



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (ΔΙΠ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΤΣΑΡΤΣΑΡΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΚΟΡΛΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

**ΠΑΤΡΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2024**

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	5
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	8
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή και σκοπός της πτυχιακής εργασίας	10
1.1. Σκόνη	10
1.2. Αιωρούμενα σωματίδια	13
1.3. Πηγές αιωρούμενων σωματιδίων	14
1.4. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία	16
1.5. Όρια Ευρωπαϊκής Ένωσης & Εθνική Νομοθεσία.....	17
1.6. Ποιότητα της Ατμόσφαιρας και Επιπτώσεις στην Υγεία	21
1.7. Σκοπός και Χρησιμότητα της Πτυχιακής Εργασίας.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Πειραματική διάταξη μετρήσεων	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα μετρήσεων	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αξιολόγηση μετρήσεων	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα	55
Βιβλιογραφία	57

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του κύκλου σπουδών του Μεταπτυχιακού προγράμματος Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου. Το αντικείμενο της μελέτης είναι οι περιβαλλοντικές μετρήσεις σε Βιομηχανική Περιοχή και συγκεκριμένα στη Βιομηχανική Περιοχή της Σίνδου, Θεσσαλονίκης.

Αυτή η πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στη Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας, που προσφέρεται από το Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Η κύρια εστίαση της μελέτης είναι στις περιβαλλοντικές μετρήσεις σε μία βιομηχανική περιοχή, με έμφαση στη Βιομηχανική Περιοχή της Σίνδου στη Θεσσαλονίκη.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η συμβολή στη μείωση της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων και να προάγει την προστασία της ανθρώπινης υγείας και ευεξίας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, πραγματοποιούνται περιβαλλοντικές μετρήσεις χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα μετρητικά όργανα, όπως το Dust Detective, που είναι ένα όργανο μέτρησης της σκόνης. Με τη βοήθεια αυτών των οργάνων, μπορούμε να εντοπίσουμε και να αναλύσουμε τις ποσότητες των ατμοσφαιρικών ρύπων, με σκοπό την αποφυγή των επιβλαβών επιπτώσεών τους.

Ο ανωτέρω στόχος μπορεί να επιτευχθεί μέσω της συλλογής και ανάλυσης περιβαλλοντικών δεδομένων, και ειδικότερα χρησιμοποιώντας μετρητικά όργανα όπως το Dust Detective, που είναι ένα όργανο μέτρησης της σκόνης. Μέσω αυτών των μετρήσεων, μπορούμε να εντοπίσουμε και να αναλύσουμε τις ποσότητες των ατμοσφαιρικών ρύπων, προκειμένου να αποφύγουμε τις επιβλαβείς επιπτώσεις τους.

Από την σκοπιά της ανθρώπινης υγείας, πρέπει να τονιστεί ότι εκτός από την σκόπιμη απευθείας έκχυση στο αίμα κάποιας ουσίας, η εισπνοή είναι ο γρηγορότερος τρόπος με τον οποίο μια ουσία μπορεί να εισέλθει στον ανθρώπινο οργανισμό και να επηρεάσει άμεσα ή έμμεσα τη λειτουργία του. Αν ληφθεί δε υπόψη ότι γενικά ένας ρύπος αφομοιώνεται κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό από το αναπνευστικό παρά από

το πεπτικό σύστημα, γίνεται εύκολα αντιληπτή η σημασία της διατήρησης μιας καθαρής ατμόσφαιρας, δηλαδή ατμόσφαιρας χωρίς μεγάλες συγκεντρώσεις ρύπων.

Πολλές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια έχουν αποδείξει χωρίς αμφιβολία τη σύνδεση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ανθρώπινης υγείας. Εκτός από την απειλή για τα οικοσυστήματα του πλανήτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί επίσης καταστροφή ή υποβάθμιση πολλών ανθρωπίνων δημιουργημάτων.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον από τους πολίτες, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες χώρες, για την ποιότητα του αέρα που αναπνέουν. Οι περισσότεροι είναι πλέον ενημερωμένοι για τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία και τη ζωή τους, και ασκούν πιέσεις στις αρμόδιες αρχές για τη λήψη μέτρων.

Οποιαδήποτε ουσία είτε σε στερεά μορφή (μικρά αιωρούμενα σωματίδια), είτε σε υγρή (αιωρούμενα σταγονίδια), είτε σε μορφή αερίου, ορίζεται ως ατμοσφαιρικός ρύπος και έχει βλαπτική επίδραση (άμεσα ή έμμεσα) στην ανθρώπινη υγεία, τη χλωρίδα, την πανίδα και γενικότερα το περιβάλλον. Με τις περιβαλλοντικές μετρήσεις υπάρχει δυνατότητα εντοπισμού των ουσιών αυτών και η μετέπειτα εφαρμογή δράσεων μείωσης τους.

ABSTRACT

This dissertation was carried out as part of the Master's program in Quality Management and Technology at the Hellenic Open University. The subject of the study is environmental measurements in an Industrial Area, specifically in the Industrial Area of Sindos, Thessaloniki.

This dissertation was completed within the framework of the postgraduate program in Quality Management and Technology, offered by the Hellenic Open University. The primary focus of the study is on environmental measurements in an industrial area, with emphasis on the Industrial Area of Sindos in Thessaloniki.

The aim of this dissertation is to contribute to the reduction of ecosystem degradation and to promote the protection of human health and well-being. To achieve this goal, environmental measurements are conducted using specific measuring instruments, such as the Dust Detective, which is a dust measuring device. With the help of these instruments, we can identify and analyze the quantities of atmospheric pollutants to avoid their harmful effects.

The above goal can be achieved through the collection and analysis of environmental data, specifically using measuring instruments such as the Dust Detective, which is a dust measuring device. Through these measurements, we can detect and analyze the quantities of atmospheric pollutants to prevent their harmful effects.

From the perspective of human health, it is important to emphasize that, apart from the intentional direct injection of a substance into the bloodstream, inhalation is the fastest way for a substance to enter the human body and affect its function, either directly or indirectly. Considering that a pollutant is generally assimilated to a much greater extent by the respiratory system than by the digestive system, the importance of maintaining a clean atmosphere, that is, an atmosphere without high concentrations of pollutants, becomes evident.

Many studies conducted in recent years have undoubtedly proven the connection between air pollution and human health. Beyond threatening the planet's ecosystems, air pollution also causes destruction or degradation of many human creations.

In recent years, there has been increasing interest from citizens, especially in developed countries, regarding the quality of the air they breathe. Most people are now informed about the effects of air pollution on their health and lives, and they are increasingly pressuring the responsible authorities to take action.

Any substance, whether in solid form (such as small suspended particles), liquid form (such as suspended droplets), or gas form, is defined as an atmospheric pollutant. These pollutants have harmful effects, either directly or indirectly, on human health, flora, fauna, and the environment in general. With environmental measurements, it is possible to identify these substances and subsequently implement actions to reduce them.

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Ανώτερο και κατώτερο όριο εκτίμησης σύμφωνα με το ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011

Πίνακας 2 Οριακές τιμές PM10 σε περιόδους και κανόνες εγκυρότητας των μετρήσεων σύμφωνα με το ΦΕΚ 488/Β/30-03-2011

Πίνακας 3 Όρια για ευπαθείς ομάδες σύμφωνα με το ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1 Αιωρούμενη σκόνη λόγω ανέμου
- Εικόνα 2 Φωτογραφία πόλης με νέφος από σκόνη
- Εικόνα 3 Αναπαράσταση εισαγωγής αιωρούμενων σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου
- Εικόνα 4 Περιβαλλοντική Νομοθεσία
- Εικόνα 4 Χάρτης αποτύπωσης περιοχής μελέτης (Σίνδος, Ελλάδα)
- Εικόνα 5 Όργανο Μέτρησης Σκόνης της εταιρείας Casella, Dust Detective
- Εικόνα 6 Οθόνη κατάστασης Dust Detective, Casella
- Εικόνα 7 Είσοδος και τοποθέτηση φυσούνας ανιχνευτή για βαθμονόμηση
- Εικόνα 8 Μηδενισμός βαθμονόμησης
- Εικόνα 9 Εξάρτημα βαθμονόμησης εύρους
- Εικόνα 10 Οθόνη ρύθμισης εύρους του οργάνου
- Εικόνα 11 Βιομηχανική Περιοχή Σίνδου
- Εικόνα 12 Αιωρούμενη σκόνη λόγω ανέμου
- Εικόνα 13 Φωτογραφία πόλης με νέφος από σκόνη
- Εικόνα 14 Αναπαράσταση εισαγωγής αιωρούμενων σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου
- Εικόνα 15 Περιβαλλοντική Νομοθεσία
- Εικόνα 14: Περιβάλλον χώρος Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος στην Σίνδο
- Εικόνα 17: Βιομηχανική περιοχή Σίνδου
- Εικόνα 18: Φωτογραφική απεικόνιση του μετρητικού οργάνου dust detective
- Εικόνα 19: Φωτογραφική απεικόνιση κατά την χρήση του μετρητικού οργάνου
- Εικόνα 20 Όργανο Μέτρησης Σκόνης της εταιρείας Casella, Dust Detective
- Εικόνα 21 Οθόνη κατάστασης Dust Detective, Casella
- Εικόνα 15 Είσοδος και τοποθέτηση φυσούνας ανιχνευτή για βαθμονόμηση
- Εικόνα 16: Φυσούνα ανιχνευτή κατά τη χρήση
- Εικόνα 17 Μηδενισμός βαθμονόμησης
- Εικόνα 18 Εξάρτημα βαθμονόμησης εύρους
- Εικόνα 19: Εξάρτημα βαθμονόμησης εύρους σε φωτογραφία
- Εικόνα 20: Τοποθέτηση εξαρτήματος βαθμονόμησης
- Εικόνα 21 Οθόνη ρύθμισης εύρους του οργάνου
- Εικόνα 22 Βιομηχανική Περιοχή Σίνδου

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Αποτελέσματα μετρήσεων από 23.03.2024

Διάγραμμα 2: Αποτελέσματα μετρήσεων από 30.03.2024

Διάγραμμα 3: Αποτελέσματα μετρήσεων από 06.04.2024

Διάγραμμα 4: Αποτελέσματα μετρήσεων από 13.04.2024

Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα μετρήσεων από 20.04.2024

Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα μετρήσεων από 18.05.2024

Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα μετρήσεων από 25.05.2024

Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα μετρήσεων από 01.06.2024

Διάγραμμα 9: Αποτελέσματα μετρήσεων από 08.06.2024

Διάγραμμα 10: Αποτελέσματα μετρήσεων από 15.06.2024

Διάγραμμα 11: Μέσοι όροι τιμών σε mg/m³

Διάγραμμα 12: Κατώτατες τιμές σκόνης σε mg/m³

Διάγραμμα 13: Ανώτατες τιμές σκόνης σε mg/m³

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή και σκοπός της πτυχιακής εργασίας

1.1. Σκόνη

Ως ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται κάθε κατάσταση στην οποία υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ουσίες σε συγκεντρώσεις αρκετά υψηλότερες από τα φυσιολογικά επίπεδα του περιβάλλοντος, οι οποίες μπορούν να επιδράσουν αρνητικά για τον άνθρωπο, τα ζώα και γενικότερα το περιβάλλον. [6]

Η εκπομπή των ρύπων στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές διεργασίες όπως βιολογικές δραστηριότητες, ηφαίστεια, πυρκαγιές κ.α., όσο και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες βιομηχανία, παραγωγής ενέργειας, θέρμανση κ.α. Σε παγκόσμια κλίμακα οι εκπομπές ορισμένων αέριων ρύπων από την ίδια τη φύση είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Επειδή όμως οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων συγκεντρώνονται σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές, οι συγκεντρώσεις των ρύπων στις περιοχές αυτές είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια. [2]

Μία από τις σημαντικότερες φυσικές πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων θεωρείται η σκόνη, καθώς αυτή ευθύνεται για το ποσοστό των τριάντα επτά τοις εκατό (37%) περίπου της συνολικής παραγωγής πρωτογενών αιωρούμενων σωματιδίων. [6]



Εικόνα 23 Αιωρούμενη σκόνη λόγω ανέμου [36]

Η δράση του ανέμου, σε απογυμνωμένα εδάφη, σε επιφάνειες που καλύπτονται από βλάστηση και σε επιφάνειες που προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. δρόμοι, κτίρια κτλ.), ευθύνεται για την επαναιώρηση της σκόνης. [2] Είναι πιθανό πως στο μέλλον οι αλλαγές στο κλίμα και η εντατικοποίηση της χρήσης γης θα οδηγήσουν σε αυξημένη παραγωγή σκόνης από πολλές ξηρές περιοχές. [11]

Οι πηγές εκπομπής της σκόνης διακρίνονται στις εξής κατηγορίες [2] :

1. Επαναιώρηση σκόνης από φυσικές πηγές : περιλαμβάνει τα ξηρά και υγρά εδάφη που παρασύρονται από τον άνεμο καθώς αυτός περνάει από επιφάνειες που δεν έχουν μεταβληθεί ή παραποιηθεί από ανθρώπινη δραστηριότητα:
 - φυσικά ποτάμια, λίμνες
 - άγονα εδάφη, αμμόλοφοι και εκτεθειμένοι βράχοι
 - μη γεωργικό χορτάρι, δάση
 - περιοχές που έχουν καεί από φυσικές πυρκαγιές και μπορούν ακόμη να βλαστήσουν ξανά.
2. Επαναιώρηση σκόνης από ανθρωπογενείς πηγές: περιλαμβάνει τα εδάφη που παρασύρονται από τον άνεμο καθώς περνάει από επιφάνειες που έχουν μεταβληθεί ή παραποιηθεί από ανθρώπινη δραστηριότητα:
 - μη αναπτυγμένα εδάφη

- κατασκευαστικές και μεταλλευτικές περιοχές
- αγροτικές καλλιέργειες και δασικά εδάφη
- οδοστρώματα, υπαίθριοι χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων
- περιοχές που έχουν καεί από ανθρωπογενούς αιτίας πυρκαγιές και μπορούν να βλαστήσουν ξανά
- χωματερές, άκτιστα οικόπεδα

Οι πηγές εκπομπής της σκόνης διακρίνονται ακόμη, σε δύο υποκατηγορίες:

- περιορισμένες (limited) και
- απεριόριστες (unlimited).

Ενώ, οι επιφάνειες του εδάφους διακρίνονται σε:

- ευσταθείς (stable) και
- ασταθείς (unstable)

Η πρώτη κατηγορία (περιορισμένη), περιλαμβάνει την αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη που προέρχεται από την επίδραση του ανέμου σε ευσταθείς επιφάνειες και έχει ως αποτέλεσμα την επαναιώρηση σκόνης σε μικρές ποσότητες. Αντιθέτως, η δεύτερη κατηγορία πηγών οδηγεί σε εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων αιωρούμενων σωματιδίων και αφορά επιφάνειες που μεταβάλλονται (ασταθείς) [2].

Οι εκπομπές από τη διάβρωση του εδάφους οφείλονται στην τριβή των κόκκων του χώματος καθώς επίσης στην αποσάθρωση των προϊόντων της τριβής ή των υλικών που αποτίθενται στην επιφάνεια της γης. Ο χρόνος παραμονής της σκόνης στην ατμόσφαιρα, εξαρτάται από μετεωρολογικές καταστάσεις και κυμαίνεται σε διάφορες κλίμακες :

- μικροκλίμακας,
- μεσοκλίμακας και
- μεγάλης κλίμακας.

