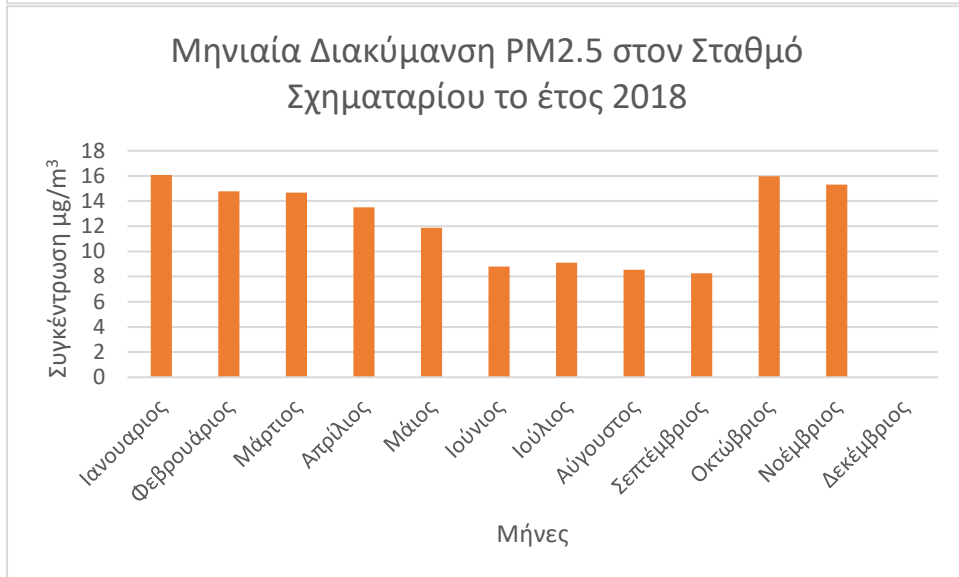
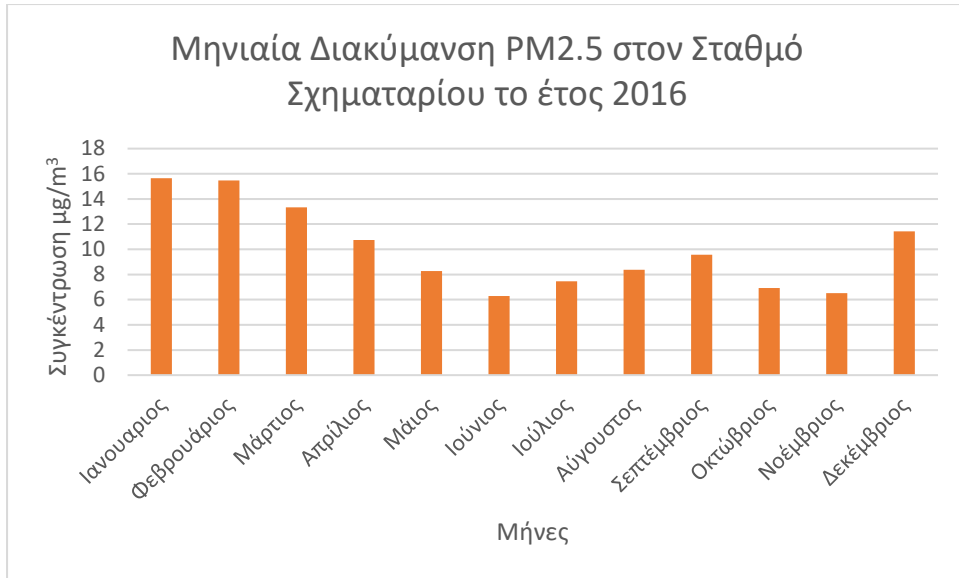


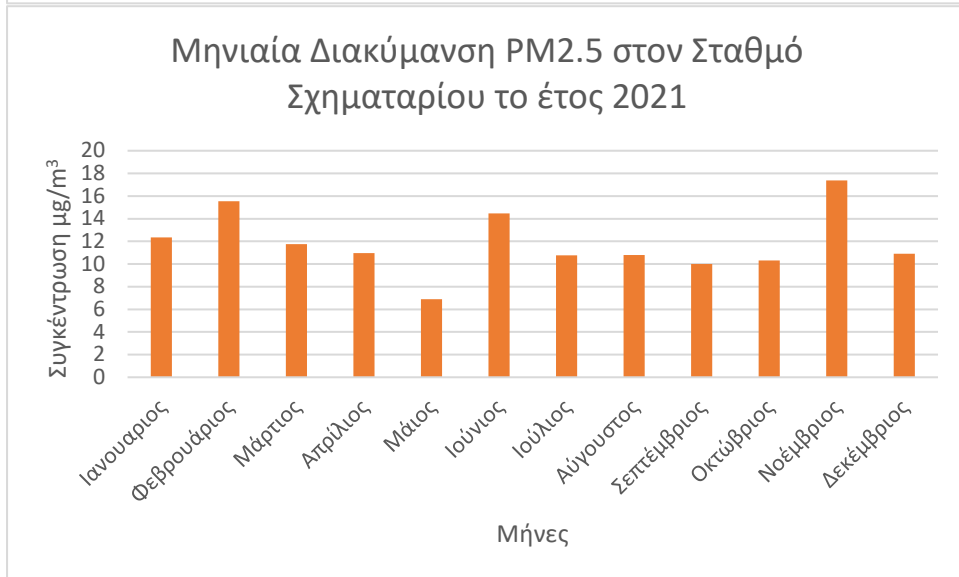
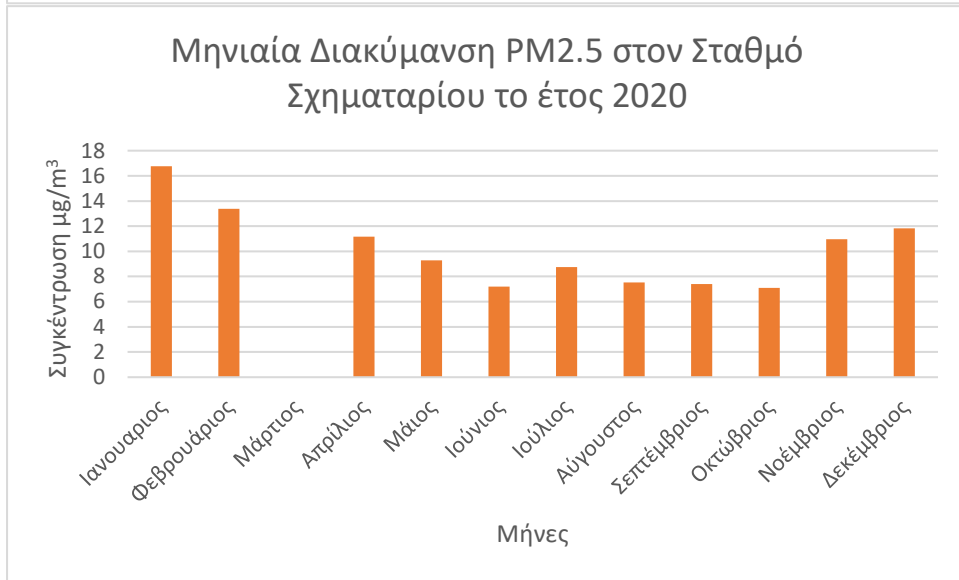
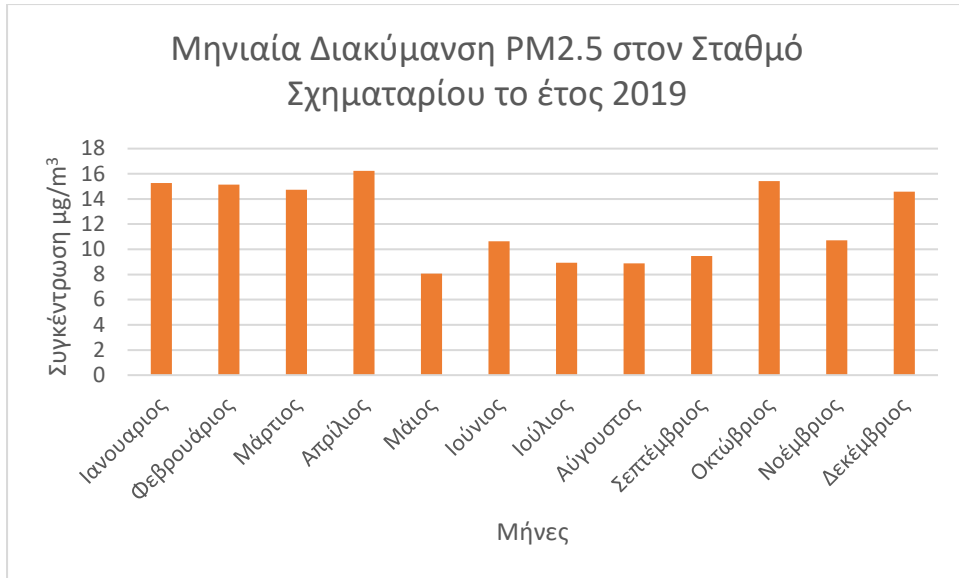


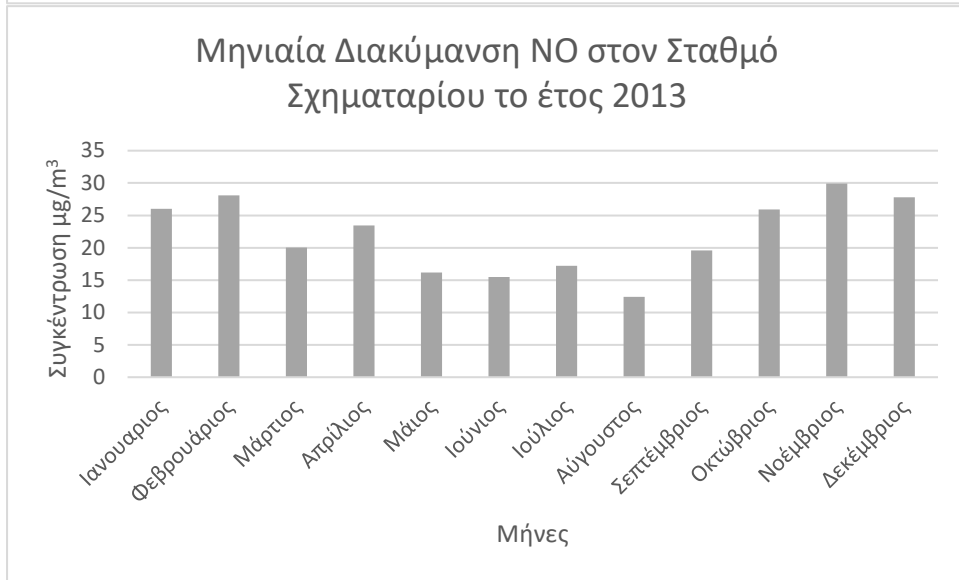
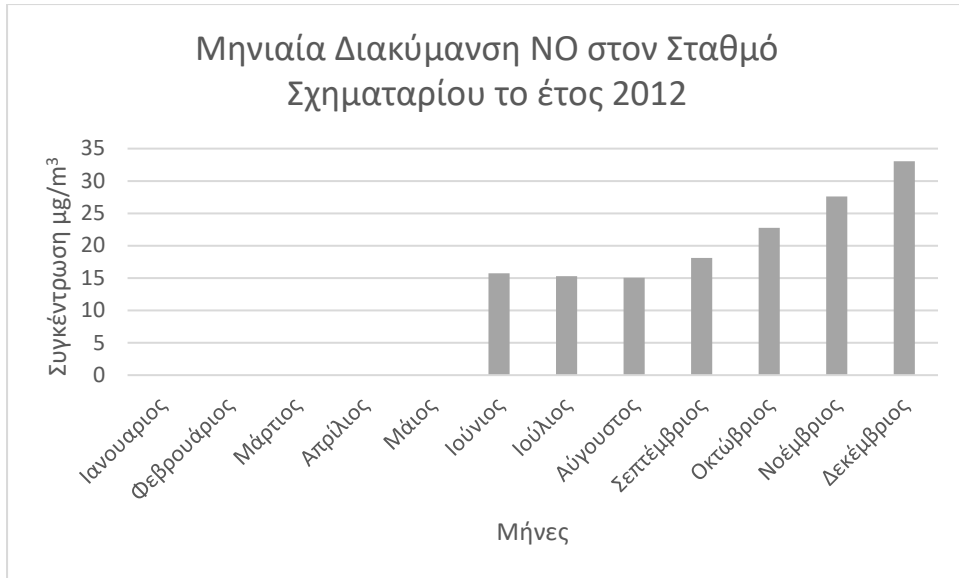






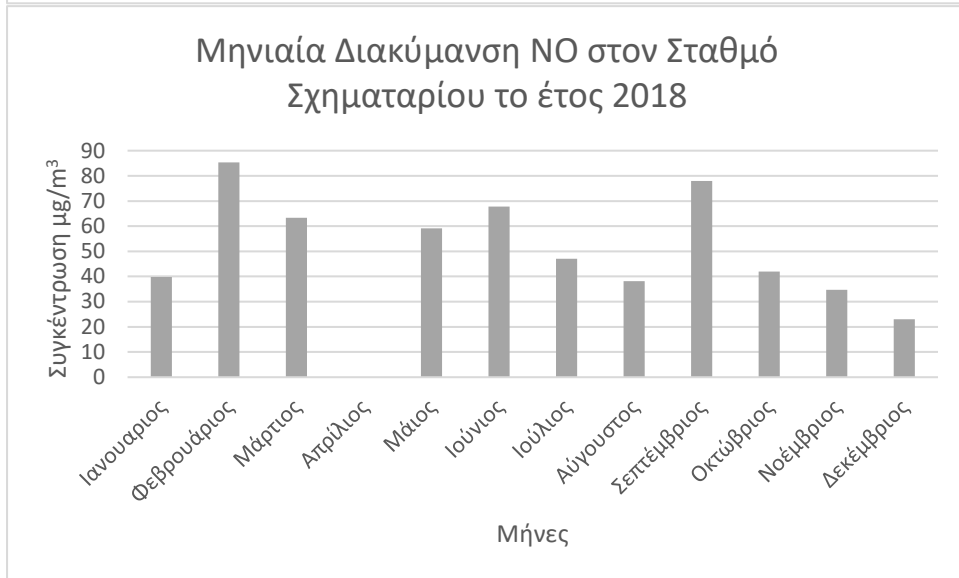






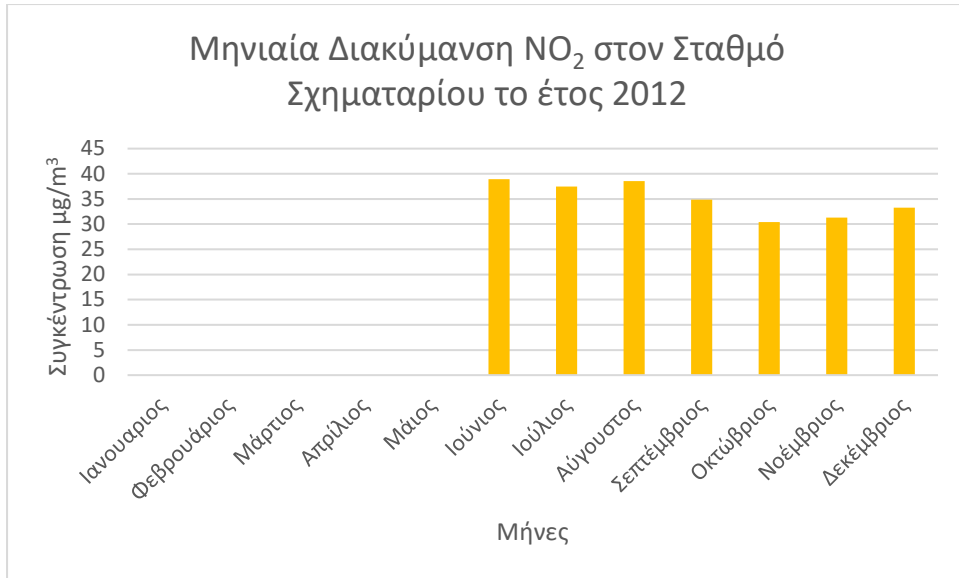




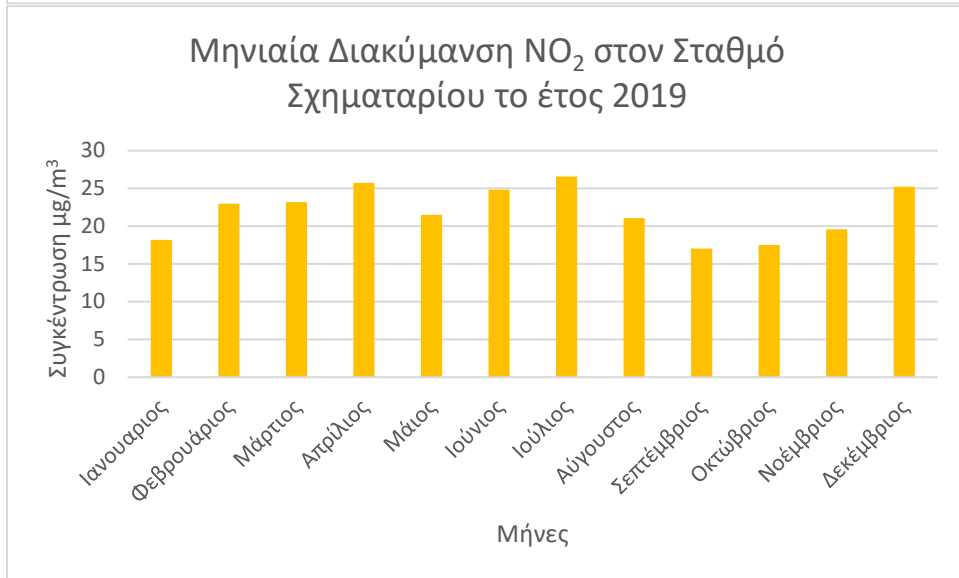


- Οι υψηλές τιμές για το έτος 2018 πιθανώς οφείλονται σε κακή βαθμονόμηση. Καθώς είναι ύποπτες δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση.

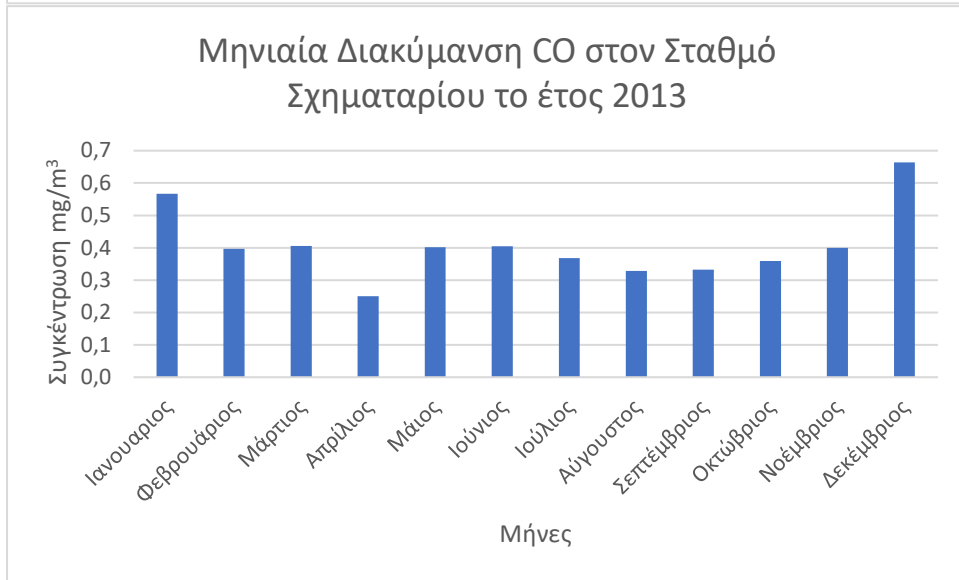
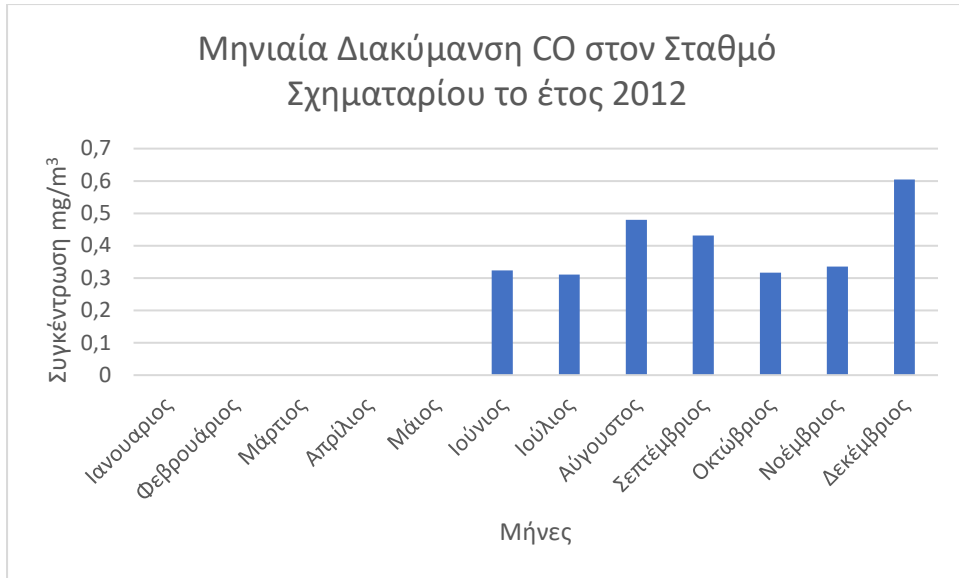


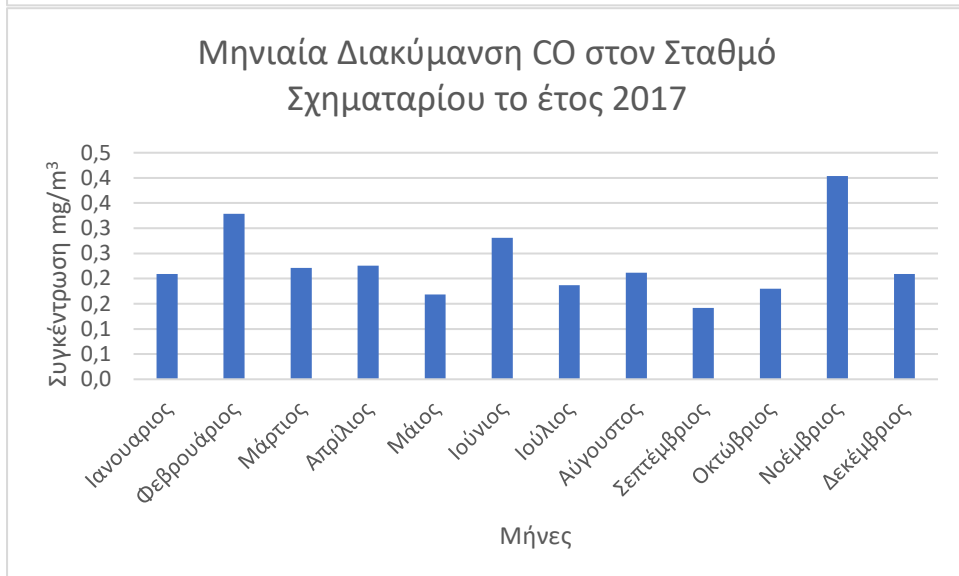
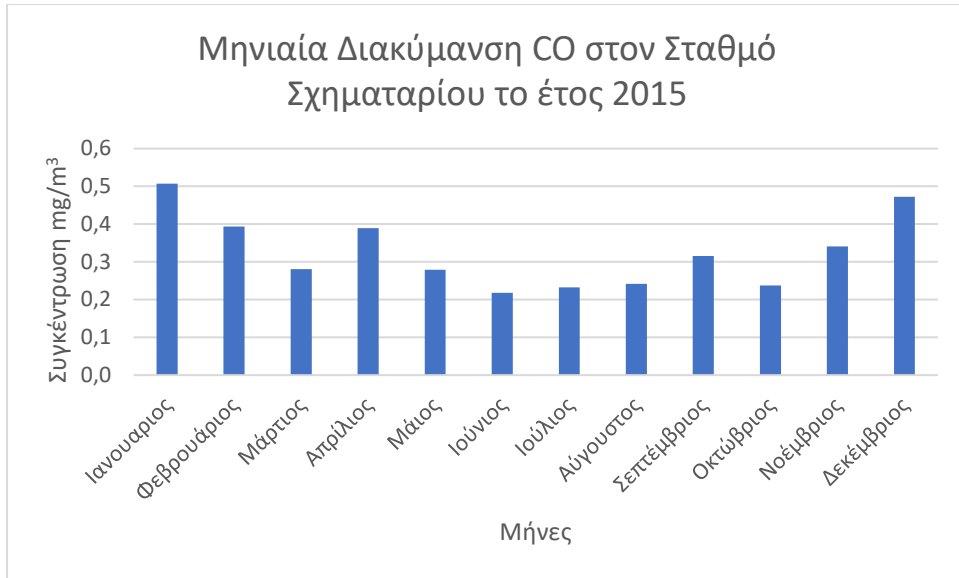




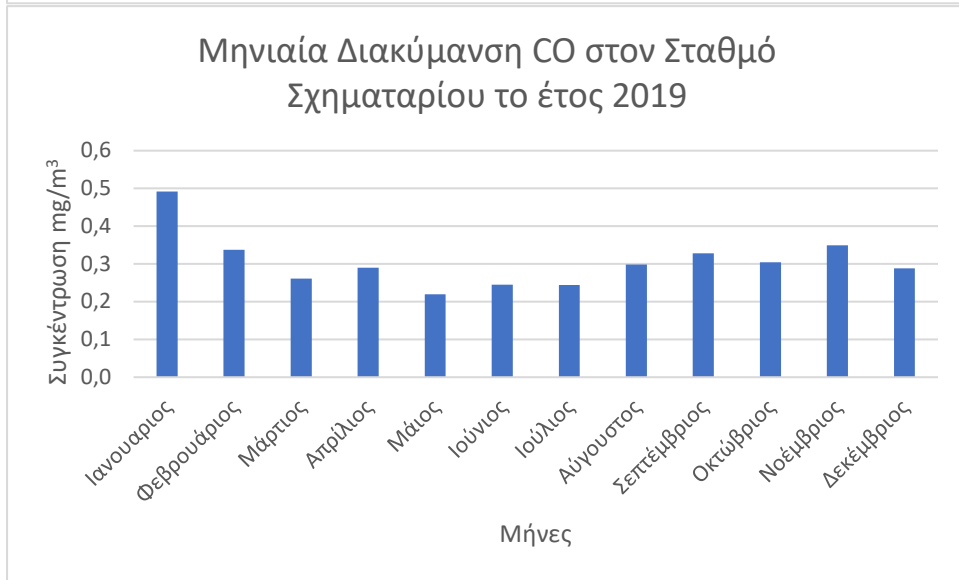


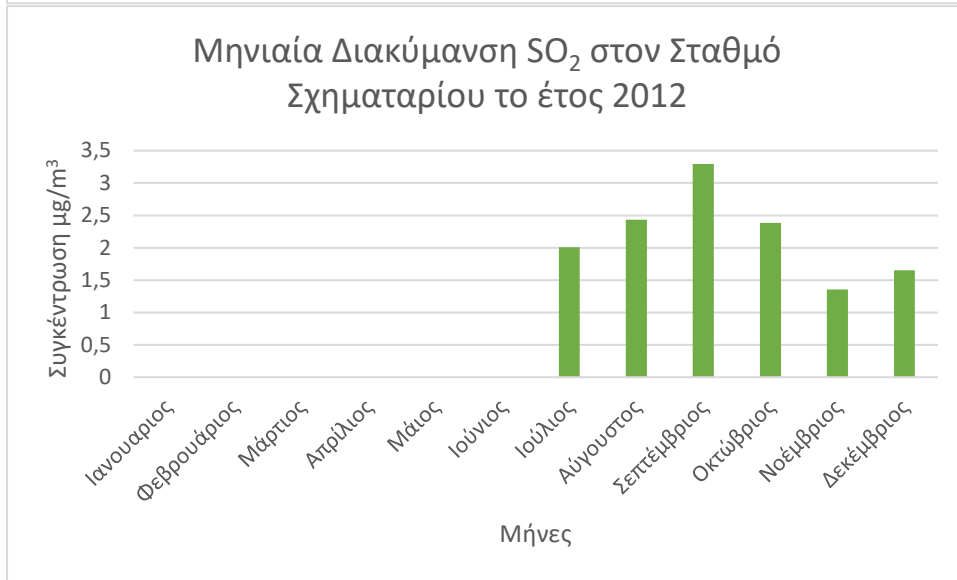
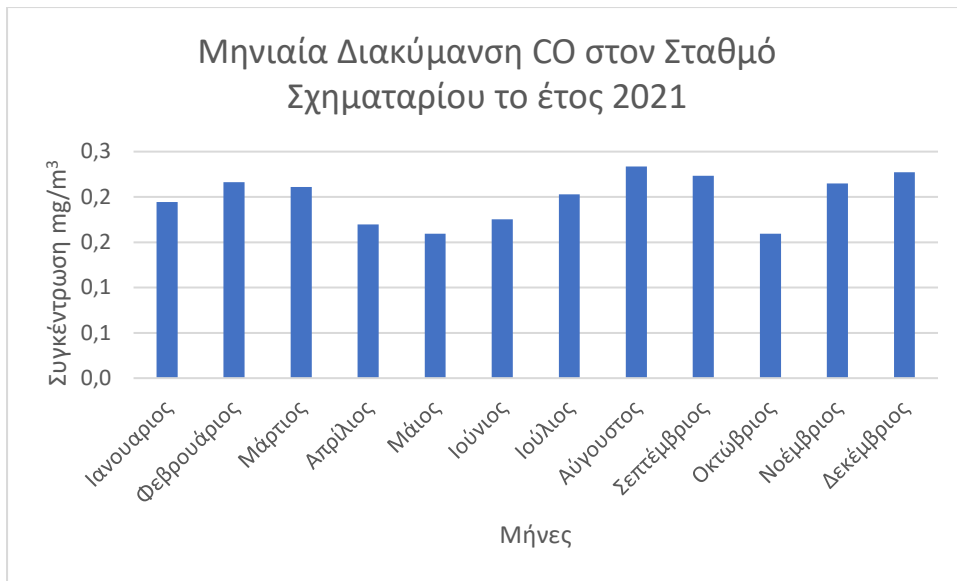


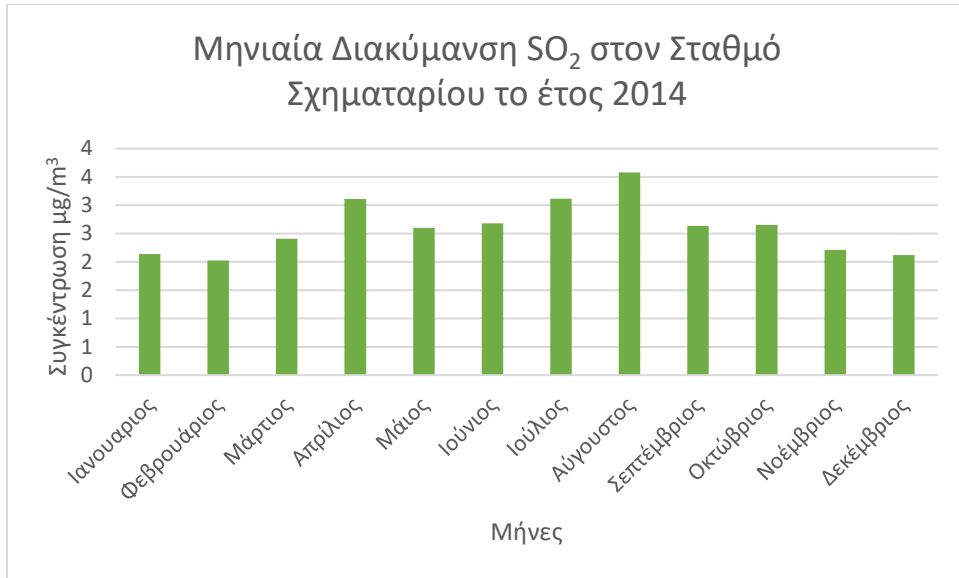




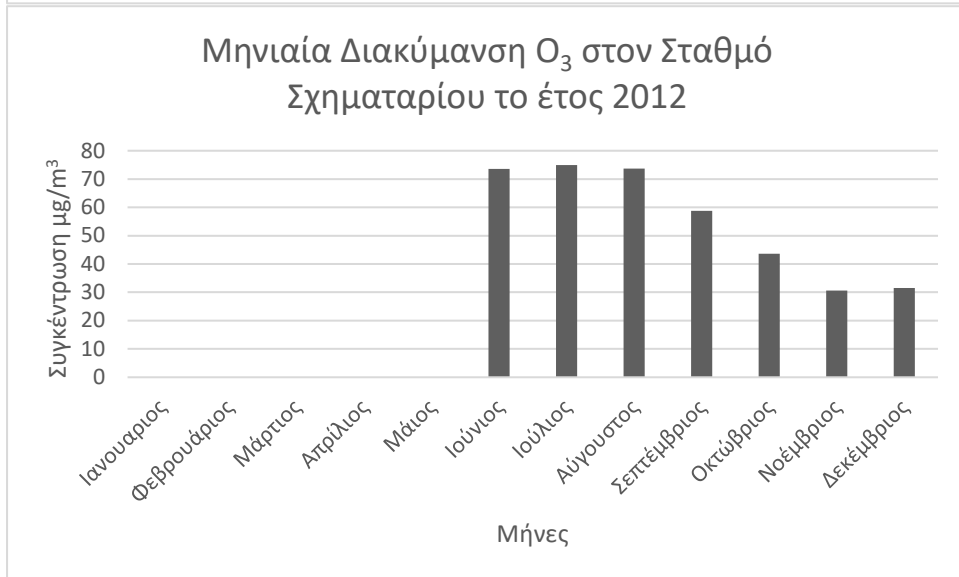
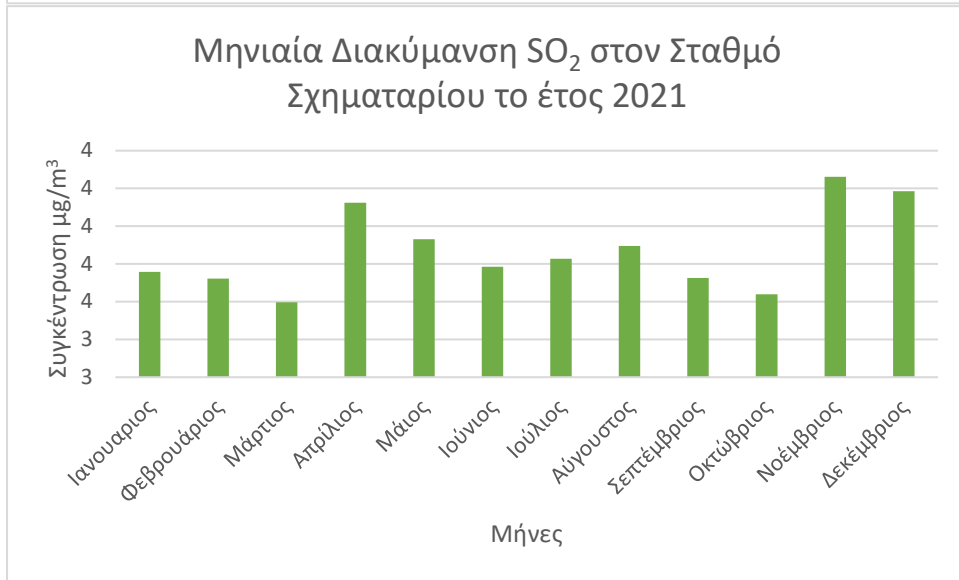
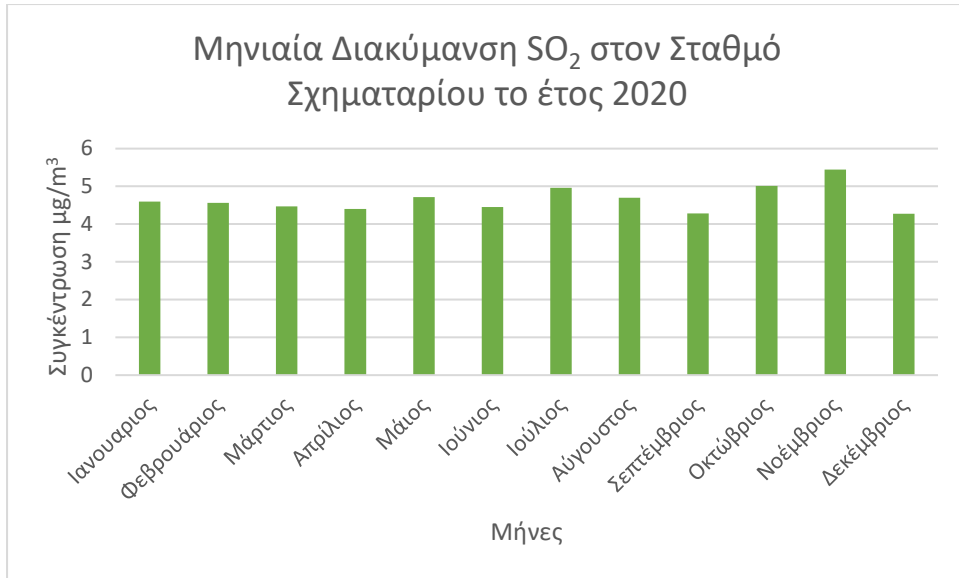


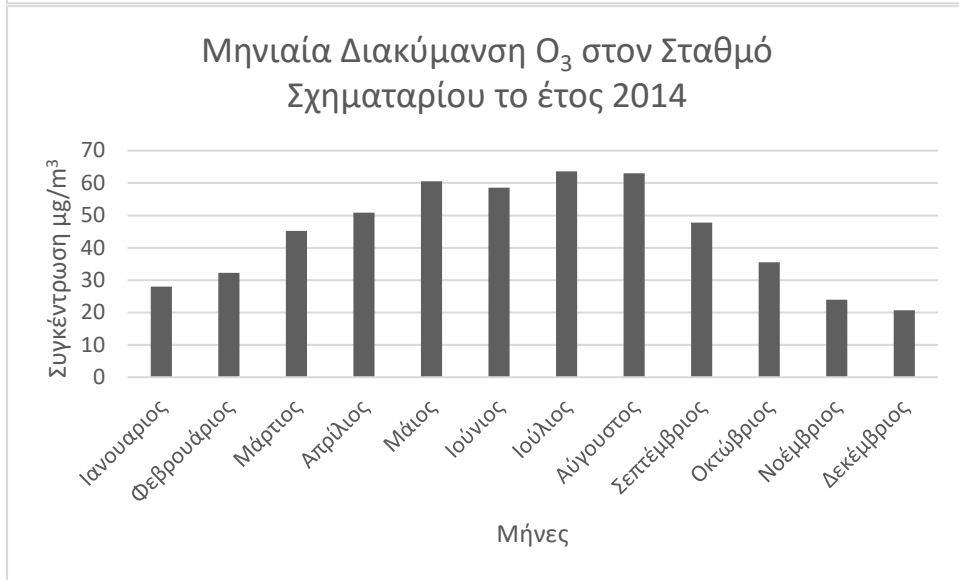
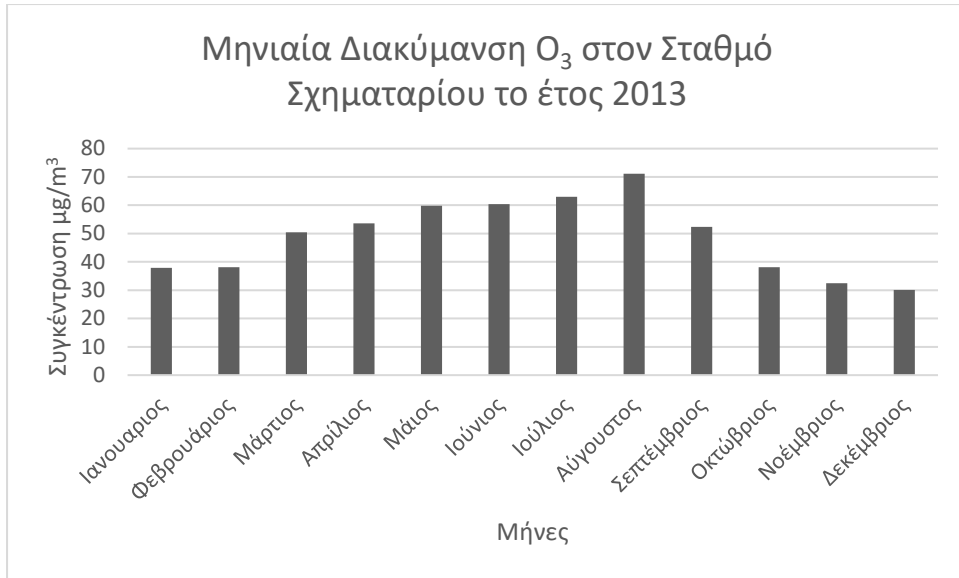


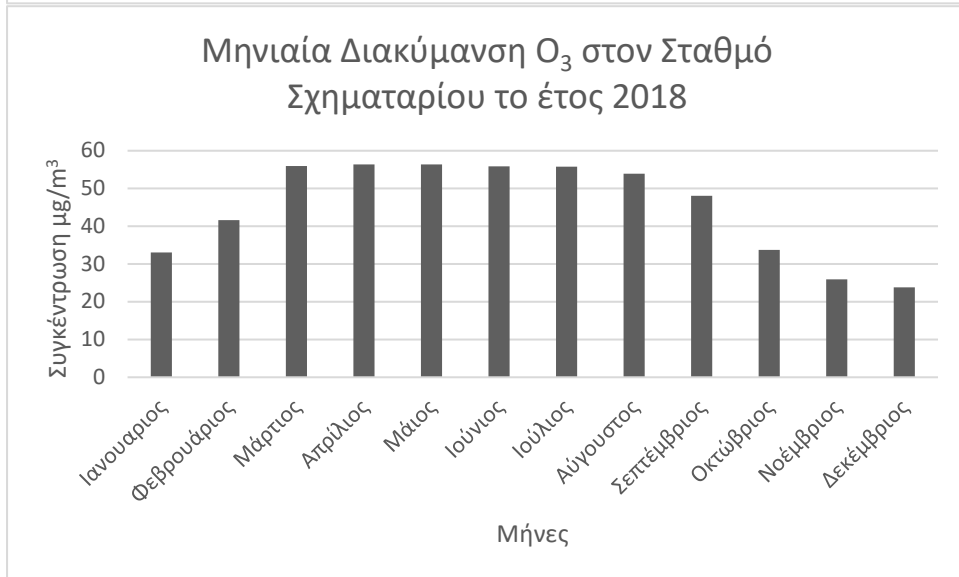
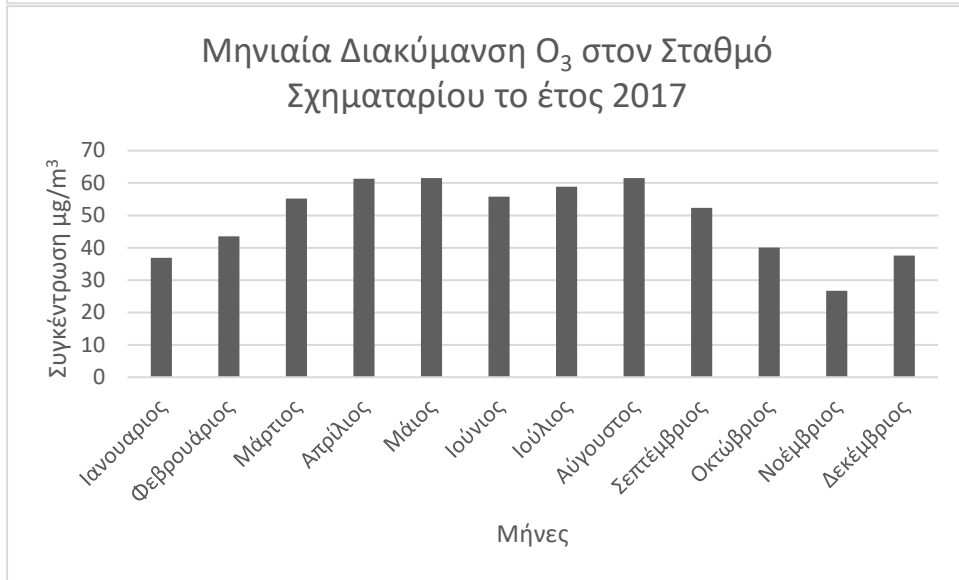
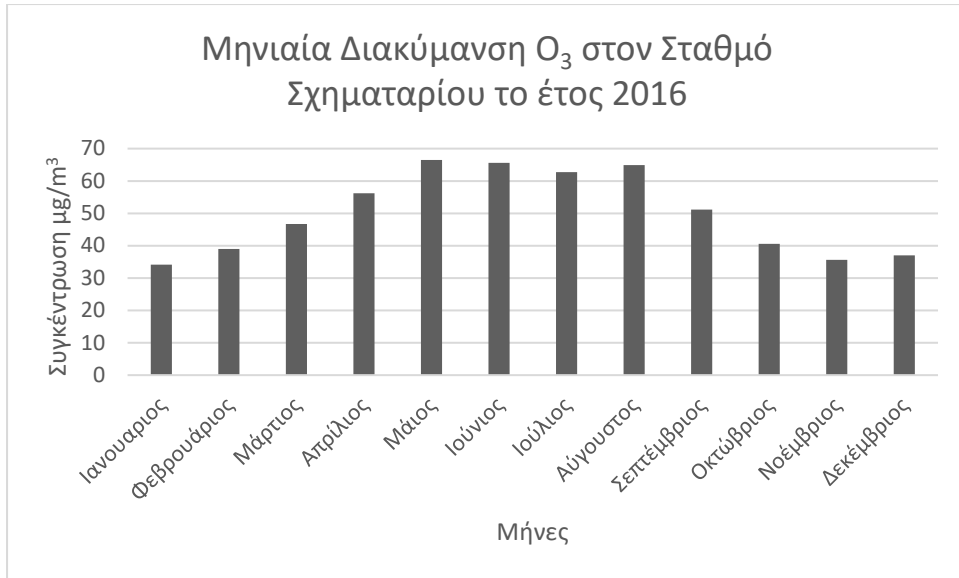


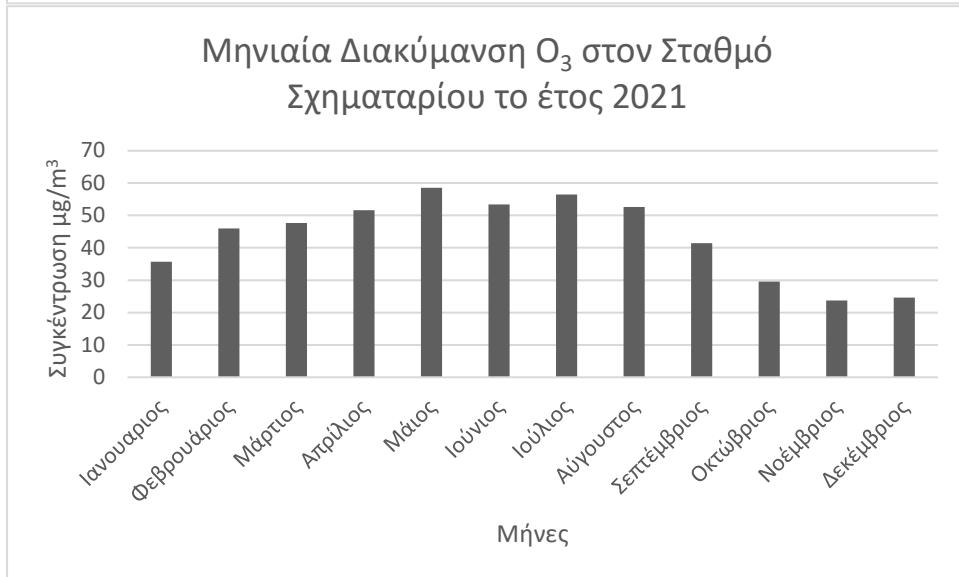
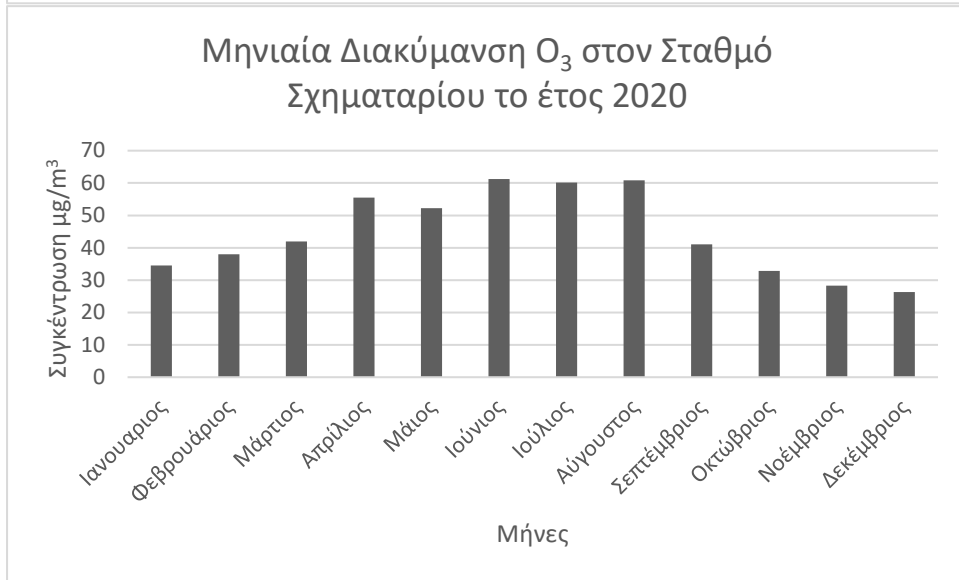
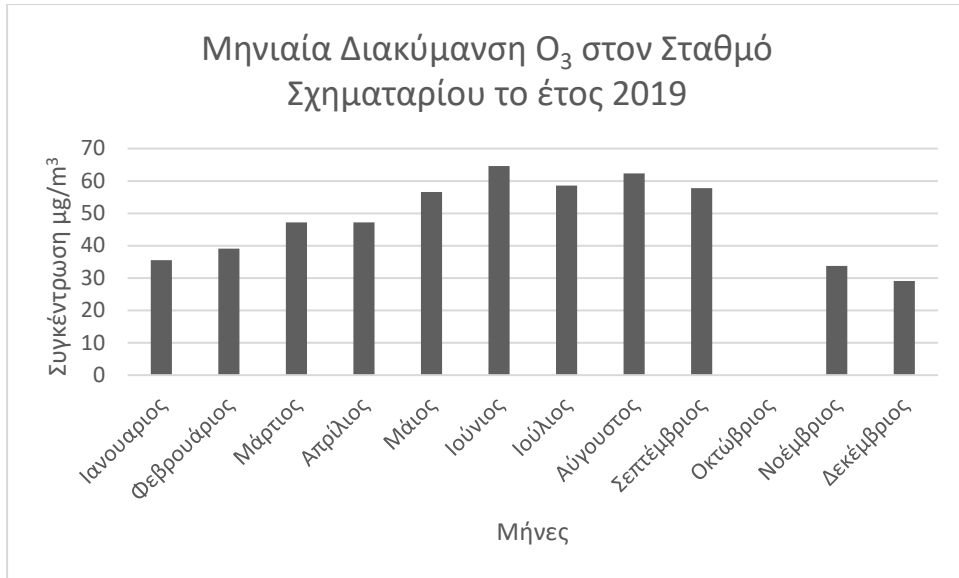




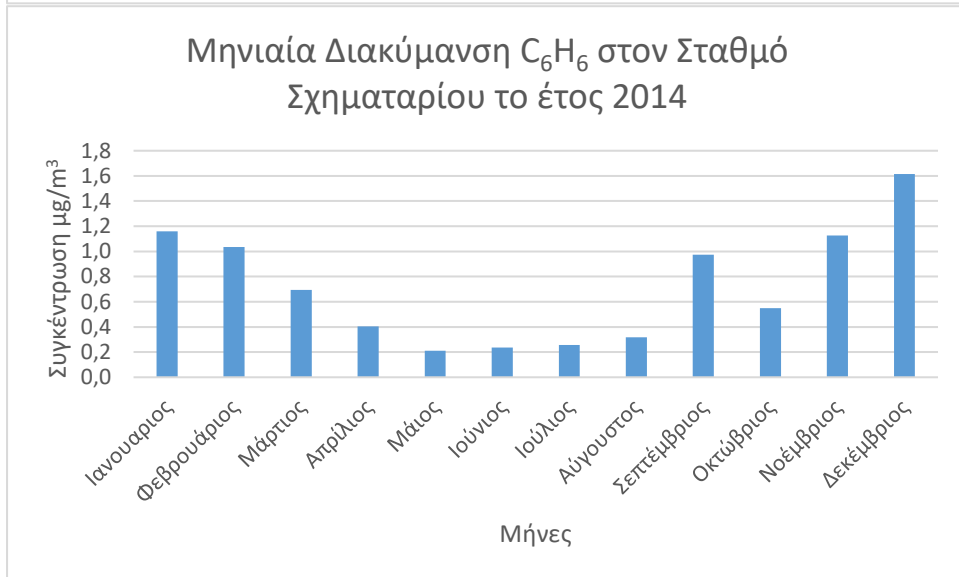
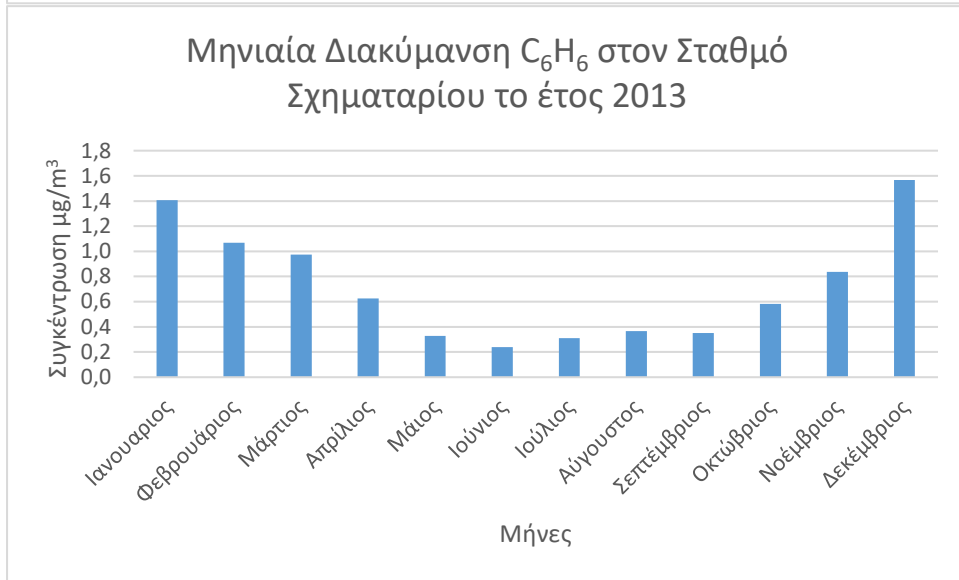
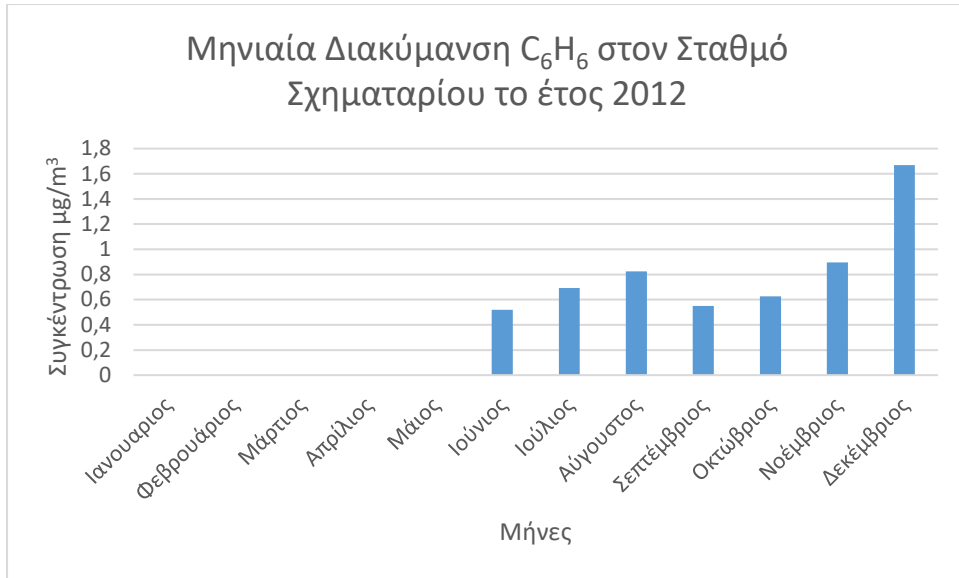


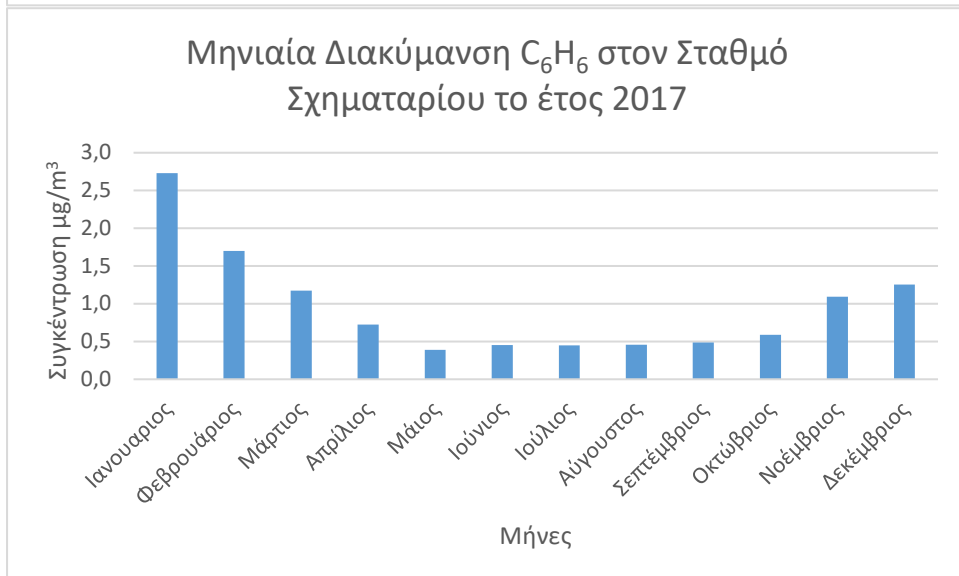
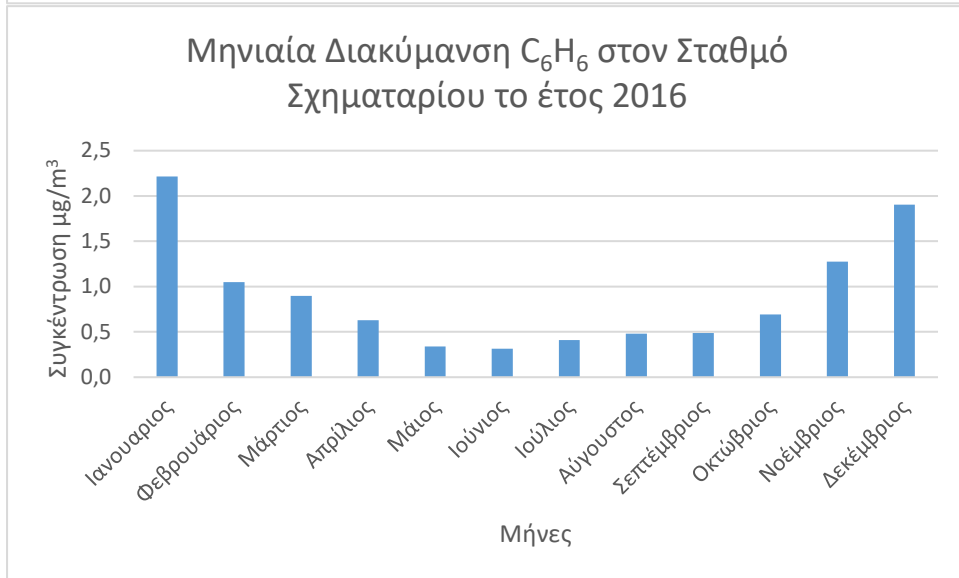
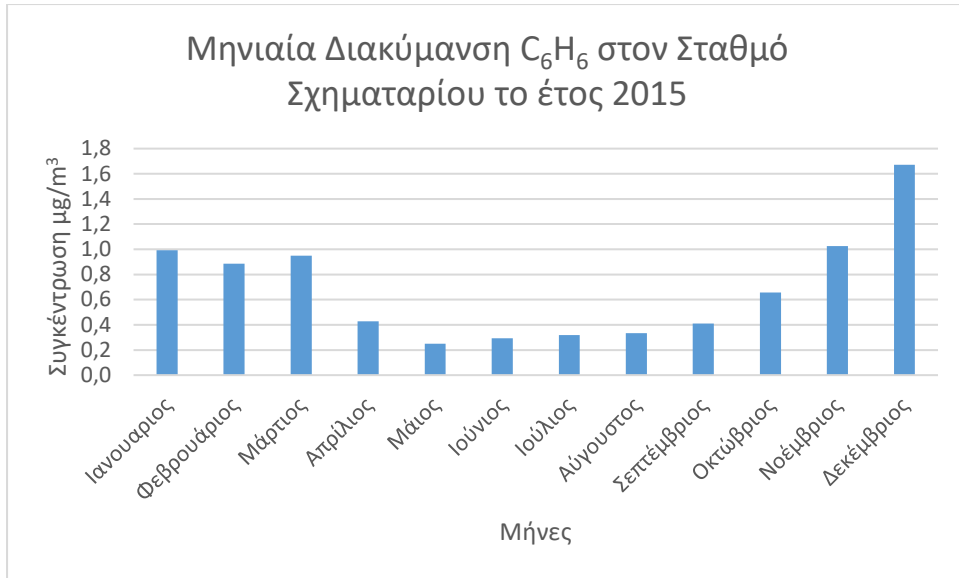


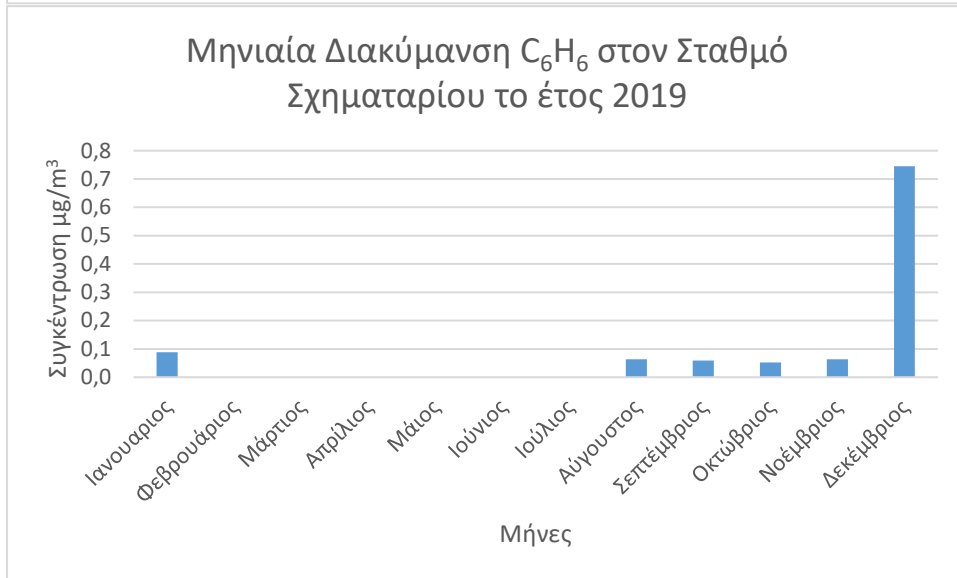
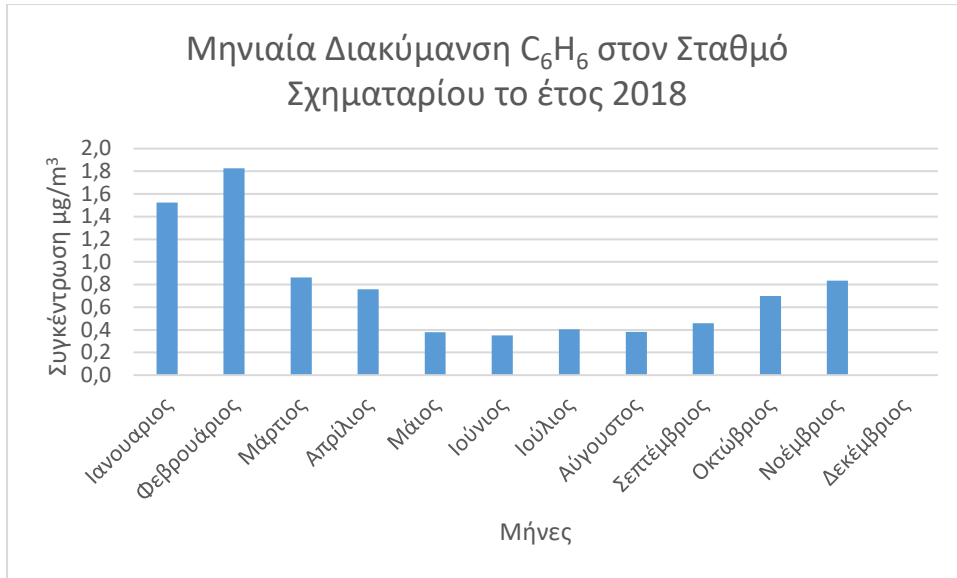




