

Στην παρούσα έκθεση περιέχεται η  
ανάλυση των μετρήσεων αιωρούμενων  
σωματιδίων στους σταθμούς του δικτύου  
'Αιθέρας' (Εργαστήριο Φυσικής της  
Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου  
Πατρών) στην Πάτρα, το 2017.

# Έκθεση ποιότητας της ατμόσφαιρας για την Πάτρα - 2017

Μάρτιος 2018, Πάτρα

Φυσικό Τμήμα Πανεπιστημίου Πατρών

*Η παρούσα Έκθεση βασίστηκε στην πραγματοποίηση της Άσκησης με θέμα «Επεξεργασία και οπτικοποίηση πειραματικών δεδομένων», στα πλαίσια του προπτυχιακού μαθήματος «Ατμοσφαιρική Ρύπανση», του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών, κατά το χειμερινό εξάμηνο 2017-2018.*

Επεξεργασία και σχολιασμός δεδομένων:

ΑΓΓΕΛΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ  
ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ  
ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ  
ΒΛΑΧΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ  
ΒΟΥΚΕΛΑΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ  
ΓΙΑΝΝΑΚΙΤΣΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ  
ΔΡΙΤΣΑ ΒΑΓΙΑ  
ΗΛΙΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ  
ΚΑΛΤΣΟΥΚΑΛΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΔΗΜΗΤΡΑ  
ΚΑΡΑΙΣΚΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΚΛΑΥΔΙΑΝΟΣ ΜΑΡΙΟΣ  
ΚΟΣΜΑ ΠΗΝΕΛΟΠΗ  
ΚΟΥΡΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΑ ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ  
ΛΑΛΟΥΔΑΚΗ ΣΩΤΗΡΙΑ  
ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΜΙΤΟΥΛΑΚΗ ΕΙΡΗΝΗ  
ΜΠΑΒΕΑ ΑΝΝΑ ΜΑΡΙΑ  
ΞΕΡΡΑ ΣΟΦΙΑ  
ΠΑΠΑ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΠΑΠΑΚΩΣΤΑ ΙΩΑΝΝΑ  
ΠΑΤΟΥΝΗ ΜΑΛΑΜΑΤΕΝΙΑ  
ΠΕΤΡΑΚΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ  
ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ  
ΡΕΛΛΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΣΑΒΒΑ ΣΑΒΒΑΣ  
ΣΚΑΜΑΓΚΟΥΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΣΠΑΝΟΣ ΠΑΥΛΟΣ  
ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΣΤΙΒΑΝΑΚΗ ΙΩΑΝΝΑ  
ΤΖΑΝΑΚΑΚΗ ΣΩΤΗΡΙΑ  
ΦΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

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

ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ ([eathana@noa.gr](mailto:eathana@noa.gr))

Ευθύνη λειτουργίας του δικτύου μετρήσεων :

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

## Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή .....	3
2	Δίκτυο σταθμών μέτρησης σωματιδιακής ρύπανσης στην Πάτρα.....	4
2.1	Σταθμοί μέτρησης.....	4
2.2	Μετρούμενοι ρύποι και παράμετροι .....	4
3	Χρονικές διακυμάνσεις των τιμών συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων .....	5
3.1	Μέσες τιμές συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων.....	5
3.2	Μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων .....	6
3.3	Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων .....	8
4	Σύγκριση των επιπέδων των αιωρούμενων σωματιδίων με τα Ευρωπαϊκά και Εθνικά Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας.....	8
5	Σύνοψη – Συμπεράσματα.....	11
6	Παράρτημα .....	12

## 1 Εισαγωγή

Η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες επιβάρυνσης της ανθρώπινης υγείας, διαμορφώνοντας παράλληλα τις κλιματικές συνθήκες.

Το 2016 εγκαταστάθηκε δίκτυο μετρήσεων των αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας, με πρωτοβουλία του [Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας](#) του Πανεπιστημίου Πατρών (ΠΠ). Το δίκτυο ονομάζεται Αιθέρας και αποτελείται από αισθητήρες μέτρησης κλασμάτων των αιωρούμενων σωματιδίων, πανοραμικές κάμερες και μια διαδικτυακή πλατφόρμα (<http://www.patrasair.gr/>) που καταγράφει την ποιότητα του αέρα στην Πάτρα σε πραγματικό χρόνο.

Η αγορά του εξοπλισμού, έγινε μέσω συμμετοχικής χρηματοδότησης από τους πολίτες (crowd-funding). Η παρακολούθηση των σταθμών μέτρησης και η κατασκευή και συντήρηση της ιστοσελίδας του δικτύου, βασίζεται στην εθελοντική εργασία του προσωπικού του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας και των φοιτητών της μεταπτυχιακής ειδίκευσης «[Εφαρμοσμένη Μετεωρολογία και Φυσική Περιβάλλοντος](#)».

Σε θέματα που αφορούν την βαθμονόμηση, τον έλεγχο και την καλή λειτουργία των οργάνων μέτρησης υπάρχει συνεργασία μεταξύ του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Τμήματος Φυσικής και του [Εργαστηρίου Μελέτης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης](#) του Τμήματος Χημικών Μηχανικών. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιούνται μετρήσεις σε εξωτερικούς χώρους αλλά και σε ελεγχόμενο περιβάλλον (θάλαμος ατμοσφαιρικής προσομοίωσης στις εγκαταστάσεις του [Ινστιτούτου Επιστημών Χημικής Μηχανικής](#)). Υποστηρικτικά χρησιμοποιείται εξοπλισμός που έχει χρηματοδοτηθεί παλαιότερα από την Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, ενώ το κόστος συντήρησης καλύπτεται εν μέρει από τον [Οργανισμό Λιμένος Πατρών](#).

