

Στην παρούσα έκθεση περιέχεται η
ανάλυση των μετρήσεων αιωρούμενων
σωματιδίων στο σταθμό του Δήμου
Ορεστιάδας κατά τη περίοδο
01/12/2019 έως και 31/03/2020.

Έκθεση ποιότητας της ατμόσφαιρας για τον Δήμο Ορεστιάδας

Δεκέμβριος 2019 - Μάρτιος 2020

Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας,
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών

Επεξεργασία δεδομένων:

Γεώργιος Κοσμόπουλος, Βασίλειος Σαλαμαλίκης, Παναγιώτης Τζουμανίκας

Ποιοτικός έλεγχος και τελική επεξεργασία διαθέσιμων δεδομένων - Σύνταξη και επιμέλεια έκθεσης :

Ανδρέας Καζαντζίδης, Καθηγητής, akaza@upatras.gr

Ευθύνη λειτουργίας του δικτύου μετρήσεων :

Εργαστήριο Φυσικής Ατμόσφαιρας Παν/μίου Πατρών, <https://www.atmosphere-upatras.gr/>

Η έκθεση εργασιών αφορά τη χρονική περίοδο 01/12/2019 έως και 31/03/2020.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	4
2	Μετρούμενοι ρύποι και παράμετροι	4
3	Διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων	6
3.1	Μέσες τιμές συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων	6
3.2	Ημερήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων	7
3.3	Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων	8
4	Σύγκριση με τα Ευρωπαϊκά και Εθνικά Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας	10
5	Σύνοψη – Συμπεράσματα	11

1 Εισαγωγή

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν έναν από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία και προέρχονται από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, τη βιομηχανία, τη σκόνη του εδάφους, αγροτικές δραστηριότητες, οικοδομικές κατασκευές κ.λπ. Οι συγκεντρώσεις τους, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, είναι σε υψηλά επίπεδα και εξαρτώνται από την περιοχή, την εποχή και την ώρα της ημέρας.

Για την παρακολούθησή τους σε μια περιοχή, απαιτούνται ένας ή και περισσότεροι σταθμοί μέτρησης, διασκορπισμένοι σε όλη την έκταση, δίνοντας έμφαση στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές αλλά και μέρη ιδιαίτερου ενδιαφέροντος (π.χ. σχολεία, γηροκομεία, μεγάλες οδικές αρτηρίες ή άλλες σημαντικές πηγές αέριας ρύπανσης). Οι μετρήσεις επιβάλλεται να περιλαμβάνουν και τη μέτρηση των μικρών σωματιδίων (διαμέτρου μικρότερης των 1 και 2.5μm) γιατί είναι τα πλέον επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία λόγω της δυνατότητας που έχουν να διεισδύουν βαθύτερα στο αναπνευστικό σύστημα.

Τον Δεκέμβριο του 2019 ξεκίνησε η συνεργασία της ομάδας «Αιθέρας» του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών σε συνεργασία με το Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Αντικείμενο της συνεργασίας είναι η εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής των αιωρούμενων σωματιδίων στο κέντρο της πόλης της Ορεστιάδας, στο πλαίσιο των ερευνητικών και εκπαιδευτικών τους δραστηριοτήτων αλλά και της ανάγκης ενημέρωσης του κοινού, σε πραγματικό χρόνο, για την ποιότητα του αέρα στην Ορεστιάδα.

Ο σταθμός λειτουργεί στο κέντρο της πόλης (επί της οδού Ανδριανουπόλεως), ενώ οι μετρήσεις παρουσιάζονται σε σχεδόν πραγματικό χρόνο στην ιστοσελίδα www.clean-air/orestiada.

Στην παρούσα έκθεση περιέχεται η ανάλυση των μετρήσεων για το διάστημα Δεκέμβριος 2019 - Μάρτιος 2020.

2 Μετρούμενοι ρύποι και παράμετροι

Οι μετρήσεις αφορούν τα αιωρούμενα σωματίδια με διαμέτρους μικρότερες των 10μm (PM₁₀), 2.5μm (PM_{2.5}) και 1μm (PM₁). Οι μετρήσεις γίνονται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων οργάνων είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλαδή ο κάθε αναλυτής δίνει περίπου μια τιμή ανά λεπτό.

