



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΕΙΔΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Κτίριο ΚΕΔΕΑ, 3ης Σεπτεμβρίου,
Πανεπιστημιούπολη,
546 36 Θεσσαλονίκη
Πρόεδρος: Καθηγητής Κ. Υάκινθος,
Αν. Πρύτανης Έρευνας και Συντονισμού
Τηλ. 2310 995140, Fax 2310 200392
Email: research@rc.auth.gr

ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

"Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος-Ομάδα
Μέτρησης Αιωρούμενων Σωματιδίων, ΕΕΡΠ-ΟΜΑΣ",
Παλαιό Χημείο, Πανεπιστημιούπολη,
541 24 Θεσσαλονίκη
Διευθύντρια: Καθηγ. Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου
Τηλ. 2310 997805, Fax 2310 997747
Email: csamara@chem.auth.gr

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ

**Παροχή υπηρεσιών μετρήσεων ατμοσφαιρικών ρύπων
στην περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Βόλου**

**ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ
(01.06.23-31.05.24)**



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Αύγουστος 2024

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

<i>Τίτλος Έργου</i>	Παροχή υπηρεσιών μετρήσεων ατμοσφαιρικών ρύπων στην περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Βόλου
<i>Χρονική Διάρκεια</i>	36 μήνες
<i>Φορέας Χρηματοδότησης</i>	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΛΙΜΕΝΟΣ ΒΟΛΟΥ, Α.Ε.
<i>Ανάδοχος</i>	Διαπιστευμένο Εργαστήριο "Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος-Ομάδα Μέτρησης Αιωρούμενων Σωματιδίων, ΕΕΡΠ-ΟΜΑΣ", Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ.
<i>Επιστημονικώς Υπεύθυνη</i>	Κ. Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Καθηγήτρια Τμ. Χημείας Α.Π.Θ.
<i>Επιστημονικοί Συνεργάτες</i>	Δ. Βουτσά, Καθηγήτρια Τμ. Χημείας Α.Π.Θ. Α. Κούρας, Διδάκτωρ Χημείας, ΕΔΙΠ Τμ. Χημείας Α.Π.Θ. Ε. Μανώλη, Διδάκτωρ Χημείας, ΕΔΙΠ Τμ. Χημείας Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Μεθοδολογία	3
1.1. Σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης	3
1.2. Δειγματοληψία και χημική ανάλυση των PM ₁₀	5
1.2.1. PAHs.....	5
1.2.2. Μέταλλα/μεταλλοειδή	6
2. Αποτελέσματα	7
2.1. Online μετρήσεις.....	7
2.2. Συσχέτιση με μετεωρολογικούς παράγοντες.....	11
2.3. Σταθμικές μετρήσεις /αναλύσεις PM ₁₀	14
2.2.1. PM ₁₀	14
2.2.2. PAHs.....	14
2.2.3. Μέταλλα/μεταλλοειδή	17
Βιβλιογραφία	22
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	

1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1.1. Σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων διεξήχθησαν σε δύο θέσεις του εμπορικού λιμένα Βόλου (Χάρτης 1). Στη θέση 1, ανάμεσα στους δύο προβλήτες φορτοεκφόρτωσης 1 και 2 του εμπορικού λιμένα, βρίσκεται ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΣΜΑΡ), εγκαταστημένος σε οικίσκο που διατέθηκε από την ΟΛΒ Α.Ε. (Εικόνα 1). Λίγο δυτικότερα βρίσκεται η θέση δειγματοληψίας 2 όπου είναι εγκατεστημένος 2^{ος} οικίσκος όπου έχει εγκατασταθεί ο 2^{ος} αναλυτής αιωρούμενων σωματιδίων.

***Εικόνα 1.** Ο σταθμός μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης (ΣΜΑΡ) του ΟΛΒ στη θέση 1*



Χάρτης 1. Χάρτης Θέσεων δειγματοληψίας στον Εμπορικό Λιμένα Βόλου

Ο εξοπλισμός του ΣΜΑΡ περιλαμβάνει όργανα online μέτρησης αερίων ρύπων (NO_x, O₃, αρωματικών υδρογονανθράκων BTEX) και αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀/PM_{2.5}, μετεωρολογικό σταθμό, λογισμικό συλλογής και καταγραφής μετρήσεων, Η/Υ και δειγματολήπτη PM₁₀. Οι αναλυτές NO_x, O₃, BTEX, PM₁₀/PM_{2.5} είναι τοποθετημένοι στο εσωτερικό του οικίσκου, σε κλιματιζόμενο χώρο. Ο δειγματολήπτης PM₁₀ είναι τοποθετημένος σε ειδικά διαμορφωμένη εξωτερική θέση, στο μπροστινό μέρος του οικίσκου. Τα ακροφύσια και οι κεφαλές όλων των συσκευών μέτρησης/δειγματοληψίας βρίσκονται σε κατάλληλο ύψος από το έδαφος σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Οδηγιών 2008/107/ΕΚ και 2004/50/ΕΚ [1,5 m (ζώνη αναπνοής) έως 4 m πάνω από το έδαφος].

Στο σημείο 2 βρίσκεται εγκατεστημένος αυτόματος μετρητής PM₁₀.

Οι τύποι όλων των οργάνων και η αρχή λειτουργίας τους περιγράφονται στον Πίνακα 1. Φωτογραφίες ορισμένων οργάνων δίνονται στην Εικόνα 2.

Η βαθμονόμηση/συντήρηση των αυτόματων αναλυτών NO_x, O₃, BTEX γίνεται σε μηνιαία βάση από διαπιστευμένο Εργαστήριο (ΚΑΜΠΑΣ Ι.Β. & ΣΙΑ Ε.Ε., Επιστημονικά Όργανα Μετρήσεων), σύμφωνα με τα εγχειρίδιο του κάθε οργάνου. Το ίδιο εργαστήριο βαθμονομεί και τον μετρητή PM₁₀ στη θέση 2. Η βαθμονόμηση του μετρητή PM₁₀/PM_{2.5} του ΣΜΑΡ γίνεται σε τακτική βάση από το διαπιστευμένο Εργαστήριο ΕΕΡΠ-ΟΜΑΣ, Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ., ενώ η ετήσια βαθμονόμηση από την κατασκευάστρια εταιρεία στην Αγγλία.

Πίνακας 1. Εξοπλισμός του ΣΜΑΡ του ΟΛΒ στις θέσεις 1 & 2

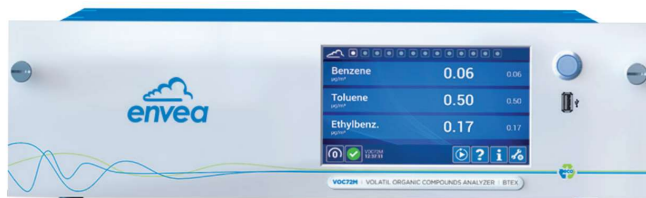
Εξοπλισμός	Τύπος
Θέση 1	
Αναλυτής NO _x	AC32M, ENVIRONMENT SA
Αναλυτής O ₃	O341M, ENVIRONMENT SA
Αναλυτής αρωματικών υδρογονανθράκων BTEX	VOC72M, ENVEA SA
Μετρητής PM ₁₀ /PM _{2.5}	DUSTTRAK™ DRX Aerosol Monitor, TSI
Μετεωρολογικός σταθμός με	LSI-LASTEM
– αισθητήριο ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου	
– αισθητήριο θερμοκρασίας και υγρασίας	
– αισθητήριο βαρομετρικής πίεσης	
Λογισμικό συλλογής και καταγραφής μετρήσεων	ENVIDAS For Windows της Envitech LTD
Δειγματολήπτης PM ₁₀ (1 ^η θέση, Χάρτης 1))	LVS Ingenieur Derenda, Berlin με κεφαλή PM ₁₀ και παροχή 2.3 m ³ /h σε συμφωνία με το πρότυπο ISO/IEC EN-12341
Θέση 2	
2 ^{ος} Μετρητής PM ₁₀ (2 ^η θέση, Χάρτης 1)	GRIMM Environmental Dust Monitor 107



Εικόνα 2α. Αναλυτής NO_x



Εικόνα 2β. Μετρητής $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$



Εικόνα 2γ.
Αναλυτής VOCs (BTEX)



Εικόνα 2δ.
Αναλυτής PM_{10} GRIMM EDM 107

Εικόνα 2ε.
Δειγματολήπτης αιωρούμενων
σωματιδίων PM_{10} κατά
ISO/IEC EN-12341



1.2. Δειγματοληψία και χημική ανάλυση των PM₁₀

Η δειγματοληψία των PM₁₀ γίνεται με συχνότητα 1 δείγμα/εβδομάδα σε προζυγισμένο φίλτρο quartz (Tissuquartz Pall, Φ 47 mm) στην 1^η θέση δειγματοληψίας (Χάρτης 1). Η διάρκεια των δειγματοληψιών είναι 24 ώρες. Τα φορτισμένα φίλτρα μεταφέρονται στο Εργαστήριο Ελέγχου Ρύπανσης Περιβάλλοντος για προσδιορισμό της συγκέντρωσης των PM₁₀ και περαιτέρω χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό των καρκινογόνων συστατικών B[a]P, As, Cd, Ni, Pb σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ. Η δειγματοληψία, χειρισμός και ζύγιση των φίλτρων γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC EN-12341.

Μετά την τελική ζύγιση, τα φίλτρα κόβονται ακριβώς στη μέση και το ένα μισό χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του B[a]P και άλλων PAHs, ενώ το άλλο μισό για τον προσδιορισμό Ni, Cd, As, Pb και άλλων βαρέων μετάλλων – τοξικών στοιχείων.

1.2.1. PAHs

Η παραλαβή των PAHs από τα φίλτρα πραγματοποιείται με εκχύλιση με υπερήχους, χρησιμοποιώντας ακετονιτρίλιο ως διαλύτη εκχύλισης. Ακολουθεί συμπύκνωση των εκχυλισμάτων σε περιστροφικό εξατμιστήρα κενού και ρύθμιση όγκου σε 1 mL ακετονιτρίλιο. Οι PAHs προσδιορίζονται με την τεχνική της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσης με προγραμματιζόμενο φθορισμομετρικό ανιχνευτή (HPLC/FLD) σύμφωνα με βελτιστοποιημένες διαδικασίες (Manoli et al., 2002; Manoli et al., 2004). Η βαθμονόμηση γίνεται με το πρότυπο NIST Standard Reference Material 1647c που περιέχει 16 PAHs: Naphthalene (Np), Acenaphthylene (Acn), Acenaphthene (Ace), Fluorene (F), Phenanthrene (Ph), Anthracene (An), Fluoranthene (Fl), Pyrene (Py), Benzo[a]anthracene (B[a]An), Chrysene (Chry), Benzo[b]fluoranthene (B[b]Fl), Benzo[k]fluoranthene (B[k]Fl), Benzo[a]pyrene (B[a]Py), diBenzo[a,h]anthracene (dB[a,h]An), Benzo[g,h,i]perylene (B[ghi]Pe), Indenol[1,2,3-c,d]pyrene (I[1,2,3-cd]Py). Το Acenaphthylene έχει πολύ ασθενή φθορισμό και γι' αυτό δεν μπορεί να ανιχνευθεί.

Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει ανάλυση λευκών φίλτρων και αντιδραστηρίων, καθώς και επιφορτισμένων δειγμάτων (spike). Η ανάκτηση των χαμηλού MB PAHs (Np, Ace και F) βρέθηκε σχετικά χαμηλή και με μεγάλες διακυμάνσεις (48–71%) λόγω της μεγάλης πτητικότητας αυτών των ενώσεων. Η ανάκτηση των υπόλοιπων PAHs ήταν σχεδόν ποσοτική (87–108%) και η επαναληψιμότητα της μέτρησής τους (εκφραζόμενη ως σχετική τυπική απόκλιση του ύψους κορυφής) καλύτερη από 10%. Τα όρια ανίχνευσης (LOD) των διαφόρων PAHs κυμάνθηκαν μεταξύ 0.0002 και 0.035 ng/m³. Για τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων, οι συγκεντρώσεις κάτω από το όριο ανίχνευσης θεωρήθηκαν ίσες με το μισό της τιμής του ορίου.

1.2.2. Μέταλλα / μεταλλοειδή

Ο προσδιορισμός των μετάλλων/μεταλλοειδών στα δείγματα των PM_{10} πραγματοποιείται με την τεχνική ICP-MS μετά από πέψη των φίλτρων με οξειδωτικό μίγμα οξέος – υπεροξειδίου του υδρογόνου (HNO_3/H_2O_2). Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει ανάλυση λευκών φίλτρων και αντιδραστηρίων και προτύπων SRM (NIST 1648a), καθώς και επιφορτισμένων δειγμάτων (spike). Ακόμη, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων εφαρμόστηκαν διαδικασίες QA/QC με συχνή μέτρηση πρότυπων CRM. Το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) είναι $0,1\text{ ng/m}^3$ για τα στοιχεία Co, Ni, Cu, As και Cd, $0,2\text{ ng/m}^3$ για τα V, Cr και Pb, ενώ για τα υπόλοιπα στοιχεία είναι $0,5\text{ ng/m}^3$ για το Mn, 1 ng/m^3 για το Zn και 2 ng/m^3 για το Fe.

2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Online μετρήσεις

2.1.1. Σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ

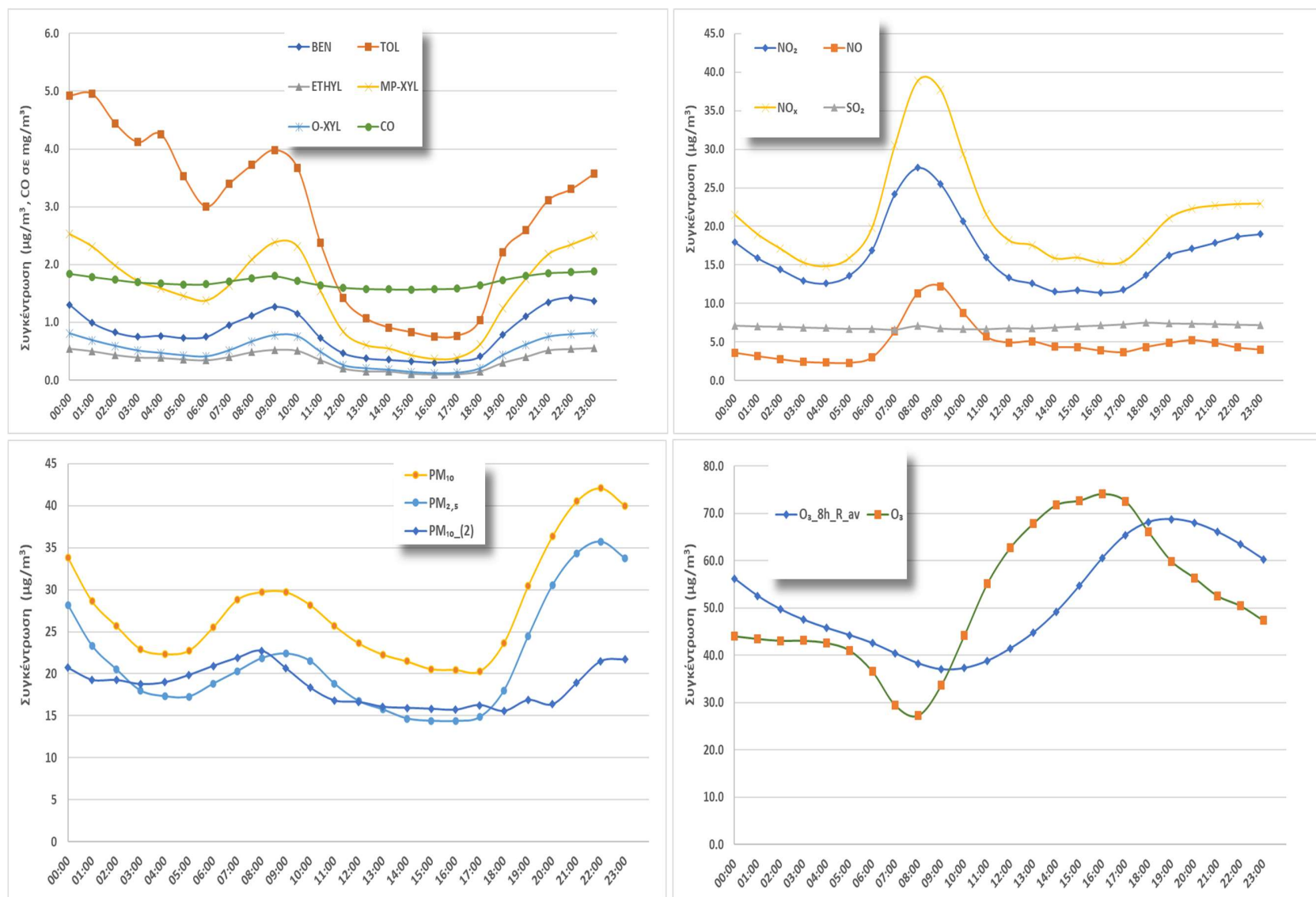
Σε σύγκριση με τα όρια της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ «για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη» που δίνονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1:

- Η μέση ωριαία τιμή του NO_2 για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, κατά πολύ μικρότερη από το ετήσιο όριο ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (η μέγιστη ωριαία τιμή για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων ήταν $105,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Η μέση τιμή του βενζολίου ήταν $0,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, επίσης κατά πολύ μικρότερη του ετήσιου ορίου ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Η μέση ημερήσια τιμή του SO_2 ήταν $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ημερήσιου ορίου των $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (η μέγιστη ημερήσια τιμή ήταν $29,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ακόμη, δεν παρατηρήθηκε καμία υπέρβαση του ωριαίου ορίου των $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (η μέγιστη ωριαία τιμή ήταν $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Η μέση ημερήσια τιμή του CO ήταν $1,7 \text{mg}/\text{m}^3$ ενώ η αντίστοιχη μέγιστη μέση ημερήσια τιμή ήταν $6,3 \text{mg}/\text{m}^3$. Ακόμη, ο μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος οκταώρου ήταν $9,4 \text{mg}/\text{m}^3$, μικρότερος του ορίου των $10 \text{mg}/\text{m}^3$.
- Η μέση τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM_{10} στην 1^η θέση ήταν $27,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, μικρότερη του ετήσιου ορίου ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ενώ παρατηρήθηκαν 35 υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου για τα PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$): 2 τον Ιούλιο ($56-72 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 2 τον Αύγουστο ($55-68 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 1 τον Οκτώβριο ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 2 τον Νοέμβριο ($54-56 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 14 το Δεκέμβριο ($54-110 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 6 τον Ιανουάριο ($52-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 4 το Φεβρουάριο ($53-72 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 3 το Μάρτιο ($51-56 \mu\text{g}/\text{m}^3$), και 2 τον Απρίλιο ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Στην θέση 2, η έναρξη καταγραφής των δεδομένων PM_{10} έγινε στις 08/03/2024. Η μέση τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος PM_{10} στη θέση 2 ήταν $18,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, μικρότερη του ετήσιου ορίου ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$), και δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου για τα PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Η μέση τιμή των ημερήσιων συγκεντρώσεων του σωματιδιακού κλάσματος $\text{PM}_{2.5}$ ήταν $21,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, κάτω από το ετήσιο όριο ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Για το O_3 , η μέση τιμή του ημερήσιου μέγιστου κυλιόμενου μ.ο. 8ώρου ήταν $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ενώ υπήρξαν 4 τιμές υπερβάσεων της τιμής στόχου των $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (με εύρος συγκεντρώσεων από $122-176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για τους μήνες Μάρτιο, Ιούλιο και 2 τον Αύγουστο).

2.1.2. Χρονικές διακυμάνσεις

Οι μέσες διακυμάνσεις (ημερήσια, εβδομαδιαία και μηνιαία) των συγκεντρώσεων BTEX, CO, NO_x, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5} κατά το χρονικό διάστημα 01.06.23-31.05.24 δίνονται στα Σχήματα 2.1.1, 2.1.2 και 2.1.3, αντίστοιχα.

