



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση της σωματιδιακής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας μέσω του δικτύου σταθμών καταγραφής PurpleAir.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ

ΑΓΓΕΛΑΚΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΑΜ

48018

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΔΡ. ΜΟΥΣΤΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2021-2022

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι
Εξεταστική Επιτροπή :

A/A	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΟΥΣΤΡΗΣ	
2	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΖΑΦΕΙΡΑΚΗΣ	
3	ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ ΝΤΟΥΡΟΥ	

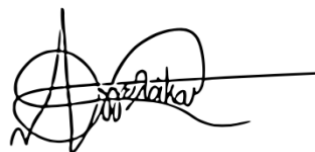
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΑΓΓΕΛΑΚΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ-ΜΑΡΙΑ του ΑΓΓΕΛΟΥ, με αριθμό μητρώου 46148018 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής 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».

Ο/Η Δηλών/ούσα



Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
<i>ABSTRACT</i>	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : «Εισαγωγή- Ατμοσφαιρική Ρύπανση»	5
1.1.Ατμοσφαιρική ρύπανση	5
1.2 Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : «Ιστορία και ατμοσφαιρικοί ρύποι»	8
2.1 Ιστορική αναδρομή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : «Αιωρούμενα Σωματίδια-Particulate Matter»	12
3.1.Αιωρούμενα σωματίδια	12
3.2. Διαχωρισμός αιωρούμενων σωματιδίων.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : «Επιπτώσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων»	17
4.1 Ανθρώπινη υγεία και αιωρούμενα σωματίδια	17
4.2 Περιβάλλον.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : «Διερεύνηση Αιωρούμενων Σωματιδίων στην Αττική»	25
5.1 Προτεινόμενη μεθοδολογία	25
5.2 Επεξεργασία δεδομένων	39
5.3 Αποτελέσματα	41
5.3.1 Συγκρίσεις καναλιών :.....	41
5.3.2: Γραφήματα συγκεντρωτικά για PM _{1.0} , PM _{2.5} και PM _{10.0} :.....	46
5.3.3: Γραφήματα ενδοημερήσιας μεταβολής για PM _{1.0} , PM _{2.5} και PM _{10.0}	61
5.3.4: Γραφήματα ανά έτος για PM _{1.0} , PM _{2.5} και PM _{10.0} :.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : «Συμπεράσματα»	92
Βιβλιογραφία	94

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τις κυριότερες παραμέτρους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μάλιστα θεωρούνται επικίνδυνα και τοξικά τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον. Διαχωρίζονται ανάλογα με την διάμετρο τους και εκείνα με διάμετρο μικρότερη των 10μm εισέρχονται στο αναπνευστικό σύστημα και εκείνα με λίγο μεγαλύτερη, στην ρινική κοιλότητα. Τέλος εκείνα με τη μικρότερη διάμετρο είναι και αυτά που εισχωρούν βαθύτερα στους αεραγωγούς και τις κυψελίδες. Ακόμα τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται είτε από ανθρωπογενείς είτε από φυσικές πηγές. Αυτά που μας προβληματίζουν περισσότερο είναι της ανθρωπογενούς προέλευσης διότι έχουν μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα αλλά μπορούν και διασπείρονται σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή εκπομπής. Έτσι στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα μελετηθούν τα επίπεδα συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων σε πλήθος διαφορετικών θέσεων στο κέντρο και την περιφέρεια της πόλης των Αθηνών. Για το σκοπό αυτό θα αντληθούν σχετικά δεδομένα από τη βάση δεδομένων του δικτύου σταθμών καταγραφής των αιωρούμενων σωματιδίων PurpleAir.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ατμοσφαιρική ρύπανση , αιωρούμενα σωματίδια ,, πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων ,, επιπτώσεις στην υγεία από αιωρούμενα σωματίδια

ABSTRACT

Particulate matter are one of the main parameters of air pollution. In fact, they are considered dangerous and toxic to both human health and the environment. They are separated according to their diameter and those with a diameter of less than 10μm enter the respiratory system and those with a slightly larger one, in the nasal cavity. Finally, those with the smallest diameter are the ones that penetrate deeper into the airways and alveoli. Even particulate matter come from either man-made or natural sources. What worries us most is of man-made origin because they have a longer residence time in the atmosphere but can and do scatter over long distances from the source of emission. In this dissertation, the levels of concentrations of suspended particles in a number of different locations in the center and the periphery of the city of Athens will be studied. For this purpose, relevant data will be extracted from the database of the network of PurpleAir particulate matter recording stations.

KEY WORDS

Air pollution , Particulate matter , sources of air pollutant health issues from particulate matter

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : «Εισαγωγή- Ατμοσφαιρική Ρύπανση»

1.1.Ατμοσφαιρική ρύπανση

Με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση εννοούμε την ρύπανση της ατμόσφαιρας από διάφορους ρύπους οι οποίοι κατά κύριο λόγο είναι ανθρωπογενής και που υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν θα υπήρχαν.[1] Ένας ακόμα ορισμός σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας(W.H.O) για την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι: « Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ουσιών για τέτοιο χρονικό διάστημα κι σε τέτοια συγκέντρωση, ώστε να προκαλούνται δυσμενείς επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς δηλαδή ανθρώπους, ζώα, φυτά και τις υλικές κατασκευές»[2]. Επιπλέον σύμφωνα με τον Hans Bruyninckx εκτελεστικό διευθυντή του ΕΟΠ «Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι επιβλαβής για την υγεία μας και τα οικοσυστήματα. Μεγάλο τμήμα του πληθυσμού δεν ζει σε υγιές περιβάλλον, σύμφωνα με τα τρέχοντα πρότυπα. Για μια βιώσιμη πορεία, η Ευρώπη πρέπει να είναι φιλόδοξη και να μην περιορίζεται στις τρέχουσες νομοθετικές ρυθμίσεις.»[3]

Στις μέρες μας η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο έχοντας ως αποτέλεσμα όλες οι ανεπτυγμένες χώρες αλλά και η Ευρωπαϊκή Ένωση να έχουν προβλέψει μέτρα αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθορίζοντας πρότυπα για τις πηγές εκπομπής ρύπων αλλά και οριακές τιμές συγκέντρωσης ρύπων για τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Κάποιοι από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους είναι το διοξείδιο του θείου (SO_2) το οποίο συμβάλλει στην εμφάνιση αναπνευστικών προβλημάτων ή στην επιδείνωση τους και έχει μία δυσάρεστη οσμή , το διοξείδιο του αζώτου(NO_2) το οποίο μειώνει την ορατότητα στην ατμόσφαιρα και είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία, το διοξείδιο του άνθρακα(CO_2) που παράγεται από όλα τα είδη καύσεων και παρόλο που δεν είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο είναι για το περιβάλλον αφού επιβαρύνει σε βάθος χρόνου το φαινόμενο του θερμοκηπίου , το όζον (O_3) το οποίο προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα ενώ σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι μέχρι και θανατηφόρο ,το μεθάνιο(CH_4) το οποίο επίσης συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου χωρίς να είναι ιδιαίτερα επιβλαβές για την υγεία σε μικρές συγκεντρώσεις, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι επικίνδυνο και πολύ εύφλεκτο και τέλος τα σωματίδια [PM (Particulate Matter)] που χωρίζονται ανάλογα με την διάμετρο και είναι εξίσου επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία. [4] [5],[7]

Μάλιστα από τους επικινδυνότερους ρύπους είναι τα σωματίδια (PM) που είναι ουσίες που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα σαν διακριτά σωματίδια σε υγρή η και στερεή μορφή. Μάλιστα περιέχουν καρκινογόνες ουσίες και επιδεινώνουν τις βλαβερές συνέπειες άλλων αέριων ρύπων. [6]

Η βιομηχανία , οι μεταφορές αλλά και τα νοικοκυριά είναι κάποιοι από τους κύριους λόγους που η ατμόσφαιρα είναι τόσο επιβαρυνόμενη με ρύπους με αποτέλεσμα την άμεση η έμμεση επίπτωση στην υγεία του ανθρώπου αλλά και όλων των έμβιων οργανισμών. [3]

Ειδικότερα οι κάτοικοι των πόλεων φαίνεται ότι πλήττονται περισσότερο από την ατμοσφαιρική ρύπανση με αποτέλεσμα πολλοί υγιής άνθρωποι να έχουν χάσει

τη ζωή τους λόγω της παρατεταμένης έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους. Οι πόλεις είναι πιο επιβαρυνμένες λόγω των υπερβολικά πολλών οχημάτων, των κεντρικών θερμάνσεων αλλά και των βιομηχανιών.

Οι επιπτώσεις που υπάρχουν στην ανθρώπινη υγεία λόγω των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι οι ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος, επιδείνωση τυχόν υπαρχουσών ασθενειών, η δημιουργία κακοήθων όγκων και ο αιφνίδιος θάνατος σε ηλικιωμένους ανθρώπους. Οι επιπτώσεις που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα είναι η μείωση της ορατότητας, η όξινη βροχή και η κλιματική αλλαγή.[4]

1.2 Πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων

Οι πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες και αυτές είναι οι ανθρωπογενείς και οι φυσικές πηγές.

Αξίζει να σημειωθεί πως η ανθρωπογενής ρύπανση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες και αυτές είναι : 1) Η κοινωνική και είναι η εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση στην οποία εκτίθεται το σύνολο του πληθυσμού

2) Η επαγγελματική η οποία αφορά το εργασιακό περιβάλλον και εκτίθεται ένα μέρος του πληθυσμού και τέλος 3) η προσωπική ρύπανση που αφορά το κάπνισμα κ.α [11]

Οι φυσικές πηγές είναι εκείνες οι οποίες δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό αερίων ρύπων. Από την άλλη όμως και παρόλο που οι φυσικές πηγές οφείλονται για το μεγαλύτερο μέρος των ρύπων, οι ανθρωπογενείς πηγές είναι εκείνες που ευθύνονται για την αέρια μόλυνση του περιβάλλοντος. Κατά κύριο λόγο οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων σε αντίθεση με τις ανθρωπογενείς πηγές. [9]

Κάποιες από τις κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές είναι οι βιομηχανικές και οι αστικές πηγές δηλαδή οι καύσεις, η παραγωγή αλλά και μεταφορά ενέργειας, οι μεταφορές γενικότερα και η κεντρική θέρμανση. Επίσης οι αγροτικές και οι γεωργικές πηγές είναι στην κατηγορία των ανθρωπογενών πηγών. [9]

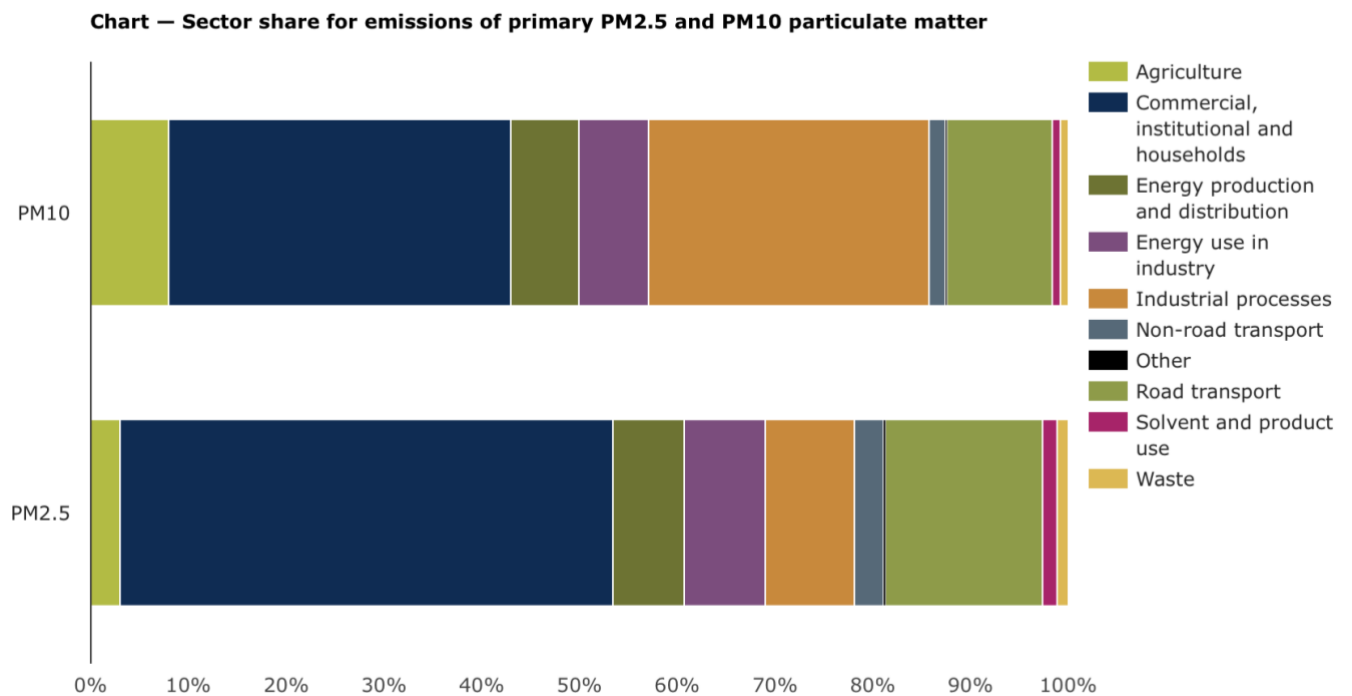
Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές από την άλλη είναι τα ηφαίστεια που κατά κύριο λόγο είναι υπεύθυνα για τα αιωρούμενα σωματίδια το μεθάνιο και το διοξείδιο του θείου, οι πυρκαγιές από τα δάση που κατά κύριο λόγο εκπέμπουν αιωρούμενα σωματίδια αλλά και μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, οι ωκεανοί οι οποίοι παράγουν μεγάλες ποσότητες θειούχων ενώσεων, η αποσάθρωση του εδάφους που εκπέμπει αιωρούμενα σωματίδια και τέλος τα φυτά και τα δέντρα που εκπέμπουν κατά κύριο λόγο υδρογονάνθρακες. [7-9]

Ρύπος	Πηγές
Αιωρούμενα σωματίδια	Καύσιμα(κυρίως Diesel), Κατασκευές ,καύση
Διοξείδιο του θείου	Βιομηχανική παραγωγή, εκπομπές από οχήματα
Οξείδιο του αζώτου	Εκπομπές από οχήματα, παραγωγή ενέργειας, λέβητές θέρμανσης
Αέρια θερμοκηπίου	Βιομηχανικές καύσεις, εκπομπές από οχήματα

Πίνακας 1.2.1 : Κύριοι ρύποι και πηγές του

ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ	ΡΥΠΟΙ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
90%	Αμμωνία	Γεωργική δραστηριότητα
80%	Μεθάνιο	
60%	Οξείδιο του θείου	Παραγωγή και διανομή ενέργειας
40%	Οξείδιο του αζώτου	Οδικές μεταφορές

Πίνακας 1.2.2 : Ποσοστά εκπομπών ρύπων – Προέλευση βάση του ευρωπαϊκού οργανισμού περιβάλλοντος. [8]



Εικόνα 1.2.1: Πρωτογενείς εκπομπές σωματιδίων PM_{2.5} και PM_{10.0} ανά δραστηριότητα. [31]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : «Ιστορία και ατμοσφαιρικοί ρύποι»

2.1 Ιστορική αναδρομή

Η γενική έννοια της ρύπανσης τόσο η περιβαλλοντική η όσο και η ατμοσφαιρική δεν είναι ένα νέο φαινόμενο αλλά κάτι που συναντάμε από τα αρχαία χρόνια . Βέβαια η ρύπανση τότε δεν αποτελούσε τόσο σοβαρό πρόβλημα όσο αποτελεί σήμερα. Παρακάτω θα δούμε χρονικά πως ανάγκαζε η ατμοσφαιρική ρύπανση τους ανθρώπους να δρουν. [10-11]

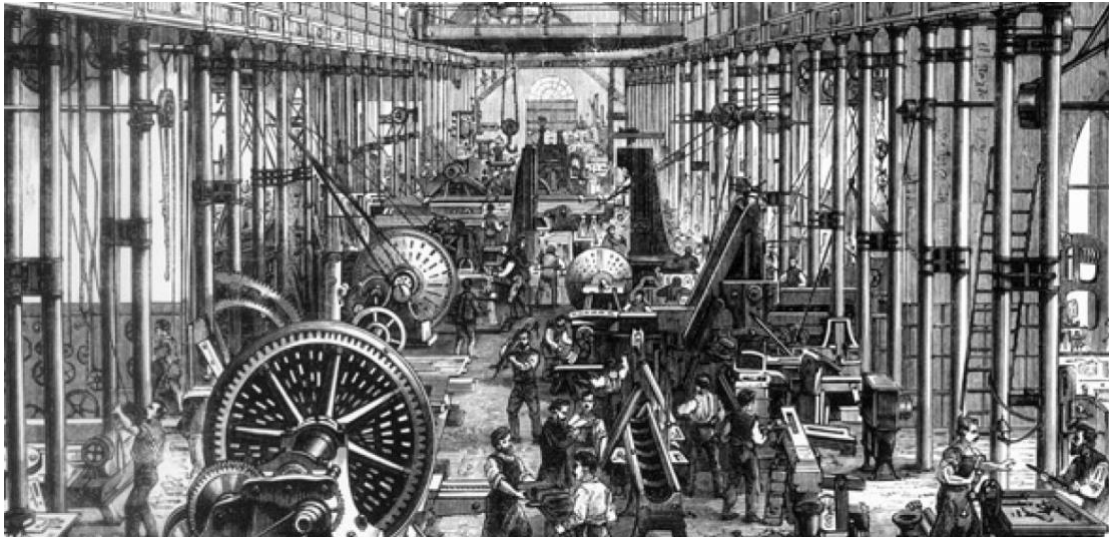
Πριν το 1200 μ.Χ οι φυλές αναγκάζονταν να μετακινηθούν λόγω δυσσομίας από απόβλητα ανθρώπων και ζώων. Οι αρχαίες πόλεις χαρακτηρίζονταν από αστικά απόβλητα και υλικά σε αποσύνθεση με αποτέλεσμα να είναι επιβλαβής για τους κατοίκους τους. Ένα ακόμη πρόβλημα που προστέθηκε ήταν και ανακάλυψη της φωτιάς δημιουργώντας έτσι μια νέα μορφή ρύπανσης. Στην αρχαία Ελλάδα πολλοί σοφοί όπως ο Ιπποκράτης και ο Πλάτωνας περιγράφουν την επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος στην ψυχοσωματική επίδραση του ανθρώπου (460-360 π.Χ.) αλλά και τις συνέπειες της αποψίλωσης των δασών (427-347 π.Χ.). [10-11]

Στην αρχαία Ρώμη ο Στράβων (63 π.Χ.- 23 μ.Χ.) κατασκεύασε υψηλές καμινάδες επεξεργασίας αργύρου προκειμένου η σκόνη να μπορεί να διασκορπιστεί στην ατμόσφαιρα και ο Σενέκας (4 π.Χ. – 65 μ.Χ.) επινόησε εξοχικές κατοικίες στη θάλασσα αλλά και καμινάδες 7 – 8 m ψηλές λόγω της αποπνικτικής ατμόσφαιρας στην Ρώμη. Ακόμα ένα πρόβλημα που προστέθηκε στην ατμοσφαιρική ρύπανση τότε ήταν η τήξη χαλκού προκειμένου να υπάρξει παραγωγή νομισμάτων και αυτό με τη σειρά του αύξησε την συγκέντρωση χαλκού στην ατμόσφαιρα.[10]

Πριν την βιομηχανική επανάσταση οι κυρίες δραστηριότητες πηγών ρύπανσης ήταν μεταλλουργία , η κεραμουργία δηλαδή κατασκευή πηλού για οικιακές συσκευές αλλά και τούβλων , η εξόρυξη και επεξεργασία μάρμαρου και η επεξεργασία δέρματος.[10]

Στη συνέχεια περνάμε στην περίοδο του 1200- 1700 όπου και στην Ευρώπη συγκεκριμένα οι συνθήκες στις αστικές περιοχές οι οποίες ήταν επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία ευνόησαν τις επιδημίες όπου και πέθανε μεγάλο ποσοστό πληθυσμού. Στο Λονδίνο μάλιστα η ποιότητα του αέρα ήταν τόσο κακή που ο βασιλιάς Εδουάρδος ο πρώτος θέσπισε νόμο ο οποίος απαιτούσε τον περιορισμό χρήσης φωτιάς. Απαγορεύτηκε η καύση άνθρακα για την θέρμανση του ασβεστόλιθου και οι παραβάτες αντιμετώπιζαν είτε πρόστιμα είτε κατασχέσεις. Αυτά τα μέτρα ίσχυσαν περίπου 20 χρόνια.[10]

Τον 13^ο με 18^ο αιώνα υπήρξε αύξηση της χρήσης των για ανθράκων προκειμένου να παραχθεί τσιμέντο γυαλί αλλά και για την θέρμανση των σπιτιών. Ο John Evelyn (1620-1706) όρισε τον καπνό από τις καύσεις κλιβάνων υπεύθυνο για την προσβολή των κτιρίων, των έργα τέχνης , των οικοσυστημάτων αλλά και των νερών στο Λονδίνο. Ακόμη ότι αυτό έχει επίπτωση στους πνεύμονες και έτσι έκανε σύσταση προκειμένου να απομακρυνθούν οι ρυπογόνες βιομηχανίες από την πρωτεύουσα. [10]



Εικόνα 2.1.1: Βιομηχανική Επανάσταση

Στην συνέχεια περνάμε στην βιομηχανική επανάσταση και πιο συγκεκριμένα ξανά στην μεγάλη Βρετανία μεταξύ του 1750 – 1860 η βιομηχανία , η αγροτική οικονομία και μαζική παραγωγή από μηχανές αποτέλεσαν λόγο για την εκτεταμένη χρήση άνθρακα κι αυτό με τη σειρά του ήταν υπεύθυνο για την αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και τους θανάτους που επέφερε. Πιο συγκεκριμένα τότε είχαμε τέσσερις με επτά φορές περισσότερους θανάτους από ότι παγκοσμίως μόνο στην μεγάλη Βρετανία.[10]

Η βιομηχανική επανάσταση όμως επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες με καύσιμη ύλη τον άνθρακα και έτσι το 1800 - 1900 έχουμε φτάσει στο σημείο, η καύση του άνθρακα να αυξηθεί κατά 100 φορές παγκοσμίως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση κατανάλωσης ενέργειας και έτσι τον 20ό αιώνα να έχουμε ενεργειακό πρόβλημα ενεργειακή ανεπάρκεια και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.[10]

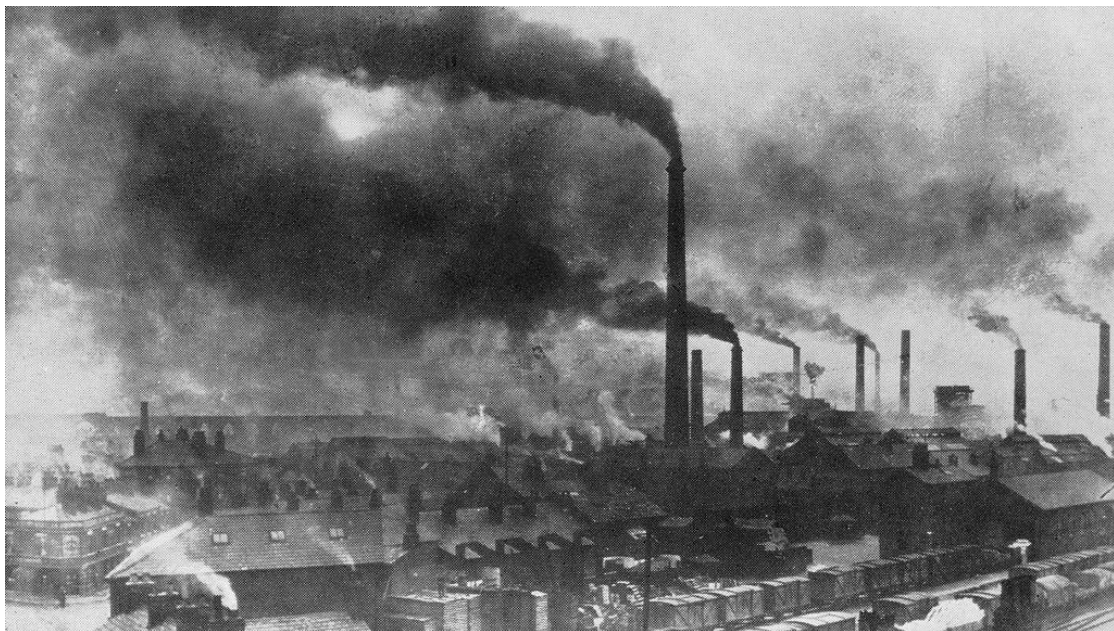
Μέσα σε αυτά τα χρόνια όμως όπως και τώρα καθιέρωσαν νόμους προκειμένου να μειωθεί το πρόβλημα όσο το δυνατόν περισσότερο γινόταν. Στην αρχή πολλά καταψηφίστηκαν και άλλα δεν εφαρμόστηκαν αλλά στη συνέχεια η εφαρμογή μέτρων για την μείωση εκπομπών αερίων ρύπων εφαρμόστηκαν και άρχισαν να τηρούνται. Μερικά από αυτά ήταν ελεγχόμενοι κλίβανοι για την ανάφλεξη του κάρβουνου και συσκευές απομάκρυνσης οξέων από τα αέρια βιομηχανικών εκπομπών.[10]

Όπως είναι φυσικό με το πέρασμα των χρόνων αλλά και την ανάπτυξη της τεχνολογίας εξελίχθηκαν οι αντιρροπαντικές τεχνολογίες μην μπορώντας όμως να ελέγξει αλλά και να οριοθετήσει το πρόβλημα. Αυτό κυρίως διότι τα αυτοκίνητα μονίμως πολλαπλασιάζονται, το κάρβουνο έχει αντικατασταθεί από το πετρέλαιο , τα λεωφορεία κινούνται με ηλεκτρισμό κλπ. Έτσι φτάσαμε στο σημείο να έχουμε εξαιρετικά αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων στην ατμόσφαιρα μέχρι και σήμερα αναγνωρίζοντας την κλιματική αλλαγή ως κίνδυνο και απειλή για τον πλανήτη μεγαλύτερη και από τρομοκρατία βάση του ΟΗΕ.[10]

Σημαντικά Επεισόδια Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Τόπος	Αριθμός θανάτων ή ασθενών
Γλασκώβη	1063 θάνατοι
Κοιλάδα Meuse – Βέλγιο	63 θάνατοι, 6000 ασθενείς
Donaora - Πενσυλβάνια	20 θάνατοι, 1190 ασθενείς (το 50% του ντόπιου πληθυσμού)
Λονδίνο	4000 – 8000 θάνατοι
Νέα Υόρκη	175 – 260 θάνατοι

Πίνακας 2.1.1 : Περιοχές και θάνατοι μέσα στα χρόνια



Εικόνα 2.1.2 : Αέρια ρύπανση σε βιομηχανική πόλη κοντά στο Λίβερπουλ της Αγγλίας στα τέλη του 19^{ου} αιώνα.



Εικόνα 2.1.3 : Αέριοι ρύποι από εργοστάσιο στην Πενσυλβανία το 1973.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : «Αιωρούμενα Σωματίδια-Particulate Matter»

3.1.Αιωρούμενα σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μικρού μεγέθους στερεά υγρά αιωρήματα που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Μάλιστα αφορά έναν πολύπλοκο ρύπο ο οποίος έχει μεγάλη ποικιλία σε σχήμα μέγεθος αλλά και σύσταση. Η επίδραση στο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα αρνητική το ίδιο όμως και στην ανθρώπινη υγεία. Όπως προαναφέραμε τα αιωρούμενα αυτά σωματίδια χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την διάμετρο τους. Έτσι τα χωρίζουμε σε ρύπους με μικρή διάμετρο που είναι τα $PM_{2.5}$ (διάμετρο $< 2.5\mu m$) αλλά κι ακόμα μικρότερη διάμετρο που είναι τα $PM_{1.0}$ (διάμετρος $< 1\mu m$). Τελευταία κατηγορία είναι αυτά που έχουν λίγο μεγαλύτερη διάμετρο και είναι τα $PM_{10.0}$ (διάμετρος μέχρι $10\mu m$). Τα πιο επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία λόγω της βαθύτερης διείσδυσης στον ανθρώπινο οργανισμό είναι και αυτά με τη μικρή διάμετρο. [12]

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (Π.Ο.Υ) οι επιπτώσεις στην υγεία είναι επιστημονικά τεκμηριωμένα σχετικά με την έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια. Αυτό συμβαίνει διότι διεισδύσουν βαθιά στους πνεύμονες και στη συνέχεια καταλήγουν στην κυκλοφορία του αίματος προκαλώντας έτσι διάφορα νοσήματα όπως αναπνευστικά και καρδιαγγειακά. Ακόμα από το διεθνή οργανισμό για την έρευνα στον καρκίνο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας τα αιωρούμενα σωματίδια ταξινομήθηκαν ως αιτία καρκίνου του πνεύμονα. [12]

Αντικείμενο μελέτης έγιναν πρόσφατα τα αιωρούμενα σωματίδια και έχει ενδιαφέρον να αναφέρουμε πως η έκθεση σε λεπτά σωματίδια ενδεχομένως να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα αποτελέσματα της ψυχικής υγείας χωρίς όμως να έχει διεξαχθεί ακόμα κάποια εμπειρική μελέτη σχετικά με αυτούς τους μηχανισμούς για το πως ή το γιατί η έκθεση σε λεπτά σωματίδια μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα της ψυχικής υγείας ιδιαίτερα στα παιδιά.. Τα ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν πως η ζωή σε περιοχές με υψηλότερη συγκέντρωση λεπτών σωματιδίων σχετίζεται και με την μείωση της σωματικής δραστηριότητας και αυτή με τη σειρά της αυξάνει τα συμπτώματα κατάθλιψης των παιδιών. Η έρευνα αυτή έλαβε μέρος στην Κορέα.[13]

Γενικότερα τα αιωρούμενα σωματίδια είναι πάρα πολλά στην ατμόσφαιρα και γι' αυτό το λόγο μάλιστα έχουν θεσπιστεί διάφορες νομοθεσίες οι οποίες έχουν ως στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας και ταυτόχρονα του περιβάλλοντος. Ειδικότερα τα αιωρούμενα σωματίδια $PM_{10.0}$ είναι αυτά που αποτελούν και το μεγαλύτερο πρόβλημα για τα περισσότερα κράτη μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης αφού συχνά υπερβαίνουν την μέση ετήσια οριακή τιμή. Μάλιστα για τα αιωρούμενα σωματίδια $PM_{2.5}$ η μέση ετήσια τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει την οριακή τιμή των $25 \mu g/m^3$ και για τα $PM_{10.0}$ η μέση ημερήσια τιμή δεν πρέπει να υπερβαίνει την οριακή τιμή των $50 \mu g/m^3$ περισσότερες από 35 φορές ετησίως.[12] [14-15]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ
ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ (ΑΣ₁₀)

	Περίοδος αναφοράς για τον υπολογισμό του μέσου όρου	Οριακή τιμή	Περιθώριο ανοχής	Προθεσμία συμμόρφωσης προς την οριακή τιμή
ΣΤΑΔΙΟ 1				
1. 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	50 µg/m ³ ΑΣ ₁₀ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	50% κατά την έναρξη ισχύος της παρούσας Οδηγίας, μειούμενο από 1ης Ιανουαρίου 2001, και κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0% την 1η Ιανουαρίου 2005	1η Ιανουαρίου 2005
2. Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	40 µg/m ³ ΑΣ ₁₀	20% κατά την έναρξη ισχύος της παρούσας Οδηγίας, μειούμενο από 1ης Ιανουαρίου 2001, και κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0% την 1η Ιανουαρίου 2005	1η Ιανουαρίου 2005
ΣΤΑΔΙΟ 2 (1)				
1. 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	24 ώρες	50 µg/m ³ ΑΣ ₁₀ των οποίων δεν πρέπει να σημειώνεται υπέρβαση περισσότερες από 7 φορές ανά ημερολογιακό έτος	Θα υπολογιστεί βάσει δεδομένων και θα είναι ισοδύναμο με την οριακή τιμή του σταδίου 1	1η Ιανουαρίου 2010
2. Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Ημερολογιακό έτος	20 µg/m ³ ΑΣ ₁₀	50% κατά την 1η Ιανουαρίου 2005, μειούμενο κατόπιν κάθε 12 μήνες κατά ίσο ετήσιο ποσοστό, ώστε να φθάσει το 0% την 1η Ιανουαρίου 2010	1η Ιανουαρίου 2010

Πίνακας 3.1.1 : Οριακές τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10.0}, Οδηγία 2008/50/ΕΚ.[30]

ΡΥΠΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ	ΟΡΙΟ
Αιωρούμενα Σωματίδια ΑΣ ₁₀	24 ώρες	51-75 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού
		76-100 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό
		101-150 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές-βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία
		>150 µg/m³ συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές-βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία

Πίνακας 3.1.2 : Όρια ενημέρωσης του κοινού για PM_{10.0}(2015).[29]

Στον πίνακα 3.1.1 απεικονίζονται οι οριακές τιμές που επέβαλε το υπουργικό συμβούλιο το 1987 για τα αιωρούμενα σωματίδια και πιο συγκεκριμένα για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10.0} και την χρονική προθεσμία μείωσης που προέβλεπε για το συγκεκριμένο ρύπο.

Στην συνέχεια και στον πίνακα 3.1.2 απεικονίζονται τα όρια ενημέρωσης για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10.0} ενδοημερήσιας μεταβολής το 2015 από το υπουργείο περιβάλλοντος.

Ρύποι (Y)	Συνολικές εκπομπές (kt), σύμφωνα με τις απογραφές για το έτος x 2 ή x 3 (προσδιορίστε το έτος) (Y)				Προβλεπόμενο % μείωσης των εκπομπών σε σύγκριση με το 2005 (Y)			Εθνική δέσμευση για μείωση των εκπομπών κατά τα έτη 2020 2029 (%) (Y)	Εθνική δέσμευση για μείωση των εκπομπών από το 2030 και μετά (%) (Y)
	Έτος αναφοράς 2005	2020	2025	2030	2020	2025	2030		
SO ₂	549.35	50.54	38.11	26.39	90.8%	93.1%	95.2%	74%	88%
NO _x	482.41	203.52	182.74	155.58	56.0%	60.4%	66.3%	31%	55%
NM _{VOC}	325.75	125.758	115.82	106.06	59.2%	62.4%	65.6%	54%	62%
NH ₃	75.74	65.13	63.40	67.02	14.0%	16.3%	11.5%	7%	10%
PM _{2.5}	47.65	24.44	22.70	21.73	48.7%	52.4%	54.4%	35%	50%
Ημερομηνία προβλέψεων εκπομπών (Y)					30/12/2019				

Πίνακας 3.1.3 : Προβλεπόμενες εκπομπές και μειώσεις εκπομπών.

Στον πίνακα 3.1.3 απεικονίζονται οι συνολικές εκπομπές ρύπων PM_{2.5} αλλά και το προβλεπόμενο ποσοστό μείωσης εκπομπών συγκριτικά με το 2005. Επίσης αναγράφονται οι εθνικές δεσμεύσεις για την μείωση των εκπομπών για το 2020-2029

αλλά και μετά το 2030 νέες δεσμεύσεις μείωσης από το υπουργείο περιβάλλοντος και ενέργειας για το σχέδιο εθνικού προγράμματος ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης το 2016.

3.2. Διαχωρισμός αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια χωρίζονται και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Δηλαδή βάση του σχηματισμού τους, της φυσικής τους κατάστασης, του μεγέθους τους, των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και των επιπτώσεων στο περιβάλλον.

Ξεκινώντας τα αιωρούμενα σωματίδια και με βάση το σχηματισμό τους χωρίζονται σε αερολύματα συμπύκνωσης και αερολύματα διασποράς. Τα αερολύματα συμπύκνωσης είναι αυτά τα οποία σχηματίζονται από την συμπύκνωση ατμών ή από αντιδράσεις αερίων. Από την άλλη τα αερολύματα διασποράς σχηματίζονται από την θραύση στερεών, την εκνέφωση υγρών ή την διασπορά της σκόνης.[16-17]

Συνεχίζοντας περνάμε στον διαχωρισμό βάση της φυσικής κατάστασης και εκεί υπάρχουν τρεις κατηγορίες. Αυτές είναι τα στέρεα αερολύματα, τα υγρά αερολύματα και τέλος τα στέρεα – υγρά αερολύματα.

Στα **στερεά αερολύματα** συναντάμε :

1. Σκόνη: Είναι μικρά στερεά σωματίδια μεγέθους 1.0-1000μm, που δημιουργούνται από μεγαλύτερα με την διεργασία της σύγκρουσης, του κοκκινίσματος ή της θραύσης.

2. Ατμός: αποτελείται από στερεά προϊόντα συμπύκνωσης στην αέρια φάση ύστερα από εξάτμιση και χημική αντίδραση όπως για παράδειγμα της οξείδωσης. Αυτά τα σωματίδια είναι συχνά επιβλαβή.

3. Καπνός: αποτελείται από στερεά σωματίδια μεγέθους 0.5-1.0μm άνθρακα προερχόμενα από ατελή καύση οργανικών ενώσεων.

4. Αιθάλη: αποτελείται από συσσωματώματα από σωματίδια άνθρακα τα οποία είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης.

5. Ιπτάμενη τέφρα: αποτελείται από μη καύσιμα σωματίδια που δημιουργήθηκαν κατά την καύση ορυκτών άνθρακα. Το μέγεθος τους είναι από 1.0-1000μm.

Στα **υγρά αερολύματα** συναντάμε :

1.Ομίχλη : αποτελείται από υψηλή συγκέντρωση λεπτών σταγονιδίων(500-600 σταγονίδια/cm³)

2. Εκνέφωμα : αποτελείται από πολύ μικρή διασπορά σταγονιδίων υγρού (0.07-10μm) στον αέρα που προέρχεται από συμπύκνωση ατμών υγρού. Η συμπύκνωση του εκνεφώματος δημιουργεί την ομίχλη

Τέλος στα **στερεά-υγρά αερολύματα** συναντάμε :

Αχλύς-καταχνιά : δηλώνει ελαττωμένη ορατότητα από την παρουσία σωματιδίων (λεπτή σκόνη & ομίχλη)

Αιθαλομίχλη : δηλώνει την εκτεταμένη ρύπανση. Για παράδειγμα σκόνη άνθρακα + SO₂+ομίχλη → Αιθαλομίχλη τύπου Λονδίνου

και HC+NO_x → φωτοχημικό νέφος - Λος Άντζελες. [16-17]

Ακόμα χωρίζονται βάση του μεγέθους τους και έτσι έχουμε :

1. Τα νανοσωματίδια $d < 50 \text{ nm}$

2. Σωματίδια Aitken $d < 0.1 \mu\text{m}$ ή εξαιρετικά λεπτά (ultrafine)

3. Λεπτόκοκκα σωματίδια – fine Particles τα οποία είναι αναπνεύσιμα $d < 2.5 \mu\text{m}$. Κυριότερες πηγές εκπομπής τους είναι τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, τα τζάκια κ.α. Ακόμη δημιουργούνται από αέρια πυρανάφλεξης τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται σε αιωρούμενα σωματίδια με έναν χημικό τρόπο στην ατμόσφαιρα.

4. Μεγάλα σωματίδια ή χονδρόκοκκα-coarse particles τα οποία είναι εισπνεύσιμα $D > 2.5 \mu\text{m}$. Μάλιστα έχουν πολλές και διαφορετικές πηγές προέλευσης και ο σχηματισμός τους οφείλεται κυρίως στην δράση μηχανικών δυνάμεων όπως της τριβής και της σύνθλιψης. [16-18]

Τέλος οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον είναι πολλές. Για παράδειγμα οι επιπτώσεις στην υγεία είναι φλεγμονή του πνεύμονα που μπορεί να καταλήξει σε αναπνευστική ανεπάρκεια αλλά και μεσοθηλιώμα το οποίο είναι μία μορφή καρκίνου του πνεύμονα. [16]

Στο περιβάλλον οι επιπτώσεις που συναντάμε λόγω του ότι τα σωματίδια μπορούν να μεταφερθούν από τον άνεμο σε πολύ μεγάλες αποστάσεις μέχρι δηλαδή και 1000 km και μπορούν να αποτεθούν στην ξηρά αλλά και σε υδάτινες επιφάνειες έχουμε όξυνα ρυάκια και λίμνες, αλλαγή στο ισοζύγιο των θρεπτικών υλικών ποταμών και παράκτιων νερών, απομάκρυνση θρεπτικών συστατικών από το χώμα αλλά και καταστροφή δασικών συστημάτων και καλλιεργειών. Ακόμα φαίνεται ότι έχουμε και αισθητική επίδραση αφού η αιθάλη συμβάλλει στην διάβρωση της πέτρας σε μνημεία και κτίρια. [16]

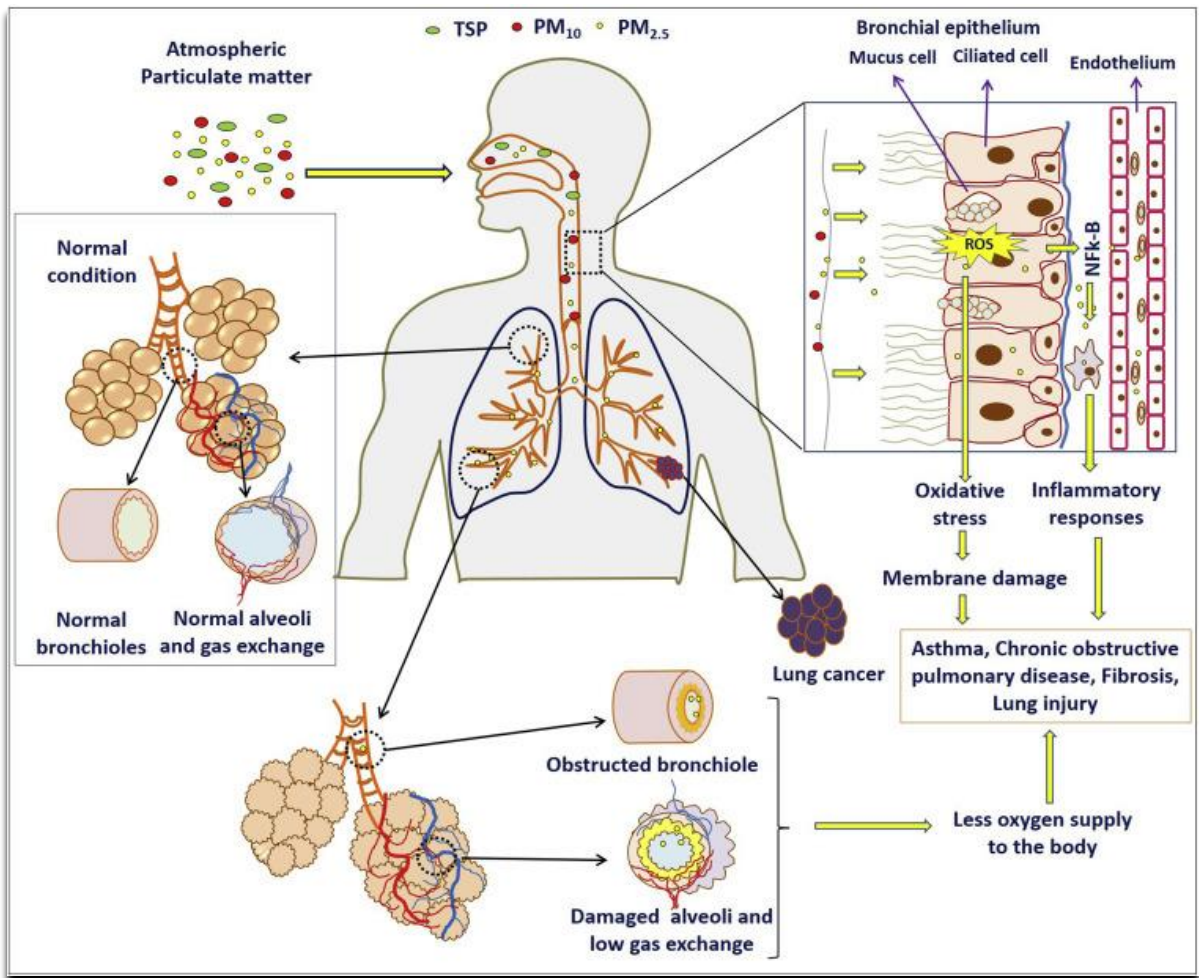
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : «Επιπτώσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων»

4.1 Ανθρώπινη υγεία και αιωρούμενα σωματίδια

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και ιδιαίτερα η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων είναι ένα μείζον πρόβλημα διότι ο περιβαλλοντικός κίνδυνος για πρόωρο θάνατο είναι πολύ υψηλός. Ακόμη και σήμερα η δημόσια υγεία απειλείται από την ατμοσφαιρική ρύπανση και αυτό υποστηρίζεται και τεκμηριώνεται επιστημονικά. Μάλιστα σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την αυξημένη νοσηρότητα αλλά και θνησιμότητα. Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για τον θάνατο περίπου 4-9 εκατομμυρίων ανθρώπων κάθε χρόνο. Τα αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται οι επικινδυνότερες ουσίες που προσβάλλουν τον ανθρώπινο οργανισμό είτε από φυσικές είτε από ανθρωπογενείς πηγές. Πιο συγκεκριμένα τα PM_{2.5} μειώνουν την μέση διάρκεια ζωής κατά 8,6 μήνες , αλλά μπορούν να αυξήσουν το χρόνο ζωής κατά 0,61 έτος αν μειωθεί το επίπεδο συγκέντρωσης κατά 10 μg/m³ . Αξίζει να σημειωθεί ότι από περιοχή σε περιοχή η συγκέντρωση των PM και η χημική του σύσταση παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις και αυτό εξαρτάται από την γεωγραφική θέση , τις κλιματικές συνθήκες , τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες αλλά και τις πηγές καύσης. Τέλος οι επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην υγεία δεν εξαρτώνται μόνο από την αεροδυναμική διάμετρο και την χημική σύσταση τους αλλά και από την ηλικία τους. [19-20]

Αξίζει να σημειωθεί πως στο αναπνευστικό σύστημα μπορούν να εισέλθουν σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10 μm ενώ εκείνα με μεγαλύτερη διάμετρο προσφεύγουν στην ρινική κοιλότητα. Όσο μικρότερη διάμετρο τόσο πιο βαθιά και η εισχώρηση τους , στους αγωγούς και τις κυψελίδες. Τα PM_{2.5} και τα PM_{10.0} έχουν το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και μάλιστα μπορούν να διασπείρονται σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή που τα εκπέμπει. [21]

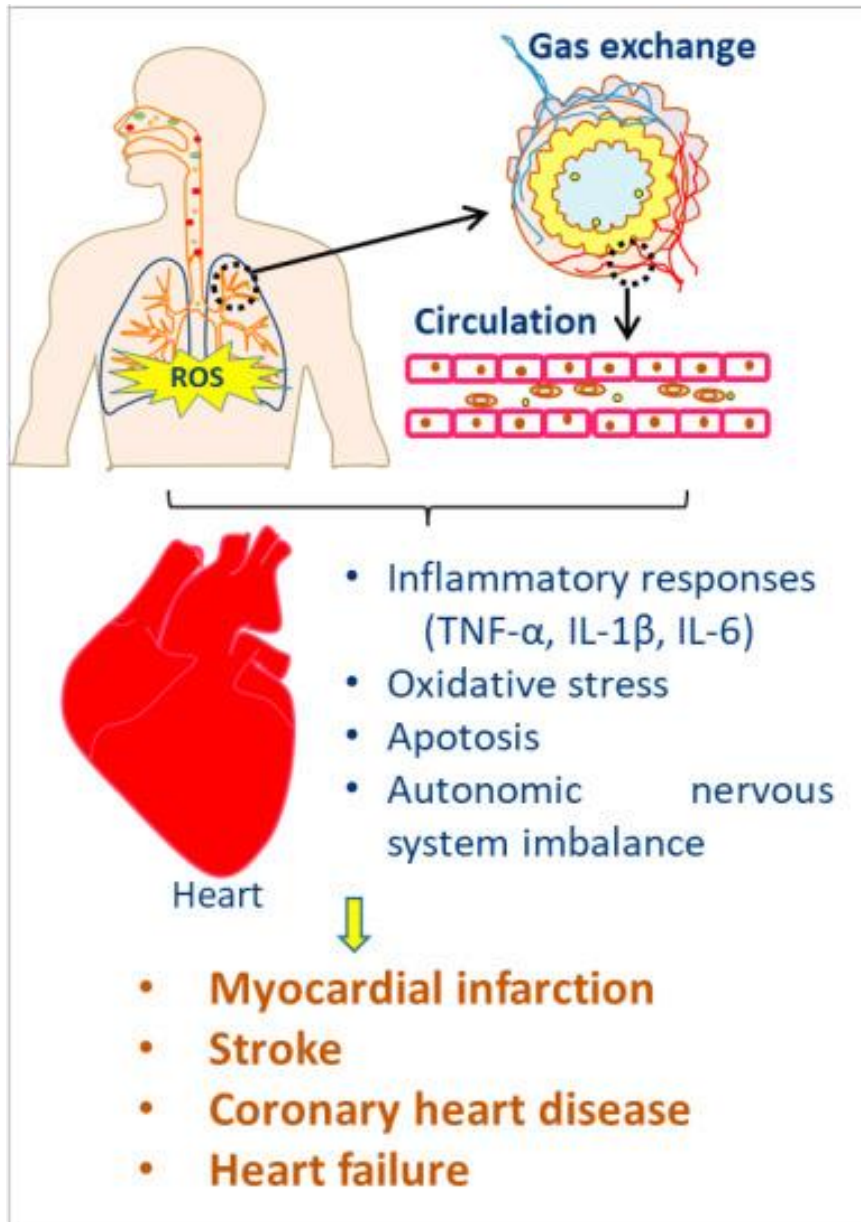
Χαρακτηρίζοντας λοιπόν τα αιωρούμενα σωματίδια ως έναν από τους κρισιμότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους , μελετήθηκε και βρέθηκε πως προκαλεί ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στην υγεία των ανθρώπων. Για παράδειγμα είναι πλέον επιστημονικά τεκμηριωμένο πως τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να επιδεινώσουν τις αναπνευστικές ασθένειες την αλλεργία αλλά και το άσθμα. Επιπλέον βάση του διεθνή οργανισμού έρευνας για τον καρκίνο φαίνεται ότι τα αιωρούμενα σωματίδια είναι καρκινογόνα για τον ανθρώπινο οργανισμό και ακόμα η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε αυτά σχετίζεται με καρδιαγγειακούς κινδύνους. Τέλος ενδεχομένως να μπορούν να επιταχύνουν και τον κίνδυνο νευρολογικών επιπτώσεων όπως για παράδειγμα της νόσου αλτσχάιμερ και της άνοιας. Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα αιωρούμενα σωματίδια προκαλούν σημαντική βλάβη σε διάφορα συστήματα οργάνων. Τέλος και φτάνοντας στο σήμερα και στην περίοδο κρίσης που διανύουμε ζώντας σε μία εποχή πανδημίας φαίνεται πως η σχέση αιωρούμενων σωματιδίων και της μετάδοσης του COVID 19 έχει αναθεωρηθεί.[20]



Εικόνα 4.1.1 : Επίδραση αιωρούμενων σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα

1. Επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα :

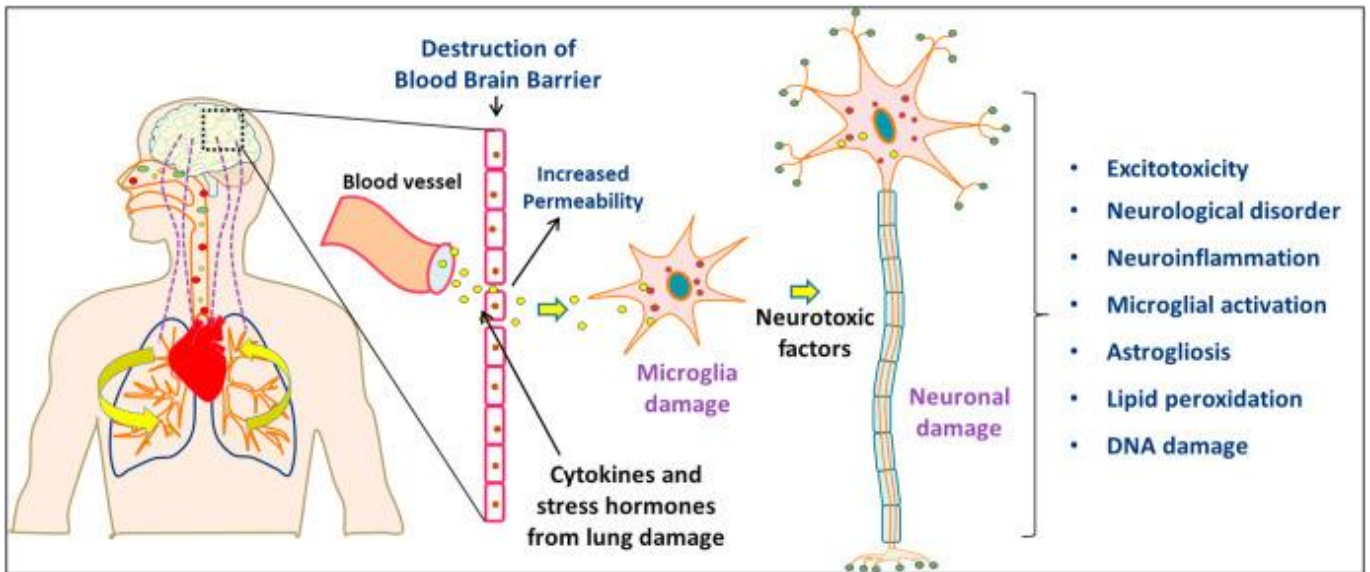
Τα αιωρούμενα σωματίδια εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό κυρίως μέσω της αναπνευστικής οδού προκαλώντας βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας εκτιμάται ότι πάνω από 2 εκατομμύρια θάνατοι σε παγκόσμιο επίπεδο ετησίως οφείλονται σε τραυματισμούς του αναπνευστικού συστήματος που έχουν προκληθεί από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ακόμη η μακροχρόνια έκθεση σε αυτά προκαλεί διάφορες ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα, από φλεγμονή της αναπνευστικής οδού μέχρι και καρκίνο του πνεύμονα. Από μία μελέτη στην Γουαδελούπη το 2014 φαίνεται ότι η έκθεση σε PM₁₀ και PM_{2.5} αυξάνει τον κίνδυνο των ασθματικών παιδιών. Έτσι καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τις σημαντικότερες αιτίες για την ανάπτυξη αναπνευστικών ασθενειών.[22]



Εικόνα 4.1.2 : Επίδραση αιωρούμενων σωματιδίων στο καρδιαγγειακό σύστημα

2. Επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα:

Η έκθεση αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να οδηγήσουν σε διάφορες καρδιαγγειακές παθήσεις όπως για παράδειγμα την στεφανιαία νόσο, έμφραγμα του μυοκαρδίου, εγκεφαλικά επεισόδια και καρδιακή ανεπάρκεια. Πιο συγκεκριμένα τα PM₁₀ και PM_{2,5} είναι ικανά για την μείωση της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού αλλά και την αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος της καρδιαγγειακής νόσου στον ανθρώπινο πληθυσμό. [22]



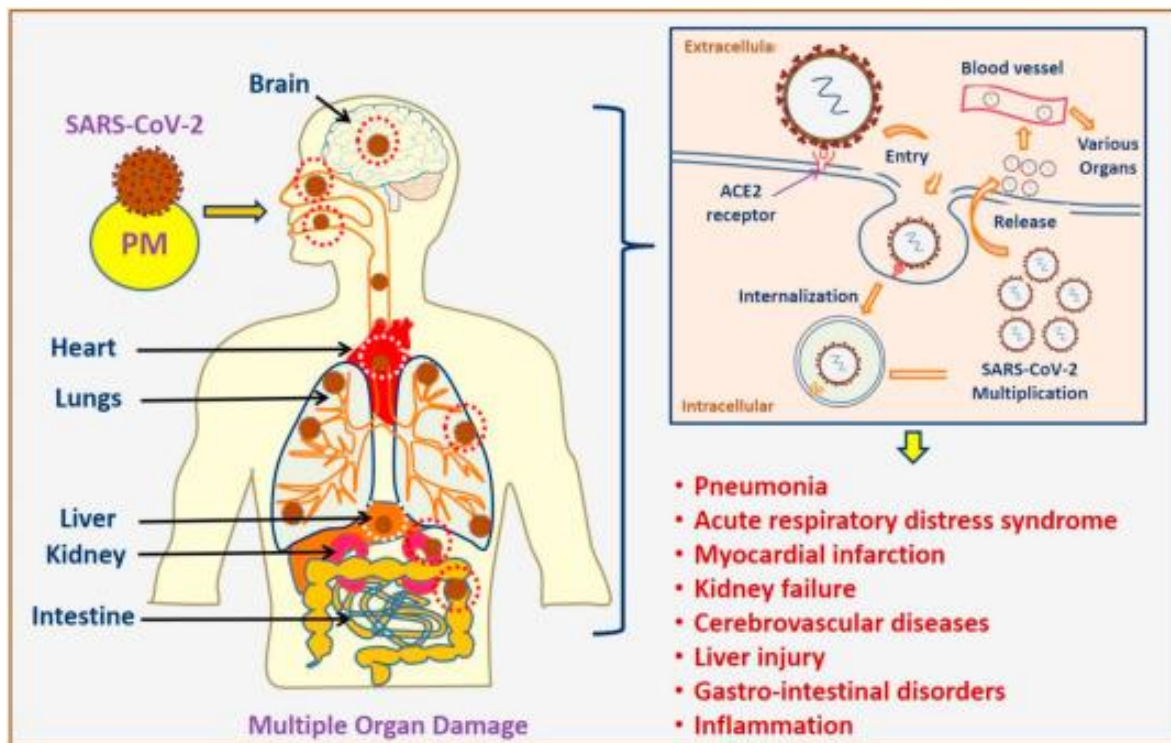
Εικόνα 4.1.3: Επιπτώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στο νευρικό σύστημα

3. Επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα :

Οι επιδράσεις που προκαλούν τα αιωρούμενα σωματίδια στο κεντρικό νευρικό σύστημα είναι πολύ σημαντικές. Μάλιστα βλάπτουν τον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο προκαλώντας νευρωνικές διαταραχές. Έχει γίνει αναφορά εύρεσης αιωρούμενων σωματιδίων στον εγκέφαλο ορισμένων κατοίκων στο Μεξικό γεγονός που δείχνει ότι μπορούν να εισέλθουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Ακόμα υπάρχει αύξηση κίνδυνου υποτροπής σε αυτοάνοσα νοσήματα όπως της σκλήρυνσης κατά πλάκας αλλά και αύξηση συχνότητας εμφανίσεις διαταραχών του φάσματος του αυτισμού στα παιδιά. Τέλος αρκετές μελέτες έδειξαν πως η έκθεση στα PM_{2.5} ακόμα και προγενετικά μπορεί να προκαλέσει ψυχοκινητική καθυστέρηση όπως και νοητική υστέρηση.[22]

4. Επιπτώσεις στο ανοσοποιητικό σύστημα :

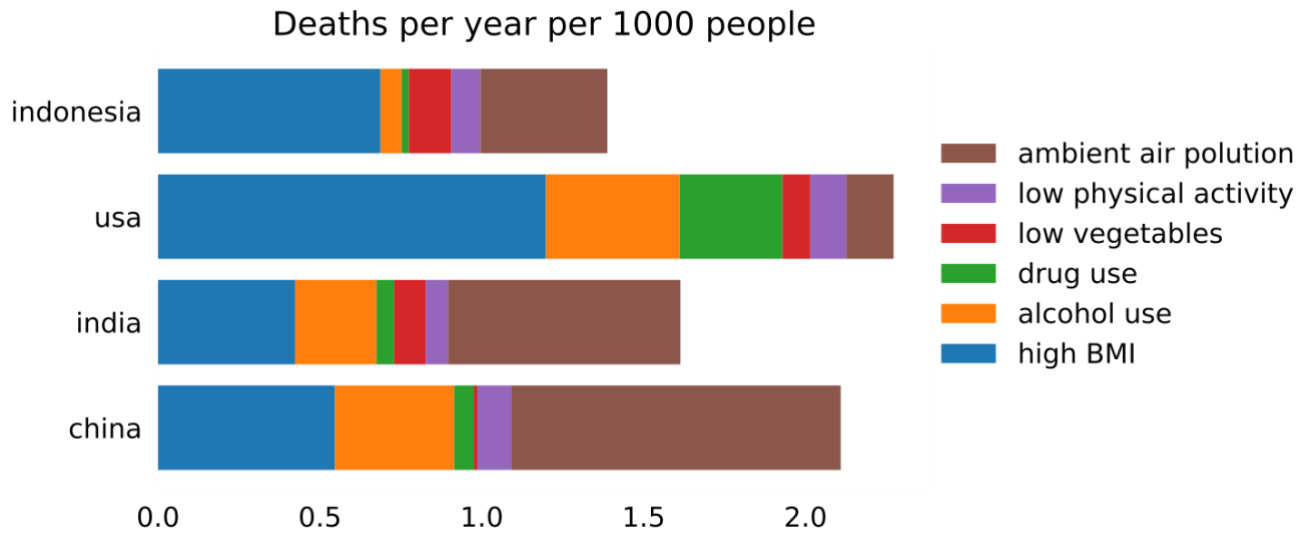
Φαίνεται πως η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να προσβάλλει ακόμη και το ανοσοποιητικό σύστημα. Μάλιστα θέτει σε κίνδυνο την ανοσολογική λειτουργία στον άνθρωπο μειώνοντας την ανοσία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση η ακόμη και επιδείνωση διαφόρων ασθενειών. [22]



Εικόνα 4.1.3: Επιπτώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στον COVID-19

5. Επιπτώσεις στη μόλυνση από COVID-19 :

Σε αυτή την περίοδο πανδημίας(COVID-19) αξίζει να αναφέρουμε και τις επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην πολλή σοβαρή αυτή ασθένεια του αναπνευστικού συστήματος. Είναι επιβεβαιωμένο ότι τα αναπνευστικά σταγονίδια με αεροδυναμική διάμετρο 5 – 10 μm από ένα μολυσμένο άτομο θα μπορούσαν να μεταφέρουν τον ιό και να προκαλέσουν έτσι μόλυνση από τον COVID-19. Μάλιστα τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως άμεσος φορέας στην μετάδοση του ιού SARS-CoV-2 , αφού ο ιός εξαπλώνεται με την μορφή αερολύματος.[22-23]



Διάγραμμα 4.1.1 : Θάνατοι ετησίως για κάθε 1000 ανθρώπους από ποικίλα αίτια.[32]

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζονται τα αίτια θανάτων για κάθε χρόνο και για κάθε 1000 ανθρώπους. Πιο συγκεκριμένα το συγκεκριμένο γράφημα αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση, την χαμηλή φυσική δραστηριότητα, την χαμηλή κατανάλωση λαχανικών, την χρήση ναρκωτικών ουσιών, τη χρήση αλκοόλ και τέλος τον υψηλό δείκτη μάζας σώματος. Παρατηρείται ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένας από τους κύριους λόγους θνησιμότητας για τις τέσσερις μεγαλύτερες χώρες παγκοσμίως. Μάλιστα είναι κάτι το οποίο μας προκαλεί εντύπωση διότι για παράδειγμα η παρατεταμένη χρήση ναρκωτικών ουσιών ή αλκοόλ είναι ιδιαίτερα θανατηφόρα και το γεγονός το ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση σαν αιτία θανάτου είναι υψηλότερη από αυτά δείχνει πόσο επικίνδυνη είναι τελικά.