1.2. Αιωρούμενα σωματίδια

Τα στερεά ή υγρά υλικά που υπάρχουν στον αέρα, εκτός από τους υδρατμούς, τα οποία έχουν μικροσκοπικές διαστάσεις χωρίς, όμως, να έχουν μέγεθος μικρότερο ενός μορίου, δηλαδή, η αεροδυναμική τους διάμετρος δεν είναι μικρότερη από 2Å, ορίζονται ως αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ ή πιο συχνά στη βιβλιογραφία PM). [2]

Έχει αποδειχθεί πως τα αιωρούμενα σωματίδια διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διάμετρο και το μέγεθός τους και έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και κατά συνέπεια στην ανθρώπινη υγεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο σχηματισμός, οι μηχανισμοί απομάκρυνσης και η χημική σύνθεσή τους εξαρτάται από το μέγεθος τους. Για τον λόγο αυτό δε χρησιμοποιείται πλέον ο όρος των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων (Total Suspended Particulates, TSP) αλλά αυτά διαχωρίζονται σύμφωνα με τις παρακάτω κατηγορίες [2], [10] :

- Χονδρόκοκκα σωματίδια (coarse particles) PM₁₀. Τα οποία έχουν διάμετρο μικρότερη από 10μm και εκπέμπονται κυρίως από φυσικές πηγές καθώς ο κύριος μηχανισμός σχηματισμού τους είναι η θραύση σε μικρά τεμάχια στερεάς ή υγρής ύλης και στη συνέχεια παράσυρση αυτών από τον αέρα.
- Λεπτόκοκκα σωματίδια (fine particles) PM_{2.5}. Τα μικροσωματίδια PM_{2.5} συνιστούν το λεπτότερο κλάσμα των PM₁₀, οπότε έχουν διάμετρο μικρότερη από 2.5μm. Πρόκειται για δευτερογενείς ρύπους καθώς σχηματίζονται από σωματίδια που βρίσκονται σε αέρια φάση με διαδοχικές συσσωρεύσεις, συμπύκνωση, μεταφορά ή καύση.
- Πολύ λεπτόκοκκα σωματίδια (ultra fine particles) PM₁. Τα οποία έχουν διάμετρο μικρότερη από 1μm και αυτό τα καθιστά περισσότερο επικίνδυνα λόγω της μεγαλύτερης διεισδυτικότητάς τους στους πνεύμονες, προκαλώντας έτσι ποικίλα προβλήματα. Τα σωματίδια αυτά έχουν την τάση να συσσωρεύονται περαιτέρω, σχηματίζοντας τα χαρακτηριζόμενα ως συσσωρευμένα σωματίδια (accumulation mode), διαμέτρου γύρω στα 0.5μm και τα οποία είναι σχετικά σταθερά στον αέρα. Τα σωματίδια αυτά αντιπροσωπεύουν σχετικά μικρή αναλογία ως προς τη μάζα των σωματιδίων.

Παρόλα αυτά όμως, αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του αριθμού των σωματιδίων.

Τα ανωτέρω σωματίδια θεωρούνται ρύποι στην ατμόσφαιρα, παρουσιάζονται με διαφορετικά μεγέθη και μορφές, φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ταξινομηθούν με διαφορετικούς τρόπους όπως ο σχηματισμός τους, το μέγεθος τους ή/και η συμπεριφορά τους στο αναπνευστικό σύστημα.



Εικόνα 24 Φωτογραφία πόλης με νέφος από σκόνη [37]

1.3. Πηγές αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια δημιουργούνται τόσο από φυσικές πηγές όσο και από ανθρωπογενείς. Παράδειγμα φυσικών πηγών αποτελεί η θάλασσα, η γύρη, σκόνη από το έδαφος και η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Αντίστοιχα, στις ανθρωπογενείς πηγές που στη σύγχρονη εποχή έχουν σημαντική συνεισφορά ανήκουν βασικές βιομηχανικές δραστηριότητες όπως η παραγωγή τσιμέντου, τα μέσα μετακίνησης (αυτοκίνητα, λεωφορεία, φορτηγά, μηχανές) και ιδιαίτερα τα πετρελαιοκίνητα καθώς και οικιακές δραστηριότητες όπως η καύσης βιομάζας για θέρμανση. [2]

Αν και το 70-90% των αιωρούμενων σωματιδίων προέρχονται από φυσικές πηγές, ως σημαντικές πηγές ρύπανσης γενικότερα θα χαρακτηρίσουμε τα αστικά κέντρα, τα

εργοστάσια (και ιδιαίτερα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας) και τους μεγάλους αυτοκινητόδρομους εξαιτίας των καύσεων είτε βιομάζας είτε βενζίνης και άλλων ορυκτών καυσίμων. [2]

Η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων εξαρτάται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες. Για το λόγο αυτό υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις και σε σταθμούς που βρίσκονται στην ίδια πόλη ανάλογα με το περιβάλλον τους. Πιο συγκεκριμένα, η μεταβολή της συγκέντρωσης μπορεί να συσχετιστεί με μετεωρολογικούς παράγοντες, όπως η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου αλλά και οι βροχοπτώσεις οι οποίοι συνδυάζονται με πληθώρα γεωγραφικών παραγόντων όπως το υψόμετρο, τη θέση σε σχέση με τη θάλασσα και τη μεταφορά σκόνης από απομακρυσμένες ξηρές περιοχές της Βορείου Αφρικής και της Μέσης Ανατολής. Η σχετικά μικρή απόσταση της Ελλάδας από τις προαναφερθείσες περιοχές οδηγεί σε ξαφνική αύξηση της συγκέντρωσης PM σωματιδίων όταν ο άνεμος κατευθύνει σε σκόνη που προέρχεται κυρίως από την έρημο Σαχάρα, την έρημο Σαχέλ που βρίσκεται νοτιότερα αυτής, ή ακόμη και περιοχές στην Σαουδική Αραβία, τη Συρία, κ.α.. Αυτό το φαινόμενο αύξησης της συγκέντρωσης των PM ενισχύεται ακόμη περισσότερο από τη γενικότερη διάβρωση του εδάφους στη χερσόνησο των Βαλκανίων και την Τουρκία εξαιτίας ισχυρών ανέμων. [2]

Η χημική σύσταση των PM διαφέρει ανάλογα την περιοχή και το κλίμα, από ψυχρότερες σε θερμότερες περιόδους καθώς εξαρτάται σημαντικά τόσο από τις καιρικές συνθήκες όσο και από τις πηγές των σωματιδίων οι οποίες βρίσκονται κοντά στην περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η δειγματοληψία και ο χημικός χαρακτηρισμός αυτού. Η χημική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων λόγω της πολυπλοκότητας της αντικατοπτρίζει την πηγή της προέλευσης [3].

Τα αιωρούμενα σωματίδια αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθώς επίσης και με άλλα σωματίδια με αποτέλεσμα να συσσωματώνονται μέχρι που εν τέλει φυσικές διαδικασίες τα απομακρύνουν από την ατμόσφαιρα. Η χημική σύσταση των σωματιδίων, λοιπόν, είναι μία ακόμα επιρροή εκτός του χρόνου παραμονής τους στην ατμόσφαιρα παράλληλα με το μέγεθος τους και το ατμοσφαιρικό στρώμα στο οποίο βρίσκονται. [2]

1.4. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Η έκθεση σε σωματιδιακή ρύπανση είναι πιθανό να προκαλέσει ή να επιδεινώσει τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα του αναπνευστικού συστήματος ενός ανθρώπου, τις καρδιαγγειακές ασθένειες που μπορεί αυτός να έχει και επίσης να προκαλέσει βλάβη στους ιστούς των πνευμόνων, καρκινογένεσεις ακόμη και πρόωρο θάνατο. Στις συνέπειες της έκθεσης ενός ανθρώπου σε σωματιδιακή ρύπανση, συγκαταλέγονται ακόμη και κάποια λιγότερο επώδυνα συμπτώματα, όπως είναι ο βήχας, τα φλέματα, οι ζαλάδες και η συχνή αδιαθεσία. [3]

Υπάρχει διεθνώς πλέον, μία έντονη ανησυχία σχετικά με τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει στην υγεία ενός ανθρώπου, η βραχυχρόνια έκθεση σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων. Σε πολλές περιπτώσεις τα μικρής διάρκειας υψηλά επίπεδα σωματιδιακής ρύπανσης συνδέονται με σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως είναι η μειωμένη πνευμονική λειτουργία, τα αυξημένα αναπνευστικά συμπτώματα και οι καρδιαγγειακές παθήσεις [3].

Οι πλέον ευαίσθητες υποομάδες πληθυσμού ως προς την έκθεση σε σωματιδιακή ρύπανση, έχει αποδειχθεί πως είναι τα πολύ νεαρά και ηλικιωμένα άτομα, καθώς και οι πάσχοντες από αναπνευστικές και καρδιακές παθήσεις. Ιδιαίτερα όσον αφορά τα παιδιά προεφηβικής ηλικίας, οι επιπτώσεις που προκαλεί η έκθεση τους σε αιωρούμενα σωματίδια απασχολεί έντονα την επιστημονική κοινότητα τα τελευταία χρόνια [8]. Η εκτίμηση κινδύνου απέδειξε πως η πιο επικίνδυνη οδός έκθεσης σε σωματίδια ήταν αρχικά η κατάποση, ακολουθούμενη από την οδό απορρόφησης από το δέρμα και τέλος την εισπνοή [17].



Εικόνα 25 Αναπαράσταση εισαγωγής αιωρούμενων σωματιδίων στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου [34]

1.5. Όρια Ευρωπαϊκής Ένωσης & Εθνική Νομοθεσία

Η Ελλάδα ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οφείλει να ακολουθεί τις σχετικές νομοθετικές πράξεις και οδηγίες της Ένωσης για ζητήματα στα οποία οι αρμοδιότητες της Ένωσης υπερισχύουν των εθνικών αποφάσεων. Όπως ορίζει η αρχή της επικουρικότητας, όσον αφορά τον ατμοσφαιρικό αέρα, τα κράτη μέλη έχουν την ευθύνη και παράλληλα την ικανότητα να επιλέξουν τα μέσα συμμόρφωσης με τις οριακές τιμές που καθορίζει η Ένωση με την εκάστοτε νομοθεσία.



Εικόνα 15 Περιβαλλοντική Νομοθεσία [39]

Μία από τις σημαντικότερες Ευρωπαϊκές Οδηγίες για τον ατμοσφαιρικό αέρα μετά από την οδηγία 2004/107ΕΚ, είναι η Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 2008, για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα για την Ευρώπη, η οποία εναρμονίστηκε πλήρως στην κρατική νομοθεσία με την Κοινή Υπουργική Απόφαση του έτους 2011. (ΚΥΑ Η.Π. 14122/549/Ε.103, ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011). Η οδηγία αυτή μετέπειτα τροποποιήθηκε και ανανεώθηκε στην τωρινή μορφή της το έτος 2015 αντικατοπτρίζοντας τόσο την προσπάθεια των κρατών μελών να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα, όσο και την αισιοδοξία της Πράσινης Συμφωνίας σχετικά με την μείωση των ρύπων.

Πλέον, η νομοθεσία έχει ως τίτλο «Οδηγία (ΕΕ) 2015/1480» της Επιτροπής της 28ης Αυγούστου 2015 για την τροποποίηση ορισμένων παραρτημάτων των οδηγιών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου 2004/107/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ, οι οποίες ορίζουν τους κανόνες σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση των δεδομένων και την τοποθεσία των σημείων δειγματοληψίας για την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα» και εναρμονίστηκε με την νομοθεσία της Ελλάδας με τροποποίηση των αντίστοιχων τμημάτων (ΦΕΚ 1311/Β/13-4-2017).

Στην ελληνική νομοθεσία, λοιπόν, ορίζεται ως μέθοδος αναφοράς για τη δειγματοληψία και την μέτρηση των PM10, η διαδικασία η οποία περιγράφεται από το πρότυπο EN12341:2014 «Ατμοσφαιρικός αέρας – Πρότυπη σταθμική μέθοδος για τον προσδιορισμό του κλάσματος μάζας των PM10 ή PM2.5 των αιωρούμενων σωματιδίων». Αντίστοιχα έχουν οριστεί οι οριακές τιμές για την προστασία της υγείας του ανθρώπου οι οποίες ισχύουν από την αρχή του έτους 2005, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί.

	Μέσος όρος 24 ωρών ΑΣ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος ΑΣ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος ΑΣ_{2,5}
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70% της οριακής τιμής (35μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	70% της οριακής τιμής (28 μg/m ³)	70% της οριακής τιμής (17 μg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50% της οριακής τιμής (25 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	50% της οριακής τιμής (20mg/m ³)	50% της οριακής τιμής (12 μg/m ³)

Πίνακας 4 Ανώτερο και κατώτερο όριο εκτίμησης σύμφωνα με το ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011

Οριακή τιμή για τα PM10			
Περίοδος Μέσου Όρου	Οριακή Τιμή	Περιθώριο Ανοχής	Ημερομηνία που πρέπει να επιτευχθεί

1 ημέρα	50μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερες από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος	50%	Ισχύει ήδη από 01/01/2005
1 έτος	40 μg/m ³	20%	Ισχύει ήδη από 01/01/2005

Πίνακας 5 Οριακές τιμές PM₁₀ σε περιόδους και κανόνες εγκυρότητας των μετρήσεων σύμφωνα με το ΦΕΚ 488/Β/30-03-2011

Στην οδηγία του έτους 2008 για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀) αναφέρεται πως οι φυσικές πηγές συμβάλλουν στις εκτιμήσεις με τρόπο ο οποίος δεν μπορεί να ελεγχθεί. Για τον σκοπό αυτό, όταν η φυσική συμβολή ή η συμβολή των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) που οφείλεται στη διασκόρπιση της άμμου ή/και του αλατιού στους δρόμους τους χειμερινούς μήνες λόγω του χιονιού και εφόσον υπολογιστεί με ικανοποιητική ακρίβεια και είναι σε μεγάλο βαθμό η αιτία της υπέρβασης των οριακών τιμών, υπάρχει δυνατότητα να μη συνυπολογιστούν οι τιμές αυτές στις εκτιμήσεις.

Στην Ελλάδα, το ΥΠΕΚΑ και οι αρμόδιες διευθύνσεις του είναι υπεύθυνοι για την σημείωση, εξέταση και ανάλυση των υπερβάσεων που οφείλονται στα παραπάνω φαινόμενα και συγκεκριμένα το ΥΠΕΚΑ πρέπει διαβιβάζει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τα δεδομένα αυτά για τις εκάστοτε ζώνες ή οικισμούς παράλληλα με τις σχετικές πληροφορίες για τις συγκεντρώσεις και πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀).

Το έτος 2020, δηλαδή, την τελευταία χρονιά για την οποία έχουμε μετρήσεις, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέπεμψε την Ελλάδα στο Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η κίνηση αυτή οφειλόταν βάση του αντίστοιχου δελτίου τύπου, στη μη τήρηση από την μεριά της Ελλάδας, των δεσμευτικών ορίων ημερήσιων τιμών των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM₁₀) (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2020).

1.6. Ποιότητα της Ατμόσφαιρας και Επιπτώσεις στην Υγεία

Όπως προαναφέρθηκε, αρκετά αιωρούμενα σωματίδια εξαιτίας του μεγέθους τους καταφέρνουν και διεισδύουν στον ανθρώπινο οργανισμό και συγκεκριμένα στο αναπνευστικό σύστημα. Για το λόγο αυτό, οι παραπάνω νομοθεσίες αποσκοπούν στον έλεγχο των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων και γενικότερα ρύπων για να προστατεύσουν τη δημόσια υγεία, τα οικοσυστήματα και συνολικότερα το περιβάλλον.