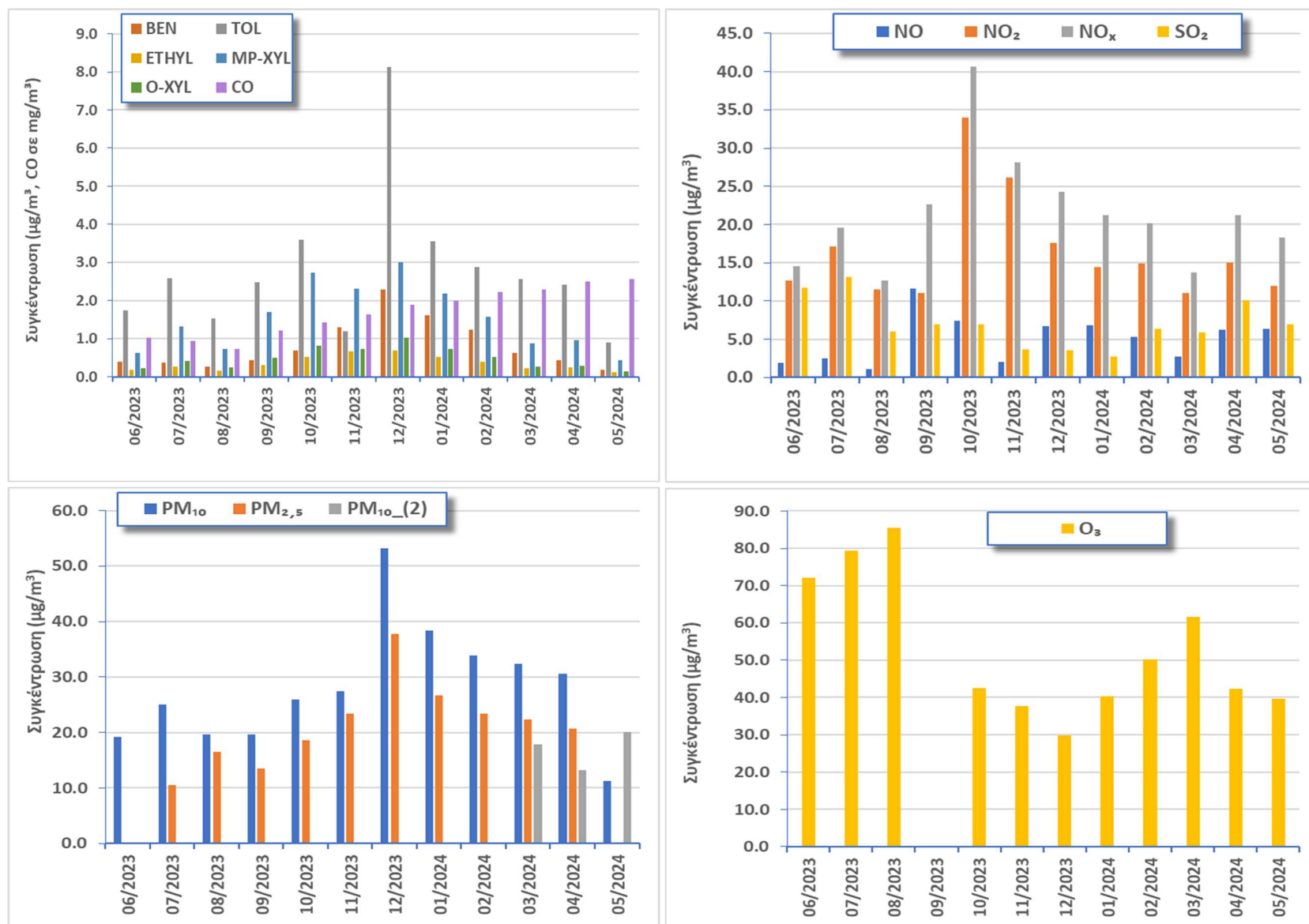
Όπως προκύπτει, οι πρωτογενείς ρύποι BTEX, CO, NO_x, PM₁₀ και PM_{2.5} εμφανίζουν δύο μέγιστα στη διάρκεια του 24ώρου, ένα πρωινό (μεταξύ 8:00-10:00) και ένα βραδινό (μεταξύ 20:00-24:00), τα οποία σχετίζονται με την ημερήσια διακύμανση των πηγών εκπομπής (κυκλοφορία, οικιακή θέρμανση), αλλά και των μετεωρολογικών συνθηκών (ύψος ανάμιξης, ταχύτητα ανέμου). Η ημερήσια διακύμανση του O₃, που είναι δευτερογενής ρύπος, είναι αντίθετη με μέγιστο μεταξύ 14:00-17:00. Το SO₂ δεν φαίνεται να έχει ημερήσια διακύμανση. Μικρή εβδομαδιαία διακύμανση παρατηρείται για το O₃ με σχετικά υψηλότερες τιμές το σαββατοκύριακο.



Σχήμα 2.1.1. Μέση ημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, CO, NO_x, SO₂, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5} κατά το χρονικό διάστημα 01.06.23 – 31.05.24 (PM₁₀_(2) στη θέση 2 από 08.03.24 – 31.05.24)



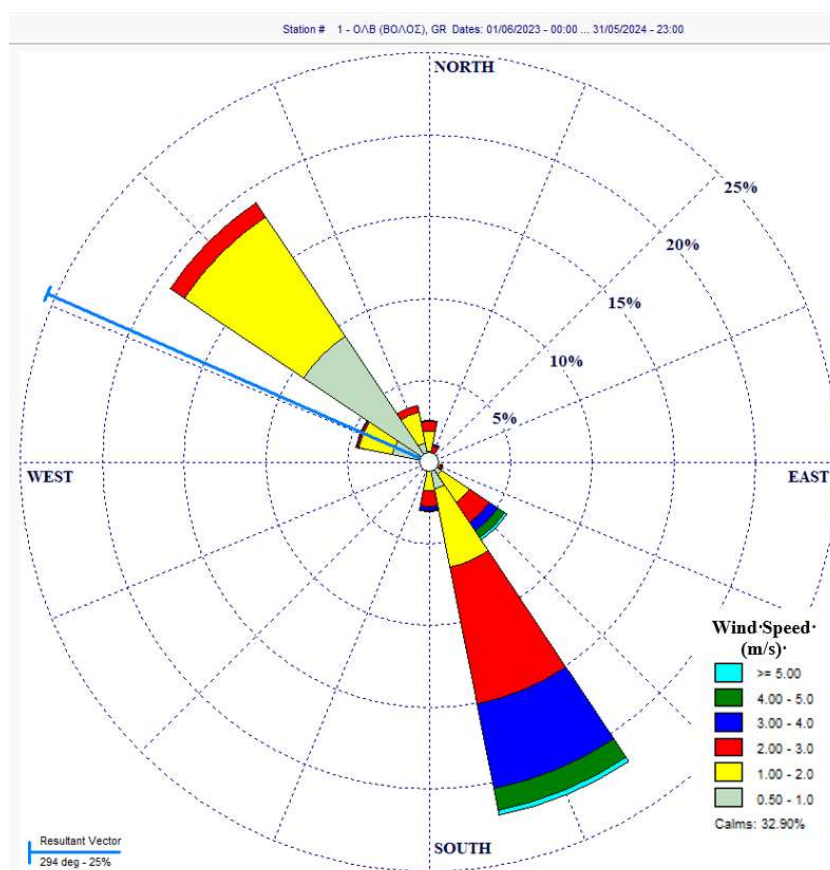
Σχήμα 2.1.2. Μέση εβδομαδιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, CO, NO_x, SO₂, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5} κατά το χρονικό διάστημα 01.06.22 – 31.05.23 (PM_{10_(2)} στη θέση 2 από 08.03.24 – 31.05.24)



Σχήμα 2.1.3. Μέση μηνιαία διακύμανση των συγκεντρώσεων BTEX, CO, NO_x, O₃, PM₁₀ και PM_{2.5} κατά το χρονικό διάστημα 01.06.23-31.05.24 (PM_{10_(2)} στη θέση 2 από 08.03.24 – 31.05.24)

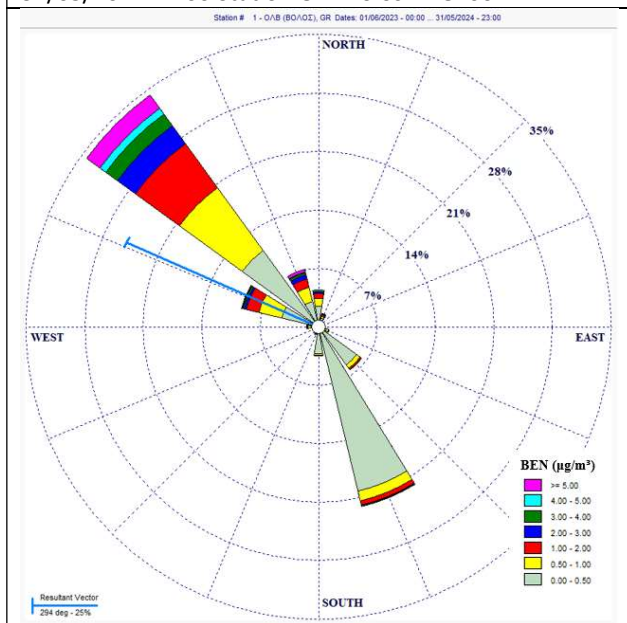
2.1.3. Συσχέτιση με μετεωρολογικούς παράγοντες

Η συχνότητα εμφάνισης και η ταχύτητα των επικρατούντων ανέμων κατά τη διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων δίνεται στο ροδόγραμμα του Σχήματος 2.1.4. Τα αντίστοιχα ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων δίνονται στο Σχήμα 2.1.5.

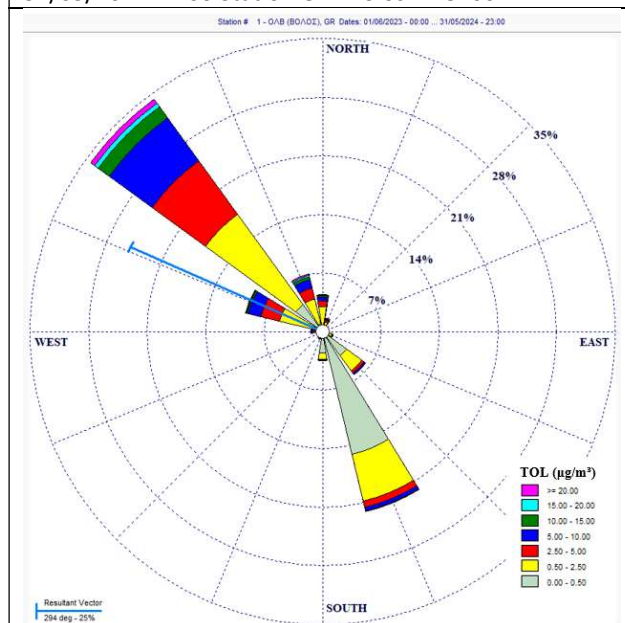


Σχήμα 2.1.4. Συχνότητα εμφάνισης και μέση ταχύτητα ανέμου ανά διεύθυνση προέλευσης κατά την περίοδο των μετρήσεων 01.06.23-31.05.24

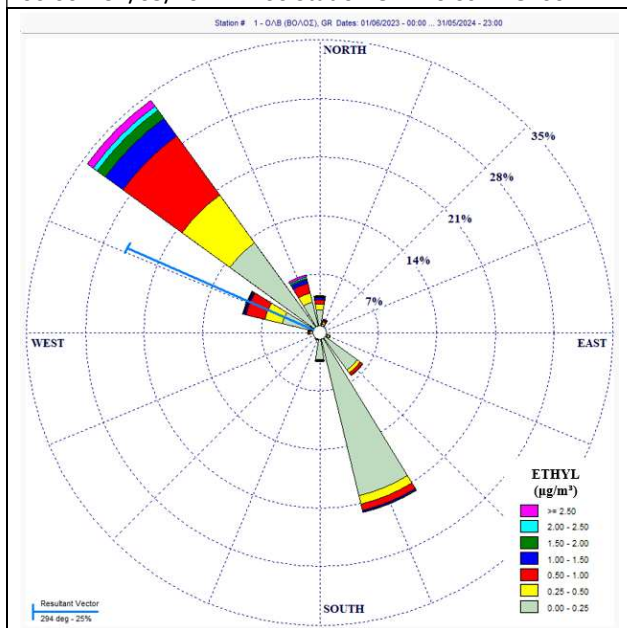
Pollution Rose for Benzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