4.2 Περιβάλλον



Εικόνα 4.2.1 : Γη και πηγές ρύπων

Η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια πέρα από τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία έχει και πολύ σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Τα λεπτά σωματίδια $PM_{2.5}$ είναι υπεύθυνα για την ομίχλη που συναντάμε είτε στις αστικές είτε στις δασικές περιοχές. Η παρουσία τους μάλιστα είναι καθοριστική για την εξασθένηση της ορατότητας αφού έχουν την ικανότητα να διασκορπίζουν τις φωτεινές ακτίνες αλλά και να απορροφούν το φως. Μάλιστα φαίνεται ότι τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν την ικανότητα να απορροφούν νερό και κατ' αυτό τον τρόπο να αυξάνεται σημαντικά και η συνολική τους μάζα με αποτέλεσμα η εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας να είναι εντονότερη. Ως συνέπεια αυτών μεταβάλλεται η ορατότητα και η διαύγεια της ατμόσφαιρας. [26-28]

Στις δασικές περιοχές αλλά και στα βουνά η ομίχλη κατά κύριο λόγο εμποδίζει την ορατότητα του τοπίου. Από την άλλη στις αστικές περιοχές η ομίχλη και γενικότερα η μείωση της ορατότητας μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα επικίνδυνη. Λόγω του μεγάλου πληθυσμού που κατοικούν στις πόλεις σε συνδυασμό με την μειωμένη ορατότητα οι πιθανότητες τροχαίων ατυχημάτων για παράδειγμα είναι πολύ αυξημένες. [26-28]

Ακόμη το οξείδιο του αζώτου κι άλλες πτητικές ενώσεις συμμετέχουν στον σχηματισμό όξινων σωματιδίων με αποτέλεσμα να σχηματίζεται έτσι και η όξινη βροχή, όταν αυτά κατακάθονται στο έδαφος και διαρρέουν στο νερό. Οι λίμνες και τα ρέματα γλυκού νερού μπορούν να γίνουν όξινα κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε επιβλαβή όξινη βροχή. Η όξινη βροχή μπορεί να επιφέρει καταστροφικά αποτελέσματα στην ισορροπία της φύσης, στις καλλιέργειες αλλά και να διαβρώσει οικοδομικά υλικά μνημεία

και αγάλματα. Τα πορώδη υλικά όπως το ξύλο και τα κεραμικά είδη, οι πέτρες και τα τούβλα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην όξινη βροχή.[26]

Συνεχίζοντας αξίζει να σημειωθεί πως όταν τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ιδιαίτερα αυξημένα σε μία περιοχή το αντίκτυπο στα δάση ,στην άγρια ζωή αλλά και τις παράκτιες περιοχές μπορεί να είναι τεράστιο. Αρκετές φορές μεγάλα κομμάτια δέντρων πεθαίνουν σε δάση που επηρεάζονται από τα αιωρούμενα σωματίδια. Ακόμα τα υπόγεια ύδατα γίνονται πολύ όξινά με αποτέλεσμα τα δέντρα να μην μπορούν αναπτυχθούν κατάλληλα.[26]

Τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν εκπτώσεις σε ρυάκια , λίμνες μέχρι και στους ωκεανούς. Πολλές μορφές υδρόβια ζωής δεν αντέχουν σε τόσο αυξημένα επίπεδα οξύτητας από τα μολυσμένα νερά που προκύπτουν από νερά μολυσμένης-όξινης βροχής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλα τμήματα αυτών των οικοσυστημάτων να πεθαίνουν γρήγορα και έτσι να προκληθεί διατάραξη του τροφικού πλέγματος. Για παράδειγμα οι βάτραχοι μπορούν να επιβιώσουν σε νερό με pH 4 αλλά τα έντομα από τα οποία εξαρτώνται για την τροφή τους προκειμένου να επιβιώσουν, δεν μπορούν να ζήσουν όταν το pH του νερού και του εδάφους είναι μικρότερο του 5,5. Έτσι συμπεραίνουμε ότι οι βάτραχοι αργά γρήγορα θα πεθάνουν λόγω του ότι η πηγή τροφής τους εξαφανίστηκε. [26]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : «Διερεύνηση Αιωρούμενων Σωματιδίων στην Αττική»

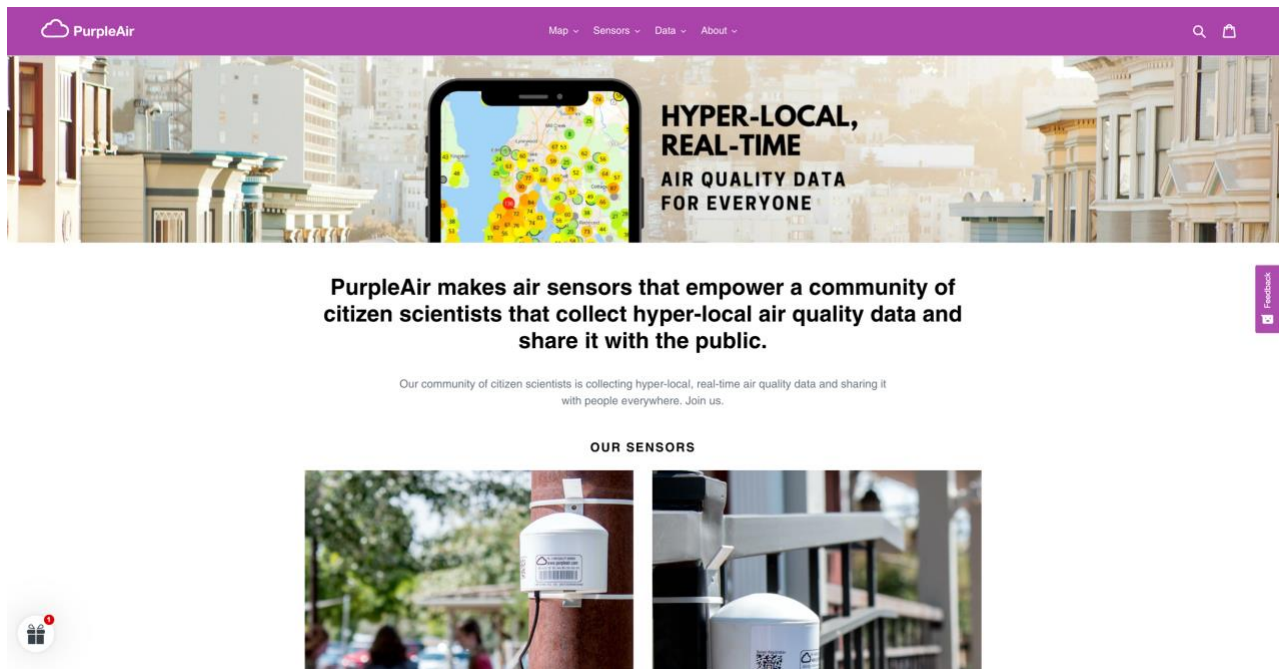
5.1 Προτεινόμενη μεθοδολογία

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα διερευνηθεί η σωματιδιακή ρύπανση στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας , μέσω του δικτύου σταθμών PurpleAir. Αυτό το δίκτυο σταθμών κατασκευάζει αισθητήρες αέρα με σκοπό τη συλλογή δεδομένων ποιότητας αέρα μοιράζοντας τα στο κοινό. Μάλιστα διαθέτει αισθητήρες ρύπανσης λέιζερ χρησιμοποιώντας μετρητές σωματιδίων που παρέχουν έναν ακριβή και χαμηλού κόστους τρόπο μέτρησης του καπνού, της σκόνης αλλά και άλλων σωματιδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν και να μεταδίδουν τα δεδομένα.



Οι αισθητήρες PurpleAir μετρούν τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία περιγράφουν στέρα σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα συμπεριλαμβανομένης της σκόνης του καπνού και άλλων οργανικών και ανόργανων σωματιδίων. Χρησιμοποιούν μετρητές σωματιδίων λέιζερ προκειμένου να γίνει καταμέτρηση των αριθμών των σωματιδίων με μεγέθη σωματιδίων 0,3, 0, 5, 1, 2,5, 5 και 10 μm χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των μετρήσεων προκειμένου να υπολογίσουν τις συγκεντρώσεις μάζας των $PM_{1.0}$, PM_{10} και $PM_{2.5}$

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούν μετρητές λέιζερ PMSX003 για να γίνει μέτρηση σωματιδίων σε πραγματικό χρόνο. Ο κάθε μετρητής εναλλάσσει μετρήσεις 5 δευτερολέπτων κατά μέσο όρο σε 120 δευτερόλεπτα. Επίσης καθένας από τους μετρητές χρησιμοποιεί ανεμιστήρα προκειμένου να τραβήξει δείγμα αέρα πέρα από αυτό της δέσμης λέιζερ. Η δέσμη από τα λέιζερ κατηγορίας IIIa/3R αντανακλά το φως από τυχόν υπάρχοντα σωματίδια σε μια πλάκα ανίχνευσης. Η ανάκλαση αυτή μετράτε ως παλμός από την πλάκα ανίχνευσης και το μήκος του παλμού καθορίζει το μέγεθος του σωματιδίου ενώ ο παλμός καθορίζει τον αριθμό των σωματιδίων. Οι μετρήσεις αυτές χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η συγκέντρωση μάζας των $PM_{1.0}$, PM_{10} και $PM_{2.5}$ Μπαίνοντας στην ιστοσελίδα PurpleAir η πρώτη εικόνα που έχουμε είναι κάποιες γενικές πληροφορίες για την ιστοσελίδα και τους αισθητήρες της όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1.1. Πάνω στη μέση της σελίδας έχει επιλογή μεταφοράς στον χάρτη της ιστοσελίδας, στους αισθητήρες , στα δεδομένα του και τέλος στις γενικές πληροφορίες που αφορούν την ενημέρωση του κάθε ενδιαφερόμενου πολίτη.

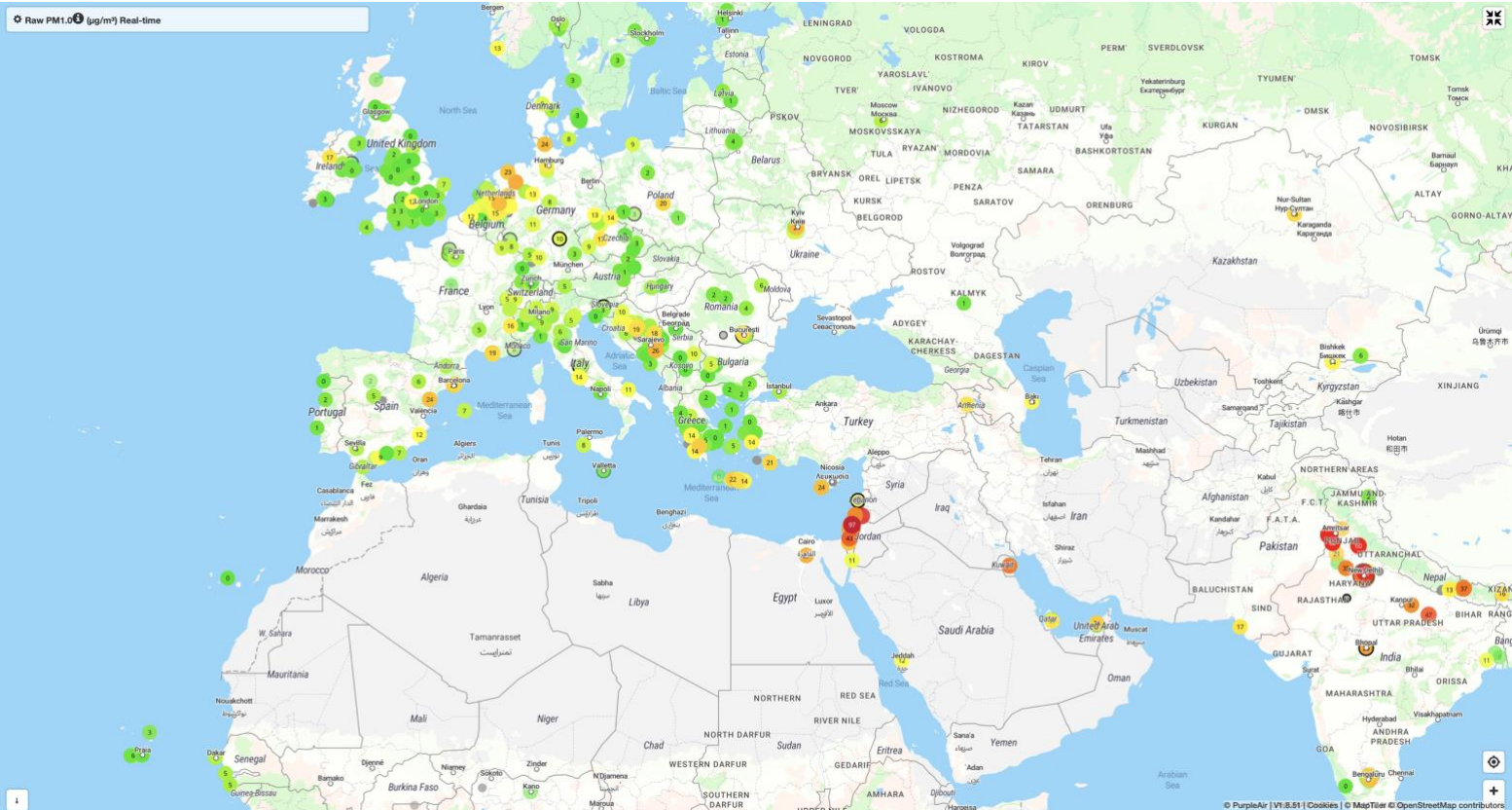


Εικόνα 5.1.1 : Αρχική σελίδα στην ιστοσελίδα PurpleAir.

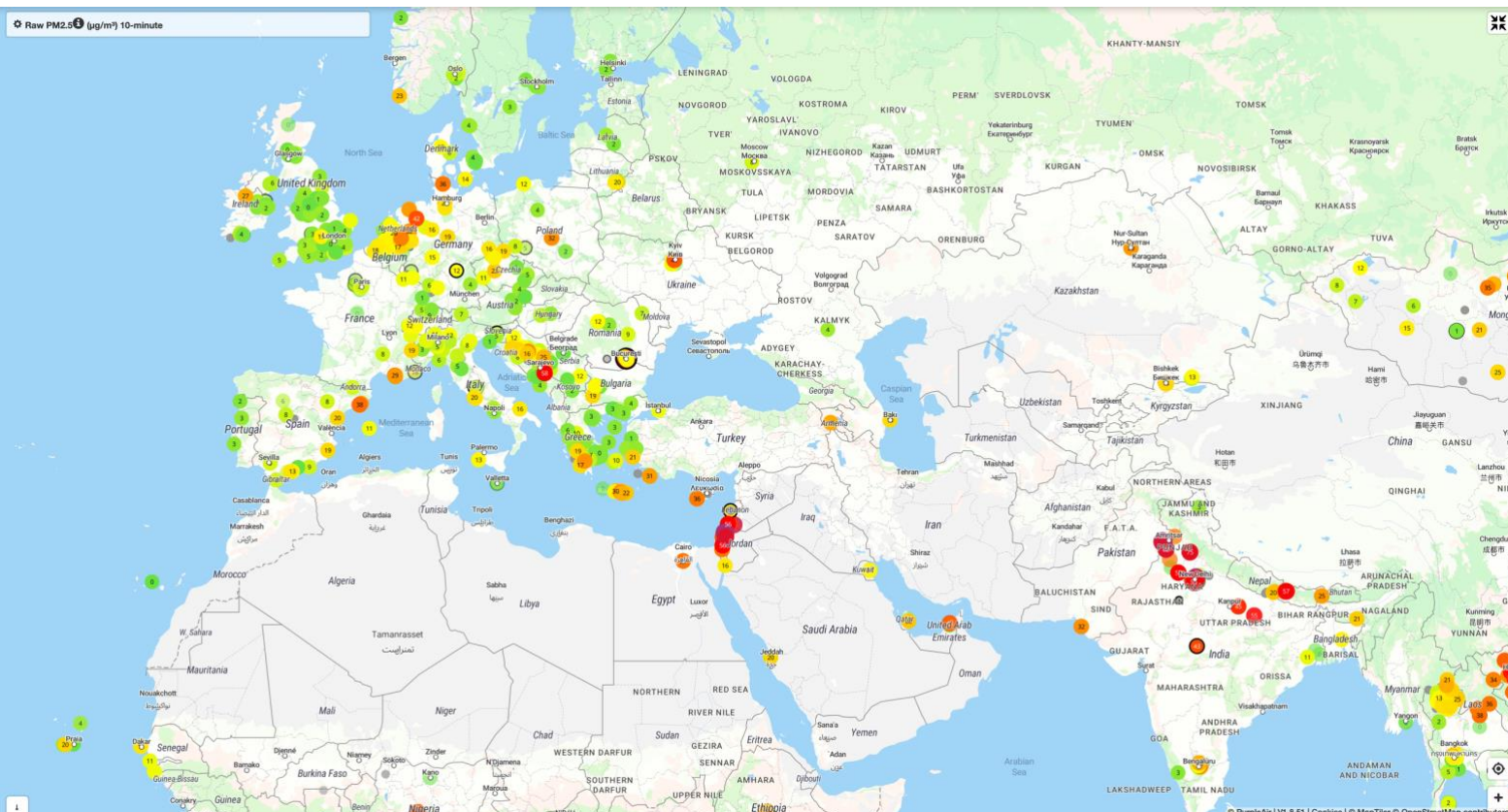
Επιλέγοντας να μεταφερθούμε στον χάρτη της ιστοσελίδας χρειάζεται να γνωρίζουμε τους συμβολισμούς των εικονιδίων και τι αφορά το καθένα. Έτσι κάθε εικονίδιο στον χάρτη purpleAir αντιπροσωπεύει έναν δημόσιο αισθητήρα και το χρώμα υποδηλώνει την ένδειξη $PM_{2.5}$ σε πραγματικό χρόνο στην κλίμακα δείκτη ποιότητας αέρα των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Οι αισθητήρες οι οποίοι δεν έχουν περίγραμμα είναι καταχωρημένοι ως αισθητήρες εξωτερικού χώρου ενώ οι αισθητήρες με μαύρους δακτυλίους καταχωρούνται ως αισθητήρες εσωτερικού χώρου. Κάνοντας κλικ σε ένα εικονίδιο αισθητήρα εμφανίζονται δύο ενημερωτικά πλαίσια. Το ένα αφορά τις πληροφορίες του αισθητήρα ενώ το άλλο αφορά τους μέσους όρους της τελευταίας εβδομάδας. Ακόμη η προεπιλεγμένη εμφάνιση στον χάρτη είναι κλίμακα δείκτης ποιότητα αέρα (AQI) της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA) για τα $PM_{2.5}$.

Το AQI ουσιαστικά επιτρέπει να γίνει σύγκριση για διαφορετικούς ρύπους με έναν αρκετά εύκολο στο μάτι χρωματικό συνδυασμό. Η κλίμακα παρουσιάζει στην αρχή το πράσινο χρώμα το οποίο συμβολίζει το καλό αέρα και τελειώνει με το βυσσινί χρώμα το οποίο συμβολίζει τον επικίνδυνο αέρα.

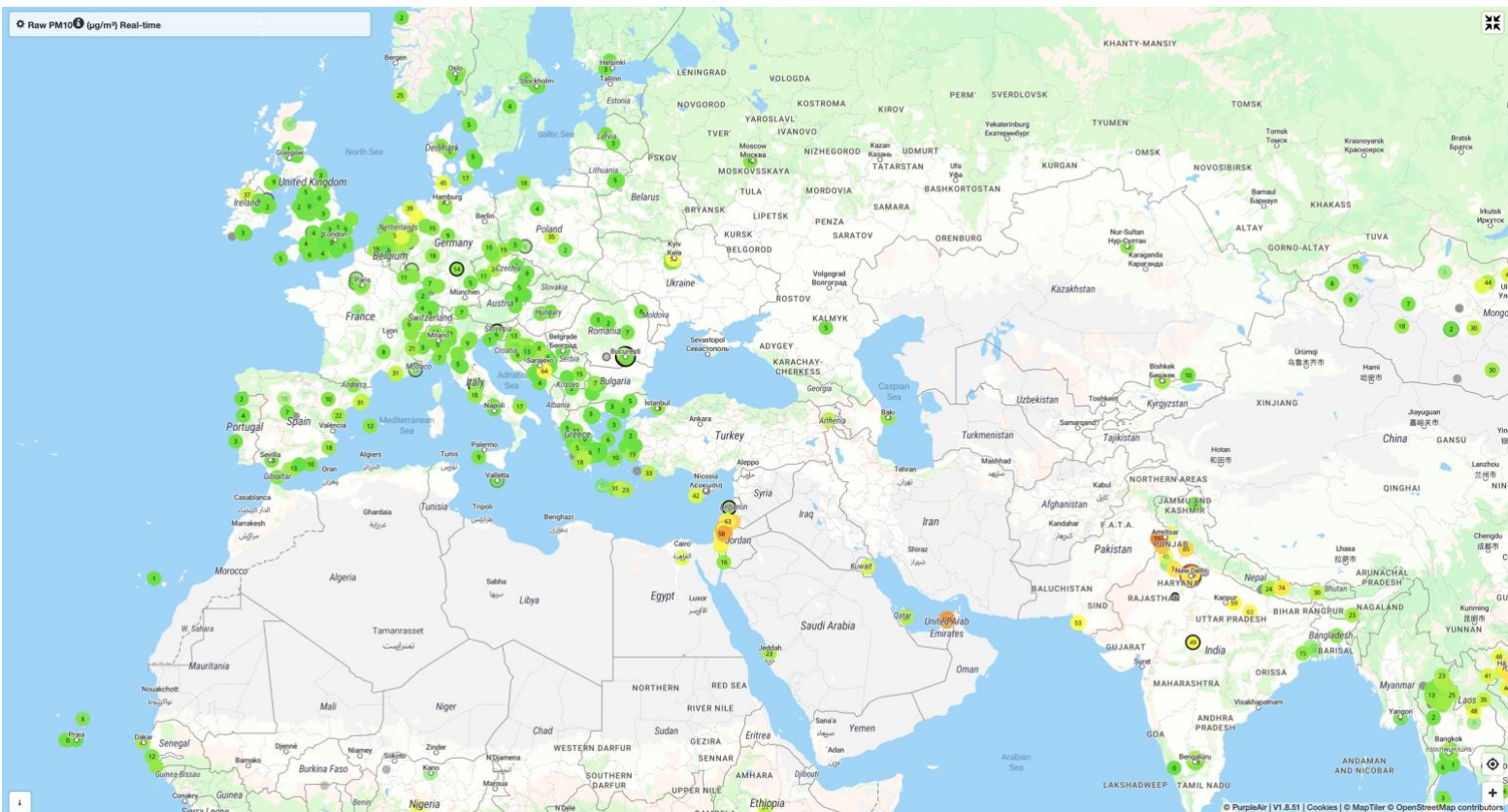
Ακόμα τα γραφήματα δίνουν περισσότερες πληροφορίες για τα σχετικά βάρη, τα μεγέθη σωματιδίων στον αέρα και για τις διαφορετικές μετρήσεις. Επιλέγοντας ένα εικονίδιο αισθητήρα στον χάρτη, το γράφημα συμπληρώνεται με δεδομένα μέσης διάρκειας 10 λεπτών για κάθε μετρητή λέιζερ για τον συγκεκριμένο αισθητήρα. Είναι εφικτή η προσθήκη περισσότερων αισθητήρων στο ίδιο γράφημα επιλέγοντας προσθετά εικονίδια αισθητήρων. Τέλος είναι εφικτή η εμφάνιση ή η απόκρυψη με μονομερή καναλιών αισθητήρων κάνοντας κλικ στο όνομα στο υπόμνημα. Τα ορατά κανάλια είναι μαύρα ενώ τα κρυφά είναι γκρι.



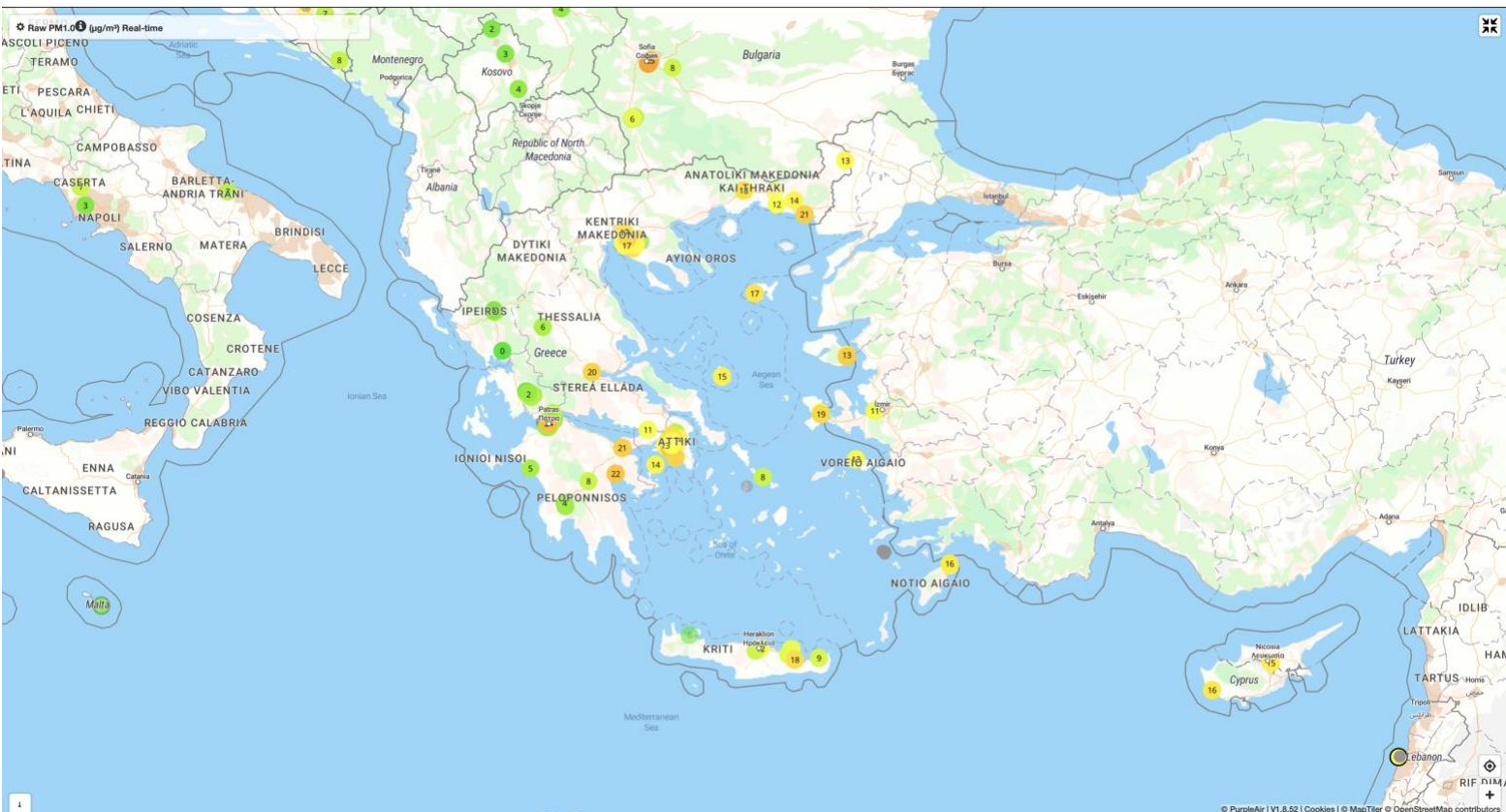
Εικόνα 5.1.2 : Τιμές PM_{1.0} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir(βραδινές ώρες).



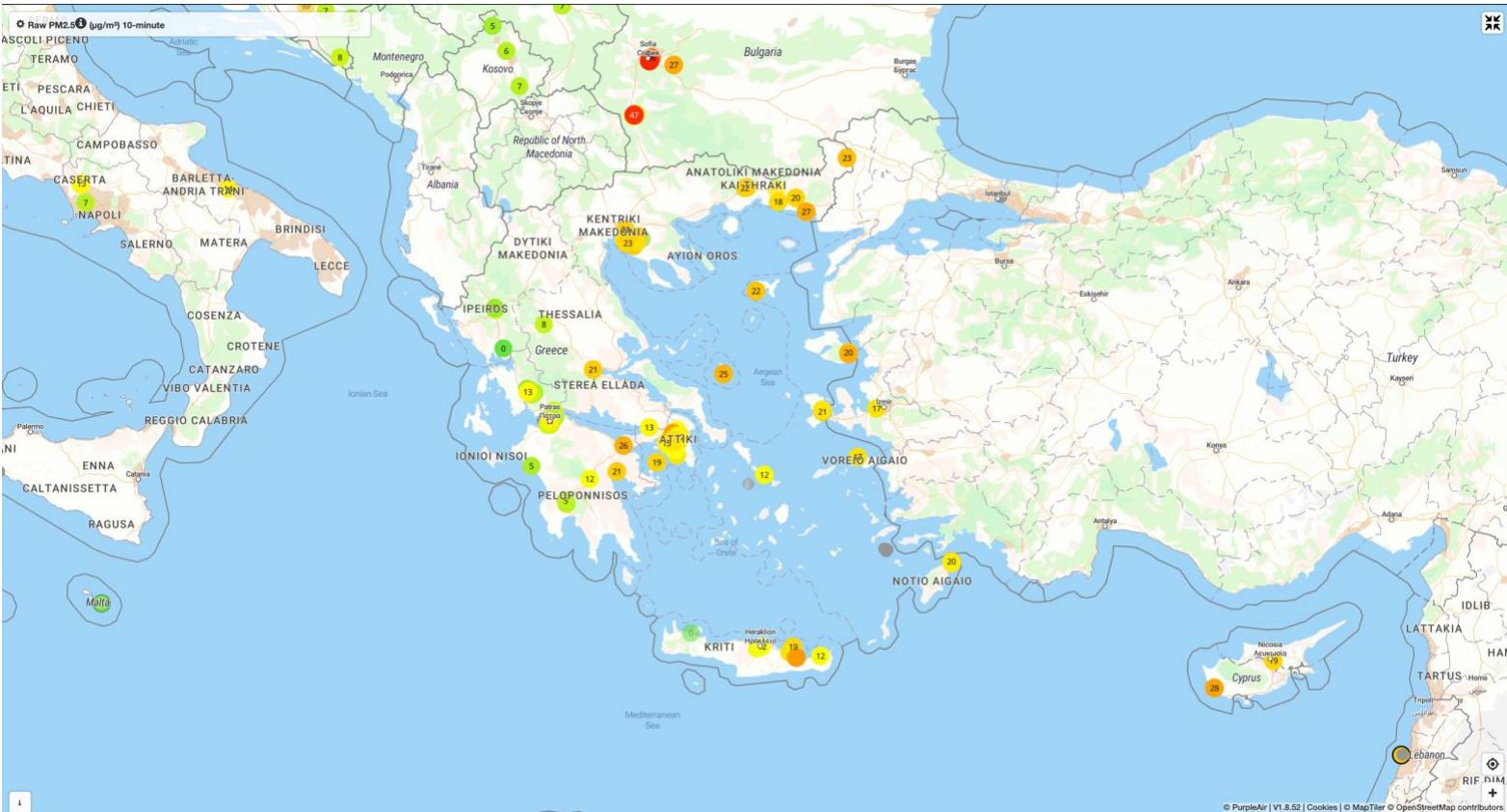
Εικόνα 5.1.3 : Τιμές PM_{2.5} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir(βραδινές ώρες).



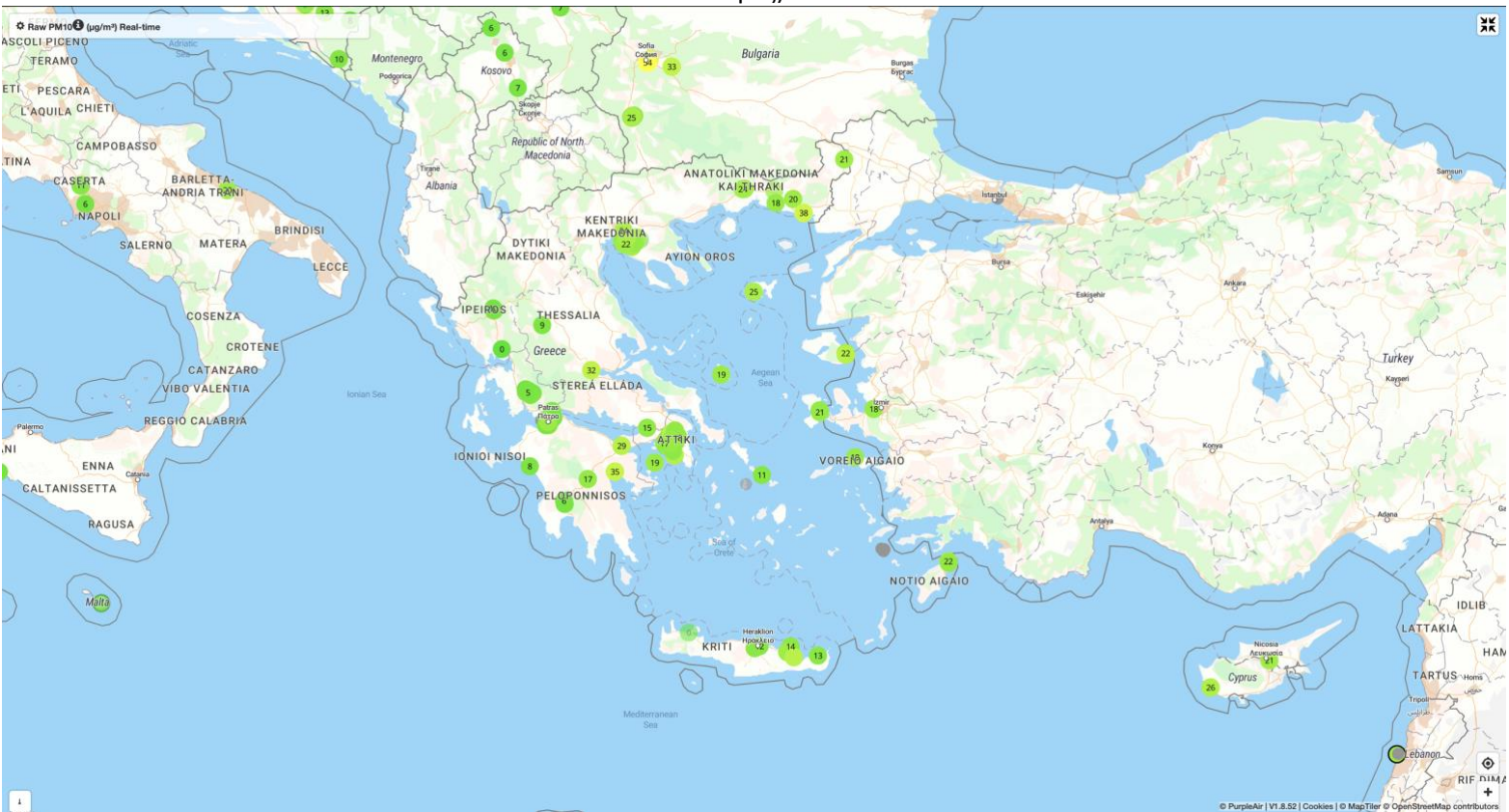
Εικόνα 5.1.3 : Τιμές PM_{10.0} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir(βραδινές ώρες).



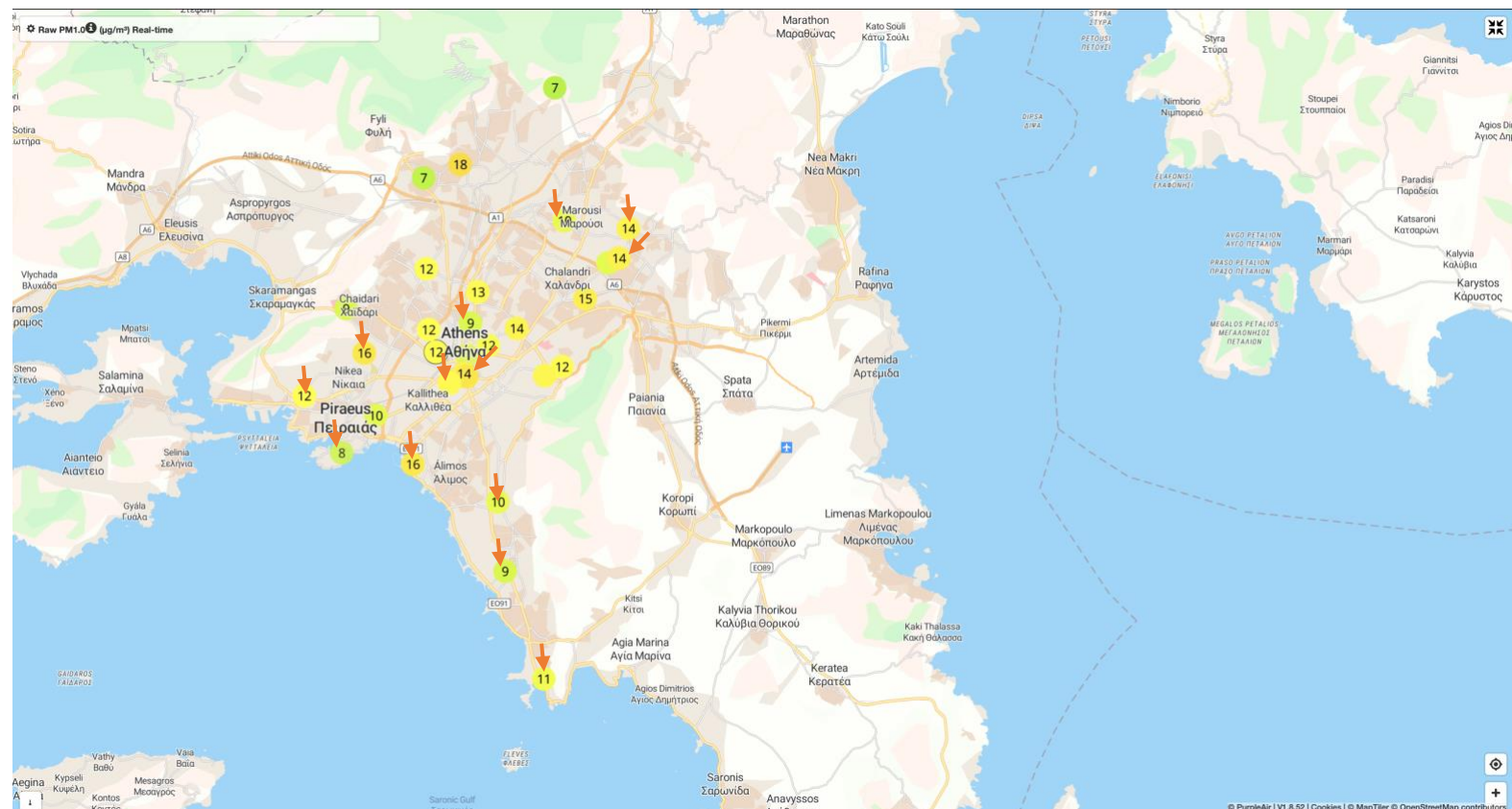
Εικόνα 5.1.4 : Τιμές PM_{1.0} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir στην Ελλάδα(βραδινές ώρες).



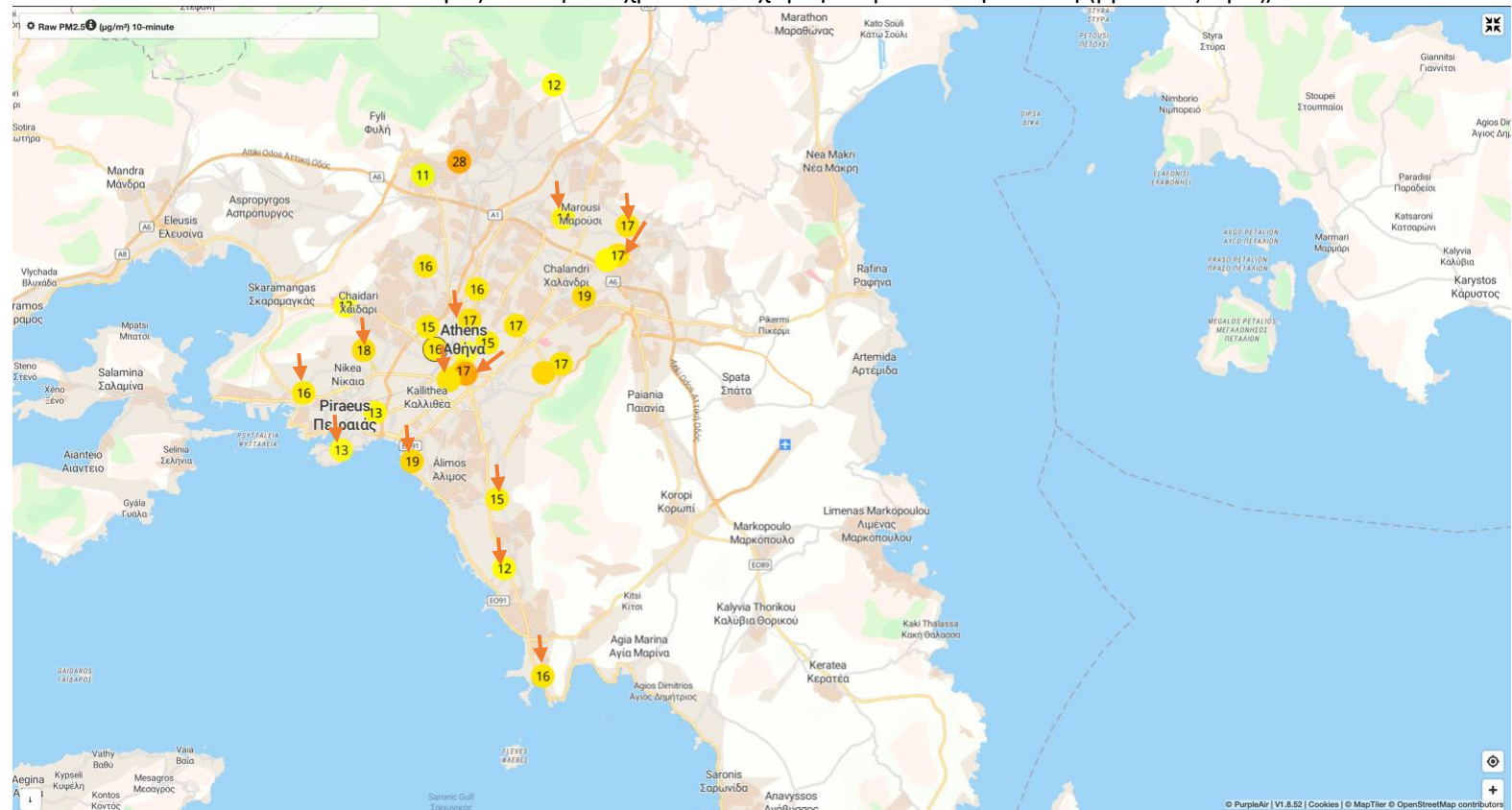
Εικόνα 5.1.5 : Τιμές PM_{2.5} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir στην Ελλάδα(βραδινές ώρες).



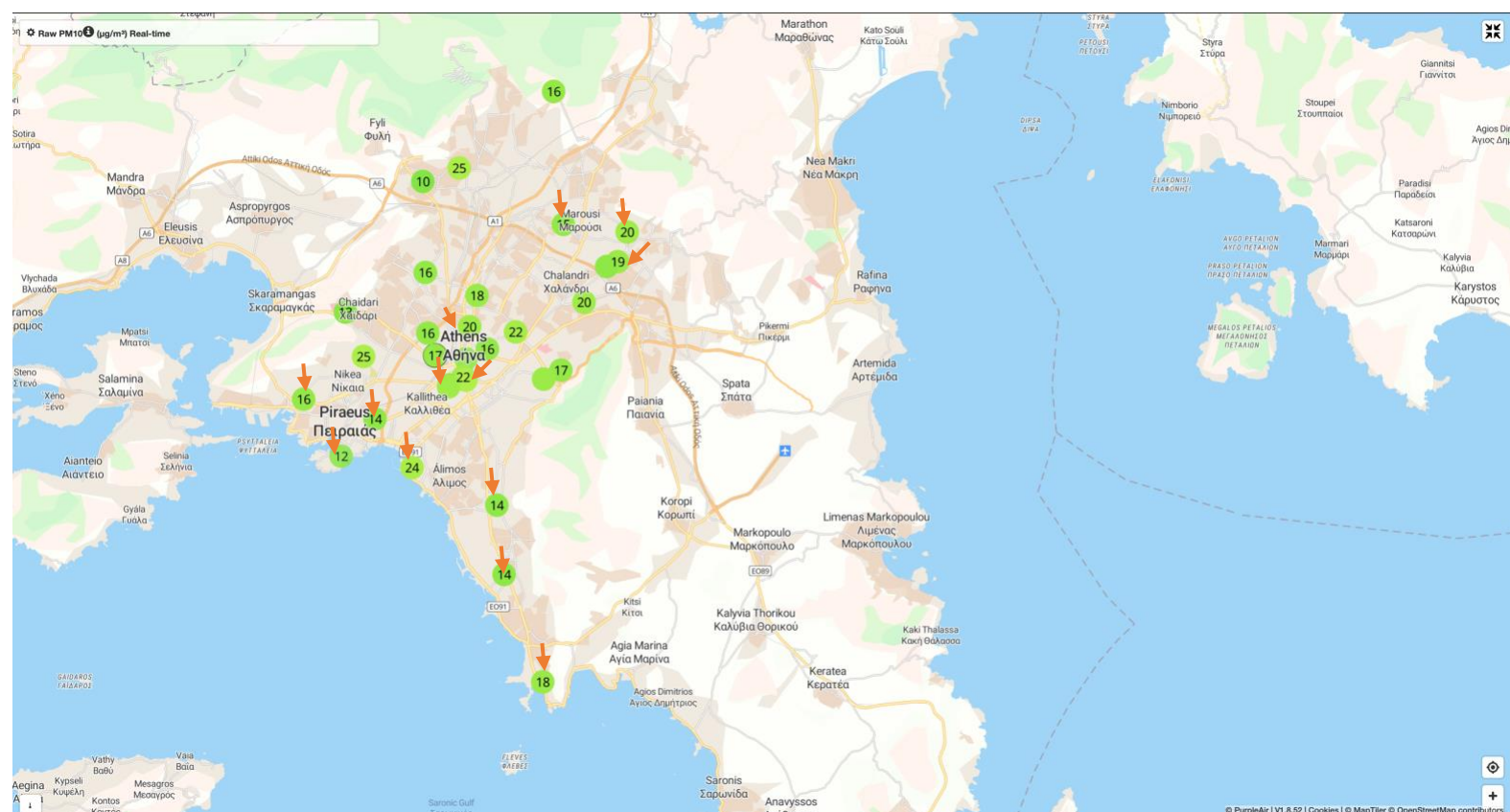
Εικόνα 5.1.6 : Τιμές PM_{10.0} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir στην Ελλάδα(βραδινές ώρες).



Εικόνα 5.1.7 : Τιμές σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir στην Αττική (βραδινές ώρες).



Εικόνα 5.1.8 : Τιμές PM_{2.5} σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir στην Αττική (βραδινές ώρες).



Εικόνα 5.1.9 : Τιμές $PM_{10.0}$ σε αληθινό χρόνο στον χάρτη PurpleAir στην Αττική (βραδινές ώρες).

Στις παραπάνω εικόνες απεικονίζεται ο χάρτης σε πραγματικό χρόνο και αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια.

Στις εικόνες 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 απεικονίζεται η Ευρώπη κι άλλες χώρες ενώ στη συνέχεια στις εικόνες 5.1.4, 5.1.5, 5.1.6 έχει γίνει μεγέθυνση του χάρτη απεικονίζοντας την Ελλάδα. Τέλος στις εικόνες 5.1.7, 5.1.8, 5.1.9 απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή της Αττικής σε αληθινό χρόνο για τα αιωρούμενα σωματίδια $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και $PM_{10.0}$. Οι παραπάνω ενέργειες έγιναν προκειμένου να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με την συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην Αττική.

Πιο συγκεκριμένα χωρίσαμε την Αττική σε πέντε τομείς οι οποίοι είναι οι εξής : Κεντρική Αττική , Ανατολική Αττική , Βόρεια Αττική , Δυτική Αττική και Νότια Αττική. Στη συνέχεια ανά τομέα βρήκαμε σταθμούς ,οι οποίοι απεικονίζονται στις εικόνες 5.1.7, 5.1.8, 5.1.9 με βελάκια και αρχίσαμε να συλλέγουμε τα δεδομένα. Η συλλογή δεδομένων φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (βλ. 5.1.10 , 5.1.11).



