ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

ΑΝΗΨΗΤΑΚΗ ΜΑΝΤΕΛΕΝΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
Δρ.ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ Μ.(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Δρ. ΤΣΟΥΤΣΟΣ Θ.
Δρ. ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ Α.

Χανιά, Σεπτέμβριος 2009

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων στον ελληνικό χώρο. Απασχολήθηκε με την ποιότητα του αέρα εσωτερικών χώρων σε μία κατοικία και σε τρεις μουσειακούς χώρους στην Κρήτη.

Συγκεκριμένα, έγινε μελέτη της ποιότητα του περιβάλλοντος σε μία κατοικία στο κέντρο των Χανίων, στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης, στο Ηράκλειο, στη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων και στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων.

Για το σκοπό αυτό, εξετάστηκαν συγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί παράγοντες κατά τη διάρκεια του 2004 – 2005 στο Ιστορικό Μουσείο και κατά τη διάρκεια του 2009 στους υπόλοιπους εσωτερικούς χώρους. Έτσι, με ειδικά όργανα μετρήθηκε η υγρασία και η θερμοκρασία, η ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία, η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων καθώς και του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στους χώρους αυτούς. Ειδικότερα, στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης, μελετήθηκαν επίσης οργανικά οξέα, διοξείδιο του αζώτου, όζον και διοξείδιο του θείου.

Παράλληλα με τις μετρήσεις στο εσωτερικό των διαφόρων κτιρίων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και στον περιβάλλοντα χώρο τους, προκειμένου να μελετηθεί κατά πόσο οι εξωτερικές συνθήκες επηρεάζουν τις συνθήκες εντός του κτιρίου.

Περιεχόμενα

1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....8

1.1 Εισαγωγή.....8

1.1.1 Γενική αναφορά στη ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος……...8

1.1.2 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος σε κατοικίες…….....11

1.1.3 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος σε ιστορικά κτίρια……...13

1.1.4 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στον ελλαδικό χώρο……..15

1.2 Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος σε ιστορικά κτίρια.....16

1.2.1 Εισαγωγή.....16

1.2.2 Υγρασία.....17

1.2.2.1 Οι επιδράσεις της υγρασίας στα διάφορα υλικά.....18

1.2.2.2 Οι επιδράσεις της υγρασίας σε μεταλλικά αντικείμενα σε συνδυασμό με την παρουσία οξυγόνου.....19

1.2.2.3 Οι επιδράσεις της υγρασίας σε συνδυασμό και με άλλους διαβρωτικούς παράγοντες σε χρωστικές.....21

1.2.2.4 Οι επιδράσεις της υγρασίας στο χαρτί.....22

1.2.2.5 Οι επιδράσεις της υγρασίας στο ξύλο.....23

1.2.2.6 Οι επιδράσεις της υγρασίας στις ελαιογραφίες.....25

1.2.2.7 Προτάσεις για την προστασία από την υγρασία.....26

1.2.3 Ακτινοβολίες.....31

1.2.3.1 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στις χρωστικές.....37

1.2.3.2 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στις ελαιογραφίες.....38

1.2.3.3 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στο ξύλο.....39

1.2.3.4 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στο χαρτί.....40

1.2.3.5 Προτάσεις για την προστασία από την ακτινοβολία.....40

1.2.4 Θερμοκρασία.....44

1.2.4.1 Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στις ελαιογραφίες.....45

1.2.4.2 Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στο ξύλο.....46
1.2.4.3 Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στο χαρτί.....46
1.2.4.4 Προτάσεις για την προστασία από την θερμότητα.....47
1.2.5 Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....48
1.2.5.1 Εξωτερικοί αέριοι ρύποι.....49
1.2.5.2 Εσωτερικοί αέριοι ρύποι.....52
1.2.5.3 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο χαρτί.....54
1.2.5.4 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα μέταλλα..55
1.2.5.5 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις ελαιογραφίες.....55
1.2.5.6 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο ξύλο.....56
1.2.5.7 Προτάσεις για προστασία από την ατμοσφαιρική ρύπανση.....57
1.2.6 Συνθήκες φύλαξης και έκθεσης των έργων τέχνης.....60
1.3 Συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος ιδανικές για τον άνθρωπο.....61
1.3.1 Σχετική υγρασία (RH).....61
1.3.2 Θερμοκρασία δωματίου.....61
1.3.3 Ορατή ακτινοβολία.....61
1.3.4 Υπεριώδης ακτινοβολία.....63
1.3.5 Αιωρούμενα σωματίδια.....63
1.3.6 Μονοξείδιο του άνθρακα.....65
1.3.7 Διοξείδιο του άνθρακα.....68
1.4 Περιγραφή των οργάνων μέτρησης για την μελέτη της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων.....69
1.4.1 Όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας.....69
1.4.2 Όργανο μέτρησης της ορατής και της υπεριώδους ακτινοβολίας...70
1.4.3 Όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων.....71

1.4.4 Όργανο μέτρησης του μονοξειδίου (CO) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2).....74

2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΧΑΝΙΩΝ.....76

2.1 Εισαγωγή.....76

2.2 Μελέτη της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά.....78

2.3 Μελέτη της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά.....85

2.4 Μελέτη των αιωρουμένων σωματιδίων στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά.....95

2.5 Μελέτη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2) στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά.....101

2.6 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος κατοικίας στα Χανιά……..104

3 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΟΥ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ.....108

3.1 Εισαγωγή.....108

3.2 Αποτελέσματα της μελέτης της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης.....112

3.3 Μελέτη της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης.....113

3.4 Μελέτη της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης.....117

3.5 Μελέτη του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), του όζοντος (O_3) και του διοξειδίου του θείου (SO_2) στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης..118

3.6 Μελέτη του οξικού οξέος και του μυρμηκικού οξέος στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης.....121

3.7 Μελέτη της ποσότητας των PPOs.....123

3.8 Συλλογές εκθεμάτων του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης.....129

3.9 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Ιστορικού Μουσείου Χανίων.....131

4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΝΑΚΟΘΗΚΗΣ ΧΑΝΙΩΝ.....137

4.1 Εισαγωγή.....137

4.2 Μελέτη θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων……...144

4.3 Μελέτη της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων……...154

4.4 Μελέτη των αιωρουμένων σωματιδίων στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων……...165

4.5 Μελέτη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2) στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων……177

4.6 Εκθέσεις Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων κατά τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η έρευνα.....182

4.7 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.....185

5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ.....192

5.1 Εισαγωγή.....192

5.2 Μελέτη θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων……196

5.3 Μελέτη ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων……206

5.4 Μελέτη των αιωρουμένων σωματιδίων στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων……221

5.5 Μελέτη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2) στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων……..228

5.6 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων…….234

6 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....241

7 ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....245

8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....248

1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Εισαγωγή

1.1.1 Γενική αναφορά στη ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος

Η επίδραση των δομικών υλικών των κτιρίων στην υγεία των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται εντός τους είναι πλέον αδιαμφισβήτητη.

Διαφαίνεται διεθνώς μια τάση να επεκταθεί και στα νέα δομικά υλικά μια διαδικασία πιστοποίησης ανάλογη αυτής που εφαρμόζεται στα φάρμακα, στα τρόφιμα και εσχάτως και σε βιομηχανικά προϊόντα (συσκευές, αυτοκίνητα), πριν αυτά μπουν στην αγορά, όπως διαφαίνεται και μια αντίστοιχη τάση απόσυρσης από την αγορά των δομικών υλικών που ενέχονται για βλάβες στην ανθρώπινη υγεία. Η αντικατάσταση των δομικών υλικών που περιέχουν αμίαντο, είναι ίσως το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Σήμερα, μια συνεχώς διευρυνόμενη ερευνητική προσπάθεια σ' αυτά τα θέματα έχει καταφέρει να συσχετίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλούν οι εκπομπές από δομικά υλικά, ανθρωπογενείς δραστηριότητες, πηγές καύσης και το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό των κτιρίων, ιδιαίτερα στην ποιότητα του αέρα, με έντονες επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Πολλά μοντέλα υπολογιστικά έχουν αναπτυχθεί, προκειμένου να ερευνηθεί η συσχέτιση αυτή μεταξύ των διαφόρων παραγόντων (empirical models, Computational Fluid Dynamics models) [1], [2], [4].

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ρύπων σε εσωτερικούς χώρους αφορούν:

- στις μετεωρολογικές συνθήκες και τις συγκεντρώσεις των ρύπων στο εξωτερικό περιβάλλον,
- στις εκπομπές των ρύπων απευθείας στον αέρα του εσωτερικού

χώρου από πηγές που εντοπίζονται στο εσωτερικό του κτιρίου,

- στην απομάκρυνση των ρύπων από ποικίλες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν μέρος [1], [5].

Ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία που προέρχεται από εκπομπές ρύπων από πηγές σε εσωτερικούς χώρους είναι 1000 φορές μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο κίνδυνο σε εξωτερικούς χώρους. Εντυπωσιακό είναι το παρατιθέμενο σχετικό πόρισμα, αν και μάλλον απλουστευμένο: “Οι βιομηχανικές εκπομπές αιωρουμένων σωματιδίων στις ΗΠΑ είναι 25 φορές υψηλότερες από ότι αυτές του καπνίσματος. Ωστόσο η μείωση κατά 2% του καπνίσματος σε εσωτερικούς χώρους θα είχε την ίδια επίδραση στην υγεία όσο το κλείσιμο όλων των εργοστασίων ως προς τη μέση έκθεση του πληθυσμού σε αιωρούμενα σωματίδια”.

Η σχετική επίδραση κάθε πηγής στην ανθρώπινη υγεία καθορίζεται από πολλούς παράγοντες με κυριότερες τη χημική της σύσταση και την ποσότητα των αερίων ρύπων που εκπέμπει [8].

Το εξωτερικό περιβάλλον επίσης επηρεάζει σημαντικά το εσωτερικό. Η υγρασία και η θερμοκρασία, η ορατή και η υπεριώδης ακτινοβολία, οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων και των διαφόρων αέριων ρύπων του εσωτερικού χώρου ενός κτιρίου επηρεάζονται σημαντικά από το εξωτερικό περιβάλλον. Έτσι, παράλληλα με τις μετρήσεις που πραγματοποιούμε στο εσωτερικό των χώρων που εξετάζουμε, παίρνουμε τις ίδιες μετρήσεις και για τον εξωτερικό χώρο που περιβάλλει τα υπό εξέταση κτίρια.