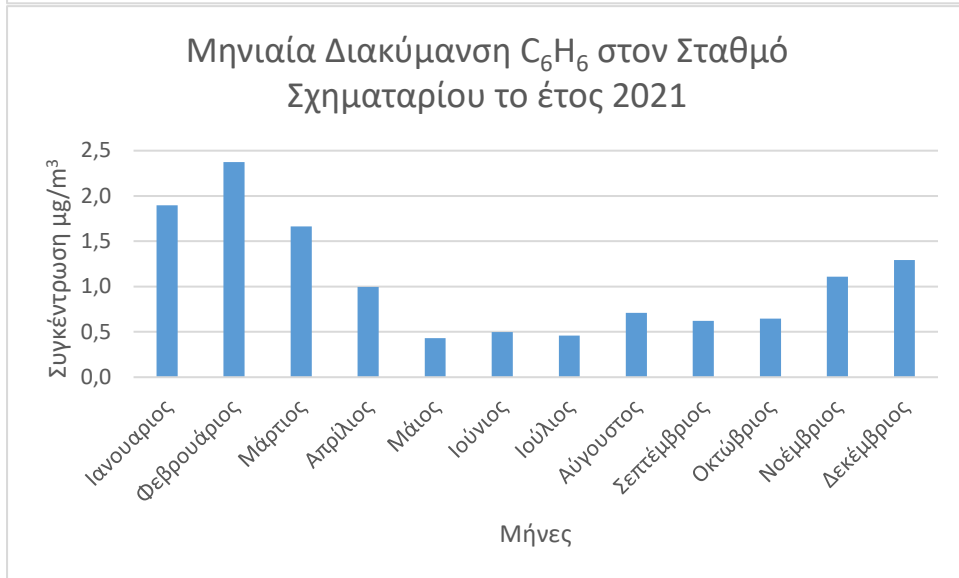
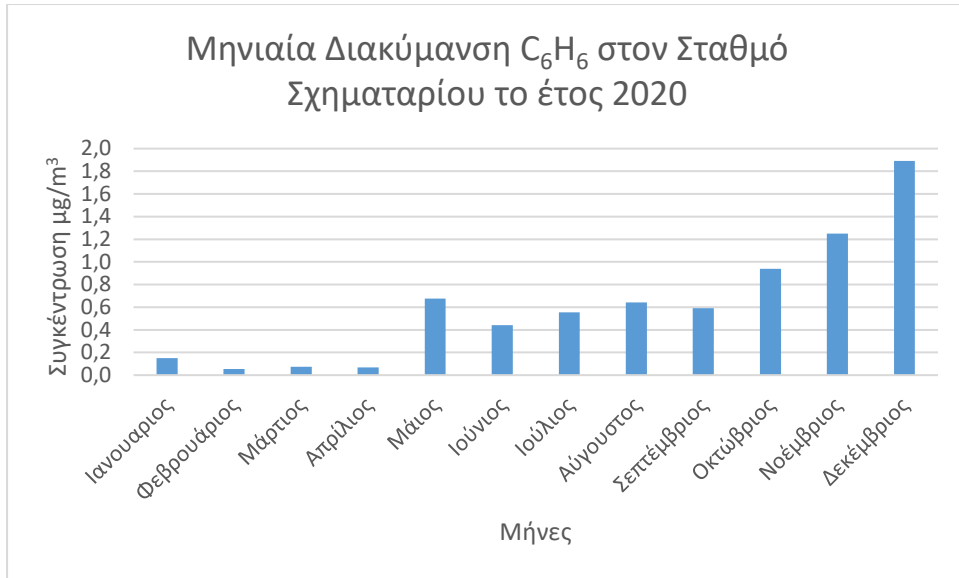




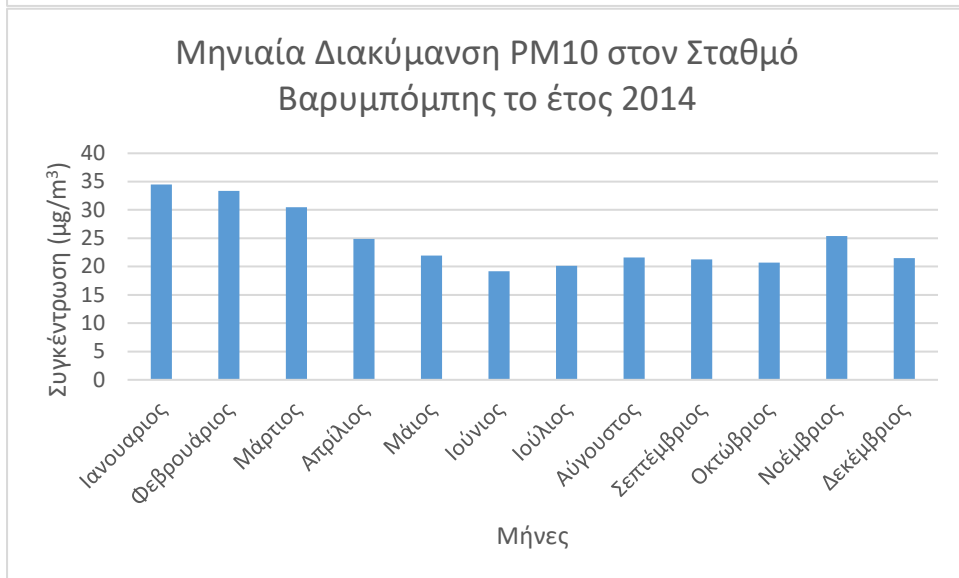
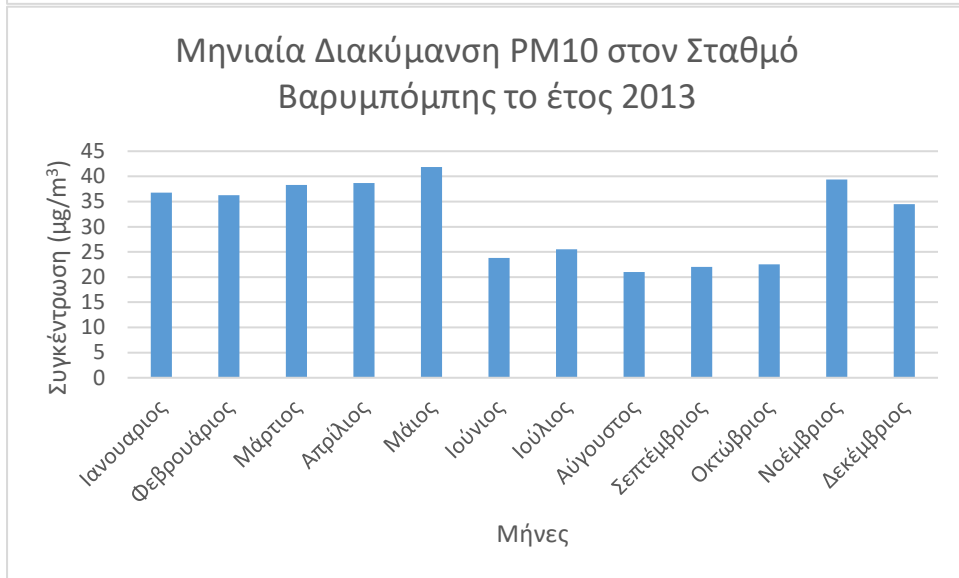
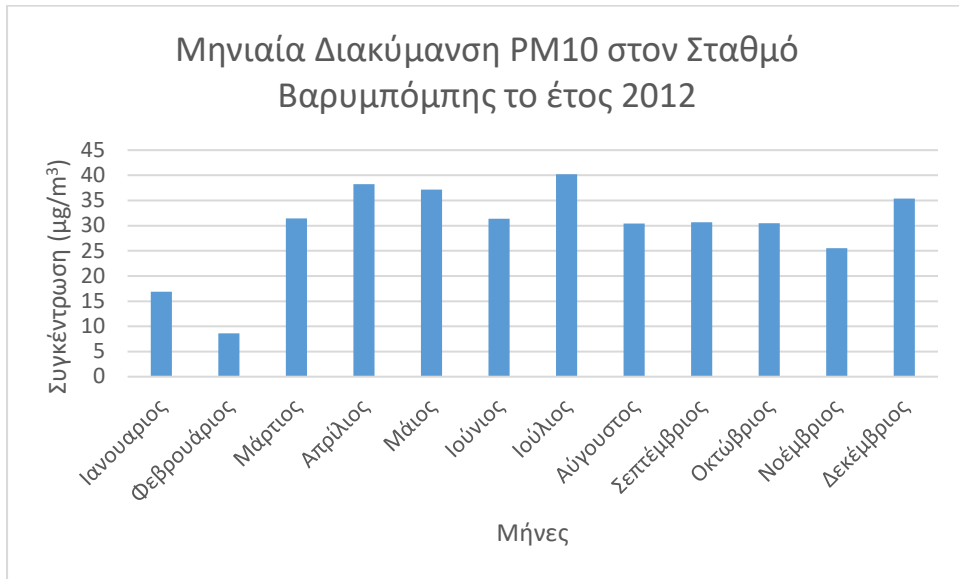


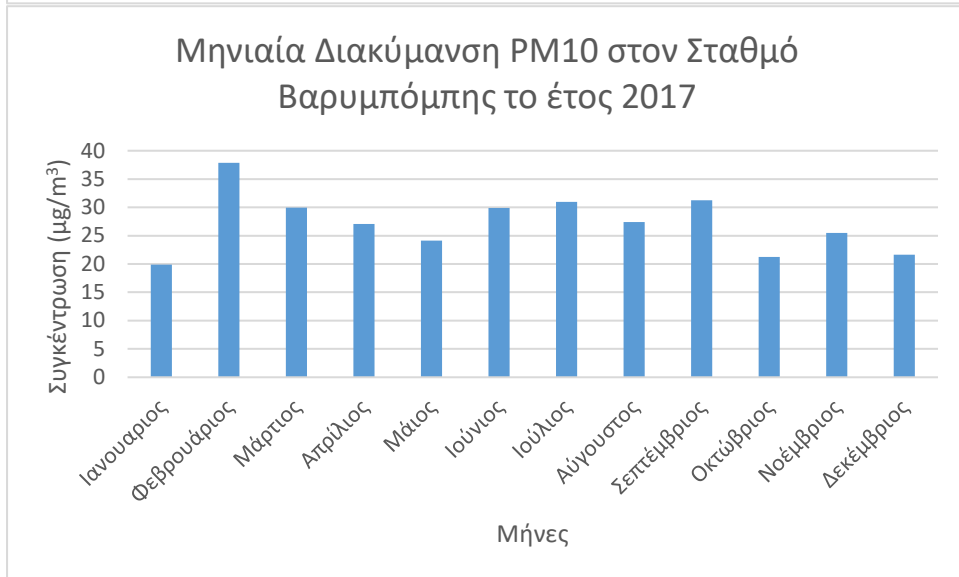
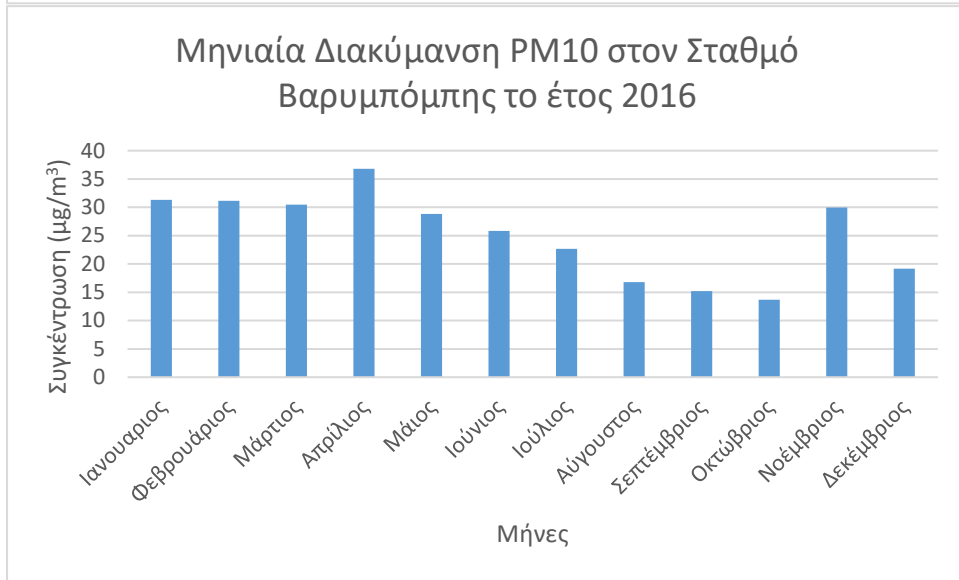
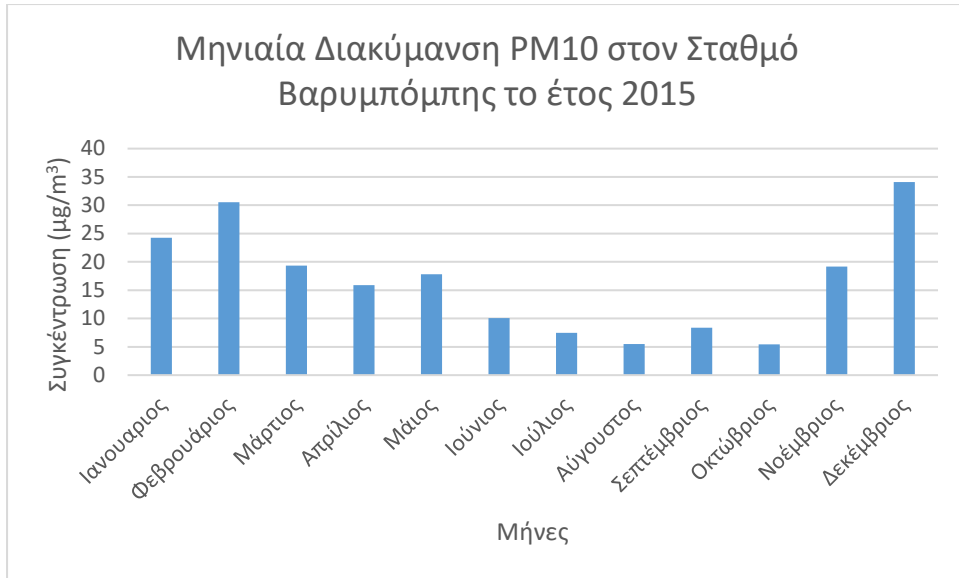


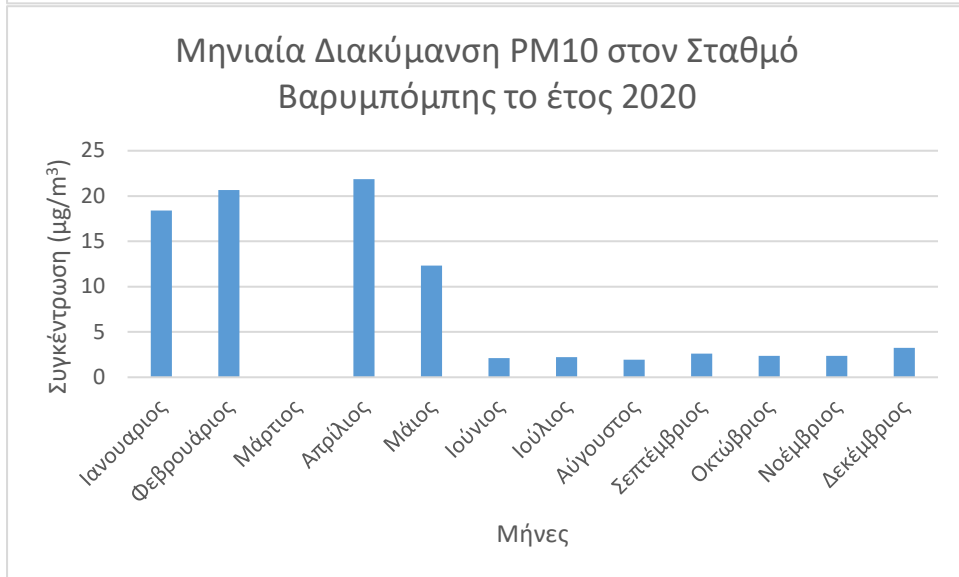
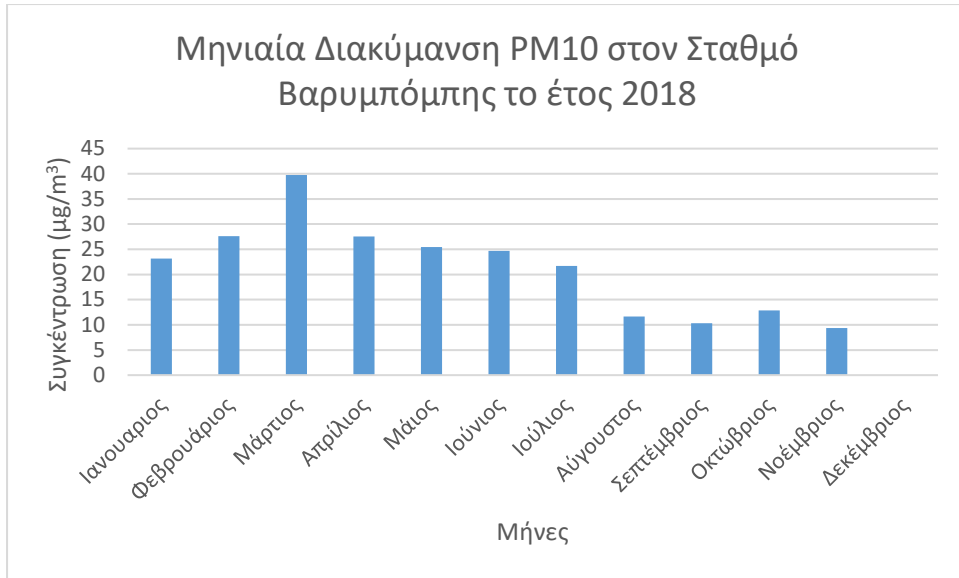
\* Οι τιμές για το έτος 2019 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

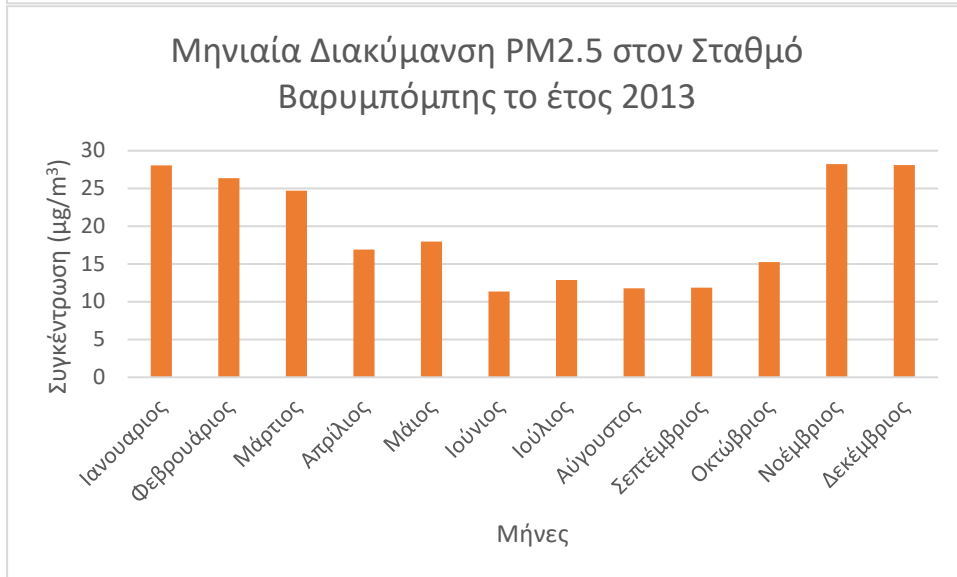
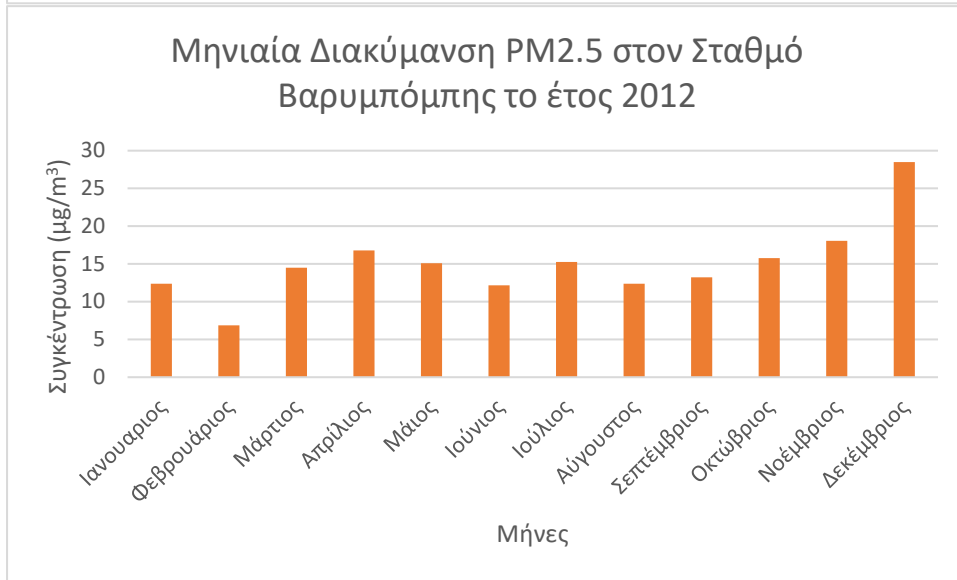
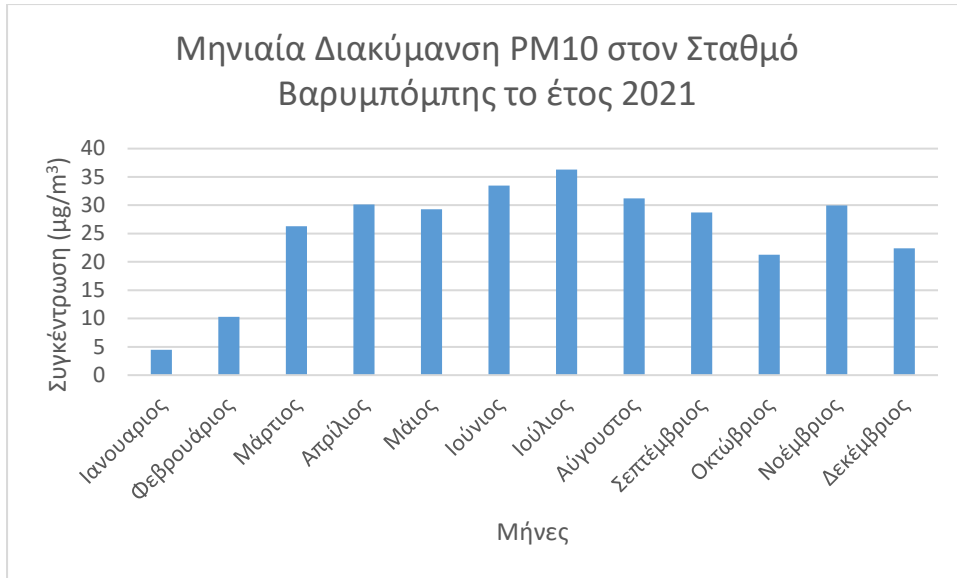


• ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΡΥΜΠΟΜΠΗΣ

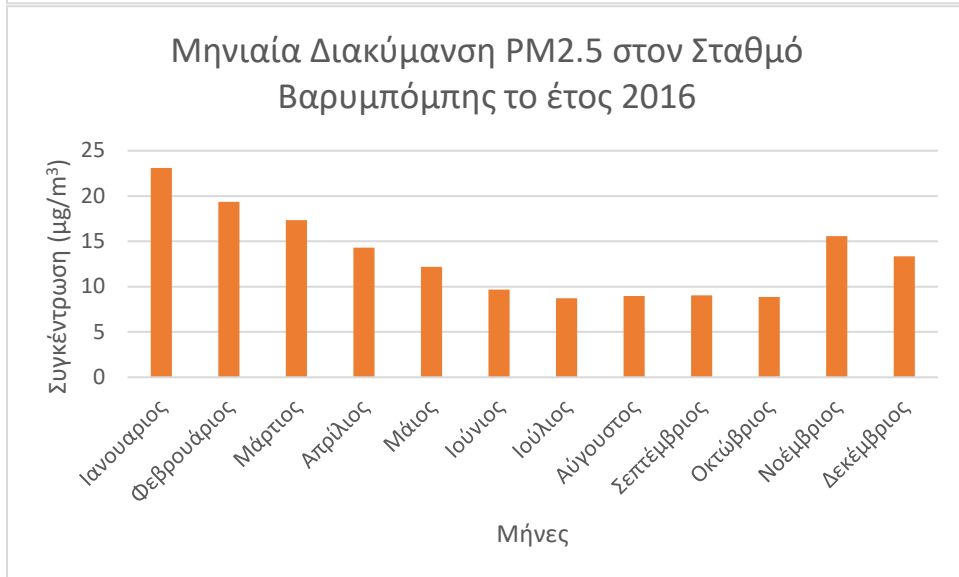
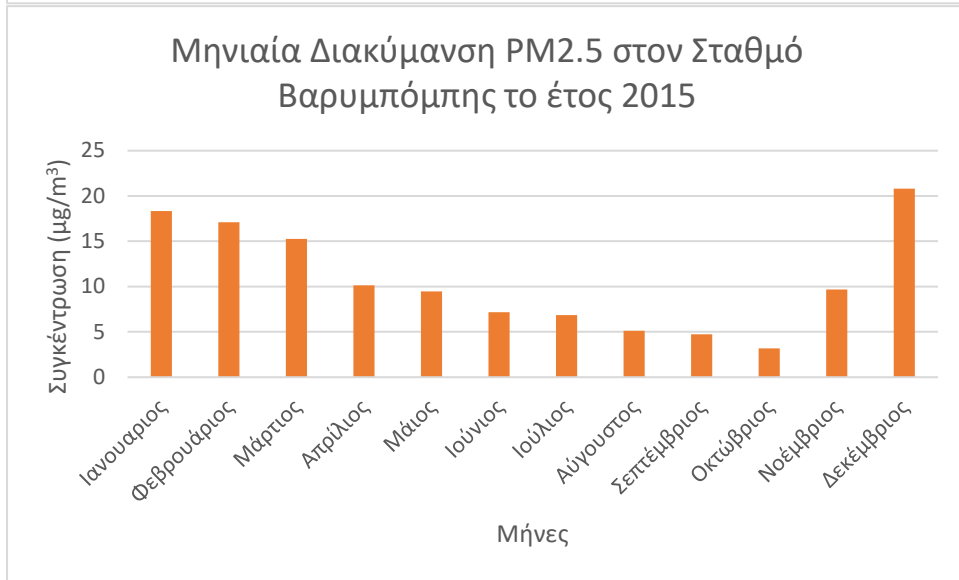
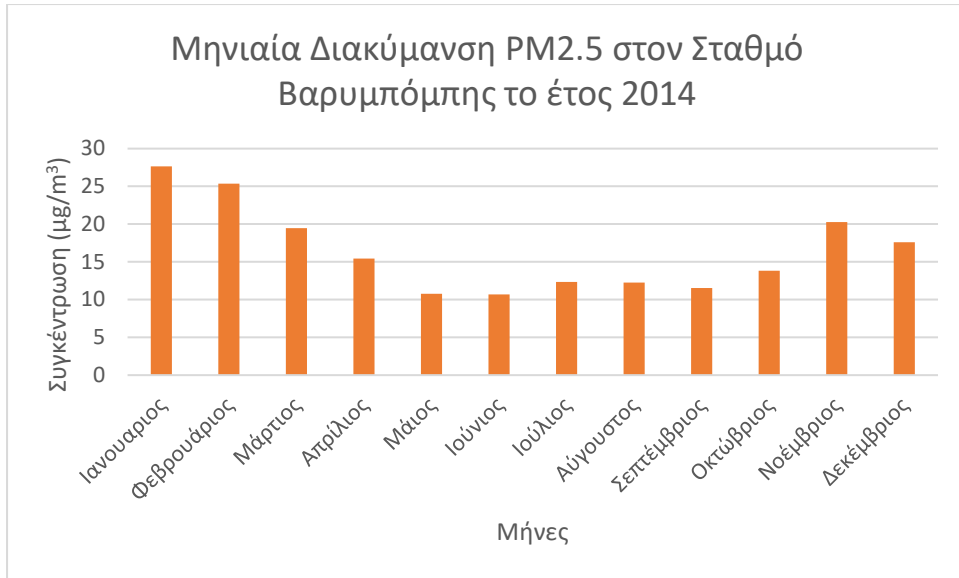


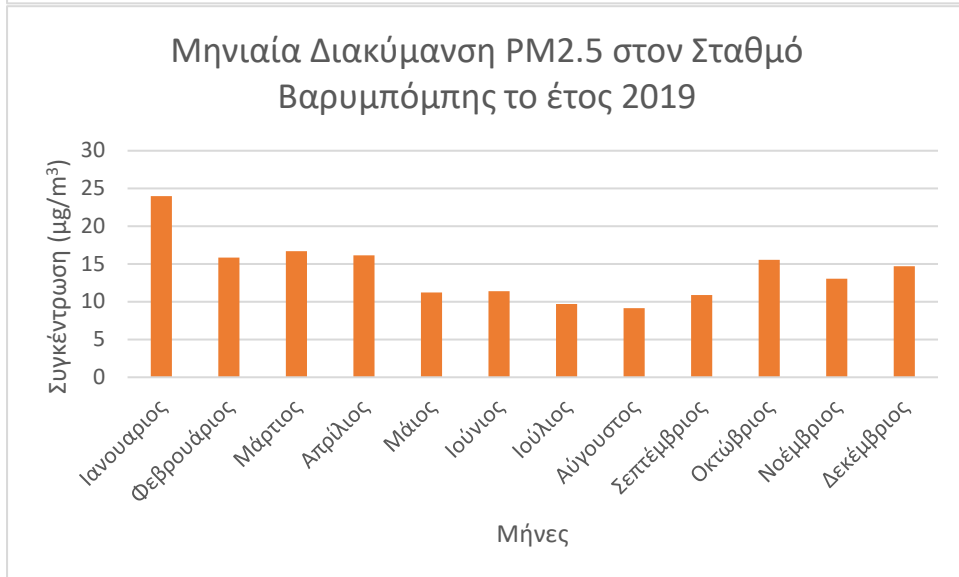
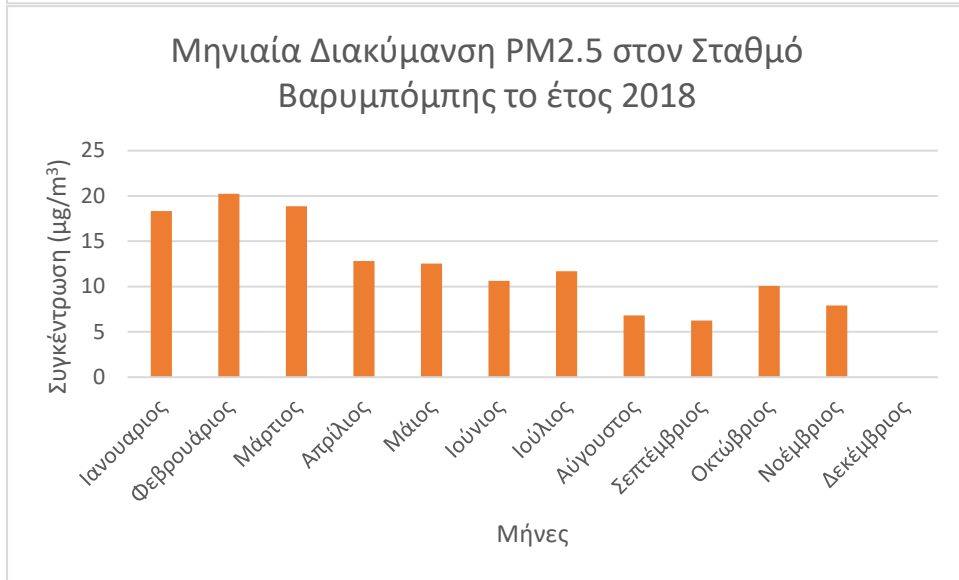


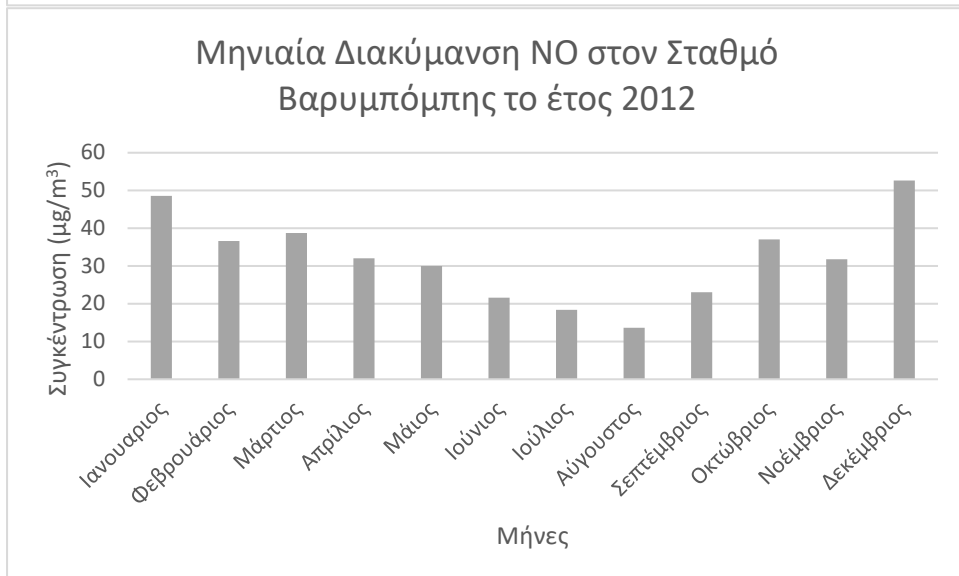
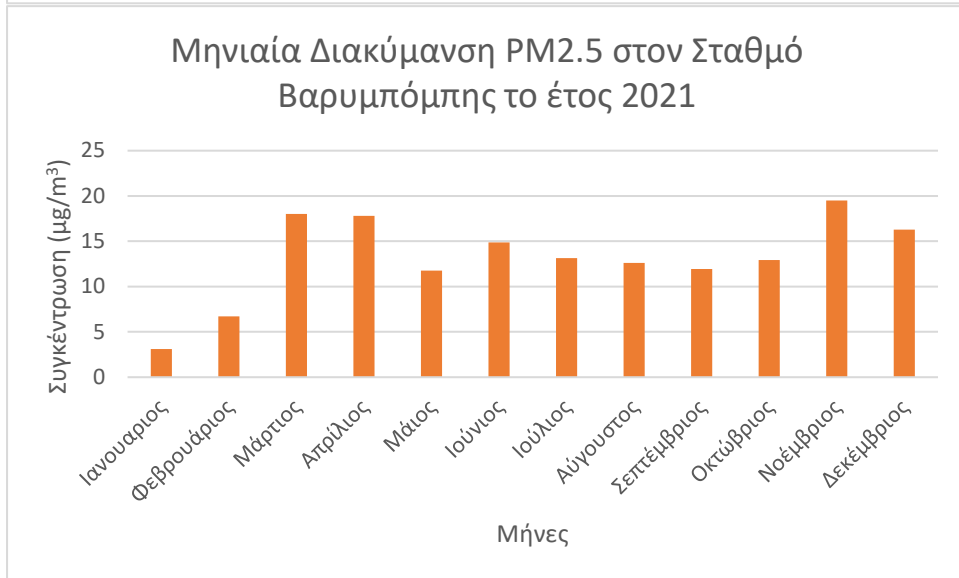
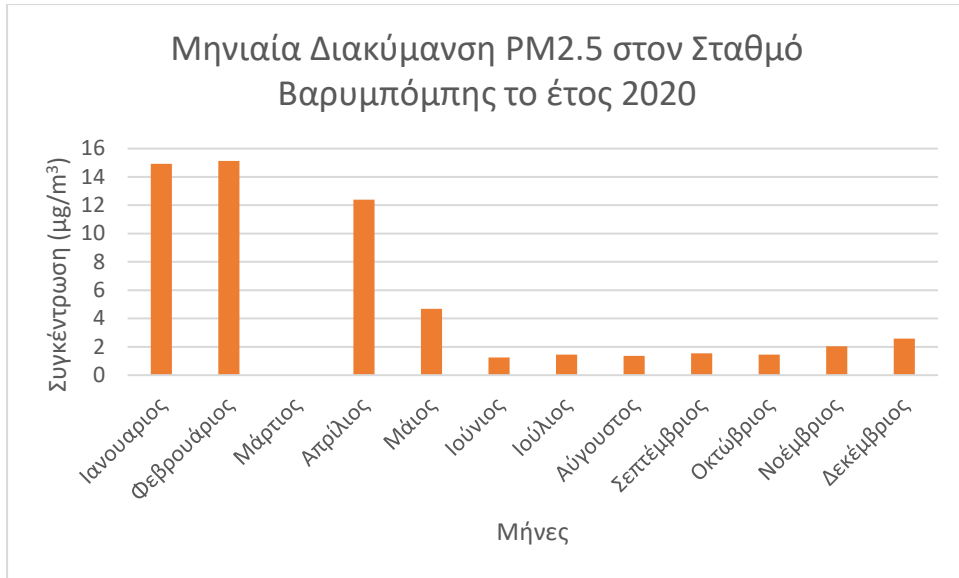


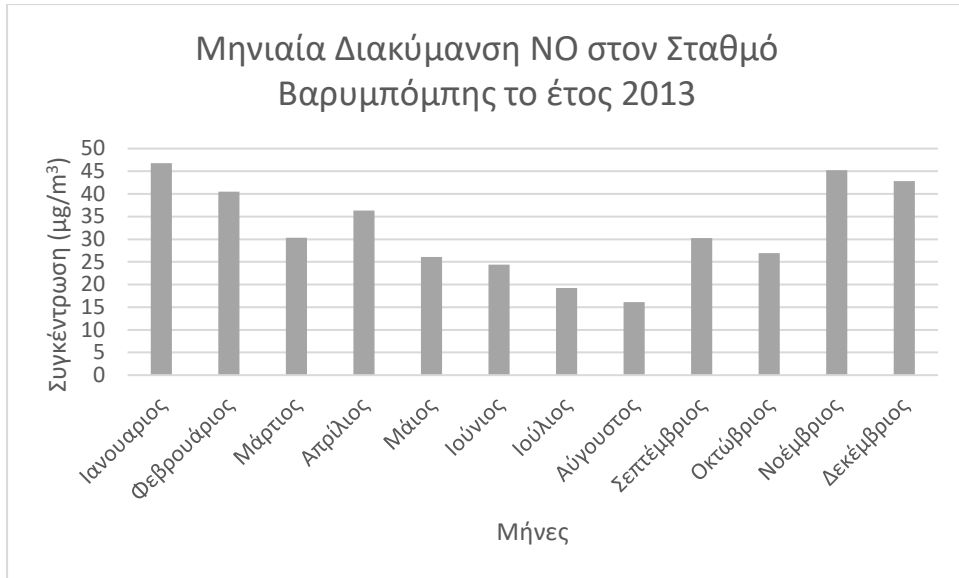


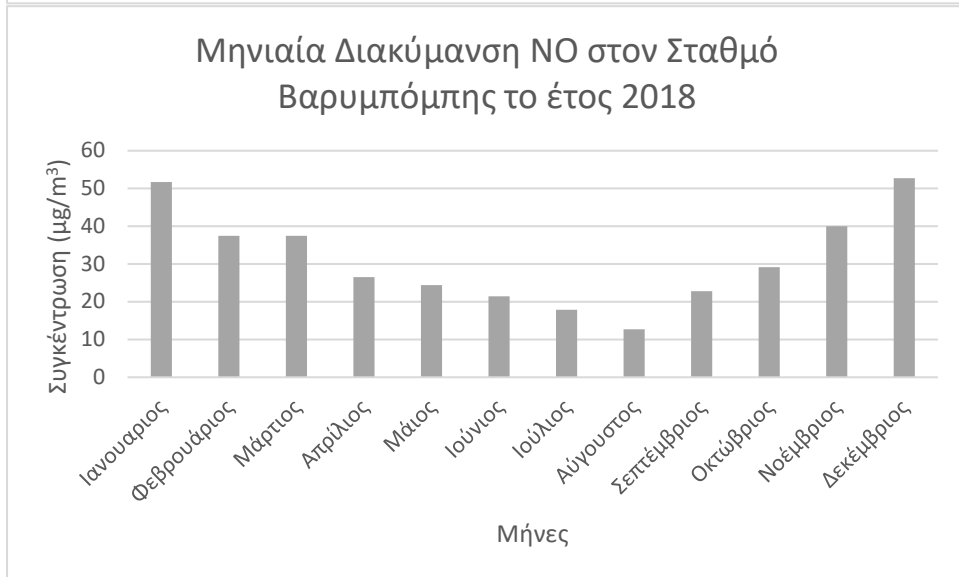
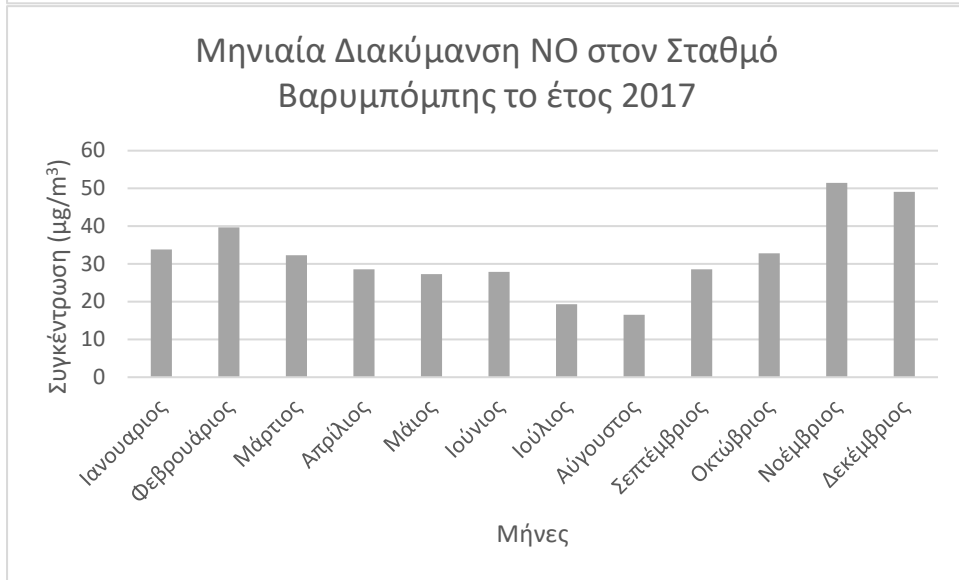


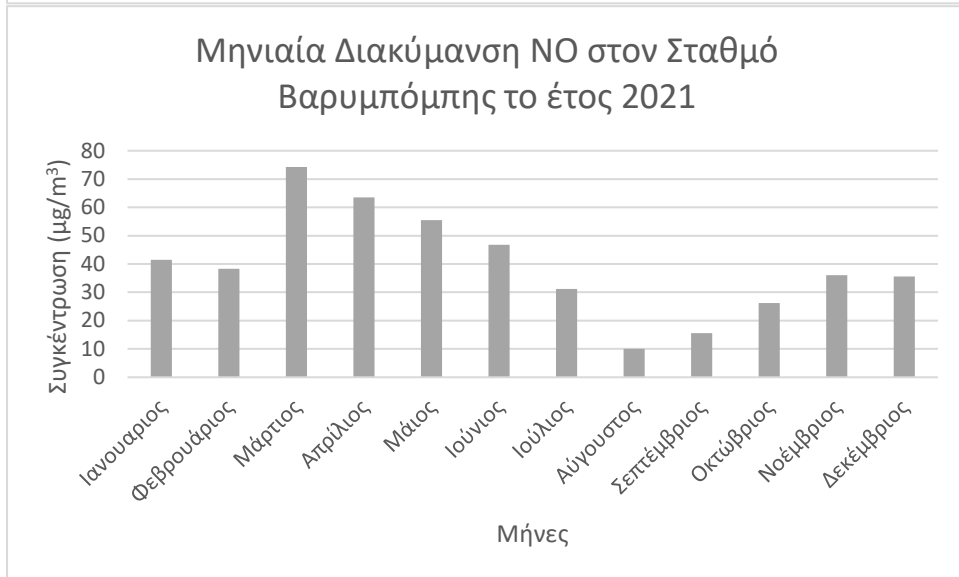
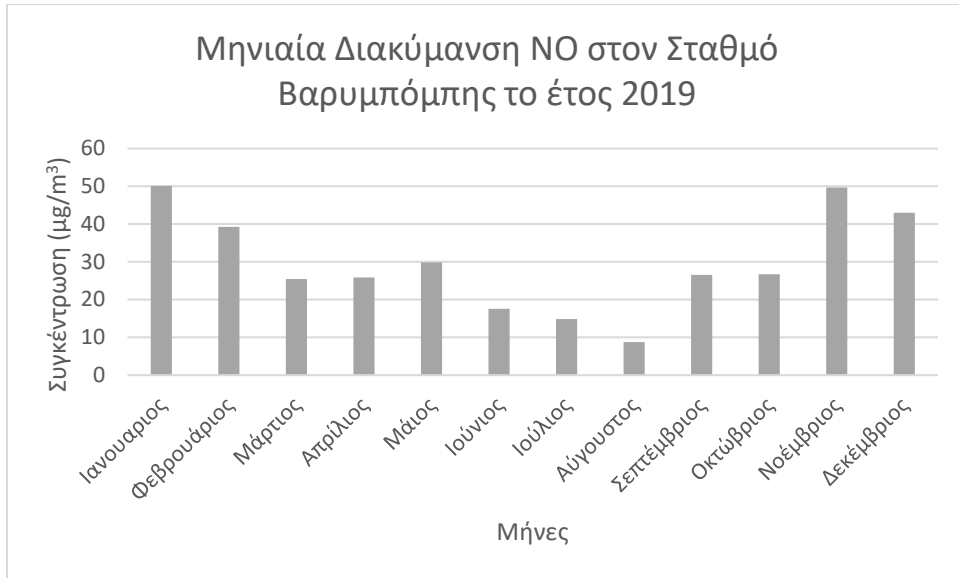




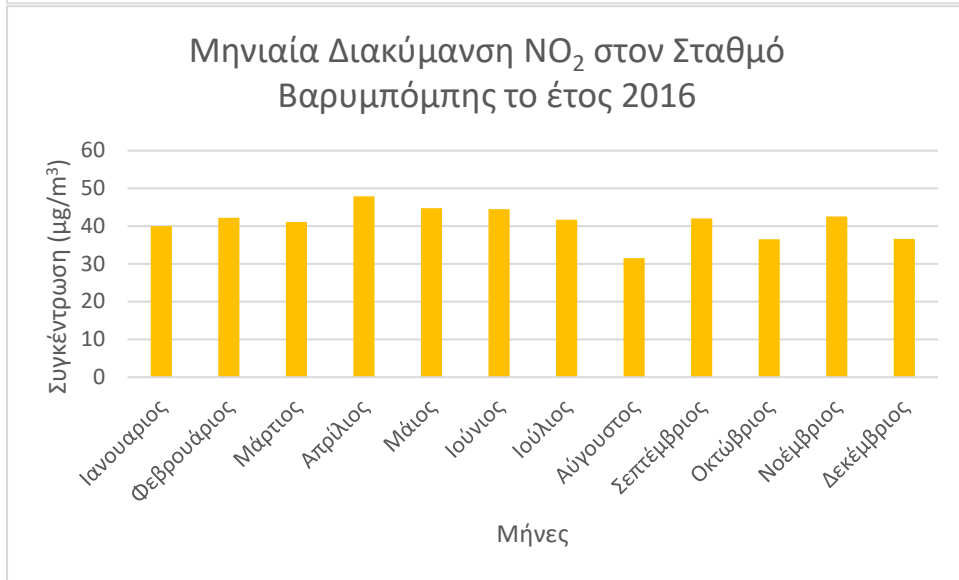




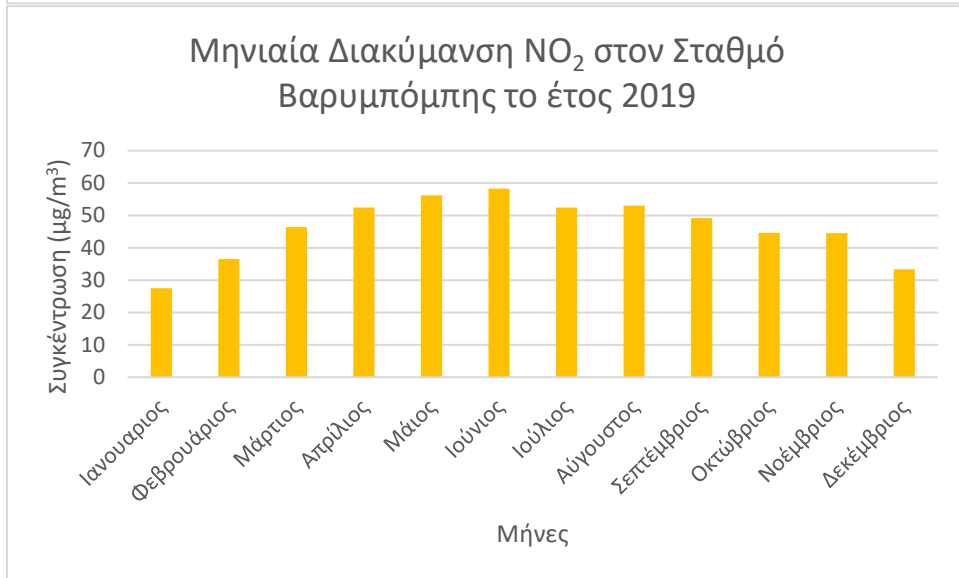


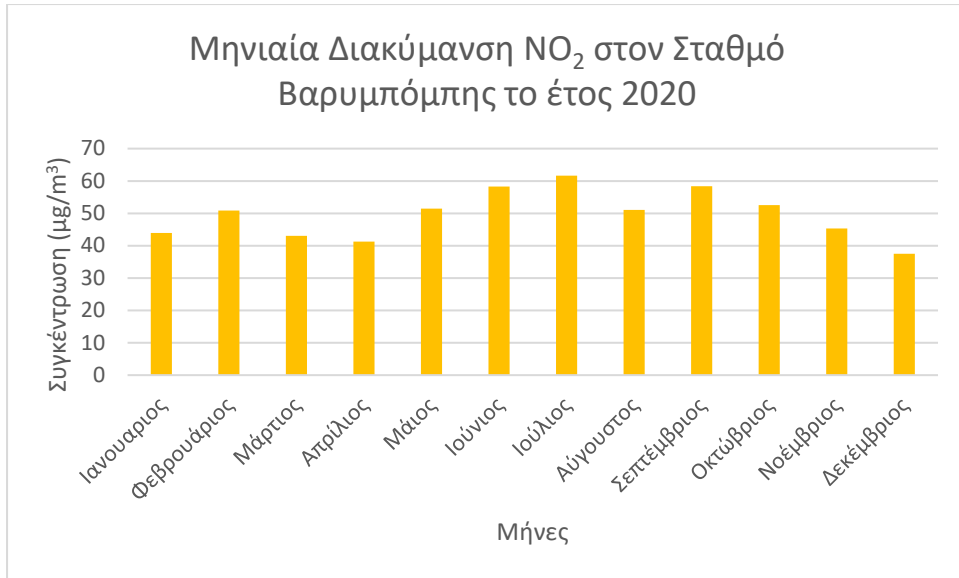


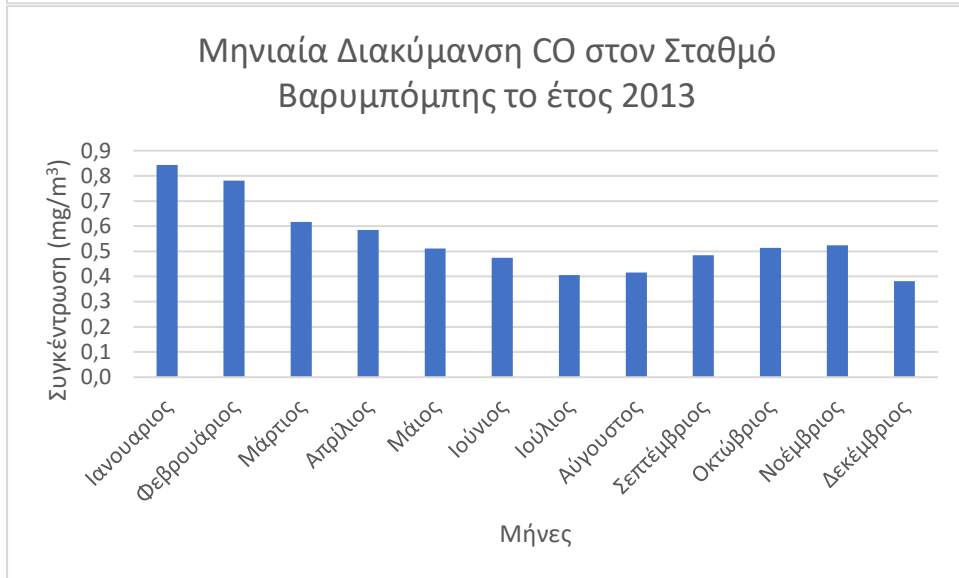
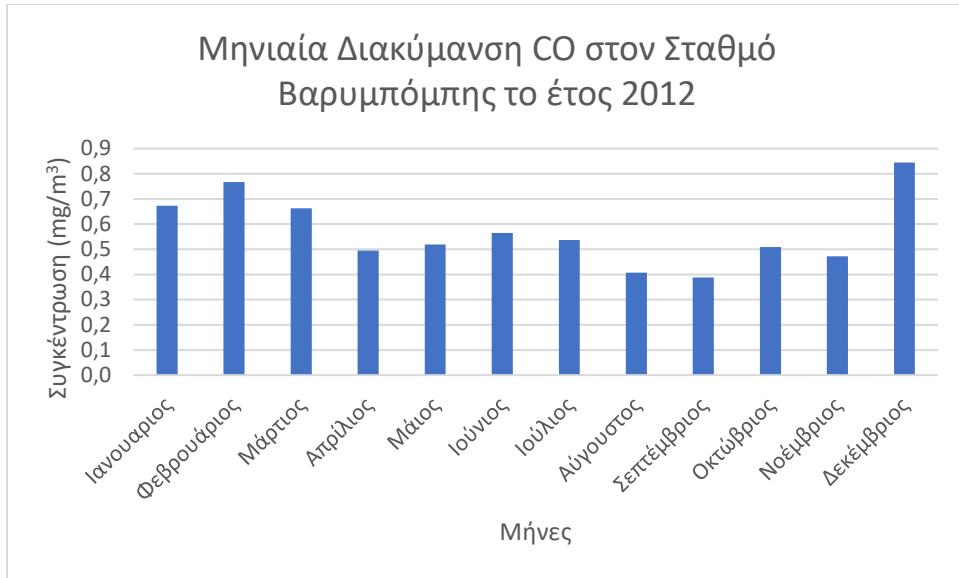


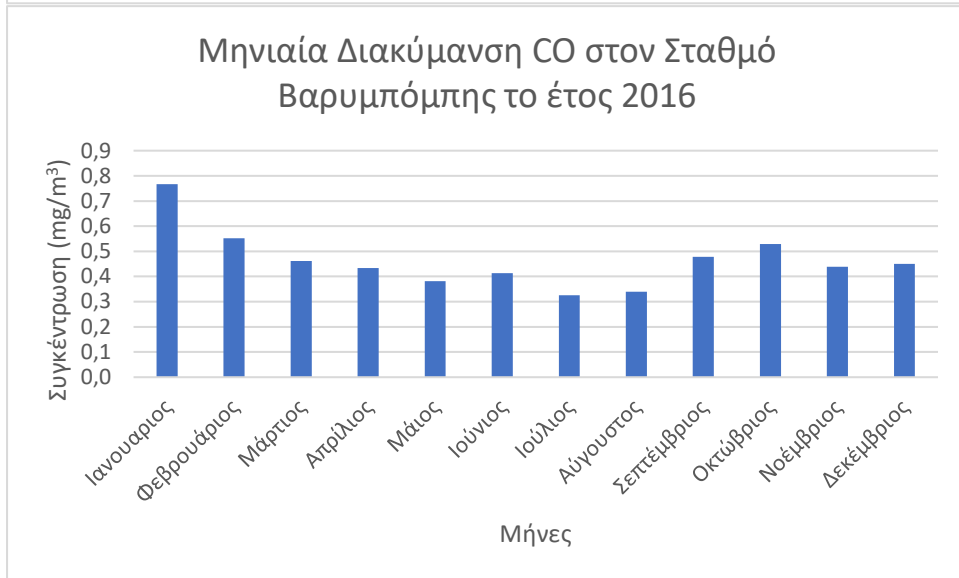
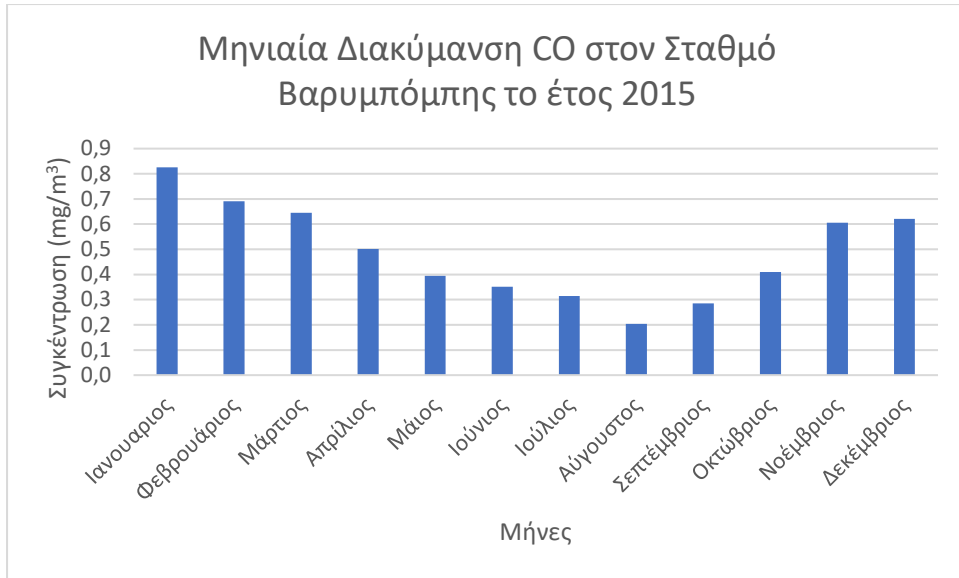


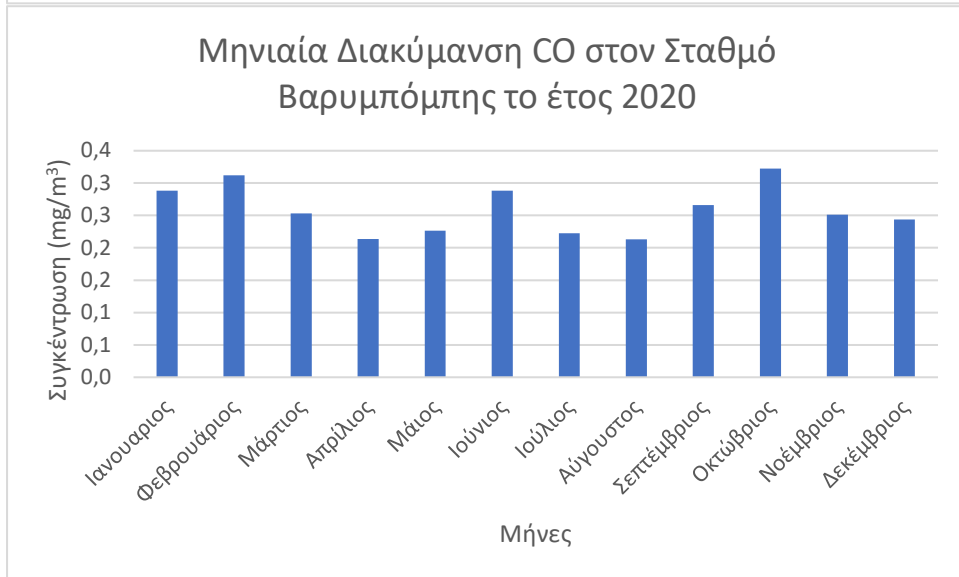
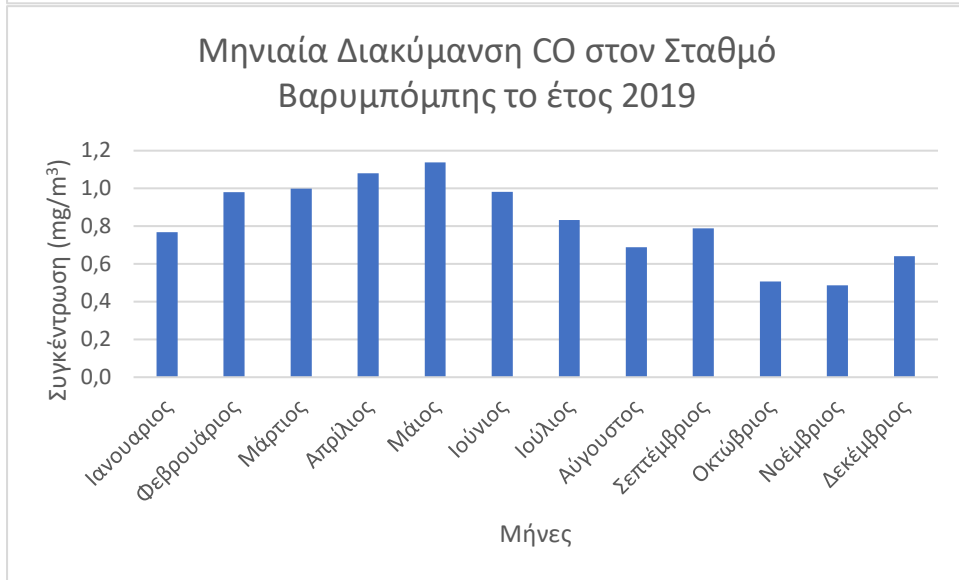