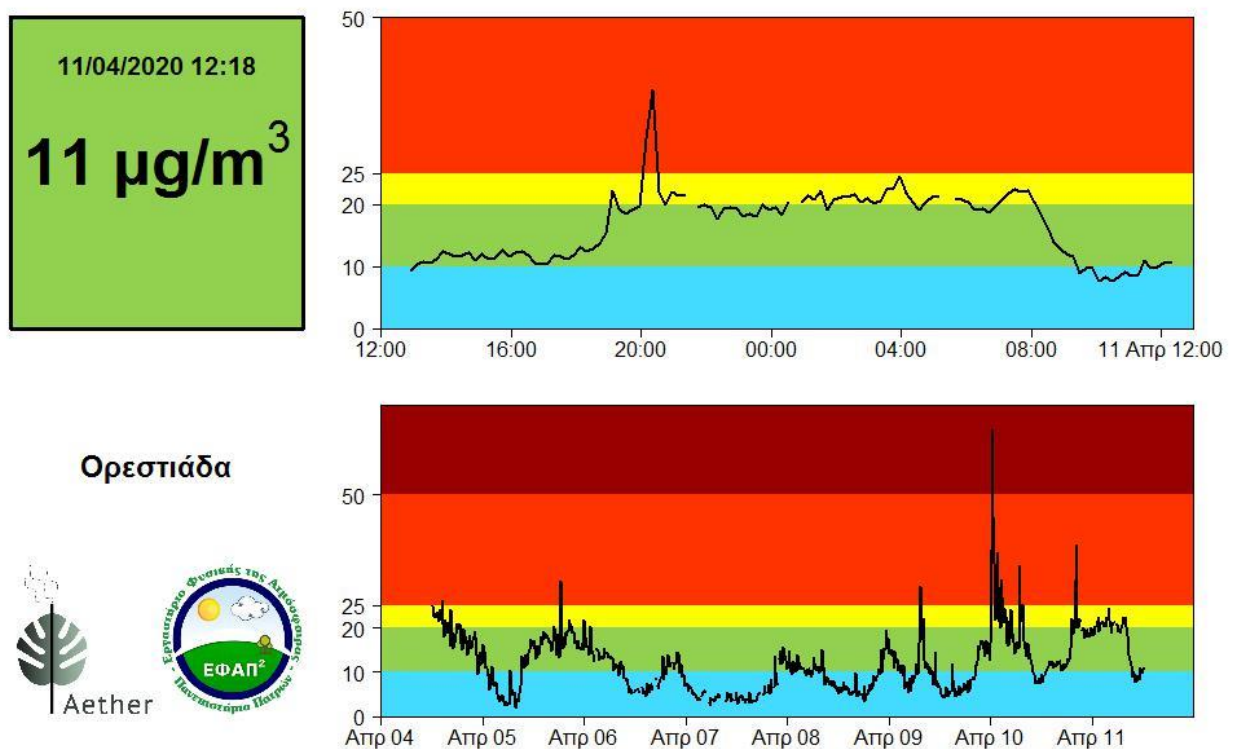
Στην ιστοσελίδα www.clean-air/orestiada παρουσιάζονται οι τελευταίες μετρήσεις ως:

- Συγκεντρώσεις των μικρών αιωρούμενων σωματιδίων (δίνονται με την ονομασία PM_{2.5}) που είναι τα πιο επικίνδυνα.
- Χρωματικοί δείκτες της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σχεδιασμένοι για το κοινό, με βάση τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, όπως φαίνονται στον Πίνακα 1.
- Τη διακύμανση του δείκτη και της κατάστασης ποιότητας αέρα κατά τις προηγούμενες

24 ώρες και 7 ημέρες (Εικόνα 1)

Πίνακας 1: Χρωματικοί δείκτες της ποιότητας της ατμόσφαιρας, σχεδιασμένοι για το κοινό, με βάση τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος.