Η ποιότητα της ατμόσφαιρας, λοιπόν, ως έννοια και ως δείκτης, αναφέρεται σε ενδείξεις οι οποίες μας βοηθούν να βγάλουμε συμπεράσματα για το πόσο ασφαλής είναι η ατμόσφαιρα για τους οργανισμούς οι οποίοι αναπνέουν σε αυτή. Παρακάτω, μπορούμε να δούμε την κατάταξη των επίπεδων συγκεντρώσεων PM10 βάση της επικινδυνότητας τους για τους ανθρώπους και τα πιθανά μέτρα τα οποία πρέπει να ληφθούν στις αντίστοιχες τιμές. Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση Η.Π. 14122/549/Ε.103/2011 - ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011:

Αιωρούμενα Σωματίδια	Χρονική Βάση	Όριο	Πράξεις
PM10	24 ώρες	51-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού
		76-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού και το γενικό πληθυσμό
		101-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού, το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών

			αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές- βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία
		>150 µg/m ³	Συστάσεις για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού, το γενικό πληθυσμό, μέτρα μείωσης των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από εστίες καύσης, βιομηχανικές- βιοτεχνικές δραστηριότητες και την κυκλοφορία

Πίνακας 6 Όρια για ευπαθείς ομάδες σύμφωνα με το ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011

1.7. Σκοπός και Χρησιμότητα της Πτυχιακής Εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση των διαθέσιμων δεδομένων σχετικά με τα αιωρούμενα σωματίδια στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στην βιομηχανική περιοχή της Σίνδου, όπου εδρεύει το Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδας κατά το έτος 2024. Η επεξεργασία και ανάλυση των συγκεκριμένων μετρήσεων αποφέρει ως ένα βαθμό γνώσεις για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στο Πανεπιστήμιο και την επίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων στους δεκάδες φοιτητές που φοιτούν σε αυτό καθώς και προσδιορίζει τις περιπτώσεις και το πλήθος τους όπου τα επίπεδα της

σκόνης βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από τα επιτρεπτά όρια μαζί με πιθανούς λόγους αύξησης των τιμών.

Σε πρόωρο στάδιο και ως αρχικός στόχος της μελέτης ορίστηκε η μελέτη των αιωρούμενων σωματιδίων που αποτελούν έναν από τους πιο επικίνδυνους ατμοσφαιρικούς ρύπους τόσο λόγω των επιπτώσεων τους στην ανθρώπινη υγεία, όσο και στο περιβάλλον. Επομένως, η χρησιμότητα αυτής της εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι το αντικείμενο μελέτης της συνδέεται άμεσα με την κοινωνία και την ανθρώπινη καθημερινότητα. Στο στάδιο αυτό, μελετήθηκε και το νομικό πλαίσιο το οποίο ορίζει τα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης για τα αιωρούμενα σωματίδια και την ποιότητα του αέρα, ενώ επισημάνθηκαν και κάποιες περιπτώσεις όπου η χώρα βρέθηκε αντιμέτωπη με κριτική για την ποιότητα της ατμόσφαιρας εξαιτίας διαφόρων παραγόντων.

Σε επόμενο στάδιο και ως δεύτερος στόχος τέθηκε η οργάνωση και η επιλογή με αντικειμενικά κριτήρια των διαθέσιμων δεδομένων καθώς και η βέλτιστη αναπαράσταση αυτών ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη και εξήγηση των μετρήσεων.

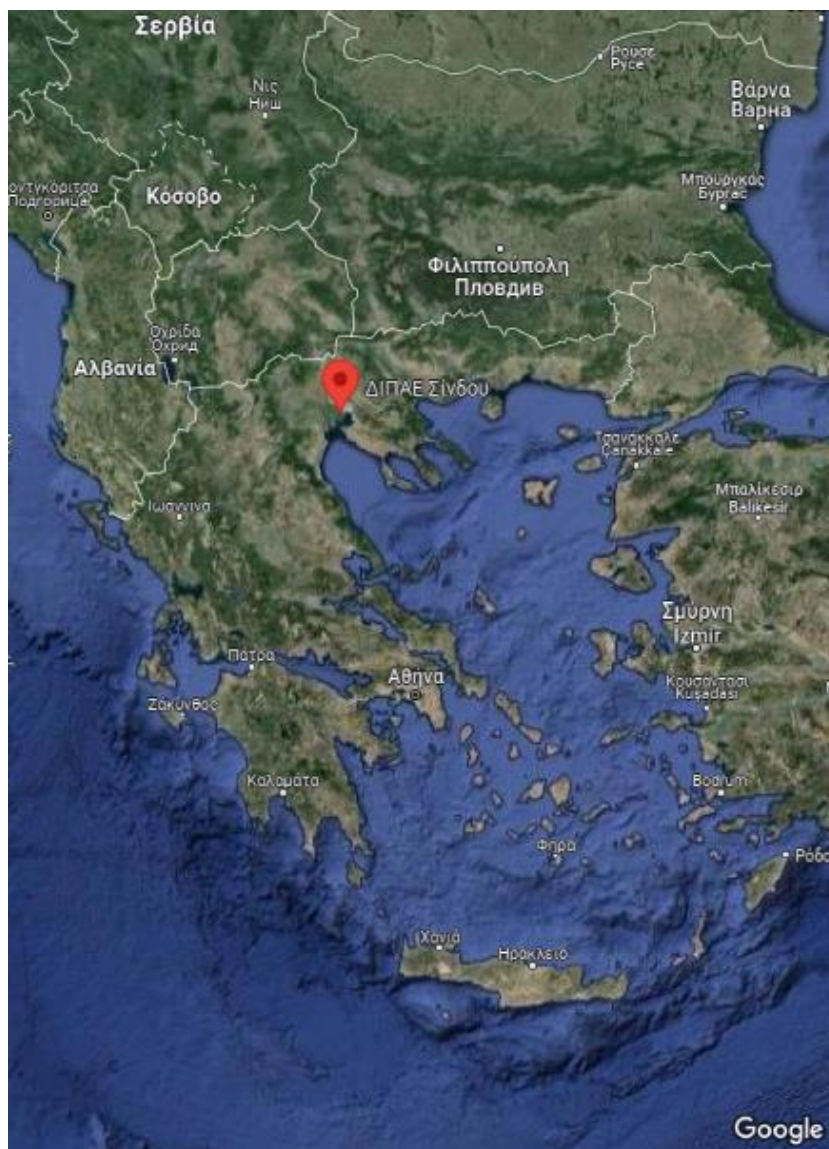
Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, ενοποιήθηκε η αναπαράσταση και η σύγκριση των μετρήσεων όπως και η επεξήγηση αυτών μαζί με την παρουσίαση των αιτιών, όπου αυτό θεωρήθηκε εφικτό. Σκοπός σε αυτό το βήμα ήταν να αποδοθούν λογικά αίτια και εξηγήσεις στις διάφορες παραβιάσεις των ορίων και παρουσία αυξημένων τιμών.

Η παρούσα εργασία θα μπορούσε να φανεί χρήσιμη σε οποιοδήποτε άτομο τη μελετήσει μελλοντικά καθώς έχει την δυνατότητα μέσα από αυτήν, να κατανοήσει τις έννοιες οι οποίες εξηγούνται σε αυτή, να ερμηνεύσει τα συμπεράσματα και να έχει τη δυνατότητα να συγκρίνει τα παρόντα δεδομένα με μελλοντικά δεδομένα ή δεδομένα άλλων περιοχών.

Καθώς η ποιότητα του αέρα είναι ζήτημα που αφορά την καθημερινότητα ολόκληρης της ανθρωπότητας, κρίθηκε σημαντικό η εργασία να είναι ευκολονόητη και επεξηγηματική. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι μόνο οι συγκεντρώσεις των επιπέδων σκόνης δεν μπορούν να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα για την ποιότητα του αέρα, αλλά απαιτείται και η γνώση και άλλων ρύπων του αέρα και της ατμόσφαιρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Πειραματική διάταξη μετρήσεων

Η πειραματική διάταξη των μετρήσεων έλαβε μέρος στην χώρα της Ελλάδας, στην βιομηχανική περιοχή της Σίνδου και συγκεκριμένα στον χώρο του Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος, όπως ακριβώς απεικονίζεται στον χάρτη της κάτωθι Εικόνας:



Εικόνα 26 Χάρτης αποτύπωσης περιοχής μελέτης (Σίνδος, Ελλάδα)

Το Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος (ΔΙ.ΠΑ.Ε.) ιδρύθηκε με το νόμο 3391 στη Θεσσαλονίκη το 2005 και άρχισε να λειτουργεί το 2008. Οι έδρες των Σχολών βρίσκονται στη Θεσσαλονίκη (στην Αλεξάνδρεια Πανεπιστημιούπολη στη Σίνδο και

στο 14ο χλμ. Θεσ/νίκης - Ν. Μουδανίων στη Θέρμη), στην Καβάλα, στη Δράμα και στις Σέρρες. Παραρτήματα υπάρχουν στην Κατερίνη, στο Κιλκίς και στο Διδυμότειχο.



Εικόνα 27: Περιβάλλον χώρος Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος στην Σίνδο [40]

Η έδρα του Πανεπιστημίου στην περιοχή της Σίνδου περιβάλλεται από μεγάλη έκταση πρασίνου, κεντρικό αυτοκινητόδρομο και ανήκει στην βιομηχανική περιοχή της Σίνδου. Έχει ως αποστολή και στόχο να παρέχει ανώτατη εκπαίδευση σε Έλληνες και ξένους και να παράγει και να μεταδίδει καινοτόμο γνώση στα επιστημονικά αντικείμενα που ασχολείται. Αρχικά ειδικευόταν στην παροχή μεταπτυχιακών προγραμμάτων που απευθύνονταν σε αλλοδαπούς φοιτητές που ενδιαφέρονταν να σπουδάσουν στην Ελλάδα και σε Έλληνες φοιτητές που αναζητούσαν διεθνείς προοπτικές. [38]

Αποτελείται από τις σχολές Γεωτεχνικών Επιστημών, Θετικών Επιστημών, Κοινωνικών Επιστημών, Οικονομίας και Διοίκησης, Επιστημών Υγείας και Μηχανικών. Το Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, με την πανεπιστημιούπολη του στη Σίνδο, προσελκύει σημαντικό αριθμό φοιτητών. Αν και οι ακριβείς αριθμοί

φοιτητών μπορούν να μεταβληθούν κάθε ακαδημαϊκό έτος, η Σίνδος φιλοξενεί μία από τις μεγαλύτερες πανεπιστημιούπολεις και οι φοιτητές του Πανεπιστημίου ξεπερνούν σε αριθμό τα 40.000 άτομα [38].

Είναι σαφές πως ένας κεντρικός αυτοκινητόδρομος μπορεί να συμβάλει στην αύξηση των ποσοτήτων σκόνης με διάφορους τρόπους [16]:

- **Κίνηση Οχημάτων:** Η συνεχής κίνηση των οχημάτων μπορεί να ανασηκώσει σκόνη και μικροσωματίδια από το οδόστρωμα και τις παρακείμενες περιοχές. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα σε ξηρές καιρούς ή περιοχές με υψηλή ρύπανση.
- **Τριβή Ελαστικών και Φρένων:** Η φθορά των ελαστικών και των φρένων των οχημάτων παράγει μικροσωματίδια που μπορούν να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα ως σκόνη.
- **Κατασκευαστικές Δραστηριότητες:** Η κατασκευή και η συντήρηση των αυτοκινητοδρόμων συχνά περιλαμβάνουν εκσκαφές και άλλες δραστηριότητες που παράγουν σκόνη.
- **Μεταφορά Υλικών:** Τα φορτηγά που μεταφέρουν οικοδομικά υλικά, χώμα, άμμο και άλλα προϊόντα μπορούν να ρίξουν σκόνη κατά την κίνηση τους, ειδικά αν δεν είναι καλυμμένα σωστά.
- **Απορρίμματα και Ρύπανση:** Τα απορρίμματα και η ρύπανση που συσσωρεύονται κατά μήκος του αυτοκινητοδρόμου μπορούν επίσης να συμβάλουν στην παραγωγή σκόνης όταν αυτά τα υλικά διασπείρονται από τον αέρα ή την κίνηση των οχημάτων.
- **Φυσικοί Παράγοντες:** Οι ανοιχτοί χώροι γύρω από τον αυτοκινητόδρομο, ειδικά αν δεν έχουν επαρκή βλάστηση, μπορούν να είναι πηγή σκόνης που ανασηκώνεται από τον άνεμο και την κίνηση των οχημάτων.

Αυτοί οι παράγοντες έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των ποσοτήτων σκόνης στην ατμόσφαιρα γύρω από έναν κεντρικό αυτοκινητόδρομο, επηρεάζοντας την ποιότητα του αέρα και την υγεία των ανθρώπων που ζουν κοντά σε αυτούς τους δρόμους.

Η προστασία των φοιτητών από την έκθεση τους σε μια βιομηχανική περιοχή είναι ζήτημα εξαιρετικής σημασίας για πολλούς λόγους, που σχετίζονται με την υγεία, την ασφάλεια, και την ευημερία τους. Οι βιομηχανικές περιοχές συχνά χαρακτηρίζονται από αυξημένη ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους, καθώς και από την παρουσία επικίνδυνων υλικών και χημικών ουσιών. Όσα είναι δυνατόν να είναι σοβαρά στην υγεία και την ασφάλεια κατά την διάρκεια σπουδών.

Όπως προαναφέρθηκε, η έκθεση σε βιομηχανικούς ρύπους μπορεί να προκαλέσει σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα, όπως άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Οι φοιτητές, που βρίσκονται σε ένα στάδιο της ζωής τους, όπου η φυσική και πνευματική ανάπτυξη είναι κρίσιμη, διατρέχουν ιδιαίτερο χαρακτήρα από τέτοιες παθήσεις. Επιπλέον, η μακροχρόνια έκθεση σε τοξικές ουσίες μπορεί να προκαλέσει πιο σοβαρές καταστάσεις, όπως καρδιαγγειακά νοσήματα και καρκίνο.

Επιπροσθέτως, η ασφάλεια των φοιτητών είναι πολύ σημαντικός παράγοντας σε αυτή την περίπτωση καθώς βιομηχανικές περιοχές συχνά φιλοξενούν βαριά μηχανήματα και εγκαταστάσεις που ενέχουν κίνδυνο ατυχημάτων. Η παρουσία φοιτητών σε τέτοιες περιοχές αυξάνει την πιθανότητα σοβαρών τραυματισμών ή ακόμα και θανάτων, εάν δεν τηρούνται αυστηρά μέτρα ασφαλείας [27].

Επιπλέον, η έκθεση σε βιομηχανικούς ρύπους και επικίνδυνες ουσίες μπορεί να επηρεάσει την ψυχική ευημερία των φοιτητών. Έρευνες δείχνουν ότι η ζωή σε περιοχές με υψηλή ρύπανση μπορεί να προκαλέσει άγχος, κατάθλιψη και άλλες ψυχολογικές διαταραχές. Οι φοιτητές, που ήδη αντιμετωπίζουν το άγχος των σπουδών και την προσαρμογή σε νέες καταστάσεις, δεν πρέπει να επιβαρύνονται επιπλέον από περιβαλλοντικούς παράγοντες [27].

Η Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης στην Σίνδο δημιουργήθηκε σε τρεις φάσεις λίγο πριν το 1970 και εκτείνεται σε μια έκταση περίπου 10.000 στρεμμάτων. Σήμερα αποτελεί τη μεγαλύτερη βιομηχανική περιοχή στην Ελλάδα. Με περισσότερες από

800 βιομηχανικές εγκαταστάσεις και 600 ενεργές μεταποιητικές και εμπορικές επιχειρήσεις η ΒΙ.ΠΕ.Θ. συνεισφέρει σημαντικό ποσοστό επί του ΑΕΠ της Ελλάδος με ένα συνολικό κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 5 δις Ευρώ ετησίως [40].