Εικόνα 5.1.10 : Σταθμός Κερατσινίου δεδομένα (τομέας Δυτικής Αττικής)

PurpleAir Map Sensors Support Login

Sensor data download tool

This tool allows you to download PurpleAir sensor data in CSV format for selected sensors.

Εύρος ημερομηνιών: Select: All None Start Date: End Date: Average (minutes): 60 Download Selected

For information on the data and API's provided by PurpleAir, please see this document:
https://docs.google.com/document/d/15jz94zKJ-YAZLb9Z_RaBwZ4KtY6Cy08gGBwmbCU/edit?usp=sharing
Please note: This download tool now provides corrected headers for CF=1 and CF=ATM values. See the above link for more information.

Επιλογή δεδομένων μετρητών λείζερ (κανάλια)

PANACEA_007 (outside)

	15 minutes	30 minutes	1 hour	6 hour	24 hour	One week
A:	67 20µg/m ³	64 18µg/m ³	64 18µg/m ³	68 20µg/m ³	87 25µg/m ³	78 20µg/m ³
B:	18 5µg/m ³	57 15µg/m ³	57 15µg/m ³	60 16µg/m ³	78 25µg/m ³	70 21µg/m ³

1 sensor found, 1 online, 0 offline

Created: 18/12/2018
Last Seen: 25/5/2022
Age: 0 minutes
Version: 7.00
Show on Map

Μέσος όρος μετρήσεων αισθητήρα σε λεπτά

Επιλογή λήψης δεδομένων

Download Primary (A)
Download Secondary (A)
Download Primary (B)
Download Secondary (B)

maptiler WU WEATHER UNDERGROUND Windy.com QUALITY FOR CLEAN AIR clean AIRE nc ESSBC

Εικόνα 5.1.11 : Σταθμός Κερατσινίου δεδομένα (τομέας Δυτικής Αττικής)

Κάθε αισθητήρας PurpleAir χρησιμοποιεί διπλό μετρητή λέιζερ προκειμένου να παρέχει ένα επίπεδο ακρίβειας στα δεδομένα. Προορίζεται για να παρέχει κι έναν τρόπο προσδιορισμού της «υγείας» του αισθητήρα αλλά και της ανίχνευσης σφαλμάτων. Μερικά από τα σφάλματα σε ένα μετρητή λέιζερ είναι η βλάβη του ανεμιστήρα, τα έντομα ή ακόμα και ένα στρώμα σκόνης από μακροχρόνια έκθεση. Αν και οι δύο μετρητές λέιζερ δηλαδή τα κανάλια τα οποία φαίνονται στην εικόνα 5.1.11 στα αριστερά, συμφωνούν τότε τα δεδομένα θεωρούνται ως εξαιρετικής ποιότητας. Αν όμως υπάρχουν διαφορετικές ενδείξεις, δηλαδή $\pm 5\mu\text{gr}/\text{m}^3$ τότε ενδεχομένως να υπάρχει σφάλμα είτε στο ένα είτε και στα δύο κανάλια. [25]

Ο πιο απλός τρόπος λήψης δεδομένων απεικονίζεται στην εικόνα 5.1.10. Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο λήψης (δηλ.το βελάκι προς τα κάτω) που βρίσκεται κάτω δεξιά στην οθόνη οδηγούμαστε στην διεύθυνση <https://www.purpleair.com/sensorlist> όπου υπάρχουν όλα τα δεδομένα όλων των σταθμών. Εκεί επιλέγουμε τους αισθητήρες που θέλουμε να κατεβάσουμε επιλέγοντας τους και στο πάνω δεξιά μέρος της σελίδας εισάγουμε το επιθυμητό εύρος ημερομηνιών. Τέλος επιλέγουμε το Α ή το Β ή και τα 2 που είναι τα κανάλια δηλαδή οι σένσορες που έχει το μηχάνημα και καταγράφουν και οι δύο τα ίδια δεδομένα. Τα κανάλια δηλαδή οι σένσορες βρίσκονται αριστερά της σελίδας και αφού τα επιλέξουμε , στη συνέχεια κάνουμε κλικ στην επιλογή λήψη επιλεγμένων. [24-25]. Ο λόγος που χρησιμοποιούμε δύο σένσορες και κατ' επέκταση χρειάζεται να συλλέξουμε δεδομένα και από τα δύο κανάλια είναι για λόγους ασφαλείας προκειμένου να ελέγξουμε αν δουλεύει σωστά το μηχάνημα και αν τα δεδομένα που συλλέξαμε είναι ακριβή.

Διαφορετικά υπάρχει ένας σύνδεσμος λήψης διαθέσιμος ανά αισθητήρα. Επιλέγοντας ένα σταθμό όπως απεικονίζεται στην εικόνα 5.1.10 και στη συνέχεια πατώντας στο "Get this Widget" και «Download Data» οδηγούμαστε ξανά στην διεύθυνση <https://www.purpleair.com/sensorlist> που απεικονίζεται στην εικόνα 5.1.11. Από εκεί ακολουθούμε ξανά την ίδια διαδικασία δηλαδή επιλέγουμε το εύρος των ημερομηνιών που θέλουμε να κατεβάσουμε στη συνέχεια επιλέγουμε στο αριστερό μέρος της σελίδας το Α ή το Β ή και τα 2 και τέλος κάνουμε κλικ στην επιλογή λήψης δεδομένων.[24-25]

Και στις δύο περιπτώσεις μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε ανά πόσα λεπτά θα έχουμε δεδομένα του σταθμού. Για παράδειγμα μπορούμε να κατεβάζουμε μετρήσεις που έχει καταγράψει ο αισθητήρας μέσα στα χρόνια ανά 10 λεπτά ή ανά 1440 λεπτά δηλαδή 24ώρες.

Αφού ξεκινήσουμε την λήψη δεδομένων , κατεβαίνουν αρχεία σε μορφή excel. Παρακάτω θα δούμε την μορφή και τι αφορά η κάθε στήλη.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	DATE	TIME	TIME +2	PM10.0_CF1_ug/m3	PM2.5_CF1_ug/m3	PM10.0_CF1_ug/m3	UptimeMinutes	RSSI_dbm	Temperature_F	Humidity_%	PM2.5_ATM_ug/m3
2	18/12/18	01:00:00	03:00:00	35,67	85,76	104,01	18	-49,08	72,12	24,15	59,55
3	18/12/18	02:00:00	04:00:00	31,01	79,54	99,19	62,72	-45,58	75,35	22,28	53,99
4	18/12/18	03:00:00	05:00:00								
5	18/12/18	04:00:00	06:00:00								
6	18/12/18	05:00:00	07:00:00								
7	18/12/18	06:00:00	08:00:00								
8	18/12/18	07:00:00	09:00:00								
9	18/12/18	08:00:00	10:00:00								
10	18/12/18	09:00:00	11:00:00								
11	18/12/18	10:00:00	12:00:00								
12	18/12/18	11:00:00	13:00:00								
13	18/12/18	12:00:00	14:00:00								
14	18/12/18	13:00:00	15:00:00								
15	18/12/18	14:00:00	16:00:00								
16	18/12/18	15:00:00	17:00:00								
17	18/12/18	16:00:00	18:00:00								
18	18/12/18	17:00:00	19:00:00								
19	18/12/18	18:00:00	20:00:00								
20	18/12/18	19:00:00	21:00:00	61,34	165,84	208,71	22,66	-52,23	75,4	22,94	110,99
21	18/12/18	20:00:00	22:00:00	0,39	0,15	0,2	64,15	-52,42	79,54	20,27	0,15
22	29/1/19	18:00:00	20:00:00	3,87	6,15	6,86	20,32	-72,39	75,58	37,32	6,15
23	29/1/19	19:00:00	21:00:00	110,26	195,77	207,43	71,3	-71,98	76,82	37	130,15
24	29/1/19	20:00:00	22:00:00	95,95	166,94	176,71	131	-72,2	76	37,29	110,54
25	29/1/19	21:00:00	23:00:00	56,25	96,53	103,34	190,44	-72,84	76	38,56	63,63
26	29/1/19	22:00:00	00:00:00	42,87	73,02	77,5	251	-72,29	75,82	39	50,5
27	29/1/19	23:00:00	01:00:00	35,48	60,82	64,92	311	-71,64	75	39	45,77
28	30/1/19	00:00:00	02:00:00	30,28	51,99	55,64	371	-72,18	75	39	42,04
29	30/1/19	01:00:00	03:00:00	25,69	44,76	48,6	431	-71,78	75	39	38,38
30	30/1/19	02:00:00	04:00:00	21,31	37,17	40,19	491	-72	74,33	39	33,99
31	30/1/19	03:00:00	05:00:00	17,6	30,31	32,59	551	-71,69	74	39	29,59
32	30/1/19	04:00:00	06:00:00	15,02	25,33	27,55	611	-71,51	74	39	25,31
33	30/1/19	05:00:00	07:00:00	12,81	21,71	23,3	671	-72	74	39	21,71
34	30/1/19	06:00:00	08:00:00	11,27	19,01	20,35	731	-72,13	73,38	39	19,01
35	30/1/19	07:00:00	09:00:00	10,62	17,85	18,99	765,71	-71,14	73,86	39	17,85
36	31/1/19	09:00:00	11:00:00	6,23	8,85	9,2	27,93	-69,02	71,02	39,02	8,85
37	31/1/19	10:00:00	12:00:00	5	7,01	7,29	86,67	-69,51	72	34,53	7,01
38	31/1/19	11:00:00	13:00:00	4,2	5,92	6,29	146,67	-68,91	72	32,33	5,92
39	31/1/19	12:00:00	14:00:00	3,65	5,1	5,35	207,87	-68,59	71,26	31,28	5,1
40	31/1/19	13:00:00	15:00:00	1,28	2,18	2,45	265,81	-69,02	71	27,64	2,18
41	31/1/19	14:00:00	16:00:00	1,59	2,7	3,07	327,68	-69,3	71,14	27,93	2,7
42	31/1/19	15:00:00	17:00:00	1,16	2,32	2,68	387,02	-68,89	70,67	28,87	2,32
43	31/1/19	16:00:00	18:00:00	1,28	2,56	2,98	447	-68,84	69,44	28,6	2,56
44	31/1/19	17:00:00	19:00:00	1,55	3,15	3,7	507	-68,96	71,02	28,33	3,15
45	31/1/19	18:00:00	20:00:00	1,69	3,27	3,86	567,02	-68,56	72,24	27,64	3,27
46	31/1/19	19:00:00	21:00:00	2,27	4,16	4,78	627	-68,98	72,33	27,38	4,16
47	31/1/19	20:00:00	22:00:00	2,21	4,24	4,91	687	-68,73	71,11	28,4	4,24
48	31/1/19	21:00:00	23:00:00	2,04	3,95	4,62	747	-68,2	71	29,38	3,95
49	31/1/19	22:00:00	00:00:00	1,13	2,49	2,9	807	-67,31	70,38	29,76	2,49
50	31/1/19	23:00:00	01:00:00	1,04	2,38	2,99	867	-67,11	70	29,93	2,38
51	1/2/19	00:00:00	02:00:00	1,33	2,62	2,97	927	-67,38	70	30,07	2,62
52	1/2/19	01:00:00	03:00:00	1,14	2,2	2,52	987,02	-67,6	70	30,96	2,2
53	1/2/19	02:00:00	04:00:00	1,42	2,53	2,88	1047,44	-67,36	70	31,47	2,53
54	1/2/19	03:00:00	05:00:00	2,65	4,3	4,85	1107,4	-66,79	69,6	32,74	4,3
55	1/2/19	04:00:00	06:00:00	3,8	5,85	6,34	1167,64	-68,3	69	32,84	5,85
56	1/2/19	05:00:00	07:00:00	6,07	8,56	9,24	1227,38	-68,24	69	33,16	8,56
57	1/2/19	06:00:00	08:00:00	10,76	14,5	15,24	1269,94	-68,82	69	34,06	14,5
58	7/5/19	19:00:00	21:00:00	4,65	5,96	6,53	5	-81	67	41	5,96
59	7/5/19	20:00:00	22:00:00								
60	7/5/19	21:00:00	23:00:00	5,94	8,1	8,68	79,5	-80,5	66	44	8,1
61	7/5/19	22:00:00	00:00:00								
62	7/5/19	23:00:00	01:00:00	3,82	5,12	5,28	231	-76	65	45,5	5,12
63	7/5/19	19:00:00	21:00:00	4,65	5,96	6,53	5	-81	67	41	5,96
64	7/5/19	20:00:00	22:00:00								

Εικόνα 5.1.12 : Δεδομένα μετρήσεων για το Κανάλι A Primary (σταθμός Κερατσινίου).

Στην εικόνα 5.1.12 απεικονίζονται τα δεδομένα καταγραφής του σταθμού που επιλέξαμε να κατεβάσουμε. Στην προκειμένη περίπτωση αφορά τον σταθμό καταγραφής στο Κερατσίνι. Επίσης, τα δεδομένα αφορούν το κανάλι A Primary. Στην στήλη A έχουμε τις ημερομηνίες καταγραφής δεδομένων για τον εκάστοτε σταθμό. Οι ημερομηνίες αλλάζουν σε κάθε ένα σταθμό που επιλέγουμε να αντλήσουμε δεδομένα λόγω των διαφορετικών ημερομηνιών που τοποθετήθηκαν για πρώτη φορά οι αισθητήρες. Στη συνέχεια στην στήλη B έχουμε τις ώρες καταγραφής του σταθμού και στην προκειμένη έχουμε επιλέξει να κατεβάζει τα δεδομένα ανά 1 ώρα. Η στήλη C προστέθηκε από εμάς προκειμένου να συμβαδίζει με τις ώρες Ελλάδος προσθέτοντας 2 ώρες στην στήλη B. Στην στήλη D, E και F έχουμε μετρήσεις συγκεντρώσεων $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και $PM_{10.0}$ σε $CF=1$ όπου το CF_1 προορίζεται για χρήση για εφαρμογές εσωτερικού ή ελεγχόμενου περιβάλλοντος. Στην στήλη G έχουμε το χρόνο λειτουργίας σε δευτερόλεπτα και στην στήλη H έχουμε την ενίσχυση σήματος του Wi-Fi σε dBm. Η στήλη I αφορά την τρέχουσα θερμοκρασία σε Fahrenheit και η στήλη J αφορά την τρέχουσα υγρασία σε ποσοστό τις εκατό. Τέλος στην στήλη K έχουμε την συγκέντρωση των $PM_{2.5}$ σε ATM. Το ATM είναι «ατμοσφαιρικό» που προορίζεται για να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές εξωτερικού χώρου.

Αξίζει να σημειωθεί πως το PurpleAir χρησιμοποιεί τιμές CF_1 στον χάρτη. Αυτή η τιμή είναι χαμηλότερη από την τιμή ATM σε υψηλότερες μετρούμενες συγκεντρώσεις. Συνήθως οι μετρήσεις που γίνονται σε κλειστούς, δηλαδή εσωτερικούς χώρους(ATM) οι τιμές που θα λάβουμε θα πρέπει να είναι σχετικά υψηλότερες από τις πραγματικές κατά 10-20% για λόγους ασφαλείας.

	A	B	C	D	E
1	DATE	TIME	TIME UTC	PM1.0_ATM_ug/m3	PM10_ATM_ug/m3
2	18/12/18	01:00:00	03:00:00	28,38	1,3
3	18/12/18	02:00:00	04:00:00	29,93	1,78
4	18/12/18	03:00:00	05:00:00		
5	18/12/18	04:00:00	06:00:00		
6	18/12/18	05:00:00	07:00:00		
7	18/12/18	06:00:00	08:00:00		
8	18/12/18	07:00:00	09:00:00		
9	18/12/18	08:00:00	10:00:00		
10	18/12/18	09:00:00	11:00:00		
11	18/12/18	10:00:00	12:00:00		
12	18/12/18	11:00:00	13:00:00		
13	18/12/18	12:00:00	14:00:00		
14	18/12/18	13:00:00	15:00:00		
15	18/12/18	14:00:00	16:00:00		
16	18/12/18	15:00:00	17:00:00		
17	18/12/18	16:00:00	18:00:00		
18	18/12/18	17:00:00	19:00:00		
19	18/12/18	18:00:00	20:00:00		
20	18/12/18	19:00:00	21:00:00	69,17	3,32
21	18/12/18	20:00:00	22:00:00	0,48	0,49
22	29/1/19	18:00:00	20:00:00	3,86	6,9
23	29/1/19	19:00:00	21:00:00	73,06	138,11
24	29/1/19	20:00:00	22:00:00	63,21	117,09
25	29/1/19	21:00:00	23:00:00	37,11	73,68
26	29/1/19	22:00:00	00:00:00	31,15	62,93
27	29/1/19	23:00:00	01:00:00	28,06	56,62
28	30/1/19	00:00:00	02:00:00	25,64	51,26
29	30/1/19	01:00:00	03:00:00	22,96	46,86
30	30/1/19	02:00:00	04:00:00	20,43	40,08
31	30/1/19	03:00:00	05:00:00	17,56	32,59
32	30/1/19	04:00:00	06:00:00	15,02	27,55
33	30/1/19	05:00:00	07:00:00	12,81	23,3
34	30/1/19	06:00:00	08:00:00	11,27	20,35
35	30/1/19	07:00:00	09:00:00	10,62	18,99
36	31/1/19	09:00:00	11:00:00	6,22	9,24
37	31/1/19	10:00:00	12:00:00	5	7,29
38	31/1/19	11:00:00	13:00:00	4,2	6,27
39	31/1/19	12:00:00	14:00:00	3,64	5,36
40	31/1/19	13:00:00	15:00:00	1,27	2,43
41	31/1/19	14:00:00	16:00:00	1,59	3,07
42	31/1/19	15:00:00	17:00:00	1,16	2,68
43	31/1/19	16:00:00	18:00:00	1,27	2,99
44	31/1/19	17:00:00	19:00:00	1,55	3,69
45	31/1/19	18:00:00	20:00:00	1,69	3,86
46	31/1/19	19:00:00	21:00:00	2,27	4,78
47	31/1/19	20:00:00	22:00:00	2,21	4,91
48	31/1/19	21:00:00	23:00:00	2,04	4,6
49	31/1/19	22:00:00	00:00:00	1,13	2,9
50	31/1/19	23:00:00	01:00:00	1,04	2,99
51	1/2/19	00:00:00	02:00:00	1,33	2,97
52	1/2/19	01:00:00	03:00:00	1,14	2,52
53	1/2/19	02:00:00	04:00:00	1,44	2,9
54	1/2/19	03:00:00	05:00:00	2,62	4,8
55	1/2/19	04:00:00	06:00:00	3,77	6,3
56	1/2/19	05:00:00	07:00:00	6,07	10,24

Η εικόνα 5.1.13 αφορά τα δεδομένα για το σταθμό του Κερατσινίου και για το κανάλι A & B Secondary τα οποία έχουν την ίδια μορφή ως προς το περιεχόμενο των πληροφοριών αλλά διαφέρουν στα δεδομένα. Στην στήλη A έχουμε τις ημερομηνίες. . Στη συνέχεια στην στήλη B έχουμε τις ώρες καταγραφής του σταθμού έχοντας επιλέξει να κατεβάζει τα δεδομένα ανά 1 ώρα. Η στήλη C προστέθηκε από εμάς προκειμένου να συμβαδίζει με τις ώρες Ελλάδος προσθέτοντας 2 ώρες στην στήλη B. Τέλος στις στήλες D και E έχουμε τις συγκεντρώσεις για τα PM_{1.0} και PM_{10.0} σε ATM.

Εικόνα 5.1.13: Δεδομένα Μετρήσεων για το κανάλι A&B Secondary (σταθμός Κερατσινίου)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	DATE	TIME	TIME +2	PM1.0_CF1_ug/m3	PM2.5_CF1_ug/m3	PM10.0_CF1_ug/m3	UptimeMinutes	ADC	Pressure_hpa	IAQ	PM2.5_ATM_ug/m3
2	18/12/18	01:00:00	03:00:00	30,54	75,95	105,59	29067,69	0,01	869,59		53,01
3	18/12/18	02:00:00	04:00:00	33,2	88,04	129,8	28942,86	0,01	869,56		59,58
4	18/12/18	03:00:00	05:00:00								
5	18/12/18	04:00:00	06:00:00								
6	18/12/18	05:00:00	07:00:00								
7	18/12/18	06:00:00	08:00:00								
8	18/12/18	07:00:00	09:00:00								
9	18/12/18	08:00:00	10:00:00								
10	18/12/18	09:00:00	11:00:00								
11	18/12/18	10:00:00	12:00:00								
12	18/12/18	11:00:00	13:00:00								
13	18/12/18	12:00:00	14:00:00								
14	18/12/18	13:00:00	15:00:00								
15	18/12/18	14:00:00	16:00:00								
16	18/12/18	15:00:00	17:00:00								
17	18/12/18	16:00:00	18:00:00								
18	18/12/18	17:00:00	19:00:00								
19	18/12/18	18:00:00	20:00:00								
20	18/12/18	19:00:00	21:00:00	65,81	176,86	254,17	28410,74	0,01	869,56		118,29
21	18/12/18	20:00:00	22:00:00	0,16	0,23	0,13	28553,19	0,01	869,54		0,23
22	29/1/19	18:00:00	20:00:00	2,87	5,04	6,33	30775,2	0,01	990,6		5,04
23	29/1/19	19:00:00	21:00:00	103,77	187,4	204,64	30794,91	0,01	990,55		124,53
24	29/1/19	20:00:00	22:00:00	90,52	161,57	177,71	30796,09	0,01	990,94		106,95
25	29/1/19	21:00:00	23:00:00	51,79	91,94	102,43	30814,91	0,01	991,24		60,62
26	29/1/19	22:00:00	00:00:00	39,16	69,36	76,83	30798,22	0,01	990,58		49,06
27	29/1/19	23:00:00	01:00:00	32,51	57,74	64,96	30798,4	0,01	989,58		44,52
28	30/1/19	00:00:00	02:00:00	27,93	49,81	56,01	30791,64	0,01	989,02		40,99
29	30/1/19	01:00:00	03:00:00	23,29	42,06	47,79	30802,67	0,01	988,39		36,83
30	30/1/19	02:00:00	04:00:00	19,33	34,98	39,76	30810,49	0,01	988,44		32,68
31	30/1/19	03:00:00	05:00:00	16,07	29,02	32,85	30815,47	0,01	988,21		28,61
32	30/1/19	04:00:00	06:00:00	13,67	24,15	27,51	30782,4	0,01	987,49		24,14
33	30/1/19	05:00:00	07:00:00	11,54	20,38	22,85	30822,93	0,01	987,59		20,38
34	30/1/19	06:00:00	08:00:00	10,02	17,62	19,78	30830,4	0,01	987,52		17,62
35	30/1/19	07:00:00	09:00:00	9,31	16,72	19,32	30816	0,01	987,53		16,72
36	31/1/19	09:00:00	11:00:00	4,72	7,02	7,63	31281,3	0,01	993,27		7,02
37	31/1/19	10:00:00	12:00:00	3,74	5,57	6,05	31285,33	0,01	993,47		5,57
38	31/1/19	11:00:00	13:00:00	3,14	4,7	5,3	31331,09	0,01	993,72		4,7
39	31/1/19	12:00:00	14:00:00	2,59	3,95	4,49	31414,77	0,02	993,7		3,95
40	31/1/19	13:00:00	15:00:00	0,74	1,46	1,85	31427,16	0,01	994,06		1,46
41	31/1/19	14:00:00	16:00:00	0,95	1,9	2,29	31413,27	0,01	994,68		1,9
42	31/1/19	15:00:00	17:00:00	0,77	1,7	2,24	31413,33	0,01	995,89		1,7
43	31/1/19	16:00:00	18:00:00	0,77	1,92	2,55	31413,82	0,01	996,88		1,92
44	31/1/19	17:00:00	19:00:00	0,98	2,41	3,35	31416	0,01	997,92		2,41
45	31/1/19	18:00:00	20:00:00	1,01	2,46	3,53	31366,58	0,01	999,01		2,46
46	31/1/19	19:00:00	21:00:00	1,51	3,08	4,3	31248,18	0,01	999,74		3,08
47	31/1/19	20:00:00	22:00:00	1,63	3,28	4,4	31193,24	0,01	1000,32		3,28
48	31/1/19	21:00:00	23:00:00	1,56	3,17	4,24	31192	0,01	1001,37		3,17
49	31/1/19	22:00:00	00:00:00	0,83	2,05	2,84	31357,09	0,01	1002		2,05
50	31/1/19	23:00:00	01:00:00	0,85	2,01	2,7	31414,93	0,01	1002,33		2,01
51	1/2/19	00:00:00	02:00:00	0,75	1,8	2,61	31414,93	0,01	1002,79		1,8
52	1/2/19	01:00:00	03:00:00	0,62	1,53	2,15	31411,2	0,01	1002,91		1,53
53	1/2/19	02:00:00	04:00:00	0,97	1,96	2,64	31414,36	0,01	1003,2		1,96
54	1/2/19	03:00:00	05:00:00	1,9	3,29	4,02	31328,8	0,02	1003,52		3,29
55	1/2/19	04:00:00	06:00:00	2,74	4,53	5,49	31414,91	0,01	1003,88		4,53
56	1/2/19	05:00:00	07:00:00	4,24	6,73	7,95	31415,43	0,01	1004,41		6,73

Εικόνα 5.1.14 : Δεδομένα Μετρήσεων για το κανάλι B Primary (σταθμός Κερατσινίου)

Στην στήλη A έχουμε τις ημερομηνίες καταγραφής δεδομένων για τον εκάστοτε σταθμό. Στην συνέχεια στην στήλη B έχουμε τις ώρες καταγραφής του σταθμού και στην προκειμένη έχουμε επιλέξει να κατεβάζει τα δεδομένα ανά 1 ώρα. Η στήλη C προστέθηκε από εμάς προκειμένου να συμβαδίζει με τις ώρες Ελλάδος προσθέτοντας 2 ώρες στην στήλη B. Στην στήλη D , E και F έχουμε μετρήσεις συγκεντρώσεων $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και $PM_{10.0}$ σε $CF=1$ όπου το $CF=1$ προορίζεται για χρήση για εφαρμογές εσωτερικού χώρου. Στην στήλη G έχουμε το χρόνο λειτουργίας σε δευτερόλεπτα και στην στήλη H έχουμε την ένδειξη τάσης στην αναλογική είσοδο του πίνακα ελέγχου. Η στήλη I αφορά την τρέχουσα πίεση σε millibar . Τέλος στην στήλη K έχουμε την συγκέντρωση των $PM_{2.5}$ σε ATM δηλαδή εξωτερικού χώρου.

5.2 Επεξεργασία δεδομένων

Για την επεξεργασία δεδομένων και προκειμένου να καταφέρουμε να μελετήσουμε τα επίπεδα συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων σε πλήθος διαφορετικών θέσεων στο κέντρο και την περιφέρεια της πόλης των Αθηνών χωρίσαμε την Αττική σε πέντε τομείς όπως προαναφέραμε.

Οι τομείς έχουν ως εξής:

1. Δυτική Αττική : Κερασίни , Κορυδαλλός , Πειραιάς
2. Νότια Αττική : Αργυρούπολη , Γλυφάδα , Παλαιό Φάληρο
- 3.Κεντρο : Αθήνα , Πολυτεχνείου , Ερμού
- 4.Ανατολική Αττική : Βουλιαγμένη
- 5.Βόρεια Αττική : Πεύκη , Μελίσσια , Βριλήσσια

Αφού χωρίσαμε την Αττική στους πέντε αυτούς τομείς αρχίσαμε την συλλογή δεδομένων. Κατεβάσαμε τα αρχεία σε μορφή excel και για αρχή προσθέσαμε μία στήλη επιπλέον για τις ώρες των δεδομένων προκειμένου αυτές να συμβαδίζουν με την ώρα Ελλάδος.



	A	B	C
1	DATE	TIME	TIME +2
2	18/12/18	01:00:00	03:00:00
3	18/12/18	02:00:00	04:00:00
4	18/12/18	03:00:00	05:00:00
5	18/12/18	04:00:00	06:00:00
6	18/12/18	05:00:00	07:00:00
7	18/12/18	06:00:00	08:00:00
8	18/12/18	07:00:00	09:00:00
9	18/12/18	08:00:00	10:00:00
10	18/12/18	09:00:00	11:00:00
11	18/12/18	10:00:00	12:00:00
12	18/12/18	11:00:00	13:00:00
13	18/12/18	12:00:00	14:00:00
14	18/12/18	13:00:00	15:00:00
15	18/12/18	14:00:00	16:00:00
16	18/12/18	15:00:00	17:00:00
17	18/12/18	16:00:00	18:00:00
18	18/12/18	17:00:00	19:00:00
19	18/12/18	18:00:00	20:00:00
20	18/12/18	19:00:00	21:00:00
21	18/12/18	20:00:00	22:00:00
22	29/1/19	18:00:00	20:00:00
23	29/1/19	19:00:00	21:00:00
24	29/1/19	20:00:00	22:00:00
25	29/1/19	21:00:00	23:00:00
26	29/1/19	22:00:00	00:00:00

Στην εικόνα 5.2.1 φαίνεται η προσθήκη στήλης που έγινε προκειμένου να συμβαδίζουν οι ώρες από τη βάση δεδομένων του δικτύου σταθμών PurpleAir με τις ώρες Ελλάδος. Η στήλη C είναι η στήλη B + 2h.

Εικόνα 5.2.1 : Προσθήκη στήλης ώρας

Αφού προσθέσαμε την στήλη C ξεκινήσαμε να επεξεργαζόμαστε και τα δεδομένα. Ξεκινώντας βγάζουμε μέσες τιμές συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων για τα κανάλια A και B Primary. Αν οι τιμές αυτές ταυτίζονται ή έχουν μικρή απόκλιση μεταξύ τους τότε φαίνεται ότι το μηχάνημα λειτουργεί μια χαρά και τα δεδομένα που αντλήσαμε είναι εξαιρετικής ποιότητας. Από την άλλη αν οι διαφορές των μέσων τιμών συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων είναι μεγάλες στα κανάλια A & B αυτό δηλώνει πρόβλημα στο μηχάνημα είτε για το ένα κανάλι είτε για το άλλο.

Συνεχίζοντας προσθέτουμε φίλτρο στην στήλη C και ανά εικοσιτετράωρο βγάζουμε τις μέσες τιμές συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και $PM_{10.0}$ προκειμένου να απεικονίσουμε σε διάγραμμα διασποράς με γραμμή την συμπεριφορά των ρύπων ανάλογα τις ώρες.

Με την ίδια λογική αντλούμε πληροφορίες για την συμπεριφορά των ρύπων ανά έτος. Στην στήλη A προσθέτουμε φίλτρο και ανά 1 χρόνο βρίσκουμε τις μέσες ετήσιες τιμές των ρύπων. Στη συνέχεια απεικονίζουμε σε διάγραμμα διασποράς την συμπεριφορά των ρύπων ανά έτος.

Τέλος απεικονίζουμε σε διάγραμμα γραμμής τους ρύπους των αιωρούμενων σωματιδίων για όλα τα έτη και όλα τα εικοσιτετράωρα μαζί τα οποία αντλήθηκαν από την βάση δεδομένων καταγραφής δικτύου σταθμών PurpleAir.

5.3 Αποτελέσματα

5.3.1 Συγκρίσεις καναλιών :

Για αρχή παραθέτουμε τα συγκριτικά αποτελέσματα των μέσων όρων των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων για τα κανάλια Primary A&B. Παρακάτω θα δούμε την Αττική χωρισμένη σε τομείς και τα αποτελέσματα για το κανάλι Α και τα αποτελέσματα για το κανάλι Β. Σε περίπτωση απόκλισης $\pm 5\mu\text{gr}/\text{m}^3$ τα αποτελέσματα δεν είναι ακριβή.

1^{ος} τομέας-Νότια Αττική

Αργυρούπολη

Average PM _{1.0}	12,5	Average PM _{1.0}	12,5
Average PM _{2.5}	17,8	Average PM _{2.5}	18,3
Average PM _{10.0}	21,4	Average PM _{10.0}	20,4
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.1 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Αργυρούπολη.

Γλυφάδα

Average PM _{1.0}	12,4	Average PM _{1.0}	12,5
Average PM _{2.5}	18,4	Average PM _{2.5}	18,9
Average PM _{10.0}	20,1	Average PM _{10.0}	20,3
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.2 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Γλυφάδα.

Παλιό Φάληρο

Average PM _{1.0}	14,9	Average PM _{1.0}	18,5
Average PM _{2.5}	21,6	Average PM _{2.5}	24,5
Average PM _{10.0}	23,2	Average PM _{10.0}	25,8
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.3 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Π.Φάληρο.

Στον πίνακα 5.3.1 και 5.3.2 τα αποτελέσματα των δύο καναλιών έχουν πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους και έτσι συμπεραίνουμε ότι το μηχάνημα είναι αρκετά λειτουργικό και τα αποτελέσματα που αντλήσαμε είναι αξιόπιστα.

2^{ος} τομέας-Βόρεια Αττική

Πεύκη

Average PM _{1.0}	16,6	Average PM _{1.0}	16,3
Average PM _{2.5}	24,8	Average PM _{2.5}	24,7
Average PM _{10.0}	26,4	Average PM _{10.0}	27
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.4 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Πεύκη.

Βριλήσσια

Average PM _{1.0}	18,8	Average PM _{1.0}	16,4
Average PM _{2.5}	26,1	Average PM _{2.5}	23,8
Average PM _{10.0}	28,6	Average PM _{10.0}	26,4
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.5 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Βριλήσσια.

Μελίσσια

Average PM _{1.0}	12,3	Average PM _{1.0}	12,4
Average PM _{2.5}	18	Average PM _{2.5}	17,7
Average PM _{10.0}	18,5	Average PM _{10.0}	18,6
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.6 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Μελίσσια.

Τα αποτελέσματα των δύο καναλιών για τον 2^ο τομέα της Αττικής έχουν πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους , μικρότερη του $\pm 5\mu\text{gr}/\text{m}^3$ και έτσι συμπεραίνουμε ότι το μηχάνημα είναι αρκετά λειτουργικό και τα αποτελέσματα που αντλήσαμε είναι αξιόπιστα.

3^{ος} τομέας-Δυτική Αττική

Κερατσίνι

Average PM _{1.0}	15,4	Average PM _{1.0}	2,3
Average PM _{2.5}	21,7	Average PM _{2.5}	18,1
Average PM _{10.0}	22,5	Average PM _{10.0}	19,6
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.7 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Κερατσίνι.

Κορυδαλλός

Average PM _{1.0}	17,7	Average PM _{1.0}	24,9
Average PM _{2.5}	25,5	Average PM _{2.5}	59,7
Average PM _{10.0}	28,5	Average PM _{10.0}	77,8
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.8 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Κορυδαλλός.

Πειραιάς

Average PM _{1.0}	13,1	Average PM _{1.0}	14,3
Average PM _{2.5}	19,2	Average PM _{2.5}	20,8
Average PM _{10.0}	20	Average PM _{10.0}	22
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.9 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Πειραιάς.

Τα αποτελέσματα των δύο καναλιών για τον 3^ο τομέα της Αττικής και για τους πίνακες 5.3.1.7 και 5.3.1.9 έχουνε πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους , μικρότερη του $\pm 5\mu\text{gr}/\text{m}^3$ και έτσι συμπεραίνουμε ότι το μηχάνημα είναι αρκετά λειτουργικό και τα αποτελέσματα που αντλήσαμε είναι αξιόπιστα. Από την άλλη στον πίνακα 5.3.1.8, τα αποτελέσματα έχουνε μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους, μεγαλύτερη του $\pm 5\mu\text{gr}/\text{m}^3$ κάτι το οποίο δείχνει ότι το μηχάνημα είχε βλάβες είτε στον ανεμιστήρα είτε από την μακροχρόνια έκθεση στρώματα σκόνης επηρέασαν τους μετρητές λείζερ αντλώντας σε ένα από τα δύο κανάλια ή και στα δύο αναξιόπιστα αποτελέσματα.

4^{ος} τομέας-Κέντρο

Αθήνα

Average PM _{1.0}	19,3	Average PM _{1.0}	17,3
Average PM _{2.5}	28,8	Average PM _{2.5}	26,4
Average PM _{10.0}	31,8	Average PM _{10.0}	27,8
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.10 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Αθήνα.

Ερμού

Average PM _{1.0}	15	Average PM _{1.0}	15
Average PM _{2.5}	23,5	Average PM _{2.5}	22,4
Average PM _{10.0}	25,2	Average PM _{10.0}	24,3
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.11 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Ερμού.

Πολυτεχνείου

Average PM _{1.0}	18,3	Average PM _{1.0}	13,5
Average PM _{2.5}	28	Average PM _{2.5}	19
Average PM _{10.0}	30,6	Average PM _{10.0}	21,4
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.12 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Πολυτεχνείου.

Στους πίνακες 5.3.1.10 και 5.3.1.11 τα αποτελέσματα των δύο καναλιών έχουνε πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους και έτσι συμπεραίνουμε ότι το μηχάνημα είναι αρκετά λειτουργικό και τα αποτελέσματα που αντλήσαμε είναι αξιόπιστα. Από την άλλη στον πίνακα 5.3.1.10 τα αποτελέσματα έχουνε μεγαλύτερη απόκλιση , μεγαλύτερη του $\pm 5\mu\text{gr}/\text{m}^3$ μεταξύ τους κάτι το οποίο δείχνει ότι το μηχάνημα ενδεχομένως είχε βλάβες είτε στον ανεμιστήρα είτε από την μακροχρόνια έκθεση στρώματα σκόνης επηρέασαν τους μετρητές λέιζερ αντλώντας σε ένα από τα δύο κανάλια ή και στα δύο αναξιόπιστα αποτελέσματα.

5^{ος} τομέας-Ανατολική Αττική

Βουλιαγμένη

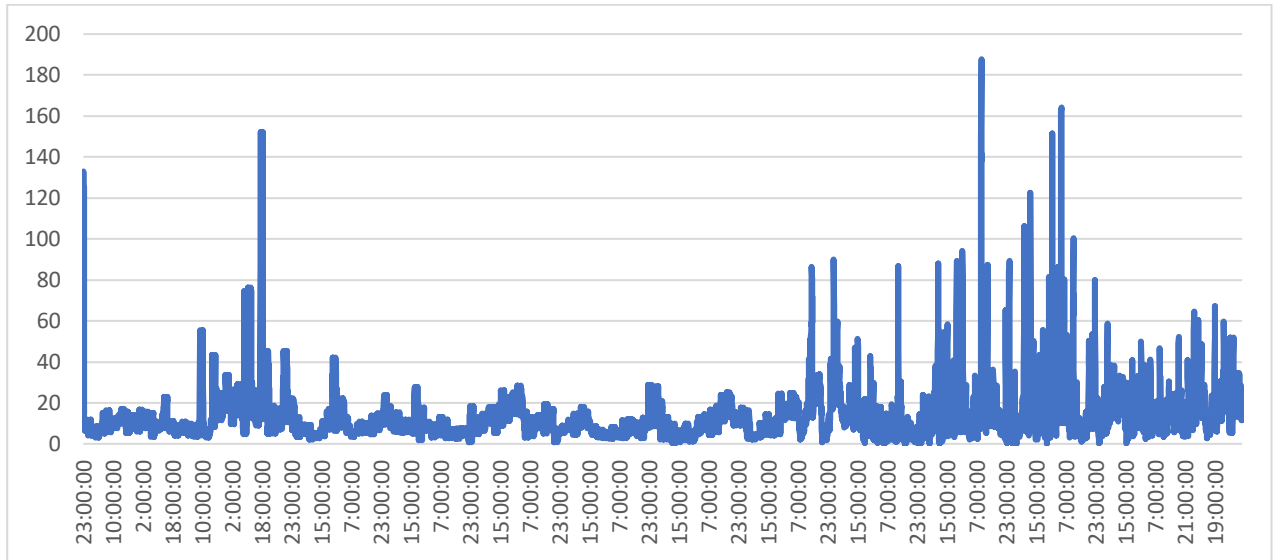
Average PM _{1.0}	9,3	Average PM _{1.0}	10,2
Average PM _{2.5}	13,5	Average PM _{2.5}	14,7
Average PM _{10.0}	14,7	Average PM _{10.0}	16,9
Primary A		Primary B	

Πίνακας 5.3.1.13 : Σύγκριση αποτελεσμάτων καναλιών A&B Primary Βουλιαγμένη.

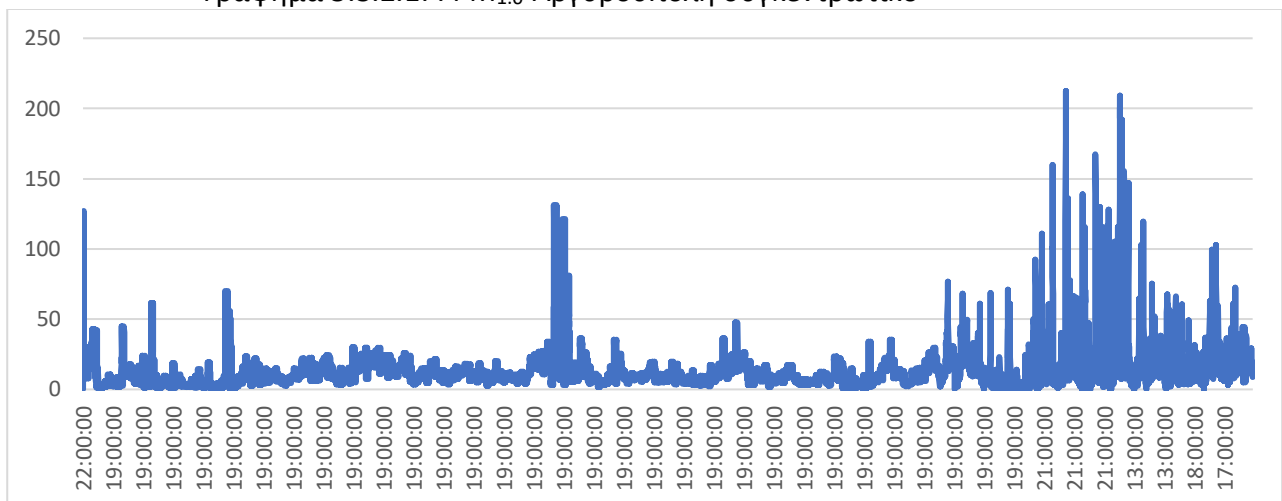
Τέλος στον 5^ο τομέα στον πίνακα 5.3.1.13 τα αποτελέσματα των δύο καναλιών έχουνε πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ τους και έτσι συμπεραίνουμε ότι το μηχάνημα είναι αρκετά λειτουργικό και τα αποτελέσματα που αντλήσαμε είναι αξιόπιστα.

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται ότι σε κανέναν τομέα οι τιμές ανάμεσα στα δύο κανάλια δεν ταυτίστηκαν απόλυτα. Έτσι τα δεδομένα που αντλήσαμε συμπεραίνουμε πως δεν είναι εξαιρετικής ποιότητας όπως θα περιμέναμε από τη στιγμή που ο κάθε αισθητήρας χρησιμοποιεί διπλό μετρητή λέιζερ για το μέγιστο επίπεδο ακεραιότητας δεδομένων.

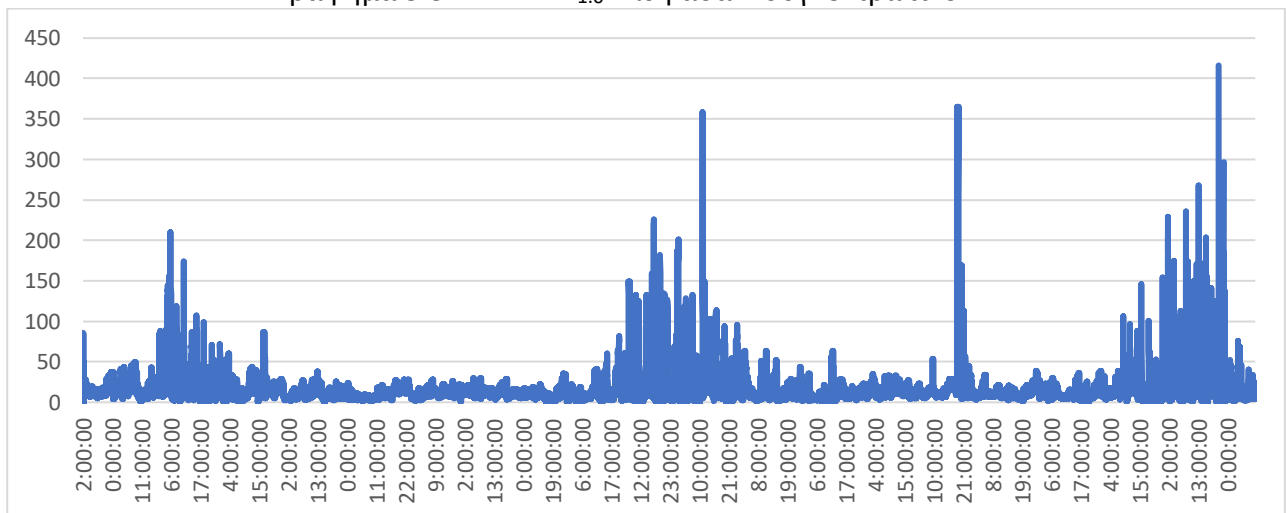
5.3.2: Γραφήματα συγκεντρωτικά για $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ και $PM_{10.0}$:
 Particulate Matter $PM_{1.0}$ – Συγκεντρωτικό
 1.Νότια Αττική



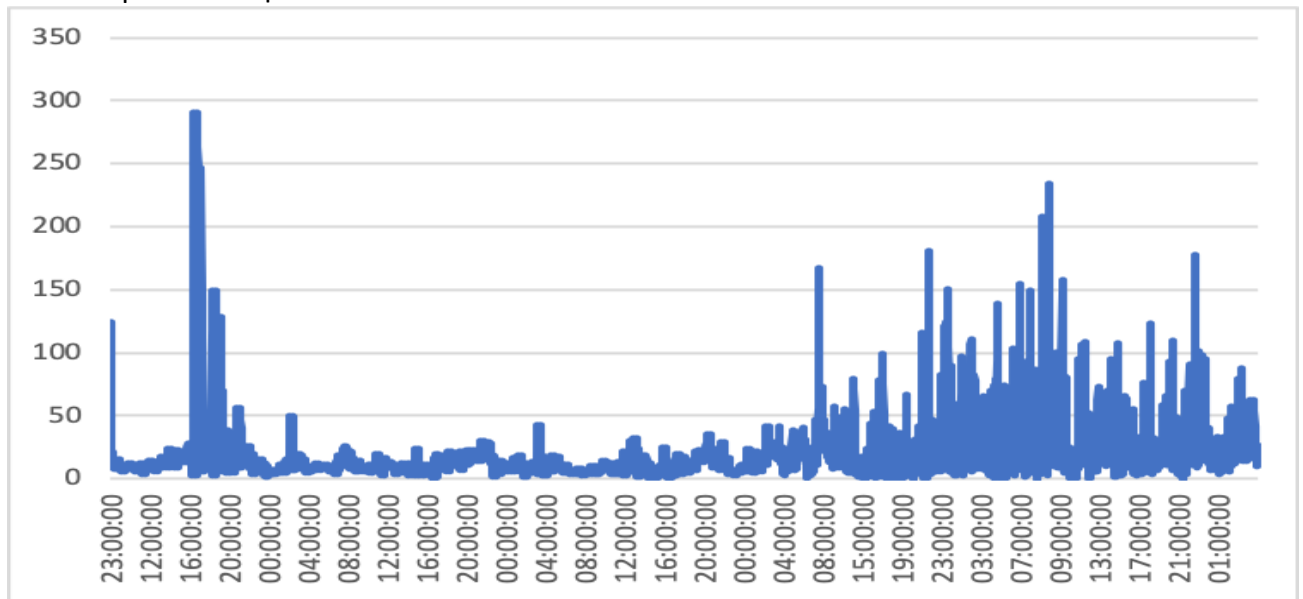
Γράφημα 5.3.2.1: : $PM_{1.0}$ Αργυρούπολη συγκεντρωτικό



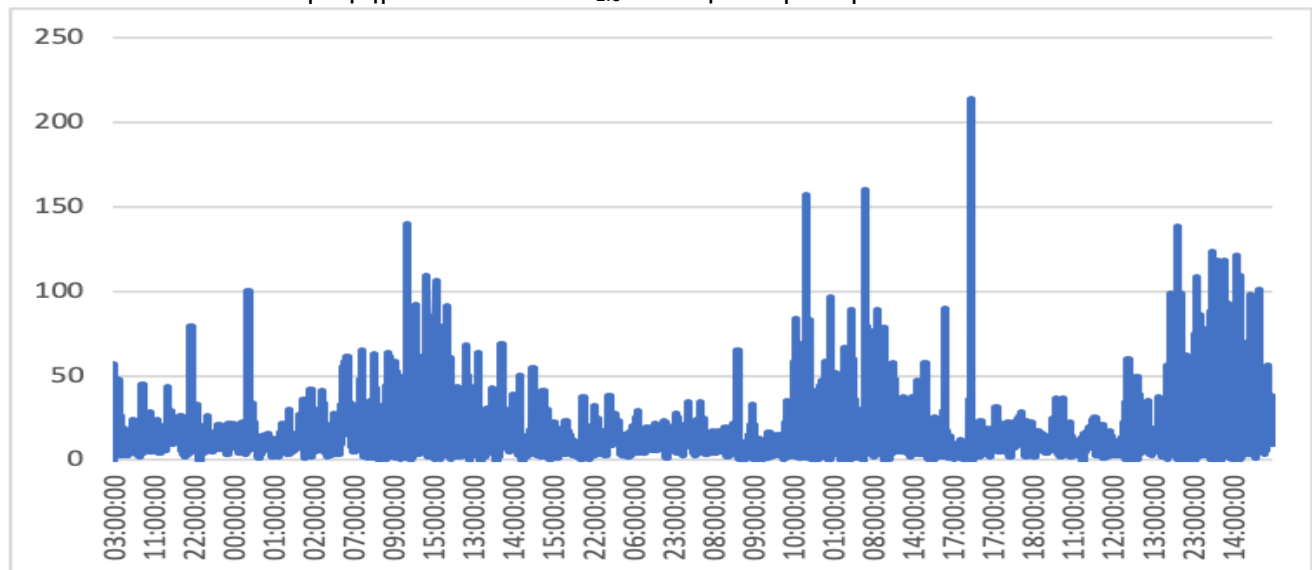
Γράφημα 5.3.2.2: : $PM_{1.0}$ Γλυφάδα – συγκεντρωτικό



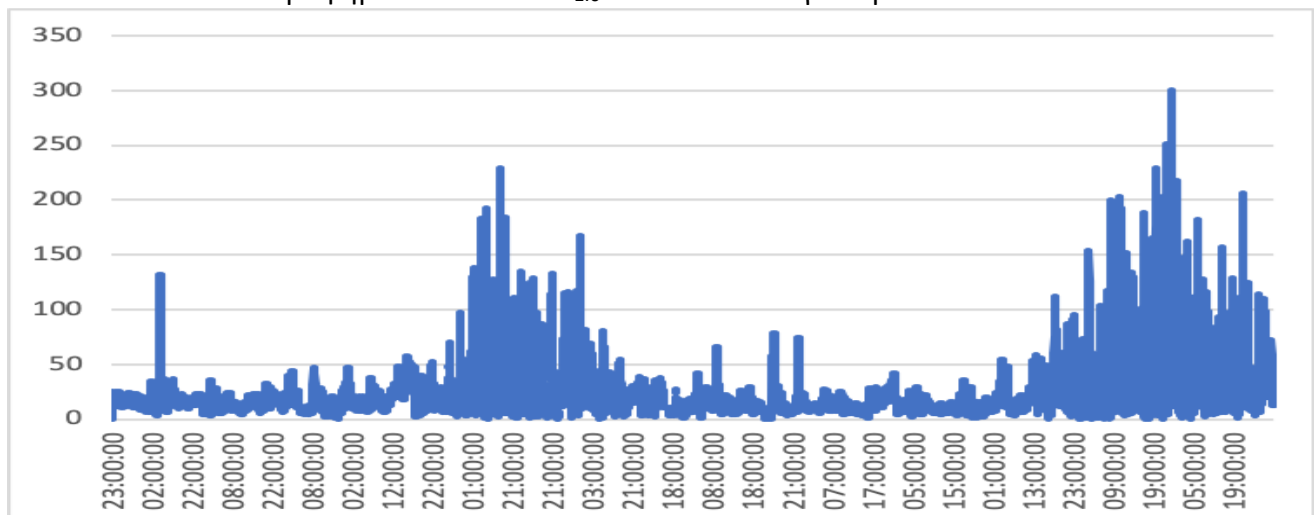
Γράφημα 5.3.2.3: : PM_{1.0} Παλαιό Φάληρο – συγκεντρωτικό
2.Βόρεια Αττική



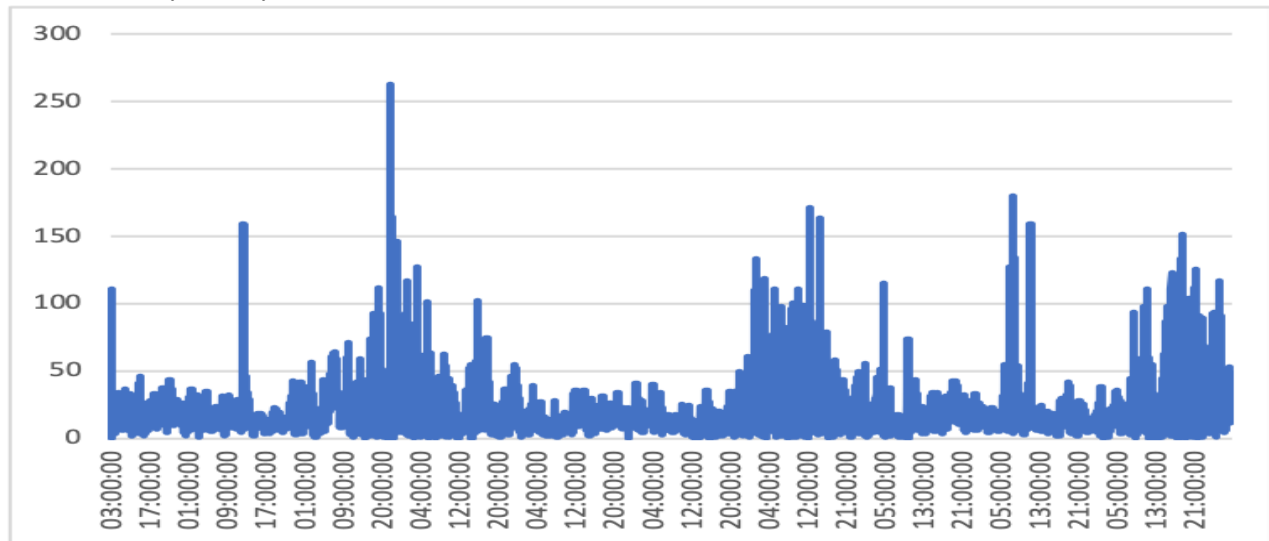
Γράφημα 5.3.2.4 : : PM_{1.0} Πεύκη – συγκεντρωτικό



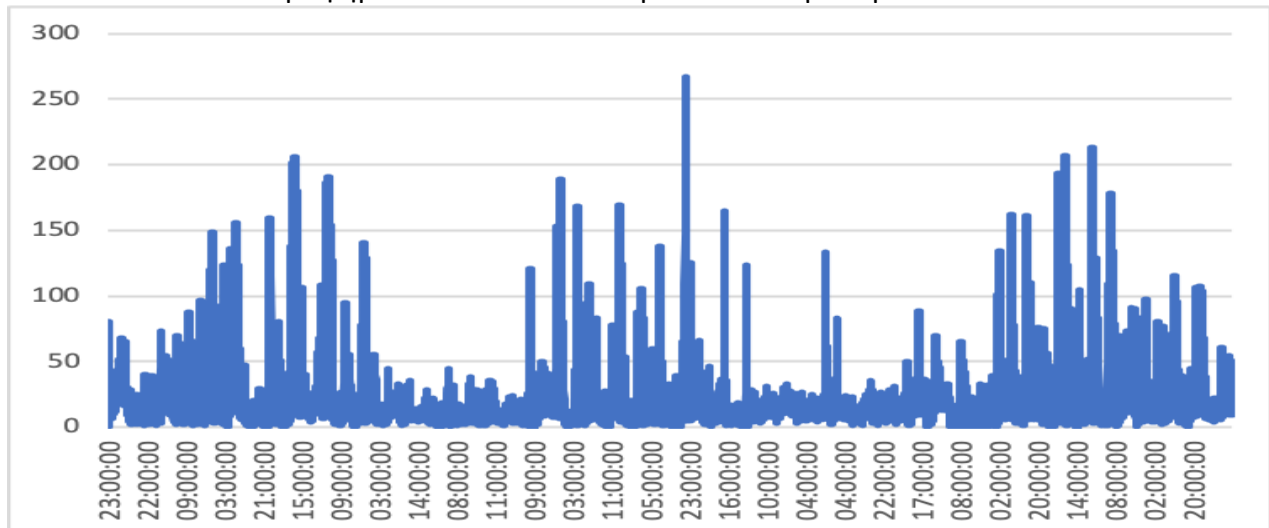
Γράφημα 5.3.2.5 : : PM_{1.0} Μελίσσια – συγκεντρωτικό