Κατάσταση ποιότητας αέρα	Τιμές δείκτη ποιότητας αέρα
Καλή	0-10
Ικανοποιητική	10-20
Μέτρια	20-25
Κακή	25-50
Πολύ κακή	50+



Εικόνα 1: Παράδειγμα παρουσίασης της διακύμανσης του δείκτη και της κατάστασης ποιότητας αέρα κατά τις προηγούμενες 24 ώρες και 7 ημέρες. Πηγή: <http://www.clean-air/orestiada/>

3 Διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων

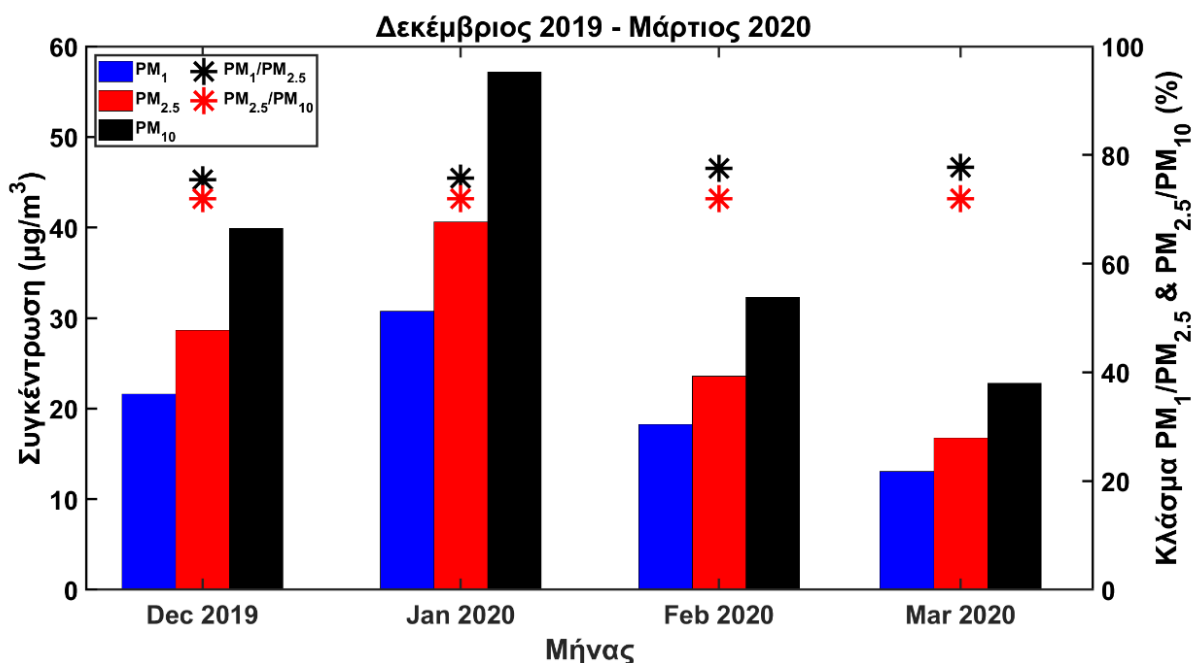
3.1 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των 3 κλασμάτων των αιωρούμενων σωματιδίων (και των αναλογιών τους) για την περίοδο Δεκέμβριος 2019 - Μάρτιος 2020.

Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι ο πιο επιβαρυνμένος μήνας είναι ο Ιανουάριος 2020, όταν και καταγράφηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις PM_{10} ($57.17 \mu g m^{-3}$), $PM_{2.5}$ ($40.63 \mu g m^{-3}$) και PM_{10} ($57.17 \mu g m^{-3}$). Οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται τον Μάρτιο 2020 με μειωμένες τιμές κατά ~60% σε σχέση με τον Ιανουάριο: PM_{10} ($13.03 \mu g m^{-3}$), $PM_{2.5}$ ($16.77 \mu g m^{-3}$) και PM_{10} ($22.78 \mu g m^{-3}$).