Οι επιχειρήσεις της ΒΙ.ΠΕ.Θ. απασχολούν σημαντικό αριθμό εργαζομένων από τη Θεσσαλονίκη και τις περιοχές που την περιβάλλουν, καθώς περισσότεροι από 20.000 εργαζόμενοι απασχολούνται σε μόνιμη βάση [40].

Επιπλέον, ένας σημαντικός αριθμός που ξεπερνά τις 15.000 εργαζόμενους, αποτελούμενος από πολλά επαγγέλματα, όπως μεταφορικές εταιρείες, λογιστικά γραφεία, ασφάλιστικές εταιρείες, λιμένες Θεσσαλονίκης και πολλοί ακόμη, προσφέρει τις υπηρεσίες του σε καθημερινή βάση για τη λειτουργία των επιχειρήσεων της περιοχής. Το συνολικό αποτύπωμα της ΒΙ.ΠΕ.Θ. στην Ελληνική οικονομία υπολογίζεται σε περισσότερο του 7,5% στο Α.Ε.Π. της Ελλάδος [40].

Με υποδομές που συμπεριλαμβάνουν 52 χλμ. οδών, 71 χλμ. αποχετευτικών δικτύων, ευνοϊκό αδειοδοτικό πλαίσιο, καθώς και υψηλές δυνατότητες συνέργειας μεταξύ των εγκατεστημένων επιχειρήσεων, η ΒΙ.ΠΕ.Θ. σήμερα αποτελεί το επίκεντρο του ενδιαφέροντος της Ελληνικής βιομηχανίας [40].



Εικόνα 28: Βιομηχανική περιοχή Σίνδου [19]

Σε μια βιομηχανική περιοχή, υπάρχουν διάφορες διαδικασίες και δραστηριότητες που μπορούν να δημιουργήσουν σωματίδια και σκόνη, τα οποία μπορεί να εισπνεύσει ο άνθρωπος [13]. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Εξόρυξη και Επεξεργασία Ορυκτών: Η εξόρυξη και η επεξεργασία ορυκτών έχουν μεγάλες ποσότητες σκόνης. Η σκόνη αυτή μπορεί να περιέχει επικίνδυνα μέταλλα όπως πυρίτιο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει πνευμονοκονίαση ή άλλες ασθένειες στον οργανισμό ενός ανθρώπου.
- Μεταλλουργία και Χυτήρια: Η τήξη και η επεξεργασία μετάλλων, απελευθερώνουν σωματίδια μετάλλων και καπνό. Αυτά τα σωματίδια μπορούν να περιέχουν βαρέα μέταλλα όπως μόλυβδο και κάδμιο, τα οποία είναι τοξικά.
- Βιομηχανία Τσιμέντου: Κατά την παραγωγή τσιμέντου, μεγάλες ποσότητες σκόνης απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα. Η σκόνη τσιμέντου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα και ερεθισμούς.
- Ξυλουργικές Δραστηριότητες: Η επεξεργασία ξύλου (πρίονισμα, τρίψιμο, λείανση) παράγει σωματίδια ξύλου που μπορεί να είναι επιβλαβής για την αναπνευστική οδό κάθε ανθρώπου.
- Κατεργασία και Τρόχισμα Μετάλλων: Η κοπή και το τρόχισμα μετάλλων παράγουν λεπτά σωματίδια μετάλλου και λίπανσης, τα οποία είναι επιβλαβή αν εισπνευσθούν από το άνθρωπο.
- Χημικές Βιομηχανίες: Κατά την παραγωγή και τη διαχείριση χημικών ουσιών, μπορεί να απελευθερωθούν τοξικά σωματίδια.
- Εργοστάσια Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας: Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που τροφοδοτούν καύσιμα απελευθερώνουν σωματίδια τέφρας και άλλα λεπτά σωματίδια στην ατμόσφαιρα.
- Κατασκευαστικές Δραστηριότητες: Οι δραστηριότητες όπως η κατεδάφιση και η ανακαίνιση, δημιουργούν μεγάλες ποσότητες σκόνης και σωματιδίων.

Η έκθεση σε σωματίδια και σκόνη στις βιομηχανικές περιοχές μπορεί να προκαλέσει σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα, όπως χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), πνευμονοκονίαση, ασθένεια του αναπνευστικού συστήματος και καρκίνο του

πνεύμονα. Επομένως, είναι κρίσιμο να εφαρμοστούν μέτρα προστασίας και ελέγχου της ποιότητας του αέρα σε τέτοιες περιοχές [20].

Για να επιτευχθούν όλα τα ανωτέρω, αρχικά είναι αναγκαίο να γίνουν περιβαλλοντικές μετρήσεις οι οποίες να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την ποσότητα των επικίνδυνων για τον άνθρωπο αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και τον τρόπο μείωσης και αντιμετώπισης τους.

Οι μετρήσεις σωματιδίων και σκόνης σε βιομηχανικές περιοχές είναι ζωτικής σημασίας για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και την προστασία της δημόσιας υγείας [21]. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι και τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για αυτές τις μετρήσεις, και οι πιο κοινές περιλαμβάνουν:

1. Μέθοδοι βαρύτητας (Gravimetric Methods)

Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει τη συλλογή σωματιδίων σε φίλτρα και τη ζύγιση αυτών των φίλτρων πριν και μετά τη συλλογή. Είναι ακριβής αλλά χρονοβόρα.

2. Οπτικές Μέθοδοι (Optical Methods)

Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν την εξάπλωση του φωτός για την ανίχνευση και τη μέτρηση σωματιδίων. Οι δύο κύριες τεχνικές είναι:

- Φασματομετρία Σκόνης (Dust Spectrometry): Χρησιμοποιεί φασματοφωτόμετρα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης και του μεγέθους των σωματιδίων.

- Λείζερ Σκόρτερς (Laser Scattering): Χρησιμοποιεί λέιζερ για τη διάχυση του φωτός από τα σωματίδια, επιτρέποντας τον υπολογισμό της συγκέντρωσης και της διανομής μεγέθους.

3. Μέθοδοι Διάχυσης (Diffusion Methods)

Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στην αρχή της διάχυσης αερίων ή ατμών και χρησιμοποιούν φίλτρα ή άλλα μέσα συλλογής για τη μέτρηση των σωματιδίων.

4. Ηλεκτρικές Μέθοδοι (Electrical Methods)

- Ηλεκτροστατική Κατακράτηση (Electrostatic Precipitation): Χρησιμοποιεί ηλεκτρικά πεδία για τη φόρτιση και τη συλλογή σωματιδίων.

- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Electrical Mobility): Μετράει την κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο.

5. Μέθοδοι Ανίχνευσης Ακτίνων X (X-ray Detection Methods)

- Φθορισμός Ακτίνων X (X-ray Fluorescence): Χρησιμοποιείται για την ανάλυση της χημικής σύστασης των σωματιδίων.

- Απορρόφηση Ακτίνων X (X-ray Absorption): Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των σωματιδίων.

6. Χημικές Μέθοδοι (Chemical Methods)

- Αέρια Χρωματογραφία (Gas Chromatography): Χρησιμοποιείται για την ανάλυση πτητικών ουσιών και σωματιδίων.

- Φασματοσκοπία Μάζας (Mass Spectrometry): Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και την ποσοτικοποίηση των σωματιδίων.

7. Περιοδικά Δειγματοληψίας (Intermittent Sampling)

Χρησιμοποιούνται όργανα για περιοδική δειγματοληψία και ανάλυση της συγκέντρωσης σωματιδίων σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.

8. Συνεχείς Μετρήσεις (Continuous Monitoring)

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), Διοξείδιο του αζώτου (NO₂), και άλλα αέρια (Gas Analyzers): Χρησιμοποιούνται συνεχείς αναλυτές αερίων για τη μέτρηση σωματιδίων και άλλων αερίων ρύπων σε πραγματικό χρόνο.

- Φασματόμετρα Οπτικών Ίνων (Fiber Optic Spectrometers): Χρησιμοποιούνται για τη συνεχή παρακολούθηση της συγκέντρωσης σωματιδίων.

9. Μέθοδοι Καταγραφής με Δορυφόρους (Satellite-Based Methods)

Χρησιμοποιούνται δορυφορικά δεδομένα για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης σωματιδίων σε μεγάλες περιοχές.

10. Φορητές Συσκευές (Portable Devices)

Φορητές συσκευές μέτρησης που χρησιμοποιούνται για επιτόπια ανάλυση της συγκέντρωσης σωματιδίων.

Αυτές οι μέθοδοι ποικίλλουν ως προς την ακρίβεια, το κόστος και την ευκολία χρήσης τους. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τις συγκεκριμένες ανάγκες και συνθήκες της κάθε βιομηχανικής περιοχής.

Η αποτελεσματικότητα μιας μεθόδου μέτρησης σωματιδίων και σκόνης σε βιομηχανικές περιοχές εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το είδος των σωματιδίων που πρέπει να μετρηθούν, η απαιτούμενη ακρίβεια, η ταχύτητα των μετρήσεων, το κόστος και οι συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ωστόσο, ορισμένες μέθοδοι θεωρούνται γενικά πιο αποτελεσματικές σε διάφορες περιπτώσεις:

1. Οπτικές Μέθοδοι (Optical Methods)

Πλεονεκτήματα:

- Παρέχουν γρήγορες και συνεχείς μετρήσεις.
- Είναι κατάλληλες για την ανάλυση μεγάλου εύρους μεγεθών σωματιδίων.
- Συχνά παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να επηρεαστούν από την παρουσία υγρασίας ή άλλων αερίων στον αέρα.
- Συνήθως απαιτούν τακτική συντήρηση και διακρίβωση.

2. Ηλεκτρικές Μέθοδοι (Electrical Methods)

Πλεονεκτήματα:

- Πολύ ευαίσθητες και μπορούν να ανιχνεύσουν μικρά σωματίδια.
- Παρέχουν ακριβείς μετρήσεις σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

Μειονεκτήματα:

- Συχνά είναι περίπλοκες στη χρήση και απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό.
- Μπορούν να είναι ακριβές στην αγορά και στη συντήρηση.

3. Μέθοδοι Καταγραφής με Δορυφόρους (Satellite-Based Methods)

Πλεονεκτήματα:

- Καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές.
- Παρέχουν δεδομένα για απομακρυσμένες ή δύσκολα προσβάσιμες περιοχές.

Μειονεκτήματα:

- Λιγότερο ακριβείς σε σχέση με τις επίγειες μετρήσεις.
- Περιορισμένη χρονική ανάλυση λόγω του χρόνου διέλευσης των δορυφόρων.

4. Συνεχείς Μετρήσεις (Continuous Monitoring)

Πλεονεκτήματα:

- Παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.
- Είναι ιδανικές για συνεχή παρακολούθηση σε βιομηχανικές περιοχές με διακυμάνσεις στην εκπομπή σωματιδίων.

Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να είναι δαπανηρές.
- Απαιτούν συνεχή συντήρηση και διακρίβωση.

5. Φορητές Συσκευές (Portable Devices)

Πλεονεκτήματα:

- Ευέλικτες και εύκολες στη χρήση.
- Ιδανικές για επιτόπια ανάλυση και γρήγορες μετρήσεις.

Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να μην είναι τόσο ακριβείς όσο οι σταθερές συσκευές.
- Περιορισμένες δυνατότητες ανάλυσης σε σχέση με πιο εξελιγμένες μεθόδους.

Συμπερασματικά, για τις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές, οι οπτικές μέθοδοι και οι συνεχείς μετρήσεις τείνουν να είναι οι πιο αποτελεσματικές λόγω της ταχύτητας και της ικανότητάς τους να παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τις συγκεκριμένες ανάγκες της εφαρμογής, όπως ο απαιτούμενος βαθμός ακρίβειας, ο προϋπολογισμός, και οι περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής μέτρησης.

Στην προκειμένη περίπτωση επιλέχτηκε ως μέθοδος, το μετρητικό όργανο "Dust Detective" της Casella το οποίο είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε βιομηχανικές περιοχές και άλλα περιβάλλοντα. Αυτό το εργαλείο ανήκει στην κατηγορία των φορητών συσκευών για μέτρηση σωματιδίων.

Τα Χαρακτηριστικά του Dust Detective της Casella είναι τα κάτωθι [14, 15]:

- Φορητότητα: Είναι σχεδιασμένο για να είναι φορητό, επιτρέποντας εύκολη μεταφορά και χρήση σε διάφορες τοποθεσίες.
- Συνεχείς Μετρήσεις: Παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τη συγκέντρωση σωματιδίων στον αέρα.
- Οπτική Μέθοδος: Χρησιμοποιεί τεχνολογία βασισμένη στη διάχυση του φωτός για τη μέτρηση της συγκέντρωσης σωματιδίων. Αυτό σημαίνει ότι εμπίπτει στις οπτικές μεθόδους μέτρησης.
- Ευκολία Χρήσης: Σχεδιασμένο να είναι εύκολο στη χρήση με απλές ρυθμίσεις και λειτουργίες.
- Δυνατότητες Ανάλυσης: Προσφέρει δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων μέσω ειδικού λογισμικού, επιτρέποντας την αποθήκευση και την επεξεργασία των μετρήσεων.

Συνοψίζοντας, το Dust Detective της Casella μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως φορητή συσκευή που χρησιμοποιεί οπτική μέθοδο για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, προσφέροντας συνεχείς μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο. Η φορητότητά του και η ευκολία χρήσης το καθιστούν ιδανικό για γρήγορη και αποτελεσματική ανάλυση της ποιότητας του αέρα σε διάφορες τοποθεσίες [12].

Ακολουθως, γίνεται μία ανάλυση του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την συγκέντρωση των δεδομένων των περιβαλλοντικών μετρήσεων και η περιγραφή της χρήσης και λειτουργίας αυτού.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή των μετρήσεων της εν λόγω Διπλωματικής Εργασίας, είναι της εταιρείας Casella, η οποία είναι εξειδικεύεται στη μείωση των περιβαλλοντικών κινδύνων για την υγεία, μέσω των αποτελεσματικών λύσεων παρακολούθησης, με παροχή οργάνων ακριβείας για εξερεύνηση και επιστημονική εργασία. Η εταιρεία Casella προσφέρει έξυπνες και εύχρηστες λύσεις για την παρακολούθηση του θορύβου, της σκόνης και των κραδασμών [12].

Για τις ανίχνευση της σκόνης που μεταφέρεται με τον αέρα, έγινε χρήση του Dust Detective, το οποίο είναι ένα χειροκίνητο όργανο καταγραφής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και εξειδικεύεται στην ανίχνευση αερομεταφερόμενης σκόνης, αναθυμιάσεων και αερολυμάτων. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιεί μία διαμορφωμένη πηγή φωτός λέιζερ που διαπερνά τον θάλαμο μέτρησης και ανιχνεύει τα σωματίδια σκόνης σε mg/m^3 . Το εν λόγω όργανο περιβαλλοντικών μετρήσεων, είναι απλό στην χρήση του και παρέχει στον χρήστη ποιοτικά δεδομένα τα οποία δεν μπορούν να αποκτηθούν μόνο με βαρυμετρικές μεθόδους δειγματοληψίας αέρα.