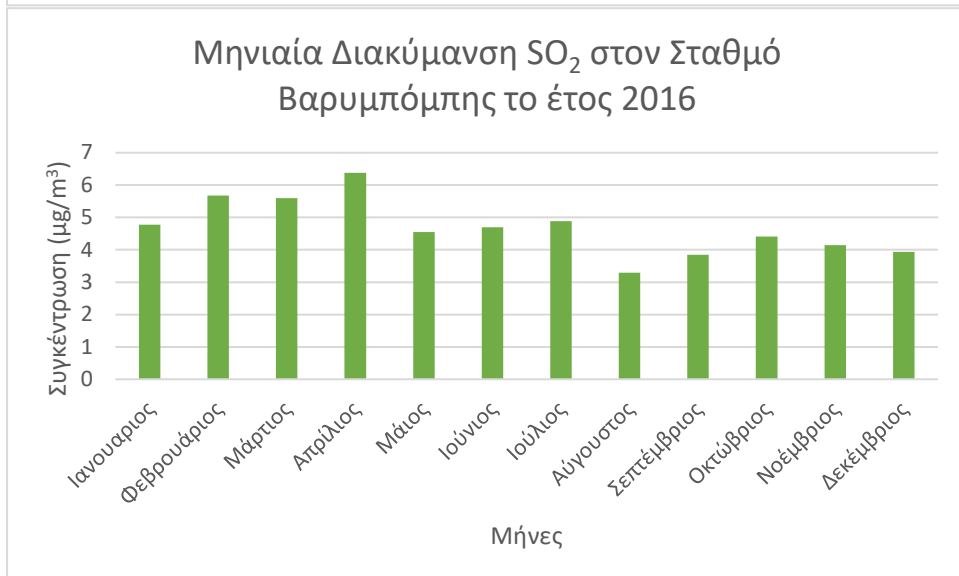
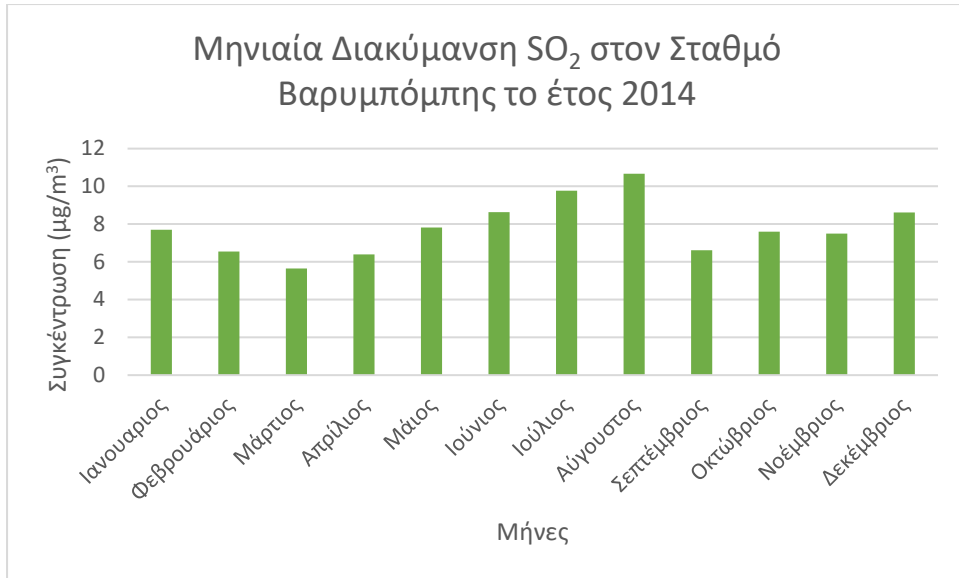


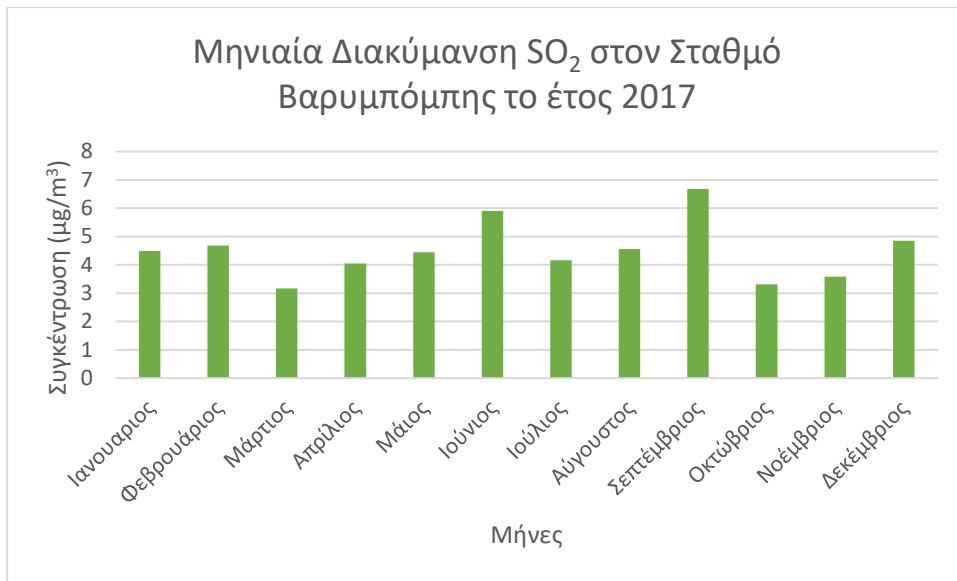




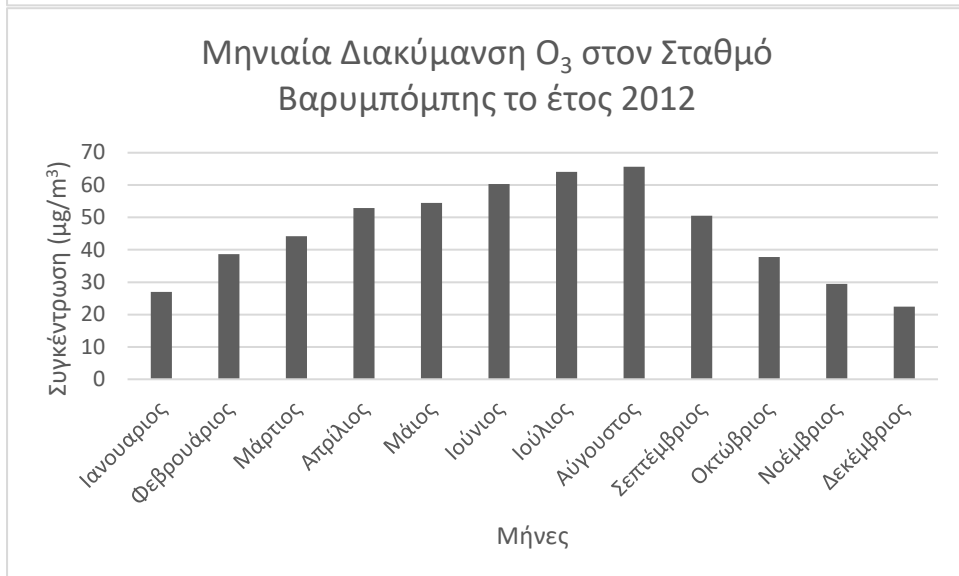


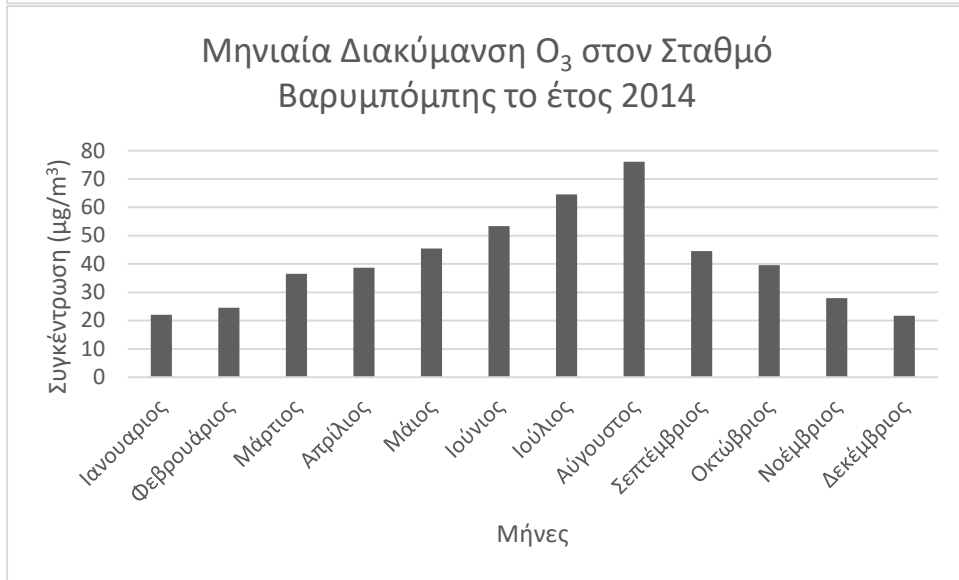
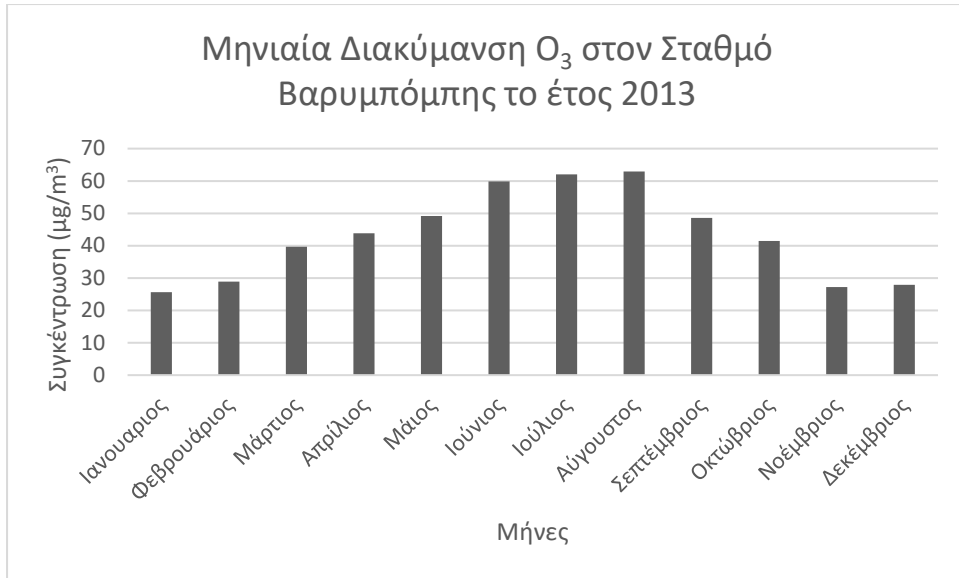


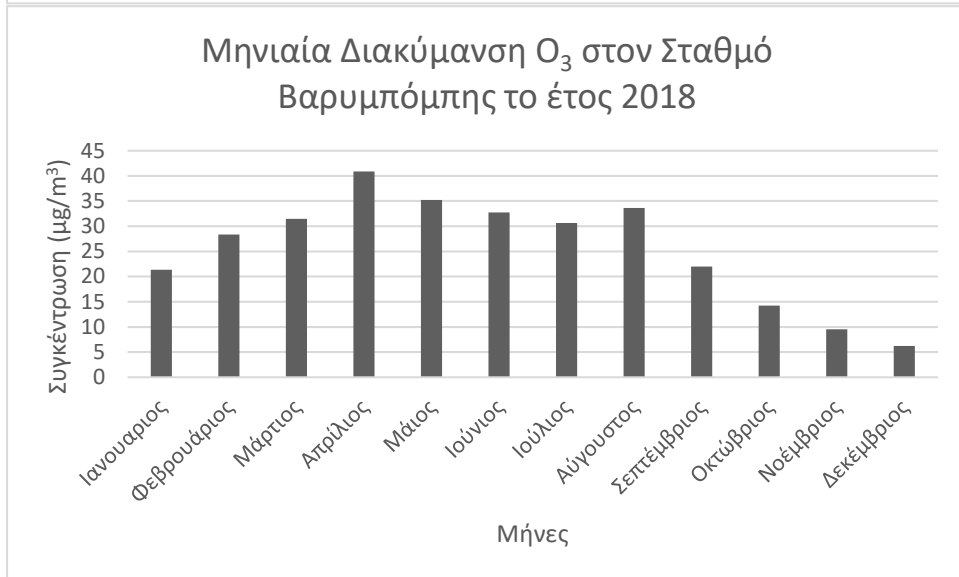
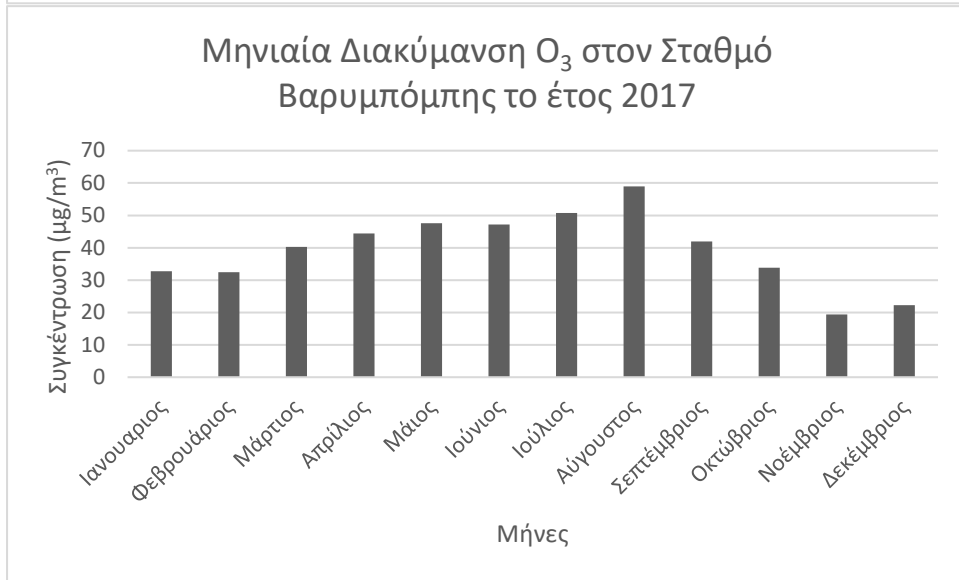
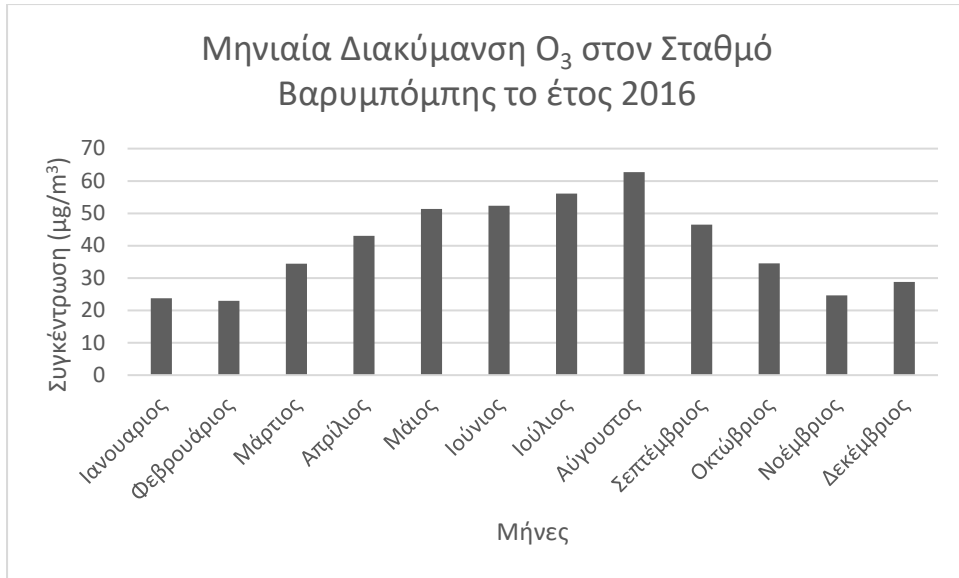


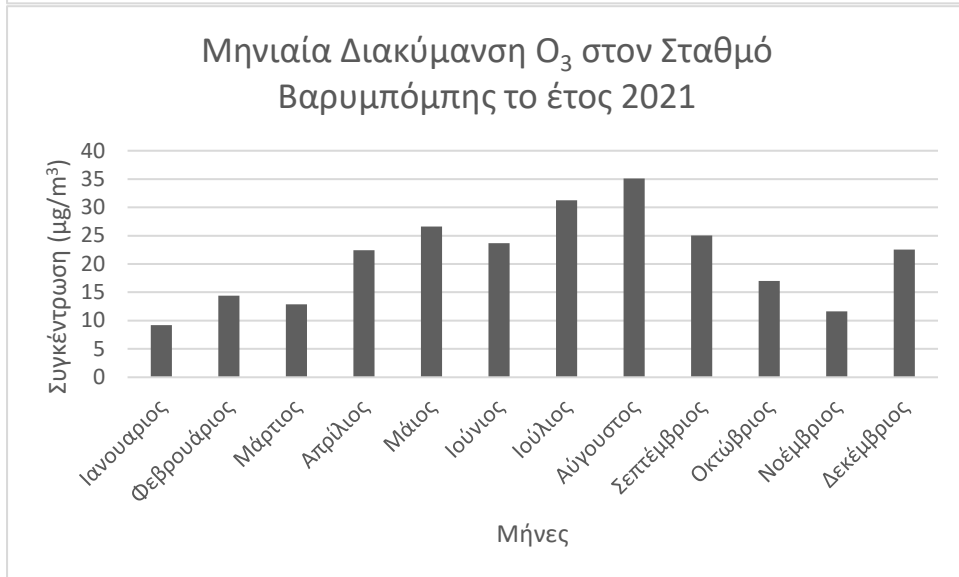
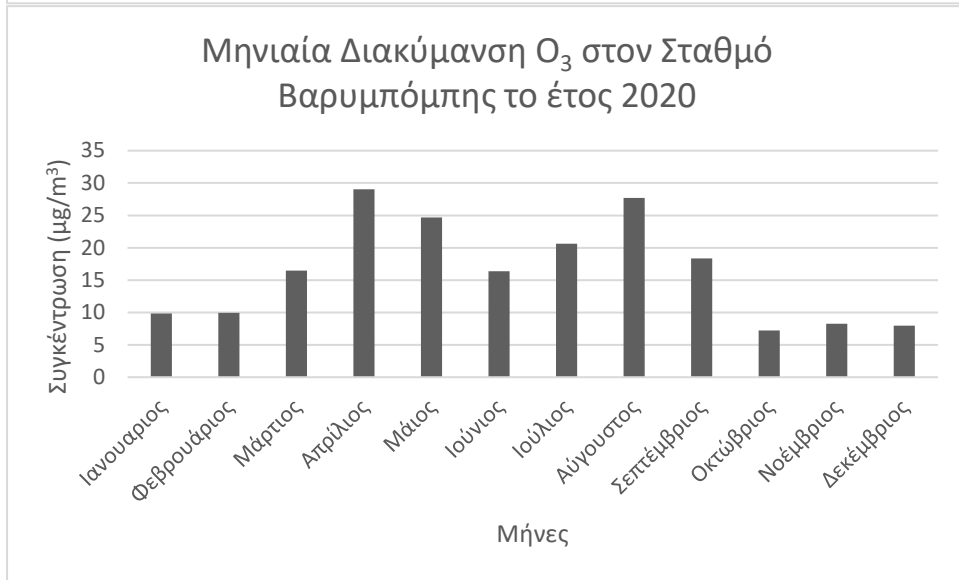
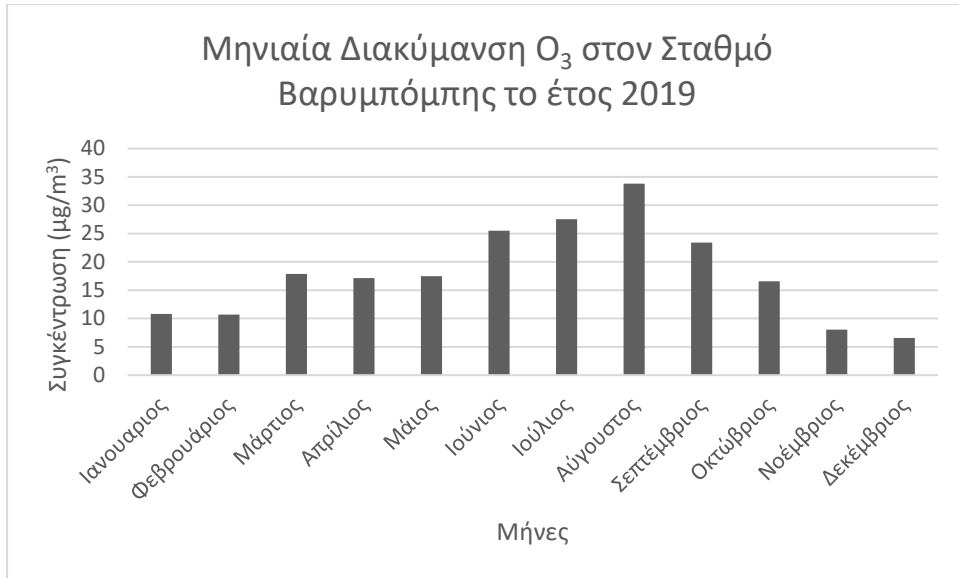


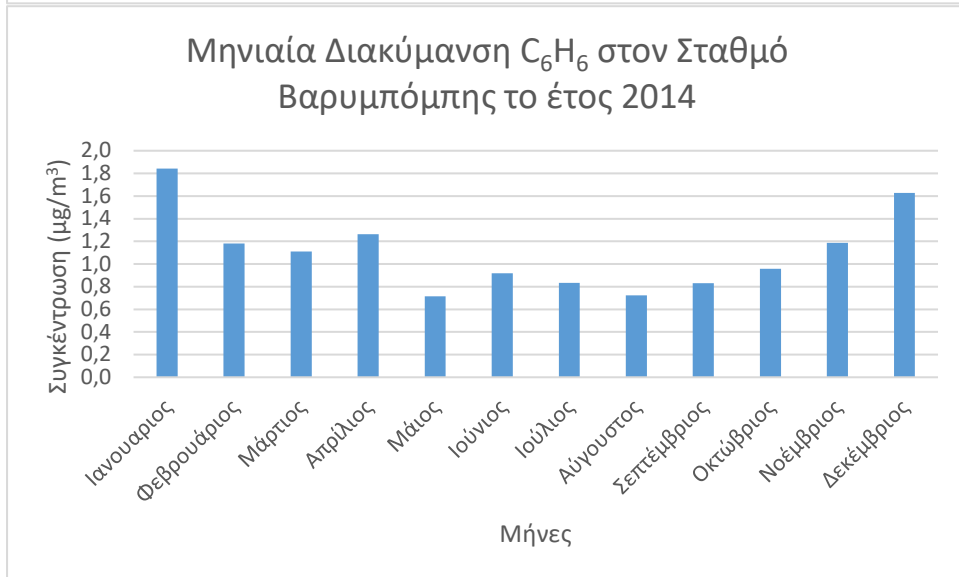
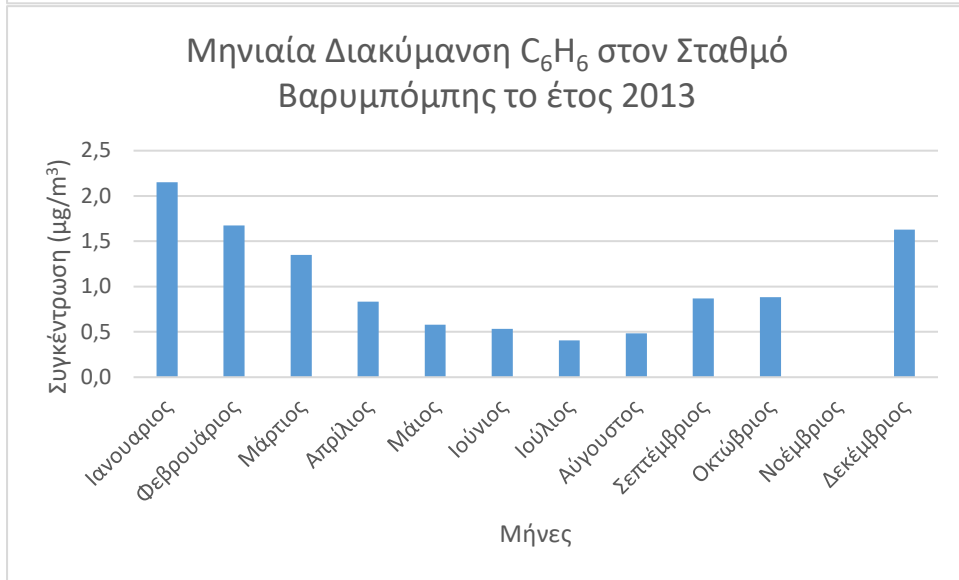
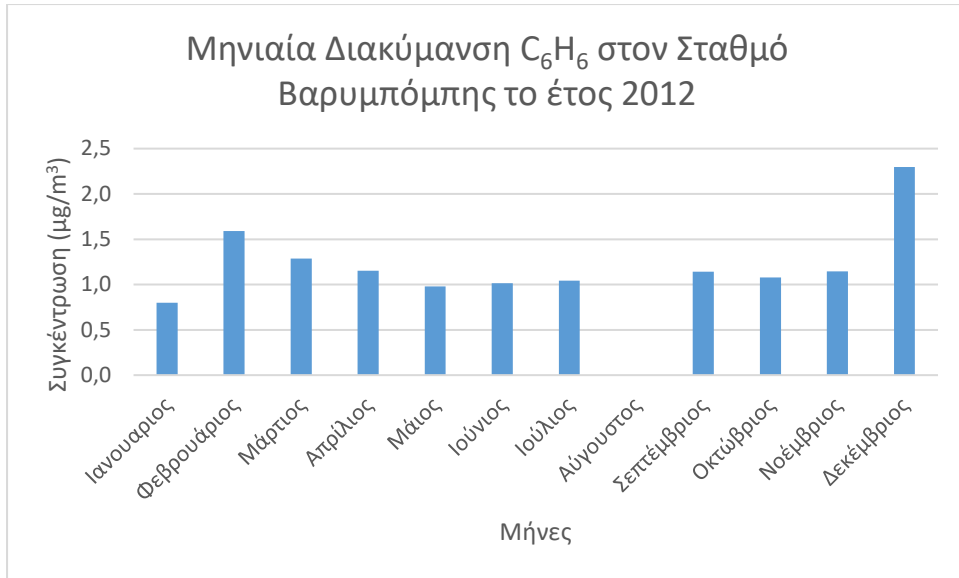


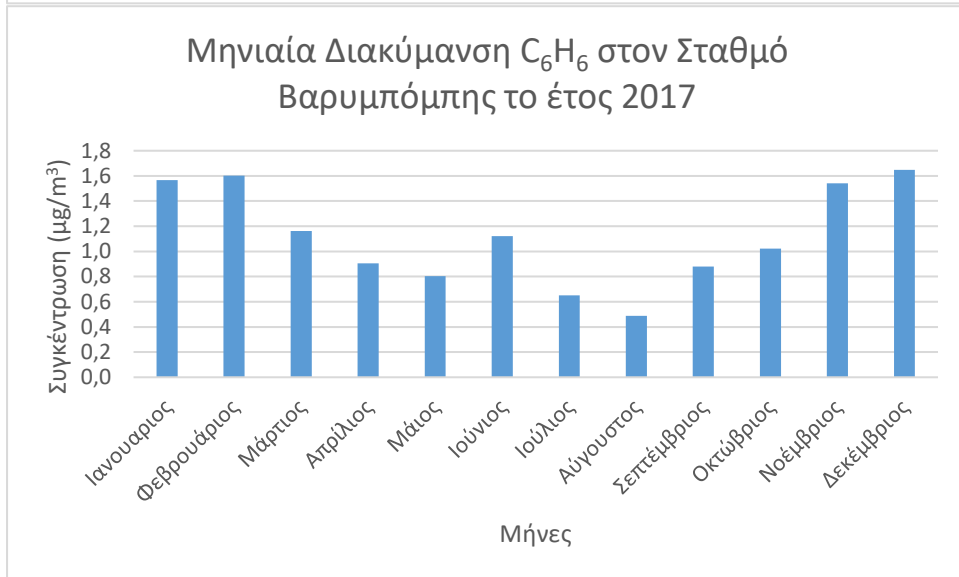
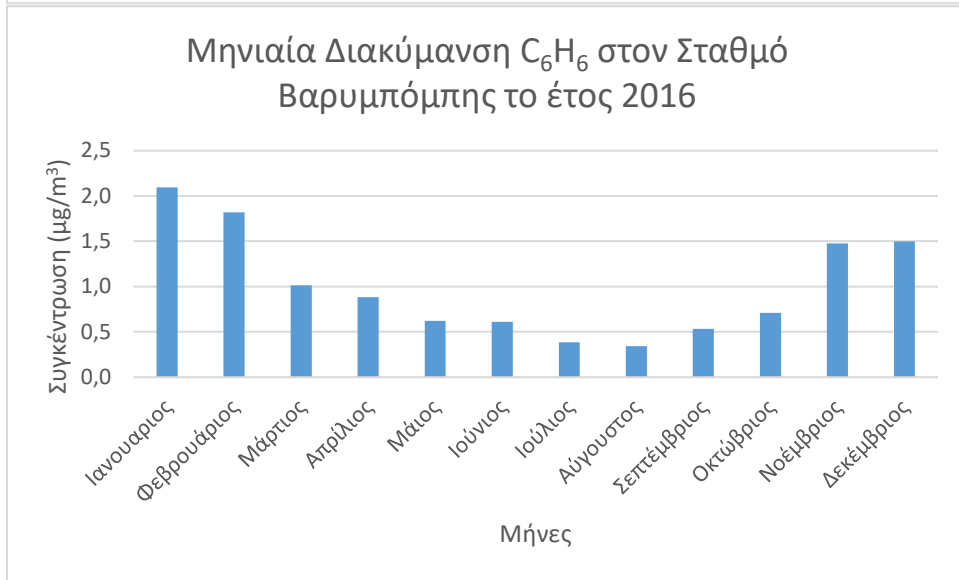


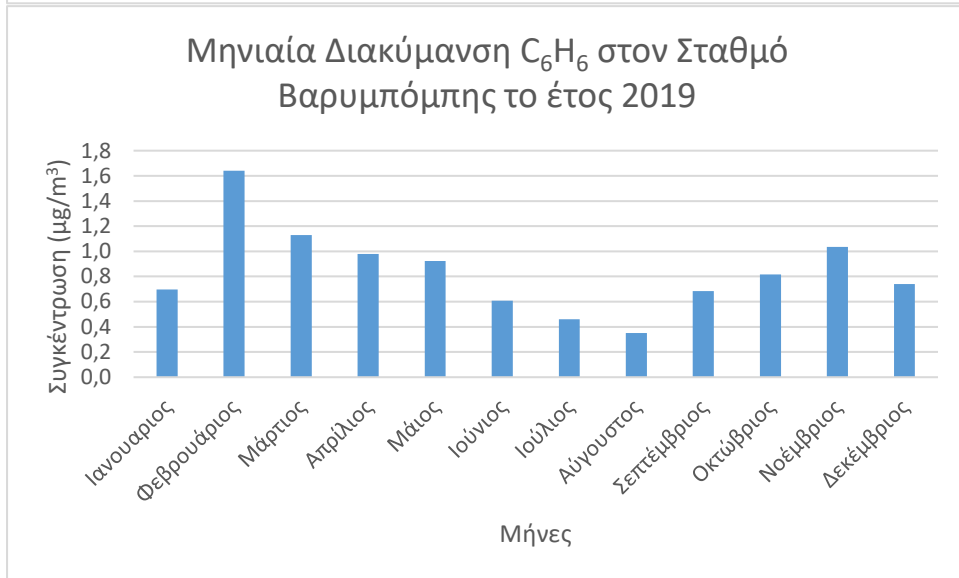
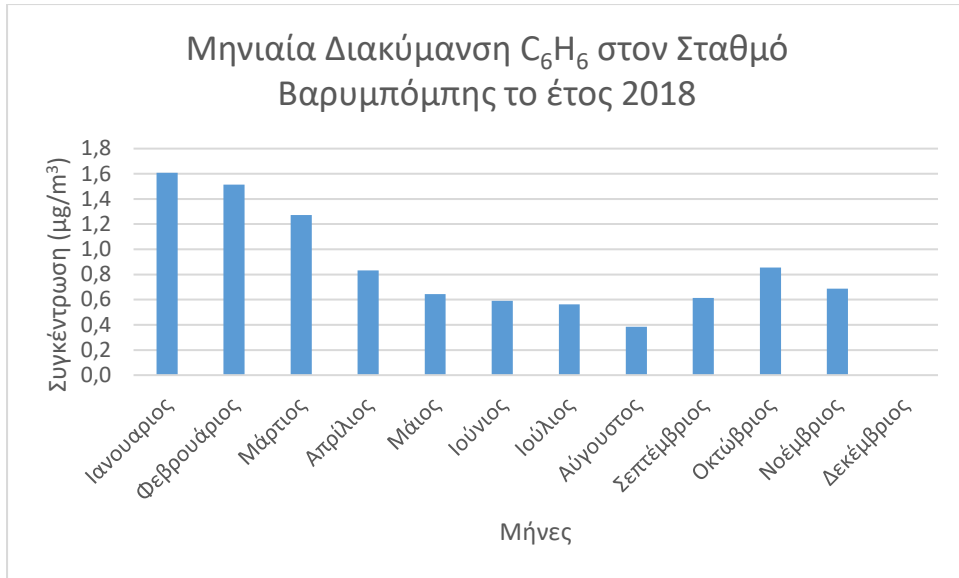


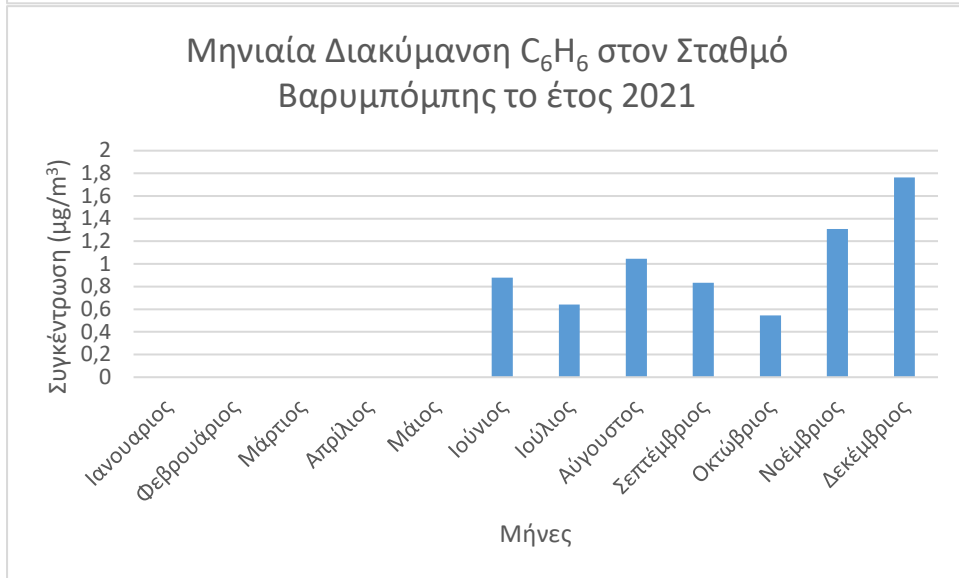
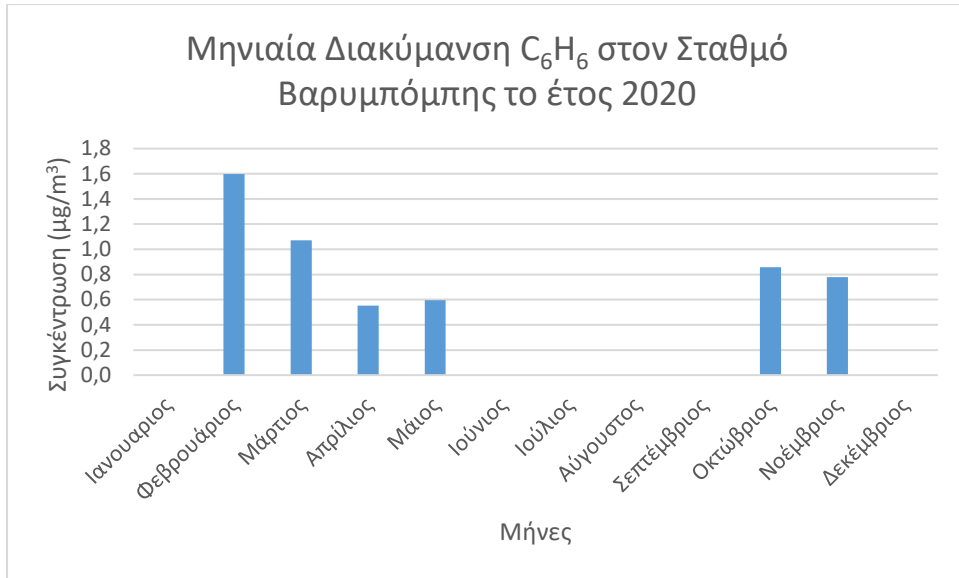










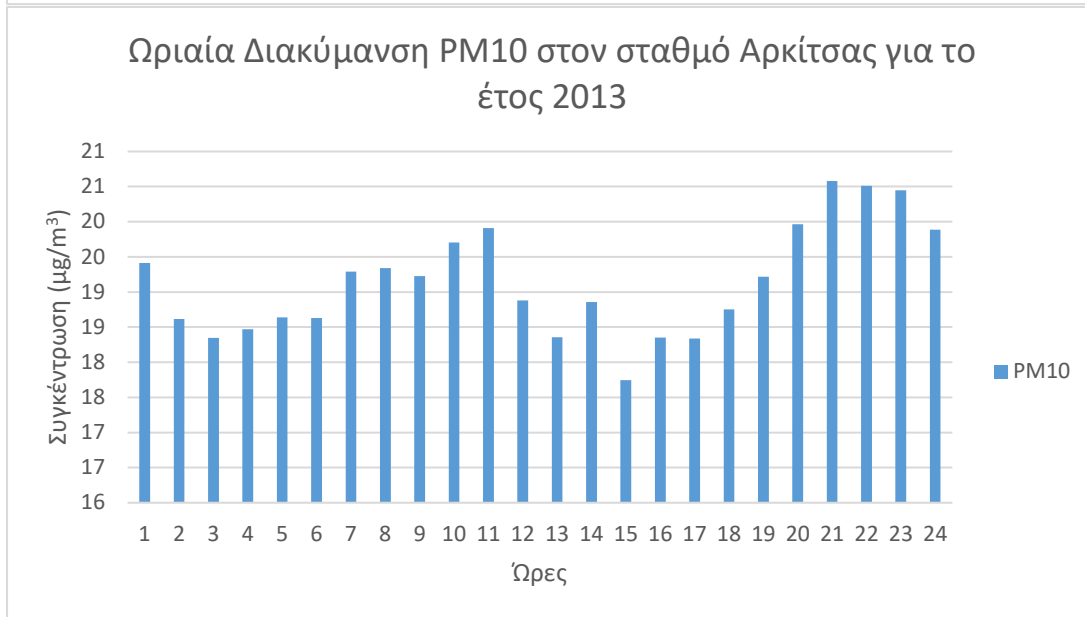
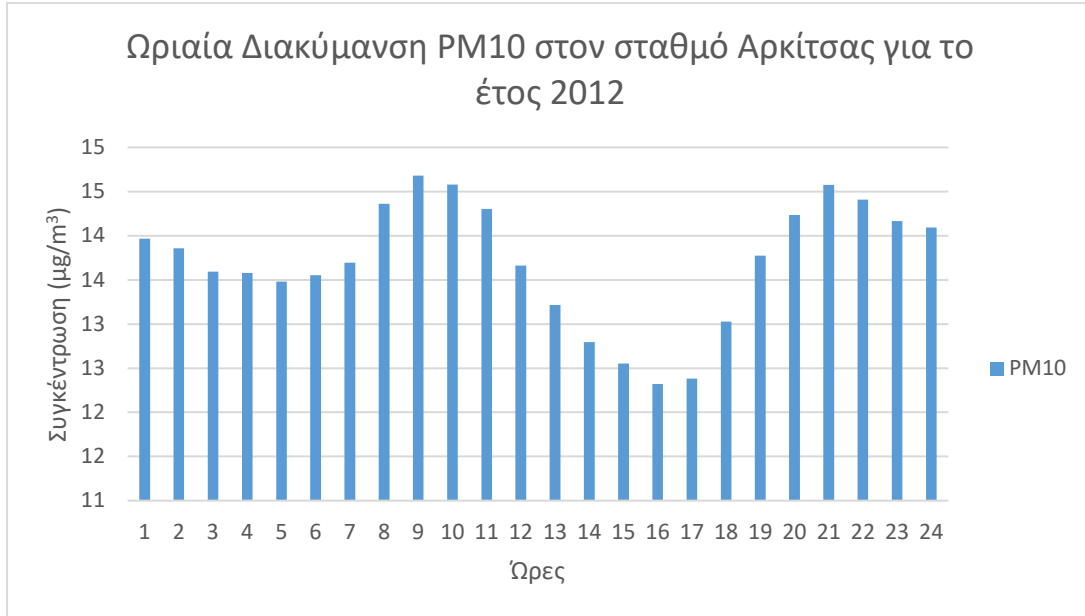


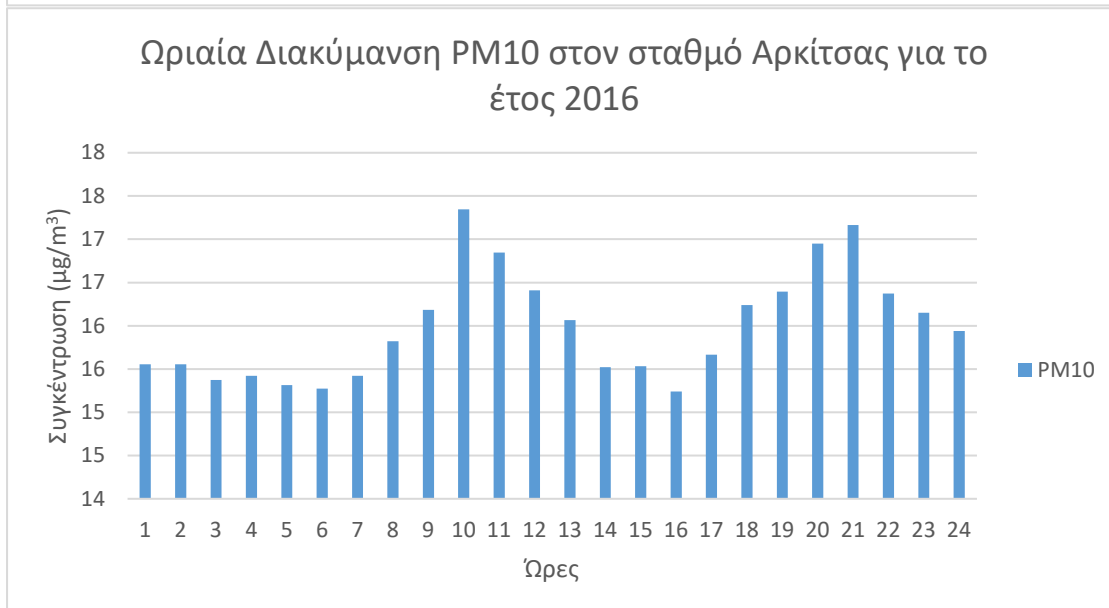
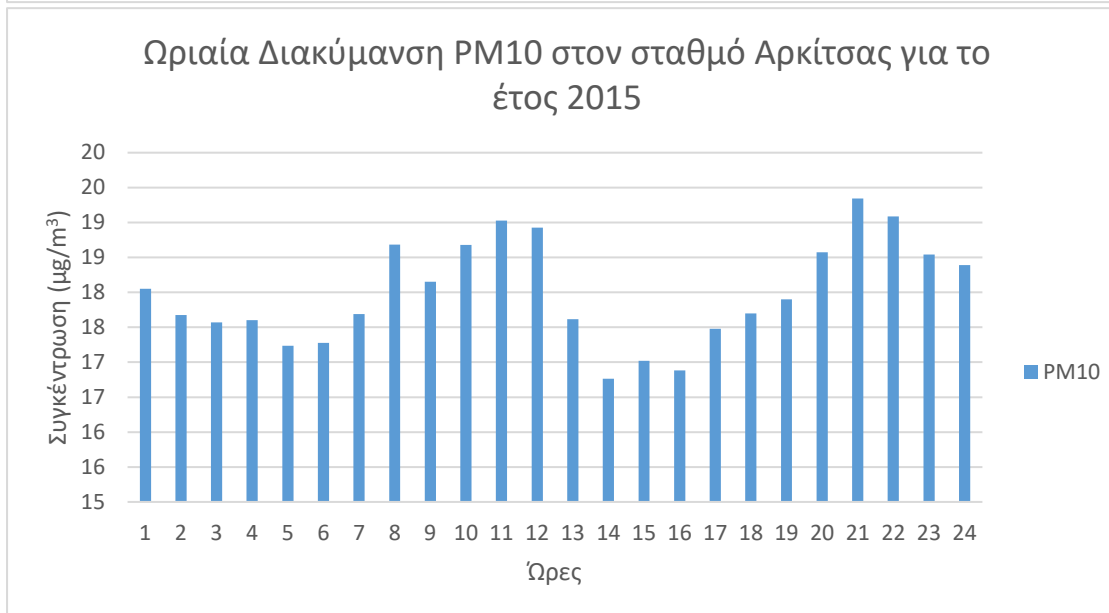
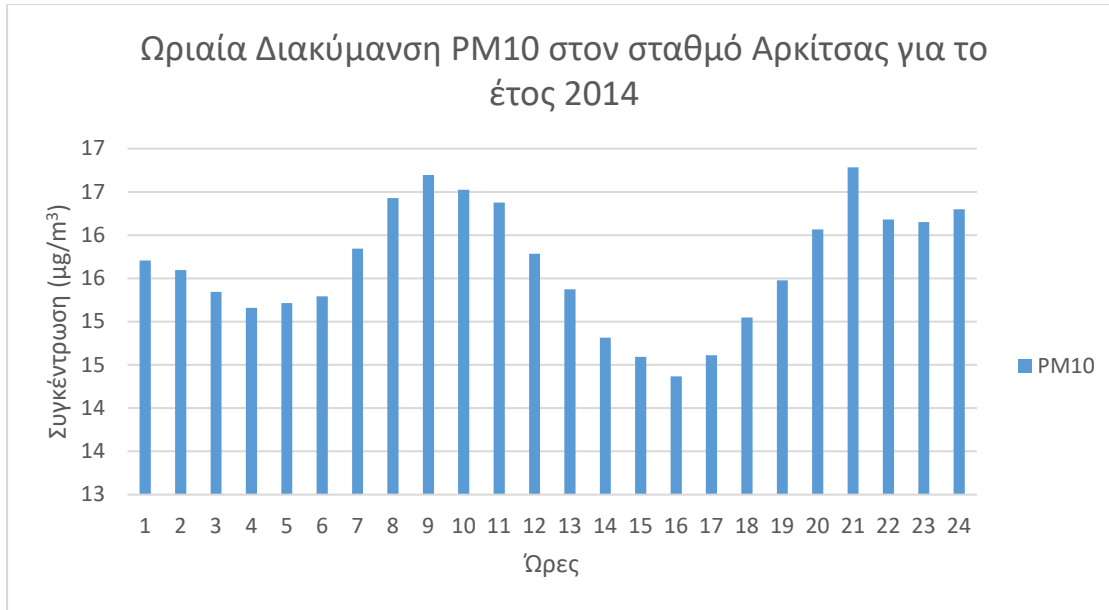
\* Οι τιμές για τα έτη 2020 και 2021 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

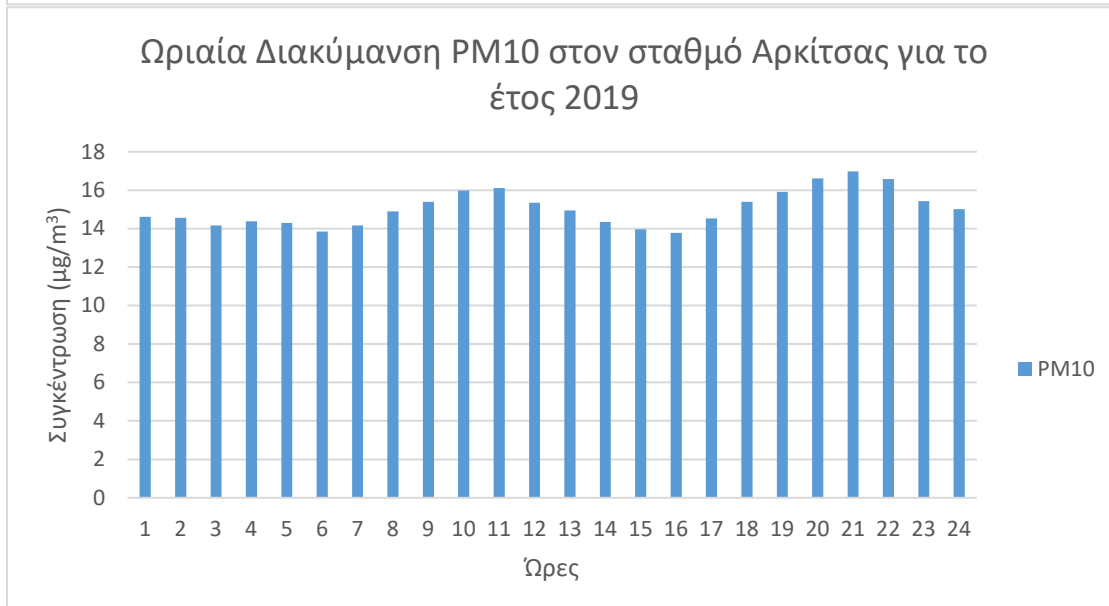
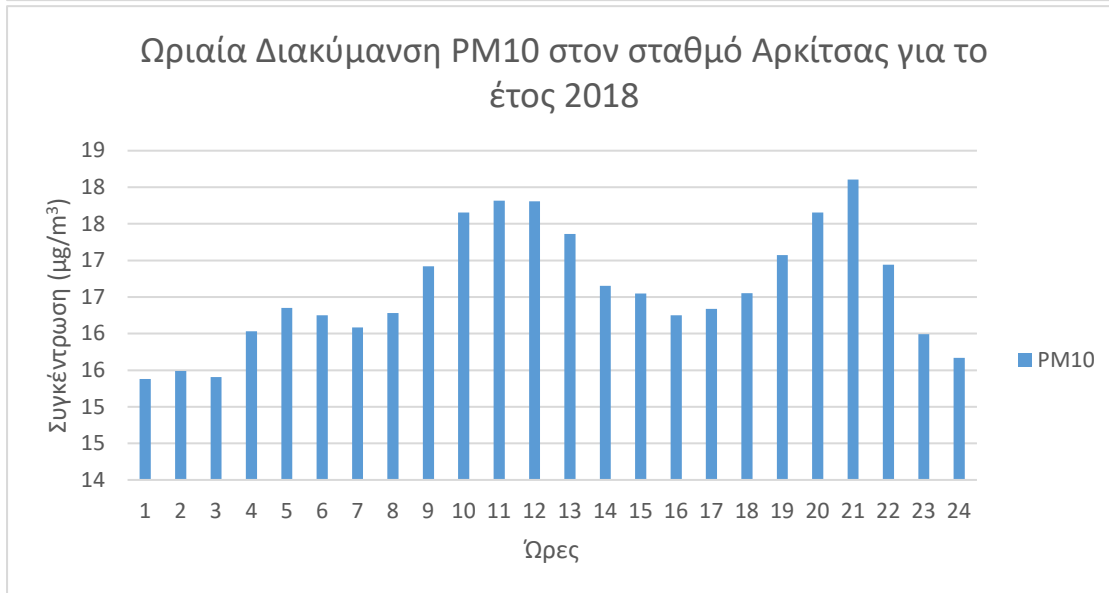
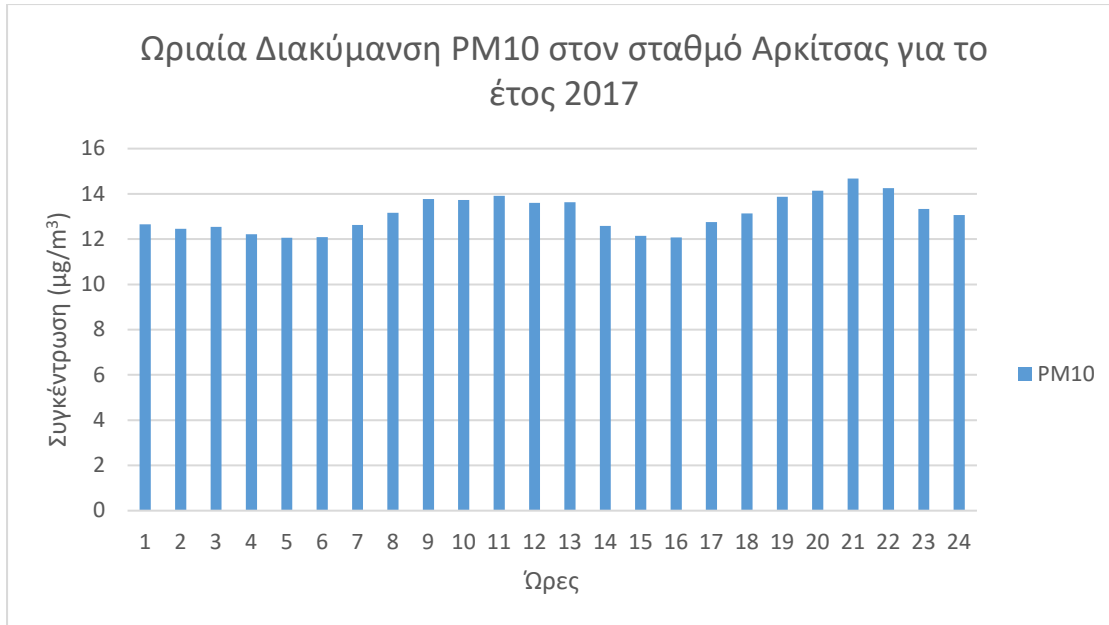


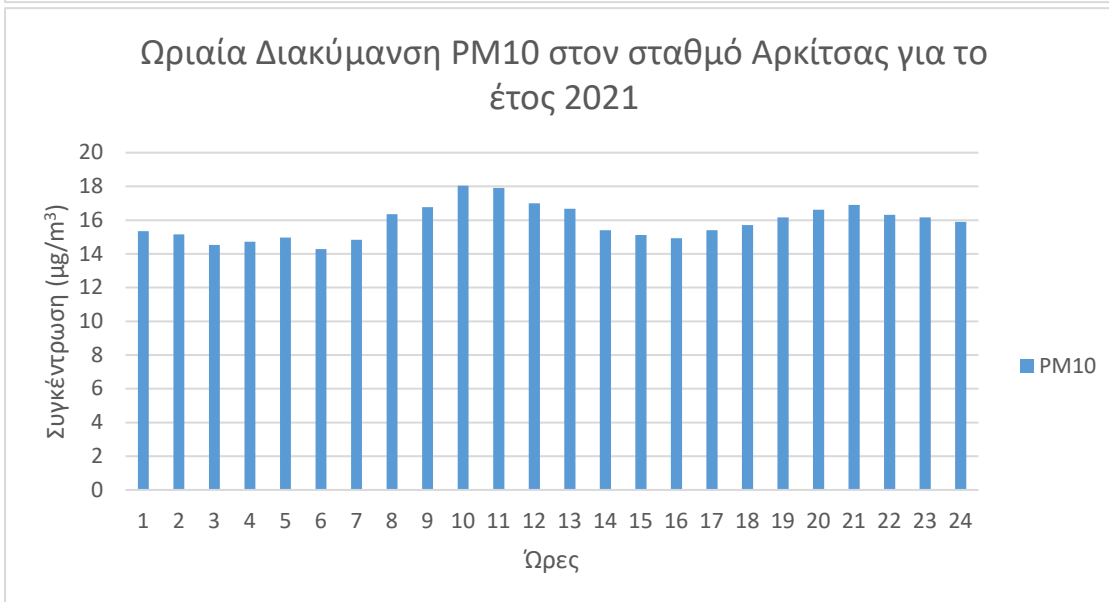
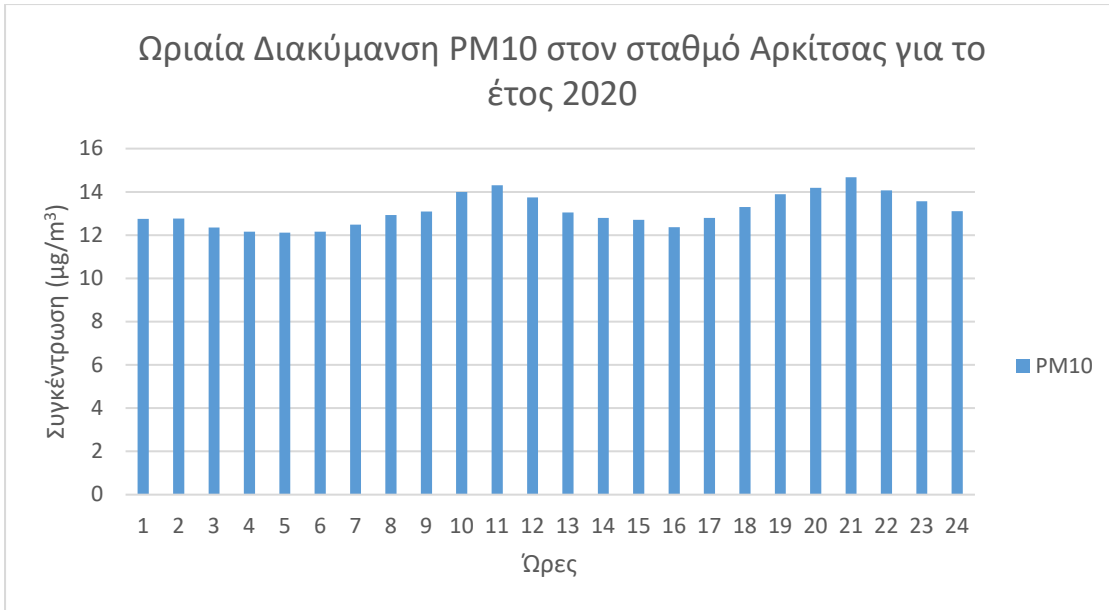
### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - Διαγράμματα μηνιαίας διακύμανσης κάθε σταθμού

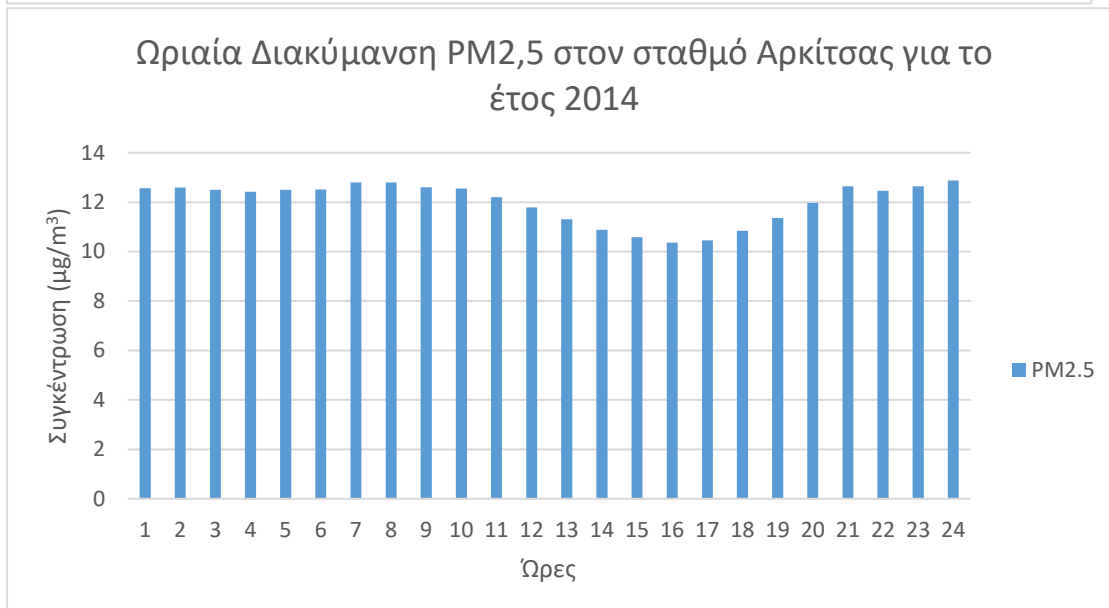
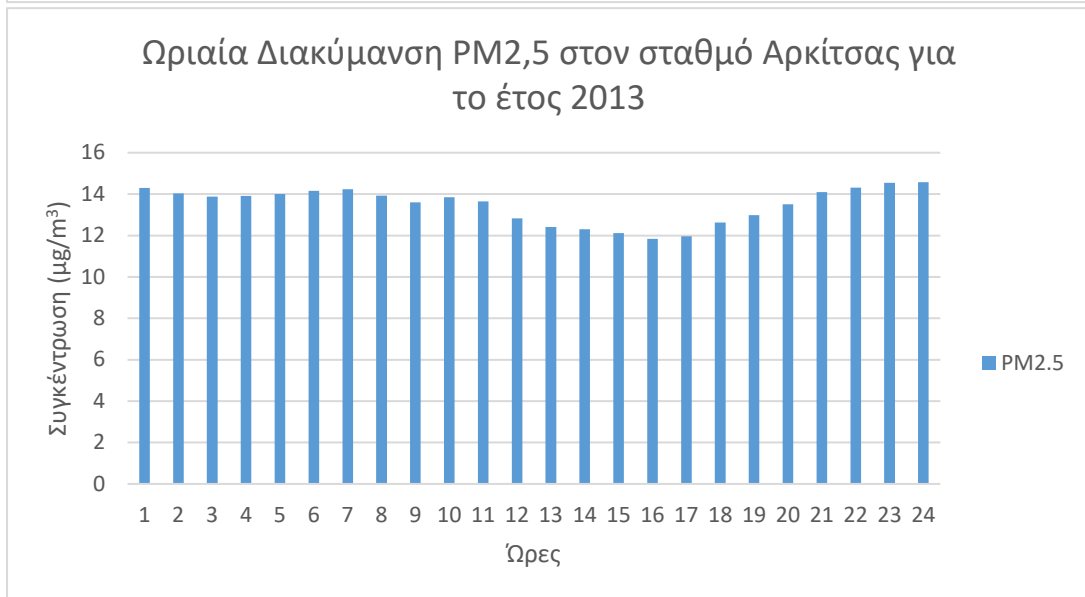
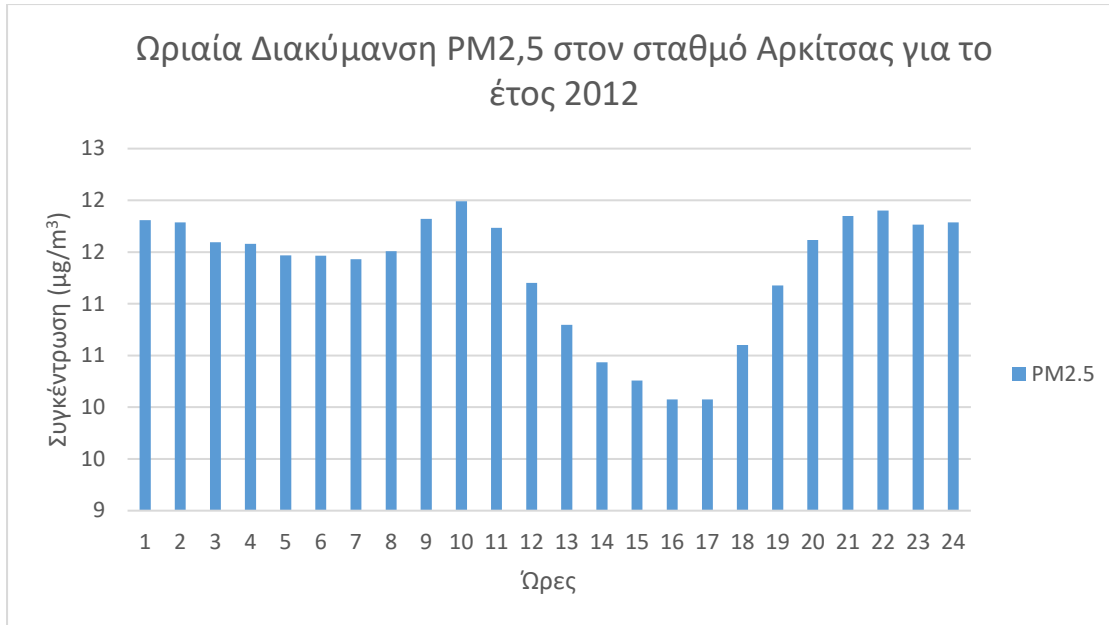
- ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΚΙΤΣΑΣ

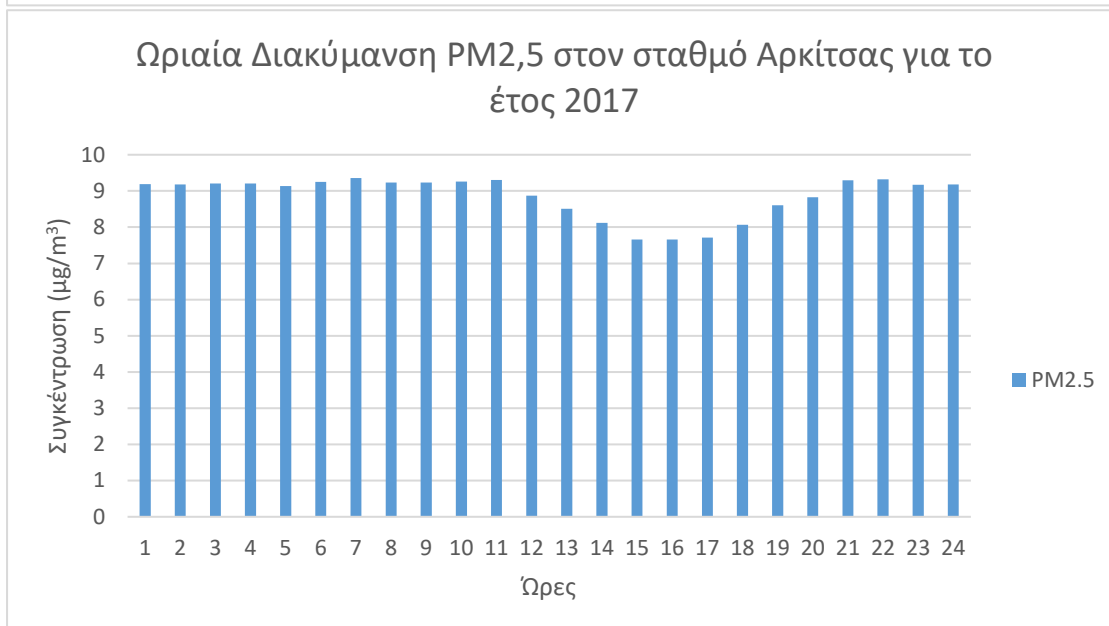
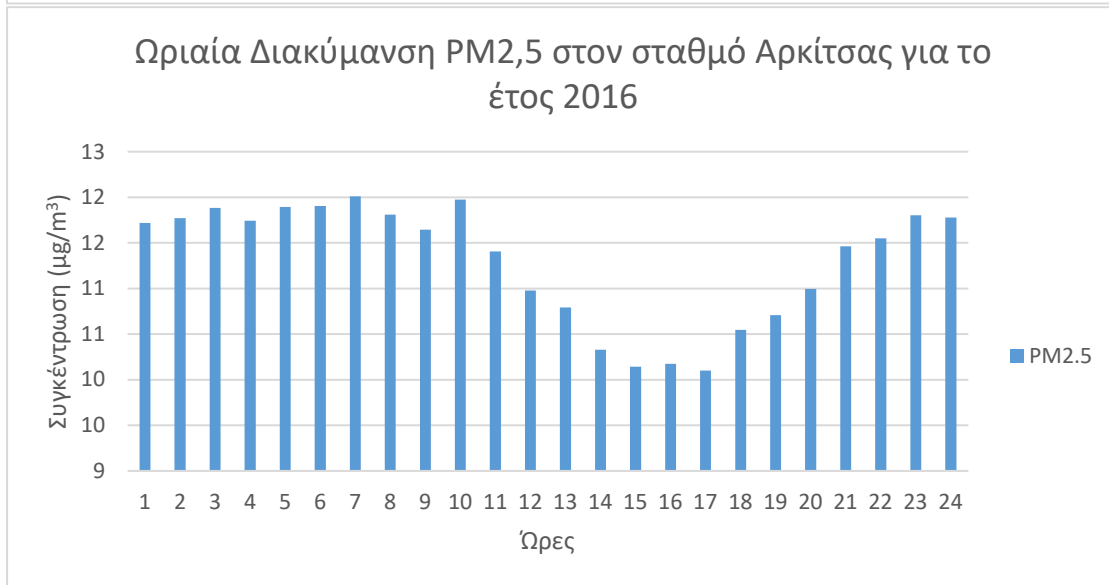
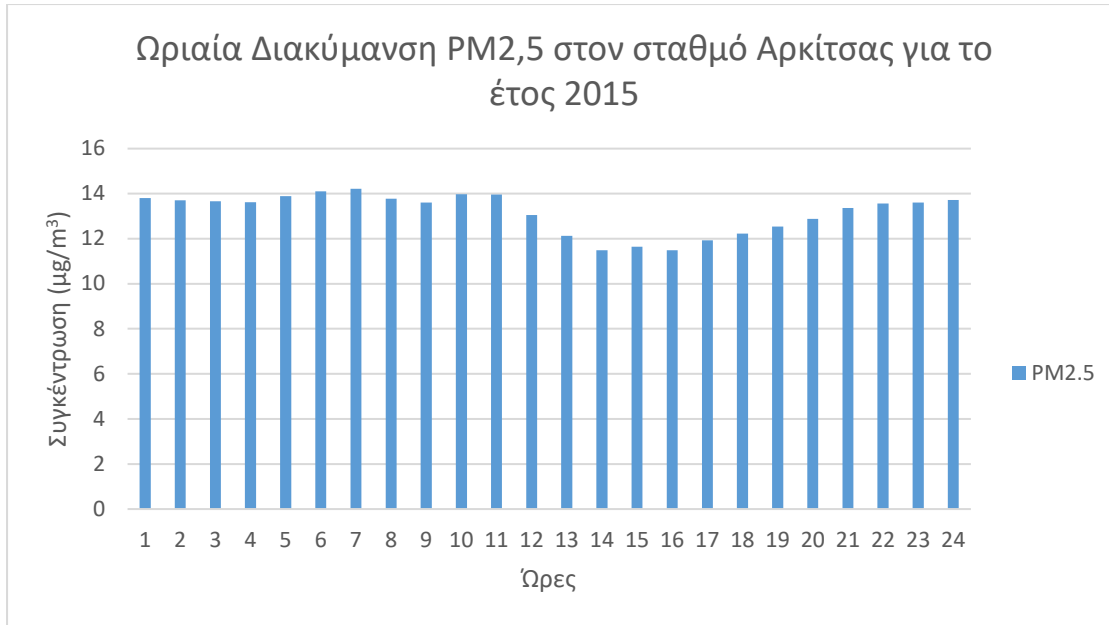


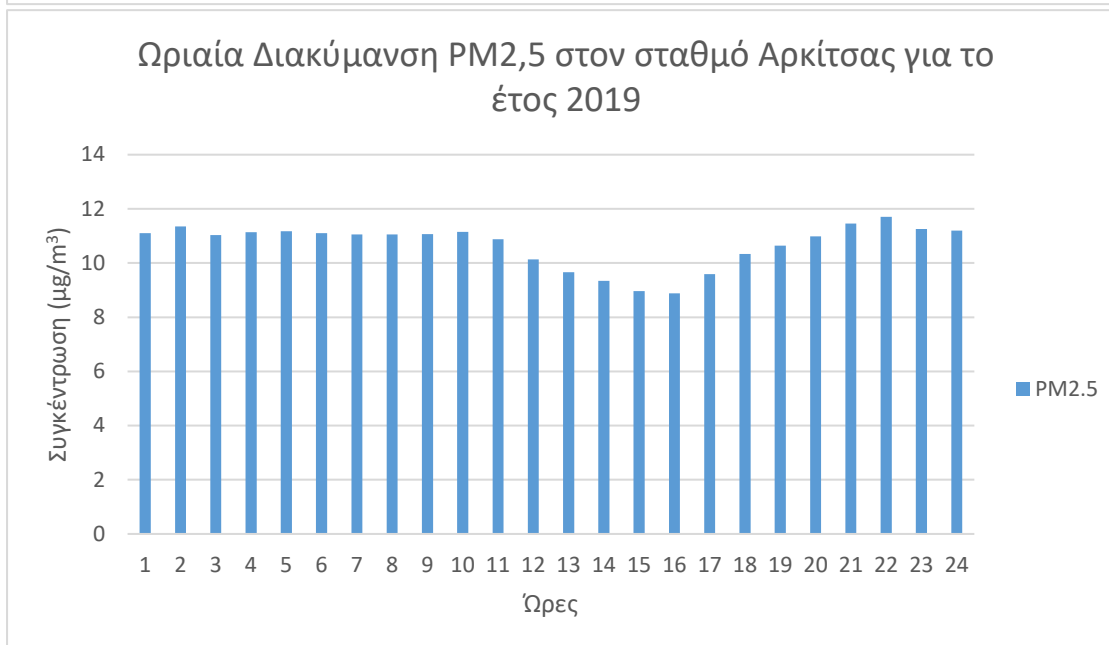
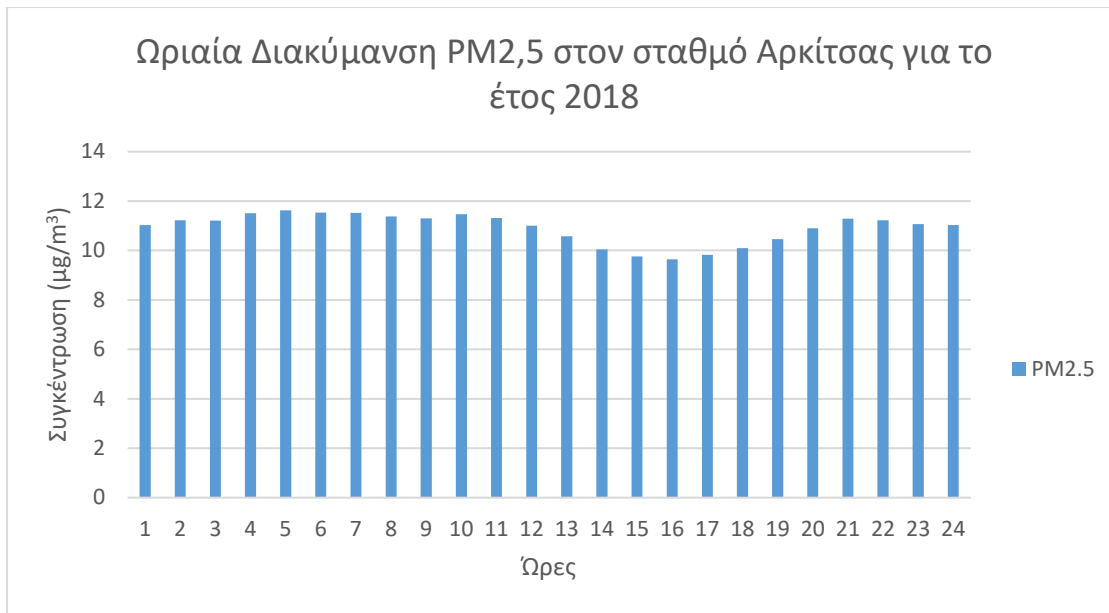


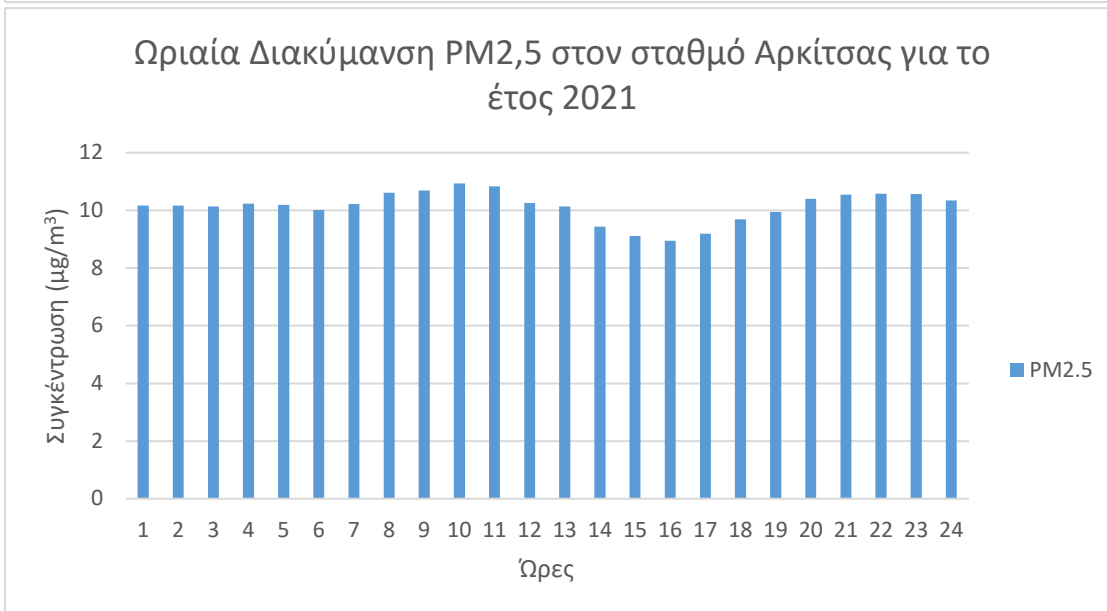
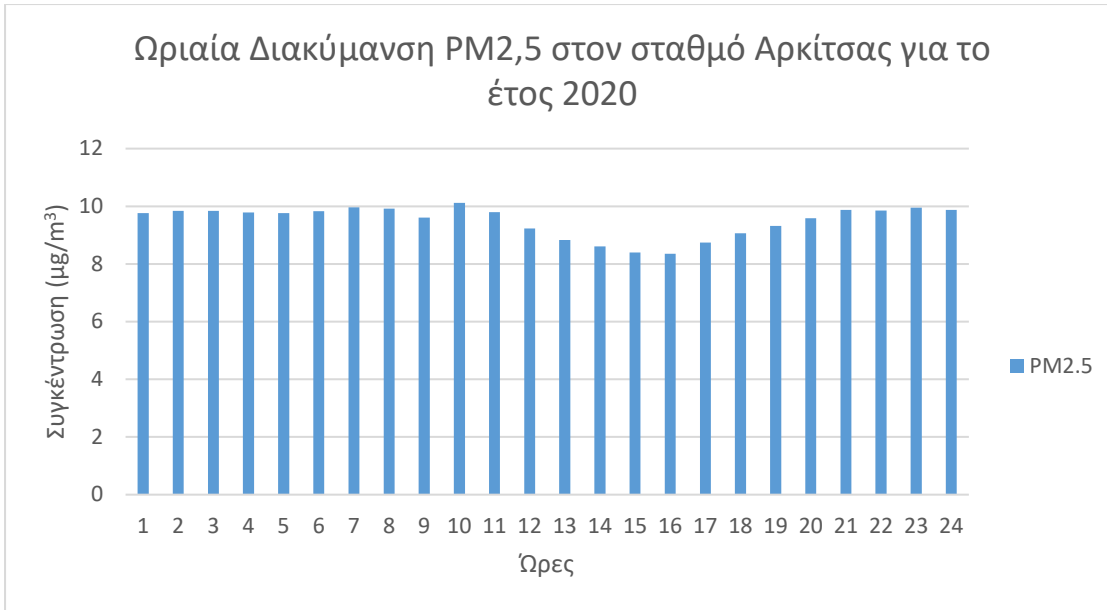










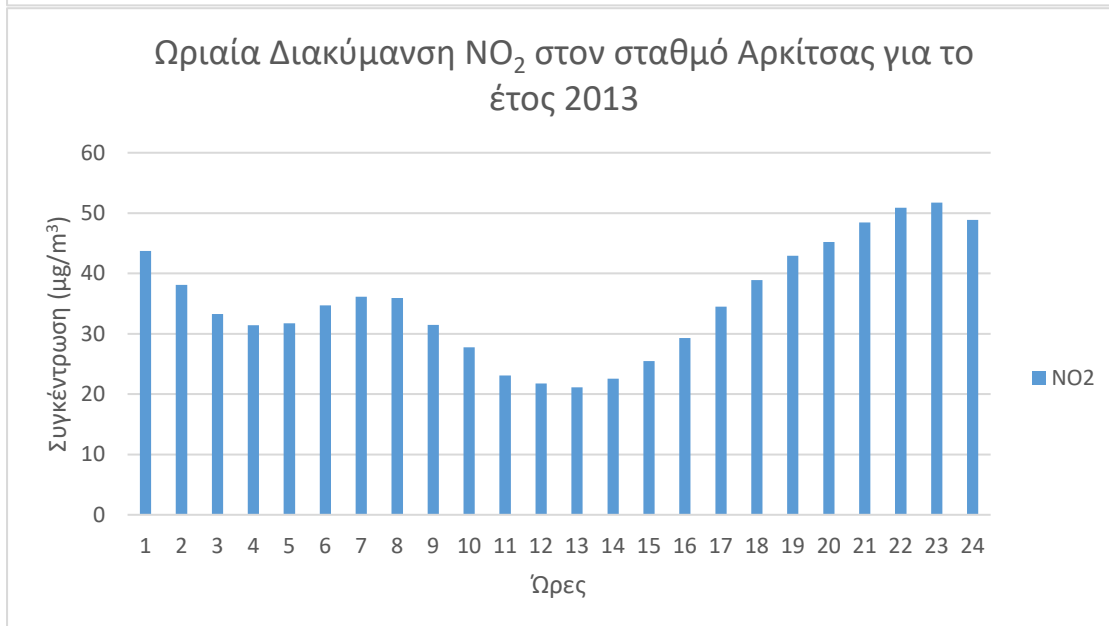


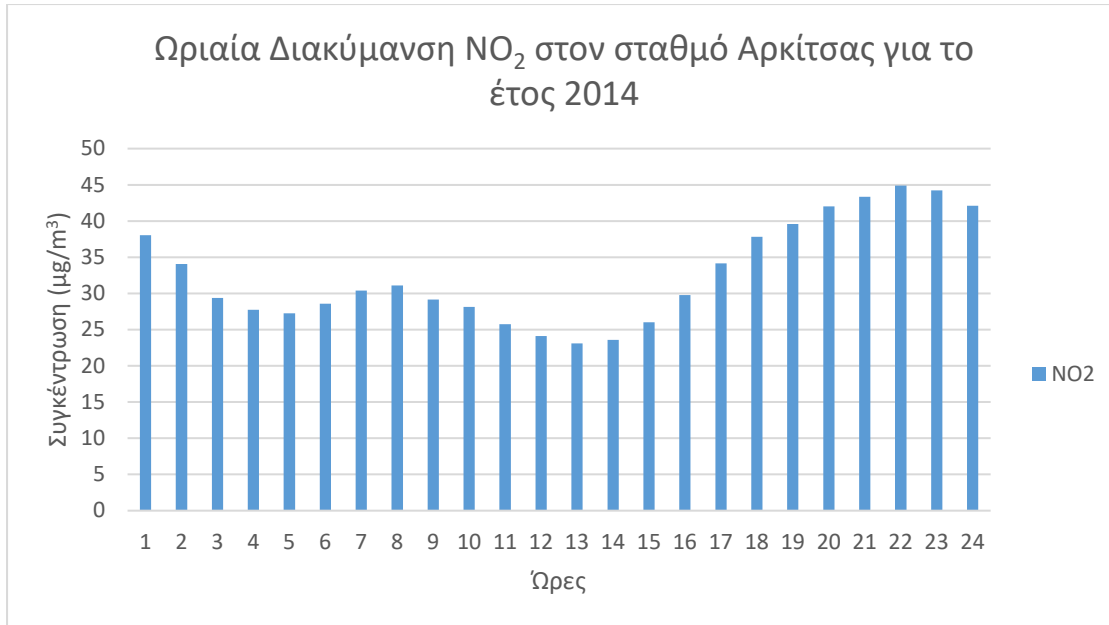


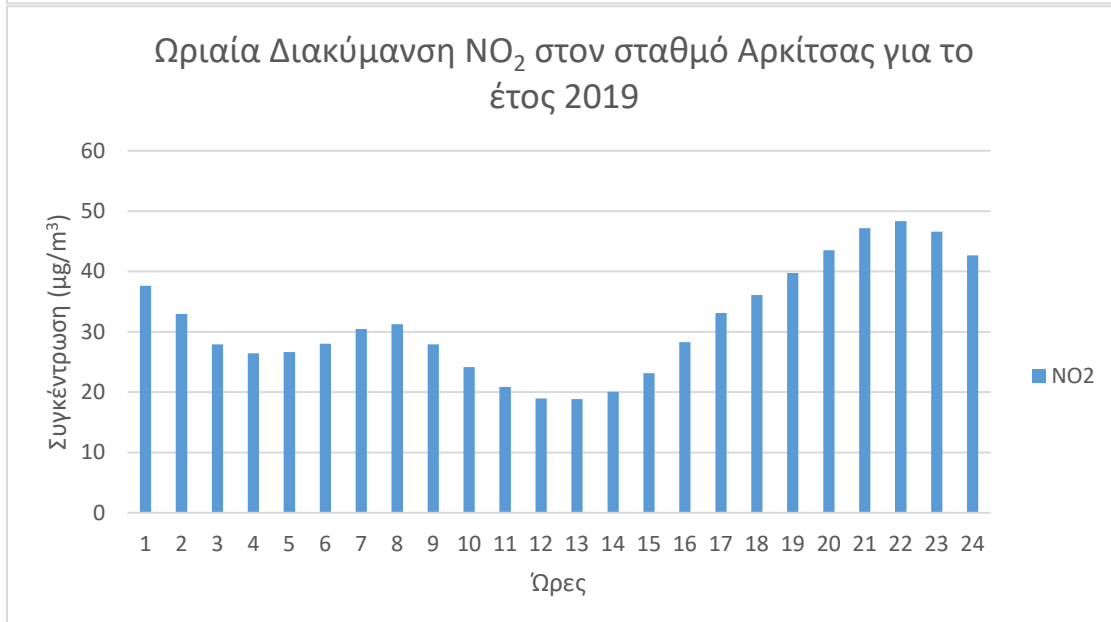




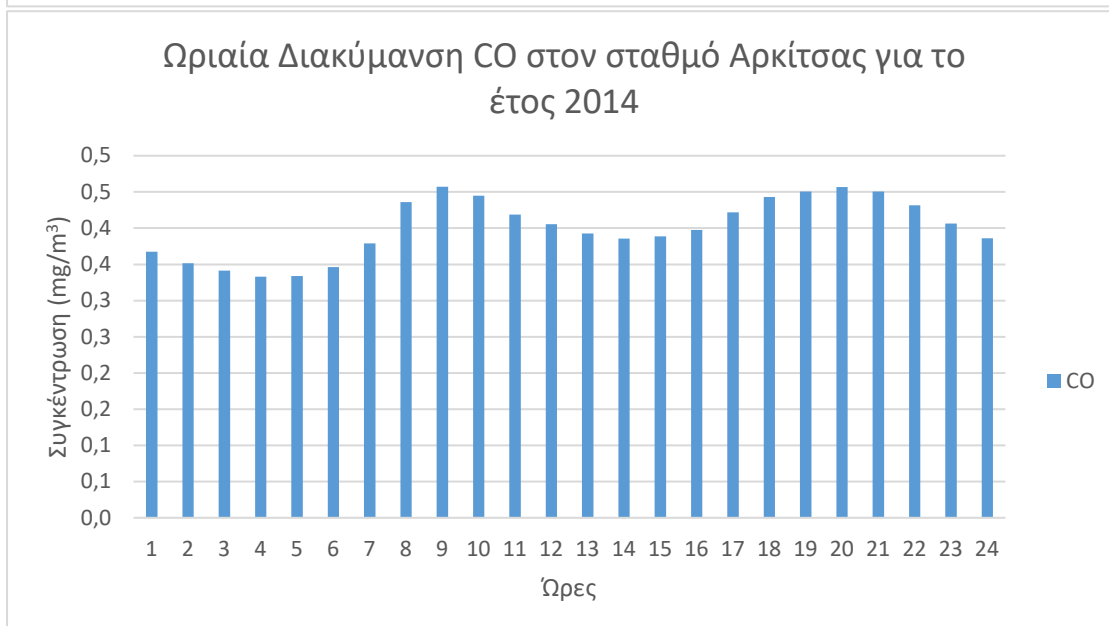
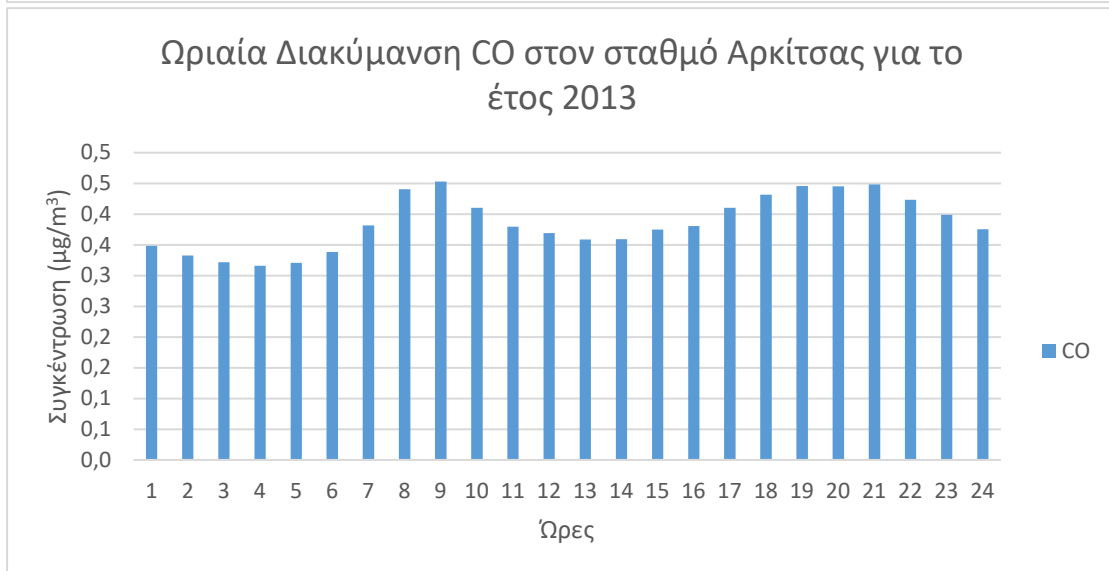
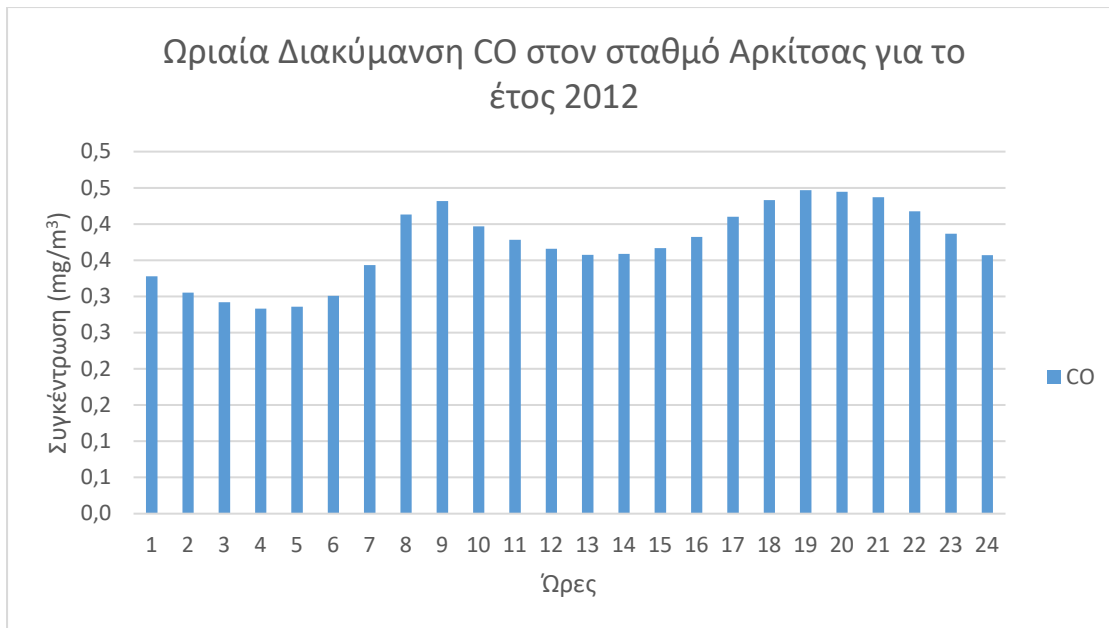




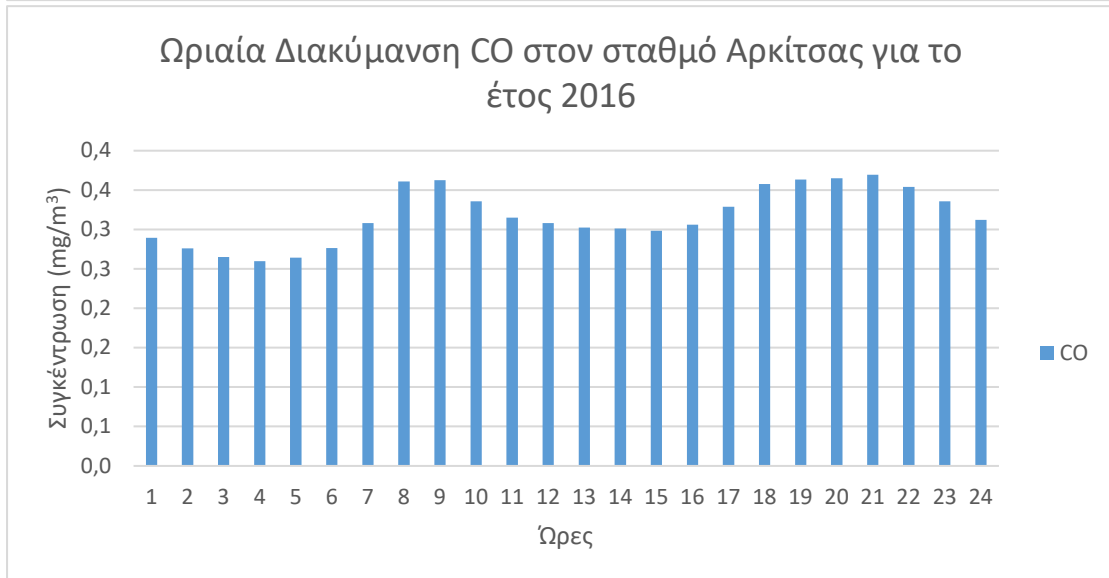
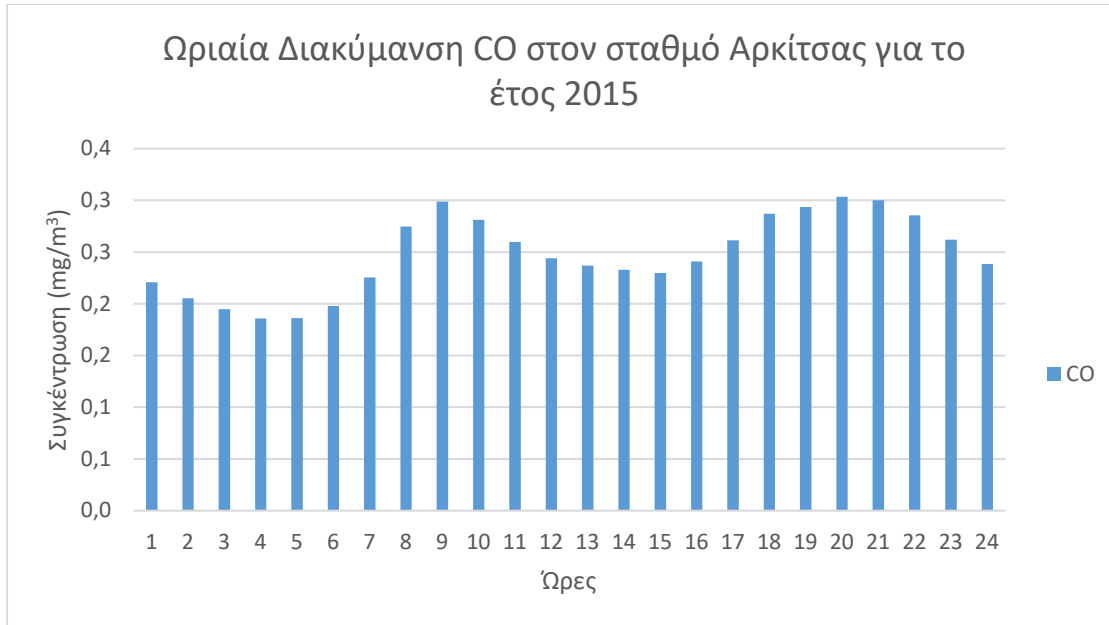


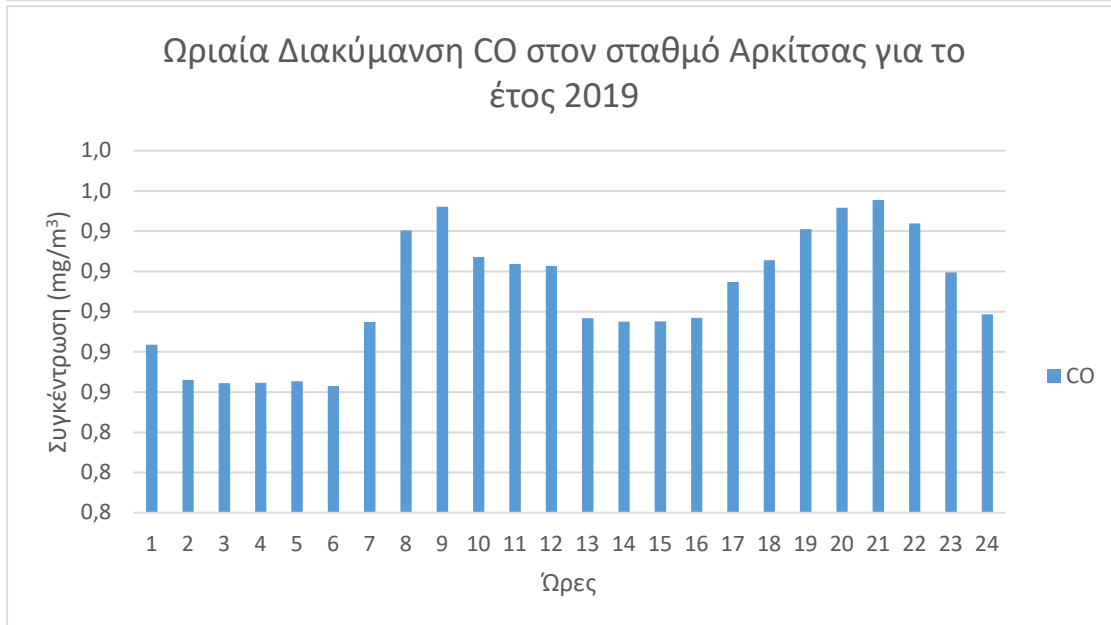
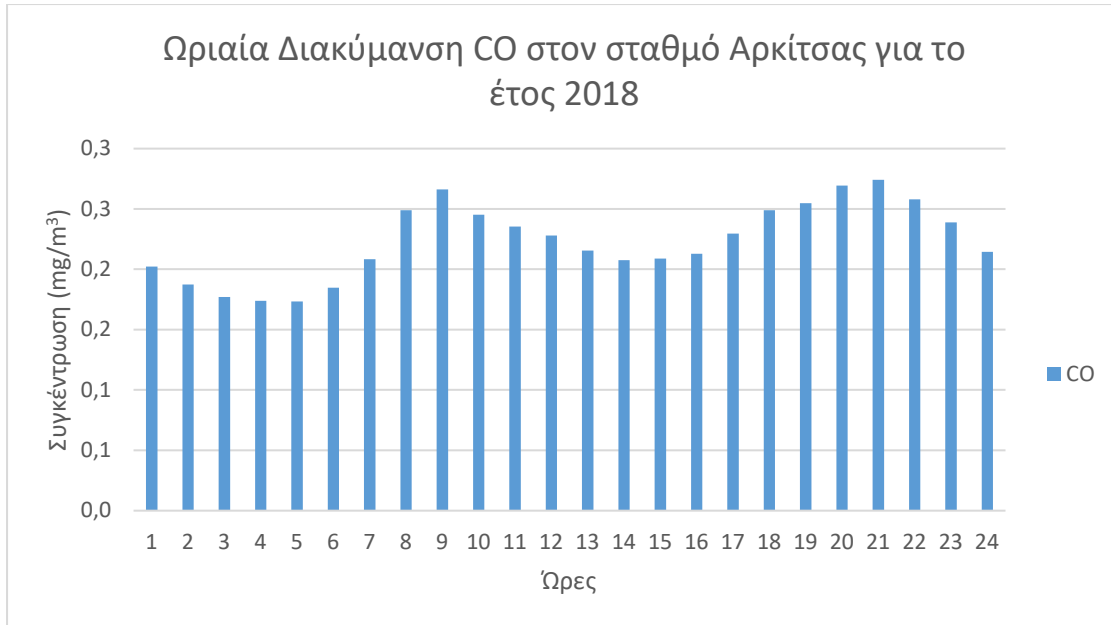


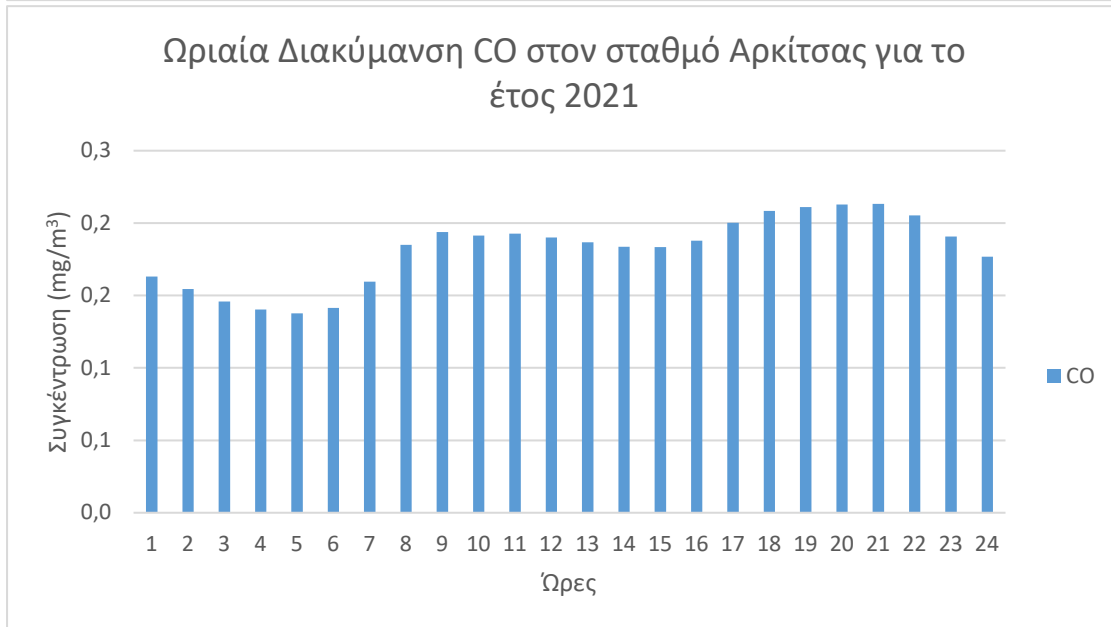
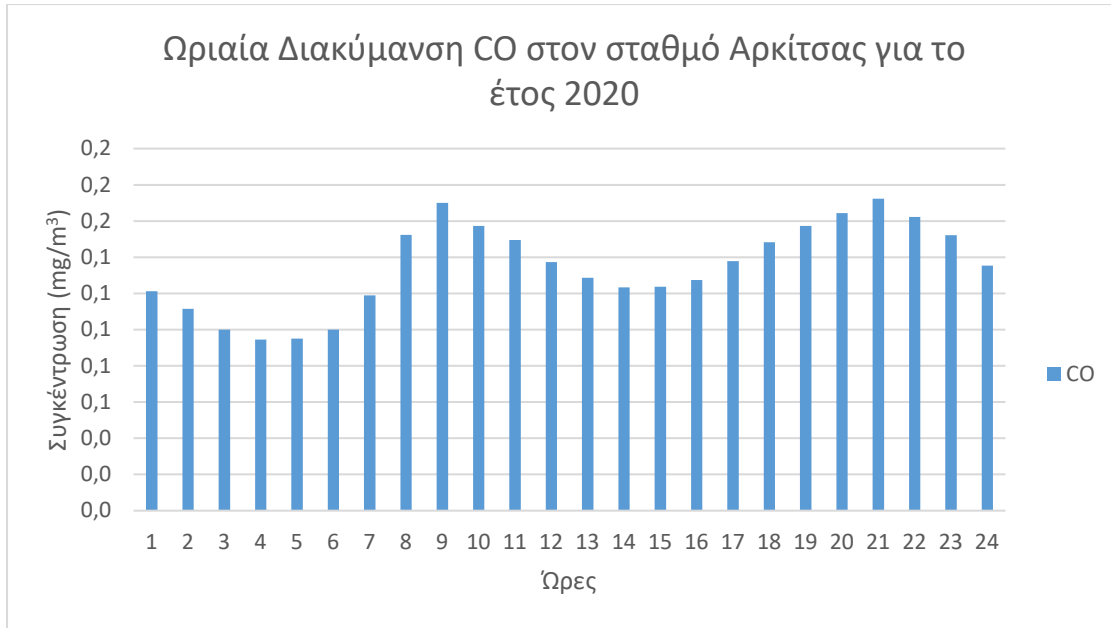


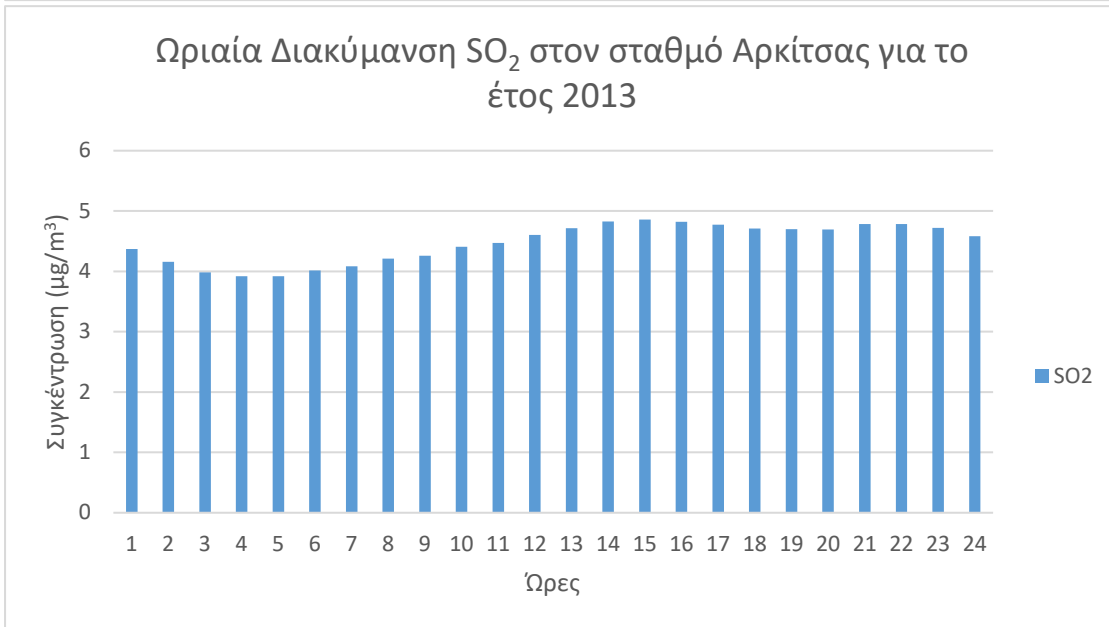
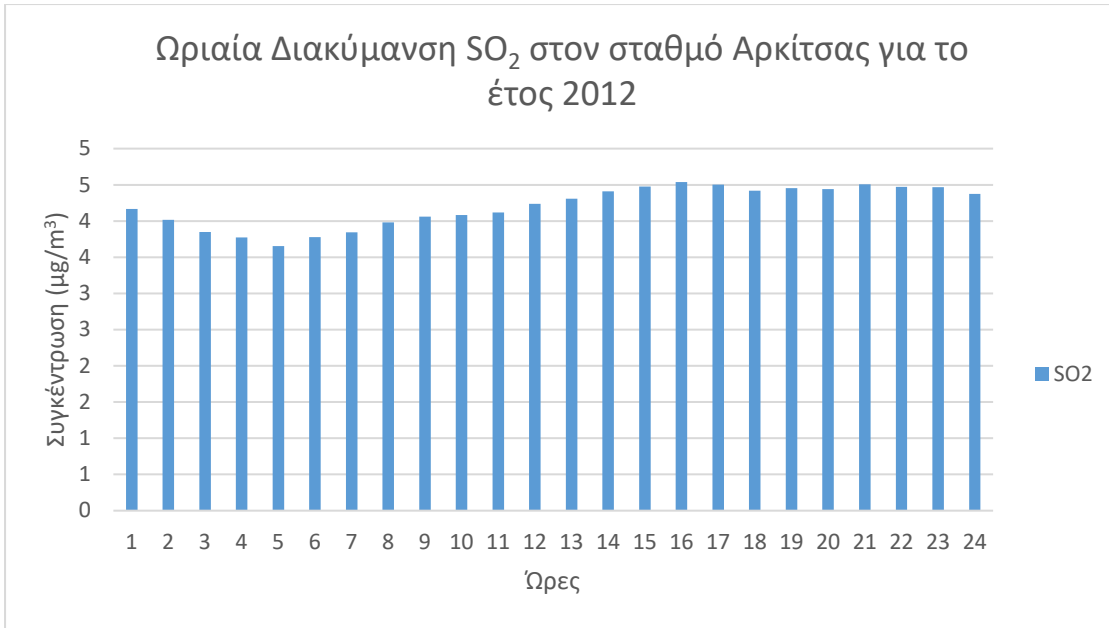


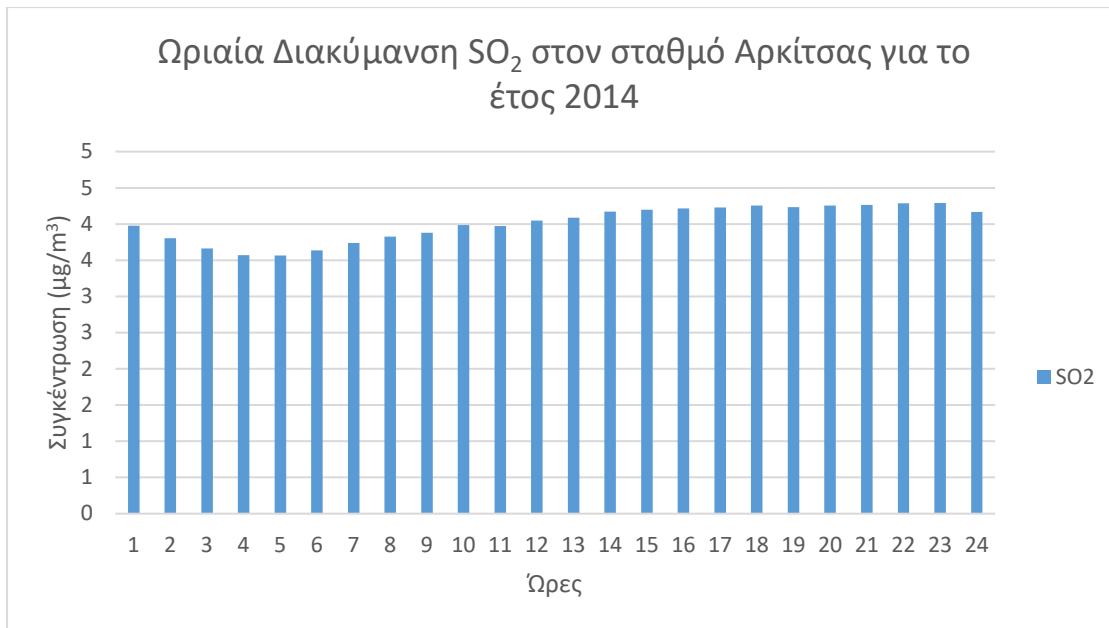


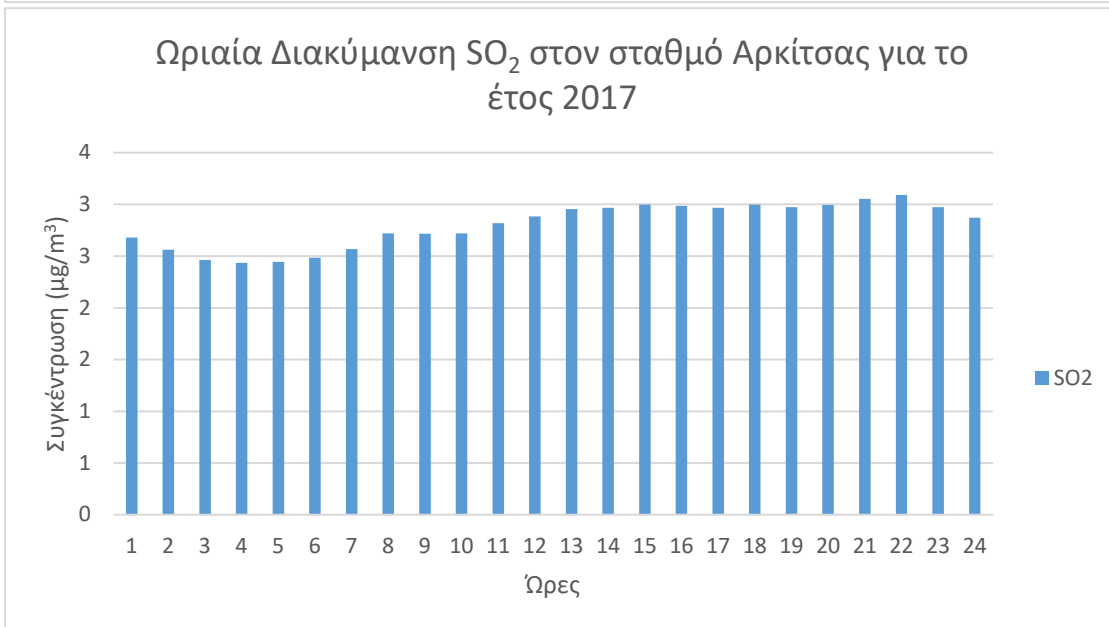
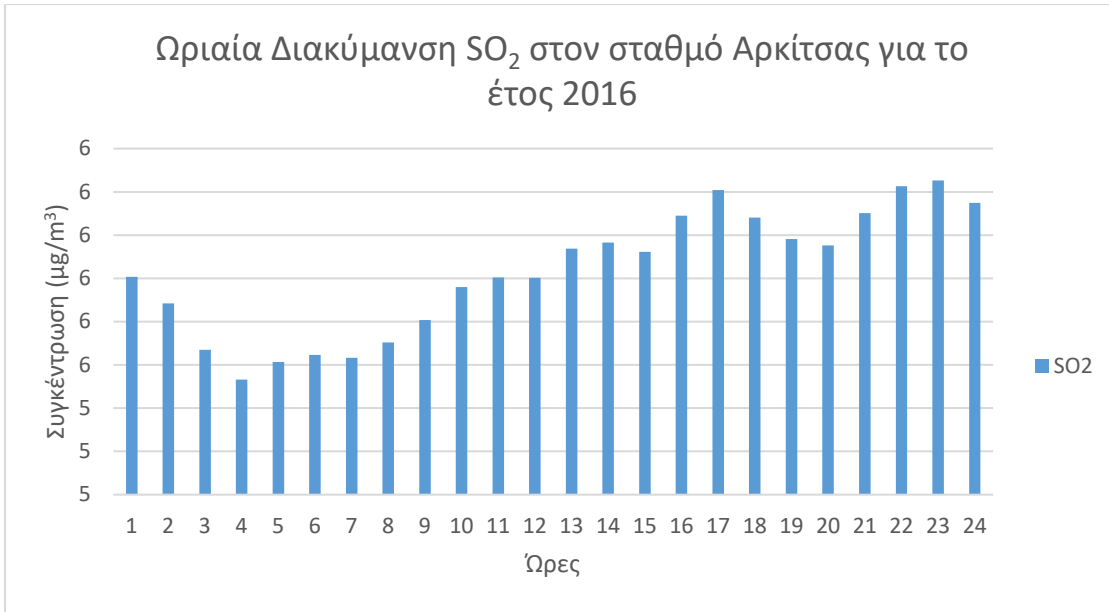


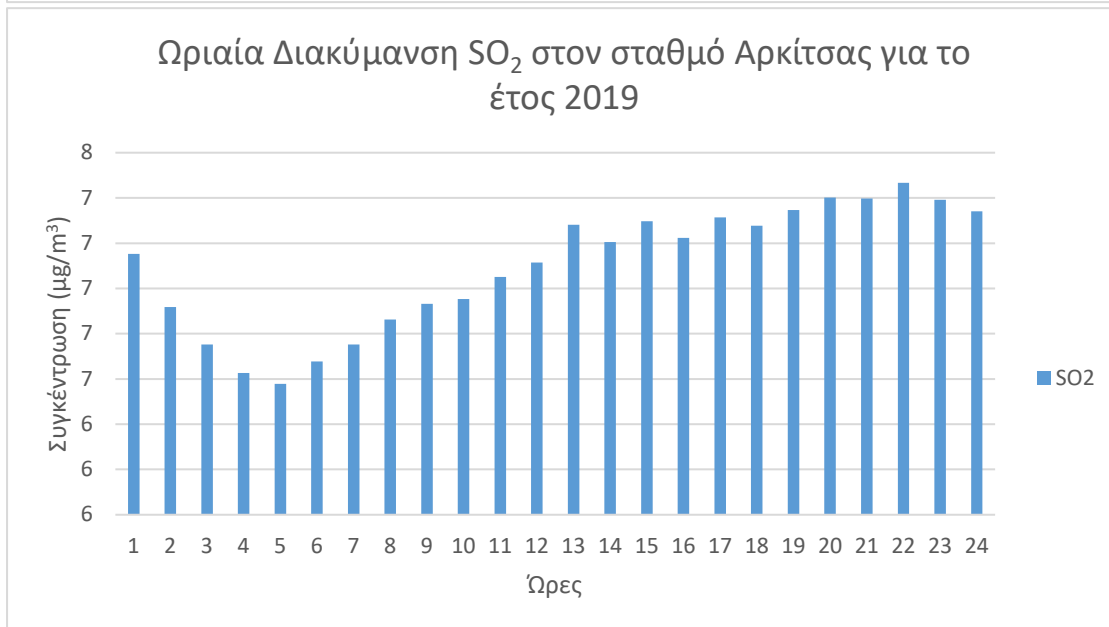
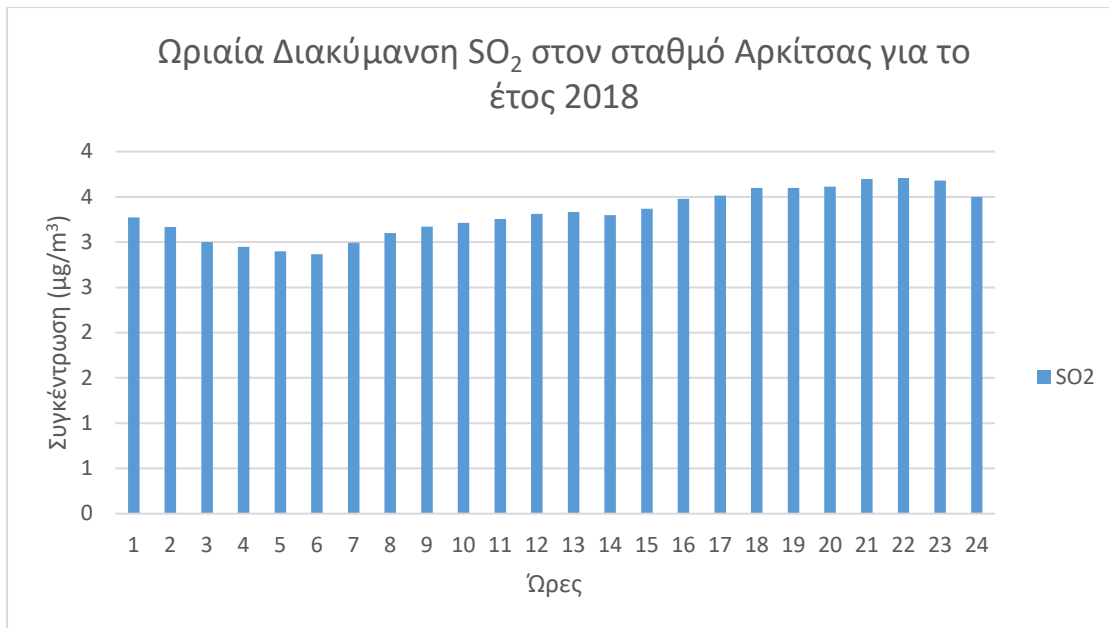


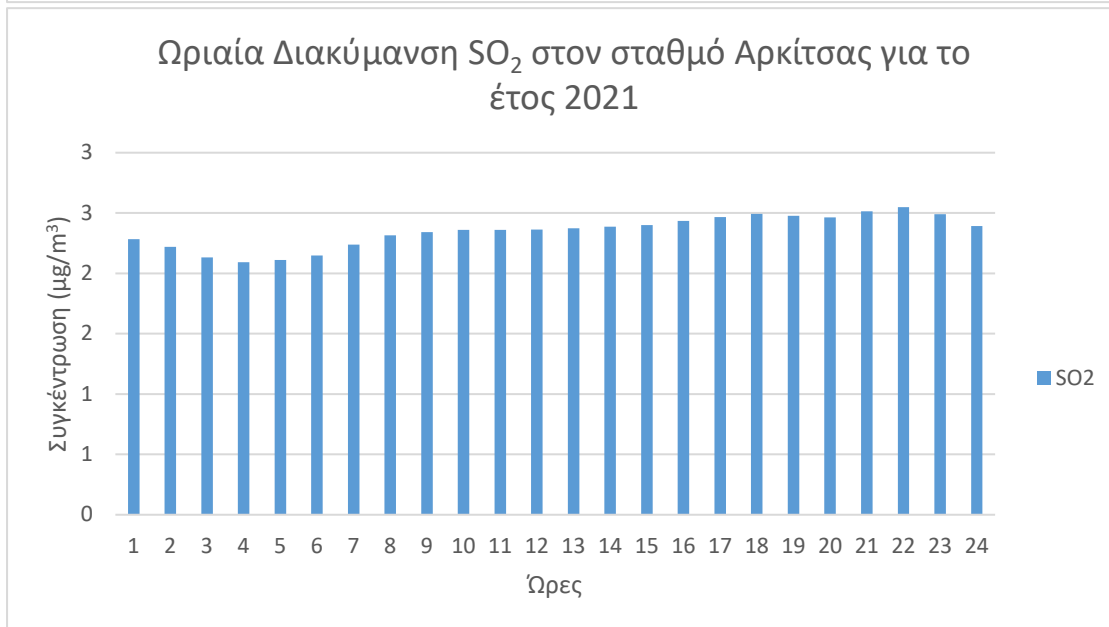
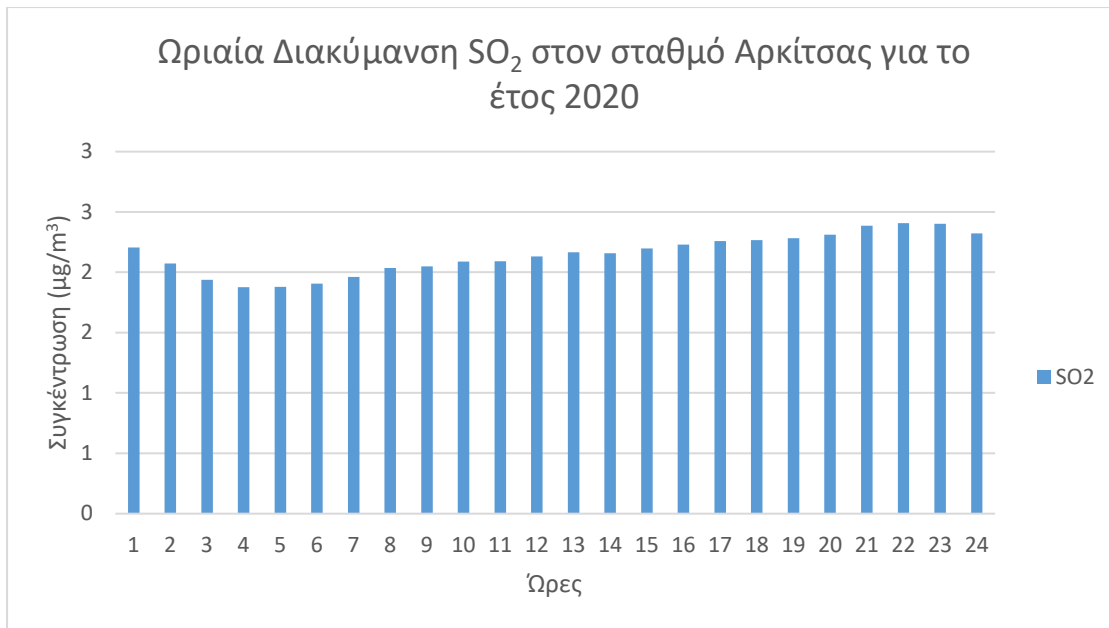




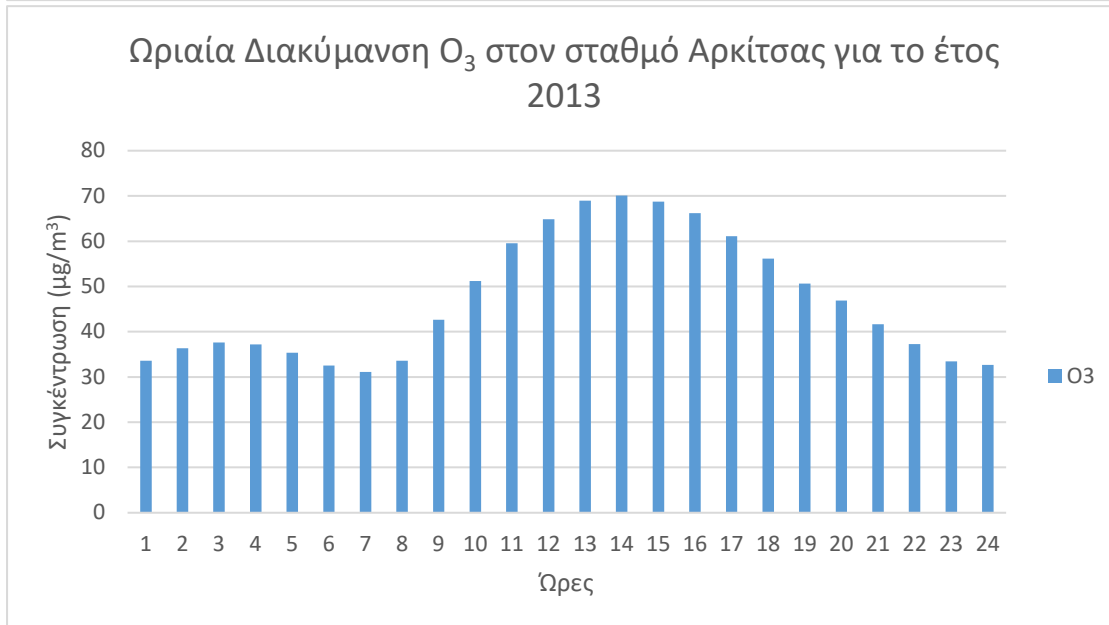


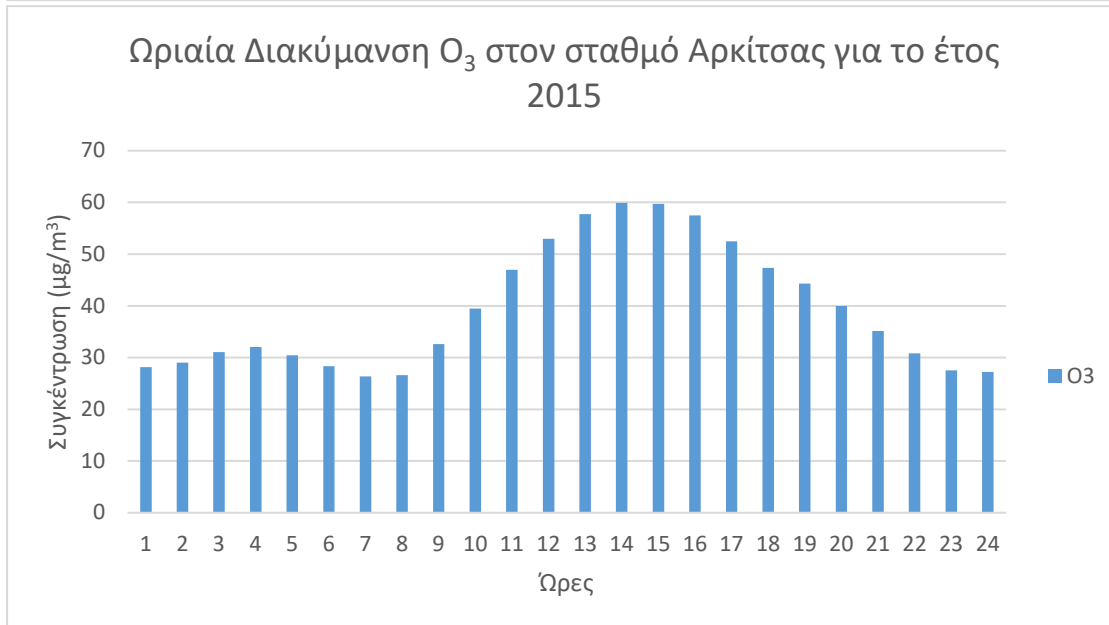
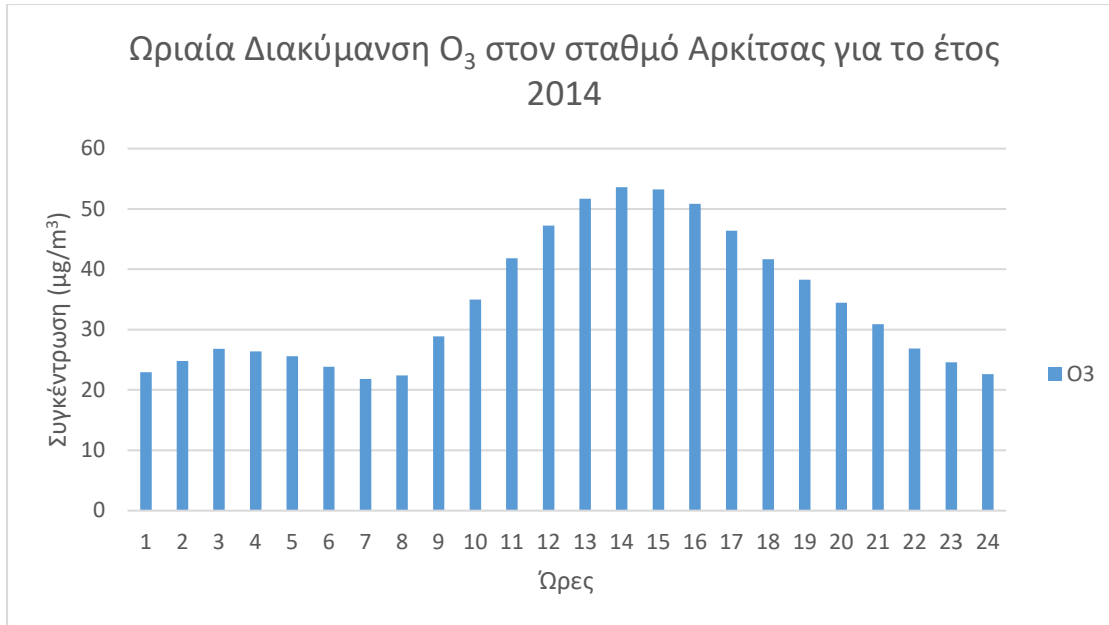