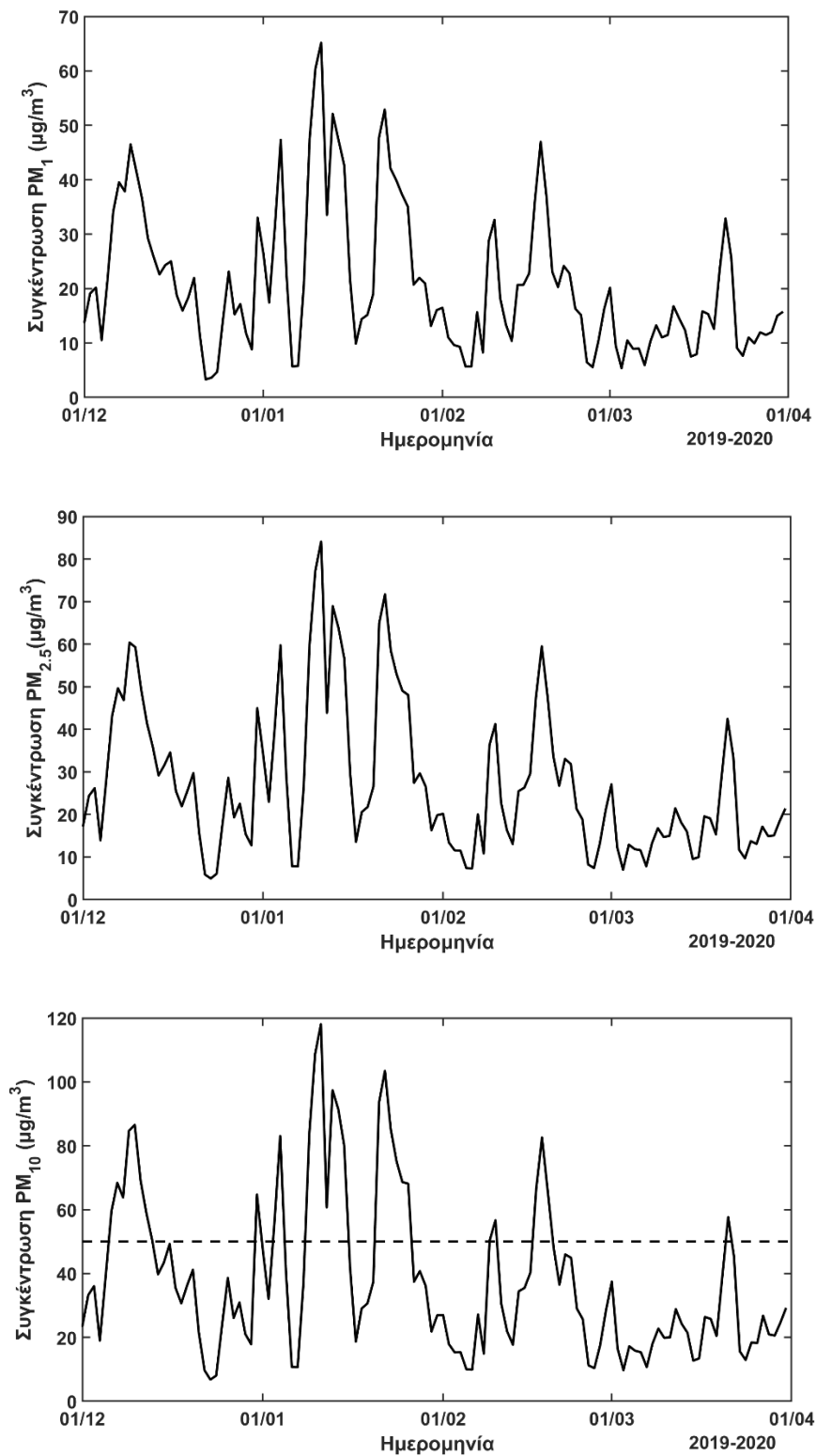
Τον Δεκέμβριο 2019 οι μέσες μηνιαίες τιμές ήταν $21.60 \mu g m^{-3}$ για τα PM_{10} , $28.65 \mu g m^{-3}$ για τα $PM_{2.5}$ και $39.92 \mu g m^{-3}$ για τα PM_{10} ενώ για τον Φεβρουάριο 2020, $18.25 \mu g m^{-3}$, $23.56 \mu g m^{-3}$ και $32.32 \mu g m^{-3}$ αντίστοιχα.