Εικόνα 29: Φωτογραφική απεικόνιση του μετρητικού οργάνου dust detective



Εικόνα 30: Φωτογραφική απεικόνιση κατά την χρήση του μετρητικού οργάνου



Εικόνα 31 Όργανο Μέτρησης Σκόνης της εταιρείας Casella, Dust Detective

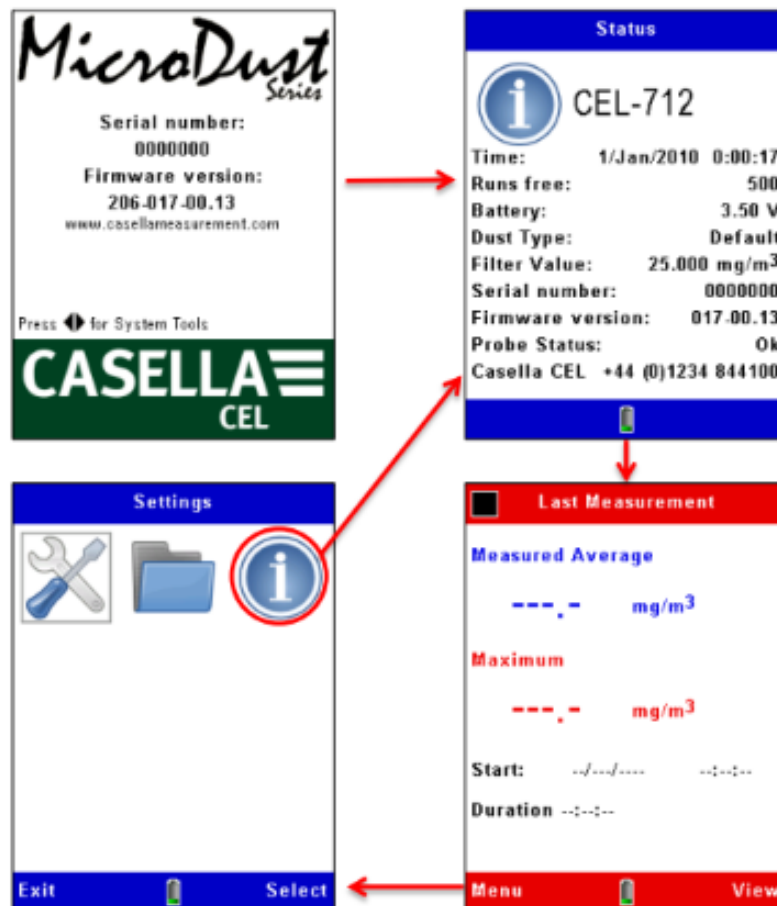
1. Βύσμα και καλώδιο ανιχνευτή
2. Ανιχνευτής
3. Πλήκτρο ON/OFF
4. Κάλυμμα οπής ανιχνευτή
5. Πλήκτρα επιλογών
6. Πλήκτρο Run/Stop
7. Πλήκτρα πλοήγησης

Το Dust Detective είναι εξαιρετικά εύελκτο όργανο με οθόνη χρωματικής κωδικοποίησης και δίνει στιγμιαίες μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο. Επίσης καταγράφει δεδομένα των οποίων η λήψη μπορεί να γίνει αργότερα για περεταίρω έλεγχο και εκτελεί και διαθέτει [12]:

- Γραφική απεικόνιση των επιπέδων σκόνης σε πραγματικό χρόνο
- Εκτεταμένο εύρος: 0,001 mg/m³ έως 250 g/m³
- Δειγματοληψία για συνολική σκόνη
- Ένθετο βαθμονόμησης επιτόπου

- Καταγραφή δεδομένων με μνήμη 500 run
- Λήψεις στο λογισμικό Insight για ανάλυση και αναφορά

Αφού ενεργοποιηθεί το όργανο Microdust Pro, με την χρήση του πλήκτρου ON/OFF, εμφανίζεται η αρχικά στην οθόνη, ο σειριακός αριθμός του οργάνου και η έκδοση του λογισμικού που χρησιμοποιεί, έπειτα εμφανίζεται η καρτέλα «Κατάσταση (Status)», και ακουμπώντας το πλήκτρο της εξόδου, εμφανίζεται η οθόνη μετρήσεων. Ακολουθεί σχετική Εικόνα:



Εικόνα 32 Οθόνη κατάστασης Dust Detective, Casella

Το καλιμπράρισμα είναι μια κρίσιμη διαδικασία για τη σωστή λειτουργία και την ακρίβεια του συστήματος Dust Detective, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση

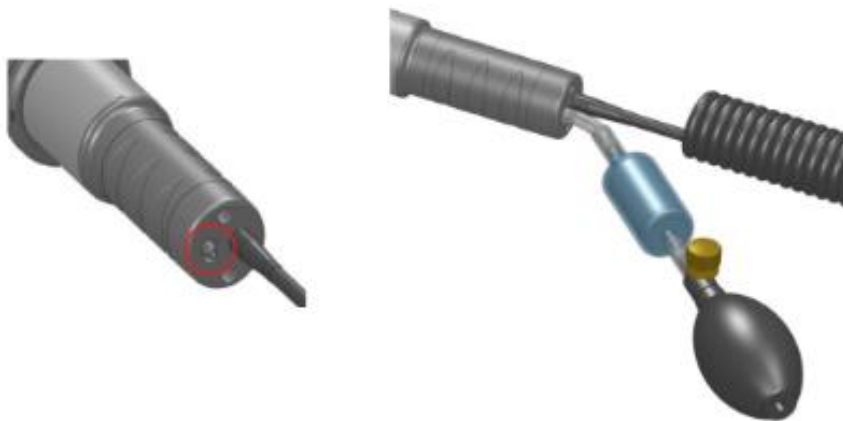
και την ανάλυση της σκόνης στον αέρα [19]. Η σημασία του καλιμπραρίσματος περιλαμβάνει τα εξής:

- **Ακρίβεια Μετρήσεων:** Το καλιμπράρισμα διασφαλίζει ότι οι αισθητήρες του Dust Detective παρέχουν ακριβείς μετρήσεις της συγκέντρωσης σωματιδίων στον αέρα. Χωρίς την διαδικασία του καλιμπραρίσματος, οι μετρήσεις μπορεί να είναι ανακριβείς και να μην αντιπροσωπεύουν την πραγματική κατάσταση του αέρα.
- **Αξιοπιστία Δεδομένων:** Τα καλιμπραρισμένα όργανα παρέχουν αξιόπιστα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση της ποιότητας του αέρα, τη λήψη αποφάσεων και την εφαρμογή μέτρων για τη βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας.
- **Συμμόρφωση με Κανονισμούς:** Η μέτρηση της ποιότητας του αέρα υπόκειται σε κανονιστικές απαιτήσεις. Το καλιμπράρισμα διασφαλίζει ότι το Dust Detective συμμορφώνεται με τα πρότυπα και τους κανονισμούς που ισχύουν για τις περιβαλλοντικές μετρήσεις.
- **Ανίχνευση Τάσεων και Μεταβολών:** Καλιμπραρισμένα όργανα είναι πιο ικανά να ανιχνεύσουν μικρές αλλαγές στις συγκεντρώσεις σωματιδίων, βοηθώντας στην παρακολούθηση των τάσεων και των μεταβολών στην ποιότητα του αέρα με την πάροδο του χρόνου.
- **Συντήρηση και Λειτουργία:** Τα τακτικά καλιμπραρίσματα μπορούν να βοηθήσουν στην έγκαιρη ανίχνευση και διόρθωση προβλημάτων ή αποκλίσεων στους αισθητήρες και τα συστήματα μέτρησης, διατηρώντας το Dust Detective σε άριστη λειτουργική κατάσταση.

Συνοψίζοντας, το καλιμπράρισμα είναι απαραίτητο για να εξασφαλιστεί ότι το Dust Detective παρέχει ακριβείς, αξιόπιστες και συμμορφούμενες μετρήσεις, επιτρέποντας την αποτελεσματική παρακολούθηση και βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

Το Microdust Pro, αποτελεί ένα ευαίσθητο όργανο μέτρησης και για τον λόγο αυτό πριν από την πραγματοποίηση μετρήσεων και για τη διασφάλιση της βέλτιστης ακρίβειας, συνιστάται ο χρήστης να προβεί σε βαθμονόμηση ή καλιμπράρισμα του οργάνου, ώστε να οριστεί με ακρίβεια η θέση της τιμής μηδέν καθώς και αυτή της ανώτερης τιμής. Συγκεκριμένα διαθέτει ένα ένθετο βαθμονόμησης, το οποίο εισάγεται στον ανιχνευτή και δημιουργεί ένα σταθερό διάσπαρτο εφέ και επίπεδο σήματος και παράγει ένα φαινόμενο σκέδασης φωτός που ισοδυναμεί με ένα επίπεδο συγκέντρωσης σκόνης. Η βέλτιστη ακρίβεια της μέτρησης της σκόνης σε πραγματικό χρόνο επιτυγχάνεται με τον καθορισμό ενός συντελεστή βαθμονόμησης [15].

Για να καθοριστεί η τιμή του μηδέν, πρέπει να καθαριστεί ο ανιχνευτής με καθαρό αέρα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί προσαρμόζοντας τη φυσούνα εξαέρωσης στην είσοδο εξαέρωσης του ανιχνευτή, όπως φαίνεται στην Εικόνα που ακολουθεί..

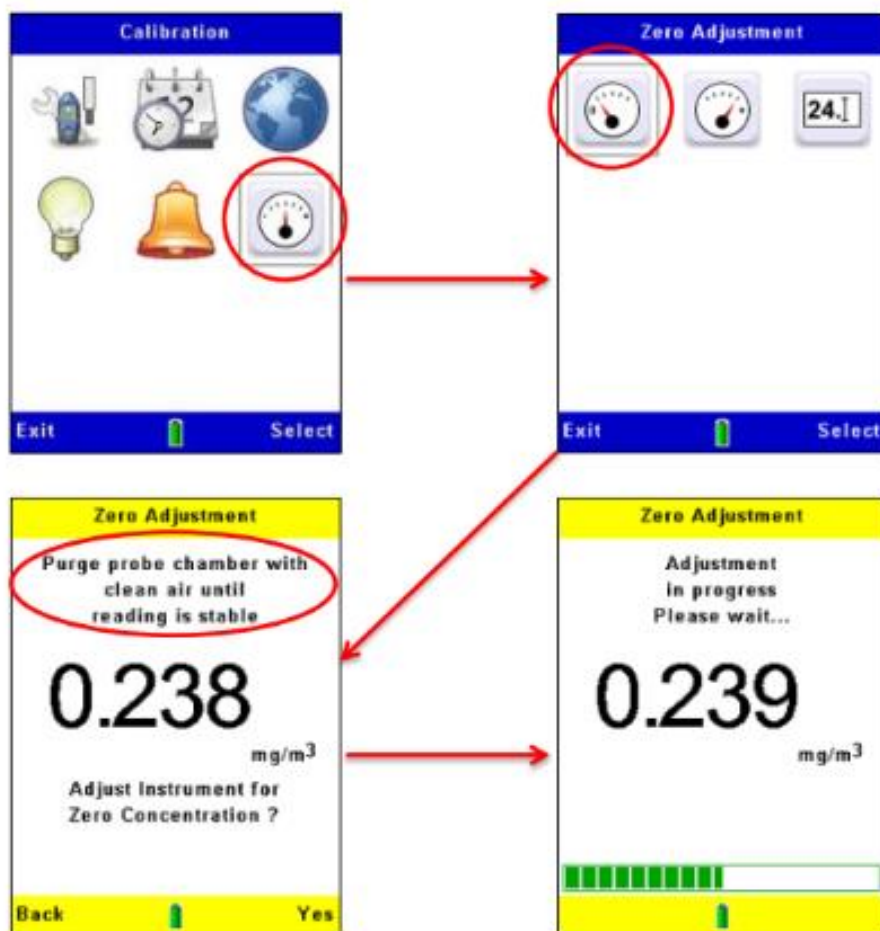


Εικόνα 33 Είσοδος και τοποθέτηση φυσούνας ανιχνευτή για βαθμονόμηση



Εικόνα 34: Φυσούνα ανιχνευτή κατά τη χρήση

Πιέζοντας και αφήνοντας τη φυσούνα καθαρισμού πέντε (5) ή έξι (6) φορές σε διάστημα δέκα (10) δευτερολέπτων, διοχετεύεται καθαρός αέρας στον θάλαμο και απομακρύνονται τυχόν σωματίδια και πιθανή μόλυνση, τα οποία μπορεί να έχουν καθιζάνει στα οπτικά εξαρτήματα του ανιχνευτή σκόνης. Όταν οι μετρήσεις σταθεροποιηθούν κατά τη διάρκεια της εκκένωσης του καθαρού αέρα, πρέπει να πατηθεί το πλήκτρο της μηδενικής μέτρησης όπως φαίνεται και στην κάτωθι Εικόνα, η οποία αφού ολοκληρωθεί την ακολουθεί η ένδειξη της επιτυχούς ή όχι βαθμονόμησης [15].



Εικόνα 35 Μηδενισμός βαθμονόμησης

Κάθε αισθητήρας παρέχεται με το δικό του εξάρτημα βαθμονόμησης, το οποίο δημιουργεί ένα σταθερό φαινόμενο οπτικής σκέδασης στο χώρο δειγματοληψίας. Αυτή η σταθερή αναφορά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιβεβαιώσει το εργοστασιακό σημείο βαθμονόμησης για το όργανο και τον αισθητήρα. Τοποθετώντας το εξάρτημα βαθμονόμησης στον χώρο των μετρήσεων του ανιχνευτή, με το βέλος να δείχνει προς τη λαβή του ανιχνευτή, όπως φαίνεται και στην Εικόνα, πατώντας το πλήκτρο εκκίνησης της βαθμονόμησης επιτυγχάνεται η προεπιλεγμένη ευαισθησία του οργάνου, σύμφωνα με τις εργοστασιακές του ρυθμίσεις Εικόνα που ακολουθεί.