Σημαντική όμως είναι και η επίδραση που έχουν στην ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων οι διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες. Δραστηριότητες που επιβαρύνουν το εσωτερικό περιβάλλον με ρύπους είναι το κάπνισμα, η θέρμανση και γενικότερα οι διάφορες καύσεις, η

παρασκευή τροφής κ.ά. Την ποιότητα του εσωτερικού αέρα των κτιρίων επηρεάζουν επίσης εκπομπές που προέρχονται από τον άνθρωπο ή άλλους ζωντανούς οργανισμούς, όπως η αναπνοή, η εφίδρωση, οι τρίχες μαλλιών κ.ά. [8].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ρύπων που είτε εισέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, είτε εκπέμπονται από πηγές εσωτερικών χώρων.

Ο αερισμός και οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή είναι από τους πιο σημαντικούς που επηρεάζουν την συγκέντρωση των ρύπων. Ειδικότερα, ο αερισμός καθορίζει τον ρυθμό με τον οποίο αλλάζει ο αέρας μέσα σε ένα χώρο καθώς και τη ποσότητα των ρύπων που εξέρχονται και εισέρχονται σε αυτό. Η ποιότητα του αερισμού συναρτάται με την κατασκευή του κτιρίου και μπορεί να γίνεται, είτε μηχανικά, με συσκευές δηλαδή, είτε με το απλό άνοιγμα των παραθύρων. Σημειώνεται πως είναι σχετικά εύκολα επιτεύξιμος ο συνεχής σωστός αερισμός ακόμα και με μικρά ανοίγματα σε κατάλληλες θέσεις της κατασκευής. Τα τελευταία χρόνια στον οικοδομικό κανονισμό είναι υποχρεωτικός ο έλεγχος φωτισμού και αερισμού για όλους τους κυρίας χρήσης χώρους των κτιρίων. Οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ρύπων στο εξωτερικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα επιδρούν και στη συγκέντρωση των ρύπων στους εσωτερικούς χώρους. Οι ρύποι από εξωτερικές πηγές φτάνουν στο εσωτερικό περιβάλλον με κάποια χρονική υστέρηση. Αυτό εξαρτάται από το ρυθμό ανταλλαγής του εσωτερικού με τον εξωτερικό αέρα [8].

Έχει παρατηρηθεί ότι οι συγκεντρώσεις των σωματιδίων σε διάφορες ποσότητες στο εξωτερικό περιβάλλον διαφοροποιούνται σημαντικά όταν αυτά ανιχνεύονται στους εσωτερικούς χώρους. Αρκετές χημικές ενώσεις

παραμένουν στο χώρο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση που έχουμε συνεχή αερισμό, διαφορετικού μεγέθους σωματίδια εισέρχονται στον εσωτερικό χώρο με διαφορετικές συγκεντρώσεις λόγω διαφορετικών απωλειών στις επιφάνειες με τις οποίες έρχονται σε επαφή.

Πολυσύνθετο είναι το πρόβλημα της αξιολόγησης της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων καθώς η χημική σύσταση των αιωρουμένων σωματιδίων, ο αριθμός και το μέγεθός τους, η παρουσία πολλών άλλων αερίων χημικών ενώσεων, οι μεταβολές της θερμοκρασίας και της υγρασίας καθώς και της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας καθιστούν πολύπλοκη τη διακρίβωση των συνεπειών της έκθεσης του ανθρώπου σε αυτά.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξεταστεί η ποιότητα του αέρα σε κατοικίες και σε ιστορικά κτίρια - μουσεία, η συσχέτιση τους με την ασφαλή - υγιεινή παρουσία του ανθρώπου σε αυτούς χώρους, αλλά και η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στα κατά τεκμήριο πολύτιμα και μοναδικά εκθέματα ενός μουσείου.

1.1.2 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος σε κατοικίες

Οι ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες και τα διάφορα δομικά υλικά εκπέμπουν αέρια και σωματίδια και αποτελούν πρωταρχικές πηγές προβλημάτων στο εσωτερικό των κατοικιών. Ανεπαρκής εξαερισμός στην περίπτωση σημαντικών πηγών εκπομπής ρύπων στο εσωτερικό των κατοικιών επιβαρύνει σημαντικά την ποιότητα του αέρα. Αυτό συμβαίνει όταν δεν επιτυγχάνεται η είσοδος επαρκούς ποσότητας αέρα από τον εξωτερικό χώρο για την πλήρη ανανέωσή του. Αντίθετα όταν ο αερισμός είναι επαρκής επιτυγχάνονται μειωμένες τιμές συγκέντρωσης των ρύπων μέσω της διάχυσης και μεταφοράς τους στον εξωτερικό

χώρο.

Τα σωματίδια που εισέρχονται ευκολότερα μέσα στις κατοικίες είναι τα λεπτά σωματίδια, $PM_{2,5}$, δηλαδή τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη ή ίση των 2,5 μm. Αυτά είναι και τα πιο επικίνδυνα γιατί εύκολα μπορεί να εισχωρήσουν βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα.
Οι εκπομπές από τις πηγές που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους διαφέρουν. Τα υλικά κατασκευής και τα έπιπλα εκπέμπουν ρύπους με συνεχή τρόπο ενώ οι ρύποι που προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και την ανθρώπινη εν γένει παρουσία είναι ασυνεχείς.

Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC) σε σημαντικές ποσότητες προέρχονται από τα δομικά υλικά του σπιτιού, την επίπλωση, τα χαλιά καθώς και αρωματικές ουσίες που πιθανόν να υπάρχουν. Αιωρούμενα σωματίδια οργανικής προέλευσης βρίσκονται κυρίως στο μπάνιο και στη κουζίνα. Όπως είναι φυσικό στους εσωτερικούς χώρους λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων υπάρχει μεγάλη ποσότητα οργανικής ύλης στα αιωρούμενα σωματίδια. Ένα μέρος της θεωρείται ιδιαίτερα τοξικό και αποτελείται μεταξύ άλλων από πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ). Παρατηρούνται επίσης σημαντικές συγκεντρώσεις φορμαλδεύδης από δομικά υλικά και έπιπλα, παρα-διχλωροβενζολίου (p-DCB) από αποσμητικά, εντομοκτόνων, βιοαεροζόλ (βακτήρια, ιοί) και σωμάτων διαφόρων εντόμων.

Άλλες σημαντικές πηγές αιωρουμένων σωματιδίων σε μια κατοικία αποτελούν το κάπνισμα, το τηγάνισμα, η χρήση ηλεκτρικής σκούπας καθώς και το περπάτημα.

Όταν δεν υπάρχουν εσωτερικές πηγές, οι συγκεντρώσεις αερίων ρύπων και σωματιδίων σε εσωτερικούς χώρους εμφανίζονται μικρότερες από τις αντίστοιχες σε εξωτερικούς χώρους. Αντίθετα όταν υπάρχουν εσωτερικές

πηγές ρύπανσης η κατάσταση είναι τελείως διαφορετική [8].

Πέραν όμως των αερίων ρύπων και των αιωρουμένων σωματιδίων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει, στο χώρο της κατοικίας, η μελέτη της υγρασίας και της θερμοκρασίας. Μπορεί να ελεγχθεί αν οι τιμές της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος βρίσκονται μέσα στο καθορισμένο εύρος τιμών σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας όπου ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα.

Επίσης, σημαντικός παράγοντας για να αισθάνεται άνετα ο άνθρωπος στη κατοικία του, είναι το επίπεδο φωτισμού του χώρου. Τα ιδανικά επίπεδα φωτισμού διαφέρουν στους διάφορους χώρους της κατοικίας. Αυτό εξαρτάται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου στους διαφορετικούς χώρους. Διαφορετικό επίπεδο φωτισμού απαιτείται, για παράδειγμα, στο χώρο του γραφείου του και διαφορετικό στο υπνοδωμάτιο ή στο σαλόνι.

Τέλος, η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας στο εσωτερικό περιβάλλον παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ποιότητά του. Η ποσότητα αυτή θα πρέπει να βρίσκεται σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα.

1.1.3 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος σε ιστορικά κτίρια

Ο σύγχρονος άνθρωπος, ιδιαίτερα στις δυτικές κοινωνίες, τις τελευταίες δεκαετίες με την επέκταση της τουριστικής βιομηχανίας, ταξιδεύει μαζικά και επισκέπτεται μουσεία, ιστορικά κτίρια και αίθουσες τέχνης. Μια ειδική μορφή τουρισμού, ο πολιτιστικός τουρισμός αποτελεί αναπτυσσόμενο κλάδο της τουριστικής βιομηχανίας.

Τα μουσεία, μας παρέχουν την δυνατότητα να γνωρίσουμε πολιτισμούς του παρελθόντος και μας βοηθούν να μελετήσουμε την ιστορία μας.

Συνεισφέρουν σημαντικά στην παιδεία και την ευρύτερη καλλιέργεια μας. Γνωρίζουμε πως πολλά αρχαιολογικά ευρήματα διατηρήθηκαν για πολλούς αιώνες είτε θαμμένα μέσα στη γη, είτε στο φυσικό τους περιβάλλον. Στη συνέχεια τα αντικείμενα αυτά μεταφέρθηκαν στα μουσεία προκειμένου να διασωθούν, να συντηρηθούν και να εκτεθούν. Όμως αυτό δεν αρκεί. Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στα μουσεία καθώς και στα συναφή πολιτιστικά κτίρια έχει εξαιρετική σημασία τόσο για την υγεία των επισκεπτών και των εργαζομένων, όσο και για την προστασία των εκθεμάτων από φθορές που μπορούν να προκαλέσουν οι ποικίλοι πιθανοί ρυπαντές του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στα μουσεία γίνεται συστηματική προσπάθεια ελέγχου ώστε να επικρατούν οι κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες, φωτισμός, αερισμός, θερμοκρασία και υγρασία. Η ρύπανση του αέρα, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και το φως (ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία) στα μουσεία μπορεί να οδηγήσει στην ταχεία επιδείνωση της κατάστασης των αντικειμένων και των συλλογών. Η συνήθης απαγόρευση της χρήσης flash είναι ενδεικτική της ευαισθησίας των έργων τέχνης και της σημασίας των μέτρων προστασίας τους. Κατά τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια οι συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια αυτά συνιστούν τον πιο σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή συντήρηση των συλλογών και των αντικείμενων [1], [3], [6].