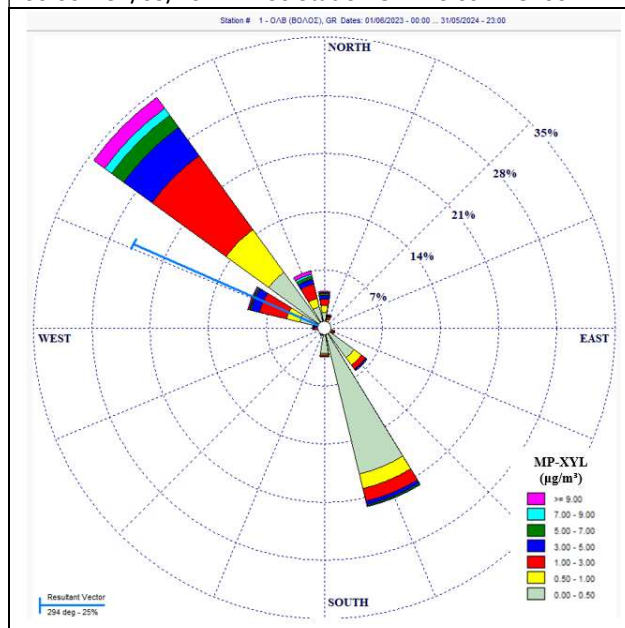
Pollution Rose for Toluene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



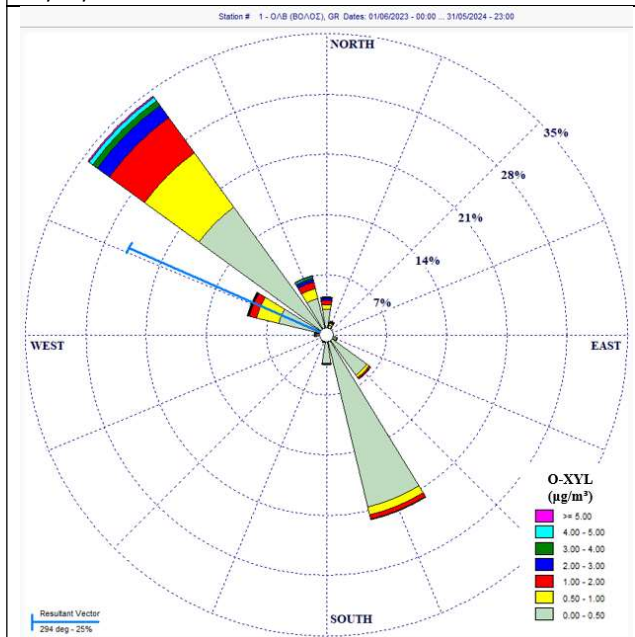
Pollution Rose for EthylBenzene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



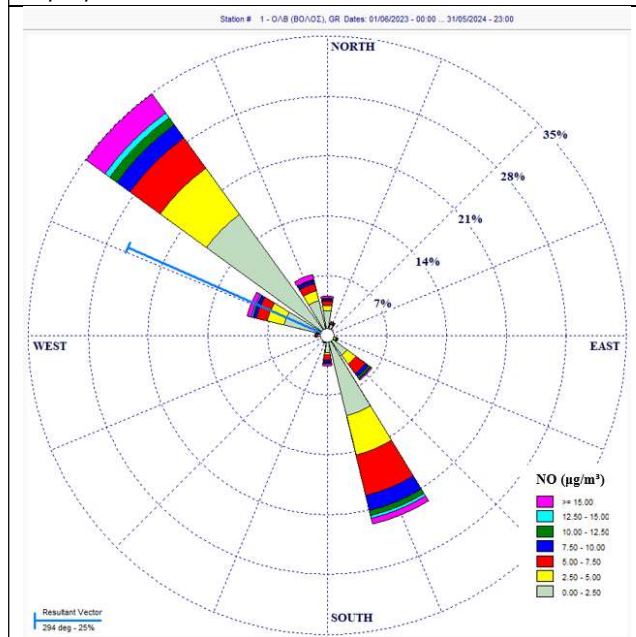
Pollution Rose for m+p-Xylenes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60 min



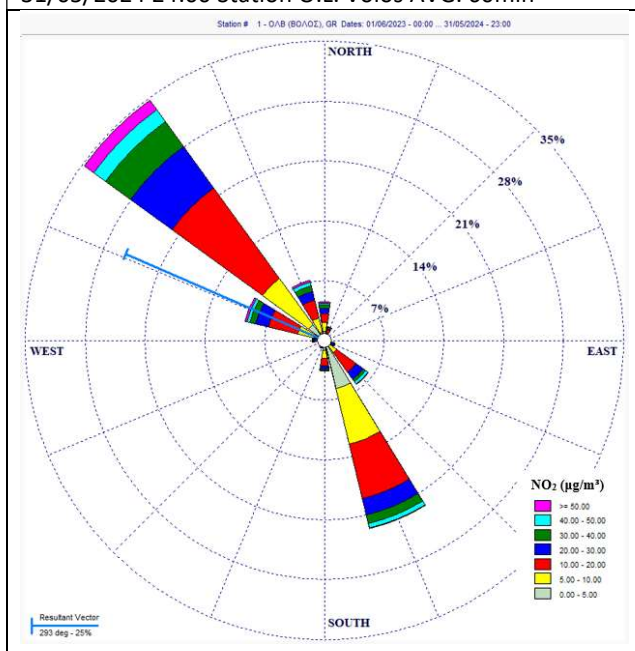
Pollution Rose for o-Xylene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



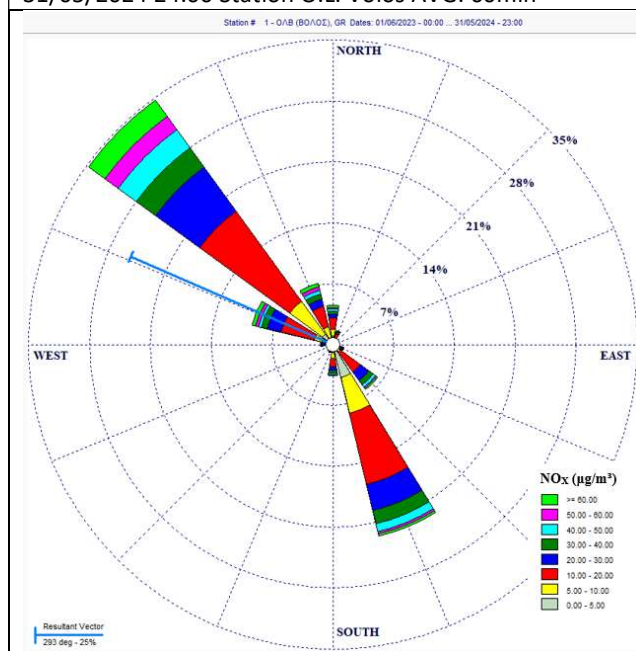
Pollution Rose for NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



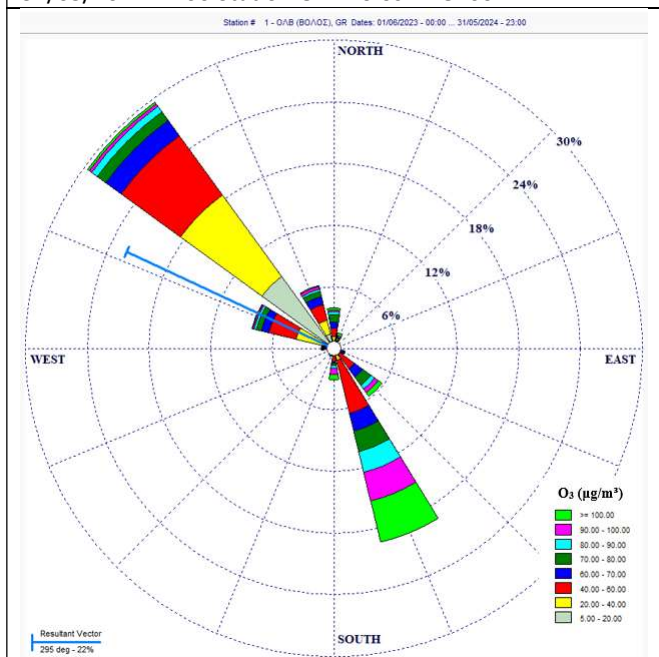
Pollution Rose for NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



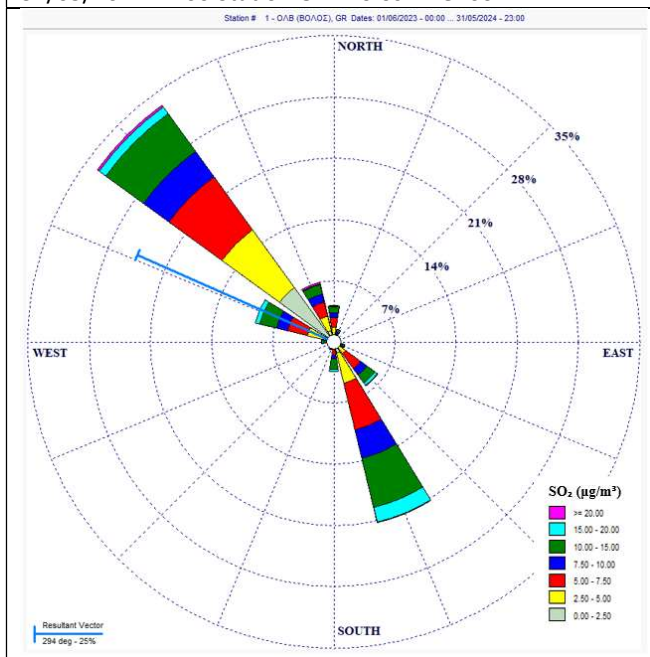
Pollution Rose for NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