Κατά την 4-μηνια περίοδο μετρήσεων, στη μάζα των PM_{10} υπερισχύουν τα λεπτόκοκκα σωματίδια $PM_{2.5}$ σε ποσοστό ~72%, συνηγορώντας και στην αυξημένη ανθρωπογενή δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή. Εκ των $PM_{2.5}$, το ~ 76% (μέση τιμή) αποτελείται από υπέρλεπτα σωματίδια (PM_{10}). Οι αναλογίες των κλασμάτων δεν παρουσιάζουν σημαντική μηνιαία διαφοροποίηση.



Εικόνα 2: Μέσες μηνιαίες τιμές των συγκεντρώσεων PM_{10} , $PM_{2.5}$ και PM_{10} ($\mu g m^{-3}$) κατά την περίοδο Δεκέμβριος 2019 – Μάρτιος 2020. Τα σημεία αντιστοιχούν στην αναλογία $PM_{10}/PM_{2.5}$ και $PM_{2.5}/PM_{10}$

3.2 Ημερήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων



Εικόνα 3: Μέσες ημερήσιες τιμές ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ και PM_1 , κατά την περίοδο Δεκέμβριος 2019 – Μάρτιος 2020. Παρατηρήθηκαν 30 υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) που έχει καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

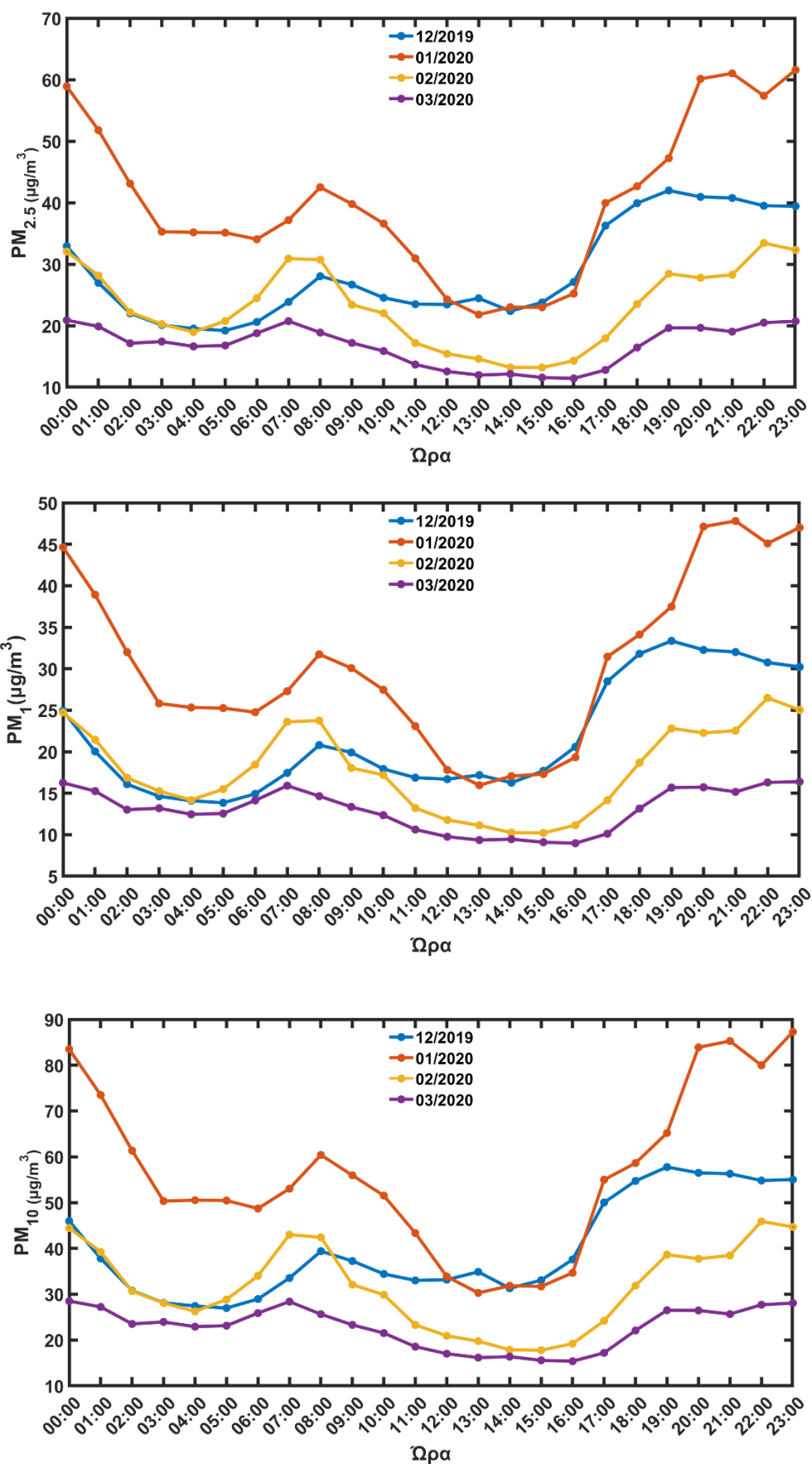
Οι ημερήσιες τιμές των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων παρουσιάζονται στην Εικόνα 3. Η ημερήσια διακύμανση δεν παρουσιάζει διαφοροποιήσεις μεταξύ των 3 κλασμάτων (PM_{10} , $PM_{2.5}$ και PM_1). Κατά την εξεταζόμενη περίοδο, παρατηρείται ημερήσια διακύμανση, με τις τιμές των συγκεντρώσεων να μεταβάλλονται μεταξύ των τιμών $3.29-65.18 \mu g m^{-3}$, $4.97-84.12 \mu g m^{-3}$ και $6.77-118.08 \mu g m^{-3}$ για τα PM_1 , $PM_{2.5}$ και PM_{10} αντίστοιχα. Οι μέγιστες ημερήσιες τιμές κάθε μήνα εμφανίζονται στις 09/12, 11/01, 18/02 και 21/03 για τα PM_1 και $PM_{2.5}$ και στις 10/12, 11/01, 18/02 και 21/03 για τα PM_{10} . Παρατηρήθηκαν 30 υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής PM_{10} ($50 \mu g m^{-3}$) εκ των οποίων οι 9 καταγράφηκαν τον Δεκέμβριο 2019, 15 τον Ιανουάριο, 5 τον Φεβρουάριο και 1 τον Μάρτιο του 2020.

