

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων

Πέτρος Αριστοτέλους

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Μαρίνος Στυλιανού

Μάϊος 2021

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων

Πέτρος Αριστοτέλους

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Μαρίνος Στυλιανού**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάϊος 2021

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Τα τελευταία τουλάχιστον 50 χρόνια, ο ανθρώπινος παράγοντας άρχισε να έχει ανησυχίες για την ρύπανση της ατμόσφαιρας, που προέρχεται από πολλές πηγές και ιδιαίτερα από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Τις τελευταίες δεκαετίες, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για ανάπτυξη μελετών που ερευνούν την ατμοσφαιρική ρύπανση, τις επιπτώσεις που επιφέρουν σε πολλούς παράγοντες, όπως η υγεία και το περιβάλλον.

Η ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων αποτελεί ίσως το σημαντικότερο παράγοντα που οφείλει ο κάθε άνθρωπος να υπερασπιστεί σαν βιώσιμο αγαθό. Είναι μεγάλη η επίδραση του εξωτερικού περιβάλλοντος, στη ρύπανση του εσωτερικού αέρα.

Στη μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται λεπτομερής ανασκόπηση διεθνούς βιβλιογραφίας, αναλύονται οι σημαντικότεροι αέριοι ρύποι, ενώ γίνεται μια ανασκόπηση στη διεθνή και εσωτερική πραγματικότητα.

Στην πορεία της έρευνας, αναλύονται μελέτες που ερευνήσαν εσωτερικούς χώρους και ιδιαίτερα μουσεία, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματά τους. Παρουσιάζονται περιοχές απ' όλες τις γωνιές του πλανήτη (από Ασία, Αφρική, Ευρώπη και Αμερική).

Στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, διενεργήθηκαν μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο 2,5 μm και 10 μm, ενώ στις επαναληπτικές μετρήσεις που διενεργήθηκαν προστέθηκε και το φίλτρο του 1μm. Οι μετρήσεις διενεργήθηκαν σε 3 μουσειακούς χώρους και ένα κτίριο που στεγάζονται τμήματα του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος στη Λεμεσό.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αποδεικνύουν ότι ο εξωτερικός παράγοντας αποτελεί τη βασική πηγή ρύπανσης των εσωτερικών χώρων. Οι μετρήσεις έγιναν κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, με τις δεύτερες μετρήσεις, να διενεργούνται σε περίοδο απαγόρευσης της κυκλοφορίας. Η έρευνα που έγινε δείχνει ότι οι χώροι στην Κύπρο είναι ευάλωτοι και με την παραμικρή έξαρση των εξωγενών παραγόντων επηρεάζονται και οι εσωτερικοί χώροι. Οφείλει το κράτος να χαράξει μια νέα πορεία με βέλτιστες τεχνικές και εφαρμογές νέων προδιαγραφών για προστασία των εσωτερικών χώρων από ρύπους και κατ' επέκταση της ανθρώπινης υγείας.

Λέξεις κλειδιά: Αέριοι Ρύποι, Αιωρούμενα Σωματίδια PM_{2,5} και PM₁₀, Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Λεμεσός, Μουσεία, Περιβάλλον, Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων

Summary

Over the last 50 years, the human factor has begun to have concerns about air pollution, which comes from many sources and especially from human activity. In recent decades, there has been a great deal of interest in developing studies investigating air pollution, the effects of which on many factors, such as health and the environment.

Indoor air quality is perhaps the most important factor that every human being must defend as a sustainable good. The effect of the external environment on indoor air pollution is great.

The master's thesis provides a detailed review of international literature, analyses the most important gaseous pollutants, while a tour of international and domestic reality.

During the research, studies that researched interiors and especially museums are analysed, presenting their results. Areas from all over the world (from Asia, Africa, Europe and America) are presented.

In the methodology that was followed, measurements of suspended particles with a diameter of 2.5 µm and 10 µm were performed, while in the repeated measurements that was performed, the 1µm filter was added. The measurements were carried out in 3 museum spaces and a building that houses parts of the Ministry of Agriculture, Rural Development and Environment in Limassol.

The results of the research prove that the external factor is the main source of indoor pollution. The measurements were made during the COVID-19 pandemic, with the second measurements being made during a curfew. The research shows that the spaces in Cyprus are vulnerable and with the slightest exacerbation of external factors, the interior spaces are also affected. The state must chart a new course with best techniques and implementation of new standards for the protection of interiors from pollutants and consequently human health.

Keywords: Gaseous Pollutants, Particulate Matters PM_{2.5} and PM₁₀, Air Pollution, Limassol, Museums, Environment, Indoor Air Quality

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω από καρδιάς στην οικογένειά μου, τη σύζυγο μου Δώρα, το γιό μου Σάββα και την κόρη μου Λίλια, για την κατανόηση που έδειξαν, ιδιαίτερα τον τελευταίο χρόνο, στη διάρκεια δηλαδή της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Ένα τεράστιο ευχαριστώ, στον επιβλέπων καθηγητή μου, Δρ. Μαρίνο Στυλιανού, για τη συνεχή συμπαράσταση και την έξυπνη καθοδήγησή του, τόσο στο γραπτό λόγο, όσο και στη διενέργεια των μετρήσεων.

Δεν μπορώ να μην απευθυνθώ στη Διευθύντρια του Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, Δρ. Μαρίνα Σολομίδου - Ιερωνυμίδου, εκφράζοντας της την απεριόριστη εκτίμησή μου και τις ευχαριστίες μου, για την άμεση ανταπόκρισή της, για διευθέτηση των επισκέψεών μου στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού και το Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου.

Η μεταπτυχιακή διατριβή, είναι αφιερωμένη εκτός από την οικογένειά μου, στην αποβιώσαντα μητέρα μου Λίλια Αριστοτέλους, που από ψηλά η ψυχή της θα αγαλλιάζει.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

1.1	Εισαγωγή	6-7
1.2	Καταγραφή Προβλήματος	7-8
1.3	Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης	8-9
1.4	Σκοποί και Στόχοι	9-10
1.5	Διασαφηνίσεις – Προσδιορισμός Και Διατύπωση Των Κεντρικών Εννοιών	10

Κεφάλαιο 2 - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση – Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1	Εισαγωγή	11-12
2.2	Ιστορική Αναδρομή	12-14
2.3	Πηγές Ρύπανσης Αέρα Εσωτερικού Χώρου	14-16
2.4	Παράγοντες Που Επηρεάζουν Την Ποιότητα Του Αέρα Εσωτερικού Χώρου	16-17
2.5	Οι Σημαντικότεροι Αέριοι Ρύποι Εσωτερικού Χώρου	17-18
2.5.1	Όζον (O_3)	19-20
2.5.2	Μονοξείδιο Του Άνθρακα (CO)	20
2.5.3	Διοξείδιο Του Άνθρακα (CO_2)	21-22
2.5.4	Διοξείδιο Του Θείου (SO_2)	22-23
2.5.5	Οξείδια Του Αζώτου (NO_x)	23-24
2.5.6	Κάπνισμα	24-25
2.5.7	Ραδόνιο (R_n)	25-27
2.5.8	Φορμαλδεΰδη (Μεθανάλη) (CH_2O)	27
2.5.9	Πτητικές Οργανικές Ουσίες (VOCs)	28-30
2.6	Αιωρούμενα Σωματίδια	30-31
2.6.1	Κατηγορίες Αιωρούμενων Σωματιδίων	31-32
2.6.2	Αιωρούμενα Σωματίδια Σε Εσωτερικούς Χώρους	32-33
2.6.3	Πηγές Αιωρούμενων Σωματιδίων Σε Εσωτερικούς Χώρους	33-36
2.6.4	Επιπτώσεις Από Τα Αιωρούμενα Σωματίδια	36
2.6.5	Επιπτώσεις Στο Περιβάλλον	36-37
2.6.5.1	Ορατότητα	37-39
2.6.5.2	Κλίμα	39
2.6.6	Επιπτώσεις Στην Υγεία	39-41
2.7	Διεθνής Πραγματικότητα	41-43
2.8	Κυπριακή Πραγματικότητα	43-47

Κεφάλαιο 3 – Ποιότητα Αέρα Εσωτερικών Χώρων στα Μουσεία και Άλλων Παρεμφερή Χώρων

3.1	Εισαγωγή	48
3.2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	48-52
3.3	Επιπτώσεις Σε Αντικείμενα Και Υλικά Που Βρίσκονται Σε Εσωτερικούς Χώρους	52-57

Κεφάλαιο 4 - Μεθοδολογία

4.1	Σκοποί και Στόχοι	58-59
4.2	Ερευνητικά Ερωτήματα	59-60
4.3	Σχεδιασμός Έρευνας	60-61
4.4	Μέθοδος Συλλογής Δεδομένων	61-65
4.4.1	Περιοχές Μελέτης	66
4.4.1.1	Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού	67-68
4.4.1.2	Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου	68-69
4.4.1.3	Ιωαννου Tower - κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας	70-71
4.4.1.4	Λαογραφικό – Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού	71-72
4.5	Διαδικασία	73

4.5	Ανάλυση Αποτελεσμάτων	74
Κεφάλαιο 5 – Αποτελέσματα		
5.1	Έννοιες και θέματα που προέκυψαν	75
5.2	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	75
5.2.1	Μετρήσεις στο Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)	76-82
5.2.2	Μετρήσεις στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας (Ιοαννου Tower)	83-91
5.2.3	Μετρήσεις στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού	91-99
5.2.4	Μετρήσεις στο Λαογραφικό – Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού	100-103
Κεφάλαιο 6 – Συζήτηση – Συμπεράσματα - Εισηγήσεις		
6.1	Συζήτηση	104
6.1.1	Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου	104-108
6.1.2	Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού	108-113
6.1.3	Ιοαννου Tower – κτίριο στέγασης γραφείων Δημόσιας Υπηρεσίας	113-117
6.1.4	Λαογραφικό – Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού	117-120
6.2	Περιορισμοί Μελέτης	120-121
6.3	Συμπεράσματα	121-133
6.4	Εισηγήσεις	134-135
Παράρτημα		
A.1	Επιστολές	136-137
Βιβλιογραφία		138-146
Διαδικτυακές Πηγές		147-148

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Ο αέρας αποτελεί ουσιώδες στοιχείο στη διαβίωση των ζώντων οργανισμών πάνω στη Γη. Η σπουδαιότητά του για τη ζωή του ανθρώπου φαίνεται από το γεγονός ότι ο άνθρωπος δεν μπορεί να ζήσει χωρίς αέρα περισσότερο από 3-5 λεπτά. Δυστυχώς όμως η ατμόσφαιρα του πλανήτη ρυπαίνεται συνεχώς σε τέτοιο βαθμό που επηρεάζει δυσμενώς τη διαβίωση του ανθρώπου και των ζωντανών οργανισμών (Hanari and Din, 2012).

Με την πάροδο των ετών, ο εκσυγχρονισμός της τεχνολογίας και η πρόοδος οδήγησαν στην ρύπανση της ατμόσφαιρας. Οι βιομηχανίες, τα οχήματα, η αύξηση του πληθυσμού και η αστικοποίηση είναι μερικοί από τους κύριους παράγοντες που ευθύνονται για την ατμοσφαιρική ρύπανση. Ο ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει οριστεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (W.H.O.), ατμοσφαιρική ρύπανση, ορίζεται ως η ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ουσιών (ρύπων) για αρκετό χρονικό διάστημα και σε τέτοια συγκέντρωση, ώστε είναι δυνατόν να είναι βλαβερές για τους ζωντανούς οργανισμούς (ανθρώπους, ζώα, φυτά) αλλά και για τους μη ζωντανούς οργανισμούς πχ. κτίρια/κατασκευές, ή ακόμη να επηρεάζουν δυσμενώς τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου. Οι ουσίες αυτές είναι συνήθως χημικές ενώσεις, φυσικές ή ανθρωπογενείς ή χημικά στοιχεία, τα οποία υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σε αέρια, υγρή ή στερεά μορφή (World Health Organisation, 1998).

Στις ουσίες αυτές ανήκουν και φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας όπως για παράδειγμα το διοξείδιο του θείου SO_2 το οποίο μετατρέπεται σε ρύπο όταν η συγκέντρωσή του ξεπεράσει ορισμένα όρια αλλά και ουσίες που η έκθεσή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα, ακόμη και σε πολύ μικρή συγκέντρωση, προκαλεί άμεσα αρνητικές

επιπτώσεις σ' αυτόν, όπως για παράδειγμα οι ίνες αμιάντου που ενοχοποιούνται για καρκινογένεσεις (Mendell and Heath, 2005).

Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι κατατάσσονται στις παρακάτω έξι κατηγορίες, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που έχει επικρατήσει σήμερα διεθνώς:

1. Αιωρούμενα σωματίδια (PMs),
2. Οξείδια του θείου (SO_x).
3. Οξείδια του αζώτου (NO_x)
4. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
5. Πτητικές οργανικές ενώσεις
6. Μόλυβδος (Pb)

Η επιβάρυνση της ποιότητας του αέρα δεν αφορά μονάχα τον αέρα των εξωτερικών χώρων, αλλά και την ατμόσφαιρα που επικρατεί στους εσωτερικούς χώρους.

1.2 Καταγραφή Προβλήματος

Σύμφωνα με έρευνες, στη σημερινή κοινωνία, οι άνθρωποι ξοδεύουν κατά μέσο όρο το 90% του χρόνου τους (15-16 ώρες ημερησίως) σε εσωτερικό περιβάλλον όπως, γραφεία, σπίτια, σχολεία, δημόσια κτίρια ανεξάρτητα από τις δραστηριότητες, την ηλικία και το φύλο. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ύπαρξη υγείας, άνεσης, ευημερίας και παραγωγικότητας των ανθρώπων. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας σε εσωτερικούς χώρους, επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα της ζωής των ανθρώπων, λόγω χημικών και τοξικών ουσιών, αυξάνοντας την κατά δέκα φορές, από τη ρύπανση της εξωτερικής ατμόσφαιρας. Σε αρκετές μελέτες γίνεται μεγάλη αναφορά στο τί μπορεί να προκαλέσει η κακή ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου (Indoor Air Quality - IAQ) στην υγεία των ανθρώπων, όπως διάφορες αναπνευστικές ασθένειες (π.χ. άσθμα), αλλεργικές ασθένειες (π.χ. υπερευαισθησία, πνευμονία) και καρκίνο (Mentese *et al.*, 2020).

Ο περιβαλλοντικός δείκτης αέρα εσωτερικού χώρου (Environment Indoor Air Quality Indicator - EIAQI) θεωρείται σημαντική παράμετρος στον καθορισμό της ποιότητας του εσωτερικού αέρα (Environment of indoor air quality - EIAQ), δημιουργώντας θετικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και συνδέοντας το δείκτη ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου με το δείκτη θερμικής άνεσης. Ο δείκτης θερμικής άνεσης είναι μια ενιαία κλίμακα που συνδυάζει τα αποτελέσματα διαφόρων παραγόντων θερμικής άνεσης (π.χ. θερμοκρασία αέρα, υγρασία, κίνηση αέρα και ακτινοβολία) και βοηθάει να επιτευχθούν οι βέλτιστες θερμικές συνθήκες στο σπίτι ή στο γραφείο. Χρησιμοποιεί τα

δεδομένα που παρέχονται από τον εσωτερικό αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας για να υπολογίσει μια τιμή σε κλίμακα 0 - 100, στην οποία το 100 αντιπροσωπεύει τη βέλτιστη άνεση. Η ίδια διαδικασία λαμβάνει χώρα για την υγρασία (Dionova *et al.*, 2020a).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε εσωτερικούς χώρους όπως αποθήκες, βιβλιοθήκες, μουσεία, αρχεία κ.α., ενδεχομένως να επιφέρει μόνιμες επιπτώσεις στα διάφορα υλικά που αποθηκεύονται ή/και βρίσκονται στους χώρους. Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) που βρίσκονται στους προαναφερθέντες χώρους, φέρουν διαφορετικούς κινδύνους στα έγγραφα, στα βιβλία και στα διάφορα χειρόγραφα που αποθηκεύονται. Προκαλούν επίσης φθορές όπως, γδαρσίματα και αποχρωματισμούς. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να προκαλέσουν υγρασία, να χρησιμοποιηθούν ως απορροφητήρας των αέριων ρύπων, αλλά και να τρέφουν μικροοργανισμούς με θρεπτικά συστατικά, προκαλώντας αποσύνθεση και αποχρωματισμό. Παλαιότερες έρευνες έδειξαν ότι η συμπεριφορά των αιωρούμενων σωματιδίων είναι σημαντική παράμετρος για να αξιολογηθεί η ποιότητα του αέρα. Εξάλλου, η ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, εξαρτάται από τη ρύπανση που διαπέρασε από τους εξωτερικούς χώρους στα κτίρια, αφού οι δραστηριότητες που γίνονται εντός των χώρων αυτών είναι μηδαμινές. Επομένως, η μεγαλύτερη πηγή ρύπανσης του αέρα σε εσωτερικούς χώρους είναι ο εξωτερικός αέρας (Mašková *et al.*, 2020).

1.3 Σημασία και Αναγκαιότητα της Μελέτης

Τα τελευταία χρόνια, τα περιβαλλοντικά ζητήματα που αφορούν τη ρύπανση και την εξάντληση των φυσικών πόρων έχουν επιφέρει οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες. Πολλά προβλήματα υγείας στους ανθρώπους αποδίδονται στη ρύπανση του αέρα, την κλιματική ρύπανση, τη μόλυνση των υδάτων, την αλλαγή του κλίματος, την εξάντληση του όζοντος, καθώς και στη κακή διαχείριση επιβλαβών, χημικών και επικίνδυνων αποβλήτων (Dionova *et al.*, 2020b).

Λόγω του ότι η ρύπανση της ατμόσφαιρας του εσωτερικού περιβάλλοντος μπορεί να είναι και 100 φορές πιο μεγάλη από την ποιότητα αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος, καθιστά μονόδρομο τη μελέτη της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, κάνοντας την ιδιαίτερα σπουδαία και πολύ σημαντική. Γίνεται επειδή οι ρύποι παραμένουν εντός των κτιρίων, ένεκα του ότι ο όγκος του αέρα που βρίσκονται οι ρύποι είναι μικρός, έχοντας έτσι ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συγκέντρωσή τους εντός των κτιρίων. Ταυτόχρονα, οι κλειστοί χώροι, όπως μουσεία, βιβλιοθήκες κ.α., αντιμετωπίζουν το φαινόμενο της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα αρχεία και στα αντικείμενα που διαθέτουν. Η εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμες επιπτώσεις των αποθηκευμένων υλικών. Οπότε, κρίνεται αναγκαία η έρευνα με περαιτέρω μελέτη ούτως ώστε να αναδειχθεί το πρόβλημα. Το πρόβλημα της ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου (IAQ) έδωσε κρίσιμο αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία και έχει συζητηθεί από τον κόσμο για πάνω από μισό αιώνα. Οι ρύποι στον αέρα προκαλούνται από φυσικά γεγονότα και ανθρώπινες δραστηριότητες. Το 1991, οι εκπομπές οχημάτων συνέβαλαν το 75% των συνολικών εκπομπών στον αέρα και αυξήθηκε κατά 12% σε σχέση με το 1987. Η Κουάλα Λουμπόρ είναι μία από τις 15 ασιατικές πόλεις που έχουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ρύπανσης. Οι σταθμοί παρακολούθησης ανέφεραν μέσο όρο 53% στα επίπεδα αναστολής, υπερβαίνοντας κατά πολύ τα πρότυπα της Παγκόσμιο Οργανισμού Υγείας. Με την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων μεγαλώνουν οι κίνδυνοι να εμφανιστούν προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου (καρδιακές προσβολές, καρκίνος του πνεύμονα, άσθμα κτλ), στην ορατότητα και στην κλιματική αλλαγή. Έρευνα που έγινε στη Μαλαισία, αποδεικνύει ότι ένας εσωτερικός ρύπος δίνει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ταυτόχρονα, αποτελεί τη βασικότερη αιτία που υποβαθμίστηκε η πολιτιστική κληρονομιά της χώρας. Στα κτίρια, είναι σημαντικό να ελέγχεται το επίπεδο των μολυσματικών ουσιών εντός των κτιρίων για λόγους ασφαλείας (Hanari and Din, 2012).

1.4 Σκοποί και Στόχοι

Η μεταπτυχιακή διατριβή αφορά τη μελέτη διαφορετικών εσωτερικών χώρων (π.χ. μουσεία, εργασιακούς χώρους) ως μια πρώτη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης σε σημαντικές κτιριακές εγκαταστάσεις στην Κύπρο, προς την ποιότητα του εσωτερικού αέρα αφού η ποιότητα των εσωτερικών χώρων σχετίζεται άμεσα με την υγεία των ανθρώπων.

Η μεταπτυχιακή διατριβή επικεντρώνεται στην επαρχία Λεμεσού, όπου γίνεται χρήση εξειδικευμένου εργαλείου - μετρητή για τη μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων και στη διεξαγωγή έρευνας πως επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Σ' αυτήν την μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, όσον αφορά γενικά την ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων καθώς και ανάλυση των σημαντικότερων αέριων ρύπων που τον επηρεάζουν. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αιωρούμενα σωματίδια που περιέχονται στον αέρα καθώς επίσης και τις επιπτώσεις που επιφέρουν στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου.

Στη συνέχεια ακολουθεί η μεθοδολογία της μεταπτυχιακής διατριβής, μαζί με την ανάλυση των δεδομένων σύμφωνα με την υφιστάμενη Κυπριακή Νομοθεσία.

Στα τελευταία κεφάλαια της μεταπτυχιακής διατριβής παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα και οι εισηγήσεις που προκύπτουν από την μελέτη.

Η μεταπτυχιακή διατριβή καινοτομεί ως προς τον εντοπισμό του επιπέδου ρύπανσης σε χώρους εσωτερικών κτιρίων, στην εκτίμηση των επιπτώσεων από τις πηγές που προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα και στα μέτρα που εισηγείται για τη μείωση της ρύπανσης και την ταυτόχρονη βελτιστοποίηση της ποιότητας του αέρα σε εσωτερικούς χώρους.

Στα πλαίσια της μεταπτυχιακής διατριβής αναλύεται η εγχώρια νομοθεσία, εξετάζεται το ενδεχόμενο καινοτομιών για αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων που προκύπτουν από την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων σε κλειστούς χώρους.

Τα αποτελέσματα της έρευνας πιθανόν να αποτελέσουν προτάσεις προς την αρμόδια αρχή του κράτους για πιθανή σύνταξη καινούργιων κανονισμών και θέτονται οι βάσεις για την έναρξη μιας νέας στρατηγικής μελέτης για τη βελτίωση των σημερινών καταστάσεων (πρόληψη και αντιμετώπιση).

Στόχος της έρευνας είναι να διερευνήσει κατά πόσο έχει αναπτυχθεί στρατηγική μελέτη και σε ποιο βαθμό, έτσι ώστε, αν υπάρχει επιτακτική ανάγκη, να εξετασθούν οι συνθήκες υποβολής νέων προτάσεων για πρόληψη και αντιμετώπιση του φαινομένου της ύπαρξης των αιωρούμενων σωματιδίων.

Ταυτόχρονα, η μεταπτυχιακή διατριβή στοχεύει στην αναγνώριση του επιπέδου ρύπανσης σε χώρους εσωτερικών κτιρίων και στην εκτίμηση των επιπτώσεων από τις πηγές που προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, με σκοπό την πρόταση των κατάλληλων μέτρων για μείωση της ρύπανσης.

1.5 Διασαφηνίσεις – Προσδιορισμός Και Διατύπωση Των Κεντρικών Εννοιών

EIAQI - Environment Indoor Air Quality Indicator – Περιβαλλοντικός Δείκτης Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Χώρου

IAQ - Indoor Air Quality– Ποιότητα Αέρα Εσωτερικού Χώρου

PM – Particulate Matter – Αιωρούμενα Σωματίδια

T.E.E. – Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας

T.Π. – Τμήμα Περιβάλλοντος

Π.Ο.Υ. – Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση - Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών βιομηχανίας έχει παραχθεί πάνω από 60.000 νέες χημικές ενώσεις που έχουν συσσωρευτεί στο περιβάλλον και μερικές από αυτές βιοσυσσωρεύονται στο ανθρώπινο σώμα. Οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων διασκορπίζονται στην ατμόσφαιρα και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από τις πηγές τους. Το μέσο στο οποίο μεταφέρονται οι ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι η ατμόσφαιρα και η δυναμική του καθορίζει τη διάρκεια ζωής τους και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και τους ανθρώπους (Lazaridis, 2011).

Υπάρχει συνήθως η εντύπωση ότι, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα σύγχρονο φαινόμενο και ότι έχει επιδεινωθεί τα τελευταία χρόνια. Εν τούτοις, από την αρχή της ιστορίας, η ανθρωπότητα καίει βιολογικά και ορυκτά καύσιμα για να παράγει θερμότητα. Τα τείχη των σπηλαίων, που κατοικήθηκαν πριν από χιλιετίες, καλύπτονται με στρώματα αιθάλης και πολλοί από τους πνεύμονες μουμιοποιημένων σωμάτων από τους Παλαιολιθικούς χρόνους έχουν μαύρο τόνο, εξαιτίας αυτών των φαινομένων ρύπανσης (Mcneill, Norton and Bess, 2002).

Η εσωτερική έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους προκαλεί πολύ σημαντική βλάβη στην υγεία των ανθρώπων και των ζωντανών οργανισμών παγκοσμίως - ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες. Οι χημικές ουσίες που εξετάζονται είναι συνηθισμένοι εσωτερικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι σε όλες τις περιοχές του κόσμου. Παρ' όλα αυτά, η ευαισθητοποίηση για τη δημόσια υγεία σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση σε εσωτερικούς χώρους υστερεί σε σχέση με την εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι άνθρωποι χρειάζονται φαγητό και νερό σε τακτική βάση. Χρειάζονται όμως και συνεχή παροχή αέρα. Οι απαιτήσεις για αέρα και νερό είναι σχετικά σταθερές (10-20 m³ και 1-2 λίτρα την ημέρα, αντίστοιχα). Όλοι οι άνθρωποι πρέπει να απολαμβάνουν ελεύθερα τον αέρα και το νερό αποδεκτής ποιότητας αφού αποτελεί θεμελιώδες ανθρώπινο δικαίωμα. Αναγνωρίζοντας την ανάγκη των ανθρώπων για καθαρό αέρα, το 1987 το Περιφερειακό

Γραφείο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) για την Ευρώπη δημοσίευσε την πρώτη έκδοση των κατευθυντήριων γραμμών για την ποιότητα του αέρα για την Ευρώπη, που περιείχε εκτιμήσεις κινδύνου για την υγεία 28 χημικών ατμοσφαιρικών ρύπων (Π.Ο.Υ., 1987).

Το 2000, ο Π.Ο.Υ. δημοσίευσε μια δεύτερη έκδοση που επικεντρώθηκε στους ρύπους που εξετάστηκαν στην πρώτη έκδοση. Η παγκόσμια ενημέρωση του 2006, επικεντρώθηκε σε μια μικρή ομάδα ρύπων (σωματιδιακή ύλη, όζον, διοξείδιο του αζώτου και διοξείδιο του θείου), αλλά περιλάμβανε επίσης κεφάλαια που αφορούσαν ορισμένα γενικά θέματα που σχετίζονται με την υγεία σε σχέση με τον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, συμπεριλαμβανομένου ενός κεφαλαίου για την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου. Οι οδηγίες για την ποιότητα του αέρα του Π.Ο.Υ. έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην παροχή πληροφοριών και καθοδήγησης για τις ρυθμιστικές αρχές που εργάζονται στον τομέα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στην Ευρώπη, οι κατευθυντήριες γραμμές θεωρούνται ως βασική πηγή στην οποία βασίζεται η οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ποιότητα του αέρα (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2010).

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Ο ρυπασμένος αέρας δεν είναι απλώς ένα φαινόμενο της σύγχρονης εποχής. Εύκολα κάποιος μπορεί να φανταστεί ότι, στην προϊστορική εποχή, ο καπνός από τις φωτιές που άναβαν στις σπηλιές, δημιουργώντας φθορές στις ζωγραφιές που έφτιαχναν οι άνθρωποι στους τοίχους των σπηλαίων (Hong *et al.*, 1996).

Η συνεχής έκθεση του πρώιμου άνδρα στις πυρκαγιές σε κλειστές περιοχές, συνέβαλε σε αυξημένα περιστατικά ρινικού καρκίνου (Zimmerman, 2004).

Η φύση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει αλλάξει κατά τη διάρκεια των χιλιετιών. Δεν σχετίζεται πλέον κυρίως με τον καπνό και το θείο, αλλά τώρα σχετίζεται με οξείδια του αζώτου, πτητικές οργανικές ενώσεις και σωματίδια που συνδέονται με την αυξανόμενη κυκλοφορία οχημάτων (Fenger, 2009).

Η ατμοσφαιρική ρύπανση του αέρα έχει συμβεί από τους προϊστορικούς χρόνους, όταν οι άνθρωποι μετακόμισαν για να ζουν σε εσωτερικούς χώρους και η φωτιά μεταφέρθηκε σε κλειστά καταφύγια για σκοπούς μαγειρέματος και θέρμανσης του υποστατικού. Προβλήματα που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση των εσωτερικών χώρων, ωστόσο, έχουν αναπτύξει μια νέα διάσταση, λόγω ενεργειακά αποδοτικών μέτρων (στενά κατασκευασμένα κτίρια, χρήση μεγάλων ποσοτήτων μόνωσης και μη επαρκής αερισμός) που εφαρμόστηκαν από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 ως τρόπος επίλυσης

της πετρελαϊκής κρίσης. Για παράδειγμα, τα σφριγηλά κατασκευασμένα κτίρια μειώνουν την ποσότητα καθαρού αέρα για αραίωση και καθαρισμό από ρύπους, που με τη σειρά του συσσωρεύει υψηλά επίπεδα τοξικών ουσιών σε εσωτερικούς χώρους (Robert L. Kane and Daniel E. Klein, 2001).

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1900, αξιοσημείωτα επεισόδια κακής ποιότητας αέρα έφεραν ανησυχίες σχετικά με τη ρύπανση στον κόσμο. Για παράδειγμα, το 1952, χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν στο Λονδίνο κατά τη διάρκεια πέντε ημερών οξείας περιεκτικότητας σε νέφος. Τέσσερα χρόνια πριν, οι εκπομπές διοξειδίου του θείου από βιομηχανικά εργοστάσια κοντά στο Ντόνορα της Πενσυλβανίας, είχε αρρωστήσει το 40% του πληθυσμού και έχασαν τη ζωή τους είκοσι άτομα και πολλά ζώα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, τέτοιες καταστροφές οδήγησαν στη θέσπιση νομοθεσίας, το πιο σημαντικό, τον περί καθαρού αέρα νόμο του 1990 (Environmental Protection Agency, 1990).

Επιστημονικά στοιχεία έδειξαν ότι ο αέρας εντός των εσωτερικών χώρων, μπορεί να ρυπανθεί σοβαρότερα από τον εξωτερικό αέρα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι κυρίως το αποτέλεσμα της εκβιομηχάνισης και της αστικοποίησης. Το 1970, το "The Federal Clean Act", ψηφίστηκε ως δημόσιος νόμος 91-604. Ο στόχος αυτής της πράξης ήταν η προστασία και η βελτίωση της ποιότητας του αέρα των ΗΠΑ, που αποσκοπούσε στην προώθηση της δημόσιας υγείας και ευημερίας, αλλά ταυτόχρονα στην παραγωγική ικανότητα του πληθυσμού της. Ο νόμος ζητούσε από τον διαχειριστή του Οργανισμού Προστασίας του Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) να δημοσιεύσει πρωτογενή και δευτερεύοντα εθνικά πρότυπα ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα (NAAQS) για έξι κοινούς ρύπους. Τα NAAQS είναι αυτά που, κατά την κρίση του διαχειριστή της EPA, βάσει των κριτηρίων ποιότητας του αέρα, είναι απαραίτητα για την προστασία της δημόσιας υγείας (Πρωτοβάθμια), συμπεριλαμβανομένης της υγείας ευαίσθητων πληθυσμών όπως οι ασθματικοί, τα παιδιά, και οι ηλικιωμένοι καθώς και της ευημερίας (Δευτεροβάθμια), συμπεριλαμβανομένης της προστασίας της όρασης, των ζημιών, σε ζώα, καλλιέργειες, βλάστηση και κτίρια. Αυτοί οι ρύποι ήταν φωτοχημικά οξειδωτικά, σωματιδιακά υλικά, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδια του αζώτου, διοξείδιο του θείου και υδρογονάνθρακες (Robert L. Kane and Daniel E. Klein, 2001).

Η ρύπανση των αιωρούμενων σωματιδίων σε εσωτερικούς χώρους προκαλεί αυξανόμενη ανησυχία στους ανθρώπους. Ακόμα και ο τρόπος που περπατά το προσωπικό σε μια βιβλιοθήκη ή ένα μουσείο, αλλά και η μέθοδος που ακολουθείται στον εξαερισμό του χώρου, χρήζει μεγάλης προσοχής και μελέτης, καθώς επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων στους χώρους. Σύμφωνα με τον Πρακτορείο Περιβαλλοντικής Προστασίας των Η.Π.Α. (United States Environmental Protection

Agency) το 1991, τα σωματίδια αποτελούν σημαντικότατο ρύπο για τους εσωτερικούς χώρους και η κατανομή τους δημιουργεί παγκόσμια ανησυχία στους διάφορους μελετητές του περιβάλλοντος, της δημόσιας υγείας, των εφαρμοσμένων επιστημών και της ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων.

Οι δύο πηγές ρύπανσης του αέρα σε εσωτερικούς χώρους είναι:

(α) η ρύπανση που προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. καυσαέρια, σκόνη, φυσικό περιβάλλον) και

(β) η ρύπανση που προέρχεται από το εσωτερικό περιβάλλον (π.χ. κάπνισμα, τζάκι, μαγείρεμα, καθαρισμός σκόνης κτλ).

Η εσωτερική σκόνη αποτελείται από ένα μείγμα ανομοιογενών σωματιδίων που δημιουργούνται από εσωτερικές και εξωτερικές πηγές, που συχνά περιέχουν τοξικά, καρκινογόνα και αλλεργιογόνα συστατικά, που όλα τους είναι επιβλαβείς ουσίες, επιφέροντας σοβαρά προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα των ανθρώπων (Lv *et al.*, 2019).

2.3 Πηγές Ρύπανσης Αέρα Εσωτερικού Χώρου

Αρκετός κόσμος περνά το μεγαλύτερο μέρος του καθημερινού του χρόνου σε εσωτερικούς χώρους. Συνήθως, το εσωτερικό περιβάλλον σε γραφεία και οικίες, είναι πιο μολυσμένο από την ατμόσφαιρα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, οι επιπτώσεις στην υγεία για αρκετούς ανθρώπους, πιθανότατα να είναι μεγαλύτερες εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τον εξωτερικό αέρα. Οι κύριες πηγές ρύπανσης του αέρα εσωτερικού χώρου είναι αυτές που απελευθερώνουν αέρια και σωματίδια στον αέρα και με τη βοήθεια του ελλιπού αερισμού, η κατάσταση γίνεται χειρότερη (Mihucz and Záray, 2016).

Η ποιότητα του αέρα είναι πολύ ευάλωτη σε αντίθεση με το νερό ή άλλα απόβλητα, καθώς ο αέρας δεν μπορεί, στην πράξη, να υποστεί επανεπεξεργασία σε κάποια κεντρική τοποθεσία και στη συνέχεια να διανεμηθεί για επαναχρησιμοποίηση. Λόγω αυτής της ευπάθειας, η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι εκπομπές σωματιδίων (PM) θα πρέπει να ελέγχονται και να μειώνονται στην πηγή, για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στις γειτονικές κοινότητες, την τοπική χλωρίδα και πανίδα και το παγκόσμιο περιβάλλον (Stocks and Down, 1984).

Επομένως, κρίνεται πολύ σημαντικό να γίνεται έλεγχος της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος, όπως η οπτική και η θερμική άνεση, χωρίς φυσικά να αγνοείται οτιδήποτε αφορά την ποιότητα του αέρα. Αυτό που αναφέρεται ως ποιότητα του

εσωτερικού περιβάλλοντος (Indoor Environmental Quality- IEQ) εμπεριέχει 4 βασικές συνιστώσες:

- (α) το θερμικό περιβάλλον (Thermal Environment),
- (β) την ακουστική (Acoustics),
- (γ) το φωτισμό (Lightening) και
- (δ) την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (Indoor Air Quality).

Όλα τα προηγούμενα και κυρίως η ποιότητα του εσωτερικού αέρα επιδρούν στην παραγωγικότητα, στην άνεση και στην υγεία των ανθρώπων. (Drakou *et al.*, 1998).

Υπάρχουν αρκετές εσωτερικές πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων. Αυτές περιλαμβάνουν πηγές καύσης λόγω θέρμανσης, μαγειρέματος και καπνίσματος. Πρόσθετες πηγές ρύπανσης προέρχονται από τα οικοδομικά υλικά, χαλιά, υλικά καθαρισμού και ξύλινα έπιπλα. Το εξωτερικό περιβάλλον είναι επίσης πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων σε εσωτερικούς χώρους καθώς και στο έδαφος (ραδόνιο). Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων που διεισδύουν από τον εξωτερικό αέρα ή εκπέμπονται σε εσωτερικούς χώρους. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι ο ρυθμός εξαερισμού στο σπίτι και οι μετεωρολογικές συνθήκες στην περιοχή ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα, ο ρυθμός αερισμού αναφέρεται στην ισοτιμία αέρα του κτιρίου και συνεπώς στον ρυθμό εισροής και εκροής ρύπων του κτιρίου. Πειραματικές μελέτες αποδεικνύουν ότι σημαντικές πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων συμπεριλαμβανομένων των αερολυμάτων, είναι το κάπνισμα, το τηγάνισμα, το μαγείρεμα, η ηλεκτρική σκούπα κ.α. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν σημαντικές εσωτερικές πηγές, η συγκέντρωση του ατμοσφαιρικού ρύπου σε εσωτερικούς χώρους είναι χαμηλότερη από ό, τι σε εξωτερικούς χώρους. Ένα παράδειγμα είναι το κάπνισμα σε εσωτερικούς χώρους, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων (PM) (Principles and Pollution, 2011).

Σύμφωνα με τα πιο πάνω στοιχεία, ότι οι πιο σημαντικές πηγές ρύπανσης εσωτερικών χώρων είναι:

- τα συστήματα καύσης (θέρμανση με την καύση ξύλων)
- τα δομικά και κατασκευαστικά υλικά (αυξημένη χρήση μονωτικών υλικών)
- τα είδη οικιακής χρήσης
- το κάπνισμα
- η εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση (καυσαέρια κ.α.)
- το έδαφος
- οι διάφορες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές
- ο άνθρωπος και

- τα κατοικίδια ζώα. (Environmental Protection Agency, 2021)

2.4 Παράγοντες Που Επηρεάζουν Την Ποιότητα Του Αέρα Εσωτερικού Χώρου

Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι:

- Η φύση της εξωτερικής ποιότητας του αέρα γύρω από το κτίριο.
- Η συναλλαγματική ισοτιμία του κτιρίου (εξαερισμός).
- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του κτιρίου (παρουσία χημικών).
- Οι δραστηριότητες που συνεχίζονται μέσα στο κτίριο (καθαρισμός, μαγείρεμα, θέρμανση κλπ.).
- Χρήση οικιακών χημικών (Mihucz and Záray, 2016).

Σύμφωνα με τον (Λαζαριδης, 2008), η ποιότητα του εσωτερικού αέρα επηρεάζεται από:

- Την ποιότητα του εξωτερικού αέρα. Αυτό συμβαίνει γιατί η ποιότητα αέρα σε έναν εσωτερικό χώρο μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τις μεταβολές στη σύσταση του εξωτερικού αέρα και με ρυθμό ανταπόκρισης, ο οποίος εξαρτάται από τη διαπερατότητα της δομής του κτιρίου και την φύση των ρύπων.
- Την εσωτερική παραγωγή ρύπων, όπου οι κύριες εσωτερικές πηγές ρύπων είναι : τα δομικά υλικά, τα χρώματα, τα έπιπλα και τα λοιπά υλικά που χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Οι δραστηριότητες των ανθρώπων στους εσωτερικούς χώρους όπως : η χρήση κουζίνας αερίου, το μαγείρεμα, ο καθαρισμός του χώρου, το κάπνισμα, η χρήση καταναλωτικών προϊόντων και ακόμη η ίδια η παρουσία των ατόμων.

Υπάρχει πλήθος παραγόντων που διαμορφώνουν την ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων, οι οποίοι αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Τα υλικά κατασκευής ενός κτιρίου, οι κλιματολογικές συνθήκες, ο τρόπος διαβίωσης, οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα μέσα στο κτίριο, και η παραμονή ανθρώπων μέσα σε αυτό είναι μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Οι παράγοντες είναι δυνατόν να ταξινομηθούν σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς, όπως στον πιο κάτω πίνακα:

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα εσωτερικού αέρα (Νικολάου, 2011)

ΦΥΣΙΚΟΙ
▪ Θερμοκρασία (20-26ο C)
▪ Σχετική υγρασία (20-70%)
▪ Αερισμός (περίπου 8l/s κατά άτομο, απουσία καπνιστών)
▪ Φωτισμός
▪ Θόρυβος (<70-80dB) και δονήσεις
▪ Σκόνη
ΧΗΜΙΚΟΙ
▪ Αιωρούμενα σωματίδια
▪ Βαρέλα μέταλλα, τοξικά στοιχεία
▪ Ιόντα
▪ Πτητικές οργανικές ενώσεις
▪ Ανόργανες αέριες ενώσεις
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ
▪ Μικροοργανισμοί (ιοί, βακτήρια, μύκητες)
▪ Αλλεργιογόνα (γύρη, έντομα, ζώα)

Από πειραματικές μελέτες προκύπτει ότι οι ρύποι από εξωτερικές πηγές φτάνουν στο εσωτερικό περιβάλλον με κάποια χρονική καθυστέρηση, η οποία εξαρτάται από το ρυθμό ανταλλαγής του εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα.

Επίσης τα σωματίδια που εισέρχονται πιο εύκολα μέσα στο σπίτι είναι τα σωματίδια που έχουν αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη ή ίση με 2,5μm, τα οποία είναι πιο επικίνδυνα για την υγεία γιατί εισχωρούν πιο βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα.

2.5 Οι Σημαντικότεροι Αέριοι Ρύποι Εσωτερικού Χώρου

Στην Κίνα, μισό εκατομμύριο πρόωρων θανάτων προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση σε εσωτερικούς χώρους κάθε χρόνο. Είναι ανάγκη να αναπτυχθεί νέα και αποτελεσματική μέθοδος ελέγχου για ατμοσφαιρικές ρυπάνσεις. Γενικά, η σύνθεση των ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως αεροζόλ και αέριοι ρύποι. Το

πρώτο περιλαμβάνει κυρίως σωματίδια (PM), μικροοργανισμούς και μικρά σταγονίδια στον αέρα, ενώ το τελευταίο περιλαμβάνει κυρίως όζον (O₃), διοξείδιο του θείου (SO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και ημιπτητικές οργανικές ενώσεις (SVOCs). Στην Κίνα, τα αιωρούμενα σωματίδια, το όζον και οι πτητικές οργανικές ενώσεις, συγκαταλέγονται μεταξύ των κοινώς ανιχνευόμενων και αφορούν τους ρύπους στον εσωτερικό αέρα. Τα σωματίδια με μικρές διαμέτρους μπορούν να εισπνευσθούν βαθιά από τον ανθρώπινο πνεύμονα. Είναι χειρότερο ότι τα σωματίδια συχνά μεταφέρουν μολυσματικές ουσίες όπως οργανικές ύλες, αιθάλη, βαρέα μέταλλα και παθογόνα, προκαλώντας σοβαρές ανησυχίες με κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία (για παράδειγμα επιδεινώνουν το άσθμα). Το όζον ερεθίζει και βλάπτει τον ιστό του σώματος, προκαλώντας αλλεργικά ή χρονικά συμπτώματα. Είναι επίσης υπεύθυνη για το σχηματισμό εσωτερικών δευτερογενών οργανικών αερολυμάτων. Οι περισσότερες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) είναι τοξικές και η έκθεση του ανθρώπου στις ενώσεις αυτές, προκαλεί πολλά προβλήματα, όπως δηλητηρίαση, διαταραχή ορμονών και καρκίνο. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του όζοντος και των πτητικών οργανικών ενώσεων (ειδικά ο καπνός του τσιγάρου) θα μπορούσε να επιδεινώσει τον τραυματισμό στο αναπνευστικό σύστημα (Zeng *et al.*, 2020).

Σύμφωνα με μια άλλη μελέτη από τους (Colbeck, Nasir and Ali, 2010), περίπου το 70% του Πακιστανικού πληθυσμού ζει σε αγροτικές περιοχές. Ένα ποσοστό της τάξης του 94% που ζουν στην ύπαιθρο και περίπου το 58% των πόλεων, εξαρτώνται από καύσιμα βιομάζας (ξύλο, κοπριά και γεωργικά απόβλητα) κι έχουν χαμηλή απόδοση καύσης. Εξαιτίας της ατελούς καύσης των καυσίμων βιομάζας, ο καπνός που προκύπτει περιλαμβάνει ουσίες που επιδεινώνουν την υγεία και σε διάφορες συγκεντρώσεις πιθανόν να δημιουργήσουν μεγάλη απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση σε εσωτερικούς χώρους, αντιπροσωπεύει γύρω στους 28.000 θανάτους και 40.000.000 περιστατικά με οξεία αναπνευστική νόσο ετησίως. Με αυτά τα δεδομένα η Πακιστανική κυβέρνηση επιβαρύνεται σημαντικά, με ετήσιο κόστος 1% του ΑΕΠ. Παρόλο που υπάρχουν αυτές οι ενδείξεις, οι υπεύθυνοι χάραξης της πολιτικής του τόπου, δε δίνουν τη δέουσα προσοχή σε αυτό το ενδεικτικό στατιστικό, δηλαδή τις αυξανόμενες ενδείξεις που υπάρχουν στη συσχέτιση που γίνεται μεταξύ της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τις επιπτώσεις που επιφέρει στην ανθρώπινη υγεία.

2.5.1 Όζον (O₃)

Το όζον (O₃) είναι αέριο που αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Είναι φυσικό και τεχνητό προϊόν, που εμφανίζεται τόσο στην ανώτερη ατμόσφαιρα της (στρατόσφαιρα), όσο και στη χαμηλότερη ατμόσφαιρα (τροπόσφαιρα) της γης. Το όζον επηρεάζει τη γήινη ζωή είτε με καλούς, είτε με κακούς τρόπους, ανάλογα με το πού βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Το όζον της στρατόσφαιρας, σχηματίζεται φυσικά, μέσω της αλληλεπίδρασης της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) με το μοριακό οξυγόνο (O₂). Το "στρώμα του όζοντος" που βρίσκεται από 6 έως 30 μίλια πάνω από την επιφάνεια της γης, μειώνει την ποσότητα της επιβλαβούς υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης. Το τροποσφαιρικό ή το όζον του επίπεδου εδάφους – που στην ουσία είναι αυτό που αναπνέουμε - σχηματίζεται κυρίως από φωτοχημικές αντιδράσεις μεταξύ δύο κύριων κατηγοριών ατμοσφαιρικών ρύπων, των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και των οξειδίων του αζώτου (NO_x). Αυτές οι αντιδράσεις θεωρούνται παραδοσιακά ότι εξαρτώνται από την παρουσία θερμότητας και ηλιακού φωτός, με αποτέλεσμα τις υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος στο περιβάλλον τους καλοκαιρινούς μήνες. Εν τούτοις, παρατηρήθηκαν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος υπό συγκεκριμένες συνθήκες κατά τους κρύους μήνες, όπου κάποιες υψηλού υψομέτρου περιοχές στις Δυτικές ΗΠΑ, με υψηλά επίπεδα τοπικών εκπομπών VOC και NO_x, έχουν σχηματίσει όζον, όταν το χιόνι βρίσκεται στο έδαφος και οι θερμοκρασίες είναι κοντά ή κάτω από την κατάψυξη. Το όζον συμβάλλει σε αυτό που συνήθως αντιμετωπίζουμε ως «αιθαλομίχλη» ή ομίχλη, το οποίο εξακολουθεί να εμφανίζεται συχνότερα το καλοκαίρι, αλλά μπορεί να εμφανιστεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε ορισμένες νότιες και ορεινές περιοχές. (United States Environmental Protection Agency, 2020).

Το όζον είναι ένας πολύ επικίνδυνος αέριος ρύπος προς το περιβάλλον. Έχει χαρακτηριστεί ότι είναι από τους σημαντικότερους αέριους ρύπους, που σχετίζονται με άμεσες αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και αφορούν καρδιολογικές και πνευμονολογικές παθήσεις, ακόμη και σε συγκεντρώσεις πιο κάτω από τα υφιστάμενα όρια της ποιότητας του αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Οι θάνατοι σε παγκόσμιο επίπεδο, που έχουν αιτία τις μακροπρόθεσμες ή βραχυπρόθεσμες εκθέσεις στο όζον του περιβάλλοντος, ανέρχονται σε 472.000 κατά το έτος 2019. Οπότε, πιστεύεται ότι, το όζον του περιβάλλοντος έχει αυξήσει την καρδιοαναπνευστική θνησιμότητα και έχει συνδεθεί με την επιδείνωση της ανθρώπινης καρδιοπνευμονικής λειτουργίας. Εφόσον οι άνθρωποι, περνούν πέραν του 80% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους, τότε οι

επιπτώσεις της ανθρώπινης υγείας, πιθανότατα να είναι μεγαλύτερη λόγω ρύπανσης της ατμόσφαιρας των κλειστών χώρων. (Liu *et al.*, 2021)

2.5.2 Μονοξείδιο Του Άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο, άοσμο, άγευστο και μη ερεθιστικό αέριο που παράγεται από την ατελή καύση ανθρακούχων καυσίμων με βάση τον άνθρακα, όπως βενζίνη, φυσικό αέριο, κηροζίνη και ξύλο κι εκπέμπεται στο περιβάλλον από ανθρώπινες ή φυσικές πηγές. Τα μηχανοκίνητα οχήματα και οι βιομηχανίες αποτελούν τους πρωταγωνιστές ως προς τις πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μονοξειδίου του άνθρακα στις πόλεις. Παρόλα αυτά, η ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων επηρεάζεται από πολλές πηγές εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, όπως είναι το κάπνισμα, τα τζάκια, σόμπες αερίου ή καύσης ξύλων και άλλες καύσεις ορυκτών καυσίμων. Η συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα στον αέρα εσωτερικού χώρου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 30 ppm σε κανονικές συνθήκες με επαρκή φυσικό αερισμό και ανταλλαγής αέρα. Στο εσωτερικό περιβάλλον και στην απουσία πηγών εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα, οι συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα σε σπίτια, σχολεία και γραφεία είναι παραπλήσιες και επηρεάζονται από τις συγκεντρώσεις CO σε εξωτερικούς χώρους. Το μονοξείδιο του άνθρακα μειώνει την ποσότητα οξυγόνου που εισέρχεται στο αίμα μας, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να επιβραδύνει τα αντανακλαστικά μας και να μας προκαλέσει σύγχυση και υπνηλία. Η έκθεση του οργανισμού σε CO, επηρεάζει το καρδιαγγειακό σύστημα, τους πνεύμονες, το αίμα και το νευρικό σύστημα, ανάλογα πάντα με την υγεία και την φυσική κατάσταση του ατόμου που εκτίθεται, τη συγκέντρωση ρύπων και το χρόνο έκθεσης (Fazlzadeh *et al.*, 2015).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα μπορούν να προκαλέσουν οξεία δηλητηρίαση, αφού το CO συνδυάζεται με την αιμοσφαιρίνη (Hb) αίματος και παράγεται καρβοξυαιμοσφαιρίνη (COHb), εμποδίζοντας έτσι τη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Η εισπνοή αέρα με ογκομετρική συγκέντρωση 0,3% μονοξειδίου του άνθρακα, μπορεί να επιφέρει το θάνατο μέσα σε διάστημα 30 λεπτών. Για να αποφευχθεί η υπέρβαση των επιπέδων COHb στο αίμα του 2,5%, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) έχει θέσει συγκεκριμένες οδηγίες ποιότητας του αέρα για διαφορετικούς χρόνους μέσου όρου (π.χ. 30 mg/m³ για μέσο όρο 1 ώρας). Οι επιπτώσεις της έκθεσης σε τοξικούς ρύπους όπως το μονοξείδιο του άνθρακα είναι πιο έντονες για ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού. Τα παιδιά αποτελούν μια τέτοια ομάδα λόγω της αύξησής τους (Chaloulakou and Mavroidis, 2002).

2.5.3 Διοξείδιο Του Άνθρακα (CO₂)

Οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στο εσωτερικό των κτιρίων υπερβαίνουν τις εξωτερικές συγκεντρώσεις επειδή το CO₂ είναι προϊόν μεταβολισμού των ανθρώπων. Οι συγκεντρώσεις CO₂ σε εσωτερικούς χώρους είναι δείκτες των ποσοστών εξαερισμού των κτιρίων με εξωτερικό αέρα ανά άτομο. Η υψηλότερη συγκέντρωση CO₂ εσωτερικού χώρου θεωρείται συχνά δείκτης χαμηλότερης ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου (IAQ), αν και πολλοί παράγοντες που δεν σχετίζονται με τις συγκεντρώσεις CO₂ εσωτερικού χώρου επηρεάζουν την ποιότητα αέρα του εσωτερικού χώρου (IAQ). Όταν οι συγκεντρώσεις CO₂ σε εσωτερικούς χώρους αυξάνονται και μειώνονται, οι συγκεντρώσεις άλλων εσωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων που εκπέμπονται από εσωτερικές πηγές (ιδιαίτερα τα βιολογικά απόβλητα από τον άνθρωπο), μπορεί επίσης να αυξηθούν και να μειωθούν. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ σε εσωτερικούς χώρους συσχετίζονται με μειώσεις στην αντιληπτή ποιότητα του αέρα, με αυξήσεις στα οξέα συμπτώματα υγείας και με μειώσεις στις πτυχές της ανθρώπινης απόδοσης. Έρευνα που έγινε λίγο πριν το 2012, έδειξε ότι τα επίπεδα του CO₂, με άλλες σταθερές συνθήκες, δεν είχαν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία ή την απόδοση των ανθρώπων, εκτός, όπου οι συγκεντρώσεις CO₂ υπερέβαιναν κατά πολύ τα επίπεδα που βρέθηκαν στα κτίρια. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, το επαγγελματικό όριο για το CO₂ είναι 5.000 ppm για μια 40ωρη εβδομάδα εργασίας. Οπότε, οι προηγουμένως τεκμηριωμένες συσχετίσεις συγκεντρώσεων CO₂ εσωτερικού χώρου με αντιληπτή ποιότητα αέρα, συμπτώματα υγείας και απόδοσης, έχουν αποδοθεί στους άλλους εσωτερικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, με αλλαγές στις συγκεντρώσεις που υποδεικνύονται από τις αλλαγές στις συγκεντρώσεις CO₂ σε εσωτερικούς χώρους (Fisk, Wargocki and Zhang, 2019).

Το 2006, τα πρότυπα εξαερισμού του Ηνωμένου Βασιλείου καθόρισαν ότι οι συγκεντρώσεις CO₂ στις αίθουσες διδασκαλίας δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις 5000 ppm εντός της σχολικής ημέρας και η μέση συγκέντρωση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1500 ppm. Η Ομάδα Διαχείρισης Ποιότητας Εσωτερικού Αέρα του Χονγκ Κονγκ (IAQMG) αξιολογεί σχολικές τάξεις με ένα μέσο όρο συγκέντρωσης CO₂ κατά 8 ώρες, 800 ppm ως «εξαιρετική κατηγορία» και 1000 ppm ως «καλή τάξη». Η συνιστούσα συγκέντρωση CO₂ εσωτερικού χώρου στην Αμερικανική Εταιρεία Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE) Πρότυπο 62.1 είναι 1000 ppm. Επί του παρόντος, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) δεν ταξινομεί το CO₂ ως ρύπο, αλλά ως καλό δείκτη της ποιότητας αέρα του εσωτερικού χώρου (IAQ). Ο εξαερισμός είναι μια από τις στρατηγικές

που χρησιμοποιούνται για έλεγχο της ποιότητας αέρα του εσωτερικού χώρου (IAQ), παρέχει εξωτερικό αέρα χρήσιμο για αφαίρεση και αραιώση εσωτερικού χώρου ατμοσφαιρικοί ρύποι. Το πρότυπο ASHRAE 62.1 παρέχει δύο πιθανές διαδικασίες για την εκτίμηση των απαιτήσεων εξαερισμού. Βασίζονται στην παραδοσιακή προσέγγιση της αραιώσης ρύπων από εξωτερικό αέρα, αλλά διαφέρουν στη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ρυθμού ροής του αέρα (Schibuola and Tambani, 2020).

2.5.4 Διοξείδιο Του Θείου (SO₂)

Το διοξείδιο του θείου (SO₂) είναι ένα από τα αέρια που ανήκουν στην κατηγορία των οξειδίων του θείου (SO_x). Τα άλλα αέρια της ομάδας είναι πολύ λιγότερο κοινά στην ατμόσφαιρα. Τα εθνικά πρότυπα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα της EPA (Environmental Protection Agency of U.S.) για το διοξείδιο του θείου (SO₂), σχεδιάστηκαν με στόχο την προστασία όλης της ομάδας των οξειδίων του θείου (SO_x), από την έκθεση. Το διοξείδιο του θείου είναι ένας δείκτης που προκαλεί τη μεγαλύτερη ανησυχία ως προς την κατηγορία των οξειδίων του θείου. Τα μέτρα ελέγχου που λαμβάνονται ούτως ώστε να μειώσουν το SO₂, μπορούν και αναμένεται να μειώσουν την έκθεση των ανθρώπων σε όλα τα αέρια της κατηγορίας οξειδίων του θείου (SO_x). Από αυτό πιθανόν να προκύψει μεγάλο πλεονέκτημα ως προς τη μείωση του σχηματισμού σωματιδιακών ρύπων θείου (π.χ. σωματίδια λεπτού θειικού άλατος). Γενικά, οι εκπομπές που οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις SO₂, οδηγούν επίσης στο σχηματισμό άλλων SO_x. Η κυριότερη πηγή SO₂ στην ατμόσφαιρα πηγάζει από την καύση ορυκτών καυσίμων από σταθμούς παραγωγής ενέργειας, αλλά και από άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Μικρότερες πηγές εκπομπών SO₂ περιλαμβάνουν βιομηχανικές διεργασίες (εξόρυξη μετάλλων από μεταλλεύματα), φυσικές πηγές (ηφαιστεια, ατμομηχανές, πλοία και άλλα οχήματα) και βαρύ εξοπλισμό (καύση καυσίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο). Το διοξείδιο του θείου επιφέρει επιπτώσεις τόσο στην υγεία, όσο και στο περιβάλλον. Βραχυπρόθεσμα, η έκθεση σε SO₂ επιφέρει επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα και δυσκολεύουν την αναπνοή των ανθρώπων, ιδιαίτερα τα παιδιά με άσθμα. Το SO₂ και άλλα οξείδια του θείου συμβάλλουν στην δημιουργία όξινης βροχής, που επιφέρει επιπτώσεις στα ευαίσθητα οικοσυστήματα (Environmental Protection Agency, 2019).

Μελέτες που έγιναν και περιλαμβάνουν εισπνοή SO₂, έχουν δείξει ότι ο συγκεκριμένος αέριος ρύπος, προκαλεί συστολή των βρόγχων, τόσο σε υγιή όσο και σε ασθματικά άτομα κι αυτό το αποτέλεσμα ενισχύεται με τη βαθιά αναπνοή και τη διαλείπουσα άσκηση. Παρόλο που η εισπνοή SO₂ έχει διαφορετική επίδραση σε κάθε άτομο, οι

συγκεντρώσεις του SO₂ που έχουν μικρή ή μηδαμινή επίδραση σε υγιή άτομα, μπορούν να επιφέρουν αξιοπρόσεκτα συμπτώματα συστολής βρόγχων σε ασθενείς με άσθμα. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι οι επιδράσεις του SO₂ στη λειτουργία των πνευμόνων ενισχύονται από την προηγούμενη έκθεση είτε στο NO₂ είτε στο O₃, και ως εκ τούτου προτείνουν ότι η έκθεση σε συνδυασμούς ρύπων πιθανότατα να είναι πιο επιβλαβής από την έκθεση σε μεμονωμένους ρύπους (Rusznak *et al.*, 1998).

