

Λιμενικές δραστηριότητες και κυκλοφορία οχημάτων στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων: εφαρμογή στην πόλη της Πάτρας

Θεόδωρος Ντοάς

Γεωπόνος Α.Π.Θ., Msc ΔΙΑ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ
teontoas@hotmail.gr, std112416@ac.eap.gr

Δρ. Πέτρος Κόκκινος

Μέλος ΣΕΠ ΔΙΑ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

pkokkin@upatras.gr

Ανδρέας Καζαντζίδης

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής
Πανεπιστημίου Πατρών & Μέλος ΣΕΠ ΔΙΑ/ΣΘΕΤ
ΕΑΠ

akaza@upatras.gr

Περίληψη – Τα αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται ως ένας από τους πλέον σημαντικούς ρύπους της ατμόσφαιρας. Σχετίζονται με την πρόκληση προβλημάτων στην υγεία και το περιβάλλον, αλλά και με την υποβάθμιση της ποιότητας της ατμόσφαιρας των μεγάλων πόλεων. Η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ασχολήθηκε με τη στατιστική ανάλυση των μετρούμενων συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων στην Πάτρα. Το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης απασχολεί την πόλη της Πάτρας, αφού μια σειρά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορεί να συντελούν στην επιδείνωση του προβλήματος και επιδρούν στην όξυνση του φαινομένου.

Λέξεις-Κλειδιά: αιωρούμενα σωματίδια, ατμοσφαιρική ρύπανση, ανθρωπογενείς δραστηριότητες

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύσταση και η ποιότητα του αέρα θεωρούνται κομβικής σημασίας για τον άνθρωπο. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής, που ενσωματώνει την χρήση ορυκτών καυσίμων για τις καθημερινές λειτουργίες του ανθρώπου, έχει επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό τον αέρα της ατμόσφαιρας. Μεγάλες τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οξείδια του θείου, οι ενώσεις μολύβδου και οι υδρογονάνθρακες εντοπίζονται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε συγκεντρώσεις αρκετά μεγαλύτερες από ότι στο παρελθόν (WHO, 2018). Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς ρύπους.

Η παραγωγή των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να οφείλεται σε φυσικές πηγές, όπως η δράση των ηφαιστειών, οι δασικές πυρκαγιές και η ερημική σκόνη, αλλά και σε ανθρωπογενείς, όπως τα μέσα μεταφοράς και οι βιομηχανικές δραστηριότητες (Magliano et al., 1999). Η διάκριση τους γίνεται κυρίως με βάση το μέγεθος, επειδή τα πιο μικρά θεωρούνται ταυτόχρονα και

περισσότερο επικίνδυνα. Τα αιωρούμενα σωματίδια συνδέονται με σοβαρά ζητήματα υγείας, κυρίως αναπνευστικής και καρδιαγγειακής φύσεως (USEPA, 2004). Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αυτές εντοπίζονται στη διαμόρφωση του κλίματος και σε συγκεκριμένες επιδράσεις στα διάφορα είδη οικοσυστημάτων (Grantz et al., 2003). Επίσης, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι συνδεδεμένα με την μείωση της ορατότητας και την ποιοτική υποβάθμιση των υλικών των μνημείων (Κοπανάκης, 2015). Μια σειρά από μεθόδους απομάκρυνσης και καθαρισμού τους χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να αντιμετωπίζεται, σε κάποιο βαθμό, η δράση τους (Cheremisnoff, 2002).

Το υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο καθορίζει τις ανώτατες επιτρεπόμενες τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (europa.eu, 2018).

II. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Το 1996 υιοθετήθηκε μια γενική οδηγία (1996/62/EK), αναφορικά με την ποιότητα του αέρα και το 1999 μια ακόμα (1999/30/EK), σχετικά με τη θέσπιση των οριακών τιμών των ατμοσφαιρικών ρύπων, συμπεριλαμβανομένων και των PM₁₀. Σε ότι αφορά τα PM_{2.5}, ξεκίνησε η χρήση τους το 2000 από την United States Environmental Protection Agency (USEPA), ως ένας δείκτης αξιολόγησης της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Στην προσπάθεια αυτή τέθηκαν στόχοι, αλλά όχι όμως όρια. Τον Μάιο του 2008, η οδηγία 2008/50/EK ήρθε να αναθεωρήσει την ευρωπαϊκή νομοθεσία, αναφορικά με τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα. Ήταν, πλέον, η πρώτη φορά που θεσμοθετήθηκαν όρια για τα PM_{2.5}.