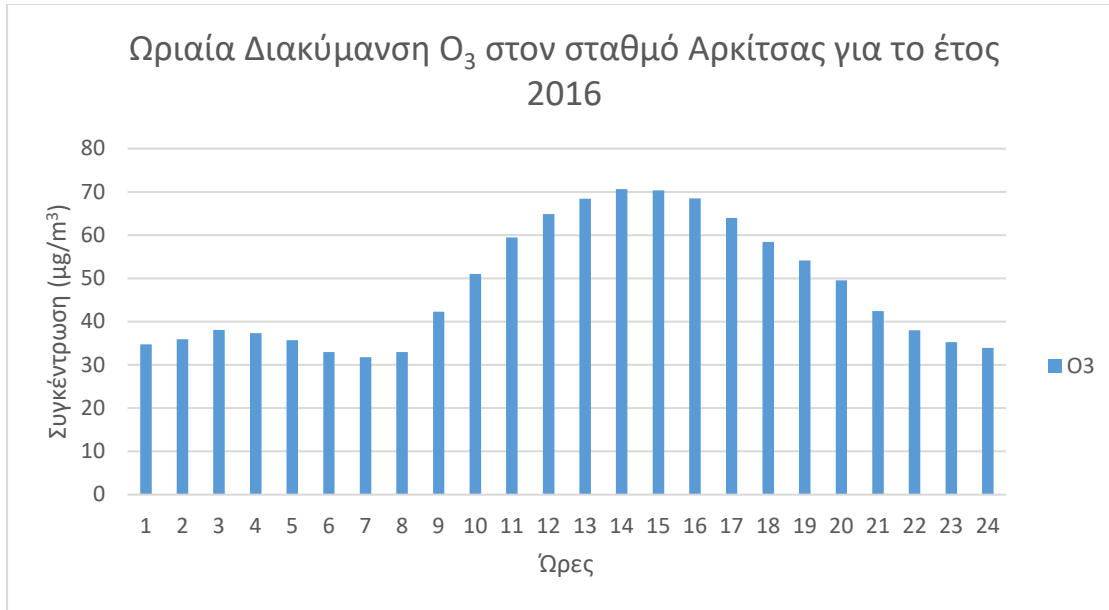


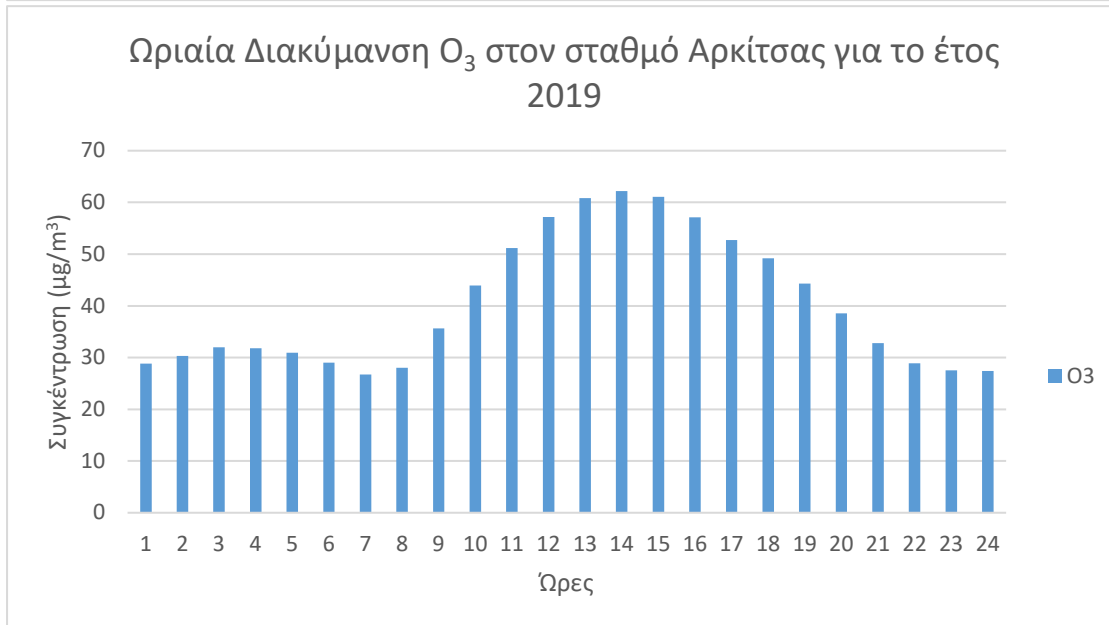
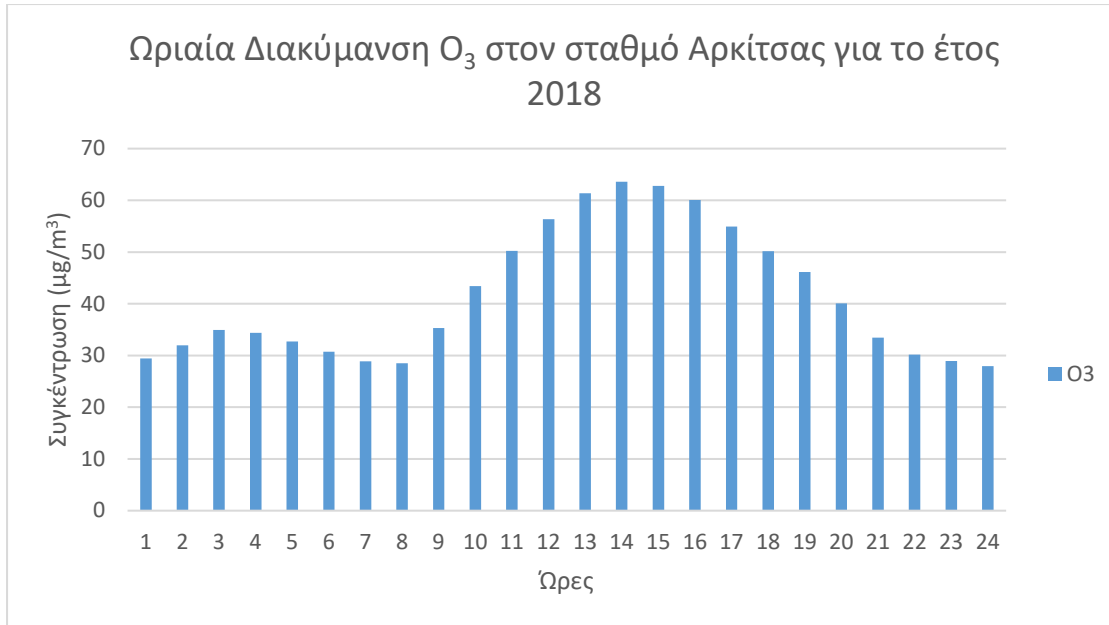


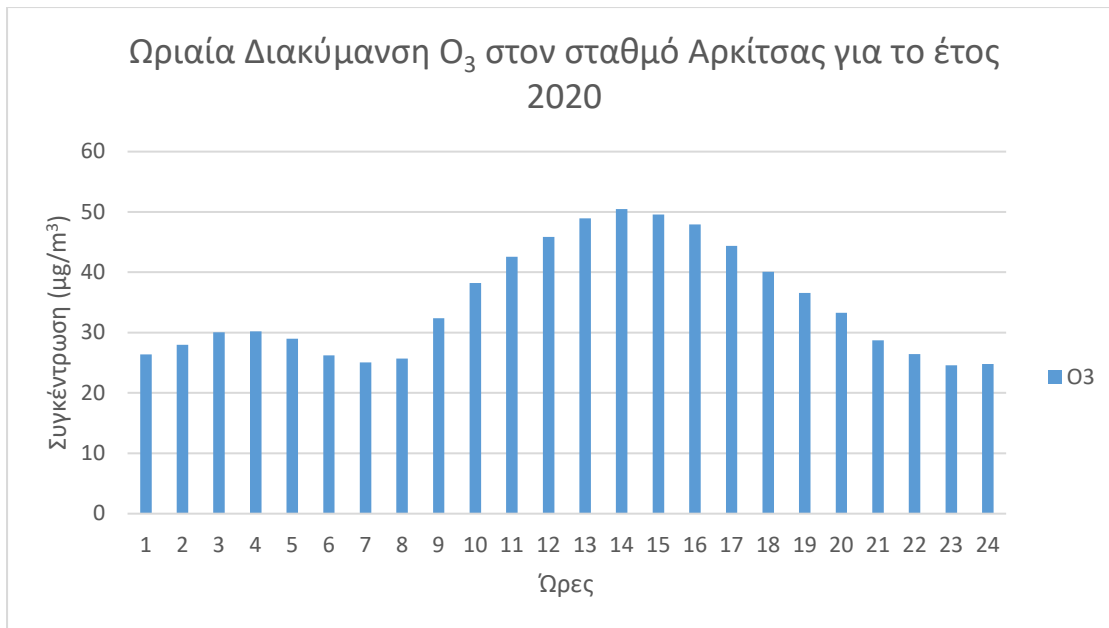


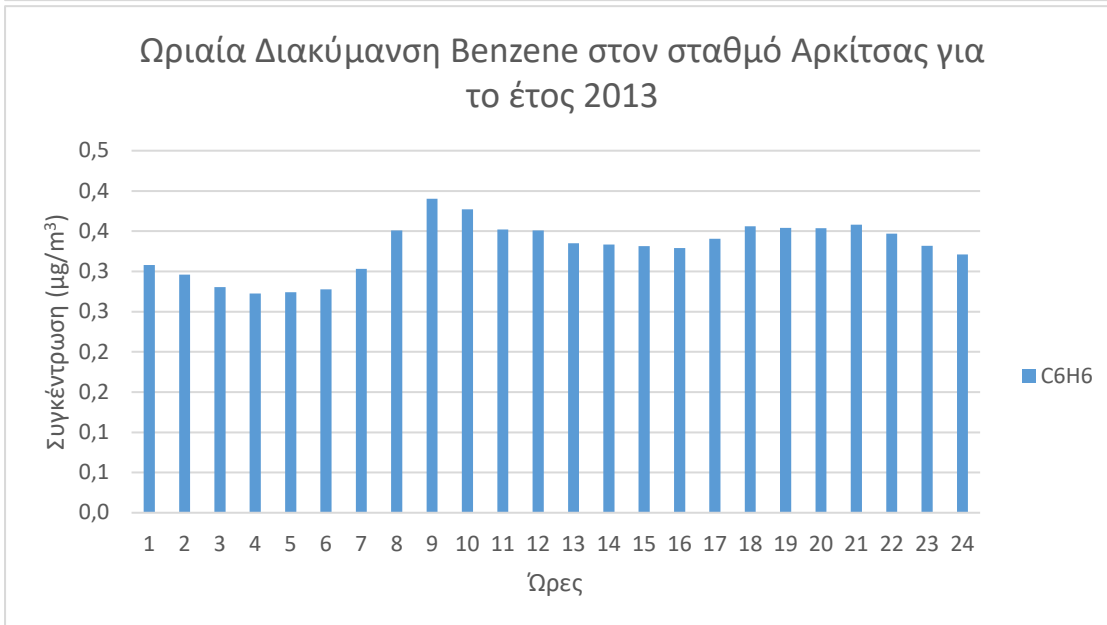


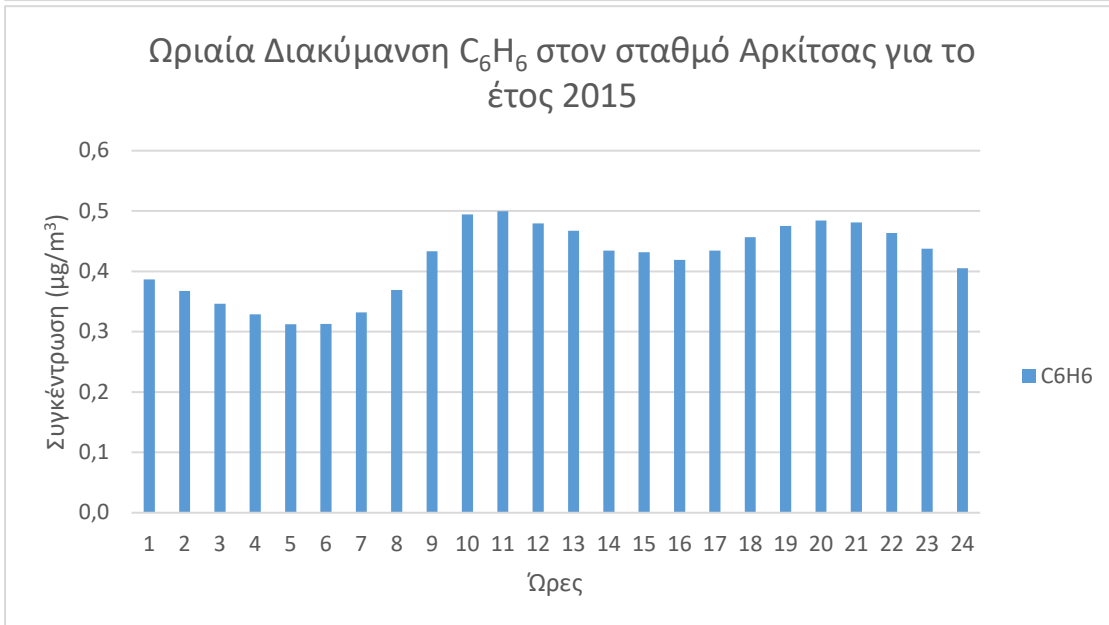
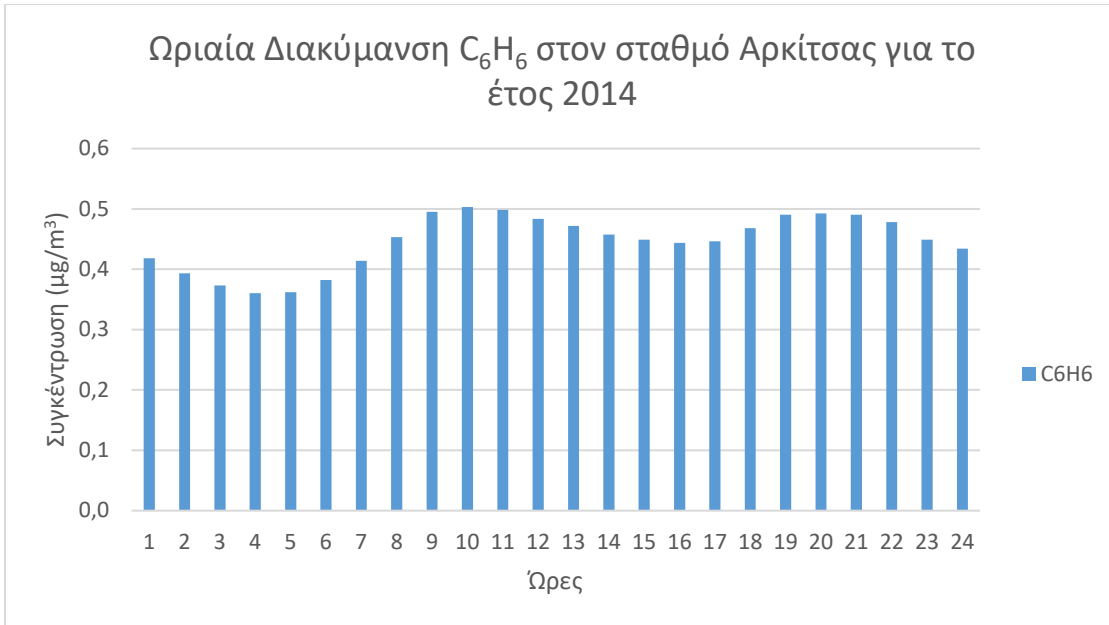


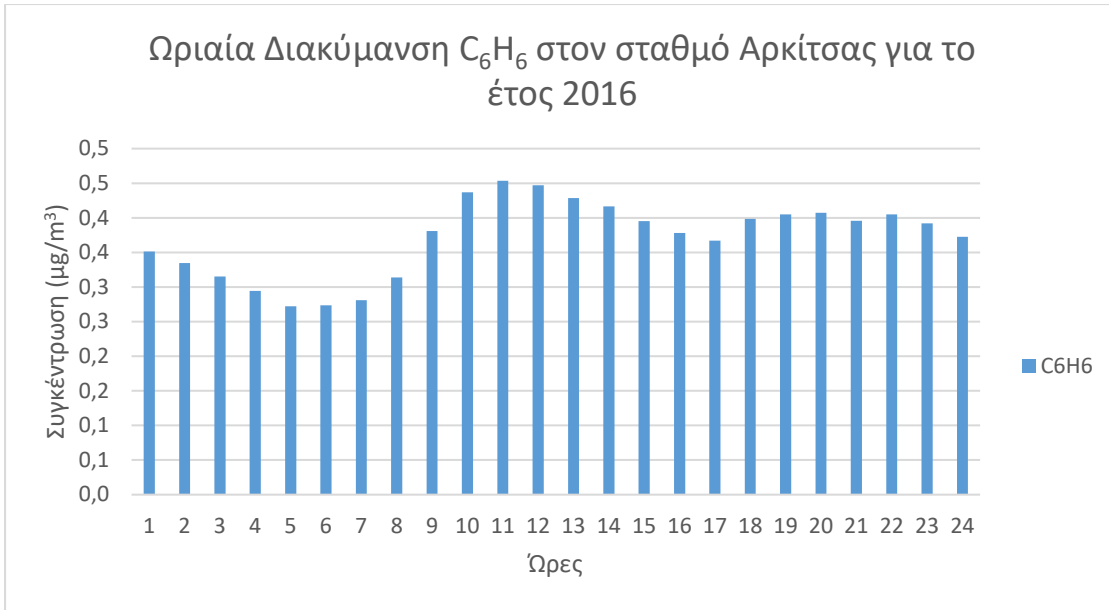




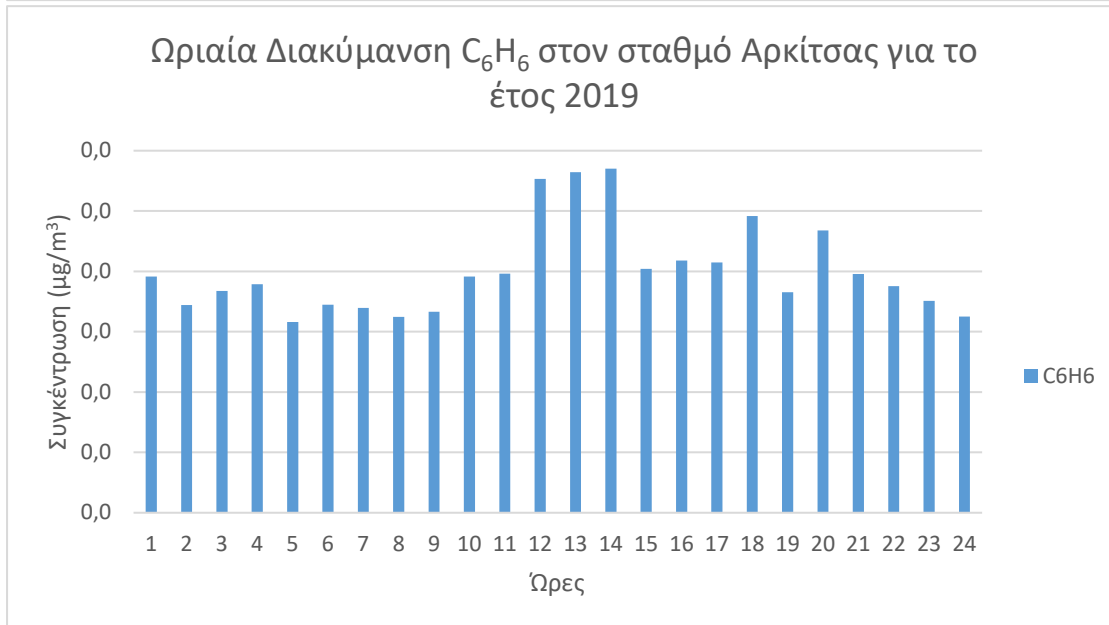
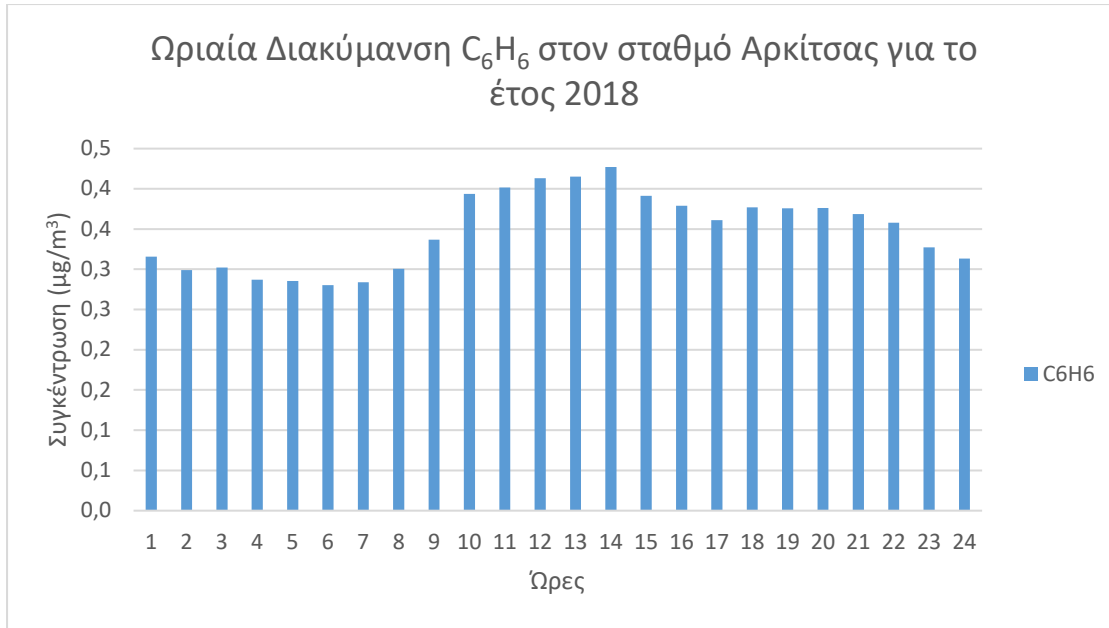






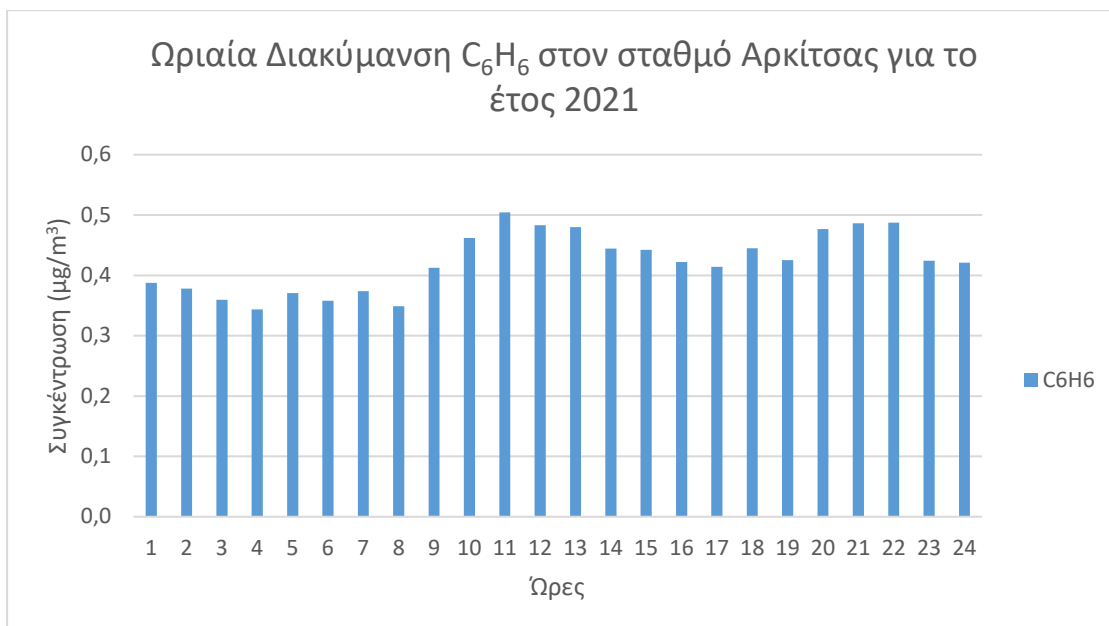




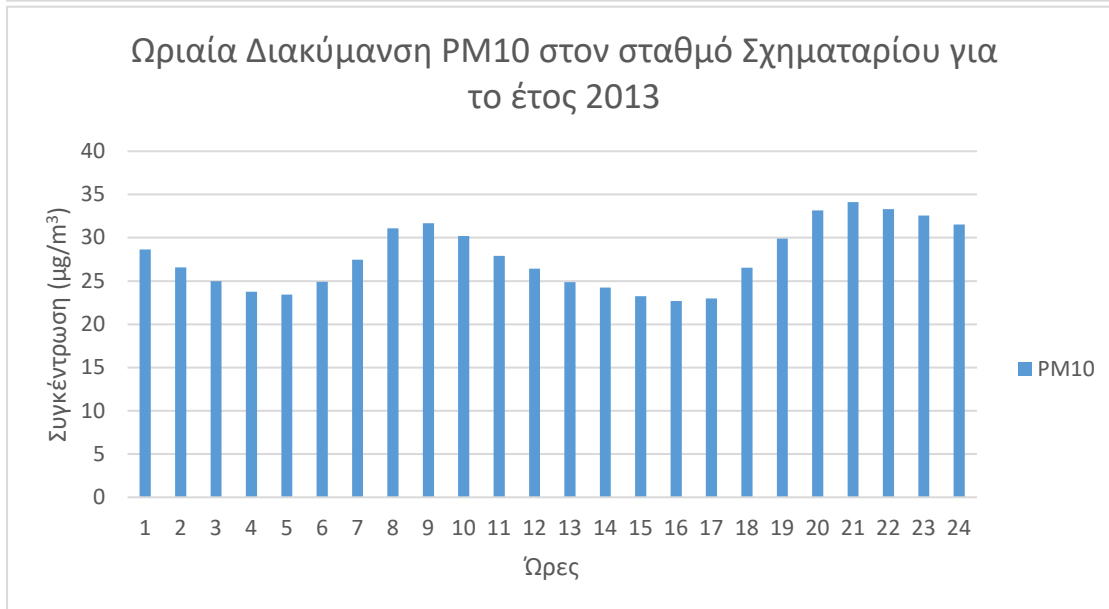
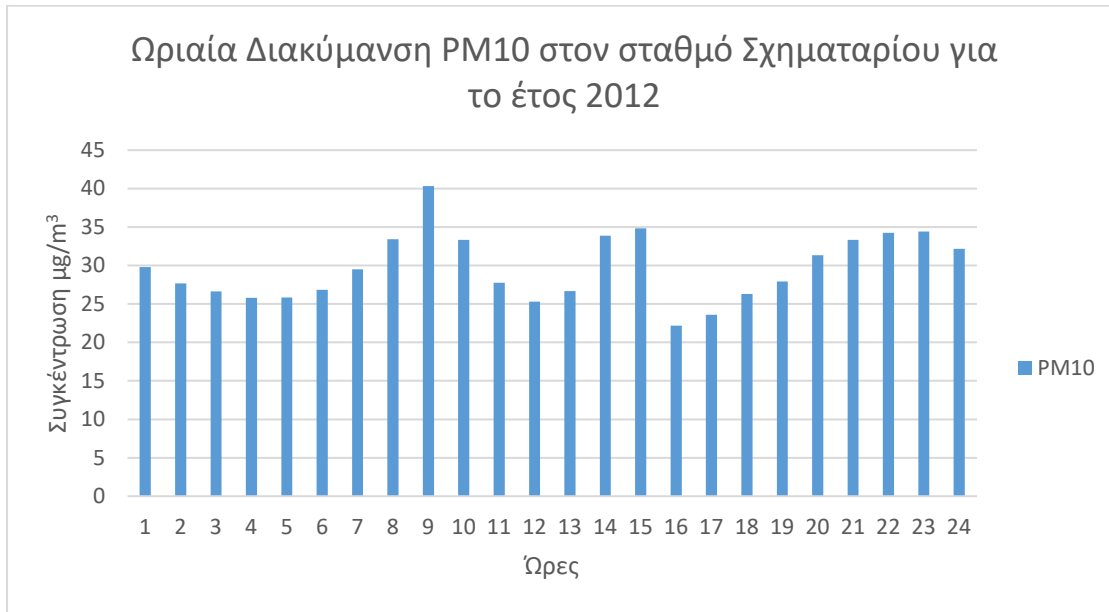


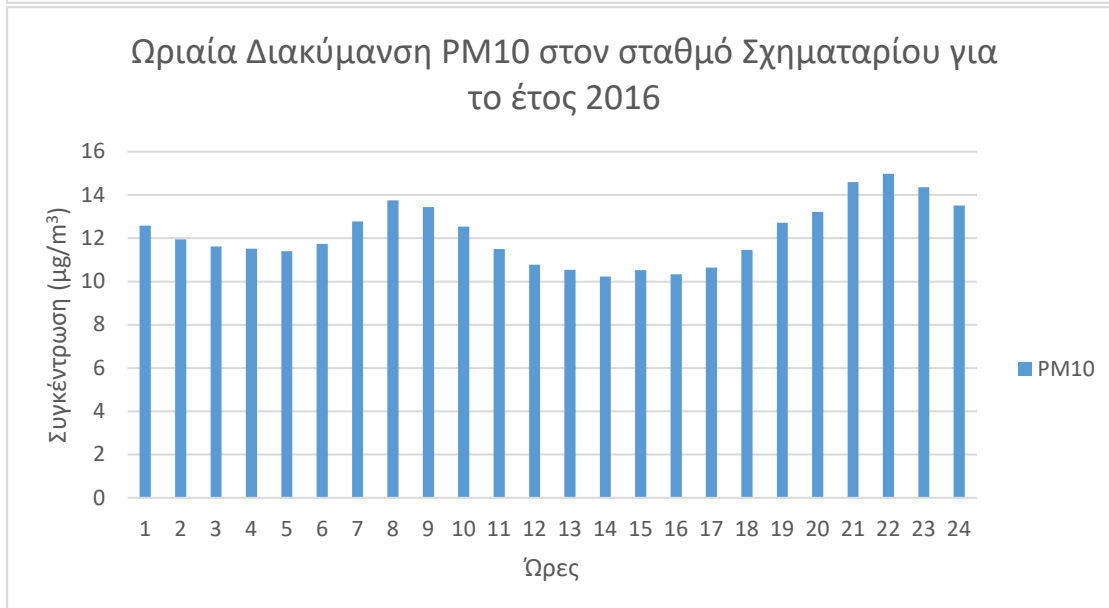
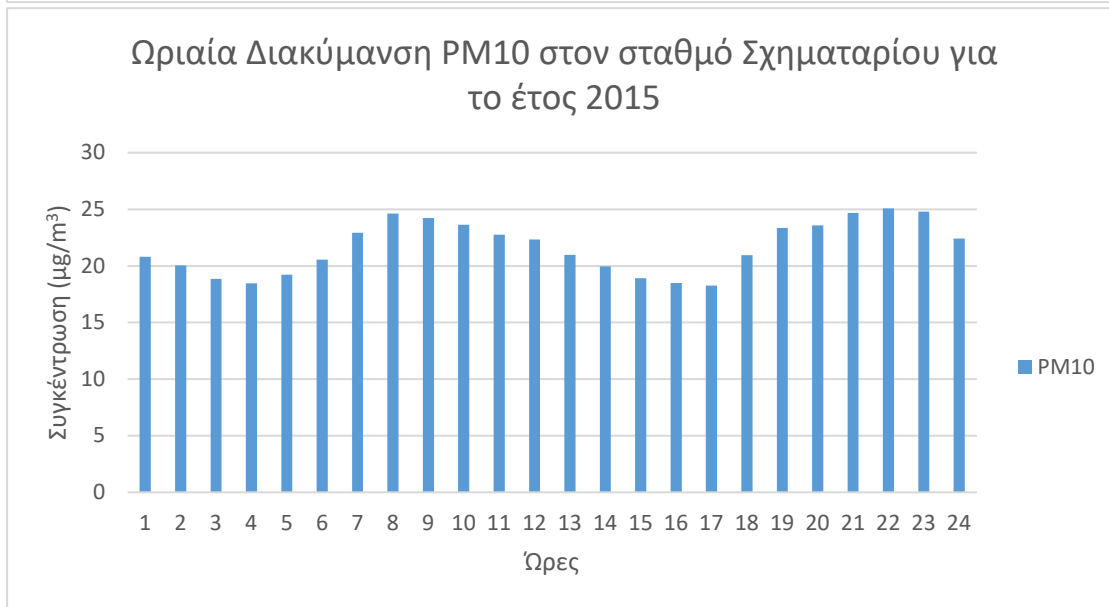
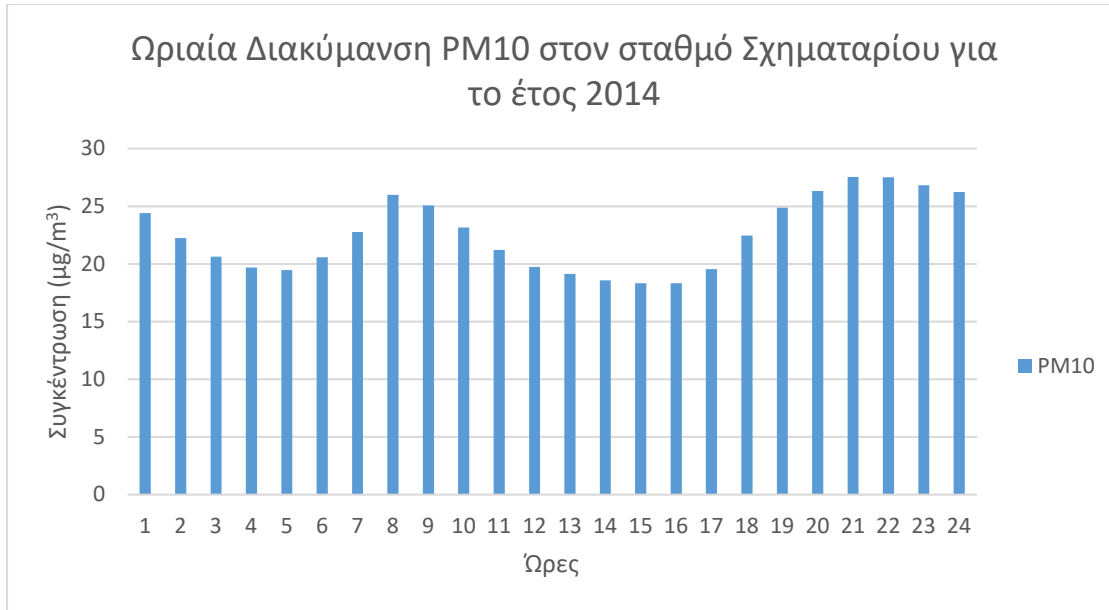


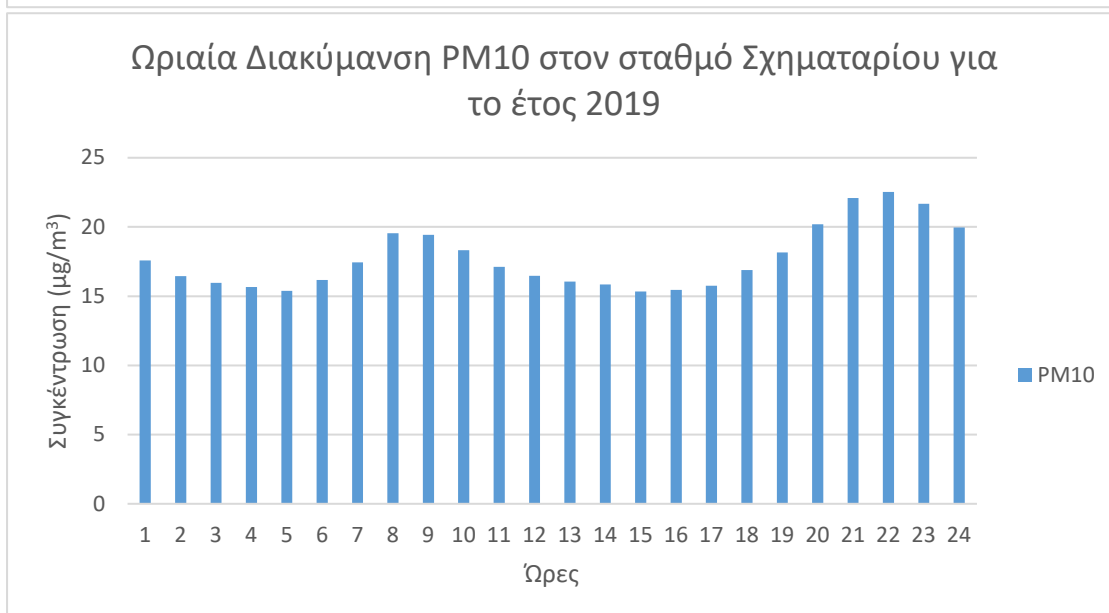
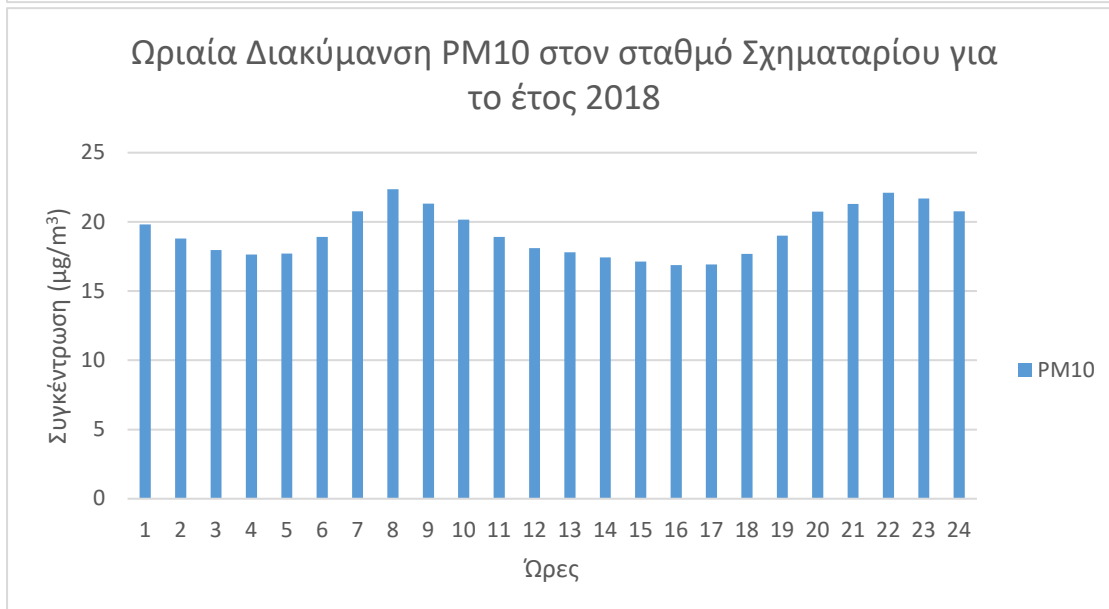
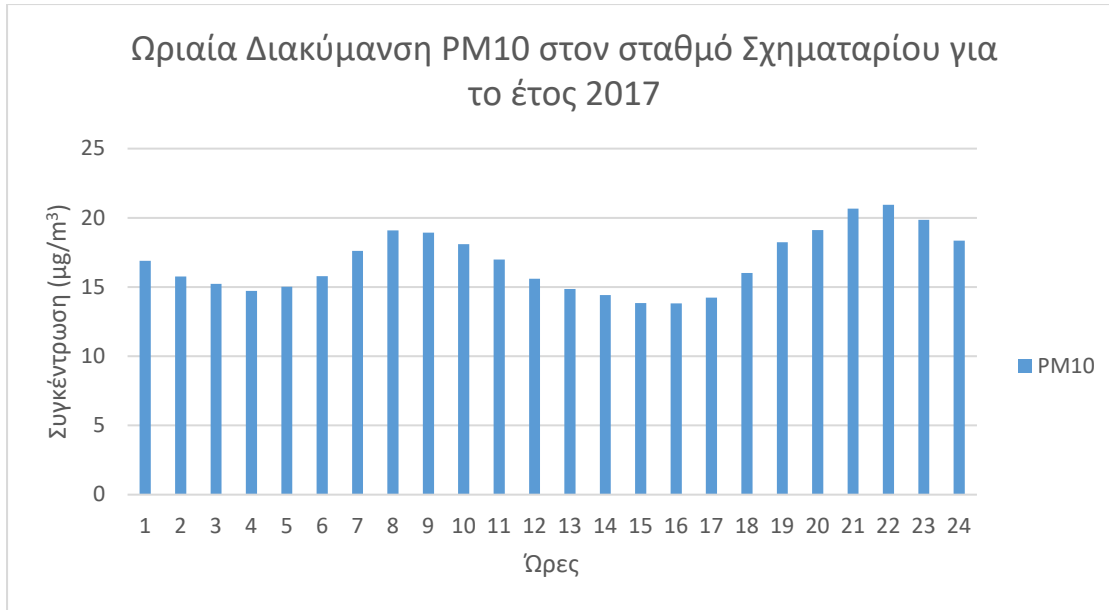
\* Οι τιμές για τα έτη 2019 και 2020 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

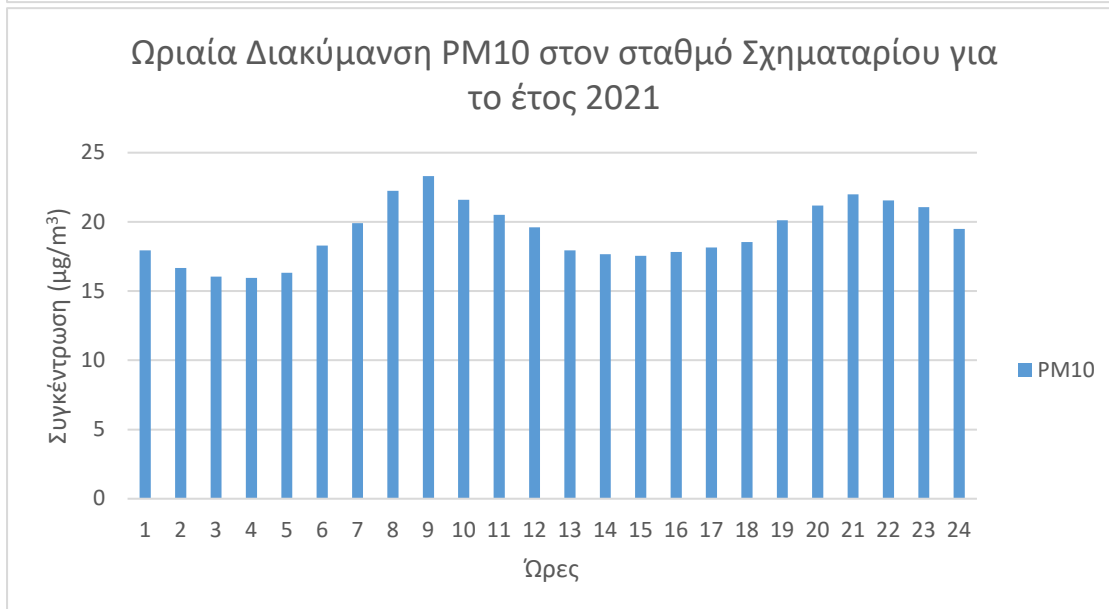
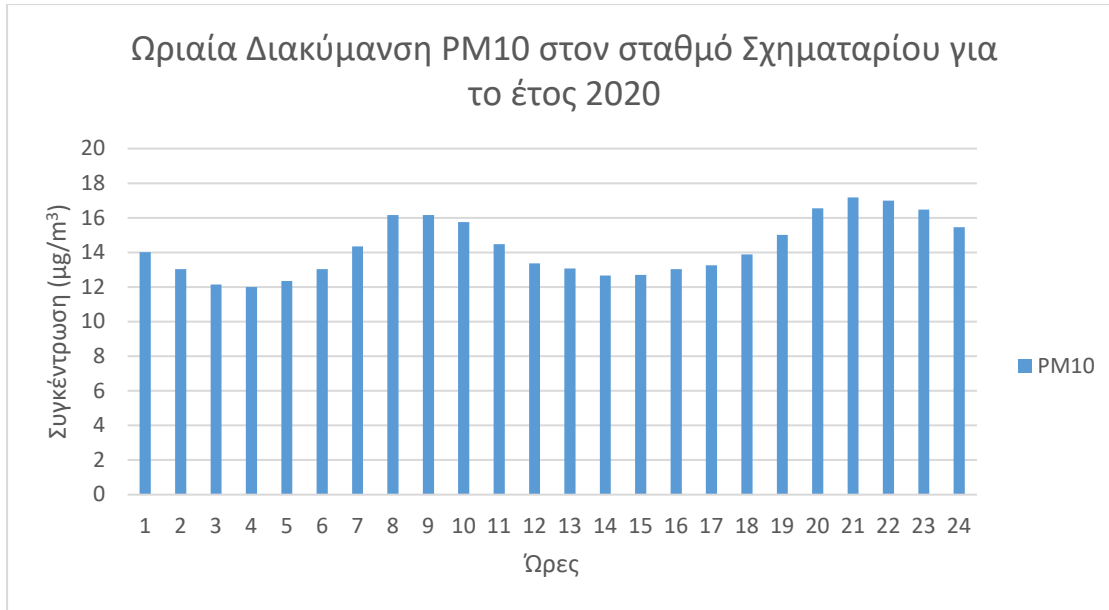


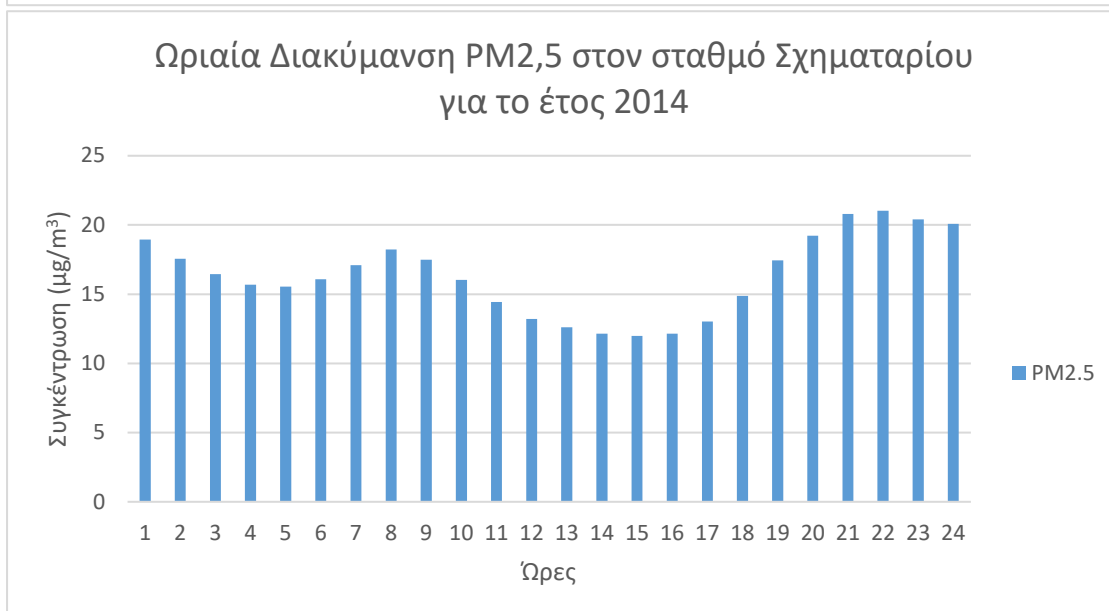
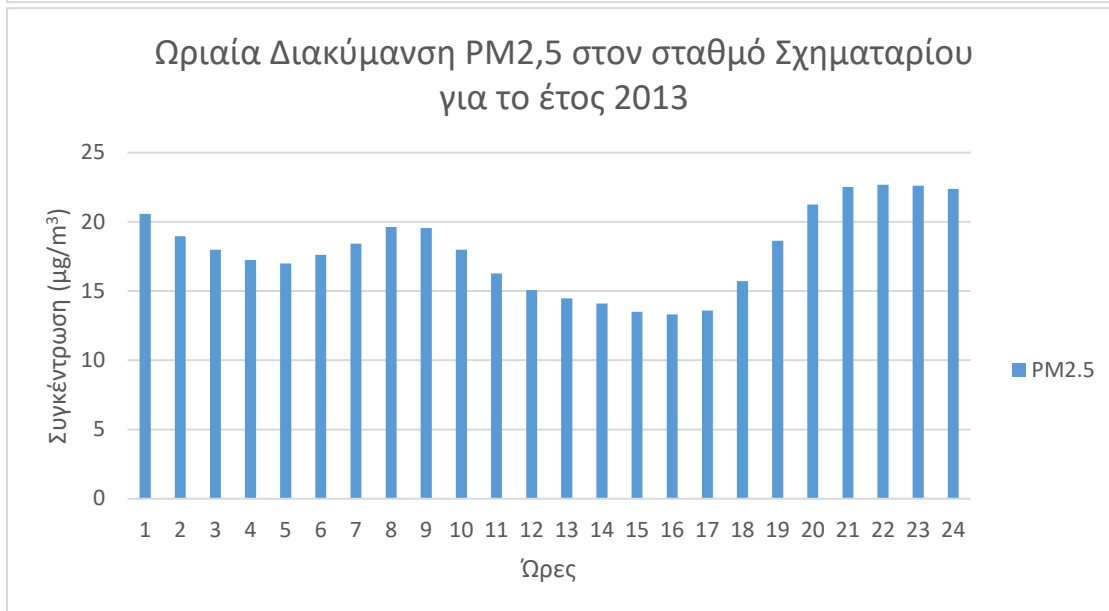
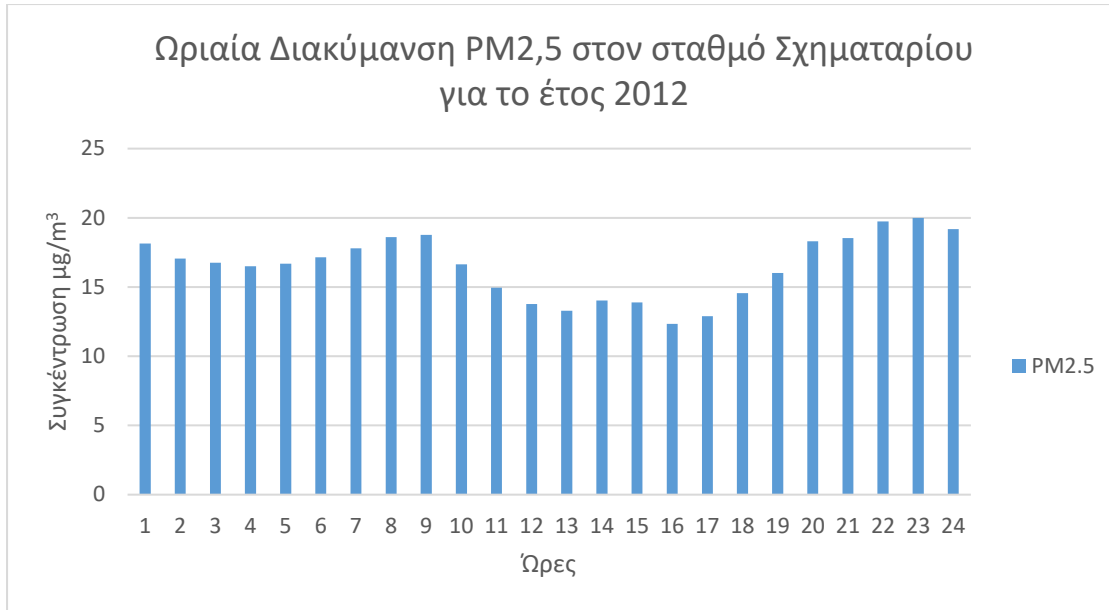
• ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙΟΥ

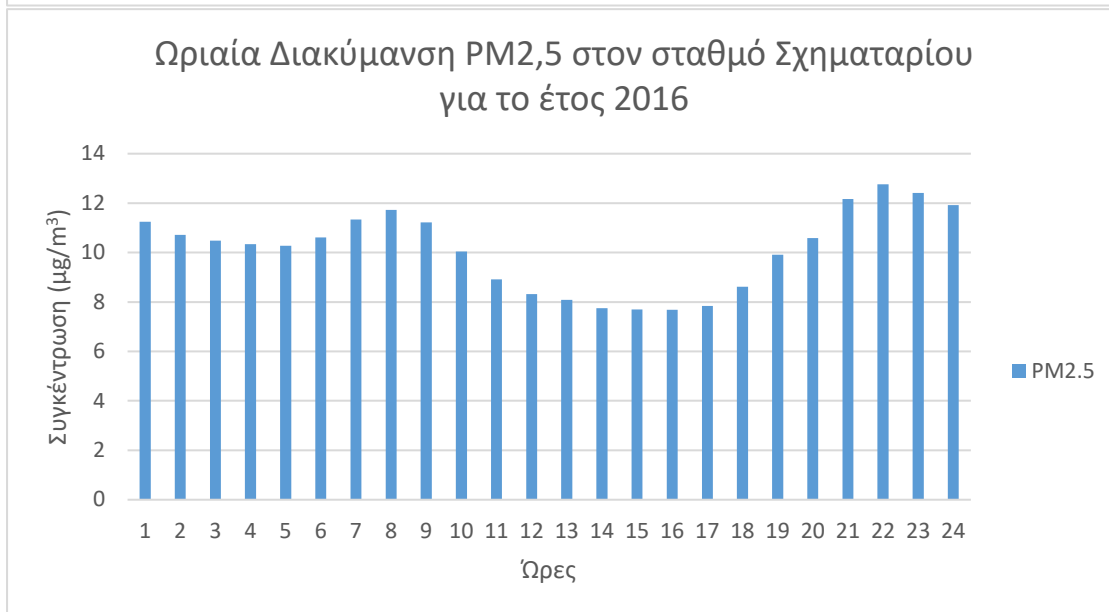
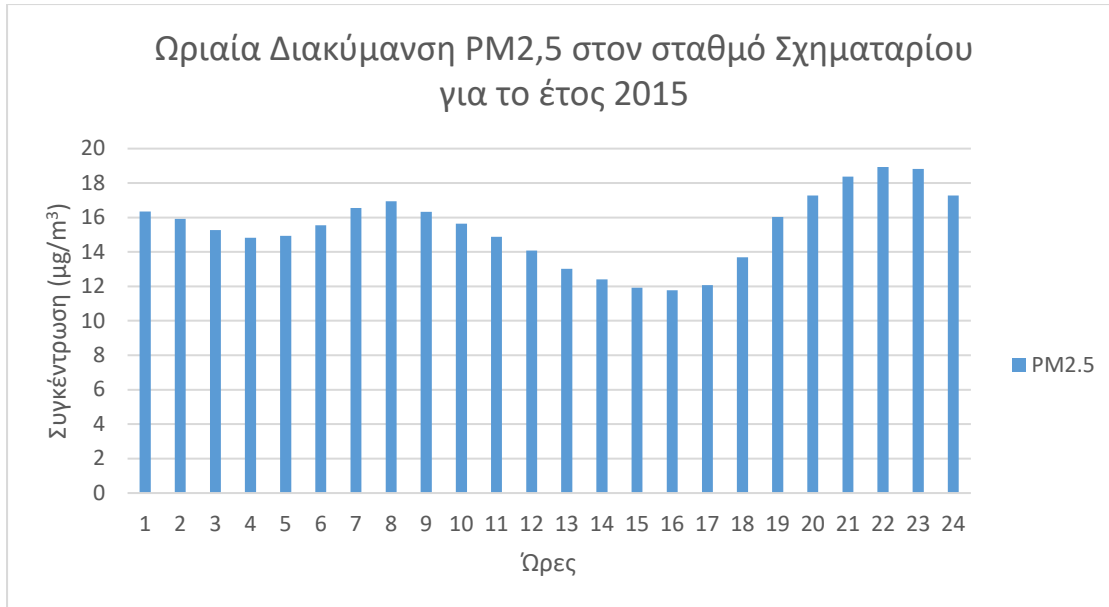




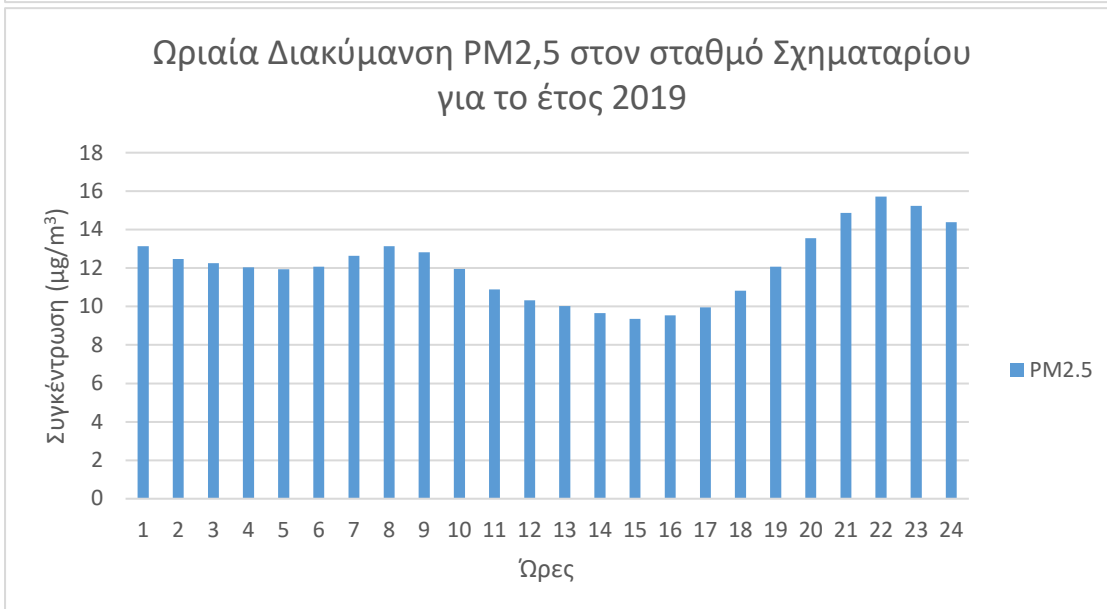
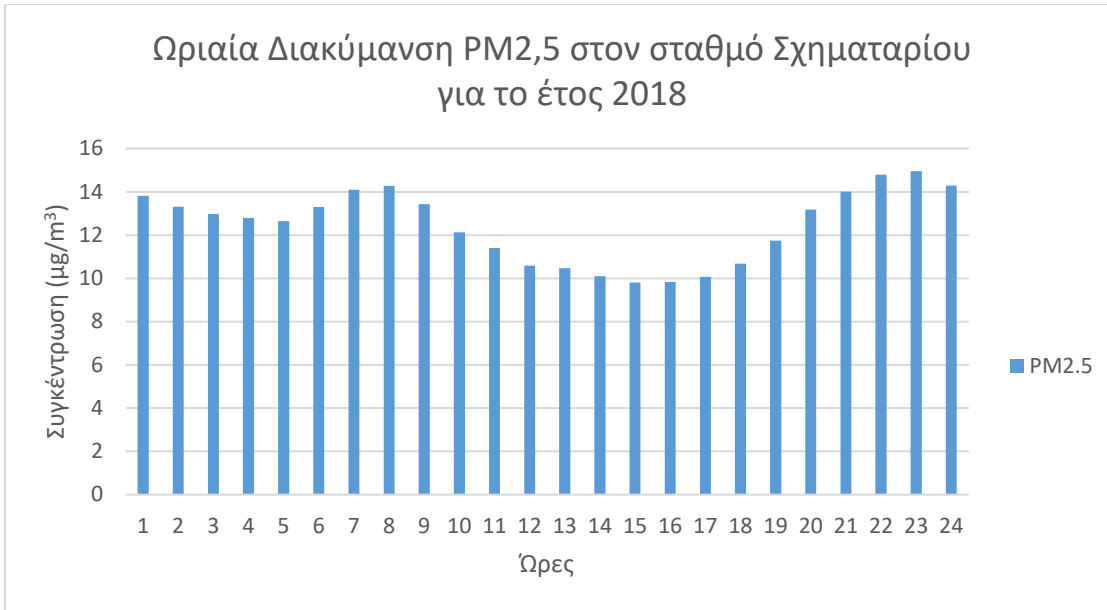