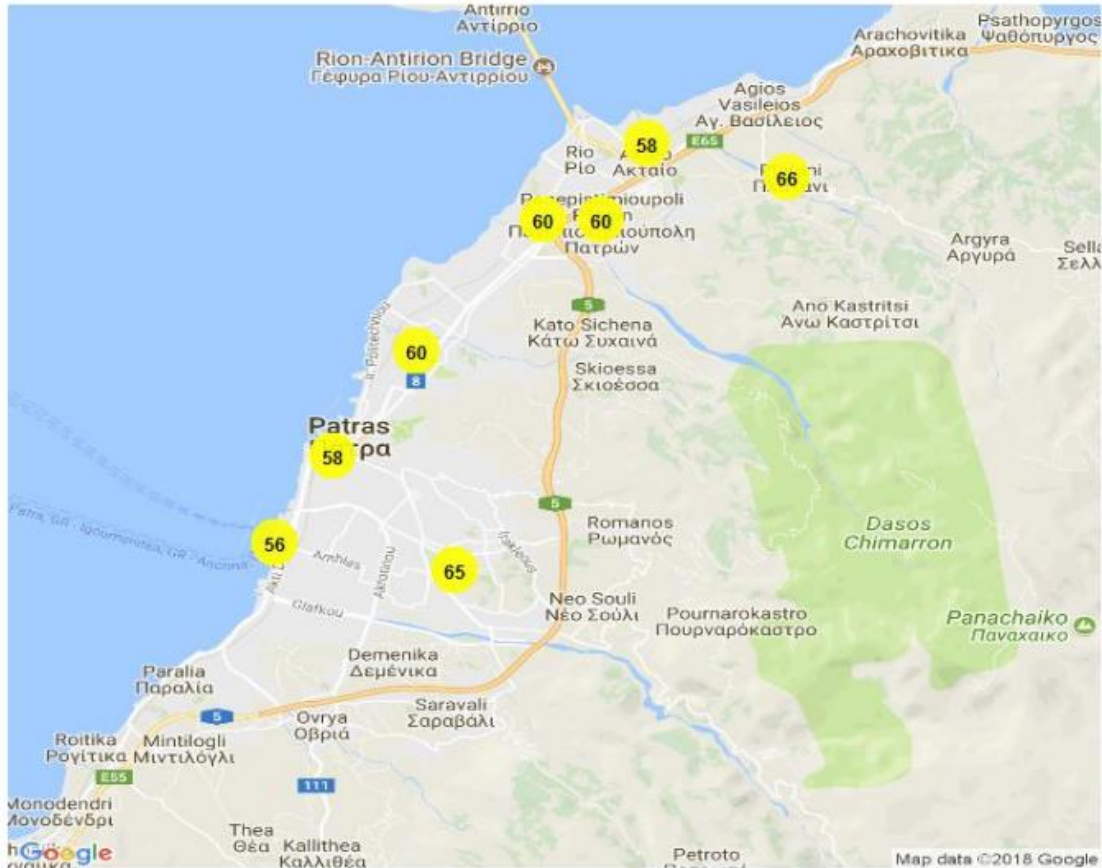
Η οπτικοποίηση των μετρήσεων σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (near real-time) παρέχεται στην ιστοσελίδα του δικτύου <http://www.patrasair.gr/>. Τα δεδομένα μέτρησης του δικτύου διατίθενται μετά από επικοινωνία με το [Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας](#) (Αν. Καθ. Ανδρέας Καζαντζίδης, [akaza@upatras.gr](mailto:akaza@upatras.gr)). Η ομάδα [Ozia](#) παραχωρεί εικόνες σε πραγματικό χρόνο από τις περιοχές που έχουν τοποθετηθεί οι αισθητήρες μέτρησης.

Στην παρούσα έκθεση περιέχεται η ανάλυση των στοιχείων μετρήσεων από τους σταθμούς του 'Αιθέρα' για το 2017. Η έκθεση είναι αποτέλεσμα συνεργασίας των φοιτητών του προπτυχιακού μαθήματος «[Ατμοσφαιρική Ρύπανση](#)» του Φυσικού τμήματος (ΠΠ) κατά το χειμερινό εξάμηνο 2017-2018, στο πλαίσιο επιμέρους συνεργατικών εργασιών (υπεύθυνη μαθήματος: Δρ. Ελένη Αθανασοπούλου, [eathana@noa.gr](mailto:eathana@noa.gr)). Η δομή της βασίστηκε σε αυτήν των επίσημων Εκθέσεων της [Διεύθυνσης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης & Θορύβου του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας](#).

## 2 Δίκτυο σταθμών μέτρησης σωματιδιακής ρύπανσης στην Πάτρα

### 2.1 Σταθμοί μέτρησης

Κατά το 2017, το δίκτυο Αιθέρας αποτελούταν συνολικά από 9 σταθμούς μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Χάρτης σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του 'Αιθέρας' στην Πάτρα. Οι τιμές που εμφανίζονται αποτελούν την πρόσφατη (13.45 LT, 26/1/18) μέτρηση της συγκέντρωσης των  $PM_{2.5}$  ( $\mu g\ m^{-3}$ ), ενώ το χρώμα αντιστοιχεί στον δείκτη ποιότητας αέρα (κίτρινο: μέτρια κατάσταση). Πηγή: <http://www.patrasair.gr/>

### 2.2 Μετρούμενοι ρύποι και παράμετροι

Οι θέσεις των σταθμών του δικτύου, το χρονικό διάστημα λειτουργίας του καθένα και οι μετρούμενοι ρύποι φαίνονται στον Πίνακα 1. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις αφορούν τα αιωρούμενα σωματίδια με διαμέτρους μικρότερες των 10 $\mu m$  ( $PM_{10}$ ), 2.5 $\mu m$  ( $PM_{2.5}$ ) και 1 $\mu m$  ( $PM_1$ ). Επιπλέον μετεωρολογικές παράμετροι που μετρώνται ταυτόχρονα είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Οι μετρήσεις γίνονται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλαδή ο κάθε αναλυτής δίνει περίπου μια τιμή ανά λεπτό.

Στην ανάλυση που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα συγκεντρώσεων των  $PM_1$ ,  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ , των σταθμών εξωτερικού χώρου που λειτούργησαν άνω του 1 μήνα,

δηλαδή αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα των αστικών σταθμών Αγυιά, Λιμάνι, Τριών Ναυάρχων και των σταθμών υπαίθρου Πανεπιστήμιο, Πλατάνι και Ρίο.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά σταθμών μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης του δικτύου Αιθέρας (Πάτρα).