2.5.5 Οξείδια Του Αζώτου (NO_x)

Τα οξείδια του αζώτου είναι ουσιαστικά, μια οικογένεια δηλητηριωδών και εξαιρετικά αντιδραστικών αερίων. Με την καύση του καυσίμου σε ψηλές θερμοκρασίες, παρατηρείται η δημιουργία αυτών των αερίων. Η εκπομπή στην ατμόσφαιρα και παράλληλα η ρύπανση από τα NO_x, γίνεται από αυτοκίνητα, φορτηγά και άλλα μη οδικά οχήματα (π.χ. μηχανήματα που προέρχονται από τον κατασκευαστικό τομέα, πλοία κ.λπ.), καθώς και από βιομηχανικές πηγές όπως παραγωγικούς σταθμούς ενέργειας, βιομηχανικούς λέβητες, τσιμεντένιους κλιβάνους και στροβίλους. Συνήθως, τα NO_x εμφανίζονται σαν αέρια που έχουν χρώμα καφέ. Αποτελούν δυνατό οξειδωτικό παράγοντα και παίζουν μεγάλο ρόλο στις ατμοσφαιρικές αντιδράσεις με πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) που παράγουν όζον (νέφος) τις ζεστές καλοκαιρινές μέρες (Environmental Protection Agency, 2019).

Η αύξηση του πληθυσμού επιφέρει αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας, μαζί με αρκετά περιβαλλοντικά θέματα. Μελέτες που έγιναν, βρίσκουν ότι πληθυσμός της γης ανέρχεται περίπου στα 7,2 δισεκατομμύρια ανθρώπους και υπολογίζεται ότι μέχρι το 2040 θα φθάσουν τα 9 δισεκατομμύρια έως το 2040. Η αύξηση του πληθυσμού θα οδηγήσει στην περεταίρω κατανάλωση ενέργειας σε διάφορους τομείς, όπως η κατοικία, η βιομηχανία και οι μεταφορές. Οι μεταφορές είναι ίσως ο κυριότερος τομέας μεγάλης ενεργειακής ζήτησης. Τα ορυκτά καύσιμα παίζουν σημαντικότατο ρόλο στο μεταφορικό τομέα και υπολογίζεται ότι, μέχρι το 2040, το πετρέλαιο θα είναι η βασική πηγή ενέργειας σε παγκόσμια βάση. Οι κύριες εκπομπές που παράγονται από την καύση στους κινητήρες diesel, είναι τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και η αιθάλη. Τα οχήματα diesel υπήρξαν οι σημαντικότερες πηγές παραγωγής NO_x στον μεταφορικό τομέα και μελέτες που διενεργήθηκαν έδειξαν ότι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα παράγουν πάνω από το 80% των εκπομπών NO_x στην ατμόσφαιρα. Πρόσφατα στατιστικά στοιχεία που δημοσιεύθηκαν από τον οργανισμό προστασίας του περιβάλλοντος (EPA), διαπιστώθηκε ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, οι εκπομπές NO_x έχουν ελαττωθεί μεταξύ των

ετών 2000 και 2018, ενώ διαπιστώθηκε ότι οι εκπομπές NO_x που σχετίζονται με το μεταφορικό τομέα ήταν πολύ μεγαλύτερες από τον βιομηχανικό τομέα. Οι εκπομπές καυσαερίων NO_x από κινητήρες diesel είναι επιβλαβείς ως προς την ανθρώπινη υγεία, συμπεριλαμβανομένου του εμφράγματος του μυοκαρδίου, του χρόνιου βήχα, πνευμονικών προβλημάτων, της υπέρτασης και άλλων. Ταυτόχρονα, με την εκπομπή ρύπων NO_x δημιουργείται ερεθισμός των ματιών, σφίξιμο στο στήθος, πονοκέφαλος και ναυτία. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις εκπομπές NO_x περιλαμβάνουν επίσης την εξάντληση του όζοντος, την όξινη βροχή, την ομίχλη, την παραγωγή φωτοχημικών θολών καπνού και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Mohammadi and Neshat, 2020).

Στην Κίνα, κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19, υπήρξε συγκλονιστική και πρωτόγνωρη διακοπή των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, επηρεάζοντας έτσι τη βιομηχανική παραγωγή και ταυτόχρονα τις εκπομπές NO_x. Μεταξύ όλων των βιομηχανικών τομέων, η εξορυκτική βιομηχανία, η μεταποιητική βιομηχανία, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας, φυσικού αερίου και νερού, καθώς και η βιομηχανία χονδρικής και λιανικής, επηρεάστηκαν περισσότερο. Γενικά, ο αριθμός σημαντικότερων ρυπογόνων επιχειρήσεων στην Κίνα, μειώθηκε περίπου κατά 25% και το τυποποιημένο NO_x πέντε ημερών, μειώθηκε κατά μέσο όρο 10% λόγω της πανδημίας COVID-19. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των αλλαγών στις εκπομπές NO_x που προέκυψαν από το COVID-19, άλλα και από τα κυβερνητικά μέτρα ελέγχου της πανδημίας, είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των επιπτώσεων των εκπομπών του NO_x στο περιβάλλον (He *et al.*, 2021).

2.5.6 Κάπνισμα

Ο καπνός που παράγεται από την καύση βιομάζας περιέχει αιωρούμενα σωματίδια (PM), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του αζώτου (SO₂), οξείδια του θείου (NO_x), φορμαλδεΰδη (CH₂O) και καρκινογόνα όπως το βενζοπυρένιο και το βενζόλιο. Οι εκθέσεις που προκύπτουν σε ατμοσφαιρική ρύπανση εσωτερικού χώρου (IAP) είναι υψηλότερες, τόσο από αυτές που προτείνουν οι διεθνείς οδηγίες, όσο και από τις εξωτερικές εκθέσεις, ακόμη και σε πολύ μολυσμένη περιοχή (Edwards and Langrap, 2012).

Είναι γνωστή σε όλο τον κόσμο η σχέση που υπάρχει μεταξύ του καπνίσματος και των χρόνιων αναπνευστικών συμπτωμάτων - όχι μόνο για τους καπνιστές, αλλά και για τα άτομα που απλώς εκτίθενται στον καπνό που υπάρχει στο περιβάλλον (δηλαδή παθητικό κάπνισμα). Έχει αποδειχθεί ότι η έκθεση των παιδιών στο παθητικό κάπνισμα στους

εσωτερικούς χώρους, αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης άσθματος από 40% - 200%. Από την πλευρά της δημόσιας υγείας, το παθητικό κάπνισμα είναι η κυριότερη πηγή ρύπανσης στους εσωτερικούς χώρους στα περισσότερα κράτη μεσαίου και υψηλού εισοδήματος (Serrano, 2021).

Το κάπνισμα είναι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου που προκαλεί τεράστια επιβάρυνση της δημόσιας υγείας σε χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος. Μελέτη που έγινε στο Χονγκ Κονγκ, έδειξε ότι το κάπνισμα μπορεί να ενισχύσει τις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επίσης, αναφέρεται μια επιπρόσθετη αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του καπνίσματος στην καρδιαγγειακή θνησιμότητα, λαμβάνοντας υπόψη ότι, τόσο η ατμοσφαιρική ρύπανση, όσο και το κάπνισμα έχουν συσχετιστεί με την ψυχική υγεία (Lin *et al.*, 2017). Ο περιβαλλοντικός καπνός καπνίσματος (Environmental Tobacco Smoke) ταξινομήθηκε ως καρκινογόνος ομάδα A (Group A) από την USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1994). Όλο και περισσότερες επιστημονικές αποδείξεις δείχνουν ότι το ETS αύξησε τους κινδύνους καρκίνου του πνεύμονα, καρδιακών παθήσεων και λοιμώξεων του αναπνευστικού συστήματος (USEPA, 1992) και θεωρήθηκε επίσης ως σημαντική πηγή για την αύξηση των εσωτερικών ρύπων. Επί του παρόντος, υπάρχουν περίπου 320 εκατομμύρια καπνιστές στην Κίνα και 750.000 άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο από την ασθένεια που σχετίζεται με το ETS. Το μέσο ποσοστό ενηλίκων που καπνίζουν είναι 38,17% στην επαρχία Γκουανγκντόνγκ, που είναι 0,55% υψηλότερο από το μέσο όρο στην Κίνα. Το ποσοστό θανάτου που προκαλείται από καρκίνο του πνεύμονα και ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος είναι πολύ υψηλότερο στο Γκουάνγκτζου σε σύγκριση με άλλα μέρη της επαρχίας Γκουανγκντόνγκ, που οφείλονται εν μέρει σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του ETS (Xie *et al.*, 2003).

2.5.7 Ραδόνιο (R_n)

Το ραδόνιο είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που σχηματίζεται από τη φυσική αποσύνθεση του ουρανίου που εμφανίζεται σε όλους τους βράχους και το έδαφος. Μόλις φύγει από το έδαφος και κατευθυνθεί προς τον αέρα, αποσυντίθεται και παράγει ραδιενεργά σωματίδια, που τείνουν να συγκεντρώνονται σε κλειστούς χώρους. Η ποσότητα του ραδονίου σε σπίτια, σχολεία και χώρους εργασίας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποσότητα του ουρανίου στους υποκείμενους βράχους και το έδαφος, τις διαθέσιμες διαδρομές για είσοδο ραδονίου στο κτίριο και την τιμή ανταλλαγής μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα (Π.Ο.Υ., 2009). Το ραδόνιο

μετρείται συνήθως σε Μπεκερέλ ανά κυβικό μέτρο ($Bq\ m^3$) ή σε picocuries ανά λίτρο (pCi/L). Στο Ηνωμένο Βασίλειο και σε πολλές άλλες χώρες, ένα επίπεδο ραδονίου 200 ($Bq\ m^3$) ή παραπάνω ταξινομείται ως "Επίπεδο δράσης", πράγμα που σημαίνει ότι οι ιδιοκτήτες των σπιτιών συμβουλεύονται να αναλάβουν ενέργειες για τη μείωση του ραδονίου μέσω εργασιών αποκατάστασης (π.χ. με εγκατάσταση δεξαμενής ραδονίου). Η μέση στάθμη ραδονίου στα σπίτια του Ηνωμένου Βασιλείου είναι 20 ($Bq\ m^3$), αλλά υπάρχει σημαντική διακύμανση μεταξύ των γεωγραφικών περιοχών και ορισμένες κατοικίες έχουν αποδώσει μετρήσεις $>10.000\ Bq\ m^3$ (Pinchbeck *et al.*, 2009).

Το ραδόνιο είναι από τα κρισιμότερα ζητήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος στον τομέα της ρύπανσης. Θεωρείται ραδιενεργό συστατικό, που παρά το γεγονός ότι έχει μικρή διάρκεια ζωής, εκπέμπει ασταμάτητα ακτινοβολία. Διάφοροι ερευνητές ενδιαφέρθηκαν να μελετήσουν τις επιπτώσεις που έχει το ραδόνιο προς την υγεία των ανθρώπων, καθότι είναι ένας από τους δημοφιλέστερους ατμοσφαιρικούς ρύπους σε εσωτερικούς χώρους, λόγω των καρκινογόνων ιδιοτήτων του. Πιθανόν να προκληθεί καρκίνος στους πνεύμονες και υπολογίζεται ότι στον Καναδά, υπάρχουν 3.000 περίπου θάνατοι ετησίως, λόγω της έκθεσης των ανθρώπων στο ραδόνιο. Επιπρόσθετα, αρκετές μελέτες έχουν αναλύσει την εγχώρια έκθεση στο ραδόνιο και τις πιθανές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει, όπως στον καρκίνο σε μικρά παιδιά. Παράλληλα, από βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις, προκύπτει ότι οι κύριες επιπτώσεις του ραδονίου στο περιβάλλον, σχετίζονται με τη μόλυνση του αέρα και του νερού. Στην πραγματικότητα, έχει αναγνωριστεί ότι υπάρχουν διάφορες πηγές ραδονίου σε εσωτερικούς χώρους, που αποτελούν δομικά υλικά, το νερό από τη βρύση και το γεωλογικό υπόστρωμα. Πολλές μέθοδοι μεταφοράς ραδονίου έχουν εντοπιστεί, με τη ψηλότερη συγκέντρωση ραδονίου να βρίσκεται στα δομικά υλικά, που είναι αποτέλεσμα του υψηλού πορώδους της ισοτροπικής άμμου (M and R, 2018).

Μετρήσεις που έγιναν στην περιοχή της Ουάσιγκτον, για το ατμοσφαιρικό περιεχόμενο ραδονίου, έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια όμοιων καιρικών συνθηκών, που παρέμεναν για αρκετές ημέρες, οι συγκεντρώσεις ραδονίου έφτασαν σε επίπεδα 2-4 φορές υψηλότερα από το κανονικό. Στην πραγματικότητα, οι μετρήσεις που έγιναν από το 1961, αποκάλυψαν σπάνιες υψηλές ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις φυσικής ραδιενέργειας κατά τη διάρκεια α) νυκτερινών περιόδων αναστροφής και β) ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή ημερών που έχουν ομίχλη από αιθάλη. Στα μέσα Αυγούστου 1965, παρουσιάστηκε επιδείνωση της ποιότητας του αέρα για πολλές ημέρες και έγιναν μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις ραδονίου σε τρεις περιοχές της Ουάσιγκτον. Αυτές οι μετρήσεις ελήφθησαν για να διερευνηθεί η σκοπιμότητα χρήσης της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης

ραδονίου κοντά στο έδαφος ως δείκτης πιθανών συνθηκών ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Hosler, 2015).

2.5.8 Φορμαλδεΰδη (Μεθανάλη) (CH₂O)

Η φορμαλδεΰδη είναι ο κυριότερος και γνωστότερος ατμοσφαιρικός ρύπος εσωτερικών χώρων. Στις κατοικίες, οι σπουδαιότερες πηγές φορμαλδεΰδης είναι οι ξύλινες κατασκευές με τη χρήση κόλλας, που περιέχουν ρητίνες ουρίας-φορμαλδεΰδης (UF). Τα προϊόντα ξύλου που κατασκευάζονται για εσωτερική χρήση, περιλαμβάνουν μοριοσανίδες (που αξιοποιούνται για υποδαπέδια χρήση, σε ράφια, σε ντουλάπια και έπιπλα), επένδυση από κόντρα πλακέ από ξύλο (χρησιμοποιείται για διακοσμητικά καλύμματα τοίχων, σε ντουλάπια και έπιπλα) και μεσαία σανίδα (χρησιμοποιείται για συρτάρια ντουλαπιών). Στην Κίνα, η ρύπανση της φορμαλδεΰδης στους εσωτερικούς χώρους ήταν σημαντικότερη στην έναρξη της χιλιετηρίδας (2000), εξαιτίας της πολλαπλής χρήσης ξύλινων κατασκευασμένων προϊόντων, που περιείχαν μεγάλες εκπομπές φορμαλδεΰδης, που αποσκοπούσαν σε διακοσμήσεις και ανακαινίσεις κατοικιών. Λίγο αργότερα και συγκεκριμένα το έτος 2003, έρευνα που έγινε σε έξι Κινέζικες πόλεις, έδειξε ότι το ποσοστό των πρόσφατα ανακαινισμένων κατοικιών με εσωτερικές συγκεντρώσεις φορμαλδεΰδης ήταν πάνω από το εθνικό πρότυπο (0,10 mg/m³) φτάνοντας το 82,3% (Pluschke and Schleibinger, 2018).

Γενικά, η φορμαλδεΰδη είναι ένας καρκινογόνος ατμοσφαιρικός ρύπος εσωτερικού χώρου, που εκπέμπεται από έπιπλα με βάση το ξύλο, οικοδομικά υλικά μόνωσης, χρώματα και υφάσματα. Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν αυστηρά όρια έκθεσης σε φορμαλδεΰδη για αέρα εσωτερικού χώρου (80 ppb από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας), που μπορεί να είναι ακόμη χαμηλότερες στα εθνικά πρότυπα των κρατών (στη Γαλλία 8 ppb έως το 2023, Ministère de L'Écologie). Μέχρι σήμερα, η φορμαλδεΰδη μετρείται με επιτόπια δειγματοληψία. Διαρκεί περισσότερο από 30 λεπτά και ακολουθείται ποσοτικοποίηση εκτός τόπου, σε εξωτερικό εργαστήριο ανάλυσης. Ενώ υπάρχουν διάφορες μέθοδοι (π.χ., περιγράφονται στο ISO 16000-3), όλες καταλήγουν από κοινού στο ότι η φορμαλδεΰδη είναι παγιδευμένη (δηλαδή, προ-συμπυκνωμένη) και συνήθως παραγοντοποιείται σε ένα προσροφητικό (π.χ. Tenax TA, silica gel) και στη συνέχεια αναλύεται με χρωματογραφία ή/και φασματοσκοπία. Η διαδικασία αυτή είναι ακριβή, χρονοβόρα, και χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό χωρίς να επιτρέπεται επιτόπια παρακολούθηση (van den Broek *et al.*, 2020).

2.5.9 Πτητικές Οργανικές Ουσίες (VOCs)

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) υπάρχουν στο αέρα εσωτερικού χώρου σε συγκεντρώσεις γενικά υψηλότερες από ό,τι στον εξωτερικό αέρα. Τις πτητικές οργανικές ενώσεις τις συναντούμε σε μη βιομηχανικό αέρα και συνήθως σε πιο ψηλά επίπεδα απ' ό,τι σε εξωτερικούς χώρους. Παράγονται από έπιπλα, υλικά δομικών κατασκευών και από την παρουσία των ανθρώπων (Cailleux *et al.*, 1993).

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις, είναι οργανικές ενώσεις που γίνονται εύκολα ατμοί ή αέρια. Όπως και ο άνθρακας, περιέχουν στοιχεία όπως υδρογόνο, οξυγόνο, φθόριο, χλώριο, βρώμιο, θείο ή/και άζωτο. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις εκπέμπονται σε σημαντικές ποσότητες τόσο από φυσικούς, όσο και από ανθρωπογενείς πηγές και έχουν σημαντική επίδραση στη χημεία της κατώτερης ατμόσφαιρας. Είναι απολύτως αποδεδειγμένο ότι η αποικοδόμηση των πτητικών οργανικών ενώσεων φάσης αερίου παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία μιας ποικιλίας δευτερογενών ρύπων, οι οποίες μπορεί να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον (Safar, Yassin and Hamoda, 2019).

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) είναι - στην ουσία - ατμοσφαιρικά είδη που υπάρχουν παντού και αποτελούν ένα ευρύ φάσμα χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων αλειφατικών και αρωματικών υδρογονανθράκων, αλκοολών, αλδεϋδών, κετονών, εστέρων και αλογονωμένων ενώσεων. Οι ανθρωπογενείς πηγές παρουσιάζονται σαν αποτέλεσμα της αστικοποίησης και της βιομηχανοποίησης. Η καύση καυσίμων, οι βιομηχανικές διεργασίες, τα προϊόντα κατανάλωσης, τα φυτοφάρμακα και τα εντομοκτόνα, οι εργασίες στεγνού καθαρισμού, η φαρμακευτική κατασκευή, η πλήρωση αερίων ψύξης κ.α., αποτελούν κάποιες από τις πηγές των πτητικών οργανικών ενώσεων. Αυτό που προκαλεί την μεγαλύτερη ανησυχία είναι η επίδραση τους ως προς το σχηματισμό του όζοντος και της φωτοχημικής αιθαλομίχλης, καθώς επίσης και στην αύξηση του κινδύνου για εκδήλωση καρκίνου. Επίσης, Οι πτητικές οργανικές ενώσεις συναντώνται στον εσωτερικό αέρα μη βιομηχανικών κτιρίων, συνήθως σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν εκείνες που βρέθηκαν σε εξωτερικούς χώρους. Υπάρχει αυξημένο το αίσθημα προβληματισμού και ανησυχίας, εξαιτίας των πιθανών επιδράσεων που έχουν στην υγεία και γίνονται τοξικές για την ανθρώπινη ύπαρξη μέσα στα κτίρια (Srivastava, Joseph and Wachasunder, 2004).

Σύμφωνα με τον (Ayoko, 2004), κάποιες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) προέρχονται αποκλειστικά από εσωτερικές πηγές και άλλες προέρχονται από εσωτερικές και εξωτερικές πηγές. Από μελέτες που έγιναν για τις πηγές VOC εσωτερικών χώρων,

προκύπτει ότι οι σημαντικότερες πηγές VOC εσωτερικών χώρων μαζί με τις βασικές κατηγορίες χημικών VOC που έχουν σχέση με τις πηγές αυτές, μπορούν να καταταχθούν στον πιο κάτω πίνακα:

Πίνακας 2.2: Κυριότερες Πηγές VOC Εσωτερικών Χώρων και σύνδεση τους με Χημικές VOC και άλλους παράγοντες

Πηγές Πτητικών Οργανικών Ενώσεων Εσωτερικού Χώρου	Παράγοντες και Χημικές VOC που σχετίζονται με τις πηγές
Εξωτερικές πηγές (υπαίθριες)	Κυκλοφορία, βιομηχανία
Δομικά υλικά	Μόνωση, βαφή, κόντρα πλακέ, κόλλες
Υλικά επίπλωσης	Έπιπλα, επενδύσεις δαπέδων ή τοιχωμάτων
Συσκευές γκαράζ και καύση	Εκπομπές οχημάτων, κάπνισμα, κεριά αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, αμίνες
Καταναλωτικά προϊόντα	Προϊόντα καθαρισμού, προσωπικής φροντίδας
Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός	Εκτυπωτές λέιζερ, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, υπολογιστές, άλλος εξοπλισμός γραφείου
Εσωτερικές δραστηριότητες	Μαγείρεμα, κάπνισμα, χρήση νερού και διαλυτών
Συστήματα εξαερισμού	Φίλτρα συστημάτων θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού
Βιολογικές πηγές	Άνθρωποι, βακτήρια, φυτά

Αρκετά αέρια ευθύνονται για την ρύπανση της ατμόσφαιρας, συνεισφέροντας έτσι, άμεσα ή έμμεσα, στην κλιματική αλλαγή, όντας μια από τις μεγαλύτερες απειλές που έχει να αντιμετωπίσει ο πλανήτης. Με τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα ενισχύονται οι προσπάθειες για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Για την καλύτερευση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και την ελάττωση των πρόωρων θανάτων που οφείλονται στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, τα Ηνωμένα Έθνη υιοθετούν – με τη σύναψη διεθνών συμφωνιών - νέα ποσοστά μειώσεων στις εθνικές εκπομπές ρύπων ετησίως. Οι μειώσεις των ετήσιων εκπομπών ρύπων, θα βοηθήσουν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Λόγω των πιο πάνω προϋποθέσεων, το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (Τ.Ε.Ε.) του Υπουργείου Εργασίας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, αποτελεί το συντονιστή της προσπάθειας για τον εθνικό σχεδιασμό, που θα μεγαλώσουν τις πιθανότητες επιτυχίας των εθνικών στόχων για την ελάττωση των εκπομπών αέριων ρύπων σε σχέση πάντα με τις εκπομπές του 2005 (στόχος για μείωση εκπομπών 83% για το διοξείδιο του θείου, 44% για τα οξείδια του αζώτου, 45% για τις οργανικές πτητικές ενώσεις πλην του μεθανίου, 10% για την αμμωνία και 46% για τα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική

διάμετρο 2.5 μm). Παράλληλα, το Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος καθοδηγεί την προσπάθεια για τον εθνικό σχεδιασμό που θα δίνει τη δυνατότητα στην Κύπρο, να πραγματοποιήσει αποφασιστικό βήμα για κάλυψη του εθνικού στόχου ελάττωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 24% μέχρι το 2030, σε σχέση με το 2005. Στόχος, που προκύπτει από τη παγκόσμια Συμφωνία του Παρισιού, αλλά και το σχετικό ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2021).

2.6 Αιωρούμενα Σωματίδια

Τα αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν έναν από τους χαρακτηριστικούς ρύπους της εποχής μας. Προέρχονται από μία μεγάλη ποικιλία πηγών και έχουν ένα σημαντικό εύρος διαφορετικών χαρακτηριστικών. Η διάμετρός τους ποικίλει από μερικά νανόμετρα έως και 100 μm και σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο σχηματισμού και εκπομπής τους. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια για την ομαδοποίηση των αιωρούμενων σωματιδίων σε επιμέρους κλάσματα, όπως το μέγεθος, η σύσταση, ο τρόπος σχηματισμού και οι φυσικές και χημικές τους ιδιότητες. Το συνηθέστερο και ευρύτερα χρησιμοποιούμενο κριτήριο ομαδοποίησης, ωστόσο, είναι το μέγεθός τους (Βλυσίδης, 2015).

Συγκεκριμένα, το σωματιδιακό υλικό (PM) είναι η μίξη πολύ μικρών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα και προέρχονται από πολλές πηγές (όπως οδική κυκλοφορία, παραγωγή ενέργειας, βιομηχανία, οικιακή καύση). Οπότε, η σύνθεση και το μέγεθός του ποικίλλουν ευρέως στο χώρο και το χρόνο. Στις μέρες μας, το σωματιδιακό υλικό επιφέρει τεράστιες ανησυχίες λόγω του ότι η εισπνοή του σχετίζεται με πολλές αρνητικές επιπτώσεις της υγείας του ανθρώπου (όπως καρδιαγγειακές και πνευμονικές παθήσεις) και εκτιμάται ότι ευθύνεται για περίπου 2,1 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους ετησίως σε παγκόσμια βάση. Ένα σωματιδιακό υλικό περιλαμβάνει θειικά και νιτρικά άλατα, αμμώνιο, οργανικό και στοιχειακό άνθρακα, σωματιδιακό νερό και μέταλλα, άλλα οργανικά ιόντα (μαγνησίου, νατρίου, ασβεστίου, καλίου και χλωρίου) και βιολογικά συστατικά (αλλεργιογόνα, μικρόβια). Το μέγεθος τους κυμαίνεται από 0,1 μm μέχρι 10 μm . Τα σωματίδια που έχουν διάμετρο κάτω από 10 μm θεωρούνται και τα πιο επικίνδυνα. Τα σωματίδια μεταξύ PM_{2,5} και PM₁₀ είναι γνωστά ως χονδροειδή σωματίδια, ενώ τα PM_{2,5} ονομάζονται λεπτά PM. Τα PM_{2,5} περιλαμβάνουν επίσης εξαιρετικά λεπτά σωματίδια που έχουν διάμετρο μικρότερη από 0,1 μm (Sánchez-Soberón *et al.*, 2015).

Μεταξύ των ατμοσφαιρικών ρύπων, τα σωματίδια (PM) έχουν σημαντική επίδραση στο ΙΑQ. Στην πραγματικότητα, η έκθεση μέσω εισπνοής είναι μια σημαντική πηγή κινδύνου PM για την ανθρώπινη υγεία. Οι συγκεντρώσεις, η διάρκεια της έκθεσης, το μέγεθος και η σύνθεση των σωματιδίων καθορίζουν το επίπεδο κινδύνου για την υγεία (Schibuola and Tambani, 2020).

2.6.1 Κατηγορίες Αιωρούμενων Σωματιδίων

Η μελέτη της παρουσίας των αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα και της επίπτωσής τους στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο ζήτημα για την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα. Η σκόνη, ο καπνός ή η αιθάλη, η ιπτάμενη τέφρα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Οι επιδράσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι σημαντικές και ποικίλες σε όλους τους τομείς του περιβάλλοντος, ενώ ειδικότερα για την υγεία οι επιπτώσεις που προκαλούν εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τη διάμετρό τους, τη χημική τους σύσταση καθώς και από την ύπαρξη άλλων ρύπων, με τους οποίους δρουν μαζί. Η μελέτη των αιωρούμενων σωματιδίων αποτέλεσε ερευνητικό αντικείμενο μόλις τα τελευταία πενήντα χρόνια και με βάση μελέτες που έγιναν, διαπιστώθηκε η συμβολή τους στη μελέτη του περιβάλλοντος και των κλιματικών αλλαγών, καθώς και ο ρόλος τους στις διεργασίες σχηματισμού των νεφών και της ομίχλης, καθώς επίσης και στη διαμόρφωση του ενεργειακού ισοζυγίου του πλανήτη. Για τα προαναφερθέντα, κρίνεται αναγκαία η κατηγοριοποίηση των αιωρούμενων σωματιδίων, όσον αφορά στην προέλευσή τους, στους μηχανισμούς δημιουργίας τους, στα φυσικά χαρακτηριστικά τους, στη χημική σύστασή τους, καθώς και στις επιπτώσεις τους στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα χωρίζονται σε αιωρούμενα σωματίδια:

- **με βάση την πηγή προέλευσής τους**

Αυτή την κατηγορία χωρίζεται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές.

Φυσικές πηγές είναι:

- οι ωκεανοί, που μεταφέρουν σταγονίδια νερού με διάφορα άλατα
- από το έδαφος της γης, που μεταφέρεται σκόνη
- οι εκρήξεις ηφαιστείων
- η χλωρίδα, που αποτελεί πηγή εκπομπής βιογενούς ύλης, που αποτελείται από πρωτογενή σωματίδια ή ακόμα και με την καύση των φυτών δημιουργούνται σωματίδια καπνού κ.α.

Ανθρωπογενείς πηγές είναι:

- οι εκπομπές βιομηχανικής σκόνης
 - οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων από την καύση καυσίμων των οχημάτων
 - η επαναιώρηση της σκόνης του εδάφους, από τη κίνηση των οχημάτων, τις αγροτικές δραστηριότητες, τον κατασκευαστικό τομέα κ.α.
- **με βάση το μηχανισμό που σχηματίζονται**
- Σ' αυτή την κατηγορία, τα αιωρούμενα σωματίδια διακρίνονται σε:
- *Πρωτογενή:* αυτά δηλαδή που σχηματίζονται άμεσα από ανθρώπινες δραστηριότητες (καύση, οχήματα, βιομηχανία κτλ.) ή φυσικές διεργασίες (ηφαίστεια, σκόνη εδάφους κτλ.)
 - *Δευτερογενή:* αυτά που δημιουργούνται έμμεσα στην ατμόσφαιρα ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες που επικρατούν (παρουσία υδρατμών, ηλιακή ακτινοβολία)
- **με βάση τη διάμετρό τους**
- Τα σωματίδια διακρίνονται με βάση τη διάμετρό τους χονδρά και λεπτά ,όπως στον πίνακα που ακολουθεί: (Μασσαρά Βασιλική, 2011)

Πίνακας 2.3: Κατηγορίες Αιωρούμενων Σωματιδίων με βάση τη διάμετρό τους (Μασσαρά Βασιλική, 2011)

Είδος αιωρούμενων σωματιδίων			Διακύμανση αεροδυναμικής διαμέτρου
Χονδρά		PM ₁₀	≤10μm
Λεπτά	Συσσωρευσης	PM _{2,5}	≤2,5 μm
		PM _{1,0}	≤ 1 μm
	Aitken	Εξαιρετικά Λεπτά (Ultra-Fine)	≤0,1 μm
	Πυρηνοποίησης		≥ 0,001μm

2.6.2 Αιωρούμενα Σωματίδια Σε Εσωτερικούς Χώρους

Την τελευταία περίοδο, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι εσωτερικού χώρου όπως τα σωματίδια που μεταφέρονται από τον αέρα, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανθρώπινη υγεία. Διάφοροι παράγοντες καθορίζουν τη μεταφορά και εναπόθεση εσωτερικών αερομεταφερόμενων σωματιδίων, όπως π.χ. οι στρατηγικές αερισμού, η σχετική υγρασία

(RH), οι ανθρώπινες δραστηριότητες και ειδικά, η εσωτερική σταθερότητα αέρα, που ερμηνεύεται ως ένας τύπος ικανότητας εσωτερικού αέρα να αναχαιτίζει την εγκάρσια κίνηση του αέρινου δέματος. Η εσωτερική σταθερότητα του αέρα ταξινομείται σε τρία πρότυπα: τη σταθερή, την ουδέτερη και την ασταθή. Μέσα από βιβλιογραφίες προηγούμενων ετών, αποδείχθηκε ότι η σταθερότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εκπνεόμενη ροή από τον άνθρωπο, την κατανομή των αερίων ρύπων κ.λπ. Παρόλο που είναι δεδομένο ότι η εσωτερική σταθερότητα του αέρα αποτελεί μια νέα πρόταση, εν τούτοις, δεν είναι σαφείς οι επιπτώσεις της στα σωματίδια εσωτερικού αέρα (Mei and Gong, 2017).

Σύμφωνα με τον (Lin *et al.*, 2011), υπάρχει επιδημιολογική συσχέτιση των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) με καρδιαγγειακές παθήσεις και θανάτους, συνδέοντας τα με τις επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στην αύξηση της αρτηριακής πίεσης και τον καρδιακών παλμών. Πολλές μελέτες αποκαλύπτουν ότι η έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια (PM) εσωτερικού χώρου πιθανότατα να επιφέρουν αυξήσεις στα καρδιαγγειακά νοσήματα. Αντίθετα, άλλη μελέτη έδειξε ότι με την μείωση στην έκθεση σωματιδίων, παρουσιάστηκε βελτίωση στη καρδιαγγειακή λειτουργία σε υγιείς ηλικιωμένους ασθενείς. Εν τούτοις, παραμένει αδιευκρίνιστο, αν η ποιότητα του εσωτερικού αέρα επηρεάζει και σε ποιο βαθμό, τα καρδιαγγειακά αποτελέσματα σε νεαρά άτομα.

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας σε διάφορα αρχεία και αποθήκες πιθανόν να επιφέρει αλλοίωση και μη αναστρέψιμη υποβάθμιση στα διάφορα υλικά και αντικείμενα που αποθηκεύονται στους συγκεκριμένους χώρους. Η σωματιδιακή ύλη (PM) περιλαμβάνει διαφορετικούς κινδύνους για βιβλία και χειρόγραφα, όπως λερωμένη και σκουρόχρωμη επιφάνεια, γδάρσιμο ή/και χημική υποβάθμιση, όπως αποχρωματισμός ή άνθηση βερνικιού. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να χρησιμεύσουν ως προσροφητικό των αερίων ρύπων και την ίδια ώρα να προκαλέσουν υγρασία εξαιτίας της υγροσκοπικότητάς τους. Επίσης τα αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιούνται και ως θρεπτικά συστατικά για μικροοργανισμούς, των οποίων οι βιολογικές δραστηριότητες πιθανόν να προκαλέσουν αποχρωματισμό και αποσύνθεση (Travnickova, Ondr and Ondr, 2020).

2.6.3 Πηγές Αιωρούμενων Σωματιδίων Σε Εσωτερικούς Χώρους

Στην Κίνα, οι κύριες πηγές αιωρούμενων σωματιδίων σε εσωτερικούς χώρους περιλαμβάνουν τον καπνό του καπνίσματος τσιγάρων (ETS) και το μαγειρέμα με βιομάζα

(δηλ. άνθρακα ή ξύλο). Το ETS είναι ένας δημοφιλής παράγοντας που αυξάνει την επικινδυνότητα για πρόκληση παιδικού άσθματος και αλλεργιών. Σε χώρες που δεν είναι και τόσο αναπτυγμένες, το μαγείρεμα με τη χρήση βιομάζας αποτελεί την πιο αναγνωρίσιμη αιτία για επιδείνωση αναπνευστικών νόσων και με αυξημένη συχνότητα (Norbäck *et al.*, 2019).

Η οδική κυκλοφορία θεωρείται κοινώς σαν η κυριότερη πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές, αλλά και σε παγκόσμια κλίμακα. Οι εκπομπές ρύπων από την οδική κυκλοφορία χωρίζονται σε:

(α) πρωτογενή και δευτερεύοντα σωματίδια από την εξάτμιση του κινητήρα (και την εξάτμιση καυσίμου)

(β) πρωτογενή και δευτερεύοντα σωματίδια από φθορά φρένων, ελαστικών και δρόμων και

(γ) πρωτογενή σωματίδια από επαναιώρηση λόγω αναταραχής που δημιουργείται από τροχούς. Η φθορά και το επαναιωρημένο μέρος των εκπομπών μπορούν επίσης να ομαδοποιηθούν σαν εκπομπές χωρίς εξάτμιση. Οι εκπομπές οδικής κυκλοφορίας αποτελούνται από εκπομπές σωματιδίων (PM) και αερίων, με ενεργά ανθρακούχα προϊόντα να υπάρχουν και στις δύο φάσεις. Τα σωματίδια περιέχουν τοξικά συστατικά, όπως πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις (PAHs) και ιχνοστοιχεία, τα οποία συνδέονται άμεσα με οξείες και χρόνιες καρδιαγγειακές και αναπνευστικές νόσους (Viana, 2013).

Αυξάνονται τα τεκμήρια που δείχνουν πως τα μικρά σωματίδια σκόνης, μετρούμενα σε μικρά (m^{-6}) ή και σε νανόμετρα (m^{-9}), έχουν αρνητικότερες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (πρόωροι θάνατοι, πρόκληση άσθματος, χειροτέρευση ποιότητας ζωής). Αν και τα αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται σαν πρόβλημα υγείας, ιδιαίτερα στις πόλεις, μελέτες έδειξαν ότι αποτελούν πρόβλημα εκτενέστερα εξαπλωμένο στις αναπτυγμένες χώρες. Τα αιωρούμενα σωματίδια απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από διάφορες (συχνά συνδέονται με την καύση) σταθερές και κινητές πηγές, ενώ αλλά αιωρούμενα σωματίδια σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από αέριους ρύπους όπως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), οξειδία του αζώτου (NO_x), οξειδία του θείου (SO_x) και αμμωνία (NH_3). Τούτο δείχνει ότι υπάρχουν αρκετές πηγές αιωρούμενων σωματιδίων και λόγω του ότι ο δευτερογενής σχηματισμός σωματιδίων μπορεί να σχηματιστεί αρκετά μακριά από την πηγή, εκπροσωπεί σημαντικό διασυννοριακό πρόβλημα, που σχετίζεται με τα προβλήματα της οξίνισης, του ευτροφισμού και του τροποσφαιρικού όζοντος. Τα προβλήματα είναι πολυσύνθετα και αφορούν τις επιπτώσεις στην υγεία και στην εκπόνηση μοντέλων για τη μεταφορά των σωματιδίων, ούτως ώστε να καθοριστεί

η σχέση μεταξύ εκπομπών και ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων. Επομένως θεωρείται απαραίτητη η εκτέλεση εκτενούς τεχνικής εργασίας ώστε δοθούν εγγυήσεις για τη δημόσια υγεία, όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια (Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2001).

Οι πηγές ρύπανσης αιωρούμενων σωματιδίων εσωτερικού χώρου περιλαμβάνουν πηγές ρύπανσης και από τους εξωτερικούς και από τους εσωτερικούς χώρους. Η ρύπανση σωματιδίων εσωτερικού χώρου, εκτός από τα πρωτογενή αιωρούμενα σωματίδια που σχηματίζονται από την εκτύπωση, την αντιγραφή, το μαγείρεμα, το κάπνισμα και τη λειτουργία των οικιακών συσκευών, περιλαμβάνει και τη δευτερογενή επαναιώρηση σωματιδίων, που προκαλείται από το περπάτημα, τον καθαρισμό και το παιχνίδι. Η επαναιώρηση σωματιδίων εσωτερικού χώρου αναφέρεται στη διαδικασία με την οποία, η σωματιδιακή ύλη αφήνει την επιφάνεια του τοίχου και εισέρχεται στην κύρια ροή αέρα κάτω από τη συνδυασμένη δράση της μηχανικής δύναμης της δόνησης, της δύναμης της έλξης, της βαρύτητας και της δύναμης της πρόσφυσης. Από έρευνα που έγινε, αποδείχθηκε ότι η εσωτερική αναρρόφηση $PM_{2.5}$ που δημιουργείται από το περπάτημα των ανθρώπων, αποτελεί σπουδαία πηγή σωματιδίων εσωτερικού χώρου, η οποία μεγαλώνει την έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια εσωτερικού χώρου και τη ρύπανση αυτών των σωματιδίων. Υπάρχουν τρεις παράγοντες της επαναιώρησης των αιωρούμενων σωματιδίων εσωτερικών χώρων που προκαλούνται από το ανθρώπινο περπάτημα:

- αεροδυναμική παρεμβολή
- ηλεκτροστατική επίδραση και
- μηχανικές παρεμβολές.

Η αεροδυναμική παρεμβολή είναι η ροή του αέρα που δημιουργείται κοντά στο πόδι τη διάρκεια του περπατήματος και είναι αρκετή για να μπορέσει να διαχωρίσει και να μεταφέρει τα εναποτιθέμενα σωματίδια. Το ηλεκτροστατικό εφέ σχηματίζεται τη στιγμή που το κάτω μέρος του παπουτσιού έρχεται σε επαφή με το έδαφος. Με αυτό τον τρόπο, συσσωρεύει φορτία στο έδαφος με το διαρκή διαχωρισμό φορτίου και ακολούθως διαχωρίζεται από το πάτωμα κατά την περίοδο του περπατήματος, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ηλεκτροστατικού πεδίου. Η μηχανική παρεμβολή αναφέρεται στη δυναμική δύναμη που ασκούν τα ανθρώπινα πόδια στο έδαφος κατά τη διάρκεια του περπατήματος. Η κανονική συνιστώσα της δύναμης παράγει δονήσεις χαμηλής συχνότητας (συνήθως <500 Hz), ενώ η εφαπτομένη συνιστώσα (η οποία προκαλείται από οριζόντια τριβή) παράγει δονήσεις στην περιοχή των 10-15 kHz. Έχουν σημειωθεί ορισμένες πρόοδοι στον τομέα της εσωτερικής αναρρόφησης σωματιδίων στο

εσωτερικό και στο εξωτερικό. Μελέτες έδειξαν ότι οι παράγοντες της επαναϊώρησης σωματιδίων εσωτερικού χώρου που προκαλούνται από ανθρώπινο περπάτημα περιλαμβάνουν ιδιότητες επιφάνειας σωματιδίων περιβαλλοντικές συνθήκες και ένταση περπατήματος (Wang *et al.*, 2021).

2.6.4 Επιπτώσεις Από Τα Αιωρούμενα Σωματίδια

Με τον ερχομό της πανδημίας COVID-19 δημιουργήθηκε μια μίζερη και τραγική κατάσταση, παγκοσμίως. Ο παγκόσμιος πληθυσμός επηρεάστηκε τόσο σε θέματα υγείας όσο και σε θέματα ασφάλειας των τροφίμων. Έγινε και γίνεται μεγάλος αγώνας από τα κράτη για να σώσουν τις οικονομίες τους, παρόλο που ο αγώνας ενάντια στο COVID-19 είναι δύσκολος, σκληρός και σε αρκετές περιπτώσεις άνισος. Παρά το γεγονός ότι η πανδημία COVID-19 έχει επιφέρει πολλές αρνητικές επιπτώσεις παγκοσμίως, έχουν δημιουργηθεί και κάποιες θετικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα η πολύ μειωμένη περιβαλλοντική ρύπανση. Υπάρχει πολύ σημαντική βελτίωση στην ποιότητα του αέρα σε όλα σχεδόν τα μέρη όπου εφαρμόστηκε η γενική απαγόρευση της κυκλοφορίας (lockdown). Ως γνωστόν, η ρύπανση της ατμόσφαιρας επηρεάζει άμεσα την υγεία μας και κατ' επέκταση την ποιότητα ζωής. Σημαντική και πέρα των προσδοκιών, ήταν η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην Ινδία, κατά την περίοδο της απαγόρευσης της κυκλοφορίας. Η μελέτη ερεύνησε τον θετικό αντίκτυπο της πανδημίας COVID-19 στην ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλες πόλεις της Ινδίας (Suman *et al.*, 2021).

2.6.5 Επιπτώσεις Στο Περιβάλλον

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κόσμος τις τελευταίες δεκαετίες της ανθρωποκεντρικής ταχείας εκβιομηχάνισης και αστικοποίησης. Η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια (PM) αποτελεί σοβαρή απειλή για το περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη υγεία. Το μεταβαλλόμενο περιβάλλον - λόγω του ρύπου των PM στις πόλεις - ασκεί βαθιά επίδραση στη μορφολογική, βιοχημική και φυσιολογική κατάσταση των φυτών. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της βλάστησης (ευρεία κατανομή, μεγαλύτερη περιοχή επαφής κ.λπ.) αποδεικνύεται ότι είναι ένας αποτελεσματικός δείκτης του συνολικού αντίκτυπου της ρύπανσης από PM και οι επιβλαβείς επιπτώσεις της ρύπανσης από PM στη βλάστηση, εξετάστηκαν, καλύπτοντας μεγάλο χρονικό διάστημα από το 1960 έως τον Μάρτιο του 2016 (Rai, 2016).

Ο τομέας των μεταφορών προκαλεί ποικίλες και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σε παγκόσμια κλίμακα, συμβάλλει σημαντικά στην εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, την υπερθέρμανση του πλανήτη και την υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Bastos *et al.*, 2019).

Η ρύπανση από αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να προκαλέσει αλλαγές στα χρώματα των αντικειμένων του εσωτερικού - κι όχι μόνο - χώρου. Επιδρά άμεσα στη μείωση της ορατότητας όταν υφίσταται αλληλεπίδραση των αιωρούμενων σωματιδίων που έχουν διάμετρο πιο μικρή από 2.5μm και στην ηλιακή ακτινοβολία. Ακόμα μια επίπτωση από τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της επίδρασης των αιωρούμενων σωματιδίων είναι η φτωχή αγροτική συγκομιδή (Lantavos and Pavlides, 2019).

2.6.5.1 Ορατότητα

Η ορατότητα είναι ένας δείκτης που φανερώνει την ποιότητα του αέρα. Η καθαρή ορατότητα στις γεωργικές και αγροτικές περιοχές στην Ευρώπης θεωρείται περίπου από 40 έως 50km, ενώ για την εξασθένιση της ορατότητας στα αστικά κέντρα, ευθύνη φέρει ο ανθρώπινος παράγοντας με τις διάφορες δραστηριότητες που αναπτύσσει (Horvath, 1995).

Τα τελευταία σαράντα χρόνια, τα δεδομένα ορατότητας που συσσωρεύτηκαν από πόλεις της κεντρικής Ταϊβάν, έδειξαν ότι οι ρύποι της ατμόσφαιρας υποβάθμισαν σημαντικά την ορατότητα. Στην αρχή της χιλιετίας (2000), η ετήσια μέση ορατότητα σε αστικές περιοχές της χώρας ήταν 8–10km, ενώ η ορατότητα σε απομακρυσμένες περιοχές ήταν γύρω στα 25–30km. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από πόλεις, παράκτιες και απομακρυσμένες τοποθεσίες, έδειξε ότι θειικά, ανθρακούχα είδη και τοπική ταχύτητα ανέμου επηρέασαν σημαντικά την ορατότητα στην αστική περιοχή. Παρόλα αυτά, η συγκέντρωση θειικού άλατος και η υγρασία επηρέασαν την ορατότητα στην παράκτια περιοχή της κεντρικής Ταϊβάν. Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων στις απομακρυσμένες περιοχές ήταν περίπου το 1/5 από τα PMs της πόλης. Τα αποτελέσματα από τις ανάλυσης της έρευνας έδειξαν ότι η υγρασία είναι ο κύριος παράγοντας που επιδρά στην απομακρυσμένη ορατότητα (Cheng and Tsai, 2000).

Το φαινόμενο της ομίχλης αναφέρεται στη μείωση της ορατότητας που προκαλείται από την ελαφριά εξαφάνιση σωματιδίων (PM) και ονομάζεται «η ρύπανση που βλέπουν οι

άνθρωποι». Η ομίχλη, όχι μόνο έχει την άμεση καταθλιπτική ψυχική επίδραση στους ανθρώπους εξαιτίας του χρώματος του γκριζου ουρανού (Hyslop, 2009).

Η σωματιδιακή ύλη είναι ο κύριος παράγοντας που προκαλεί μείωση της ορατότητας. Τα κύρια συστατικά του, όπως θειικό, νιτρικό άλας και οργανική ύλη, έχουν τόσο μεγάλη αφθονία μάζας, όσο και υψηλή διατομή κατάσβεσης στο ορατό εύρος διαμέτρου μήκους κύματος. Εν τω μεταξύ, η σχετική υγρασία είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το φαινόμενο εξαφάνισης, είτε με την ενυδάτωση ξηρών σωματιδίων (όταν η σχετική υγρασία είναι υψηλότερη από το σημείο υγροποίησης), είτε με συμπύκνωση υδρατμών σε σταγονίδια που εμφανίζεται κυρίως σε ομίχλη. Η ομίχλη που προέρχεται από τη φόρτωση σωματιδίων (PM), επιφέρει μεγάλη ζημιά στην ανατολική Κίνα. Η μακροχρόνια παρακολούθηση από το 1980 έως το 2011 και η μέτρηση πεδίου ενός έτους το 2011-2012 χρησιμοποιήθηκαν για τη διερεύνηση της διακύμανσης της ορατότητας και των επιπτώσεων της ρύπανσης των PM για το Yangtze River Delta (YRD). Διαπιστώθηκε ότι η οπτική εμβέλεια στο YRD υπέστη ξαφνική μείωση από 13,2km σε 10,5km κατά την εικοσαετία 1980-2000. Τα λεπτά σωματίδια είναι ο βασικός παράγοντας για τη βελτίωση της ρύπανσης από την ομίχλη στην περιοχή YRD (Cheng *et al.*, 2013).

Η κοιλάδα του Κατμαντού στο Νεπάλ είναι μια αστική λεκάνη στους πρόποδες των Ιμαλαΐων, παρουσιάζοντας μεγάλο πρόβλημα ρύπανσης του αέρα με σωματίδια που επηρεάζει την υγεία των κατοίκων της περιοχής, αλλά και την ορατότητα. Τα επίπεδα των σωματιδίων άνθρακα έχουν φθάσει σε ψηλές συγκεντρώσεις, απειλώντας την υγεία 3.500.000 κατοίκων της περιοχής. Επιπρόσθετα, το χιόνι και ο πάγος, στα βουνά των Ιμαλαΐων, λιώνουν ως αποτέλεσμα της περεταίρω θέρμανσης λόγω του σωματιδιακού άνθρακα, ιδιαίτερα των υψηλών συγκεντρώσεων μαύρου άνθρακα. Μελέτη που έγινε, έφτασε στο συμπέρασμα ότι, οι κλίβανοι τούβλου (40%), τα μηχανοκίνητα οχήματα (37%) και η καύση βιομάζας / σκουπιδιών (22%) έχουν αναγνωριστεί ως οι κύριες πηγές στοιχειακού άνθρακα (μαύρος άνθρακας) στην κοιλάδα του Κατμαντού τη χειμερινή περίοδο, ενώ τα μηχανοκίνητα οχήματα (47%) , η καύση βιομάζας / σκουπιδιών (32%) και η σκόνη εδάφους (13%) έχουν αναγνωριστεί ως οι σημαντικότερες πηγές οργανικού άνθρακα. Επίσης, η μελέτη έδειξε ότι ο έλεγχος των εκπομπών από μηχανοκίνητα οχήματα, κλίβανοι τούβλου, καύση βιομάζας / σκουπιδιών και σκόνη εδάφους είναι αναγκαίο για να επέλθει μείωση του σωματιδιακού άνθρακα που απειλεί τη δημόσια

υγεία, βλάπτει την ορατότητα και επηρεάζει την υπερθέρμανση του κλίματος μέσα και κάτω από την κοιλάδα του Κατμαντού (Kim *et al.*, 2015).

2.6.5.2 Κλίμα

Οι επιδράσεις προς το κλίμα μπορεί να είναι είτε άμεσες, είτε έμμεσες, λόγω της επιρροής των αιωρούμενων σωματιδίων στις μικροφυσικές ιδιότητες των νεφών, τροποποιώντας με αυτό τον τρόπο τη διαδικασία των κατακρημνίσεων, επηρεάζοντας τον υδρολογικό κύκλο. Μπορεί να επιδράσουν στην ανάκλαση της υπεριώδους ακτινοβολίας που έρχεται στη γη (μικρό μήκος κύματος), αλλά και στην υπέρυθη ακτινοβολία που φεύγει από τη γη (μεγάλο μήκος κύματος) (Andreae and Rosenfeld, 2008).

Το κλίμα και η ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια πόλη συνδέονται με διάφορους τρόπους. Οι κλιματολογικές παράμετροι όπως η σταθερότητα, η κατεύθυνση του ανέμου και η ταχύτητα, συγκρατούν τη διασπορά της ρύπανσης στην ατμόσφαιρα. Εν τούτοις, το αστικό κλίμα και η ατμοσφαιρική ρύπανση συνήθως αντιμετωπίζονται ξεχωριστά (Jonsson *et al.*, 2004).

Η απορρόφηση και η σκέδαση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα αιωρούμενα σωματίδια είναι οι άμεσες επιδράσεις των σωματιδίων στο κλίμα και έχουν ως αποτέλεσμα την ψύξη ή τη θέρμανση της ατμόσφαιρας. Επίσης, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ικανά να προκαλέσουν όξινη βροχή με αποτέλεσμα η βροχόπτωση να συμβάλει στις προαναφερθείσες αλλοιώσεις στις επιφάνειες (Lantavos and Pavlides, 2019).

Τα αιωρούμενα σωματίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στη χημεία της ατμόσφαιρας, μετατρέποντας τις συγκεντρώσεις άλλων κύριων συστατικών της ατμόσφαιρας, όπως είναι π.χ. το όζον. Οπότε, τα ατμοσφαιρικά αεροζόλ, ανάλογα με τις ιδιότητες τους, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν, τόσο τη θέρμανση, όσο και την ψύξη της ατμόσφαιρας του πλανήτη, σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου που επιφέρουν μόνο θέρμανση στην ατμόσφαιρα (Kaufman *et al.*, 2005).

2.6.6 Επιπτώσεις Στην Υγεία

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί σημαντικότερη πρόκληση για μια αειφόρο ανάπτυξη στο αστικό περιβάλλον οποιασδήποτε χώρας. Η χαμηλού επιπέδου ποιότητα του αέρα πιθανόν να επιφέρει γρήγορες και βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, όπως ερεθισμό στο λαιμό, τα μάτια και τη μύτη, ζάλη και πονοκέφαλο. Η

μακροπρόθεσμη επίδραση είναι δυνατό να προκύψει από σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από τα 4μm. Αυτά τα σωματίδια έχουν την ικανότητα να διεισδύσουν στην κατώτερη αναπνευστική οδό, καθώς επίσης και σωματίδια με διαμέτρους μικρότερες από 2,5μm (PM_{2,5}) που έχουν τη δυνατότητα να προσεγγίσουν τις κυψελίδες του πνεύμονα. Το PM₁ είναι ακόμη πιο επικίνδυνο με φοβερές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, καθώς με σχετική ευκολία μπορεί να εισέλθει από την κυκλοφορία του αίματος σε ολόκληρο το σώμα. Αρκετές επιστημονικές μελέτες συνέδεσαν την έκθεση στη ρύπανση των σωματιδίων με πολλές νόσους τόσο των πνευμόνων όσο και της καρδιάς. Μια πρόσφατη έκθεση της Επιτροπής Lancet για τη ρύπανση και την υγεία ανέφερε ότι περίπου 4,5 εκατομμύρια πεθαίνουν λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την αρνητική πρωτιά σε αυτή τη στατιστική κατέχει το Μπαγκλαντές, έχοντας τα χειρότερα ρεκόρ. Ετησίως, περίπου 3,8 εκατομμύρια άνθρωποι αποβιώνουν πρόωρα ελέω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας στα νοικοκυριά και αυτό οφείλεται στην αναποτελεσματική χρήση στερεών καυσίμων και κηροζίνης για μαγείρεμα. Στην πόλη Ντάκα του Μπαγκλαντές, οι πιο πολλοί κάτοικοι χρησιμοποιούν φυσικό αέριο για να μαγειρέψουν. Παρόλα αυτά, συνεχίζουν να υπάρχουν άλλες πηγές ρύπανσης των εσωτερικών χώρων, όπως είναι η αναστολή της σκόνης στο σπίτι, το κάπνισμα τσιγάρων, το θυμίαμα και τα προϊόντα περιποίησης, σαν μερικές πηγές εσωτερικής ρύπανσης του αέρα (Akther *et al.*, 2019).

Σε αναφορά που έγινε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγεία (ΠΟΥ), οι 9 στους 10 ανθρώπους εισπνέουν μολυσμένο αέρα. Έχει χαρακτηριστεί σαν ο «αόρατος δολοφόνος» απειλώντας ίσως το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της γης. Υπάρχουν πολλές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, που επιφέρει αύξηση των ασθενειών, γενική μείωση του προσδόκιμου ζωής ή ακόμη και πρόκληση θανάτων που συνδέονται με μη μεταδοτικές ασθένειες (NCDs). Οι χρόνιες αυτές ασθένειες είναι μεγάλης διάρκειας και οφείλονται σε συσχέτιση κάποιων παραγόντων (γενετικών, φυσιολογικών, περιβαλλοντικών και συμπεριφορικών) που σκοτώνουν 41.000.000 ανθρώπους ετησίως, που ισοδυναμεί με το 71% των θανάτων στην υφήλιο). Το 48% των θανάτων που προκαλούνται από τις μη μεταδοτικές ασθένειες, θεωρούνται πρόωροι, ένεκα του ότι έρχονται πριν τα 70 έτη. Ο ΠΟΥ υπολόγισε ότι γύρω στα 7.000.000 άνθρωποι αποβιώνουν ετησίως λόγω της έκθεσής τους στα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια (PM_{2,5}) σε μολυσμένο αέρα. Σε μελέτη που έγινε για την Ευρώπη, έδειξε ότι τα τελικά σημεία θνησιμότητας είναι ο καρκίνος του πνεύμονα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονική νόσος (ΧΑΠ), η εγκεφαλοαγγειακή νόσος, η ισχαιμική καρδιακή νόσος, η κατώτερη αναπνευστική λοίμωξη και κάποιες άλλες μη μεταδοτικές ασθένειες.

Προχωρώντας, η μελέτη δείχνει ότι γύρω στις 904.000 άνθρωποι το χρόνο, χάνουν τη ζωή τους από τα λεπτά αιωρούμενα σωματίδια (PM_{2,5}) στην Ευρώπη, προβλέποντας ότι, μέχρι το 2050 θα υπάρχει αύξηση της τάξης του 73%, ενώ ο πληθυσμός μειώνεται κατά 2.000.000 σύμφωνα με τις προβλέψεις των Ηνωμένων Εθνών (Tarín-Carrasco *et al.*, 2021).

2.7 Διεθνής Πραγματικότητα

Η γρήγορη αστικοποίηση και εκβιομηχάνιση οδήγησε σε αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης πολλών μεγαλουπόλεων στον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Ινδίας. Πολλοί διαφορετικοί ρύποι εισέρχονται στον αέρα που αναπνέουμε λόγω διαφόρων φυσικών και τεχνητών διεργασιών και καθιστούν τον αέρα μολυσμένο. Η σύνθεση του αέρα που καθορίζει την ποιότητα του αέρα επιδεινώνεται από την εκπομπή διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, ιδίως των αστικών συγκροτημάτων σε όλο τον κόσμο. Οι μεγάλες πόλεις της Ινδίας έχουν σοβαρά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης που οφείλονται σε αυξημένα επίπεδα σωματιδίων (Anand *et al.*, 2019).

Το υψηλό επίπεδο ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία τα τελευταία χρόνια και θα συνεχίσει να αυξάνεται στο εγγύς μέλλον. Η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει άμεσα την υγεία, τους ζωντανούς οργανισμούς, τη βλάστηση, το νερό, χώμα και κτίρια. Επιπρόσθετα, μετακινείται εύκολα ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις. Ορισμένοι ατμοσφαιρικοί ρύποι επηρεάζουν το κλίμα, προκαλούν αρνητικές διεργασίες στο προστατευτικό στρώμα του όζοντος και συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επομένως είναι πολύ σημαντικό να προστατεύεται ο αέρας λαμβάνοντας μέτρα για τη διασφάλιση της μέγιστης δυνατής ποιότητας. Οι Η.Π.Α. και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν επιτύχει σημαντικές βελτιώσεις στην ποιότητα του αέρα, εν τούτοις, ο τομέας της διαχείρισης της ποιότητας του αέρα και στις δύο περιοχές εξακολουθεί να απαιτεί πιο ολοκληρωμένη και φιλόδοξη προσέγγιση (Kuklinska, Wolska and Namiesnik, 2015).

Η πολιτική αεροπορία αποτελεί μία πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, προσελκύοντας αυξανόμενο ενδιαφέρον με το πέρασμα του χρόνου, καθώς η παγκόσμια εναέρια κυκλοφορία, λαμβάνοντας πάντα υπόψη παλαιότερες εκτιμήσεις, αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τόσο στο παρόν όσο και στις επόμενες δεκαετίες (Wood *et al.*, 2008).