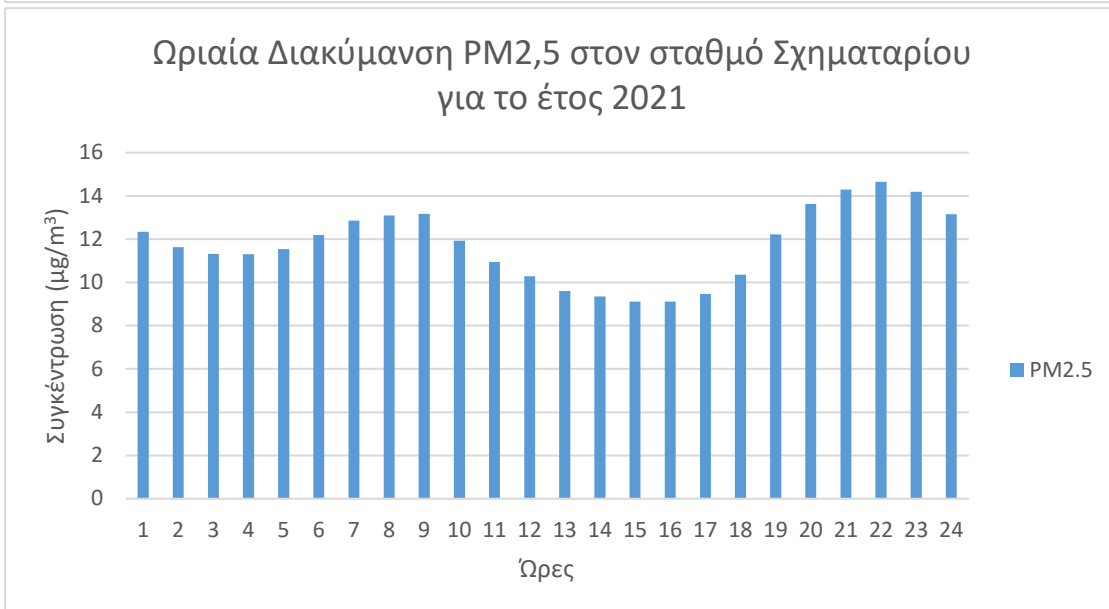
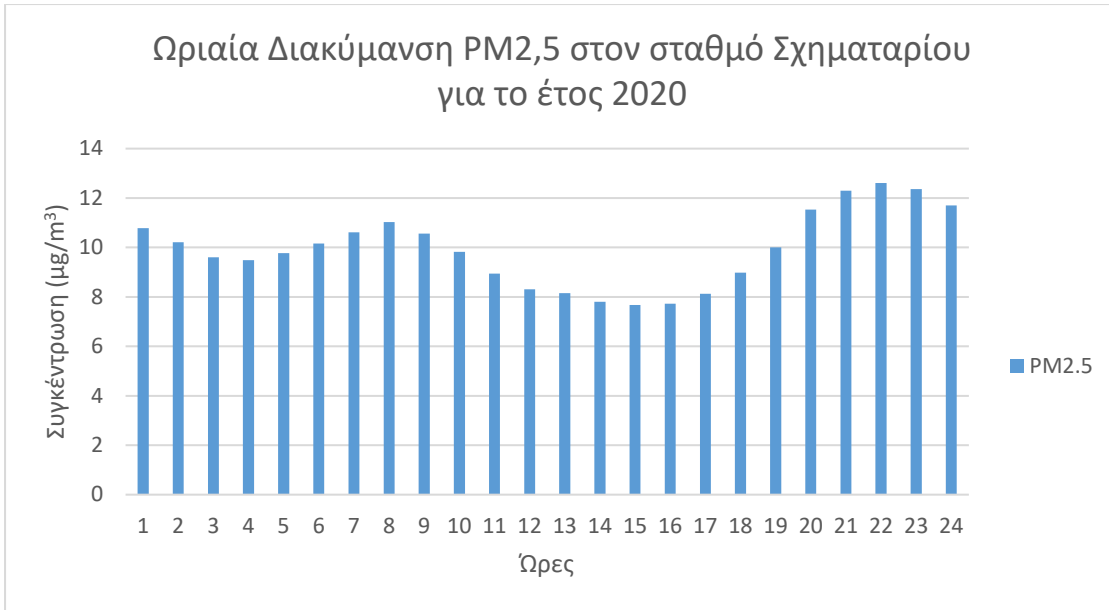




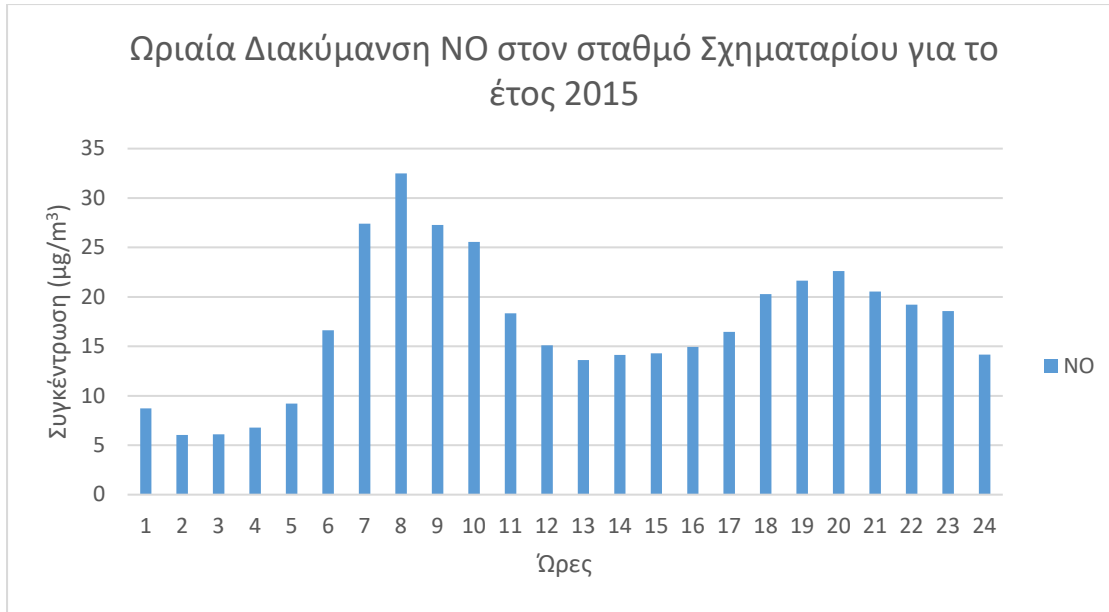






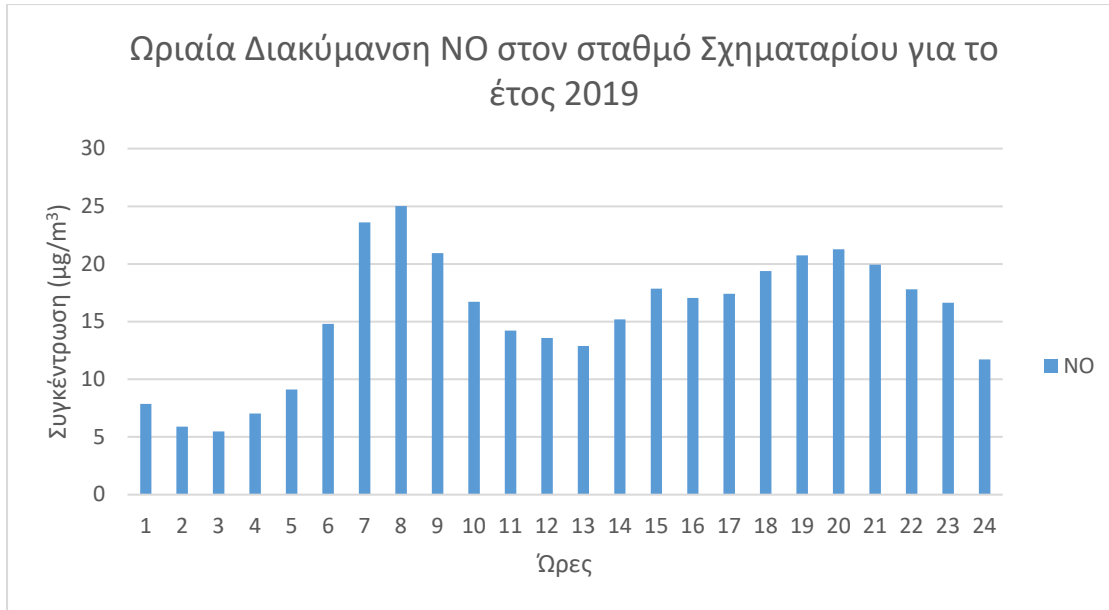


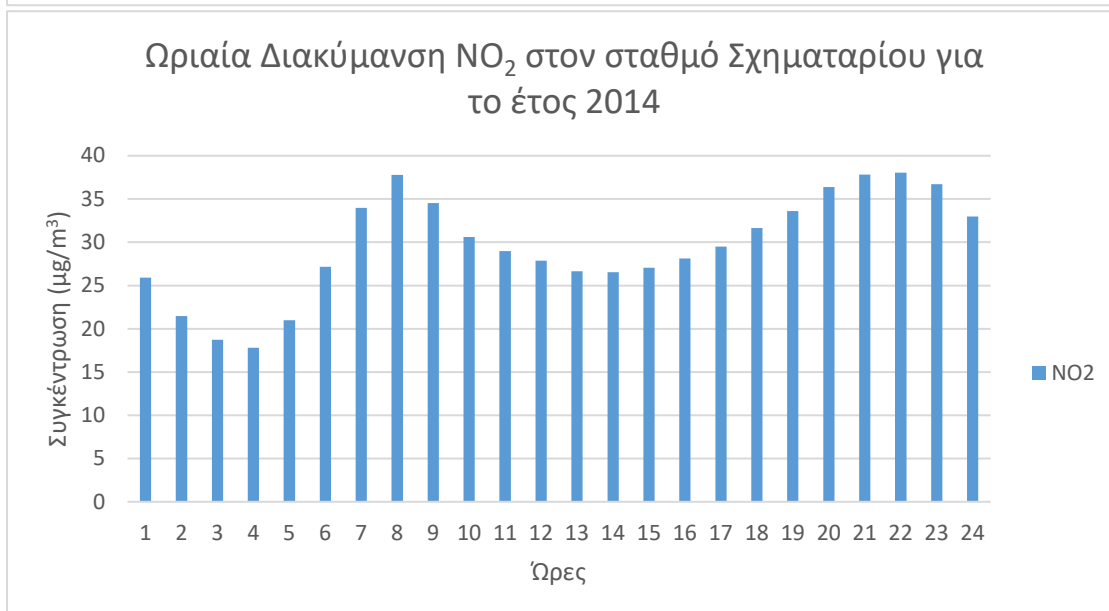
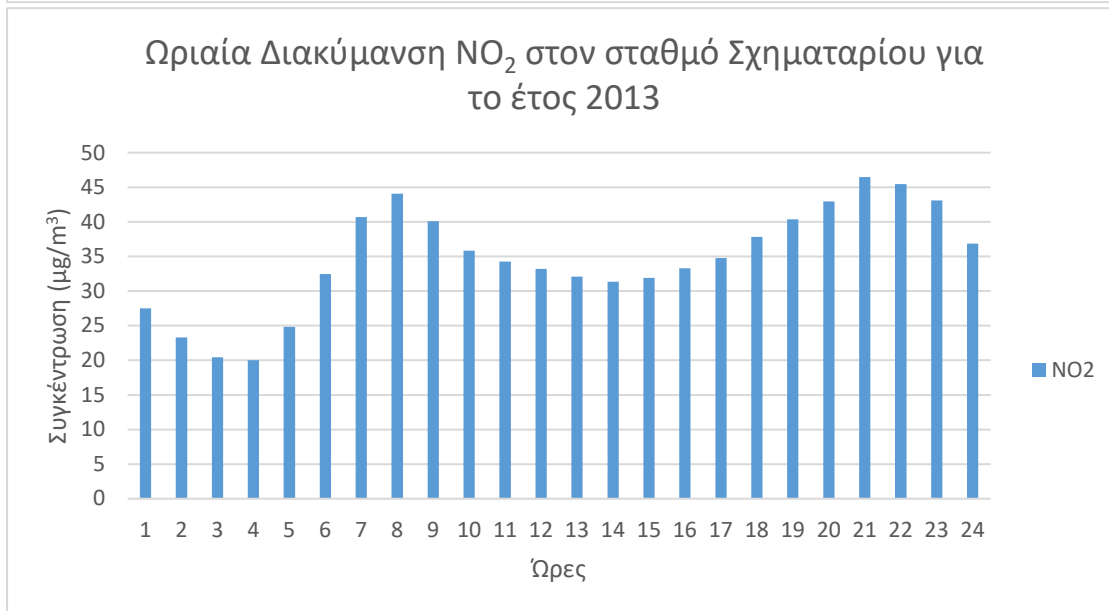


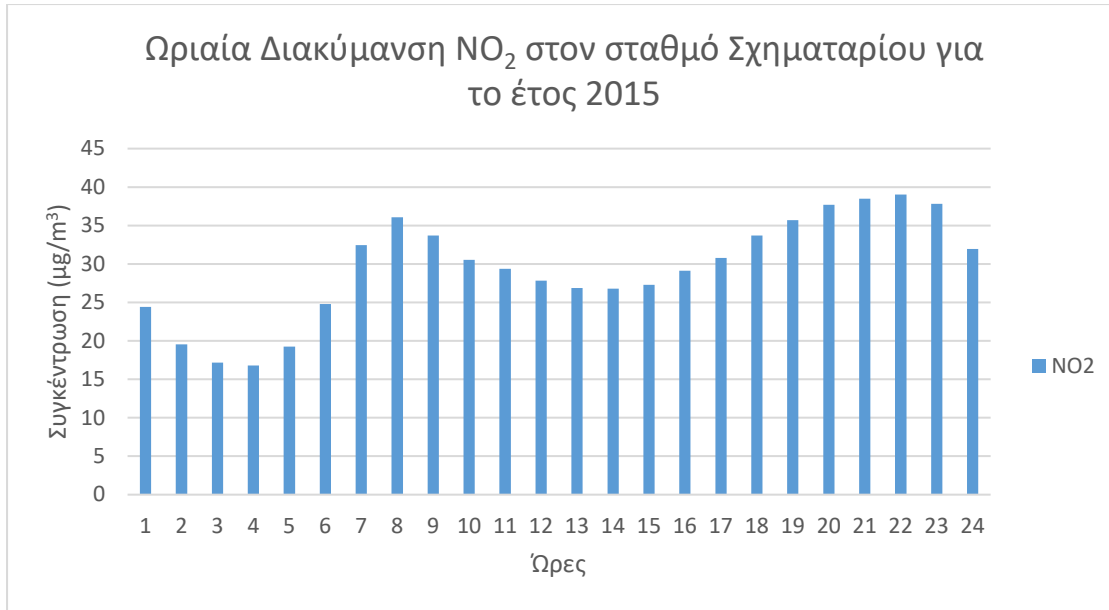




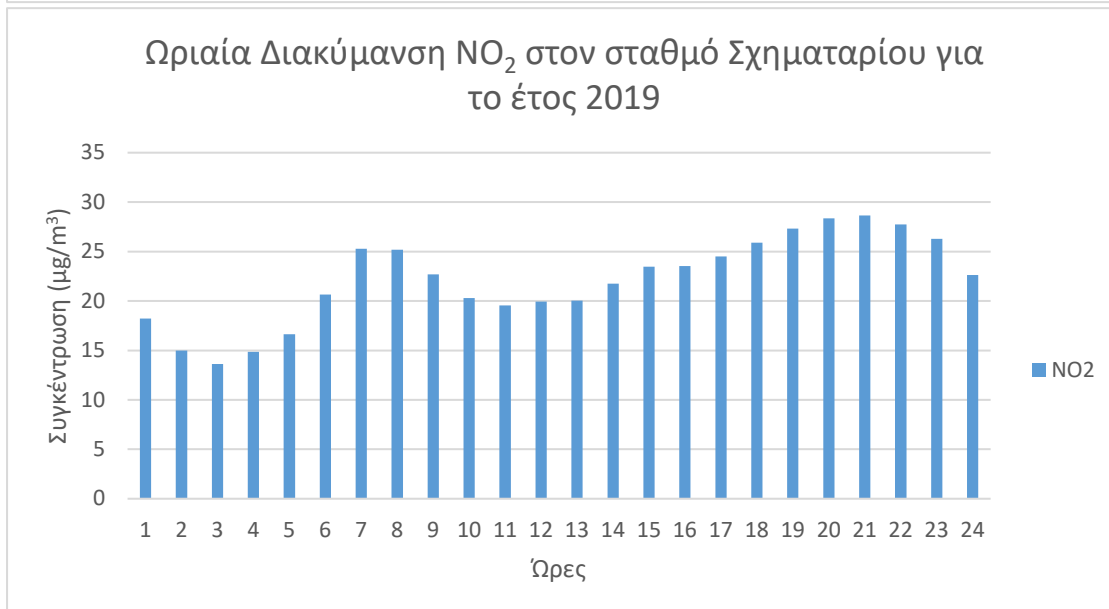
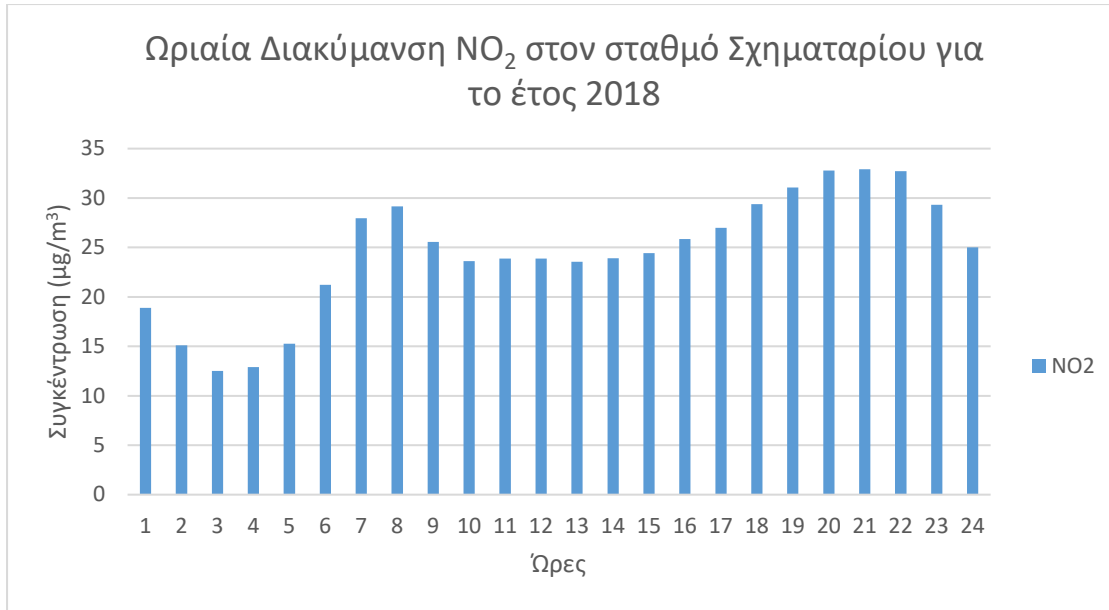
- Οι υψηλές τιμές για το έτος 2018 πιθανώς οφείλονται σε κακή βαθμονόμηση. Καθώς οι τιμές είναι ύποπτες δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση.

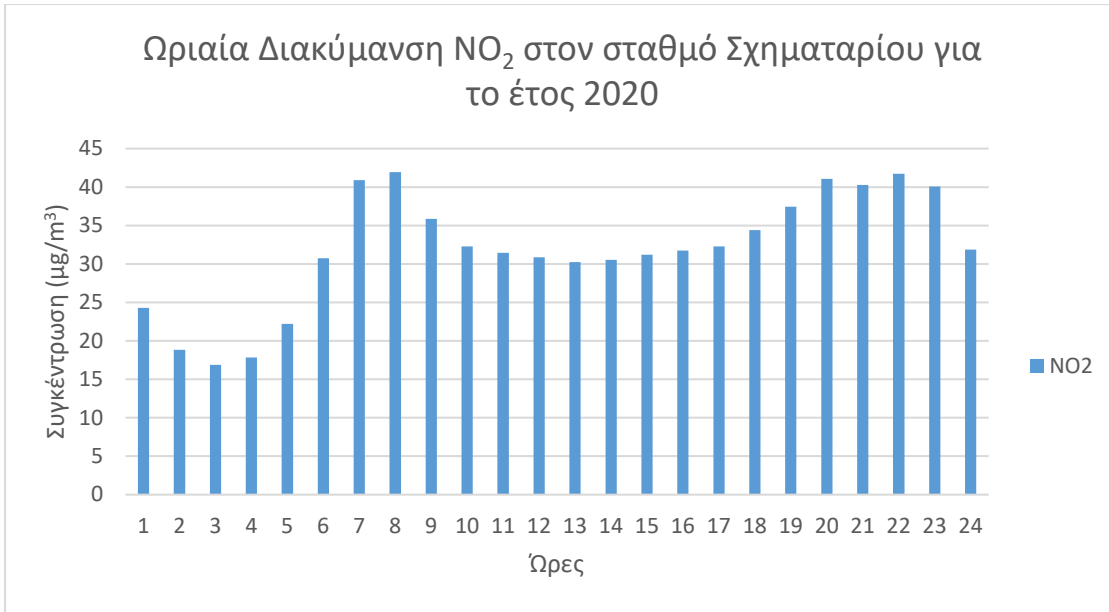


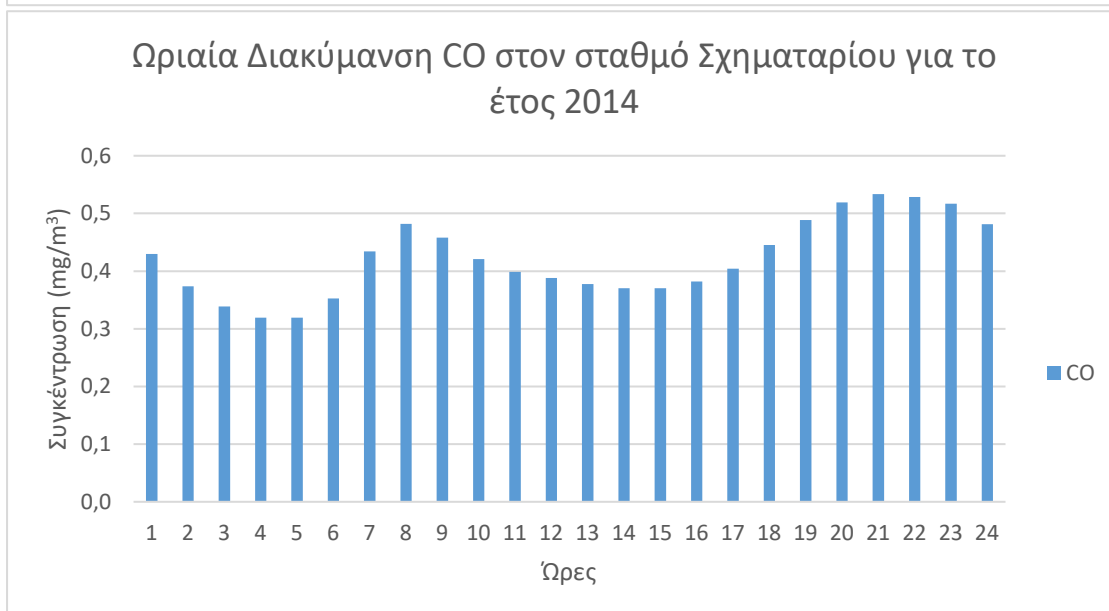
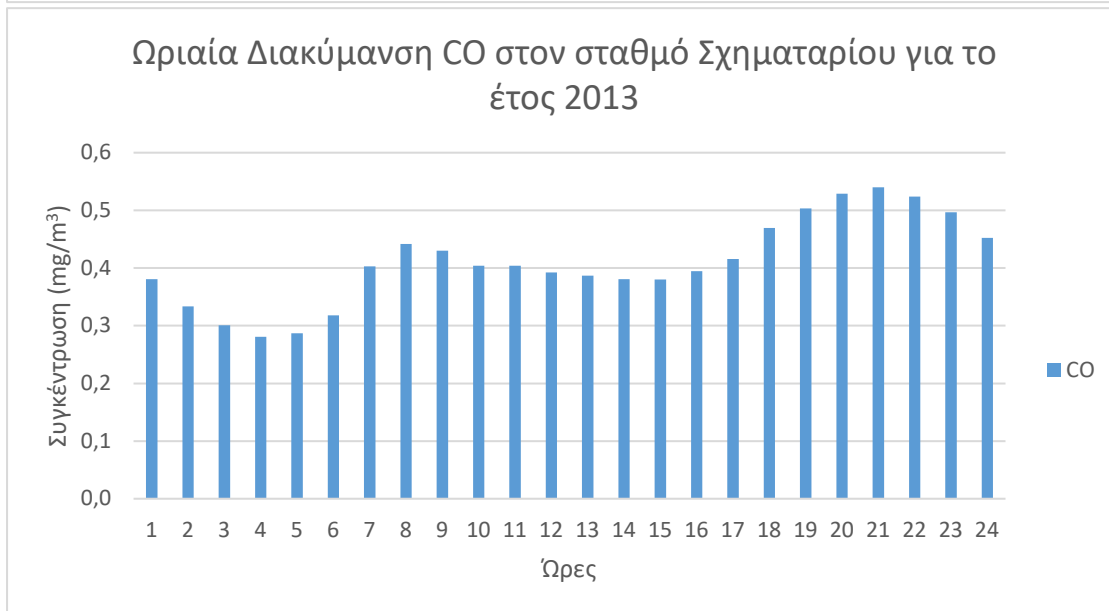
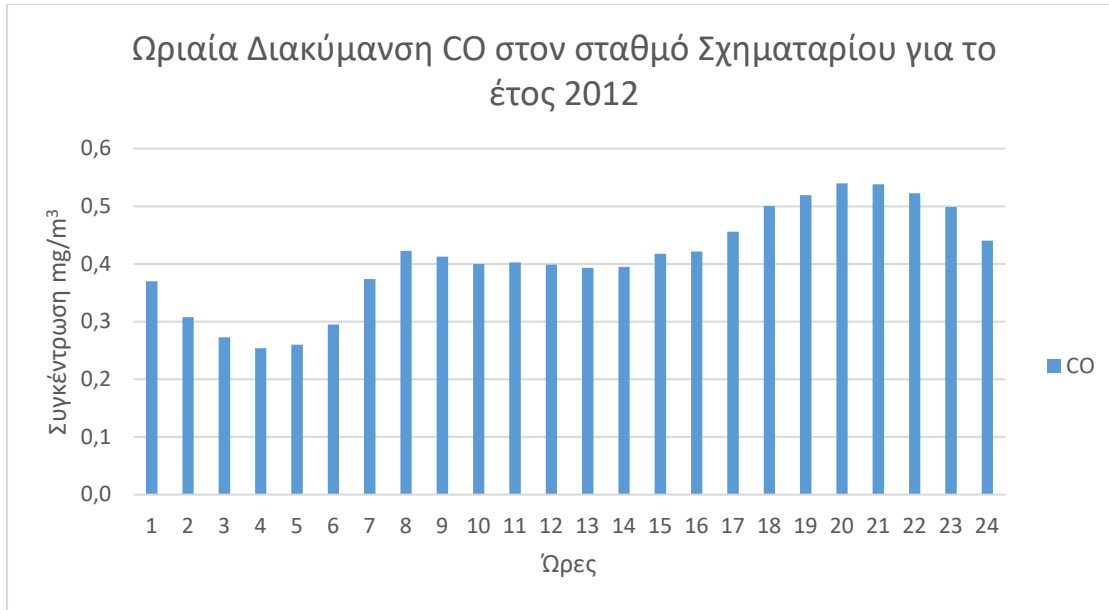


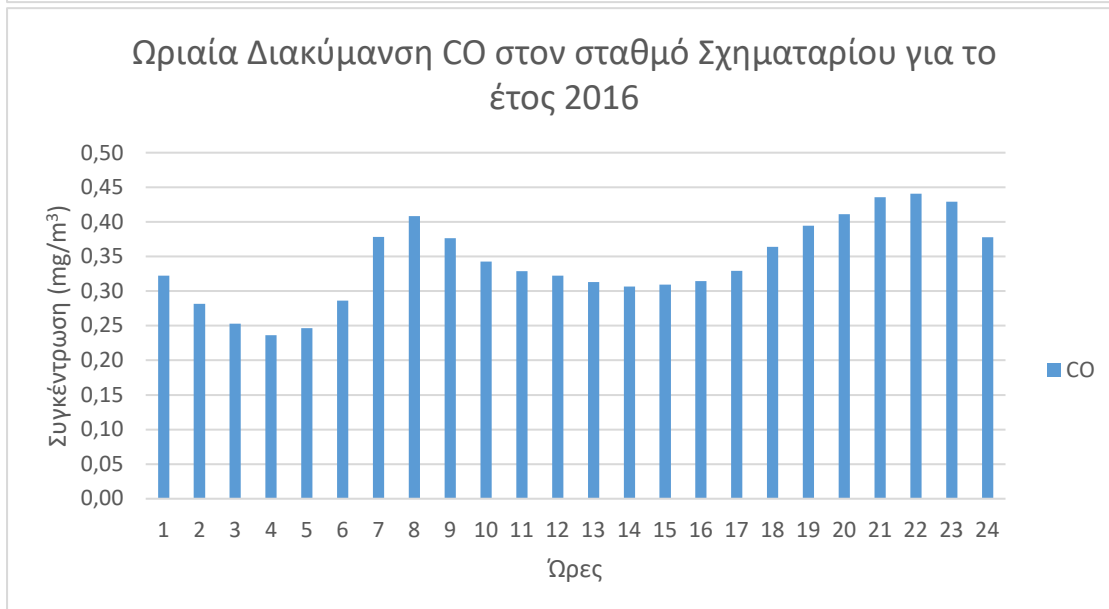
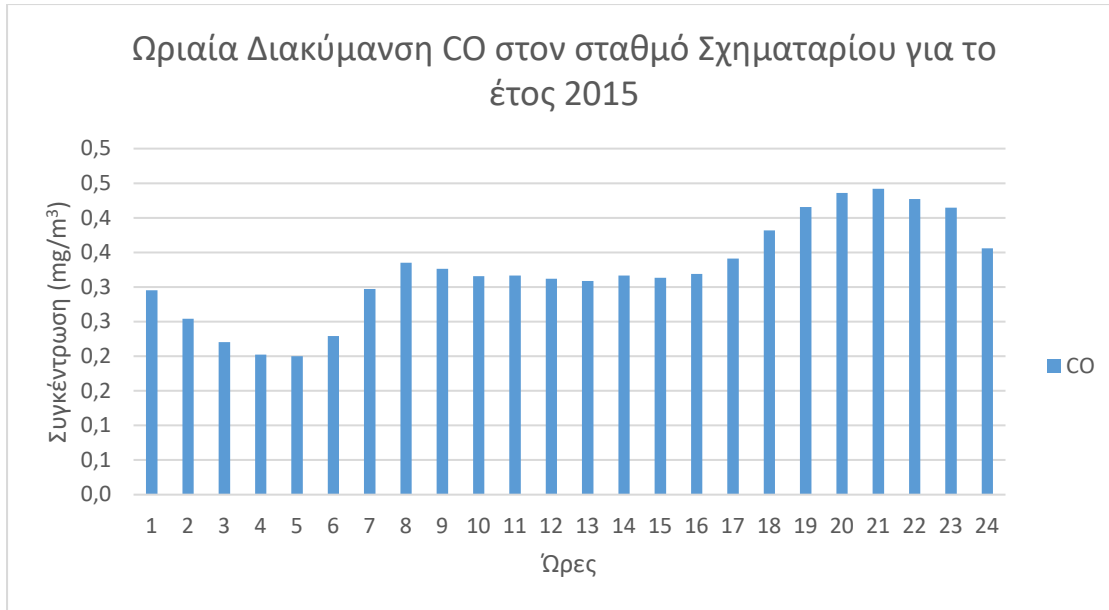


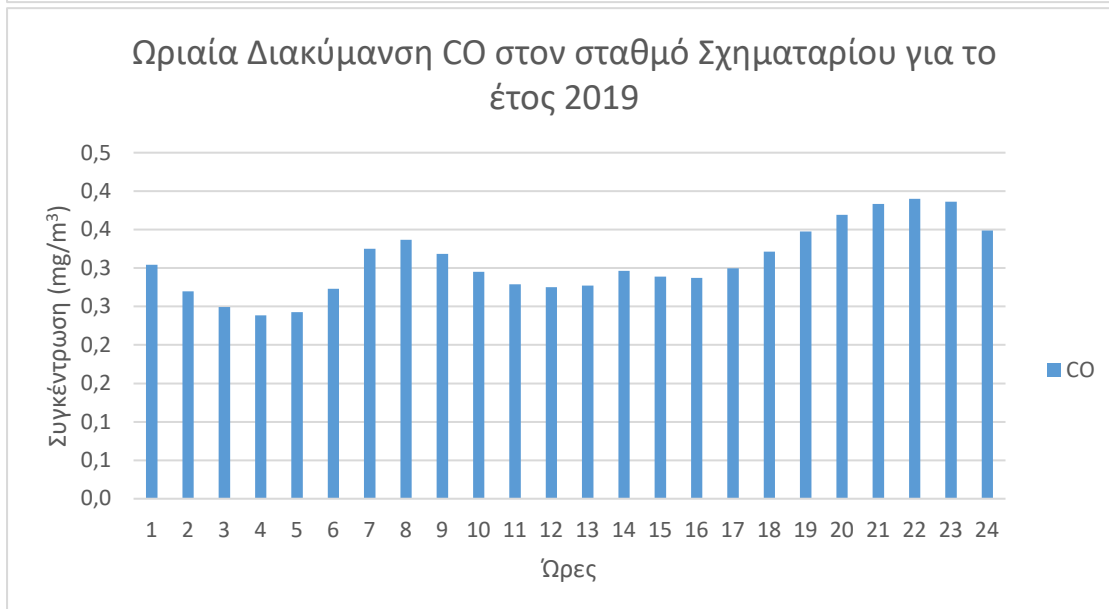
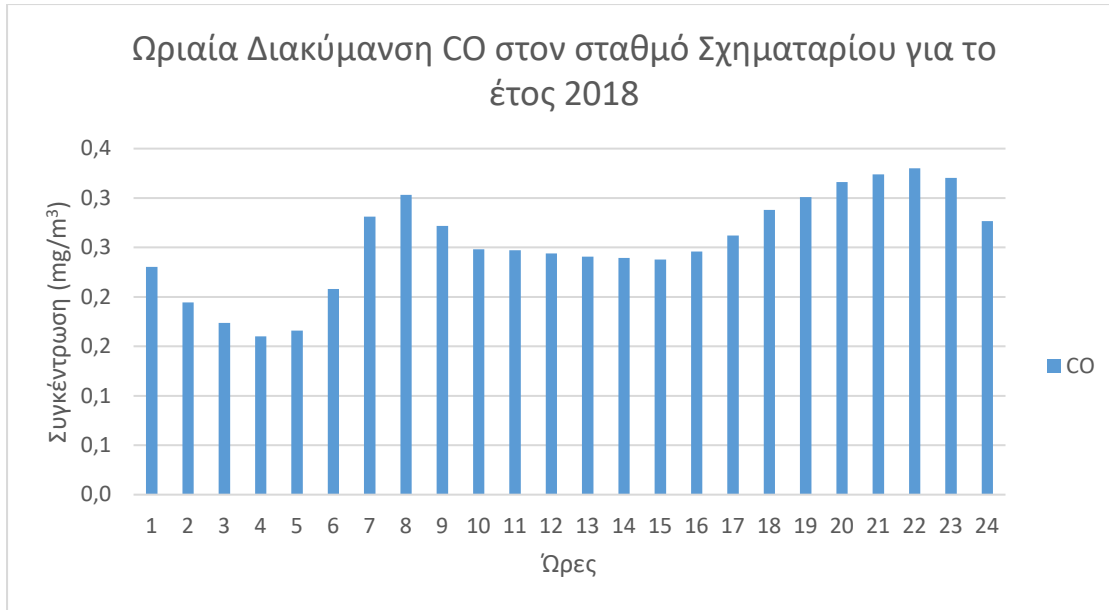


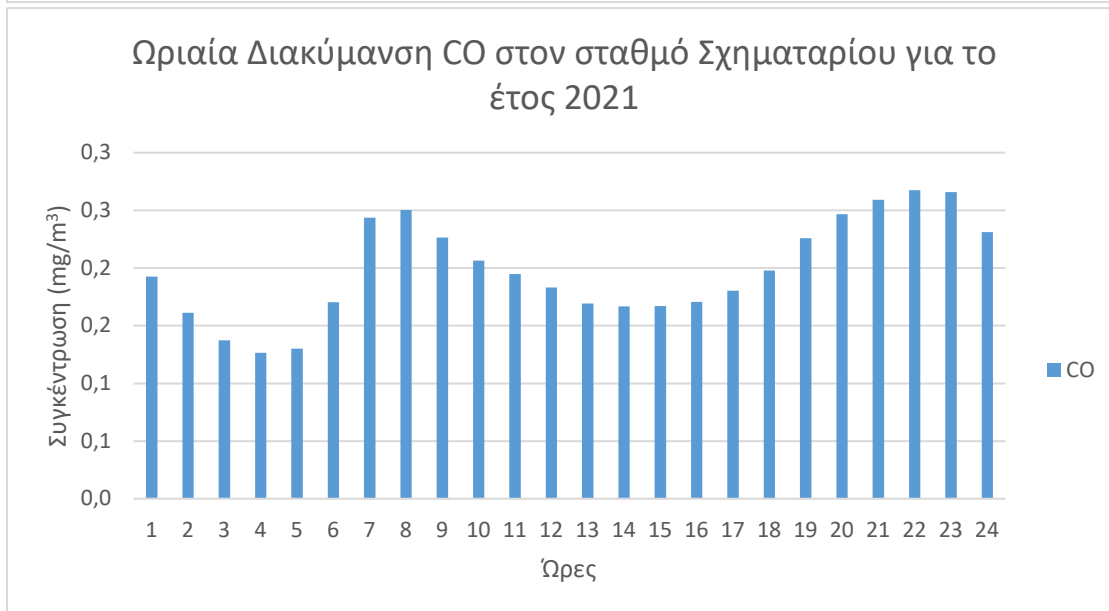
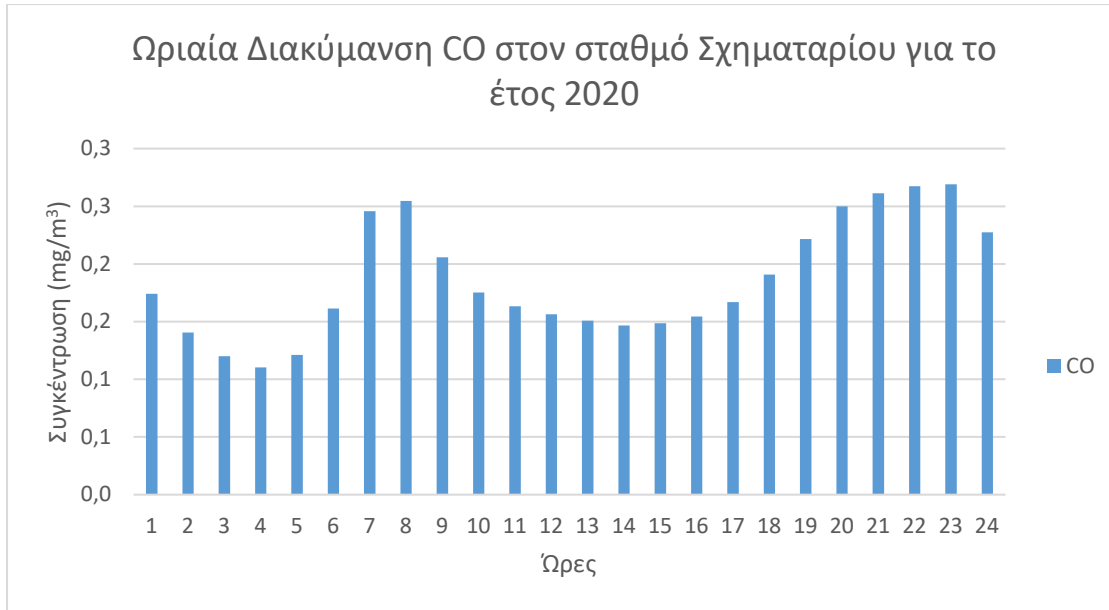


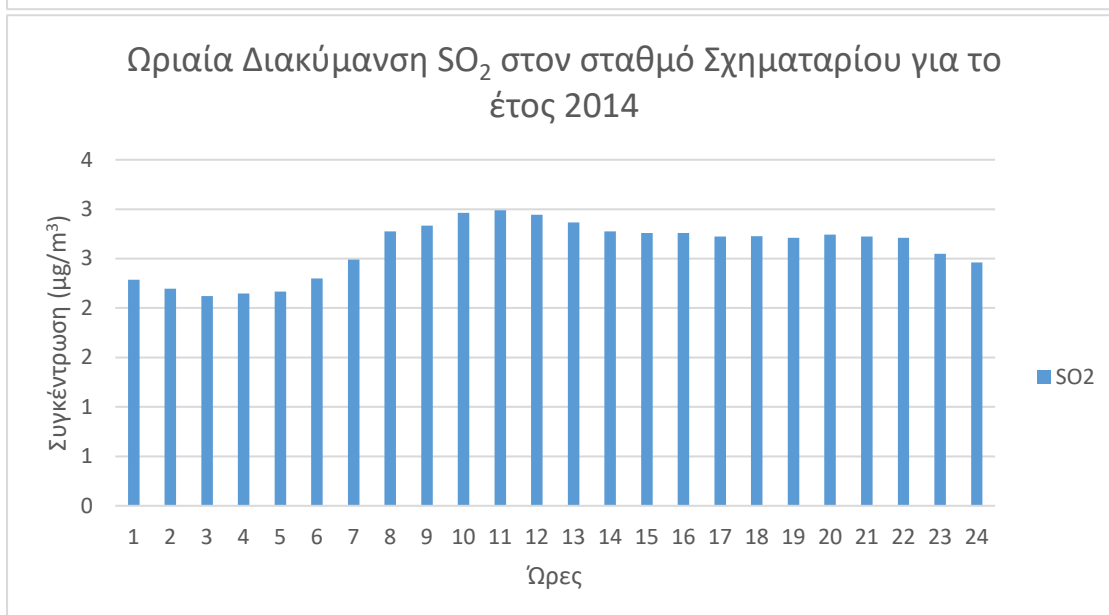
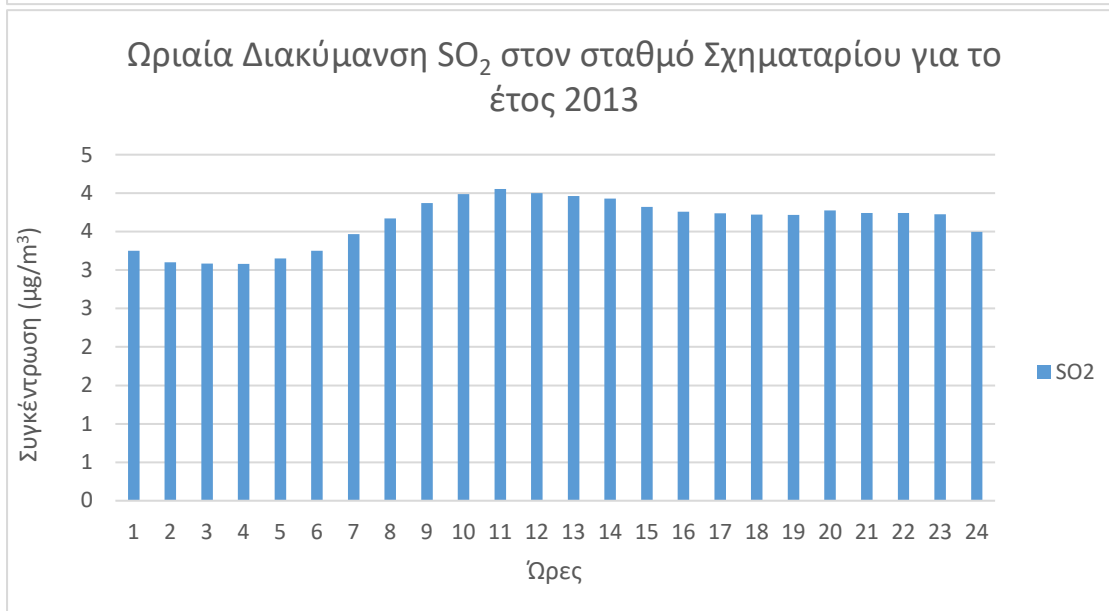
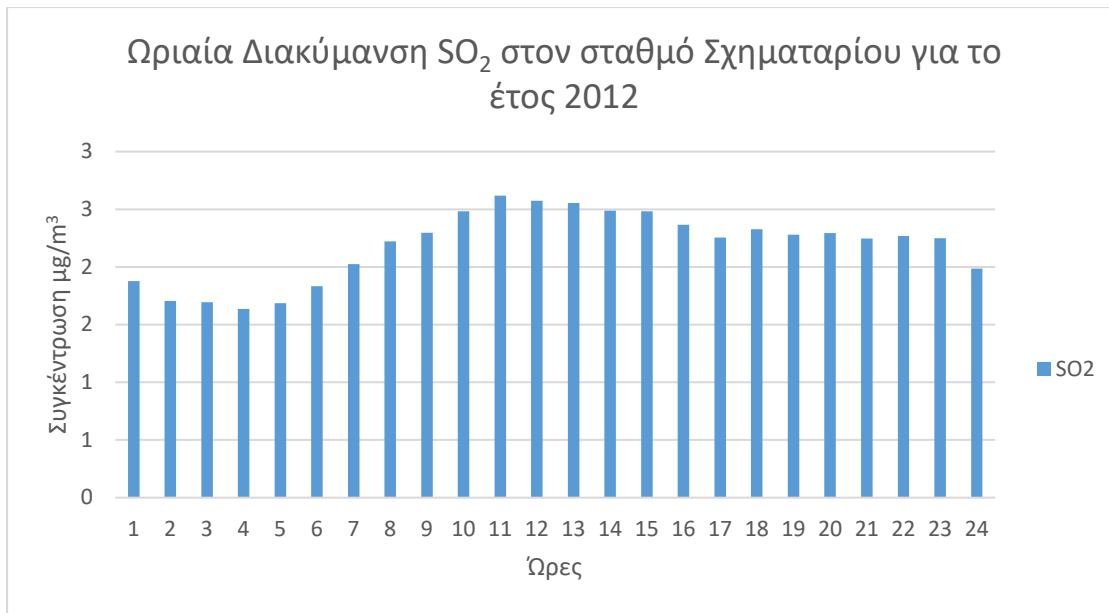


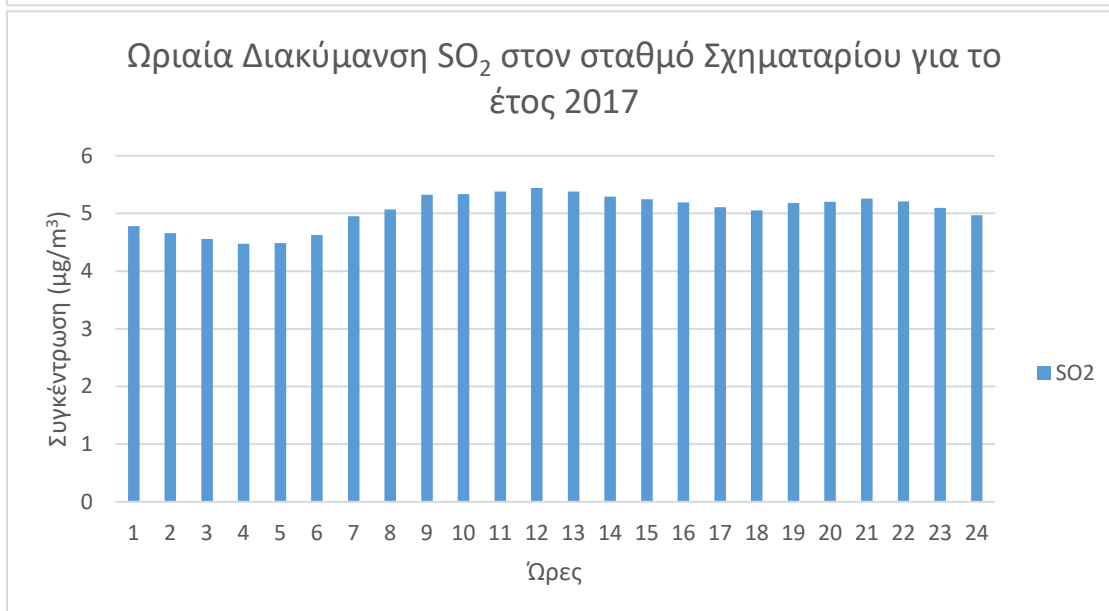
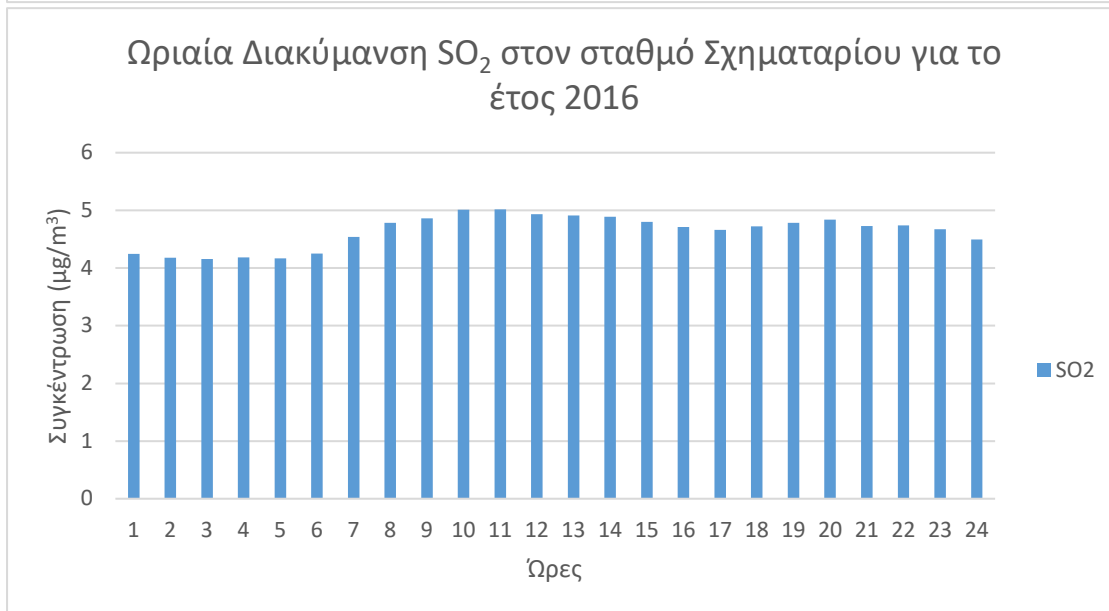
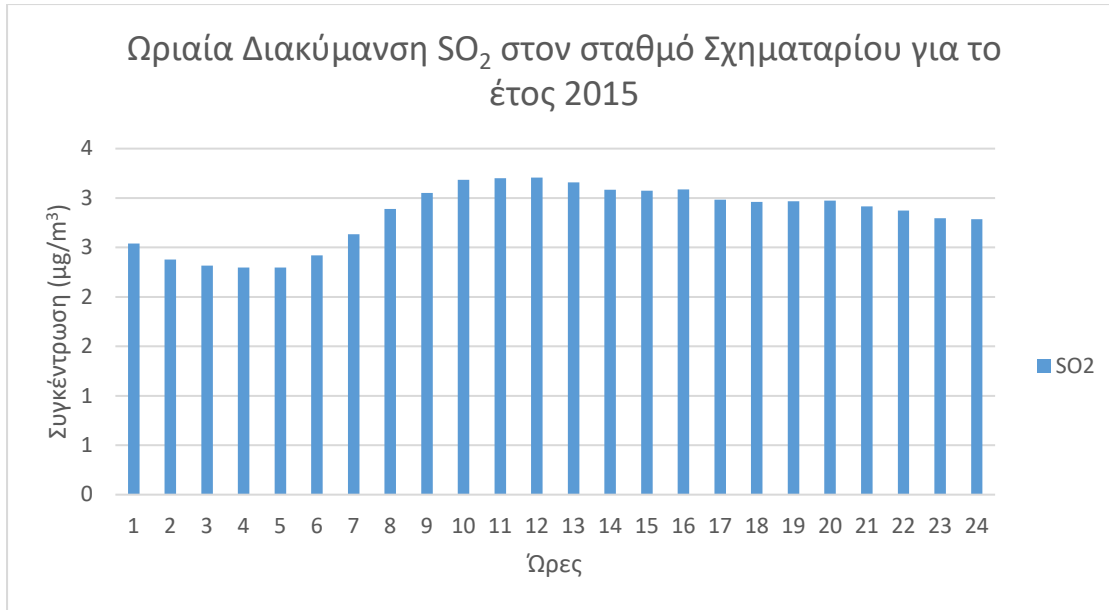




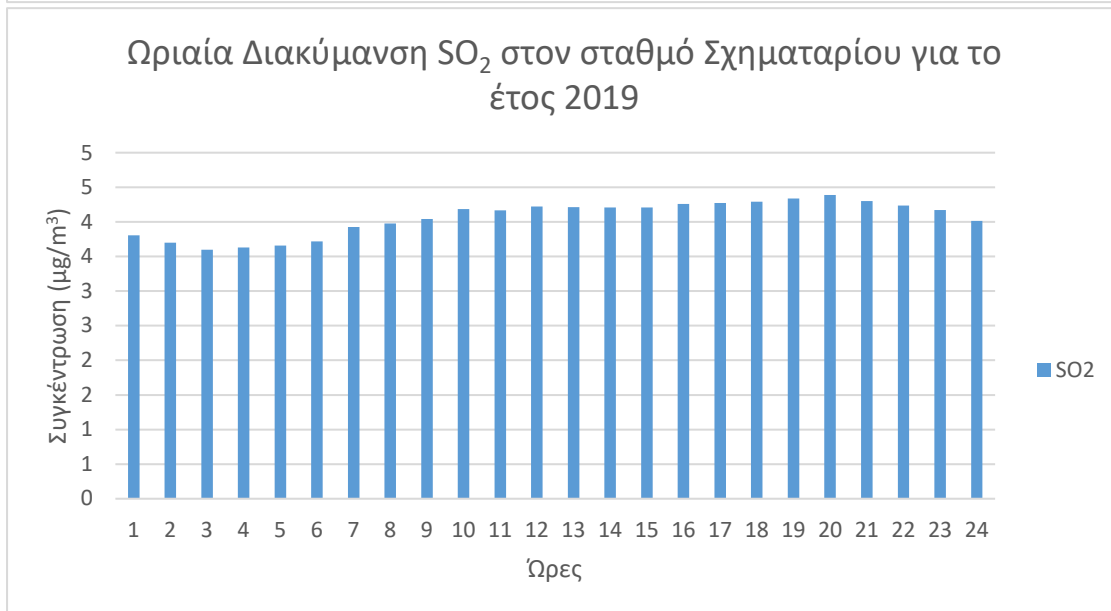
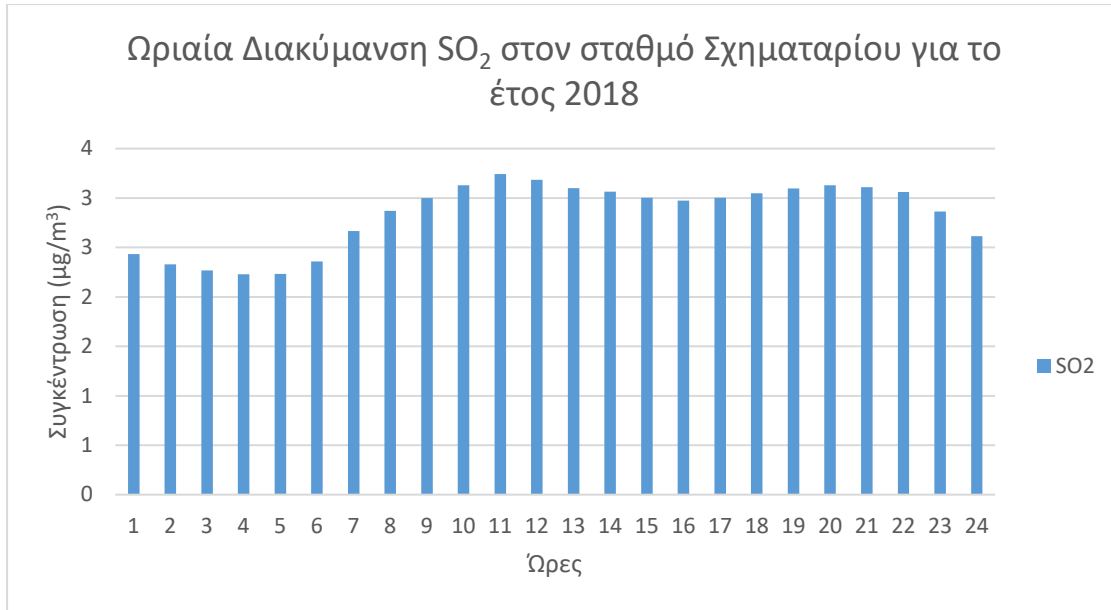


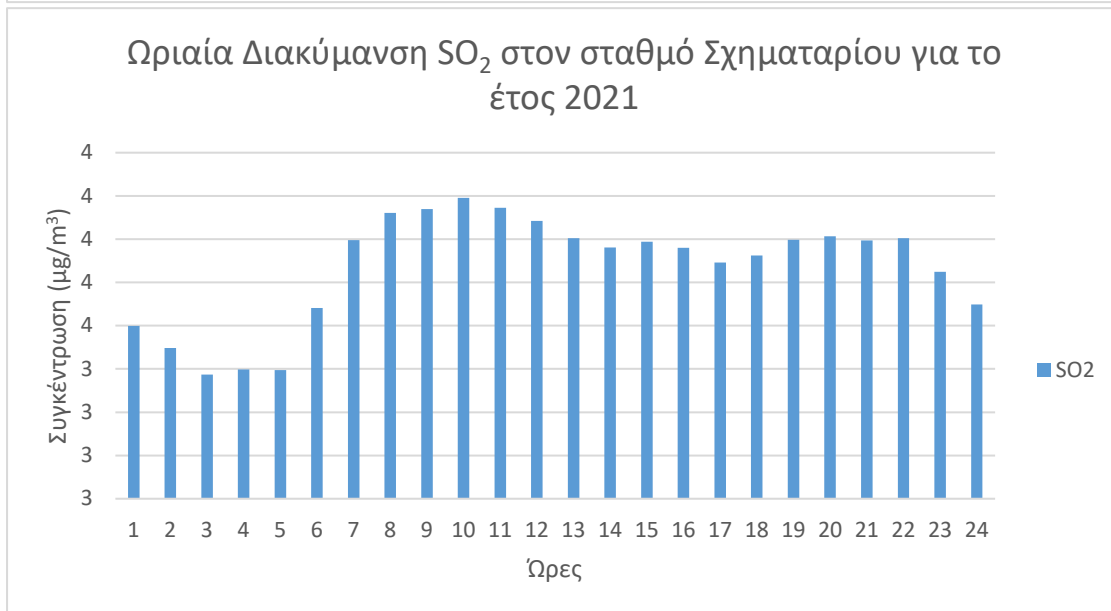


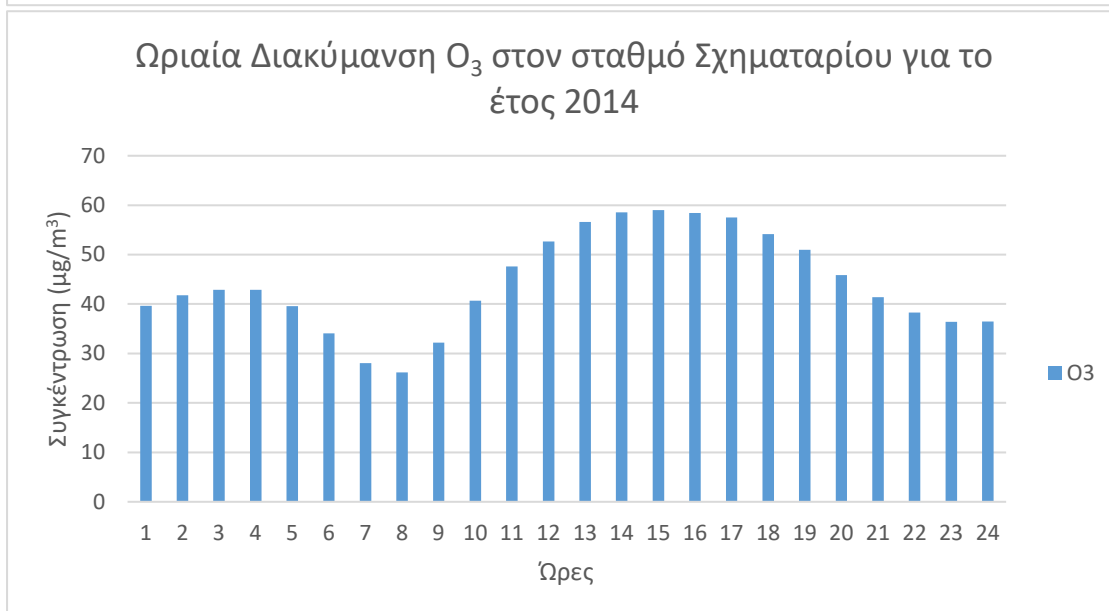
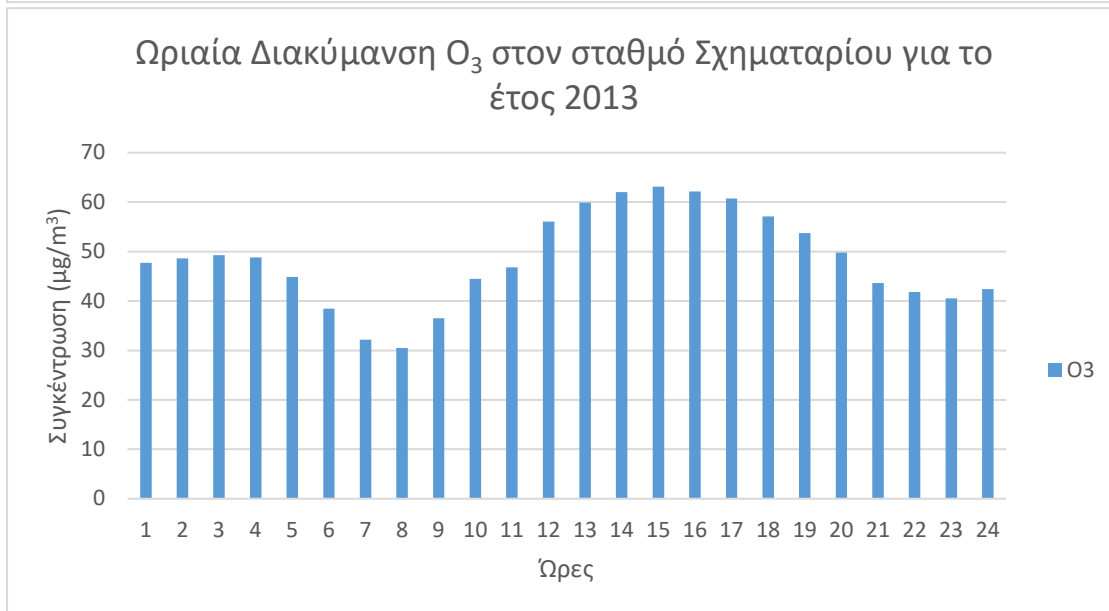
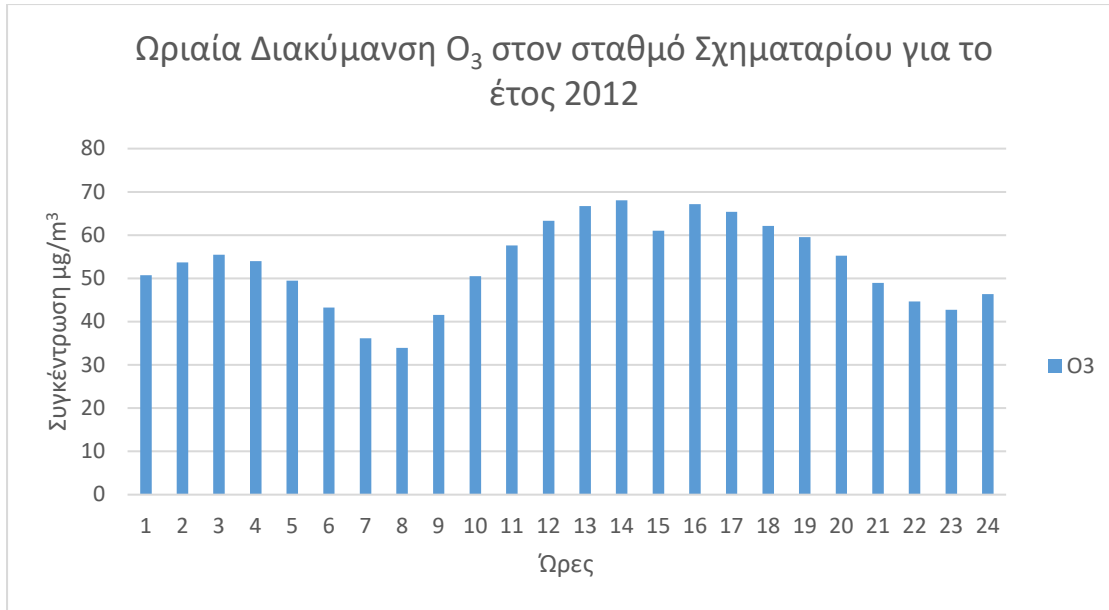