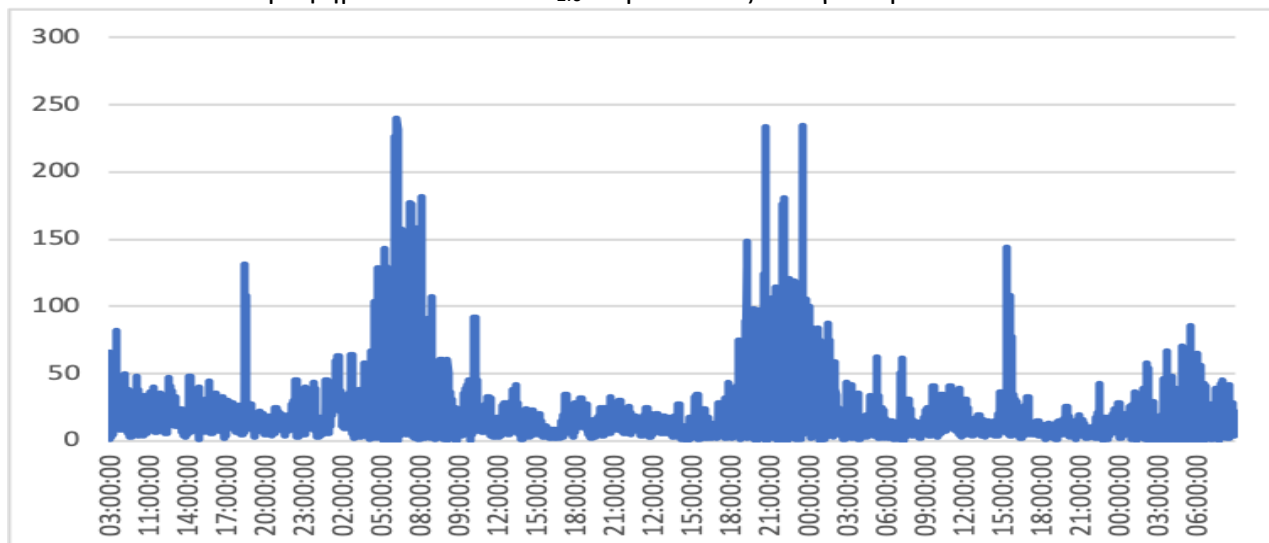
Γράφημα 5.3.2.6 : : PM_{1.0} Βριλήσσια – συγκεντρωτικό
3.Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.2.7 : : PM_{1.0} Κερατσίνι – συγκεντρωτικό

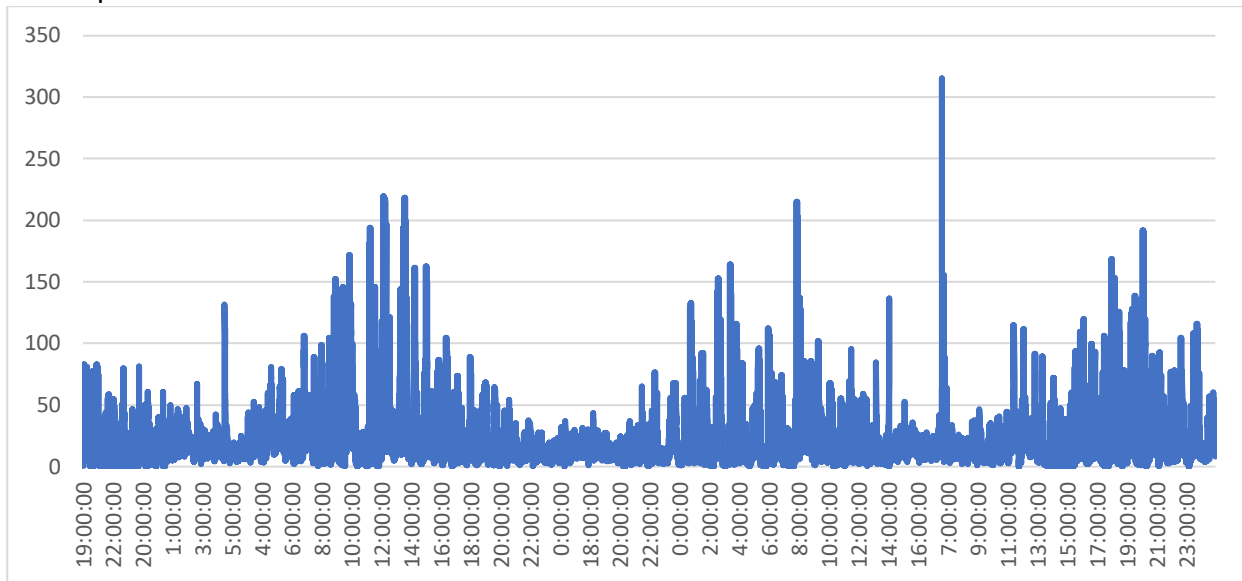


Γράφημα 5.3.2.8 : : PM_{1.0} Κορυδαλλός – συγκεντρωτικό

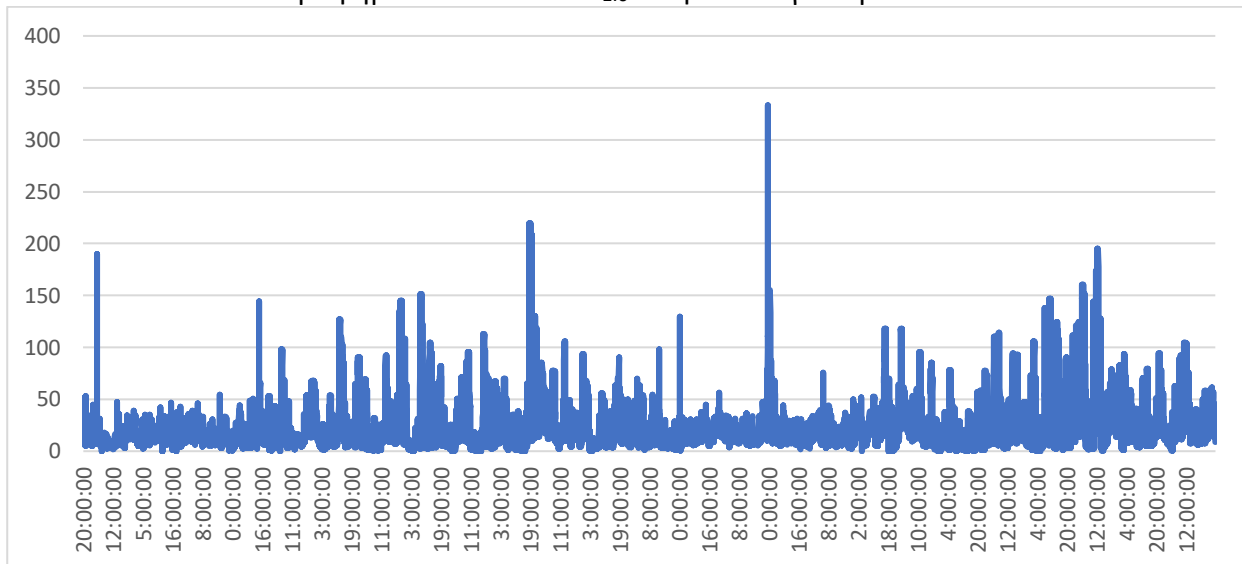


Γράφημα 5.3.2.9 : : PM_{1.0} Πειραιάς – συγκεντρωτικό

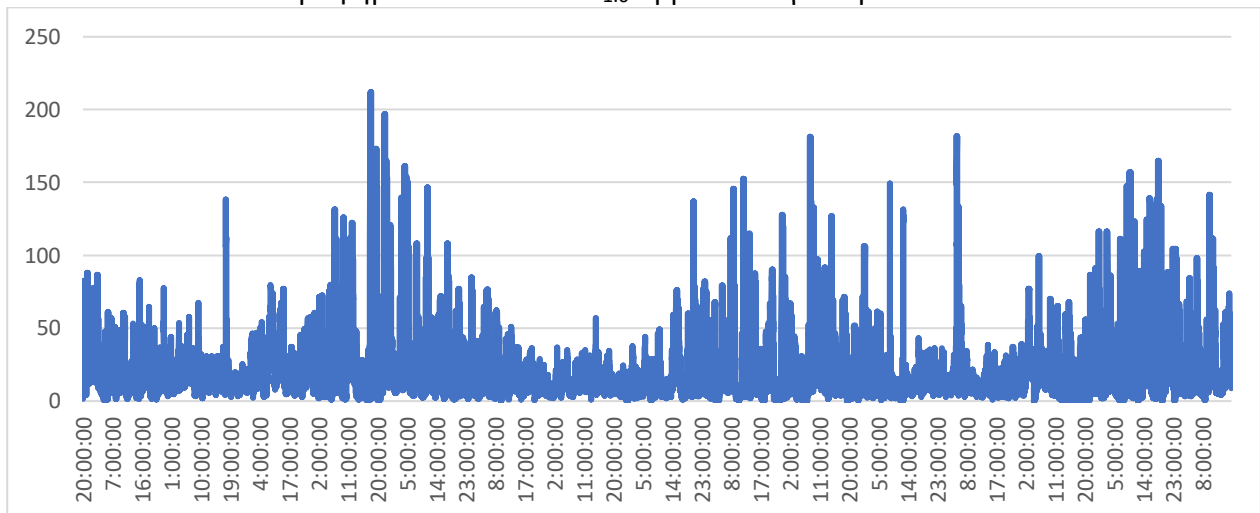
4. Κέντρο



Γράφημα 5.3.2.10 : : PM_{1.0} Αθήνα – συγκεντρωτικό

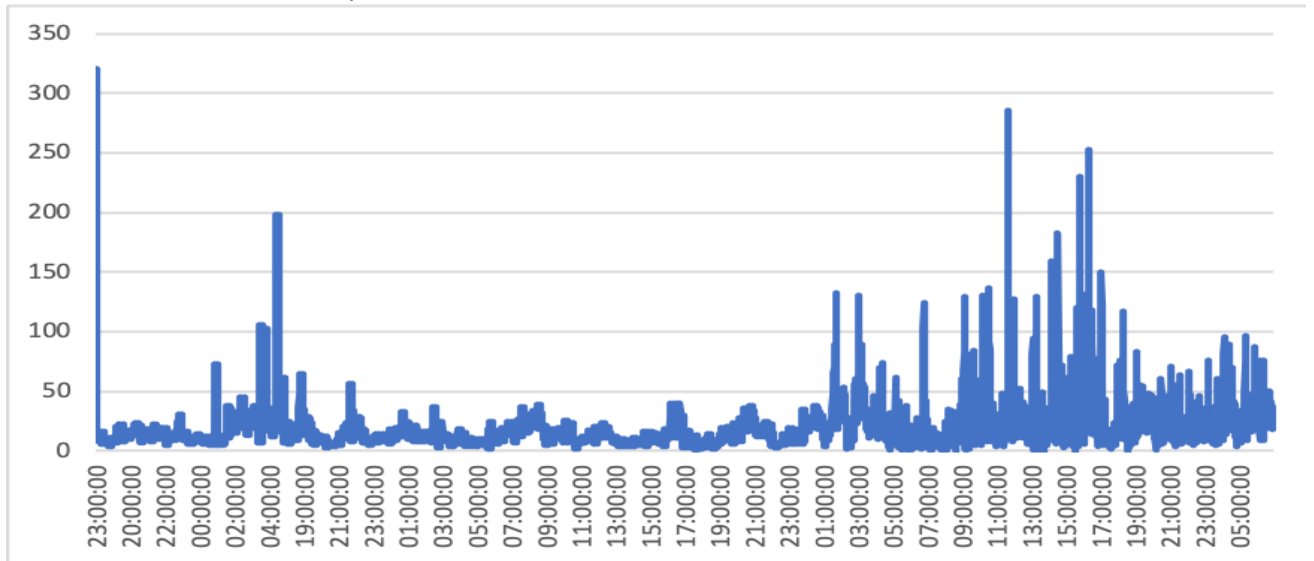


Γράφημα 5.3.2.11 : : PM_{1.0} Ερμού – συγκεντρωτικό

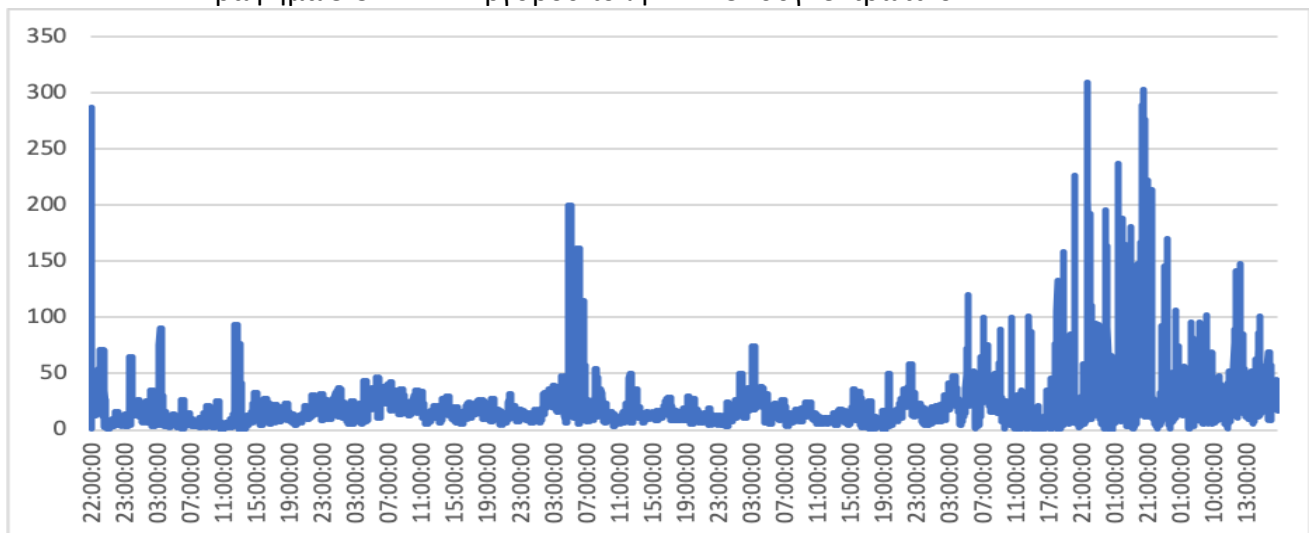


Γράφημα 5.3.2.12 : : PM_{1.0} Πολυτεχνείου – συγκεντρωτικό

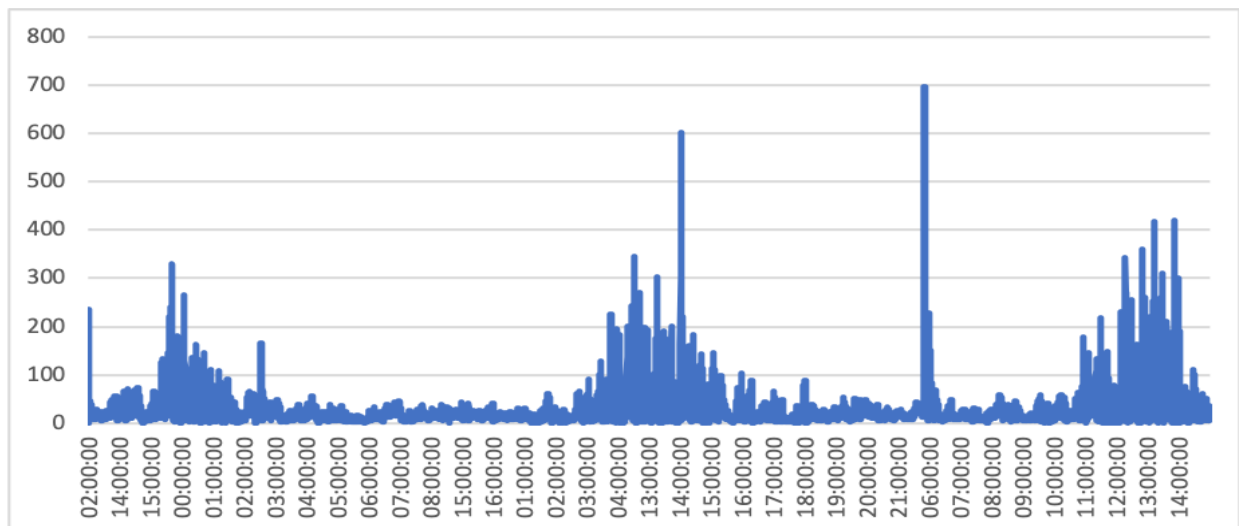
Particulate Matter PM 2.5- Συγκεντρωτικό
1. Νότια Αττική



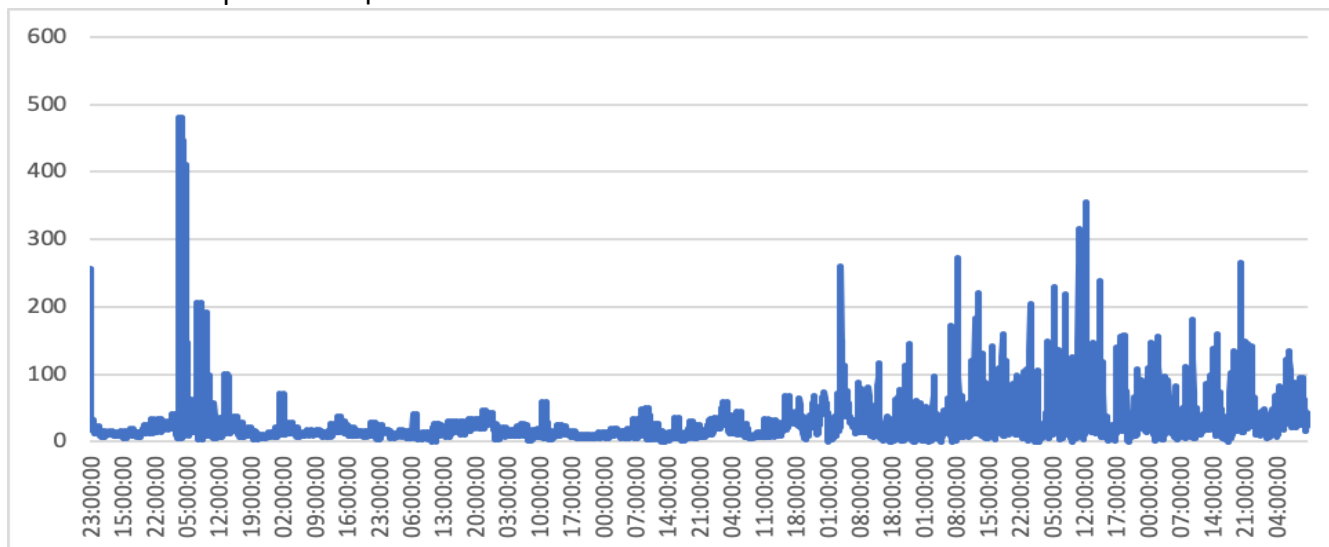
Γράφημα 5.3.2.14 : Αργυρούπολη PM2.5 -συγκεντρωτικό



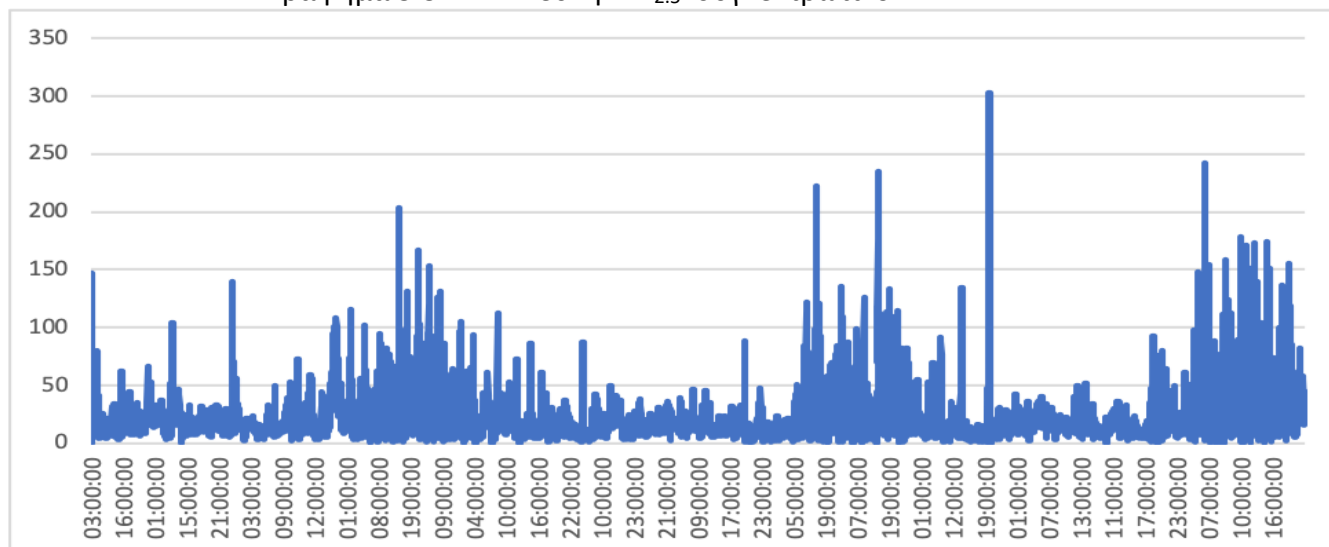
Γράφημα 5.3.2.15: Γλυφάδα PM2.5 -συγκεντρωτικό



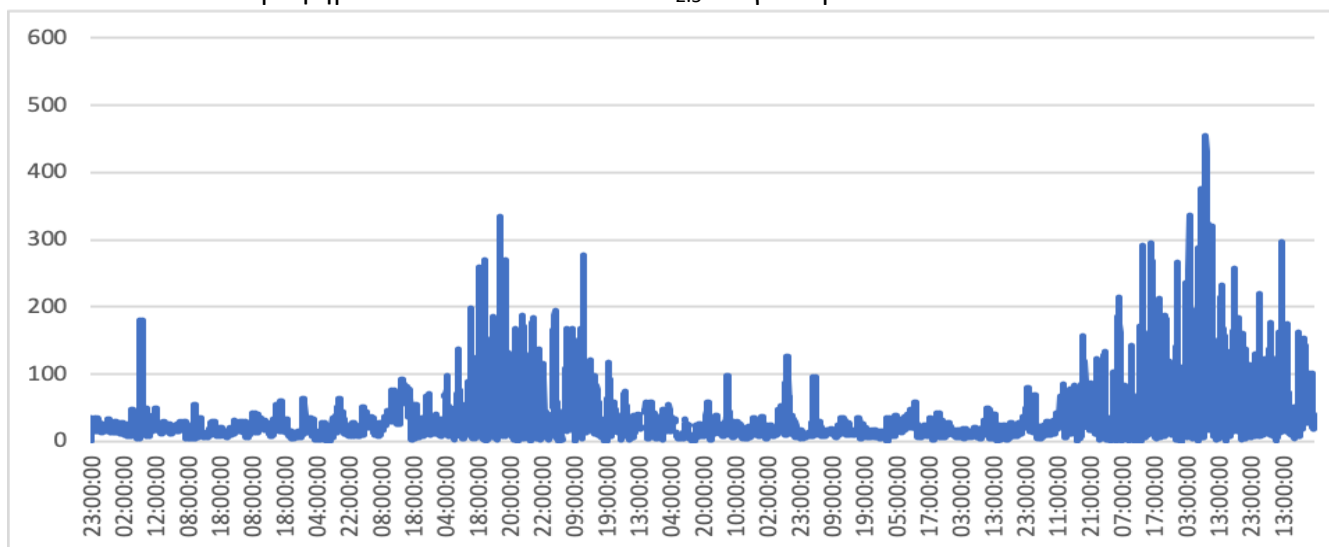
Γράφημα 5.3.2.16: Παλιό Φάληρο PM_{2.5} -συγκεντρωτικό
2. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.2.17: Πεύκη PM_{2.5} -συγκεντρωτικό

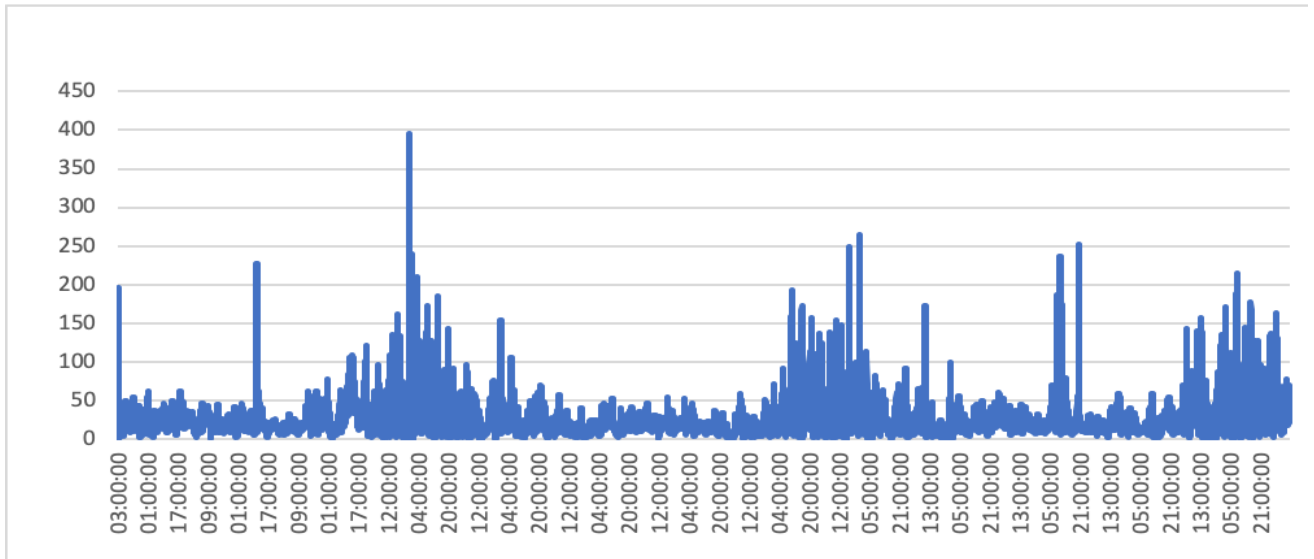


Γράφημα 5.3.2.18: Μελίσσια PM_{2.5} -συγκεντρωτικό

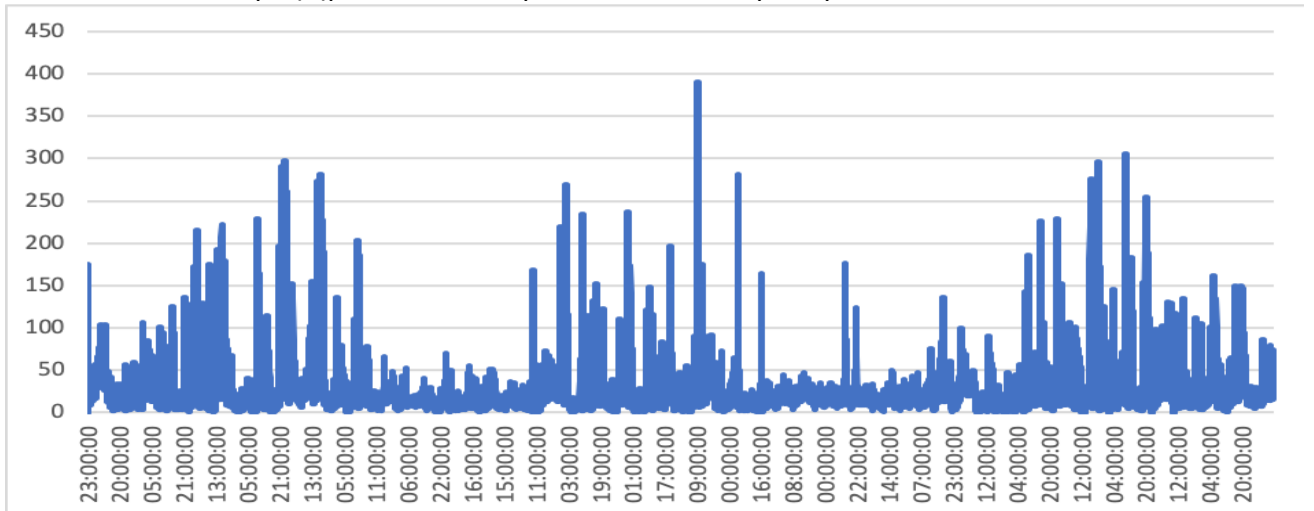


Γράφημα 5.3.2.19: Βριλήσσια PM_{2.5} -συγκεντρωτικό

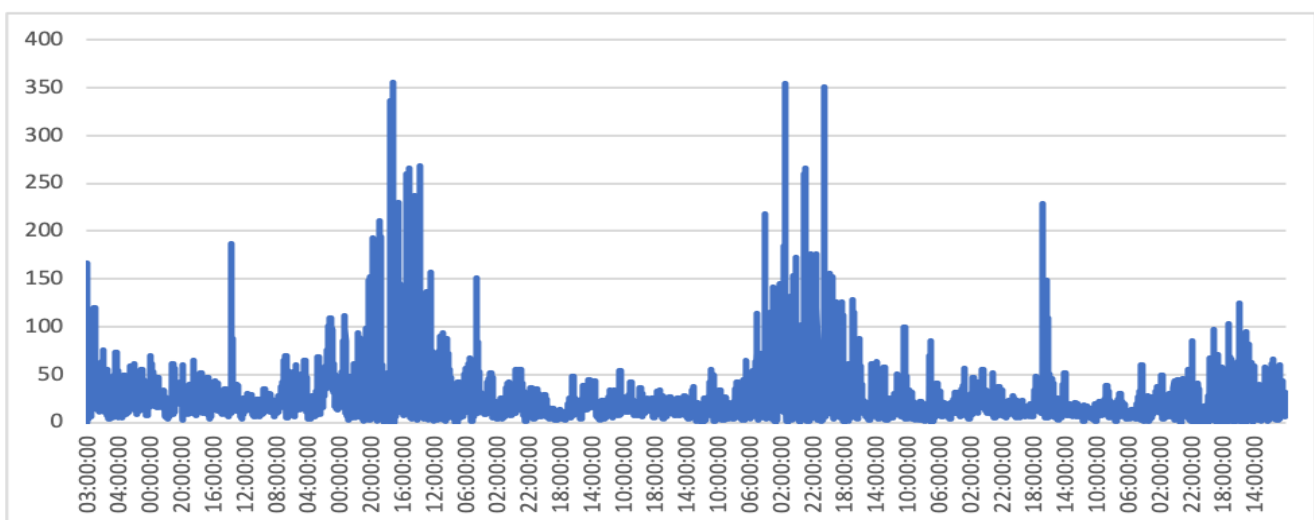
3. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.2.20: Κερατσίνι PM_{2.5}-συγκεντρωτικό

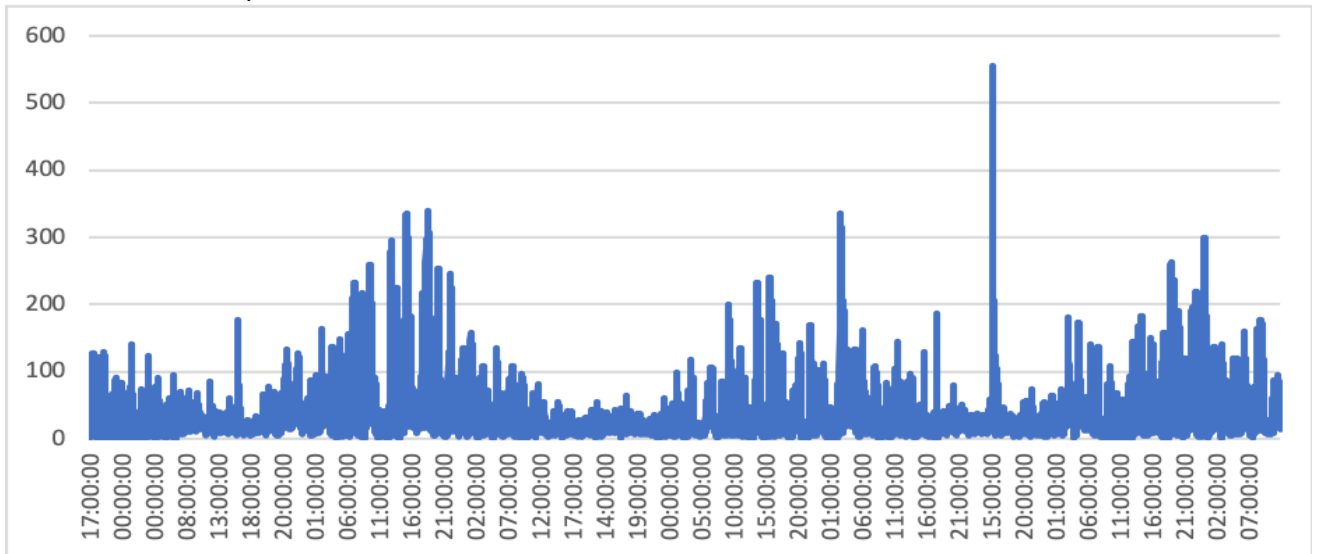


Γράφημα 5.3.2.21: Κορυδαλλός PM_{2.5}-συγκεντρωτικό

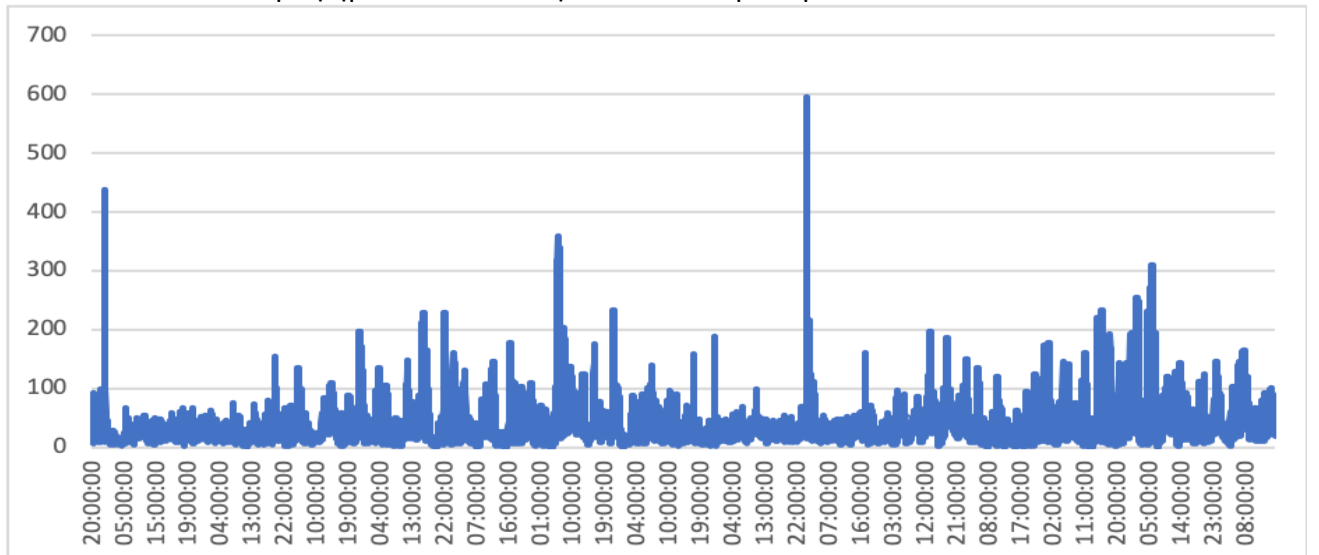


Γράφημα 5.3.2.22: Πειραιάς PM_{2.5}-συγκεντρωτικό

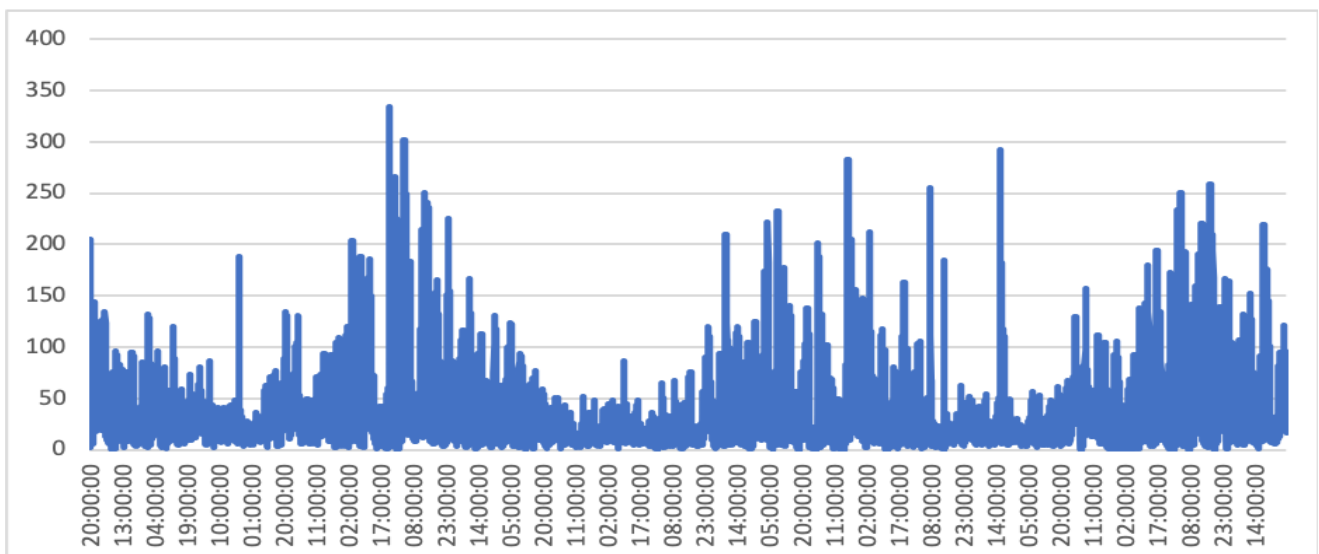
4. Κέντρο



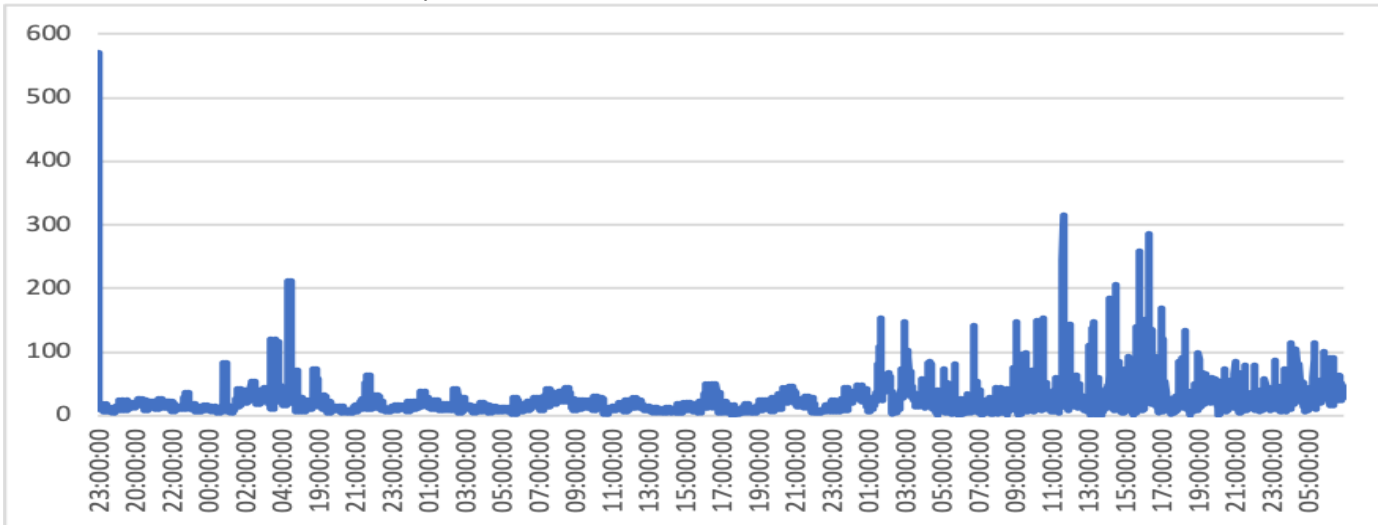
Γράφημα 5.3.2.23: Αθήνα PM_{2.5}-συγκεντρωτικό



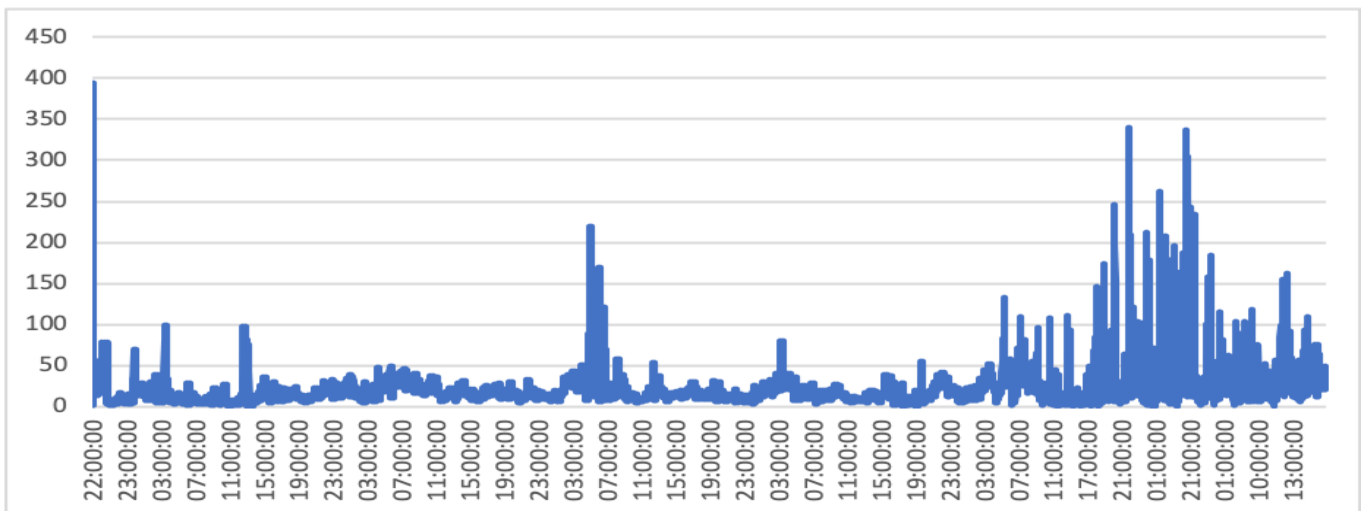
Γράφημα 5.3.2.24: Ερμού PM_{2.5}-συγκεντρωτικό



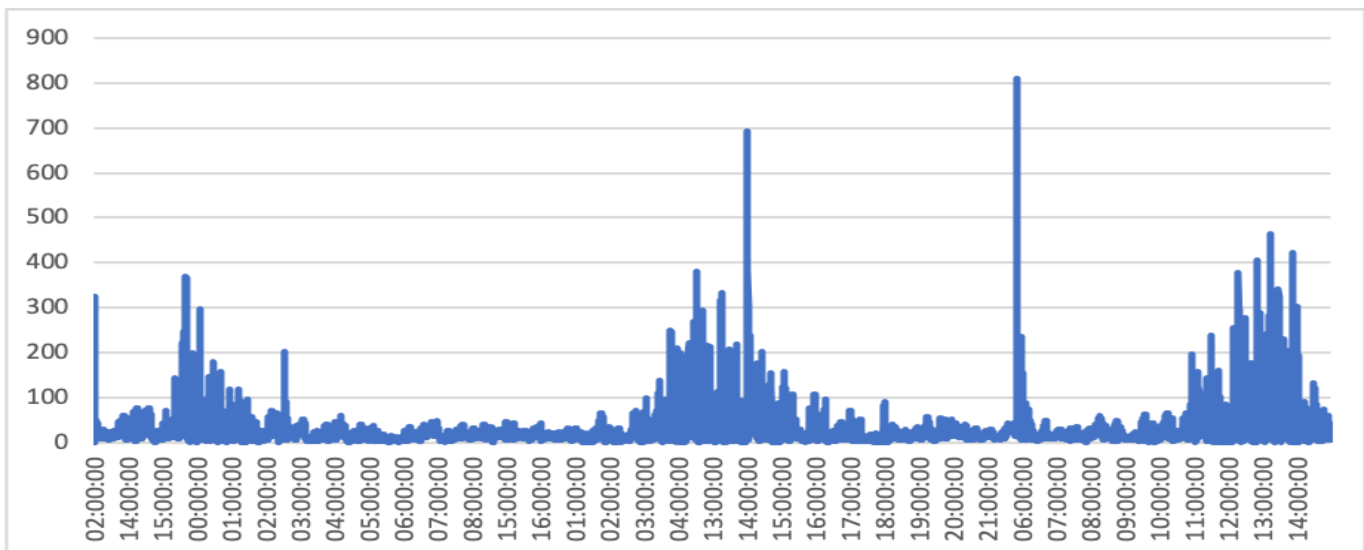
Particulate Matter PM10.0 – Συγκεντρωτικό
1. Νότια Αττική



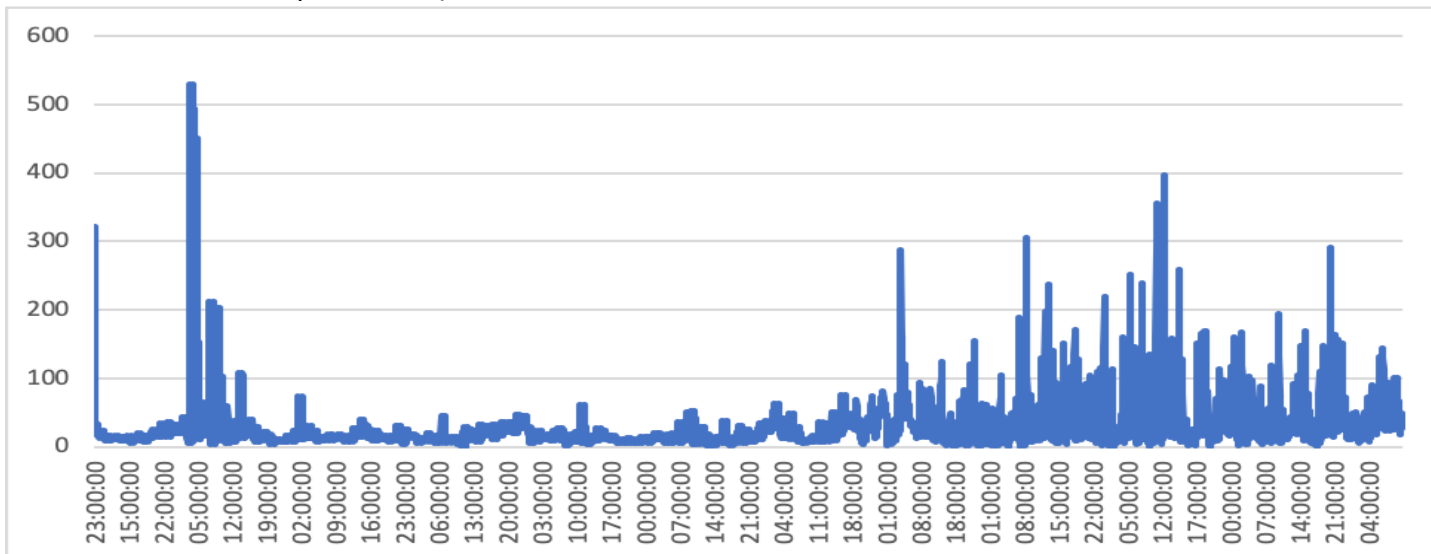
Γράφημα 5.3.2.27: Αργυρούπολη PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



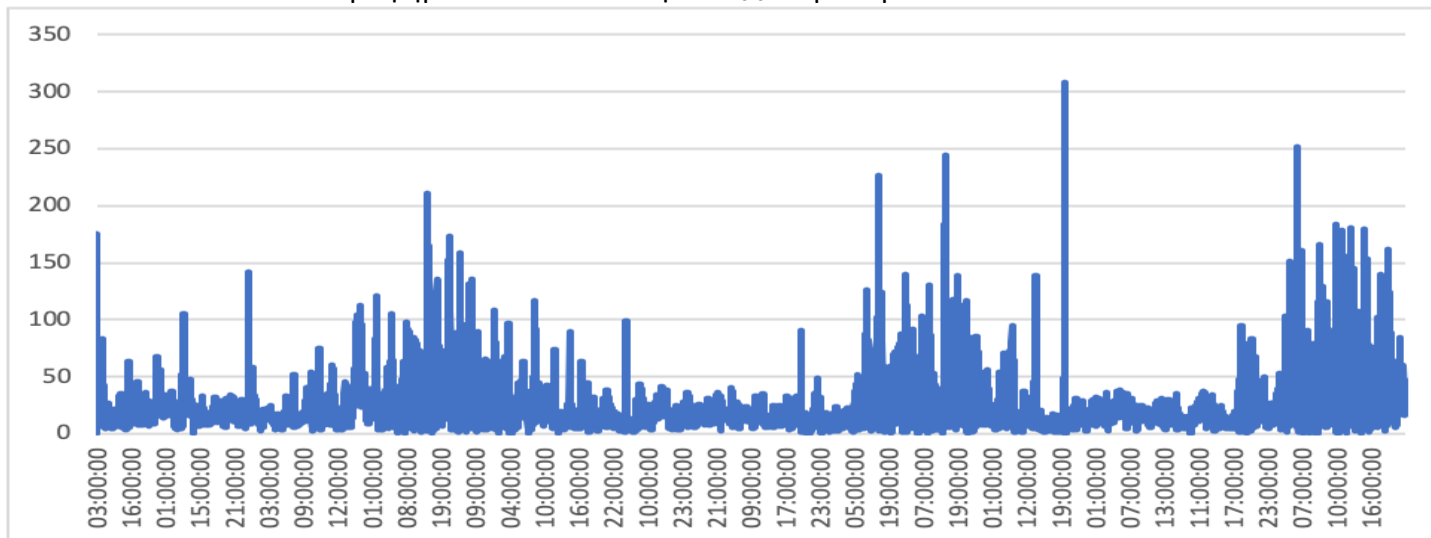
Γράφημα 5.3.2.28: Γλυφάδα PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



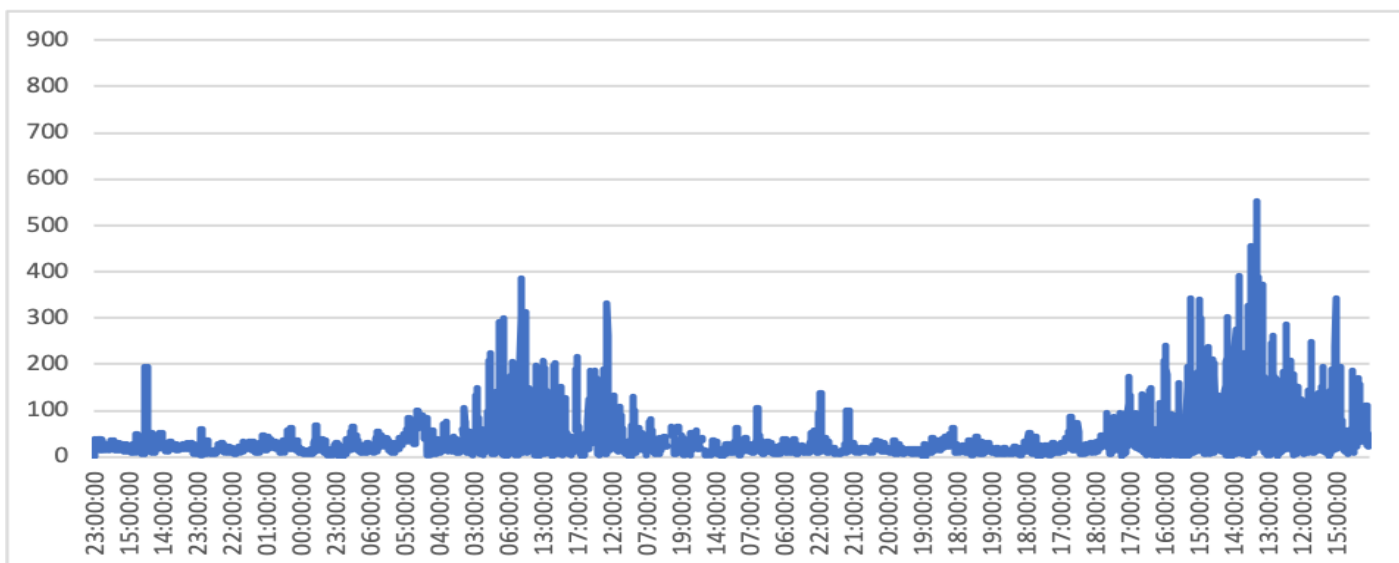
Γράφημα 5.3.2.29 Παλαιό Φάληρο PM_{10.0}-συγκεντρωτικό
2. Βόρεια Αττική



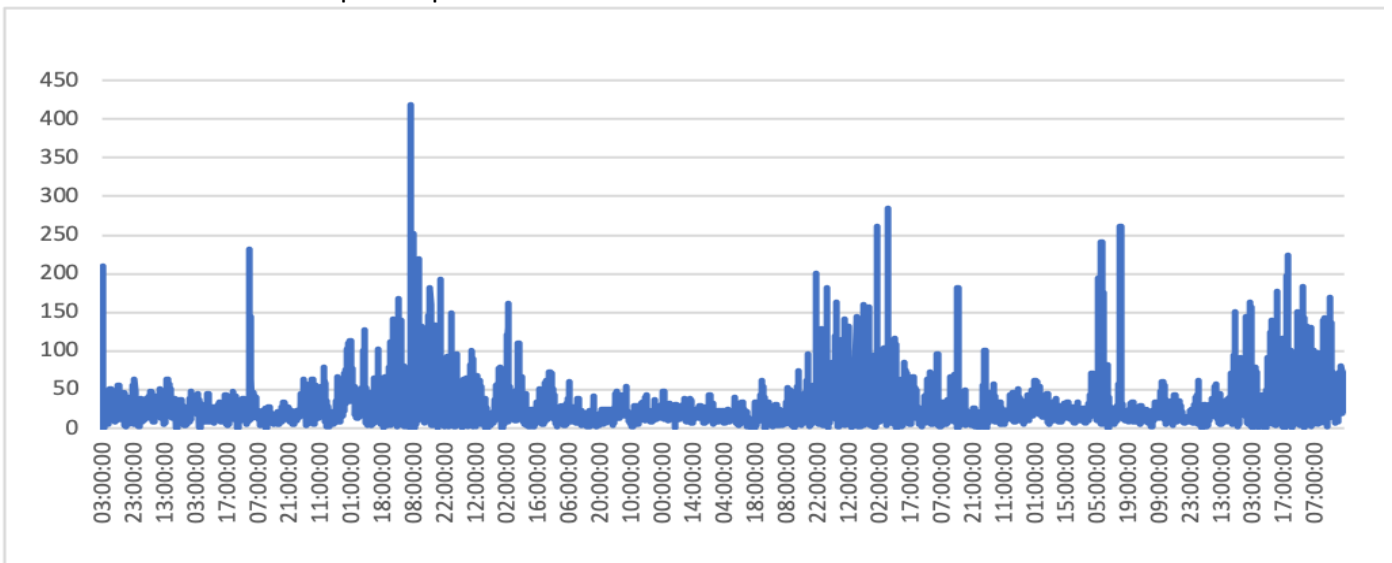
Γράφημα 5.3.2.30: Πεύκη PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