Όνομα	Θέση		Χαρακτηρισμός	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	Θερμοκρασία (Τ) °F	Υγρασία (RH) %	Περίοδος μέτρησης 2017*
	γ. μήκος	γ. πλάτος							
Αγυιά	21.748	38.263	Αστικός	✓	✓	✓	✓	✓	27/1-5/12
Λιμάνι	21.719	38.224	Αστικός	✓	✓	✓	✓	✓	3/2-5/12
Πανεπιστήμιο	21.785	38.289	Υπαίθρου-Υποβάθρου	✓	✓	✓	✓	✓	25/5-5/12
Πλατάνι	21.822	38.297	Υπαίθρου	✓	✓	✓	✓	✓	22/10-5/12
Ρίο	21.748	38.263	Υπαίθρου	✓	✓	✓	✓	✓	13/5-5/12
Τριών Ναυάρχων	21.731	38.242	Αστικός-Κυκλοφορίας	✓	✓	✓	✓	✓	18/3-5/12
Κουκούλι	21.756	38.219	Υπαίθρου	✓	✓	✓	✓	✓	25/11-5/12
Ακταίο	21.794	38.304	Εσωτερικού χώρου	✓	✓	✓	✓	✓	8/11-5/12
Καστελόκαμπος	21.773	38.289	Υπαίθρου	✓	✓	✓	✓	✓	8-11/5/12

\* Σημειώνεται ότι η περίοδος μέτρησης αφορά στην ημερομηνία λήψης των δεδομένων προς επεξεργασία στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

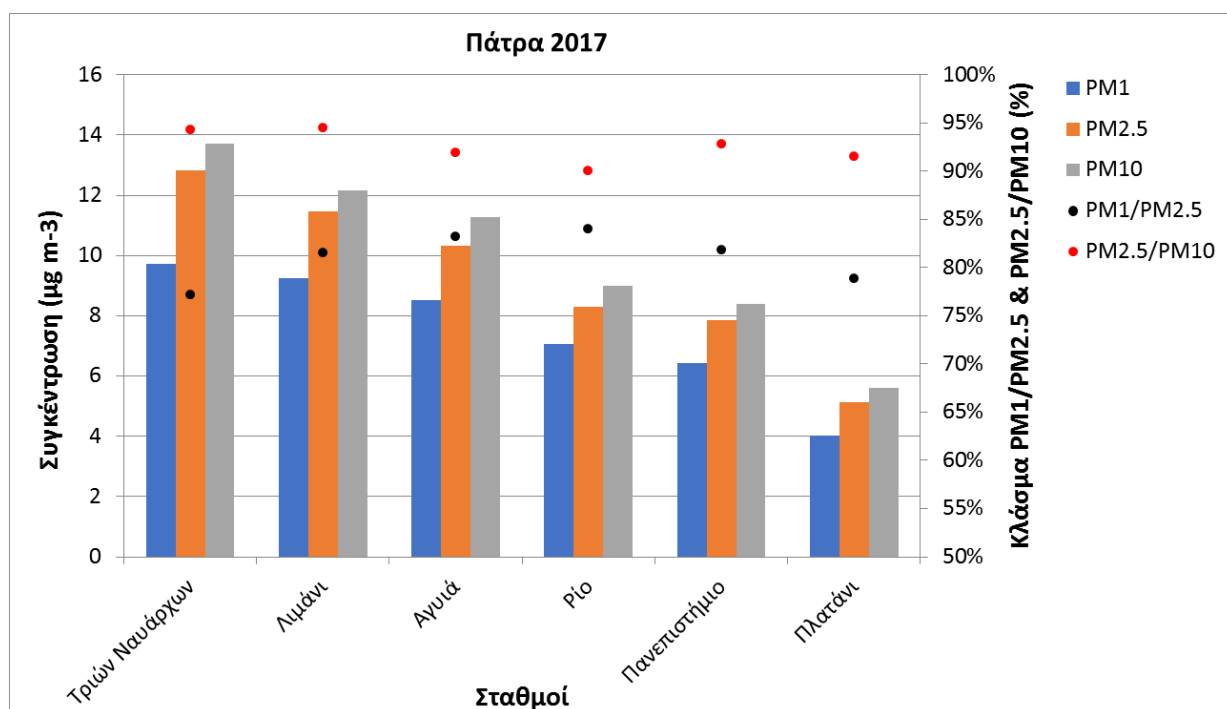
### 3 Χρονικές διακυμάνσεις των τιμών συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων

#### 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 τους 6 επιλεγμένους σταθμούς μέτρησης. Οι εν λόγω τιμές δίδονται στο Παράρτημα (Πίνακας 3).

Από την επεξεργασία των δεδομένων γίνεται εμφανές ότι οι αστικοί σταθμοί (Τριών Ναυάρχων, Λιμάνι και Αγυιά), είναι πιο επιβαρυνμένοι από αυτούς της υπαίθρου (Ρίο, Πανεπιστήμιο και Πλατάνι), λόγω της αυξημένης ανθρωπογενούς δραστηριότητας στους πρώτους (κυκλοφορία οχημάτων, οικιακή θέρμανση κλπ). Ο σταθμός Τριών Ναυάρχων παρουσιάζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub> (13.7, 12.8, 9.7 μg m<sup>-3</sup>, αντίστοιχα), ενώ αυτός στο Πλατάνι τις χαμηλότερες (5.6, 5.1, 4 μg m<sup>-3</sup>, αντίστοιχα). Για το πρώτο, ο λόγος είναι ότι ο σταθμός είναι 'κυκλοφορίας', δηλαδή υφίσταται την άμεση επίδραση των εκπομπών των οχημάτων (π.χ. εξατμίσεις αυτοκινήτων). Όσον αφορά τις τιμές στο Πλατάνι και δεδομένου ότι αντιστοιχούν σε περίοδο περίπου 2 μηνών, επομένως δεν αποτελούν μέσες ετήσιες τιμές και δεν μπορεί να βγει ασφαλές συμπέρασμα από την σύγκρισή τους με αυτές των υπόλοιπων σταθμών.

Στη μάζα των PM<sub>10</sub> υπερिशύουν τα λεπτόκοκκα σωματίδια PM<sub>2.5</sub> σε όλους τους σταθμούς και σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90%, συνηγορώντας και πάλι στην αυξημένη ανθρωπογενή δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή του δικτύου της. Εκ των PM<sub>2.5</sub>, το 80% (μέση τιμή) αποτελείται από υπέρλεπτα σωματίδια (PM<sub>1</sub>), κάτι το οποίο σημαίνει ότι η καύση (βιομάζας, πετρελαίου, βενζίνης κλπ) είναι η βασική πηγή σωματιδίων. Κατά μέσο όρο, η ρύπανση στους σταθμούς υπαίθρου είναι κατά 40% χαμηλότερη αυτής των αστικών, ενώ οι αναλογίες των κλασμάτων δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των αστικών σταθμών και αυτών στην ύπαιθρο. Τα παραπάνω συντελούν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση των πηγών σωματιδίων μεταξύ των αστικών και των σταθμών υπαίθρου, αλλά ούτε και σημαντική πηγή μηχανικής παραγωγής σωματιδίων φυσικής προέλευσης (π.χ. θάλασσα, σκόνη).