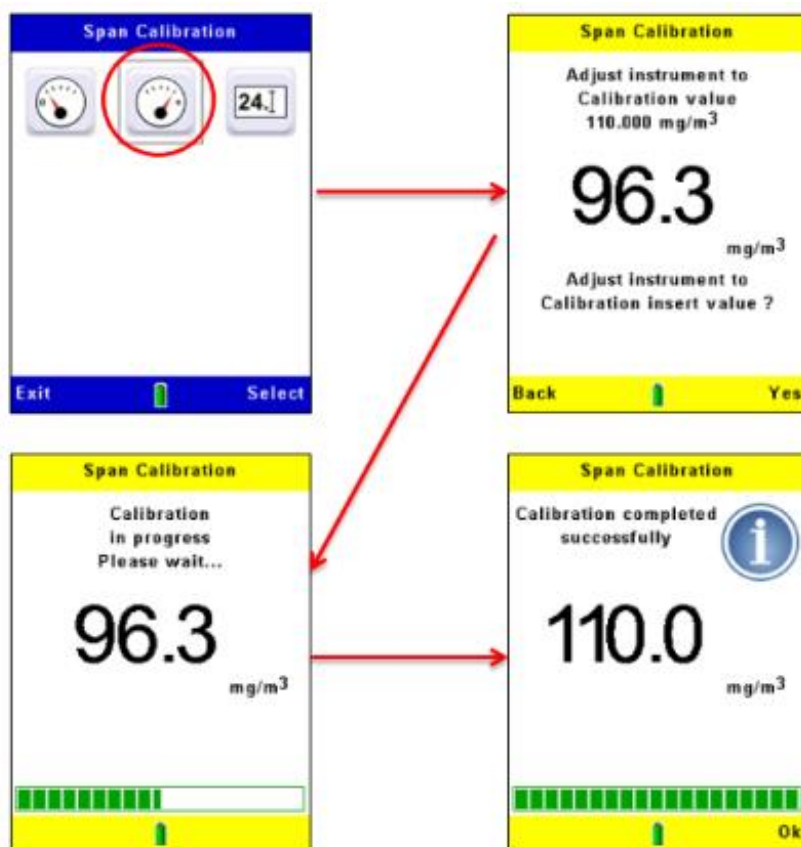
Εικόνα 36 Εξάρτημα βαθμονόμησης εύρους



Εικόνα 37: Εξάρτημα βαθμονόμησης εύρους σε φωτογραφία



Εικόνα 38: Τοποθέτηση εξαρτήματος βαθμονόμησης



Εικόνα 39 Οθόνη ρύθμισης εύρους του οργάνου

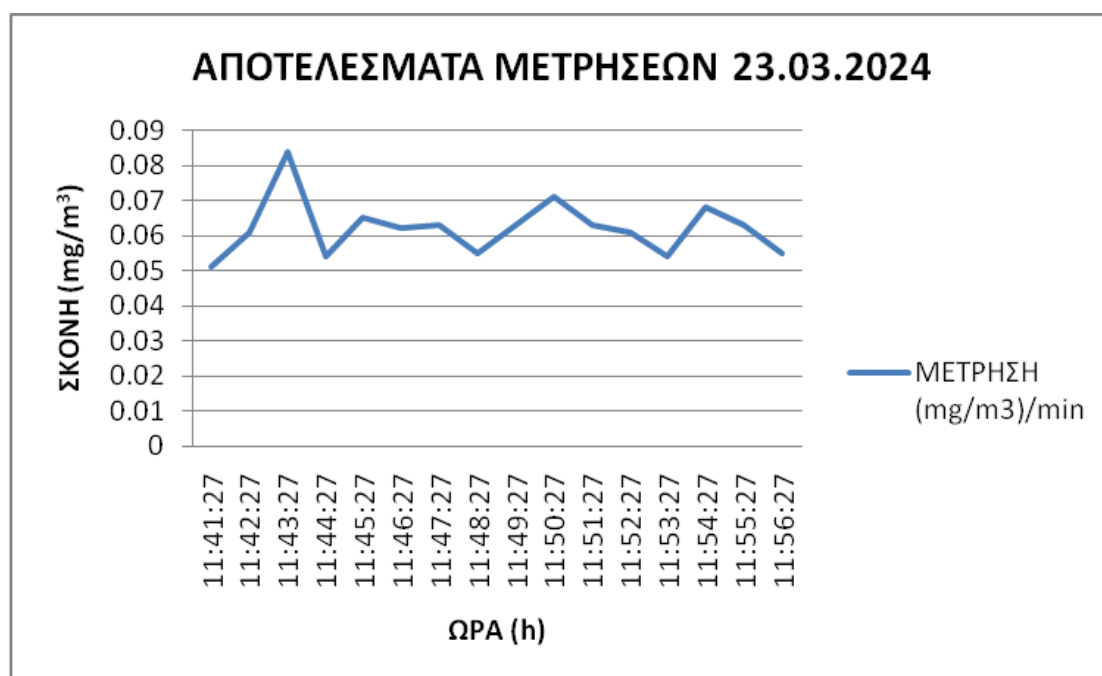
Με την απαραίτητη βαθμονόμηση του οργάνου, κάθε φορά πριν την χρήση του, πραγματοποιήθηκε η διεξαγωγή των περιβαλλοντικών μετρήσεων της επίμαχης Διπλωματικής Εργασίας, σε εξωτερικές συνθήκες στην βιομηχανική περιοχή της Σίνδου και προέκυψαν αποτελέσματα τα οποία θα αναλυθούν στην συνέχεια της εργασίας.



Εικόνα 40 Βιομηχανική Περιοχή Σίνδου

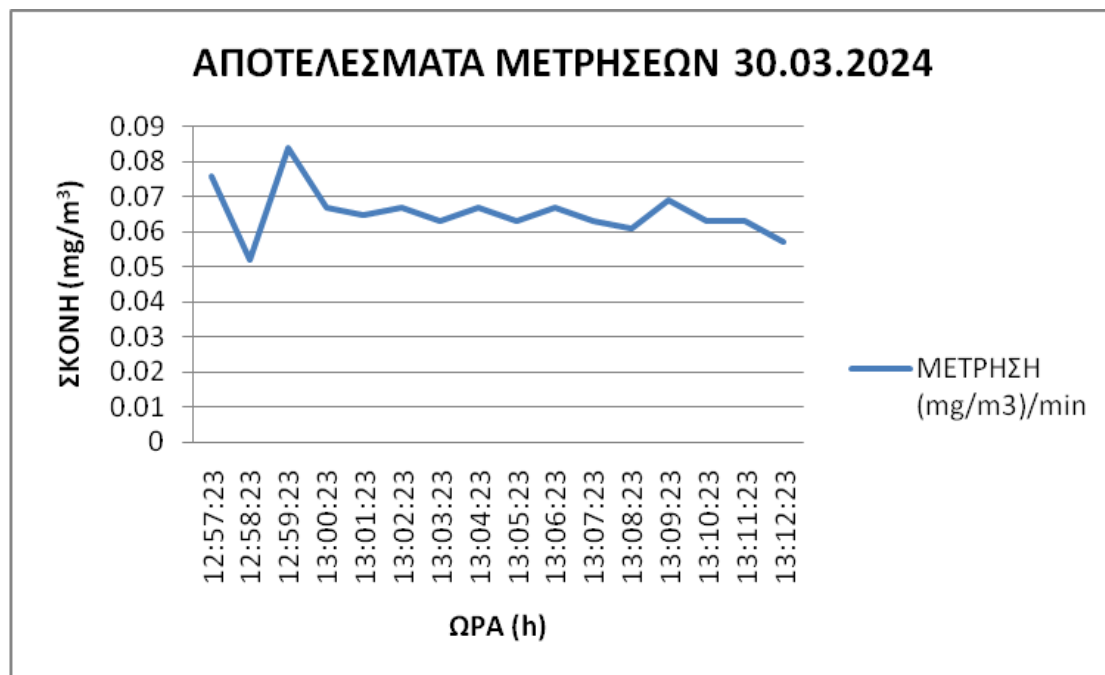
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα μετρήσεων

Από τις μετρήσεις οι οποίες διεξήχθησαν στην βιομηχανική περιοχή της Σίνδου και συγκεκριμένα στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο του έτους 2024, προέκυψαν τα αποτελέσματα του εντοπισμού σκόνης σε $\text{mg}/\text{m}^3/\text{min}$ σε πραγματικό χρόνο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες, σε ηλιόλουστες καιρικές συνθήκες.. Ακολουθούν ενδεικτικά διαγράμματα που απεικονίζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων, σε διάρκεια ενός τετάρτου της ώρας, ανά ημέρα της κάθε εβδομάδας.



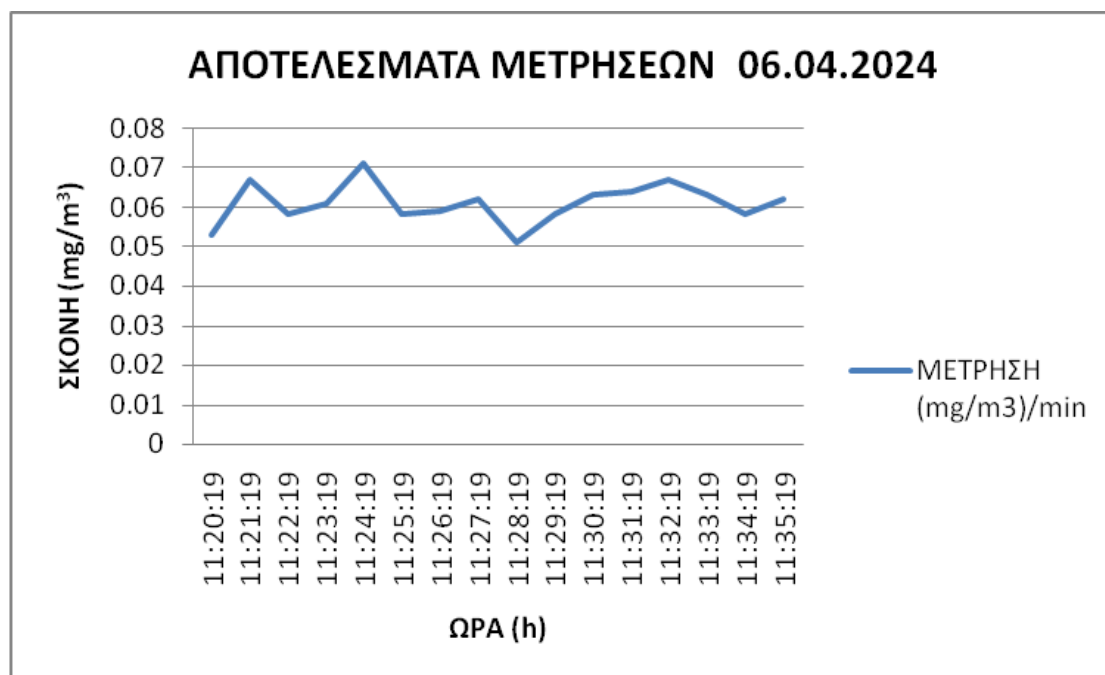
Διάγραμμα 14: Αποτελέσματα μετρήσεων από 23.03.2024

Στο ανωτέρω διάγραμμα φαίνεται πως η μέτρηση εκκίνησε στις 11:47:27 στις 23.03.2024 και έληξε στις 11:56:27. Κατά την διάρκεια των μετρήσεων είναι φανερό πως η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στις 11:43:27 και η χαμηλότερη στις 11:41:27.



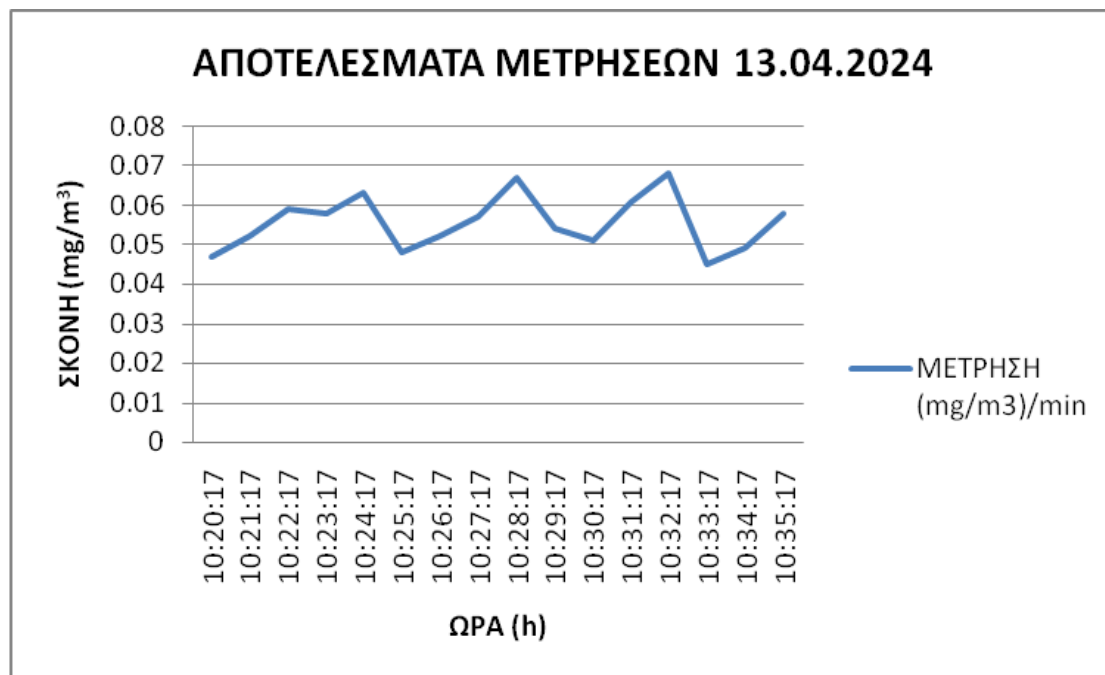
Διάγραμμα 15: Αποτελέσματα μετρήσεων από 30.03.2024

Την 30.03.2024, οι μετρήσεις εκκίνησαν στις 12:57:23 και έλειξαν στη 13:12:23. Η υψηλότερη τιμή σημειώθηκε στις 12:59:23 και η χαμηλότερη στις 12:58:23.



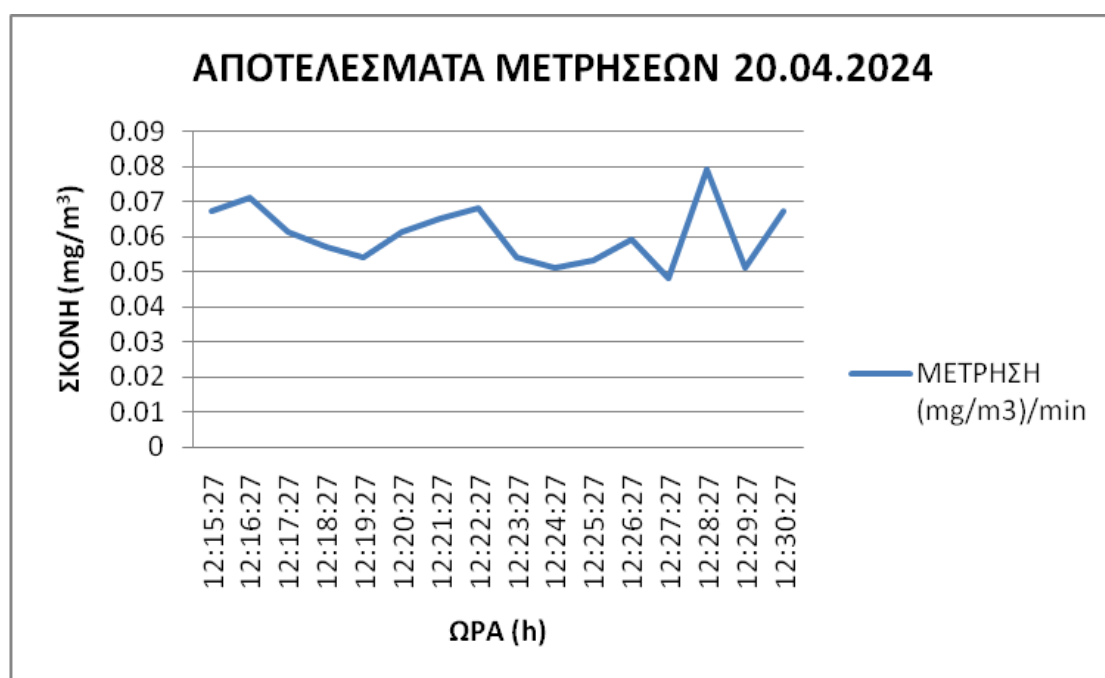
Διάγραμμα 16: Αποτελέσματα μετρήσεων από 06.04.2024

Κατά την διάρκεια της μέτρησης την 06.04.2024 η χαμηλότερη τιμή σημειώθηκε στις 11:28:19 και η υψηλότερη τιμή στις 11:24:19.