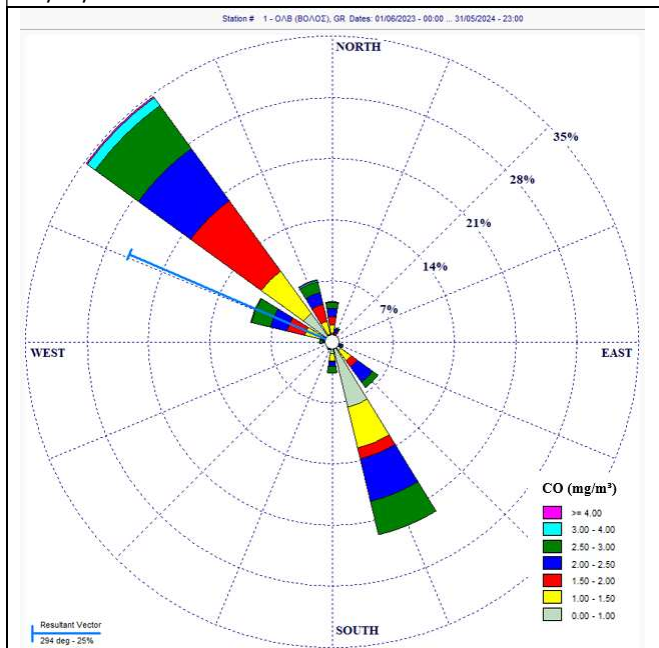
Pollution Rose for Ozone ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min

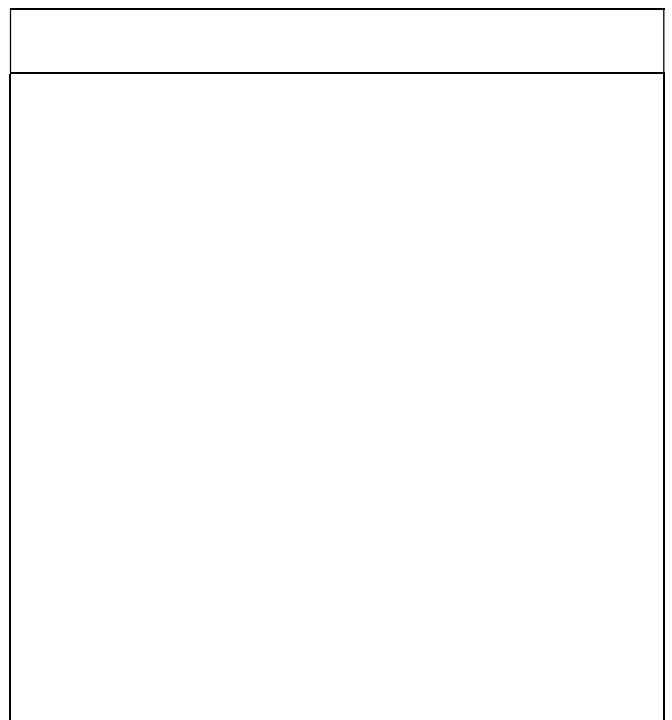
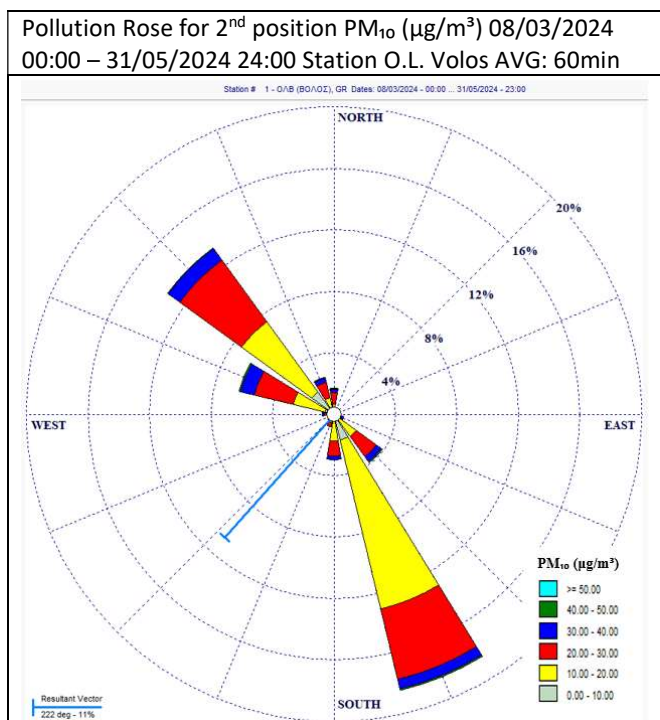
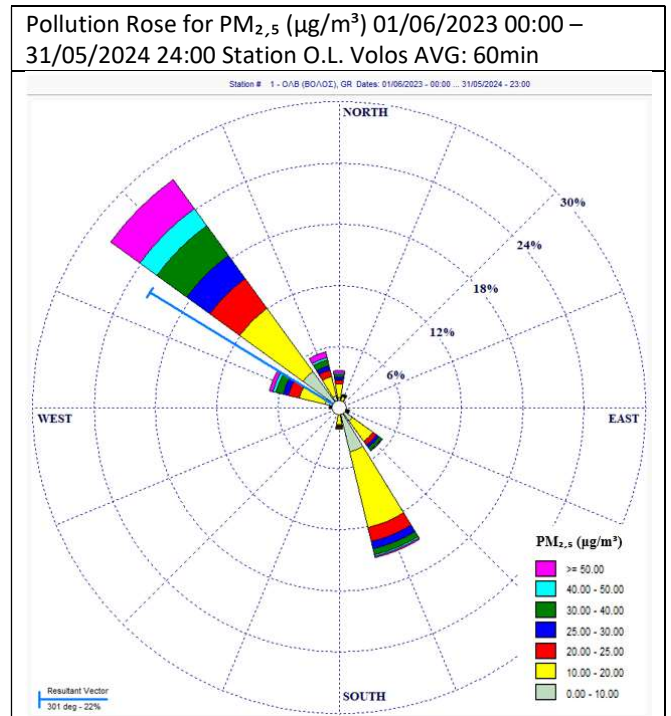
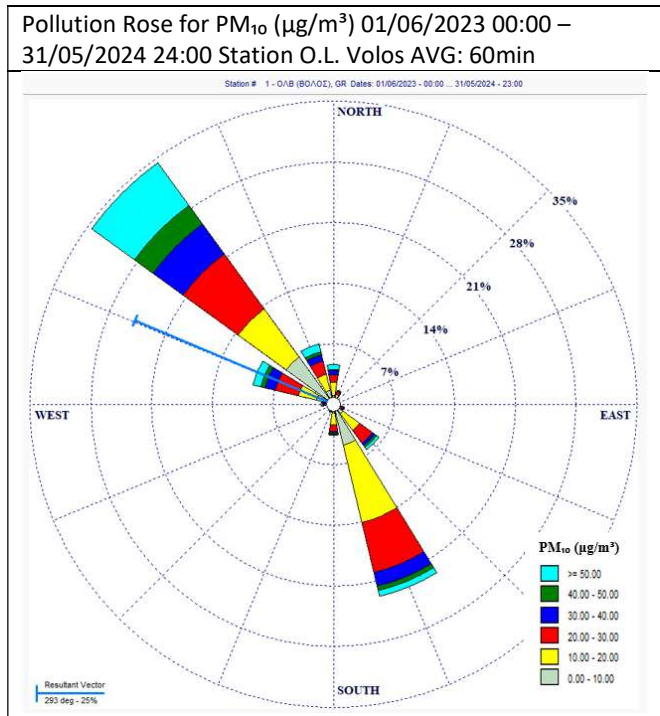


Pollution Rose for SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



Pollution Rose for CO (mg/m^3) 01/06/2023 00:00 – 31/05/2024 24:00 Station O.L. Volos AVG: 60min



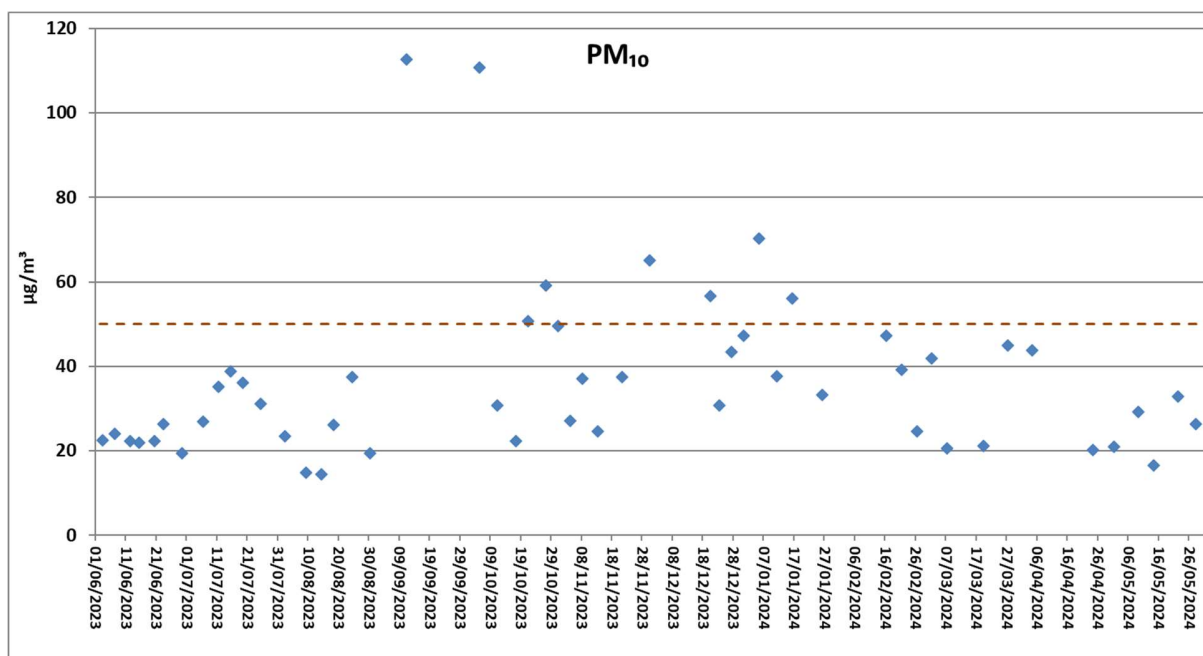


Σχήμα 2.1.5. Ροδογράμματα των συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων (60 min Average)

2.2. Σταθμικές μετρήσεις/αναλύσεις PM₁₀

2.2.1. PM₁₀

Οι ημερήσιες συγκεντρώσεις των PM₁₀ που συλλέχθηκαν σε φίλτρο για χημική ανάλυση και προσδιορίστηκαν σταθμικά κυμάνθηκαν μεταξύ 14.5 και 112.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, εμφανίζοντας οκτώ υπερβάσεις του ημερήσιου ορίου της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Σχήμα 2.2.1). Οι δύο μεγαλύτερες τιμές (110,7 και 112,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) εμφανίστηκαν μετά τα πολύ έντονα καιρικά φαινόμενα Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου 2023 (τυφώνες «Daniel» και «Elias»). Οι υπόλοιπες υπερβάσεις εμφανίστηκαν από Οκτώβριο 2023 έως και Ιανουάριο 2024.