Ακολουθούν πίνακες με τις οριακές τιμές για τα PM_{2.5} και PM₁₀ (ypeka.gr, 2018):

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ PM_{2.5}

ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ			
Περίοδος του μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Ημερομηνία επίτευξης της οριακής τιμής
Στάδιο 1			
Ημερολογιακό έτος	25 µg/m ³	20% στις 11/6/2008 έως 0% στις 1/1/2015	1/1/2015
Στάδιο 2			
Ημερολογιακό έτος	20 µg/m ³		1/1/2020

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ PM₁₀

ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ			
Περίοδος του μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Ημερομηνία επίτευξης της οριακής τιμής
1 ημέρα	50 µg/m ³ (μέγιστη υπέρβαση 35 φορές το χρόνο)	50%	Ισχύει από 1/1/2005
Ημερολογιακό έτος	40 µg/m ³	20%	Ισχύει από 1/1/2005

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ PM₁₀

Όρια	Μέσος ημερήσιος όρος PM ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος PM ₁₀
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής → 35 µg/m ³ . (μέγιστη υπέρβαση 35 φορές ανά έτος)	70% της οριακής τιμής → 28 µg/m ³
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της οριακής τιμής → 25 µg/m ³ (μέγιστη υπέρβαση 35 φορές ανά έτος)	50% της οριακής τιμής → 20 µg/m ³

III. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Η συγκεκριμένη εργασία βασίστηκε σε δεδομένα που αφορούσαν την πόλη της Πάτρας και συλλέχθηκαν από τους σταθμούς μετρήσεων στο Πανεπιστήμιο Πατρών και στο Νέο Λιμάνι της πόλης. Οι σταθμοί ανήκουν στο δίκτυο παρακολούθησης «Αιθέρας» (www.patrasair.gr).

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν για τη χρονική περίοδο, από 1/6/2017 έως 15/4/2018. Οι μετρήσεις λάμβαναν χώρα ανά λεπτό, καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Αρχικά παρουσιάζονται παρακάτω η μέση τιμή, η μέγιστη τιμή και η τυπική απόκλιση, για κάθε σταθμό ξεχωριστά (πίνακες 4 και 5):

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

ΣΤΑΘΜΟΣ «ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ», τιμές σε µg/m³

	PM _{1.0}	PM _{2.5}	PM _{10.0}
Μέση τιμή για ολόκληρη την περίοδο	5,79	7,18	7,81
Τυπική απόκλιση	4,48	5,62	6,13
Μέγιστη τιμή	92,64	123,36	143,25

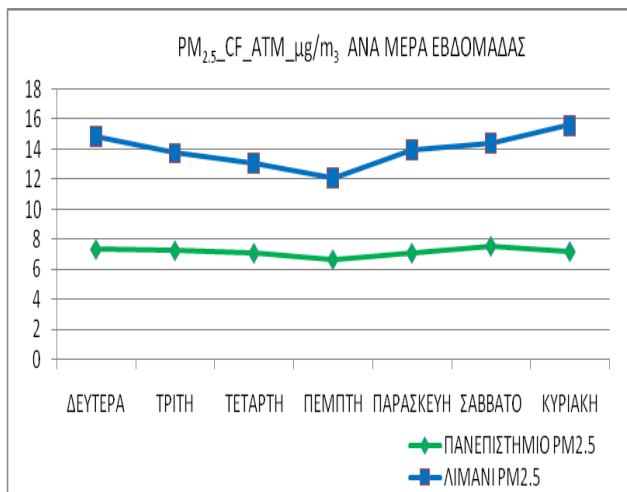
ΠΙΝΑΚΑΣ 5

ΣΤΑΘΜΟΣ «ΝΕΟ ΛΙΜΑΝΙ», τιμές σε µg/m³

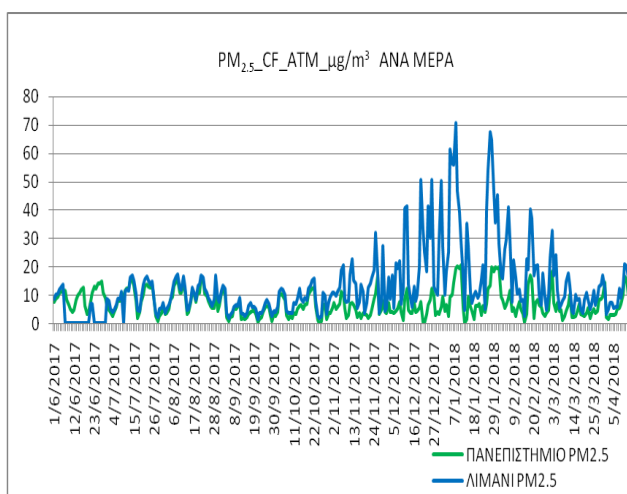
	PM _{1.0}	PM _{2.5}	PM _{10.0}
Μέση τιμή για ολόκληρη την περίοδο	11,38	14,18	15,19
Τυπική απόκλιση	17,06	21,67	23,55
Μέγιστη τιμή	218,82	299,97	334,72