Σύμφωνα με την (Eurocontrol, 2013), σε αντίθεση με την εμφάνιση φθίνουσας τάσης, εξαιτίας της οικονομικής κρίσης που παρουσιάστηκε σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες μετά το 2015, οι προβλέψεις για την εναέρια κυκλοφορία ήταν αύξηση 2,5% περίπου, ετησίως. Οπότε, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος των αεροδρομίων διατηρείται σαν ένα σημαντικό πρόβλημα για τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα. Για την ώρα, δεν έγινε γνωστός ο αντίκτυπος των εκπομπών αεροσκαφών χαμηλού υψομέτρου στην τοπική και περιφερειακή ποιότητα του αέρα. Η χημική σύνθεση των καυσαερίων αεροσκαφών αλλάζει ανάλογα με τα διαφορετικά επίπεδα ώθησης που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του κύκλου προσγείωσης και απογείωσης (LTO) που εκτελούνται στα αεροδρόμια (Vichi *et al.*, 2016).

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (εκτός μεθανίου (NMVOC)), εκπέμπονται κυρίως στις ρυθμίσεις χαμηλής έντασης ή σε φάσεις αδράνειας που συμβαίνουν κυρίως κατά τη διάρκεια του κύκλου LTO, έτσι ώστε αυτό το τελευταίο να αντιπροσωπεύει περίπου το 60% των συνολικών εκπομπών. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια των φάσεων πτήσης εκτός του LTO (δηλαδή πάνω από 915 m και σε επίπεδο κρουαζιέρας), απελευθερώνεται γύρω στο 95% των συνολικών εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) (Tarrason, Jonson and Berntsen, 2004).

Στα αεροδρόμια, τα καύσιμα με βάση την κηροζίνη, τα προϊόντα καύσης τους και τα προϊόντα φωτο-οξειδωσης, έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν οξεία νευροτοξικά αποτελέσματα (Ritchie *et al.*, 2003).

Σύμφωνα με τον (Schindler *et al.*, 2013), το πλήρωμα των αεροσκαφών είναι οι πρώτες ομάδες έκθεσης που συνήθως επηρεάζονται από ατμούς καυσίμων αεριωθούμενων και τα προϊόντα καύσης του κι επίσης οι επιβάτες που βρίσκονται σε διέλευση (Liyasova *et al.*, 2011). Η προσωπική έκθεση των κατοίκων που ζουν κοντά στο αεροδρόμιο κυριαρχείται από υψηλότερες εσωτερικές συγκεντρώσεις βενζολίου και λοιπών αερίων, που είναι μετρήσιμα σε εξωτερικούς χώρους (Jung, Artigas and Shin, 2011). Ίσως όμως το πιο σημαντικό, είναι που οι εργαζόμενοι και οι χειριστές των πύργων ελέγχου και όχι μόνο, περνούν το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους μέσα στο αεροδρόμιο (Cavallo *et al.*, 2006).

Οι εσωτερικές πηγές περιλαμβάνουν πηγές καύσης, κάπνισμα, διαλύματα καθαρισμού, οικοδομικά υλικά και έπιπλα (π.χ. φορμαλδεΰδη που απελευθερώνεται από προϊόντα συμπιεσμένου ξύλου). Πέραν από τις αναφερθείσες πηγές, η ατμοσφαιρική ρύπανση του

εσωτερικού χώρου εντείνεται όταν υπάρχει ανεπαρκής αερισμός και αφού επιτραπεί, ο ανεπαρκής εξωτερικός αέρας να αναμιχθεί με τον αέρα εσωτερικού χώρου ή αν χρησιμοποιούνται ακατάλληλα συστήματα φιλτραρίσματος για τη μείωση της μόλυνσης από τον εξωτερικό αέρα (Mokalled *et al.*, 2019)

2.8 Κυπριακή Πραγματικότητα

Στην Κύπρο, το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (ΤΕΕ), ως η αρμόδια αρχή για επιτήρηση της εφαρμογής της περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία Νομοθεσίας, ετοίμασε Κώδικα που παρέχει τεχνική καθοδήγηση για τον ορθό εξαερισμό υποστατικών που χρησιμοποιούνται ως χώροι εργασίας και συγκεκριμένα για τους μη βιομηχανικούς εσωτερικούς χώρους εργασίας όπως είναι τα γραφεία, οι αίθουσες συνεδριάσεων, τα σχολεία, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, οι χώροι υγειονομικής περίθαλψης και τα καταστήματα. Ο Κώδικας κρίνεται αναγκαίος ώστε να καλυφθεί το κενό που υπάρχει στην υφιστάμενη περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία Νομοθεσία για τον εξαερισμό σε χώρους εργασίας, αφού οι σχετικοί Κανονισμοί θέτουν όρια κυρίως για βιομηχανικούς εσωτερικούς χώρους εργασίας. Στον Κώδικα αρχικά γίνεται αξιολόγηση των κυριότερων βλαπτικών παραγόντων, που πιθανόν να υφίστανται στους εσωτερικούς χώρους εργασίας και ακολούθως, προτείνονται μέτρα για αποφυγή / έλεγχο των παραγόντων αυτών. Επίσης, ο Κώδικας περιέχει μέτρα για άμβλυση του ελλιπούς εξαερισμού και της κακής ποιότητας του αέρα στους μη βιομηχανικούς εσωτερικούς χώρους εργασίας με σκοπό τη βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος για τους εργαζόμενους (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021).

Στην Κύπρο, εμφανίζονται συχνά επεισόδια μεταφοράς σκόνης από τις άνυδρες και μερικώς άνυδρες περιοχές (ερήμους) της Βορείου Αφρικής και της Μέσης Ανατολής. Για τον λόγο αυτό, σε περιπτώσεις αυτές εκδίδονται ανακοινώσεις για προειδοποίηση του κοινού και ιδιαίτερα των ευάλωτων ομάδων πληθυσμού (παιδιά, ηλικιωμένοι και ασθενείς) καθώς επίσης και για προφύλαξη των εργαζομένων που απασχολούνται σε ανοικτούς χώρους. Επιπρόσθετα, το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (Τ.Ε.Ε.) πραγματοποιεί μετρήσεις συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων (PM) με ειδικά φίλτρα σε δειγματοληπτικές συσκευές σε Παγκύπρια βάση. Από τις συγκεκριμένες δειγματοληψίες, αρχικά υπολογίζονται οι τιμές PM₁₀ και PM_{2,5} και στη συνέχεια προσδιορίζεται η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων δείχνουν ότι οι συγκεντρώσεις των περισσότερων ρύπων, όπως του διοξειδίου

του θείου, του μονοξειδίου του άνθρακα, του διοξειδίου και των οξειδίων του αζώτου, βρίσκονται κάτω από τις οριακές τιμές που καθορίζονται στην Κυπριακή και Ευρωπαϊκή νομοθεσία, με εξαίρεση να αποτελούν το όζον (O₃) και τα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10μm (PM₁₀), όπου παρατηρούνται υπερβάσεις των αντίστοιχων ορίων. Στην περίπτωση του όζοντος, οι υπερβάσεις οφείλονται κατά κύριο λόγο στις κλιματολογικές συνθήκες της Κύπρου (υψηλές θερμοκρασίες, υψηλή ηλιακή ακτινοβολία) συμβάλλοντας στη δημιουργία του O₃, καθώς επίσης και στη ρύπανση με O₃ που μεταφέρεται από τα γειτονικά κράτη της Ανατολικής Μεσογείου (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021).

Η νομοθεσία (Νόμοι και Κανονισμοί) που διέπουν τα θέματα ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα στην Κύπρο έχει θέσει ως σκοπό της:

- τον προσδιορισμό και καθορισμό των στόχων για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στη χώρα, για αποφυγή, πρόληψη ή ελάττωση των επιβλαβών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον,
- την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στη χώρα, με αποδεκτές μεθόδους και κριτήρια από την Ε.Ε. καθώς και άλλους διακρατικούς και περιφερειακούς οργανισμούς που συμμετέχει η Κύπρος,
- τη συγκέντρωση πληροφοριών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ώστε να ενδυναμωθεί η καταπολέμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η παρακολούθηση των μακροπρόθεσμων τάσεων και βελτιώσεων που προκύπτουν από εθνικά και κοινοτικά μέτρα,
- την εξασφάλιση της διάθεσης αυτών των πληροφοριών - σχετικά με την ποιότητα του αέρα - στους πολίτες,
- τη διατήρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, εκεί όπου είναι καλή και τη βελτίωσή της στις άλλες περιπτώσεις και
- την ανάπτυξη μεγαλύτερης συνεργασίας μεταξύ των κρατών μελών σε ό,τι αφορά τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Επιπρόσθετα, η νομοθεσία αυτή θέτει ζώνες επιπέδων ποιότητας αέρα και περιλαμβάνει πρόνοιες για προγράμματα αντιμετώπισης προβλημάτων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και βελτίωσης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος ανά ζώνη. Στο πλαίσιο αυτής της νομοθεσίας καθορίστηκε ότι η Κύπρος αποτελεί μια ενιαία ζώνη για όλους τους ατμοσφαιρικούς ρύπους (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021).

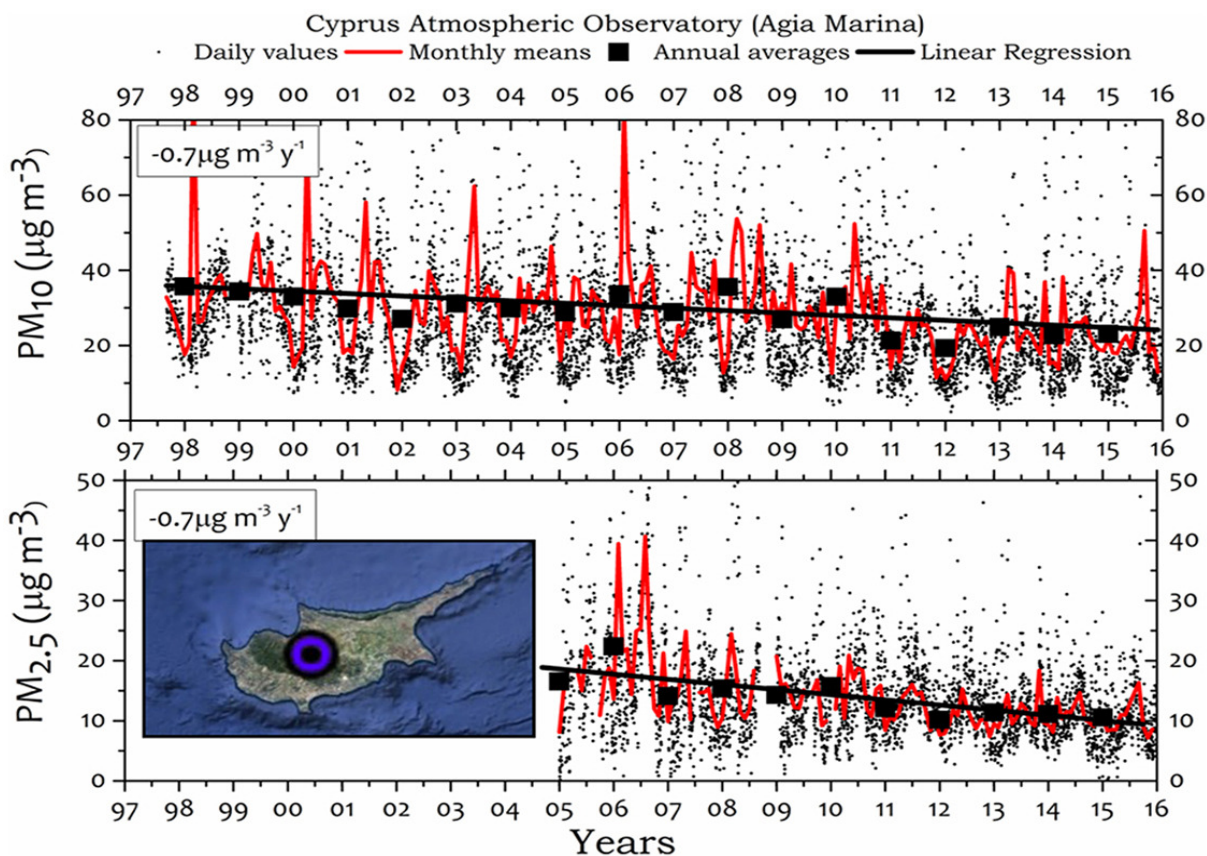
Στον Πίνακα 2.4, παρουσιάζονται οι οριακές τιμές που έχει θέσει το κράτος για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Οι οριακές τιμές είναι το επίπεδο συγκέντρωσης ρύπων το οποίο καθορίζεται βάσει της τρέχουσας επιστημονικής γνώσης, που έχει σαν στόχο να αποφευχθούν, να προληφθούν ή ελαττωθούν οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων αλλά και στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, πρόκειται για όριο που οφείλεται να επιτευχθεί εντός καθορισμένης προθεσμίας, δίχως να εμφανιστούν μελλοντικές υπερβάσεις.

Πίνακας 2.4: Οριακές τιμές για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους σύμφωνα με την σχετική νομοθεσία (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021)

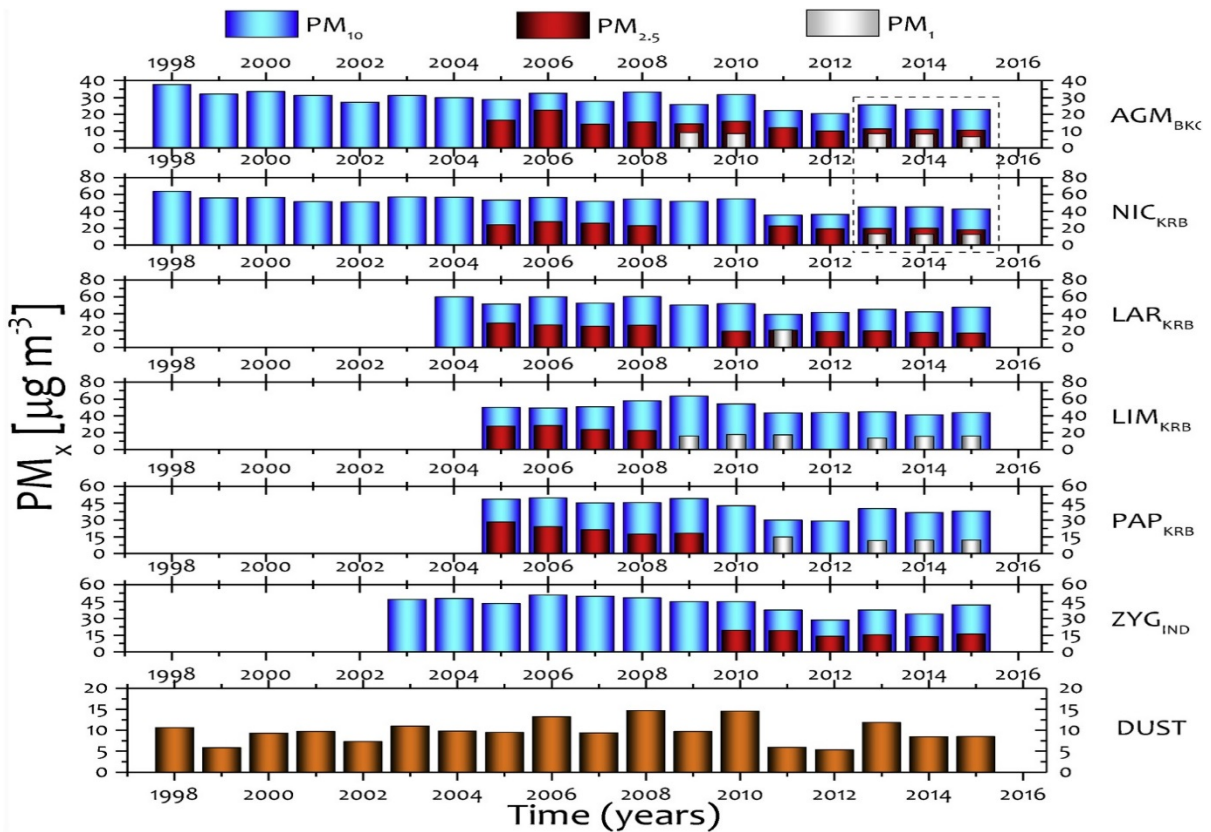
Ατμοσφαιρικός Ρύπος	Οριακή Τιμή
Αιωρούμενα Σωματίδια PM _{2,5}	25 µg/m ³ (μέχρι 31.12.2019) 20 µg/m ³ (από 01.01.2020)
Αιωρούμενα Σωματίδια PM ₁₀	50 µg/m ³ (μέχρι 31.12.2019) 40 µg/m ³ (από 01.01.2020)
Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	350 µg/m ³ (μέχρι 31.12.2019) 125 µg/m ³ (από 01.01.2020)
Διοξείδιο του Αζώτου (NO ₂)	200 µg/m ³ (μέχρι 31.12.2019) 40 µg/m ³ (από 01.01.2020)
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	10 µg/m ³

Μελέτη που έγινε στη Κύπρο, παρουσίασε μακροχρόνιες μετρήσεις συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων (PM) σε τρεις πόλεις της Κύπρου, σε μία βιομηχανική περιοχή και σε δύο σταθμούς μακριά από τα αστικά κέντρα (καλύπτοντας το νότιο τμήμα του νησιού). Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η σκόνη ευθύνεται για το 34% (±5%) των ετήσιων επιπέδων PM₁₀ που αναφέρονται στους περιβαλλοντικούς σταθμούς, υπογραμμίζοντας τη σημαντική συμβολή των φυσικών πηγών στα περιβαλλοντικά ποσά PM₁₀ στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου. Υπολογίζεται ότι, ένα ποσοστό 36–44% των επιπέδων PM₁₀ στις πόλεις και στις βιομηχανικές περιοχές, προέρχεται από τοπικές ανθρωπογενείς ή/και φυσικές εκπομπές (οχήματα, καύσης βιομάζας, εκπομπές από τα πλοία στη Λεμεσό, εκπομπές από το αεροδρόμιο Λάρνακας, επαναιώρηση σκόνης και θαλασσινού αλατιού στις παράκτιες περιοχές). Οι τοπικές εκπομπές κατανέμονται ίσα στα λεπτά και χονδροειδή κλάσματα, λόγω του ότι το 40-50% των τοπικών ποσοτήτων PM₁₀ οφείλονται σε εκπομπές λεπτών σωματιδίων. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα φανερώνονται σημαντικές εκπομπές τόσο από τη λεπτή λειτουργία (π.χ. οικιακή

θέρμανση και κυκλοφορία), όσο και από τις αστικές εκπομπές χονδροειδούς λειτουργίας (π.χ. επαναιώρηση σκόνης, φθορά των φρένων και των ελαστικών) στις πόλεις και στις βιομηχανικές περιοχές της Κύπρου. Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζονται οι ετήσιες μετρήσεις που έγιναν σε περίοδο δεκαοκτώ ετών (1998-2015) από τον περιβαλλοντικό σταθμό της Αγίας Μαρίνας και στην Εικόνα 2.2, για την ίδια περίοδο, παρουσιάζονται οι ετήσιες μετρήσεις όλων των σταθμών που υπήρχαν μέχρι τότε (Pikridas *et al.*, 2018).

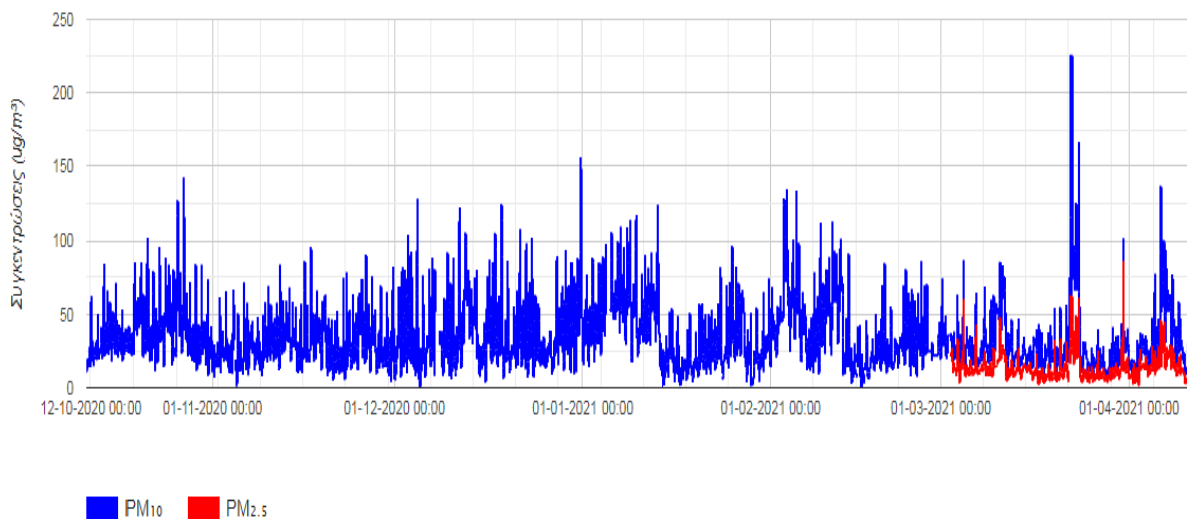


Εικόνα 2.1: Ατμοσφαιρικό Παρατηρητήριο Αγίας Μαρίνας μετρήσεων PM_{2,5} και PM₁₀ για τα έτη 1998-2015



Εικόνα 2.2: Ετήσια Αποτελέσματα Μετρήσεων PM_x Περιβαλλοντικών σταθμών Κύπρου για τα έτη 1998-2015

Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζονται οι επίσημες μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων από το σταθμό της επαρχίας Λεμεσού, που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης.



Εικόνα 2.3: Μετρήσεις του περιβαλλοντικού σταθμού της Λεμεσού κατά την περίοδο Οκτώβριου 2020 – Απριλίου 2021 (Πηγή: Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021)

Κεφάλαιο 3

Ποιότητα Αέρα στους Εσωτερικούς Χώρους Μουσείων και Άλλων Παρεμφερή Χώρων

3.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση όσον αφορά την ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους μουσείων και άλλων παρόμοιων χώρων. Μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία, καταγράφονται όλες οι συνέπειες που πιθανόν να προκαλέσουν οι μολυσματικοί αέριοι ρύποι στο εσωτερικό περιβάλλον των συγκεκριμένων χώρων, ιδιαίτερα σε μουσειακούς χώρους, που εκτίθενται οι πολιτιστικές κληρονομίες των κρατών παγκοσμίως.

3.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Τα μουσεία αποτελούν το συνδετικό κρίκο ανάμεσα στο παρελθόν, το παρόν και το μέλλον. Η παρουσία αρχαίων ιστορικών αντικειμένων είναι ο βασικός παράγοντας που διαφοροποιεί το περιβάλλον των μουσείων από το περιβάλλον άλλων τύπων κτιρίων. Άρα, εξαιτίας της παρουσίας αρχαίων αντικειμένων, γίνεται απαραίτητος ο έλεγχος του περιβάλλοντος. Οι συνθήκες αλλάζουν, έχοντας υπόψη τις διαφορετικές τοποθεσίες και τη φύση των μουσειακών αντικειμένων εσωτερικού περιβάλλοντος. Επίσης, αυτές οι συνθήκες έχουν αλλάξει με την πάροδο του χρόνου, με βάση εφαρμογές διαφορετικών μεθόδων και διεξαγωγής διαφορετικών ερευνών (Sharif-Askari and Abu-Hijleh, 2018).

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι περιβαλλοντικές συνθήκες των εκθεσιακών εγκαταστάσεων και των αποθηκευτικών χώρων των μουσείων, επιβεβαιώθηκε ότι είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας, σχετικά με τη διαφύλαξη συλλογών και αντικειμένων. Η ρύπανση που προέρχεται από χημικές ουσίες και θόρυβο, η υγρασία, η θερμοκρασία και ο φωτισμός

μπορεί ενδεχομένως να αλλοιώσουν ή/και να καταστρέψουν τα υλικά πολιτιστικής κληρονομιάς που διατηρούνται, προστατεύονται και προβάλλονται σε συλλογές μουσείων. (Pavlogeorgatos, 2003).

Επιπρόσθετα, οι ρύποι που προέρχονται από ανθρώπινους παράγοντες αλλά και οι δευτερογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι, συμπεριλαμβανομένων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM), των όξινων αερίων (π.χ. διοξείδιο του θείου και διοξείδιο του αζώτου) και των ισχυρών οξειδωτικών (π.χ. όζον), δημιουργούν μεγαλύτερο κίνδυνο ρύπανσης και ζημιές στην ατμοσφαιρική φθορά στα περισσότερα έργα τέχνης σε μουσεία (Hu *et al.*, 2015).

Η κατάσταση των έργων τέχνης που εκτίθενται στα μουσεία δέχεται επιδράσεις από την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου, εξαιτίας της χημικής δραστηριότητας των αέριων ρύπων και των σωματιδίων. Η πραγματοποίηση δειγματοληπτικών περιοδικών μετρήσεων της αέρινης ποιότητας καθίσταται αναγκαία, ούτως ώστε να μπορεί να γίνει εφικτός ο έλεγχος συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων και αν τα επίπεδα τους συμμορφώνονται με τα όρια που προσδιορίζονται από την εθνική νομοθεσία. Σε έρευνα που έγινε στην Ιταλία και συγκεκριμένα στο μουσείο Capodimonte της Νάπολης, προέκυψε ικανοποιητική κατάσταση σχετικά με τους εσωτερικούς αέριους ρύπους, χωρίς να υπάρχουν υπερβάσεις ορίου. Στην περίπτωση των αιωρούμενων σωματιδίων παρουσιάστηκαν υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης με τακτικές υπερβάσεις. Σε σύγκριση με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις επιβεβαιώθηκε η επίδραση σκόνης και οργανικής ύλης που μεταφέρεται από το πάρκο που περιβάλλει το μουσείο, εξαιτίας του αέρα και των επισκεπτών (Chianese *et al.*, 2012).

Σε γενικές γραμμές, οι μελέτες ρύπανσης από αιωρούμενα σωματίδια επικεντρώνονται σε εξωτερικούς παράγοντες, που εκεί βρίσκονται οι βασικές πηγές αυτού του ρύπου (όπως π.χ. εκπομπές οχημάτων και βιομηχανικών προϊόντων, επαναιώρηση εδάφους). Έγιναν 30 δειγματοληψίες σε διαφορετικές τοποθεσίες στο Αρχαιολογικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, όπου έγινε σύγκριση στις συγκεντρώσεις λεπτών σωματιδίων εσωτερικού χώρου και με τα αντίστοιχα επίπεδα των εξωτερικών σωματιδίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν όμοιες χρονικές διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων εντός και εκτός του μουσείου (αναλογία I/O) και τούτο αποτελεί χαρακτηριστικό των κτιρίων με υψηλές τιμές ανταλλαγής αέρα, που συμβαίνει ως επί το πλείστον, όταν τα παράθυρα παραμένουν ανοιχτά. Άλλη μελέτη που έγινε στο ιστορικό αρχείο του Μιλάνο στην Ιταλία, παρουσίασε άλλες τάσεις συσσώρευσης λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων σε διαφορετικά δωμάτια εντός του κτιρίου, με τους υπόγειους χώρους να συγκεντρώνουν υψηλότερες αναλογίες εισόδου / εξόδου. Επιπλέον, στη

Βραζιλία πραγματοποιήθηκαν μελέτες για την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου σε δημόσιες βιβλιοθήκες στο Σάο Πάολο και στην Κουριτίμπα. Στη μελέτη του Σάο Πάολο, οι μέσες συγκεντρώσεις PM₁₀ εντός των δύο βιβλιοθηκών κυμάνθηκαν από 166 - 335 μg/m³, ενώ η μέση τιμή για το PM_{2,5} κυμαινόταν από 132 - 304 μg/m³. Στις μετρήσεις για την εξωτερική ατμόσφαιρα, οι συγκεντρώσεις PM₁₀ ήταν μεταξύ 129 - 142 μg/m³ και οι συγκεντρώσεις PM_{2,5} μεταξύ 101 - 197 μg/m³, με αποτέλεσμα, οι αναλογίες εισόδου / εξόδου να είναι υψηλότερες από τα όρια. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι συγκεντρωτικές μετρήσεις στο εσωτερικό και το εξωτερικό μέρος των δύο βιβλιοθηκών που μελετήθηκαν στο Σάο Πάολο και στην Κουριτίμπα της Βραζιλίας (Cavicchiolia, Pardini Morrone and Fornaro, 2014).

Πίνακας 3.1: Συγκεντρωτικές Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων εσωτερικής και εξωτερικής ατμόσφαιρας δύο βιβλιοθηκών στη Βραζιλία (Σάο Πάολο και Κουριτίμπα)

Αιωρούμενα Σωματίδια (PM _x)	Μετρήσεις εσωτερικής ατμόσφαιρας	Μετρήσεις εξωτερικής ατμόσφαιρας
PM _{2,5}	132-304 μg/m ³	101-197 μg/m ³
PM ₁₀	166-335 μg/m ³	129-142 μg/m ³

Σε περίοδο αύξησης του τουρισμού δημιουργούνται μικροκλιματικές διαταραχές με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ρύπανση στους εσωτερικούς χώρους από τη μεταφορά λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων. Μελέτη που έγινε για το Βασιλικό Μουσείο του Κάστρου Wawel στην Κρακοβία της Πολωνίας, είχε ως σκοπό να μελετήσει τις εσωτερικές συνθήκες αέρα, εξετάζοντας:

- (α) τον προσδιορισμό της μεταφοράς και της εναπόθεσης σωματιδίων που κουβαλούσαν οι επισκέπτες και
- (β) το μικρόκλιμα μέσα στους εκθεσιακούς χώρους.

Έγιναν δειγματοληπτικές μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων στο εσωτερικό και το εξωτερικό μέρος του μουσείου, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού του 2006. Τις ημέρες με ψηλό αριθμό επισκεπτών, οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν - συγκεντρωτικά - αρκετά υψηλότερες (130 μg/m³ το χειμώνα και 49μg/m³ το καλοκαίρι), σε αντίθεση με τις ημέρες με χαμηλή προέλευση τουριστών (73 μg/m³ το χειμώνα και 22 μg/m³ το καλοκαίρι). Η αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων συνδέεται με τον αριθμό των επισκεπτών του μουσείου. Από στατιστικής πλευράς, το χειμώνα, η συγκέντρωση μάζας αιωρούμενων σωματιδίων ήταν μεγαλύτερη

κατά 80% στο ισόγειο και 50% στον 2ο όροφο. Τους καλοκαιρινούς μήνες που συνεπάγεται με την περίοδο αύξησης της τουριστικής ροής, οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων ήταν πάνω από 200% στο ισόγειο και 250% στο δωμάτιο στον 2ο όροφο. Το χειμώνα, ένας συνδυασμός υψηλότερης περιεκτικότητας οργανικής ύλης και σωματιδίων αιθάλης μαζί με το υψηλότερο επίπεδο σχετικής υγρασίας προκαλεί σφοδρή συσσώρευση σωματιδίων που μεταφέρονται από τουρίστες. Έτσι, τα αδρανή σωματίδια σκόνης από το έδαφος, θεωρούνται πιο επιβλαβή όταν συσσωματώνονται. Γίνονται πιο συγκολλητικά και δύσκολα αφαιρούνται από τα έργα τέχνης. Ένα μέρος των σωματιδίων αλατιού μπορούν να διαλυθούν στον αέρα με ψηλά ποσοστά υγρασίας. Άρα μπορεί να υποθεθεί ότι τα σωματίδια που έφεραν οι τουρίστες το καλοκαίρι ήταν πιο ακίνδυνα για τα έργα τέχνης από αυτά που μετέφεραν το χειμώνα. Στον Πίνακα 3.2 γίνεται ανάλυση των μετρήσεων που αναφέρθηκαν πιο πάνω (Worobiec *et al.*, 2008):

Πίνακας 3.2: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων αναλόγως εποχής, σε σχέση με τον αριθμός επισκεπτών, στο Βασιλικό Μουσείο του Κάστρου Wawel στην Κρακοβία της Πολωνίας

Εποχή	Υψηλός Αριθμός Επισκεπτών	Χαμηλός Αριθμός Επισκεπτών
Χειμώνας	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Καλοκαίρι	49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Σε κάποια άλλη έρευνα που έγινε στην Κοζάνη της Ελλάδας, επιλέχθηκαν δύο δημοτικά σχολεία και ένα νηπιαγωγείο, για να διερευνηθεί το σχολικό περιβάλλον, οι εσωτερικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι στους οποίους εκτίθενται τα παιδιά και τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να προκληθούν στην υγεία των παιδιών και των δασκάλων στα σχολεία. Σε κάθε σχολείο παρακολουθήθηκαν τρεις αίθουσες διδασκαλίας και μία εξωτερική θέση από Δευτέρα έως Παρασκευή, τόσο σε περίοδο χωρίς λειτουργία θέρμανσης (26/09 - 14/10/2011) όσο και σε περίοδο με λειτουργία θέρμανσης (23/01 - 10/02/2012). Η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και το CO₂ παρακολουθούνταν συνεχώς. Το PM_{2,5} προσδιορίστηκε σταθμικά ενώ τα κλάσματα PM_{2,5} και PM₁₀ μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας την τεχνική οπτικής σκέδασης φωτός. Οι συγκεντρώσεις PM_{2,5} εσωτερικού και εξωτερικού χώρου κυμαίνονταν μεταξύ 40 και 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος: 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και μεταξύ 48 και 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος: 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) αντίστοιχα, την περίοδο που δε λειτούργησε θέρμανση. Την περίοδο που λειτούργησε θέρμανση οι συγκεντρώσεις PM_{2,5} κυμάνθηκε μεταξύ 20 και 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος: 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) στους εσωτερικούς χώρους και μεταξύ 11 και 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) στους εξωτερικούς χώρους

Στον Πίνακα 3.3 διατυπώνονται τα αποτελέσματα των πιο πάνω μετρήσεων:

Πίνακας 3.3: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{2,5} εσωτερικού – εξωτερικού χώρου σχολείων της Κοζάνης στην Ελλάδα, με ή χωρίς τη λειτουργία θέρμανσης

Είδος Αιωρούμενου Σωματιδίου	Μετρήσεις περιόδου ΧΩΡΙΣ λειτουργία θέρμανσης	Μετρήσεις περιόδου ΜΕ λειτουργίας θέρμανσης
PM _{2,5} Εσωτερικού Χώρου	40-130 µg/m ³ (Διάμεσος: 72 µg/m ³)	20-123 µg/m ³ (Διάμεσος: 83 µg/m ³)
PM _{2,5} Εξωτερικού Χώρου	48-60 µg/m ³ (Διάμεσος: 49 µg/m ³)	11-34 µg/m ³ (Διάμεσος: 25 µg/m ³)

Καταλήγοντας, η συγκεκριμένη μελέτη, αναφέρει ότι οι μετρήσεις σωματιδίων που έγιναν, έδειξαν ότι οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα επίπεδα σωματιδίων είναι οι εξωτερικές πηγές περιβάλλοντος (π.χ. οδική κυκλοφορία) και η επαναιώρηση της σκόνης από τις μαθητικές δραστηριότητες (Kalimeri *et al.*, 2016).

Σύμφωνα με τους (Sulaiman, Kamaruzzaman and Yau, 2019), σε μελέτη που έγινε σε μουσειακούς χώρους στη Μαλαισία διαφάνηκε ότι η απόδοση της εσωτερικής ποιότητας του αέρα φαίνεται να βρίσκεται σε ασφαλές και υγιές επίπεδο για τα άτομα και τα αντικείμενα των εσωτερικών χώρων. Διαπιστώθηκε ότι οι πηγές σωματιδίων, οι οποίες συνέβαλαν στους εσωτερικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, ήταν πολύ ελάχιστες με σημαντικές συνεισφορές από τους επισκέπτες και τις δραστηριότητές τους στις γκαλερί, από το προσωπικό του μουσείου και από το προσωπικό συντήρησης, καθώς και από τις τιμές των PM₁₀ της εξωτερικής ατμόσφαιρας. Πολλές χαμηλές ταχύτητες αέρα βρέθηκαν σε όλες τις γκαλερί.

3.3 Επιπτώσεις Σε Αντικείμενα Και Υλικά Που Βρίσκονται Σε Εσωτερικούς Χώρους

Όλα τα είδη των ατμοσφαιρικών αιωρούμενων σωματιδίων θεωρούνται επιβλαβή για τα έργα τέχνης, λόγω της ικανότητας να προκαλούν σημαντική ρύπανση όταν εναποτίθενται σε αυτά. Άρα, οι υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων πρέπει να αποφεύγονται στους μουσειακούς εσωτερικούς χώρους (Camuffo, 1998).

Ορισμένοι αέριοι ρύποι έχουν καταστρεπτική επίδραση στα εκθέματα του μουσείου, προκαλώντας διάβρωση και αποσύνθεση. Αυτοί οι ρύποι προέρχονται τόσο από πρωτογενείς όσο και από δευτερογενείς εκπομπές. Για παράδειγμα, το όζον, το οποίο είναι το κύριο συστατικό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης στον εξωτερικό αέρα, μπορεί να σχηματιστεί ως αποτέλεσμα της ατελούς λειτουργίας του συστήματος καθαρισμού

αέρα σε εσωτερικούς χώρους (φυσικά μόνο αν υπάρχει αυτή η υποδομή στους υπό μελέτη εσωτερικούς χώρους). Μία από τις πηγές του όζοντος στον εσωτερικό αέρα μπορεί επίσης να είναι η λειτουργία εξοπλισμού γραφείου (π.χ. φωτοτυπικές μηχανές). Η ποιότητα του αέρα στις περιοχές των μουσείων εξαρτάται από τον τύπο των εκθεμάτων που αποθηκεύονται σε αυτά. Γενικά, οι ακόλουθοι τύποι μουσείων μπορούν να διακριθούν ανάλογα με το είδος των εκθεμάτων:

- Μουσεία αρχιτεκτονικής,
- Αρχαιολογικά μουσεία,
- Βιογραφικά μουσεία,
- Μουσεία ιατρικής και φαρμακείου,
- Μουσεία κεριών,
- Ιστορικά μουσεία,
- Μουσεία μεταφορικών μέσων,
- Μουσεία λογοτεχνίας,
- Μουσεία χειροτεχνίας,
- Μουσεία φυσικής ιστορίας,
- Ιερά μουσεία,
- Μουσεία τέχνης,
- Τεχνικά μουσεία,
- Μουσεία παιχνιδιών,
- Περιφερειακά μουσεία (Śmiełowska, Marć and Zabiegała, 2017).

Μεγαλύτερες ζημιές μπορεί να προκληθούν όταν στα αιωρούμενα σωματίδια υπάρχουν χημικές αντιδράσεις με αέρια ή με επιβλαβείς ενώσεις, ιδιαίτερα όταν «διαβρέχονται» και σχηματίζεται «υγρή φάση» με πιθανώς υψηλές συγκεντρώσεις ενώσεων. Αντιδράσεις σαν την οξειδωση που καταλύεται από το σίδηρο (Fe) και μαγγάνιο (Mn) και ενώσεις από οξυγόνο σε θειικά ή θειικό οξύ, έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν ξεθώριασμα των χρωστικών ουσιών. Το χαρτί και τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα μπορεί να υποστούν ζημιές και επιταχύνεται η διάβρωση των μετάλλων. Επομένως, τα αιωρούμενα σωματίδια που περιέχουν σίδηρο (Fe) και μαγγάνιο (Mn) μπορεί να είναι επικίνδυνα, καθώς τα σωματίδια με υγροσκοπικές ιδιότητες, ευνοούν το σχηματισμό αυτής της «υγρής φάσης». Επίσης, η αιθάλη θεωρείται πολύ επιβλαβής επειδή προκαλεί μαύρισμα στα αντικείμενα και μαζί με άλλες οργανικές ενώσεις, κάνει προσρόφηση του διοξειδίου του θείου (SO₂) . Την ίδια ώρα, το θειικό αμμώνιο μπορεί να προκαλέσει άνθηση στο βερνίκι. Οπότε, τα αερολύματα που βρίσκονται στα διάφορα μουσεία πιθανόν να

συμβάλουν και στην πρόληψη της φθοράς των έργων τέχνης στο μέλλον (Gysels, Deutsch and Grieken, 2002).

Οι εσωτερικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι, εκτός από το γεγονός ότι είναι επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία, αποτελούν τη βασική αιτία της υποβάθμισης της πολιτιστικής κληρονομιάς. Μελέτη που έγινε σε μουσεία της Μαλαισίας, εστίασε την προσοχή της στα αερομεταφερόμενα σωματίδια εντός των γκαλερί. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις μάζας σε συγκεκριμένη τοποθεσία υπερέβαιναν το όριο ασφάλειας ποιότητας αέρας εσωτερικού χώρου (IAQ) και το εθνικό όριο της Μαλαισίας για PM₁₀ σε δειγματοληψία 8 ωρών. Έτσι, είναι σημαντικό να ελέγχετε το επίπεδο των μολυσματικών ουσιών εντός των κτιρίων για λόγους ασφαλείας. Η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε ότι το επίπεδο υγρασίας του εσωτερικού δεν είναι σταθερό και δεν διατηρείται καλά, οπότε έχει την ικανότητα να επιφέρει επιπτώσεις στα οργανικά υλικά όπως ξύλο, χαρτί ή υφάσματα (Hanari and Din, 2012).

Σημαντικοί οικονομικοί πόροι δαπανώνται για τον καθαρισμό των μουσείων, ενώ η αξία των αντικειμένων μειώνεται λόγω της φθοράς που προκύπτει από την εναπόθεση σωματιδίων (Ford and Adams, 1999).

Η διαδικασία συντήρησης των έργων τέχνης που βρίσκονται σε εσωτερικά μουσεία επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ). Τα διάφορα μουσεία κληρονομιάς καταγράφουν και αξιολογούν το IEQ τους, παρακολουθώντας τη θερμοκρασία και την υγρασία. Υπάρχει και η έξυπνη χρήση της τεχνολογίας, που επιτρέπει την παρακολούθηση άλλων παραμέτρων, αποτυπώνοντας με καλύτερο τρόπο την περιβαλλοντική «επιθετικότητα του αέρα». Μελέτη που έγινε σε μουσείο των Βρυξελλών, κάνει σαφές πώς η συμπερίληψη αιωρούμενων σωματιδίων στην ανάλυση IEQ, επιτρέπει τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων για συλλογές μουσείων που παραμένουν αόρατες όταν λαμβάνονται υπόψη μόνο οι παραδοσιακές παράμετροι (Marchetti *et al.*, 2017).

Η επίδραση από την εσωτερική ξηρή εναπόθεση σωματιδίων διαχωρισμένου μεγέθους διερευνήθηκε σε μελέτη που χρησιμοποίησε δεδομένα από μια βιβλιοθήκη στην Πράγα, δύο μεσαιωνικές εκκλησίες στην Κύπρο και δύο ιστορικές εκκλησίες στην Πολωνία. Ο αριθμός των εναποτιθέμενων σωματιδίων εκτιμήθηκε σε διαφορετικά μεγέθη σωματιδίων σε περιπτώσεις όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα συγκέντρωσης αριθμού ενώ η ροή μάζας προς εσωτερικές επιφάνειες λήφθηκε από την κατανομή μεγέθους σωματιδιακής μάζας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μεγαλύτερος αριθμός εναποτιθέμενων σωματιδίων βρίσκεται στο κάτω μέρος της κατανομής μεγέθους (λεπτά αιωρούμενα σωματίδια), ενώ, μια αντίθετη συμπεριφορά ελήφθη για τη ροή μάζας όπου

αποκτήθηκε υψηλότερη ροή για χονδροειδή σωματίδια. Τα αποτελέσματα συσχετίστηκαν άμεσα με τη δυναμική των εσωτερικών σωματιδίων στα διάφορα μεγέθη και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις. Η υψηλή συσσώρευση λεπτών σωματιδίων σε εσωτερικές επιφάνειες αποδόθηκε στη σχετική επίδραση αυτών των σωματιδίων για εναπόθεση σε κατακόρυφες προσανατολισμένες επιφάνειες, ενώ, η μεγάλη ποσότητα εναποτιθέμενης μάζας που προέκυψε από χονδροειδή σωματίδια, αποδόθηκε σε πιθανή επίδραση σε οριζόντιες επιφάνειες. Επιπρόσθετα, η συνάρτηση δόσης - απόκρισης έδειξε μια αναλογική σχέση μεταξύ της σταθερής ρύπανσης και της συγκέντρωσης PM₁₀, με τις εσωτερικές τοποθεσίες που έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, να είναι πιο επικίνδυνες ως προς τη συντήρηση έργων τέχνης εσωτερικών χώρων. Γενικά, τα αποτελέσματα της μελέτης τόνισαν την ανάγκη για αξιολόγηση της κατανομής μεγέθους σωματιδίων εσωτερικού χώρου και της αντίστοιχης χημικής σύνθεσης, για καλύτερη ανάλυση της επίδρασης, εξαιτίας της απόθεσης ξηρών σωματιδίων (Chatoutsidou and Lazaridis, 2019).

Τα σωματίδια θεωρούνται υπεύθυνα για αρκετές επιπτώσεις στις επιφάνειες κτιρίων κληρονομιάς. Παίρνοντας ως δεδομένο ότι υπάρχουν όξινα είδη και ανθρακούχα σωματίδια, (δηλαδή οργανικός άνθρακας (OC) και στοιχειακός άνθρακας (EC), μπορεί να δράσει ως καταλύτης στο σχηματισμό νιτρικού και θειικού οξέος. Επίσης, θα μπορούσε να είναι διαβρωτικό, ιδιαίτερα σε περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία. Επιπλέον, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι η βασική αιτία ρύπανσης εξαιτίας της παρουσίας ανθρακούχων σωματιδίων που είναι υπεύθυνα για το σκοτάδι της πέτρας. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται συχνότερα σε πορώδεις πέτρες όπου προτιμάται η διείσδυση σωματιδίων. Στην πραγματικότητα, οι πέτρες που χαρακτηρίζονται από υψηλότερο πορώδες και τραχύτητα επιφάνειας εμφανίζουν τον υψηλότερο ρυθμό σκούρων αποχρώσεων. Πολλές μελέτες συνέβαλαν στην ανάπτυξη της γνώσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ρύπανσης, όπως το λέρωμα των δομικών υλικών. Έρευνα που έγινε στο κέντρο της Φλωρεντίας, στο Μουσείο S. Marco, σε περίοδο εκστρατειών (2013 και 2014), επισημάνθηκαν εποχιακές διαφορές με αξιοσημείωτη συμβολή της οργανικής ύλης (OM) κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Οι κύριες πηγές, που θεωρούνται υπαίτιες για την υψηλότερη τιμή του χειμώνα, είναι οι διαδικασίες καύσης (π.χ. καύση ορυκτών καυσίμων από την κυκλοφορία, καύση ξύλου κ.α.). Οι αναλογίες OC/EC είναι γενικά υψηλότερες από 3 (ενδεικνυόμενη τιμή OC), δείχνοντας τη συνεισφορά δευτερογενών πηγών στον εμπλουτισμό των αιωρούμενων σωματιδίων. Η συμβολή του θειικού άλατος είναι αρκετά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς, ενώ τα νιτρικά άλατα είναι υψηλότερα κατά του χειμωνιάτικους μήνες, επιβεβαιώνοντας τη

σημασία της πηγής κυκλοφορίας (όπως επιβεβαιώνεται από την πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ νιτρικών - OC και νιτρικών - EC). Όλοι αυτοί οι ρύποι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόκληση ζημιών (φαινόμενο λερώματος και υποβάθμισης γενικά) στην πολιτιστική κληρονομιά (Fermo *et al.*, 2020).

Η ξηρή εναπόθεση σωματιδίων (PM) σε αρχαιολογικές επιφάνειες είναι μια από τις κύριες αιτίες της αποσύνθεσης, λόγω του ότι δέχονται τόσο οπτικές αλλαγές όσο και χημικές καιρικές συνθήκες. Στην περίπτωση προστατευμένων αρχαιολογικών χώρων, έχει επαληθευτεί ότι τα σωματίδια συγκεντρώνονται πιο πολύ στα ερείπια. Εν τούτοις, οι πιο πολλές μελέτες επικεντρώνεται σε υπαίθρια μνημεία ή αντικείμενα εσωτερικών μουσείων. Μελέτη που έγινε στην κεντρική Ισπανία και συγκεκριμένα εντός κι εκτός των καταφυγίων του Complutum, που αποτελεί ρωμαϊκό αρχαιολογικό χώρο, εντοπίστηκε ότι οι βασικές πηγές αιωρούμενων σωματιδίων συσσωρεύτηκαν σε μεγάλο βαθμό στους εσωτερικούς χώρους και ότι τα δομικά υλικά, επιδρούν σημαντικά στον τύπο της εναπόθεσης (Cabello-Briones, Mayorga-Pinilla and Vázquez-Moliní, 2020).

Σε Μεσογειακά κράτη, όπως είναι και η Κύπρος, ένεκα της ύπαρξης αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας, των ψηλών θερμοκρασιών, των μεγάλων ποσοστών υγρασίας και της πληθωρικής χρήσης οχημάτων, σε συνδυασμό με τους φωτοχημικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους, θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες που απειλούν εσωτερικούς χώρους, όπως είναι και τα μουσεία. Πολλά μουσειακά έργα φιλοξενούνται σε παλαιά κτίρια με φυσικό εξαερισμό και άλλα σε σύγχρονα κτίρια με κεντρικό κλιματισμό. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα μπορεί να επηρεάσει την κατάσταση των έργων τέχνης που βρίσκονται εκτεθειμένα μέσα στα μουσεία. Τα μουσεία, συνήθως υποφέρουν πολύ από πολύ υψηλότερα επίπεδα - από το όριο - ατμοσφαιρικής ρύπανσης και για τον έλεγχο της απαιτείται συνεχής αξιολόγηση και παρακολούθηση, χρησιμοποιώντας τα καταλληλότερα υλικά. Μελέτη που έγινε σε δύο μουσεία της Κύπρου - για να χαρακτηρίσει, να αναλύσει και να προσδιορίσει τους εσωτερικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους και έχοντας λάβει υπόψη την προστασία των έργων - έδειξε ότι η ποιότητα του αέρα δεν ήταν ικανοποιητική. Μετρήσεις που έγιναν και αφορούσαν τα αιωρούμενα σωματίδια έδειξαν ότι, το κλάσμα PM_{2.5} είναι σημαντικό λόγω των μικρών διαστάσεων σωματιδίων και της ανθρώπινης προέλευσης του, προσδιορίζοντας μια σύνθετη και επικίνδυνη χημική σύνθεση. Επιπρόσθετα, το λεπτότερο κλάσμα PM_{1.0} έχει αναλόγως, μεγάλο χρόνο παραμονής και περιέχει το μεγάλο μέρος ανθρακούχων κλασμάτων και θεικών ιόντων που υπάρχουν στην υδατική / στερεή ατμοσφαιρική. Για αυτούς τους λόγους μεγαλώνουν οι πιθανότητες για πρόκληση προβλημάτων υγείας. Ένα αναπτυσσόμενο σώμα ερευνών έδειξε ότι τα μικρότερα σωματίδια (<PM_{2.5}) είναι μια

μετρική, που είναι πιο συνδεδεμένη με τις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία από άλλες μετρήσεις όπως π.χ. το PM₁₀. Το PM_{2,5} μεταφέρθηκε μέσα στα μουσεία από το εξωτερικό περιβάλλον μέσω μικρών ρωγμών και ρήξεων, με αποτέλεσμα να παραμένουν μέσα στο μουσείο για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Τα μεγαλύτερα σωματίδια, π.χ. με διάμετρο PM₁₀, εμφανίζουν κάποια αδράνεια και δυσκολεύονται να εισβάλουν στο μουσείο από το εξωτερικό περιβάλλον. Τα σωματίδια μπορούν να προκαλέσουν απώλεια αποχρώσεων, πυκνότητα και αλλαγή χρώματος, φθορά σε πίνακες και τοιχογραφίες, στο χαρτί και στο κερί. Μεγαλύτερη ζημιά μπορεί να προκληθεί όταν τα σωματίδια υγραθούν και αυτό είναι ένας παράγοντας που τους καθιστά ευκολότερη την αντίδραση με άλλες χημικές ενώσεις (SO₂ και NO₂) ή με άλλα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή. Η συγκέντρωση PM_{2,5} εσωτερικά του Κυπριακού - Αρχαιολογικού Μουσείου για όλες τις εποχές είναι μικρότερη από 0,01 mg/m³, ενώ το Βυζαντινό Μουσείο είναι μικρότερο από 0,005 mg/m³. Σημαντικό είναι ότι, η εξωτερική συγκέντρωσή τους είναι μεγαλύτερη από αυτή στο εσωτερικό του μουσείου. Οι τιμές και στα δύο μουσεία κυμαίνονται σε υψηλά ποσοστά με βάση τα όρια που καθορίζουν τις οδηγίες στο ASHRAE (2003, 2011), το πρότυπο για τα ευαίσθητα υλικά θεωρείται ότι είναι μικρότερο από 0,1 mg/m³ και για το γενικό, συλλογές από 1 έως 10 mg/m³. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης χαρακτηρίστηκαν χρήσιμα για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, ούτως ώστε να αναπτύξουν νέα στρατηγική για την ποιότητα του αέρα εσωτερικού χώρου με ιδιαίτερη μνεία τα μουσεία. Οι τουρίστες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μετατροπή των αιωρούμενων σωματιδίων σε ένα μουσείο, μέσω των υφασμάτων, των παλτών και των παπουτσιών τους. Προκειμένου να προστατευθούν τα αντικείμενα του μουσείου (πίνακες ζωγραφικής, έγγραφα) από μακροχρόνιες ζημιές, η τοποθέτησή τους πίσω από γυαλί ή σε προθήκες μπορεί να θεωρηθεί ως επιλογή (Zorpas and Skouroupatis, 2016). Επιπρόσθετα, πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη καθαριότητα σε όλα τα εκθέματα και τις αίθουσες αποθήκευσης σε τακτική βάση. Η αντικατάσταση χημικών με φυσικές ουσίες ή μηχανές καθαρισμού με ατμό, θα βελτιώσει την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Η συντήρηση του Μουσείου πρέπει να ληφθεί υπόψη και πρέπει να ακολουθηθούν συγκεκριμένες οδηγίες (Brimblecombe, 1990).

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογία

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση του σκοπού και των στόχων της μελέτης αυτής. Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα ερωτήματα που θα απασχολήσουν τη μεταπτυχιακή διατριβή και ακολούθως ο σχεδιασμός της μελέτης. Θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για το δειγματοληπτικό έλεγχο και το πλάνο που ακολουθήθηκε, ούτως ώστε να καταστεί δυνατή η παρουσία του μετρητή στους συγκεκριμένους εσωτερικούς χώρους. Παράλληλα θα γίνει παρουσίαση των περιοχών μελέτης με σύντομη περιγραφή του κάθε χώρου.

4.1 Σκοπός και Στόχοι

Σκοπός της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής είναι η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, σε δύο μουσεία της Λεμεσού που βρίσκονται πολύ κοντά στην ακτογραμμή (περίπου 200 μέτρα) και να αναδείξει τυχόν προβλήματα που έχουν φανερωθεί στα αντικείμενα των αυτών των εσωτερικών χώρων, από την πιθανή υψηλή συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2,5} και PM₁₀.

Επιπρόσθετα, θα γίνει αποτύπωση της κατάστασης για ένα λαογραφικό μουσείο σε κοινότητα της επαρχίας Λεμεσού, που βρίσκεται περίπου 10 χιλιόμετρα βόρεια από το κέντρο της πόλης.

Σαν τέταρτο και τελευταίο σημείο αναφοράς, θα γίνει δειγματοληψία και από εργασιακό χώρο, επίσης στην επαρχία Λεμεσού, από κτίριο που εφάπτεται της παρακαμπτήριας οδού (high-way) που συνδέει τη Λεμεσό με τις άλλες πόλεις της Κύπρου.

Στόχοι της παρούσας έρευνας είναι:

- η διερεύνηση επιπέδων ρύπανσης στους εσωτερικούς χώρους

Με αυτό το στόχο θα διερευνηθεί μέσω δειγματοληψιών οι ποσότητες συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων σε διάφορους χώρους, όπως μουσεία και εργασιακοί χώροι

- **η διερεύνηση ανάπτυξης στρατηγική μελέτης**

Ο στόχος είναι η διερεύνηση και αναζήτηση στις νομοθεσίες του κράτους αν έχει αναπτυχθεί στρατηγική μελέτη, όσον αφορά τη ρύπανση των εσωτερικών χώρων από διάφορους ατμοσφαιρικούς ρύπους και σε ποιο βαθμό, έτσι ώστε, αν υπάρχει επιτακτική ανάγκη, να εξετασθούν οι συνθήκες για υποβολή νέων προτάσεων πρόληψης και αντιμετώπισης

- **η διερεύνηση της παρουσίας του εργασιακού δυναμικού και των επισκεπτών στους συγκεκριμένους εσωτερικούς χώρους**

Στόχος είναι η καταγραφή του εργασιακού προσωπικού σε κάθε χώρο και ανάλογα με τους επισκέπτες ή πελάτες (για το κτίριο δημόσιας υπηρεσίας), η έκθεση του κοινού (υπαλληλικού και πελατειακού) στα σωματίδια των χώρων

- **η διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εσωτερικών χώρων**

Ο στόχος είναι με την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων να διερευνηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορεί να προκληθούν, τόσο στα υλικά που βρίσκονται στους χώρους αυτούς, όσο και για την ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για τους υπαλλήλους των χώρων αυτών.