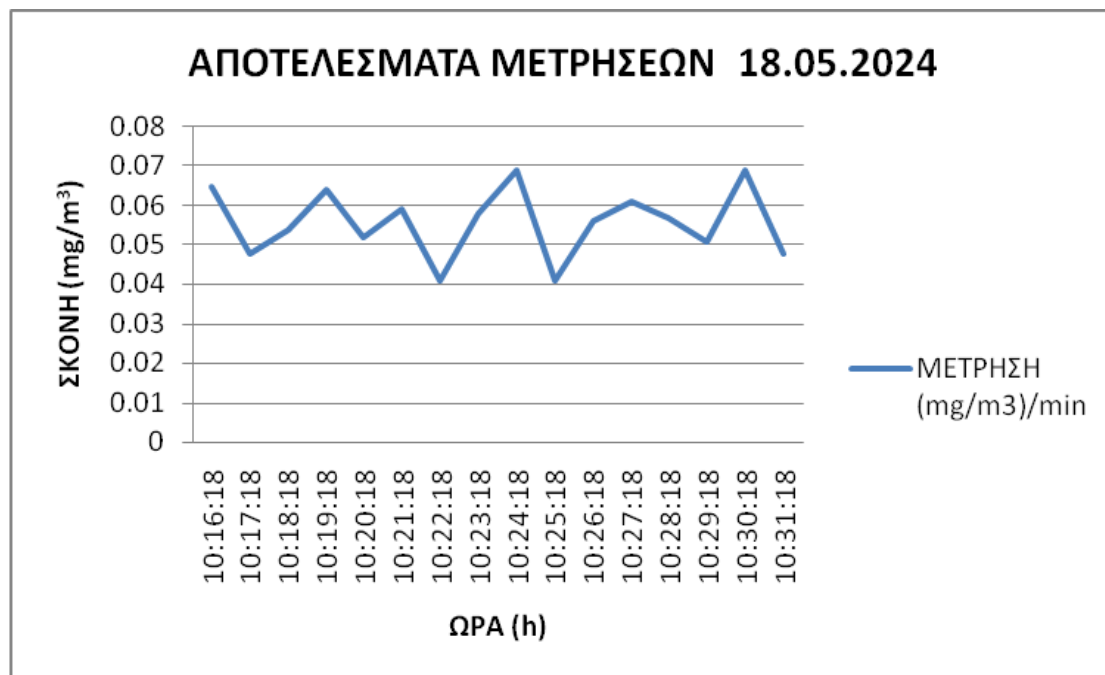
Διάγραμμα 17: Αποτελέσματα μετρήσεων από 13.04.2024

Έπειτα στις 13.04.2024 και ώρα 10:33:17, καταγράφηκε η κατώτερη τιμή και αντίστοιχα στις 10:32:17 καταγράφηκε η ανώτερη τιμή των δεδομένων.



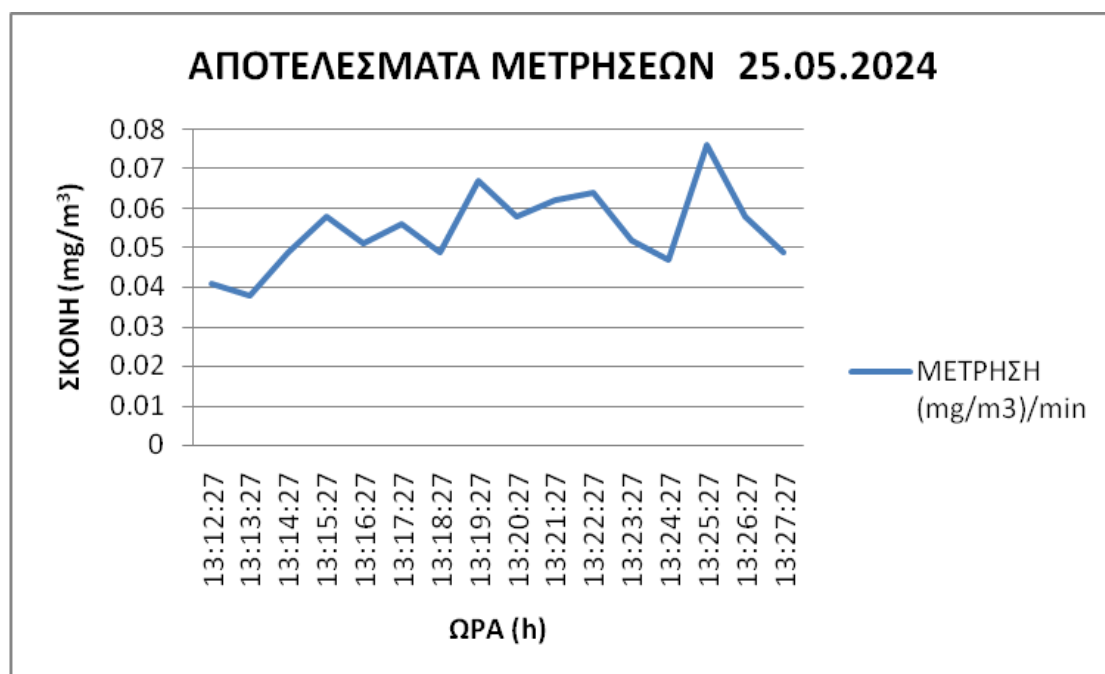
Διάγραμμα 18: Αποτελέσματα μετρήσεων από 20.04.2024

Ακολούθως στις 20.04.2024 και ώρα 12:27:27 σημειώθηκε η κατώτερη τιμή των μετρήσεων και αντίστοιχα στις 12:28:27 η ανώτερη τιμή αυτών.



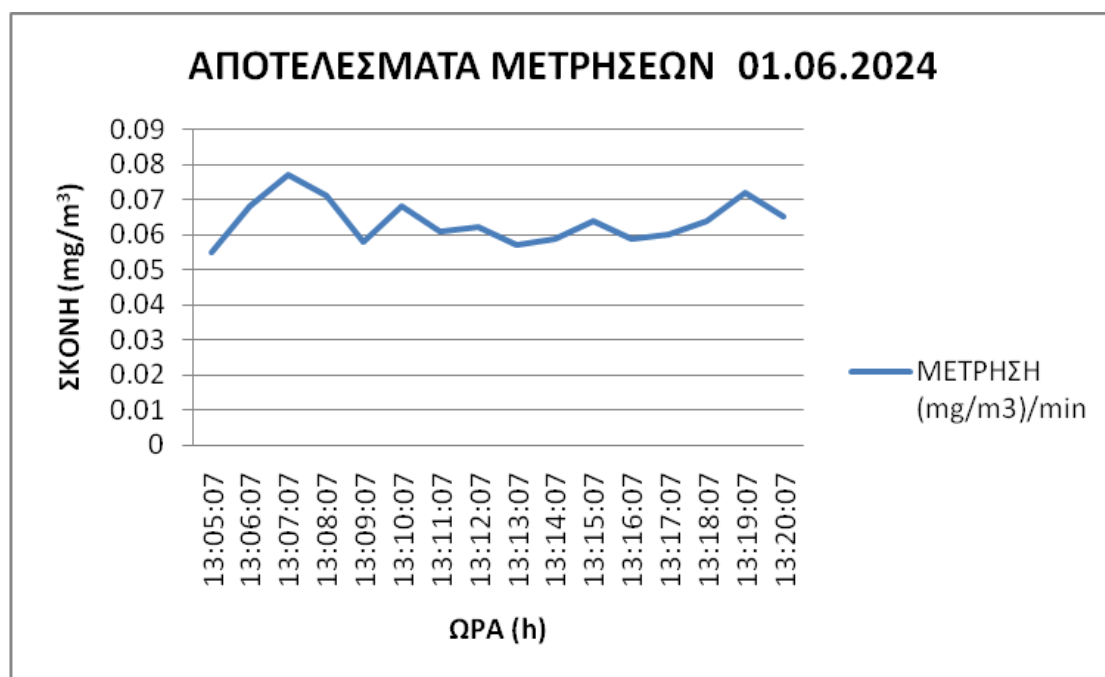
Διάγραμμα 19: Αποτελέσματα μετρήσεων από 18.05.2024

Έπειτα, κατά τον Μήνα Μάιο, και συγκεκριμένα στις 18.05.2024 σημειώθηκε στις 10:25:18 η κατώτερη τιμή των μετρήσεων και στις 10:30:18, καταγράφηκε η ανώτερη τιμή των μετρήσεων.



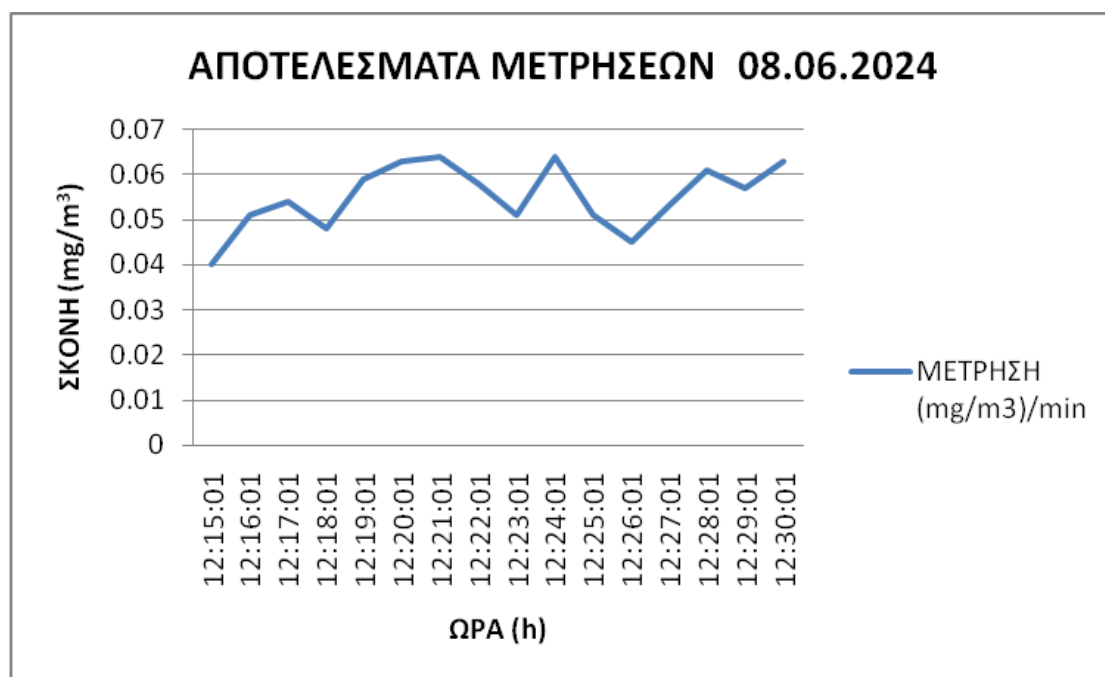
Διάγραμμα 20: Αποτελέσματα μετρήσεων από 25.05.2024

Την 25.05.2024 ακολούθησε νέα μέτρηση, όπου τα αποτελέσματα έδειξαν πως στη 13:13:27 καταγράφηκε η κατώτερη τιμή μέτρησης ενώ στη 13:25:27 η ανώτερη τιμή αυτής.



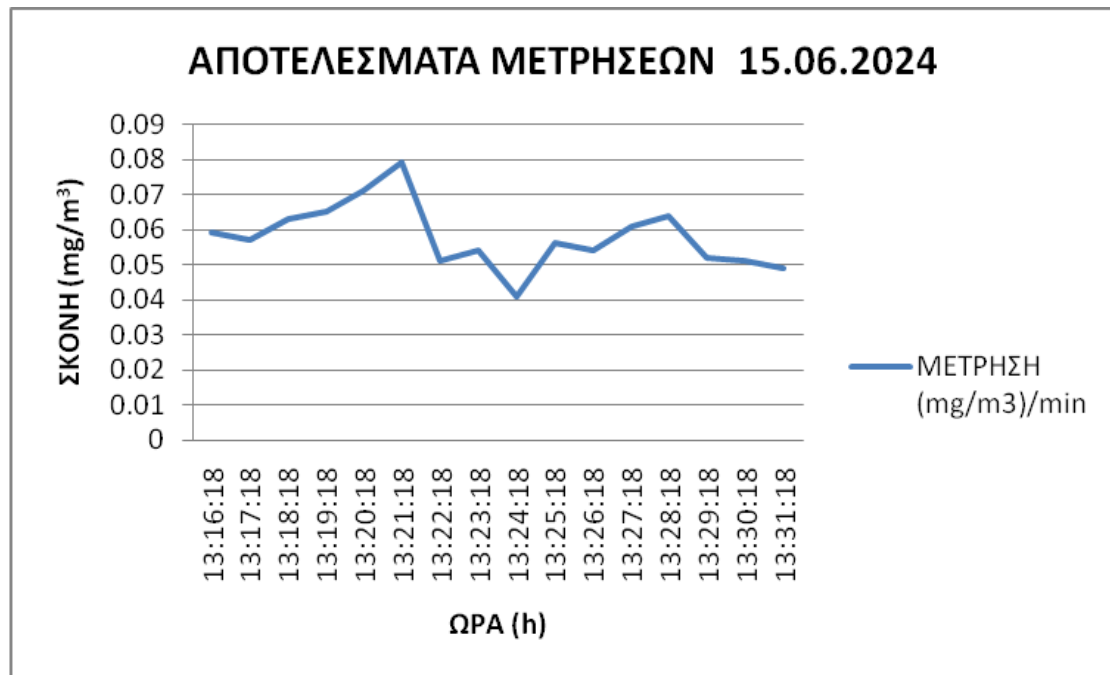
Διάγραμμα 21: Αποτελέσματα μετρήσεων από 01.06.2024

Κατά την 01.06.2024, η χαμηλότερη τιμή των μετρήσεων καταγράφηκε στη 13:05:07 και η κατώτερη στη 13:08:07.



Διάγραμμα 22: Αποτελέσματα μετρήσεων από 08.06.2024

Στις 12:15:01 την 08.06.2024 καταγράφηκε η κατώτερη τιμή της μέτρησης και αντίστοιχα στις 12:24:01, καταγράφηκε η ανώτερη τιμή.