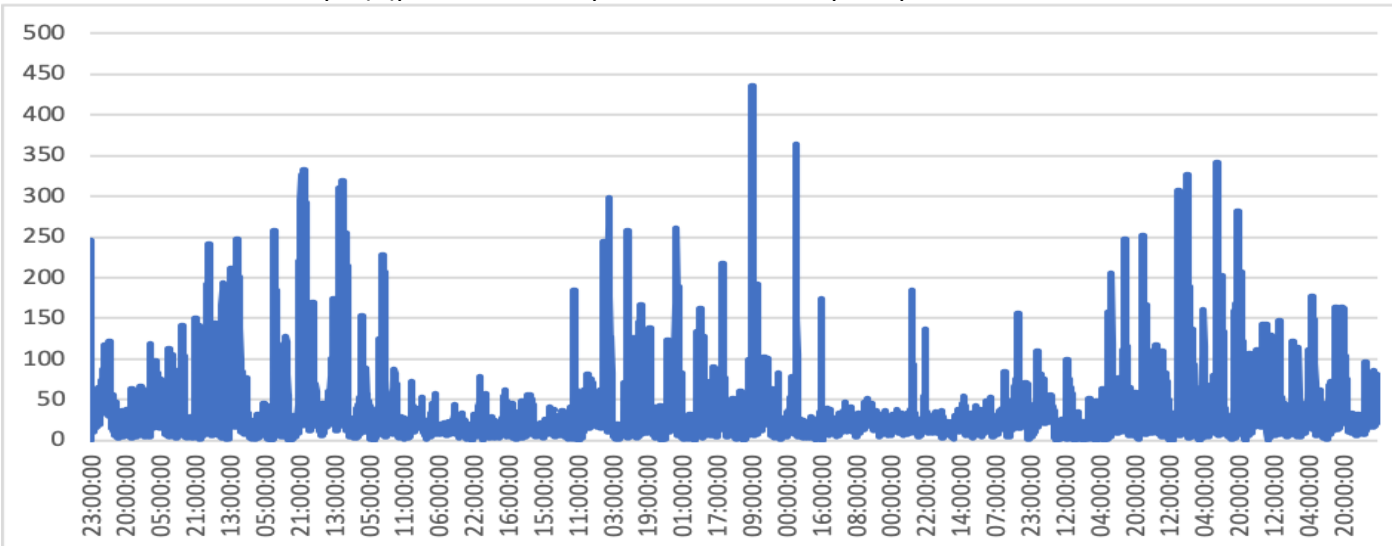
Γράφημα 5.3.2.31: Μελίτσια PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



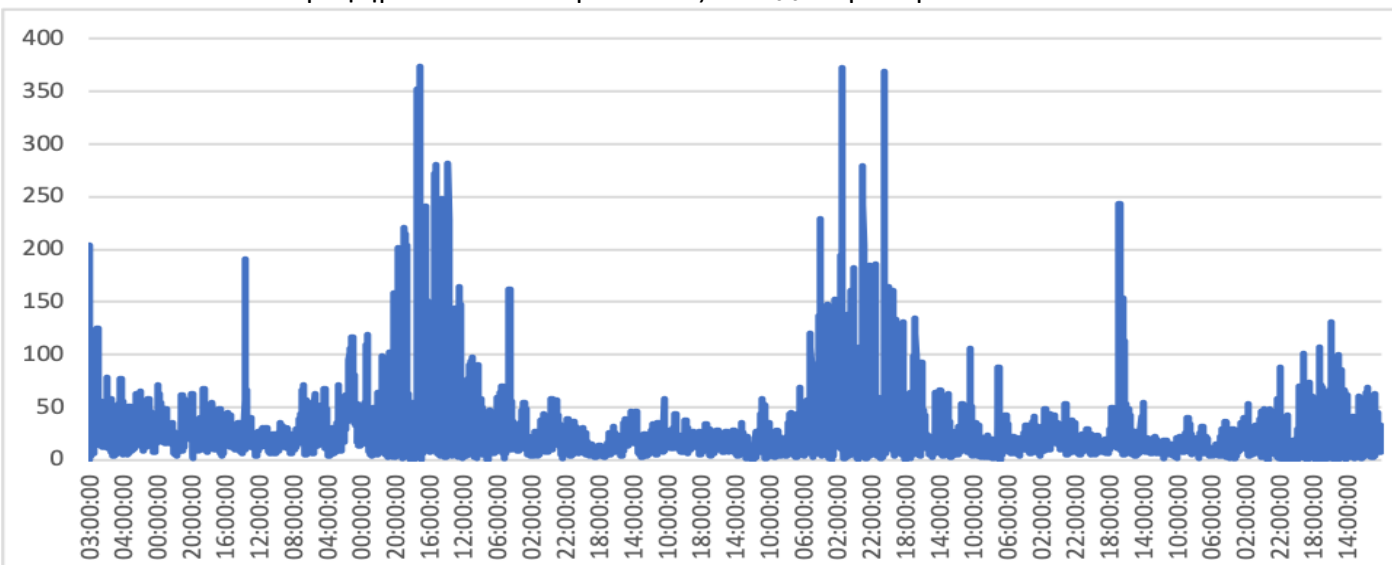
Γράφημα 5.3.2.32: Βριλήσσια PM_{10.0}-συγκεντρωτικό
3. Δυτική Αττική



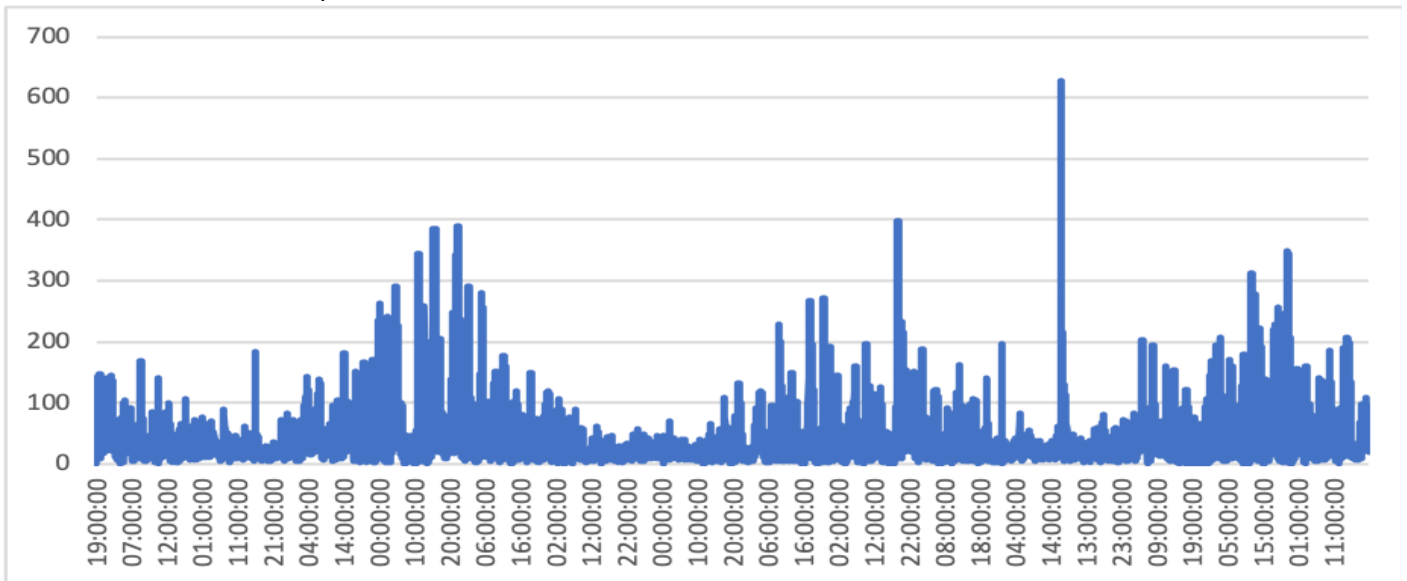
Γράφημα 5.3.2.33: Κερατσίνι PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



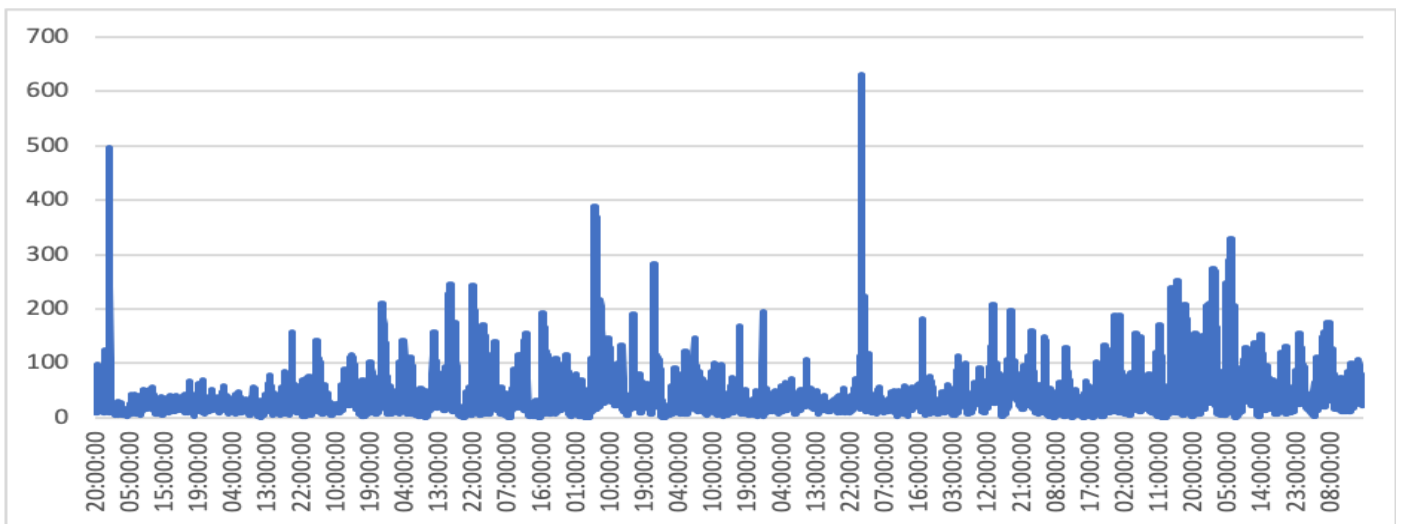
Γράφημα 5.3.2.34: Κορυδαλλός PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



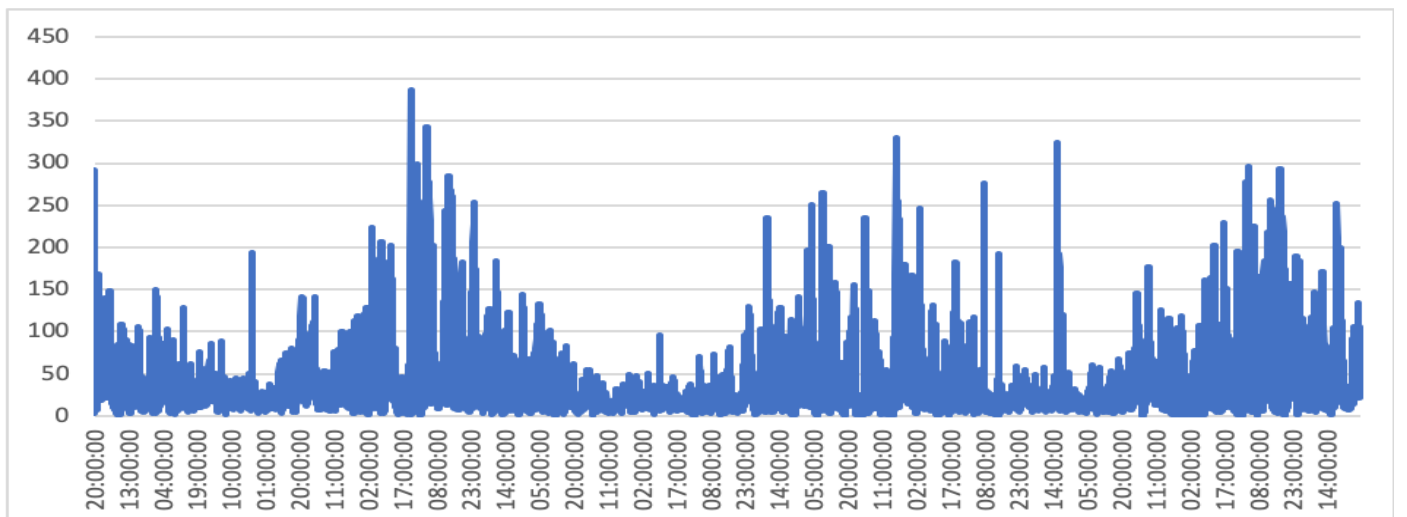
Γράφημα 5.3.2.35: Πειραιάς PM_{10.0}-συγκεντρωτικό
4. Κέντρο



Γράφημα 5.3.2.36: Αθήνα PM_{10.0}-συγκεντρωτικό

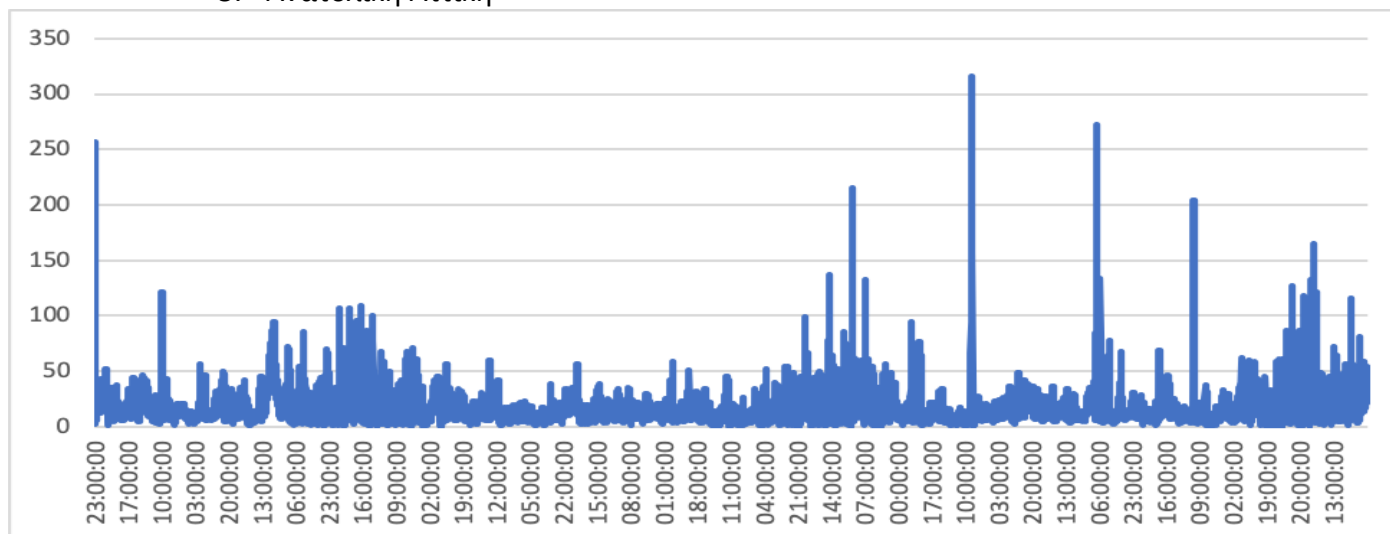


Γράφημα 5.3.2.37: Ερμού PM_{10.0}-συγκεντρωτικό



Γράφημα 5.3.2.38: Πολυτεχνείου PM_{10.0}-συγκεντρωτικό

5. Ανατολική Αττική



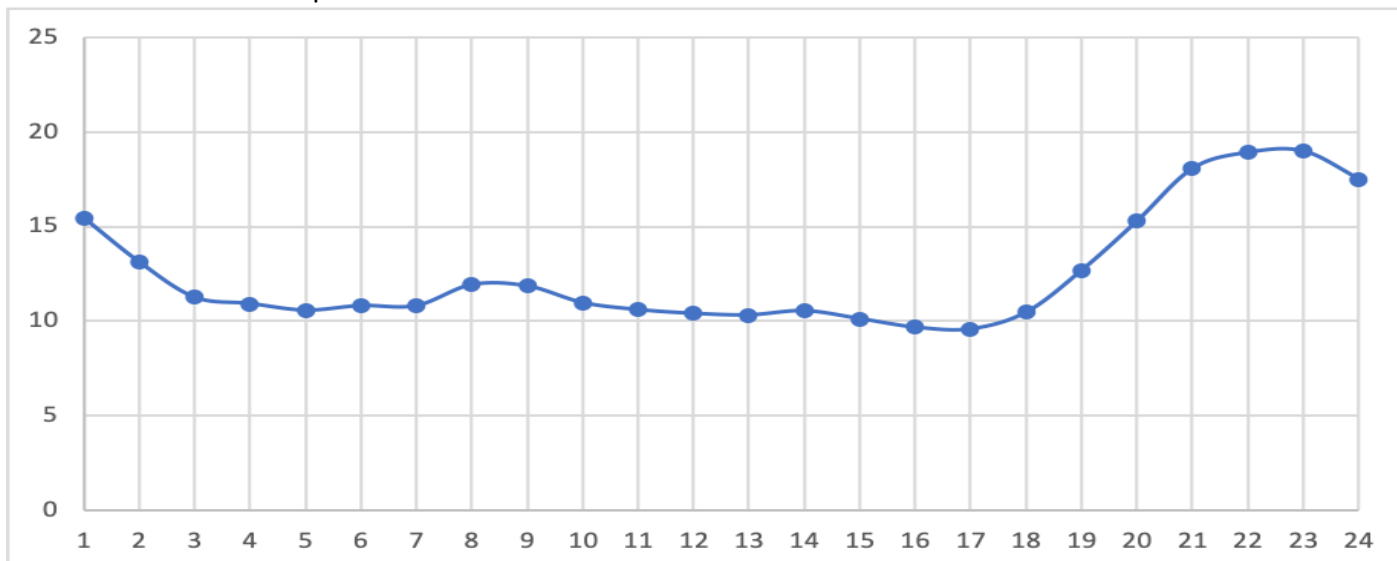
Γράφημα 5.3.2.39: Βουλιαγμένη PM_{10.0}-συγκεντρωτικό

Σχολιασμός :

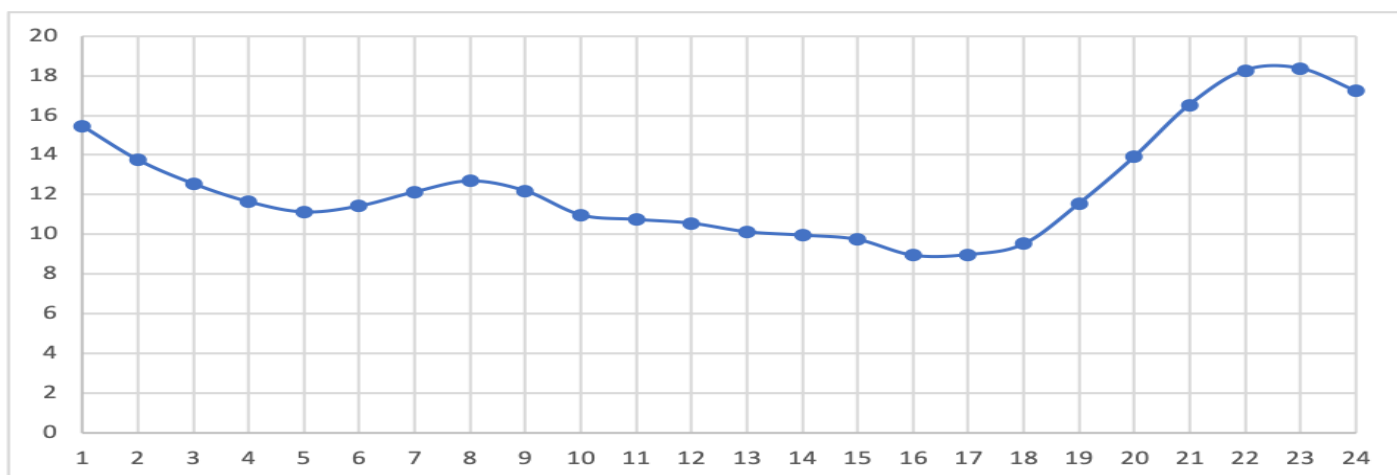
Τέλος για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 10 μm και τα συγκεντρωτικά γραφήματα που φαίνονται παραπάνω φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις των ρύπων κινούνται ξανά στο ίδιο μοτίβο, δηλαδή οι μέγιστες τιμές απεικονίζονται κατά κύριο λόγο στα ίδια σημεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι απεικονίζονται πολύ συχνά μέγιστες τιμές ιδιαίτερα στον τομέα του Κέντρου αλλά και της Δυτικής Αττικής. Ένας λόγος για αυτές τις συγκεντρώσεις είναι το ποσό πολυσύχναστοι είναι αυτοί οι τομείς και ποσό το κυκλοφοριακό πρόβλημα επιβαρύνει την ατμόσφαιρα και την ύπαρξη των αιωρούμενων σωματιδίων.

5.3.3: Γραφήματα ενδοημερήσιας μεταβολής για PM_{1.0}, PM_{2.5} και PM_{10.0}
 Particulate Matter PM1.0 – ανά 24ώρο

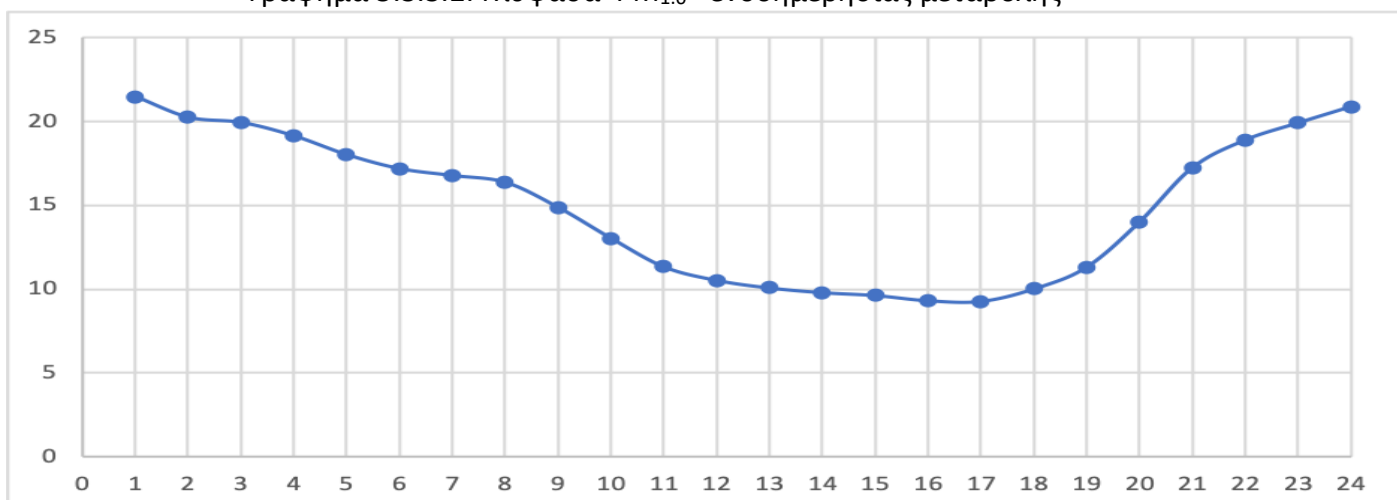
1. Νότια Αττική



Γράφημα 5.3.3.1: Αργυρούπολη PM_{1.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

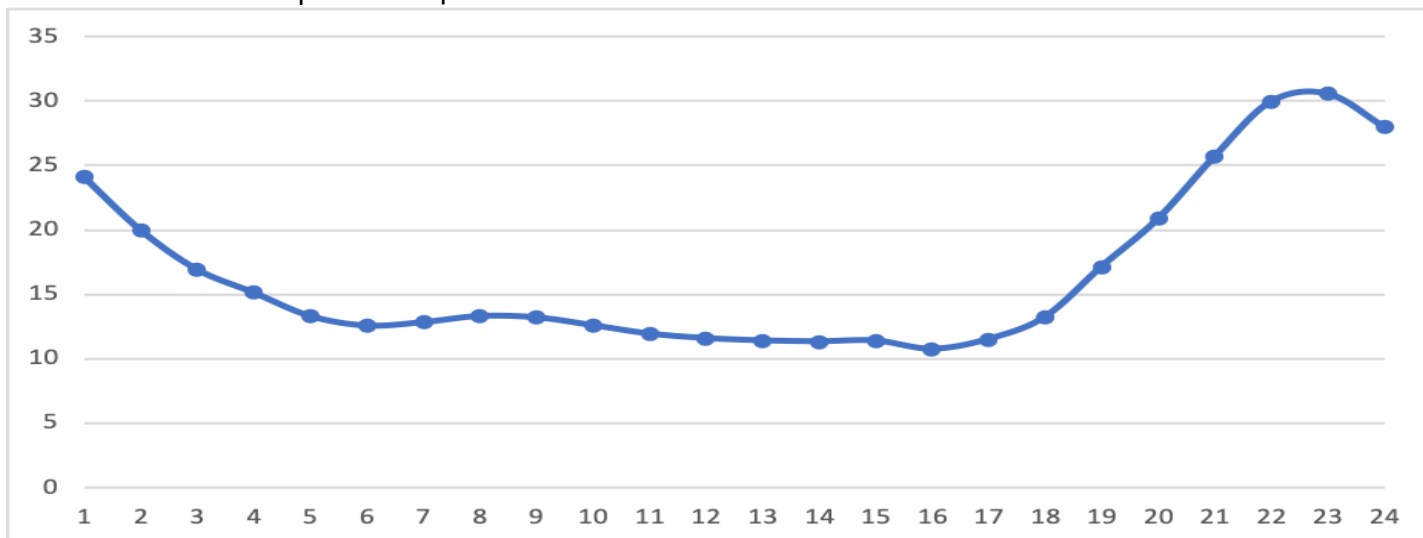


Γράφημα 5.3.3.2: Γλυφάδα PM_{1.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

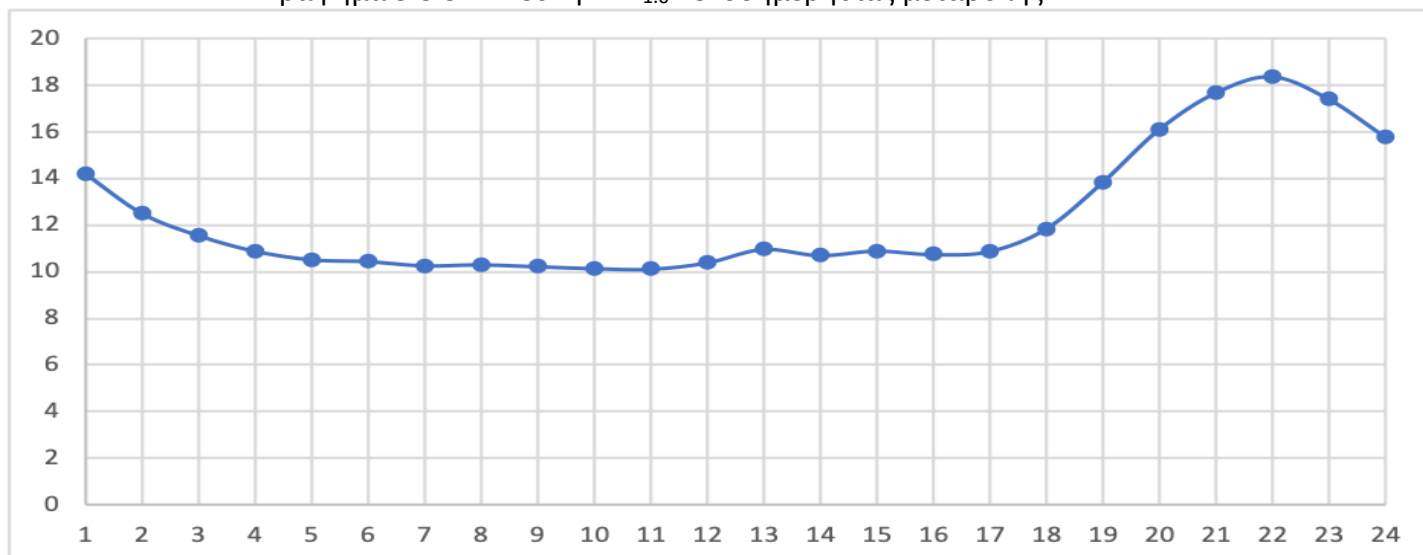


Γράφημα 5.3.3.3 Παλαιό Φάληρο PM_{1.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

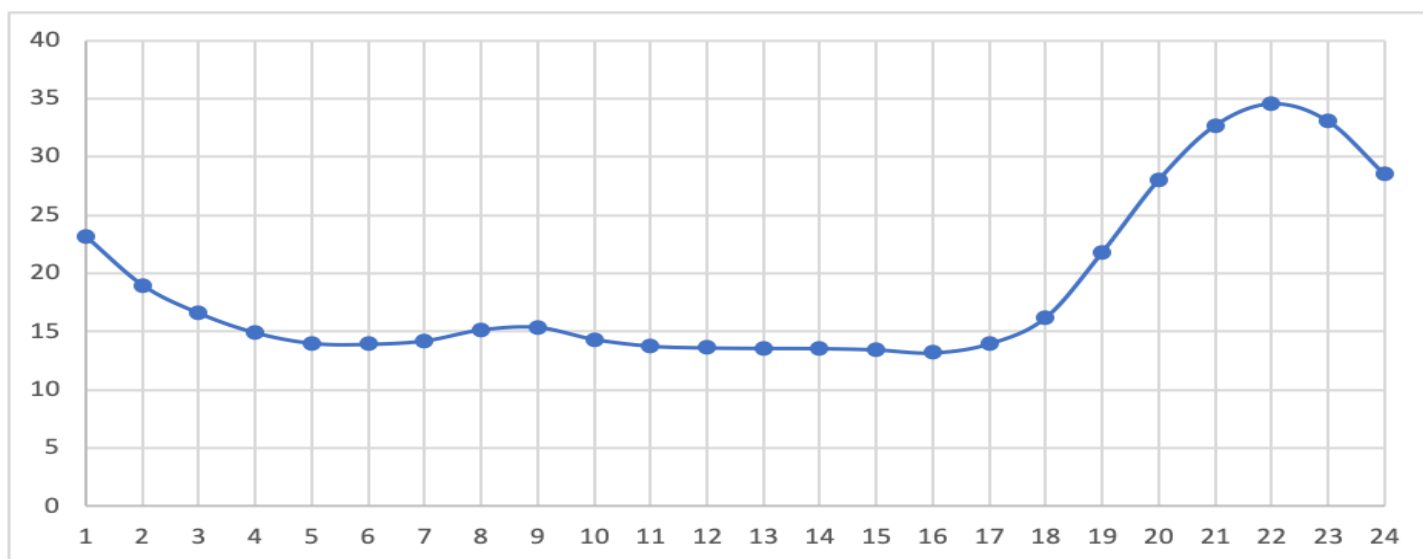
2. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.3.4: Πεύκη PM_{1.0} – ενδοημερήσιας μεταβολής

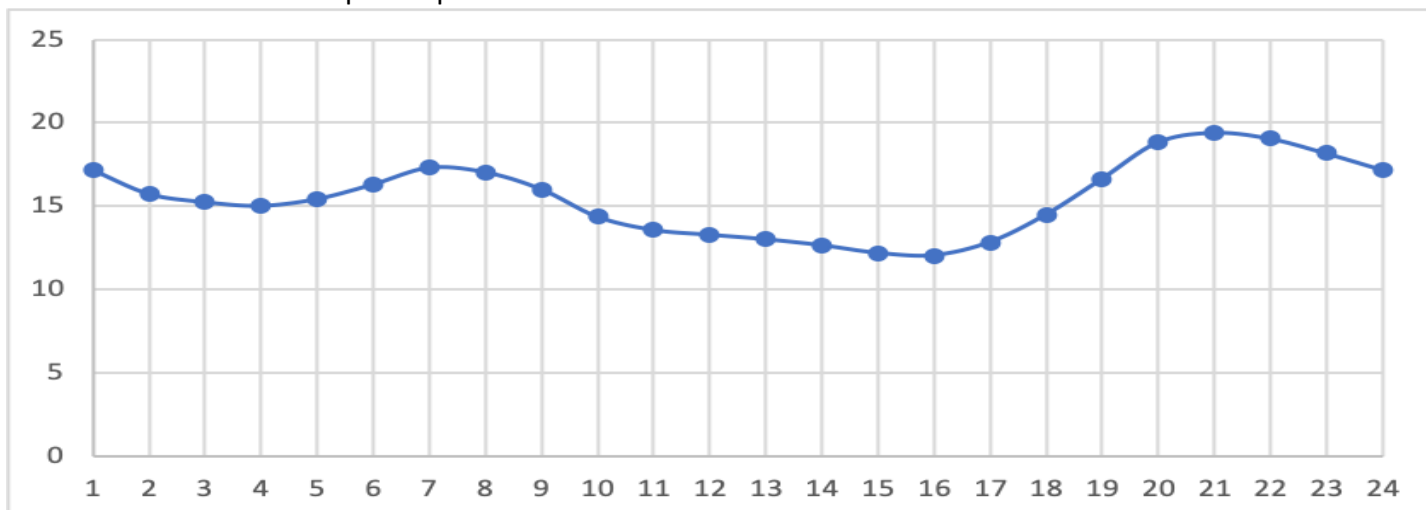


Γράφημα 5.3.3.5: Μελίσσια PM_{1.0} – ενδοημερήσιας μεταβολής

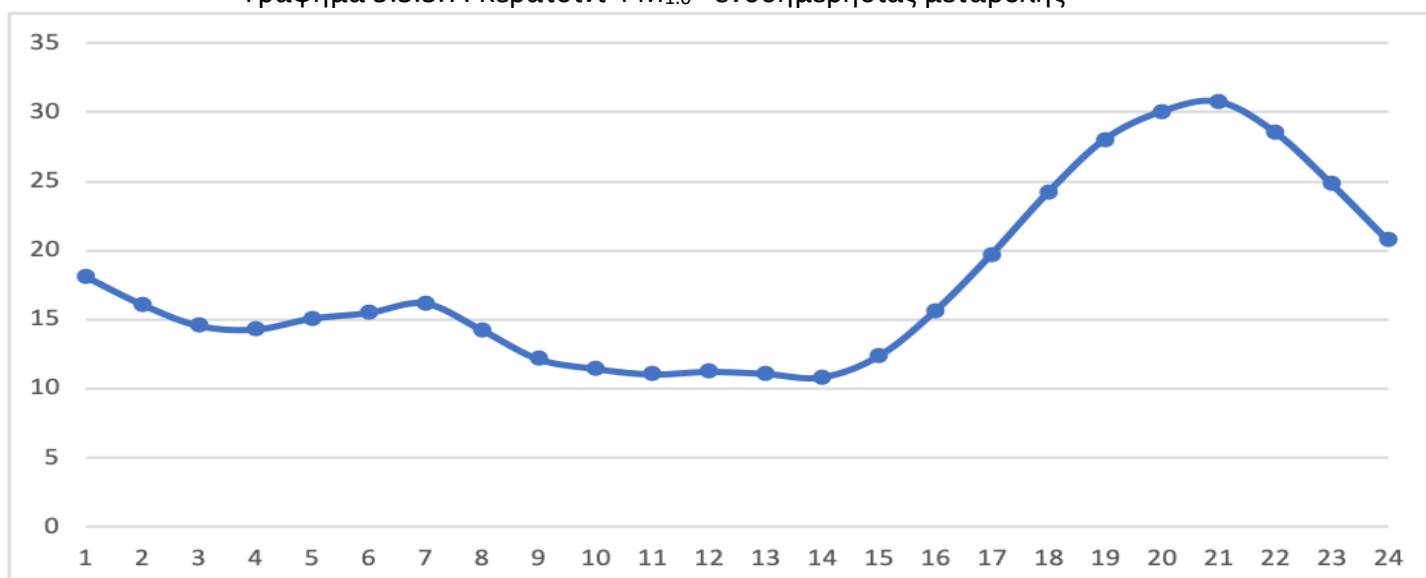


Γράφημα 5.3.3.6: Βριλήσσια PM_{1.0} – ενδοημερήσιας μεταβολής

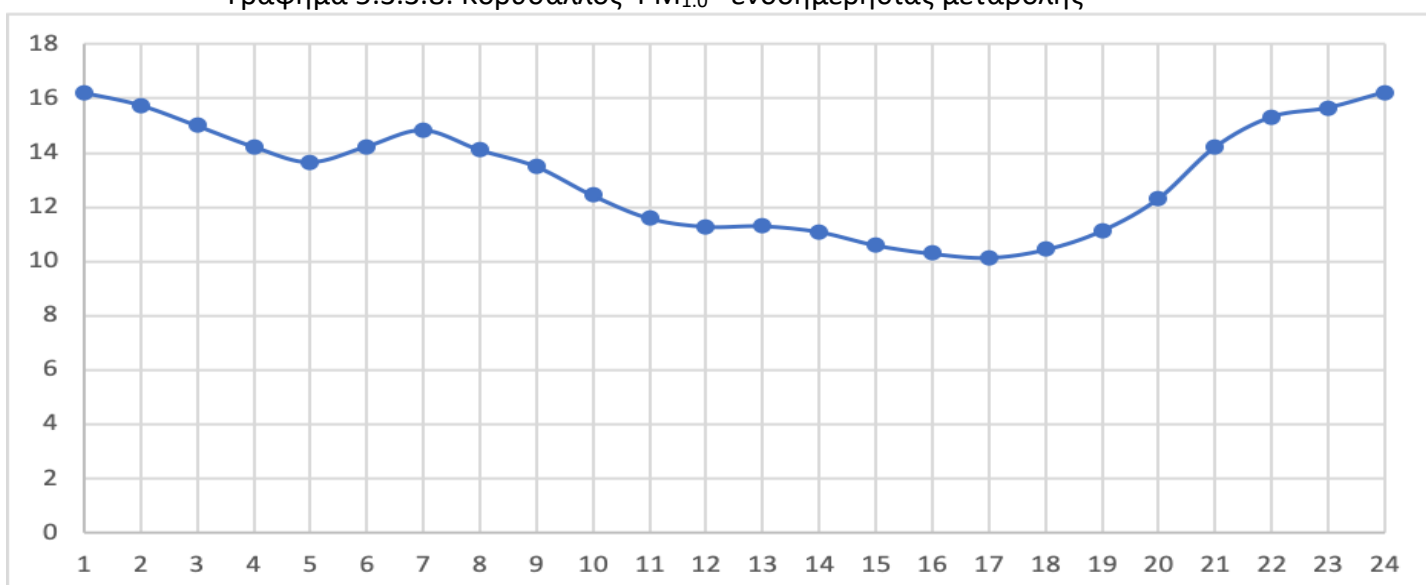
3. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.3.7: Κερατσίνι PM_{1.0}- ενδοημερήσιας μεταβολής

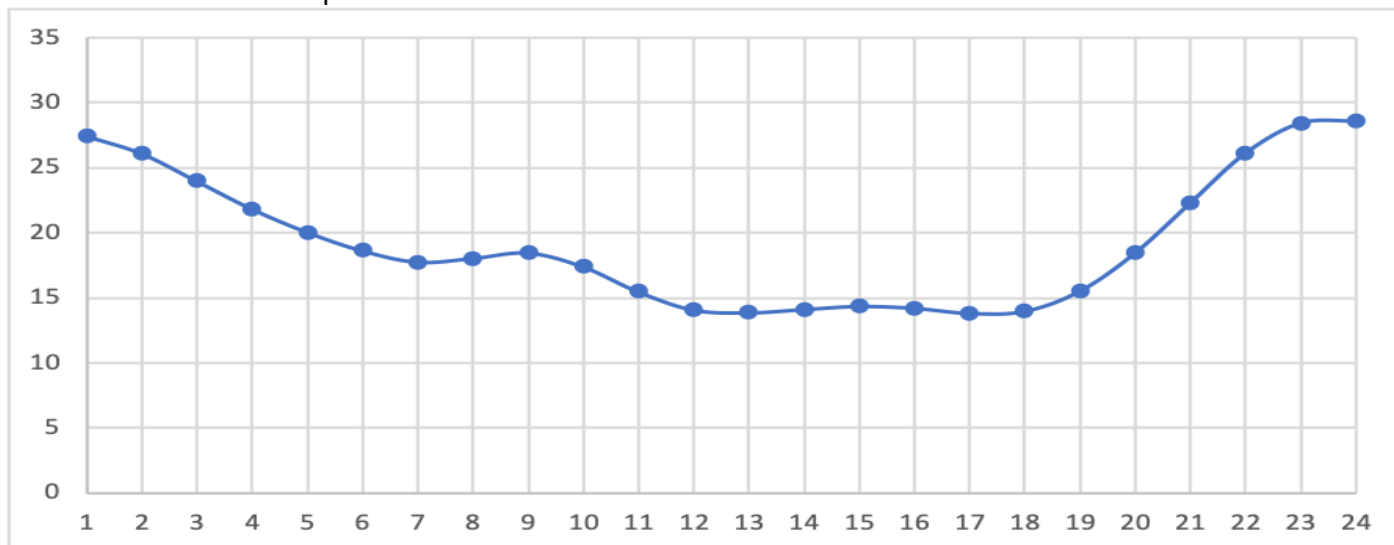


Γράφημα 5.3.3.8: Κορυδαλλός PM_{1.0}- ενδοημερήσιας μεταβολής

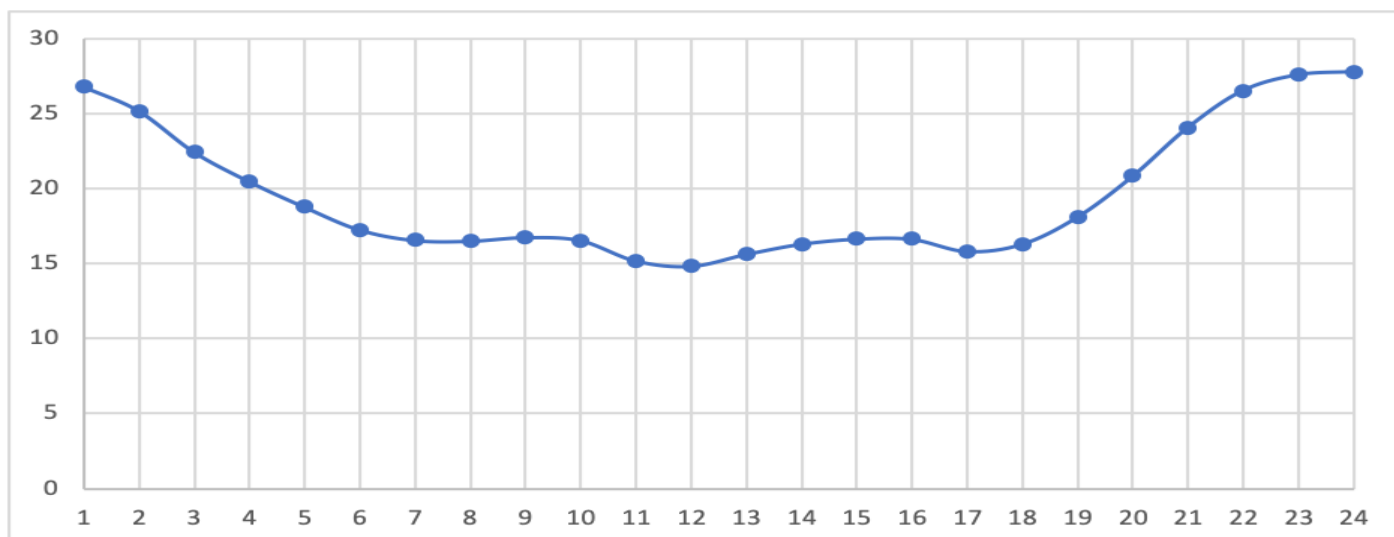


Γράφημα 5.3.3.9: Πειραιάς PM_{1.0}- ενδοημερήσιας μεταβολής

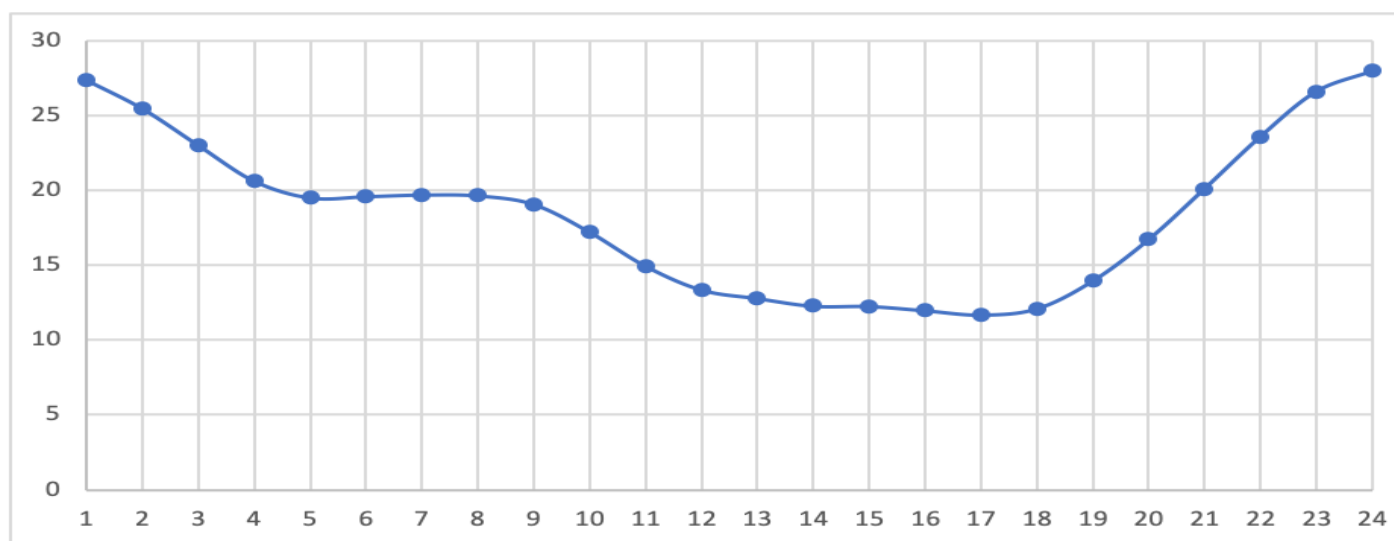
4. Κέντρο



Γράφημα 5.3.3.10: Αθήνα PM_{1.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

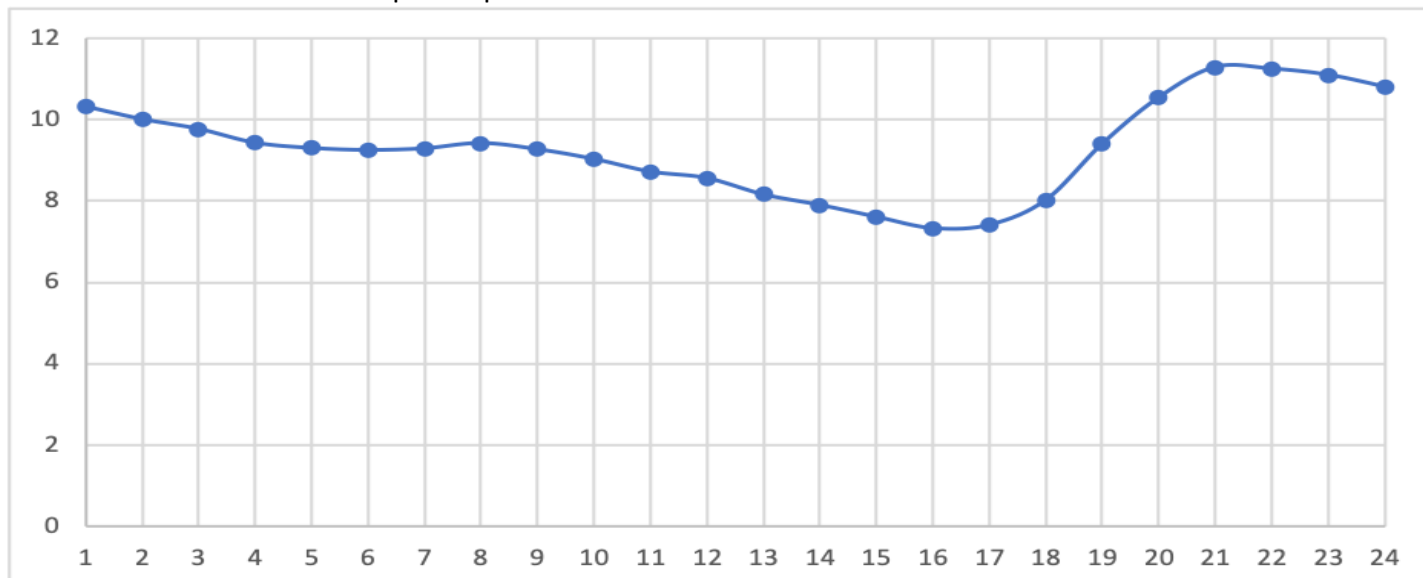


Γράφημα 5.3.3.11: Ερμού PM_{1.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής



Γράφημα 5.3.3.12: Πολυτεχνείου PM_{1.0} – ενδοημερήσιας μεταβολής

5. Ανατολική Αττική

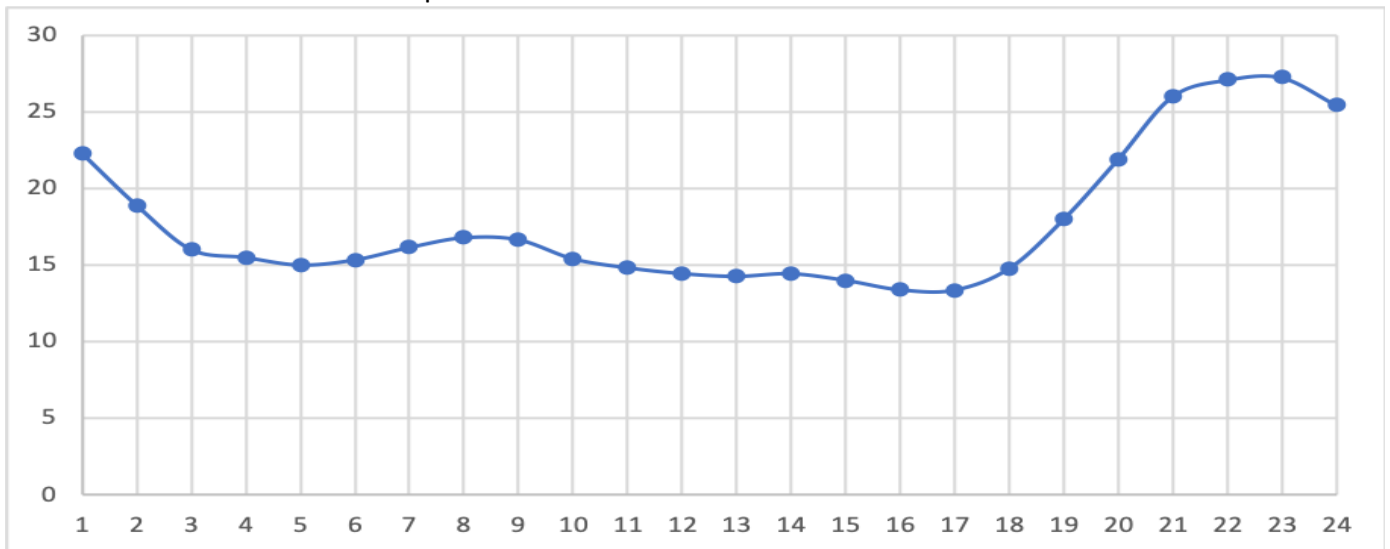


Γράφημα 5.3.3.13: Βουλιαγμένη PM_{1.0}— ενδοημερήσιας μεταβολής

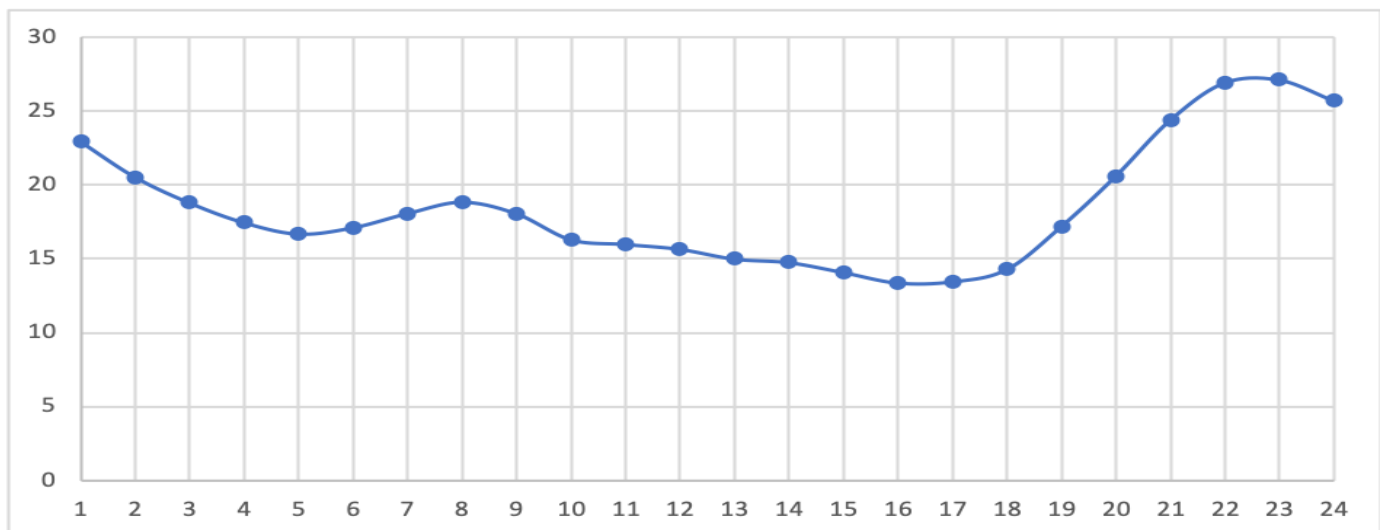
Σχολιασμός :

Για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 1 μm και τα γραφήματα ενδοημερήσιας μεταβολής παρατηρείται πως οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων δεν έχουν μεγάλες διακυμάνσεις παρά μόνο τις απογευματινές-βραδινές ώρες στις οποίες βλέπουμε μεγάλη αύξηση. Μία εξήγηση για αυτό το φαινόμενο είναι η κυκλοφοριακή συμφόρηση η οποία επικρατεί εκείνες τις ώρες λόγω της μαζικής προσέλευσης των πολιτών στους δρόμους προκειμένου να γυρίσουν στα σπίτια τους από την εργασία τους. Επιπρόσθετα παρατηρούμε μία «κοιλιά» στις συγκεντρώσεις σε πολλά γραφήματα για τις ώρες 10:00-18:00. Αυτό συμβαίνει διότι είναι ώρες που ο κόσμος έχει ήδη πάει στη δουλειά του και το μεσοδιάστημα μεταξύ 14:00-16:00 θεωρείται ώρα ξεκούρασης και χαλάρωσης.