Τα υλικά των πολιτιστικών συλλογών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, στα ανόργανα και στα οργανικά. Τα οργανικά υλικά έχουν ζωική ή φυτική προέλευση, ενώ οι ανόργανες ύλες είναι ορυκτής προέλευσης. Τα οργανικά είναι και τα πιο ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες και στους αέριους ρύπους. Σε αντίθεση με τα ανόργανα υλικά για τα οποία έχουν εφευρεθεί αισθητήρες έγκαιρης προειδοποίησης σε περίπτωση φθοράς (π.χ. αισθητήρες από μέταλλο ή γυαλί), δεν έχουν επινοηθεί αντίστοιχοι αισθητήρες ανίχνευσης φθοράς για τα οργανικά - βιολογικά υλικά.

Κλειδί πάντως για την αποτελεσματική, βιώσιμη διαχείριση των πολιτιστικών αυτών αντικειμένων είναι το κατάλληλο εσωτερικό περιβάλλον σε συνδυασμό με την κατά το δυνατόν καλύτερη στρατηγική πρόληψης βλαβών.

1.1.4 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στον ελλαδικό χώρο

Το εσωτερικό περιβάλλον είναι ο χώρος στον οποίο ο μέσος Έλληνας περνάει το 80% του χρόνου του. Με τον όρο «εσωτερικό περιβάλλον» αναφερόμαστε στα διάφορα μικρο-περιβάλλοντα, σπίτια, χώρους εργασίας, νοσοκομεία, σχολεία, μουσεία, χώρους αναψυχής, εσωτερικό των αυτοκινήτων και των άλλων μέσων μαζικής μεταφοράς κ.λ.π. Η μέριμνα για την ποιότητα τού εσωτερικού περιβάλλοντος στις κατοικίες είναι σχεδόν ανύπαρκτη, ενώ στα δημόσια κτίρια και στους χώρους συνάθροισης κοινού είναι υποτονική. Μόνο στα μουσεία δίδεται εσχάτως κάποια προσοχή. Γενικώς όμως υπάρχει μεγάλη υστέρηση σε σύγκριση με τις προηγμένες χώρες [8].

Είναι γνωστή η ρήση του σπουδαίου Έλληνα μοντερνιστή αρχιτέκτονα Άρη Κωνσταντινίδη, ότι τα σπίτια πρέπει να είναι “**δοχεία ζωής**”. Ήταν μια ρήση, μια προτροπή, μια παραίνεση, μια διδαχή προς νεαρούς αρχιτέκτονες. Με όσα έκτοτε έχουν γίνει γνωστά για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, θέματα με τα οποία καταπιάνεται και η παρούσα διπλωματική εργασία, πρέπει μάλλον η διδαχή αυτή του Άρη Κωνσταντινίδη να επεκταθεί πέραν των αρχιτεκτόνων και σε άλλες κατηγορίες επιστημόνων και μηχανικών, τους μηχανικούς περιβάλλοντος ιδιαίτερα. Γιατί η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος είναι ίσως ο κρισιμότερος παράγοντας που καθορίζει αν ένα κτίριο είναι δοχείο ζωής.

1.2 Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος σε ιστορικά κτίρια

1.2.1 Εισαγωγή

Αποτέλεσμα των διαδικασιών σχηματισμού και διάβρωσης της φύσης, είναι η δημιουργία, η φθορά και η αποσάθρωση των υλικών. Οι διαδικασίες αυτές που λειτουργούν στη φύση αναφέρονται σε όλα τα υλικά αλλά διαφέρουν σε διάρκεια για το καθένα και εξαρτώνται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες μέσα στις οποίες βρίσκονται τα υλικά.

Κάθε υλικό έχει την ανάγκη να προσαρμοστεί και να ισορροπήσει με τις διάφορες συνθήκες του άμεσου ή του έμμεσου περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται, σε βάρος της δομής και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του. Όταν κάποια ή κάποιες από τις συνθήκες του περιβάλλοντος αλλάξει, διαταράσσεται αυτή η ισορροπία, και το υλικό αναγκάζεται να εισέλθει σε μία νέα διαδικασία προσαρμογής, μέχρι να επέλθει νέα ισορροπία μεταξύ του υλικού και του περιβάλλοντος.

Τα μνημεία, τα έργα τέχνης και τα αρχαιολογικά ευρήματα αποτελούνται από συγκεκριμένα δομικά υλικά, τα οποία μπορεί να είναι ανόργανα ή οργανικά και βρίσκονται εκτεθειμένα στους διάφορους παράγοντες διάβρωσης του περιβάλλοντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μικρής ή μεγάλης κλίμακας φθορά των υλικών προκειμένου να προσαρμοστούν με το περιβάλλον τους. Για την αποκατάσταση και διατήρησή τους θα πρέπει να καταγράφονται όλοι οι παράγοντες του περιβάλλοντος που μπορούν να προκαλέσουν φθορές στο δομικό τους υλικό αλλά και στα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση τους. Η καταγραφή αυτή θα δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τις διαδικασίες και τους βαθμούς φθοράς, καθώς και για τις νέες συνθήκες τις οποίες απαιτεί το κάθε αντικείμενο ή μνημείο για να εκτεθεί και να διατηρηθεί [31].

Στη συνέχεια γίνεται λόγος για την υγρασία, την ακτινοβολία, τη θερμοκρασία και τη ρύπανση στα ιστορικά κτίρια και ακολουθεί μία περιγραφή για τον τρόπο με τον οποίο επιδρούν στα διάφορα υλικά που συναντήσαμε στους ιστορικούς χώρους που μελετήσαμε, καθώς και προτάσεις για την προστασία τους.

1.2.2 Υγρασία

Μία από τις σημαντικότερες αιτίες των φυσικοχημικών φθορών των δομικών υλικών των μνημείων και των έργων τέχνης είναι η παρουσία της υγρασίας στο περιβάλλον.

Η υγρασία σχετικά με το περιβάλλον μνημείων, αρχαιολογικών ευρυμάτων και έργων τέχνης έχει δύο προελεύσεις:
- Την εξωτερική και
- Την εσωτερική.

Εξωτερικές πηγές υγρασίας είναι:
1. Οι βροχοπτώσεις.
2. Η εξάτμιση του νερού επάνω στα υλικά, που μπορεί να είναι τρεχούμενο ή στάσιμο, με αύξηση της θερμοκρασίας.
3. Η εξάτμιση της υγρασίας της βλάστησης.
4. Πηγές υγρασίας από τα δομικά στοιχεία.

Εσωτερικές πηγές υγρασίας είναι:
1. Το πλύσιμο των δαπέδων στους χώρους ενός μουσείου.
2. Η αναπνοή και εφίδρωση των επισκεπτών.
3. Η συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας ενός μουσείου.

Υπάρχουν επίσης πηγές υγρασίας από τα δομικά υλικά όπως ελαττωματικοί σωλήνες νερού και κακή μόνωση δομικών στοιχείων.

Από τις διακυμάνσεις της υγρασίας και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντα χώρου ενός μουσείου, τα περισσότερα υλικά

επηρεάζονται, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Αυτό που πρέπει να γνωρίζουμε είναι πως το ποσό των περιεχόμενων υδρατμών στην ατμόσφαιρα, όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, αυξάνει, ενώ αντίθετα ελαττώνεται όσο αυτή μειώνεται.

Τα περισσότερα υλικά περιέχουν και έχουν την δυνατότητα να δεχτούν ένα μεγάλο ποσοστό υγρασίας. Αυτό εξαρτάται από την υγρασία του χώρου που βρίσκονται, από το πορώδες και από την υδαταπορροφητικότητα που διαθέτουν.

Ο αέρας σπάνια είναι κορεσμένος. Έτσι, περιέχει λιγότερη ποσότητα υδρατμών από όση θα μπορούσε να περιέχει.

Η μέτρηση αυτής της ποσότητας των υδρατμών που υπάρχει στον αέρα ονομάζεται απόλυτη υγρασία:
Απόλυτη υγρασία (AH) = g υδρατμών/m^3 υγρού αέρα ή
Απόλυτη υγρασία (AH) = g υδρατμών/Kg ξηρού αέρα.

Στην ατμόσφαιρα, η σχέση της υπάρχουσας περιεκτικότητας σε υδρατμούς προς την κορεσμένη εκφρασμένη επί %, δίνει τη σχετική υγρασία (RH). Η σχετική υγρασία δε μπορεί να ξεπεράσει το 100%:
RH=[(ποσότητα νερού σε ένα δεδομένο όγκο αέρα)/(μέγιστη ποσότητα νερού την οποία ο ίδιος ο όγκος αέρα μπορεί να κρατήσει στην ίδια θερμοκρασία)]×100% [31].

1.2.2.1 Οι επιδράσεις της υγρασίας στα διάφορα υλικά

Ιδιαίτερη ευαισθησία στην παρουσία της υγρασίας παρουσιάζουν τα δομικά υλικά των μνημείων και των έργων τέχνης ανεξάρτητα από την προέλευσή της.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι επιδράσεις της υγρασίας στα υλικά που συναντήσαμε στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου και της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Οι πίνακες 1.2.1 και 1.2.2 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της υγρασίας και την ευνοϊκή σχετική υγρασία για καθένα από τα υλικά που συναντήσαμε. Ο πίνακας 1.2.1 αναφέρεται σε υλικά με ευαισθησία στην υψηλή σχετική υγρασία, ενώ ο πίνακας 1.2.2 σε υλικά με ευαισθησία στην χαμηλή σχετική υγρασία.

ΥΛΙΚΑ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΥΝΟΪΚΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ
Μέταλλα	Διάβρωση	RH<40%
Χαρτί	Παραμόρφωση – κηλίδες	40%<RH<55%
Ξύλο	Βιολογική διάβρωση - συρρίκνωση	50%<RH<55%
Έγχρωμο Ξύλο	Απολέπιση του χρώματος	50%<RH<55%
Έγχρωμο Μέταλλο	Διάβρωση – απολέπιση χρώματος	RH<40%

Πίνακας 1.2.1: Υλικά με ευαισθησία στην υψηλή σχετική υγρασία.

ΥΛΙΚΑ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΥΝΟΪΚΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ
Ξύλο	Φολίδες – ξήρανση	50%<RH<55%

Πίνακας 1.2.2: Υλικά με ευαισθησία στην χαμηλή σχετική υγρασία.

1.2.2.2 Οι επιδράσεις της υγρασίας σε μεταλλικά αντικείμενα σε συνδυασμό με την παρουσία οξυγόνου

Σημαντική διάβρωση παρατηρείται στα μέταλλα που βρίσκονται εκτεθειμένα σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας (RH >50%), σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες.