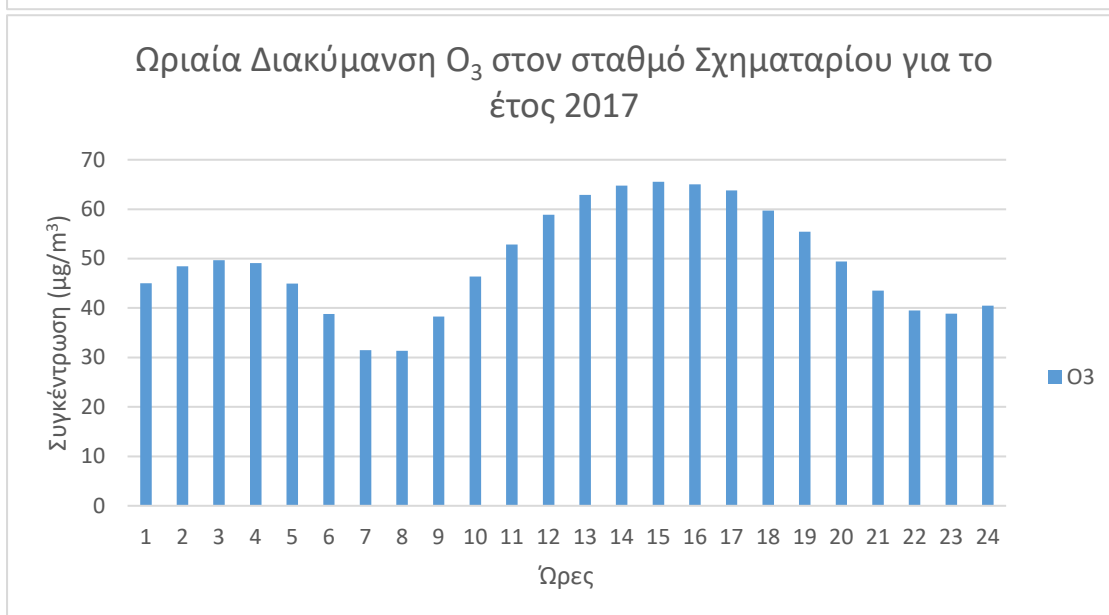
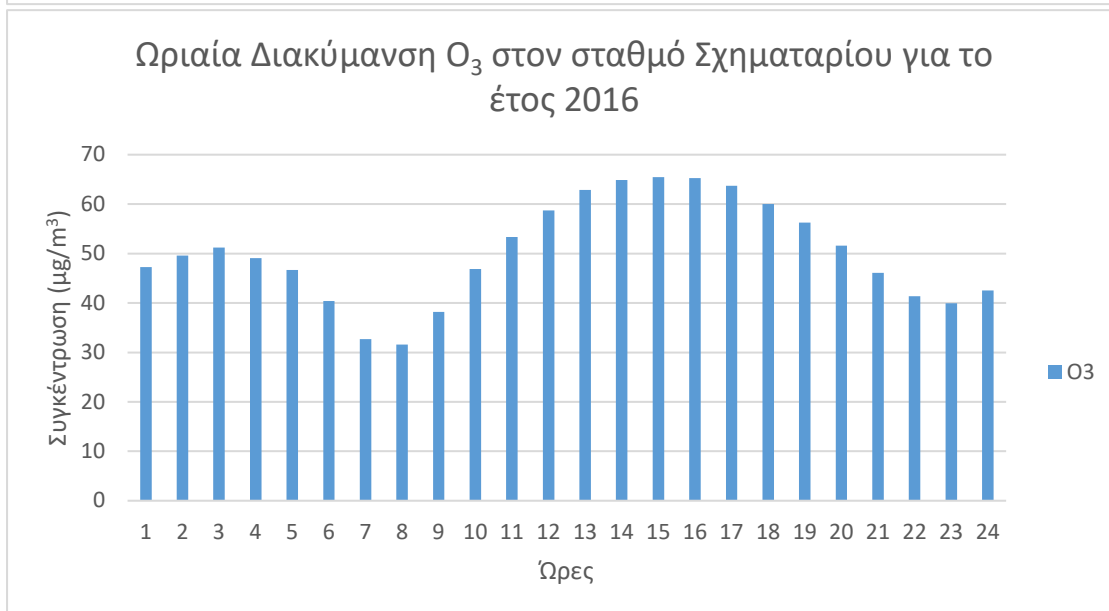
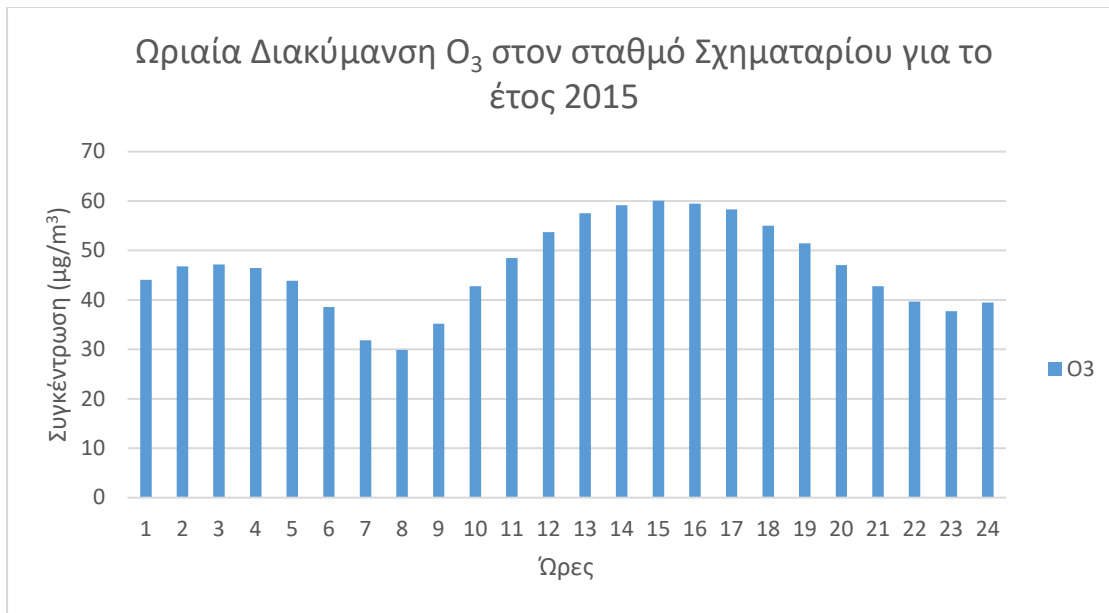


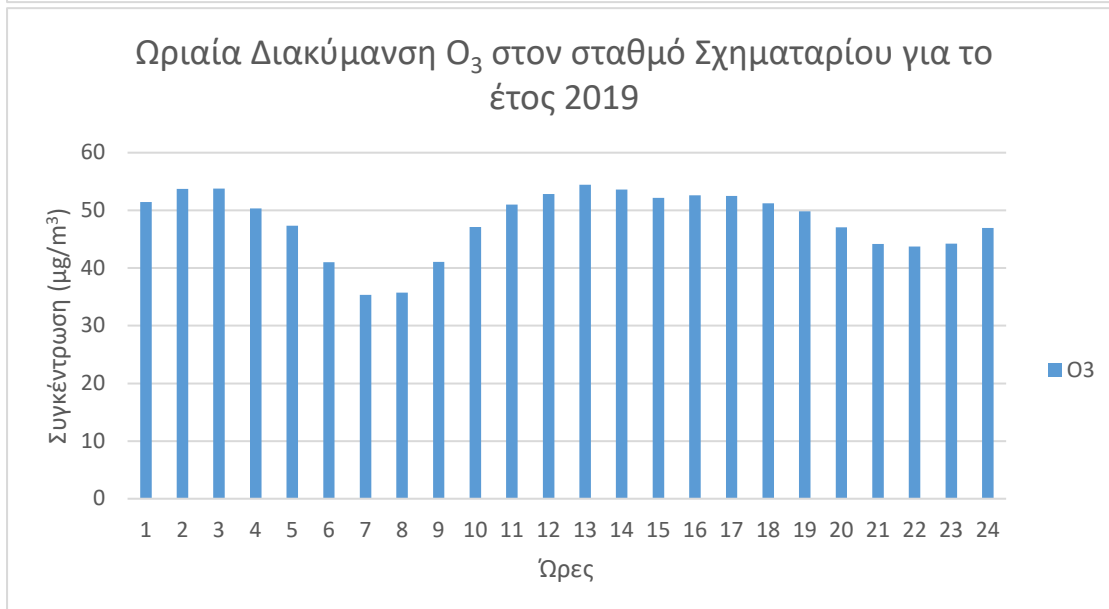
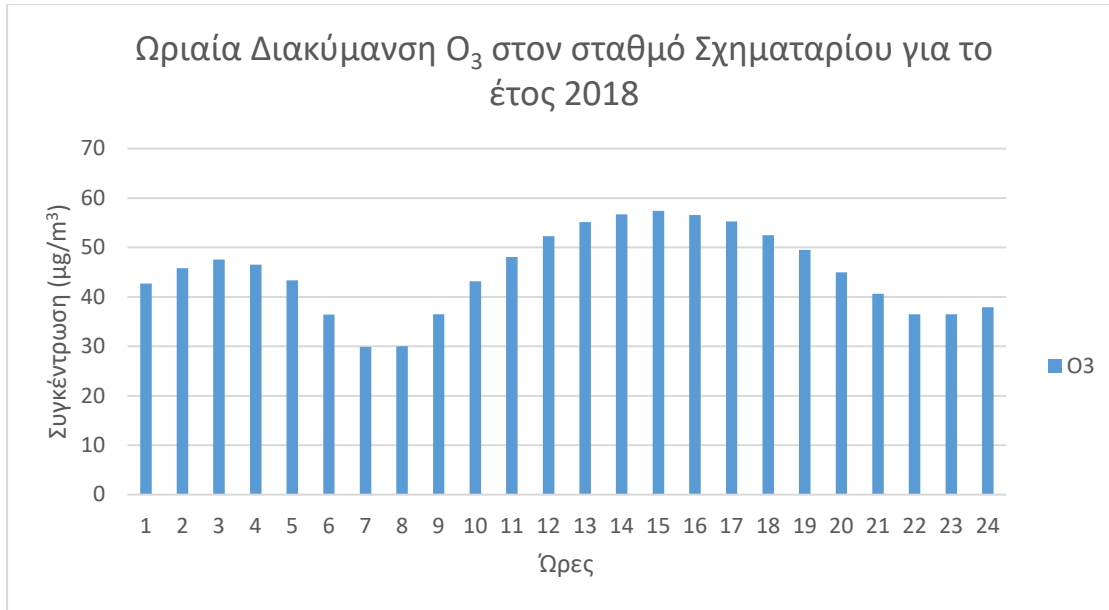


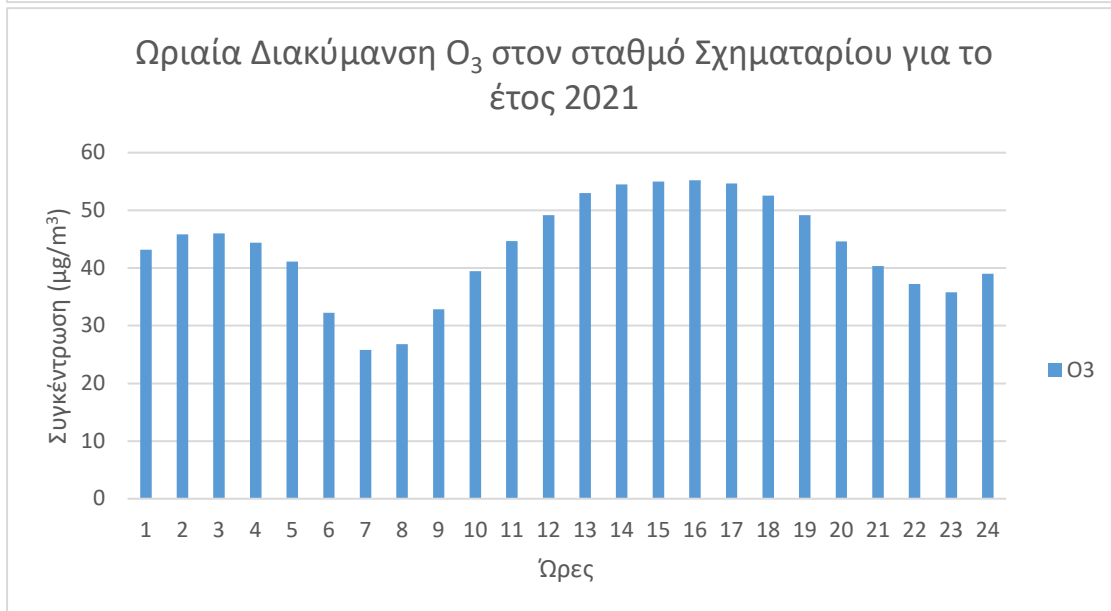
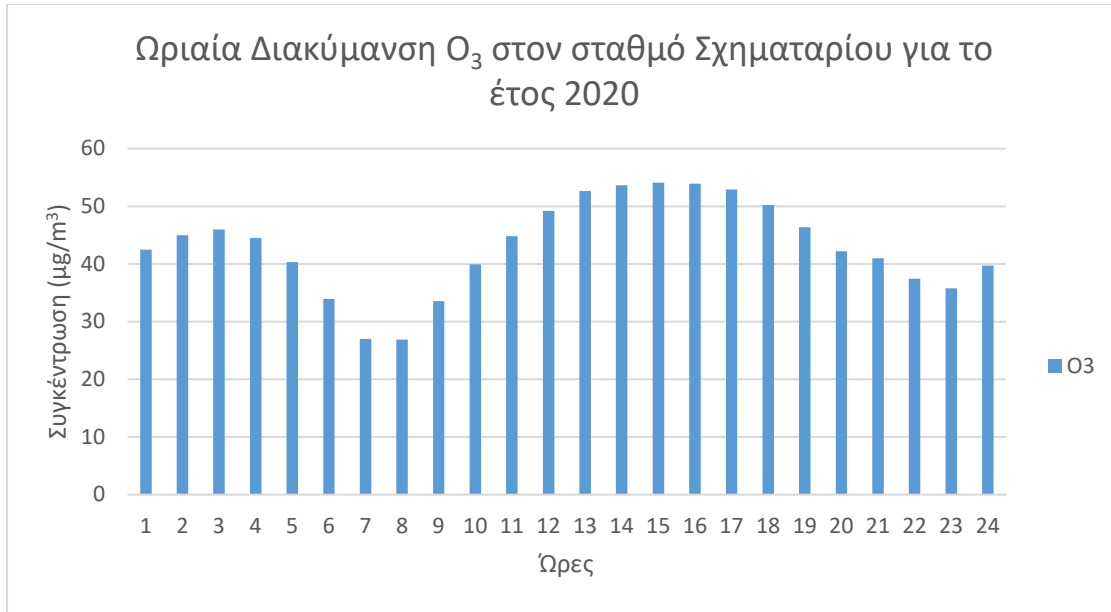


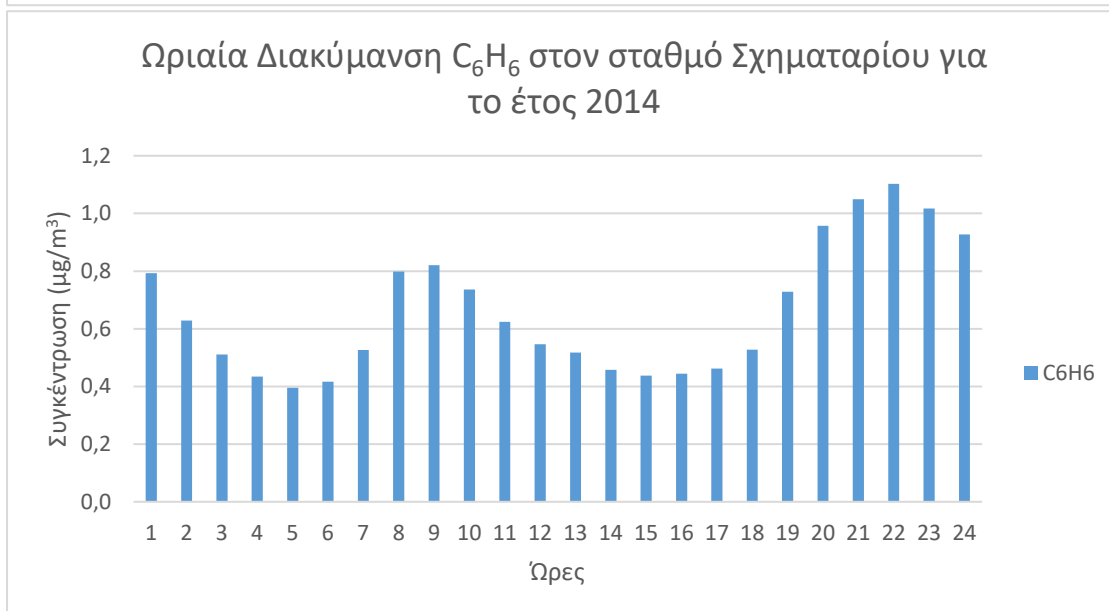
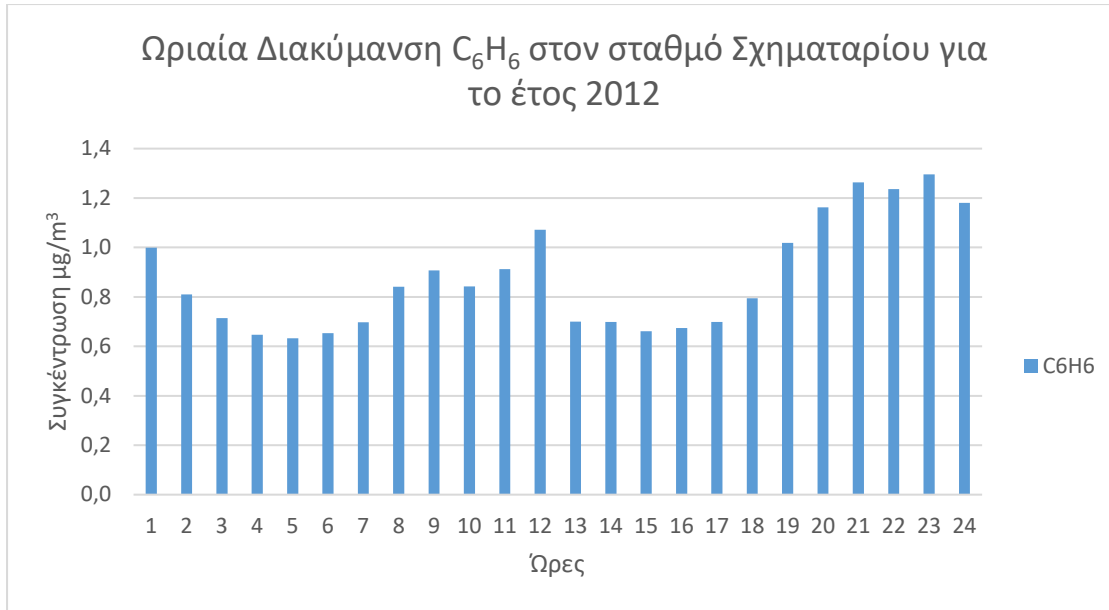


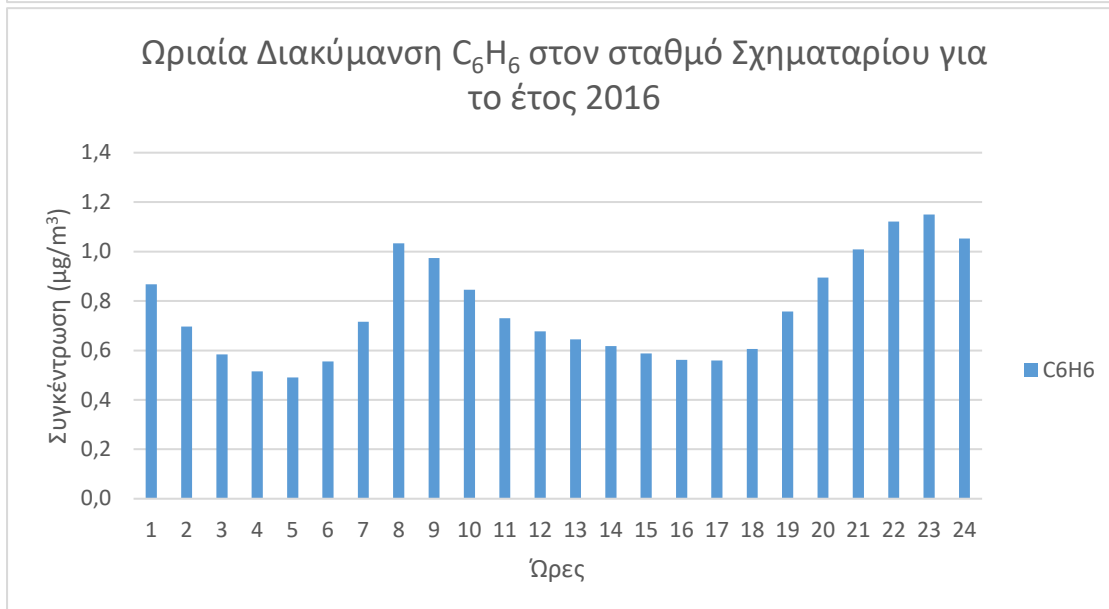
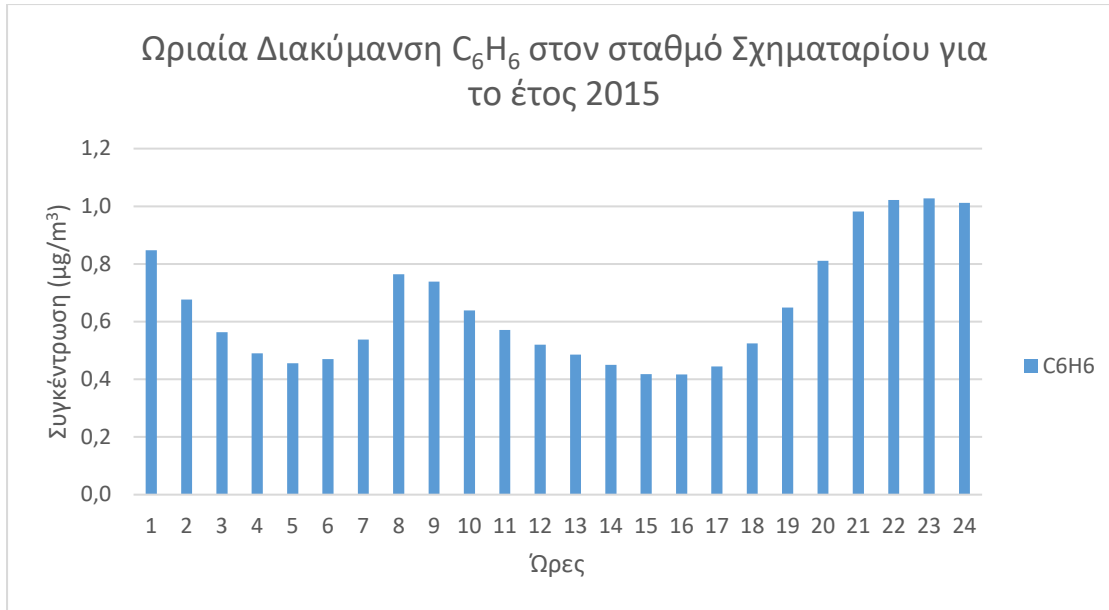




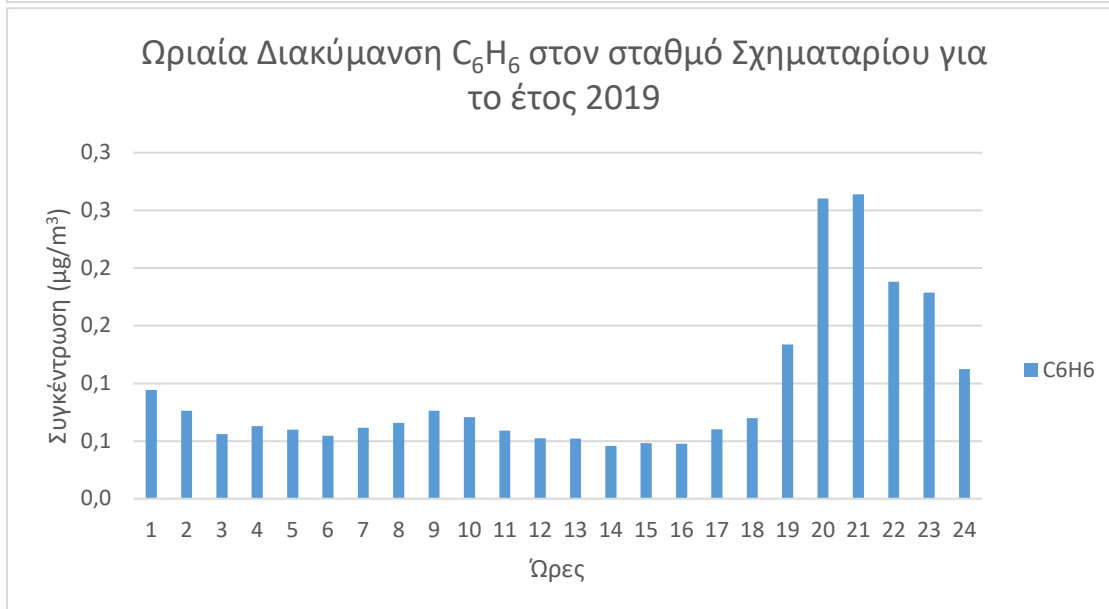
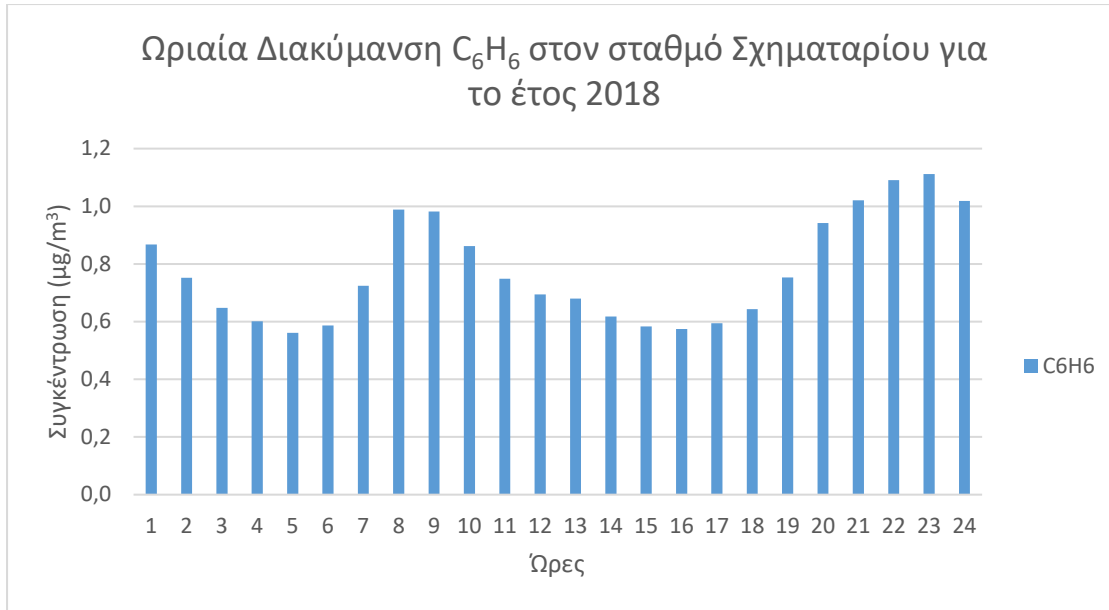




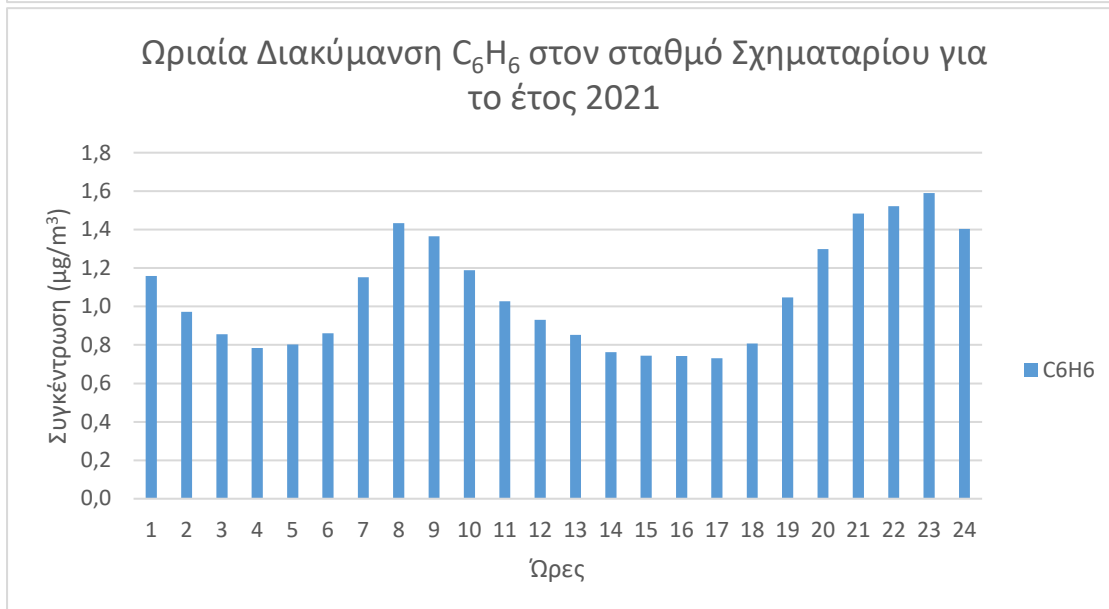
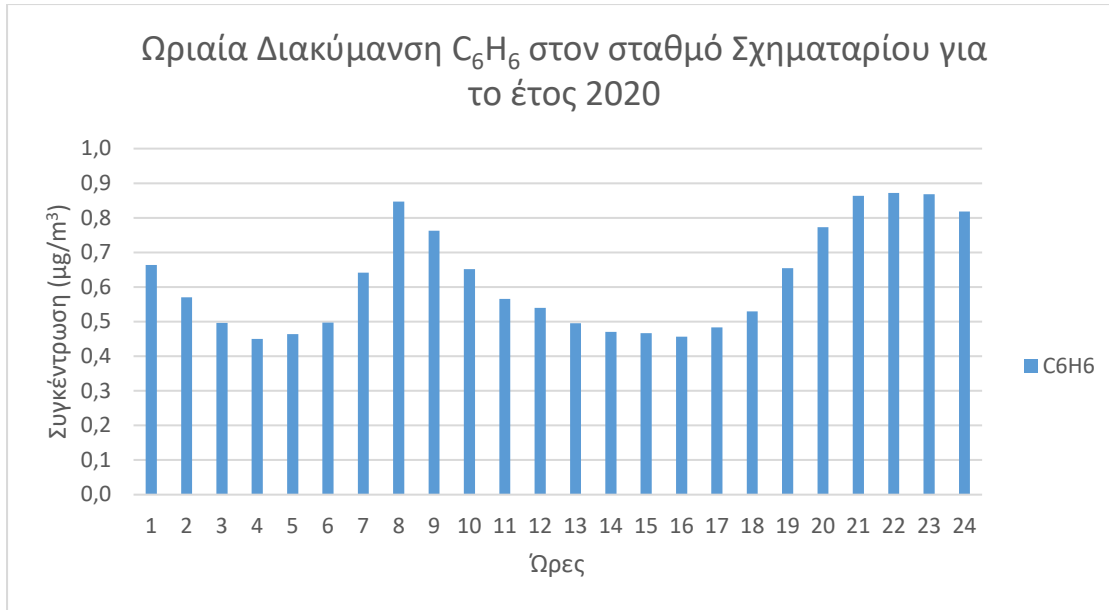




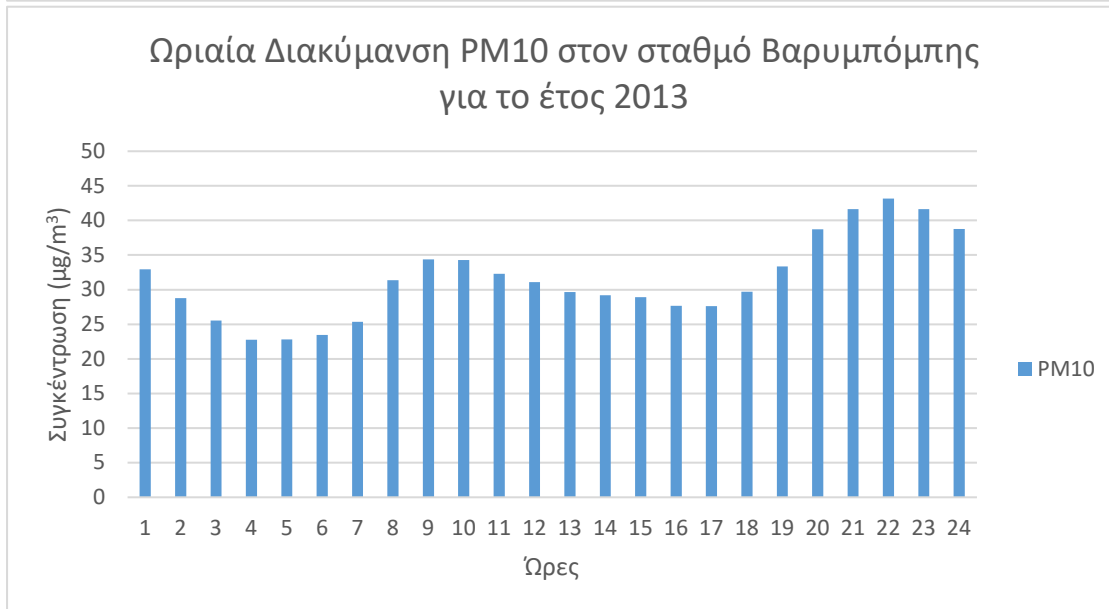
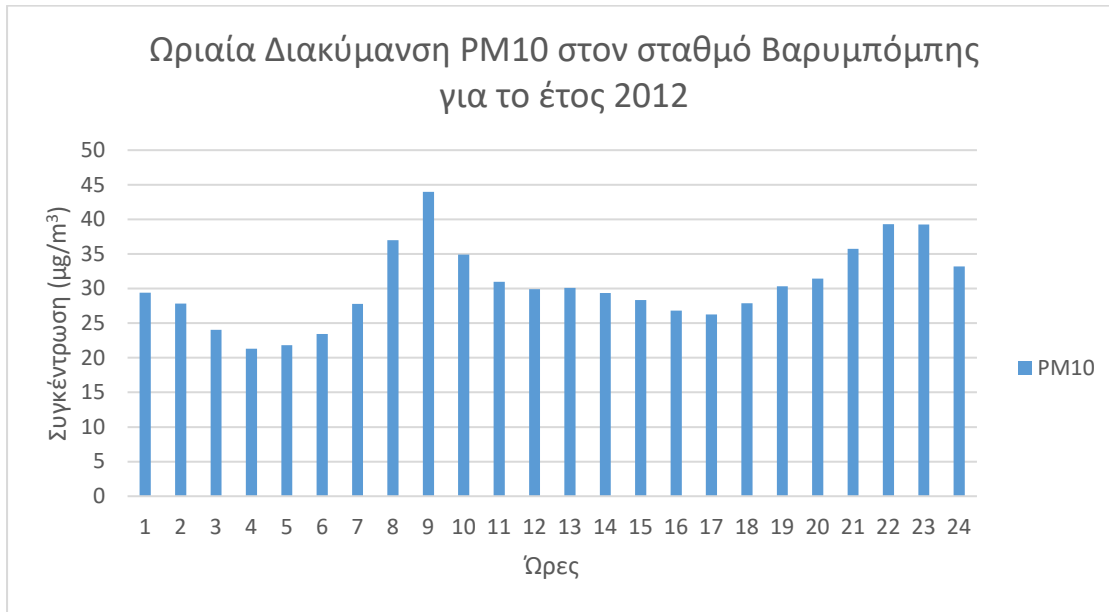


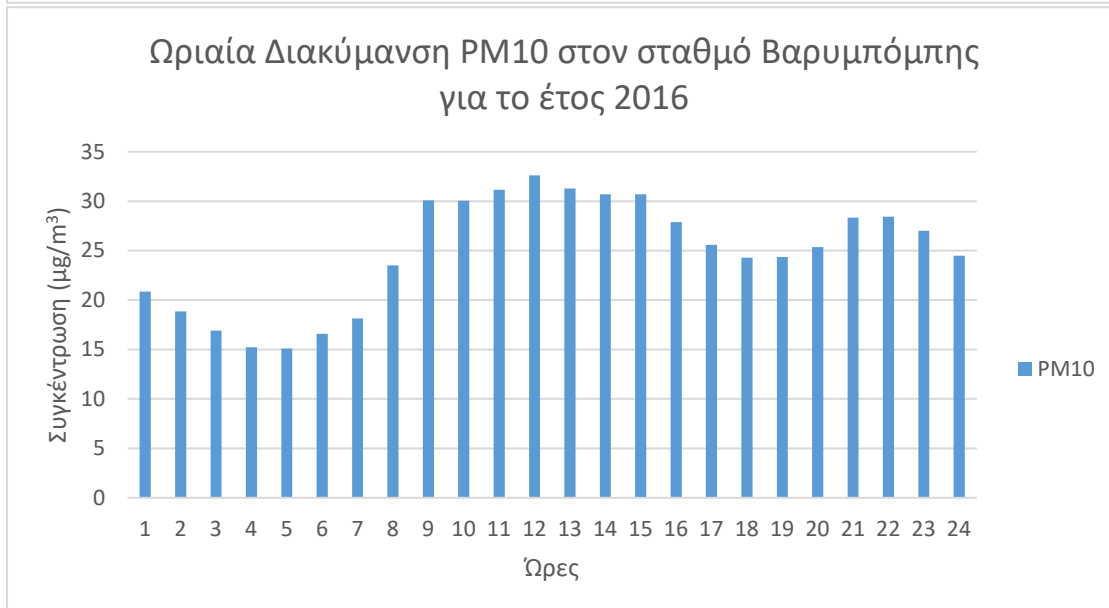
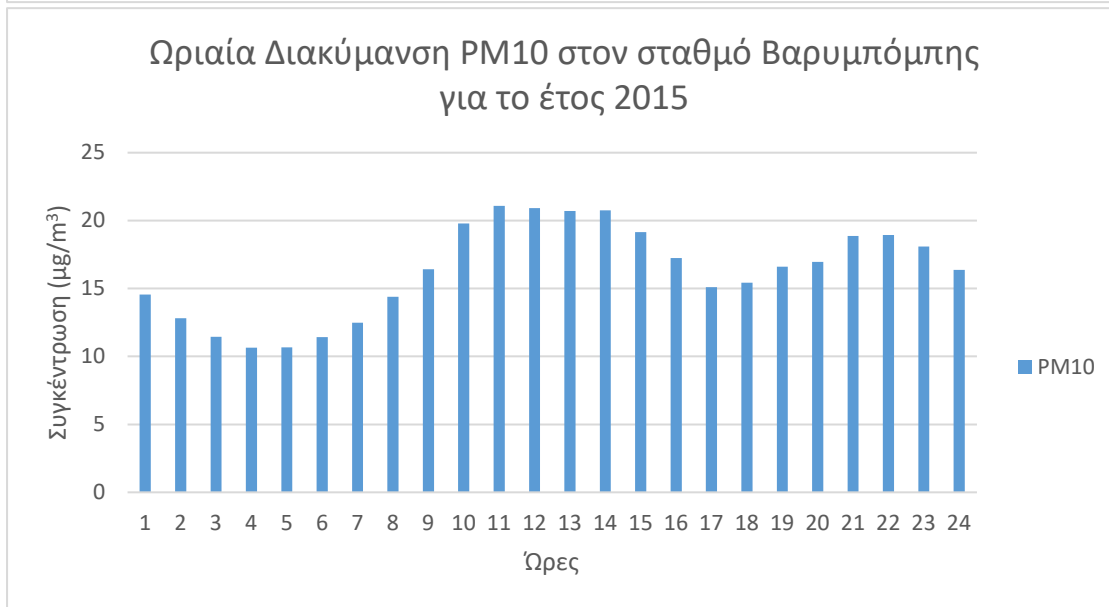
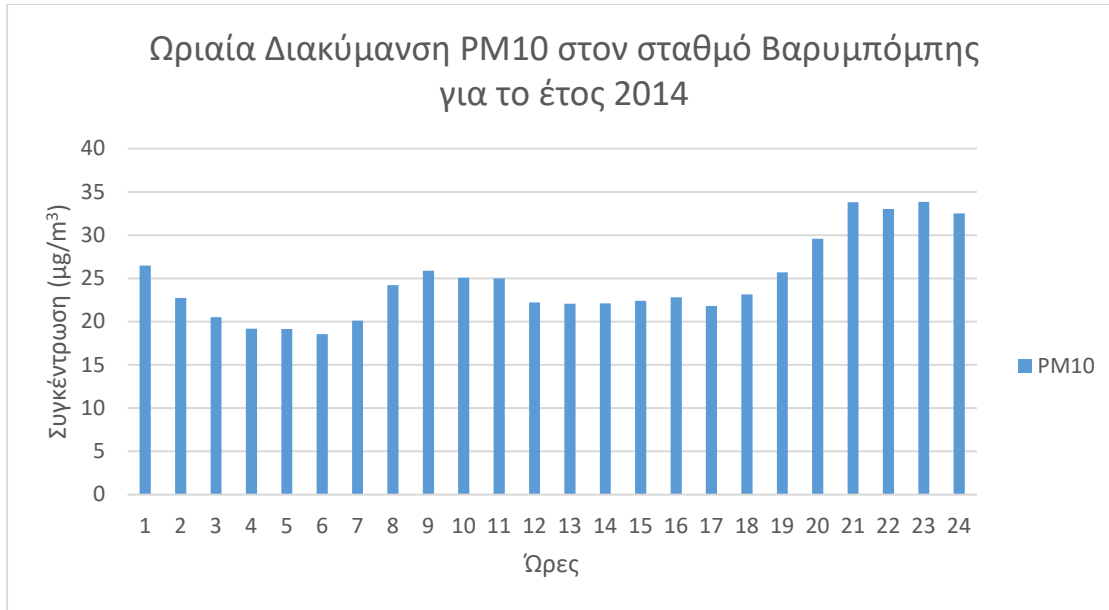


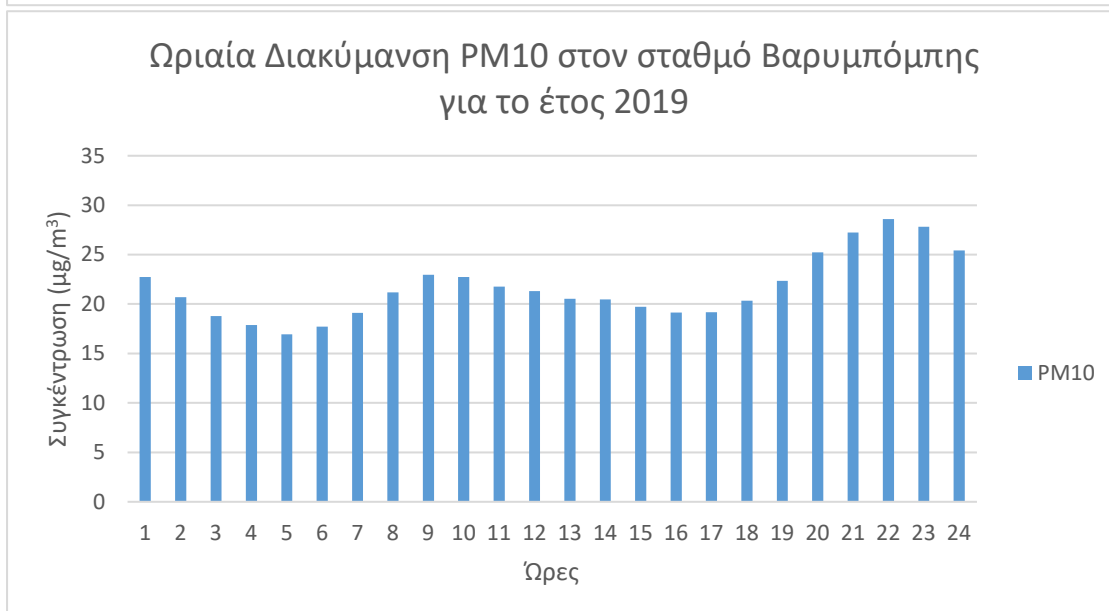
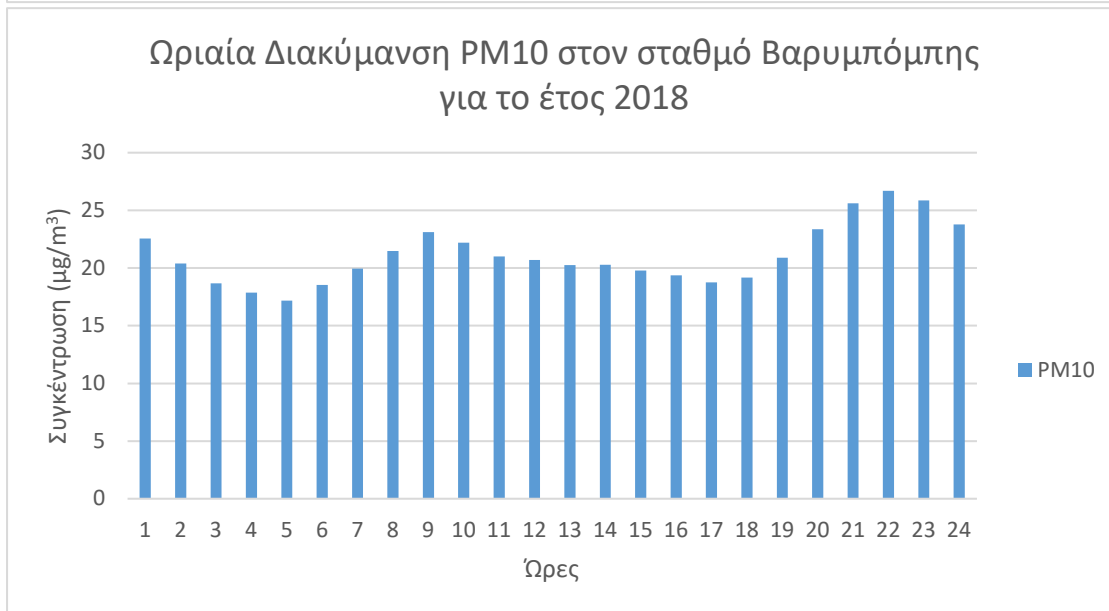
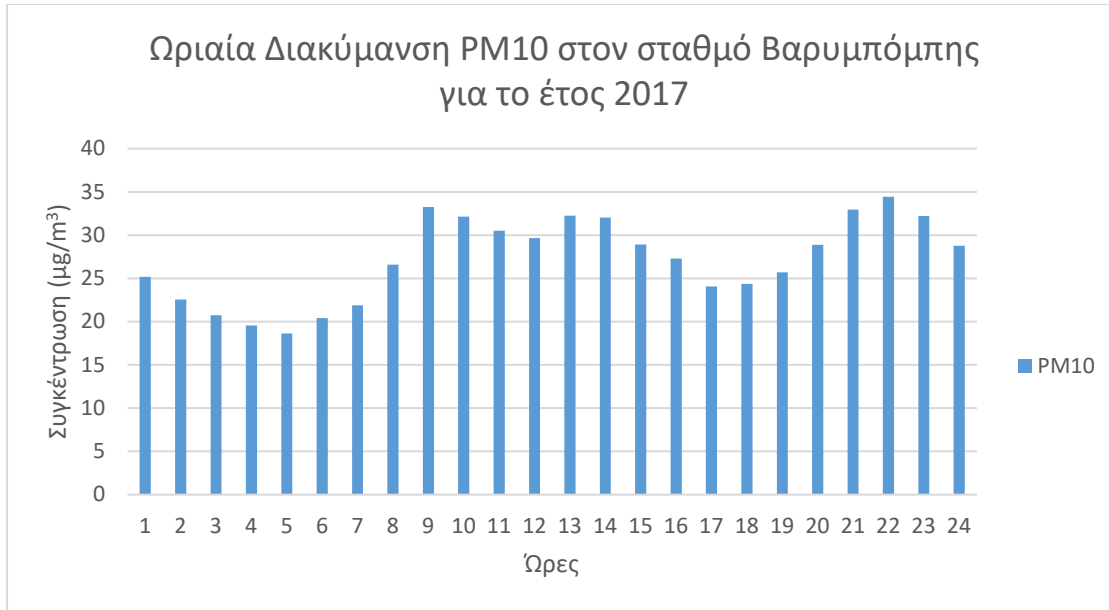
\* Οι τιμές για το έτος 2019 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)

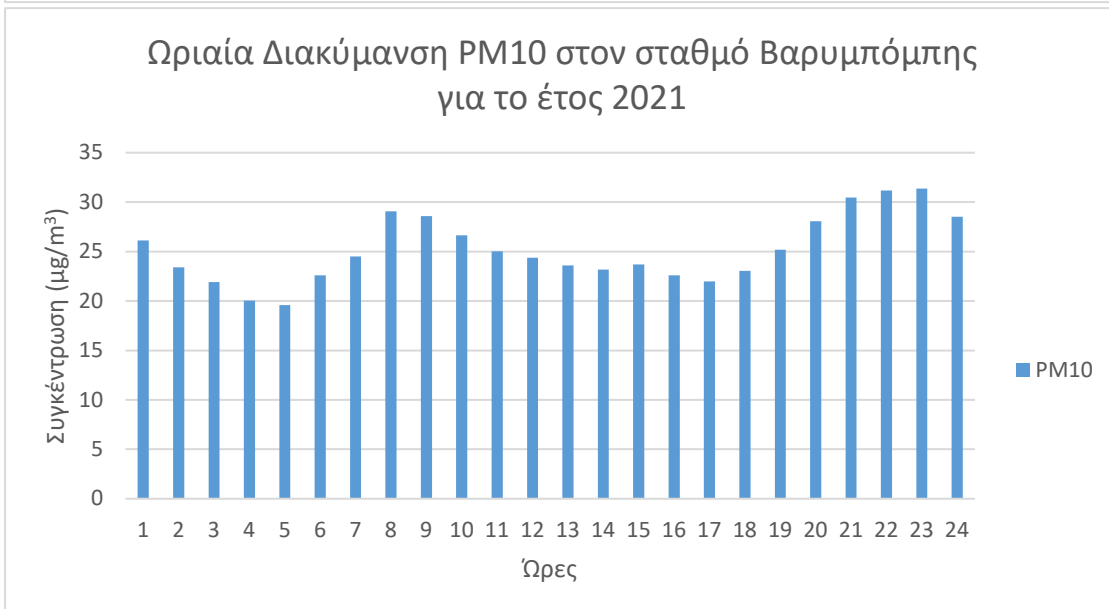
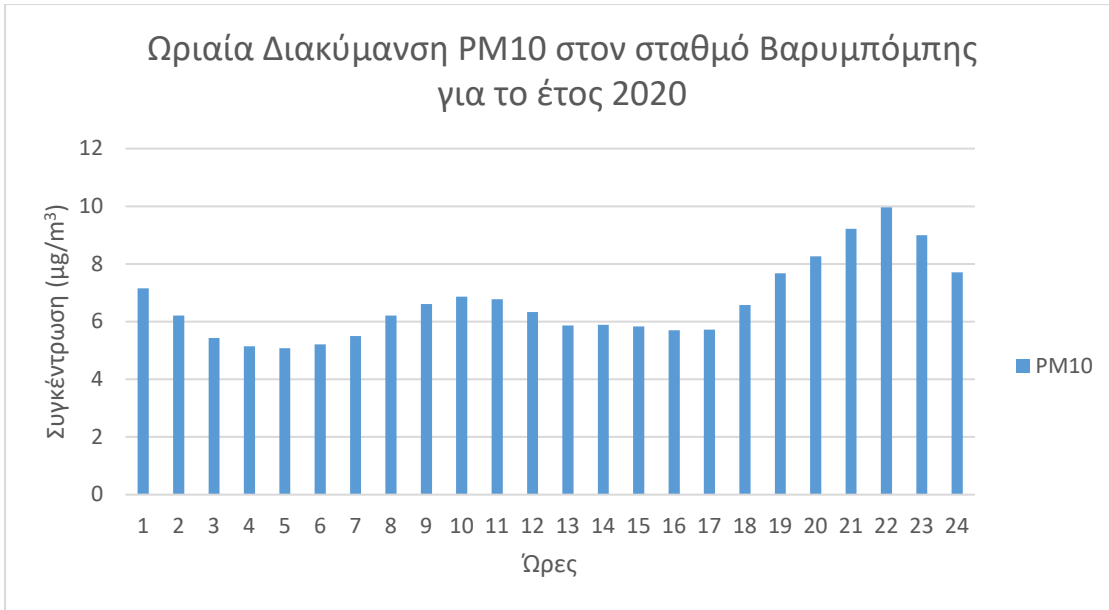


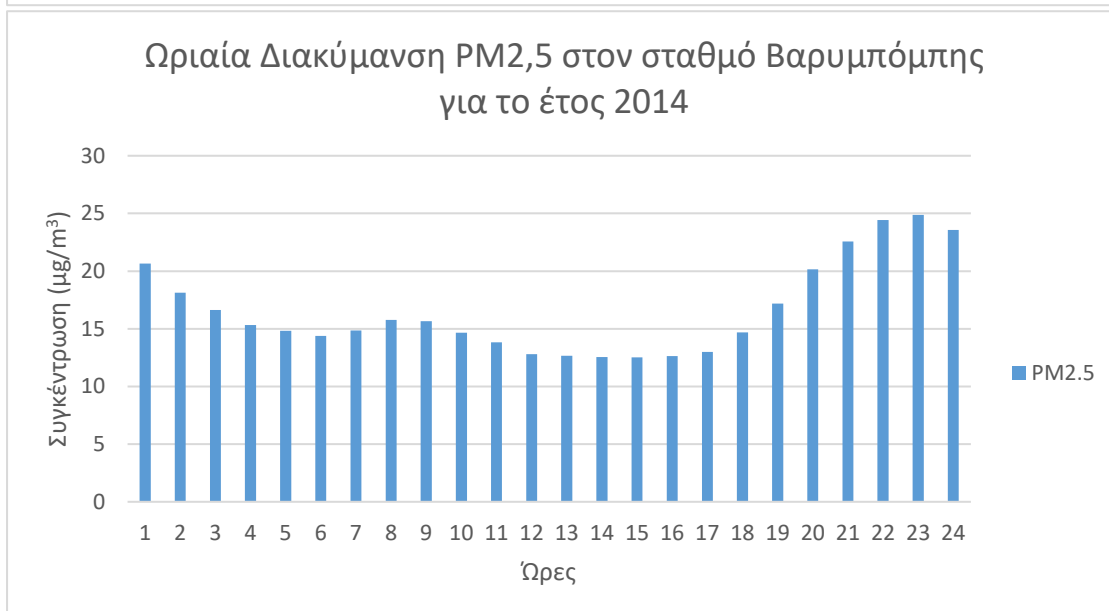
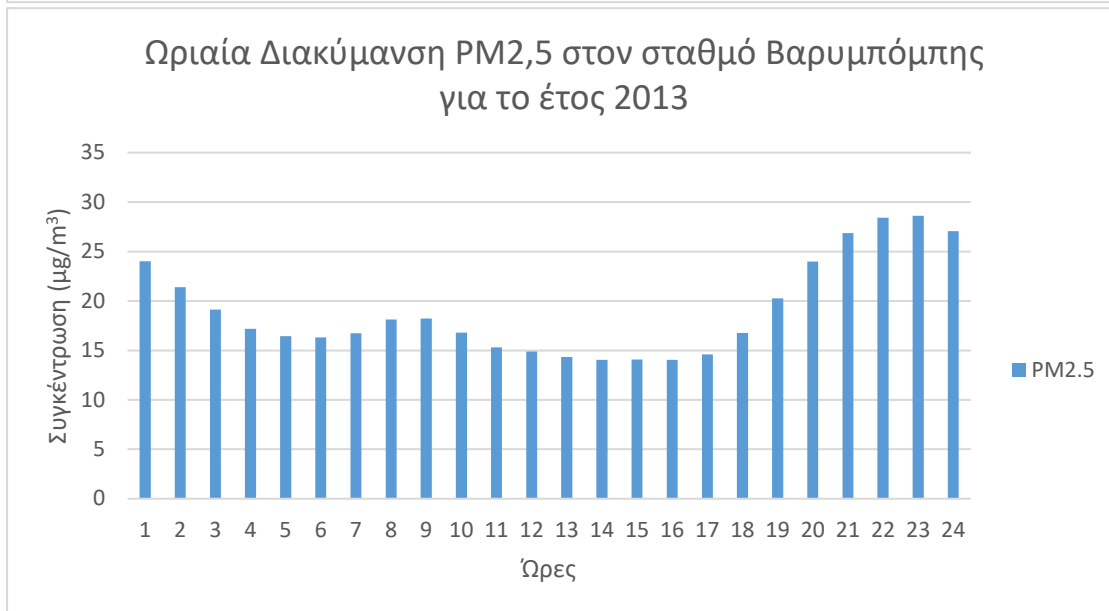
• ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΡΥΜΠΟΜΠΗΣ

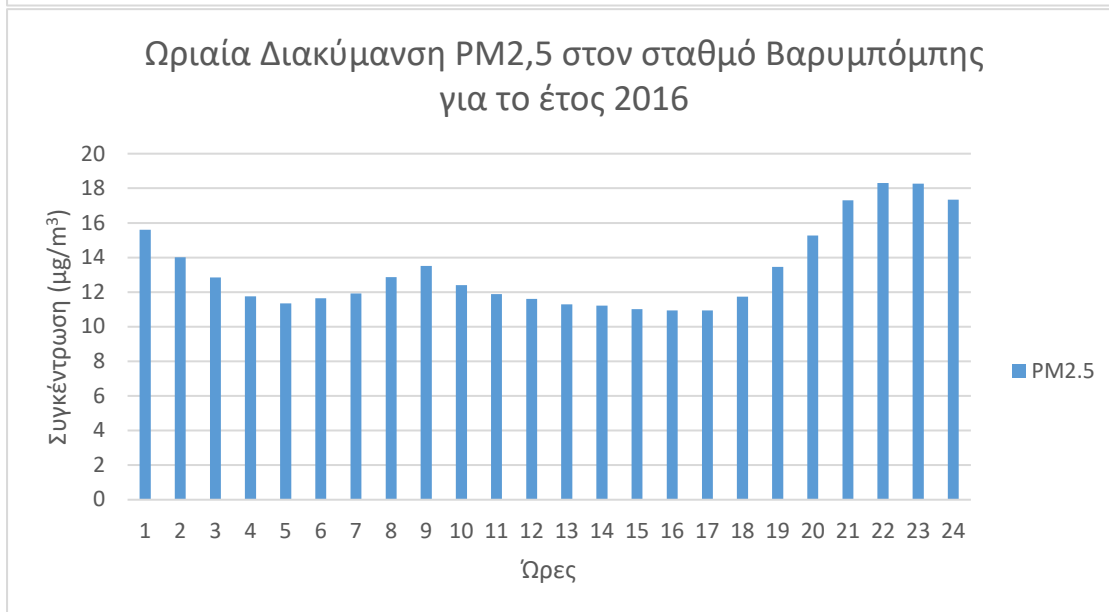
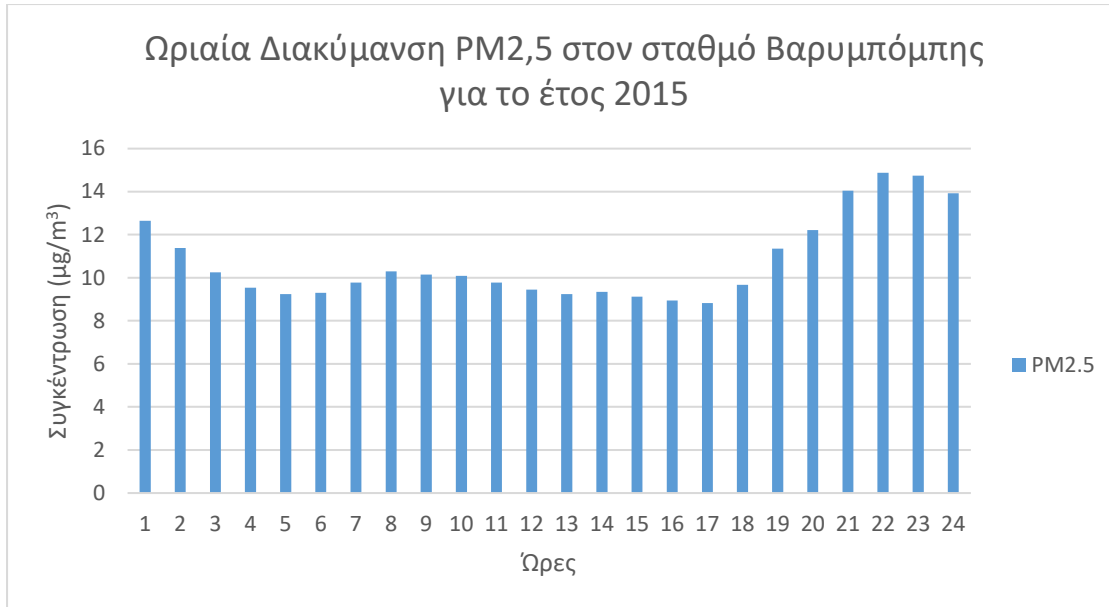




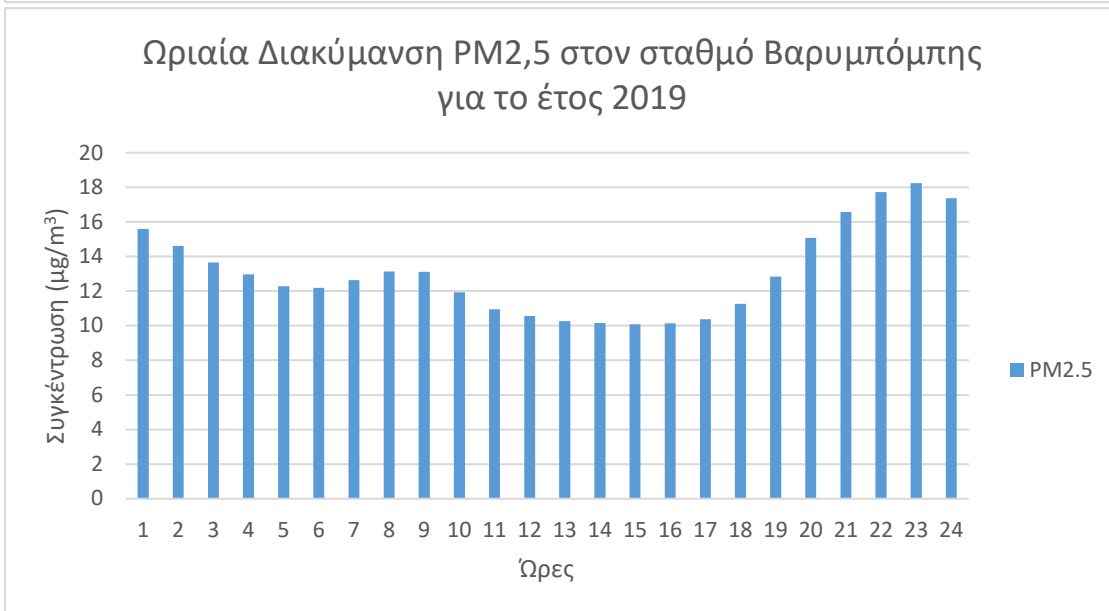
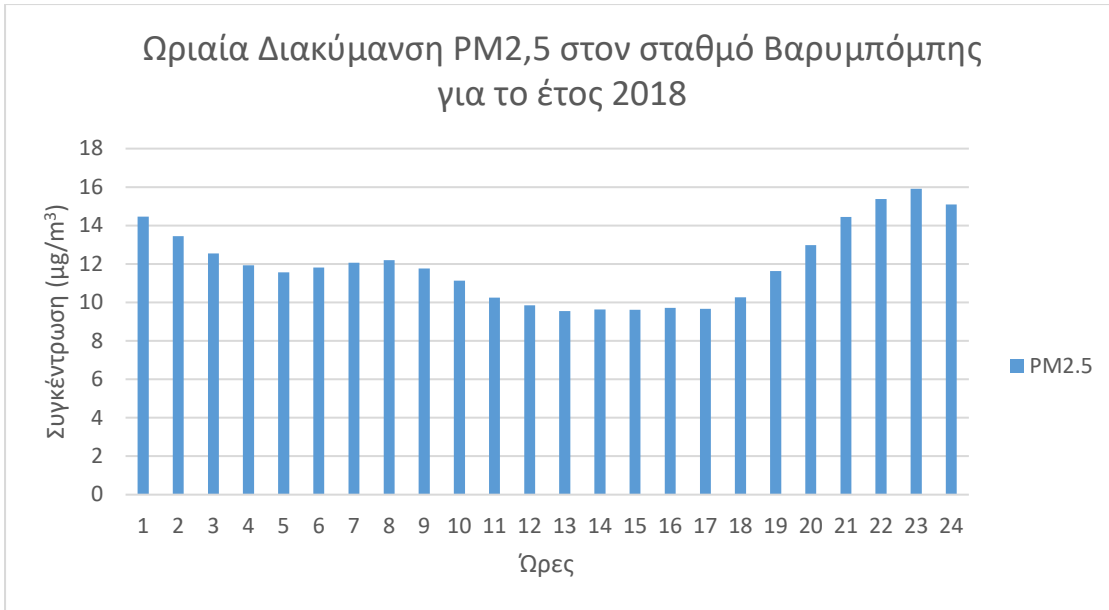