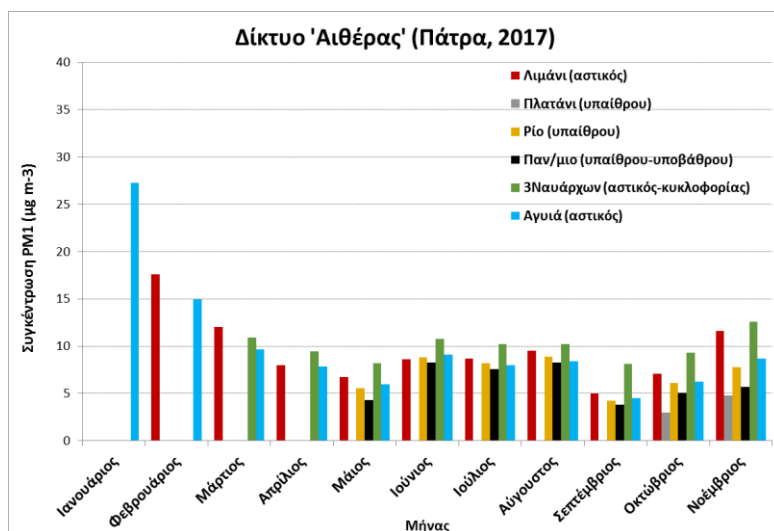
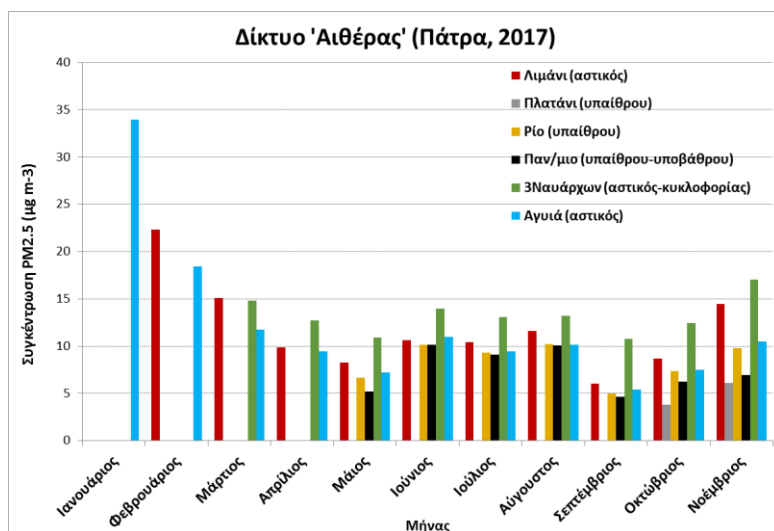
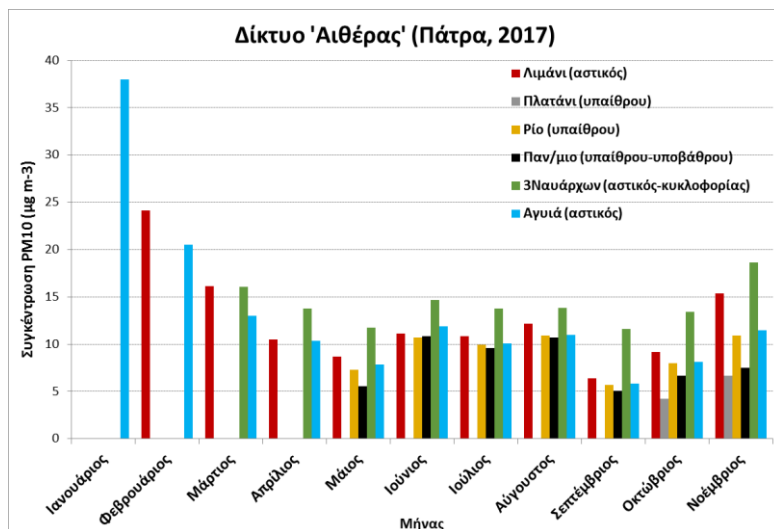
Εικόνα 2: Μέσες ετήσιες τιμές των συγκεντρώσεων PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>10</sub> (μg m<sup>-3</sup>) σε 6 σταθμούς καταγραφής του δικτύου 'Αιθέρας' κατά το 2017. Τα σημεία αντιστοιχούν στην αναλογία PM<sub>1</sub>/PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>.

### 3.2 Μηνιαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων

Όπως φαίνεται από την Εικόνα 3, η μηνιαία διακύμανση των αιωρούμενων σωματιδίων δεν παρουσιάζει διαφοροποιήσεις μεταξύ των 3 κλασμάτων (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> και PM<sub>1</sub>). Σε όλους τους σταθμούς παρατηρείται ένα πρωτεύον μέγιστο κατά την χειμερινή περίοδο το οποίο σχετίζεται με την αυξημένη καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση, επιπρόσθετα της κυκλοφορίας των οχημάτων. Το δευτερεύον μέγιστο σημειώνεται τους θερινούς μήνες και πιθανά σχετίζεται με την αυξημένες εκπομπές του γεωργικού τομέα, των πλοίων και την καύση βιομάζας. Τα παραπάνω οφείλονται στις υψηλές θερμοκρασίες και ηλιακή ακτινοβολία, στην αυξημένη τουριστική κίνηση και στις πυρκαγιές, αντίστοιχα. Οι



παραγόμενοι σωματιδιακοί ρύποι είναι το αμμώνιο, τα θεϊκά σωματίδια και τα δευτερογενή οργανικά σωματίδια.





Εικόνα 3: Μέσες μηνιαίες τιμές ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) των αιωρούμενων σωματιδίων PM10 (επάνω), PM2.5 (μέση) και PM1 (κάτω) στους 6 σταθμούς μέτρησης του δικτύου 'Αιθέρας' στην Πάτρα κατά το 2017.