3.3 Οριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων

Οι μέσες ωριαίες τιμές των PM_{10} , $PM_{2.5}$ και PM_1 για κάθε μήνα παρουσιάζονται στην Εικόνα 4. Επίσης, στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέσες μηνιαίες τιμές, οι λόγοι (%) $PM_1/PM_{2.5}$ και $PM_{2.5}/PM_{10}$ καθώς και οι αριθμοί ημερών με μετρήσεις και με υπερβάσεις της οριακής τιμής στα PM_{10} .

Πίνακας 1: Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων ($\mu g m^{-3}$) των αιωρούμενων σωματιδίων PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10} και των λόγων (%) $PM_1/PM_{2.5}$ και $PM_{2.5}/PM_{10}$ κατά την περίοδο Δεκέμβριος 2019 – Μάρτιος 2020. Παρουσιάζεται επίσης το σύνολο των ημερών μέτρησης και αριθμός ημερών με μέση ημερήσια τιμή PM_{10} μεγαλύτερη από $50 \mu g m^{-3}$.

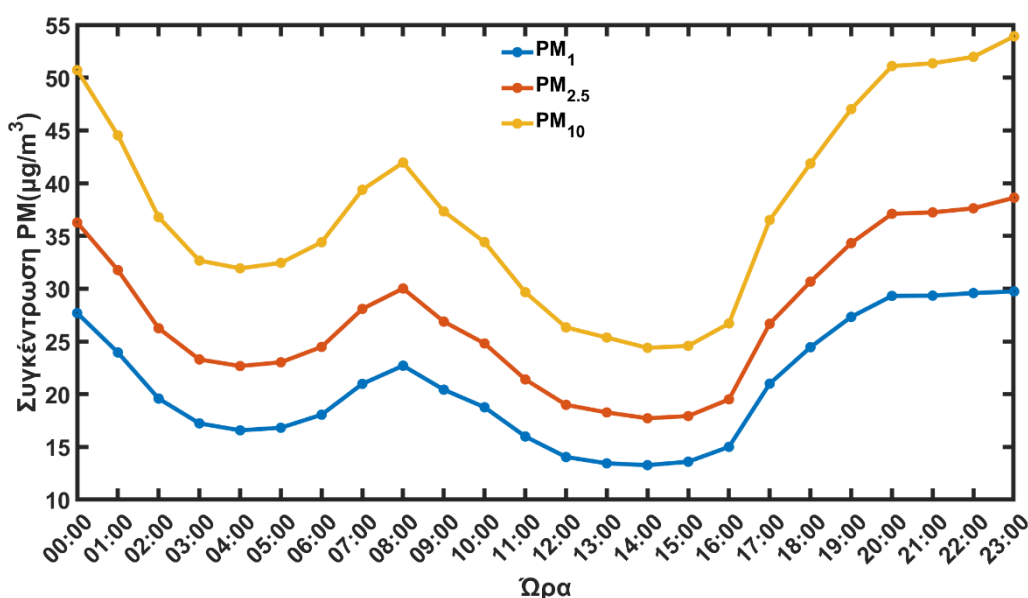
A/A	Μήνας	PM_1	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_1/PM_{2.5}$	$PM_{2.5}/PM_{10}$	Ημέρες	Υπερβάσεις
1.	Δεκέμβριος 2019	21.60	28.64	39.92	75.42	71.74	31	9
2.	Ιανουάριος 2020	30.77	40.64	57.17	75.71	71.09	31	15
3.	Φεβρουάριος 2020	18.26	23.56	32.32	77.50	72.90	28	5
4.	Μάρτιος 2020	13.03	16.76	22.78	77.74	73.57	31	1



Εικόνα 4 Μέσες ωριαίες τιμές ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ και PM_1 στην Ορεστιάδα για τους μήνες 12/2019, 01/2020, 02/2020 και 03/2020.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4, ο ημερήσιος κύκλος των PM₁, PM_{2.5} και PM₁₀ είναι πιο ομαλός το Μάρτιο 2020 με τις τιμές να κυμαίνονται 8.91-16.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 11.43-20.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και 15.37-28.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Πιο έντονος είναι τον Ιανουάριο 2020 για τα PM₁ (15.96-47.80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM_{2.5} (21.81-39.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και PM₁₀ (30.29-87.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Κατά την περίοδο μετρήσεων παρατηρήθηκαν δυο μέγιστα κατά την διάρκεια της ημέρας. Ένα κατά τις πρωινές ώρες 07:00-09:00 που συμπίπτει με την έναρξη ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (π.χ. καύσεις, αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος), σε πιθανό συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες (πρωινή θερμοκρασιακή αναστροφή) και ένα δεύτερο κατά τις απογευματινές προς βραδινές ώρες 19:00-00:00. Στις υψηλότερες τιμές που παρατηρούνται κατά απογευματινές-βραδινές ώρες (σε σχέση με τις πρωινές), μπορεί να συμβάλει μερικώς η κυκλοφορία των οχημάτων αλλά κυρίως επιδρά η καύση βιομάζας για την οικιακή θέρμανση.

Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται οι μέσες ωριαίες τιμές για ολόκληρο διάστημα 12/2019-03/2020. Η διακύμανση τους ήταν 13.27-29.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM₁, 17.72-38.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{2.5} και 24.39-53.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM₁₀. Όπως αναμένεται παρατηρούνται μέγιστα κατά την διάρκεια της ημέρας κατά τις ώρες 07:00-09:00 και 19:00-00:00.



Εικόνα 5 Μέσες ωριαίες τιμές ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, PM_{2.5} και PM₁ στην Ορεστιάδα την περίοδο 12/2019-03/2020.

4 Σύγκριση με τα Ευρωπαϊκά και Εθνικά Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας

Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τα αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀ και PM_{2.5}, σύμφωνα με αυτά που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια ή οι στόχοι αυτοί αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων και παρατίθενται παρακάτω.