4.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιείται για να δώσει απαντήσεις στα εξής συγκεκριμένα ερωτήματα:

(α) πως επηρεάζεται η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε εσωτερικούς χώρους από εξωγενείς και εσωτερικούς παράγοντες;

(β) με ποιο τρόπο τα αιωρούμενα σωματίδια επιφέρουν επιπτώσεις στα υλικά των κλειστών χώρων, όπως π.χ. αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς, επιστολόχαρτα, εφημερίδες, γραφική ύλη, έντυπα αρχείου κτλ.;

(γ) ποιες είναι οι επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει ένας αέριος ατμοσφαιρικός ρύπος στο εργασιακό προσωπικό των εσωτερικών χώρων, όπως π.χ. υπαλλήλους σε μουσεία, δημόσιους υπαλλήλους σε κυβερνητικά κτίρια κτλ.;

(δ) πόσο επηρεάζεται ένα εσωτερικό υλικό ή έντυπο χαρτιού που βρίσκονται κάτω από την έκθεσή τους σε αιωρούμενα σωματίδια, που συγκεντρώνονται σε εσωτερικούς χώρους (μουσεία) πλησίον ακτογραμμής ή εφραπτόμενων κτιρίων σε εθνικές οδούς ή μουσείων σε απομακρυσμένες περιοχές (ύπαιθρος, κοινότητες);

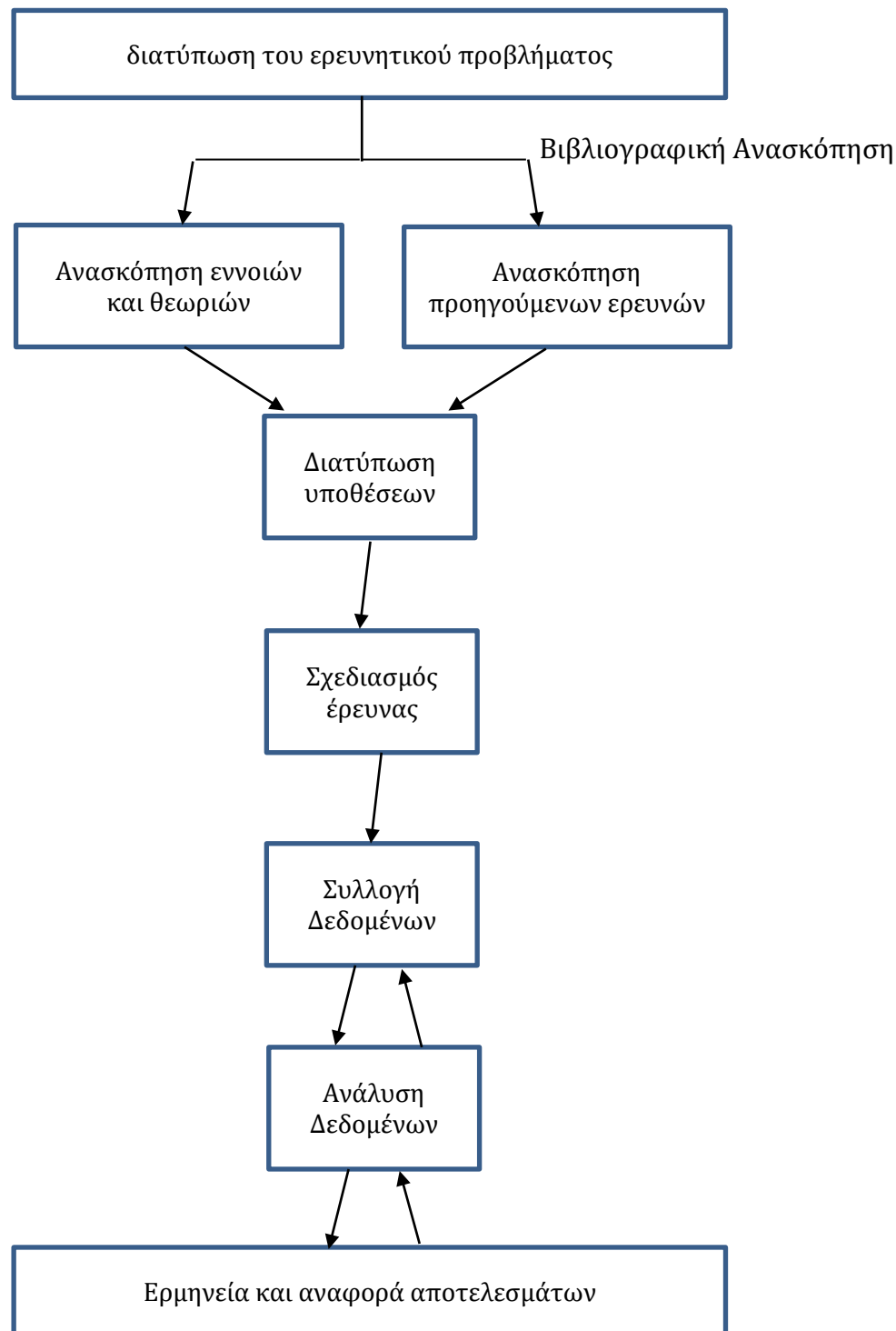
(ε) ποιος χώρος από τις τρεις διαφορετικές τοποθεσίες που διερευνώνται στην επαρχία Λεμεσού είναι περισσότερο ρυπασμένος από αιωρούμενα σωματίδια;

4.3 Σχεδιασμός Έρευνας

Η διαδικασία της έρευνας δημιουργήθηκε ένεκα της ανθρώπινης προσπάθειας για προσαρμογή στο περιβάλλον και για να κατανοήσει της φύσης. Οι άνθρωποι για να επιτύχουν την προσπάθεια αυτή, χρησιμοποιούν εμπειρικά εργαλεία και το συλλογισμό που διαθέτουν. Η εμπειρία και η εξουσία είναι βασικές πηγές υπόθεσης, που στηρίζονται στη γνώση της κοινής λογικής και στα τυχαία γεγονότα. Η έρευνα βασίζεται στον επιστημονικό συλλογισμό, που θα μπορούσε να είναι επαγωγικός, παραγωγικός ή και τα δύο. Η έρευνα είναι ένας συνδυασμός εμπειρίας και συλλογισμού και θεωρείται ως ο καταλληλότερος τρόπος για να παρουσιαστεί η αλήθεια, ιδιαίτερα στις φυσικές επιστήμες. Μια έρευνα εξυπηρετεί πολλούς σκοπούς. Παρόλα αυτά, τρεις από τους συνήθεις και χρήσιμους σκοπούς είναι η διερεύνηση, η περιγραφή και η εξήγηση/ανάλυση. Συνήθως, αρκετές μελέτες μπορούν να έχουν παραπάνω από ένα σκοπό, εντούτοις, κάθε έρευνα έχει διαφορετικές επιπτώσεις για άλλες πτυχές του ερευνητικού σχεδιασμού (Igwenagu, 2016) .

Τα βήματα που ακολουθούνται στη διαδικασία μιας έρευνας μπορούν να θεωρηθούν τα εξής:

- (α) διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος
 - (β) εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση
 - (γ) ανάπτυξη του θέματος
 - (δ) προετοιμασία του ερευνητικού σχεδιασμού
 - (ε) καθορισμός του σχεδιασμού του δείγματος
 - (στ) συλλογή δεδομένων
 - (ζ) εκτέλεση του έργου
 - (η) ανάλυση δεδομένων
 - (θ) δοκιμή υπόθεσης
 - (ι) γενικεύσεις και ερμηνεία και
 - (ια) προετοιμασία της έκθεσης ή παρουσίαση των αποτελεσμάτων και συμπεράσματα.
- Το Διάγραμμα 4.1 παρουσιάζει μια πολύ καλή ερευνητική διαδικασία: (Hufford, 1935)



Διάγραμμα 4.1: Διαδικασία Σχεδιασμού Επιστημονικής Έρευνας (Πηγή: (Hufford, 1935))

4.4 Μέθοδος Συλλογής Δεδομένων

Οι ερευνητικές μέθοδοι που εφαρμόζονται στις έρευνες επιστημονικού περιεχομένου διακρίνονται σε ποσοτικές και ποιοτικές. Παραδοσιακά, υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των μεθόδων που εφαρμόζονται στις φυσικές επιστήμες και με αυτές στις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες. Οι φυσικές επιστήμες τείνουν να εφαρμόζουν ποσοτικές

μεθόδους, ενώ οι κοινωνικές επιστήμες είναι πιο πολύ ποιοτικά προσανατολισμένες (Strijker, Bosworth and Bouter, 2020).

Οι ποσοτικές μέθοδοι περιγράφουν την ποσότητα παρουσίασης συγκεκριμένου θέματος, ενώ οι ποιοτικές μέθοδοι αναφέρονται στο είδος και τα χαρακτηριστικά συγκεκριμένου θέματος. Η ποσοτική έρευνα παρουσιάζει ζητήματα που μελετώνται με στατιστικές μεθόδους, μαθηματικούς τύπους και αριθμητικά δεδομένα. Η συλλογή πραγματοποιείται συνήθως μέσω μετρήσεων, δειγματοληψιών, ερωτηματολογίων, πειραμάτων και άλλων παρόμοιων μέσων. Η ποιοτική έρευνα στηρίζεται στην κατηγοριοποίηση και στην ερμηνεία προσωπικών εμπειριών, δίνοντας έμφαση στην εξήγηση και όχι στην συχνότητα εμφάνισης δεδομένων (Ρόντος and Παπάνης, 2006).

Σε αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή χρησιμοποιείται ποσοτική μεθοδολογία με την πραγματοποίηση δειγματοληπτικών μετρήσεων, η οποία ακολούθησε την διαδικασία που παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 4.2:

- Καθορισμός θέματος της έρευνας
- Ανασκόπηση βιβλιογραφίας
- Ανάλυση των ερωτημάτων της έρευνας
- Σχεδιασμός έρευνας – παρουσίαση περιοχών μελέτης
- Διεξαγωγή δειγματοληπτικών μετρήσεων σε εσωτερικούς χώρους
- Ανάλυση αποτελεσμάτων
- Συμπεράσματα



Διάγραμμα 4.2: Διαδικασία Σχεδιασμού Παρούσας Έρευνας

Η παρούσα μελέτη/έρευνα θα διαρκέσει περίπου οκτώ μήνες. Το πρώτο δίμηνο, γίνεται ανασκόπηση, αξιολόγηση και καταγραφή της βιβλιογραφίας. Συνάμα, πραγματοποιείται μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων με χρόνο διάρκειας τους τρεις μήνες και στη συνέχεια γίνονται επισκέψεις στους επιλεγμένους χώρους με ειδικό μετρητή για δειγματοληψία μετρήσεων αιωρούμενων σωματιδίων. Καταγράφονται διάφορα στοιχεία σε κάθε χώρο, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες, με τη διαδικασία συλλογής στοιχείων και λήψης μετρήσεων να διαρκεί τρεις μήνες. Το τελευταίο τρίμηνο της έρευνας περιλαμβάνει ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από τις μετρήσεις και εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται το σχετικό χρονοδιάγραμμα της παρούσας έρευνας:

Πίνακας 4.1: Χρονοδιάγραμμα μελέτης

Θεματικές Ενότητες	ΣΕΠ 2020	ΟΚΤ 2020	ΝΟΕ 2020	ΔΕΚ 2020	ΙΑΝ 2021	ΦΕΒ 2021	ΜΑΡ 2021	ΑΠΡ 2021
1. Βιβλιογραφία								
Ανασκόπηση								
Αξιολόγηση								
Καταγραφή								
2. Επιπτώσεις								
Περιβάλλον								
Υγεία								
Υλικά Εσωτερικών Χώρων								
3. Συλλογή Στοιχείων								
Παρουσίαση περιοχών μελέτης της έρευνας								
Καταγραφή δεδομένων								
Διεξαγωγή μετρήσεων σε κλειστούς χώρους								
4. Αποτελέσματα								
Καταγραφή - Ανάλυση αποτελεσμάτων								
Συμπεράσματα και Προτάσεις								

Στα πλαίσια των μετρήσεων που έγιναν για τη συγκεκριμένη έρευνα, χρησιμοποιήθηκε ένα φωτομετρικό λέιζερ πολλαπλών καναλιών, το οποίο ανιχνεύει τα σωματίδια, που τα μετατρέπει σε μάζα πραγματικού χρόνου, έχοντας τη βοήθεια του φαινομένου της σκέδασης φωτός. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι Dust Trak και ανήκει στην Αμερικάνικη εταιρεία TSI, που εξειδικεύεται σε μετρητές ανάλυσης αερολυμάτων και σωματιδίων. Στη μεταπτυχιακή διατριβή χρησιμοποιήθηκε το Dust Trak Model 8532, το οποίο είναι ένα χειροκίνητο φορητό φωτόμετρο μέτρησης σωματιδίων που μπορεί να μετρήσει ταυτόχρονα τόσο το κλάσμα μάζας ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), όσο και το μέγεθος του αιωρούμενου σωματιδίου.



Εικόνα 4.1: Dust Trak Model 8532, χειροκίνητο φορητό φωτόμετρο μέτρησης σωματιδίων

Αποτελείται από μία κεφαλή (ιμπάχτορας), όπου τοποθετείται ο προδιαχωριστής που μετρά τα αιωρούμενα σωματίδια με την αεροδυναμική διάμετρο που επιλέγεται. Υπάρχουν τέσσερις επιλογές προδιαχωριστή, που έχει τη δυνατότητα να δέχεται αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο έως 10 μm ή 4 μm ή 2.5 μm ή 1 μm . Ο προδιαχωριστής έχει μια πλάκα στην οποία διαπερνούν τα σωματίδια με την επιθυμητή διάμετρο, κρατώντας τα μεγαλύτερα στην πλάκα.



Εικόνα 4.2: Προδιαχωριστές 4 μm , 2.5 μm , 1 μm

Το Dust Truck Model 8532 διενεργεί μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων που προέρχονται από σκόνη, καπνό, αναθυμιάσεις και ομίχλη. Χρησιμοποιείται σε έρευνες ποιότητας αέρα για εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους και έρευνες επαγγελματικής ή βιομηχανικής υγιεινής.

4.4.1 Περιοχές Μελέτης

Η συγκεκριμένη έρευνα έχει προχωρήσει στην επιλογή τεσσάρων περιοχών στην επαρχία Λεμεσού για διεξαγωγή δειγματοληπτικών μετρήσεων το Αρχαιολογικό Μουσείο της Επαρχίας Λεμεσού και το Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (στο Κάστρο της Λεμεσού). Επιπρόσθετα, θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις και σε εργασιακό χώρο που στεγάζονται δημόσιες υπηρεσίες, όπου το κτίριο εφάπτεται του παρακαμπτήριου δρόμου που συνδέει την Λεμεσό με τις άλλες πόλεις του νησιού. Τέλος, γίνονται μετρήσεις και στο Λαογραφικό Μουσείο Φασούλας, που βρίσκεται περίπου 10 χιλιόμετρα βόρεια από το κέντρο της Λεμεσού.



Χάρτης 4.1: Δορυφορική Εικόνα για: (1) Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού και (2) Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

4.4.1.1 Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού ιδρύθηκε το 1948 και στεγαζόταν στο μεσαιωνικό Κάστρο της πόλης. Μετά τις ταραχές του 1964, το Κάστρο παραδόθηκε στην Εθνική Φρουρά και το Μουσείο παρέμεινε κλειστό για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Το 1972 ξεκίνησε η ανοικοδόμηση νέου κτιρίου για το Μουσείο, μαζί με το κτίριο του Επαρχιακού Δικαστηρίου Λεμεσού που εφάπτονται μεταξύ τους. Το νέο κτίριο λειτούργησε το Μάρτιο του 1975 και συνεχίζει να στεγάζεται μέχρι σήμερα. Πρόσφατα έγιναν μετατροπές και επεκτάσεις στο κτίριο, στοχεύοντας την αύξηση των εκθεσιακών χώρων. Στο Μουσείο εκτίθενται ευρήματα που καλύπτουν όλη την αρχαιότητα, από την 10η χιλιετία π.Χ. μέχρι και το τέλος της ρωμαϊκής περιόδου και προέρχονται από την πόλη και την Επαρχία της Λεμεσού. Τα συγκεκριμένα αντικείμενα εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια συστηματικών και σωστικών ανασκαφών που πραγματοποιούνται στην περιοχή από το Τμήμα Αρχαιοτήτων, καθώς και από ξένες αρχαιολογικές αποστολές. Το Μουσείο αποτελείται από δύο μεγάλες ορθογώνιες αίθουσες που συνδέονται μεταξύ τους με δύο μικρότερες εγκάρσιες. Στο κέντρο του κτηρίου υπάρχει μια εσωτερική ανοικτή αυλή, ενώ στην εξωτερική αυλή υπάρχει στέγαστρο για διάφορα ογκώδη λίθινα ευρήματα. Η περιήγηση στο Μουσείο αρχίζει προχωρώντας αριστερά από την αίθουσα της εισόδου, όπου βρίσκεται το εκδοτήριο εισιτηρίων και μικρό πωλητήριο δελταρίων και βιβλίων αρχαιολογικού περιεχομένου. Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού φιλοξενούνται τα ευρήματα από την Αμαθούντα και τους γύρω αγροτικούς οικισμούς, τα ιερά και τους τάφους. Στο πρώτο τμήμα της νότιας αίθουσας εκτίθενται ευρήματα που προέρχονται από την περίοδο όπου παρατηρήθηκε ανθρώπινη παρουσία στην Κύπρο. Στη δυτική αίθουσα εκτίθενται κυρίως αντικείμενα μεταλλοτεχνίας, όπως εργαλεία, όπλα, κοσμήματα, νομίσματα και περιάρπτα, καθώς επίσης λίθινα και πήλινα αγαλματίδια. Στη βόρεια αίθουσα παρουσιάζονται αντικείμενα κεραμικής, γλυπτικής, υαλουργίας, καθώς και επιτύμβιες και αναθηματικές επιγραφές. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ασβεστολιθικά αγάλματα που προέρχονται από το ιερό του Διός στη Φασούλα, το οποίο λειτουργούσε μέχρι και τον 4ο αι. μ.Χ. (Τμήμα Αρχαιοτήτων, 2021)



Εικόνα 4.3: Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού

4.4.1.2 Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

Στο κέντρο της Λεμεσού βρίσκεται το Κάστρο της πόλης, το οποίο φιλοξενεί μέρος της Μεσαιωνικής Συλλογής του Κυπριακού Μουσείου. Το κάστρο χρονολογείται την περίοδο της τουρκοκρατίας (γύρω στα 1590) και ενσωματώνει τμήματα του προγενέστερου μεσαιωνικού κάστρου. Από αρχαιολογικές έρευνες που έγιναν στο χώρο, φανερώνεται ότι το κάστρο κτίστηκε πάνω από μια παλαιοχριστιανική βασιλική (4ος-7ος αι. μ.Χ.) και ένα μεσοβυζαντινό μνημείο (10ος-11ος αι. μ.Χ.). Διάφορα ευρήματα αποδεικνύουν την ύπαρξη ενός ναού, που πιθανόν να ήταν ο πρώτος λατινικός καθεδρικός ναός της πόλης. Από την τουρκοκρατία και μέχρι το 1940 το Κάστρο χρησιμοποιείτο σαν φυλακή. Όταν ιδρύθηκαν οι Κεντρικές Φυλακές στη Λευκωσία, το Κάστρο της Λεμεσού δόθηκε στο Τμήμα Αρχαιοτήτων και χρησιμοποιήθηκε ως Επαρχιακό Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού από το 1948 μέχρι το 1964, οπότε παραχωρήθηκε στην Εθνική Φρουρά λόγω των διακοινοτικών ταραχών. Από το 1987 μέχρι σήμερα εκτίθενται μέρος της

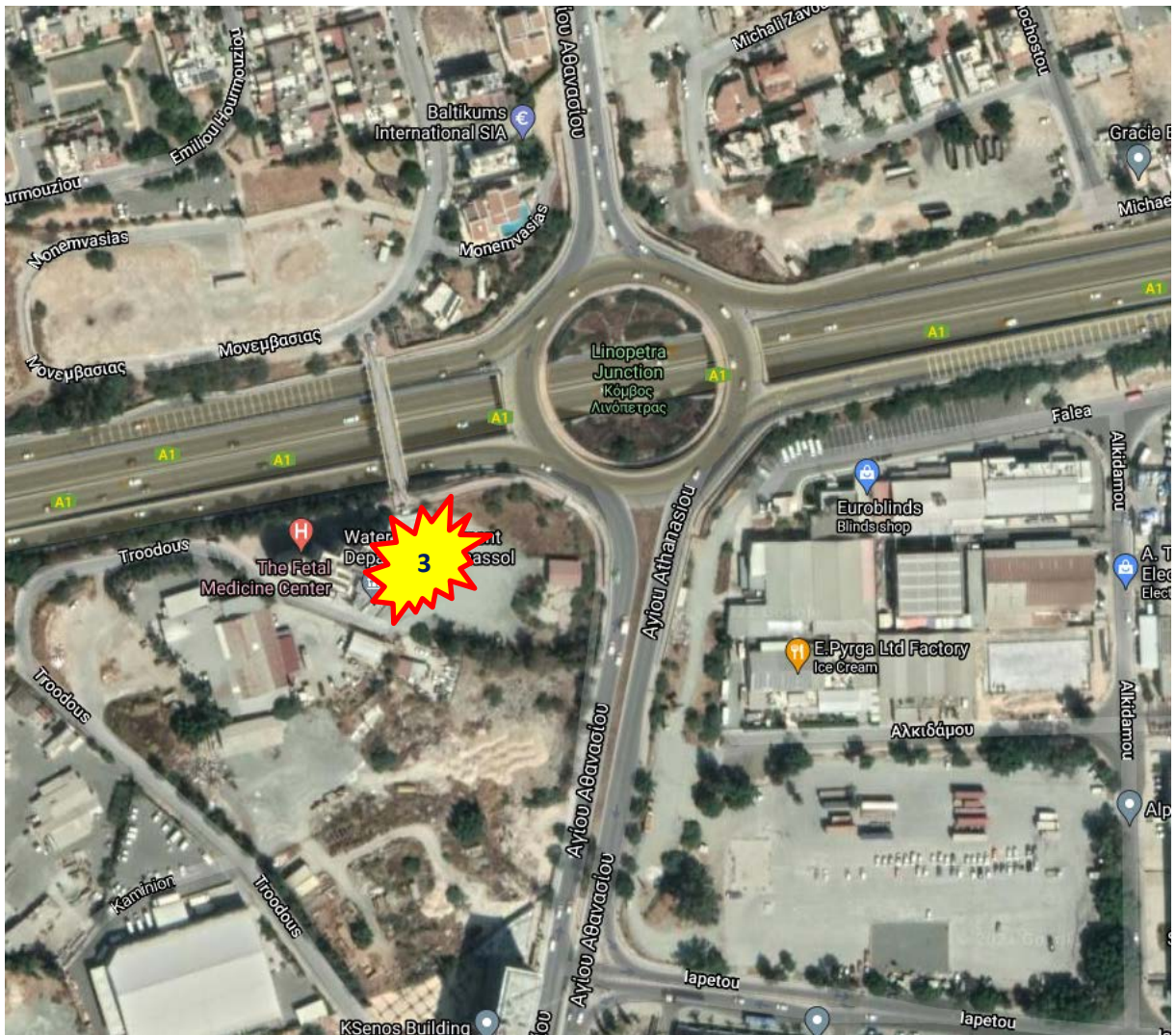
Μεσαιωνικής Συλλογής του Κυπριακού Μουσείου και αντικείμενα μέσα από τα οποία αντικατοπτρίζεται το ιστορικό γίνεσθαι της Κύπρου, η οικονομική, κοινωνική και θρησκευτική ζωή, καθώς και άλλες πτυχές της καθημερινής ζωής στο νησί από τον 3ο μέχρι το 18ο αιώνα μ.Χ. Υπάρχει μια κάλυψη, δηλαδή, της πρωτοχριστιανικής, της παλαιοχριστιανικής και της βυζαντινής περιόδου, της φραγκοκρατίας, της βενετοκρατίας και τέλος της τουρκοκρατίας. Στο μουσείο εκτίθενται επίσης, όπλα, πανοπλίες, εργαλεία, βυζαντινή, μεσαιωνική και ισλαμική εφυσιασμένη και χρηστική κεραμική, χάλκινα και υάλινα σκεύη, λύχνοι, κοσμήματα, νομίσματα, αντικείμενα λατρείας, καθώς και αρχιτεκτονικά μέλη, προερχόμενα από βυζαντινά και γοτθικά κτίρια. Στο Κάστρο υπάρχει επίσης πλούσιο φωτογραφικό υλικό που αφορά τις βυζαντινές και μεσαιωνικές οχυρώσεις της Κύπρου, καθώς και αντιπροσωπευτικά εκκλησιαστικά μνημεία των προαναφερθέντων περιόδων. Η επιβλητική ατμόσφαιρα με τον αέρα που αποπνέει η έκθεση των ευρημάτων, οδηγούν τους επισκέπτες σε αληθινή βίωση των συγκεκριμένων ιστορικών εποχών (Τμήμα Αρχαιοτήτων, 2021).



Εικόνα 4.4: Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

4.4.1.3 Ιοαννου Tower

Το Ιοαννου Tower, βρίσκεται πλησίον της εθνικής οδού που συνδέει την πόλη της Λεμεσού με τις υπόλοιπες πόλεις της Κύπρου. Επιπρόσθετα, βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 500 μέτρων από την Βιομηχανική Περιοχή Αγίου Αθανασίου. Στο συγκεκριμένο κτίριο στεγάζονται τα επαρχιακά γραφεία δύο τμημάτων του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Το συνολικό δυναμικό του κτιρίου σε υπαλληλικό προσωπικό ανέρχεται περί τα 50 άτομα, τα οποία ασκούν τα καθήκοντα τους για επτά και μισή ώρες ημερησίως, ή τριάντα επτά και μισή ώρες εβδομαδιαίως.



Χάρτης 4.2: Δορυφορική Εικόνα Ιοαννου Tower (Στέγαση Επαρχιακών Γραφείων Τμημάτων Δημόσιας Υπηρεσίας)

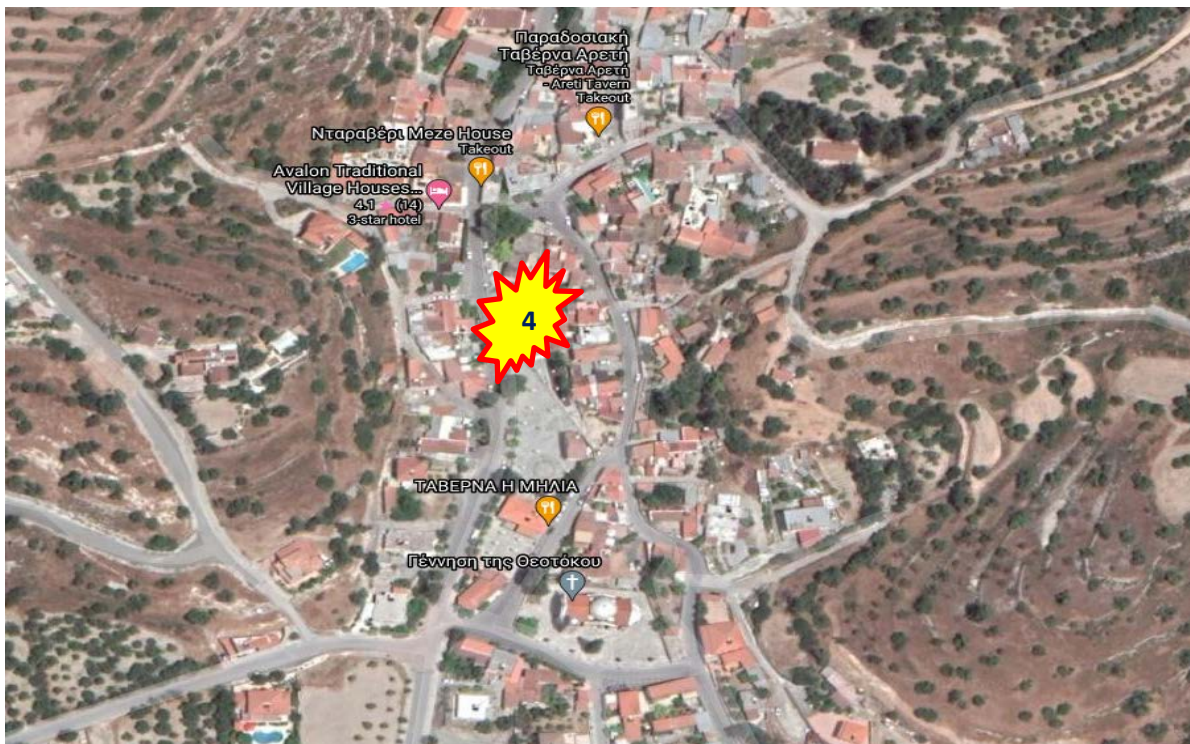


Εικόνα 4.5: Ioannou Tower (Άγιος Αθανάσιος Λεμεσού)

4.4.1.4 Λαογραφικό – Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού

Το χωριό Φασούλα βρίσκεται στην επαρχία Λεμεσού σε απόσταση 7 περίπου χιλιόμετρα (ακτίνα) βόρεια της πόλης της Λεμεσού. Το χωριό είναι κτισμένο σε μέσο υψόμετρο 370 μέτρων και δέχεται μια μέση ετήσια βροχόπτωση γύρω στα 550 χιλιοστόμετρα. Στη περιοχή της κοινότητας καλλιεργούνται χαρουπιές, αμυγδαλιές, ελιές, σιτηρά καθώς και ελάχιστα εσπεριδοειδή. Όσον αφορά την κτηνοτροφία αυτή είναι σε πολύ περιορισμένα πλαίσια. Ένα αξιόλογο μουσείο, της παραδοσιακής κυπριακής ζωής βρίσκεται στο χωριό Φασούλας της επαρχίας Λεμεσού. Μέσα στο μουσειακό χώρο εκτίθενται διάφορα αντικείμενα με τα οποία ασχολούνταν οι κάτοικοι όλων των χωριών της Κύπρου. Στο χώρο βρίσκεται αργαλειός, παραδοσιακό κρεβάτι της προηγούμενης πεντηκονταετίας, ο παραδοσιακός κυπριακός βρακάς, μαγειρικά σκεύη και τζάκι (τσιμινιά), όπως ήταν κατασκευασμένα περίπου ένα αιώνα πριν. Με βασική ασχολία των κατοίκων στο παρελθόν τη γεωργία, το Γεωργικό Μουσείο Φασούλας δημιουργήθηκε το 1999 και αναδεικνύει στον επισκέπτη του τον συγκεκριμένο τρόπο ζωής και την ενασχόληση με τη γη που πλέον γίνεται κομμάτι της ιστορίας του χωριού. Το μουσείο περιλαμβάνει μια έκθεση με αντικείμενα και εργαλεία όπως αλέτρι, ζυγό, δρεπάνι και πήλινα σκεύη και πιθάκια, που χρησιμοποιούνταν για το θερισμό του σιταριού, το μάζεμα των ελιών και χαρουπιών, το όργωμα των χωραφιών και πολλά άλλα. Πέρα από τα αντικείμενα στο Γεωργικό Μουσείο Φασούλας, υπάρχουν παλιές φωτογραφίες και των ίδιων των

κατοίκων, παρουσιάζοντας γλαφυρά το εθνογραφικό περιβάλλον της περιοχής. Το μουσείο φιλοξενείται σε χώρο που αναπαλαιώθηκε με πρωτοβουλία και δαπάνη του Συνδέσμου Απόδημων του χωριού και χορηγούς την Κυπριακή Δημοκρατία και τον Κυπριακό Οργανισμό Τουρισμού. (Κοινοτικό Συμβούλιο Φασούλας, 2021).



Χάρτης 4.4: Δορυφορική Εικόνα Λαογραφικού - Γεωργικού Μουσείου Φασούλας



Εικόνα 4.6: Λαογραφικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού

4.5 Διαδικασία

Για να καταστεί δυνατή η πρόσβαση στα δύο μουσεία της πόλης, ζητήθηκε έγκριση από την Διευθύντρια του Τμήματος Αρχαιοτήτων, η οποία έδωσε τη συγκατάθεσή της με γραπτή απαντητική επιστολή. Στη συνέχεια έγιναν επί τόπου επισκέψεις στους μουσειακούς χώρους, όπου καταγράφηκαν οι υφιστάμενες καταστάσεις σε κάθε χώρο ξεχωριστά. Λήφθηκε υπόψη η περιοχή που εστιάζεται η κάθε περίπτωση, ένεκα του ότι τα δεδομένα δείχνουν ότι οι τρεις από τους τέσσερις χώρους μελέτης βρίσκονται σε περιοχές με μεγάλη πιθανότητα υψηλού φορτίου ρύπανσης, καθότι εστιάζονται σε κεντρικούς και πολυσύχναστους αστικούς δρόμους, με μεγάλο κυκλοφοριακή συμφόρηση, τουλάχιστον τις μισές ώρες ενός εικοσιτετράωρου. Η πρώτη επίσκεψη έγινε για τη συλλογή και καταγραφή των χώρων. Αφού καταγράφηκαν οι χώροι κι επιλέχθηκαν οι αίθουσες που θα γίνονταν οι μετρήσεις, πραγματοποιήθηκε νέα επίσκεψη στον κάθε χώρο ξεχωριστά, με την μεταφορά του φωτομετρητή Dust Task Model 8532 στα επιλεγμένα σημεία που θα λαμβάνονταν οι δειγματοληπτικές μετρήσεις. Ο φωτομετρητής τοποθετήθηκε σε δύο δωμάτια του καθενός μουσείου όπου πραγματοποίησε δεκάλεπτες μετρήσεις με κάθε φίλτρο. Δηλαδή σε κάθε χώρο έγινε δεκάλεπτη μέτρηση για τα αιωρούμενα σωματίδια των 2,5μm και δεκάλεπτη μέτρηση για τα σωματίδια των 10μm. Στο κτίριο που στεγάζεται η δημόσια υπηρεσία, το κτίριο διαθέτει τρεις ορόφους. Η συσκευή τοποθετήθηκε σε δύο γραφειακούς χώρους τόσο του 1^{ου}, όσο και του 2^{ου} ορόφου. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στο Λαογραφικό Μουσείο ήταν πιο απλή, καθώς ο χώρος βρίσκεται σε κοινότητα και δεν είναι ανοικτός καθημερινά για το κοινό. Ζητήθηκε από τον κοινοτάρχη η παραχώρηση του χώρου για συγκεκριμένη ώρα και διευθετήθηκε η διεξαγωγή των μετρήσεων. Έχοντας λάβει υπόψη ότι, η συγκεκριμένη έρευνα αποτελεί θέμα μεταπτυχιακής διατριβής και ότι λόγω πανδημίας SARS-COV2 υπάρχουν περιορισμοί τόσο στις μετακινήσεις, όσο και στην παρουσία σε διάφορους δημόσιους χώρους, θεωρείται ότι το δείγμα των μετρήσεων είναι ικανοποιητικό. Οι μετρήσεις έγιναν προς το τέλος του χρονοδιαγράμματος που τέθηκε, με τη χρήση - όπως αναφέρθηκε πιο πάνω - του χειροκίνητου φορητού φωτόμετρου μέτρησης σωματιδίων, Dust Trak Model 8532.

Μετά από δέκα μέρες περίπου έγιναν επαναληπτικές μετρήσεις στα δύο μουσεία της πόλης και στον κτίριο της δημόσιας υπηρεσίας. Στις μετρήσεις αυτές, χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα των 1μm, 2,5μm και 10μm.

4.6 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Η συσκευή Dust Trak Model 8532 που χρησιμοποιήθηκε, έχει τη δυνατότητα να κάνει μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων με τέσσερα διαφορετικά φίλτρα. Τα τέσσερα φίλτρα που προαναφέρθηκαν πραγματοποιούν μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο 1,0 μm, 2,5 μm, 4,0 μm και 10,0 μm. Στις μετρήσεις που έγιναν χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα των 2,5 μm και 10,0 μm. Ο φωτομετρητής έχει την ικανότητα να αποθηκεύει την κάθε μέτρηση σε Microsoft Excel αρχείο, που τον καθιστά ευέλικτο, ως προς την εύκολη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων που καταγράφηκαν για κάθε μέτρηση.

Κεφάλαιο 5

Αποτελέσματα

5.1 Έννοιες και Θέματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων που συλλέχθηκαν με τις δειγματοληπτικές μετρήσεις από τους τέσσερις εσωτερικούς χώρους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, έγιναν στην περίοδο πανδημίας SARS-COV-2 (COVID-19), με ισχυρή πιθανότητα, οι μετρήσεις να ήταν διαφορετικές αν γίνονταν σε περίοδο κανονικότητας. Επιπρόσθετα, αναφέρεται ότι οι δειγματοληπτικές μετρήσεις έγιναν σε περίοδο απαγόρευσης της κυκλοφορίας, με την παρουσία των επισκεπτών στους διάφορους χώρους και ιδιαίτερα στα μουσεία, να μην υπερβαίνει τα 10-15 άτομα κατά μέσο όρο ημερησίως .

5.2 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο μουσεία του Τμήματος Αρχαιοτήτων Κύπρου, ένα λαογραφικό-γεωργικό μουσείο που ανήκει στην κοινότητα Φασούλας της επαρχίας Λεμεσού και τέλος σε κτίριο που στεγάζονται τα επαρχιακά γραφεία δύο τμημάτων του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος και συγκεκριμένα του Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων και του Τμήματος Περιβάλλοντος.

Στον κάθε χώρο, έγιναν μετρήσεις δέκα λεπτών με κάθε φίλτρο. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν δύο δωμάτια/αίθουσες κάθε υποστατικού όπου έγιναν μετρήσεις με φίλτρο διαμέτρου 2,5 μm και 10 μm. Επίσης, τα δύο φίλτρα χρησιμοποιήθηκαν και σε εξωτερικό χώρο, για να μπορέσει να γίνει σύγκριση του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα, πόσο και πως επηρεάζει τους εσωτερικούς χώρους.

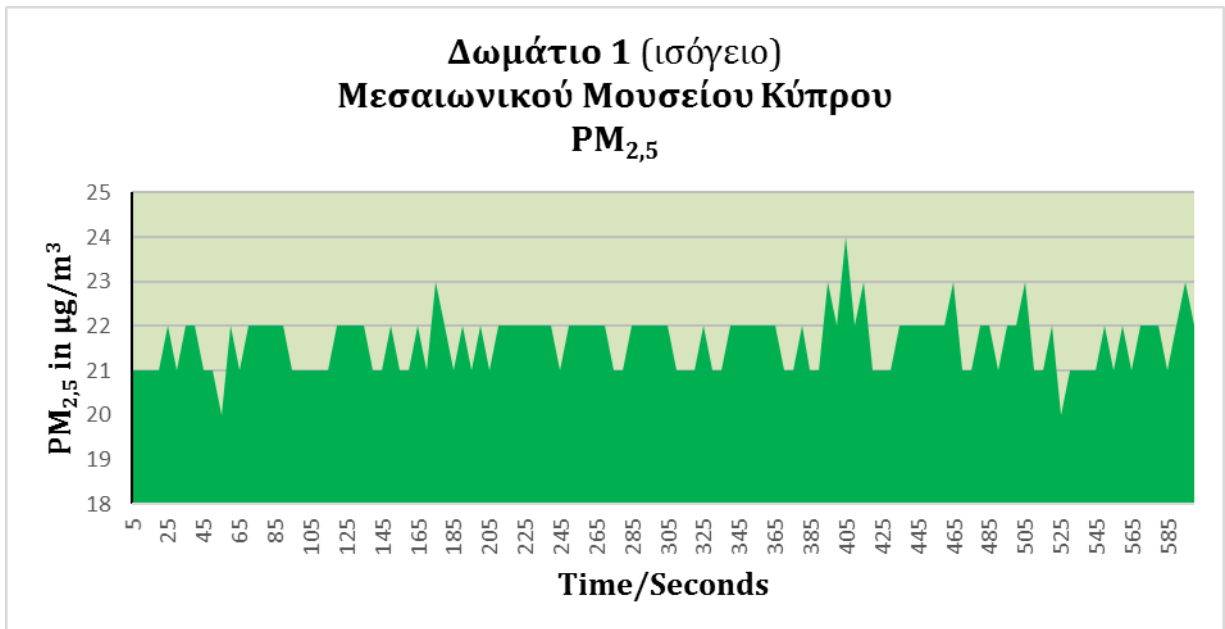
5.2.1 Μετρήσεις στο Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

Το Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου βρίσκεται μέσα στο Κάστρο Λεμεσού, πλησίον του παλαιού Λιμανιού της πόλης και της νεοσύστατης Μαρίνας. Στο συγκεκριμένο χώρο έγιναν οι πρώτες δειγματοληπτικές μετρήσεις. Λήφθηκε υπόψη ότι, στο μουσείο εργάζονται συνολικά 8 αρχειοφύλακες με βάρδιες. Κάθε βάρδια χρησιμοποιεί δύο υπαλλήλους. Σε ερωτήσεις που έγιναν σε μια υπάλληλο, ανέφερε ότι η περίοδος με τη μεγαλύτερη παρουσία κόσμου στο μουσείο, είναι η άνοιξη και το φθινόπωρο. Είναι η περίοδος που διοργανώνονται κρουαζιέρες και μεγάλος αριθμός τουριστών επισκέπτεται το μουσείο. Πρόσθεσε δε, ότι λόγω της πανδημίας COVID-19, η παρουσία κόσμου στο μουσείο είναι φτωχή και δεν ξεπερνά τους 15 επισκέπτες ημερησίως. Στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί, καταγράφονται οι μετρήσεις που έγιναν στο Δωμάτιο 1, που βρίσκεται στο ισόγειο του μουσειακού χώρου και συγκεκριμένα 5 μέτρα από την πόρτα εισόδου του μουσείου. Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση φίλτρων διαμέτρων 2,5 και 10,0 μm.

Πίνακας 5.1: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 1 (ισόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

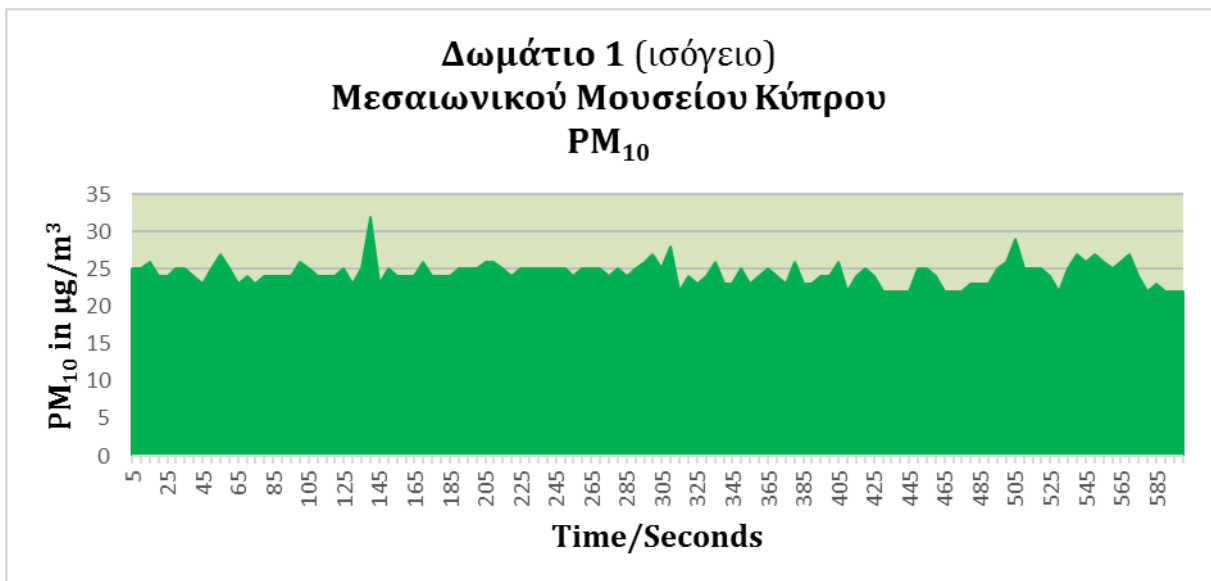
Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	20 μg/m ³	24 μg/m ³	22 μg/m ³
PM _{10,0}	22 μg/m ³	32 μg/m ³	24 μg/m ³

Στο Διάγραμμα 5.1 καταγράφεται η δεκάλεπτη μέτρηση που έγινε στο Δωμάτιο 1 στο ισόγειο ανά πέντε δευτερόλεπτα:



Διάγραμμα 5.1: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων $PM_{2,5}$ **Δωματίου 1 (ισόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Ακολουθεί το Διάγραμμα 5.2 με τη δεκάλεπτη μέτρηση των PM_{10} στο Δωμάτιο 1:

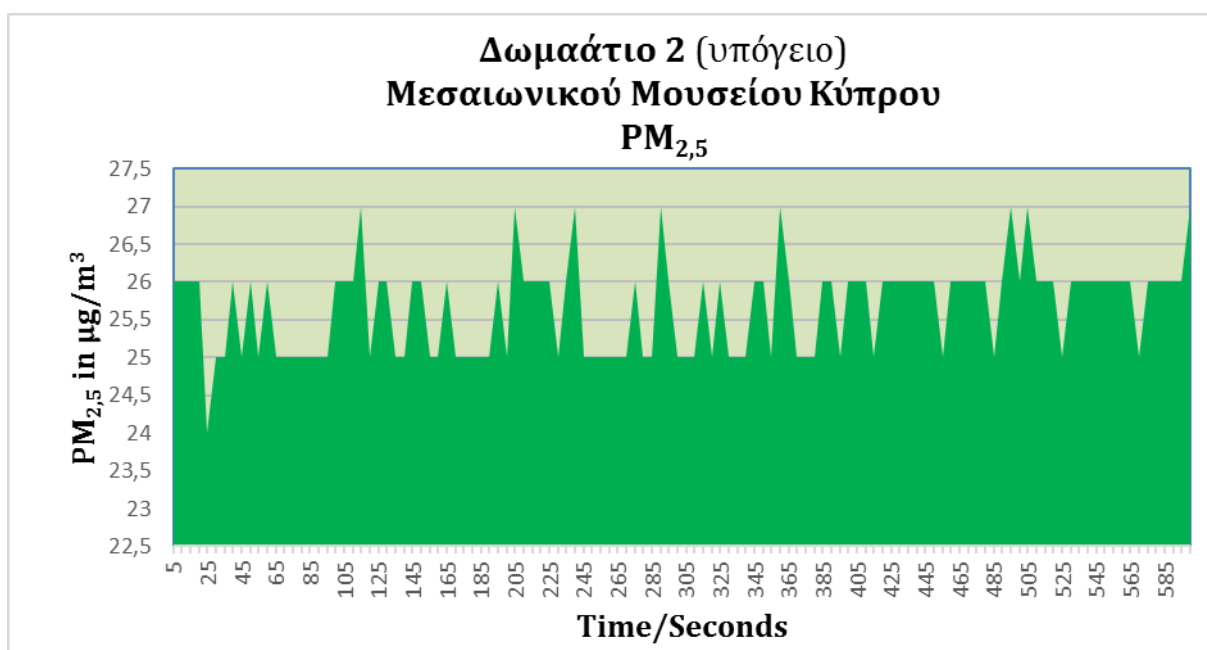


Διάγραμμα 5.2: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{10} **Δωματίου 1 (ισόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

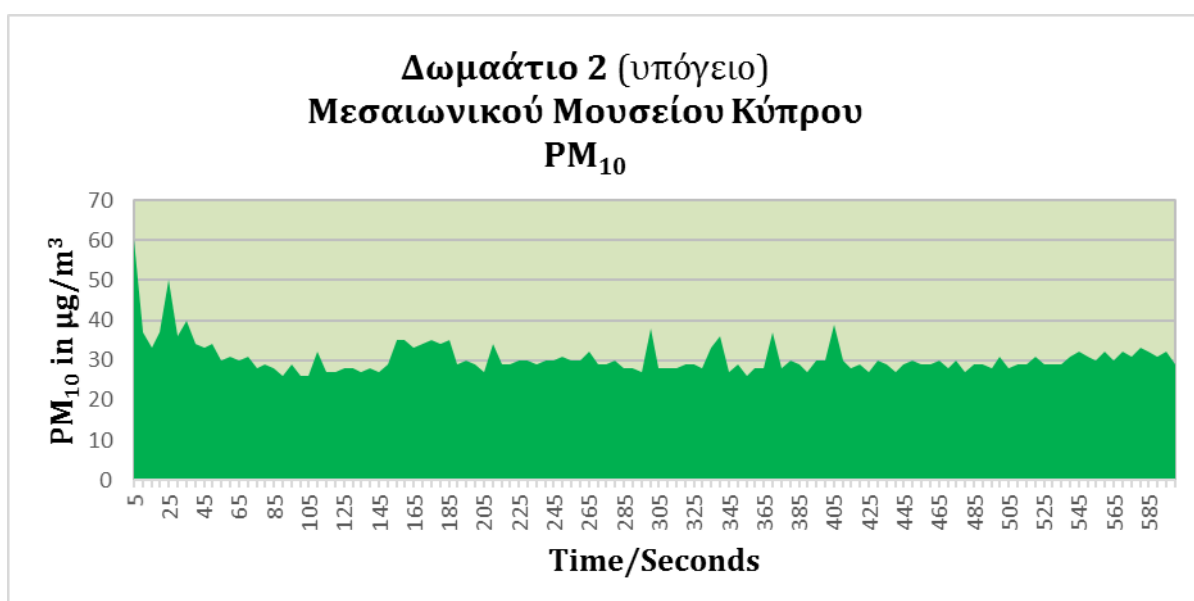
Ακολούθως, εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία, με μετρήσεις δειγματοληπτικές μετρήσεις στο Δωμάτιο 2, που βρίσκεται στο Δωμάτιο 2 (υπόγειο του μουσείου). Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που προέκυψαν από το συγκεκριμένο χώρο. Στο Διάγραμμα 5.3, καταγράφεται η δεκάλεπτη μέτρηση των $PM_{2,5}$ και στο Διάγραμμα 5.4 των PM_{10} .

Πίνακας 5.2: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων **Δωματίου 2 (υπόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	24 μg/m ³	27 μg/m ³	26 μg/m ³
PM _{10,0}	26 μg/m ³	60 μg/m ³	31 μg/m ³



Διάγραμμα 5.3: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{2,5} **Δωματίου 2 (υπόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου



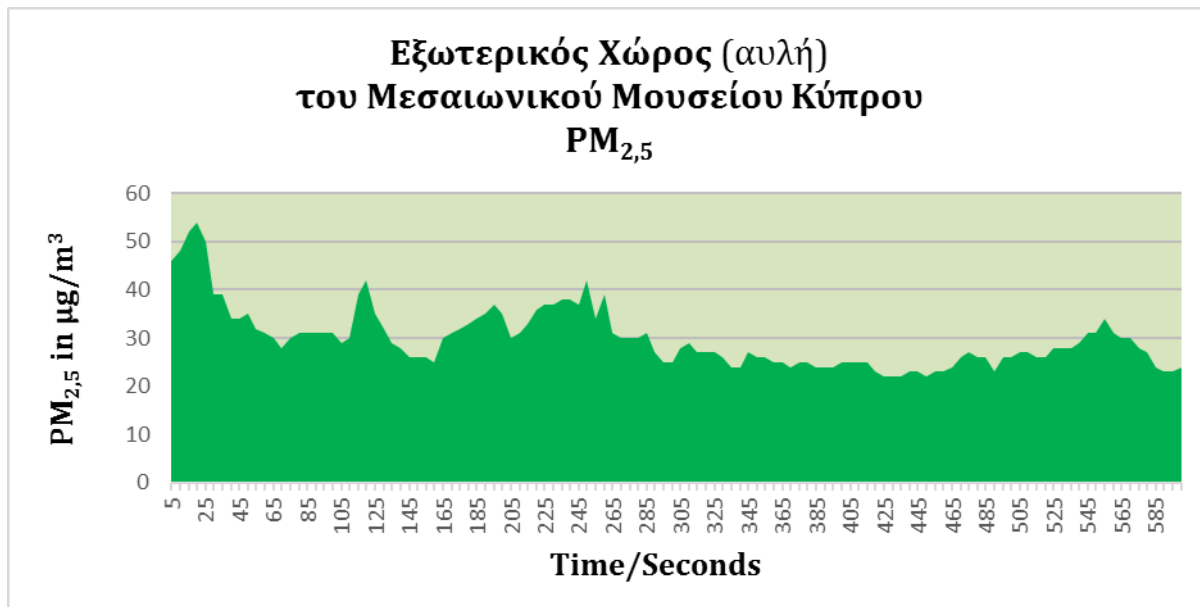
Διάγραμμα 5.4: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM₁₀ **Δωματίου 2 (υπόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Στο Μεσαιωνικό Μουσείο, ολοκληρώθηκαν οι δειγματοληπτικές μετρήσεις, με τον εξωτερικό χώρο. Συγκεκριμένα, η συσκευή τοποθετήθηκε δίπλα από ένα τεράστιο δέντρο που βρίσκεται στο κέντρο της αυλής του μουσείου. Ο εξωτερικός χώρος του μουσείου περιβάλλεται από εστιατόρια και καφετέριες, καθότι είναι περιοχή πολυσύχναστη, όμως και πάλι, η κατάσταση με την πανδημία, έκανε το γύρω περιβάλλον να μοιάζει με κάτι άλλο, παρά πολυσύχναστη και τουριστική περιοχή. Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι μετρήσεις που λήφθηκαν από τον εξωτερικό χώρο του μουσείου.

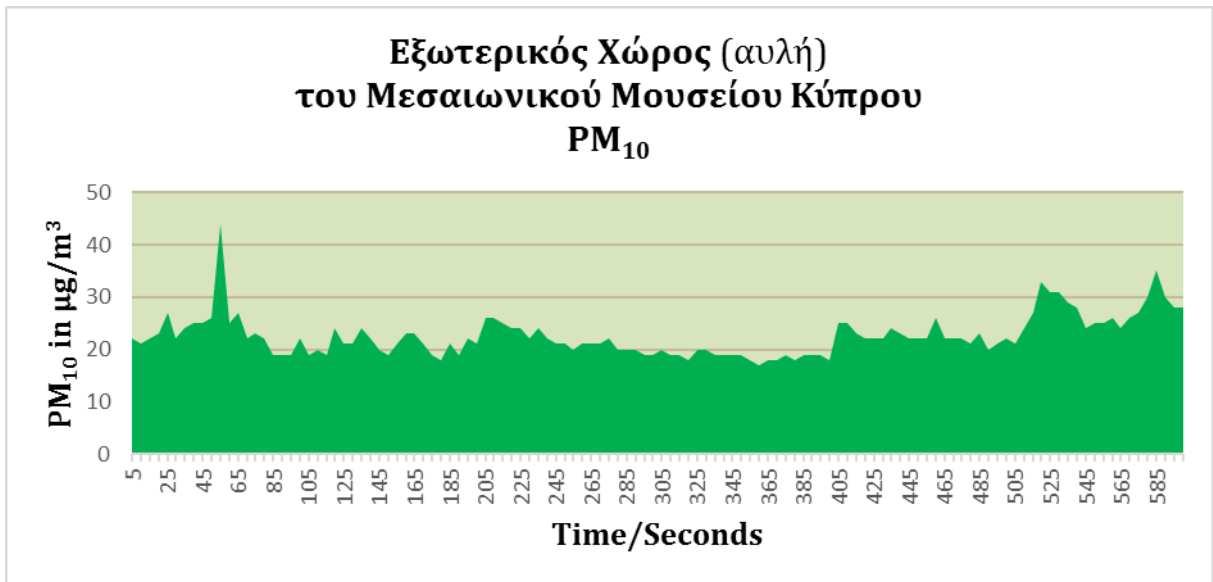
Πίνακας 5.3: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον **Εξωτερικό Χώρο (αυλή)** του Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{2,5}	22 µg/m ³	54 µg/m ³	30 µg/m ³	13 µg/m ³
PM _{10,0}	17 µg/m ³	44 µg/m ³	23 µg/m ³	26 µg/m ³

Στα Διαγράμματα 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται οι δεκάλεπτες μετρήσεις των PM_{2,5} και PM₁₀ στον εξωτερικό χώρο του μουσείου:

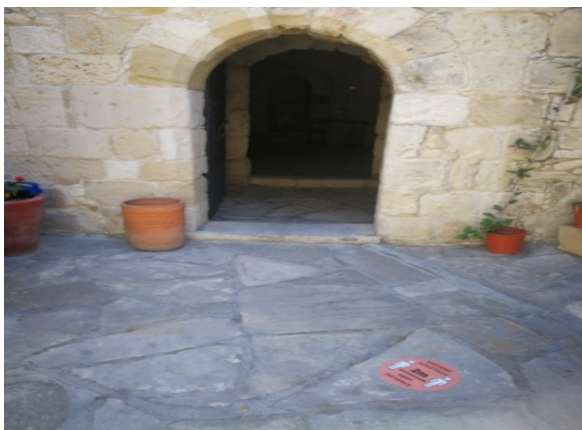


Διάγραμμα 5.5: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{2,5} **Εξωτερικού Χώρου (αυλής)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου



Διάγραμμα 5.6: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM₁₀ **Εξωτερικού Χώρου (αυλής)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Στην Εικόνα 5.1 ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από τη μέρα που διενεργήθηκαν οι μετρήσεις στο Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου στο Κάστρο της Λεμεσού:



Εικόνα 5.1 : Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου στο Κάστρο της Λεμεσού

Δέκα μέρες μετά, έγιναν επαναληπτικές μετρήσεις στο χώρο του Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με την προσθήκη του φίλτρου με διάμετρο 1μm .

Στους Πίνακες 5.4, 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται οι επαναληπτικές μετρήσεις:

Πίνακας 5.4: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 1 (ισόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{1,0}	14 μg/m ³	21 μg/m ³	15 μg/m ³
PM _{2,5}	20 μg/m ³	25 μg/m ³	22 μg/m ³
PM _{10,0}	22 μg/m ³	35 μg/m ³	26 μg/m ³

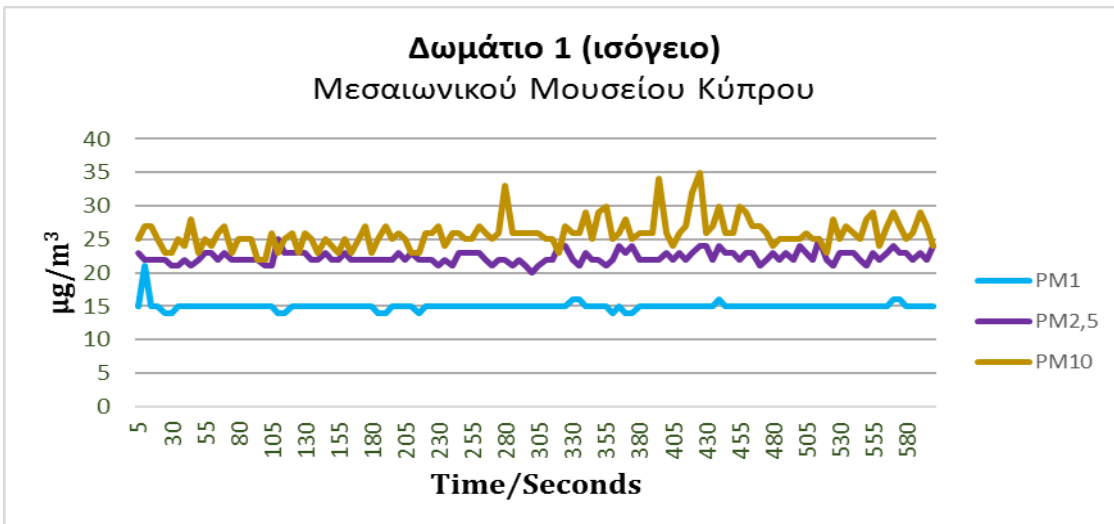
Πίνακας 5.5: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 2 (υπόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{1,0}	13 μg/m ³	16 μg/m ³	14 μg/m ³
PM _{2,5}	22 μg/m ³	26 μg/m ³	24 μg/m ³
PM _{10,0}	20 μg/m ³	30 μg/m ³	23 μg/m ³

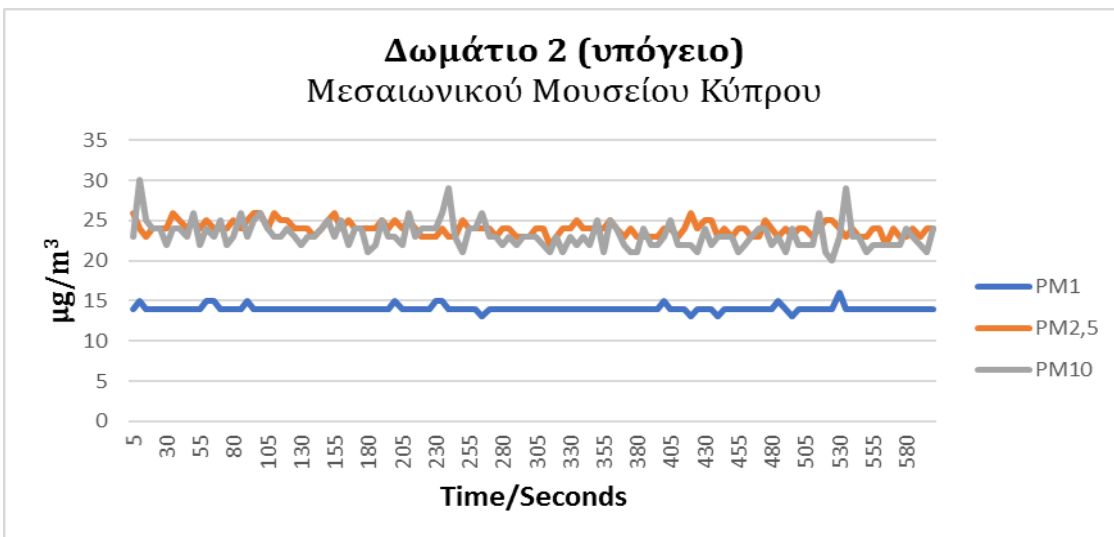
Πίνακας 5.6: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων Εξωτερικού Χώρου (αυλής) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{1,0}	14 μg/m ³	17 μg/m ³	15 μg/m ³	---
PM _{2,5}	17 μg/m ³	21 μg/m ³	19 μg/m ³	18 μg/m ³
PM _{10,0}	16 μg/m ³	24 μg/m ³	19 μg/m ³	31 μg/m ³

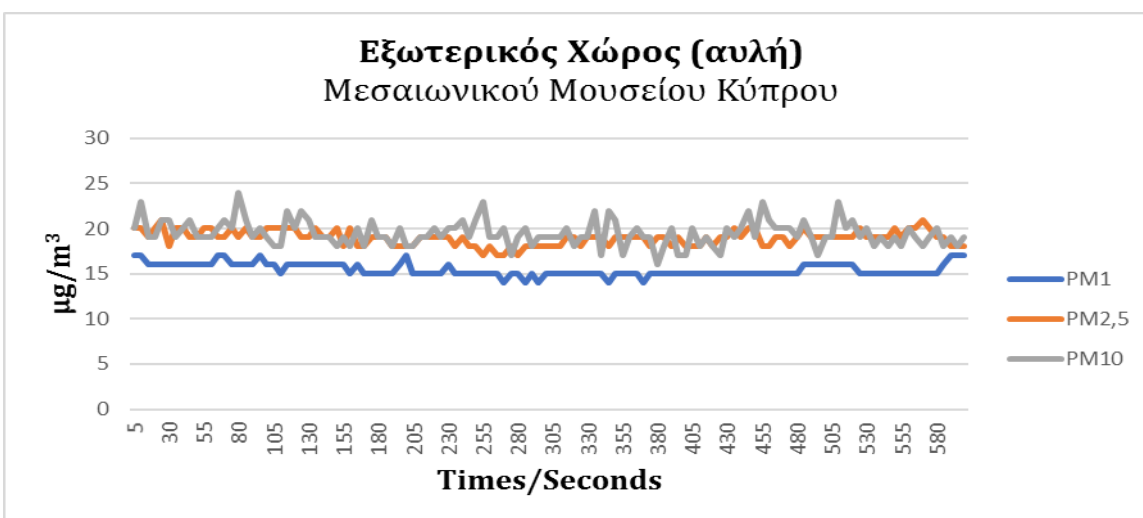
Στα Διαγράμματα 5.7, 5.8 και 5.9 ακολουθούν τα γραφήματα των πιο πάνω μετρήσεων στους τρεις χώρους που επιλέχθηκαν:



Διάγραμμα 5.7: Δεκάλεπτες Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων **Δωματίου 1 (ισόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου



Διάγραμμα 5.8: Δεκάλεπτες Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων **Δωματίου 2 (υπόγειο)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου



Διάγραμμα 5.9: Δεκάλεπτες Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων **Εξωτερικού Χώρου (αυλής)** Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου

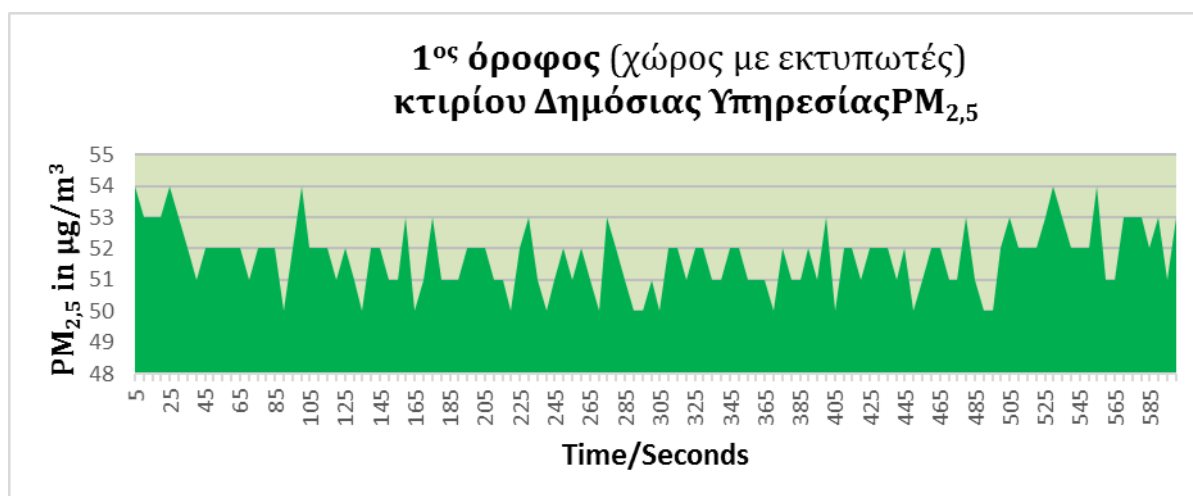
5.2.2 Μετρήσεις σε κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας (Ιοαννου Tower)

Μετά τις πρώτες μετρήσεις στο Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου, πήρε τη σκυτάλη κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, το Ιοαννου Tower φιλοξενεί τα επαρχιακά γραφεία της πόλης, τόσο του Τμήματος Αναπτύξεων Υδάτων, όσο και του Τμήματος Περιβάλλοντος. Τα τμήματα αυτά υπάγονται στο Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Επίσης, σε αυτή τη δειγματοληπτική μέτρηση εφαρμόστηκε η ίδια διαδικασία όπως και στο Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου. Δηλαδή, έγιναν μετρήσεις στον 1^ο όροφο του κτιρίου, στο 2^ο όροφο του κτιρίου και στο προαύλιο του κτιρίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ατμόσφαιρα υπήρχε κίτρινη προειδοποίηση για ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων, καθώς επίσης και σκόνη στην ατμόσφαιρα, κάτι που ήταν φανερό δια γυμνού οφθαλμού. Ακολουθούν οι μετρήσεις (Πίνακας 5.7) στον 1^ο όροφο, που αξίζει να σημειωθεί ότι, ο μετρητής τοποθετήθηκε σε κοινόχρηστο χώρο, και δίπλα από συσκευές τηλεομοιότυπου, εκτυπωτή και φωτοτυπικής μηχανής.