### 3.3 Ωριαία μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 οι μεγαλύτερες τιμές PM<sub>10</sub> σημειώνονται στις αστικές περιοχές τις πρωινές ώρες 7.00 - 11.00 ( $10\text{-}14 \mu\text{g m}^{-3}$ ) και τις βραδινές ώρες 19.00-01.00 ( $15\text{-}32 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Ο ημερήσιος κύκλος είναι κατά πολύ ομαλότερος στον σταθμό υπαίθρου στο Ρίο με τιμές που κυμαίνονται από 8 σε  $11 \mu\text{g m}^{-3}$ , ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς υπαίθρου δεν παρατηρείται ωριαία διακύμανση (μέση τιμή περίπου  $9 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Αντίστοιχες διακυμάνσεις παρατηρούνται και για τα λεπτόκοκκα και υπέρ-λεπτα σωματίδια (Εικόνα 5 και Εικόνα 6), με χαμηλότερα μέγιστα κατά περίπου 10 και 30 %. Τα πρωινά μέγιστα συμπίπτουν με τον αυξημένο κυκλοφοριακό φόρτο, σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές συνθήκες (πρωινή θερμοκρασιακή αναστροφή εδάφους), ενώ στα βραδινά μέγιστα συμβάλει αφενός η κυκλοφορία των οχημάτων και αφετέρου η καύση βιομάζας για την οικιακή θέρμανση. Εξαιρέση αποτελούν οι ημερήσιοι κύκλοι PM2.5 και PM1 στον σταθμό στο Πλατάνι, που δεν παρουσιάζουν κάποια αναγνωρίσιμη και τυπική ωριαία διακύμανση έτους, μιας και αντιστοιχούν σε δεδομένα διάρκειας περίπου 1.5 μήνα (βλ. Πίνακας 1).

Οι υψηλότερες τιμές PM10 ( $31\text{-}33 \mu\text{g m}^{-3}$ ) παρατηρούνται στον σταθμό 3 ναυάρχων κατά τις βραδινές ώρες (21.00-22.00). Περαιτέρω διερεύνηση των συγκεντρώσεων στη συγκεκριμένη θέση κατά τη θερμή περίοδο (Μάιος-Οκτώβριος) δεν διαφοροποιεί τα αποτελέσματα, πράγμα που σημαίνει πως το συγκεκριμένο μέγιστο στη συγκεκριμένη θέση, δεν σχετίζεται με την καύση βιομάζας κατά τους χειμερινούς μήνες.

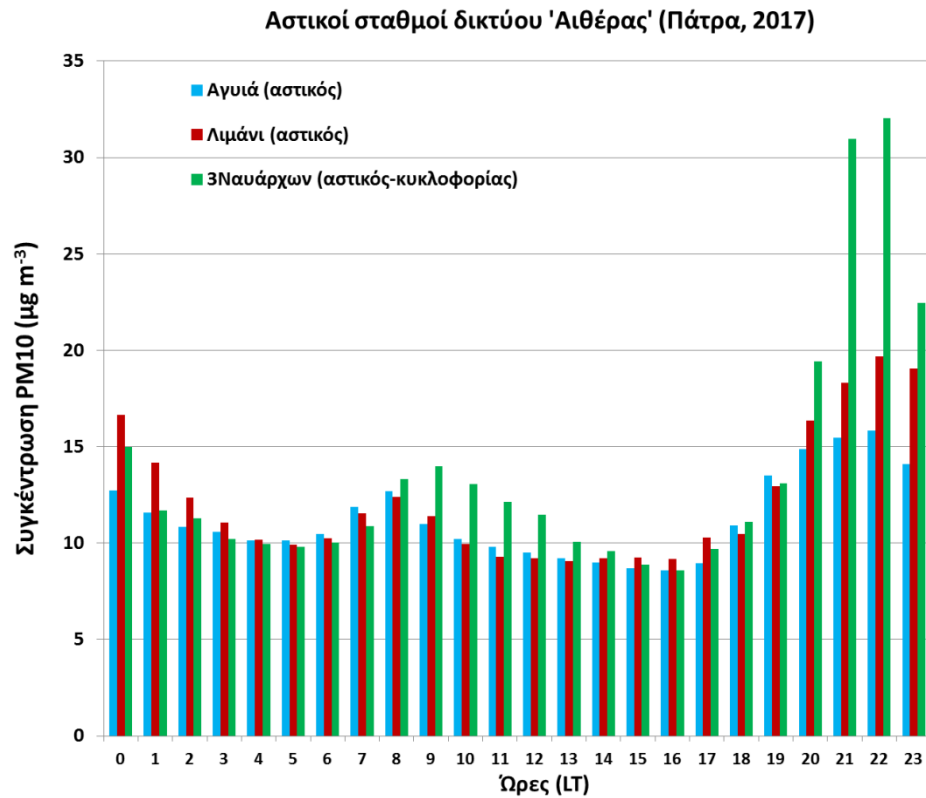
## 4 Σύγκριση των επιπέδων των αιωρούμενων σωματιδίων με τα Ευρωπαϊκά και Εθνικά Όρια ποιότητας της ατμόσφαιρας

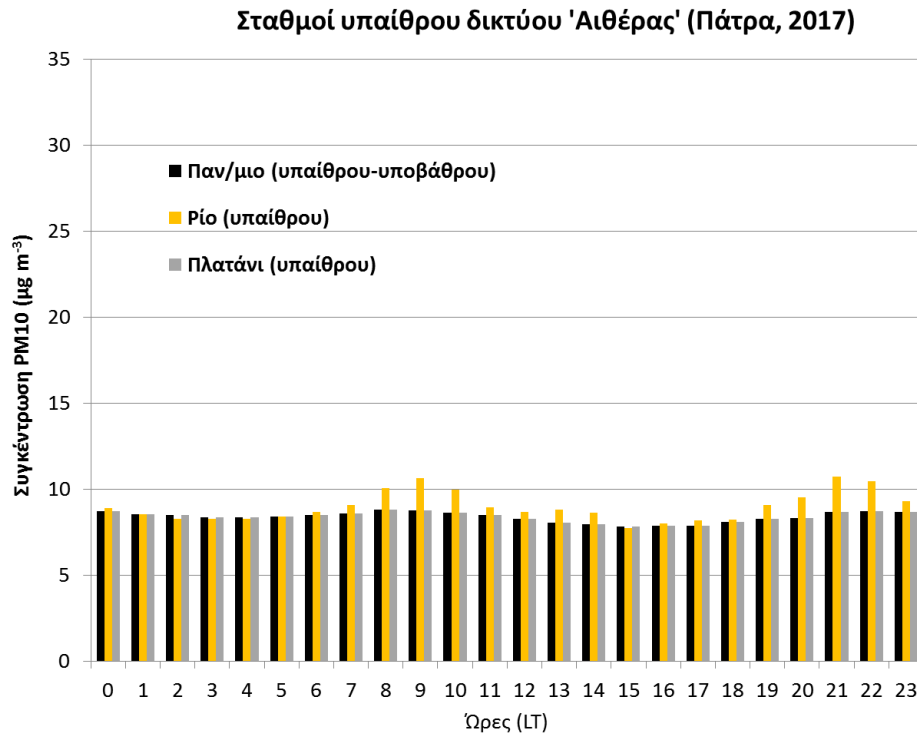
Στη χώρα μας ισχύουν νομοθετημένα όρια και στόχοι για τα αιωρούμενα σωματίδια PM10 και PM2.5, σύμφωνα με αυτά που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Τα όρια ή οι στόχοι αυτοί αναφέρονται τόσο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας όσο και των οικοσυστημάτων και παρατίθενται παρακάτω.