Παρατηρείται ότι οι τιμές στο σταθμό «Νέο Λιμάνι» είναι αρκετά υψηλότερες των τιμών του σταθμού «Πανεπιστήμιο». Αυτό υποδηλώνει ότι η ατμόσφαιρα στην περιοχή του Νέου Λιμανιού είναι περισσότερο επιβαρυνμένη σε σχέση με αυτή της περιοχής του Πανεπιστημίου, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως μια περιοχή με τιμές υποβάθρου. Το συμπέρασμα αυτό οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή του Νέου Λιμανιού δρουν περισσότερο επιβαρυντικά στη σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η αναλυτική μελέτη των μετρήσεων απέδειξε ότι οι αυξημένες τιμές δε συνδέονται με τις ώρες αιχμής της λιμενικής δραστηριότητας, αλλά οφείλονται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε άλλες δραστηριότητες που καταγράφονται στη γύρω περιοχή (κίνηση οχημάτων, συστήματα θέρμανσης). Η τυπική απόκλιση στο σταθμό «Νέο Λιμάνι» είναι υψηλότερη από αυτή του σταθμού «Πανεπιστήμιο», γεγονός που υποδηλώνει την έντονη διακύμανση των μετρήσεων στο σταθμό «Νέο Λιμάνι».

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέσων τιμών των σωματιδίων για κάθε μέρα της εβδομάδας, αλλά και για όλη τη χρονική περίοδο μελέτης, στους δύο σταθμούς. Συμπληρωματικά, παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις για τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5}.



Γράφημα 1. Εξέλιξη συγκέντρωσης PM_{2.5} για κάθε μέρα της εβδομάδας.



Γράφημα 2. Εξέλιξη συγκέντρωσης PM_{2.5} για κάθε ημέρα, για όλη την περίοδο.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

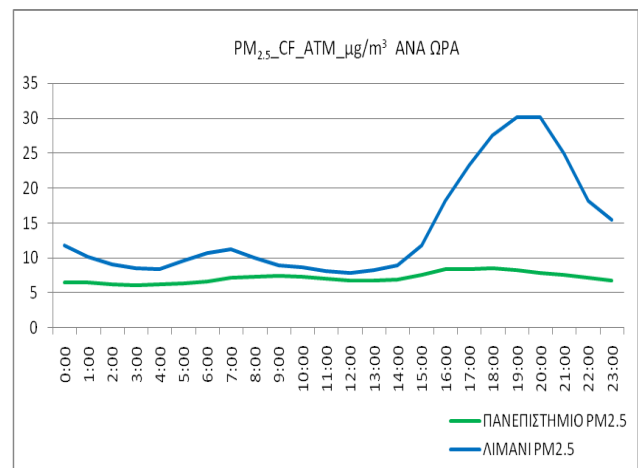
Οι ημερήσιες τιμές των για PM₁, PM_{2.5} και PM₁₀, για το σταθμό «Νέο Λιμάνι», είναι περίπου 10, 13 και 14 μg/m³, με τη μεγαλύτερη επιβάρυνση τις ημέρες Σάββατο, Κυριακή και Δευτέρα. Οι τιμές είναι περίπου διπλάσιες από αυτές στο σταθμό «Πανεπιστήμιο», όπου οι συγκεντρώσεις δεν παρουσιάζουν κάποια εξάρτηση από την ημέρα της εβδομάδας.

Για το σταθμό «Πανεπιστήμιο», οι υψηλότερες τιμές είναι: 16 μg/m³ για PM₁ (9/1/18), 21 μg/m³ (11/1/18) για PM_{2.5} και 23 μg/m³ (11/1/18) για PM₁₀. Για το σταθμό «Νέο Λιμάνι» οι υψηλότερες τιμές είναι: 55 μg/m³ για PM₁ (8/1/18), 71 μg/m³ για PM_{2.5} (8/1/18) και 77 μg/m³ για PM₁₀ (8/1/18).