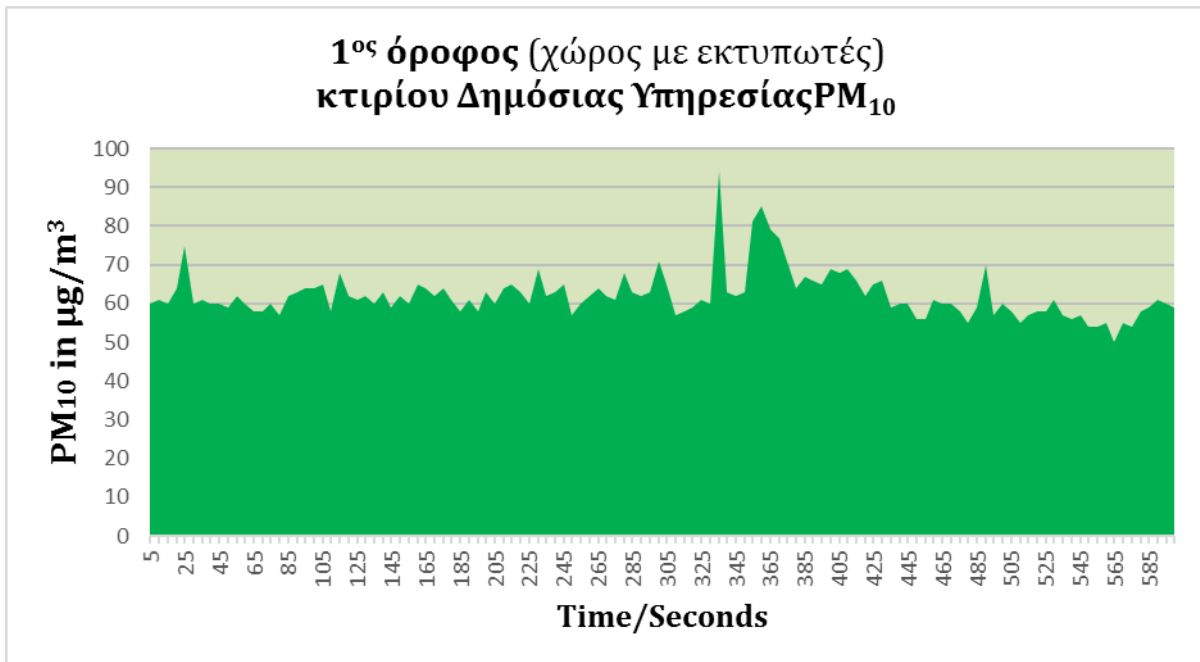
Πίνακας 5.7: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον 1^ο όροφο (χώρο με εκτυπωτές κτλ.) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	50 µg/m ³	54 µg/m ³	52 µg/m ³
PM _{10,0}	50 µg/m ³	94 µg/m ³	62 µg/m ³

Στα Διαγράμματα 5.10 και 5.11 φαίνεται η καταγραφή των σωματιδίων ανά πέντε δευτερόλεπτα για δέκα λεπτά, τόσο για τα PM_{2,5} όσο και για τα PM₁₀.



Διάγραμμα 5.10: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{2,5} στον 1^ο όροφο (χώρο με εκτυπωτές κτλ.) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



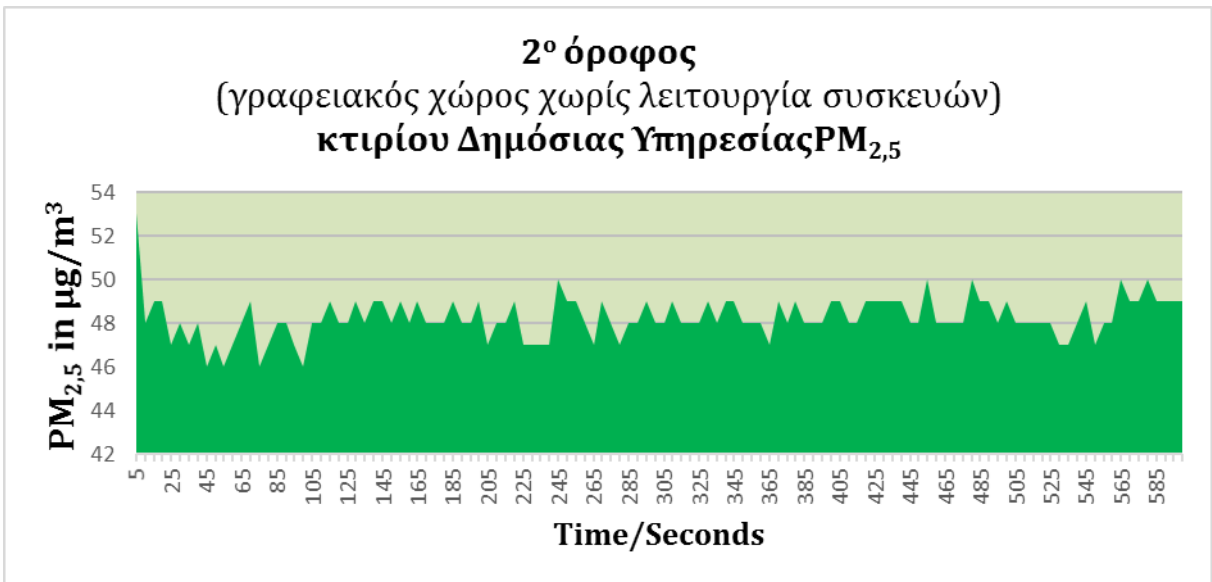
Διάγραμμα 5.11: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM₁₀ στον **1^ο όροφο (χώρος με εκτυπωτές κτλ.)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Στη συνέχεια, ο μετρητής τοποθετήθηκε σε γραφείο του 2^{ου} ορόφου και συγκεκριμένα σε γραφείο που δεν υπήρχε υπάλληλος εκείνη τη στιγμή (για ευνόητους λόγους). Αυτή τη φορά επιλέχθηκε δωμάτιο χωρίς ηλεκτρονικές συσκευές (υπήρχαν μεν, αλλά ήταν εκτός λειτουργίας δε). Στον Πίνακα 5.8 ακολουθούν οι μετρήσεις από το γραφείο του 2^{ου} ορόφου:

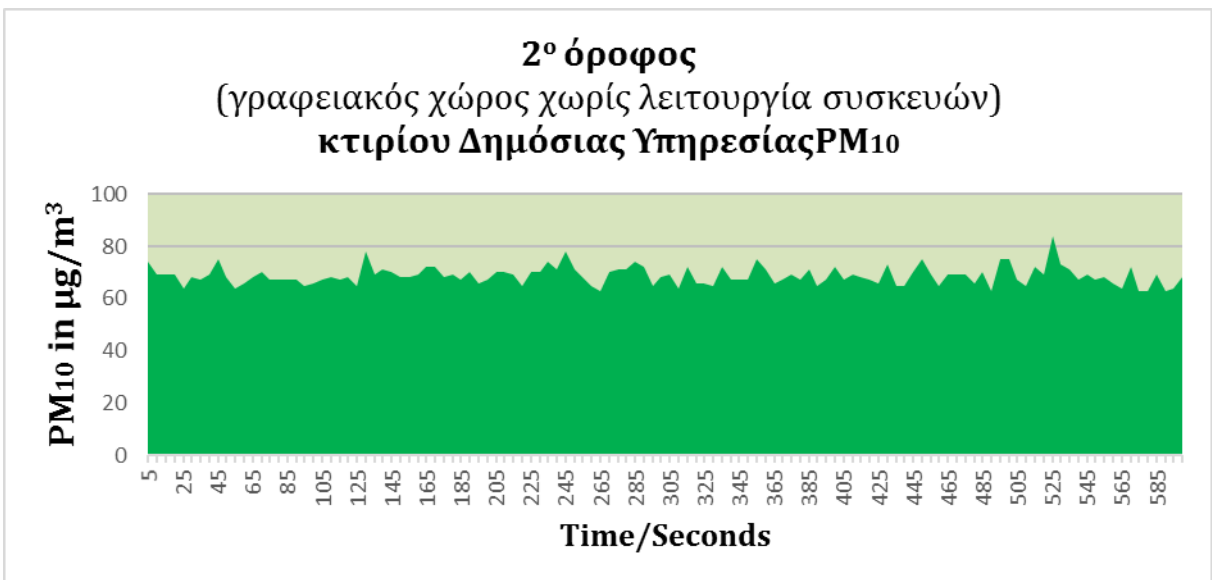
Πίνακας 5.8: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον **2^ο όροφο (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	46 µg/m ³	53 µg/m ³	48 µg/m ³
PM _{10,0}	63 µg/m ³	84 µg/m ³	69 µg/m ³

Ακολουθούν τα Διαγράμματα 5.12 και 5.13 που κατέγραψαν τη εξέλιξη της δεκάλεπτης μέτρησης για τα PM_{2,5} και τα PM₁₀:



Διάγραμμα 5.12: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{2,5} στον **2^ο όροφο** (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



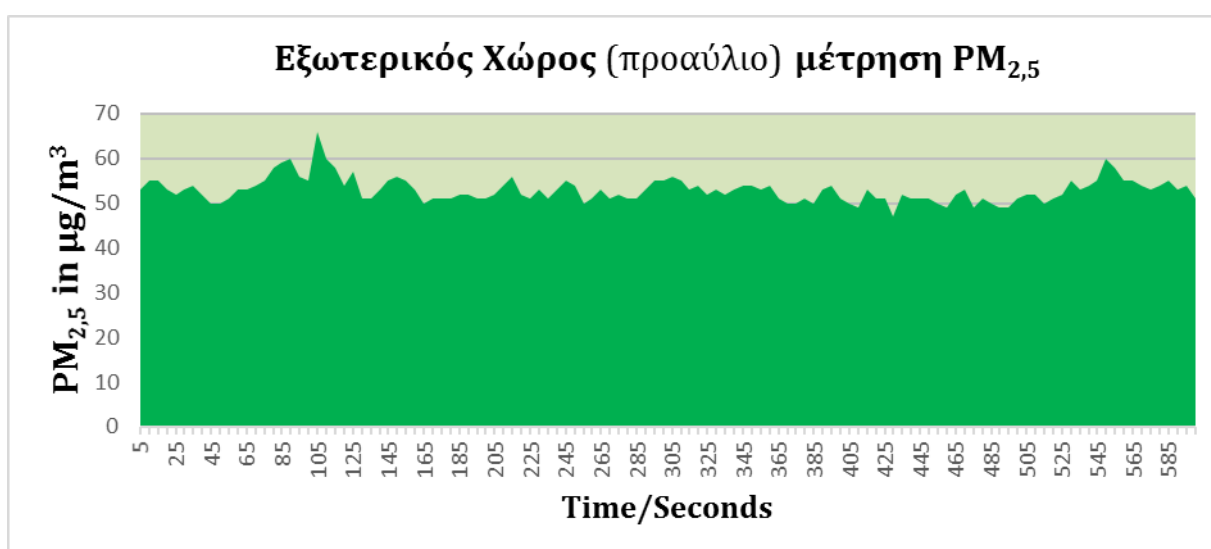
Διάγραμμα 5.13: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM₁₀ στον **2^ο όροφο** (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Τελευταίες λήφθηκαν οι μετρήσεις από το προαύλιο του κτιρίου. Τη συγκεκριμένη μέρα και ώρα υπήρχαν σφοδροί άνεμοι και ήταν έντονο το φαινόμενο της σκόνης. Στον Πίνακα 5.9 καταγράφονται οι μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο του προαυλίου, καθώς επίσης και της μετρήσεις του σταθμού της πόλης.

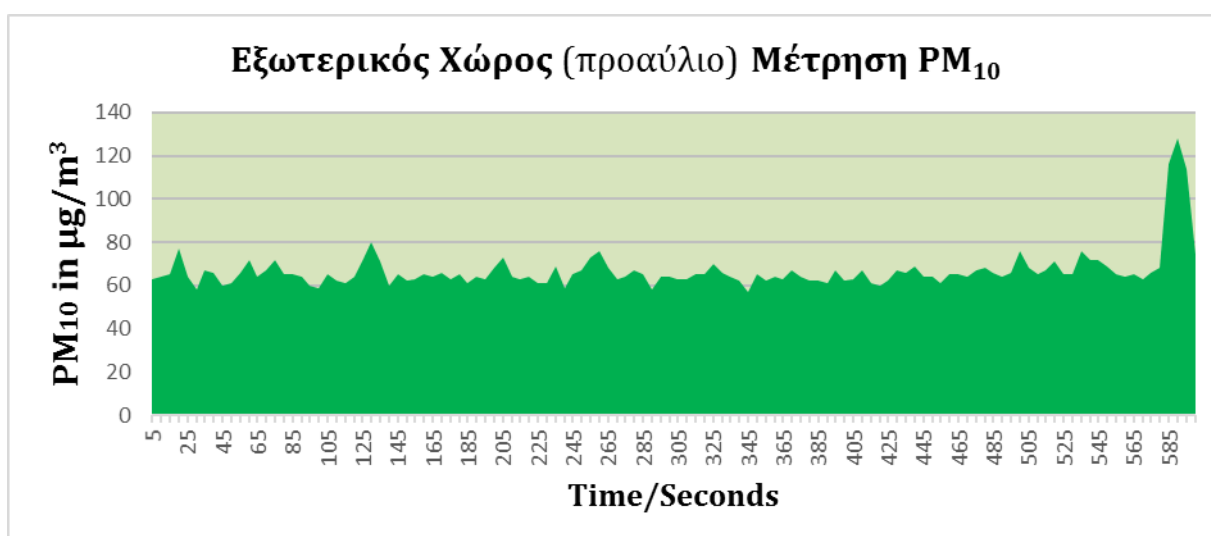
Πίνακας 5.9: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον **Εξωτερικό Χώρο (προαύλιο)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{2,5}	47 μg/m ³	66 μg/m ³	53 μg/m ³	29 μg/m ³
PM _{10,0}	57 μg/m ³	128 μg/m ³	67 μg/m ³	64 μg/m ³

Στα Διαγράμματα 5.14 και 5.15 απεικονίζονται οι δεκάλεπτες μετρήσεις ανά πέντε δευτερόλεπτα για τα PM_{2,5} και τα PM₁₀:



Διάγραμμα 5.14: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM_{2,5} στον **Εξωτερικό Χώρο (προαύλιο)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



Διάγραμμα 5.15: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων PM₁₀ στον **Εξωτερικό Χώρο (προαύλιο)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Μετά από μια βδομάδα έγιναν επαναληπτικές μετρήσεις στους ίδιους χώρους του κτιρίου, μόνο που αυτή τη φορά εκτός από τα φίλτρα με διάμετρο 2,5μm και 10μm, χρησιμοποιήθηκε φίλτρο για διεξαγωγή μετρήσεων με διάμετρο 1μm. Στους πίνακες 5.10, 5.11 και 5.12 ακολουθούν οι μετρήσεις που διενεργήθηκαν για τους ίδιους χώρους (1^ο όροφο, 2^ο όροφο, εξωτερικό χώρο) που αναφέρονται πιο πάνω:

Πίνακας 5.10: Β' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον 1^ο όροφο (χώρο με εκτυπωτές κτλ.) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{1,0}	16 μg/m ³	18 μg/m ³	17 μg/m ³
PM _{2,5}	24 μg/m ³	32 μg/m ³	28 μg/m ³
PM _{10,0}	28 μg/m ³	39 μg/m ³	34 μg/m ³

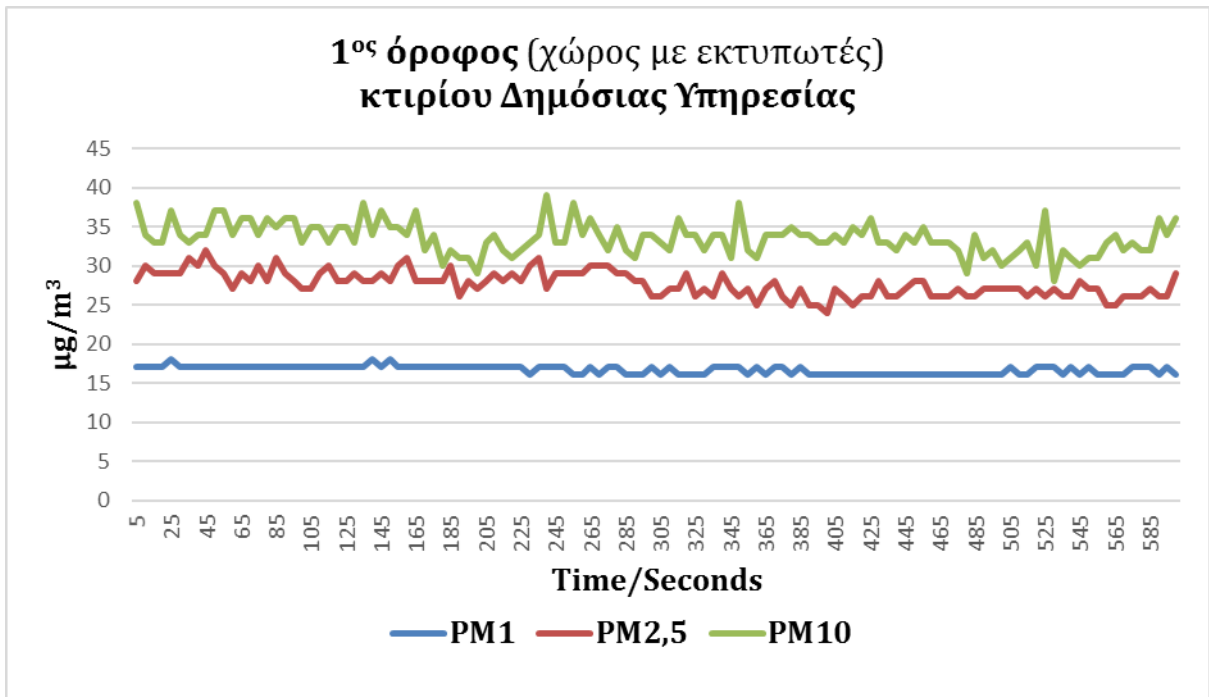
Πίνακας 5.11: Β' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον 2^ο όροφο (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{1,0}	14 μg/m ³	16 μg/m ³	15 μg/m ³
PM _{2,5}	21 μg/m ³	27 μg/m ³	24 μg/m ³
PM _{10,0}	22 μg/m ³	35 μg/m ³	25 μg/m ³

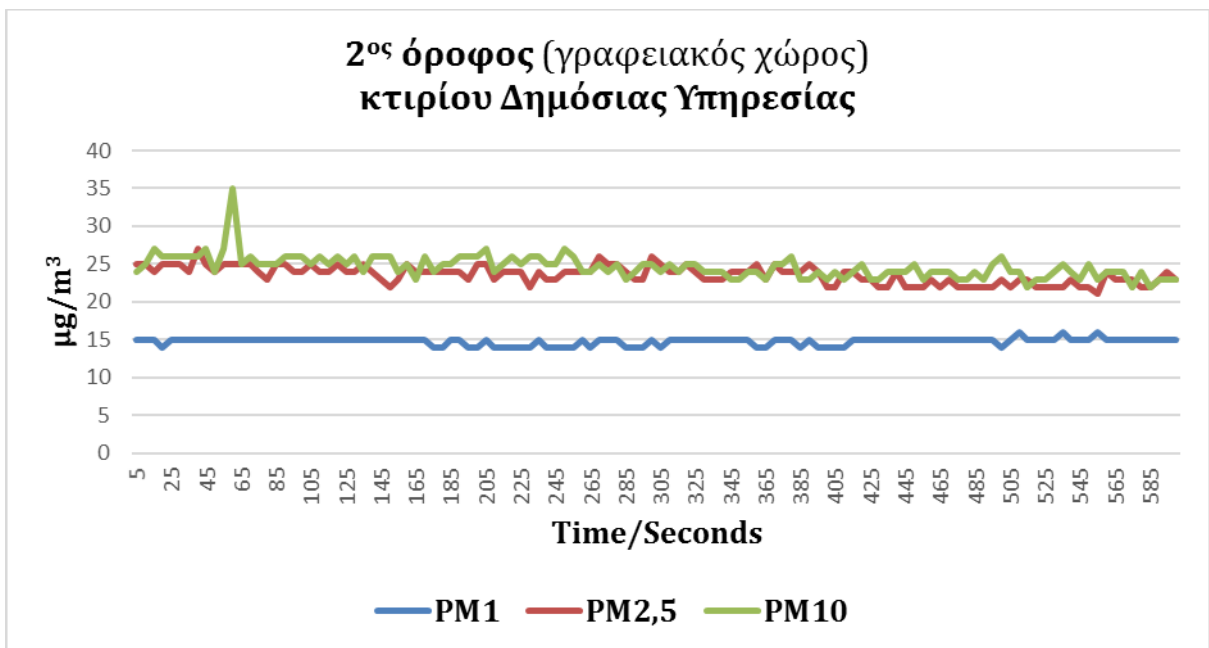
Πίνακας 5.12: Β' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον εξωτερικό χώρο (προαύλιο) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{1,0}	14 μg/m ³	18 μg/m ³	16 μg/m ³	---
PM _{2,5}	28 μg/m ³	33 μg/m ³	30 μg/m ³	23 μg/m ³
PM _{10,0}	32 μg/m ³	64 μg/m ³	40 μg/m ³	55 μg/m ³

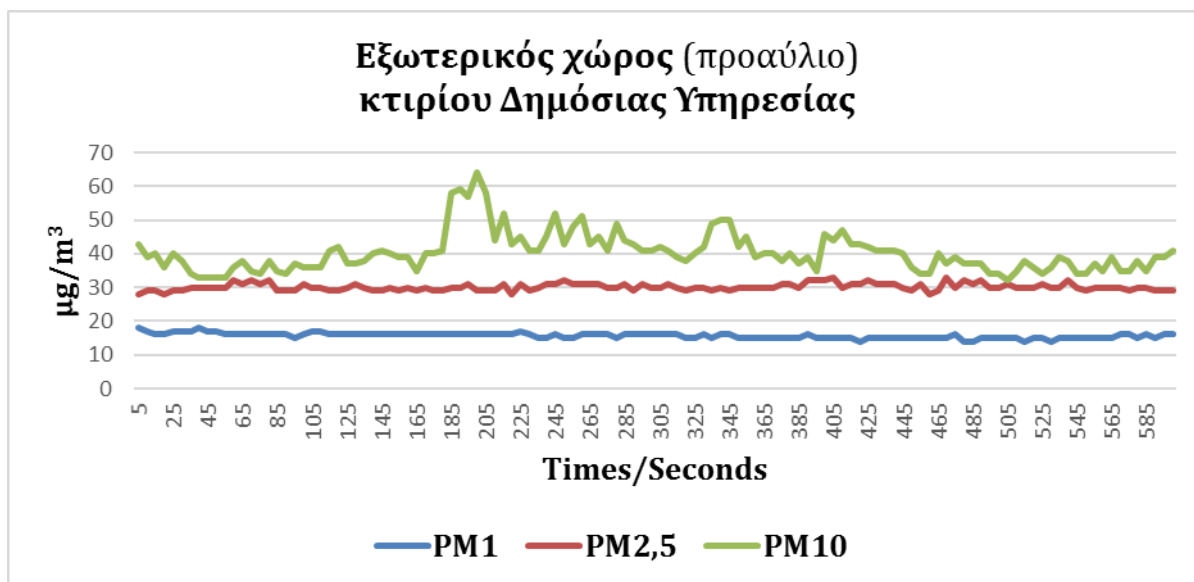
Στα Διαγράμματα 5.16, 5.17 και 5.18 καταγράφονται οι δεκάλεπτες μετρήσεις ανά πέντε δευτερόλεπτα για όλα τα διαμετρικά φίλτρα για τους τρεις υπό εξέταση χώρους του κτιρίου:



Διάγραμμα 5.16: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον **1ο** όροφο (χώρος με εκτυπωτές) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



Διάγραμμα 5.17: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον **2ο** όροφο (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



Διάγραμμα 5.18: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον **Εξωτερικό Χώρο (προαύλιο)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Δύο βδομάδες αργότερα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τρίτη φορά στο συγκεκριμένο κτίριο. Οι Πίνακες 5.13, 5.14 και 5.15 καταγράφουν τις τρίτες μετρήσεις:

Πίνακας 5.13: Γ' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον **1^ο όροφο (χώρο με εκτυπωτές κτλ.)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	13 µg/m ³	19 µg/m ³	15 µg/m ³
PM ₁₀	15 µg/m ³	96 µg/m ³	31 µg/m ³

Πίνακας 5.14: Γ' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον **2ο όροφο (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	12 µg/m ³	20 µg/m ³	14 µg/m ³
PM _{10,0}	14 µg/m ³	30 µg/m ³	19 µg/m ³

Πίνακας 5.15: Γ' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον **εξωτερικό χώρο (προαύλιο)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{2,5}	17 µg/m ³	24 µg/m ³	19 µg/m ³	10 µg/m ³
PM _{10,0}	18 µg/m ³	47 µg/m ³	26 µg/m ³	25 µg/m ³

Στα Διαγράμματα 5.19, 5.20 και 5.21 καταγράφονται οι δεκάλεπτες μετρήσεις ανά πέντε δευτερόλεπτα για τα διαμετρικά φίλτρα των 2,5μm και 10μm για τους τρεις υπό εξέταση χώρους του κτιρίου:



Διάγραμμα 5.19: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον 1ο όροφο (χώρος με εκτυπωτές) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

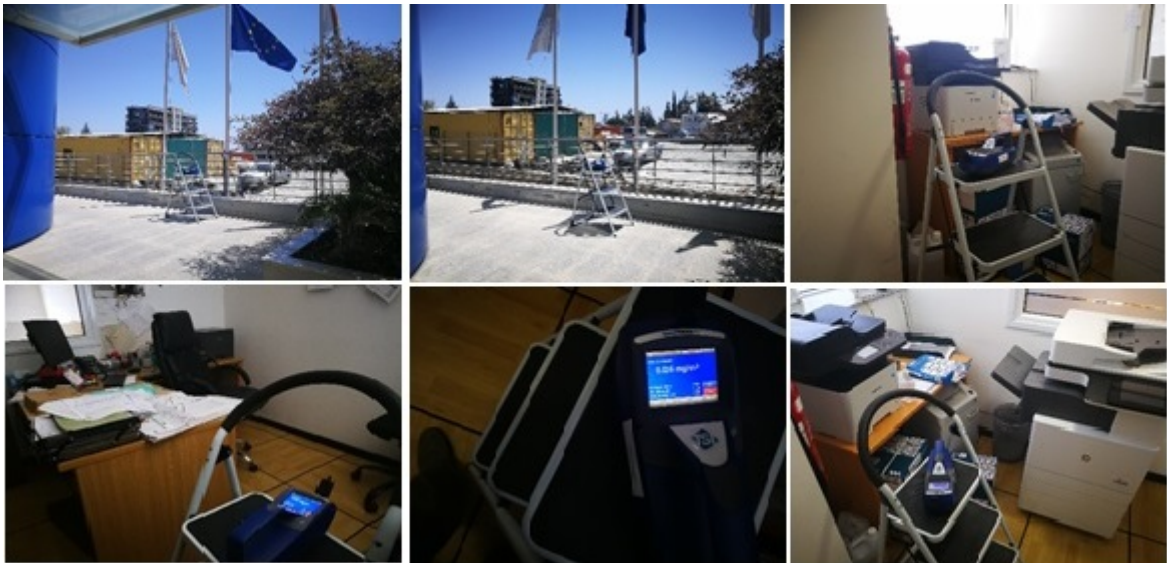


Διάγραμμα 5.20: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον 2ο όροφο (γραφειακός χώρος χωρίς λειτουργία συσκευών) του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



Διάγραμμα 5.21: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον **Εξωτερικό Χώρο (προαύλιο)** του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από τη μέρα της τρίτης φάσης δειγματοληπτικών μετρήσεων στα γραφεία της Δημόσιας Υπηρεσίας:



Εικόνα 5.2 : Ιωαννου Tower (Άγιος Αθανάσιος Λεμεσού – Κτίριο στέγασης τμημάτων του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

5.2.3 Μετρήσεις στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού

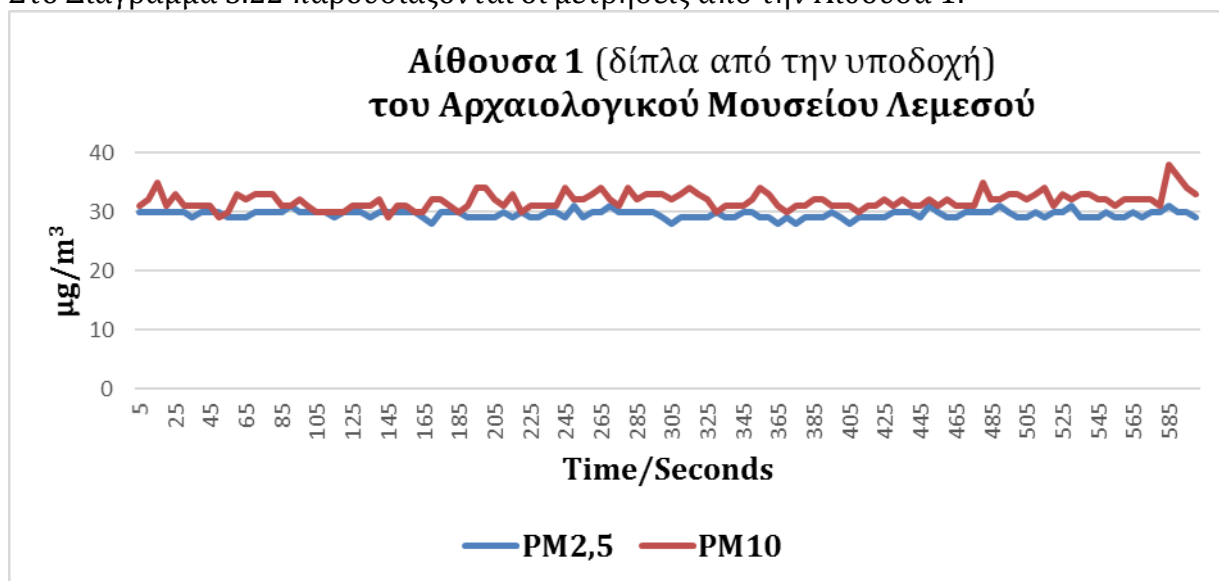
Οι επόμενες δειγματοληπτικές μετρήσεις έγιναν στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού, που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης και περίπου 200 μέτρα βόρεια της ακτογραμμής. Στο μουσείο εργάζονται 4 έως 5 υπάλληλοι καθημερινώς, ενώ ο κόσμος που το επισκέπτεται δεν υπερβαίνει – σύμφωνα με ερώτηση που έγινε σε αρχειοφύλακα

του μουσείου – τα 15 έως 20 άτομα κάθε μέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις έγιναν σε περίοδο απαγόρευσης της κυκλοφορίας λόγω της πανδημίας SARS-COV-2, με τα μουσεία να παραμένουν κλειστά για το κοινό. Εξασφαλίστηκε ειδική άδεια για να καταστεί δυνατή η επίσκεψη στο μουσείο και να γίνουν γεγονός οι δειγματοληπτικές μετρήσεις. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από δύο δωμάτια που βρίσκονται (α) δίπλα από την υποδοχή (Αίθουσα 1) και (β) στο βάθος του μουσείου (Αίθουσα 2), καθώς επίσης και δειγματοληπτική μέτρηση στην αυλή του μουσείου. Χρησιμοποιήθηκαν τα φίλτρα 2,5 μm και 10 μm για να ληφθούν οι μετρήσεις από τους τρεις πιο πάνω χώρους, εντός κι εκτός του μουσείου. Στον Πίνακα 5.16 καταγράφονται οι μετρήσεις που έγιναν στην Αίθουσα 1 του Αρχαιολογικού Μουσείου:

Πίνακας 5.16: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην **Αίθουσα 1 (δίπλα από την υποδοχή)** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	28 μg/m ³	31 μg/m ³	30 μg/m ³
PM _{10,0}	29 μg/m ³	38 μg/m ³	32 μg/m ³

Στο Διάγραμμα 5.22 παρουσιάζονται οι μετρήσεις από την Αίθουσα 1:



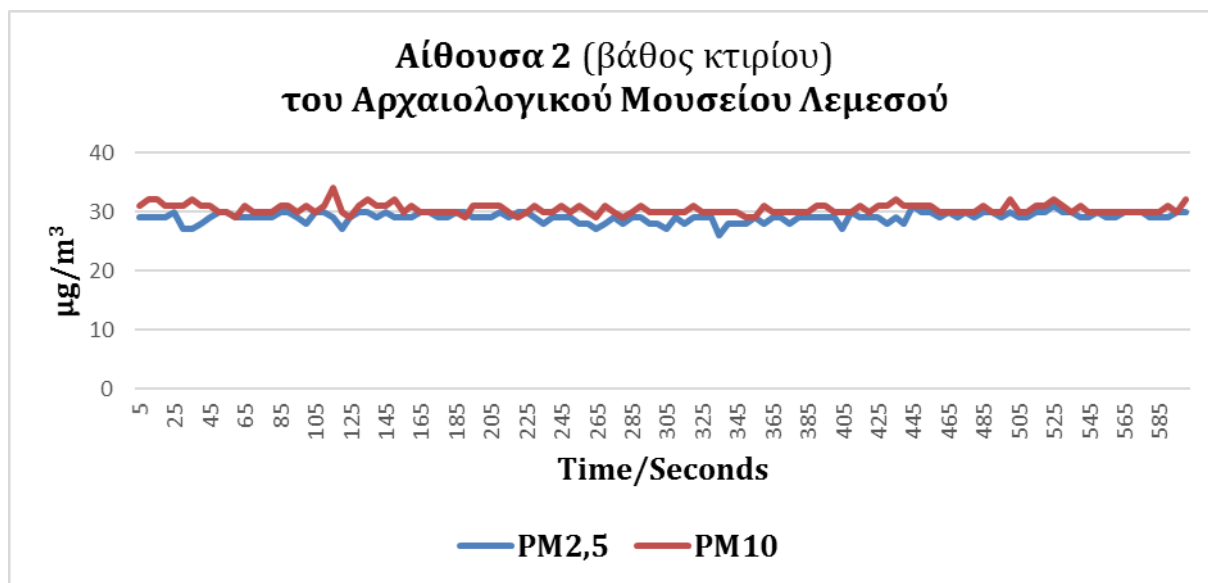
Διάγραμμα 5.22: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην **Αίθουσα 1 (δίπλα από την υποδοχή)** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Στον Πίνακα 5.17, καταγράφονται οι μετρήσεις που λήφθηκαν στην Αίθουσα 2 του μουσείου, η οποία βρίσκεται στο βάθος του κτιρίου και σε μέρος που είναι πολύ σκοτεινό και μοιάζει κλειστό για το κοινό (όπως και είναι λόγω πανδημίας).

Πίνακας 5.17: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	26 µg/m ³	31 µg/m ³	29 µg/m ³
PM _{10,0}	29 µg/m ³	34 µg/m ³	30 µg/m ³

Στο Διάγραμμα 5.23 παρουσιάζονται οι μετρήσεις από την Αίθουσα 2:

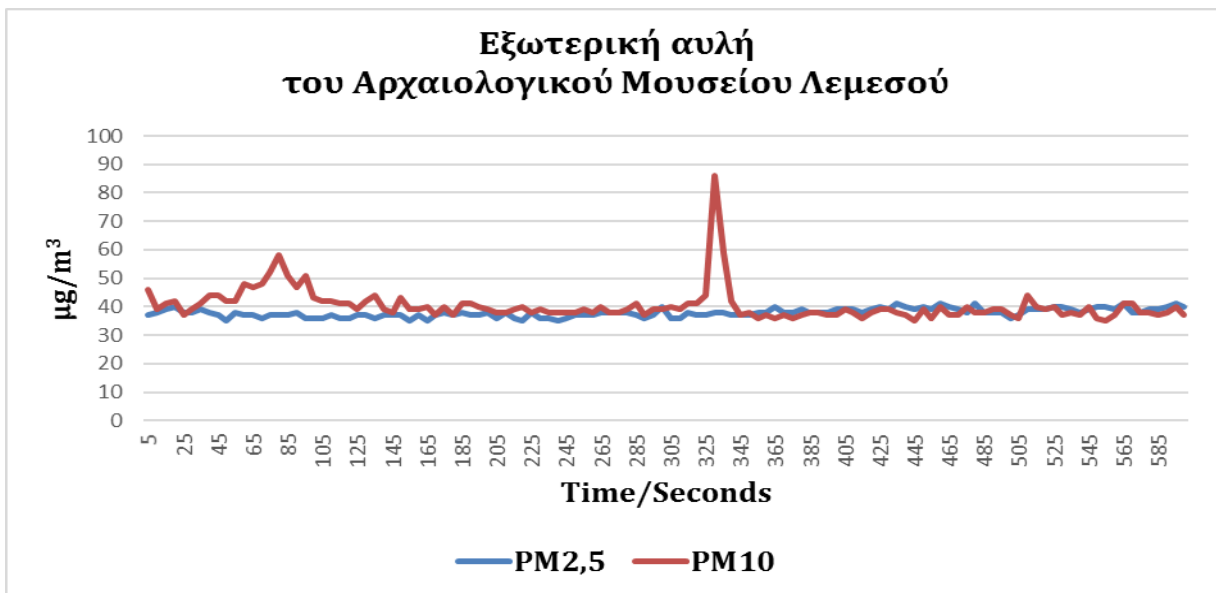


Διάγραμμα 5.23: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Στον Πίνακα 5.18 καταγράφονται τα αποτελέσματα από την αυλή του μουσείου στο Διάγραμμα 5.24 παρουσιάζεται το γράφημα της δεκάλεπτης μέτρησης ανά 5 δευτερόλεπτα. Το μηχάνημα τοποθετήθηκε στο προαύλιο του μουσείου, ενδιάμεσα στο κτίριο και τον αυτοκινητόδρομο.

Πίνακας 5.18: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{2,5}	35 µg/m ³	41 µg/m ³	38 µg/m ³	24 µg/m ³
PM _{10,0}	35 µg/m ³	86 µg/m ³	40 µg/m ³	50 µg/m ³



Διάγραμμα 5.24: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Να αναφερθεί ότι ο σταθμός της πόλης, που διενεργεί μετρήσεις για τα αιωρούμενα σωματίδια, βρίσκεται γύρω στα 5 km δυτικά του Αρχαιολογικού Μουσείου και δίνει ωριαίο αποτέλεσμα.

Δέκα μέρες αργότερα προγραμματίστηκε νέα επίσκεψη στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού, όπου πραγματοποιήθηκαν επαναληπτικές δειγματοληπτικές μετρήσεις στα ίδια σημεία που έγιναν οι προηγούμενες μετρήσεις. Προστέθηκε ακόμα μια παράμετρος, το φίλτρο με διάμετρο 1µm.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα από τους τρεις χώρους στους πίνακες 5.19, 5.20 και 5.21:

Πίνακας 5.19: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην **Αίθουσα 1 (δίπλα από την υποδοχή)** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{1,0}	13 µg/m ³	16 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2,5}	17 µg/m ³	23 µg/m ³	19 µg/m ³
PM _{10,0}	18 µg/m ³	26 µg/m ³	20 µg/m ³

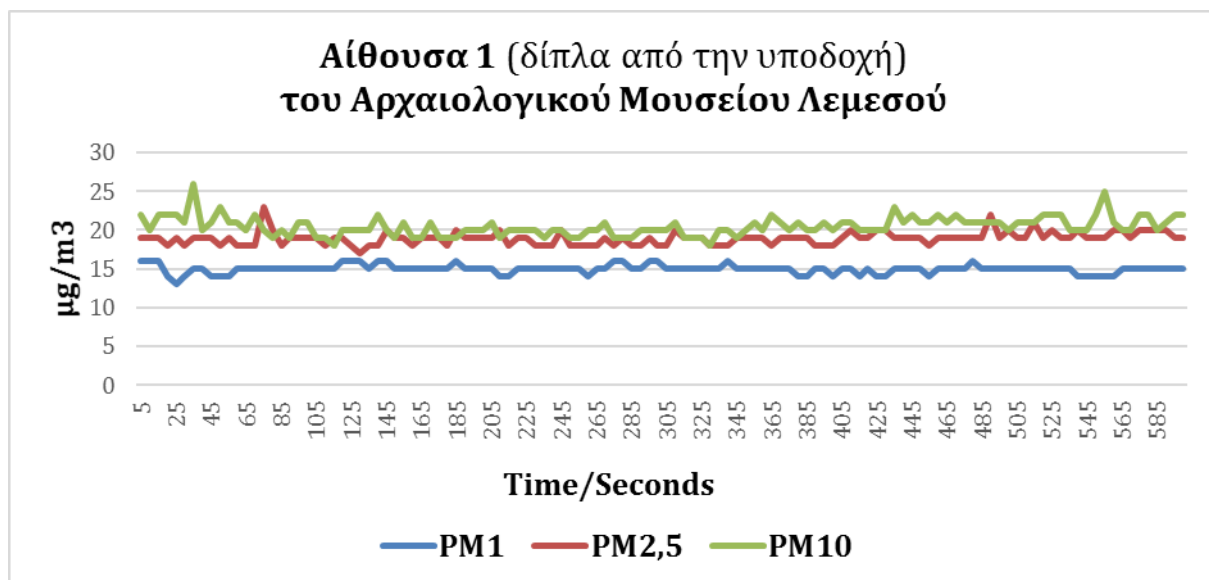
Πίνακας 5.20: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{1,0}	11 µg/m ³	15 µg/m ³	13 µg/m ³
PM _{2,5}	16 µg/m ³	19 µg/m ³	18 µg/m ³
PM _{10,0}	19 µg/m ³	30 µg/m ³	21 µg/m ³

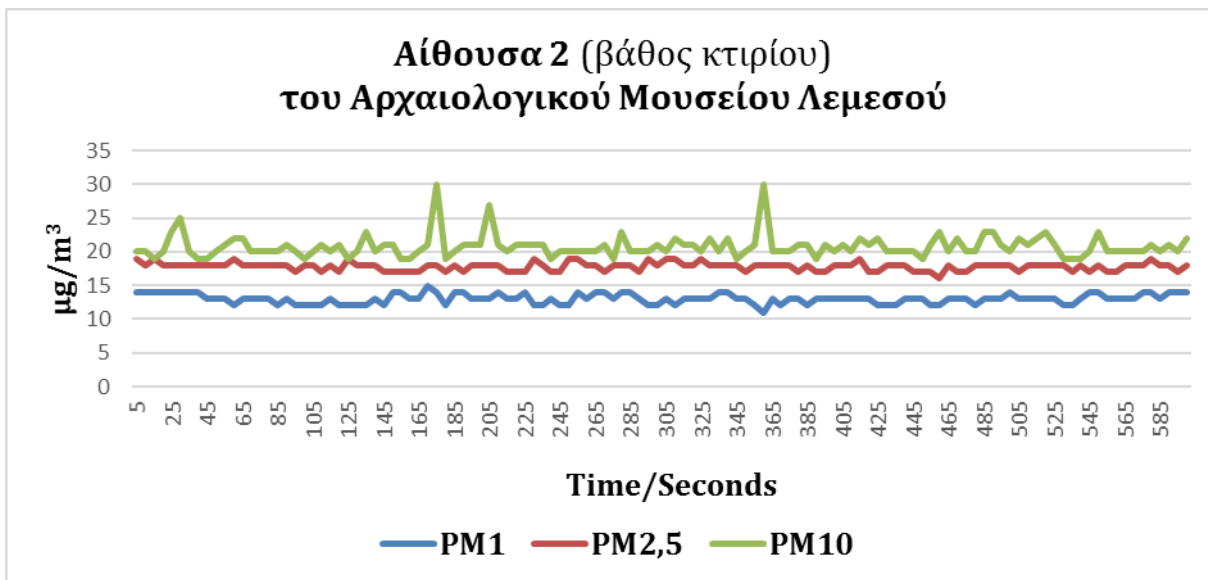
Πίνακας 5.21: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{1,0}	14 µg/m ³	25 µg/m ³	16 µg/m ³	---
PM _{2,5}	19 µg/m ³	26 µg/m ³	21 µg/m ³	23 µg/m ³
PM _{10,0}	22 µg/m ³	40 µg/m ³	28 µg/m ³	48 µg/m ³

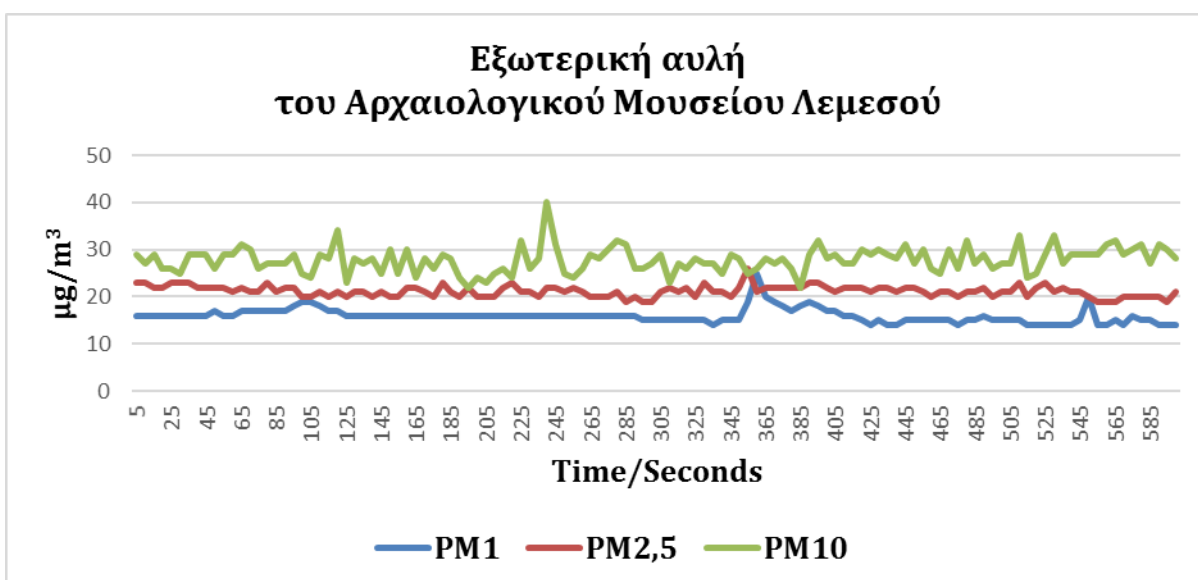
Ακολουθούν τα Διαγράμματα 5.25, 5.26 και 5.27 που απεικονίζουν τις δεκάλεπτες μετρήσεις για τους πιο πάνω χώρου ανά 5 δευτερόλεπτα.



Διάγραμμα 5.25: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην Αίθουσα 1 (δίπλα από την υποδοχή) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



Διάγραμμα 5.26: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



Διάγραμμα 5.27: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού, διενεργήθηκε τρίτο πακέτο μετρήσεων για τους ίδιους χώρους, είκοσι μέρες αργότερα. Για τις τελευταίες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε σκάλα – τριπόδι και ο φωτομετρητής τοποθετήθηκε στο ψηλότερο σκαλί του – σε όλους τους χώρους – που ήταν στο ύψος των 80cm (όπως δηλαδή και στις τρίτες μετρήσεις που έγιναν στο κτίριο που στεγάζονται τα γραφεία της Δημόσιας Υπηρεσίας). Ακολουθούν οι Πίνακες 5.22, 5.23 και 5.24, που δείχνουν τις τιμές των PM2,5 και PM10 στους ίδιους χώρους που έγιναν οι μετρήσεις και τις προηγούμενες φορές. Στα Διαγράμματα 5.28, 5.29 και 5.30 παρουσιάζονται τα γραφήματα των δεκάλεπτων μετρήσεων μαζί με το εθνικό αποδεκτό όριο:

Πίνακας 5.22: Γ' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην **Αίθουσα 1 (δίπλα από την υποδοχή)** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

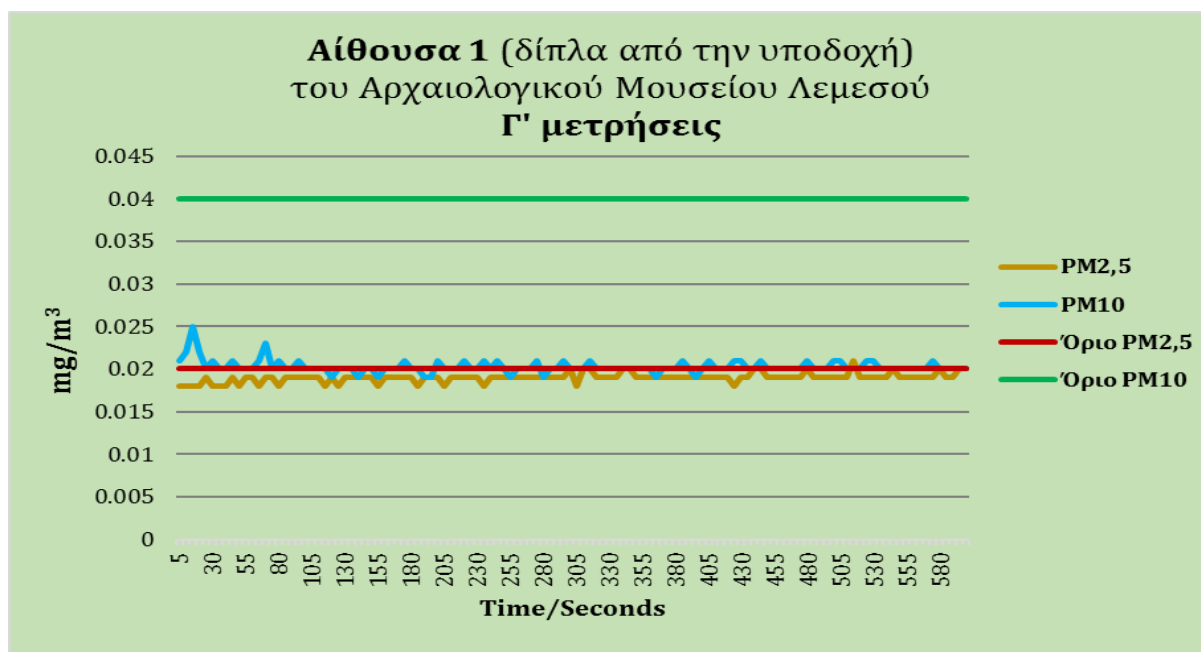
Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	18 μg/m ³	21 μg/m ³	19 μg/m ³
PM ₁₀	19 μg/m ³	25 μg/m ³	20 μg/m ³

Πίνακας 5.23: Γ' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην **Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου)** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

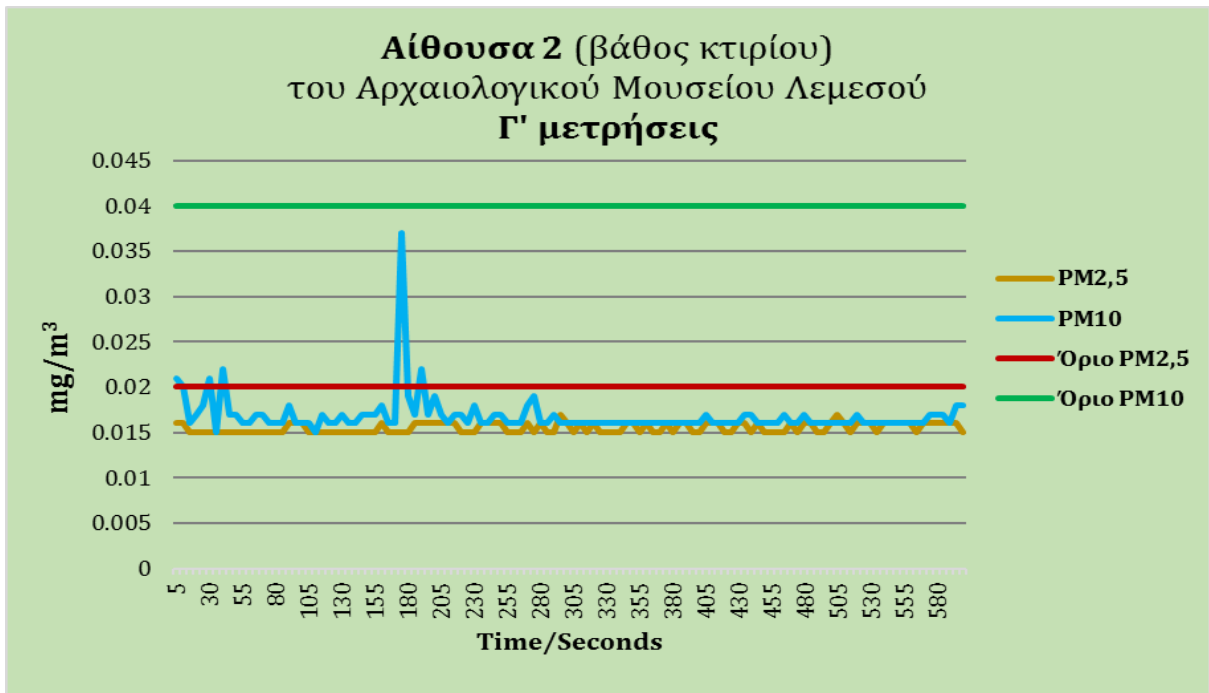
Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	15 μg/m ³	17 μg/m ³	15 μg/m ³
PM _{10,0}	15 μg/m ³	37 μg/m ³	17 μg/m ³

Πίνακας 5.24: Γ' Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στην **εξωτερική αυλή** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

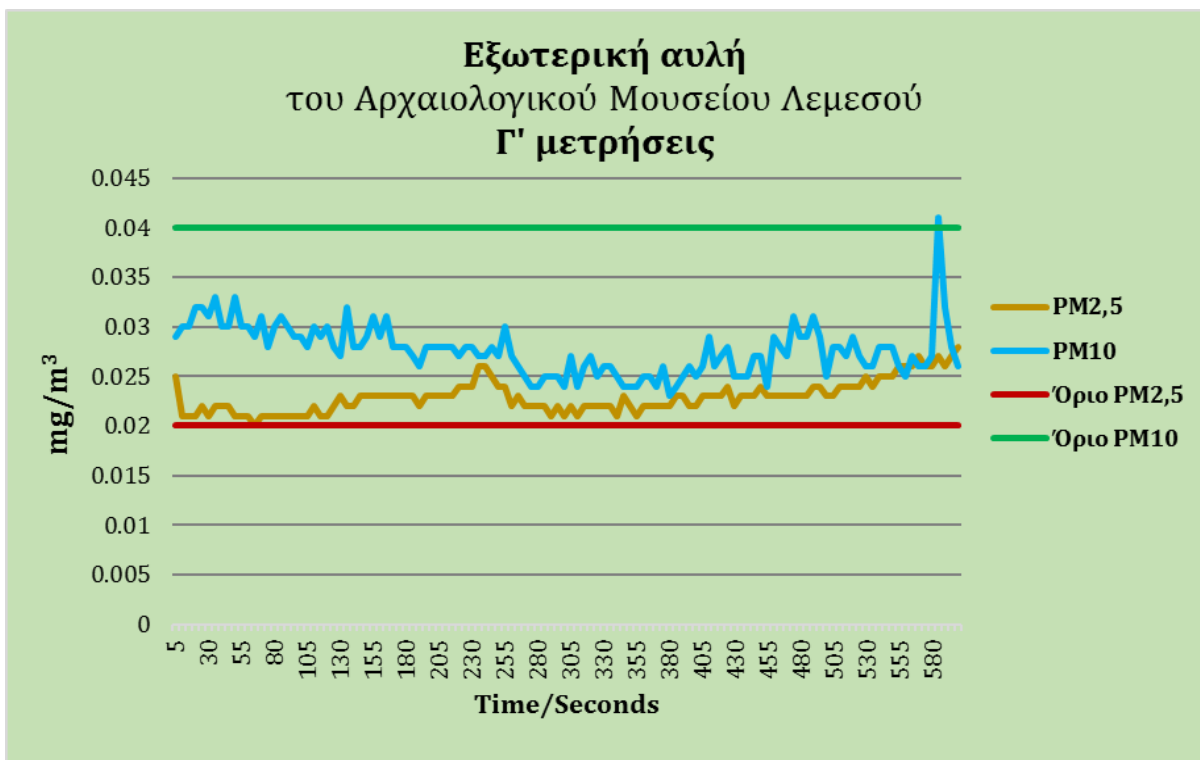
Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{2,5}	20 μg/m ³	28 μg/m ³	23 μg/m ³	9 μg/m ³
PM _{10,0}	23 μg/m ³	41 μg/m ³	28 μg/m ³	17 μg/m ³



Διάγραμμα 5.28: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην **Αίθουσα 1 (δίπλα από την υποδοχή)** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



Διάγραμμα 5.29: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην **Αίθουσα 2** (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