Οι οδηγίες που αφορούν στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι:

- Οδηγία 2008/50/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 πολυ-κυκλικούς 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).

Οι μέσες ετήσιες (και ημερήσιες) τιμές στους σταθμούς μέτρησης του δικτύου 'Αιθέρας' στην Πάτρα ήταν αρκετά χαμηλές ( $<15 \mu\text{g m}^{-3}$ ) κατά το 2017 (Πίνακας 2). Δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις της μέσης ετήσιας οριακής τιμής PM10 ( $40 \mu\text{g m}^{-3}$ ) και PM2.5 ( $25 \mu\text{g m}^{-3}$ ) (Πίνακας 3). Παρομοίως, δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής PM10 ( $50 \mu\text{g m}^{-3}$ ) (Πίνακας 2).





Εικόνα 4: Μέσες ωριαίες τιμές (µg m<sup>-3</sup>) των αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>10</sub> στους 3 αστικούς (επάνω) και στους 3 σταθμούς υπαίθρου μέτρησης (κάτω), του δικτύου 'Αιθέρας' στην Πάτρα κατά το 2017.

Πίνακας 2: Αριθμός ημερών για το 2017 σε κάθε θέση μέτρησης του δικτύου 'Αιθέρας' στην Πάτρα, με μέση ημερήσια τιμή PM<sub>10</sub> μεγαλύτερη από 50µg m<sup>-3</sup> (όριο Ε.Ε.)

Σταθμοί	PM <sub>10</sub> (μέση τιμή)	N (αριθμός ημερών με δεδομένα)	Υπερβάσεις
<b>Τριών Ναυάρχων</b>	<b>13.7</b>	<b>241</b>	-
<b>Λιμάνι</b>	<b>12.1</b>	<b>262</b>	-
<b>Αγυιά</b>	<b>11.3</b>	<b>292</b>	-
<b>Ρίο</b>	9.0	185	-
<b>Πανεπιστήμιο</b>	8.4	173	-
<b>Πλατάνι</b>	5.6	24	-

## 5 Σύνοψη – Συμπεράσματα

Το 2016 εγκαταστάθηκε δίκτυο μετρήσεων των αιωρούμενων σωματιδίων στην ευρύτερη περιοχή της Πάτρας, με πρωτοβουλία του [Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας](#) του Πανεπιστημίου Πατρών. Το δίκτυο ονομάζεται Αιθέρας και αποτελείται από: αισθητήρες μέτρησης των κλασμάτων των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  και  $PM_1$  σε εννέα (9) θέσεις, πανοραμικές κάμερες και μια διαδικτυακή πλατφόρμα (<http://www.patrasair.gr/>) που καταγράφει και αναμεταδίδει ελεύθερα στους πολίτες την ποιότητα του αέρα στην Πάτρα σε πραγματικό χρόνο.

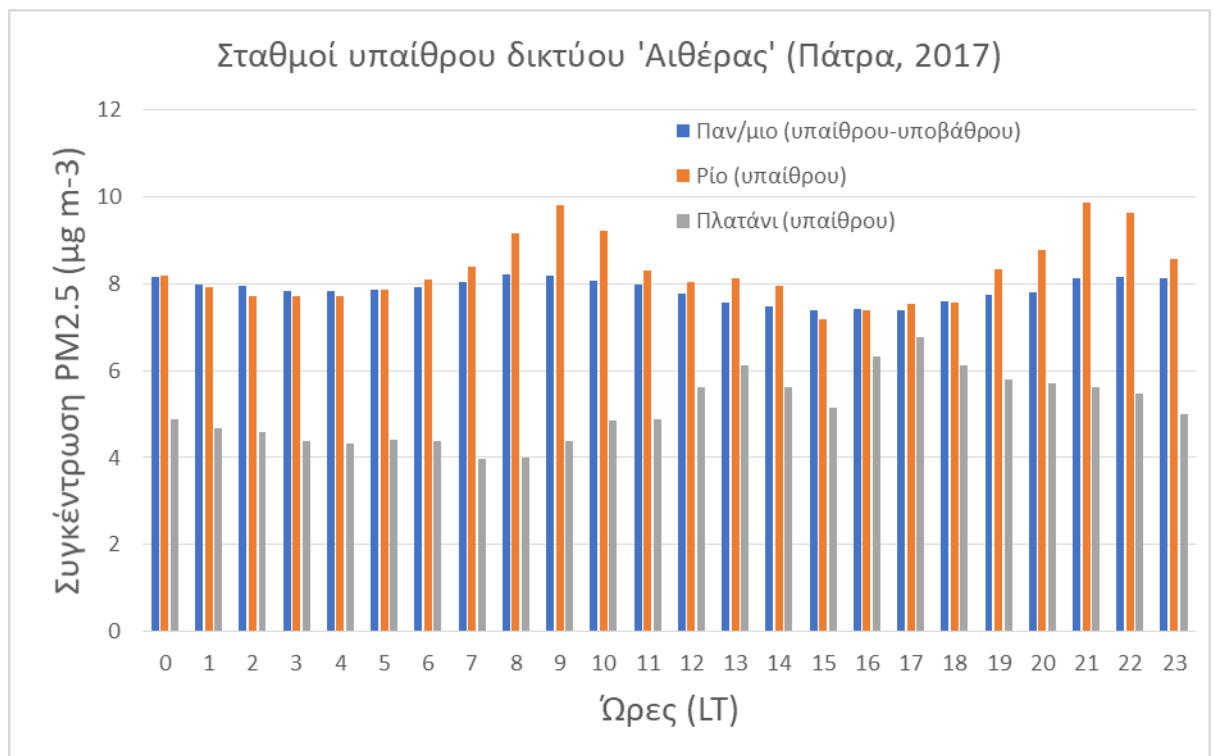
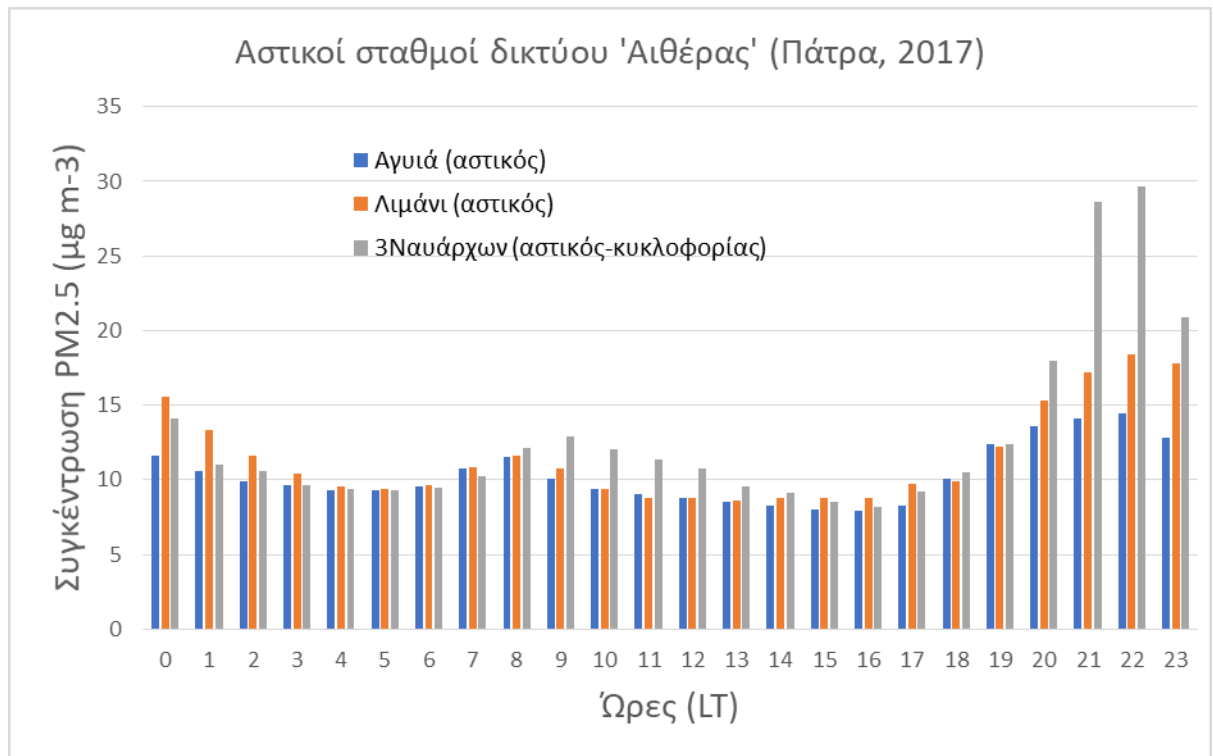
Στα πλαίσια του προπτυχιακού μαθήματος «Ατμοσφαιρική Ρύπανση», του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών, κατά το χειμερινό εξάμηνο 2017-2018, έγινε επεξεργασία των δεδομένων συγκεντρώσεων των παραπάνω ρύπων κατά τα πρότυπα των επίσημων εκθέσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Υπουργείου Περιβάλλοντος (π.χ. βλ. [εδώ](#)). Παρακάτω ακολουθούν τα συμπεράσματα αυτής της μελέτης:

- 1) Η ατμοσφαιρική ρύπανση στους αστικούς σταθμούς της Πάτρας είναι κατά 40% υψηλότερη αυτής των περι-αστικών σταθμών, με τον σταθμό κυκλοφορίας Τριών Ναυάρχων να παρουσιάζει τις υψηλότερες μέσες ετήσιες τιμές  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  και  $PM_1$  (13.7, 12.8, 9.7  $\mu\text{g m}^{-3}$ , αντίστοιχα).
- 2) Η μέση ετήσια τιμή του λόγου  $PM_{2.5}/PM_{10}$  είναι πάνω από 90% και υποδηλώνει έντονη συνεισφορά των ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης (π.χ. οχήματα, οικιακή θέρμανση) και ασθενείς πηγές σωματιδίων φυσικής προέλευσης (π.χ. θάλασσα, σκόνη), τόσο στον αστικό ιστό όσο και στις περι-αστικές περιοχές της πόλης.
- 3) Ο μηνιαίος κύκλος σωματιδιακής ρύπανσης έχει ένα πρωτεύον μέγιστο κατά την χειμερινή περίοδο (αυξημένη καύση βιομάζας για οικιακή θέρμανση, κυκλοφορία οχημάτων) και ένα δευτερεύον μέγιστο τους θερινούς μήνες (αυξημένες εκπομπές του γεωργικού τομέα, των πλοίων, πυρκαγιές κλπ.).
- 4) Έντονο ημερήσιο κύκλο παρουσιάζουν τα αιωρούμενα σωματίδια  $PM_{10}$  στις αστικές περιοχές με πρωτεύον μέγιστο τις βραδινές ώρες 19.00-01.00 (15-32  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) και δευτερεύον μέγιστο κατά τις πρωινές ώρες 7.00 - 11.00 (10-14  $\mu\text{g m}^{-3}$ ). Αντίστοιχες διακυμάνσεις παρατηρούνται για τα  $PM_{2.5}$  και  $PM_1$ , με χαμηλότερα μέγιστα κατά περίπου 10% και 30%.
- 5) Οι υψηλότερες τιμές  $PM_{10}$  (31-33  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) παρατηρούνται στον σταθμό Τριών Ναυάρχων κατά τις βραδινές ώρες (21.00-22.00). Περαιτέρω διερεύνηση των συγκεντρώσεων στη συγκεκριμένη θέση κατά τη θερμή περίοδο (Μάιος-Οκτώβριος) δεν διαφοροποιεί τα αποτελέσματα, πράγμα που σημαίνει πως το συγκεκριμένο μέγιστο στη συγκεκριμένη θέση, δεν σχετίζεται με την καύση βιομάζας κατά τους χειμερινούς μήνες.
- 6) Στην πόλη της Πάτρας κατά το έτος 2017, δεν παρατηρήθηκαν υπερβάσεις στα υπάρχοντα όρια που έχουν καθιερωθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τόσο των ετήσιων οριακών τιμών  $PM_{10}$  (40  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) και  $PM_{2.5}$  (25  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), όσο και της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής  $PM_{10}$  (50  $\mu\text{g m}^{-3}$ ).