Σχήμα 2.2.1. Ημερήσιες σταθμικές συγκεντρώσεις PM₁₀ κατά το χρονικό διάστημα 01/06/23-31/05/24

2.2.2. PAHs

Οι συγκεντρώσεις των PAHs που ανιχνεύθηκαν στα δείγματα PM₁₀ δίνονται στον Πίνακα 2.2.2. Οι συγκεντρώσεις του B[a]Py κυμάνθηκαν από <0,0004 μέχρι 2,652 ng/m^3 με μέση ετήσια τιμή 0,169 ng/m^3 . Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη της τιμής-στόχου της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ (1 ng/m^3 ως μέση ετήσια τιμή).

2.2.3. Μέταλλα/ μεταλλοειδή

Οι συγκεντρώσεις των μετάλλων/ μεταλλοειδών που προσδιορίσθηκαν στα δείγματα PM_{10} δίνονται στον Πίνακα 2.2.3. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις των νομοθετημένων μετάλλων είναι κάτω από τις τιμές-στόχους της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα 2.2.1.

Πίνακας 2.2.1. Ετήσιοι μέσοι όροι συγκεντρώσεων (ng/m^3) των οριοθετημένων στοιχείων As, Cd, Ni & Pb (Οδηγία 2004/107/ΕΚ)

Στοιχείο	Ετήσιοι μ.ο. (ng/m^3)	Τιμές ορίων (ng/m^3)
As	1,1	6
Cd	1,6	5
Ni	5,8	20
Pb	16,1	500

Πίνακας 2.2.2. Συγκεντρώσεις PAHs (ng/m³)

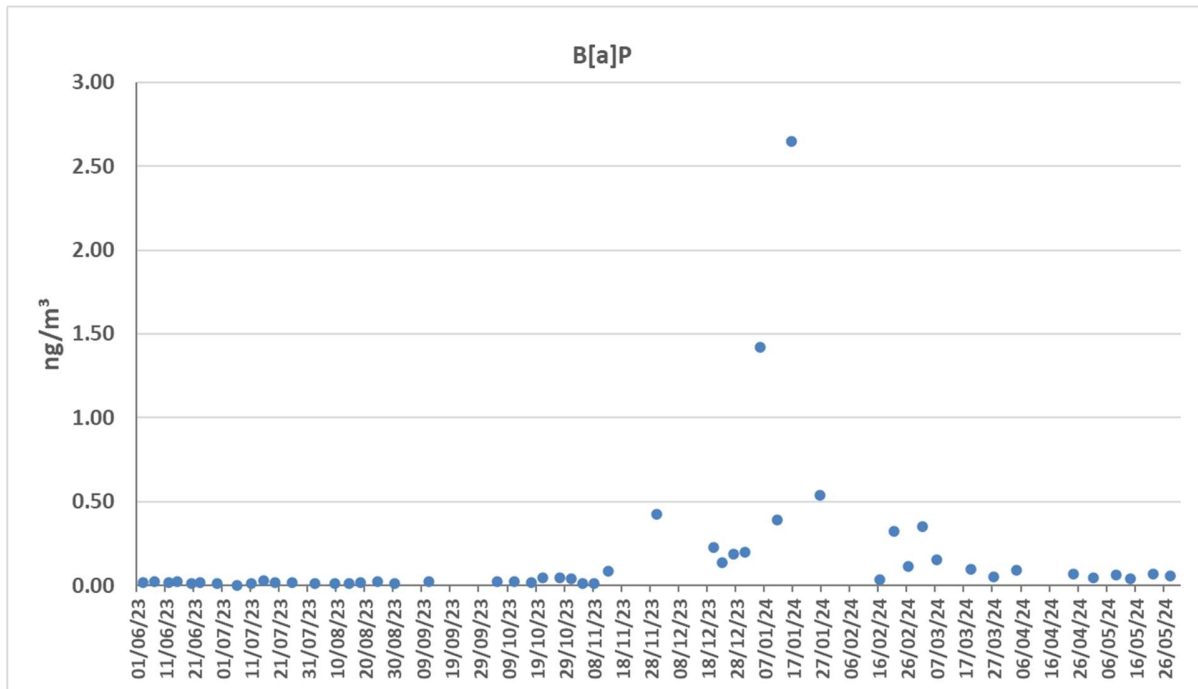
Ημερομηνία	Ph	An	Fl	Py	B[a]An	Chry	B[b]Fl	B[k]Fl	B[a]Py	dB[a,h]An	B[ghi]Pe	IPy
03/06/23	0,123	0,014	0,033	0,039	0,129	0,020	0,041	0,012	0,021	<0,0003	0,045	0,037
07/06/23	0,121	0,006	0,065	0,039	0,044	0,025	0,041	0,014	0,022	<0,0003	0,054	0,041
12/06/23	0,108	0,004	0,048	0,032	0,041	0,024	0,037	0,015	0,020	<0,0003	0,053	0,045
15/06/23	0,204	0,017	0,051	0,114	0,368	0,091	0,052	0,018	0,024	<0,0003	0,046	0,047
20/06/23	0,079	0,005	0,037	0,019	0,068	0,022	0,036	0,011	0,012	<0,0003	0,0407	0,0331
23/06/23	0,081	0,004	0,046	0,026	0,093	0,026	0,039	0,013	0,018	<0,0003	0,0549	0,043
29/06/23	0,066	0,004	0,038	0,019	0,074	0,026	0,028	0,008	0,013	<0,0003	0,0358	0,029
06/07/23	0,084	0,005	0,030	0,006	0,020	0,008	<0,0003	0,006	<0,0004	<0,0003	<0,0007	<0,0017
11/07/23	0,105	0,005	0,040	0,017	0,038	0,017	0,030	0,010	0,014	<0,0003	0,0145	0,0301
15/07/23	0,135	0,007	0,081	0,124	0,119	0,072	0,061	0,019	0,027	<0,0003	0,0429	0,0435
19/07/23	0,335	0,030	0,067	0,189	0,431	0,041	0,048	0,011	0,017	<0,0003	0,0288	0,0326
25/07/23	0,111	0,007	0,045	0,040	0,097	0,044	0,035	0,011	0,018	<0,0003	0,0460	0,0351
02/08/23	0,079	0,004	0,041	0,038	0,139	0,024	0,032	0,009	0,013	<0,0003	0,0401	0,0324
09/08/23	0,070	0,004	0,043	0,005	0,057	0,011	0,029	0,008	0,012	<0,0003	0,0402	0,0330
14/08/23	0,089	0,004	0,043	0,026	0,065	0,011	0,026	0,008	0,014	<0,0003	0,0374	<0,0017
18/08/23	0,054	0,003	0,042	0,038	0,081	0,013	0,034	0,011	0,017	<0,0003	0,0519	0,0398
24/08/23	0,081	0,005	0,049	0,030	0,101	0,030	0,041	0,014	0,023	<0,0003	0,0626	0,0384
30/08/23	0,054	0,003	0,036	0,025	0,036	0,011	0,025	0,007	0,011	<0,0003	0,0369	<0,0017
11/09/23	0,097	0,005	0,052	0,032	0,185	0,037	0,051	0,017	0,022	0,018	0,064	0,050
05/10/23	0,094	0,007	0,046	0,035	0,138	0,038	0,059	0,018	0,022	0,020	0,090	0,056
11/10/23	0,089	0,004	0,050	0,036	0,071	0,027	0,065	0,021	0,024	<0,0003	0,087	0,068
17/10/23	0,077	0,004	0,039	0,023	0,064	0,022	0,038	0,014	0,017	<0,0003	0,064	0,046
21/10/23	0,104	0,005	0,028	0,036	0,099	0,024	0,100	0,039	0,046	0,027	0,162	0,111
27/10/23	0,113	0,005	0,036	0,045	0,685	0,026	0,095	0,036	0,044	0,019	0,096	0,085
31/10/23	0,162	0,013	0,037	0,035	0,263	0,050	0,101	0,039	0,043	0,018	0,104	0,095
04/11/23	0,100	0,009	0,042	0,023	0,267	0,053	0,041	0,017	0,014	<0,0003	0,031	0,028
08/11/23	0,082	0,004	0,024	0,025	0,043	0,016	0,040	0,019	0,016	<0,0003	0,042	0,037
13/11/23	0,156	0,010	0,044	0,047	0,017	0,051	0,204	0,076	0,088	0,036	0,187	0,183
21/11/23	0,110	0,004	0,047	0,049	0,159	0,260	0,534	0,236	0,362	0,0787	0,551	0,428
30/11/23	0,243	0,045	0,027	0,059	0,156	0,373	0,782	0,344	0,428	0,101	0,808	0,625
20/12/23	0,088	0,005	0,061	0,059	0,150	0,320	0,571	0,227	0,230	0,065	0,496	0,415
23/12/23	0,091	0,004	0,048	0,038	0,078	0,188	0,541	0,170	0,137	0,049	0,418	0,332