Διάγραμμα 5.30: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στην **εξωτερική αυλή** του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από την τρίτη επίσκεψη που διενεργήθηκε στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού:



Εικόνα 5.3 : Αρχαιολογικό Μουσείου Επαρχίας Λεμεσού

5.2.4 Μετρήσεις στο Λαογραφικό – Γεωργικό Μουσείο της κοινότητας Φασούλας Λεμεσού

Οι τελευταίες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εκτός πόλεως. Συγκεκριμένα, έγινε επίσκεψη στην κοινότητα Φασούλα της επαρχίας Λεμεσού, που βρίσκεται γύρω στα 10 χιλιόμετρα βορειότερα από το κέντρο της πόλης, σε μέσο υψόμετρο τα 370 μέτρα. Στην κοινότητα υπάρχει παλιός χώρος που συντηρήθηκε και δημιουργήθηκαν δύο δωμάτια που έγιναν μουσεία. Το λαογραφικό μουσείο είναι χώρος που παρουσιάζει στην ουσία παλιό σπίτι πολλών δεκαετιών πριν έχοντας μέσα κούκλες ντυμένες με παραδοσιακά ρούχα της τότε εποχής, σκεύη και αντικείμενα που χρησιμοποιούνταν τότε, κρεβάτι της τότε εποχής, αργαλειό, παλαιά ραδιοφωνική συσκευή και πολλά άλλα πράγματα της παλαιάς Κύπρου πριν από επτά – οκτώ δεκαετίες. Στις Εικόνες 5.4 και 5.5 παρουσιάζεται το Λαογραφικό Μουσείο του χωριού κατά τη μέρα των μετρήσεων:



Εικόνα 5.4: Λαογραφικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού τη στιγμή των μετρήσεων

Το Γεωργικό Μουσείο του χωριού βρίσκεται στον ίδιο χώρο, ακριβώς απέναντι από το Λαογραφικό μουσείο. Εκεί παρουσιάζονται διάφορα γεωργικά εργαλεία, η σοδειά που προέκυψε σαν αποτέλεσμα των γεωργικών δραστηριοτήτων. Ακολουθούν εικόνες από το συγκεκριμένο μουσείο τη μέρα των δειγματοληπτικών μετρήσεων:



Εικόνα 5.5 : Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού τη στιγμή των μετρήσεων

Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση των δύο φίλτρων όπως και στους προηγούμενους χώρους, δηλαδή των 2,5 μm και των 10 μm . Στους Πίνακες 5.19, 5.20 και 5.21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δειγματοληπτικών μετρήσεων στο Λαογραφικό Μουσείο, στο Γεωργικό Μουσείο και στο χώρο εκτός των μουσείων:

Πίνακας 5.25: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων εντός του Λαογραφικού Μουσείου Φασούλας Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{10,0}	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

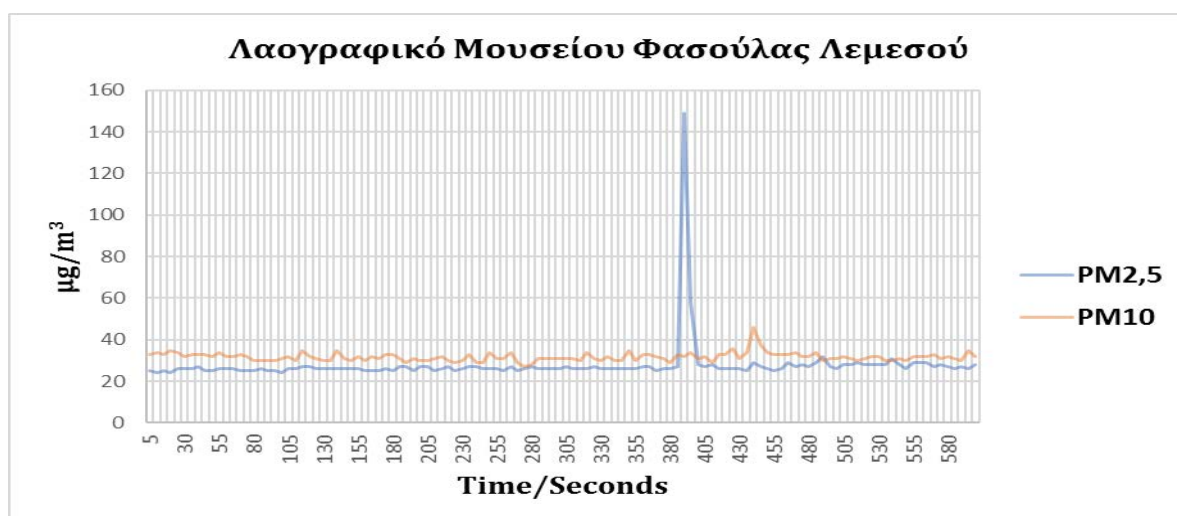
Πίνακας 5.26: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων εντός του Γεωργικού Μουσείου Φασούλας Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος
PM _{2,5}	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{10,0}	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

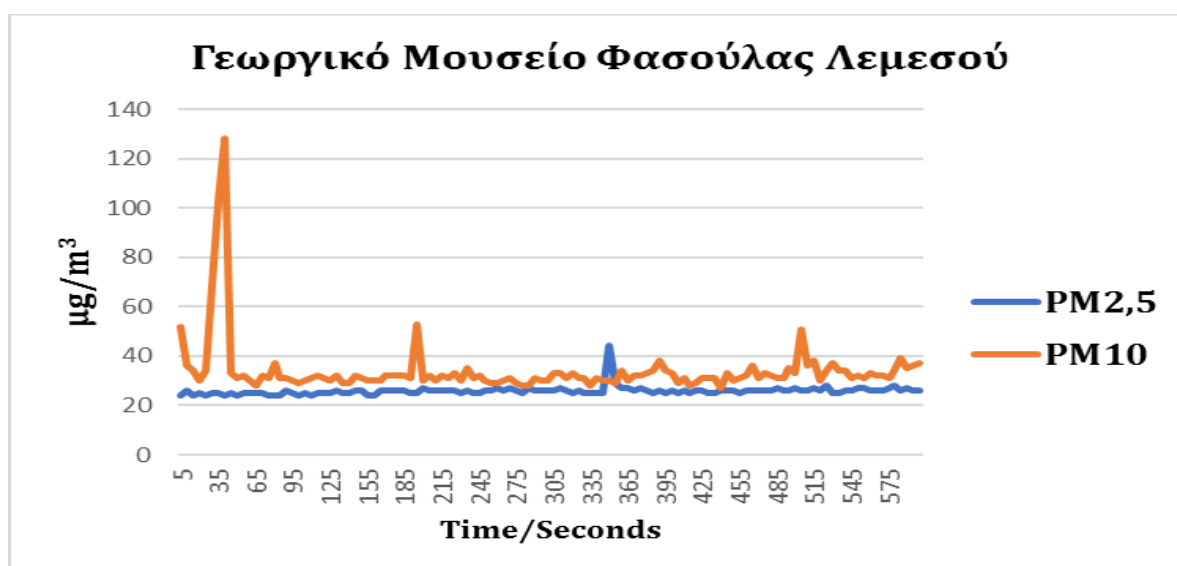
Πίνακας 5.27: Μετρήσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων στον εξωτερικό χώρο των δύο μουσείων της Φασούλας Λεμεσού

Είδος Αιωρούμενων Σωματιδίων	Χαμηλότερη μέτρηση	Υψηλότερη μέτρηση	Διάμεσος	Σταθμός πόλης (μέσος όρος κατά τη διάρκεια των μετρήσεων)
PM _{2,5}	24 μg/m ³	34 μg/m ³	26 μg/m ³	19 μg/m ³
PM _{10,0}	30 μg/m ³	46 μg/m ³	36 μg/m ³	36 μg/m ³

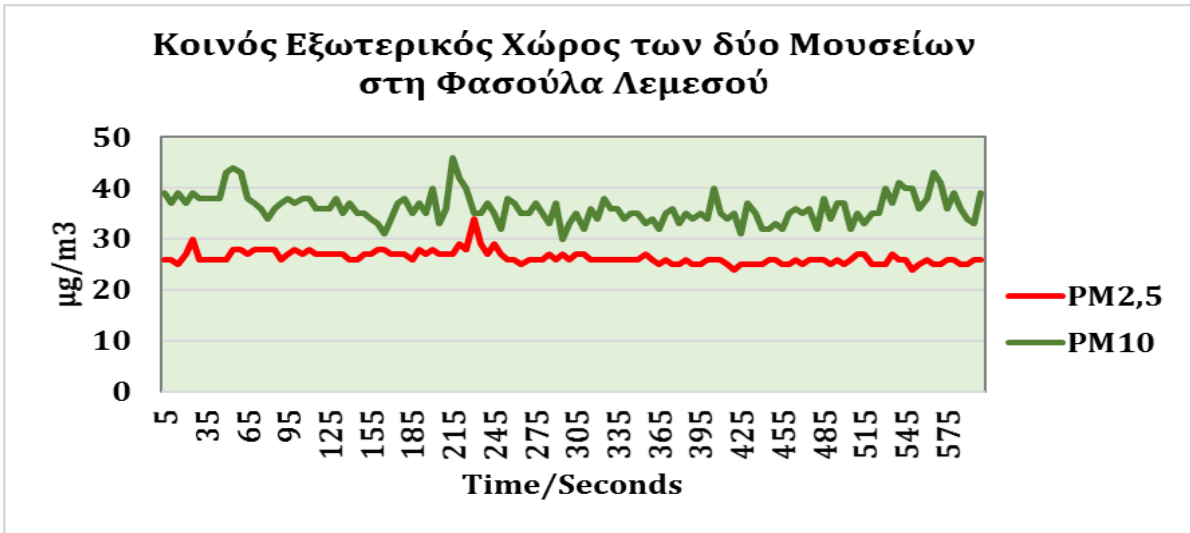
Στα Διαγράμματα 5.31, 5.32 και 5.33 παρουσιάζονται ιστογράμματα των δεκάλεπτων μετρήσεων ανά 5 δευτερόλεπτα από τους τρεις χώρους που λήφθηκαν οι μετρήσεις:



Διάγραμμα 5.31: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στο Λαογραφικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού



Διάγραμμα 5.32: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στο Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού



Διάγραμμα 5.33: Δεκάλεπτη Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων ανά 5 sec στον Κοινό Εξωτερικό Χώρο των δύο Μουσείων στη Φασούλας Λεμεσού

Κεφάλαιο 6

Συζήτηση – Συμπεράσματα – Εισηγήσεις

6.1 Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει εκτεταμένη παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις δειγματοληπτικές μετρήσεις στους χώρους που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν, η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε για να:

- διερευνήσει τα επίπεδα ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους και συγκεκριμένα σε μουσεία και εργασιακούς χώρους
- μελετήσει τις πιθανές στρατηγικές που μπορεί να προταθούν σε περίπτωση ύπαρξης σοβαρού προβλήματος
- αναλύσει το εργασιακό δυναμικό κάθε χώρου και την συχνότητα παρουσίας κοινού στις υπό μελέτη περιοχές και
- διερευνήσει τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που πιθανόν να προκύψουν τόσο στους εσωτερικούς χώρους, όσο και στα αντικείμενα.

Σύμφωνα λοιπόν με τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τη συγκεκριμένη συσκευή θα γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων ανά χώρο μελέτης:

6.1.1 Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου

Από τις μετρήσεις που λήφθηκαν από το συγκεκριμένο μουσείο, χρησιμοποιήθηκαν δύο χώροι για τοποθέτηση της συσκευής.

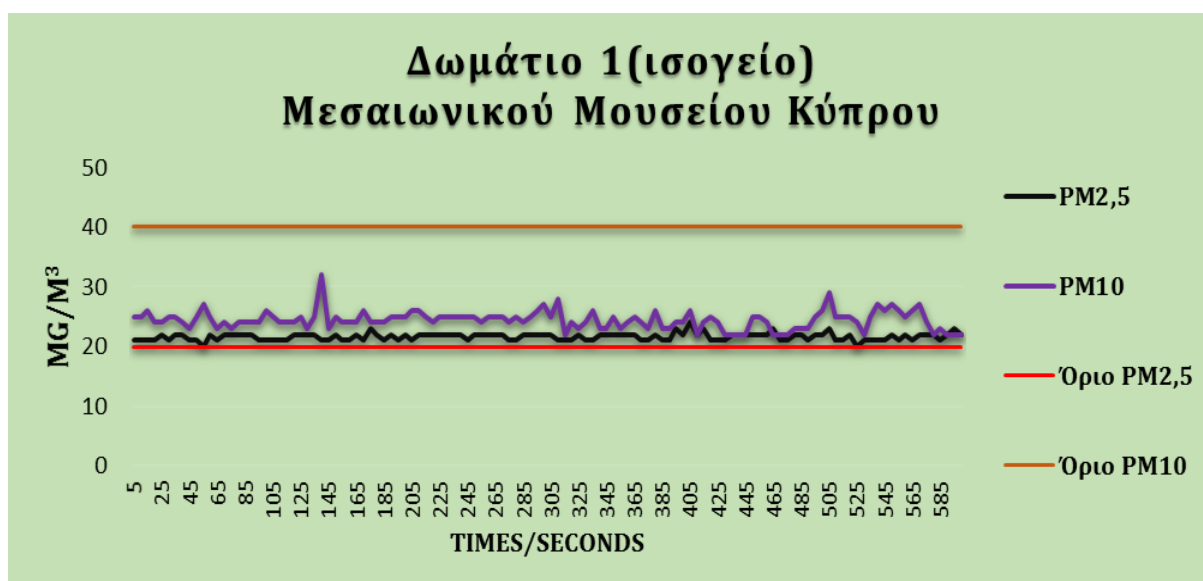
Στο Δωμάτιο 1, που βρισκόταν 5 μέτρα εντός της κύριας εισόδου, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που έδειξαν παρόμοιες τιμές με τις τιμές από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι τιμές των PM_{2,5} κυμαίνονταν από 20-24 μg/m³, με τη μέτρηση εξωτερικού χώρου να είναι 22-54 μg/m³ (μέσος όρος 30 μg/m³) και αυτό οφείλεται ότι στην αυλή του μουσείου υπήρχε πολύ λίγη κίνηση πεζών. Στη μέτρηση των PM₁₀ οι μετρήσεις ήταν 22-32 μg/m³ ενώ

εκτός κτιρίου 17-44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσο όρο 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο Δωμάτιο 1 και 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ εκτός κτιρίου. Παρουσιάζονται πολύ κοντινές μετρήσεις εντός και εκτός κτιρίου και αυτό οφείλεται στην πολύ μικρή έως μηδαμινή προέλευση του κοινού. Η συσκευή κατέγραψε 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (εκτός κτιρίου) όταν πέρασε κοινό πολύ κοντά από τη συσκευή.

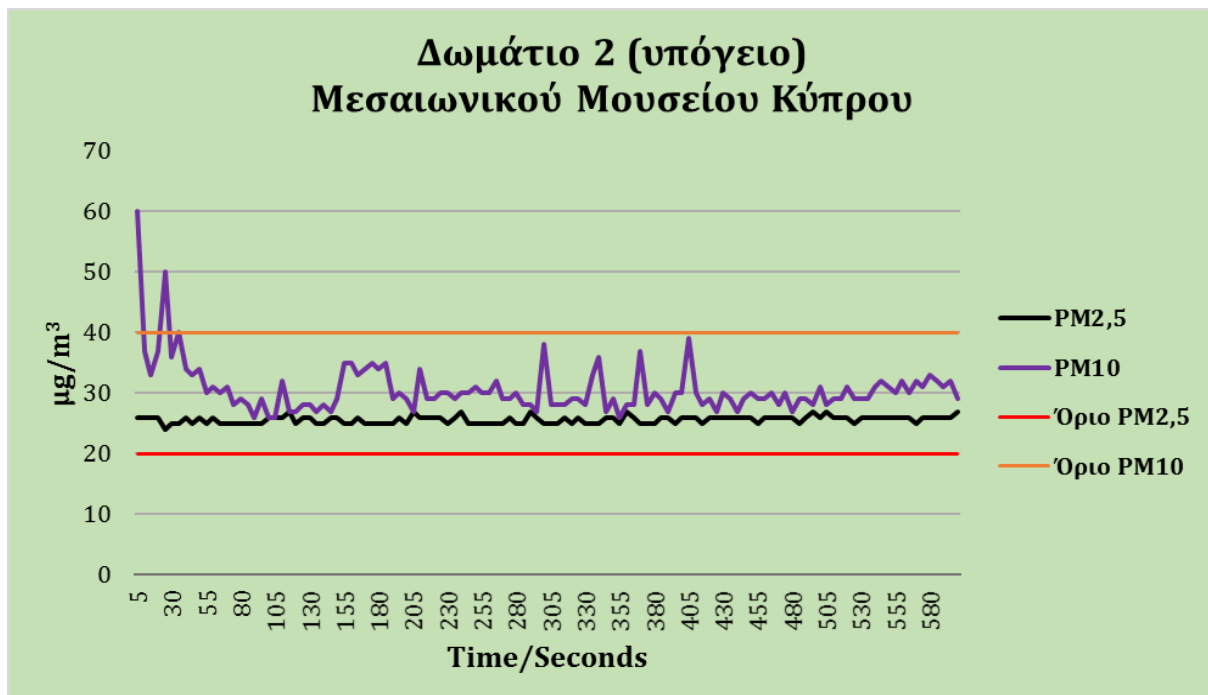
Το δεύτερο δωμάτιο που έγιναν οι μετρήσεις, βρίσκεται σε υπόγειο χώρο του μουσείου. Οι μετρήσεις ήταν και πάλι κοντά με αυτές του Δωματίου 1 με πολύ μικρή αύξηση. Τα σωματίδια των 2,5 μm ήταν 24-27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσο όρο τα 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ενώ των 10 μm ήταν 26-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσο όρο τα 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Στο συγκεκριμένο δωμάτιο, παρουσιάστηκε ξαφνική έξαρση για κάποια δευτερόλεπτα, κατά τη διάρκεια της μέτρησης των PM_{10} , ένεκα της παρουσίας τριών επισκεπτών δίπλα από το μετρητή. Ο φωτομετρητής από τις τιμές που κατάγραφε (26-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), εκτινάχθηκε στα 50 ή και 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, καταγράφοντας διπλάσιες τιμές σωματιδίων. Οπότε φαίνεται ξεκάθαρα, ότι με την παραμικρή κίνηση ο μετρητής εντοπίζει σωματίδια, με πιθανή την επαναϊώρηση τους, λόγω του περπατήματος.

Στις μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο υπήρχαν κάποιες αποκλίσεις ως προς τις μετρήσεις, οι οποίες κρίνονται φυσιολογικές, καθώς οφείλονται στο γεγονός ότι, στον εξωτερικό χώρο υπήρχαν κάποια στιγμιαία μικρά παιδιά, που χρησιμοποιούσαν ποδήλατα, σε πολύ κοντινή απόσταση από τη συσκευή. Επίσης, η ένταση του ανέμου ήταν ασταθής και προκάλεσε σημαντικές αυξομειώσεις στα αποτελέσματα.

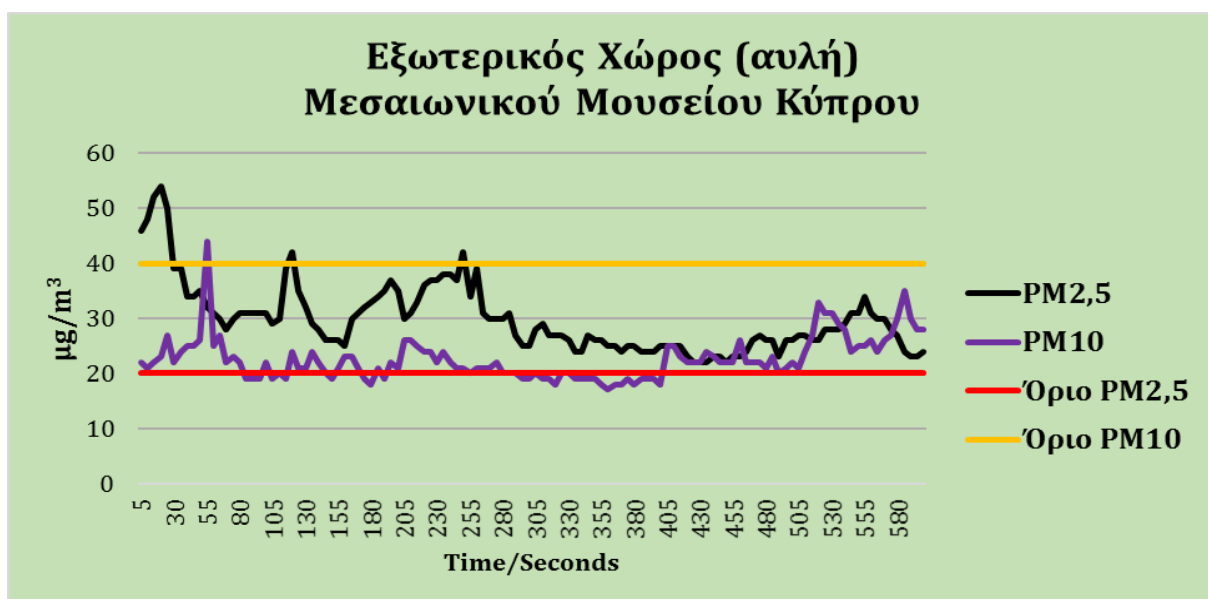
Ακολουθούν τα Διαγράμματα 6.1, 6.2 και 6.3 που παρουσιάζονται τα γραφήματα των πιο πάνω μετρήσεων σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο:



Διάγραμμα 6.1: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 1 (ισόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.2: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 2 (υπόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.3: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Εξωτερικού Χώρου (αυλής) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

Στις επαναληπτικές μετρήσεις που διενεργήθηκαν μετά από δέκα μέρες, σε περίοδο απαγόρευσης της κυκλοφορίας (lockdown) λόγω της πανδημίας COVID-19, καταγράφηκαν τα εξής αποτελέσματα:

(α) στο Δωμάτιο 1 (ισόγειο), για τα $PM_{1,0}$ 14-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), για τα $PM_{2,5}$ 20-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα PM_{10} 22-35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),

(β) στο Δωμάτιο 2 (υπόγειο), για τα $PM_{1,0}$ 13-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), για τα $PM_{2,5}$ 22-26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα PM_{10} 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και (γ) στον Εξωτερικό Χώρο (αυλή), για τα $PM_{1,0}$ 14-17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), για τα $PM_{2,5}$ 17-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα PM_{10} 16-24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Εντός του κτιρίου υπήρχε θερμοκρασία περίπου 25°C και υγρασία 40%. Εκτός κτιρίου η θερμοκρασία ήταν 27 °C και η υγρασία 65%.

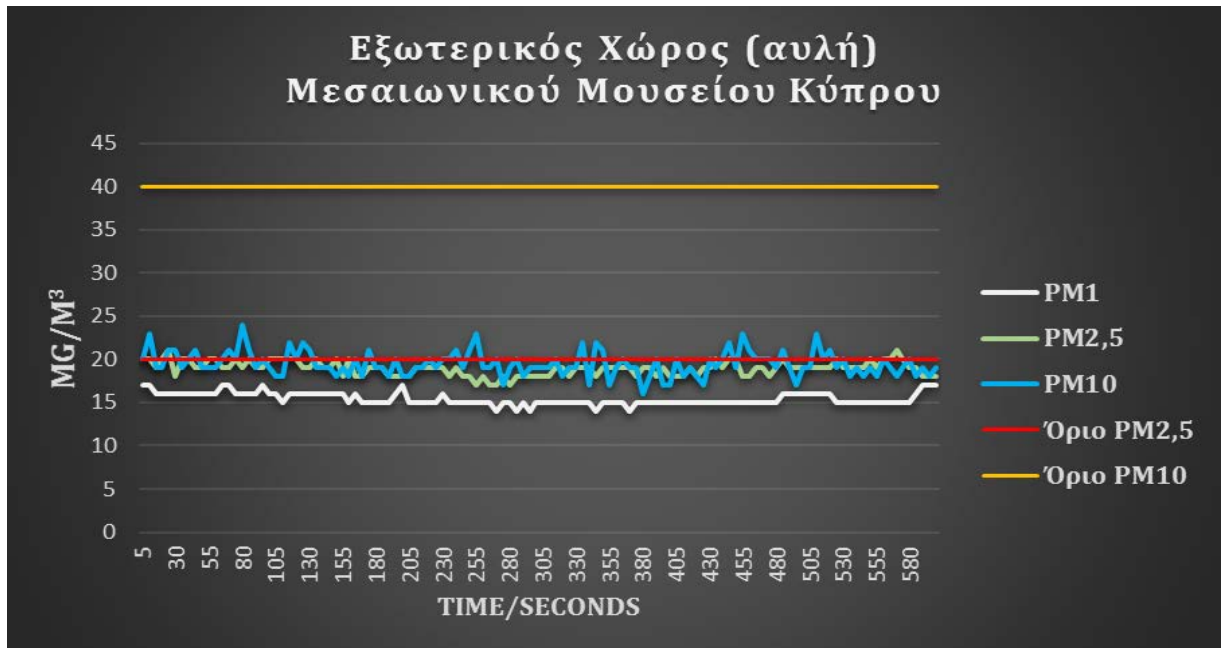
Στο Διαγράμματα 6.4, 6.5 και 6.6 ακολουθούν γραφήματα των δεκάλεπτων μετρήσεων σε σύγκριση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας ανά χώρο του Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου:



Διάγραμμα 6.4: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 1 (ισόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.5: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Δωματίου 2 (υπόγειο) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.6: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Εξωτερικού Χώρου (αυλής) Μεσαιωνικού Μουσείου Κύπρου με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

Παρατηρείται ότι, στις δεύτερες μετρήσεις υπάρχει μείωση στις τιμές (έστω και μικρή). Αυτό εξηγείται, καθώς οι πρώτες μετρήσεις έγιναν μεσημέρι (13:00-14:30) και το συγκεκριμένο μουσείο περιτριγυρίζεται από καφεστιατόρια. Υπήρχε μικρή κίνηση στην περιοχή, ειδικά πεζών. Στο κτίριο υπήρχαν 4-5 επισκέπτες και ένας υπάλληλος.

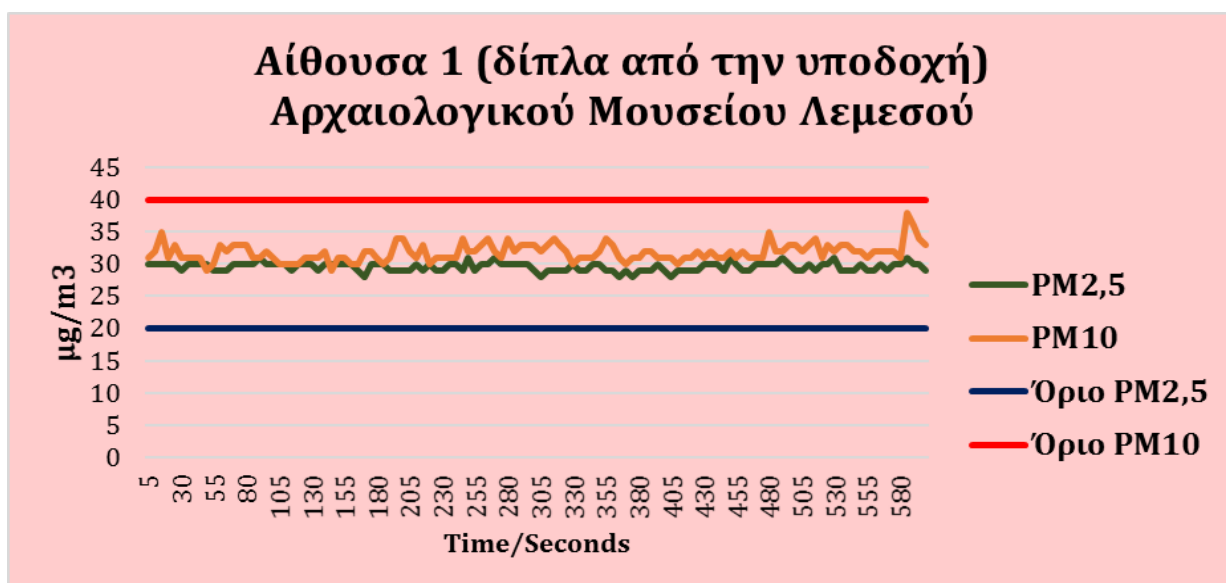
Οι δεύτερες μετρήσεις έγιναν πρωινές ώρες (9:00-10:00πμ) σε περίοδο lockdown. Τα γύρω καφεστιατόρια ήταν κλειστά και στην περιοχή δεν υπήρχε καμία κίνηση. Η ατμόσφαιρα ήταν ελαφρώς πιο καθαρή, από τη μέρα των πρώτων μετρήσεων.

Οι δύο διαφορετικές μετρήσεις που λήφθηκαν από το συγκεκριμένο μουσείο έδειξαν ότι σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο, τα $PM_{2,5}$ είναι κατά μέσο όρο από 0-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα PM_{10} σταθερά κάτω από 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που είναι το εθνικό αποδεκτό όριο.

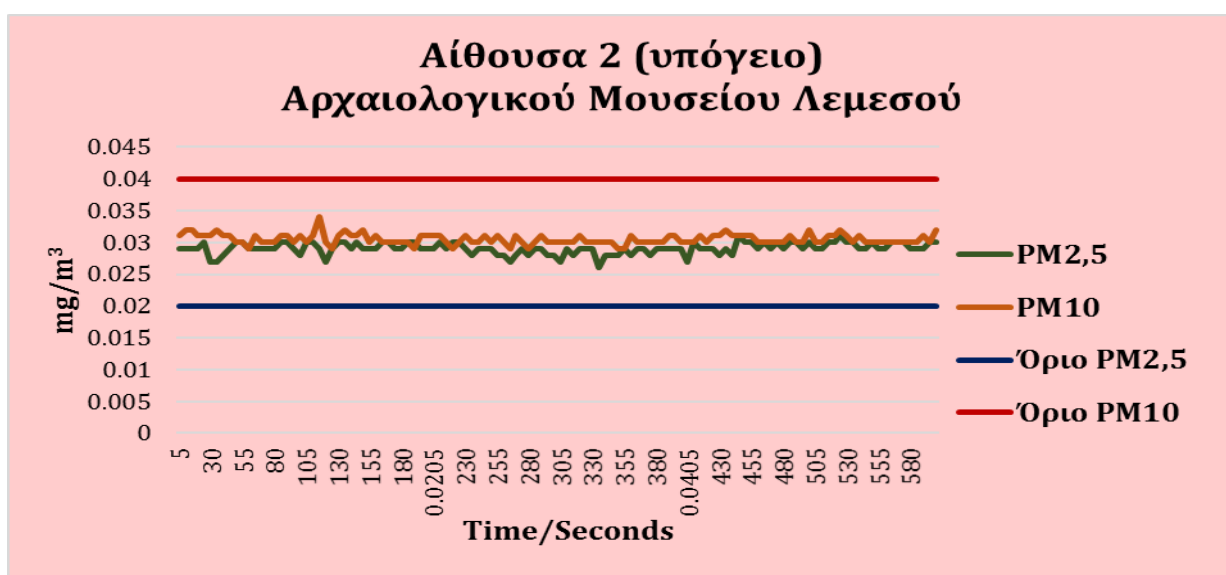
6.1.2 Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού

Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού, τοποθετήθηκε η συσκευή στην Αίθουσα 1, που βρίσκεται αριστερά της υποδοχής. Οι μετρήσεις έδειξαν τιμές 28-31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα $PM_{2,5}$ και 31-38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} , με μέσο όρο 30 και 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ αντίστοιχα. Στην Αίθουσα 2, που βρίσκεται στο βάθος του κτιρίου και σε απόσταση περίπου 50 μέτρων από την υποδοχή, οι μετρήσεις ήταν 26-31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) για τα $PM_{2,5}$ και 29-34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) για τα PM_{10} . Παρατηρήθηκε ότι εντός του μουσείου όλοι οι χώροι έχουν περίπου στην ίδια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια. Διαφορές - όπως

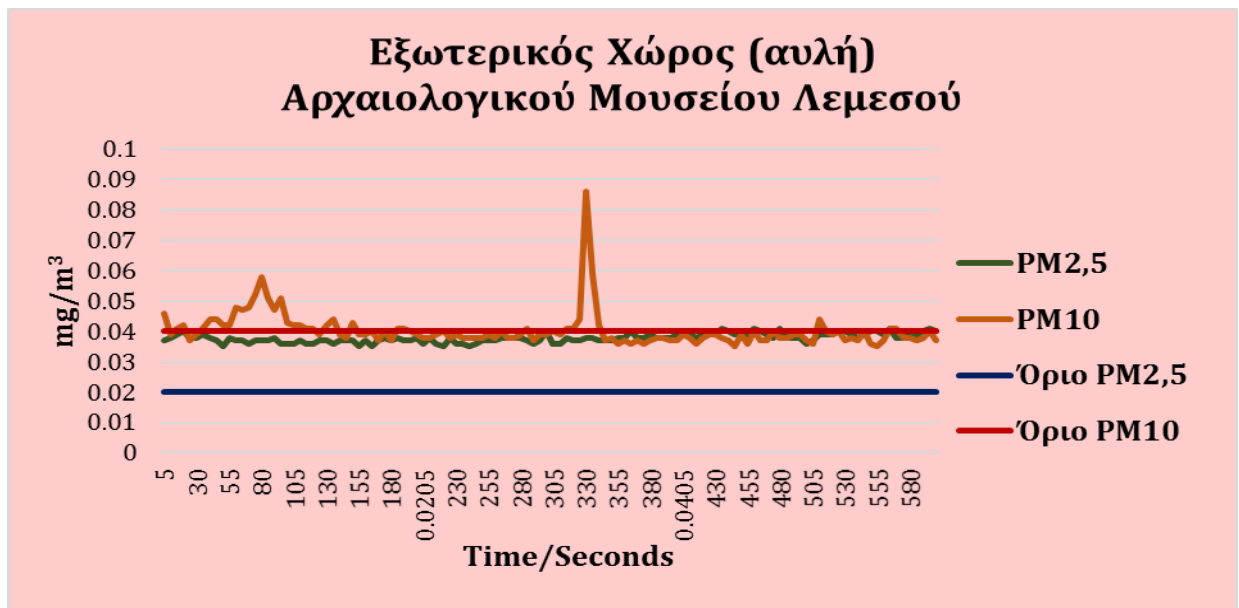
αναμενόταν – παρουσιάστηκαν στις μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων που λήφθηκαν εκτός του κτιρίου και συγκεκριμένα στην αυλή, που βρίσκεται 20 μέτρα μακριά από την κεντρική είσοδο και άλλα τόσα από τον κεντρικό δρόμο που εφάπτεται του κτιρίου. Στο Αρχαιολογικό Μουσείο, καταγράφηκαν ελαφρώς υψηλότερα αποτελέσματα στους εξωτερικούς χώρους. Συγκεκριμένα, τα $PM_{2,5}$ κυμάνθηκαν μεταξύ $35-41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και τα PM_{10} μεταξύ $35-86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Οι σταθμοί της πόλης έγραψαν $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα $PM_{2,5}$ και $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} . Στη συνέχεια ακολουθούν τα Διαγράμματα 6.7, 6.8 και 6.9, όπου φαίνονται οι διακυμάνσεις των δεκάλεπτων μετρήσεων σε σχέση πάντα με τα εθνικά επιτρεπτά όρια της Κύπρου:



Διάγραμμα 6.7: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Αίθουσας 1 (ισόγειο) Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.8: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Αίθουσας 2 (βάθος κτιρίου) Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.9: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Εξωτερικού Χώρου (αυλής) Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

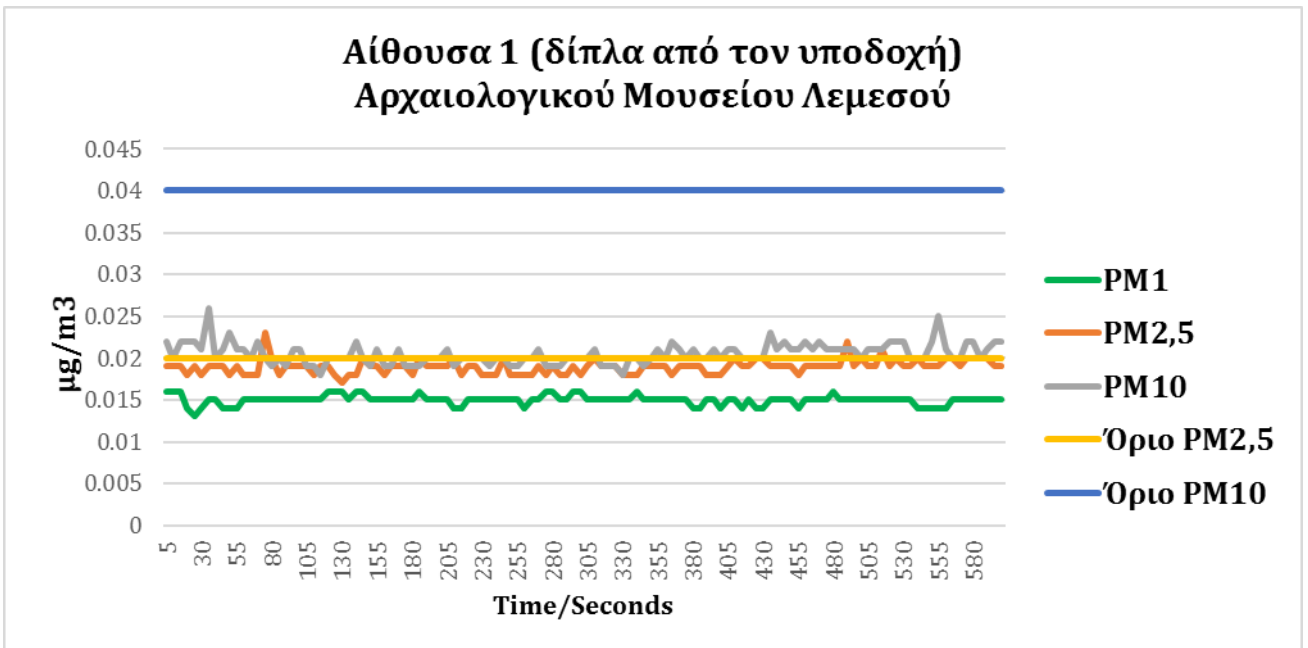
Οι δεύτερες δειγματοληπτικές μετρήσεις έγιναν δέκα μέρες αργότερα. Σ' αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε - εκτός από τα 2,5 μm και 10 μm - το φίλτρο με διάμετρο 1 μm . Τα αποτελέσματα στην Αίθουσα 1 έδειξαν, για τα PM_{1,0} μετρήσεις από 13 - 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), για τα PM_{2,5} 17-23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα PM₁₀ 18-26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Στην Αίθουσα 2 τα σωματίδια με διάμετρο 1 μm κυμαίνονταν από 11-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με διάμεσο 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, τα σωματίδια με διάμετρο 2,5 μm από 16-19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με διάμεσο 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα σωματίδια με διάμετρο 10 μm από 19-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με διάμεσο 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

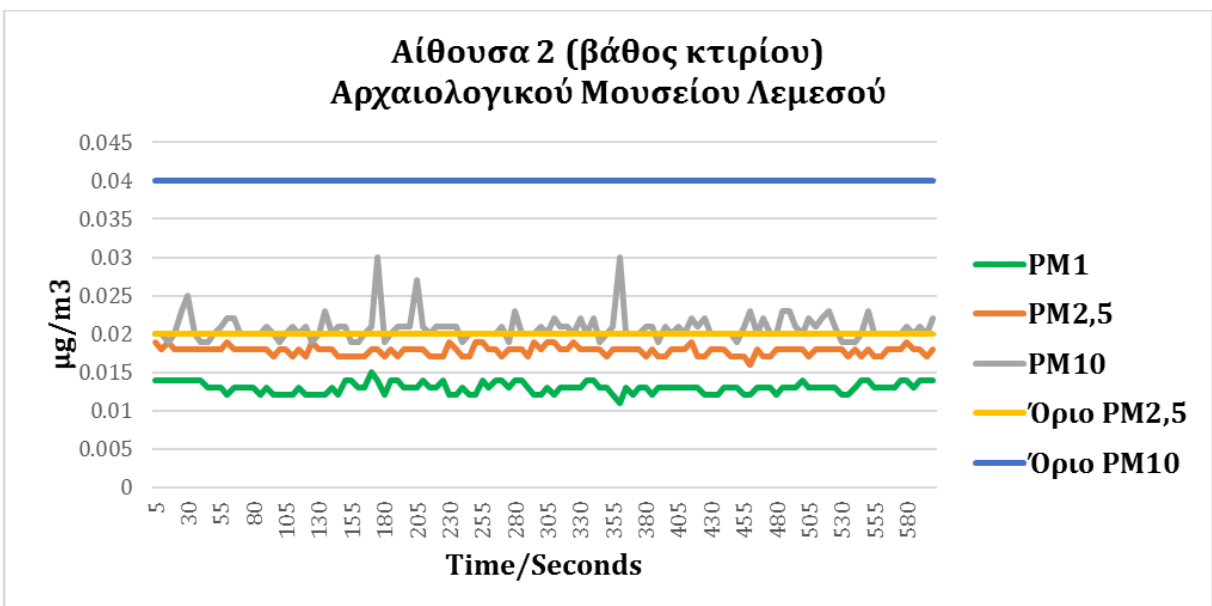
Στους εσωτερικούς χώρους η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 26,8 - 27,5°C, ενώ η υγρασία από 48-52%.

Στον εξωτερικό χώρο ο μετρητής κατέγραψε για τα PM_{1,0} τιμές από 14-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), για τα PM_{2,5} από 19-26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα PM₁₀ από 22-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (διάμεσος 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

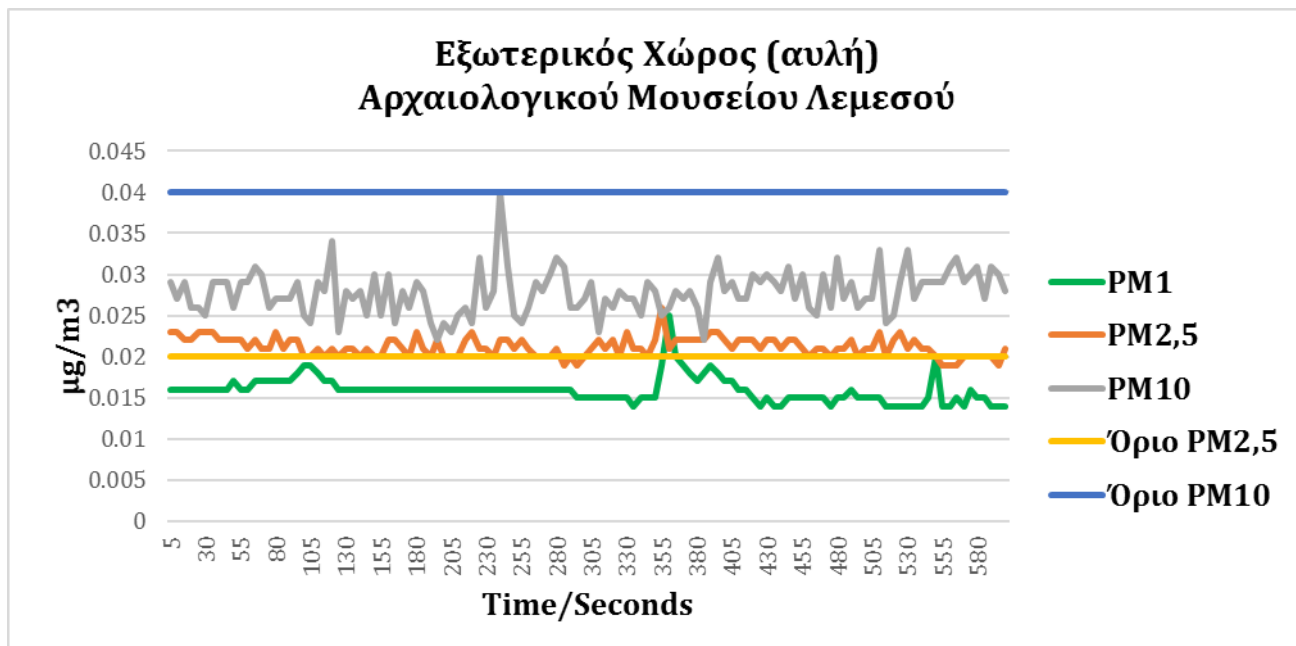
Στα Διαγράμματα 6.10, 6.11 και 6.12 ακολουθούν τα γραφήματα των επαναληπτικών μετρήσεων σε σχέση πάντα με τα εθνικά αποδεκτά όρια της Κυπριακής Δημοκρατίας:



Διάγραμμα 6.10: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Αίθουσας 1 (ισόγειο) Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.11: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Αίθουσας 2 (βάθος κτιρίου) Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.12: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων Εξωτερικού Χώρου (αυλής) Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

Παρατηρείται ότι, στις μετρήσεις που έγιναν τελευταίες, υπάρχουν μειωμένες τιμές σε σχέση με τις μετρήσεις που έγιναν δέκα μέρες πριν. Πιθανότατα να οφείλεται στο γεγονός ότι υπήρχε περισσότερη κυκλοφοριακή κίνηση στις πρώτες μετρήσεις και ίσως αυτό φαίνεται να επηρεάζει την εσωτερική ατμόσφαιρα, καθώς υπάρχουν ανοικτές πόρτες και παράθυρα στο κτίριο. Επίσης, στις πρώτες μετρήσεις, υπήρχαν 5 άτομα (υπάλληλοι) στο χώρο, ενώ στις δεύτερες μετρήσεις μόνο ένας υπάλληλος, ο οποίος καθόταν στη θέση του, σχεδόν σε όλη τη διαδικασία. Στους εξωτερικούς χώρους, τα $\text{PM}_{2,5}$ κατέγραψαν μέσο όρο 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που βρίσκεται οριακά στο επιθυμητό όριο (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ενώ τα PM_{10} κυμάνθηκαν κάτω από τα 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που είναι το εθνικό αποδεκτό όριο (μέσος όρος 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Εντός του κτιρίου, τόσο τα σωματίδια των 2,5 μm όσο και αυτά των 10 μm , κυμάνθηκαν κάτω από τα όρια.

Υπάρχει μια μικρή διαφορά στην καταγραφή των αποτελεσμάτων του φωτομετρητή της έρευνας και του σταθμού της πόλης και τούτο οφείλεται στην περιοχή. Υπάρχει απόσταση τουλάχιστον 5 χιλιομέτρων και αυτό πολύ πιθανόν παίζει το δικό του ρόλο.

Οι μετρήσεις αποδεικνύουν την χαμηλή έως μηδαμινή προσέλευση του κοινού στους χώρους του μουσείου. Επιπρόσθετα, σημαντικό ρόλο παίζει και η πανδημία, αλλά και πολύ περισσότερο η περίοδος που έγιναν οι μετρήσεις, καθότι υπήρχε απαγόρευση της κυκλοφορίας και τούτο συνεπάγεται με την πολύ λιγότερη κυκλοφοριακή κίνηση και απουσία του κοινού από τους μουσειακούς χώρους.

Στις μετρήσεις που έγιναν μετά από είκοσι μέρες (γ' μετρήσεις), δεν καταγράφηκαν οποιεσδήποτε αποκλίσεις από τα εθνικά αποδεκτά όρια. Για τα $PM_{2,5}$ καταγράφηκαν τιμές κάτω των $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ εντός του κτιρίου, ενώ εκτός κτιρίου υπήρχε μικρή απόκλιση από τα εθνικά όρια ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Τα PM_{10} ήταν εντός ορίων τόσο εντός, όσο και εκτός του κτιρίου, με μικρή αύξηση των τιμών στις μετρήσεις εκτός κτιρίου ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Στα Συμπεράσματα του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των τρίτων μετρήσεων.

6.1.3 Ιοαννου Tower – κτίριο στέγασης τμημάτων Δημόσιας Υπηρεσίας

Στο Ιοαννου Tower, που στεγάζονται τμήματα της κρατικής μηχανής, τοποθετήθηκε η συσκευή σε δύο ορόφους και στο εξωτερικό προαύλιο του κτιρίου. Στον 1^ο όροφο τοποθετήθηκε σε χώρο που βρίσκονται εκτυπωτές, φωτοτυπικές μηχανές και τηλεομοιοτυπική μηχανή. Τα σωματίδια των $2,5 \mu\text{m}$ κυμάνθηκαν από $50-54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και τα σωματίδια των $10\mu\text{m}$ από $50-94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων των PM_{10} ο εκτυπωτής πήρε εντολή για εκτύπωση και τότε η συσκευή κατέγραψε σχεδόν διπλάσιες τιμές ($94 \mu\text{g}/\text{m}^3$) αιωρούμενων σωματιδίων.

Στο 2^ο όροφο του κτιρίου, η συσκευή τοποθετήθηκε σε γραφείο που ήταν αδρανές, ο υπάλληλος που κατέχει το γραφείο ήταν αδειούχος, οπότε ο υπολογιστής και ο εκτυπωτής του ήταν εκτός λειτουργίας. Παρόλα αυτά η συσκευή συνέχισε να γράφει ψηλές τιμές. Για τα σωματίδια με διάμετρο $2,5\mu\text{m}$ κατέγραψε τιμές από $46-53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα σωματίδια των $10\mu\text{m}$ κατέγραψε $63-84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Στις μετρήσεις των PM_{10} οι τιμές ήταν αυξημένες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τρεις υπάλληλοι της δημόσιας υπηρεσίας, εξέφρασαν το ενδιαφέρον για να παρακολουθήσουν τη διαδικασία των μετρήσεων. Η παρουσία τους και μόνο στο χώρο (υπήρχε συνεχώς διακίνησή τους στο γραφείο) κράτησε τις τιμές κοντά στα $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

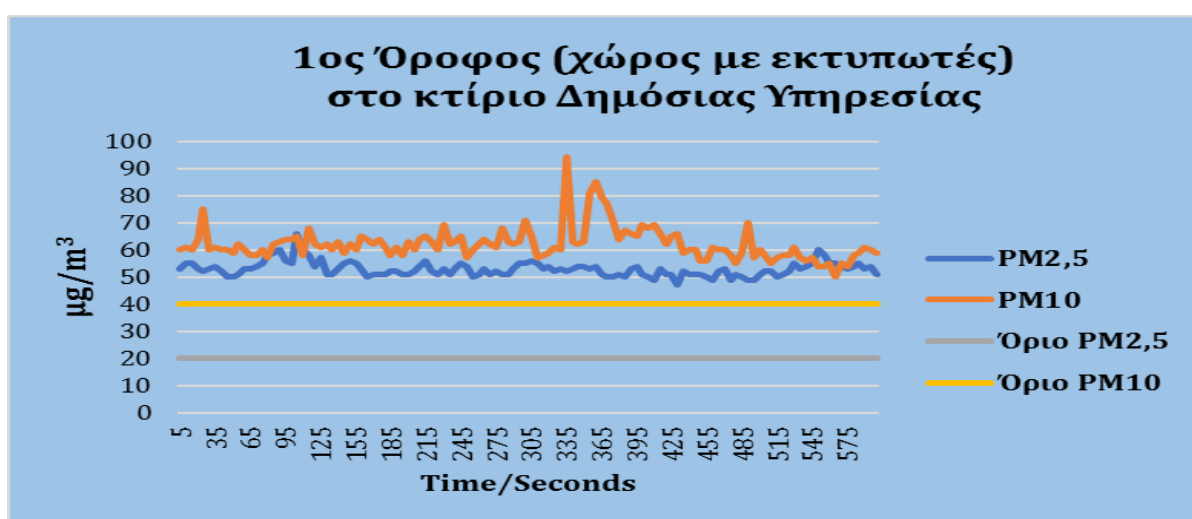
Από τις μετρήσεις που διενεργήθηκαν στο προαύλιο του κτιρίου, καταγράφηκαν μικρές αποκλίσεις προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Τα $PM_{2,5}$ ήταν από $47-63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσο όρο τα $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα PM_{10} κατέγραψαν τιμές από $57-128 \mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσο όρο τα $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ο κεντρικό σταθμός της πόλης κατέγραψε μέσες τιμές $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα $PM_{2,5}$ και $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ για τα PM_{10} .

Σύμφωνα λοιπόν με τους μέσους όρους όλων των μετρήσεων, παρατηρείται ότι τα PM_{10} είναι στα ίδια επίπεδα εντός και εκτός κτιρίου (εντός κτιρίου 62 και $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$, εκτός κτιρίου $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Στα $PM_{2,5}$, επίσης φαίνεται μια ομοιομορφία στις μετρήσεις με το

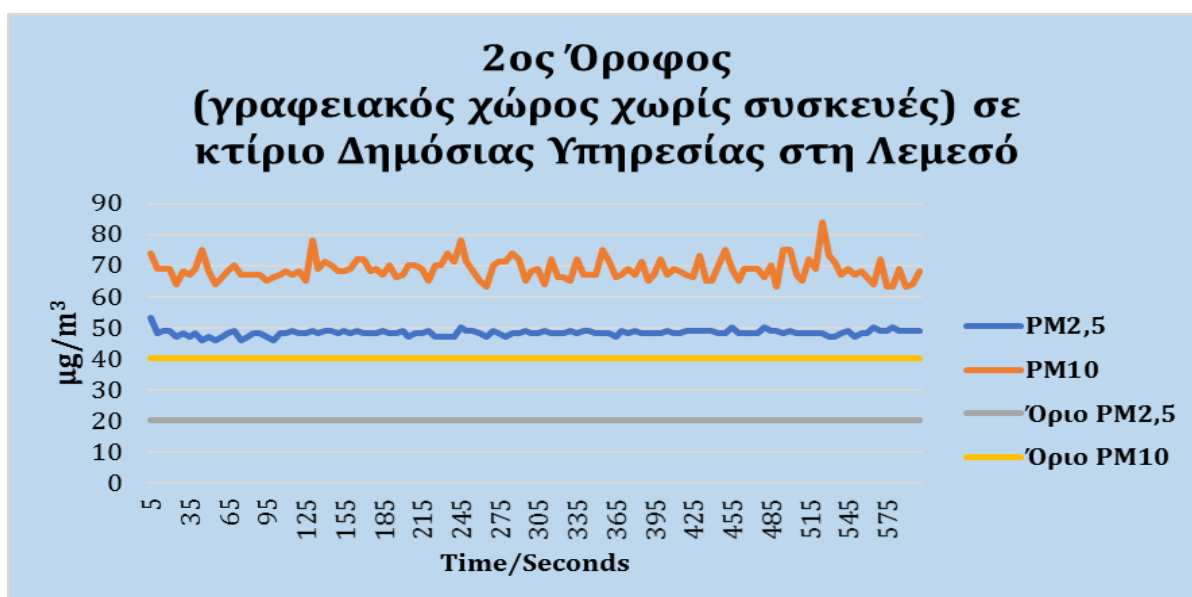
φωτομετρητή (εντός κτιρίου 52 και 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, εκτός κτιρίου 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), υπάρχει όμως απόκλιση με τη μέτρηση του σταθμού της πόλης ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Λόγω του ότι, το συγκεκριμένο κτίριο βρίσκεται εφαπτόμενο στο κεντρικό οδικό δίκτυο της Κύπρου, με μεγάλο όγκο συνεχόμενης κυκλοφοριακής κίνησης, αλλά και πλησίον (200 μέτρα) της Βιομηχανικής Περιοχής Αγίου Αθανασίου, να οφείλονται τόσο οι ψηλές μετρήσεις, όσο και η απόκλιση από το σταθμό της πόλης, που αξίζει να σημειωθεί, ότι απέχει γύρω στα 4 χιλιόμετρα από τη περιοχή μελέτης.

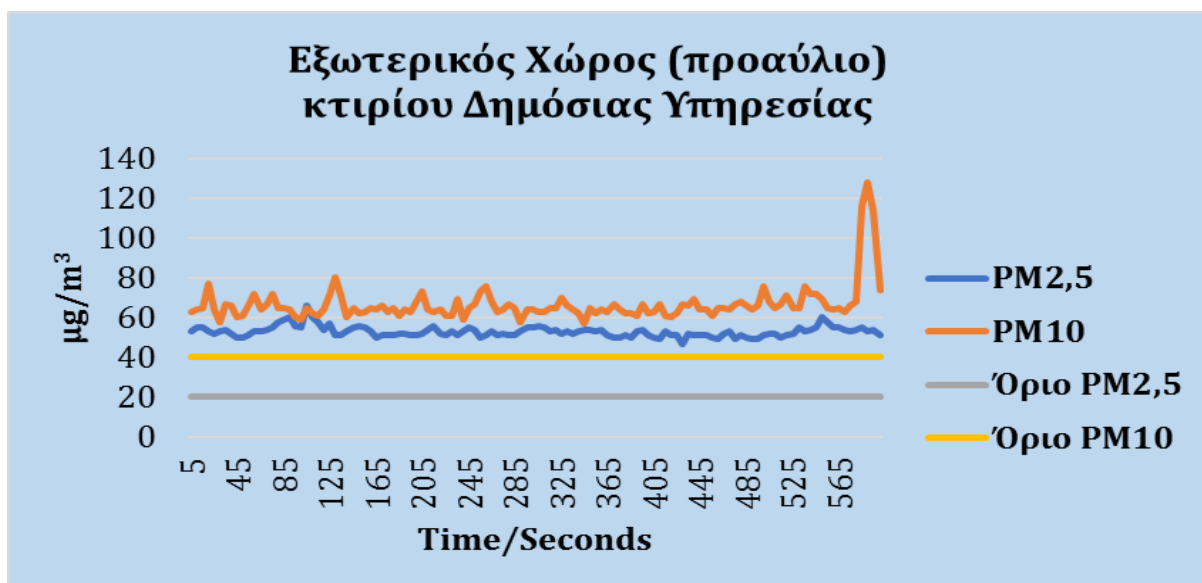
Τέλος, είναι χρήσιμο να ληφθεί υπόψη ότι, υπήρχαν σφοδροί άνεμοι και αιωρούμενη σκόνη στην ατμόσφαιρα, κάτι που ήταν οφθαλμοφανές. Στα Διαγράμματα 6.13, 6.14 και 6.15 παρουσιάζονται τα γραφήματα των δεκάλεπτων μετρήσεων από τους πιο πάνω χώρους:



Διάγραμμα 6.13: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων 1^{ου} Ορόφου (χώρου με εκτυπωτές) στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσία της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.14: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων 2^{ου} Ορόφου (γραφειακός χώρος χωρίς συσκευές) στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.15: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων **Εξωτερικός χώρος (προαύλιο)** στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

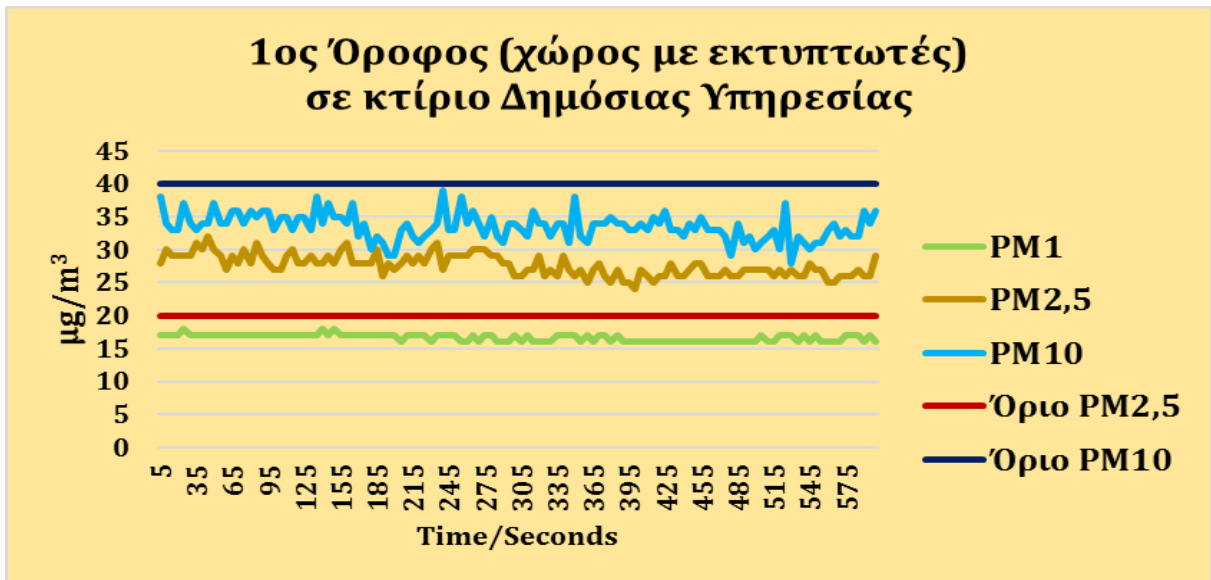
Στο συγκεκριμένο κτίριο διενεργήθηκαν επαναληπτικές δειγματοληπτικές μετρήσεις μετά από μια βδομάδα. Η ατμόσφαιρα ήταν σαφώς καθαρότερη, τουλάχιστον οπτικά. Αξίζει όμως να σημειωθεί, ότι λόγω των μέτρων κατά της πανδημίας, το προσωπικό ήταν κατά το ήμισυ σε πληρότητα και αυτό φαίνεται και από τις μετρήσεις που λήφθηκαν.