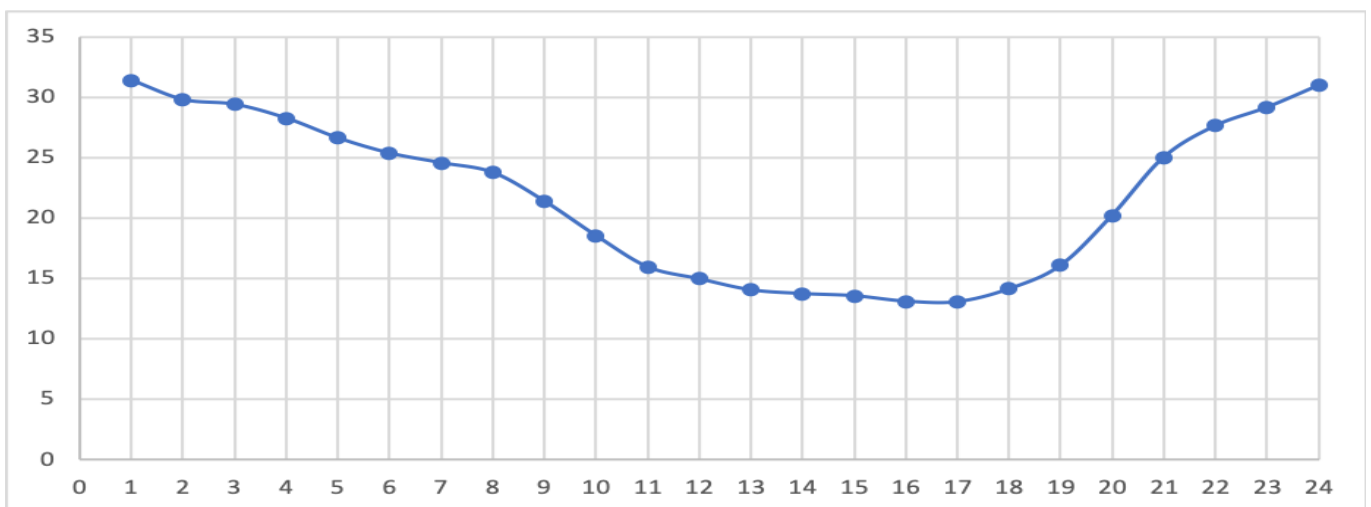
Particulate Matter PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής
6. Νότια Αττική



Γράφημα 5.3.3.14: Αργυρούπολη PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

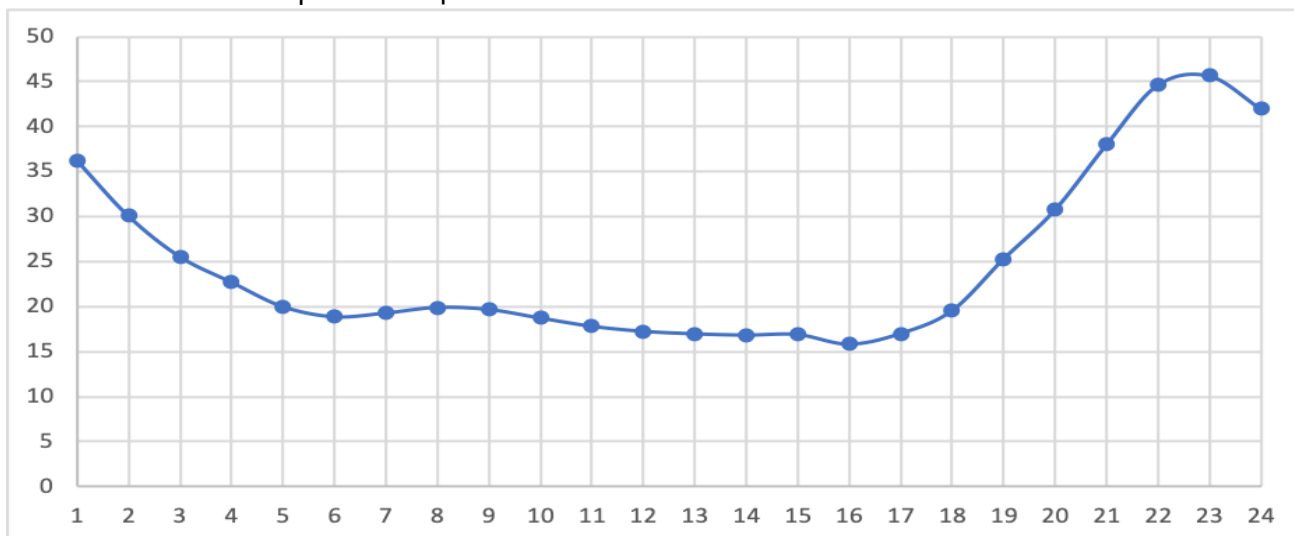


Γράφημα 5.3.3.15: Γλυφάδα PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

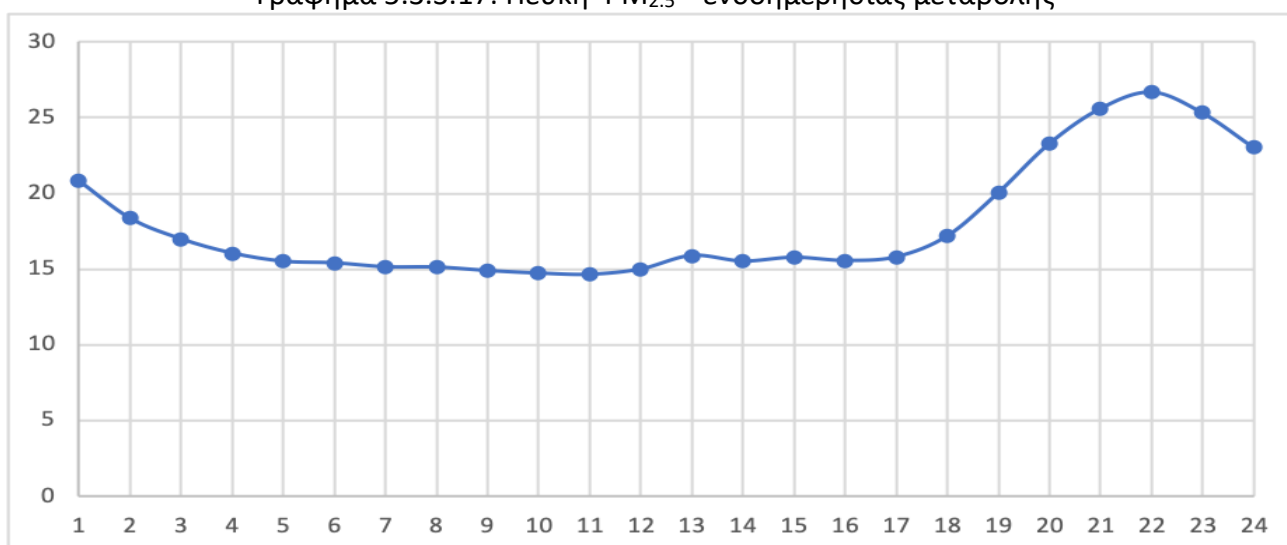


Γράφημα 5.3.3.16 Παλιό Φάληρο PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

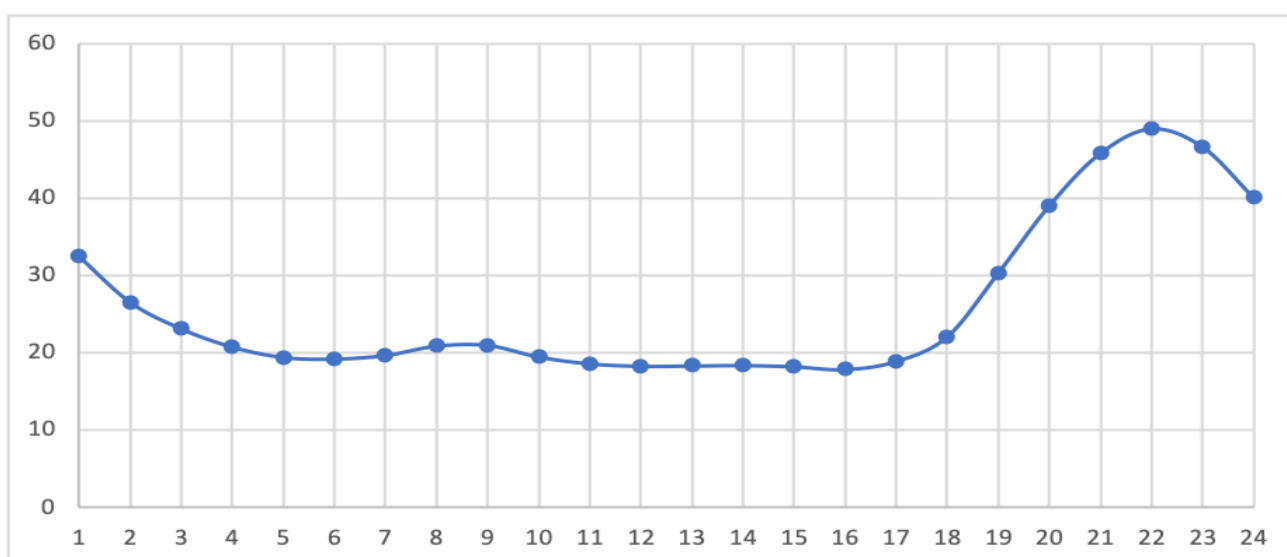
7. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.3.17: Πεύκη PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

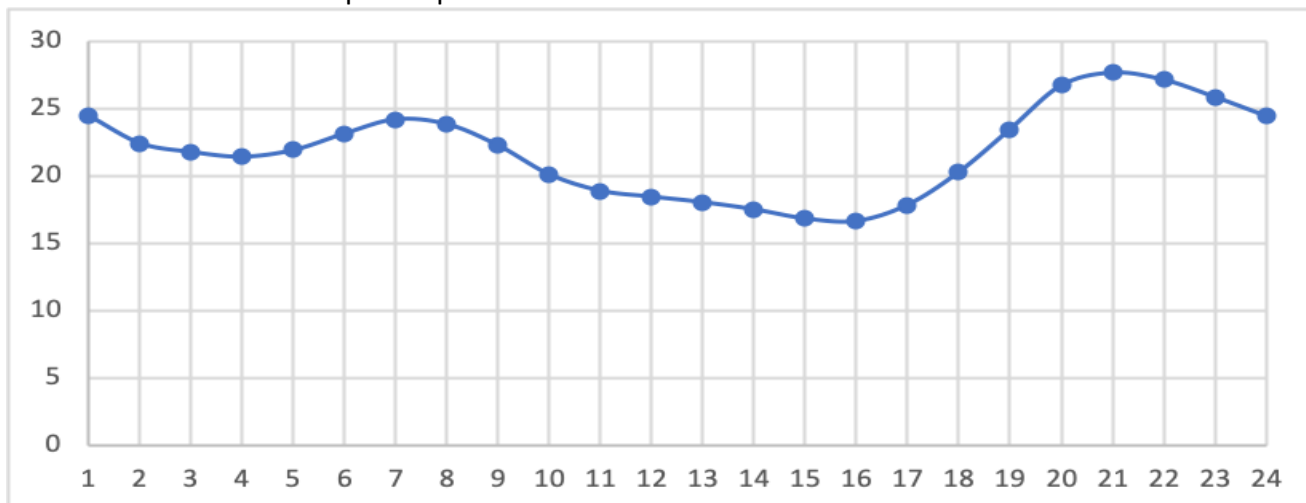


Γράφημα 5.3.3.18: Μελίσσια PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

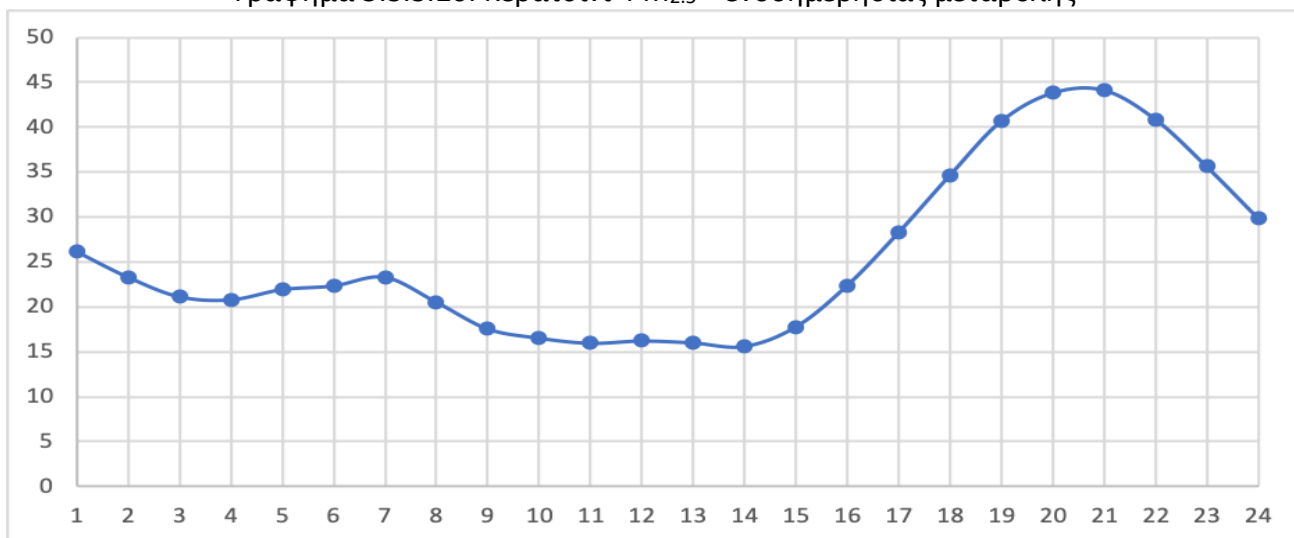


Γράφημα 5.3.3.19: Βριλήσσια PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

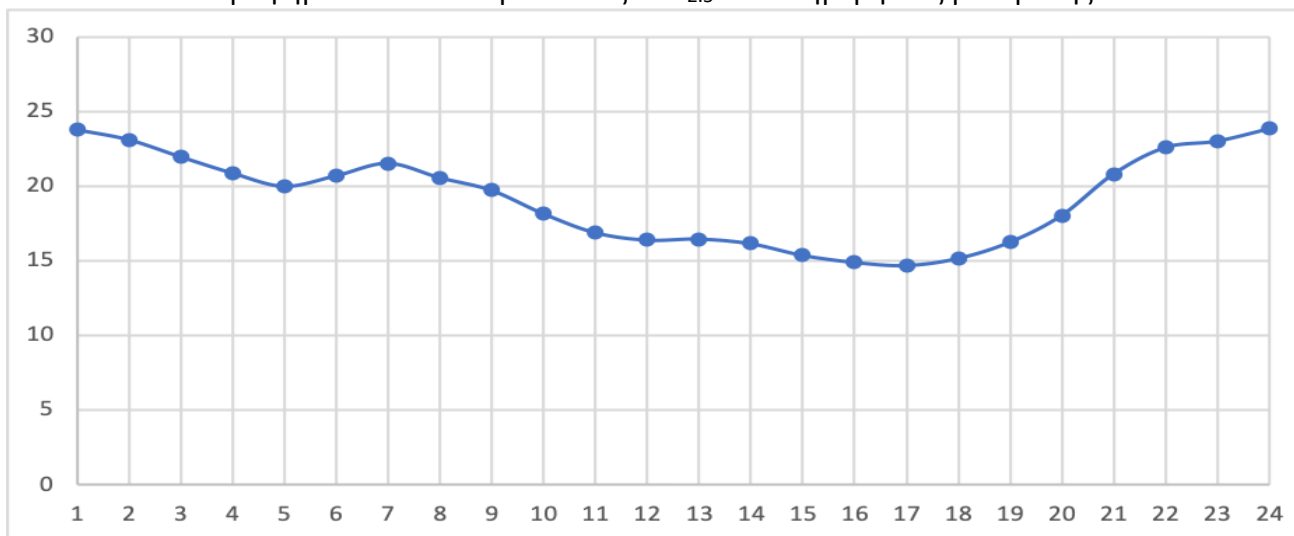
8. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.3.20: Κερατσίνι PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

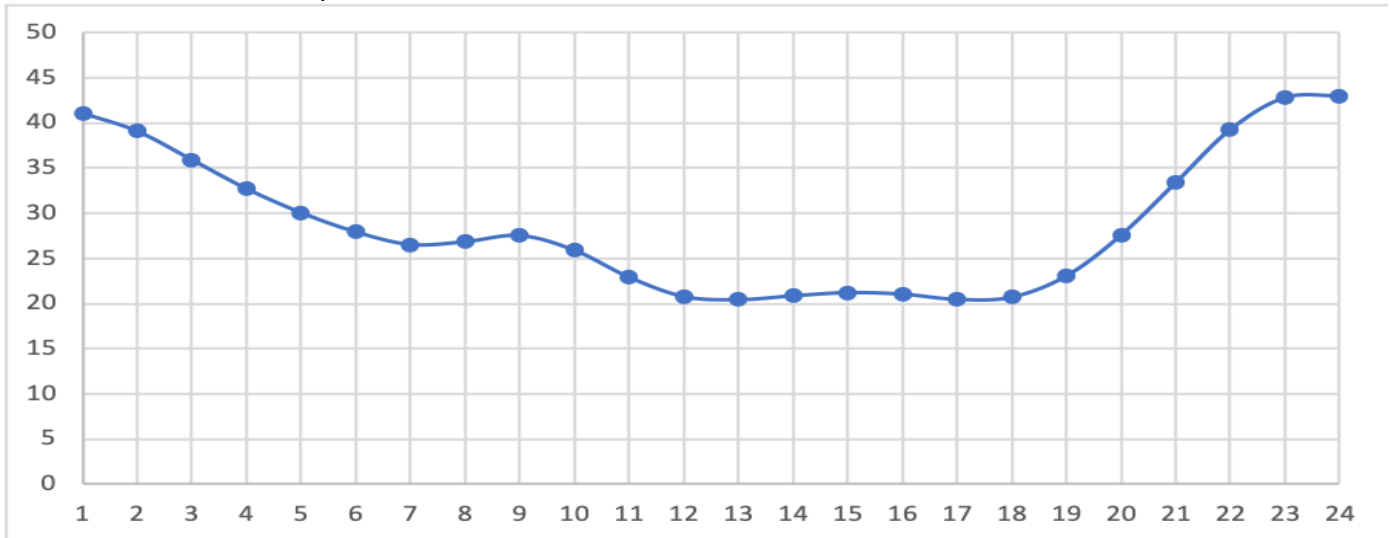


Γράφημα 5.3.3.21: Κορυδαλλός PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

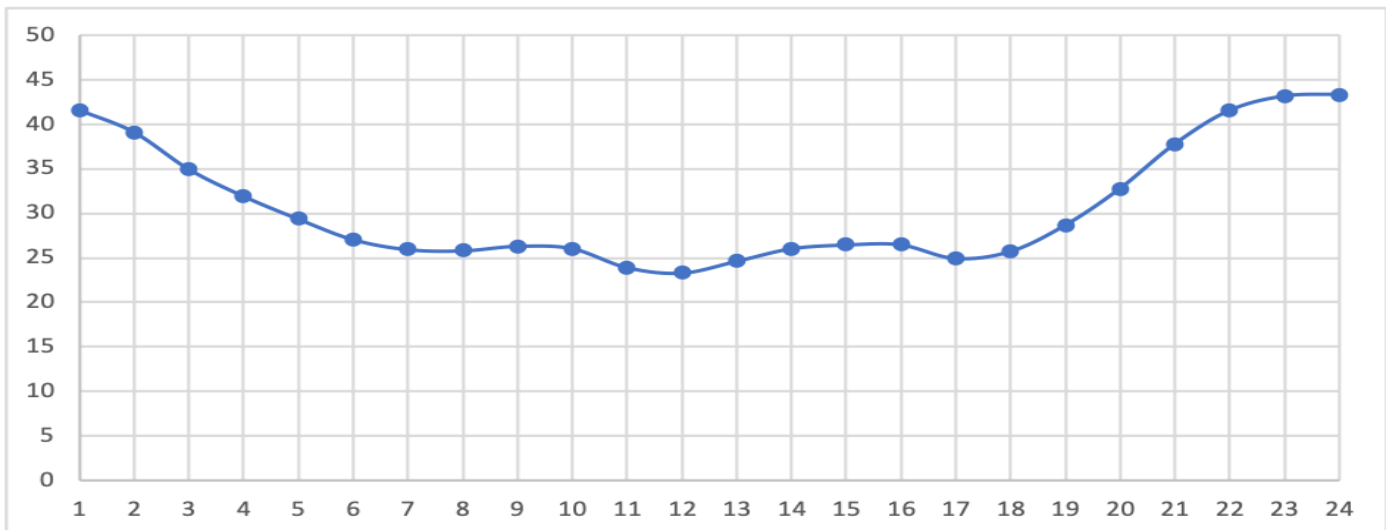


Γράφημα 5.3.3.22: Πειραιάς PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

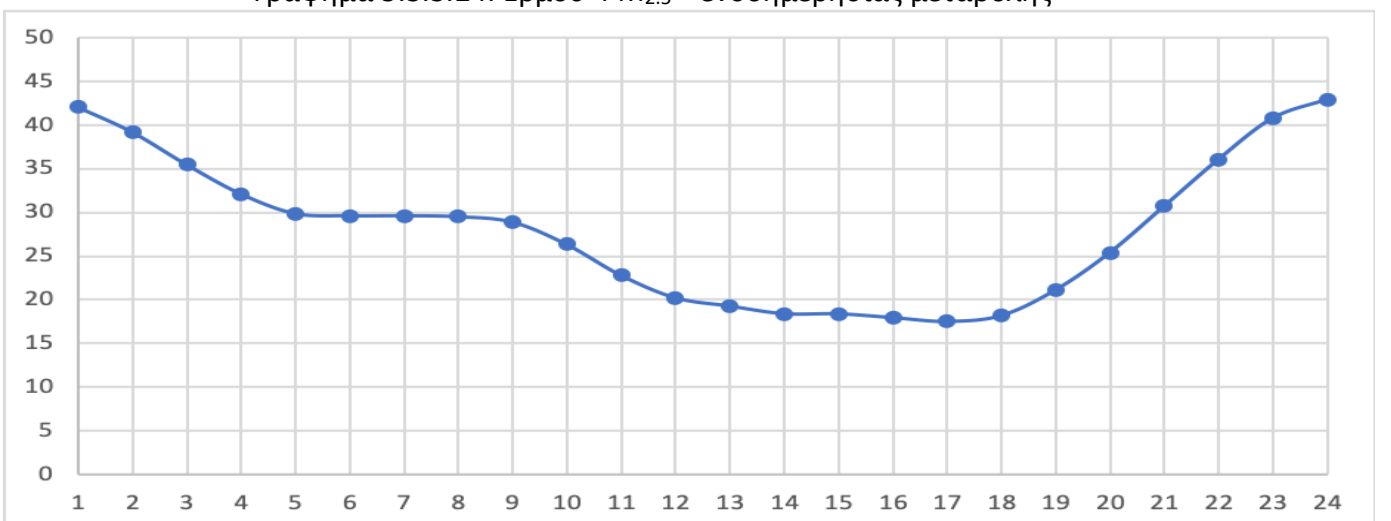
9. Κέντρο



Γράφημα 5.3.3.23: Αθήνα PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

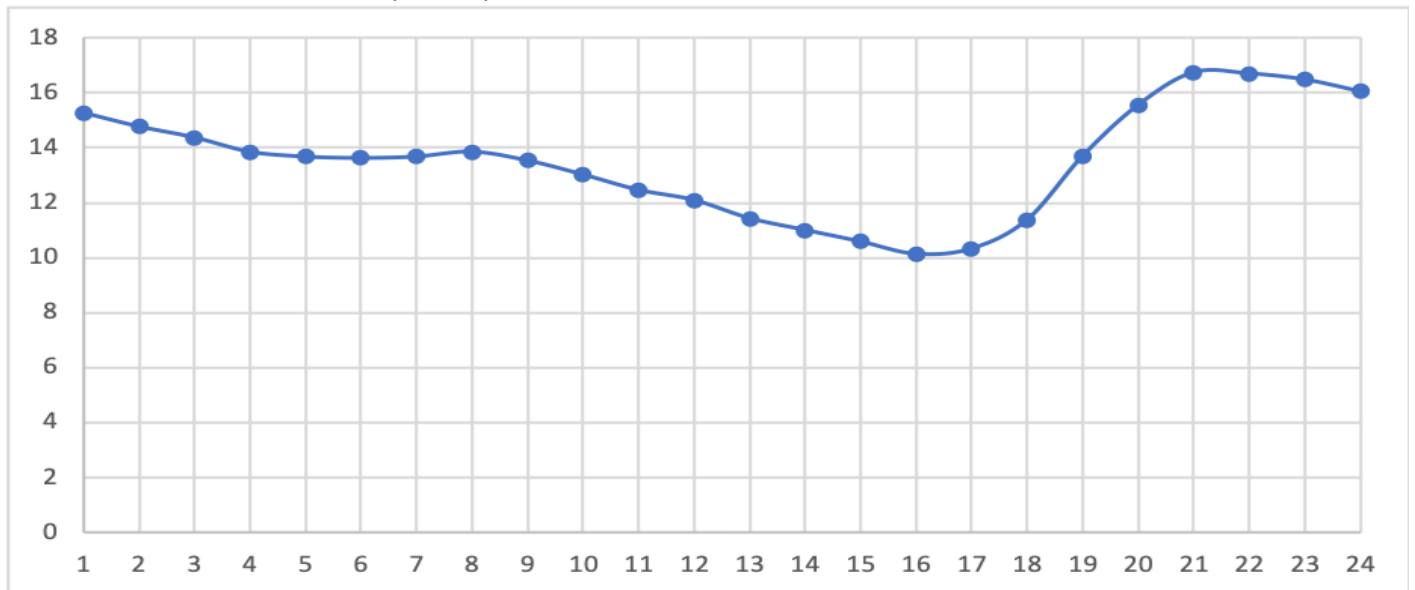


Γράφημα 5.3.3.24: Ερμού PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής



Γράφημα 5.3.3.25: Πολυτεχνείου PM_{2.5} – ενδοημερήσιας μεταβολής

10. Ανατολική Αττική

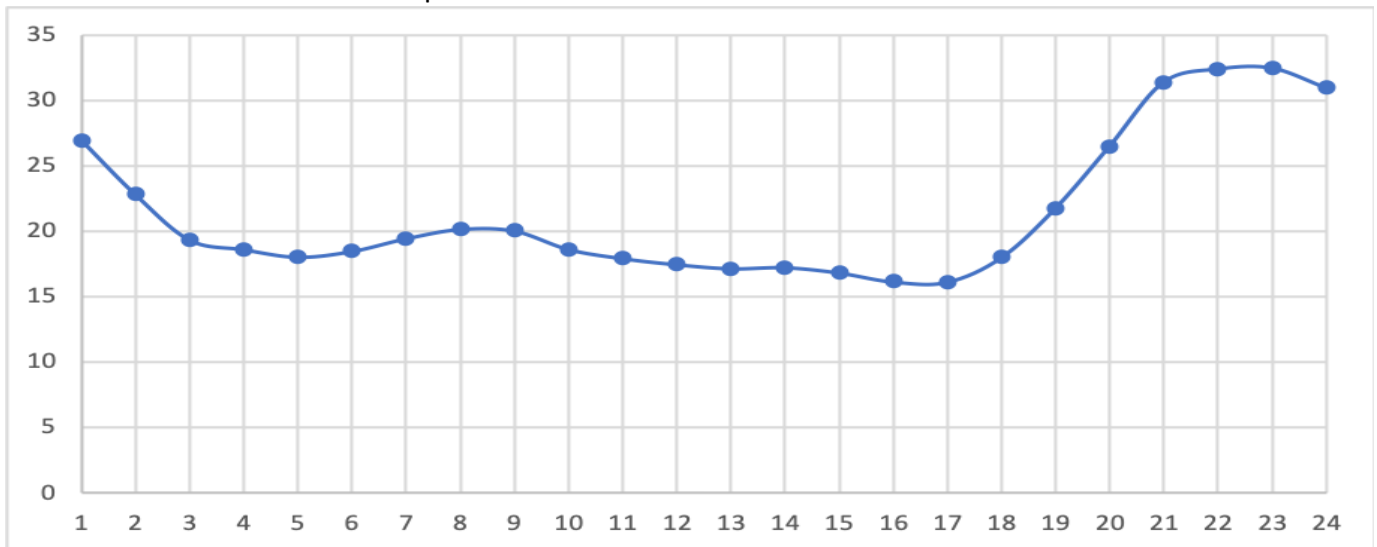


Γράφημα 5.3.3.26: Βουλιαγμένη PM_{2.5}– ενδοημερήσιας μεταβολής

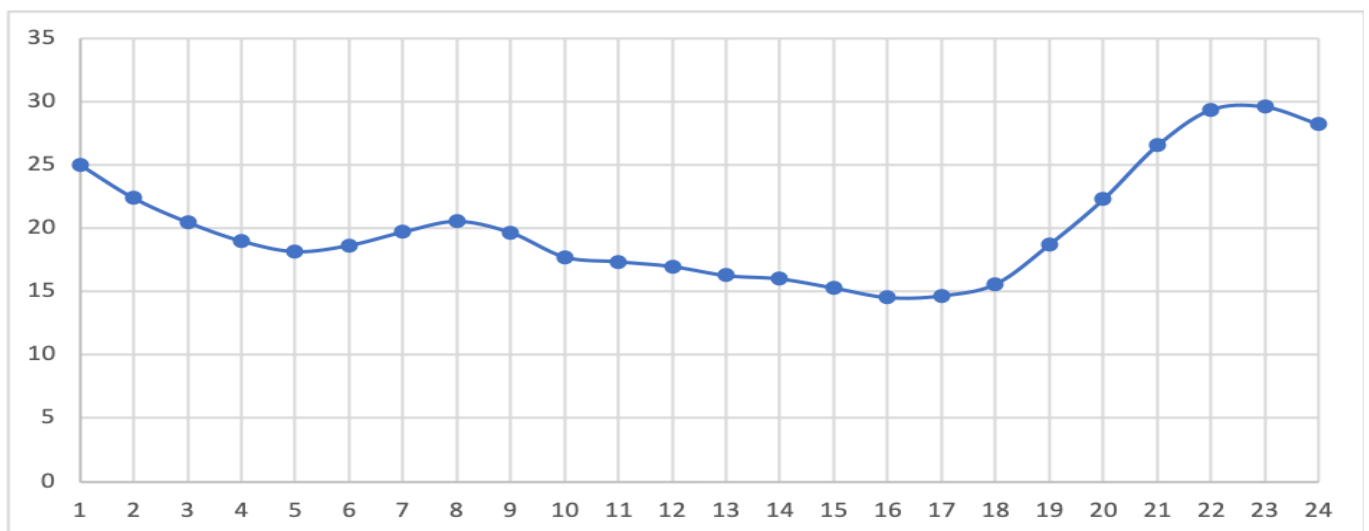
Σχολιασμός :

Για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 2,5 µm και τα γραφήματα ενδοημερήσιας μεταβολής παρατηρούμε ξανά ότι αυξομειώσεις δεν είναι τεράστιες. Τις μεγαλύτερες αυξήσεις συγκεντρώσεων της παρατηρούμε ξανά τις απογευματινές – βραδινές ώρες εξαιρώντας τον Κορυδαλλό του οποίου η αύξηση ξεκινάει από το μεσημέρι. Γενικότερα παρατηρούμε ότι τα περισσότερα γραφήματα κινούνται στο ίδιο μοτίβο και αυτό μπορούμε να το αποδώσουμε στην καθημερινή «ρουτίνα» του ανθρώπου.

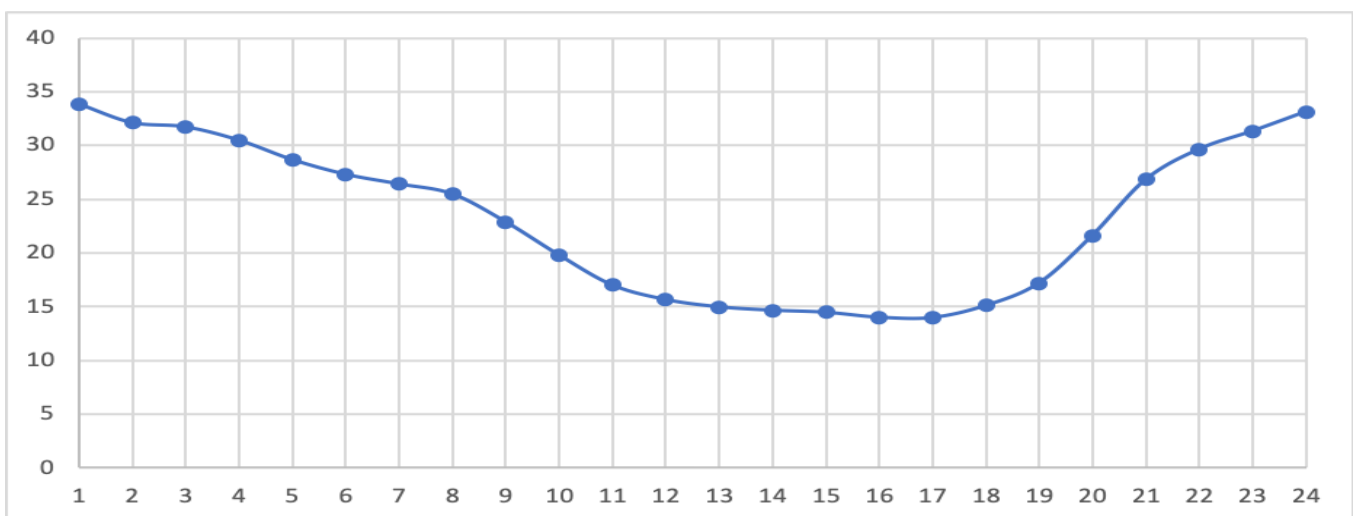
Particulate Matter PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής
11. Νότια Αττική



Γράφημα 5.3.3.27: Αργυρούπολη PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

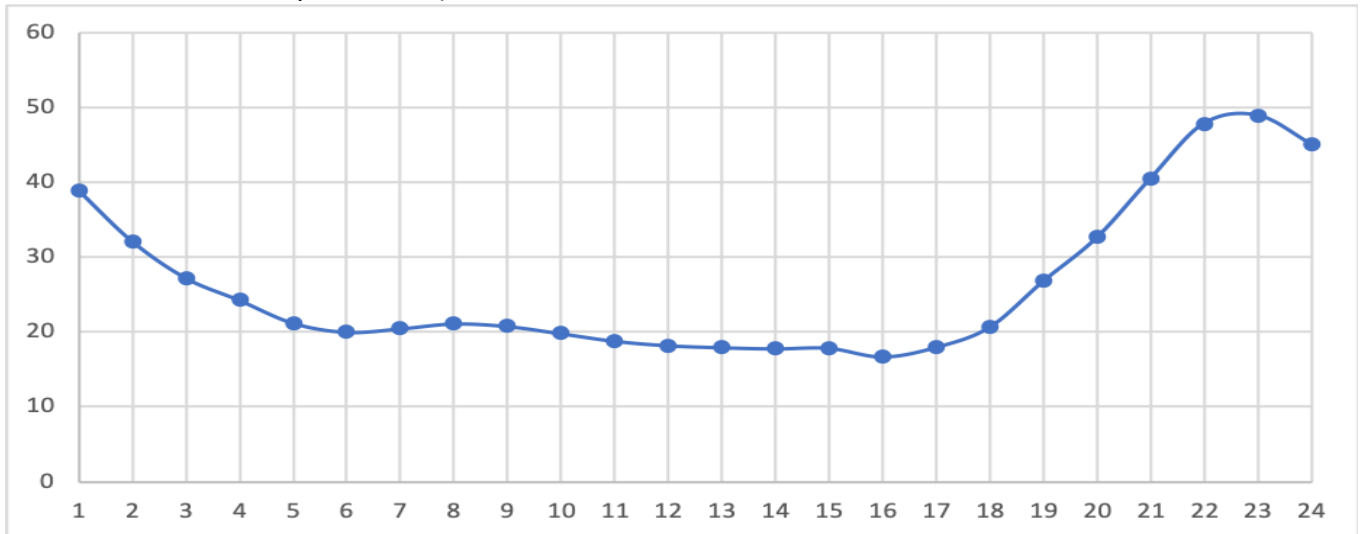


Γράφημα 5.3.3.28: Γλυφάδα PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

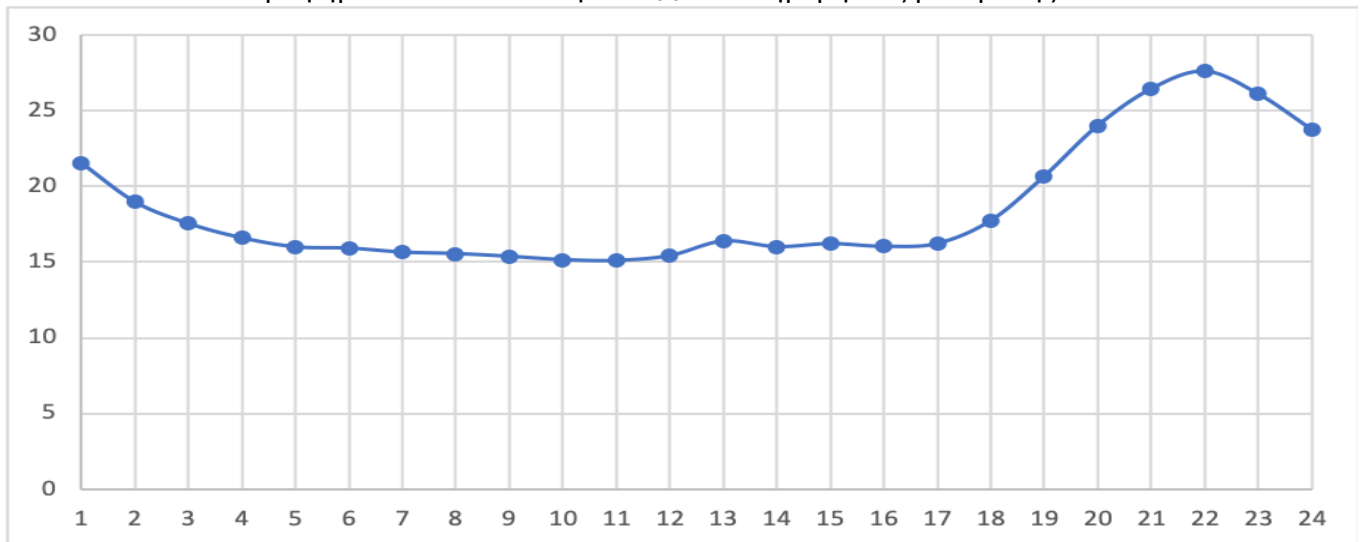


Γράφημα 5.3.3.29 Παλαιό Φάληρο PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

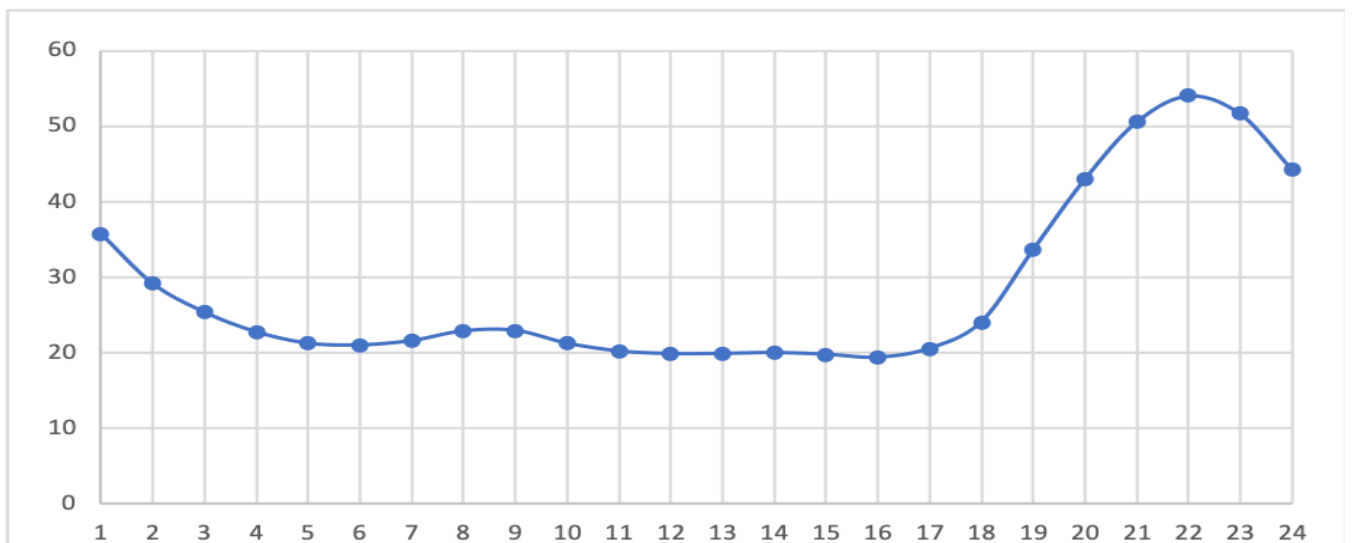
12. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.3.30: Πεύκη PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

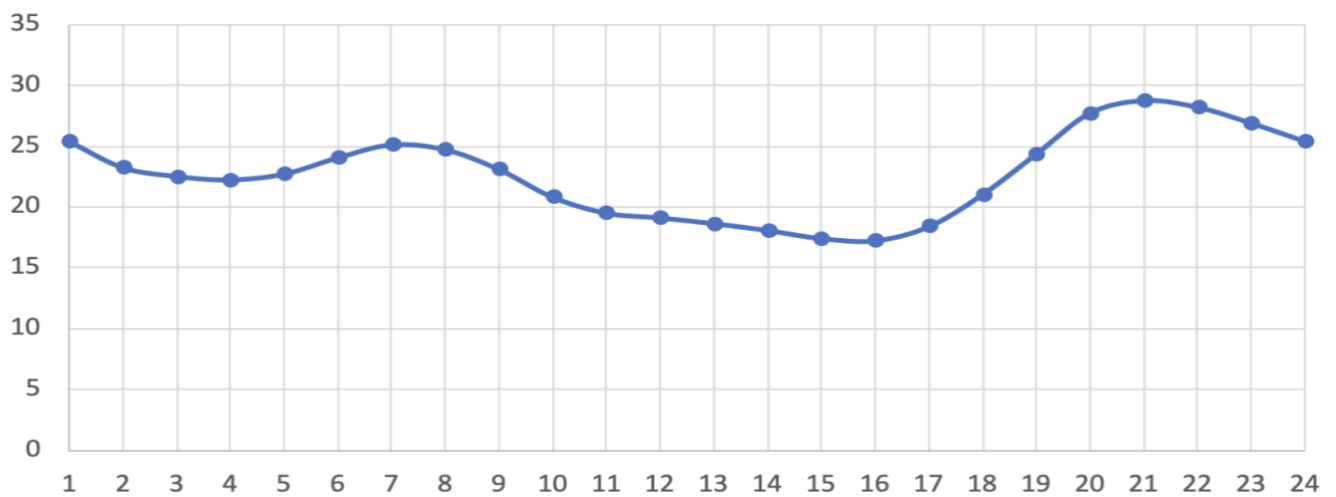


Γράφημα 5.3.3.31: Μελίσσια PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

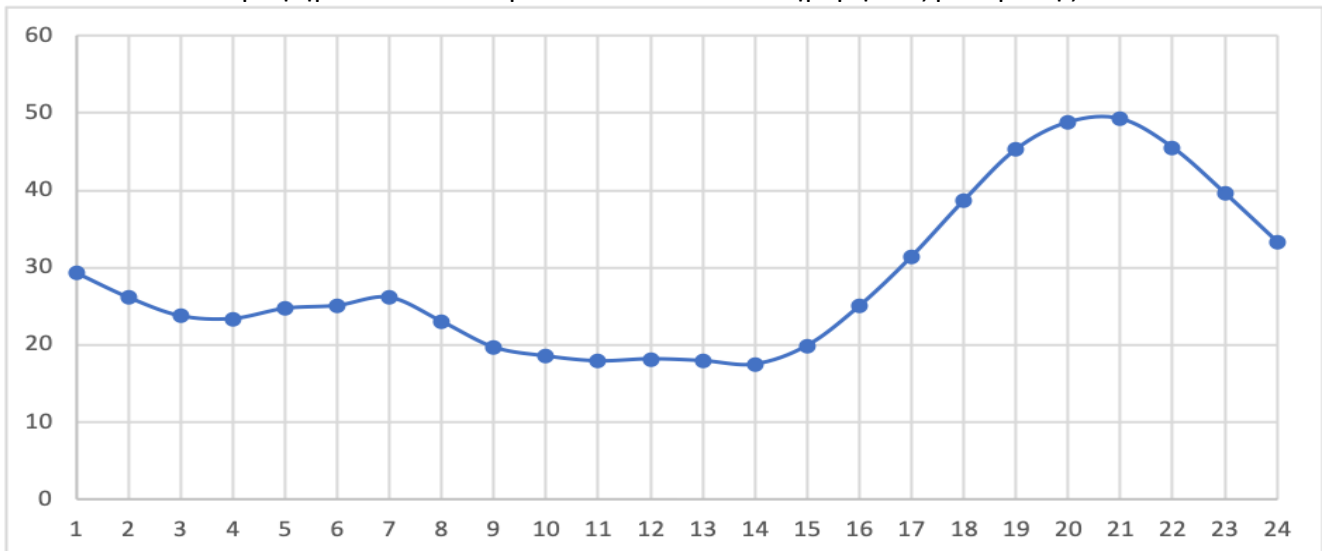


Γράφημα 5.3.3.32: Βριλήσσια PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

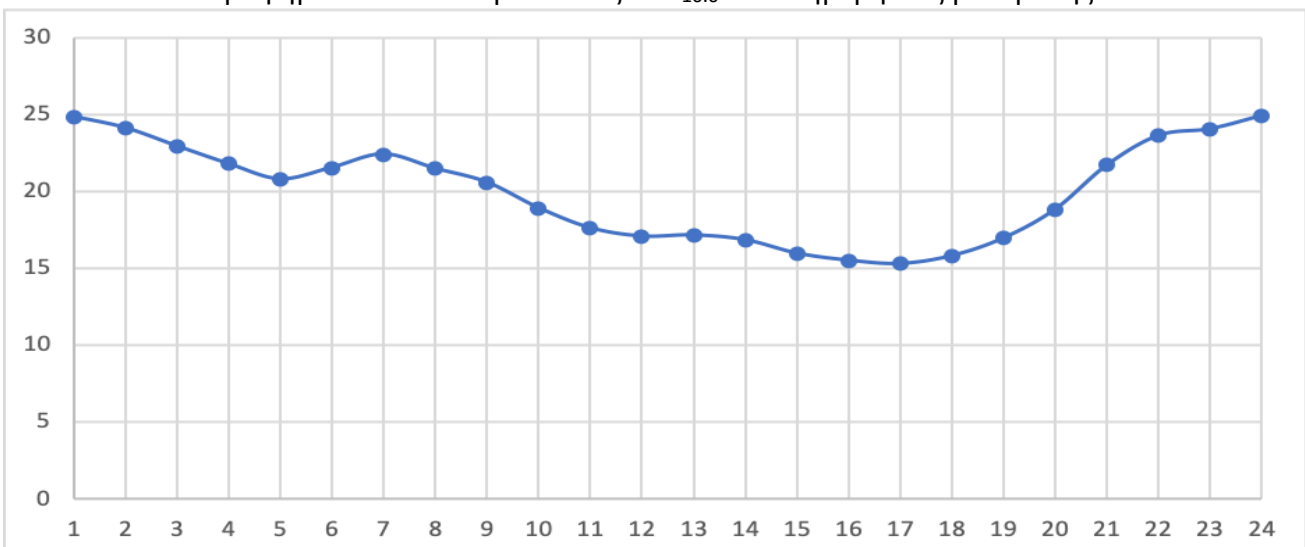
13. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.3.33: Κερατσίνι PM_{10.0}- ενδοημερήσιας μεταβολής

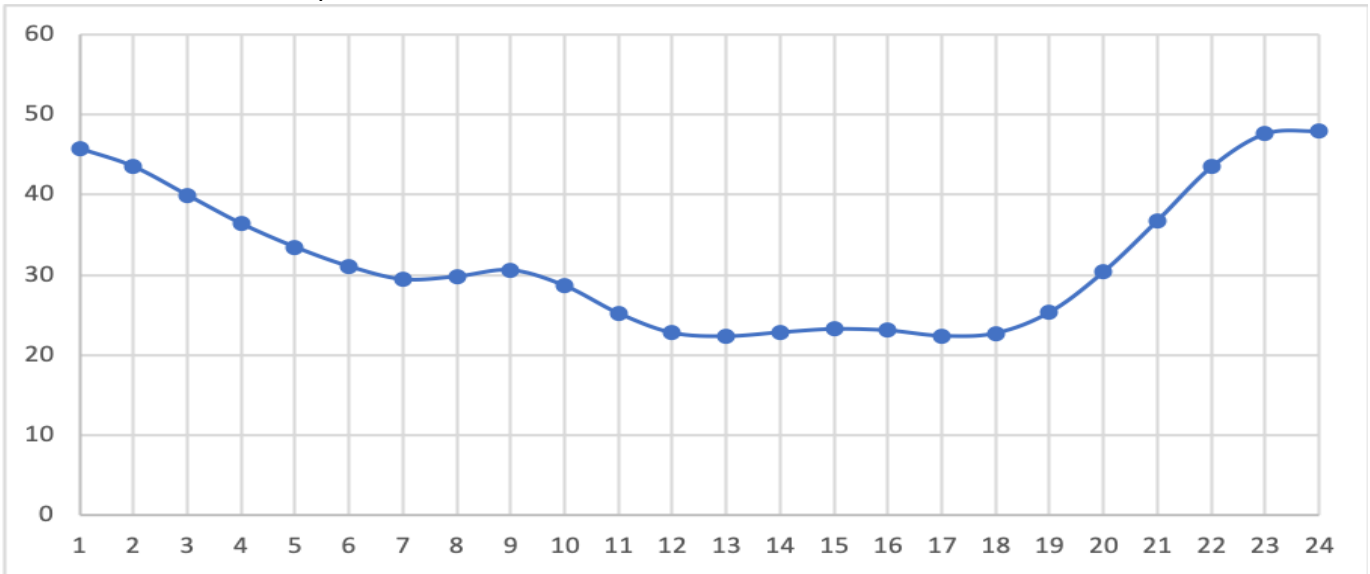


Γράφημα 5.3.3.34: Κορυδαλλός PM_{10.0}- ενδοημερήσιας μεταβολής

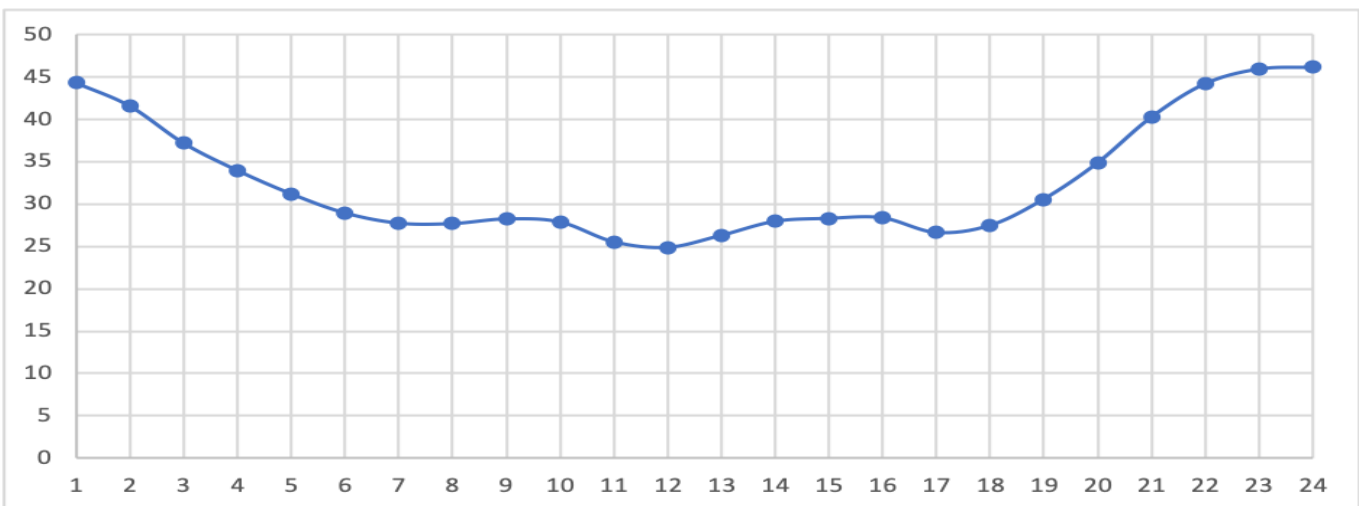


Γράφημα 5.3.3.35: Πειραιάς PM_{10.0}- ενδοημερήσιας μεταβολής

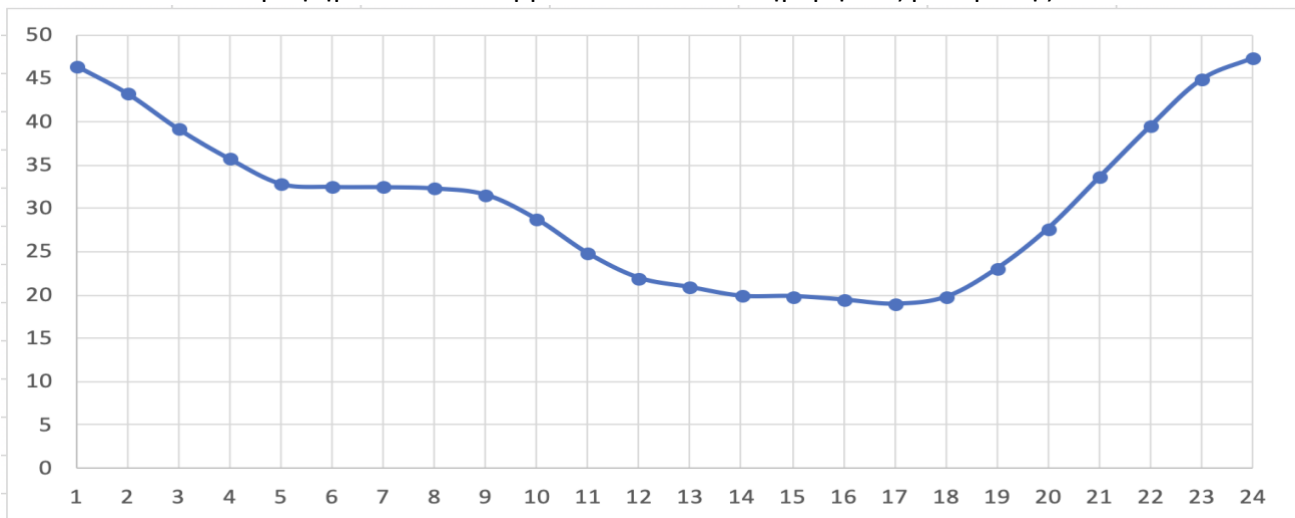
14. Κέντρο



Γράφημα 5.3.3.36: Αθήνα PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

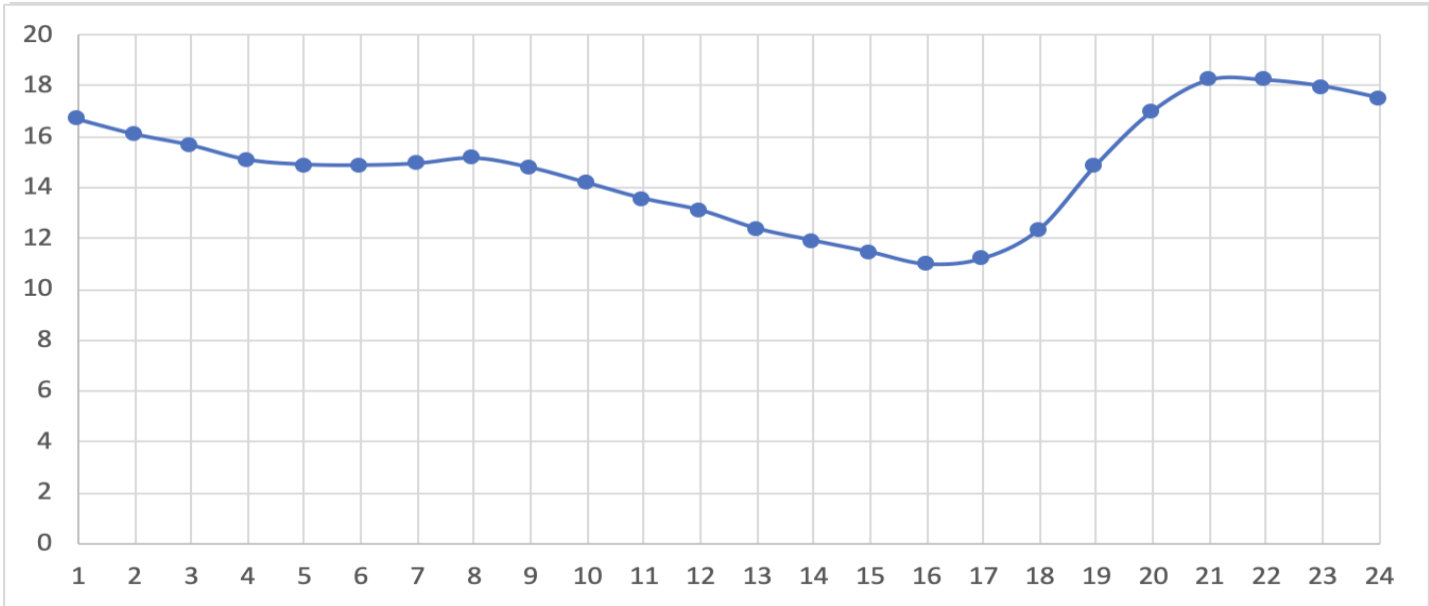


Γράφημα 5.3.3.37: Ερμού PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής



Γράφημα 5.3.3.38: Πολυτεχνείου PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

15. Ανατολική Αττική

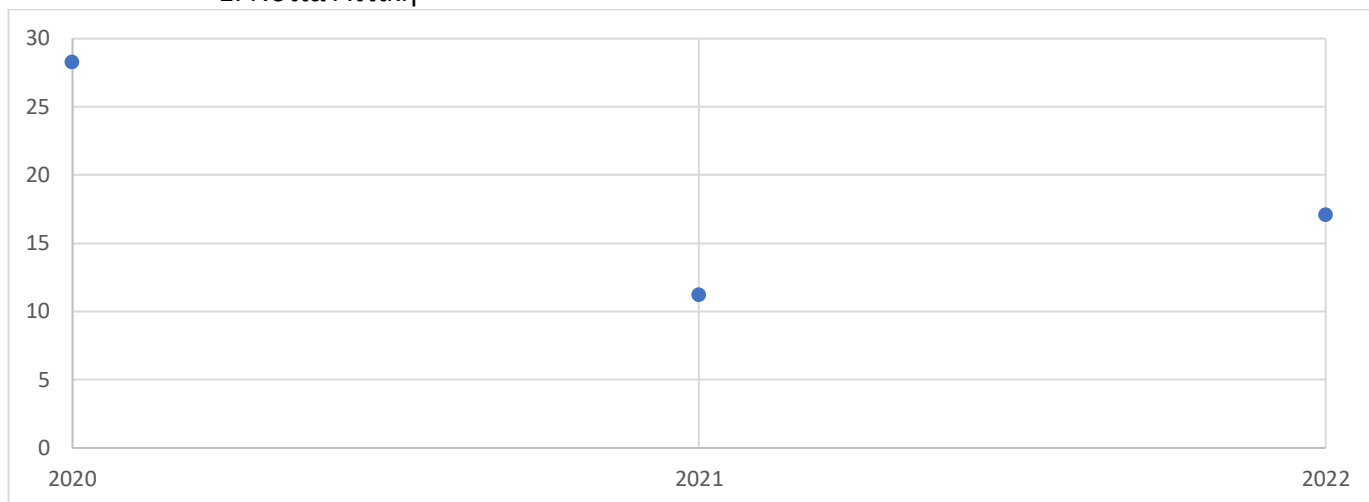


Γράφημα 5.3.3.39: Βουλιαγμένη PM_{10.0}– ενδοημερήσιας μεταβολής

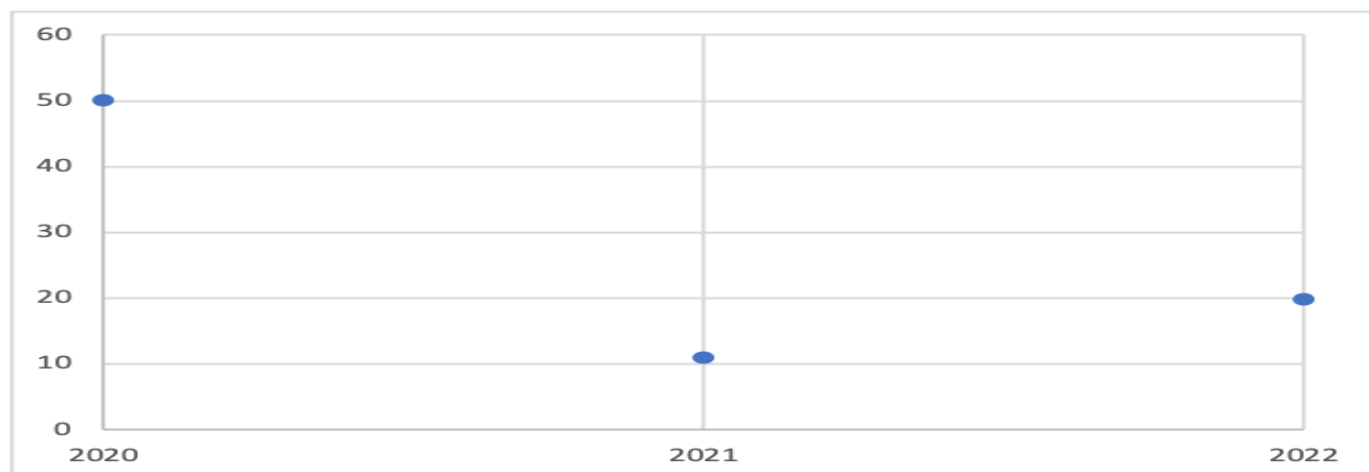
Σχολιασμός :

Τέλος για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 10 μm και τα γραφήματα ενδοημερήσιας μεταβολής παρατηρούμε πως οι αυξομειώσεις στις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων δεν είναι τεράστιες. Τις μεγαλύτερες αυξήσεις συγκεντρώσεων της παρατηρούμε ξανά τις απογευματινές – βραδινές ώρες εξαιρώντας ξανά τον Κορυδαλλό του οποίου η αύξηση ξεκινάει από το μεσημέρι και πιο συγκεκριμένα από ώρα 15:00. Γενικότερα παρατηρούμε ότι τα περισσότερα γραφήματα κινούνται στο ίδιο μοτίβο και αυτό μπορούμε να το αποδώσουμε στην καθημερινή «ρουτίνα» του ανθρώπου.