Ημερομηνία	Ph	An	Fl	Py	B[a]An	Chry	B[b]Fl	B[k]Fl	B[a]Py	dB[a,h]An	B[ghi]Pe	IPy
27/12/23	0,167	0,008	0,064	0,056	0,153	0,383	0,890	0,334	0,187	0,082	0,776	0,606
31/12/23	0,098	<0,0002	0,052	0,058	0,082	0,282	0,638	0,262	0,199	0,070	0,602	0,472
05/01/24	0,276	0,033	0,091	0,181	0,595	1,077	1,848	0,025	1,424	0,105	1,976	1,329
11/01/24	0,166	0,010	0,143	0,117	0,310	0,753	1,132	0,462	0,394	0,121	1,091	0,779
16/01/24	0,660	<0,0002	1,055	0,404	2,307	2,444	3,690	1,534	2,652	0,446	3,394	3,224
26/01/24	0,378	0,012	0,209	0,183	0,387	0,654	1,106	0,446	0,541	0,116	0,987	0,944
16/02/24	0,066	0,019	0,033	0,046	0,594	<0,0001	<0,0003	0,196	0,034	1,833	5,118	0,161
21/02/24	0,112	0,003	0,295	0,068	0,186	0,326	0,618	0,256	0,325	0,074	0,613	<0,0017
26/02/24	0,078	0,003	0,052	0,047	0,061	0,103	0,285	0,119	0,114	0,035	0,293	0,253
02/03/24	0,102	0,008	0,199	0,045	0,153	0,278	0,545	0,236	0,354	0,071	0,538	0,450
07/03/24	0,124	0,005	0,063	0,054	0,132	0,151	0,365	0,154	0,156	0,043	0,409	0,334
19/03/24	0,101	0,005	0,051	0,071	0,026	0,088	0,239	0,101	0,099	0,028	0,231	0,200
27/03/24	0,077	0,004	0,029	0,035	0,024	0,047	0,109	0,049	0,051	0,013	0,117	0,102
04/04/24	0,074	0,004	0,084	0,043	0,051	0,088	0,229	0,100	0,095	0,032	0,248	0,225
24/04/24	0,347	0,015	0,073	0,051	0,035	0,080	0,221	0,076	0,067	0,017	0,204	0,194
01/05/24	0,341	0,010	0,048	0,036	0,022	0,044	0,114	0,041	0,049	0,008	0,121	0,113
09/05/24	0,549	0,019	0,087	0,054	0,030	0,063	0,123	0,048	0,061	0,013	0,101	0,100
14/05/24	0,691	0,024	0,087	0,042	0,017	0,048	0,072	0,029	0,044	0,008	0,063	0,062
22/05/24	0,330	0,011	0,073	0,055	<0,0002	0,104	0,194	0,070	0,070	0,028	0,176	0,183
28/05/24	0,361	0,013	0,075	0,069	0,051	0,073	0,097	0,039	0,059	<0,0004	0,082	0,078
Ετήσιος μ.ο.	0,167	0,009	0,082	0,059	0,184	0,175	0,315	0,116	0,169	0,069	0,405	0,249
Τυπική απόκλιση	0,147	0,009	0,146	0,063	0,338	0,381	0,600	0,232	0,416	0,258	0,873	0,497
Ελάχιστο	0,054	<0,0002	0,024	0,005	<0,0002	<0,0001	<0,0003	0,006	<0,0004	<0,0003	0,001	0,002
Μέγιστο	0,691	0,045	1,055	0,404	2,307	2,444	3,690	1,534	2,652	1,833	5,118	3,224

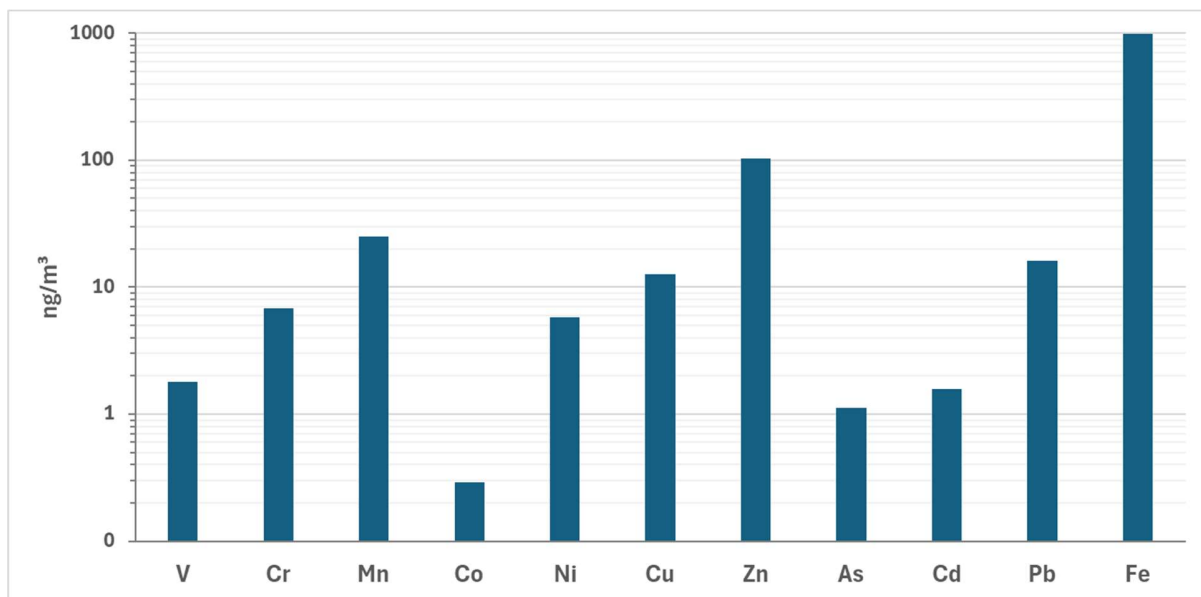
Πίνακας 2.2.3. Συγκεντρώσεις μετάλλων/μεταλλοειδών στα PM₁₀ (ng/m³)

Ημερομηνία	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Fe
03/06/2023	3,4	3,8	9,0	<0,04	8,6	13,7	2,7	2,2	7,2	6,4	320
07/06/2023	2	3,1	14,6	<0,04	4,4	8,0	22	0,25	9,9	9,7	780
12/06/2023	2,6	7,1	15,9	<0,04	3,8	9,8	27	1,38	6,7	11,3	250
15/06/2023	2,9	5,2	11,2	<0,04	1,4	9,4	2,7	2,1	7	8	360
20/06/2023	0,18	2,9	5,6	<0,04	3,2	5,4	2,7	0,25	2,6	2,9	360
23/06/2023	0,18	9,3	15,1	<0,04	2,4	22	2,7	2,4	5,8	7,6	400
29/06/2023	0,18	2,4	5,1	<0,04	26	14,8	2,7	0,25	8,8	3,3	280
06/07/2023	1,61	16	22	0,09	5,2	13,4	120	0,25	0,2	13,4	1040
11/07/2023	2,5	3,6	30	0,19	7,4	14,1	110	1,44	0,2	22	1030
15/07/2023	1,73	5,8	24	0,81	11,0	12,8	23	1,31	1,5	19,9	1530
19/07/2023	1,01	11,3	14,7	0,07	2,3	12,7	29	1,81	0,2	10,3	920
25/07/2023	<0,18	4,2	17,6	0,21	2,3	17,4	2,7	0,25	6	4,3	1400
02/08/2023	<0,18	2,8	11,9	<0,04	8,2	10,8	130	0,25	0,2	6	290
09/08/2023	<0,18	4,3	4,9	<0,04	1,3	3,3	2,7	0,25	1,2	1,65	250
14/08/2023	<0,18	0,3	4,3	<0,04	2,4	3,1	2,7	0,25	0,2	2,3	260
18/08/2023	<0,18	3,0	12,2	<0,04	1,9	2,8	2,7	0,25	0,2	0,33	830
24/08/2023	0,2	3,5	12,7	<0,04	1,1	6,8	2,7	1,31	1,2	5,1	300
30/08/2023	<0,18	4,6	6,4	<0,04	7,9	3,8	170	0,25	0,2	0,33	280
11/09/2023	11,6	16,4	120	1,36	4,7	21	27	5	1,6	28	4450
05/10/2023	9,8	14	90	1,44	6,3	11,0	14,6	5,5	0,2	12,1	3830
11/10/2023	1,77	6,8	17,2	<0,04	3,5	12,7	22	2,7	0,2	6,4	350
17/10/2023	0,18	1,74	13,2	0,41	6,6	8,6	2,7	1,47	0,2	4,1	930
21/10/2023	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
27/10/2023	3,5	18,6	68	0,87	8,8	32	340	0,9	0,39	62	2730
31/10/2023	2,3	25	56	0,52	10,3	41	300	1,7	0,67	28	2690
04/11/2023	1,8	5,0	25	0,77	3,7	9,9	98	0,6	0,3	9,1	840
08/11/2023	2,2	5,4	18,6	0,35	3,2	9,0	140	1	0,42	10,6	450
13/11/2023	2,4	7,3	29	0,11	9,5	7,8	48	1,3	0,68	19,3	1050
21/11/2023	3,8	7,6	27	<0,04	8,8	9,8	43	1,8	0,47	18,5	980
30/11/2023	0,31	5,2	27	0,11	15,1	8,3	9,7	0,56	0,14	17,8	1110

Ημερομηνία	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Fe
20/12/2023	0,29	4,6	26	0,11	10,4	5,7	57	0,60	0,30	22	2010
23/12/2023	5,7	5,1	29	0,12	9,1	10,6	120	0,50	0,53	34	860
27/12/2023	0,71	10,9	21	<0,04	3,8	5,1	350	0,46	0,29	9,6	500
31/12/2023	0,82	6,1	16,7	<0,04	4,2	10,6	170	0,61	0,31	9,2	560
05/01/2024	3,1	3,8	37	<0,04	8,7	22	240	0,93	0,86	27	1400
11/01/2024	1,6	7,6	35	0,15	6,5	12,0	180	0,81	0,55	25	1580
16/01/2024	0,37	8,4	44	0,12	4,3	7,8	28	0,50	<0,1	15,7	2080
26/01/2024	0,54	6,9	34	0,20	3,4	4,5	160	0,73	0,35	27	740
16/02/2024	1,2	21	28	0,28	2,4	50	120	1,2	0,48	19,1	790
21/02/2024	0,37	6,5	38	0,12	2,9	7,1	120	1,1	0,23	27	780
26/02/2024	1,6	8,6	23	0,51	5,0	11,6	170	0,97	0,37	24	1100
02/03/2024	1,7	10,6	31	0,51	5,9	25	320	1,1	0,54	37	960
07/03/2024	0,95	14,8	23	0,91	8,9	3,6	520	1,2	0,84	46	1150
15/03/2024	1,2	8,7	20	0,33	5,2	18,7	390	0,97	0,55	43	900
19/03/2024	0,38	2,9	14,4	0,21	3,0	9,5	67	0,89	0,21	9,2	900
27/03/2024	0,30	4,0	24	0,25	3,6	8,8	90	1,2	0,29	8,8	870
04/04/2024	0,26	8,6	28	1,4	8,3	47	110	0,63	2,5	43	790
12/04/2024	0,92	0,88	7,1	0,18	8,5	22	120	0,32	0,34	6,6	210
24/04/2024	0,81	0,64	3,4	0,12	2,6	<0,1	59	<0,1	0,44	2,5	81
01/05/2024	0,63	1,7	19,4	<0,04	2,5	2,9	21	0,54	0,21	12,6	1030
09/05/2024	0,20	6,7	29	<0,04	2,3	2,8	15,7	0,70	<0,1	17,2	1410
14/05/2024	<0,18	<0,2	23	<0,04	3,3	4,0	51	<0,1	0,55	13,1	90
22/05/2024	0,37	2,8	17,6	<0,04	3,8	6,8	290	<0,1	1,1	12,6	750
28/05/2024	1,7	4,6	18,9	<0,04	5,5	6,9	34	<0,1	3,7	12,7	780
Μέσος όρος	1.8	6.8	24.9	0.3	5.8	12.7	104	1.1	1.6	16.1	993
Τυπ. απόκλιση	2.3	5.3	20.5	0.4	4.2	10.4	120	1.1	2.5	13.1	859
Μέγιστο	11.6	25	120	1.44	26	50	520	5.5	9.9	62	4450
Ελάχιστο	<0.18	0.2	3.4	<0.04	1.1	<0.1	2.7	<0.1	<0.1	0.33	81