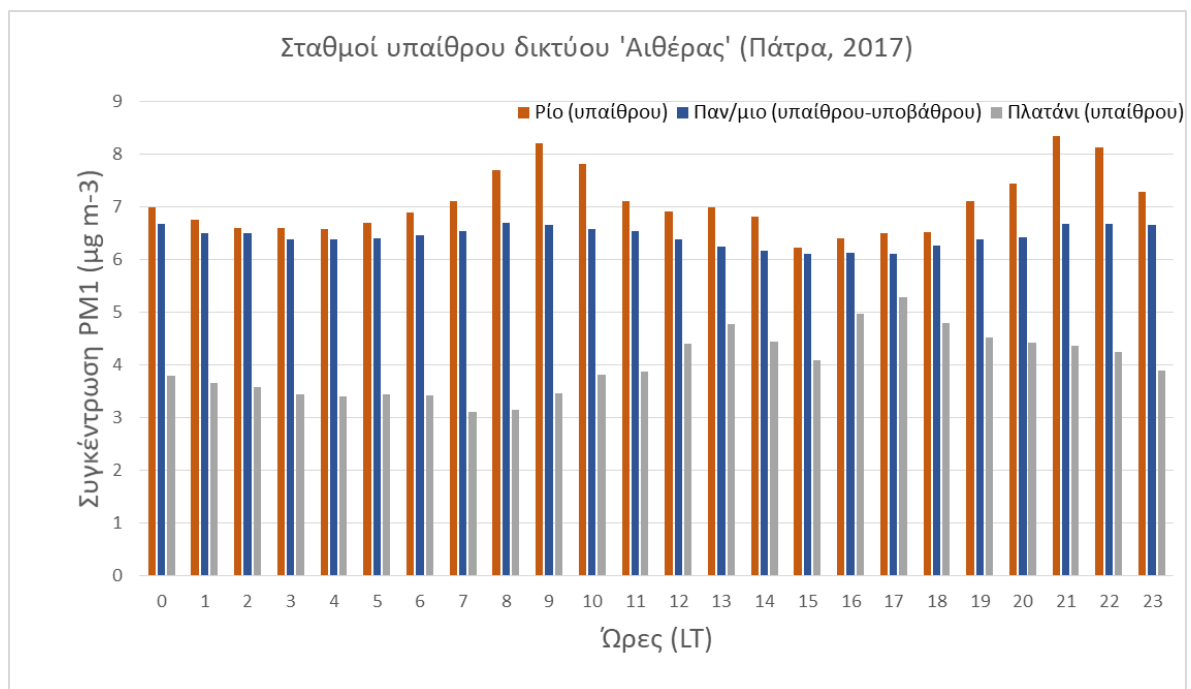
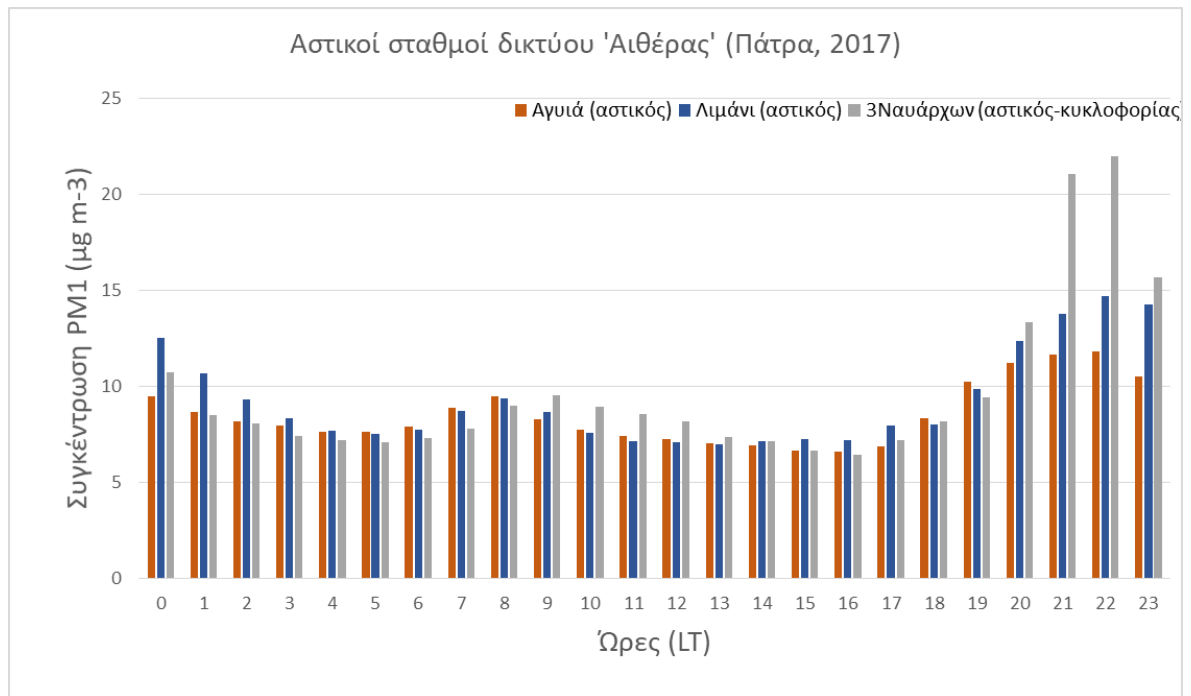
## 6 Παράρτημα

Πίνακας 3: Μέσες τιμές των συγκεντρώσεων ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  και των λόγων  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$  και  $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$  (%) στους σταθμούς μέτρησης του δικτύου Αιθέρας (Πάτρας, 2017).

Σταθμοί	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$	$\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$
Τριών Ναυάρχων	9.7	12.8	13.7	77%	94%
Λιμάνι	9.3	11.5	12.2	81%	94%
Αγυιά	8.5	10.3	11.3	83%	92%
Ρίο	7.1	8.3	9.0	84%	90%
Πανεπιστήμιο	6.4	7.9	8.4	82%	93%
Πλατάνι	4.0	5.1	5.6	79%	92%
Μέση τιμή (αστικών)	9.2	11.5	12.4	81%	94%
Μέση τιμή (υπαίθρου)	5.8	7.1	7.7	82%	91%
Μέση τιμή (όλων)	7.5	9.3	10.0	81%	93%



Εικόνα 5: Μέσες ωριαίες τιμές ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{2.5}$  στους 3 αστικούς (επάνω) και στους 3 σταθμούς υπαίθρου μέτρησης (κάτω), του δικτύου 'Αιθέρας' στην Πάτρα κατά το 2017.



Εικόνα 6: Μέσες ωριαίες τιμές ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ) των αιωρούμενων σωματιδίων  $\text{PM}_{10}$  στους 3 αστικούς (επάνω) και στους 3 σταθμούς υπαίθρου μέτρησης (κάτω), του δικτύου 'Αιθέρας' στην Πάτρα κατά το 2017.