Τα μέταλλα που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, πέρα από το χρυσό, χαρακτηρίζονται για τη μεταβλητότητά τους στις έντονες αλλαγές του περιβάλλοντος και στις πιο πολλές κανονικές περιβαλλοντικές συνθήκες αντιδρούν με διάφορα συστατικά του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα να σχηματίζουν πιο σταθερές ενώσεις.

Υπάρχουν δύο μορφές διάβρωσης των μετάλλων:
α) Διάβρωση σε ξηρό περιβάλλον. Κάθε φυσικό περιβάλλον περιέχει κάποια ποσότητα υγρασίας. Για τα αρχαιολογικά ευρήματα, η μορφή αυτής της διάβρωσης δεν είναι τόσο έντονη και σημαντική. Στα αρχαιολογικά ευρήματα παρατηρείται έντονη διάβρωση λόγω της παρουσίας υγρασίας στο έδαφος. Το αποτέλεσμα της έκθεσης ενός μετάλλου γυαλισμένου με λαμπερή επιφάνεια σε ξηρό περιβάλλον, δηλαδή απουσία υγρασίας, είναι να γίνει θαμπό και να μαυρίσει.
β) Διάβρωση σε υγρό περιβάλλον. Πρόκειται για την πιο κοινή μορφή διάβρωσης των μετάλλων και προκαλείται από περιβάλλον που περιέχει υψηλό ποσοστό υγρασίας. Η υγρασία είναι συνήθως παρούσα στις περισσότερες περιβαλλοντικές συνθήκες και προκαλεί σημαντική διάβρωση στα διάφορα υλικά. Η υγρασία είναι παρούσα σαν υδρατμοί, σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. Οι υδρατμοί έχουν την δυνατότητα να συμπυκνώνονται πάνω σε μία μεταλλική επιφάνεια ή να έλκονται από υγροσκοπικά συστατικά της. Όταν υπάρχει υγρασία, η διάβρωση των μετάλλων δεν είναι απλή χημική δράση αλλά ηλεκτροχημική διαδικασία [31].

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στα προϊόντα της διάβρωσης των μεταλλικών αντικειμένων.

Όπως είναι φυσικό, η χημική σύσταση των προϊόντων διάβρωσης εξαρτάται από τα στοιχεία ή τα ιόντα του περιβάλλοντος που επιδρούν στο μεταλλικό αντικείμενο. Τα προϊόντα μπορεί να έχουν την μορφή άμορφης σκόνης ή να σχηματίζουν κρυστάλλους.

Τα προϊόντα διάβρωσης, σε αρκετές περιπτώσεις είναι όμοια με τα φυσικά μεταλλεύματα και χαρακτηρίζονται με το όνομα των ορυκτών τους.

Τα προϊόντα διάβρωσης ανάλογα με το ρυθμό που σχηματίζονται, αργό ή γρήγορο, τείνουν να σχηματίζουν μεγάλους ημιδιαφανείς ή μικρούς αδιαφανείς κρυστάλλους, αντίστοιχα.

Πολύ σπάνια τα στρώματα των προϊόντων διάβρωσης αποτελούνται από ένα μόνο καθαρό προϊόν διάβρωσης. Κανονικά περιλαμβάνουν έναν αριθμό προϊόντων. Οι κρύσταλλοι των προϊόντων περιπλέκονται μεταξύ τους και σε αυτούς μπορούν να ενσωματωθούν και άλλα ετερογενή συστατικά από το γύρω περιβάλλον.

1.2.2.3 Οι επιδράσεις της υγρασίας σε συνδυασμό και με άλλους διαβρωτικούς παράγοντες σε χρωστικές

Οι χρωστικές παρουσιάζουν πολύ σημαντικές χημικές ιδιότητες, τόσο σχετικά με την ανθεκτικότητά τους στο χρόνο όσο και για τη σωστή επιλογή τους, ανάλογα με την τεχνική ζωγραφικής η οποία εφαρμόζεται. Οι κυριότερες ιδιότητες των χρωστικών είναι η χημική σταθερότητα και αδράνειά τους στους διάφορους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, καθώς και στις άλλες χημικές ουσίες που έρχονται σε επαφή. Στην πραγματικότητα, οι χρωστικές που παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα δεν είναι πολλές. Μερικές από αυτές είναι το κάρβουνο, το οξείδιο του χρωμίου, το μπλε του κοβαλτίου και το λευκό τού βαρίου.

Οι ατμοσφαιρικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά της διάφορες χρωστικές είναι:

- το φως,
- η υγρασία και οι απότομες αλλαγές της,
- οι υψηλές θερμοκρασίες και οι απότομες αλλαγές τους,
- το οξυγόνο και
- οι αέριοι ρύποι, σε περίπτωση που η ατμόσφαιρα είναι ρυπασμένη.

1.2.2.4 Οι επιδράσεις της υγρασίας στο χαρτί

Φθορές στα υγροσκοπικά οργανικά υλικά μπορούν να προκαλέσουν οι διακυμάνσεις και οι ακραίες τιμές της σχετικής υγρασίας. Τέτοια υλικά είναι το χαρτί και το ύφασμα. Τα αποτελέσματα της διάβρωσης είναι εντονότερα όταν οι τιμές της ξεπερνούν το 70% ή βρίσκονται κάτω από το 40%.

1) Όταν η σχετική υγρασία βρίσκεται κάτω από το 40% παρουσιάζονται φθορές όπως:

α. Αλλαγή στο μέγεθος, στο σχήμα και την υφή του χαρτιού, λόγω της εξάτμισης του νερού από τα μόρια του υγροσκοπικού υλικού του χαρτιού και εξαιτίας των έντονων τάσεων που δημιουργούνται έπειτα στην επιφάνειά του.

β. Κίτρινοι και καφέ λεκέδες στις περιοχές της επιφάνειας του χαρτιού, όπου εξατμίζεται η υγρασία. Οφείλονται στην οξύτητα του υλικού του χαρτιού και στις επικαθίσεις των ρύπων στην επιφάνειά του.

γ. Απώλεια της ελαστικότητά του και των μηχανικών αντοχών του με αποτέλεσμα να γίνεται πολύ εύθραυστο.

2) Όταν η υγρασία βρίσκεται πάνω από το 70% παρουσιάζονται φθορές όπως:

α. Αλλαγή του μεγέθους και του σχήματος του χαρτιού. Το υγροσκοπικό υλικό του χαρτιού απορροφά την υγρασία και διαστέλλεται με αποτέλεσμα να γίνεται μαλακό, απορροφητικό, μικρής αντοχής στο σκίσιμο και να μετακινούνται οι ρύποι σε άλλες περιοχές της επιφάνειάς του.

β. Αποχρωματισμός των χρωστικών και των μελανιών. Με την αύξηση της υγρασίας προκαλείται η διάλυση και η κίνηση των χρωμάτων και των μελανιών που υπάρχουν στο χάρτινο υπόστρωμα, εξαιτίας της εξασθένησης του συνδετικού μέσου τους. Η γραφή χάνεται και το υλικό του χαρτιού λεκιάζει.

γ. Ανάπτυξη μικροοργανισμών και διάβρωση του χάρτινου υλικού με την αυξηση της υγρασίας.

δ. Εμφάνιση καφέ λεκέδων λόγω του σιδήρου που βρίσκεται σε μικρές ποσότητες στη μάζα του χαρτιού, με την επίδραση της υγρασίας.

1.2.2.5 Οι επιδράσεις της υγρασίας στο ξύλο

Το ξύλο αφού κοπεί από το δέντρο συνεχίζει να περιέχει ποσότητα υγρασίας. Το μέγεθος της ποσότητας αυτής εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το ξύλο. Στο ξύλο περιέχεται κυτταρίνη και ημικυτταρίνες. Αυτές έχουν τη τάση να απορροφούν υγρασία, γιατί στα μόριά τους υπάρχουν πολλές υδρόφιλες υδροξυομάδες (OH^-).

Όταν λοιπόν, η υγρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται, το ξύλο για να έρθει σε ισορροπία με τη νέα εξωτερική υγρασία, απορροφά νερό με αποτέλεσμα να διαστέλλεται. Αντίθετα, όταν μειώνεται η περιβαλλοντική υγρασία το ξύλο για να αποκαταστήσει την ισορροπία με το περιβάλλον του, αποβάλλει νερό με αποτέλεσμα να συστέλλεται. Το φαινόμενο διαστολής του ξύλου παρατηρείται στην

κλίμακα σχετικής υγρασίας από 0% έως 30% όπου φτάνει στο μέγιστο της διαστολής του.

Με τη πάροδο του χρόνου, τα κομμένα ξύλα χάνουν την δυνατότητά τους να προσλαμβάνουν νερό. Τα παλιά ξύλα για αυτό το λόγο εξυπηρετούν πολλούς ζωγράφους.

Εάν το ξύλινο αντικείμενο παραμείνει για ένα χρονικό διάστημα σε συνθήκες σταθερής σχετικής υγρασίας, τότε θα έρθει σε ισορροπία με το περιβάλλον του και το μέγεθός του θα παραμείνει σταθερό. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα του ξύλου.

Εσωτερικές τάσεις προκαλούνται στο συμπαγές ξύλο με τις απότομες αλλαγές της σχετικής υγρασίας. Οι πιέσεις αυτές είναι έντονες στο εξωτερικό μέρος του ξύλου και σε σχετικά μικρό βάθος. Στο εσωτερικό του, δεν έχει προλάβει να επιδράσει ακόμα η υγρασία ώστε να ακολουθήσει τις αλλαγές με παρόμοιες κινήσεις. Οι πιέσεις αυτές είναι ικανές να προκαλέσουν εσωτερική φθορά στο ξύλο.

Απότομη αύξηση της υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αντίδραση της εξωτερικής επιφάνειας του ξύλου, που απορροφά απότομα νερό ενώ το εσωτερικό του ξύλου παραμένει στα προηγούμενα ποσοστά εσωτερικής υγρασίας. Οι απότομες αυτές μεταβολές μπορούν να προκαλέσουν φθορές στα εσωτερικά τοιχώματα των κυττάρων του ξύλου. Επίσης, είναι πιθανόν να προκαλέσουν και την κύρτωση του ξύλου.

Από την περιβαλλοντική υγρασία και από την κατεύθυνση των ινών του ξύλου μεταβάλλονται οι διαστάσεων του ξύλου. Επίσης, το ξύλο μπορεί να υποστεί μόνιμη ή παροδική πλαστική παραμόρφωση (σκέβρωμα), ρωγμές και μετακινήσεις των ρόζων λόγω έντονων μεταβολών υγρασίας.