Στο σταθμό «Νέο Λιμάνι» παρατηρείται ότι υψηλότερες τιμές καταγράφονται το χειμώνα, σε αντίθεση με το ότι το καλοκαίρι το λιμάνι έχει περισσότερη κίνηση. Το γεγονός αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι ο συγκεκριμένος σταθμός επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τις ανθρωπογενείς πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη γύρω περιοχή.

Στη συνέχεια, έγινε ανάλυση των μέσων τιμών των σωματιδίων ανά ώρα ημέρας στους δύο σταθμούς.

Συμπληρωματικά, παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις για τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2.5}.



Γράφημα 3. Εξέλιξη συγκέντρωσης PM_{2.5} για κάθε ώρα ημέρας.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

Στο σταθμό «Νέο Λιμάνι» παρατηρείται μια μικρή αύξηση το πρωί, πιθανότατα λόγω του κυκλοφοριακού. Το απόγευμα η αύξηση είναι ακόμα μεγαλύτερη, λόγω και της συνεισφοράς καύσης βιομάζας για θέρμανση. Στο σταθμό «Πανεπιστήμιο» δεν καταγράφονται σημαντικές μεταβολές, οι οποίες θα μπορούσαν να αποδοθούν στις τιμές υποβάθρου για την περιοχή.

Για το σταθμό «Πανεπιστήμιο», οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται γύρω στις 18:00 (7 μg/m³ για τα PM₁, 9 μg/m³ για τα PM_{2.5} και 9,5 μg/m³ για τα PM₁₀). Για το σταθμό «Νέο Λιμάνι», οι αντίστοιχες τιμές συμβαίνουν στις 19:00 – 20:00 (24 μg/m³ για τα PM₁, 30 μg/m³ για τα PM_{2.5} και 32 μg/m³ για τα PM₁₀).

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη εργασία βασίστηκε σε δεδομένα συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων PM₁, PM_{2.5} και PM₁₀ στην πόλη της Πάτρας και συλλέχθηκαν από τους σταθμούς μετρήσεων στο Πανεπιστήμιο Πατρών και στο Νέο Λιμάνι της πόλης κατά τη χρονική περίοδο 1/6/2017 έως 15/4/2018.

Παρατηρήθηκε ότι οι τιμές στο σταθμό «Νέο Λιμάνι» είναι αρκετά υψηλότερες των τιμών του σταθμού «Πανεπιστήμιο», η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως μια περιοχή με τιμές υποβάθρου. Η αναλυτική μελέτη των μετρήσεων απέδειξε ότι οι αυξημένες τιμές στο «Νέο Λιμάνι» δε συνδέονται με τις ώρες αιχμής της λιμενικής δραστηριότητας, αλλά οφείλονται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε άλλες δραστηριότητες που καταγράφονται στη γύρω περιοχή (κίνηση οχημάτων, συστήματα θέρμανσης).

Για το σταθμό «Νέο Λιμάνι», οι ημέρες με τη μεγαλύτερη επιβάρυνση είναι το Σάββατο, η Κυριακή και η Δευτέρα. Οι τιμές είναι περίπου διπλάσιες από αυτές στο σταθμό «Πανεπιστήμιο», όπου οι συγκεντρώσεις δεν παρουσιάζουν κάποια εξάρτηση από την ημέρα της εβδομάδας. Και στους δύο σταθμούς παρατηρείται ότι υψηλότερες τιμές καταγράφονται το χειμώνα, με τη

μεγαλύτερη επιβάρυνση να συμβαίνει κατά τις απογευματινές και πρώτες βραδινές ώρες.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τους κ. Γ. Κοσμόπουλο, Π. Τζουμανίκα, Β. Σαλαμαλίκη, ερευνητές του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας, καθώς και τον κ. Κ. Κατσιδήμα, ΕΔΙΠ, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, για την επισκόπηση της καλής λειτουργίας και του ελέγχου ποιότητας των δεδομένων των σταθμών μέτρησης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κοπανάκης Η., (2015), «Δυναμική των ατμοσφαιρικών αερολυμάτων και μελέτη του δυναμικού πυρηνοποίησης τους στην ανατολική Μεσόγειο», Διδακτορική διατριβή, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Cheremisinoff N. P., (2002), 'Handbook of Air Pollution Prevention and Control' Elsevier Science.
- Grantz D. A., Garner J. H. B. and Johnson D. W., (2003), 'Ecological effects of particulate matter', Environment International, 29, pp. 213-239.
- U.S. EPA, (2004), 'Air Quality Criteria for Particulate Matter, Volume I'. U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- <http://ec.europa.eu>
- <http://www.who.int/airpollution/en/>
- <http://www.ypeka.gr>