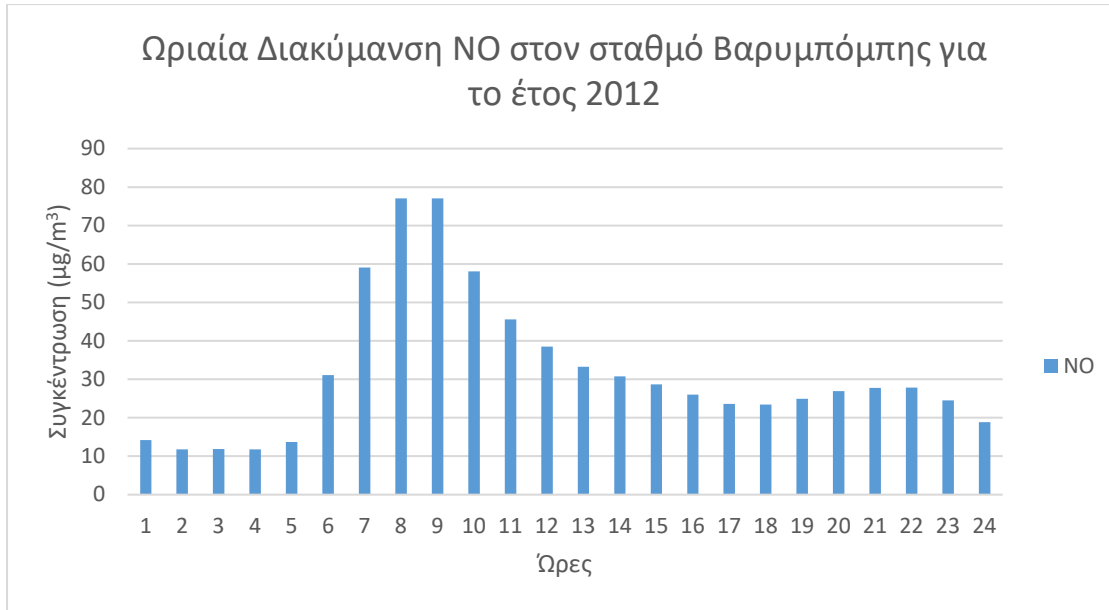


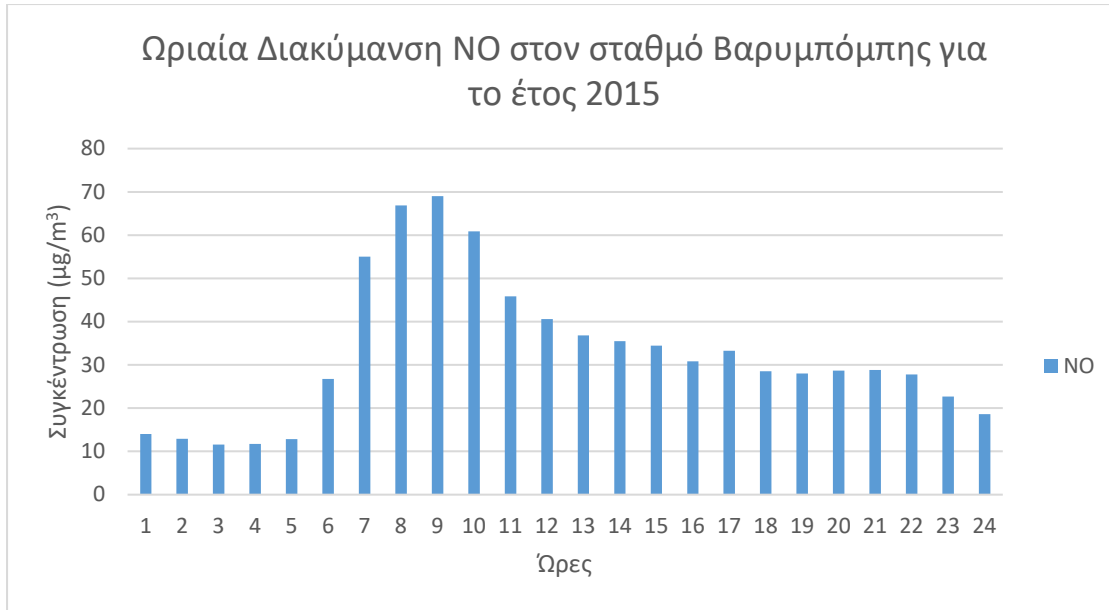




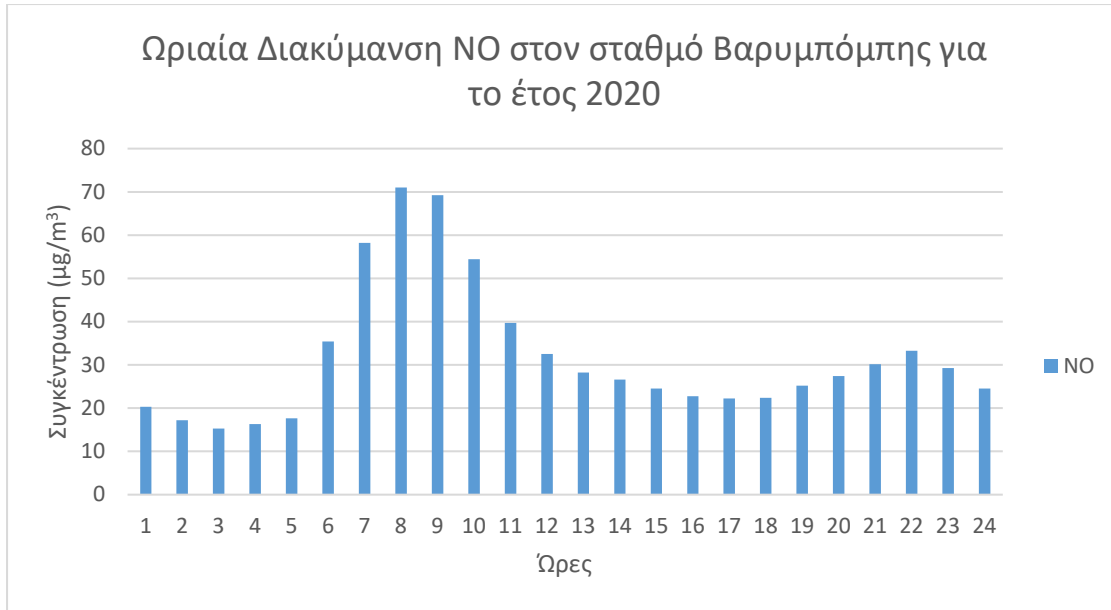




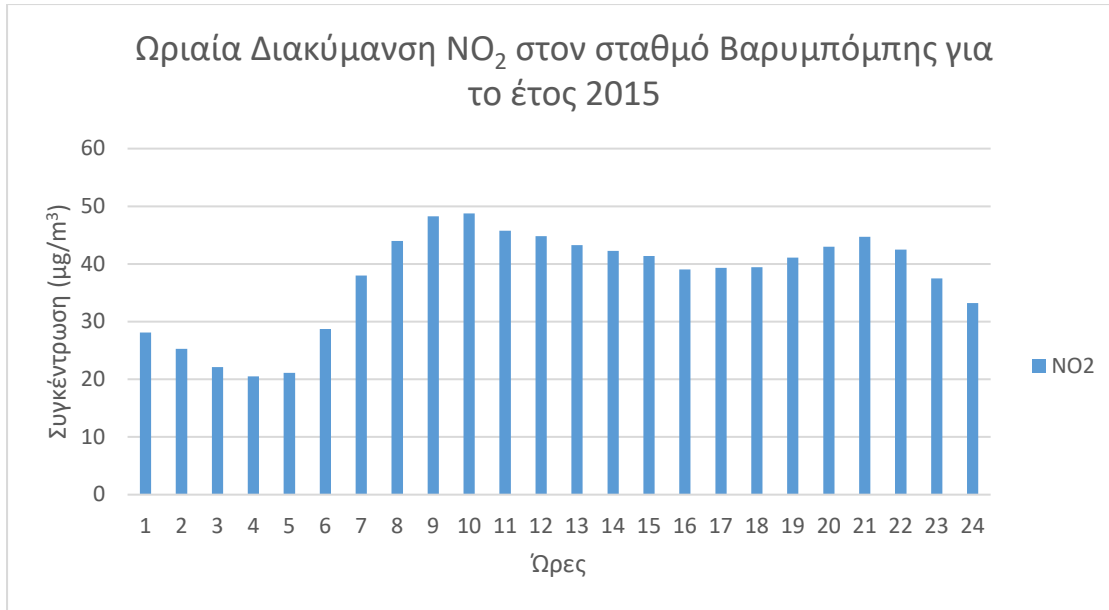








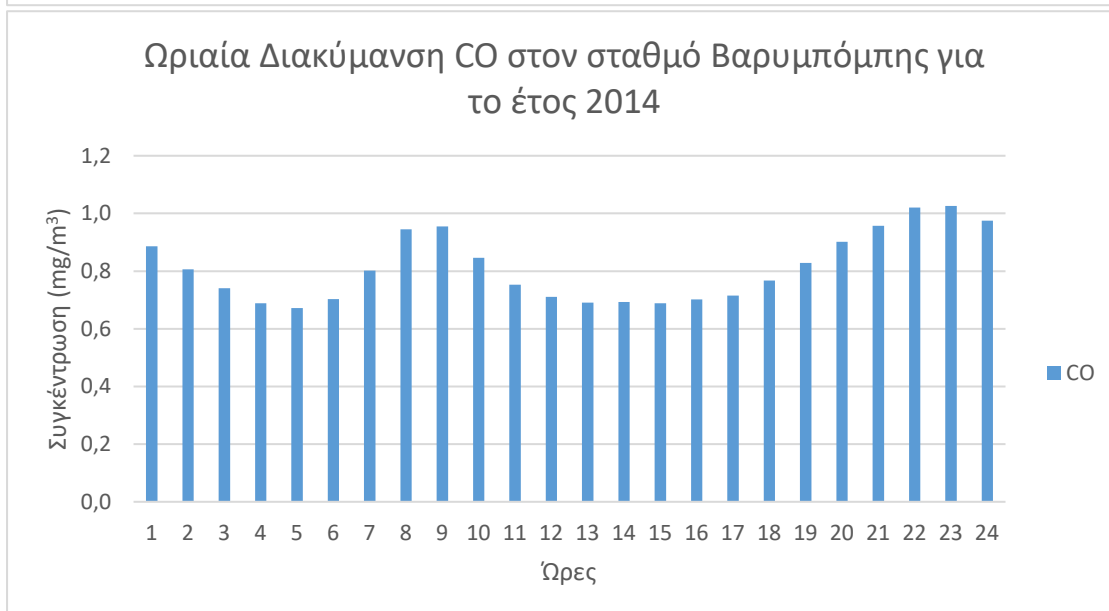
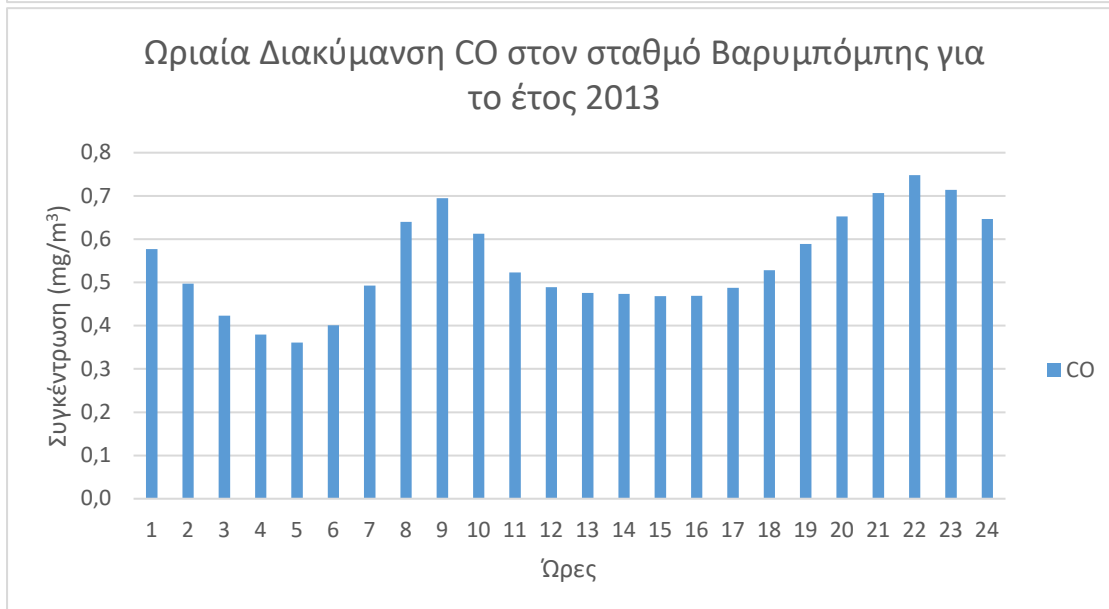
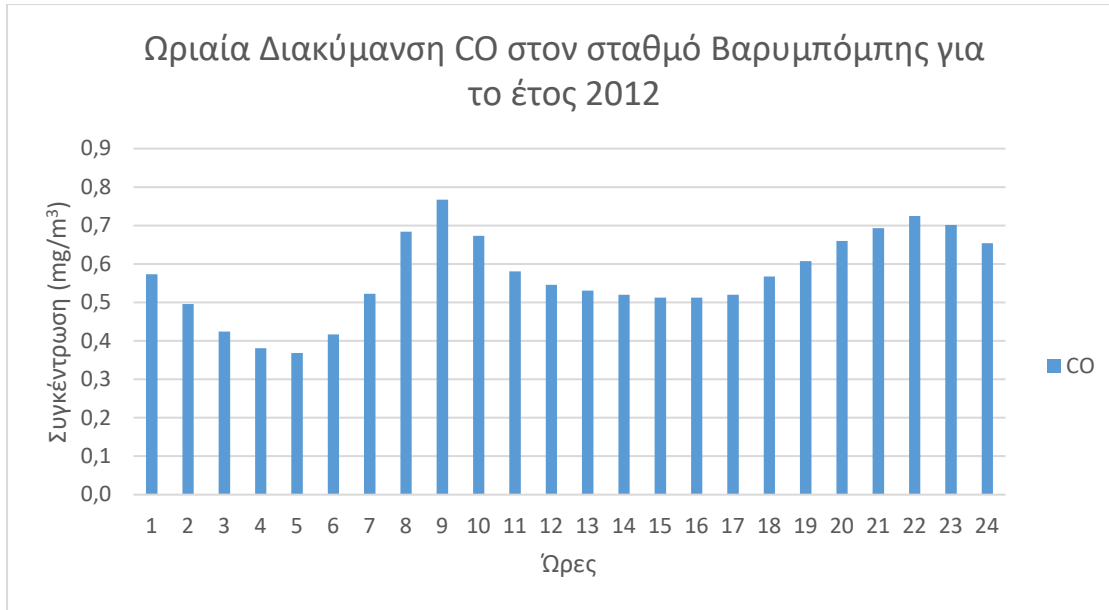


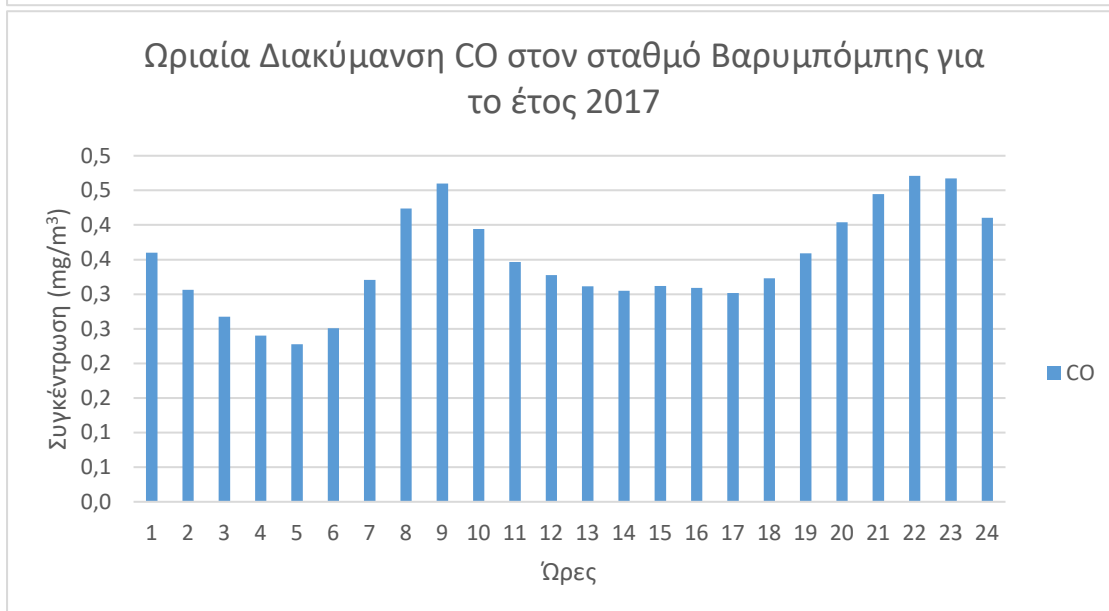
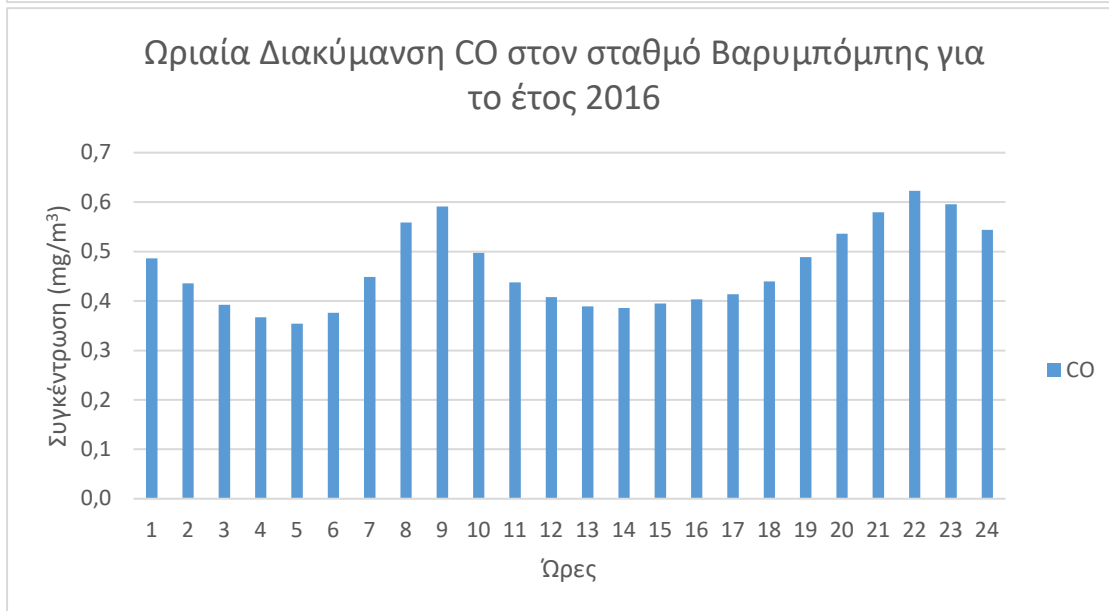
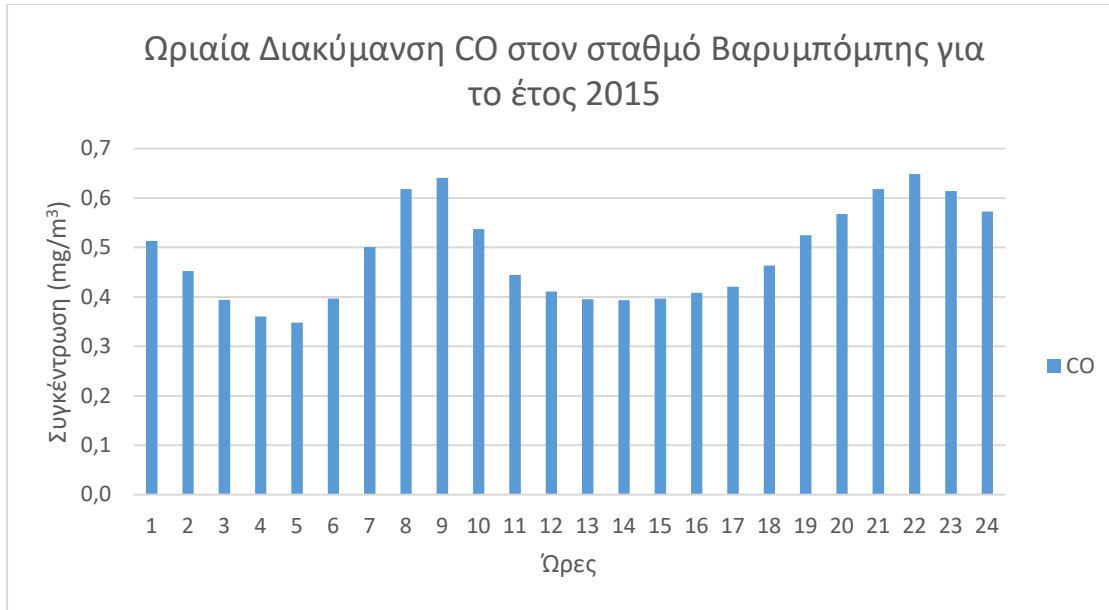


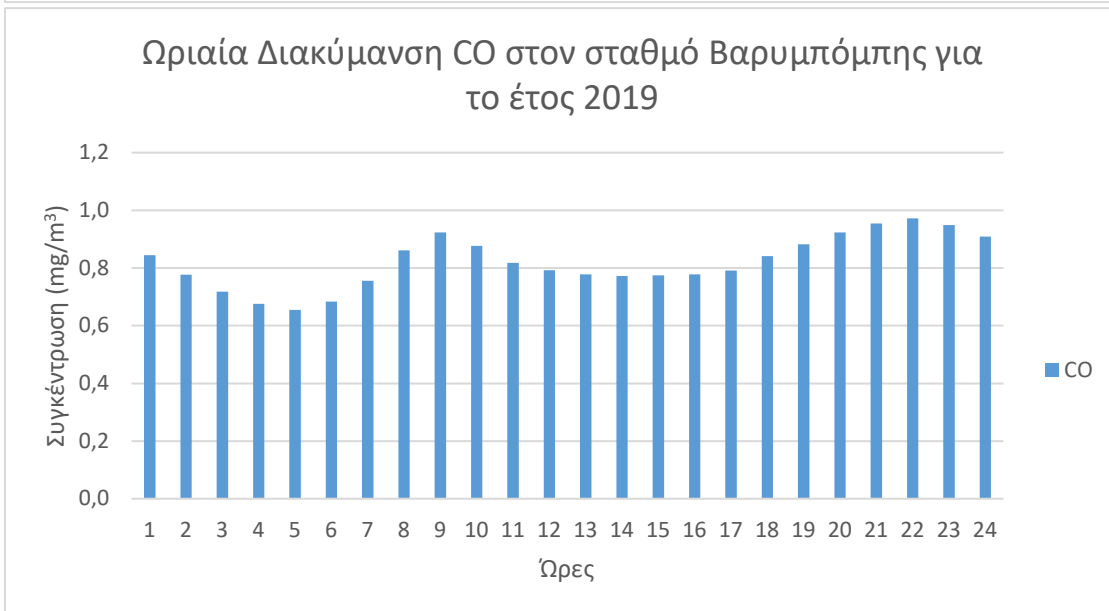
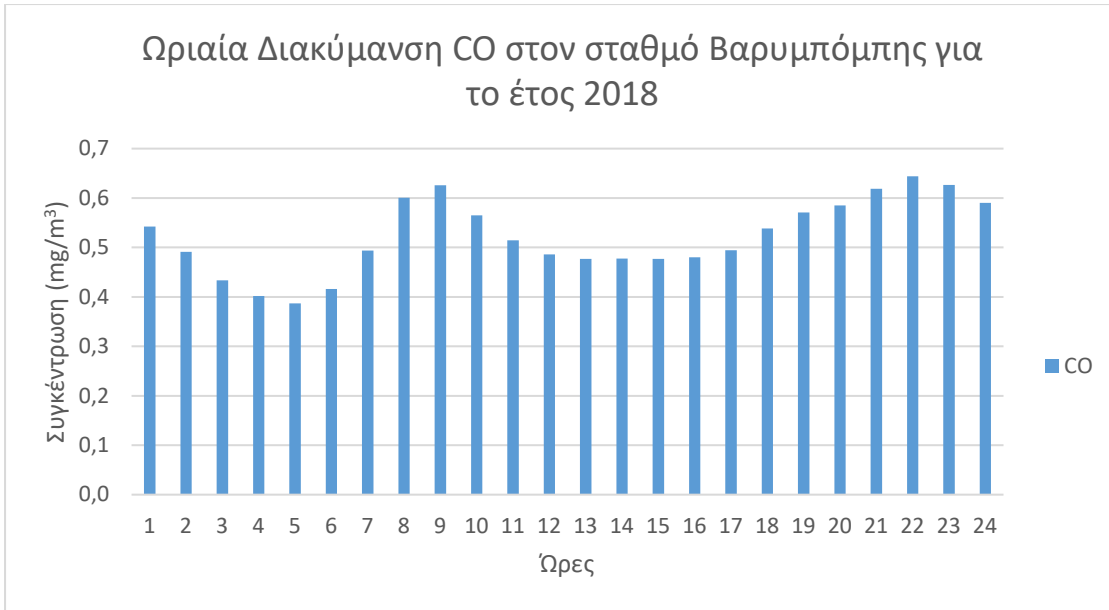


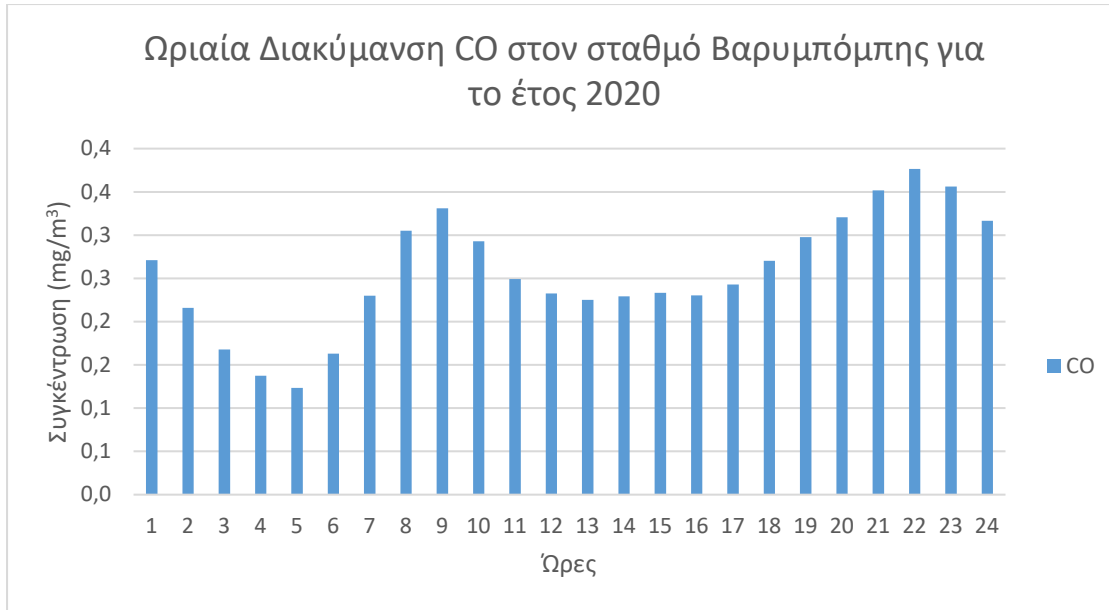


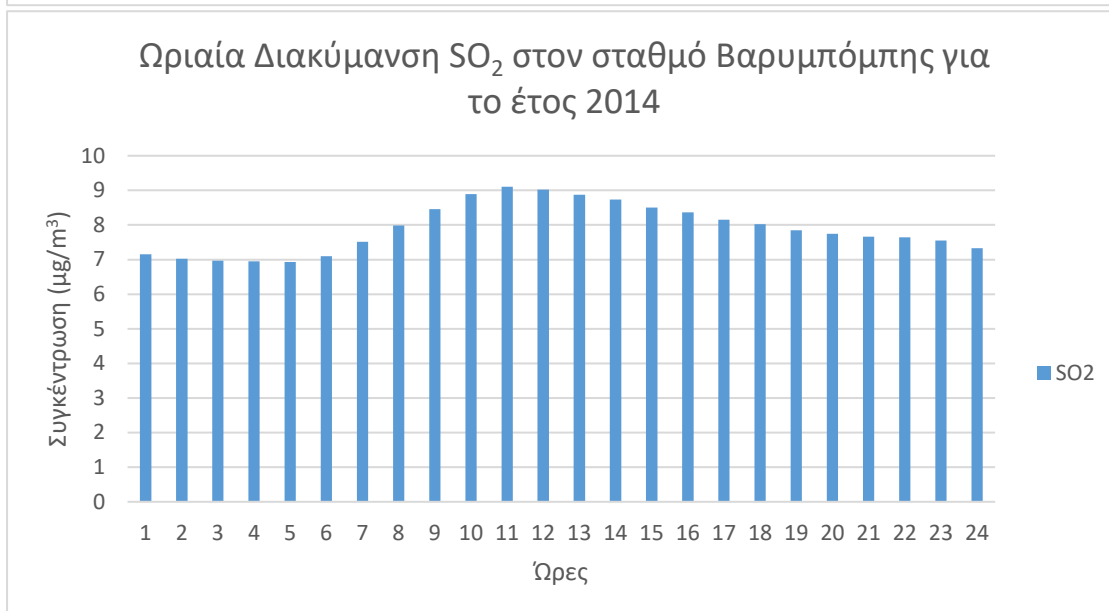
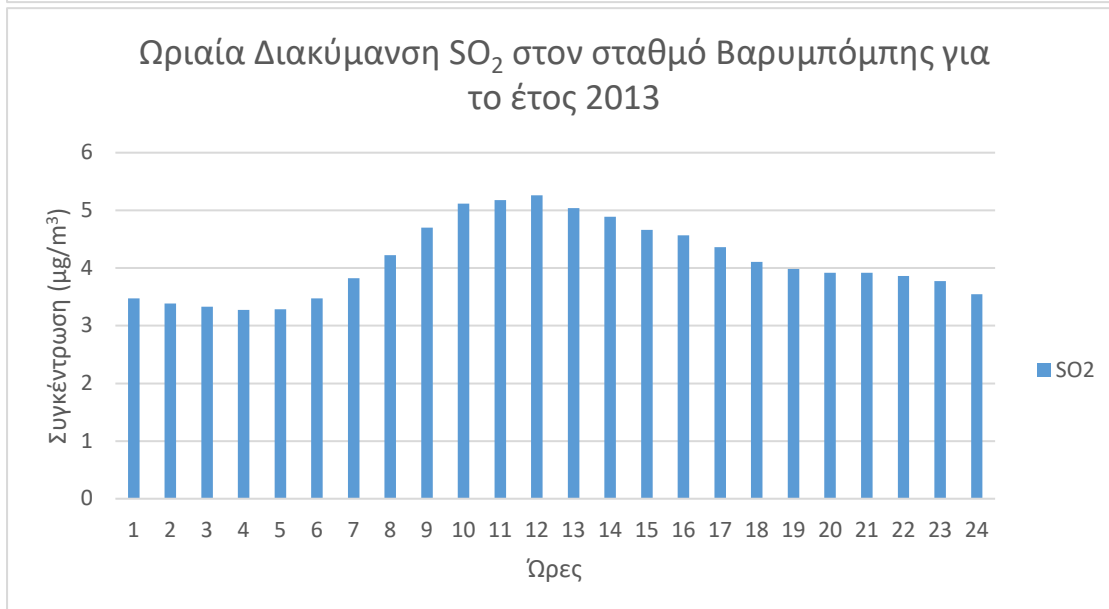
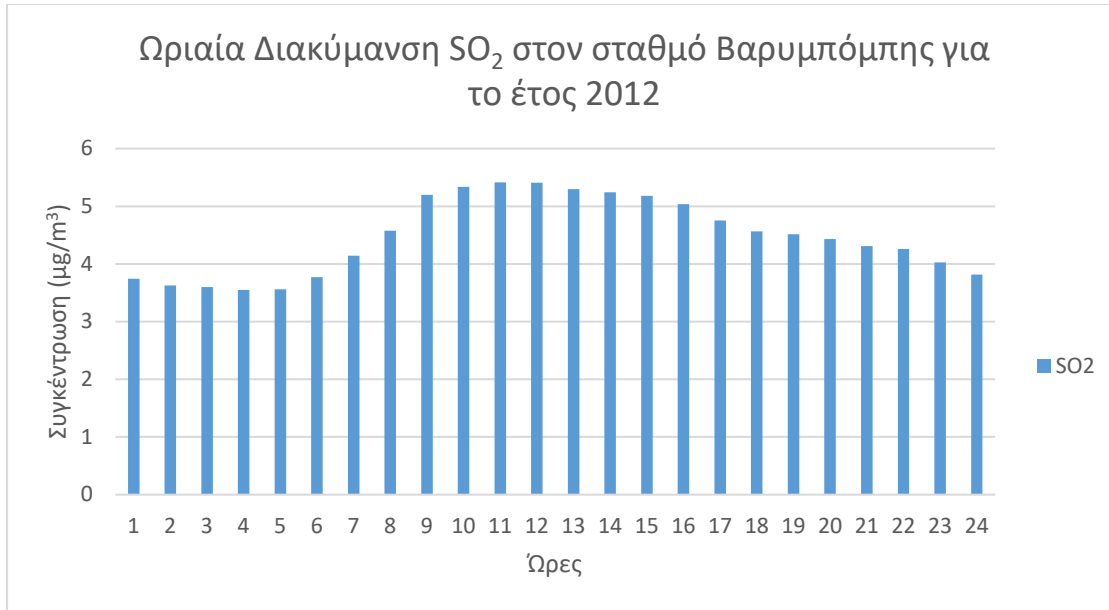


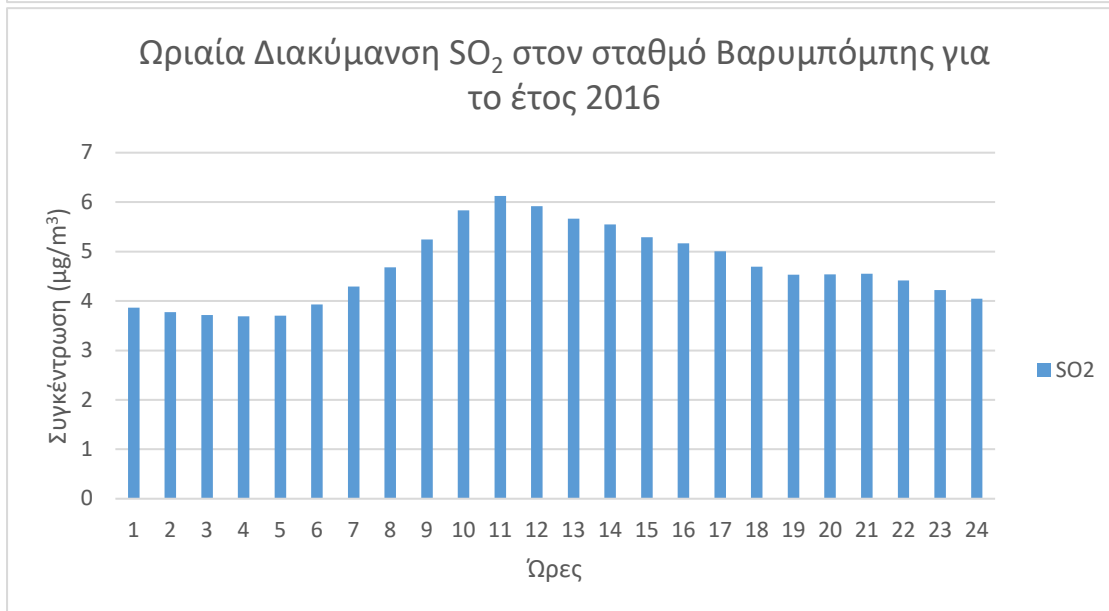
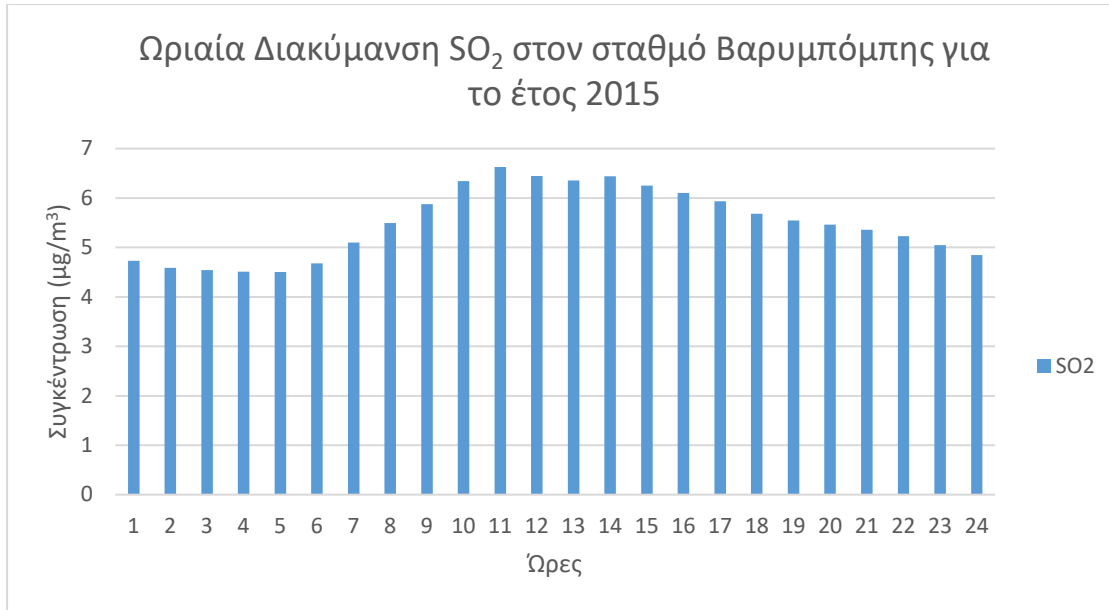




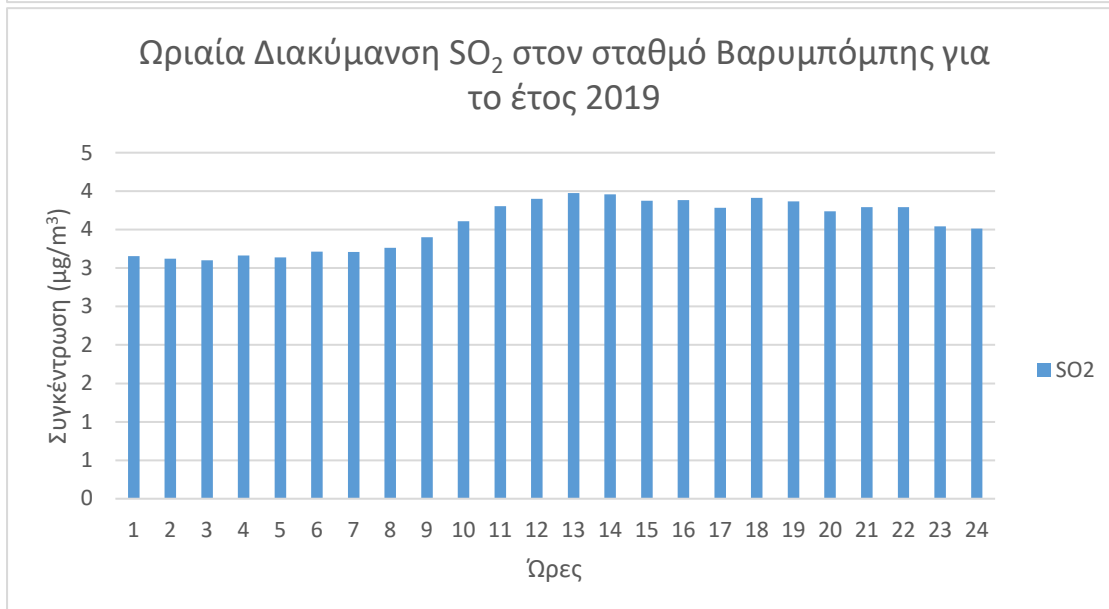


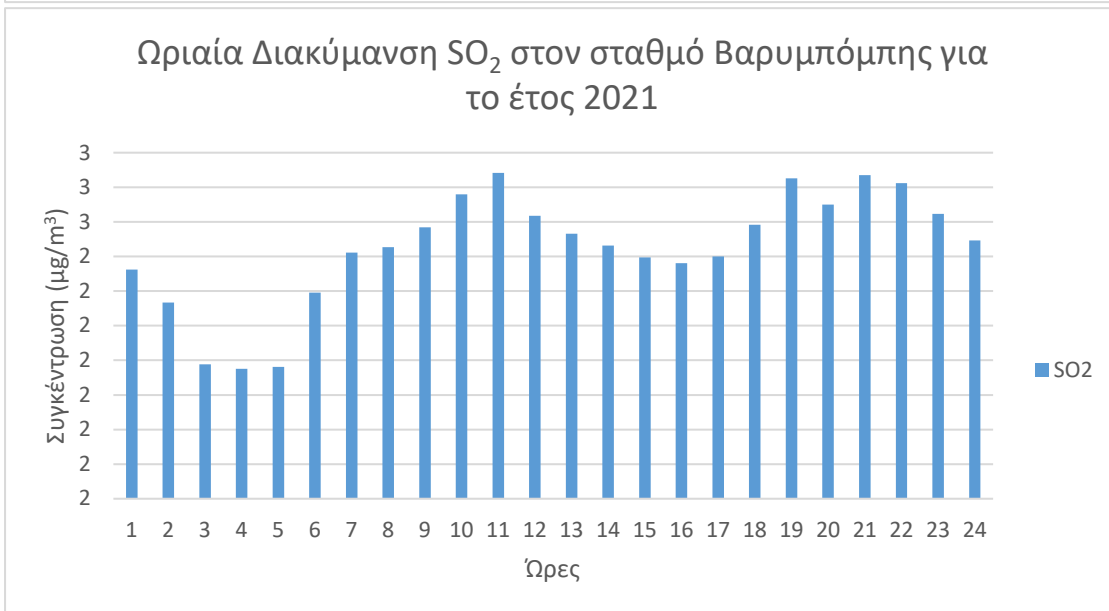
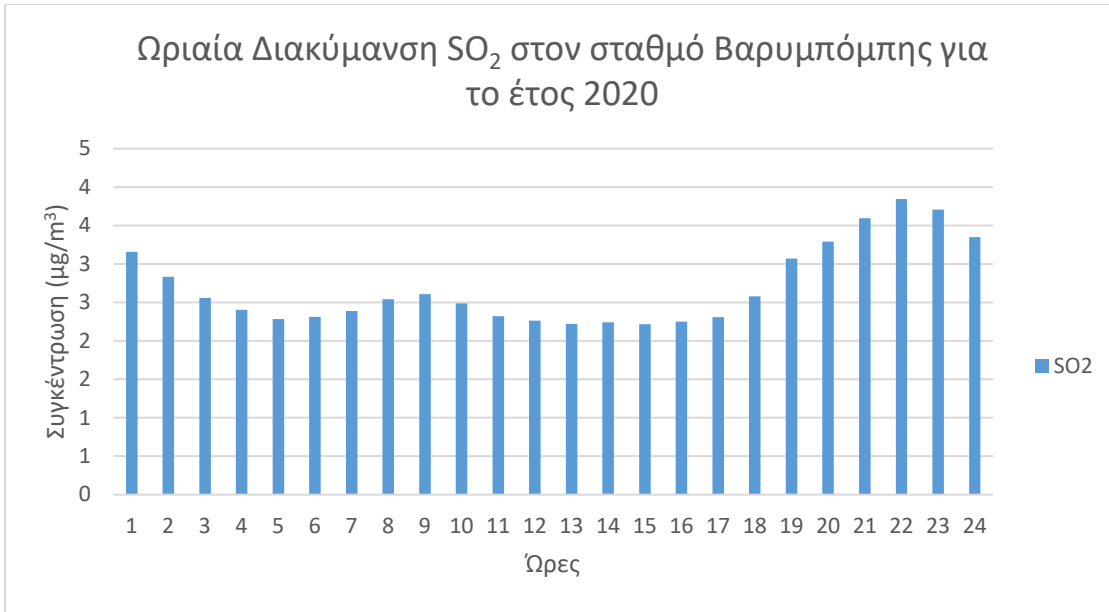


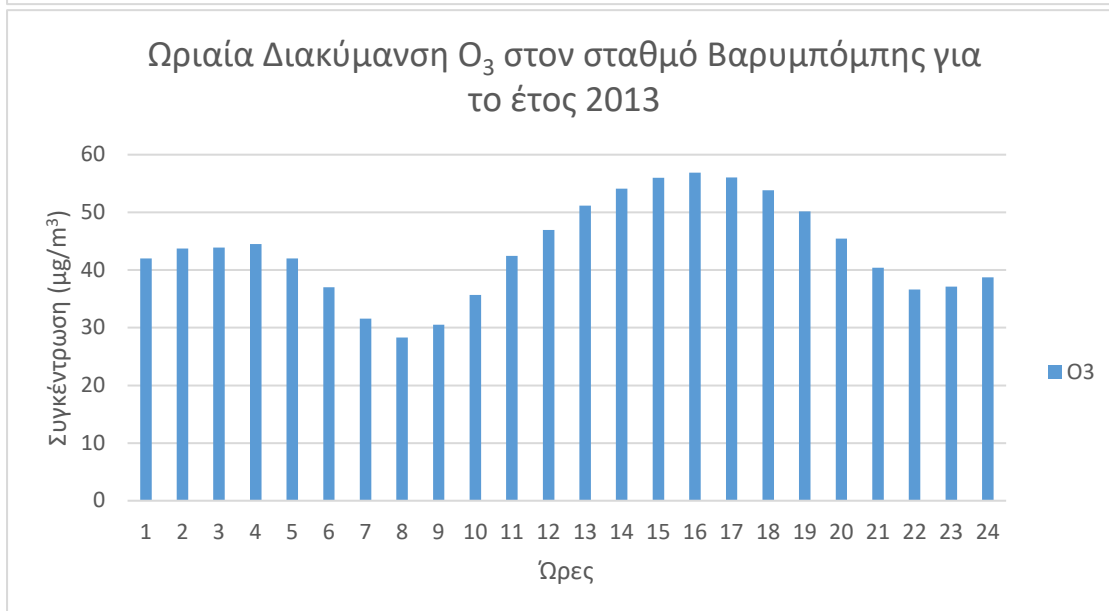


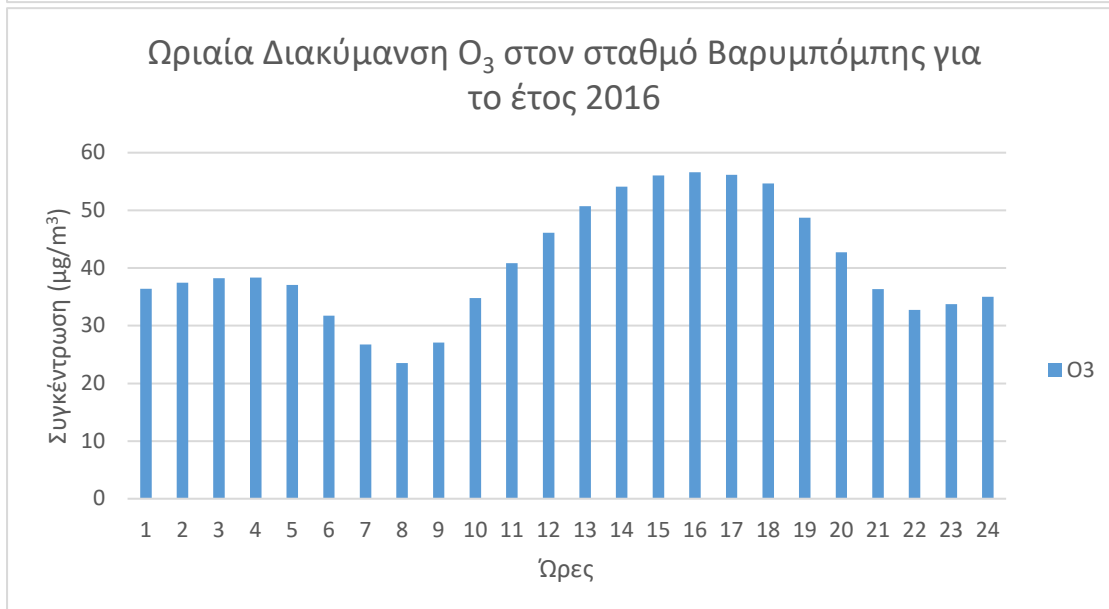
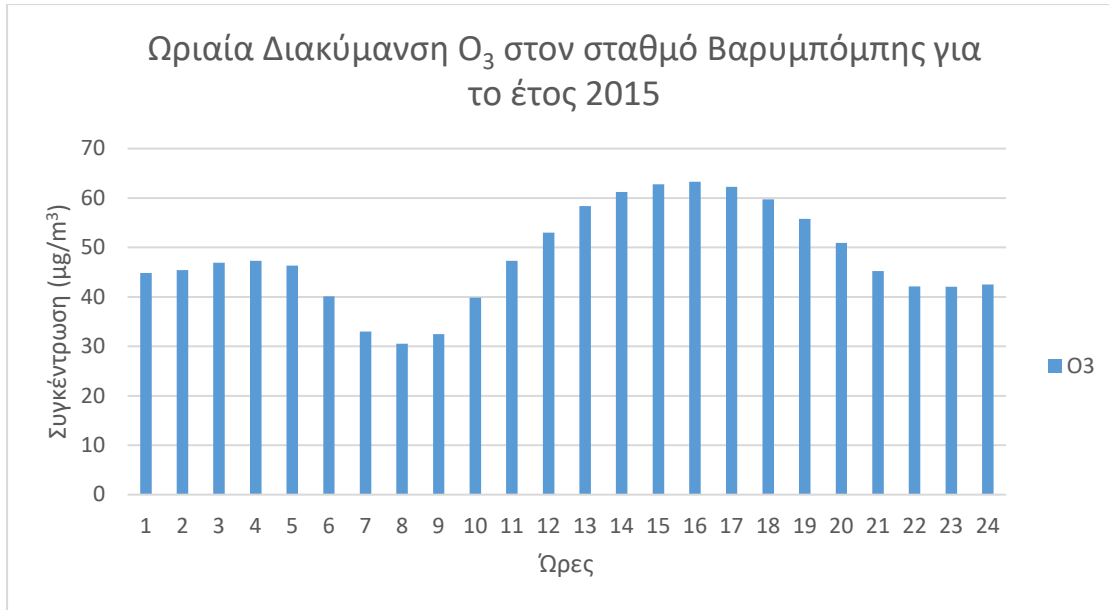


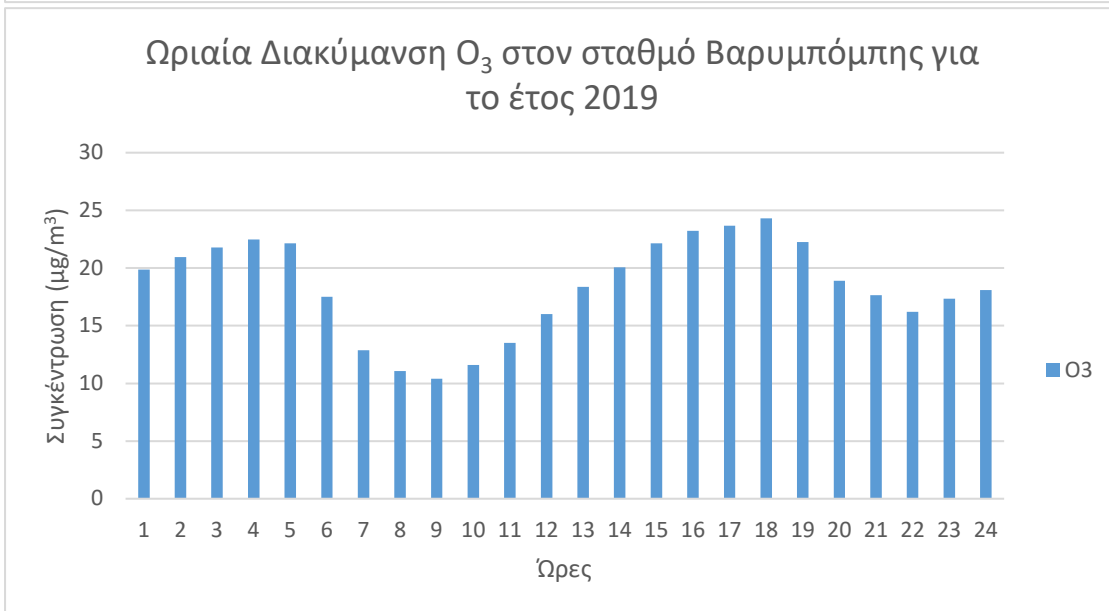
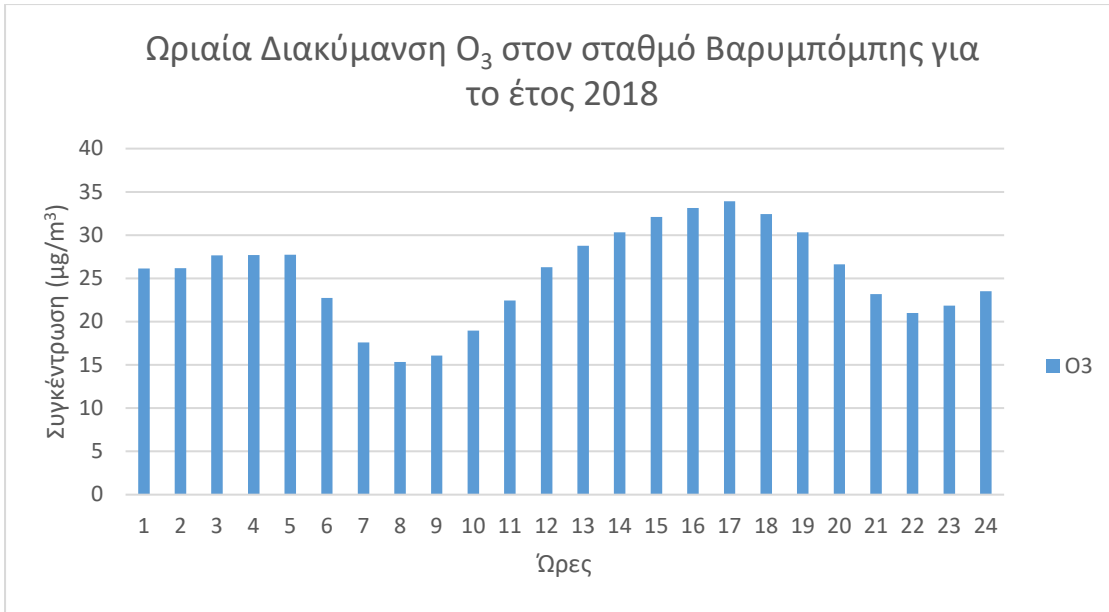


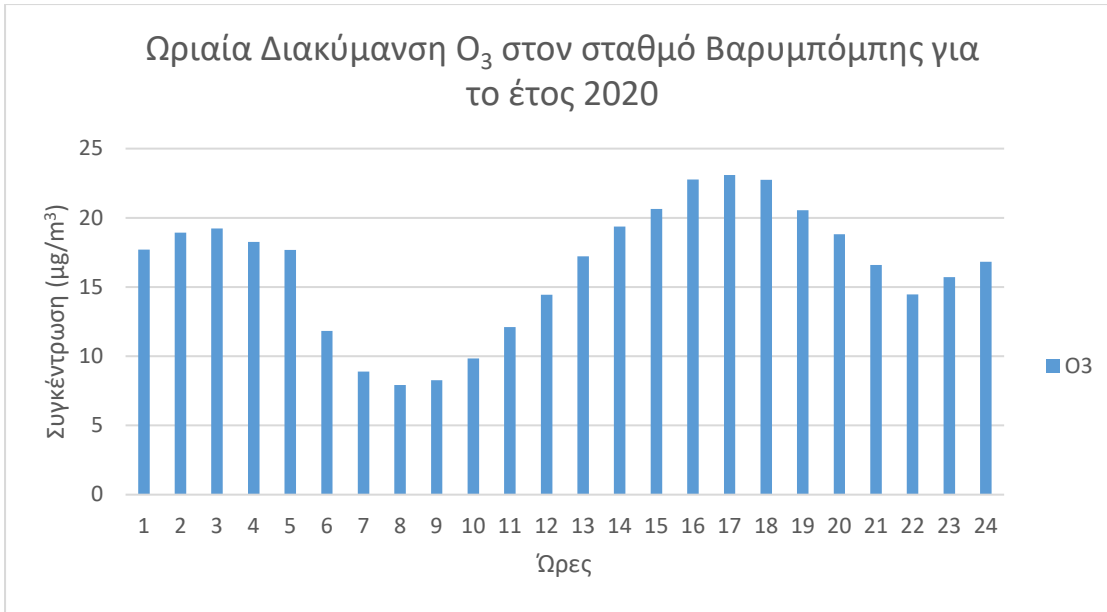


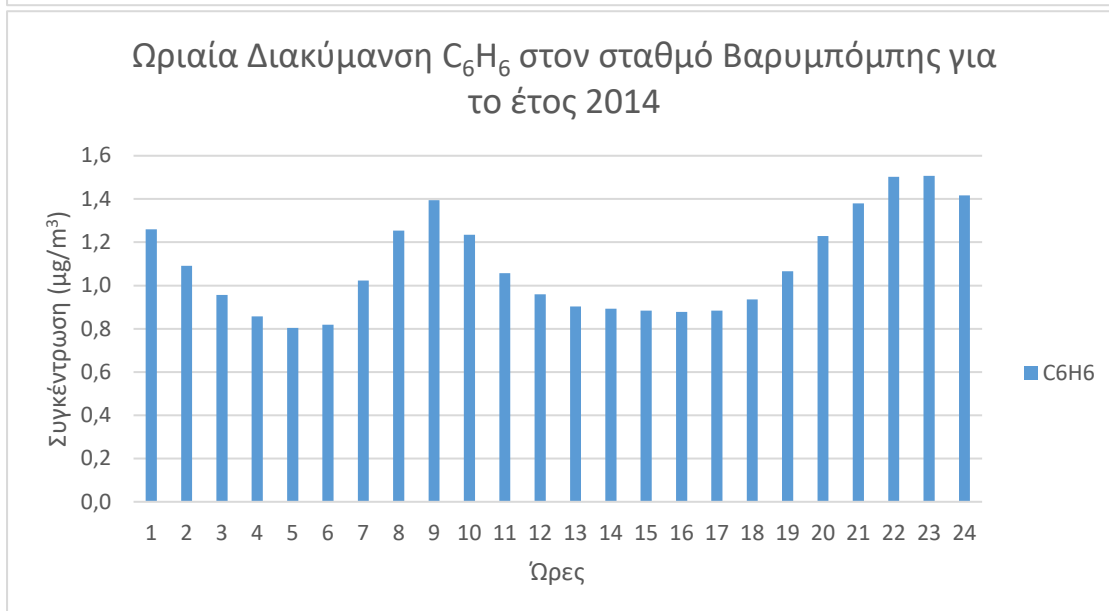


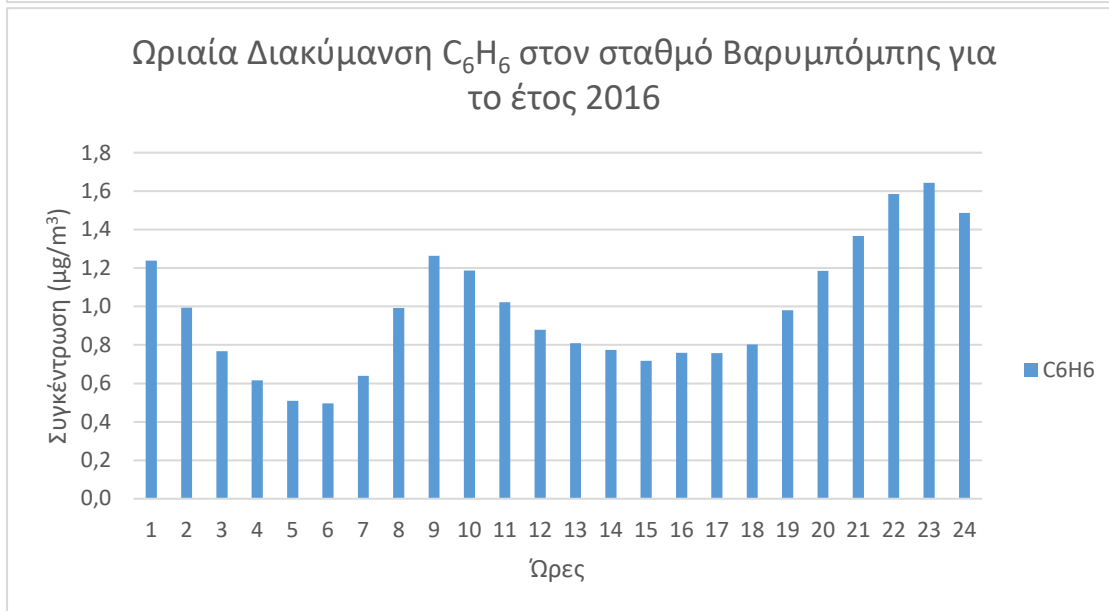
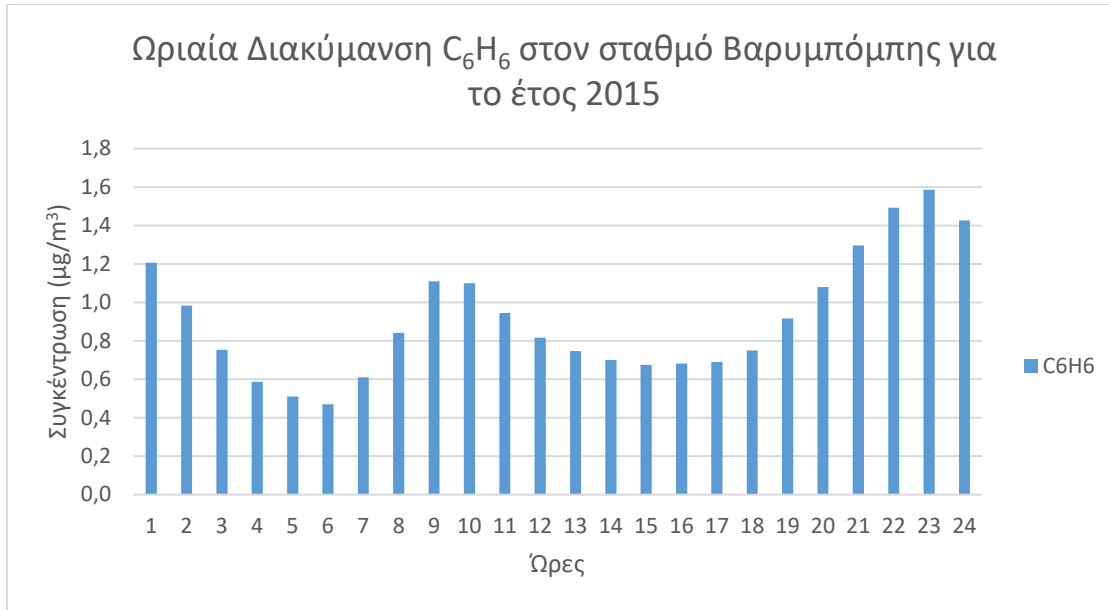


















\* Οι τιμές για τα έτη 2020 και 2021 δεν λαμβάνονται υπόψη στη στατιστική ανάλυση λόγω χαμηλής πληρότητας ετήσιων μετρήσεων (<50%)