Περίπου 10% κατά βάρος είναι η περιεκτικότητα σε υγρασία ενός κομμένου και κατεργασμένου ξύλου. Η υγρασία αυτή εξαρτάται από την περιβαλλοντική υγρασία και θερμοκρασία. Με περιεχόμενη υγρασία άνω του 70%, το ξύλο διογκώνεται και ξεκινούν διαδικασίες

υδρόλυσής του, ανάπτυξη μικροοργανισμών και επιτάχυνση φωτοχημικών αντιδράσεων. Ετερότροφοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας και ανεπαρκούς αερισμού. Αυτοί αποικοδομούν άμεσα το ξύλο χρησιμοποιώντας το ως θρεπτικό υπόστρωμα και έμμεσα, με δευτερεύουσες υδρολυτικές διαδικασίες, μέσω των οξέων και των ενζύμων που εκκρίνουν.

Η υδρόλυση είναι μία διαδικασία αποσύνθεσης του ξύλου. Για να πραγματοποιηθεί χρειάζεται υγρό περιβάλλον καθώς και τη παρουσία ενζύμων, βάσεων ή οξέων. Τα σκληρά ξύλα, τα οποία περιέχουν σε μεγαλύτερο ποσοστό ημικυτταρίνες, κινδυνεύουν περισσότερο.

Με υγρασία κάτω από 35% το ξύλο χάνει τη φυσική του υγρασία με αποτέλεσμα να συρρικνώνεται, να αποδυναμώνεται και να σπάει.

Φθορές παρατηρούνται σε ξυλόγλυπτα που έχουν χρωματική επιφάνεια ή βερνίκι, λόγω των μεταβολών των διαστάσεων του ξύλου. Η συστολή του ξύλου σε περιόδους χαμηλής υγρασίας, προκαλεί την απώλεια της συνεκτικότητας του ξύλου και της χρωματικής επιφάνειας. Το γεγονός ότι το ξύλο αντιδρά διαφορετικά από το χρωματικό στρώμα στις περιβαλλοντικές μεταβολές έχει ως συνέπεια τη ρωγμάτωση ευαίσθητων υλικών. Το βερνίκι, εμποδίζει κατά έναν βαθμό την υγρασία, που όμως συντελεί στην απόσπαση μεγάλων τεμαχίων χρωματικού στρώματος λόγω τοπικής συσσώρευσης υγρασίας σε μικρορωγμές.

1.2.2.6 Οι επιδράσεις της υγρασίας στις ελαιογραφίες

Μεγάλος αριθμός φθορών στις ελαιογραφίες προκαλείται από τις αυξομειώσεις της σχετικής υγρασίας στο περιβάλλον.

Το έργο απορροφά υγρασία για να έρθει σε ισορροπία με το περιβάλλον του, σε περιόδους υψηλής σχετικής υγρασίας, ενώ σε

περιόδους χαμηλής σχετικής υγρασίας το έργο αποβάλλει υγρασία στο περιβάλλον.

Το κάθε υλικό της ελαιογραφίας αντιδρά διαφορετικά στις απορροφήσεις υγρασίας, οι οποίες προκαλούν σχετικές αυξομειώσεις σχετικά με τον όγκο του κάθε υλικού.

Η ζωική κόλλα που περιέχεται στην προετοιμασία είναι πολύ υγροσκοπική και απορροφά υγρασία οπότε και διογκώνεται. Οι μικρές επαναλαμβανόμενες κινήσεις στην επιφάνεια προετοιμασίας μπορούν να οδηγήσουν σε αποφλοιώσεις και αποκολλήσεις. Ταυτόχρονα, λόγω της οργανικής σύστασής της με την παρουσία της υγρασίας, αποτελεί θρεπτικό υλικό για τους μικροοργανισμούς.

Αντίστοιχα, με τη πρόσληψη υγρασίας σε ένα ύφασμα, οι ίνες διογκώνονται και συστέλλονται κατά μήκος. Το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνεται η περιβαλλοντική υγρασία. Το χρωματικό στρώμα, λόγω του ελαιώδους συνδετικού του, δεν απορροφά μεγάλη ποσότητα υγρασίας. Έτσι, παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές.

Το ύφασμα είναι ένα στρώμα που κινείται κατά μήκος, η προετοιμασία, ένα στρώμα που διογκώνεται έντονα και το χρωματικό στρώμα, το στρώμα που δεν αντιδρά ιδιαίτερα στην επίδραση της υγρασίας. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται διαρκώς με αποτέλεσμα να υπάρξουν διογκώσεις και αποκολλήσεις του υλικού προετοιμασίας, συμπαρασύροντας και το ζωγραφικό στρώμα.

Στην περίπτωση του μουσαμά, αυξήσεις της σχετικής υγρασίας κατά 10%, δημιουργεί διογκώσεις της τάξης του 0,05% έως 0,1% [31].

1.2.2.7 Προτάσεις για την προστασία από την υγρασία

Οι επιδράσεις της υγρασίας σε μνημεία είναι δύσκολο να αντιμετωπισθούν. Στις περισσότερες περιπτώσεις μόνο επιμέρους λύσεις μπορούν να δοθούν. Στην περίπτωση βροχής, έντονης υγρασίας και παγετού, η στέγαση των μνημείων έχει εφαρμοστεί

πολλές φορές επιτυχώς. Για μνημεία που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα, συχνά μεταφέρονται τμήματά τους σε περιβάλλον με ελεγχόμενες συνθήκες και τοποθετούνται αντίγραφα στη θέση τους.

Τα επίπεδα σχετικής υγρασίας, σε πολλά ευρωπαϊκά μουσεία, είναι περίπου 55-60%, με μία διακύμανση 2% ανά μήνα και ανά εξάμηνο (χειμώνας – καλοκαίρι), τα επίπεδα της θερμοκρασίας είναι στους 15 – 20 ^{o}C και αυτή θα πρέπει να παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του χρόνου, αλλά με πιθανή ημερήσια διακύμανση μικρότερή του ±1,5 ^{o}C. Οι περισσότεροι θεωρούν ότι ένα επίπεδο θερμοκρασίας μεταξύ 15 – 21 ^{o}C είναι ιδανικό. Τα επίπεδα αφορούν χώρες όπως τη Βρετανία, την Ολλανδία, το Βέλγιο, τη Γαλλία, τη Γερμανία και ένα μέρος της Σκανδιναβίας. Στα μέρη αυτά οι χειμώνες είναι ήπιοι και υγροί και τα καλοκαίρια τους όχι ιδιαίτερα ζεστά και υγρά. Στα πιο νότια μέρη, όπως η Ελλάδα, οι συνθήκες είναι πιο ακραίες, με ξηρούς χειμώνες και καλοκαίρια με υψηλή υγρασία. Σε αυτές τις χώρες, μέσα στο χειμώνα, σε εξωτερικό χώρο η σχετική υγρασία θα είναι 35 – 45%.

- Διάφορες κλιματιστικές εκπομπές συνεχούς λειτουργίας, με μονάδες σε κάθε χώρο και συνδεδεμένες με σωλήνες σε κεντρική μονάδα, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της υγρασίας. Η κεντρική μονάδα κλιματισμού συνήθως βρίσκεται στην κορυφή του κτιρίου για να μη παρενοχλεί τους χώρους του.
- Η σχετική υγρασία του χώρου κατεβαίνει με την άνοδο της θερμοκρασίας του και για την σταθεροποίηση της χρησιμοποιούνται στο χώρο απορροφητικά υλικά από ξύλο, χαρτί, βαμβάκι κλπ. Το κολλοειδές διοξείδιο του πυριτίου (silica gel), αποτελεί υλικό ρύθμισης της υγρασίας ενός χώρου. Προτάθηκε από τον Toishi ενώ καθιερώθηκε η χρήση του από τον Stolow. Θεωρείται καλύτερος ρυθμιστής της υγρασίας από

το ξύλο, διότι δρα αφυγαντρικά γρηγορότερα, απορροφά μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας, είναι χημικά αδρανές και μη εύφλεκτο.

- Ένας άλλος ρυθμιστής της σχετικής υγρασίας του χώρου, καλύτερος από το silica gel σύμφωνα με τους Γιαπωνέζους, είναι το Kayen, μία προσροφητική άργιλος εμποτισμένη με silica gel και πωλείται με το όνομα Nikka Pellets. Σχετικά με τη ποσότητα χρήσης του silica gel αναφέρεται η αναλογία 20 Kg ανά κυβικό μέτρο χώρου.
- Με τη τοποθέτηση ενός κορεσμένου διαλύματος ενός άλατος μπορεί να γίνει επίσης η ρύθμιση της υγρασίας σε ένα χώρο. Το αλάτι διαλύεται σε απιονισμένο νερό, μετά από θέρμανση και ανάδευση μέχρι να διαλύεται άλλη ποσότητα άλατος και το διάλυμα να καταστεί κορεσμένο. Μετά τη παραμονή του διαλύματος για μερικές ώρες σε ηρεμία, θα έχουμε την πτώση κάποιου ιζήματος και το διάλυμα που προκύπτει είναι κορεσμένο και δημιουργεί μία σταθερή ισορροπία μεταξύ της εξάτμισης του νερού και των υδρατμών σε ένα μικρό χώρο.
- Τέλος, φίλτρα και ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται για την ανανέωση του αέρα σε περιπτώσεις μικρών προθηκών. Με τη τοποθέτηση ενός μικρού ανεμιστήρα σε υψηλό σημείο της προθήκης, εξασφαλίζεται η συνεχής ανανέωση του αέρα στο χώρο και επομένως η υγρασία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Η χρήση υγροσκοπικών φίλτρων εξασφαλίζει την κατακράτηση της υγρασίας του εξωτερικού αέρα και έτσι η υγρασία διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

Για την αποφυγή της δημιουργίας βιολογικών συμβιώσεων, πρέπει η σχετική υγρασία να διατηρείται σε επίπεδα χαμηλότερα από 70%. Η υψηλή θερμοκρασία και η μη κυκλοφορία του αέρα επίσης δημιουργεί μικροοργανισμούς.