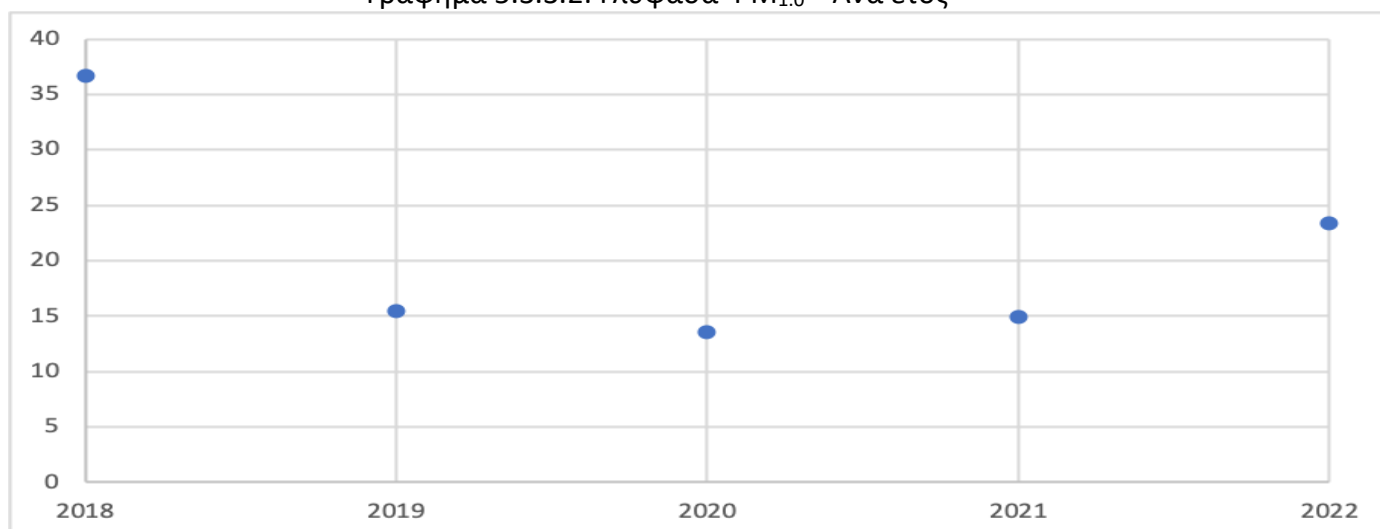
5.3.4: Γραφήματα ανά έτος για PM_{1.0}, PM_{2.5} και PM_{10.0}:
Particulate Matter PM_{1.0} – ανά έτος
1. Νότια Αττική



Γράφημα 5.3.3.1: Αργυρούπολη PM_{1.0}– Ανά έτος

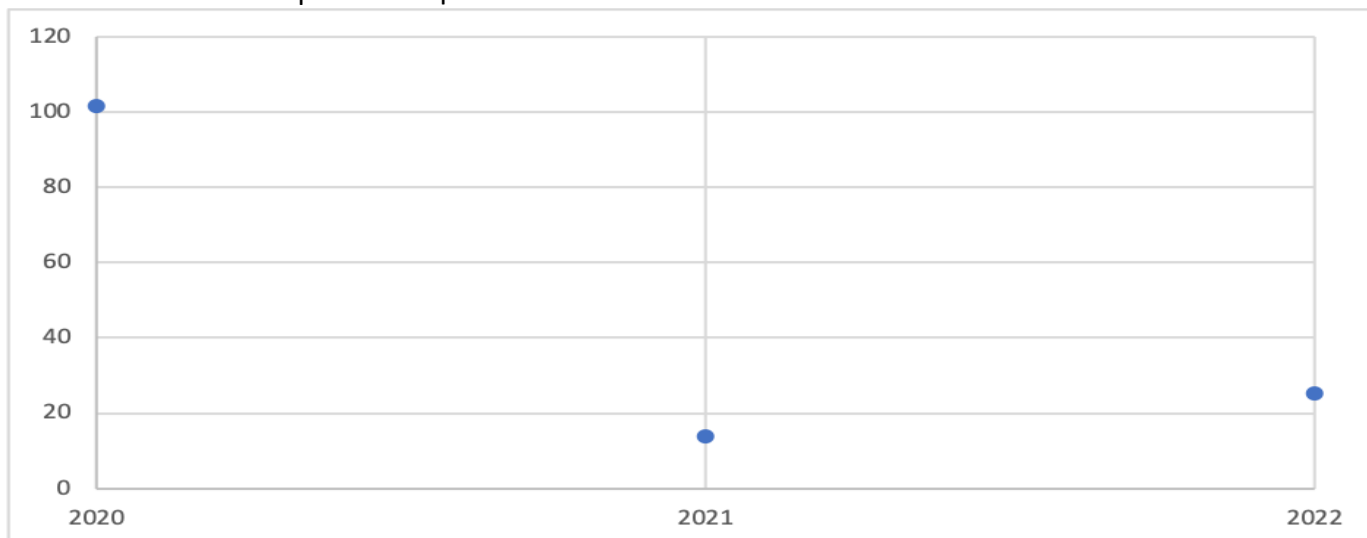


Γράφημα 5.3.3.2: Γλυφάδα PM_{1.0}– Ανά έτος

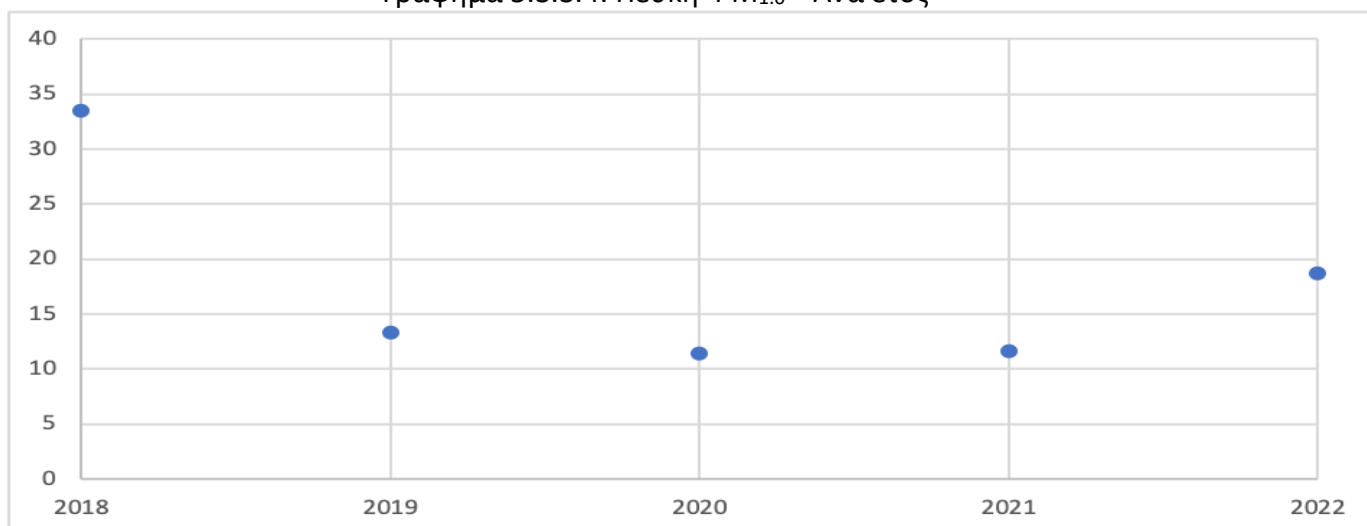


Γράφημα 5.3.3.3 Παλαιό Φάληρο PM_{1.0}– Ανά έτος

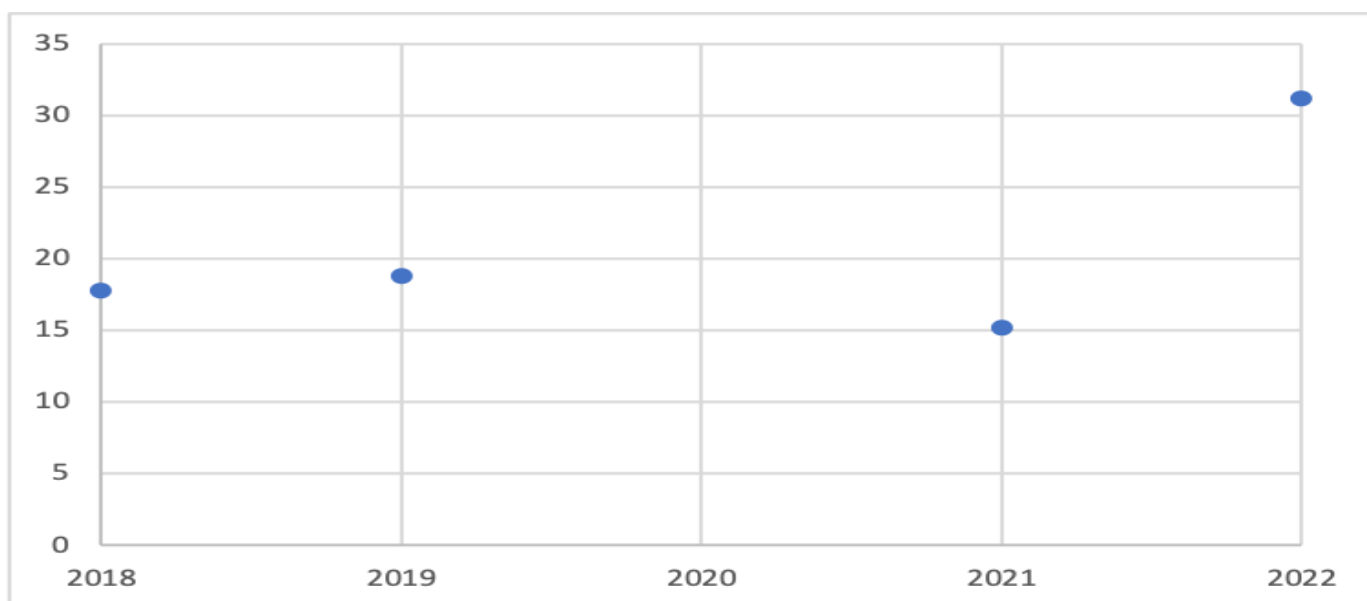
2. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.3.4: Πεύκη PM_{1.0} – Ανά έτος

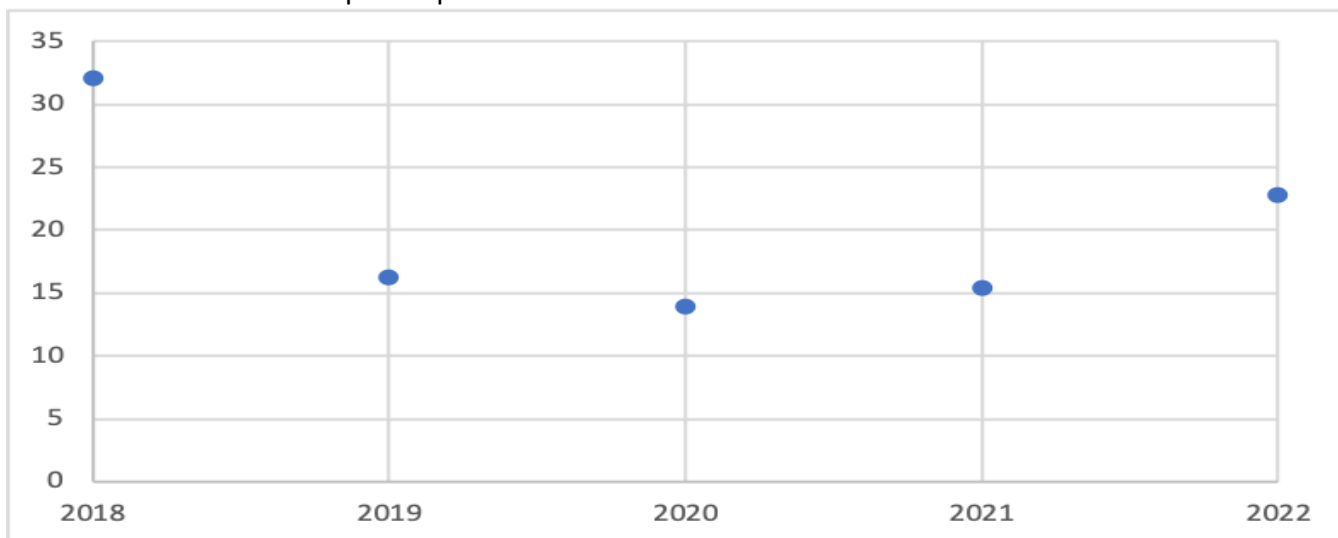


Γράφημα 5.3.3.5: Μελίσσια PM_{1.0} – Ανά έτος

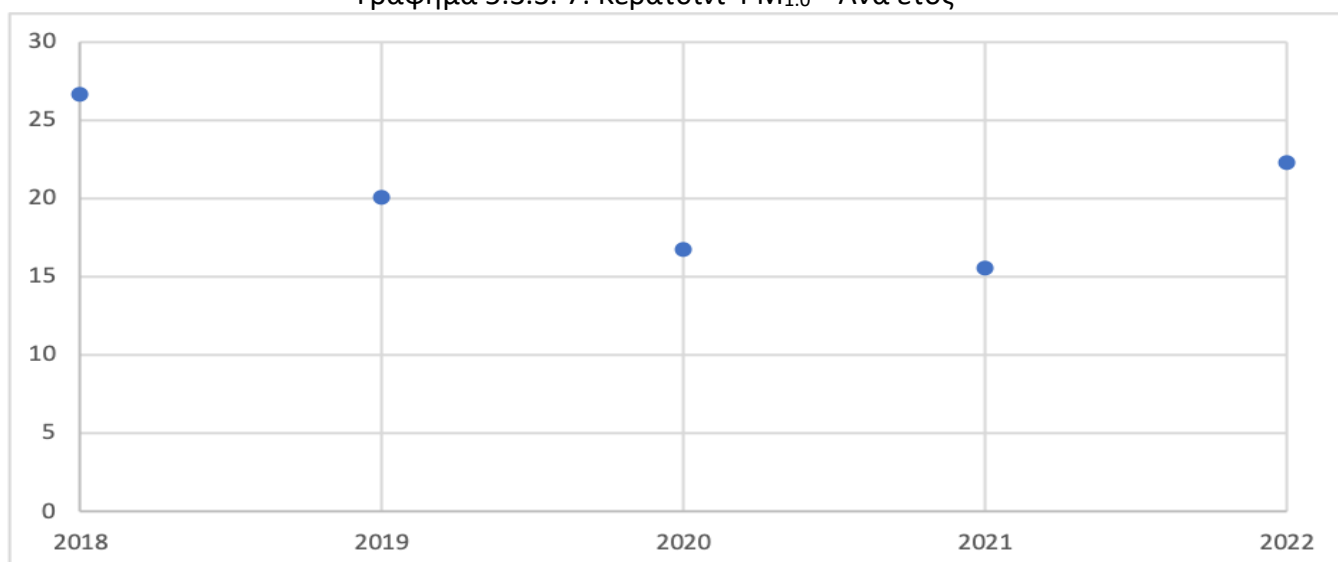


Γράφημα 5.3.3.6: Βριλήσσια PM_{1.0} – Ανά έτος

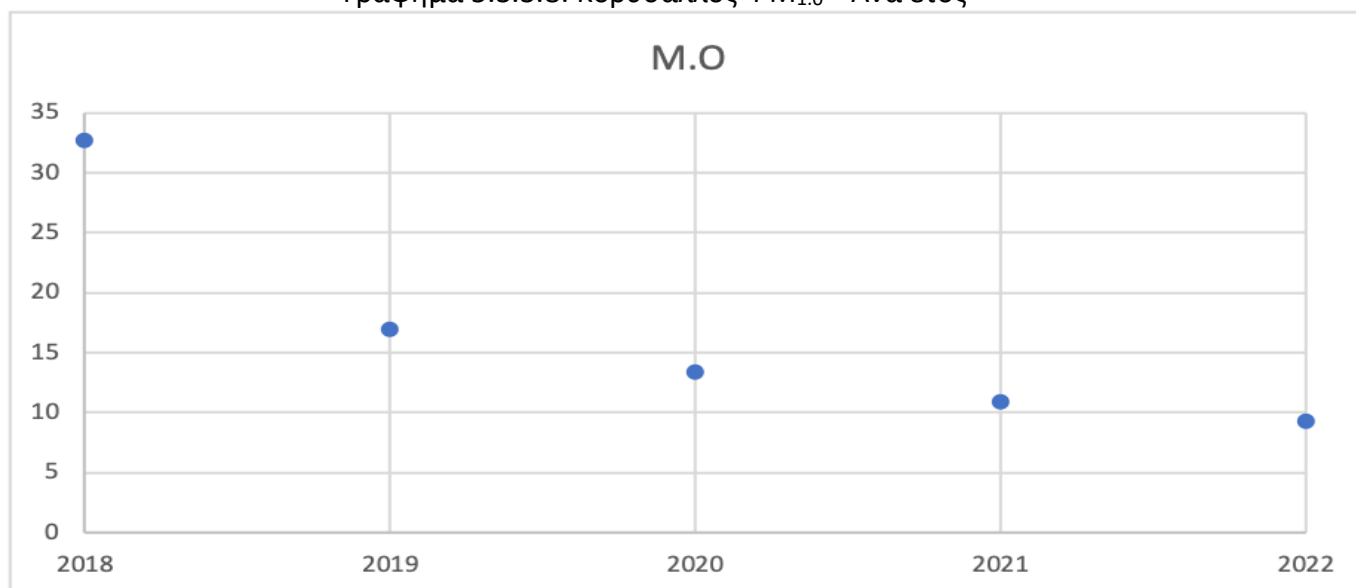
3. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.3. 7: Κερατσίνι PM_{1.0}– Ανά έτος

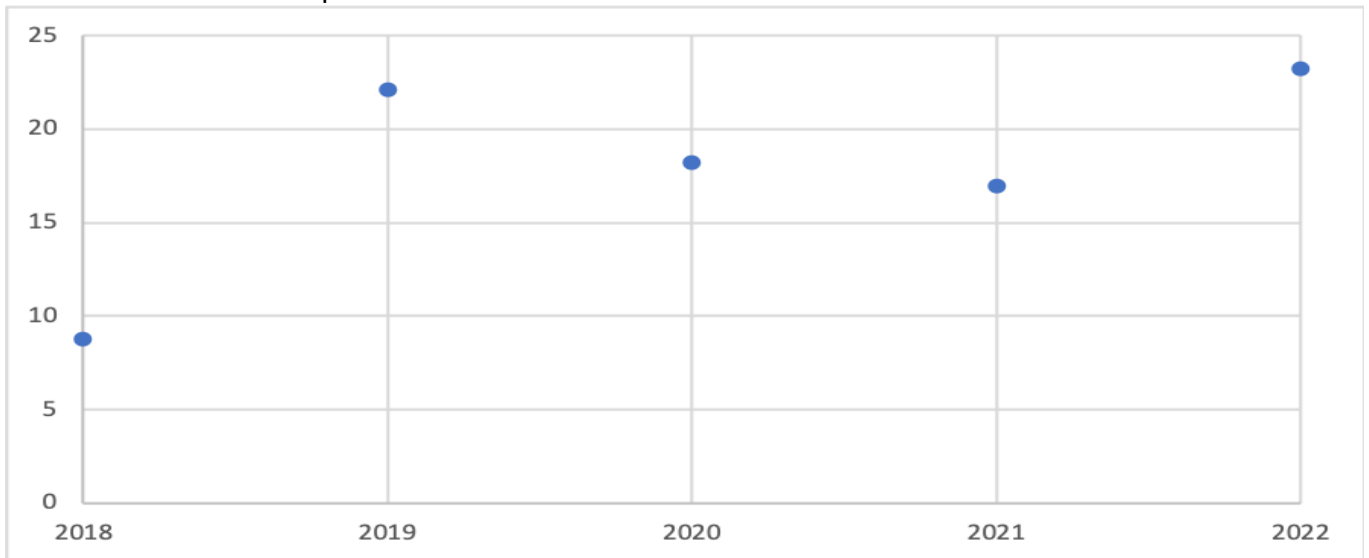


Γράφημα 5.3.3.8: Κορυδαλλός PM_{1.0}– Ανά έτος

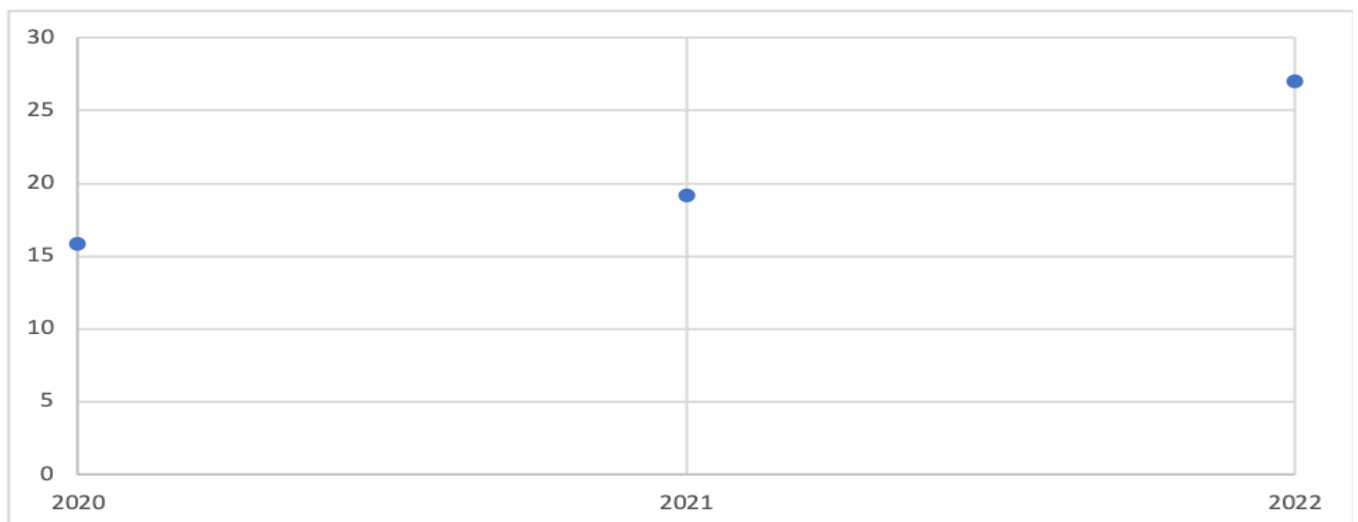


Γράφημα 5.3.3.9: Πειραιάς PM_{1.0}– Ανά έτος

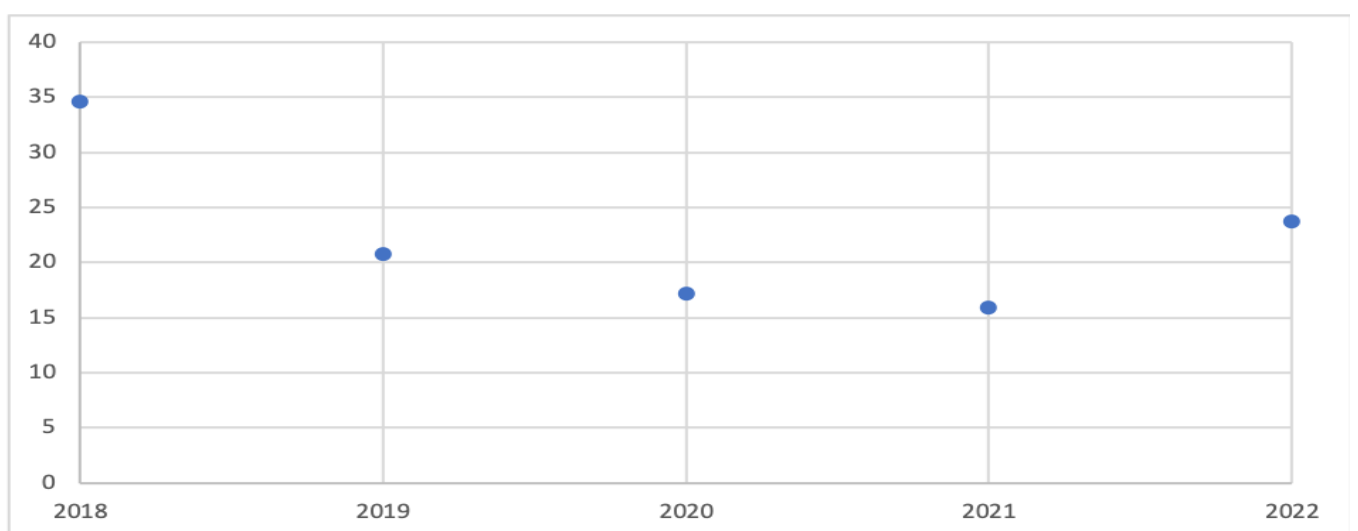
4. Κέντρο



Γράφημα 5.3.3.10: Αθήνα PM_{1.0} – Ανά έτος

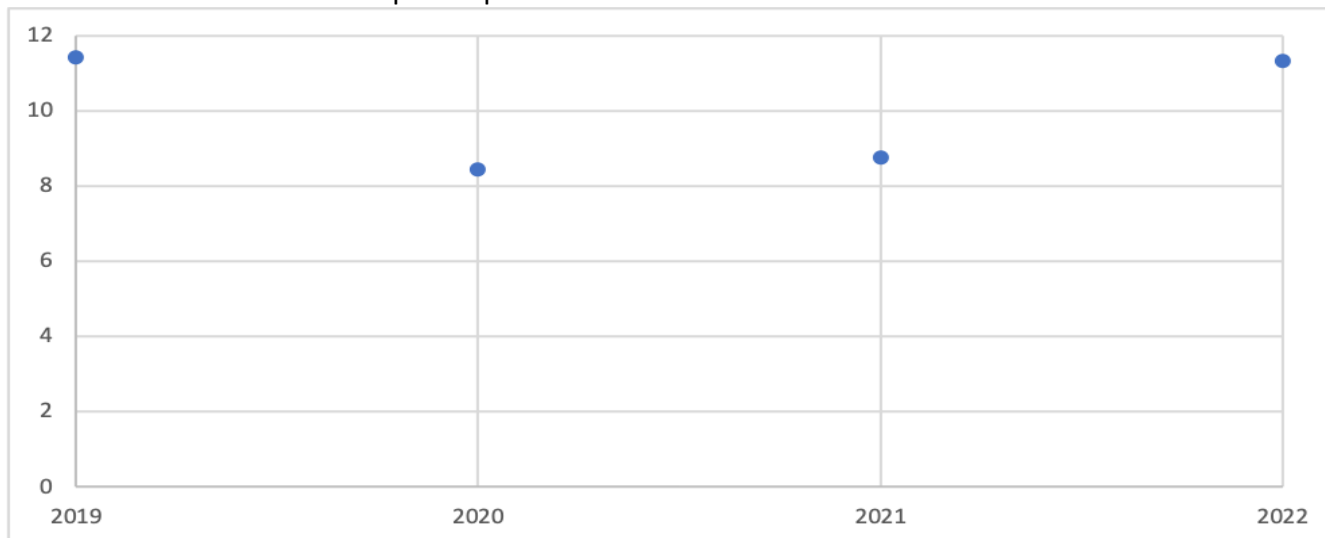


Γράφημα 5.3.3.11: Ερμού PM_{1.0} – Ανά έτος



Γράφημα 5.3.3.12: Πολυτεχνείου PM_{1.0} – Ανά έτος

5. Ανατολική Αττική



Γράφημα 5.3.3.13: Βουλιαγμένη PM_{1.0} – Ανά έτος

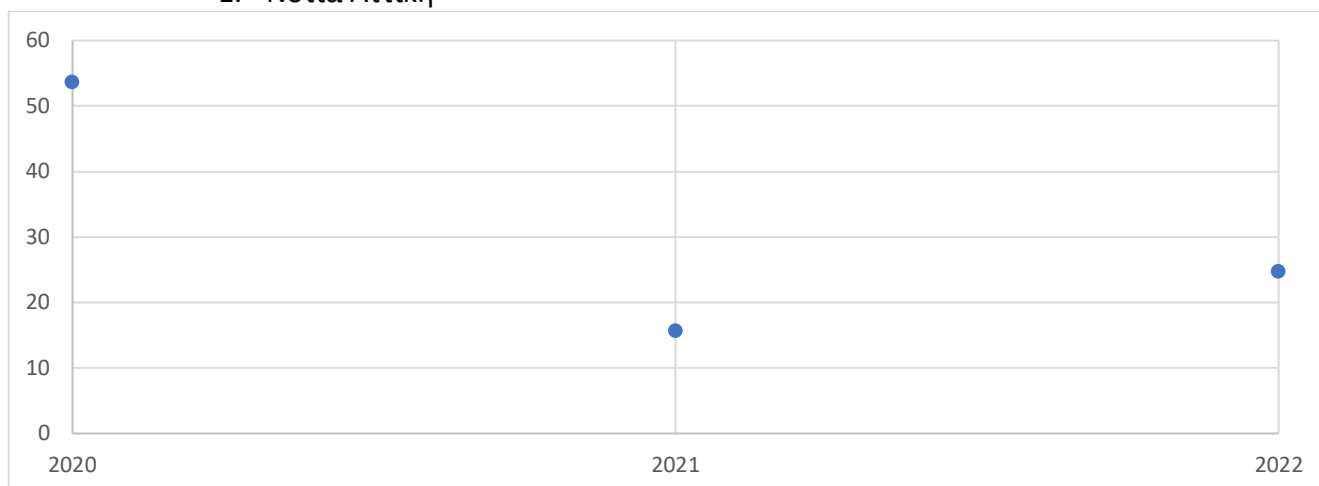
Σχολιασμός :

Η συμπεριφορά των αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο 1μm φαίνεται στην πλειοψηφία να είναι πτωτική. Η ευαισθητοποίηση του κόσμου σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και τα μέτρα που έχουν θεσπιστεί για το φαινόμενο αυτό έχουν βοηθήσει μέσα στα χρόνια να υπάρχουν μικρότερα επίπεδα συγκεντρώσεις ρύπων.

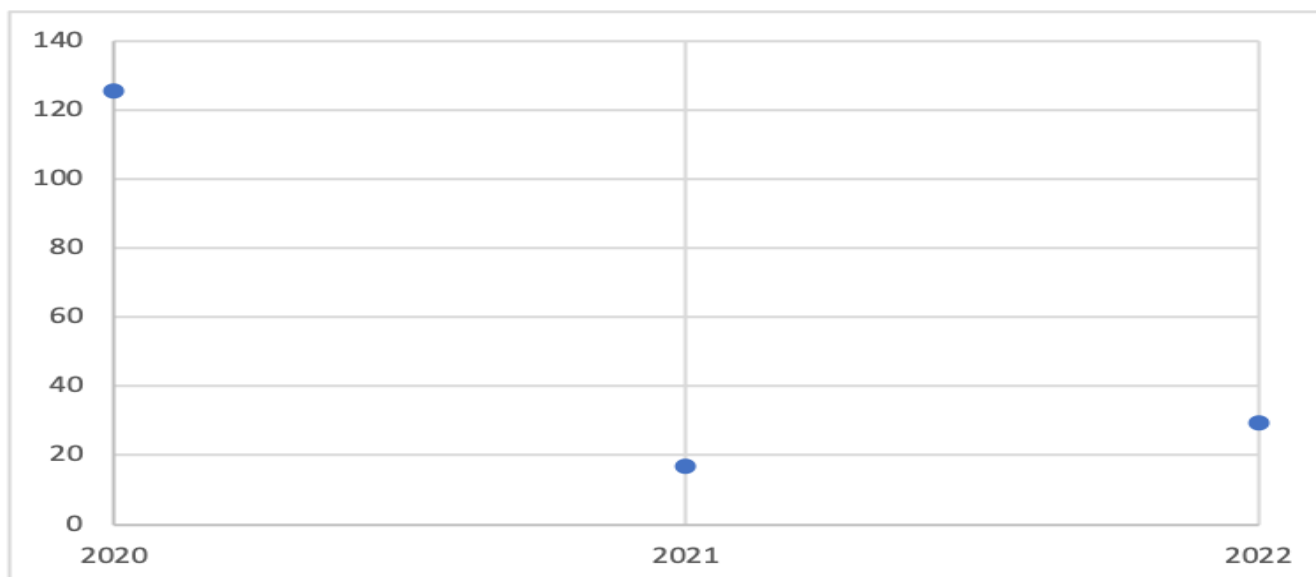
Βέβαια ένας άλλος παράγοντας που βοήθησε πάρα πολύ για την μείωση αυτή είναι η πανδημία του COVID-19 και πιο συγκεκριμένα η καραντίνα που επιβλήθηκε στους πολίτες με αποτέλεσμα η κίνηση στους δρόμους να είναι πολύ περιορισμένη και κατ' επέκταση να βλέπουμε ραγδαία μείωση στους ατμοσφαιρικούς ρύπους γενικότερα.

Μάλιστα για το έτος 2020 παρατηρείται ότι σχεδόν πάντα έχουμε την μικρότερη συγκέντρωση αμέσως μετά έρχεται το έτος 2021 με την αμέσως μικρότερη συγκέντρωση ρύπων. Φτάνοντας όμως στο 2022 που το μέτρο αυτό ακυρώθηκε η αύξηση στις συγκεντρώσεις έχει αυξηθεί.

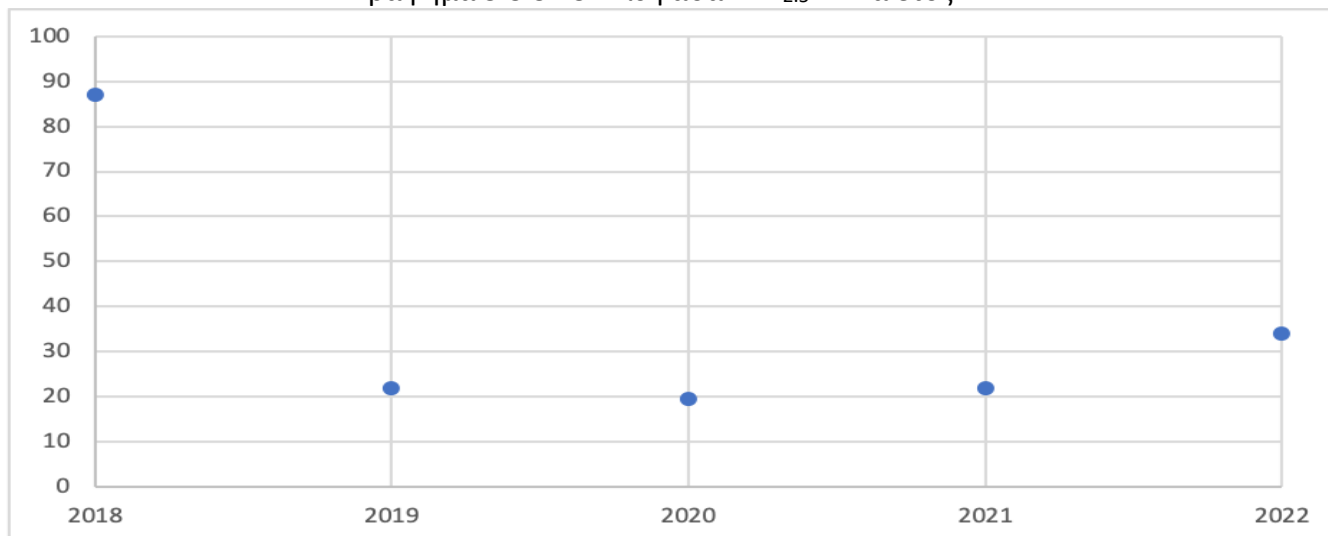
Particulate Matter PM2.5 – Ανά έτος
1. Νότια Αττική



Γράφημα 5.3.3.14: Αργυρούπολη PM_{2.5} – Ανά έτος

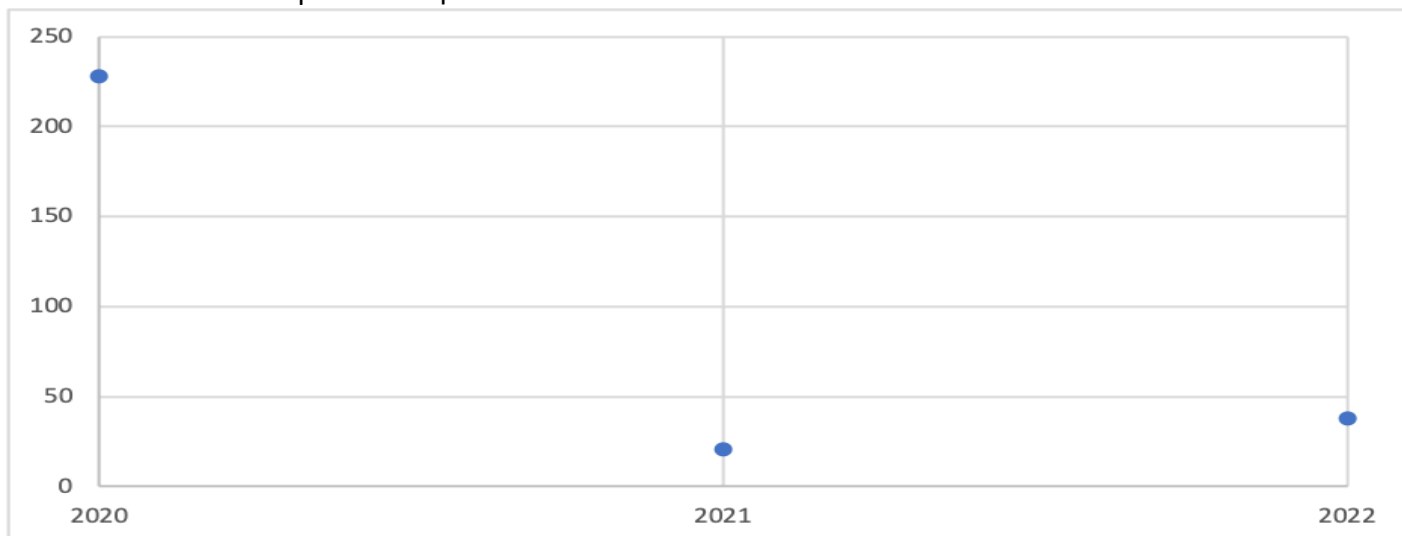


Γράφημα 5.3.3.15: Γλυφάδα PM_{2.5} – Ανά έτος

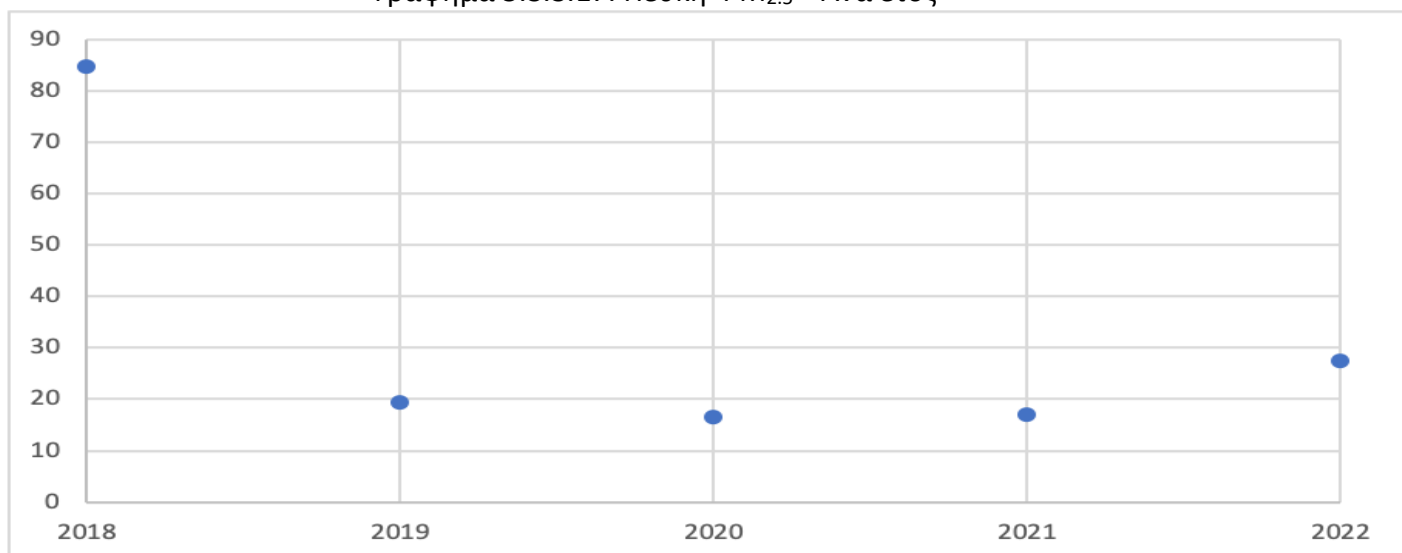


Γράφημα 5.3.3.16 Παλαιό Φάληρο PM_{2.5} – Ανά έτος

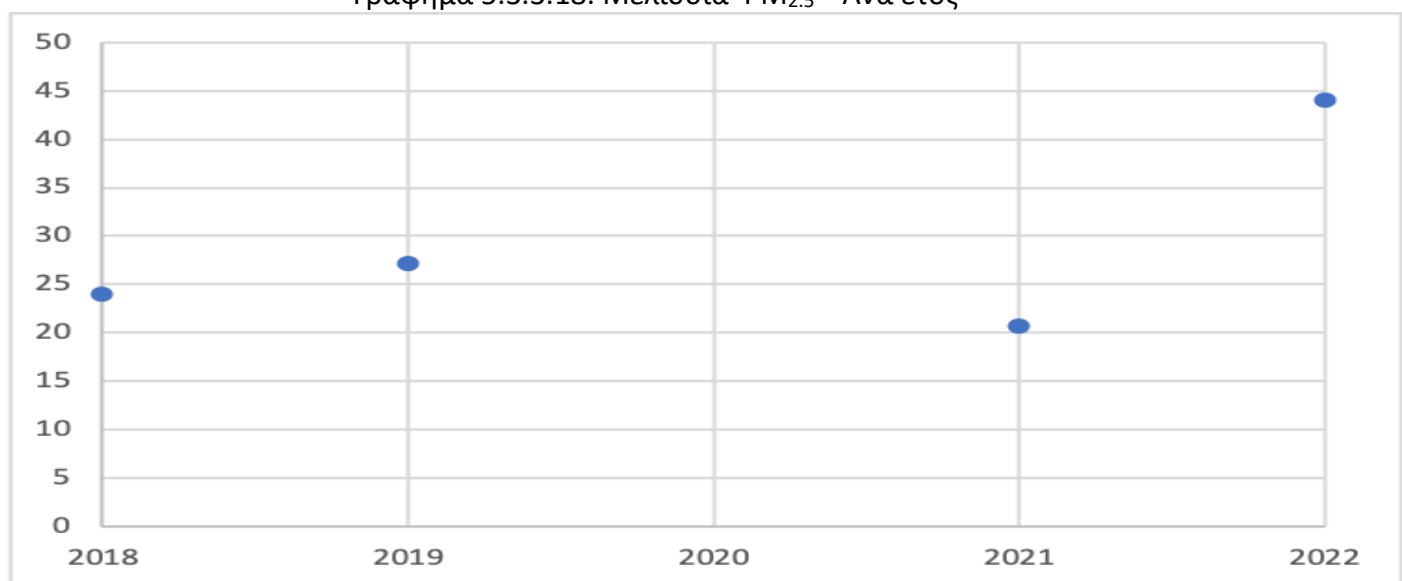
2. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.3.17: Πεύκη PM_{2.5} – Ανά έτος

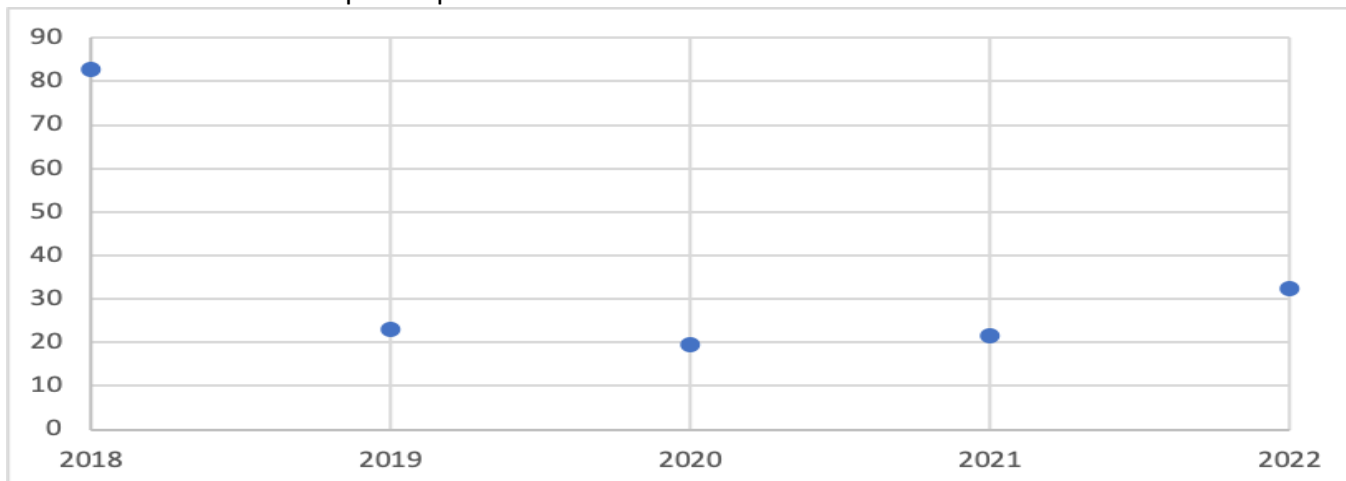


Γράφημα 5.3.3.18: Μελίσσια PM_{2.5} – Ανά έτος

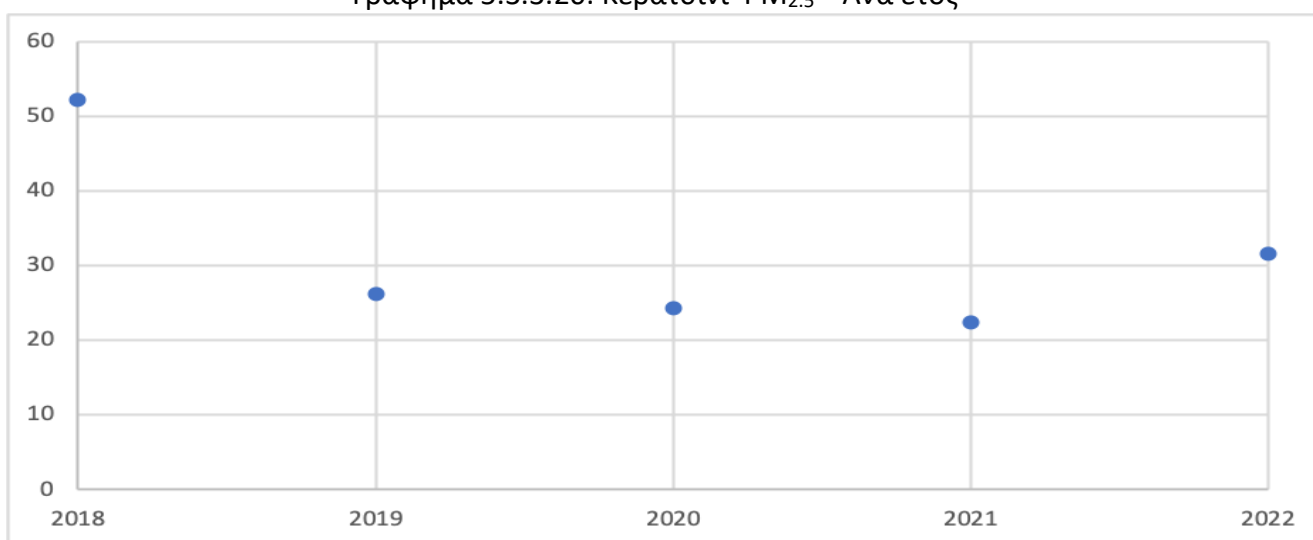


Γράφημα 5.3.3.19: Βριλήσσια PM_{2.5} – Ανά έτος

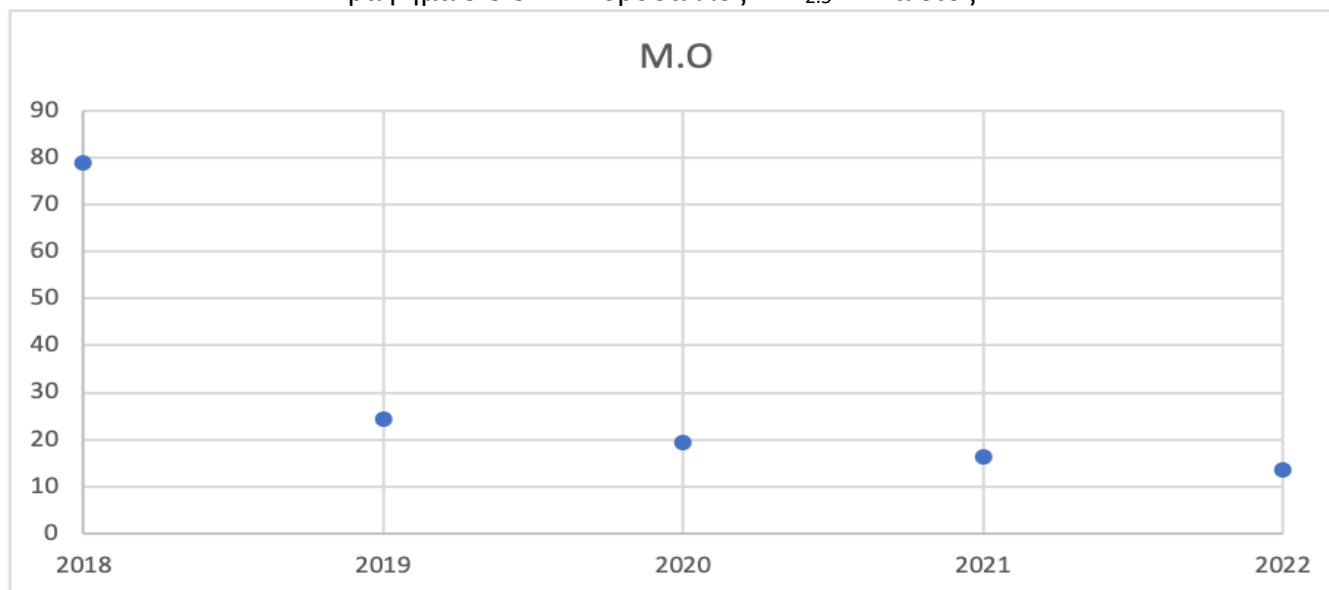
3. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.3.20: Κερατσίνι PM_{2.5} – Ανά έτος