Οι οδηγίες που αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι:

- Οδηγία 2008/50/EK 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/EK 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/EK για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/EK και 2008/50/EK, 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).

Οι προαναφερόμενες οδηγίες συνοψίζονται για τα αιωρούμενα σωματίδια ως εξής:

- **PM₁₀**: Η μέση ημερήσια τιμή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την οριακή τιμή των 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ περισσότερες από 35 φορές το έτος.
- **PM_{2.5}**: Η μέση ετήσια τιμή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την οριακή τιμή των 25 $\mu\text{g m}^{-3}$. Δεν έχει θεσπισθεί ημερήσια οριακή τιμή.

5 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Τον Δεκέμβριο του 2019 ξεκίνησε η συνεργασία της ομάδας «Αιθέρας» του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών σε συνεργασία με το Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Αντικείμενο της συνεργασίας είναι η εγκατάσταση και λειτουργία ενός συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής των αιωρούμενων σωματιδίων στο κέντρο της πόλης της Ορεστιάδας, στο πλαίσιο των ερευνητικών και εκπαιδευτικών τους δραστηριοτήτων αλλά και της ανάγκης ενημέρωσης του κοινού, σε πραγματικό χρόνο, για την ποιότητα του αέρα στην Ορεστιάδα.

Ο σταθμός λειτουργεί στο κέντρο της πόλης (επί της οδού Ανδριανουπόλεως) και παρέχει μετρήσεις των κλασμάτων των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ και PM_1 . Επίσης, στη διαδικτυακή πλατφόρμα www.clean-air/orestiada καταγράφονται και παρουσιάζονται οι συνθήκες για την ποιότητα του αέρα στην Ορεστιάδα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Τα συμπεράσματα από τη μελέτη των μετρήσεων για το χρονικό διάστημα Δεκέμβριος 2019-Μάρτιος 2020 συνοψίζονται στα εξής:

- 1) Η μέση τιμές των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν 20.91 $\mu\text{g m}^{-3}$ για τα PM_1 , 27.40 $\mu\text{g m}^{-3}$ για τα $\text{PM}_{2.5}$ και 38.05 $\mu\text{g m}^{-3}$ για τα PM_{10} . Η ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν αυξημένη κατά τον Ιανουάριο 2020 (30.77 $\mu\text{g m}^{-3}$, 40.63 $\mu\text{g m}^{-3}$ και 57.17 $\mu\text{g m}^{-3}$ για τα PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$ και PM_{10} αντίστοιχα) ενώ οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται τον Μάρτιο (13.03 $\mu\text{g m}^{-3}$, 16.76 $\mu\text{g m}^{-3}$ και 22.77 $\mu\text{g m}^{-3}$).
- 2) Ο ημερήσιος κύκλος των PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$ και PM_{10} είναι πιο ομαλός το Μάρτιο 2020 με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ των τιμών 8.91-16.37 $\mu\text{g m}^{-3}$, 11.43-20.89 $\mu\text{g m}^{-3}$ και 15.37-28.51 $\mu\text{g m}^{-3}$. Πιο ημερήσιο κύκλος εμφανίζεται τον Ιανουάριο 2020 για τα PM_1 (15.96 - 47.80 $\mu\text{g m}^{-3}$) $\text{PM}_{2.5}$ (21.81-39.78 $\mu\text{g m}^{-3}$) και PM_{10} (30.29-87.28 $\mu\text{g m}^{-3}$). Τα πρωινά μέγιστα συμπίπτουν με την έναρξη ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (καύσεις,

κυκλοφοριακός φόρτος), σε πιθανό συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες (πρωινή θερμοκρασιακή αναστροφή). Τα απογευματινά-βραδινά μέγιστα σχετίζονται με τις εκπομπές από καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση.

- 3) Παρατηρήθηκαν 30 υπερβάσεις της θεσμοθετημένης από την Ευρωπαϊκή Ένωση τιμής PM_{10} (50 mg/m^3). Οι 9 καταγράφηκαν τον Δεκέμβριο 2019, 15 τον Ιανουάριο, 5 τον Φεβρουάριο και 1 τον Μάρτιο του 2020.