Το κάτω όριο της σχετικής υγρασίας είναι το 40%. Κάτω από το όριο θραύση των ινών στα ινώδη υλικά και παραπέρα διάβρωση μπορεί να προκαλέσει η σχετική υγρασία. Η επιλογή των ενδιάμεσων τιμών της σχετικής υγρασίας εξαρτάται άμεσα από το υλικό του αντικειμένου, από τη νύχτα και την ημέρα, από το χειμώνα ή το καλοκαίρι και γενικότερα από την εκάστοτε ξηρή ή υγρή εποχή. Έτσι, η επιλογή κατά μέσο όρο μίας τιμής περίπου 55% παρουσιάζει κατά το δυνατόν τους λιγότερους κινδύνους για τα διάφορα υλικά.

Ας δούμε όμως πως σκέφτονταν παλαιότερα οι άνθρωποι. Το 1960, όταν η κατάσταση στην Ευρώπη ήταν σαφώς καλύτερη, ο Benoist γράφει: «το χειμώνα τα μουσεία πρέπει να θερμαίνονται όχι μόνο για τους επισκέπτες και τους φύλακες αλλά και για τα έργα τέχνης. Στην Ευρώπη οι επισκέπτες είναι ευχαριστημένοι στους 15^{o}C, και στην Αμερική στους 21^{o}C». Στο παρελθόν λοιπόν, οι άνθρωποι παρατηρούσαν και μελετούσαν το κλίμα και προσάρμοζαν τα χαρακτηριστικά του εξωτερικού περιβάλλοντος κατασκευάζοντας ένα κτίριο, κερδίζοντας έτσι ένα φυσικό μικρόκλιμα.

Αναφορές του Ιπποκράτη στο έργο «περί τόπων των κατ' ανθρώπων», του Πλινίου του Νεώτερου στις «Επιστολές», του Βιτρούβιου στο βιβλίο «η Αρχιτεκτονική», δείχνουν πως ένα κτίριο κατασκευάζεται με σεβασμό στην έκθεση του ήλιου, στη φορά του ανέμου και στην ύπαρξη της υγρασίας.

Σήμερα, η μοντέρνα τεχνολογία μπορεί να αγνοεί το εξωτερικό περιβάλλον και να δημιουργεί νέο τεχνητό εσωτερικό περιβάλλον, στο οποίο ελέγχεται η υγρασία και η θερμοκρασία, χωρίς πάντα να παίρνει υπόψη του τις εξωτερικές συνθήκες.

Η προστασία των συλλογών και των εκθεμάτων μπορεί να γίνει και με φυσικό τρόπο.

Από μουσείο σε μουσείο, οι συνθήκες του αέρα διαφέρουν ανάλογα με το που βρίσκεται, αν δηλαδή είναι κοντά σε θάλασσα ή αν υπάρχει βλάστηση στη γύρω περιοχή. Αν οι τοίχοι είναι περισσότεροι και πιο παχείς, η επίδραση αυτή είναι μικρότερη. Έτσι μία κεντρική αίθουσα έχει σταθερότερες συνθήκες υγρασίας από μία που βρίσκεται στη περιφέρεια.

Στον πίνακα 1.2.3 φαίνονται οι διαφορές της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας εξωτερικά του μουσείου, σε αίθουσα μέσα στο μουσείο και μέσα σε γυάλινη βιτρίνα.

Θερμοκρασία	1. Έξω από το μουσείο	2. Μέσα σε εκθεσιακή αίθουσα	3. Μέσα σε γυάλινη βιτρίνα
Μέγιστη	17 ^{o}C	23,0 ^{o}C	22,5 ^{o}C
Ελάχιστη	1 ^{o}C	14,5 ^{o}C	17,0 ^{o}C
Διαφορά Θερμοκρασίας	16 ^{o}C	8,5 ^{o}C	5,5 ^{o}C
Σχετική Υγρασία	1. Έξω από το μουσείο	2. Μέσα σε εκθεσιακή αίθουσα	3. Μέσα σε γυάλινη βιτρίνα
Μέγιστη	100%	45%	40%
Ελάχιστη	39%	33%	35%
Διαφορά Σχετικής Υγρασίας	61%	12%	5%

Πίνακας 1.2.3: Διαφορές της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας εξωτερικά του μουσείου, σε αίθουσα μέσα στο μουσείο και μέσα σε γυάλινη βιτρίνα.

Η καταγραφή των διακυμάνσεων της σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας στους διάφορους χώρους είναι πολύ σημαντική και θα πρέπει να γίνεται σε εβδομαδιαία βάση.

Συνοπτικά κάποιοι τρόποι που κρατούν σε ελεγχόμενα επίπεδα την υγρασία και τη θερμοκρασία είναι:

1) Συσκευές που περιέχουν ξηραντικά υλικά.
2) Συσκευές Συμπύκνωσης.
3) ΄Υγρανση του αέρα με ψεκασμό.
4) Εξάτμιση νερού με θέρμανση.
5) ΄Υγρανση με εξάτμιση με μηχανικό αερισμό.
6) Κλιματιστικό σύστημα [31].

1.2.3 Ακτινοβολία

«Το φως σημαίνει φθορά στο μουσείο», αλλά από την άλλη πλευρά τα εκθέματα δεν γίνεται να παρουσιαστούν στο σκοτάδι. Για την ορθή παρουσίαση των εκθεμάτων, αλλά και για τον περιορισμό και την επιβράδυνση της φθοράς των αντικειμένων, ο σωστός φωτισμός είναι ένα από τα κυριότερα μέτρα που λαμβάνονται σε έναν μουσειακό χώρο.

Υπάρχουν πολλές απόψεις σχετικά με το αν πρέπει να χρησιμοποιείται ή όχι το ηλιακό διάχυτο φως. Οι προδιαγραφές του κτιρίου, η ευαισθησία των υλικών αλλά και η αίσθηση του επισκέπτη είναι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Σημαντικές προσπάθειες γίνονται τα τελευταία χρόνια προκειμένου να σχεδιαστούν συστήματα που να έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν και να διατηρήσουν τα επίπεδα φωτισμού. Πολλές φορές είναι δύσκολο έως αδύνατο να διατηρηθούν τα απαιτούμενα επίπεδα ακτινοβολιών.

Κάθε χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο αντικείμενο είναι ένας τρόπος φθοράς του. Προϋπόθεση για να ξεκινήσει μία χημική αντίδραση είναι να υπάρχει η απαιτούμενη ενέργεια. Η ενέργεια αυτή δίνεται στα εκθέματα είτε με την θέρμανση είτε με την ακτινοβολία, δηλαδή το φως.

Η μεγαλύτερη φθορά προκαλείται από την περιοχή που είναι στην κοντινή υπεριώδη περιοχή. Αυτό συμβαίνει διότι είναι η πιο φωτοχημικά ενεργή. Όμως και το ορατό φως και οι υπέρυθρες ακτινοβολίες, με τη θερμότητα που προκαλούν, είναι επίσης καταστροφικές. Οι φθορές που προκαλεί η ορατή ακτινοβολία οφείλονται στην ένταση του φωτός και στην παρατεταμένη έκθεση στο φως.

Προσδίδουμε ενέργεια στα αντικείμενα φωτίζοντας τα. Η φθορά προκαλείται λόγω του ότι δεσμοί μεταξύ των ατόμων διαφορετικών μορίων μπορεί να έχουν διαφορετική ενέργεια δεσμού και η απορρόφηση της ενέργειας του φωτός μπορεί να επαρκεί για να σπάσει το δεσμό σε ένα μόριο αλλά μπορεί να είναι ανεπαρκής σε μία άλλη περίπτωση δεσμού.

Το φως πέρα από την άμεση φθορά που προκαλεί στο αντικείμενο, προκαλεί και μία έμμεση διαδικασία διάβρωσης του υλικού του. Η απορρόφηση της ενέργειας εκτός από μετασχηματισμό των μορίων των υλικών, σημαίνει και μετασχηματισμό της ενέργειας σε άλλη μορφή ενέργειας. Ακόμη, η υπέρυθρη ακτινοβολία συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας. Η αλλαγή θερμοκρασίας συνδέεται όμως με την αλλαγή της σχετικής υγρασίας και επομένως μπορεί να οδηγήσει σε κάποια άλλη διαδικασία διάβρωσης. Για τη δράση της θερμοκρασίας η θέση της φωτεινής πηγής είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας.

Ο αέρας σε κλειστό περιβάλλον είναι κατανεμημένος σε στρώματα με διαφορετικές πυκνότητες, που ευθύνονται για τη θερμοκρασιακή αύξηση

από κάτω προς τα πάνω. Η θέρμανση του αέρα αρχίζει και αυξάνει από τις λάμπες και έτσι σχηματίζεται μία κατακόρυφη διάδοση θερμότητας, από στρώματα χαμηλής πυκνότητας σε μεγαλύτερη. Συνήθως η διάδοση της θερμότητας δε κατεβαίνει από το επίπεδο που βρίσκεται η πηγή φωτισμού. Έντονο ρεύμα μετάδοσης της θερμότητας δημιουργείται από τις λάμπες πυράκτωσης. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει μερικές φορές αναταράξεις – στροβιλισμό στον αέρα, ο οποίος με την παρουσία των επισκεπτών αυξάνεται. Αυτή η αναταραχή όπως είναι φυσικό, είναι δυσάρεστη για το χώρο του μουσείου.

Ένας άλλος τρόπος έμμεσης αρνητικής δράσης του φωτός είναι και οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα με τη παρουσία του, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό αέριων ρύπων. Η αλληλουχία των αντιδράσεων της διάβρωσης μπορεί να είναι πολύπλοκη στα μουσειακά αντικείμενα. Το φως δρώντας ως επιταχυντής στην οξείδωσή των υλικών, επιταχύνει την υποβάθμιση τους, αφού κάθε έκθεση στο φως ακόμα και για μικρό χρόνο, προκαλεί φθορά και η φθορά είναι αθροιστική και μη αντιστρεπτή. Εκτός από παράγοντας φθοράς, το ηλιακό φως είναι και το απαραίτητο μέσο για να παρατηρήσουμε τα αντικείμενα. Η φωτιστική πηγή που φωτίζει το αντικείμενο θα πρέπει να εκπέμπει όλα τα μήκη κύματος, προκειμένου να παρατηρήσει κανείς την αντικειμενική εικόνα του αντικειμένου.

Ακολουθεί αναφορά στις διάφορες πηγές φωτισμού.
Οι πιο κοινοί τρόποι φωτισμού είναι:

1) Το ηλιακό φως,
2) Οι λάμπες φθορισμού και
3) Οι λάμπες πυράκτωσης.

Πέρα από τις συνηθισμένες πηγές, υπάρχουν δύο νέες πηγές φωτισμού:

1) Φωτισμός με οπτικές ίνες.
2) Φωτισμός με λάμπες ψυχρής καθόδου [31].