Σχήμα 2.2.2. Ημερήσιες συγκεντρώσεις B[a]P κατά το χρονικό διάστημα 01.06.23-31.05.24



Σχήμα 2.2.3. Μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις μετάλλων/μεταλλοειδών κατά το χρονικό διάστημα 01.06.23-31.05.24

Βιβλιογραφία

- Argyropoulos, G., Samara, C., 2008. Source apportionment in Volos and planning of environmental policy for air quality improvement. Technical Report. Aristotle University of Thessaloniki (in Greek).
- Argyropoulos G., C. Samara C., Diapouli, E. Eleftheriadis K., Papaoikonomou K., Kungolos A., 2017. Source apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in major urban Greek agglomerations using a hybrid source-receptor modeling process. *The Science of the Total Environment* 601-602, 906-917.
- Bairachtari K., Saraga D., Moysiadi A., Vasilakos CH. and Maggos T., PAHs concentration levels in the ambient air of a suburban area in Athens and in a rural area near a timber processing plant. *Proceedings of the 14th International Conference on Environmental Science and Technology*, Rhodes, Greece, 3-5 September 2015.
- Diapouli E., Grigoratos Th., Proias G., Vasilatou V., Maggos Th., Samara C., A. Kungolos, Eleftheriadis K. PM chemical composition and sources in the greater area of Volos during the LIFE+ACEPT-AIR Project (submitted).
- Diapouli E., Manousakas M., Vratolis S., Vasilatou V., Maggos Th., Saraga D., Grigoratos Th., Argyropoulos G., Voutsas D., Samara C., Eleftheriadis K., 2017. Evolution of air pollution source contributions over one decade, derived by PM₁₀ and PM_{2.5} source apportionment in two metropolitan urban areas in Greece. *Atmos. Environ.* 164, 416-430.
- Eleftheriadis K., Diapouli E., Gini M.I., Vasilatou V., Samara C., Argyropoulos G., 2011. Source apportionment of airborne particulate matter for three urban centers in Greece. *European Aerosol Conference*, 4-9 Sept, 2011.
- Emmanouil C., Drositi E., Vasilatou V., Diapouli E., Krikonis K., Eleftheriadis K., Kungolos A., 2017. Study on particulate matter air pollution, source origin, and human health risk based of PM₁₀ metal content in Volos City, Greece. *Toxicological & Environmental Chemistry*: 1-19. doi:10.1080/02772248.2016.1242005.
- Manoli, E., Voutsas, D., Samara, C., 2002. Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, 36(6), 949–961. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00486-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00486-1)
- Manoli E., Kouras A., Samara C., 2004. Profile analysis of ambient and source emitted particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from three sites in northern Greece. *Chemosphere* 56, 867–878.
- Manoli E., Kouras A., Samara C., 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the Greek atmospheric environment, 16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, 24-27 Sept 2011, Ioannina, Greece.
- Manoli E., Kouras A., Karagkiozidou O., Argyropoulos G., Voutsas D., Samara C., 2016. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) at traffic and urban background sites of northern Greece: source apportionment of ambient PAH levels and PAH-induced lung cancer risk. *Environ Sci Pollut Res* 23(4):3556-68.

- Manoli E., Chelioti A., Kouras A., Voutsas D., Samara C., Kampanos H., 2015. Concentrations of gaseous and particulate pollutants in the port of Volos, Greece. CEMEPE & SECOTOX 2015, Mykonos Island, June 14-18.
- Manoli E., Chelioti-Chatzidimitriou A., Karageorgou K., Kouras A., Voutsas D., Samara C., Kampanos I., 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements bounded to airborne PM₁₀ in the harbor of Volos, Greece: Implications for the impact of harbor activities. *Atmospheric Environment* 167, 61-72.
- Moustris K.P., Proias G.T., Larissi I.K., Nastos P.T., Koukouletsos K.V., Palitsos A.G., 2015. Health impacts due to particulate air pollution in Volos City, Greece. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. VOL. 0, No. 0, 1-6 (<http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2015.1079099>)
- Papaioannou A.B., Viras L.G., Nastos P.T., Paliatsos A.G., 2010. Temporal evolution of sulfur dioxide and nitrogen oxides in the city of Volos, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* 161, 485-494.
- Proias G., Grigoratos T., Diapouli E., Vratolis S., Vasilatou V., Saraga D., Maggos Th., Samara C., Kungolos A., Kipouros S., Eleftheriadis K. Chemical composition and sources of PM₁₀ and PM_{2.5} in the greater area of Volos during the LIFE+ACEPT-AIR Project. Book of Abstracts of the 4th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference ISBN: 978-960-6865-67-1, Mykonos Island, Greece, June 24-28, 2013.
- Proias G., Moustris K., Larissi I., Nastos P., Paliatsos A. Temporal evolution of PM₁₀ concentrations during 2001- 2013 in the city of Volos, Greece MESAEP 2015, Crete, September 26 - 30 2015.
- Proias G.T., Moustris K.P., Larissi I.K., Nastos P.T. and Paliatsos A.G., 2012. AMBIENT PM₁₀ CONCENTRATIONS AND THE IMPACT OF WIND AT AN URBAN SITE IN CENTRAL GREECE. *Fresenius Environmental Bulletin* 21(7a), 1935 – 1941.
- Saffari A., Daher N., Samara C., Voutsas D., Kouras A., Manoli E., Karagkiozidou O., Vlachokostas Ch., Moussiopoulos N., Shafer M.M., Schauer J.J., Sioutas C., 2013. Increased Biomass Burning Due to the Economic Crisis in Greece and Its Adverse Impact on Wintertime Air Quality in Thessaloniki, *Environ. Sci. Technol.* 47, 13313–13320.
- Tolis I.E., Saraga E.D., Filiou F.K., Tziavos I.N., Tsiaousis P.Ch., Dinas A. Bartzis G.J., 2014. One-year intensive characterization on PM_{2.5} nearby port area of Thessaloniki, Greece. *Environ Sci Pollut Res*, DOI 10.1007/s11356-014-3883-7.
- Tzoumaka N.P., Kelessis G.A., Petrakakis J.M., Samara C., Papagiannopoulos M.N., Zoumakis M.N., Tzourelis G., 2008. Experimental measurements of C₂-C₅ and C₆-C₁₀ in urban area of Thessaloniki, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (10A), 1594-1600.
- Voutsas D., Samara C., Kouimtzis Th., Ochsenkuhn K., 2002. Elemental composition of airborne particulate matter in the multi-impacted urban area of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, 36, 4453-4462.
- Wang X., Chancellor G., Evenstad J., Farnsworth E.J., Hase A., Olson M.G., Sreenath A., and Agarwal K.J., 2009. A Novel Optical Instrument for Estimating Size Segregated Aerosol Mass Concentration in Real Time. *Aerosol Science and Technology*, 43, 939–950.

- Γρηγοράτος Θ., Αργυρόπουλος Γ., Νικολάου Κ., Κουμπαρέλος Γ., Σαμαρά Κ., 2012. Αιωρούμενα Σωματίδια PM₁₀ στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου: Επίπεδα συγκεντρώσεων - Χημική σύσταση - Πηγές, 1ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Θεσσαλίας, 8-10 Σεπτεμβρίου, Σκιάθος, Πρακτικά σελ. 8.
- Μανώλη Ε., Χελιώτη Α., Κούρας Α., Βουτσά Δ., Σαμαρά Κ., Καμπανός Η. 2015. Συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ και γονοτοξικών συστατικών στο λιμάνι του Βόλου. 12ο Συνέδριο Χημείας Ελλάδας-Κύπρου, 8-10 Μαΐου 2015 Θεσσαλονίκη.
- Πρώιας Γ., Ελευθεριάδης Κ., Διαπούλη Ε., Βράτολης Σ., Βασιλάτου Β., Κούγκολος Α., Κηπουρός Σ., Παλιατσός Α.Γ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ PM₁₀ ΚΑΙ PM_{2.5} ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΚΑΙ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 2011 – 2012 ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LIFE + ACERT-AIR. Βιβλίο Περιλήψεων 1ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Θεσσαλίας Σκιάθος, 8-10 Σεπτεμβρίου 2012, ISBN 978-960-6865-49-7.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Οριακές τιμές της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ

NO₂

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (μg/m ³)	Περιορισμοί
1 ώρα	200	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο
Ημερολογιακό έτος	40	-
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της ωριαίας οριακής τιμής (140 μg/m ³)	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο
	80% της ετήσιας οριακής τιμής (32 μg/m ³)	-
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της ωριαίας οριακής τιμής (100 μg/m ³)	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο
	65% της ετήσιας οριακής τιμής (26 μg/m ³)	-
Όριο συναγερμού Ωραία τιμή για 3 συνεχόμενες ώρες	400 μg/m ³	

CO

	Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (mg/m ³)	Περιορισμοί
Τιμή-στόχος	Μέγιστη ημερήσια 8ωρη τιμή	10	
Περιθώριο ανοχής		60% της τιμής του ορίου	

O₃

	Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (μg/m ³)	Περιορισμοί
Τιμή-στόχος	Μέγιστη ημερήσια 8ωρη τιμή	120	Δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 25 φορές το χρόνο για διάστημα 3 ετών
Όριο ενημέρωσης	Ωραία τιμή	180	
Όριο συναγερμού	Ωραία τιμή	240	

Βενζόλιο

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (μg/m ³)
Ημερολογιακό έτος	5
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (3.5 μg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40% της οριακής τιμής (2 μg/m ³)

SO₂

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (μg/m ³)	Περιορισμοί
1 ώρα	350	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 24 φορές το χρόνο
1 ημέρα	125	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο
Ανώτερο όριο εκτίμησης	43% της ωριαίας οριακής τιμής (150 μg/m ³)	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο
Όριο συναγερμού Ωραία τιμή για 3 συνεχόμενες ώρες	500 μg/m ³	

PM₁₀

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (μg/m ³)	Περιορισμοί
1 ημέρα	50	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της ημερήσιας οριακής τιμής (35 μg/m ³)	
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της ημερήσιας οριακής τιμής (25 μg/m ³)	
Ημερολογιακό έτος	40	
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της ημερήσιας οριακής τιμής (28 μg/m ³)	
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της ημερήσιας οριακής τιμής (20 μg/m ³)	

PM_{2.5}

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή ορίου (μg/m ³)	Περιορισμοί
Ημερολογιακό έτος	25	-
	20	Ενδεικτική οριακή τιμή προς επίτευξη την 1.1.2020
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της ημερήσιας οριακής τιμής (17 μg/m ³)	
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της ημερήσιας οριακής τιμής (12 μg/m ³)	