Στο χώρο που βρίσκονται οι εκτυπωτές (1^ο όροφο), οι μετρήσεις κυμάνθηκαν για τα PM_{2,5} από 24-32 µg/m³ με διάμεσο τα 28 µg/m³, ενώ για τα PM₁₀ από 28-39 µg/m³ με διάμεσο τα 34 µg/m³. Οι πρώτες μετρήσεις που έγιναν αφορούσαν τα PM₁ και ήταν πολύ σταθερές με διάμεσο 17 µg/m³ (16-18 µg/m³).

Στο 2^ο όροφο καταγράφηκαν για τα PM₁ από 14-16 µg/m³ (διάμεσος 15 µg/m³), για τα PM_{2,5} από 21-27 µg/m³ (διάμεσος 24 µg/m³), για τα PM₁₀ από 22-35 µg/m³ (διάμεσος 25 µg/m³). Εντός του κτιρίου η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων κυμάνθηκε από 26,8 έως 27,5°C, με ποσοστό υγρασίας κοντά στο 50%.

Οι μετρήσεις που έγιναν στον εξωτερικό χώρο του κτιρίου έδειξαν για τα PM₁ από 14-18 µg/m³ (διάμεσος 16 µg/m³), για τα PM_{2,5} από 28-33 µg/m³ (διάμεσος 30 µg/m³), για τα PM₁₀ από 32-64 µg/m³ (διάμεσος 40 µg/m³). Η θερμοκρασία στην ατμόσφαιρα κυμάνθηκε από 24-25°C, ενώ τα ποσοστά υγρασίας κυμάνθηκαν από 69-73%.

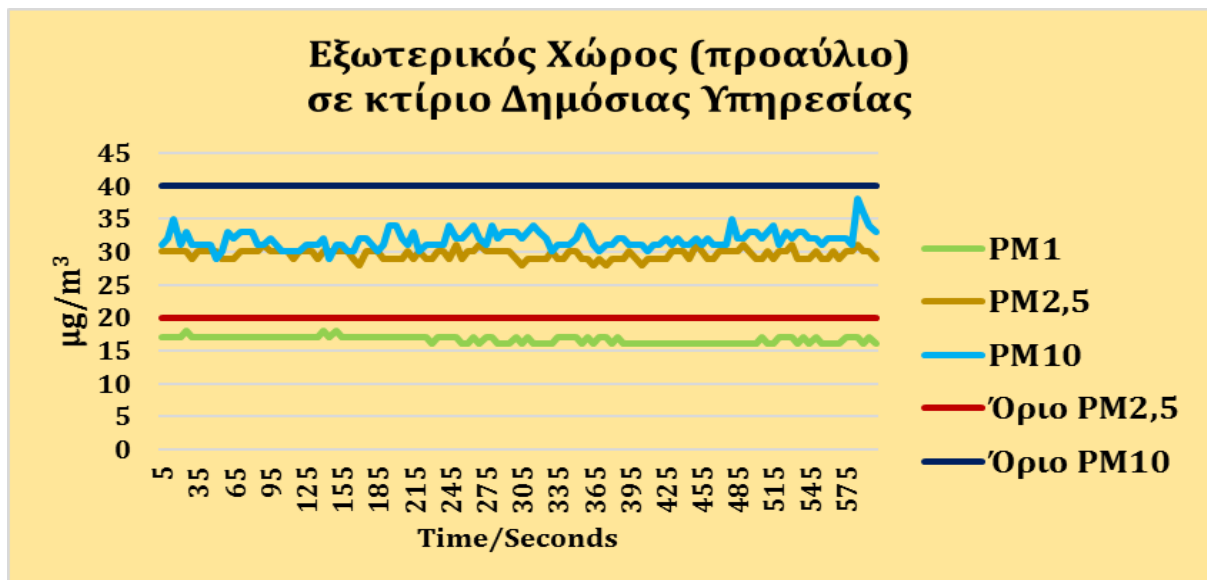
Στα Διαγράμματα 6.16, 6.17 και 6.18 βρίσκονται οι συγκρίσεις των μετρήσεων με τα εθνικά επιτρεπτά όρια:



Διάγραμμα 6.16: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων 1^{ου} Ορόφου (χώρου με εκτυπωτές) στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσία της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.17: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων 2^{ου} Ορόφου (γραφειακός χώρος χωρίς συσκευές) στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσία της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.18: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων **Εξωτερικού Χώρου (προαυλίου)** στο κτίριο Δημόσιας Υπηρεσίας της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

Προχωρώντας με την έρευνα για τα σωματίδια στο κτίριο της Δημόσιας Υπηρεσίας διενεργήθηκε ακόμα ένα πακέτο μετρήσεων μετά από είκοσι περίπου ημέρες. Χρησιμοποιήθηκε σταθερό τριπόδι (μικρή σκάλα για οικιακή χρήση), για να εξασφαλιστεί σταθερό ύψος για όλες τις μετρήσεις, ούτως ώστε να μπορεί να γίνει η σωστή σύγκριση των μετρήσεων, εντός κι εκτός κτιρίου. Οι συγκρίσεις των Γ' μετρήσεων παρουσιάζονται στα Συμπεράσματα της ενότητας.

6.1.4 Λαογραφικό - Γεωργικό Μουσείο Φασούλας Λεμεσού

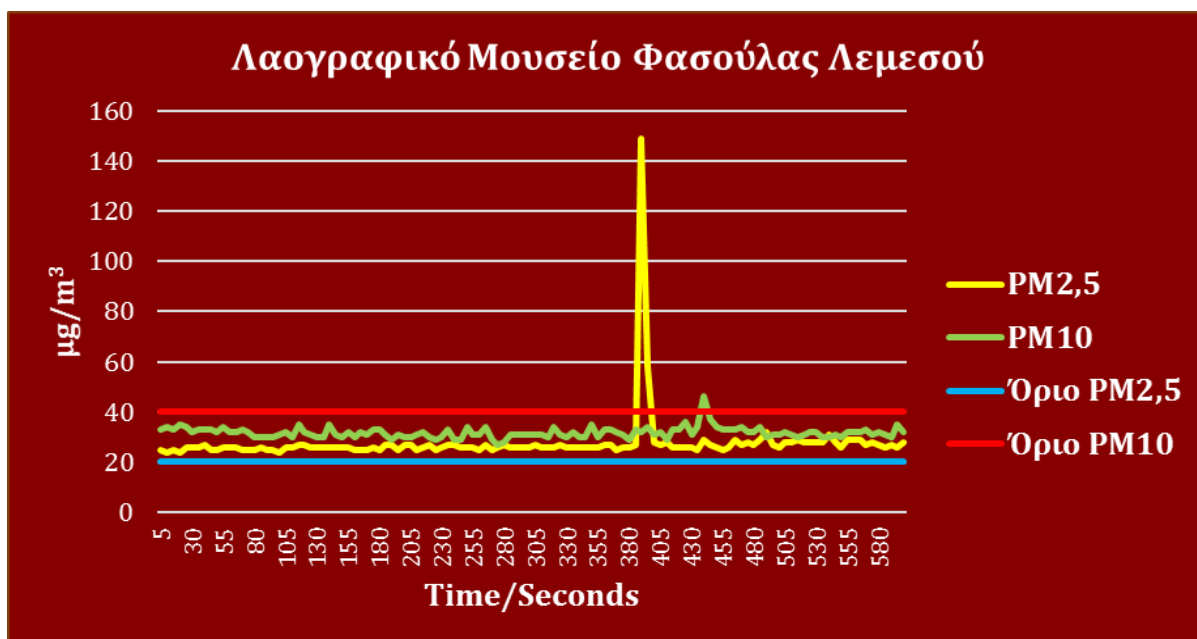
Ο συγκεκριμένος χώρος χρησιμοποιεί δύο δωμάτια παλιάς αρχιτεκτονικής. Αναπαλαιώθηκαν και έγιναν μουσεία. Στο πρώτο δωμάτιο βρίσκεται το Λαογραφικό Μουσείο και στο απέναντι δωμάτιο το Γεωργικό Μουσείο Φασούλας. Να σημειωθεί ότι είναι δύο διαφορετικοί χώροι. Έχουν την ίδια αυλή αλλά όχι κοινή στέγη. Στο Λαογραφικό Μουσείο τα $\text{PM}_{2,5}$ κυμάνθηκαν από 24-149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ με μέσο όρο τα 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και τα PM_{10} κατέγραψαν τιμές από 27-46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Τα 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ καταγράφηκαν όταν έγινε προσπάθεια επανατοποθέτησης της συσκευής σε καλύτερο σημείο. Στο Γεωργικό Μουσείο καταγράφηκαν κοντινές τιμές. Για τα $\text{PM}_{2,5}$ λήφθηκαν μετρήσεις από 24-44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα PM_{10} καταγράφηκαν τιμές από 27-128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Τα 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ που έλαβε ο μετρητής οφείλεται ότι κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης μέτρησης, κτυπήθηκε πολύ ελαφρά το χέρι δίπλα από τη συσκευή και αυτός είναι ο λόγος της ψηλής καταγραφής. Οπότε, στις μετρήσεις που έγιναν στα δύο δωμάτια των μουσείων δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες αποκλίσεις. Στον

εξωτερικό χώρο των δύο μουσειακών δωματίων, τα αποτελέσματα ήταν πολύ κλειστά προς τις εσωτερικές μετρήσεις. Τα σωματίδια των 2,5 μm κατέγραψαν τιμές από 24-34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) και για τα σωματίδια των 10 μm λήφθηκαν μετρήσεις των 30-46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (μέσος όρος 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ο σταθμός της πόλης, απέχει γύρω στα 11 χιλιόμετρα από το χώρο των μουσείων της κοινότητας. Ο κεντρικός σταθμός, κατά της διάρκεια των μετρήσεων, κατέγραψε για τα $\text{PM}_{2,5}$ 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και για τα PM_{10} 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Περίπου ο εσωτερικός και εξωτερικός αέρας είχε την ίδια ποιότητα, όσον αφορά τα αιωρούμενα σωματίδια. Αυτό που παρατηρήθηκε έντονα, είναι ότι στους δύο χώρους υπάρχουν συσσωρευμένα σωματίδια στο έδαφος και αυτό φάνηκε ξεκάθαρα όταν έγινε πολύ ελαφρύ κτύπημα χεριών κοντά στο μηχάνημα (όπως αναφέρθηκε προηγουμένως). Σε διάστημα ενός δευτερολέπτου, οι τιμές του μετρητή ανέβηκαν από 24-27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στα 128-149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι τα εν λόγω μουσεία, ένεκα του ότι βρίσκονται στην ύπαιθρο, σπανίως ανοίγουν για το κοινό. Οπότε, ήταν αναμενόμενες οι πιο πάνω μετρήσεις, όπως ήταν και αναμενόμενη η συσσώρευση σωματιδίων παντού στα δύο δωμάτια λόγω μη επαρκούς αέρα. Επίσης, υπήρχε έντονα η μυρωδιά ότι οι χώροι ήταν πολύ καιρό κλειστοί κι ότι δεν λειτουργούν σε καθημερινή βάση. Εν τούτοις, κάποια στοιχεία που παρατηρήθηκαν, οδηγούν στο συμπέρασμα της επίπτωσης σε παλαιά αντικείμενα από την ύπαρξη σωματιδίων όπως η εικόνα 6.1:

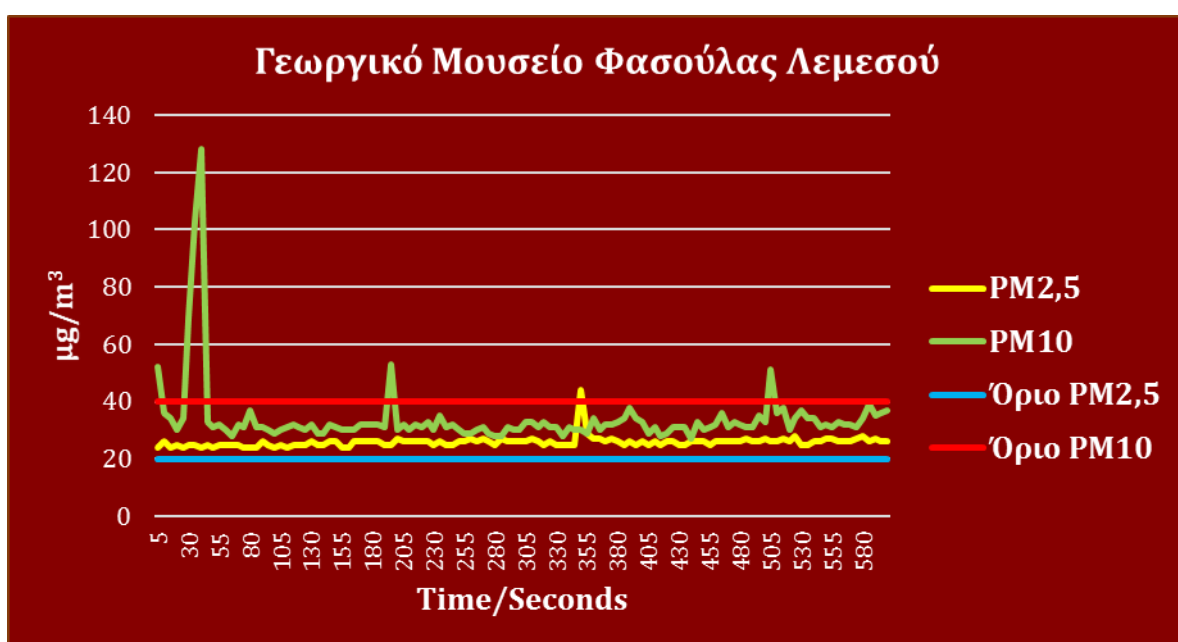


Εικόνα 6.1: Φθορά σε χαρτιά που πιθανόν να προκλήθηκε από την έκθεσή τους σε συσσωρευμένα αιωρούμενα σωματίδια

Ακολουθούν τα Διαγράμματα 6.19, 6.20 και 6.21 που καταγράφουν τις δεκάλεπτες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε Λαογραφικό και Γεωργικό Μουσείο, καθώς επίσης τις μετρήσεις στο εξωτερικό χώρο των δύο μουσείων:



Διάγραμμα 6.19: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων **Λαογραφικού Μουσείου Φασούλας Λεμεσού** σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.20: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων **Γεωργικού Μουσείου Φασούλας Λεμεσού** σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.21: Σύγκριση Μετρήσεων Αιωρούμενων Σωματιδίων του **Κοινού Εξωτερικού Χώρου των δύο Μουσείων Φασούλας Λεμεσού** σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

6.2 Περιορισμοί της μελέτης

Μέσα στην όλη διαδικασία μιας μελέτης, παρουσιάζονται πάντοτε στοιχεία που πιθανόν να είναι είτε αναμενόμενα, είτε μη αναμενόμενα. Στη συγκεκριμένη έρευνα, ακολουθήθηκε ποσοτική μεθοδολογία (δειγματοληπτικές μετρήσεις) με αποτέλεσμα να προκύψουν διάφοροι περιορισμοί λόγω της περιόδου που πραγματοποιήθηκε. Το δείγμα που λήφθηκε από τους χώρους μελέτης κρίνεται ικανοποιητικό, όμως παρουσιάζεται η πιθανότητα διαφοροποίησης των αποτελεσμάτων εάν και εφόσον οι μετρήσεις, δεν πραγματοποιούνταν σε περίοδο απαγόρευσης της κυκλοφορίας, ελέω της πανδημίας COVID-19. Μέχρι την τελευταία στιγμή, η παρουσία του μετρητή στους χώρους των μετρήσεων ήταν αβέβαιη, λόγω της πανδημίας, αφού λόγω της ανεξέλεγκτης κατάστασης με την αυξητική τάση των κρουσμάτων, εκδόθηκε απαγόρευση στην κυκλοφορία και κλείσιμο όλων των δημόσιων χώρων, μαζί και με αυτούς τα μουσεία. Επιπρόσθετα, σε δύο περιπτώσεις, δεν επιτράπηκε η παρουσία του μετρητή στους χώρους που υπήρχε έγκριση για τις μετρήσεις, λόγω του ότι οι χώροι είτε ήταν κλειστοί (λόγω πανδημίας), είτε τύγχαναν χρήσης από άλλους φορείς (π.χ. στο μεσαιωνικό κάστρο γίνονταν γυρίσματα ταινίας, εντός του μουσείου και δεν έγινε αποδεκτή η παρουσία του μετρητή παρά τις συνεχόμενες παρακλήσεις που έγιναν).

Όταν χρησιμοποιείται μια συσκευή για την λήψη δεδομένων, πάντα υπάρχει η πιθανότητα των λάθος δεδομένων, κάτι που φάνηκε στη συγκεκριμένη μελέτη να μην έχει προκύψει.

Είναι εμφανές ότι λόγω των πιο πάνω δεδομένων (πανδημία), παρουσιάστηκαν δυσκολίες ως προς την ορθότερη λήψη των πραγματικών δεδομένων. Ίσως η συγκεκριμένη μελέτη να απαιτούσε περισσότερο χρόνο, ως προς τη λήψη εκτεταμένων μετρήσεων αλλά και την πραγματοποίησή της σε περίοδο κανονικής ζωής και όχι εν μέσω πανδημίας.

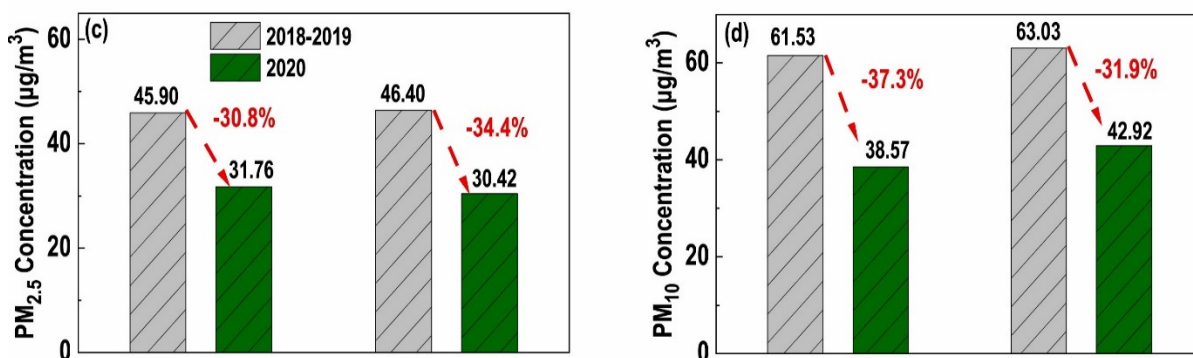
6.3 Συμπεράσματα

Το εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Επιπλέον, οι εσωτερικές δραστηριότητες και η παρουσία ατόμων μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων εσωτερικού χώρου. Τα αποτελέσματα δεν μπορεί να είναι τα ίδια σε όλες τις τοποθεσίες μέτρησης και εξαρτάται από το συνδυασμό της παρουσίας πιθανών πηγών ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους και της διείσδυσης εξωτερικών ρύπων (Theologides *et al.*, 2015).

Με την επιβολή αυστηρών μέτρων ελέγχου και τους κοινωνικούς αποκλεισμούς που ξεκίνησαν για την καταπολέμηση της πανδημίας COVID-19, έφεραν σημαντικό αντίκτυπο στις συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων. Σύμφωνα με στοιχεία παρατήρησης που λήφθηκαν από το Εθνικό Κέντρο Παρακολούθησης Περιβάλλοντος της Κίνας, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2019, η μέση συγκέντρωση NO₂ στις αρχές του 2020 κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, παρουσίασε μείωση της τάξης του 53%, 50% και 30% στην πόλη Wuhan, στην επαρχία Hubei (εξαιρείται η Wuhan) και στην Κίνα (εξαιρούνται οι Hubei και Wuhan), αντίστοιχα. Ταυτόχρονα, η συγκέντρωση PM_{2,5} μειώθηκε κατά 35%, 29% και 19% σε Wuhan, Hubei (εκτός της Wuhan) και Κίνα (εκτός της Hubei και της Wuhan), αντίστοιχα. Λιγότερο σημαντικές μειώσεις έχουν επίσης βρεθεί για τις συγκεντρώσεις SO₂ και CO. Έγινε ανάλυση επίσης της χρονικής διακύμανσης και της χωρικής κατανομής των συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων στην Κίνα κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Οι μειώσεις στις συγκεντρώσεις PM_{2,5} και NO₂ έδειξαν σχετικά συνεπή χρονική μεταβολή και χωρική κατανομή. Αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν τον έλεγχο των NO_x για περαιτέρω μείωση της ρύπανσης από PM_{2,5} στην Κίνα. Η ταυτόχρονη μείωση των συγκεντρώσεων NO_x και PM_{2,5} οδήγησε σε αύξηση των συγκεντρώσεων O₃ σε όλη την Κίνα κατά τη διάρκεια της πανδημίας

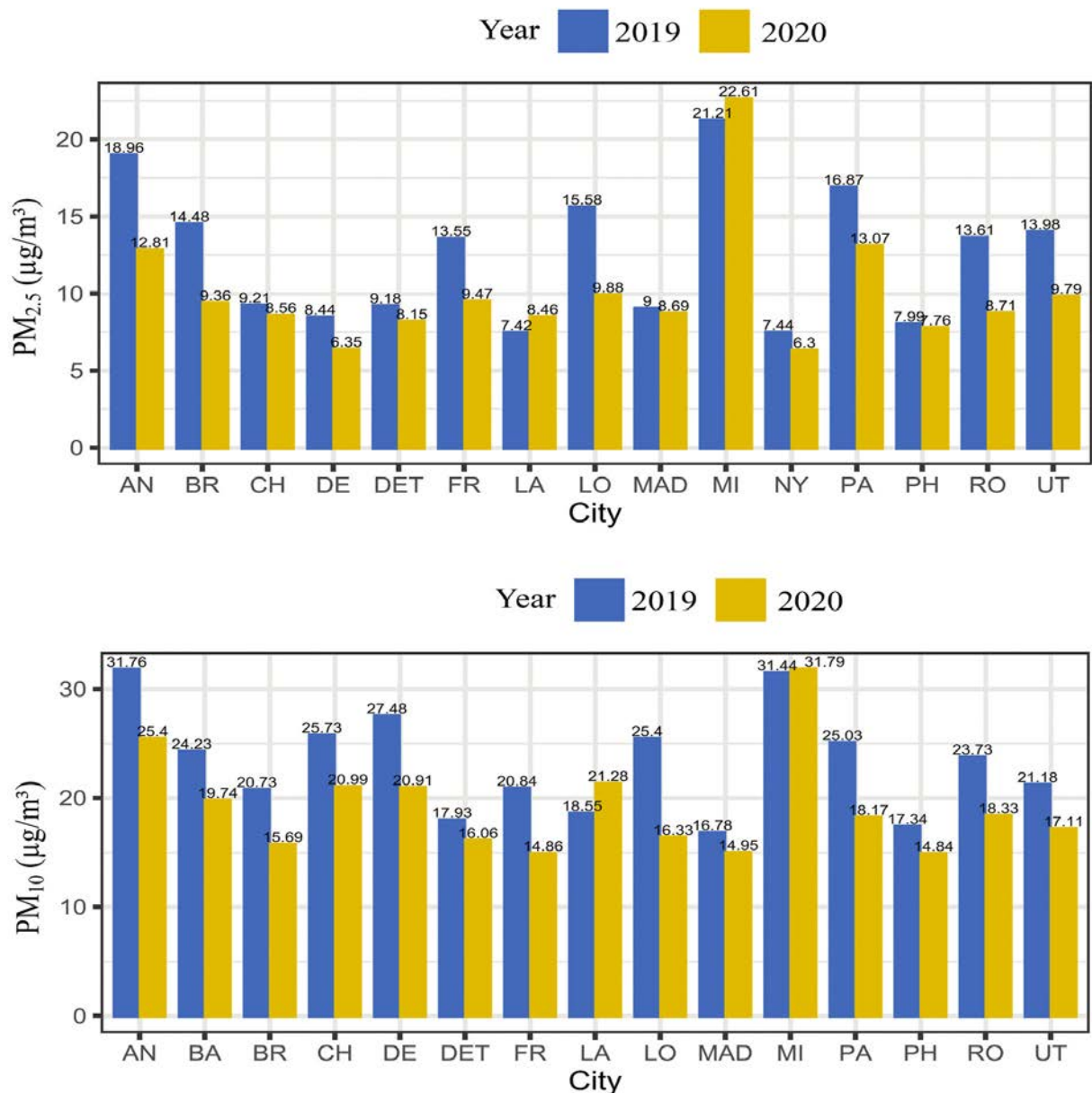
COVID-19, υποδεικνύοντας ότι απαιτείται συντονισμένος έλεγχος άλλων ρύπων (Chu *et al.*, 2021).

Το ξέσπασμα της πανδημίας COVID-19 εκτός από το ότι έχει βάλει φρένο στην παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη, έχει επιφέρει και επιδράσεις στο περιβάλλον. Στοιχεία δείχνουν ότι οι στρατηγικές κλειδώματος έχουν μειώσει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση που σχετίζεται με την κυκλοφορία (TRAP) σε περιοχές ανά το παγκόσμιο. Σε μελέτη που έγινε, αξιολογήθηκε η επίδραση της απαγόρευσης κυκλοφορίας (lockdown) λόγω της COVID-19, στα επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων που σχετίζονται με την κυκλοφορία στη Σανγκάη. Συγκρίθηκαν και αξιολογήθηκαν τα δεδομένα σχετικά με τη ρύπανση από δύο τύπους σταθμών παρακολούθησης - σταθμούς δρόμου και εκτός δρόμου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα NO₂, PM_{2.5}, PM₁₀ και SO₂ είχαν μειωθεί κατά ~ 30-40% σε κάθε σταθμό κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, σε αντίθεση με το 2018-2019. Το CO παρουσίασε μέτρια μείωση ~29% στους σταθμούς του δρόμου και ~16% στους σταθμούς εκτός του δρόμου. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις O₃ αυξήθηκαν κατά ~30% στους σταθμούς του δρόμου και ~6% στους σταθμούς εκτός του δρόμου. Αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να προκύψει από τις μειωμένες εκπομπές NO_x από οχήματα, τα οποία μείωσαν την πυκνότητα του O₃. Τα πλήρη μέτρα απαγόρευσης κυκλοφορίας, οδήγησαν στην υψηλότερη μείωση των πρωτογενών ρύπων κατά 34-48% στους σταθμούς που βρίσκονται στις άκρες των δρόμων και 18-50% στους σταθμούς εκτός δρόμων. Επίσης, η αύξηση των επιπέδων O₃ ήταν μεγαλύτερη κατά το ολικό lockdown, έως 64% στους σταθμούς των δρόμων και έως 33% στους σταθμούς εκτός δρόμων, λόγω της μεγαλύτερης μείωσης των προδρόμων NO₂, οι οποίες προωθούν το σχηματισμό O₃. Στο Διάγραμμα 6.22 παρουσιάζονται οι τιμές των αιωρούμενων σωματιδίων τις χρονιές 2018-2019 που δεν υπήρχε η πανδημία, καθώς και οι τιμές του 2020, περίοδο κατά την οποία υπήρχε απαγόρευση κυκλοφορίας (lockdown) λόγω της πανδημίας COVID-19 (Wu *et al.*, 2021).



Διάγραμμα 6.22: Τιμές Αιωρούμενων Σωματιδίων (PM_{2.5} και PM₁₀) πριν (2018-2019) και κατά τη διάρκεια του lockdown (2020) στη Σανγκάη της Κίνας (Wu *et al.*, 2021)

Ο καθαρός αέρας είναι θεμελιώδης ανάγκη για την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές, που είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία, έχουν μειωθεί σημαντικά με την απαγόρευση κυκλοφορίας λόγω της πανδημίας COVID-19. Σε μελέτη που έγινε, λήφθηκαν μετρήσεις αρκετών αέριων ρύπων. Δορυφορικά δεδομένα έδειξαν ότι σε άθροισμα 20 πόλεων, τα PM_{2,5} και PM₁₀ μειώνονται περίπου 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ και 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αντίστοιχα. Στο Διάγραμμα 6.23 παρουσιάζονται οι τιμές που καταγράφηκαν για τα PM_{2,5} και PM₁₀ τις περιόδους Φεβρουάριο – Μάιο 2019 και Φεβρουάριο – Μάιο 2020 δείχνουν τις μετρήσεις σε ευρωπαϊκές πόλεις. Είναι εμφανές τα αποτελέσματα μείωσης των σωματιδίων:



Διάγραμμα 6.23: Μετρήσεις PM_{2,5} και PM₁₀ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) σε επιλεγμένες πόλεις κατά την 1η Φεβρουαρίου έως 11 Μαΐου το 2019 και το 2020 (Sannigrahi *et al.*, 2021)

Συγκεκριμένα, για τα PM_{2,5}, η υψηλότερη μείωση, που ήταν μεγαλύτερη του 35%, σημειώθηκε στο Λονδίνο, στο Ρότερνταμ και στις Βρυξέλλες. Ακολουθούν με μείωση 25%-35%, η Αμβέρσα, η Φρανκφούρτη και η Ουτρέχτη, από μείωση 15%-25% έπονται το Ντένβερ, το Παρίσι και η Νέα Υόρκη, με μείωση 5%-15% το Ντιτρόιτ και το Σικάγο και μείωση μικρότερη του 5% στη Μαδρίτη και τη Φιλαδέλφεια. Για τα PM₁₀, η μέγιστη μείωση παρατηρήθηκε στις ευρωπαϊκές πόλεις, με τιμές πέραν του 35% στο Λονδίνο, 25%-35% σε Παρίσι και Φρανκφούρτη, 15%-25% σε Βρυξέλλες, Ντένβερ, Ρότερνταμ, Αμβέρσα, Ουτρέχτη, Βαρκελώνη, Σικάγο, 5%-15% σε Ντιτρόιτ, Μαδρίτη, Φιλαδέλφεια (Sannigrahi *et al.*, 2021).

Πραγματοποιήθηκε έρευνα για μελέτη ύπαρξης ρύπων στο National Museum της Στοκχόλμης. Το μουσείο τη συγκεκριμένη περίοδο υπόκειτο σε ανακαίνιση και ενσωμάτωσε πολλά νέα υλικά στις γκαλερί τους, δημιουργώντας μια εξαιρετική ευκαιρία για τη διερεύνηση της ποιότητας του μουσείου. Γενικά, οι συγκεντρώσεις ρύπων που μετρήθηκαν στις γκαλερί του National Museum της Στοκχόλμης, ήταν κατάλληλες και δεν απαιτούσαν άμεσες ενέργειες. Κατά τη διάρκεια της περιόδου των δεύτερων μετρήσεων, οι συγκεντρώσεις οξικού και μυρμηκικού οξέος σε δύο πινακοθήκες ήταν υψηλότερες από αυτές των μετρήσεων της πρώτης περιόδου, πιθανώς λόγω της εισαγωγής νέων δομικών υλικών. Οι χώροι της γκαλερί πιθανόν να παρουσιάσουν χαμηλότερα επίπεδα οξικού και μυρμηκικού οξέος στο μέλλον ως νέα υλικά κατασκευής εκτός αερίου. Παρ' όλα αυτά, κρίθηκε σωστό όπως συνεχίσουν να παρακολουθούνται οι συγκεντρώσεις οξικού και μυρμηκικού οξέος σε αυτές τις αίθουσες στο μέλλον, είτε χρησιμοποιώντας ταινίες ανίχνευσης οξέος, ένα γυαλισμένο μολύβδινο κουπόνι ή άλλα δείγματα αέρα. Εάν διαπιστωθεί ότι οι συγκεντρώσεις οξικού και μυρμηκικού οξέος στις στοές είναι υψηλές ή διαπιστωθεί ότι επηρεάζουν αντικείμενα, πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη μείωση των επιπέδων. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε κορύφωση της αιωρούμενης συγκέντρωσης σωματιδίων κατά τη διάρκεια ανοίγματος και κλεισίματος παραθύρων. Όταν άνοιγαν τα παράθυρα και οι κουρτίνες τραβιούνταν προς τα πίσω, οι δονήσεις προκαλούσαν τη σκόνη να βγει από το ύφασμα και να διασκορπιστεί στην ατμόσφαιρα. Οι ηλεκτρικές σκούπες δημιουργούν επίσης σύννεφα σωματιδίων τα οποία στη συνέχεια εναποτίθενται στα έργα τέχνης. Όταν ο καθαρισμός πραγματοποιείται με ανοιχτά παράθυρα, τα σύννεφα των σωματιδίων διαλύονται γρήγορα, αλλά η θερμοκρασία και η υγρασία ποικίλλουν με ανεξέλεγκτο τρόπο, επηρεάζοντάς τα από την είσοδο εξωτερικών μαζών αέρα (Canosa and Norrehed, 2019).

Είναι γνωστό ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει συμβάλει στην προοδευτική επιδείνωση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Η υπερβολική ατμοσφαιρική ρύπανση σε

πολλές πόλεις - ιδίως εκείνες που συνδέονται με αερολύματα (π.χ. μαύρος άνθρακας), όξινες ενώσεις (π.χ. διοξείδιο του θείου [SO₂], οξείδια του αζώτου [NO_x], HNO₃) και οξειδωτικά (π.χ., όζον [O₃], H₂O₂) - επηρέασαν ιστορικά και μοντέρνα υλικά και έχουν καταγραφεί σημαντικές ζημιές σε ιστορικές και πολιτιστικές δομές και μνημεία (Drougka *et al.*, 2020).

Σύμφωνα με τους (Hashim *et al.*, 2015), η διατήρηση της καλής ποιότητας του εσωτερικού αέρα σε ένα μουσείο δεν είναι απλώς θέμα διατήρησης των αντικειμένων, αλλά και όφελος για την υγεία όσων εργάζονται στο συγκεκριμένο χώρο, αλλά και για τους επισκέπτες.

Στους χώρους που διενεργήθηκαν οι μετρήσεις για την ποσοτική έρευνα της μεταπτυχιακής διατριβής, οι θερμοκρασίες εντός κτιρίου κυμαίνονταν από 26 – 28°C και η υγρασία από 40 - 52%, αντίστοιχα, το οποίο εξακολουθεί να βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων.

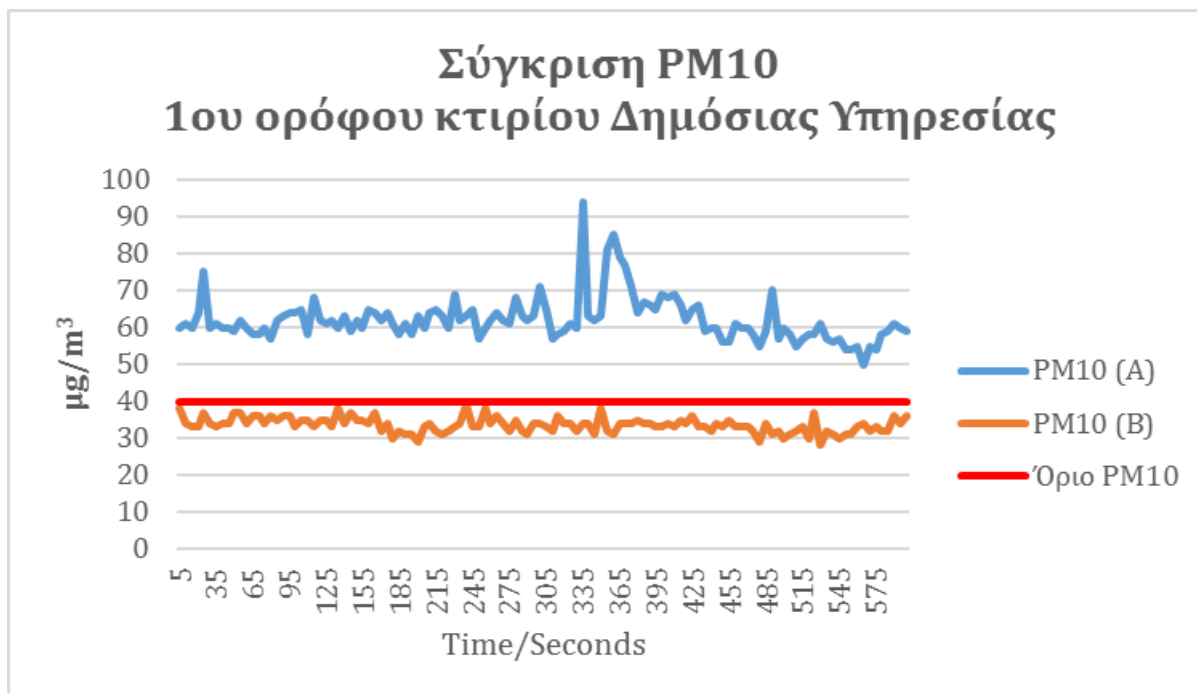
Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, καθώς και οι συγκεντρώσεις των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων (PM_{2,5} και PM₁₀), στα μουσεία παρακολουθήθηκαν με τη μέθοδο δύο δειγματοληπτικών μετρήσεων με απόσταση δέκα ημερών μεταξύ τους, κατά τη διάρκεια των διακοπών για τις εορτές του Πάσχα και συγκεκριμένα μέσα Απριλίου και αρχές Μαΐου. Η συγκεκριμένη περίοδος αντιπροσωπεύει την μετάβαση των καιρικών συνθηκών σε πιο καλοκαιρινές θερμοκρασίες. Η πόλη της Λεμεσού είναι φημισμένη για τα ψηλά ποσοστά υγρασίας που παρουσιάζει από τα μέσα περίπου της άνοιξης μέχρι ακόμα και τα μέσα του φθινοπώρου, Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε δύο αίθουσες/χώρους του κάθε - υπο εξέταση - κτιρίου (μουσεία και εργασιακοί χώροι). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εσωτερικοί χώροι επηρεάζονται από τους εξωτερικούς χώρους. Οι μετρήσεις που έγιναν σε όλους του χώρους έδειξαν πολύ κοντινές τιμές στις μετρήσεις των εσωτερικών χώρων με τις εξωτερικές μετρήσεις. Σχεδόν πάντα, οι εξωτερικές ήταν ελαφρώς πιο ψηλές από τις εσωτερικές μετρήσεις και ίσως αυτό να οφείλεται στην απουσία κοινού, λόγω πανδημίας, το οποίο αποδεικνύεται και από διάφορες μελέτες που έγιναν την τελευταία διετία.

Στις πρώτες μετρήσεις που έγιναν στο κτίριο που στεγάζεται η Δημόσια Υπηρεσία, βρέθηκαν τιμές αιωρούμενων σωματιδίων που ήταν εκτός του εθνικού αποδεκτού ορίου. Πιθανός λόγος είναι η παρουσία υπαλλήλων στο κτίριο, σε σχέση με τις δεύτερες μετρήσεις, που η πληρότητα του προσωπικού ήταν κοντά στο 50% λόγω πανδημίας, αφού εφαρμόστηκε πλάνο τηλεργασίας από το σπίτι, για να αποφευχθούν οι συνενυρέσεις περισσότερων υπαλλήλων στους χώρους. Επιπρόσθετα, σημαντικότερος παράγοντας είναι η τοποθεσία του κτιρίου, αφού εφάπτεται στο εθνικό οδικό δίκτυο της

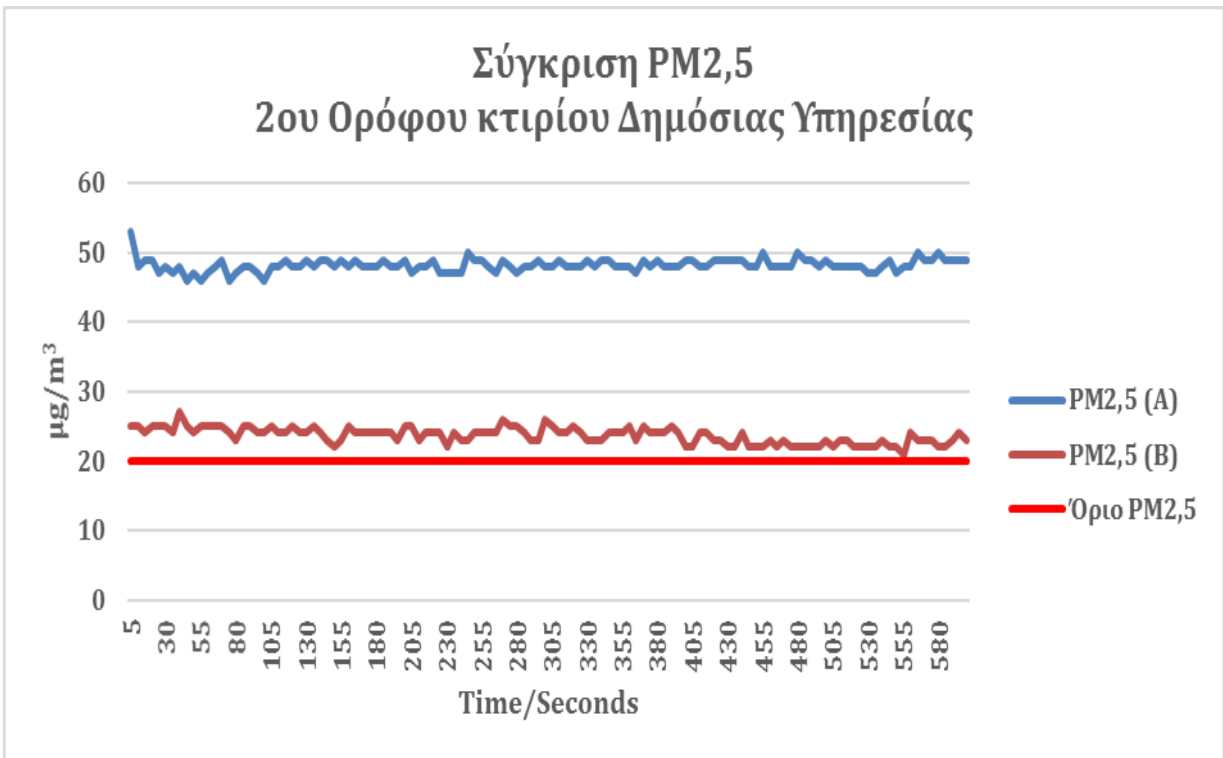
Κυπριακής Δημοκρατίας και παρά το lockdown - πάντα υπάρχει αυξημένη κυκλοφοριακή κίνηση. Επίσης, το κτίριο βρίσκεται εντός της Βιομηχανικής Ζώνης Αγίου Αθανασίου, που είναι η κύρια Βιομηχανική Περιοχή της πόλης. Στα Διαγράμματα 6.24, 6.25, 6.26 και 6.27 παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των δύο διαφορετικών μετρήσεων για τα $PM_{2,5}$ και PM_{10} στον 1^ο όροφο και στο 2^ο όροφο.



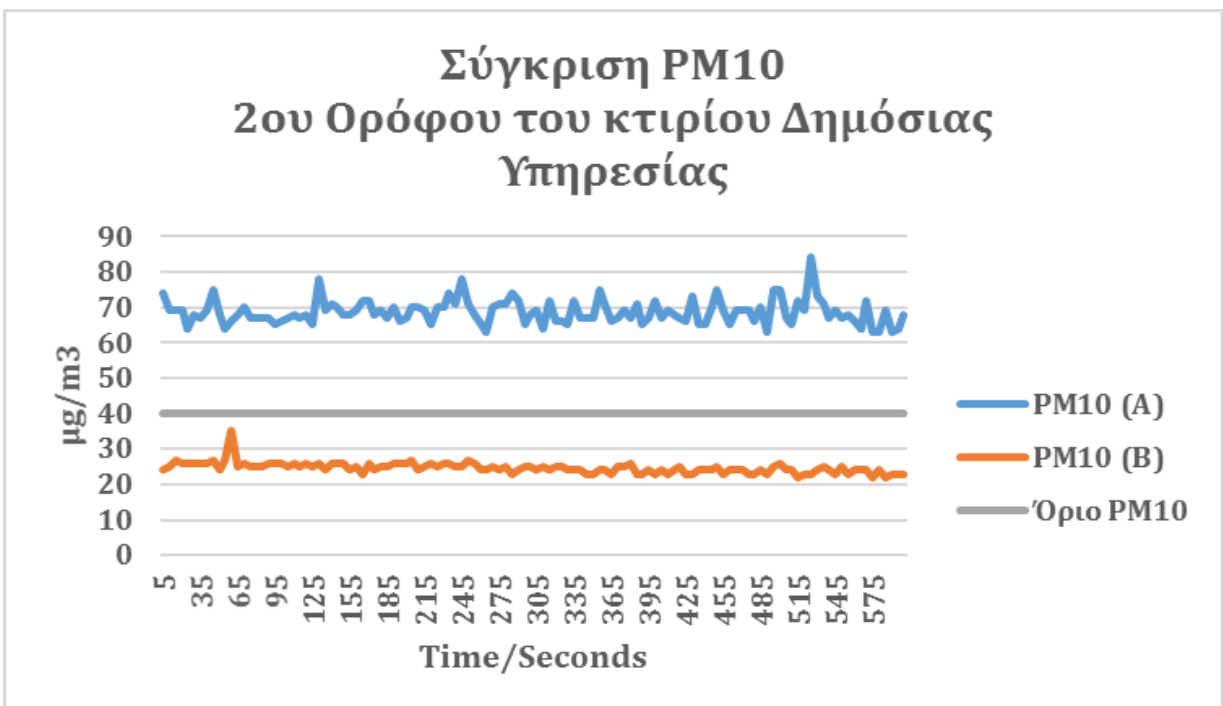
Διάγραμμα 6.24: Σύγκριση Μετρήσεων $PM_{2,5}$ στον 1^ο όροφο του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας



Διάγραμμα 6.25: Σύγκριση Μετρήσεων PM_{10} στον 1^ο όροφο του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

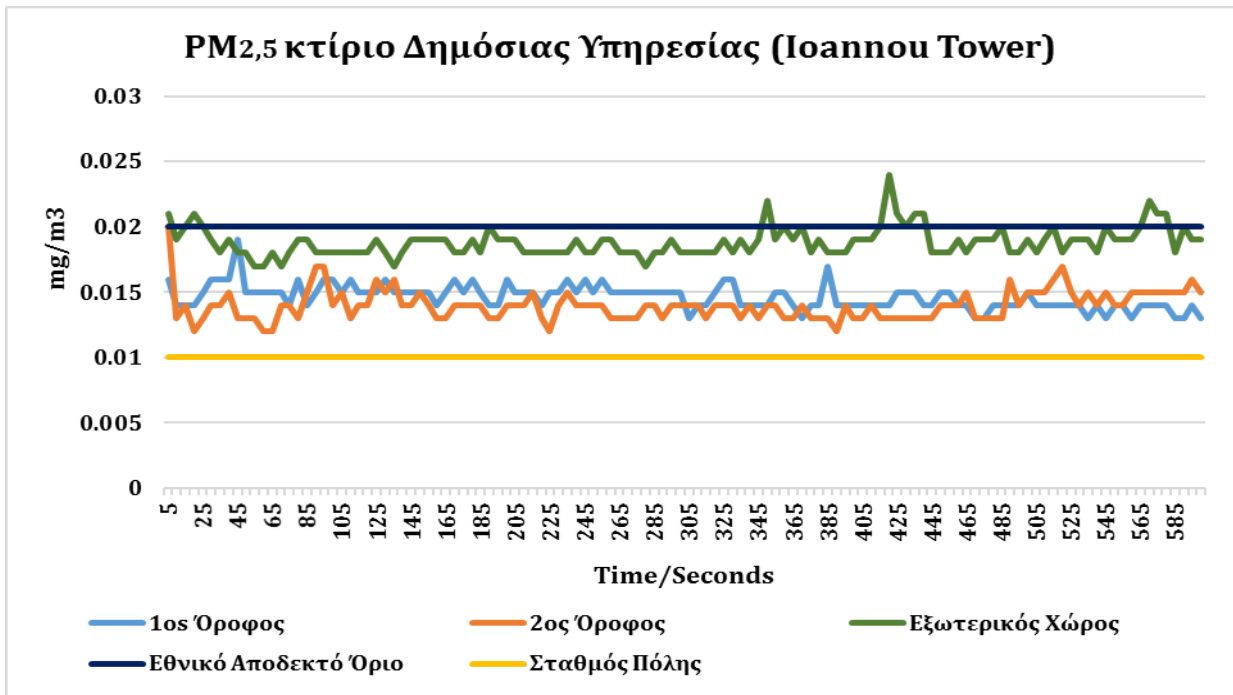


Διάγραμμα 6.26: Σύγκριση Μετρήσεων PM_{2,5} στον 2ο όροφο του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

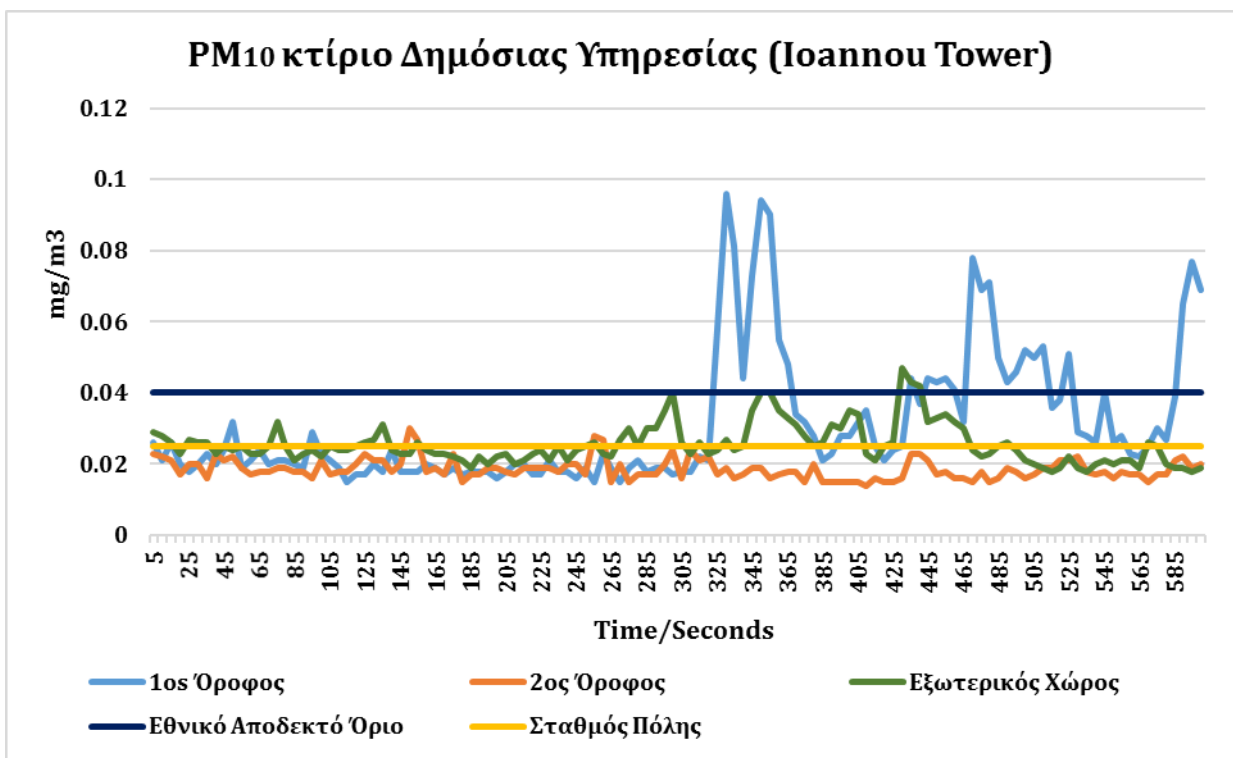


Διάγραμμα 6.27: Σύγκριση Μετρήσεων PM₁₀ στον 2ο όροφο του κτιρίου Δημόσιας Υπηρεσίας

Ακολουθούν τα Διαγράμματα 6.28 και 6.29, που γίνεται σύγκριση των Γ' μετρήσεων για τα PM_{2,5} και PM₁₀, εντός κι εκτός κτιρίου:



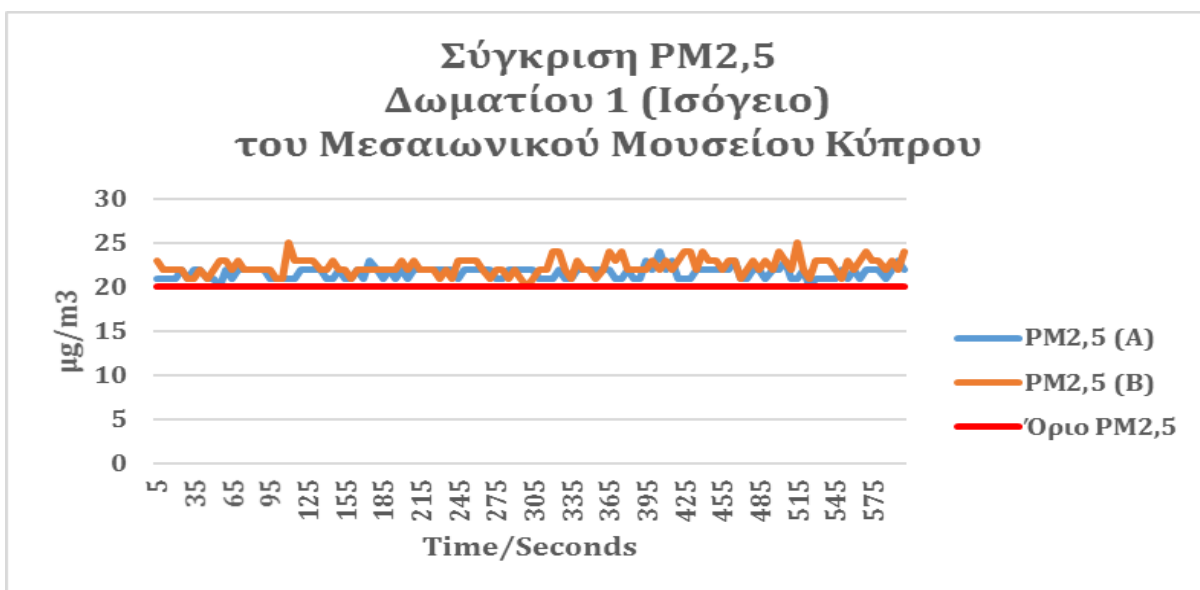
Διάγραμμα 6.28: Σύγκριση Γ' ημέρας Μετρήσεων PM_{2,5} κτίριο Δημόσιας Υπηρεσία της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



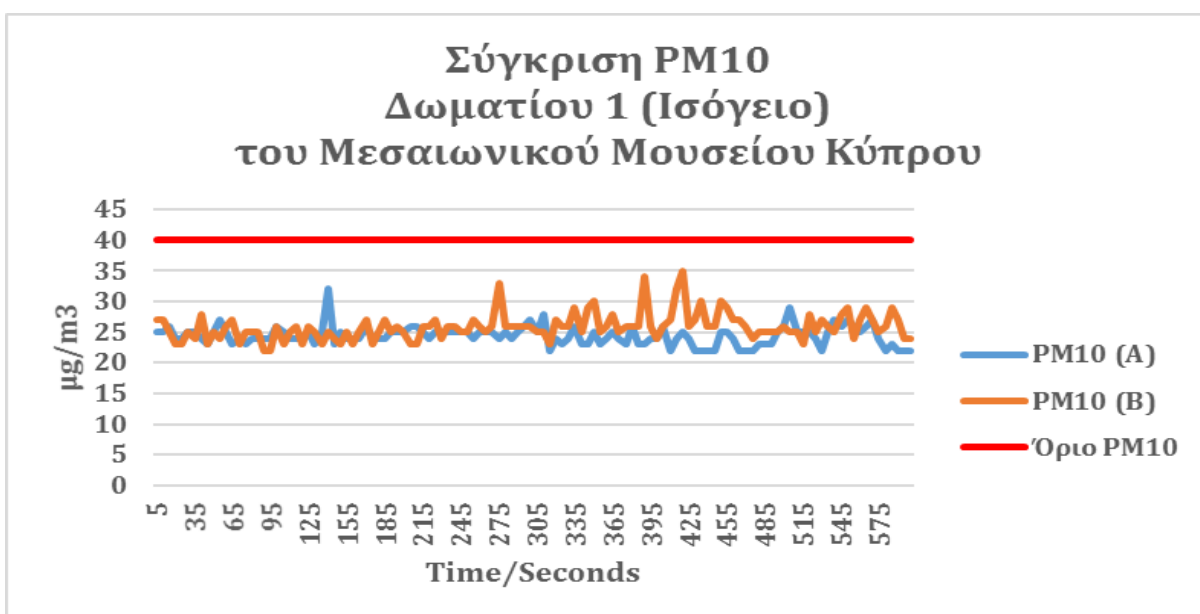
Διάγραμμα 6.29: Σύγκριση Γ' ημέρας Μετρήσεων PM₁₀ κτίριο Δημόσιας Υπηρεσία της Επαρχίας Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

Οι μετρήσεις των PM_{2,5} ήταν εντός ορίων σε όλα τα υπό εξέταση σημεία, ενώ το ίδιο ισχύει και για τις μετρήσεις των PM₁₀, εκτός από τον 1^ο όροφο, όπου οι μεγάλες τιμές από το μέσο της διαδικασίας και μετά, οφείλεται στο ότι υπήρχε καθαρίστρια κοντά στο φωτομετρητή και σκούπιζε το πάτωμα.