Στους πίνακες 1.2.4 και 1.2.5 που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκριτικά τα δεδομένα των διαφόρων φωτιστικών πηγών που χρησιμοποιούνται στα μουσεία καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους αντίστοιχα.

Πλεονεκτήματα	Παραγωγή UV ακτινοβολίας	Λάμπες
Λίγη παραγόμενη θερμότητα, μικρή παραγωγή UV ακτινοβολίας, καλές ιδιότητες απόδοσης χρώματος.	Εξαρτάται από το φώσφορο, αλλά είναι συνήθως < 50 μW/lm. Μπορούν να φιλτράρονται.	Φθορισμού
Πολύ καλές ιδιότητες απόδοσης χρώματος.	Εξαρτάται από τη λάμπα. Οι λάμπες UV - stop παράγουν <50 μW/lm. Μπορούν να φιλτράρονται.	Βολφραμίου, βολφραμίου - αλογόνου.
Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, μικρή παραγωγή θερμότητας.	Εξαρτάται από το φωσφόρο. Είναι συνήθως <50 μW/lm και μπορούν να φιλτράρονται.	Ψυχρής καθόδου.
Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, μικρή παραγωγή θερμότητας και UV ακτινοβολίας.	Πολύ χαμηλά επίπεδα περίπου 0 μW/lm.	Light emitting diodes (L.E.D.).

Πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής, μικρή παραγωγή θερμότητας και UV ακτινοβολίας. Εύκολη αντικατάσταση και ανάλογα με τη φωτιστική πηγή έχουμε και τις ανάλογες χρωματικές αποχρώσεις.	Εξαρτάται από τη λάμπα, αλλά μπορούν να φιλτράρονται και να δίνουν <10 μW/lm.	Οπτικές ίνες.

Πίνακας 1.2.4: Τα πλεονεκτήματα των φωτιστικών πηγών που χρησιμοποιούνται στα μουσεία και η παραγωγή υπεριώδους ακτινοβολίας για καθεμία από αυτές.

Μειονεκτήματα	Λάμπες
Ογκώδεις.	Φθορισμού
Παραγωγή θερμότητας, μικρός χρόνος ζωής.	Βολφραμίου, βολφραμίου - αλογόνου.
Φτωχές χρωματικές ιδιότητες.	Ψυχρής καθόδου.
Φτωχές χρωματικές ιδιότητες, χαμηλό εξερχόμενο φως.	Light emitting diodes (L.E.D.).
Υψηλό αρχικό κόστος και κόστος διατήρησης.	Οπτικές ίνες.

Πίνακας 1.2.5: Τα μειονεκτήματα των φωτιστικών πηγών που χρησιμοποιούνται στα μουσεία.

Τα δομικά υλικά των μνημείων και των έργων τέχνης παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στην παρουσία των ακτινοβολιών, ανεξάρτητα από τη προέλευση τους. Στον πίνακα 1.2.6 παρουσιάζονται τα υλικά που συναντήσαμε κατά τη περίοδο της έρευνάς μας και τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας σε αυτά.

ΥΛΙΚΑ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
Χαρτί	Ευθραυστότητα – σκούρο χρώμα
Χρωστικές	Ξεθώριασμα
Χρωματισμένα υλικά	Ξεθώριασμα
Ξύλο	Ξεθώριασμα
Ξυλόγλυπτο	Κρακελάρισμα – σκούρο χρώμα

Πίνακας 1.2.6: Τα αποτελέσματα διαφόρων υλικών από την επίδραση της ακτινοβολίας σε αυτά.

Σημαντικοί παράγοντες σχετικά με την επίδραση των ακτινοβολιών στα έργα τέχνης και τα μνημεία είναι η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο αντικείμενο και ο χρόνος έκθεσης στην ακτινοβολία, αλλά και το υλικό κατασκευής του αντικειμένου ή του μνημείου.

Γίνεται διαχωρισμός τον αντικειμένων με βάση την μοριακή τους κατάσταση. Έτσι έχουμε αντικείμενα με απλή μοριακή δομή αποτελούμενη από μονομερή, όπως μέταλλα ή πετρώματα. Η φθορά των υλικών αυτών από την ακτινοβολία είναι μικρή. Από την άλλη πλευρά έχουμε αντικείμενα με σύνθετη μοριακή δομή αποτελούμενη από πολυμερή, όπως διάφορα οργανικά υλικά, όπως το ξύλο ή το ύφασμα. Η φθορά των υλικών αυτών από την ακτινοβολία είναι σημαντική.

Διάφορες χημικές ενώσεις της ατμόσφαιρας απορροφούν τις ακτινοβολίες ειδικά όταν τα μήκη κύματος είναι μικρότερα από 330 nm προκαλώντας έτσι φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις αυτές είναι άμεσα υπεύθυνες για την δημιουργία ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

1.2.3.1 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στις χρωστικές

Με την επίδραση των ακτινοβολιών και ανάλογα με το είδος της χρωστικής και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, οι χρωστικές υφίστανται διάφορες επιδράσεις φωτοοξείδωσης. Η παρουσία στο περιβάλλον οξυγόνου, ατμοσφαιρικών ρύπων, υγρασίας και θερμοκρασίας επηρεάζει τις αντιδράσεις αυτές.

Οι χρωστικές διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την επίδραση των ακτινοβολιών σε αυτές:

1) Στις πολύ σταθερές.
2) Στις σταθερές.
3) Στις μέσης σταθερότητας.
4) Στις ασταθείς.

Τα δομικά υλικά των έργων τέχνης και των αρχαιολογικών ευρημάτων διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες, από πλευράς επιδράσεων από την υπεριώδη ακτινοβολία:

1) Τα ανόργανα υλικά.

Η χημική δομή τους αποτελείται από απλούς δεσμούς ή οι δομικές τους μονάδες είναι μονομερή και δεν αποτελούνται από ανθρακικές αλυσίδες. Τέτοια είναι τα υλικά των πέτρινων, κεραμικών, γυάλινων, μεταλλικών, τοιχογραφιών και ψηφιδωτών αντικειμένων και μνημείων.

Η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι από ελάχιστη έως μηδαμινή, αλλά οι φωτισμοί υπερβολικής έντασης που εκτός του ότι ενοχλούν τον επισκέπτη, ανεβάζουν την θερμοκρασία στο χώρο και κατεβάζουν τα επίπεδα υγρασίας θα πρέπει να αποφεύγονται πάντα. Τα μεταλλικά και τα πέτρινα αντικείμενα είναι τα πιο ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία, με ανώτατη ένταση φωτισμού 500 Lux. Τα αντικείμενα με σχετικά μικρή ευαισθησία στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι τα κεραμικά και τα γυάλινα αντικείμενα με ανώτατη ένταση φωτισμού 300 Lux.

2) Τα οργανικά υλικά.

Η χημική δομή τους αποτελείται από σύνθετους δεσμούς ή οι δομικές τους ομάδες είναι πολυμερή και αποτελούνται συνήθως από ανθρακικές αλυσίδες με διάφορους υποκαταστάτες. Τέτοια είναι τα υλικά των ξύλινων, δερμάτινων, χάρτινων, ζωγραφικών σε ξύλο ή καμβά αντικειμένων.

3) Διαβρωτικές επιδράσεις των υπεριωδών ακτινοβολιών παρουσιάζονται στη περίπτωση των οργανικών υλικών ειδικά σε περιπτώσεις όπως τα υφάσματα, οι υδατογραφίες, τα ζωικά ή φυτικά χρώματα, τα έγχρωμα έντυπα, η έγχρωμη ζωγραφική σε παπύρους και απαιτούν ανώτατη ένταση φωτισμού 50 Lux [31].

1.2.3.2 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στις ελαιογραφίες

Πολύ δυσάρεστα αποτελέσματα έχει η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στις ελαιογραφίες. Η υπεριώδης ακτινοβολία που περιέχεται στις ηλιακές ακτινοβολίες, επιταχύνει όλους τους μηχανισμούς φθοράς. Έτσι είναι συνυπεύθυνη για χρωματικές αλλοιώσεις του βερνικιού, των συνδετικών μέσων, των χρωστικών, αποδυνάμωση του υφάσματος κ.λπ.

Παρ' όλα αυτά υπάρχουν περιπτώσεις που η υπεριώδης ακτινοβολία έχει ευεργετική επίδραση στα έργα ζωγραφικής, εφόσον γίνεται κάτω από παρακολούθηση. Αξίζει λοιπόν να αναφέρουμε πως τα συνδετικά στρώματα, όταν δεν είναι καλής ποιότητας, κιτρινίζουν όταν η διάβρωσή τους γίνει σε σχετικό σκοτάδι ή σε μέρος με πολύ χαμηλό φωτισμό, ενώ μπορούν να επανέλθουν σε μία διαδικασία λεύκανσης κάτω από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας ή κάποιων ήπιων οξειδωτικών παραγόντων.

Από τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, το είδος των χρωστικών και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας εξαρτάται το κιτρίνισμα των χρωστικών. Ο κύκλος κιτρινίσματος και αποχρωματισμού επαναλαμβάνεται πολλές φορές με μείωση της έντασης και της ταχύτητας του κιτρινίσματος σε κάθε κύκλο.

1.2.3.3 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στο ξύλο

Το ξύλο μπορεί να υποστεί επιφανειακή καταστροφή των δομικών του συστατικών, με την επίδραση του ηλιακού φωτός και κυρίως της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Σε πρώτη φάση το ξύλο αποκτά ένα σχεδόν λευκό χρώμα και στη συνέχεια ένα γκρίζο ή μαύρο χρώμα. Η διαδικασία της φωτοξείδωσης από τη δράση των ακτινοβολιών έχει ως αποτέλεσμα την επιφανειακή καταστροφή του ξύλου. Αυτό αναφέρεται σε περιπτώσεις ξύλινων αντικειμένων που εκτίθενται για μεγάλο χρονικό διάστημα στο ηλιακό φως.

Οι διαδικασίες φθοράς επιταχύνονται αν το ξύλο έχει χρωματική επιφάνεια ή βερνίκι. Το αποτέλεσμα είναι η φθορά των χρωστικών, του βερνικιού και του συνδετικού μέσου τους, ο αποχρωματισμός των ευαίσθητων οργανικών χρωμάτων, η ρωγμάτωση, η απολέπιση και άλλα ώσπου να φτάσουμε στην ολοκληρωτική καταστροφή της ζωγραφισμένης του επιφάνειας.