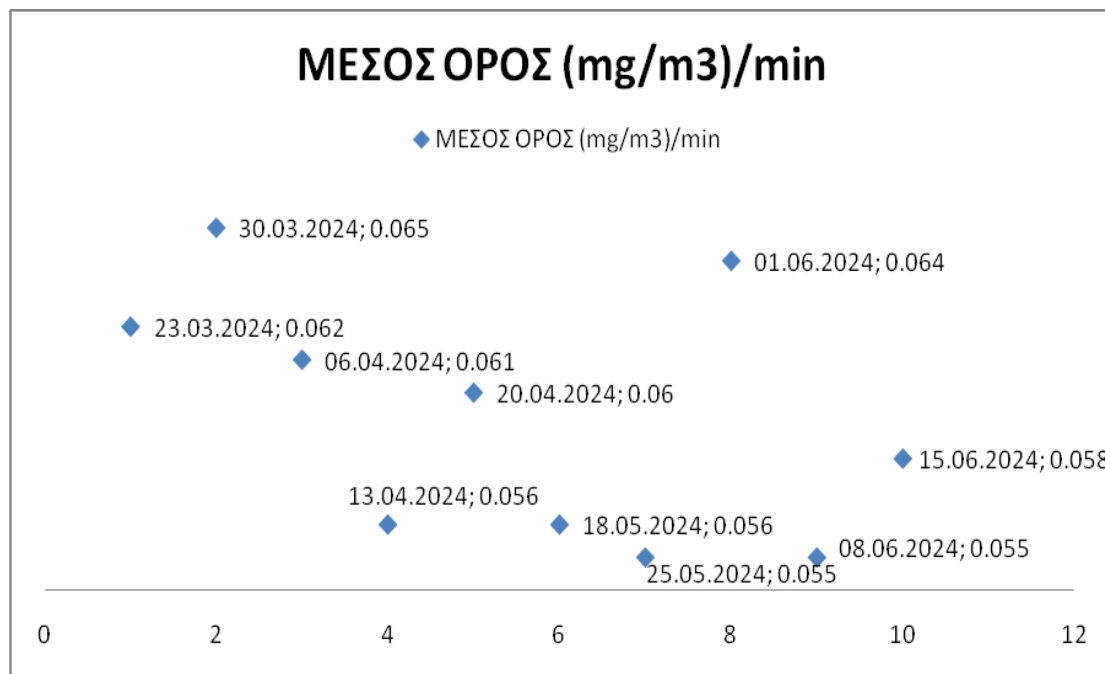


Διάγραμμα 23: Αποτελέσματα μετρήσεων από 15.06.2024

Η τελευταία ημέρα των μετρήσεων, ήταν η 15.06.2024 όπου στις 13:24:18 καταγράφηκε η μικρότερη τιμή των μετρήσεων και αντίστοιχα στις 13:21:18 καταγράφηκε η ανώτερη τιμή αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αξιολόγηση μετρήσεων

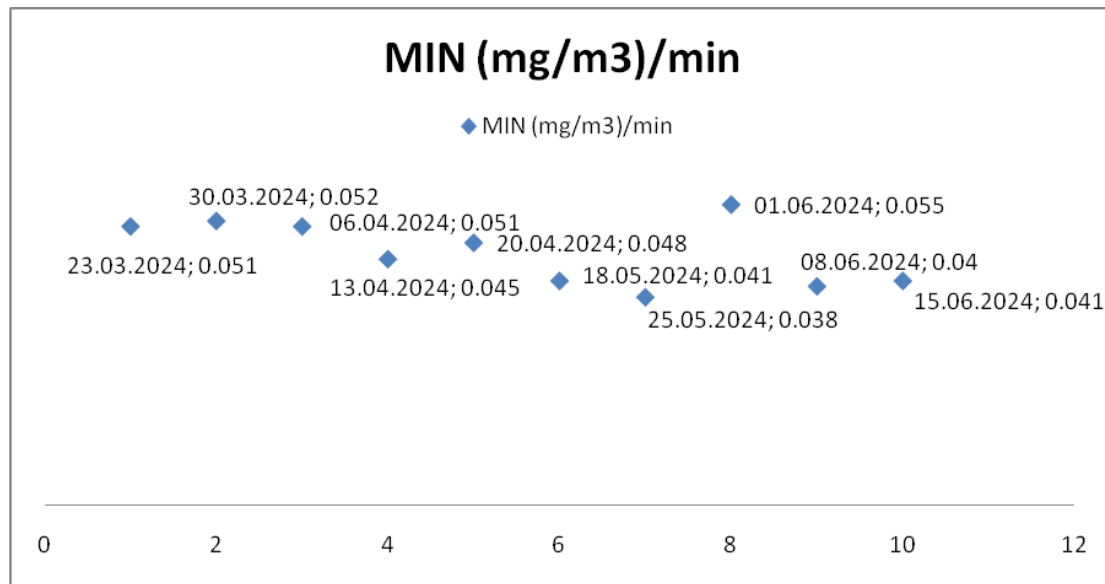
Για την αξιολόγηση των ανωτέρω μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές των Μέσων Όρων των μετρήσεων, οι οποίες φαίνονται στο Διάγραμμα που ακολουθεί:



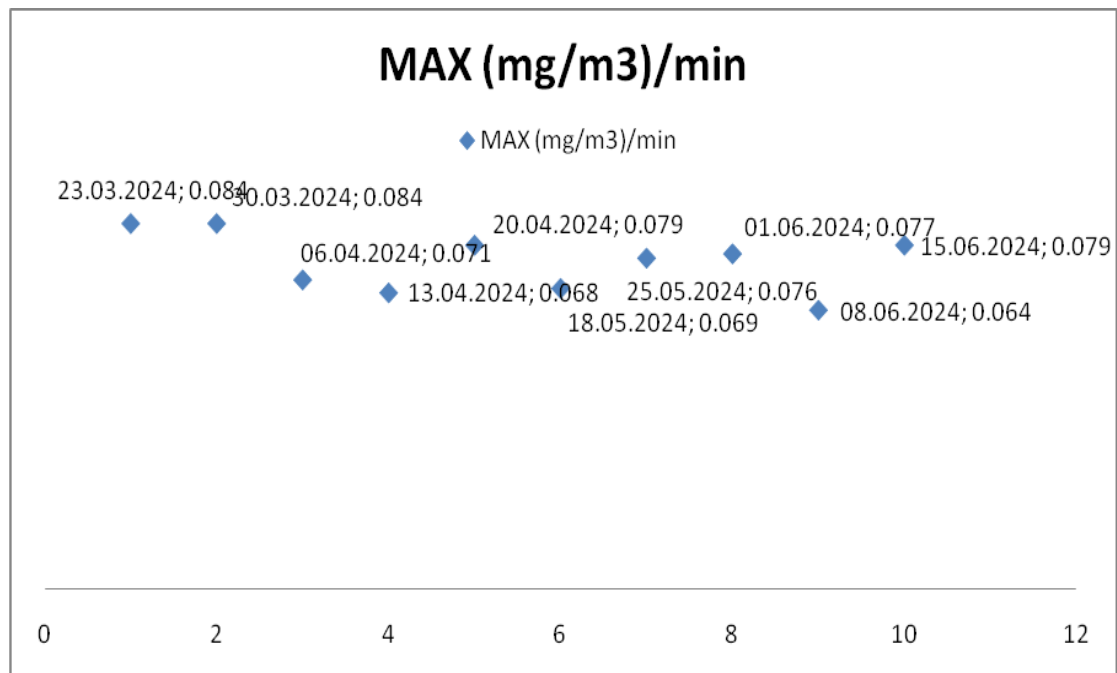
Διάγραμμα 24: Μέσοι όροι τιμών σε mg/m³

Από το ανωτέρω διάγραμμα διασποράς διαπιστώνεται πως η ανώτερη τιμή εντοπίστηκε στις 30.03.2024, ενώ η κατώτερη στις 25.05.2024. Η διαφορά που προκύπτει μεταξύ των δύο τιμών είναι της τάξης του 0.011 mg/m³.

Ακολούθως, γίνεται σύγκριση μεταξύ των ανώτερων και κατώτερων τιμών ανά ημέρα μέτρησης.



Διάγραμμα 25: Κατώτατες τιμές σκόνης σε mg/m³



Διάγραμμα 26: Ανώτατες τιμές σκόνης σε mg/m³

Από τα ανωτέρω διαγράμματα προκύπτει μία διαφορά της τάξης του 0.017 mg/m³ μεταξύ των κατώτατων τιμών των μετρήσεων και μία διαφορά της τάξης του 0.02 mg/m³ μεταξύ των ανώτατων τιμών των μετρήσεων.

Από όλα τα ανωτέρω διαπιστώνουμε πως δεν υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλη απόκλιση, σε όσες τιμές καταγράφηκαν κατά τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο, καθώς οι μέσοι όροι των τιμών που υπολογίστηκαν είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους και δεν

διαφέρουν σημαντικά. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να διευκρινήσουμε πως σημαντικό ρόλο στην σωστή διεξαγωγή και εκτέλεση των μετρήσεων παίζει η διαδικασία του καλιμπραρίσματος, η οποία είναι καλό να εκτελείται κάθε φορά πριν από κάθε μέτρηση, όπως συνέβει και στην συγκεκριμένη περίπτωση, ώστε οι τιμές των αποτελεσμάτων που προκύπτουν να είναι έγκυρες και όσο γίνεται πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Επιπροσθέτως αξίζει να σημειωθεί πως σύμφωνα με την νομοθεσία, η οποία λεπτομερώς αναλύθηκε στο κεφάλαιο 1.6., στο εύρος των τιμών 0.051 με 0.075 mg/m³ , στο οποίο ανήκουν και τα αποτελέσματα τα οποία εξάγαμε πρέπει να υπάρχουν συστάσεις για τον ευπαθή πληθυσμό, ο οποίος είναι πολύ πιθανό να κινδυνεύει κατά την έκθεση του στις συγκεντρώσεις αυτές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα

Το Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, βρίσκεται σε μία περιοχή που, όπως δείχνουν οι πρόσφατες μετρήσεις, παρουσιάζει υψηλά επίπεδα σκόνης και αιωρούμενων σωματιδίων. Οι μετρήσεις αυτές, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τη νομοθεσία, αποδεικνύουν πως οι συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ανησυχητικές και ενδέχεται να επηρεάζουν αρνητικά την υγεία των φοιτητών, των κατοίκων της περιοχής και των ευπαθών ομάδων.

Η κατάσταση αυτή απαιτεί άμεση δράση από την πολιτεία. Καταρχάς, είναι επιτακτική ανάγκη να υπάρξει συστηματική και επαρκής ενημέρωση προς όλους τους κατοίκους της περιοχής, με ιδιαίτερη έμφαση στις ευπαθείς ομάδες, όπως είναι τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα. Η ενημέρωση θα πρέπει να περιλαμβάνει συμβουλές για τη μείωση της έκθεσής τους σε επιβλαβείς ρύπους και οδηγίες για το πώς να προστατεύονται σε περιόδους υψηλής ρύπανσης.

Επιπλέον, η πολιτεία οφείλει να προχωρήσει στη θέσπιση αυστηρότερων νόμων και κανονισμών για τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στη βιομηχανική περιοχή. Η μείωση των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από τις βιομηχανίες είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών καθαρισμού, τη χρήση φιλικότερων προς το περιβάλλον υλικών και τη συνεχή παρακολούθηση των εκπομπών.

Η συνεργασία μεταξύ της πολιτείας, των επιχειρήσεων και της ακαδημαϊκής κοινότητας είναι καθοριστική για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Μόνο με συντονισμένες προσπάθειες και τη λήψη δραστικών μέτρων μπορούμε να ελπίζουμε σε μια σημαντική βελτίωση της ποιότητας του αέρα και, κατ' επέκταση, της ποιότητας ζωής των κατοίκων της περιοχής μας.

Η υγεία των φοιτητών και όλων των πολιτών είναι αδιαπραγμάτευτη. Είναι καθήκον μας να διασφαλίσουμε ένα καθαρό και ασφαλές περιβάλλον για όλους. Η πολιτεία οφείλει να δράσει άμεσα και αποτελεσματικά, θεσπίζοντας τα απαραίτητα μέτρα και ενημερώνοντας επαρκώς το κοινό για τους κινδύνους και τους τρόπους προστασίας.

Μόνο έτσι μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τις προκλήσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και να εξασφαλίσουμε ένα καλύτερο μέλλον για εμάς και τις επόμενες γενιές.

Βιβλιογραφία

- [1]. Κοινή Υπουργική Απόφαση Η.Π. 14122/549/Ε.103/2011 - ΦΕΚ 488/Β/30-3-2011
- [2]. Μελέτη των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων 10 (PM10) στην Ελλάδα κατά την εικοσαετία 2001-2020, Ελένη Πέτσα, 2021
- [3]. Μετρήσεις σωματιδιακών κλασμάτων (PM10, PM2,5, PM1) σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους αστικού περιβάλλοντος, Μηνά Μιχάλης, 2011
- [4]. Οδηγία (ΕΕ) 2016/2284 για τη μείωση των εθνικών ατμοσφαιρικών ρύπων
- [5]. Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στην Ευρώπη
- [6]. Φυσικές εκπομπές σωματιδιακής ρύπανσης στην Ευρώπη, Ναταλία Λιώρα, 2009
- [7]. A satellite view of aerosols in the climate system, Kaufman, Y. J., Tanré, D., & Boucher, O., 2002.
- [8]. Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications, Baron, P. A., & Willeke, K., 2001
- [9]. Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, Wiley-Interscience. Hinds, W. C. 1999
- [10]. Air Quality Criteria for Particulate Matter, EPA Document, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2004.
- [11]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, M. Gabarron, A. Faz & J. A. Acosta, 2017
- [12]. Casella, available upon request from the manufacturer or through their official website, Dust Detective Kit User Manual.
- [13]. Concentrations, sources and critical thresholds of air borne particulate matter at European traffic hot spots, Atmospheric Environment, Amato, F., et al. 2010.
- [14]. Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources (Method 5), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2016
- [15]. Dust Detective: Air Sampling Equipment for Particulates, Casella Product Page.

- [16]. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: a review, Atmospheric Environment, Pant, P., & Harrison, R. M., 2013
- [17]. Evaluation of biomass burning across North West Europe and its impact on air quality, M. Mazet, R.L. Cordell, C. Dechoux, 2016
- [18]. Factors influencing the spatial extent of mobile source air pollution impacts: a meta-analysis, BMC Public Health, Zhou, Y., & Levy, J. I., 2007.
- [19]. Guidelines on Speciated Particulate Monitoring. Aerosol and Air Quality Research, Chow, J. C., & Watson, J. G., 1998.
- [20]. Investigation of road dust characteristics and its associated health risks from an urban environment, Jithin Jose & B. Srimuruganandam, 2020
- [21]. Is PM10 mass measurement a reliable index for air quality assessment? An environmental study in a geographical area of north-eastern Italy, G. Adami, P. Barbieri, E. Reisenhofer & M. Bovenzi, 2008
- [22]. ISO 21501-4: Determination of particle size distribution - Single particle light interaction methods - Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces., ISO Standard, International Organization for Standardization (ISO), 2016.
- [23]. Long-term application of low-cost sensors for monitoring indoor air quality and particle dynamics in a commercial building, Gen Pei, 2023
- [24]. Measurement of Environmental Concern: A Review and Analysis, Shannon M. Cruz, Shannon M. Cruz, 2020
- [25]. Measurement, Testing, Adjusting, and Balancing of Building HVAC Systems, ASHRAE, 2011.
- [26]. Optical Particle Counter Handbook, TSI Handbook, 2012
- [27]. PM (Particles Matters) and health effects in a pollution episode in Athens, K.N. Grigoropoulos, C. Panagopoulos, A. Gialouris, N. Kouris, G. Ferentinos, 2011
- [28]. Sources and chronology of combustion-derived pollution to Shilianghe Reservoir, eastern China: Evidences from PAHs profiles, As, Hg, Pb and Pb isotopes, Rui Zhang, 2017
- [29]. Spatial & temporal variations of PM10 and particle number concentrations in urban air, Environmental Monitoring and Assessment, Johansson, C., Norman, M., & Gidhagen, L., 2007.

- [30]. Sulfur isotopic fractionation and source appointment of PM_{2.5} in Nanjing region around the second session of the Youth Olympic Games, Zhaobing Guo, 2016
- [31]. The ecology of Dust, Jason P Field, 2010
- [32]. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods, Herriges, Catherine L. Kling, 2014
- [33]. The rise and rise of particulate matter from tire and road wear: a major concern for the future, Environmental International, Kumar, P., et al., 2014.
- [34]. <https://www.ygeiamou.gr/%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/388684/afrikaniki-skoni-ti-prokali-stin-igia-mas-tips-prostasias/>
- [35]. <https://www.alphanews.live/cyprus/pnigomaste-sti-skoni-se-poia-eparhia-katagrafikan-oi-psiloteris-sygkentroseis>
- [36]. https://pavlosmelas.gr/aioroumena_july2020/
- [37]. <https://www.prosperhellas.gr/blog/%CF%8C%CE%BB%CE%BF%CE%B9-%CE%BD%CE%B1%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B5-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%82>
- [38]. <https://www.lifo.gr/agora/diethnes-panepistimio-tis-elladas>
- [39]. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BB%CE%B5%CE%BE%CE%AC%CE%BD%CE%B4%CF%81%CE%B5%CE%B9%CE%BF_%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%8A%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1_%CE%98%CE%B5%CF%83%CF%83%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CE%AF%CE%BA%CE%B7%CF%82
- [40]. https://sevipeth.gr/the_association_of_enterprises/