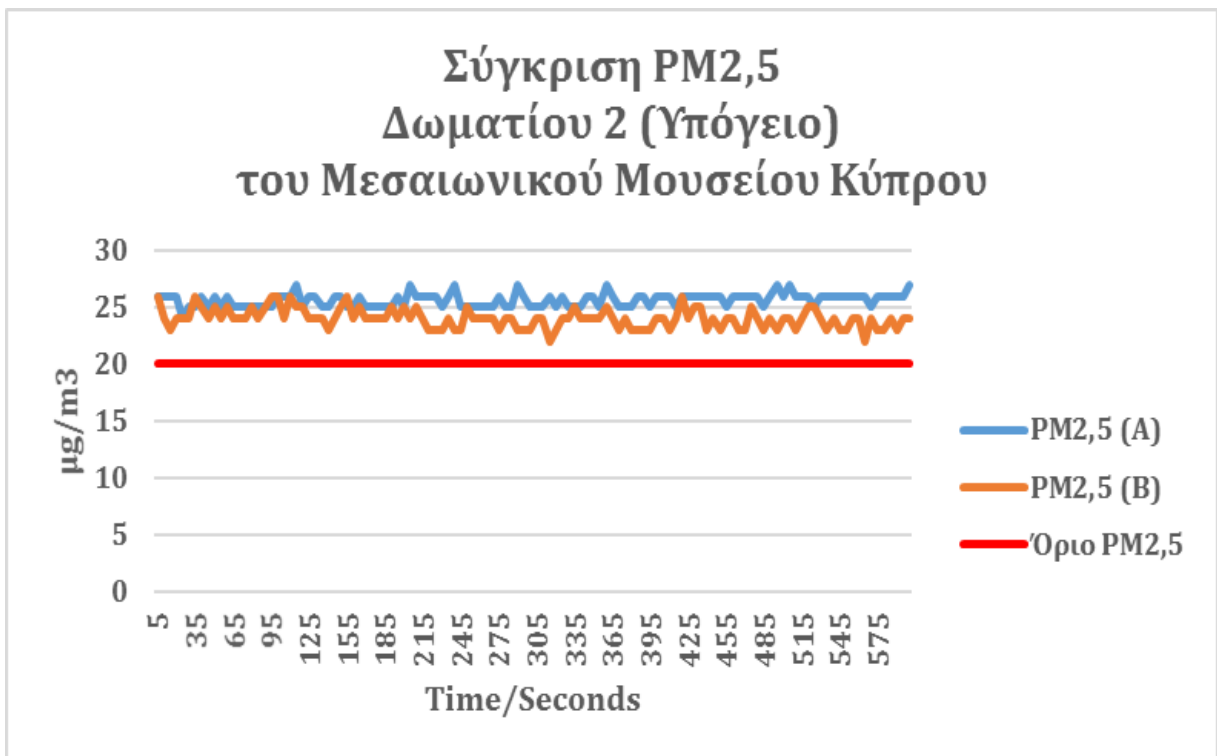
Στις μετρήσεις του Μεσαιωνικού Μουσείου κι εδώ βλέπουμε μείωση στις δεύτερες μετρήσεις καθώς στις πρώτες μετρήσεις, εκτός κτιρίου, ήταν πολύ διαφορετικό το κλίμα από την παρουσία κοινού στις γύρω περιοχές, ενώ επαναλαμβάνεται ότι οι δεύτερες μετρήσεις έγιναν σε περίοδο lockdown. Πραγματικά, το τοπίο εκτός των χώρων του μουσείου ήταν εντελώς άδειο. Να σημειωθεί δε, ότι γύρω γύρω του μουσείου είναι πεζόδρομος. Το οδικό δίκτυο απέχει περίπου 300 μέτρα από το μουσείο, που όπως φαίνεται αποτελεί άλλο ένα λόγο για χαμηλές μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων (ιδιαίτερα στις επαναληπτικές μετρήσεις). Τα Διαγράμματα 6.30, 6.31, 6.32 και 6.33 δείχνουν τις μετρήσεις των σωματιδίων 2,5 και 10 μm για τις δύο διαφορετικές μέρες:



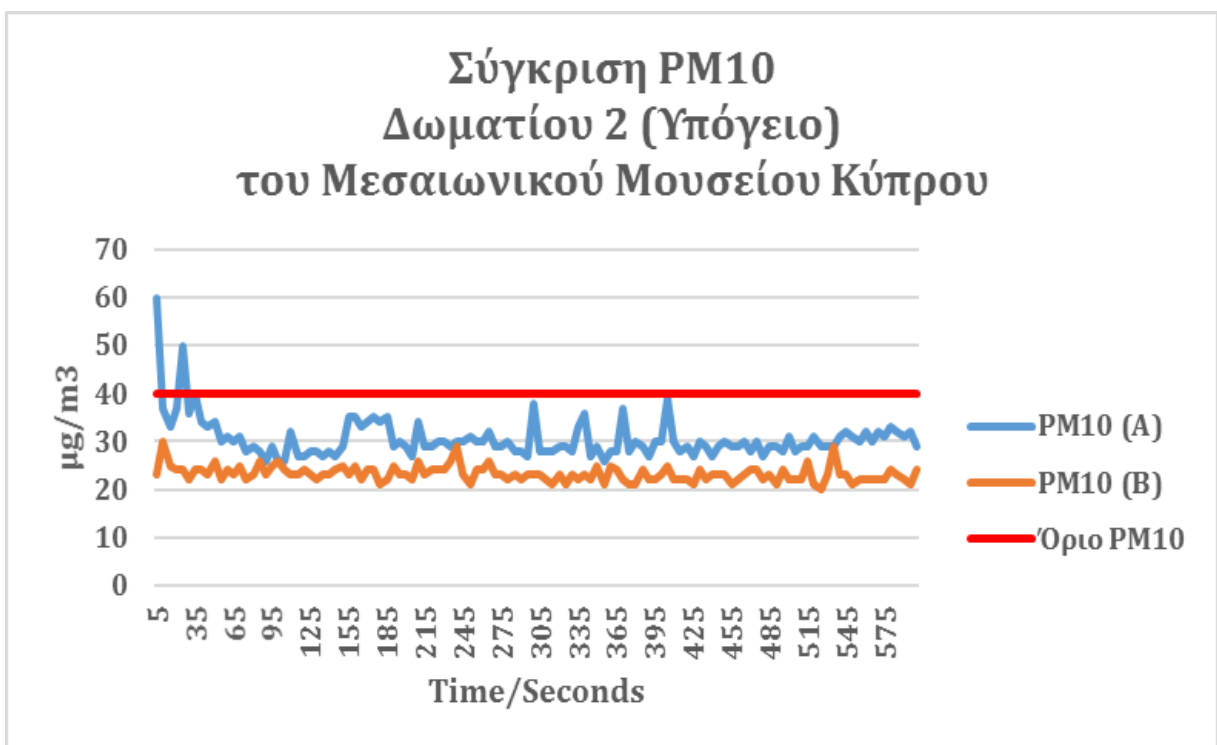
Διάγραμμα 6.30: Σύγκριση Μετρήσεων PM_{2,5} στο Δωμάτιο 1 (Ισόγειο) του Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)



Διάγραμμα 6.31: Σύγκριση Μετρήσεων PM₁₀ στο Δωμάτιο 1 (Ισόγειο) του Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)



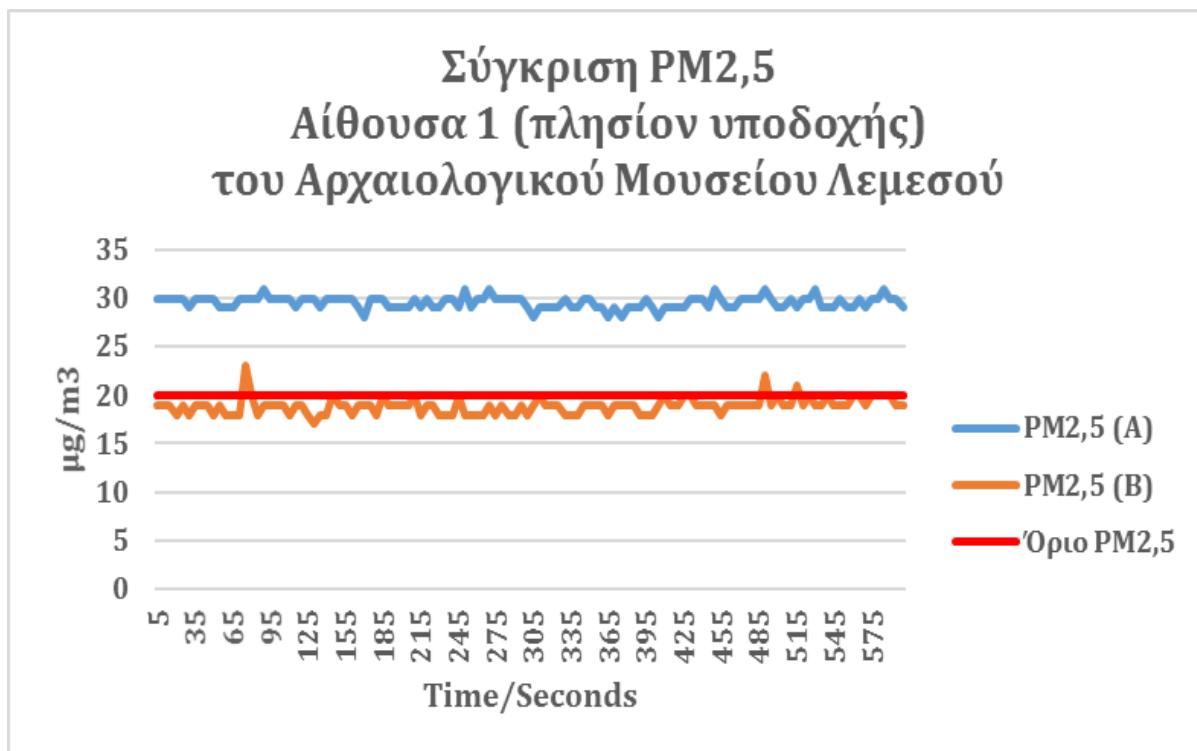
Διάγραμμα 6.32: Σύγκριση Μετρήσεων PM_{2,5} στο Δωμάτιο 2 (Υπόγειο) του Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)



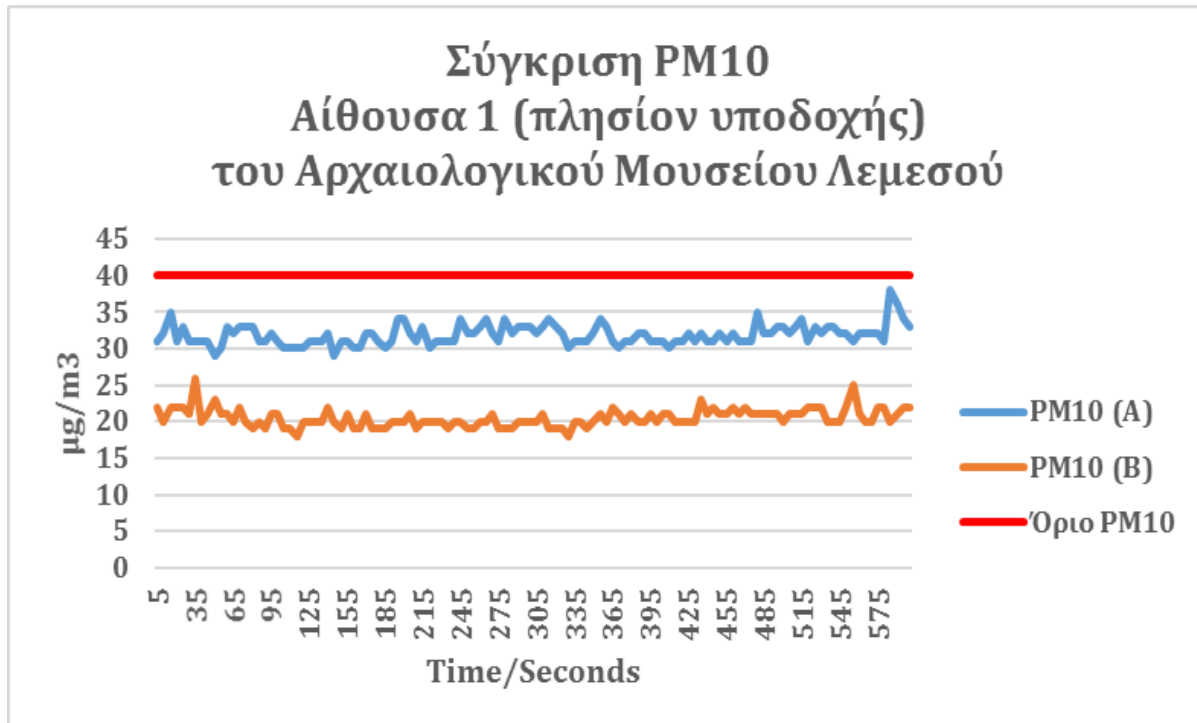
Διάγραμμα 6.33: Σύγκριση Μετρήσεων PM₁₀ στο Δωμάτιο 2 (Υπόγειο) του Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

Τα Διαγράμματα 6.34, 6.35, 6.36 και 6.37 δείχνουν τα αποτελέσματα από το Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού, συγκρίνοντας τις πρώτες μετρήσεις με τις δεύτερες μετρήσεις που έγιναν δέκα μέρες αργότερα, στις δύο αίθουσες εντός του μουσείου. Στα

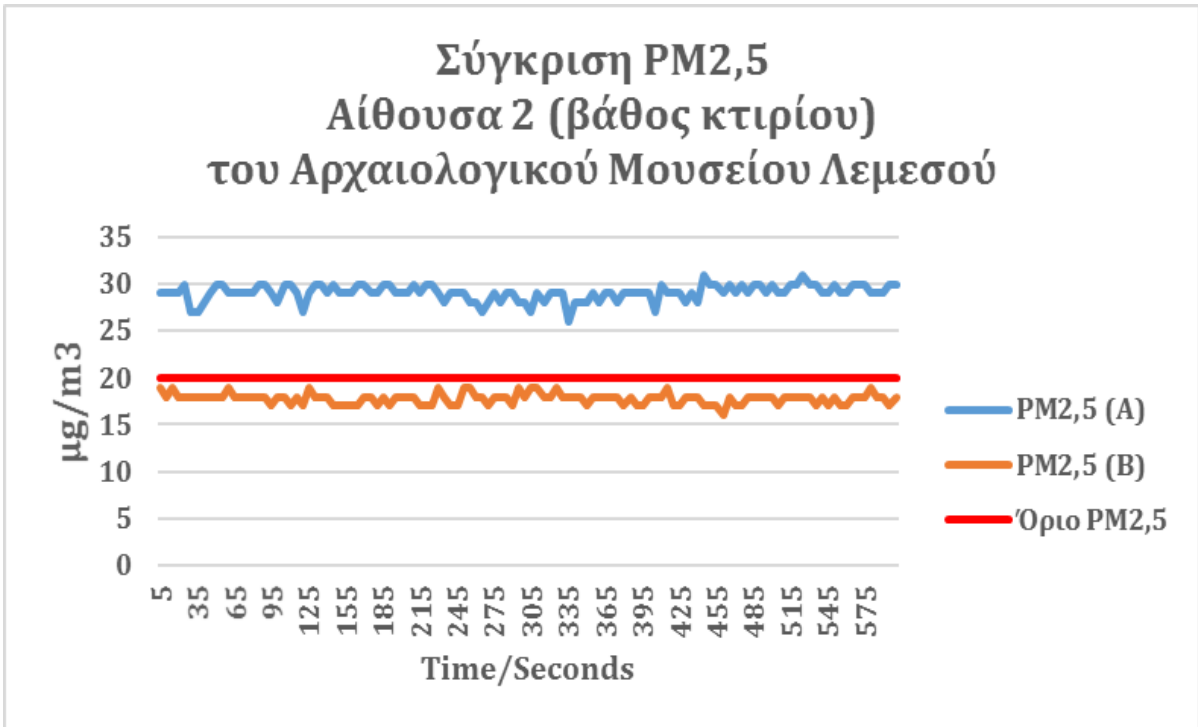
Διαγράμματα 6.38 και 6.39 παρουσιάζονται οι συγκρίσεις των Γ' μετρήσεων στο Αρχαιολογικό Μουσείο ανά κατηγορία σωματιδίων, εντός κι εκτός κτιρίου:



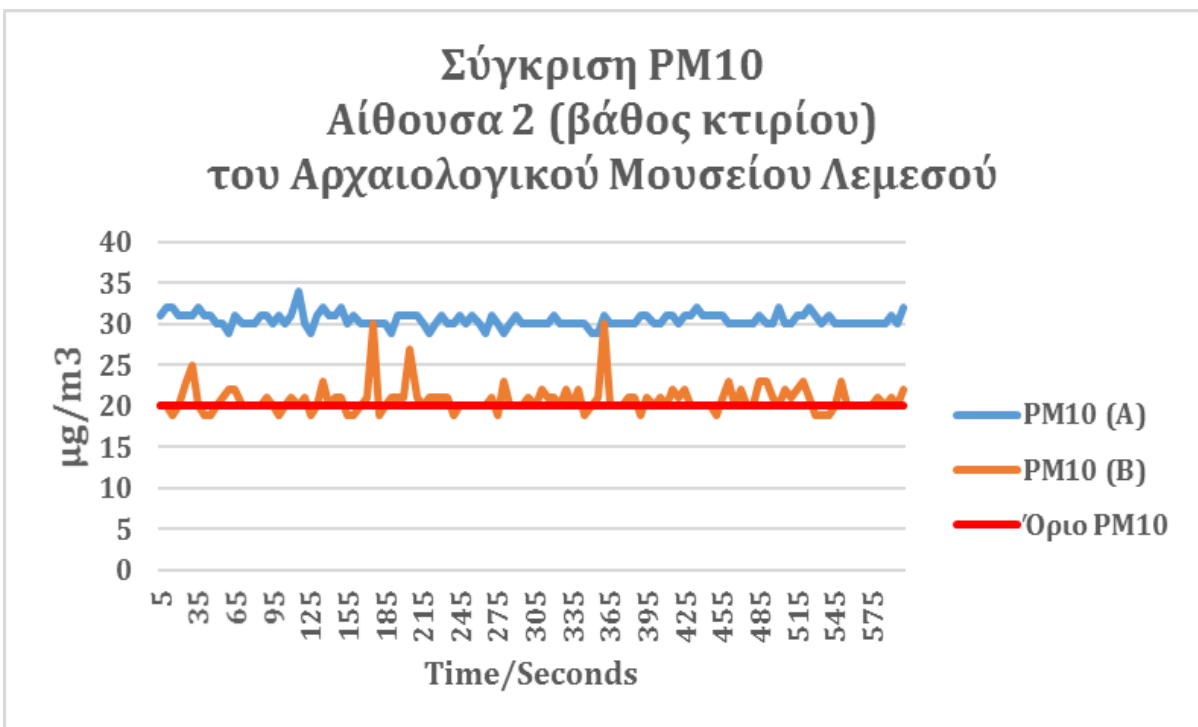
Διάγραμμα 6.34: Σύγκριση Μετρήσεων PM_{2,5} στην Αίθουσα 1 (πλησίον υποδοχής) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



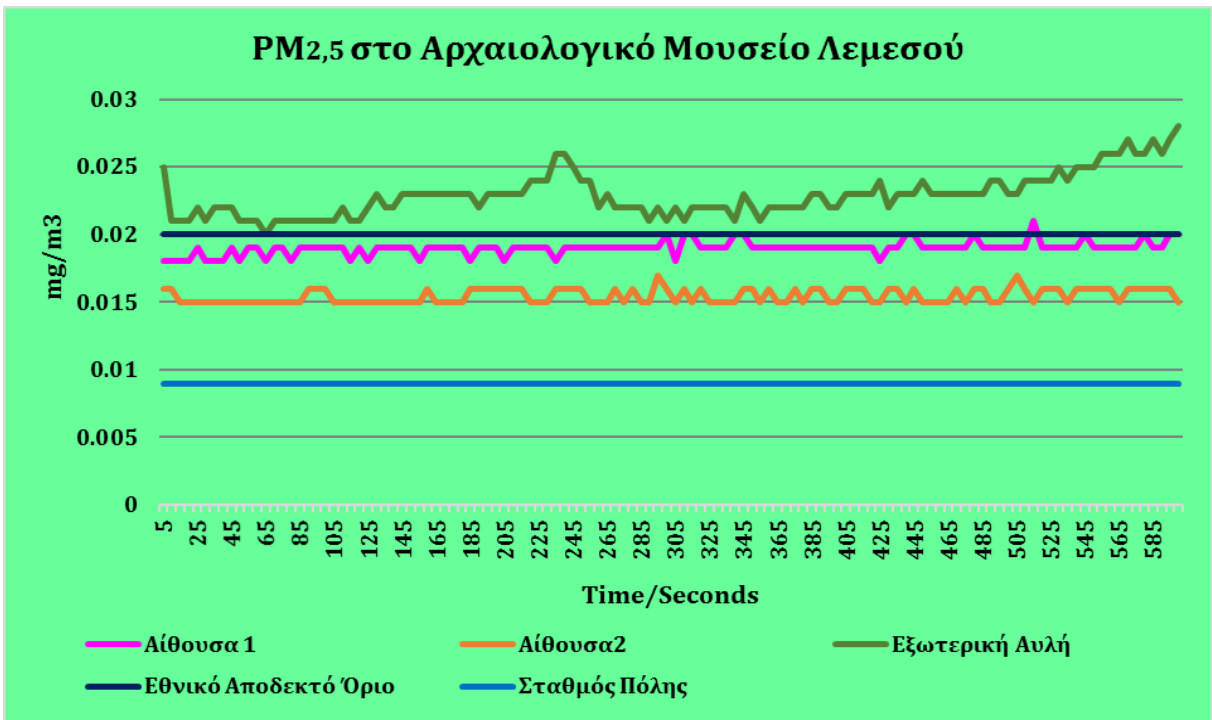
Διάγραμμα 6.35: Σύγκριση Μετρήσεων PM₁₀ στην Αίθουσα 1 (πλησίον υποδοχής) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



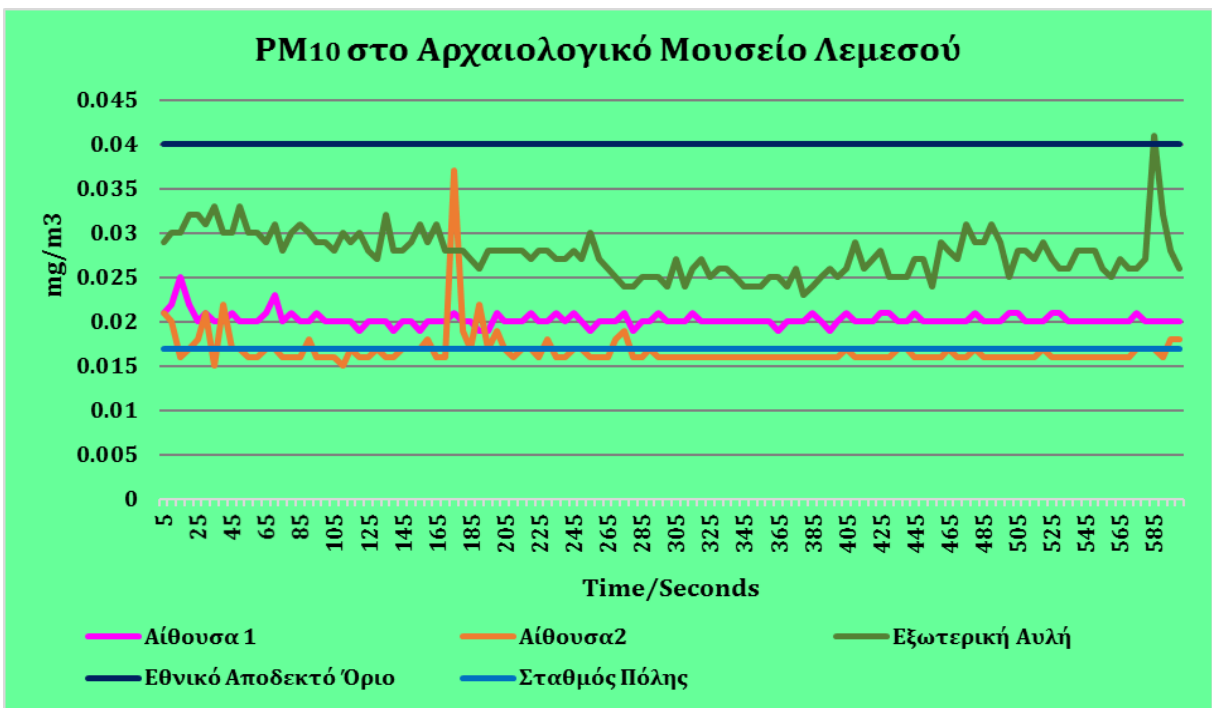
Διάγραμμα 6.36: Σύγκριση Μετρήσεων PM_{2,5} στην Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



Διάγραμμα 6.37: Σύγκριση Μετρήσεων PM₁₀ στην Αίθουσα 2 (βάθος κτιρίου) του Αρχαιολογικού Μουσείου Λεμεσού



Διάγραμμα 6.38: Σύγκριση Γ' ημέρας Μετρήσεων PM_{2,5} στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας



Διάγραμμα 6.39: Σύγκριση Γ' ημέρας Μετρήσεων PM₁₀ στο Αρχαιολογικό Μουσείο Λεμεσού σε σχέση με το εθνικό αποδεκτό όριο της Κυπριακής Δημοκρατίας

Για τα μουσεία της κοινότητας Φασούλας Λεμεσού, δεν μπορούν να εξαχθούν συγκεκριμένα συμπεράσματα καθότι δεν έγινε δυνατή η λήψη επαναληπτικών μετρήσεων.

6.4 Εισηγήσεις

Στη συγκεκριμένη έρευνα - που έγινε για σκοπούς μεταπτυχιακής διατριβής - παρατηρήθηκαν διαφορετικές μετρήσεις ως προς τους χώρους μελέτης. Παρά τα εμπόδια που εμφανίστηκαν ως προς την υλοποίηση της συγκεκριμένης έρευνας, λόγω απαγόρευσης της κυκλοφορίας (COVID-19) και κατ' επέκταση απουσίας κοινού από τους μουσειακούς χώρους, θεωρείται επιβεβλημένη η προσπάθεια για λήψη αποφάσεων από τον κρατικό μηχανισμό, για ανάπτυξη στρατηγικών μελετών, που θα δώσουν μεγαλύτερη βαρύτητα στο θέμα της προστασίας τόσο του κοινού όσο και των αντικειμένων πολιτιστική κληρονομιάς στους εσωτερικούς μουσειακούς αλλά και εργασιακούς χώρους.

Σύμφωνα με τους (Blades *et al.*, 2000), στις μελλοντικές στρατηγικές που θα αναπτυχθούν, η εκτίμηση κινδύνου που πρέπει να ληφθεί υπόψη θα έχει να κάνει με:

- τους τύπους αντικειμένων και υλικών στις συλλογές και ποιοι ρύποι μπορεί να τα επηρεάζουν
- το εάν υπάρχουν ενδείξεις τρέχουσας ζημιάς στα αντικείμενα και πως αυτές αντιμετωπίζονται
- τις υπάρχουσες συνθήκες αποθήκευσης ή εμφάνισης, π.χ. θερμοκρασία και σχετική υγρασία, φως, επίπεδα, σωματιδιακή και αέρια ρύπανση κ.α.
- τη φύση του κτιρίου στο οποίο στεγάζονται τα συστήματα ελέγχου του περιβάλλοντος
- το τοπικό εξωτερικό περιβάλλον και τους ρύπους που πιθανόν να υπάρχουν.

Το πρόβλημα πρέπει να επιλυθεί ξεκινώντας την εξέταση από:

- τους τύπους αντικειμένων και τους κινδύνους ρύπανσης για τα υλικά που περιέχουν οι εξεταζόμενοι χώροι
- το άμεσο μικροπεριβάλλον των αντικειμένων
- το περιβάλλον δωματίου
- το κτίριο στο σύνολό του και τέλος
- το εξωτερικό περιβάλλον.

Αποδεικνύεται η ανάγκη για περεταίρω μελέτη στο συγκεκριμένο θέμα. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανθρώπινη υγεία αλλά και των αντικειμένων που βρίσκονται συνεχώς σε κλειστούς χώρους. Φαίνεται καθαρά ότι οι αρχές οφείλουν να παρακολουθούν το θέμα της εσωτερικής ατμόσφαιρας. Μπορεί η πανδημία να έχει μειώσει την κίνηση των αιωρούμενων σωματιδίων σε κάποιους χώρους,

όμως αποδείχτηκε ότι με την παρουσία κοινού στους χώρους που έγιναν οι δειγματοληπτικές μετρήσεις, τα σωματίδια κατέγραψαν διπλάσιες τιμές (κτίριο δημόσιας υπηρεσίας).

Πρέπει να βρεθούν καινοτόμες τεχνικές ή προτάσεις, ούτως ώστε να διασφαλίζεται ο έλεγχος των εσωτερικών χώρων, ακόμα και των νοικοκυριών. Να θεσπιστούν καινούργιες νομοθεσίες που να παρουσιάζουν προδιαγραφές εσωτερικών χώρων. Δηλαδή με τους κατάλληλους μηχανισμούς, π.χ. φιλτράρισμα αέρα σε όλους τους χώρους, να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο σωστό εξαερισμό των εσωτερικών χώρων και σε πιθανή υπέρβαση ορίου να υπάρχει προειδοποιητικός ήχος, ούτως ώστε να λαμβάνει μέτρα το αρμόδιο άτομο, για ενεργοποίηση συγκεκριμένης συσκευής που θα ρυθμίζει/απορροφά ρύπους, για την επαναφορά στα επιτρεπτά όρια.

Εν κατακλείδι, οι αρμόδιοι και εμπλεκόμενοι φορείς, θα ήταν πρόπον να δημιουργήσουν μια γέφυρα επικοινωνίας για συνεργασία στο θέμα των εσωτερικών αέριων ρύπων. Το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, ως ο αρμόδιος φορέας του κράτους για μέτρηση των ρύπων εξωτερικής ατμόσφαιρας στην Κύπρο, σε συνεργασία με κάθε εμπλεκόμενο, π.χ. το Τμήμα Αρχαιοτήτων ως υπεύθυνη αρχή για τα μουσεία, να εφαρμόσουν τακτικές δειγματοληπτικές μετρήσεις σε εσωτερικούς χώρους ούτως ώστε να δημιουργηθεί ένα σωστό αρχείο μετρήσεων. Παραδείγματος χάρη, να δημιουργηθεί ένα αρχείο μετρήσεων για κάθε εποχή. Να ληφθούν μετρήσεις τις πρωινές, μεσημβρινές και απογευματινές ώρες με καθαρό καιρό (χωρίς επίπεδα σκόνης στην ατμόσφαιρα), αλλά και με μέρες π.χ. που υπάρχουν μεταφορές σκόνης από την Αφρικανική έρημο. Να συσσωρευθεί αρχείο μετρήσεων από μέρες με ψηλά ποσοστά υγρασίας, αλλά και με χαμηλά.

Με αυτό τον τρόπο θα μπορέσει να επιτευχθεί μια βάση δεδομένων, που θα μπορεί ο κάθε φορέας – μέσα από τις δικές του αρμοδιότητες – να επέμβει και να βελτιώσει το πρόβλημα.

Ταυτόχρονα, με τη συντήρηση αυτού του αρχείου ή μητρώου μετρήσεων με συγκεκριμένα δεδομένα, θα μπορούν να γνωρίζουν εκ των προτέρων πως θα ενεργήσουν. Αν γίνει μια υπόθεση ότι η μετεωρολογική υπηρεσία προβλέψει ότι την επόμενη μέρα θα έχει μεταφορά σκόνης, τότε αυτόματα θα γνωρίζουν οι φορείς που προαναφέρθηκαν, ότι θα μεταφερθεί κι εντός των χώρων η σκόνη. Οπότε θα λάβουν προληπτικά μέτρα για προστασία και ασφάλεια των εσωτερικών χώρων.

Παράρτημα

Α.1 Επιστολές



22 Φεβρουαρίου, 2021

Δρ Στυλιανού Μαρίνος
Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος
Email: marinos.stylianou@ouc.ac.cy

ΠΡΟΣ ΚΑΘΕ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΜΕΝΟ

ΘΕΜΑ:
**ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΤΑ
ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

Αγαπητέ κύριε ή κυρία,

Με την παρούσα επιστολή θα ήθελα να πιστοποιήσω ότι ο μεταπτυχιακός φοιτητής του Ανοικτού Πανεπιστημίου: κος Πέτρος Αριστοτέλους, με ΑΔΤ 801021, εκπονεί την μεταπτυχιακή του διατριβή στη θεματολογία της Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος.

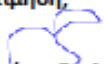
Τίτλος της μεταπτυχιακής του διατριβής είναι η "Ποιότητα αέρα εσωτερικών χώρων", κατα την οποία θα διενεργήσει μετρήσεις ποιότητας του αέρα σε κλειστούς χώρους, όπως μουσεία, βιβλιοθήκες, εργασιακούς χώρους κ.α. Για το λόγο αυτό, σας παρακαλούμε όπως του δοθεί πρόσβαση στις κτιριακές σας εγκαταστάσεις με σκοπό τη διενέργεια μετρήσεων αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{2.5} – PM₁₀ κτλ) σε διάφορους εσωτερικούς χώρους.

Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά και μόνο για τους επιστημονικούς σκοπούς της έρευνας και δεν θα δημοσιευτούν σε μορφή που να επιτρέπει τον προσδιορισμό της ταυτότητας φυσικών ή νομικών προσώπων.

Έχουμε κρίνει ότι θα έχει σημαντικά εκπαιδευτικά οφέλη για τη συγκεκριμένη διατριβή η επίσκεψη στο χώρο σας, ώστε να συγκεντρώθουν οι απαιτούμενες πληροφορίες και δεδομένα, και σας παρακαλώ όπως διευκολύνετε τη συλλογή αυτών. Για περαιτέρω λεπτομέρειες και διευκρινίσεις παρακαλώ επικοινωνήστε μαζί μου.

Ευχαριστώ εκ των προτέρων και ευελπιστώ στη θετική ανταπόκρισή σας.

Με εκτίμηση,



Δρ Μαρίνος Στυλιανού
Χημικός Μηχανικός
Συνεργαζόμενο Εκπαιδευτικό Προσωπικό
Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Επιστολή 1: Επιστολή προς Διευθύντρια Τμήματος Αρχαιοτήτων για παραχώρηση άδειας εισόδου στα μουσεία της Λεμεσού



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ,
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ
1516 ΛΕΥΚΩΣΙΑ

Αρ. Φακ.: 14.01.001.15
Αρ. Τηλ.: 22865812
Αρ. Φαξ.: 22303148

5 Απριλίου 2021

κo Πέτρο Αριστοτέλους
petros.aristotelous@st.ouc.ac.cy

Αγαπητέ κύριε Αριστοτέλους,

**ΘΕΜΑ: ΑΙΤΗΜΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΑΔΕΙΑΣ ΓΙΑ ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΕ ΜΟΥΣΕΙΑ ΣΤΑ
ΠΛΑΙΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**

Αναφέρομαι στο πιο πάνω θέμα σε συνέχεια του ηλεκτρονικού σας μηνύματος ημερομηνίας 11 Μαρτίου 2021 και της τηλεφωνικής επικοινωνίας που είχατε με τη Συντηρήτρια του Τμήματος Αρχαιοτήτων, κα Ελένη Λοϊζίδου. Επιθυμώ να σας ενημερώσω ότι το αίτημα σας για επίσκεψη στο Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού και στο Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού), για την εκπόνηση μετρήσεων των αιωρούμενων σωματιδίων, εγκρίνεται.

Παρακαλώ όπως μας ενημερώσετε για το αποτέλεσμα των μετρήσεων σας.

Με εκτίμηση,

Δρ. Μαρίνα Σολομίδου-Ιερωνυμίδου
Διευθύντρια
Τμήματος Αρχαιοτήτων

Κοιν. Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού
Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

ΕΛ Τμήμα Αρχαιοτήτων, Μουσείου 1, Τ.Θ. 22024, 1516 Λευκωσία
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο - antiquitiesdept@da.mcw.gov.cy Ιστοσελίδα - www.mcw.gov.cy/da

Επιστολή 2: Απαντητική Επιστολή Διευθύντριας Τμήματος Αρχαιοτήτων για παραχώρηση άδειας εισόδου στα μουσεία Λεμεσού

Βιβλιογραφία

- Akther, T. *et al.* (2019) 'Particulate matters and gaseous pollutants in indoor environment and Association of ultra-fine particulate matters (PM₁) with lung function', *Environmental Science and Pollution Research*. Environmental Science and Pollution Research, 26(6), pp. 5475–5484. doi: 10.1007/s11356-018-4043-2.
- Anand, V. *et al.* (2019) 'On processes controlling fine particulate matters in four Indian megacities', *Environmental Pollution*. Elsevier Ltd, 254, p. 113026. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113026.
- Andreae, M. O. and Rosenfeld, D. (2008) 'Aerosol-cloud-precipitation interactions. Part 1. The nature and sources of cloud-active aerosols', *Earth-Science Reviews*, 89(1–2), pp. 13–41. doi: 10.1016/j.earscirev.2008.03.001.
- Ayoko, G. A. (2004) 'Volatile Organic Compounds in Indoor Environments', *Handbook of Environmental Chemistry*, 4, pp. 1–35. doi: 10.1007/b94829.
- Bastos, J. *et al.* (2019) 'Environmental impacts of commuting modes in Lisbon: A life-cycle assessment addressing particulate matter impacts on health', *International Journal of Sustainable Transportation*. Taylor & Francis, 13(9), pp. 652–663. doi: 10.1080/15568318.2018.1501519.
- Blades, N. *et al.* (2000) 'Guidelines on pollution control in heritage buildings', *Museum Practice*, 15, pp. 1–27. Available at: <http://discovery.ucl.ac.uk/2443/1/2443.pdf>.
- Brimblecombe, P. (1990) 'Review article. The composition of museum atmospheres', *Atmospheric Environment - Part B Urban Atmosphere*, 24(1), pp. 1–8. doi: 10.1016/0957-1272(90)90003-D.
- van den Broek, J. *et al.* (2020) 'Selective formaldehyde detection at ppb in indoor air with a portable sensor', *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier, 399(May), p. 123052. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.123052.
- Cabello-Briones, C., Mayorga-Pinilla, S. and Vázquez-Moliní, D. (2020) 'Particulate dry deposition on sheltered archaeological remains: Considerations based on Complutum, a Roman site in Spain', *Journal of Cultural Heritage*, 46, pp. 218–225. doi: 10.1016/j.culher.2020.07.005.
- Cailleux, A. *et al.* (1993) 'Volatile organic compounds in indoor air and in expired air as markers of activities', *Chromatographia*, 37(1–2), pp. 57–59. doi: 10.1007/BF02272189.
- Camuffo, D. (1998) 'Microclimate for cultural heritage', *Microclimate for cultural heritage*, (July). doi: 10.2307/1506674.
- Canosa, E. and Norrehed, S. (2019) 'Strategies for Pollutant Monitoring in Museum Environments', *Researchgate Review*, (June), p. 65. Available at: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

- Cavallo, D. *et al.* (2006) 'Occupational exposure in airport personnel: Characterization and evaluation of genotoxic and oxidative effects', *Toxicology*, 223(1–2), pp. 26–35. doi: 10.1016/j.tox.2006.03.003.
- Cavicchiolia, A., Pardini Morrone, E. and Fornaro, A. (2014) 'Particulate matter in the indoor environment of museums in the megacity of São Paulo', *Quimica Nova*, 37(9), pp. 1427–1435. doi: 10.5935/0100-4042.20140260.
- Chaloulakou, A. and Mavroidis, I. (2002) 'Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model', *Atmospheric Environment*, 36(11), pp. 1769–1781. doi: 10.1016/S1352-2310(02)00151-6.
- Chatoutsidou, S. E. and Lazaridis, M. (2019) 'Assessment of the impact of particulate dry deposition on soiling of indoor cultural heritage objects found in churches and museums/libraries', *Journal of Cultural Heritage*. Elsevier Masson SAS, 39, pp. 221–228. doi: 10.1016/j.culher.2019.02.017.
- Cheng, M. T. and Tsai, Y. I. (2000) 'Characterization of visibility and atmospheric aerosols in urban, suburban, and remote areas', *Science of the Total Environment*, 263(1–3), pp. 101–114. doi: 10.1016/S0048-9697(00)00670-7.
- Cheng, Z. *et al.* (2013) 'Long-term trend of haze pollution and impact of particulate matter in the Yangtze River Delta, China', *Environmental Pollution*. Elsevier Ltd, 182, pp. 101–110. doi: 10.1016/j.envpol.2013.06.043.
- Chianese, E. *et al.* (2012) 'Measurements for indoor air quality assessment at the capodimonte museum in Naples (Italy)', *International Journal of Environmental Research*, 6(2), pp. 509–518.
- Chu, B. *et al.* (2021) 'Significant concurrent decrease in PM_{2.5} and NO₂ concentrations in China during COVID-19 epidemic', *Journal of Environmental Sciences (China)*. Elsevier B.V., 99(2), pp. 346–353. doi: 10.1016/j.jes.2020.06.031.
- Colbeck, I., Nasir, Z. A. and Ali, Z. (2010) 'The state of indoor air quality in Pakistan-a review', *Environmental Science and Pollution Research*, 17(6), pp. 1187–1196. doi: 10.1007/s11356-010-0293-3.
- Dionova, B. W. *et al.* (2020a) 'Environment indoor air quality assessment using fuzzy inference system', *ICT Express*. Elsevier B.V., 6(3), pp. 185–194. doi: 10.1016/j.icte.2020.05.007.
- Dionova, B. W. *et al.* (2020b) 'Environment indoor air quality assessment using fuzzy inference system', *ICT Express*. Elsevier B.V., 6(3), pp. 185–194. doi: 10.1016/j.icte.2020.05.007.
- Drakou, G. *et al.* (1998) 'Measurements and numerical simulations of indoor O₃ and NO(x) in two different cases', *Atmospheric Environment*, 32(4), pp. 595–610. doi: 10.1016/S1352-2310(97)00335-X.
- Drougka, F. *et al.* (2020) 'Indoor air quality assessment at the library of the national observatory of Athens, Greece', *Aerosol and Air Quality Research*, 20(4), pp. 889–903. doi: 10.4209/aaqr.2019.07.0360.

- Edwards, J. H. Y. and Langpap, C. (2012) 'Fuel choice, indoor air pollution and children's health', *Environment and Development Economics*, 17(4), pp. 379–406. doi: 10.1017/S1355770X12000010.
- Eurocontrol (2013) 'EUROCONTROL Seven-Year Forecast September 2013', (September 2013), pp. 1–80.
- Fazlzadeh, M. *et al.* (2015) 'Concentrations of carbon monoxide in indoor and outdoor air of Ghalyun cafes', *Atmospheric Pollution Research*. Elsevier, 6(4), pp. 550–555. doi: 10.5094/APR.2015.061.
- Fenger, J. (2009) 'Air pollution in the last 50 years - From local to global', *Atmospheric Environment*. Elsevier Ltd, 43(1), pp. 13–22. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.061.
- Fermo, P. *et al.* (2020) 'A multi-analytical approach to study the chemical composition of total suspended particulate matter (TSP) to assess the impact on urban monumental heritage in Florence', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 740, p. 140055. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140055.
- Fisk, W., Wargocki, P. and Zhang, X. (2019) 'This report is based on the paper published in ASHRAE Journal 61 (9): 70-77 , 2019 Do Indoor CO 2 levels directly affect perceived air quality , health , or work performance ?', 61(9).
- Ford, D. and Adams, S. (1999) 'Deposition rates of particulate matter in the internal environment of two London museums', *Atmospheric Environment*, 33(29), pp. 4901–4907. doi: 10.1016/S1352-2310(99)00289-7.
- Gysels, K., Deutsch, F. and Grieken, R. Van (2002) 'Characterisation of particulate matter in the Royal Museum of Fine Arts, Antwerp, Belgium', *Atmospheric Environment*, 36(25), pp. 4103–4113. doi: 10.1016/S1352-2310(02)00229-7.
- Hanapi, N. and Din, S. A. M. (2012) 'A Study on the Airborne Particulates Matter in Selected Museums of Peninsular Malaysia', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 50(July), pp. 602–613. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.08.063.
- Hashim, A. *et al.* (2015) 'Measurement of indoor air pollutants in national museum, kuala lumpur', (2), pp. 58–64.
- He, C. *et al.* (2021) 'Impacts of the COVID-19 event on the NO_x emissions of key polluting enterprises in China', *Applied Energy*. Elsevier Ltd, 281(October 2020), p. 116042. doi: 10.1016/j.apenergy.2020.116042.
- Hong, S. *et al.* (1996) 'A reconstruction of changes in copper production and copper emissions to the atmosphere during the past 7000 years', *Science of the Total Environment*, 188(2–3), pp. 183–193. doi: 10.1016/0048-9697(96)05171-6.
- Horvath, H. (1995) 'Estimation of the average visibility in central Europe', *Atmospheric Environment*, 29(2), pp. 241–246. doi: 10.1016/1352-2310(94)00236-E.

- Hosler, C. R. (2015) 'Natural Radioactivity (Radon-222) and Air Pollution Measurements in Washington, D. C.', *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(9), pp. 653–662. Available at: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12>.
- Hu, T. *et al.* (2015) 'Indoor air quality at five site museums of Yangtze River civilization', *Atmospheric Environment*. Elsevier Ltd, 123, pp. 449–454. doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.10.022.
- Hufford, M. E. (1935) 'the Romance of Research', *School Science and Mathematics*, 35(3), pp. 273–284. doi: 10.1111/j.1949-8594.1935.tb12837.x.
- Hyslop, N. P. (2009) 'Impaired visibility: the air pollution people see', *Atmospheric Environment*. Elsevier Ltd, 43(1), pp. 182–195. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.067.
- Igwenagu, C. (2016) 'Fundamentals of Research Methodology and Data Collection', *LAP Lambert Academic Publishing*, (June), p. 4. Available at: https://www.researchgate.net/publication/303381524_Fundamentals_of_research_methodology_and_data_collection.
- Jonsson, P. *et al.* (2004) 'Suspended particulate matter and its relations to the urban climate in Dar es Salaam, Tanzania', *Atmospheric Environment*, 38(25), pp. 4175–4181. doi: 10.1016/j.atmosenv.2004.04.021.
- Jung, K. H., Artigas, F. and Shin, J. Y. (2011) 'Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport', *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1–4), pp. 555–567. doi: 10.1007/s10661-010-1404-9.
- Kalimeri, K. K. *et al.* (2016) 'Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: Two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece', *Atmospheric Pollution Research*. Elsevier Ltd, 7(6), pp. 1128–1142. doi: 10.1016/j.apr.2016.07.002.
- Kaufman, Y. J. *et al.* (2005) 'The effect of smoke, dust, and pollution aerosol on shallow cloud development over the Atlantic Ocean', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(32), pp. 11207–11212. doi: 10.1073/pnas.0505191102.
- Kim, B. M. *et al.* (2015) 'Source apportionment of PM₁₀ mass and particulate carbon in the Kathmandu Valley, Nepal', *Atmospheric Environment*. Elsevier Ltd, 123, pp. 190–199. doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.10.082.
- Kuklinska, K., Wolska, L. and Namiesnik, J. (2015) 'Air quality policy in the U.S. and the EU - A review', *Atmospheric Pollution Research*. Elsevier, 6(1), pp. 129–137. doi: 10.5094/APR.2015.015.
- Lantavos, A. and Pavlides, G. (2019) 'Ποιότητα Αέρα σε Εσωτερικούς Χώρους', *Journal of Chemical Information and Modeling*, pp. 1–144.
- Lazaridis, M. (2011) *First principles of meteorology and air pollution*, *Choice Reviews Online*. doi: 10.5860/choice.48-6344.

- Lin, H. *et al.* (2017) 'Exposure to air pollution and tobacco smoking and their combined effects on depression in six low- and middle-income countries', *British Journal of Psychiatry*, 211(3), pp. 157–162. doi: 10.1192/bjp.bp.117.202325.
- Lin, L. Y. *et al.* (2011) 'The effects of indoor particle exposure on blood pressure and heart rate among young adults: An air filtration-based intervention study', *Atmospheric Environment*, 45(31), pp. 5540–5544. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.05.014.
- Liu, S. *et al.* (2021) 'Cardiorespiratory effects of indoor ozone exposure associated with changes in metabolic profiles among children: A repeated-measure panel study', *The Innovation*. Elsevier Inc., 2(1), p. 100087. doi: 10.1016/j.xinn.2021.100087.
- Liyasova, M. *et al.* (2011) 'Exposure to tri-o-cresyl phosphate detected in jet airplane passengers', *Toxicology and Applied Pharmacology*. Elsevier Inc., 256(3), pp. 337–347. doi: 10.1016/j.taap.2011.06.016.
- Lv, Y. *et al.* (2019) 'The influence of ventilation mode and personnel walking behavior on distribution characteristics of indoor particles', *Building and Environment*. Elsevier, 149(October 2018), pp. 582–591. doi: 10.1016/j.buildenv.2018.12.057.
- M, A. J. and R, I. (2018) 'A Review on the Sources and Impacts of Radon Indoor Air Pollution', *Journal of Environmental and Toxicological Studies*, 2(1). doi: 10.16966/2576-6430.112.
- Marchetti, A. *et al.* (2017) 'Indoor environmental quality index for conservation environments: The importance of including particulate matter', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 126(2017), pp. 132–146. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.09.022.
- Mašková, L. *et al.* (2020) 'Air quality in archives housed in historic buildings: Assessment of concentration of indoor particles of outdoor origin', *Building and Environment*, 180(March), pp. 1–10. doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107024.
- McNeill, J. R., Norton, N. Y. and Bess, M. (2002) 'Journal of Political Ecology Reviews Volume 9 (2002) Something New Under the Sun : An Environmental History of the Twentieth-Century', *Ecology*, 9, pp. 1–24.
- Mei, X. and Gong, G. (2017) 'Influence of Indoor Air Stability on Suspended Particle Dispersion and Deposition', *Energy Procedia*. Elsevier B.V., 105, pp. 4229–4235. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.908.
- Mendell, M. J. and Heath, G. A. (2005) 'Erratum: Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature (Indoor Air 15:1 (27-52))', *Indoor Air*, 15(1), p. 67. doi: 10.1111/j.1600-0668.2005.00329.x.
- Mentese, S. *et al.* (2020) 'A long-term multi-parametric monitoring study: Indoor air quality (IAQ) and the sources of the pollutants, prevalence of sick building syndrome (SBS) symptoms, and respiratory health indicators', *Atmospheric Pollution Research*. Elsevier B.V., 11(12), pp. 2270–2281. doi: 10.1016/j.apr.2020.07.016.
- Mihucz, V. G. and Záray, G. (2016) 'Indoor Air Pollution', *Comprehensive Analytical Chemistry*, 73(January), pp. 45–71. doi: 10.1016/bs.coac.2016.02.003.

- Mohammadi, M. and Neshat, E. (2020) 'Accurate prediction of NO_x emissions from diesel engines considering in-cylinder ion current', *Environmental Pollution*. Elsevier Ltd, 266(X), p. 115347. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115347.
- Mokalled, T. *et al.* (2019) 'An assessment of indoor air quality in the maintenance room at Beirut-Rafic Hariri International Airport', *Atmospheric Pollution Research*. Elsevier B.V., 10(3), pp. 701–711. doi: 10.1016/j.apr.2018.11.008.
- Norbäck, D. *et al.* (2019) 'Sources of indoor particulate matter (PM) and outdoor air pollution in China in relation to asthma, wheeze, rhinitis and eczema among pre-school children: Synergistic effects between antibiotics use and PM₁₀ and second hand smoke', *Environment International*. Elsevier, 125(October 2018), pp. 252–260. doi: 10.1016/j.envint.2019.01.036.
- Pavlogeorgatos, G. (2003) 'Environmental parameters in museums', *Building and Environment*, 38(12), pp. 1457–1462. doi: 10.1016/S0360-1323(03)00113-6.
- Pikridas, M. *et al.* (2018) 'Spatial and temporal (short and long-term) variability of submicron, fine and sub-10 Mm particulate matter (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) in Cyprus', *Atmospheric Environment*. Elsevier, 191(November 2015), pp. 79–93. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.07.048.
- Pinchbeck, E. *et al.* (2009) 'The Price of Indoor Air Pollution: Evidence from Radon Maps and the Housing Market', *IZA Discussion Paper*, (13655).
- Pluschke, P. and Schleibinger, H. (2018) *Indoor Air Pollution, 2nd Edition*.
- Principles, F. and Pollution, A. (2011) *First principles of meteorology and air pollution*, *Choice Reviews Online*. doi: 10.5860/choice.48-6344.
- Rai, P. K. (2016) 'Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring', *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Elsevier, 129, pp. 120–136. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.03.012.
- Ritchie, G. *et al.* (2003) 'Biological And Health Effects Of Exposure To Kerosene-Based Jet Fuels And Performance Additives', *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. Taylor & Francis, 6(4), pp. 357–451. doi: 10.1080/10937400306473.
- Robert L. Kane and Daniel E. Klein (2001) *Air, Advanced Control, Noise Pollution, Handbook of Environmental Engineering*.
- Rusznak, C. *et al.* (1998) 'Mechanisms of pollution-induced allergy and asthma', *Revue Francaise d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 38(7 SUPPL. 1), pp. 80–90. doi: 10.1016/S0335-7457(98)80077-4.
- Safar, A. N., Yassin, M. F. and Hamoda, M. F. (2019) 'Indoor and outdoor air concentrations of volatile organic compounds in schools within different urban areas', *International Journal of Environmental Science and Technology*. Springer Berlin Heidelberg, 16(6), pp. 2831–2838. doi: 10.1007/s13762-018-1869-6.
- Sánchez-Soberón, F. *et al.* (2015) 'An approach to assess the Particulate Matter exposure for the population living around a cement plant: Modelling indoor air and particle deposition in the respiratory tract', *Environmental Research*. Elsevier, 143, pp. 10–18. doi: 10.1016/j.envres.2015.09.008.

- Sannigrahi, S. *et al.* (2021) 'Examining the status of improved air quality in world cities due to COVID-19 led temporary reduction in anthropogenic emissions', *Environmental Research*. Elsevier Inc., 196(September 2020), p. 110927. doi: 10.1016/j.envres.2021.110927.
- Schibuola, L. and Tambani, C. (2020) 'Indoor environmental quality classification of school environments by monitoring PM and CO₂ concentration levels', *Atmospheric Pollution Research*. Elsevier B.V., 11(2), pp. 332–342. doi: 10.1016/j.apr.2019.11.006.
- Schindler, B. K. *et al.* (2013) 'Occupational exposure of air crews to tricresyl phosphate isomers and organophosphate flame retardants after fume events', *Archives of Toxicology*, 87(4), pp. 645–648. doi: 10.1007/s00204-012-0978-0.
- Serrano, A. (2021) *11 Air Pollution*.
- Sharif-Askari, H. and Abu-Hijleh, B. (2018) 'Review of museums' indoor environment conditions studies and guidelines and their impact on the museums' artifacts and energy consumption', *Building and Environment*. Elsevier, 143(March), pp. 186–195. doi: 10.1016/j.buildenv.2018.07.012.
- Śmiełowska, M., Marć, M. and Zabiegała, B. (2017) 'Indoor air quality in public utility environments—a review', *Environmental Science and Pollution Research*, 24(12), pp. 11166–11176. doi: 10.1007/s11356-017-8567-7.
- Srivastava, A., Joseph, A. E. and Wachasunder, S. D. (2004) 'Qualitative detection of volatile organic compounds in outdoor and indoor air', *Environmental Monitoring and Assessment*, 96(1–3), pp. 263–271. doi: 10.1023/B:EMAS.0000031732.68465.af.
- Stocks, J. and Down, C. G. (1984) *Environmental Impacts of Mining*. doi: 10.1016/B978-0-12-804040-9.00004-8.
- Strijker, D., Bosworth, G. and Bouter, G. (2020) 'Research methods in rural studies: Qualitative, quantitative and mixed methods', *Journal of Rural Studies*. Elsevier Ltd, 78(June), pp. 262–270. doi: 10.1016/j.jrurstud.2020.06.007.
- Sulaiman, R., Kamaruzzaman, S. N. and Yau, Y. H. (2019) 'Indoor air quality performance in air-conditioned museum gallery', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 609(4). doi: 10.1088/1757-899X/609/4/042098.
- Suman, R. *et al.* (2021) 'Impact of COVID-19 Pandemic on Particulate Matter (PM) concentration and harmful gaseous components on Indian metros'. Elsevier B.V., 2(October 2020), pp. 1–11. doi: 10.1016/j.susoc.2021.02.001.
- Tarín-Carrasco, P. *et al.* (2021) 'Contribution of fine particulate matter to present and future premature mortality over Europe: A non-linear response', *Environment International*, 153(September 2020). doi: 10.1016/j.envint.2021.106517.
- Tarrason, L., Jonson, J. E. and Berntsen, T. (2004) 'Air pollution " Study on air quality impacts of non-LTO emissions from aviation " Leonor Tarrasón and Jan Eiof Jonson Final report to the European Commission under', (January 2015).
- Theologides, C. P. *et al.* (2015) 'Indoor Air Quality Measurements in Museum Microenvironments', (September), pp. 3–5.

- Travnickova, T., Ondr, J. and Ondr, L. (2020) 'Air quality in archives housed in historic buildings : Assessment of concentration of indoor particles of outdoor origin', 180(May), pp. 1–10. doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107024.
- Viana, M. (2013) *Urban air quality in Europe, The Handbook of Environmental Chemistry*.
- Vichi, F. *et al.* (2016) 'Civil aviation impacts on local air quality: A survey inside two international airports in central Italy', *Atmospheric Environment*. Elsevier Ltd, 142, pp. 393–405. doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.08.005.
- Wang, B. *et al.* (2021) 'Experiments and simulations of human walking-induced particulate matter resuspension in indoor environments', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 295, p. 126488. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126488.
- Wood, E. C. *et al.* (2008) 'Speciation and chemical evolution of nitrogen oxides in aircraft exhaust near airports', *Environmental Science and Technology*, 42(6), pp. 1884–1891. doi: 10.1021/es072050a.
- World Health Organisation (1998) 'WHO guidelines for air quality.', *Indian pediatrics*, 35(8), pp. 812–815.
- Worobiec, A. *et al.* (2008) 'A seasonal study of atmospheric conditions influenced by the intensive tourist flow in the Royal Museum of Wawel Castle in Cracow, Poland', *Microchemical Journal*, 90(2), pp. 99–106. doi: 10.1016/j.microc.2008.04.005.
- Wu, C. lin *et al.* (2021) 'Impact of the COVID-19 lockdown on roadside traffic-related air pollution in Shanghai, China', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 194(February), p. 107718. doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107718.
- Xie, J. *et al.* (2003) 'Determination of tobacco smoking influence on volatile organic compounds constituent by indoor tobacco smoking simulation experiment', *Atmospheric Environment*, pp. 3365–3374. doi: 10.1016/S1352-2310(03)00354-6.
- Zeng, Y. *et al.* (2020) 'Simultaneous removal of multiple indoor-air pollutants using a combined process of electrostatic precipitation and catalytic decomposition', *Chemical Engineering Journal*. Elsevier, 388(132), p. 124219. doi: 10.1016/j.cej.2020.124219.
- Zimmerman, M. R. (2004) 'Paleopathology and the Study of Ancient Remains', *Encyclopedia of Medical Anthropology*, (1984), pp. 49–58. doi: 10.1007/0-387-29905-x_7.
- Zorpas, A. A. and Skouroupatis, A. (2016) 'Indoor air quality evaluation of two museums in a subtropical climate conditions', *Sustainable Cities and Society*. Elsevier B.V., 20, pp. 52–60. doi: 10.1016/j.scs.2015.10.002.
- Βλυσίδης, Α. (2015) 'Εισαγωγή στην αερία βιομηχανική ρυπανση', in *Βιομηχανική Ρύπανση*. Αθήνα: Σχολή Χημικών Μηχανικών Μετσοβίου Πανεπιστημίου.
- Μασσαρά Βασιλική (2011) 'Αιωρούμενα Σωματίδια Στην Ατμόσφαιρα Της Πατρας', p. 258. Available at:
[http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5162/3/Nimertis_Massara\(bio\).pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5162/3/Nimertis_Massara(bio).pdf).

Νικολάου, Τ. (2011) *Κεφάλαιο 1: Το πρόβλημα της ποιότητας αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων*. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης. Available at: [file:///C:/Users/PC5/Desktop/Peter/MSc Diahirisi kai prostasia perivallontos/DPP701/πρόβλημα της ποιότητας αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων.pdf](file:///C:/Users/PC5/Desktop/Peter/MSc%20Diahirisi%20kai%20prostasia%20perivallontos/DPP701/πρόβλημα%20της%20ποιότητας%20αέρα%20στο%20εσωτερικό%20των%20κτιρίων.pdf).

Ρόντος, Κ. and Παπάνης, Ε. (2006) *Στατιστική Έρευνα - Μέθοδοι και Εφαρμογές, Ι. Σιδέρης*. Αθήνα. Available at: <http://ppu.aegean.gr/site/ext-files/bibliothiki/2006-statistiki-ereyna-methodoi-kai-efarmoges.pdf>.

Σπουδων, Π. Μ. (2014) 'Πανεπιστημιο αθηνων , α' εργαστηριο παθολογικησ ανατομικησ προγραμμα μεταπτυχιακων σπουδων «', pp. 1-70.

Διαδικτυακές Πηγές

Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2010

https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

Πανεπιστήμιο Αθηνών Α'. Αγγελική Θεοδωράτου : “Επιβάρυνση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων. Ο ρόλος της παραμονής των ανθρώπων και οι διατάξεις θέρμανσης”, 2014 (Πηγή: Νικολάου, 2011)

<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1311154/theFile>

United States Environmental Protection Agency, 2020

<https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/what-ozone>

United States Environmental Protection Agency, 2019

<https://www.epa.gov/so2-pollution>

United States Environmental Protection Agency, 2019

[Nitrogen Oxides Control Regulations | Ozone Control Strategies | Ground-level Ozone | New England | US EPA](#)

Τμήμα Περιβάλλοντος, 2021 - Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα ενισχύει τις προσπάθειες αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής

<http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/F624613E5F0B52EFC2258410002971BD?OpenDocument>

Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2001 - Ανακοίνωση της Επιτροπής - Το πρόγραμμα «Καθαρός αέρας για την Ευρώπη» (CAFE): Προς μια θεματική στρατηγική για την ποιότητα του

αέρα

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A52001DC0245>

[htt](#)

Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021 – Ποιότητα Ατμοσφαιρικού Αέρα

http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/pagema_gr/pagema_gr?OpenDocument

Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021 – Ποιότητα Αέρα στην Κύπρο

<http://www.airquality.dli.mlsi.gov.cy/el/graphs>

Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021 – Νομοθεσία

<http://www.airquality.dli.mlsi.gov.cy/el/regulations>

Τμήμα Αρχαιοτήτων, 2021 – Αρχαιολογικό Μουσείο Επαρχίας Λεμεσού

<http://www.mcw.gov.cy/mcw/DA/DA.nsf/0/EE005182125290F9C2257199001E901B>

Τμήμα Αρχαιοτήτων, 2021 – Μεσαιωνικό Μουσείο Κύπρου (Κάστρο Λεμεσού)

<http://www.mcw.gov.cy/mcw/DA/DA.nsf/All/61E651EA3D6F3976C2257199001EFB8F?OpenDocument>

Κοινοτικό Συμβούλιο Φασούλας, 2021 – Ιστορία

<http://fasoula.eu/gr/history-lgr.html>

Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2021 – «Κώδικας για την Ποιότητα Αέρα Εσωτερικού Χώρου (ΠΑΕΧ)»

<http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/All/D62102F23F7B370DC2257DDC0031264C?OpenDocument>

Environmental Protection Agency, 1990 – “The Clean Air Act”

<https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>

Environmental Protection Agency, 2021 – “Indoor Pollutants and Sources”

<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-pollutants-and-sources>