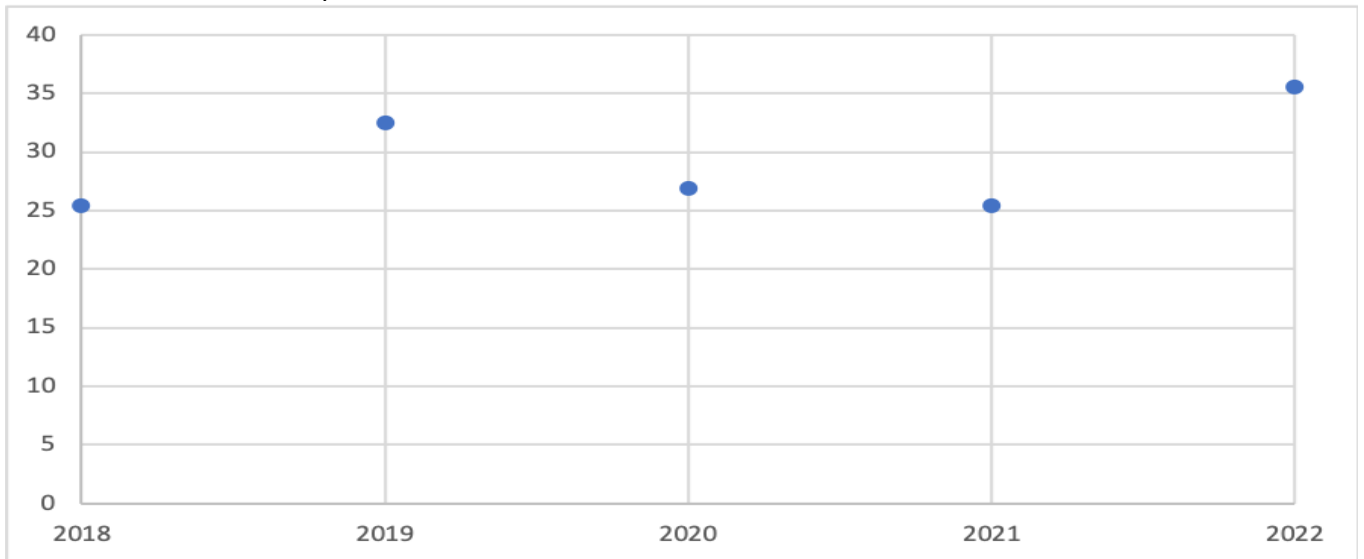


Γράφημα 5.3.3.21: Κορυδαλλός PM_{2.5} – Ανά έτος

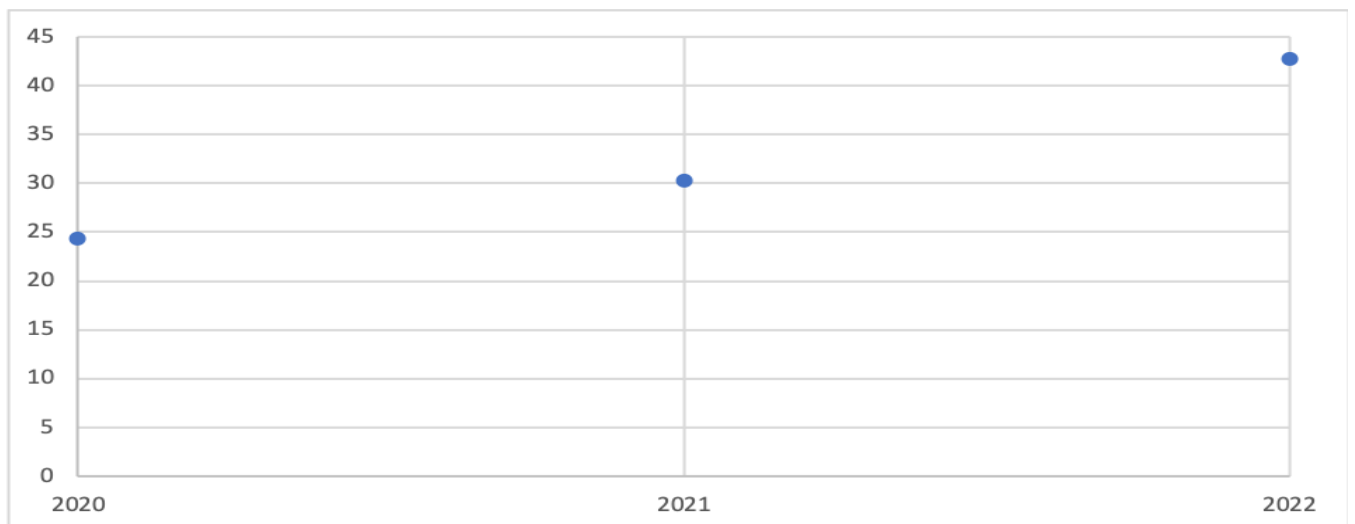


Γράφημα 5.3.3.22: Πειραιάς PM_{2.5} – Ανά έτος

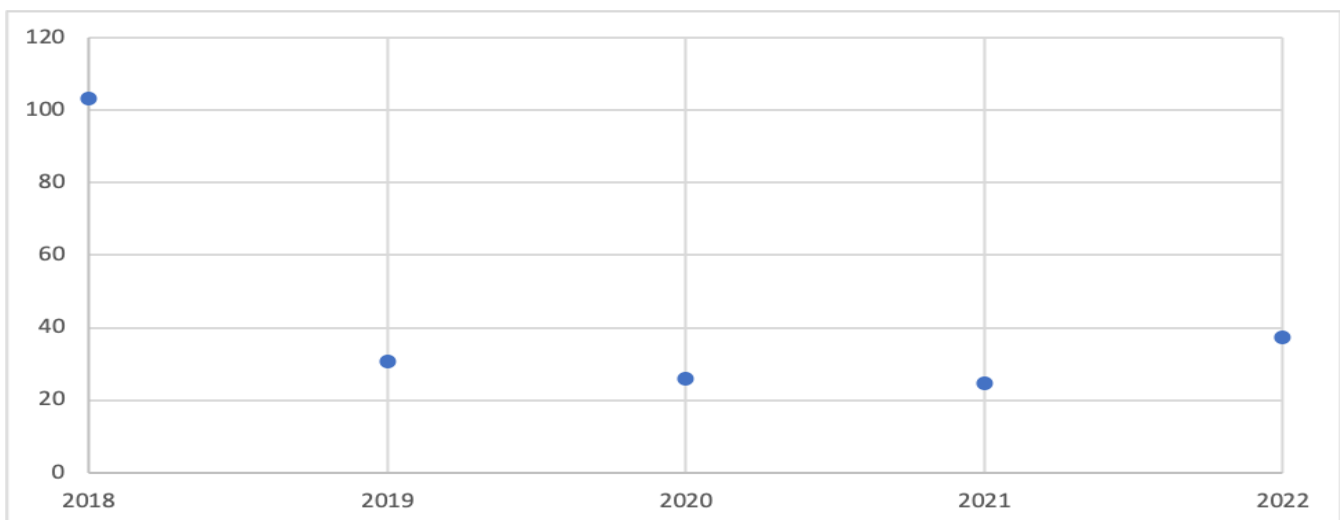
4. Κέντρο



Γράφημα 5.3.3.23: Αθήνα PM_{2.5} – Ανά έτος

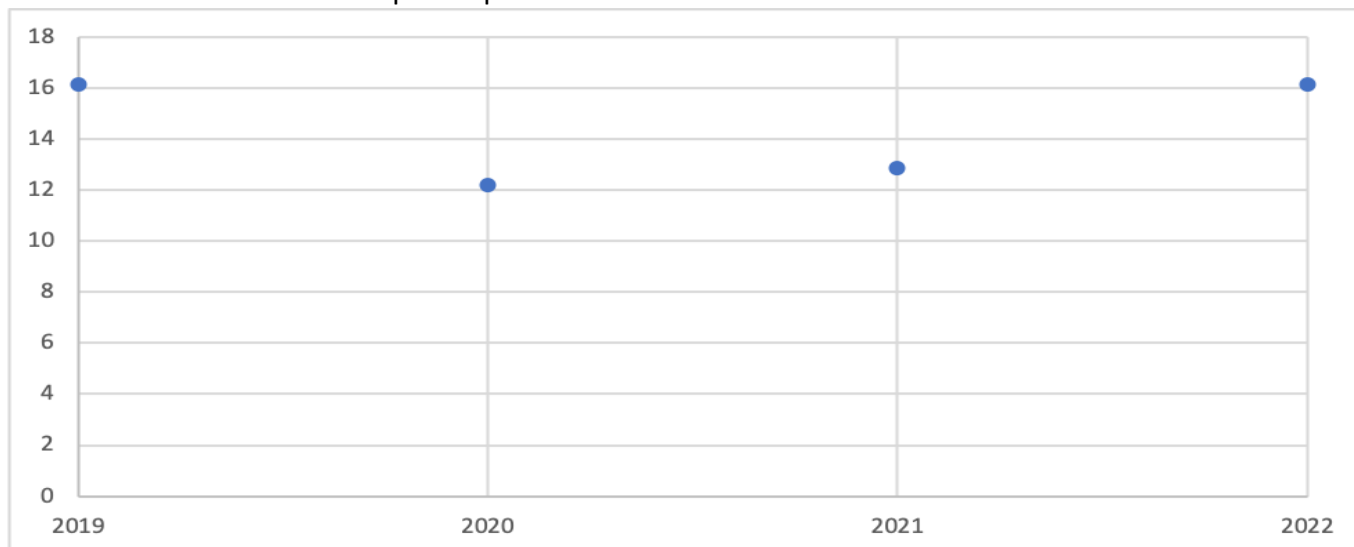


Γράφημα 5.3.3.24: Ερμού PM_{2.5} – Ανά έτος



Γράφημα 5.3.3.25: Πολυτεχνείου PM_{2.5} – Ανά έτος

5. Ανατολική Αττική

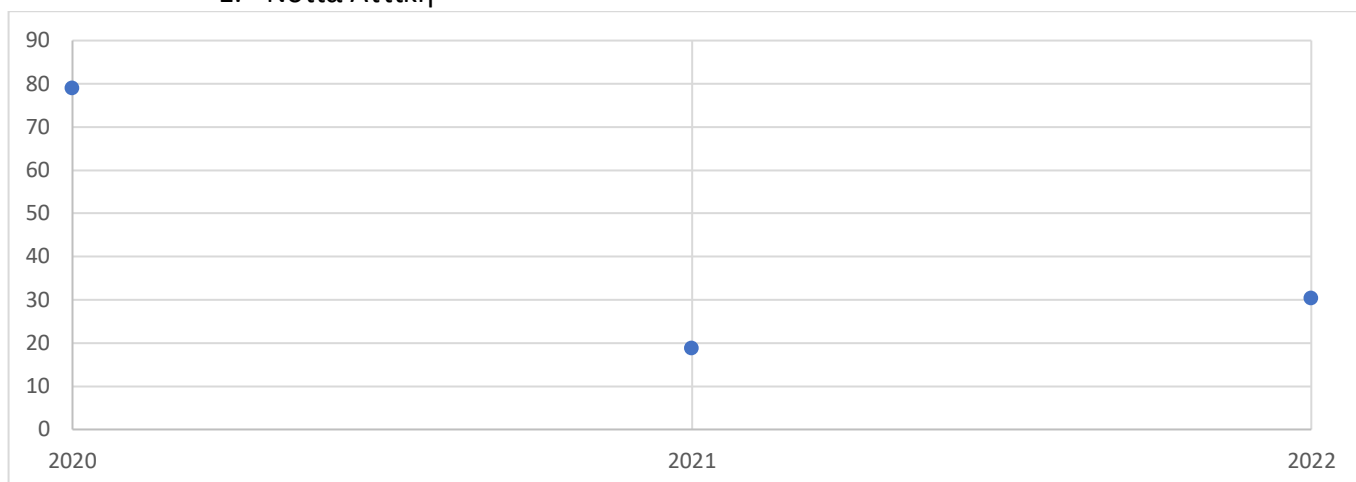


Γράφημα 5.3.3.26: Βουλιαγμένη PM_{2.5} – Ανά έτος

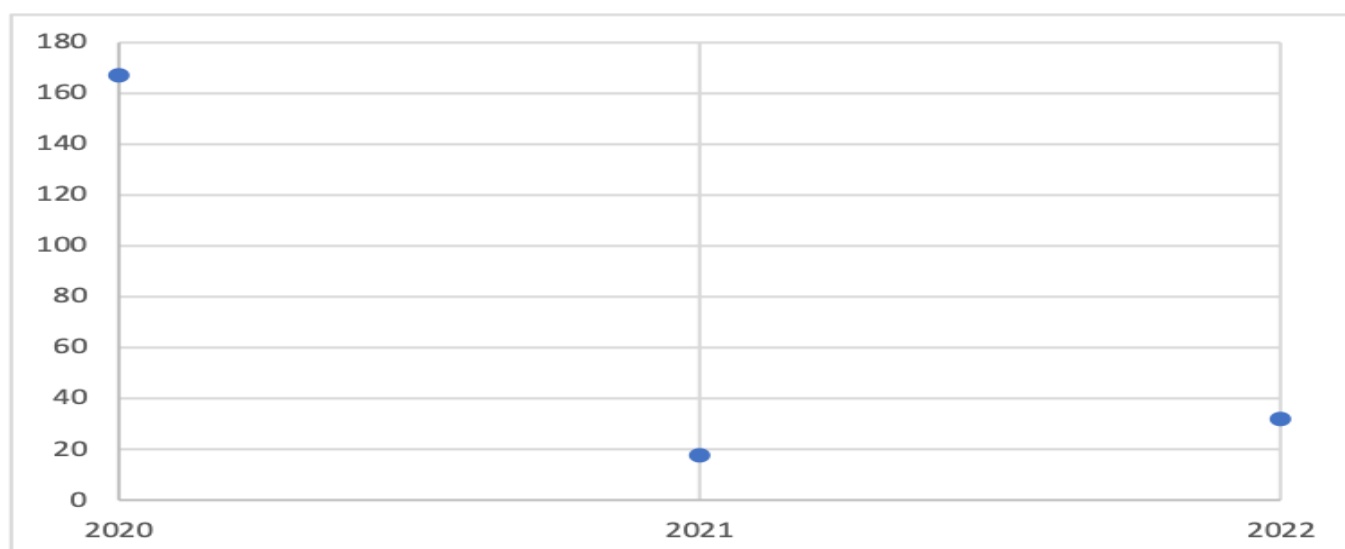
Σχολιασμός :

Η συμπεριφορά των αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο 2,5μm φαίνεται πως έχουν κατά κύριο λόγο πτωτική τάση μέσα στα χρόνια τα οποία μελετάμε. Βέβαια υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις όπως για παράδειγμα στα γραφήματα 5.3.3.19, 5.3.3.23 και 5.3.3.24. Σε αυτά τα γραφήματα λόγω του ότι οι περιοχές είναι πολυσύχναστες παρατηρείται αύξηση στην συγκέντρωση των ρύπων λόγω καυσαερίων, καύση για θέρμανση κ.α. Ένας παράγοντας που ενδεχομένως να επηρέασε την συγκέντρωση των ρύπων είναι η πανδημία του COVID- 19 και πιο συγκεκριμένα η καραντίνα η οποία επιβλήθηκε με αποτέλεσμα την ραγδαία μείωση οχημάτων στους δρόμους και κατ' επέκταση των ρύπων. Γι' αυτό το λόγο παρατηρείται ότι το 2020 – 2021 οι συγκεντρώσεις των ρύπων είναι χαμηλότερες συγκριτικά με του 2022 όπου δεν υπάρχει πλέον περιορισμός μετακίνησης.

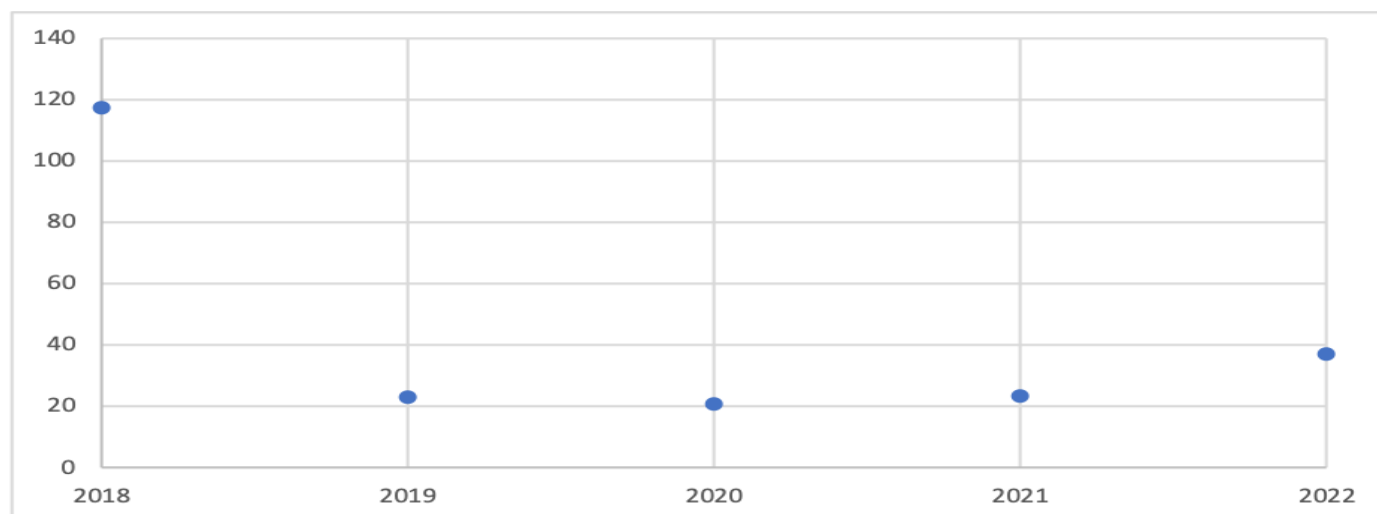
Particulate Matter PM10.0– Ανά έτος
1. Νότια Αττική



Γράφημα 5.3.3.27: Αργυρούπολη PM_{10.0}– Ανά έτος

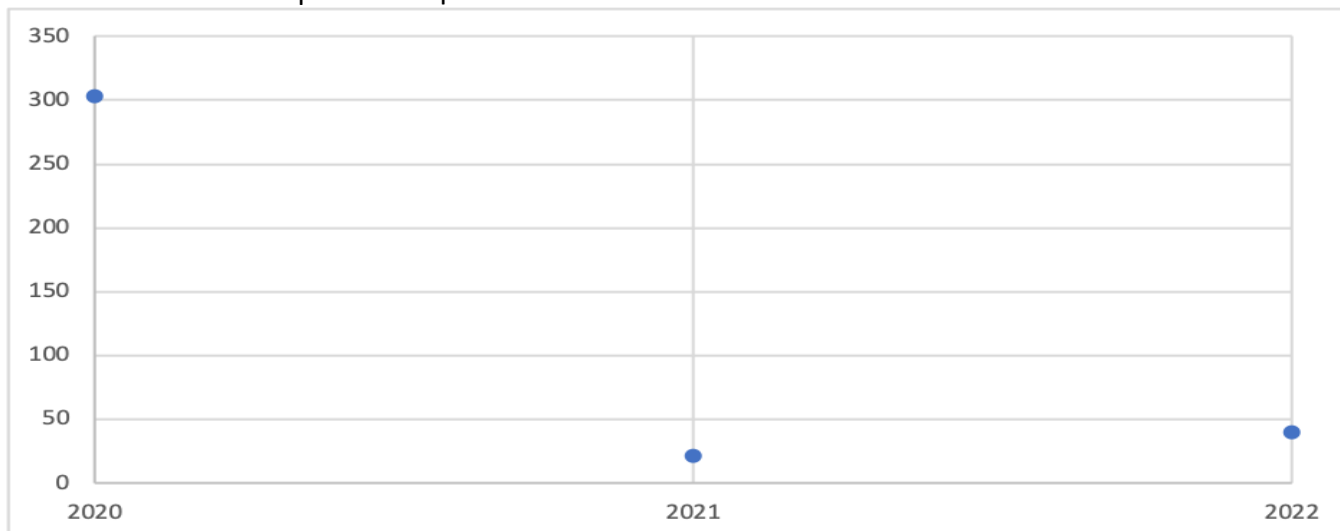


Γράφημα 5.3.3.28: Γλυφάδα PM_{10.0}– Ανά έτος

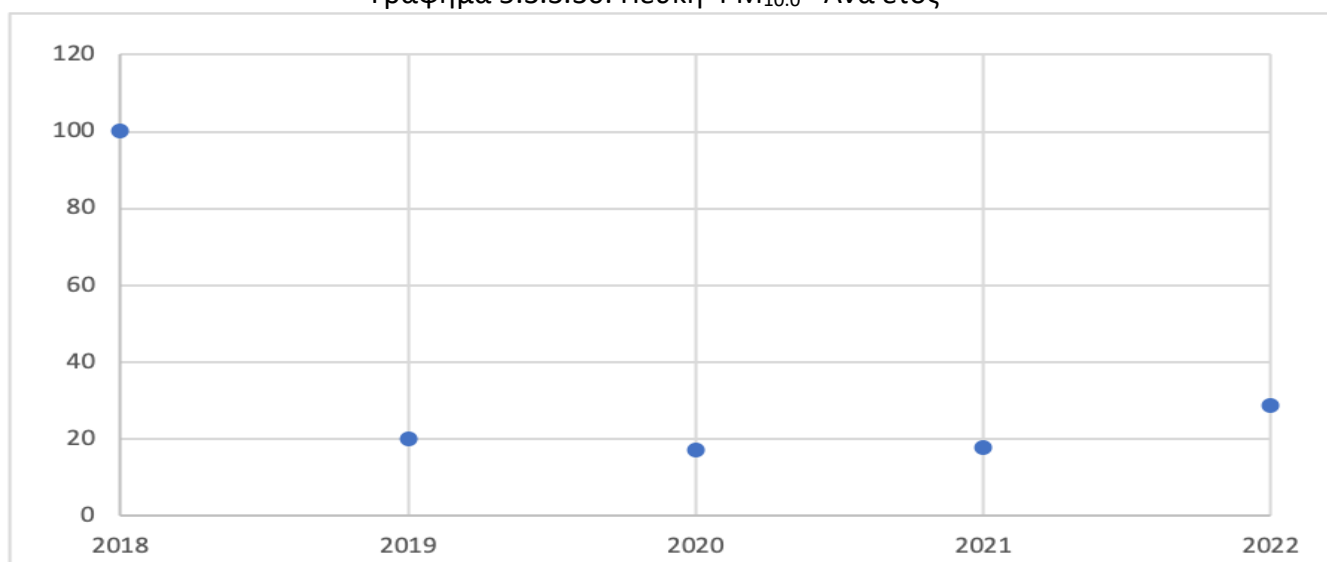


Γράφημα 5.3.3.29 Παλαιό Φάληρο PM_{10.0}– Ανά έτος

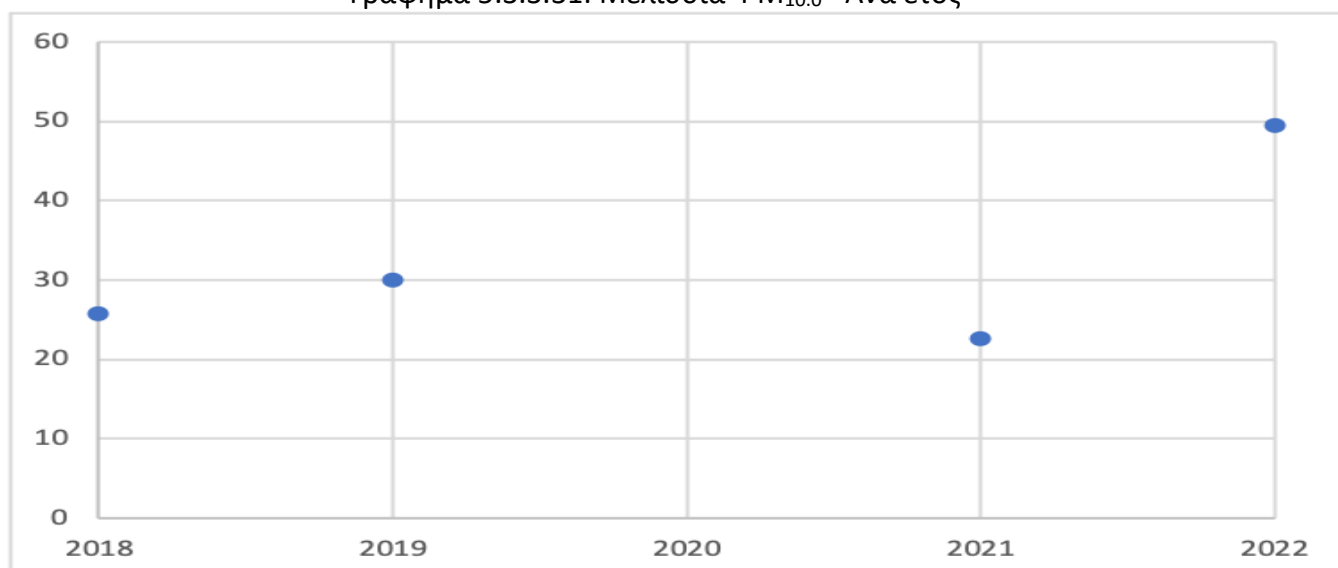
2. Βόρεια Αττική



Γράφημα 5.3.3.30: Πεύκη PM_{10.0}— Ανά έτος

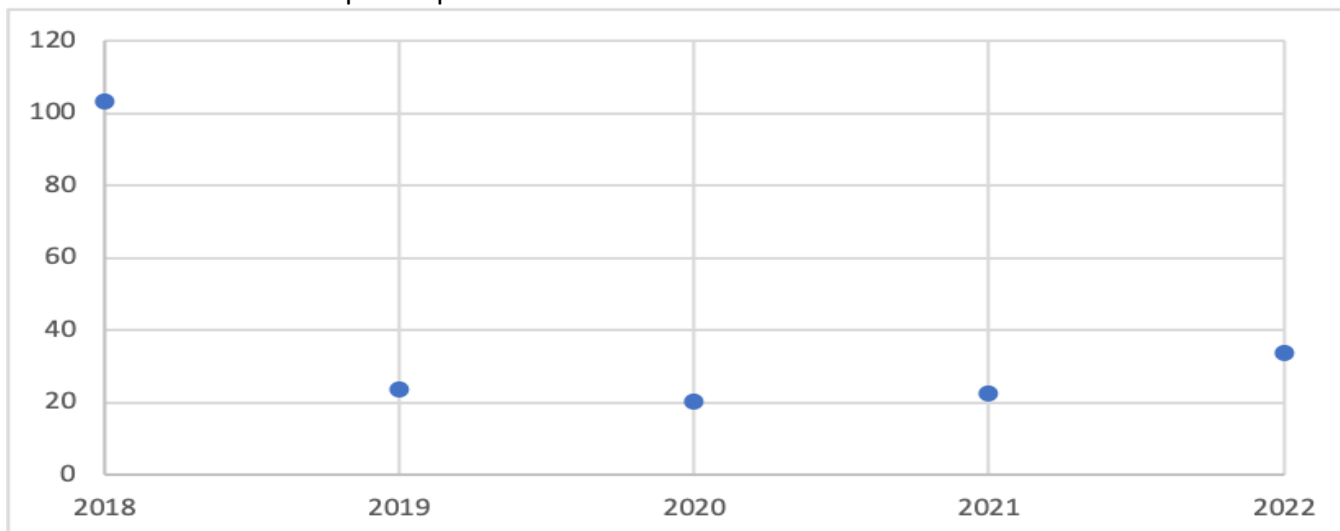


Γράφημα 5.3.3.31: Μελίσσια PM_{10.0}— Ανά έτος

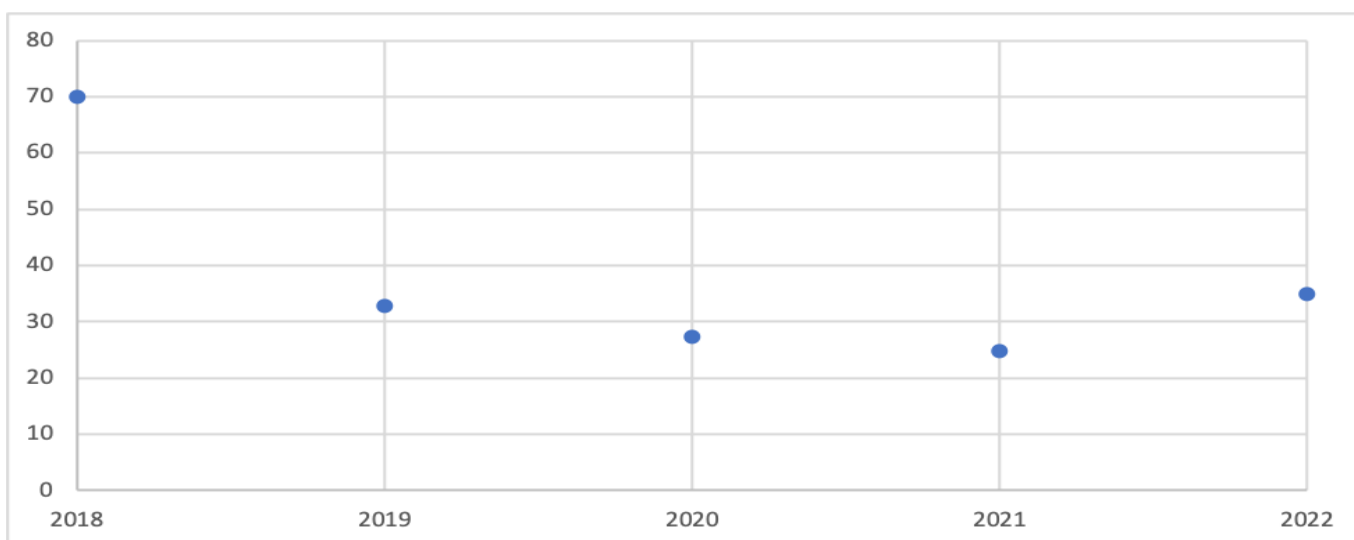


Γράφημα 5.3.3.32: Βριλήσσια PM_{10.0}— Ανά έτος

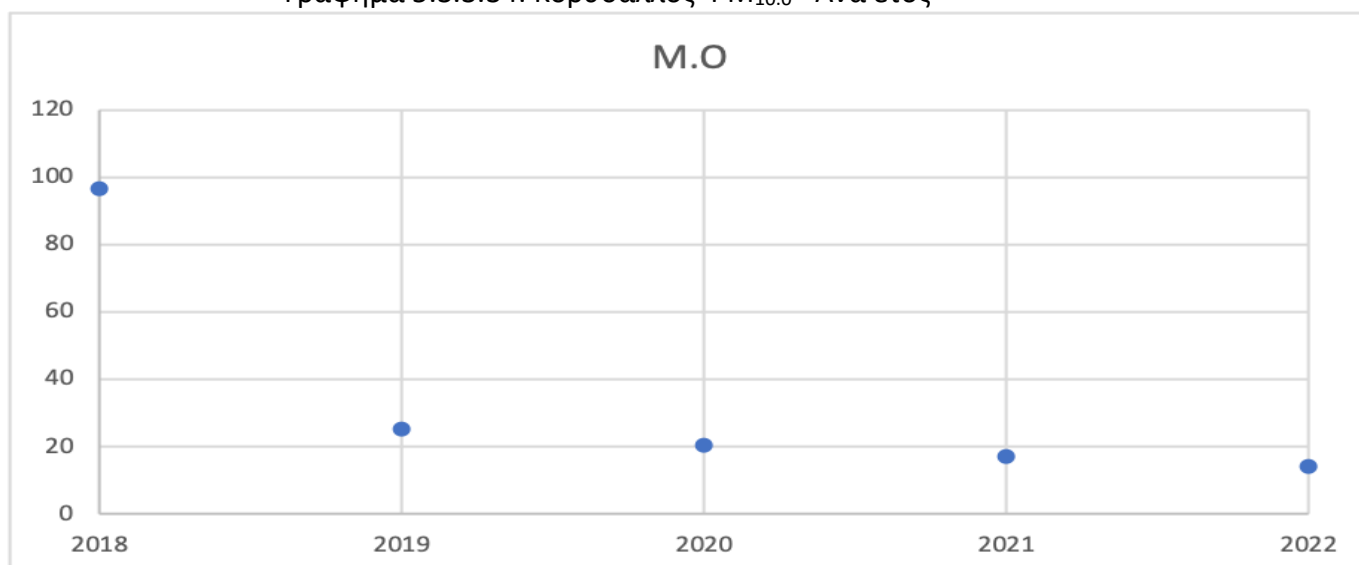
3. Δυτική Αττική



Γράφημα 5.3.3.33: Κερατσίνι PM_{10.0}– Ανά έτος

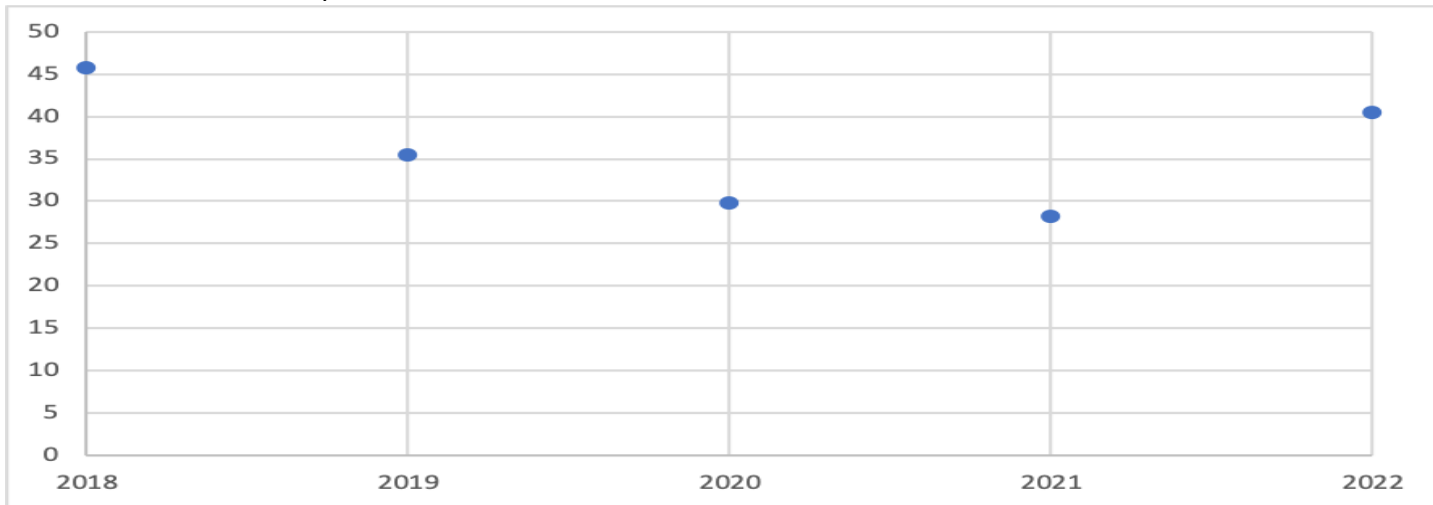


Γράφημα 5.3.3.34: Κορυδαλλός PM_{10.0}– Ανά έτος

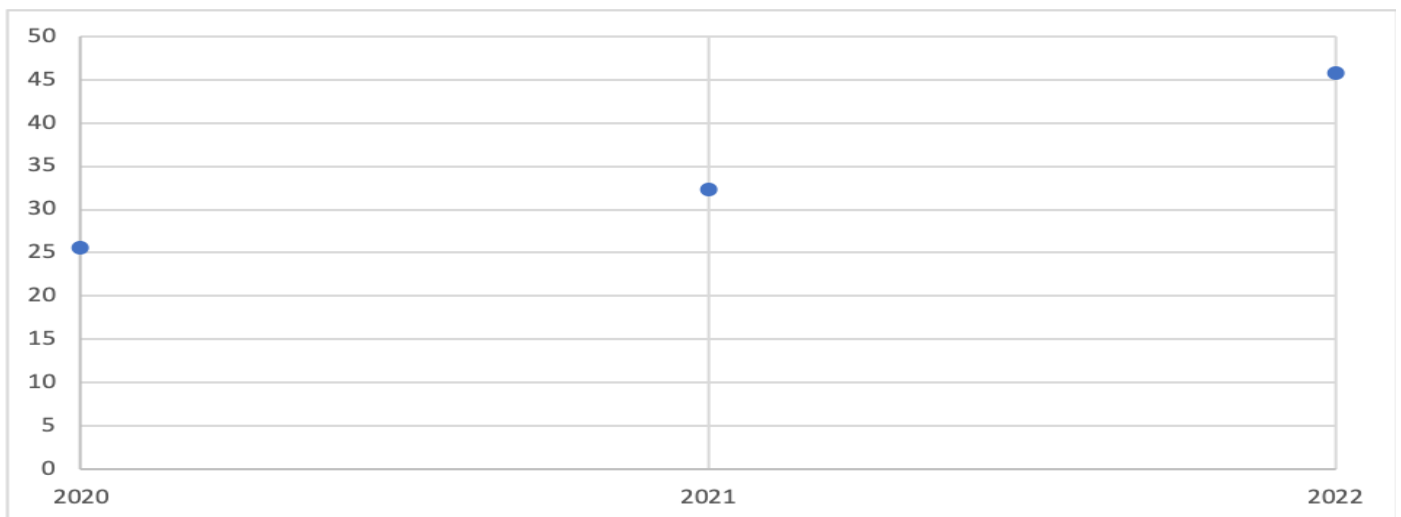


Γράφημα 5.3.3.35: Πειραιάς PM_{10.0}– Ανά έτος

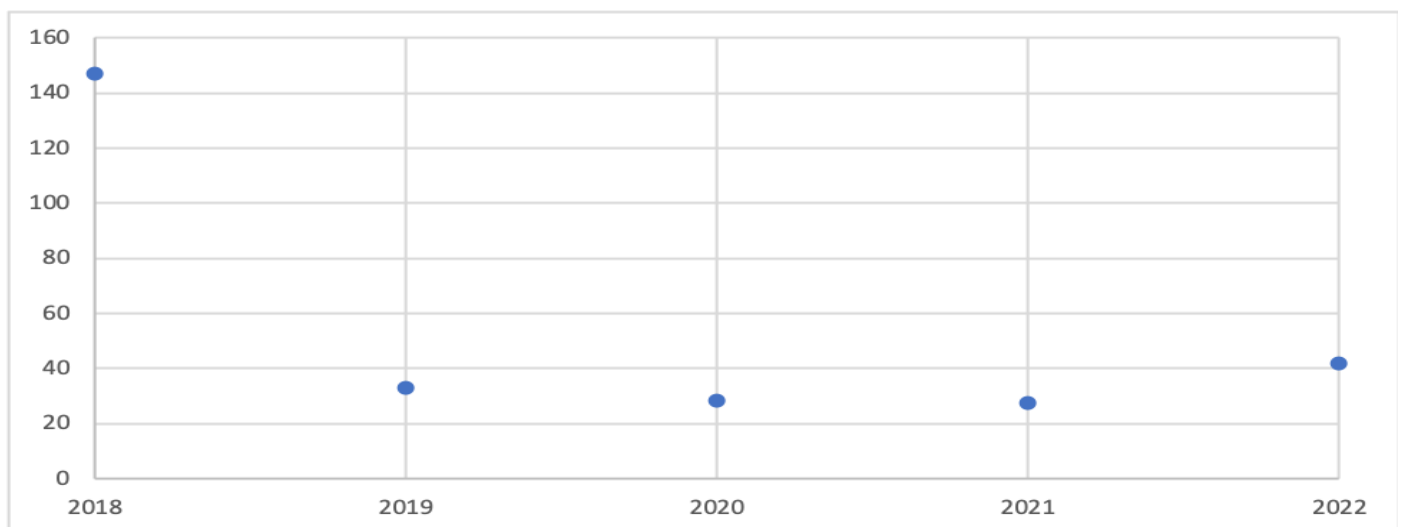
4. Κέντρο



Γράφημα 5.3.3.36: Αθήνα PM_{10.0}– Ανά έτος

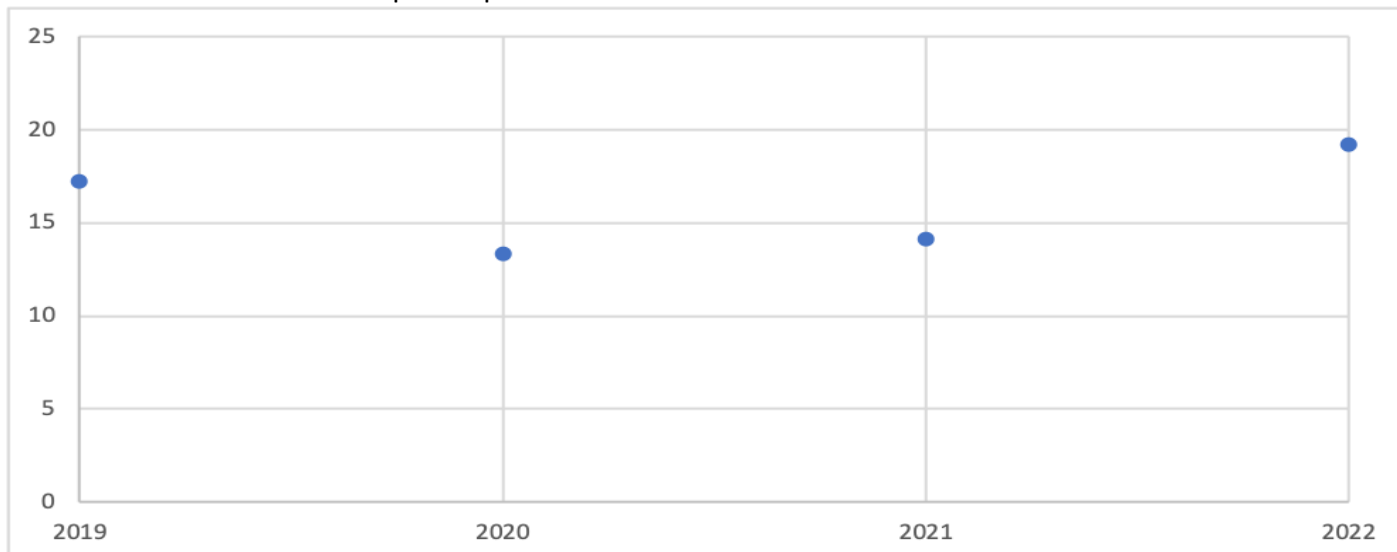


Γράφημα 5.3.3.37: Ερμού PM_{10.0}– Ανά έτος



Γράφημα 5.3.3.38: Πολυτεχνείου PM_{10.0}– Ανά έτος

5. Ανατολική Αττική



Γράφημα 5.3.3.39: Βουλιαγμένη PM_{10.0}– Ανά έτος

Σχολιασμός :

Τέλος για τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 10 μm η συμπεριφορά των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων είναι ξανά πτωτική με εξαίρεση το 2022 στο οποίο βλέπουμε ξανά αύξηση στις συγκεντρώσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις PM_{10.0} παρατηρούνται στον τομέα της νότιας Αττικής και ειδικότερα στην περιοχή της Αργυρούπολης με μέγιστη τιμή 355,64 μg/m³ για το έτος 2022 , στην Γλυφάδα μέγιστη τιμή 167,05 μg/m³ για το έτος 2020 και στο παλαιό Φάληρο μέγιστη τιμή 117,21 μg/m³ για το έτος 2018.

Αυτές είναι οι τιμές ενδεχομένως να οφείλονται σε κάποια πυρκαγιά, τις καιρικές συνθήκες οι οποίες ευνοούν την εμφάνιση της ρύπανσης είτε σε κάποια βλάβη στο μηχανήμα για αυτά τα έτη.

Γενικός σχολιασμός :

Για τα συγκεντρωτικά διαγράμματα παρατηρούμε μία κατά την πλειοψηφία ταύτιση στις μέγιστες συγκεντρώσεις η οποία κατά πάσα πιθανότητα να οφείλεται στην εποχικότητα , την κυκλοφορία στους δρόμους αλλά και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Τα παραπάνω είναι παράγοντες που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση τους και ως συνέπεια αυτού την απειλή του ανθρώπινου οργανισμού αλλά και του περιβάλλοντος.

Σχετικά με τα διαγράμματα ενδοημερήσιας μεταβολής παρατηρούμε ξανά σχεδόν σε όλα αύξηση των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων κατά τις απογευματινές-βραδινές ώρες και πιο σπανία τις πρωινές. Επίσης παρατηρούμε μία σταθερή πτώση τις μεσημεριανές ώρες. Η αύξηση των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων οφείλεται στην αυξημένη κίνηση στους δρόμους λόγω των πολλών σχημάτων που μετακινούνται ταυτόχρονα την ίδια χρονική περίοδο προκειμένου ο εργαζόμενος πολίτης να γυρίσει στην οικία του και ενδεχομένως αφού φτάσει να ξεκινήσει κάποια καύση προκειμένου να θερμανθεί. Αυτά είναι επίσης παράγοντες οι οποίοι αυξάνουν τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα την απειλή για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Από την άλλη η σταθερή πτώση ή η «κοιλιά» που παρατηρείται τις μεσημεριανές ώρες οφείλεται στο ότι ο μέσος πολίτης εκείνες τις ώρες δεν μετακινείται είτε γιατί εργάζεται είτε γιατί ξεκουράζεται.

Τέλος για τα διαγράμματα ανά έτος παρατηρούμε μία κατά την πλειοψηφία πτωτική τάση από τα παλαιότερα χρόνια αλλά και μία ακόμα πιο έντονα πτωτική τάση ειδικά για τα έτη 2019-2020. Η πτωτική τάση που παρατηρούμε οφείλεται στην ευαισθητοποίηση του κόσμου σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και στα μέτρα που έχουν θεσπιστεί για το φαινόμενο αυτό , τα οποία μάλιστα έχουν βοηθήσει μέσα στα χρονιά να έχουμε χαμηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων αλλά και αιωρούμενων σωματιδίων. Ειδικότερα για τα έτη 2019 – 2020 ένας ακόμα παράγοντας που βοήθησε για να έχουμε αυτή την τρομερή μείωση συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων είναι η καραντίνα η οποία επιβλήθηκε στους πολίτες λόγω της πανδημίας του COVID-19. Κατά την καραντίνα απαγορευόταν η οποιαδήποτε μετακίνηση εντός ή εκτός νόμου πέρα από πολύ σοβαρούς λόγους. Το γεγονός της ουσιαστικά μηδενικής κίνησης στους δρόμους κατάφερε να μειώσει δραστικά τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων. Από το 2021 και μετά βλέπουμε σιγά-σιγά να υπάρχει μία αύξηση φτάνοντας στο 2022 όπου και οι συγκεντρώσεις έχουν αυξηθεί ακόμα παραπάνω λόγω του ότι το μέτρο αυτό ακυρώθηκε με αποτέλεσμα η κίνηση στους δρόμους να είναι ολοένα και πιο έντονη και κατ' επέκταση πιο έντονες να είναι και οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : «Συμπεράσματα»

Η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια βρίσκεται συνεχώς στις πρώτες θέσεις των ευρωπαϊκών χωρών που έχουν τις υψηλότερες συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Η περιοχή που μελετήσαμε και πιο συγκεκριμένα η ευρύτερη περιοχή της Αθήνας φαίνεται ότι έχει αρκετά αυξημένες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Αυτό προκύπτει κυρίως λόγω της έντονης κυκλοφοριακής συμφόρησης, των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται και των πυρκαγιών που ειδικότερα τα τελευταία χρόνια βλέπουμε να συμβαίνει όλο και πιο έντονα.

Κατά την ανάλυση των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁ πριν PM_{2,5} και PM₁₀ παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες όπως φαίνεται στα συγκεντρωτικά διαγράμματα όπου πρωτεύοντα ρόλο έχει η καύση διαφόρων υλικών για θέρμανση , τα καυσαέρια των αυτοκινήτων και οι βιομηχανίες. Μάλιστα συχνά αυτούς τους μήνες εμφανίζεται το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αναστροφής έχοντας δηλαδή στο έδαφος πιο ψυχρό αέρα σε σχέση με εκείνον που έχουμε στα υψηλότερα στρώματα και έτσι τα αιωρούμενα σωματίδια να εγκλωβίζονται και κατ' επέκταση να αυξάνονται και οι συγκεντρώσεις τους στην ατμόσφαιρα.

Ακόμα κατά την ανάλυση της ενδοημερήσιας μεταβολής παρατηρείται πως οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καταγράφονται τις ώρες αιχμής και τις υπόλοιπες ώρες να έχουμε μία σταθερή συγκέντρωση ρύπων ή ακόμα και μία πτώση.

Τέλος κατά την ανάλυση ανά έτος φαίνεται ότι η τάση πράγματι είναι πτωτική και αυτό οφείλεται στα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος αλλά και της πανδημίας κατά την οποία επιβλήθηκε καραντίνα και έτσι οι πολίτες δεν χρειάζονταν να κάνουν άσκοπες μετακινήσεις έως και καθόλου με αποτέλεσμα την ραγδαία μείωση των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα για τα έτη 2020 και 2021. Στο 2022 παρατηρείται μία αύξηση όχι όμως τόσο μεγάλη όσο αυτή που παρατηρούσαμε τα προηγούμενα χρόνια. Όλο αυτό είναι ιδιαίτερα θετικό τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Ακόμα αξίζει να σημειωθεί ότι στις παραπάνω αναλύσεις τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων PM_{1.0} , PM_{2.5} και PM_{10.0} τις παρατηρούμε σε πυκνό κατοικημένες περιοχές και με μεγαλύτερη κυκλοφορία οχημάτων.

Γενικότερα τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν μεγάλο πρόβλημα για τα περισσότερα κράτη μέλη της Ε.Ε. Η μείωση που παρατηρείται είναι ιδιαίτερα αισθητή και ελπιδοφόρα συγκριτικά με τις τιμές που είχαμε πριν το 2007. Μάλιστα η βελτίωση της ποιότητας του αέρα έχει οδηγήσει στο να έχουμε μείωση πρόωρων θανάτων την τελευταία δεκαετία. Η μείωση αυτή μάλιστα ανέρχεται στο νούμερο των 60.000 το 2018 σε σχέση με τις τιμές που είχαμε το 2009.

Είναι ιδιαίτερα ευχάριστο λοιπόν το γεγονός του ότι η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται χάρις στις περιβαλλοντικές και κλιματικές πολιτικές που εφαρμόζονται με αποτέλεσμα την προστασία της ανθρώπινης υγείας αλλά και του περιβάλλοντος. Βέβαια αυτό δε σημαίνει ότι ακόμα και έτσι ο αριθμός των πρόωρων θανάτων λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι μέχρι και τώρα πολύ υψηλός.

Έτσι όλοι πολίτες μαζί, πρέπει να στοχεύσουμε σε ένα καλύτερο αύριο τηρώντας όλα τα μέτρα που έχουν θεσπιστεί σε σχέση με τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ειδικότερα για τα μέτρα που αφορούν τα αιωρούμενα σωματίδια. Έτσι θα ζούμε σε ένα πιο υγιές περιβάλλον και μάλιστα θα καταφέρουμε να αυξήσουμε και το μέσο προσδόκιμο ζωής στους ανθρώπους.

Βιβλιογραφία

- [1] Ατμοσφαιρική ρύπανση, Βικιπαίδεια, ελεύθερη εγκυκλοκοπέδια Διαθέσιμο στο https://el.wikipedia.org/wiki/Ατμοσφαιρική_ρύπανση (2022)
- [2] Ατμοσφαιρική Ρύπανση – Σωματίδια PM , Κώστας Ζαφειρόπουλος & Απόστολος Ζδάγκας , διαθέσιμο στο <http://vyron.meteovyronas.gr/aquality.html> (2022)
- [3] Ατμοσφαιρική ρύπανση , Hans Bruyninckx, εκτελεστικός διευθυντής του ΕΟΠ.
<https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>
- [4] Ατμοσφαιρικού ρύποι και κλίμακες διασποράς
<http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>
- [5] Πηγές ρύπανσης , Γιώργος Τσιλιγκιρίδης
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ,2015
http://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS284/ΠΗΓΕΣ%20ΡΥΠΑΝΣΗΣ_2015.pdf
- [6] Νίκος Ανδρίτσος Καθ.Τμ.Μηχ.
Μηχ. Π.Θ
http://archive.eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB11/Θεματική%20Ενότητα%201/Unit_1_2.pdf
- [7]Ατμοσφαιρική ρύπανσης , Δ.Μελάς, Α.Αλεξανδροπούλου, Β.Αμοιρίδης, Μ.Κακαρίδου , Ν.Σουλακέλλης , Αθήνα 2000 <http://www.env-edu.gr/Documents/Ατμοσφαιρική%20Ρύπανση%20-%20Οδηγός%20Εκπαιδευτικών.pdf>
- [8] Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ευρώπη ΕΟΠ 2014-2020
<https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2013/grafikes-pliorefories/piges-atmosfairikis-rypansis-stin-eyropi-2/view>
- [9] Ατμοσφαιρική ρύπανση – Ατμόσφαιρα της γης & ρύποι , Αγγελική Φωτιάδη , τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ENV113/2η%20Διάλεξη.pdf>
- [10] Ατμοσφαιρική ρύπανση ,Αγγελική Φωτιάδη , τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ENV113/1η%20Διάλεξη.pdf>
- [11] Ατμοσφαιρική ρύπανση ,Δημήτρης Μελάς, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης http://pms.physics.auth.gr/lap/wp-content/uploads/sites/4/2017/10/WEB_POLLUTIONsm.pdf
- [12] Ατμοσφαιρική ρύπανση 2019-2020.
<http://www.thermiair.gr/project/air-quality/>
- [13] Fine particulate matter and depressive symptoms in children: A mediation model of physical activity and a moderation model of family poverty, Young Sun Joo, Jisun Kim , J/ungae Lee , Ick-Joong Chung 2022
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352827321002901>
- [14] Οδηγία Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2004 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&from=EN>
- [15] Οδηγία Ε.Ε 2015 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1480&from=EN>

- [16] Σωματιδιακοί ρύποι – αιωρούμενα σωματίδια
http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/3_particulates.pdf
- [17] Εισαγωγή στην αερία βιομηχανική ρύπανση , Βλυσίδης Απόστολος ΕΜΠ
https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG110/03.Eisagwgi_stin_aeria_viomixaniki_ripansi.pdf
- [18] Οι βασικότεροι ρύποι -Στερεά Αιωρούμενα Σωματίδια Δρ Κ.Π.Μουστράς Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΠΑΔΑ
<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/MECH111/6η%20Ενότητα%20-%20Τεχνολογία%20Περιβαλλοντικών%20Μετρήσεων.pdf>
- [19] Children's exposure to size-fractionated particulate matter: Chemical composition and internal dose
T. Faria , I.Cunha-Lopes , M.Pilou , C.Housiadas , X.Querol , C. Alves , S.M. Almeida
2022 , <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722008373>
- [20] The human health risk assessment of particulate air pollution (PM2.5 and PM10) in Romania , Katalin Bodor , Robert Szep , Zsolt Bodor
2022 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750022000506>
- [21] Αξιολόγηση Μοντέλων Διασποράς που Εφαρμόζονται στην Περίπτωση Ρύπανσης της Ατμόσφαιρας στο Λεκανοπέδιο Αττικής από Αιωρούμενα Σωματίδια PM2.5/PM10
Ιωάννης Φλώρος ΕΜΠ <http://environ.survey.ntua.gr/files/ergasies/loros.pdf>
- [22] Role of atmospheric particulate matter exposure in COVID-19 and other health risks in human: A review
Chengyue Zhu, Kannan Maharajan , Kechun Liu , Yun Zhang ,2021
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121005752>
- [23] Advances in particulate matter filtration: Materials, performance, and application
Xuzheng Ji , Jianying Huang , Lin Teng , Shuhui Li , Xiao Li , Weilong Cai , Zhong Chen , Yuekun Lai ,2022 ,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468025722000632>
- [24] <https://www.purpleair.com/sensorlist>
- [25] <https://www2.purpleair.com/community/faq>
- [26] Adrien Lafond , The environmental Impact of Particle Pollution
- [27] Muhammad Nurul Huda, Shahid Akhtar Hossain, Md Mominul Islam, Md Fakrul Islam , 2018 , Chemical and morphological characteristics of Particulate Matter Suspended in the air of the Dhaka University Area of Bangladesh
- [28] Αιωρούμενα σωματίδια στην Ατμόσφαιρα της Πάτρας , Μασσαρά Βασιλική , 2011 ,
- [29] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ,Ετήσια έκθεση ατμοσφαιρικής ρύπανσης , 2015. <https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/legacy/Files/Perivallon/Poiotita%20Atmosfairas/Ektheseis/Ekthesi2015.pdf>
- [30] Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Μαΐου 2008 , για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη. Διαθέσιμη στο (2022): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EL>

[31] European Environment Agency , Emissions of primary PM_{2.5} & PM_{10.0} particulate matter. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-of-primary-particles-and-5/assessment-3>

[32] Better air quality is the easiest way not to die , 07/2021
<https://dynamight.net/air/>