Τέλος, το φως αυξάνοντας την θερμοκρασία, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της υγρασίας και στη συνέχεια τη συρρίκνωση του ξύλου.

1.2.3.4 Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στο χαρτί

Το φως είναι μία μορφή ενέργειας. Μέσω αυτής προκαλούνται αντιδράσεις στα μόρια των οργανικών υλικών. Οι αντιδράσεις αυτές είναι καταστροφικές για τα ευπαθή υλικά όπως το χαρτί, το ύφασμα και τα χρώματα. Από τρεις βασικούς παράγοντες εξαρτάται το μέγεθος της φθοράς που προκαλεί ο φωτισμός στα αντικείμενα:

1) Το είδος της ακτινοβολίας που εκπέμπει η φωτιστική πηγή.

2) Το χρόνο ή τη διάρκεια έκθεσης του αντικειμένου στο φως.

3) Την ένταση του προσπίπτοντος φωτός.

Η φθορά που δημιουργείται στο χαρτί από τους δύο τελευταίους παράγοντες έχει σαν αποτέλεσμα την αποθήκευση και τον εγκλωβισμό της ακτινοβολίας στο οργανικό υλικό με τη μορφή ενέργειας. Η ενέργεια της ακτινοβολίας προκαλεί χημικές αντιδράσεις οι οποίες συνεχίζονται ακόμα και αν το αντικείμενο βρίσκεται στο σκοτάδι.

Οι τρεις παράγοντες φθοράς των οργανικών υλικών από το φως είναι στενά συνδεδεμένοι μεταξύ τους και δρουν ταυτόχρονα προκαλώντας:

1) Αποδυνάμωση, σαθρότητα και θρυμματισμό του οργανικού υλικού όπως το χαρτί και το ύφασμα.

2) Αποχρωματισμό του χαρτιού ή του υφάσματος, των μελανιών, των βαφών και των χρωστικών που υπάρχουν σε αυτά [31].

1.2.3.5 Προτάσεις για την προστασία από την ακτινοβολία

Για να σταθεροποιηθούν και να προστατευτούν οι φυσικές και οι συνθετικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης, χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα και υλικά. Τα τελευταία παρεμποδίζουν την πρωτογενή φωτοχημική διαδικασία διάβρωσης, προλαβαίνουν τον σχηματισμό ελεύθερων ριζών και σταματούν τη διαδικασία φωτολυτικών αντιδράσεων. Τα μέσα αυτά είναι οθόνες υπεριωδών ακτίνων, απορροφητές υπεριωδών ακτίνων και υλικά που ελαττώνουν την ενέργεια υπεριωδών ακτίνων.

Κατάλληλες συνθήκες φωτισμού για τα εκθέματα, επιτυγχάνουμε ελέγχοντας τρία επίπεδα:

1) Της φωτεινότητας της ακτινοβολίας

Οι φωτιστικές πηγές και ιδιαίτερα το φυσικό φως, είναι ασυμβίβαστες με τα δομικά υλικά των μνημείων, των έργων Τέχνης και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποκατάστασή τους. Παρ' όλα αυτά το να αισθάνονται άνετα οι επισκέπτες μέσα σε έναν μουσειακό χώρο είναι πολύ σημαντικό και αυτό δεν επιτυγχάνεται με το να κλείνονται σε ένα κτίριο χωρίς παράθυρα, χωρίς δηλαδή να έχουν επαφή με τον έξω κόσμο. Τα παράθυρα πρέπει να προβλέπονται και να θεωρούνται ως ανοίγματα προς τον έξω κόσμο του κτιρίου παρά ως φωτιστικές πηγές.

Το φως του ήλιου δε θα πρέπει να πέφτει ευθέως πάνω στο αντικείμενο. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται να απαλείφεται με κάποιο τρόπο η υπέρυθρη και υπεριώδης ακτινοβολία από το εισερχόμενο φυσικό φως. Έτσι, προτείνεται να μειωθεί τόσο πολύ το φως ώστε η φωτεινότητα τις πιο λαμπερές μέρες του χρόνου να μην υπερβαίνει τα 200 Lux. Όλες τις άλλες ώρες το φως της ημέρας μπορεί να αντικατασταθεί με τεχνητό φως.

Μια άλλη λύση, πιο πολύπλοκη, είναι να χρησιμοποιούμε ένα ημιδιαφανές ταβάνι ή ένα συλλεκτικό οπτικό γυαλί ή το φως της ημέρας να εισάγεται μέσα από παραθυρόφυλλα, στόρια ή κουρτίνες και φεγγίτες που ανοιγοκλείνουν αυτόματα προκειμένου να διατηρήσουν ένα σταθερό επίπεδο φωτισμού. Άλλη ακριβότερη λύση είναι η αντικατάσταση με γκρι γυαλιά με απορροφητικά βερνίκια UV των γυαλιών των παραθύρων. Η επίδραση του γκρι γυαλιού δεν είναι αισθητή εσωτερικά αλλά εξωτερικά και τα αντικείμενα φαίνονται ασυνήθιστα σκούρα, φαινόμενο όμως που δεν ενοχλεί ιδιαίτερα.

2) Της υπεριώδους ακτινοβολίας

Πέρα από το φυσικό φως, οι φωτιστικές πηγές με ικανοποιητική απόδοση χρώματος, μπορούν επίσης να παράγουν ποσότητα μετρήσιμη υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ένας τρόπος για να αποφύγουμε την ακτινοβολία UV, είναι να περνάμε το φως μέσα από διαφανή υλικά για το ορατό φως, αλλά αδιαφανή για την ακτινοβολία UV, δηλαδή μέσα από απορροφητές – φίλτρα UV, πριν αυτό φτάσει στο αντικείμενο.

Τα φίλτρα μπορούν να τοποθετηθούν:

- επάνω στα παράθυρα.
- επάνω στις βιτρίνες.
- επάνω στα ίδια τα αντικείμενα.
- επάνω στις πηγές φωτισμού.

Όταν ο μουσειακός χώρος φωτίζεται από το φυσικό φως, θα πρέπει να καλύψουμε εντελώς τα παράθυρα με απορροφητές UV ακτινοβολιών. Αυτό μπορεί να γίνει με τον εξής τρόπο:

- Τοποθέτηση φίλτρου υπεριώδους ακτινοβολίας πάνω στο τζάμι.

- Τοποθέτηση πάνω από το φίλτρο ενός λεπτού ελάσματος, κομμένο ακριβώς στα όρια του παραθύρου.
- Τοποθέτηση επάνω από όλα ενός βερνικιού.

3) Της υπέρυθρης ακτινοβολίας

Για την υπέρυθρη ακτινοβολία, χρησιμοποιούμε τα ανάλογα φίλτρα απορρόφησης. Εκτός από αυτά χρησιμοποιούνται και ειδικοί λαμπτήρες «ψυχρής δέσμης». Έτσι η υπέρυθρη ακτινοβολία μπορεί να εξαλειφθεί:

- Με φίλτρα
- Με ειδικούς λαμπτήρες
- Με την αντανάκλαση του φωτός σε έναν άσπρο τοίχο.

Αλλά μόνο το λευκό χρώμα που περιέχει λευκό του τιτανίου, λευκό του μολύβδου ή λευκό του ψευδαργύρου είναι καλός απορροφητής του φωτός.

Κάποια άλλα μέτρα που λαμβάνονται:

- Ο φωτισμός πρέπει να γίνεται μόνο κατά τη διάρκεια που είναι ανοιχτό το μουσείο και υπάρχουν επισκέπτες.
- Τα φωτογραφικά flash είναι θεωρητικά ασφαλή. Απαιτούνται χιλιάδες «εκρήξεις» από flash, πριν από κάθε μετρήσιμη φθορά. Επίσης, από πλευράς θέρμανσης, επειδή η χρονική διάρκεια των flash είναι πολύ μικρή, τα αποτελέσματα της συσσώρευσης θερμότητας είναι πολύ μικρά. Επομένως, τα flash είναι επικίνδυνα για πολύ ευαίσθητα αντικείμενα ή για μουσεία με πολύ μεγάλο αριθμό επισκεπτών, λόγω της συνάθροισης όλων των flash. Άρα, καλό είναι να απαγορεύεται η χρήση του.

- Για να λειτουργήσουν τα video ή οι τηλεοράσεις απαιτούνται υψηλά επίπεδα φωτός. Οι κίνδυνοι εδώ οφείλονται στη δράση της θερμότητας. Επομένως, η λήψη ταινιών και φωτογραφιών πρέπει να γίνεται με προσεκτική επίβλεψη.
- Σε όλες τις φωτιστικές πηγές υπάρχει η πιθανότητα καπνού και ο κίνδυνος ανάπτυξης φωτιάς. Έτσι πρέπει να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στις φωτιστικές πηγές για να γίνεται γρήγορη ανίχνευση του προβλήματος, για τη διατήρησή τους και την αντικατάστασή τους.
- Έλεγχος του φωτός πρέπει να γίνεται μέσα στις προθήκες. Στις προθήκες δημιουργούνται πολύ ιδιαίτερες συνθήκες. Θα πρέπει να τοποθετούνται εξωτερικά της προθήκης οι φωτιστικές πηγές και σε αρκετή απόσταση. Αν οι λάμπες τοποθετούνται εσωτερικά των προθηκών, οι επιδράσεις τους στην εσωτερική σχετική υγρασία θα είναι μεγάλες. Επίσης, θα λάβουν μέρος μεταβολές υπεύθυνες για κύκλους ψύξης – θέρμανσης. Αυτό συμβαίνει διότι εσωτερικά της προθήκης δημιουργείται ένα μικρό θερμοκήπιο. Τα τοίχοι των προθηκών αφήνουν να περάσει το φως, αλλά παράλληλα εγκλωβίζουν την υπέρυθρη ακτινοβολία και προκαλείται θέρμανση της περιοχής.

  Μελετητές προτείνουν, οι φωτιστικές πηγές να βρίσκονται έξω από τις προθήκες και να περνά το φως μέσα σε αυτές μέσω οπτικών ινών. Ένας κατάλληλος τρόπος για να εξαλειφθεί η ακτινοβολία UV και IR είναι η τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων μεταξύ πηγής φωτισμού και οπτικών ινών.

1.2.4 Θερμοκρασία

Φαινόμενα που προκαλούνται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι οι συστολές και οι διαστολές στα υλικά.
Η συχνότητα και η ταχύτητα των θερμοκρασιακών μεταβολών παίζει σημαντικό ρόλο και όχι η διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας.
Οι μεταβολές της θερμοκρασίας σε κάποιο χώρο επηρεάζουν άμεσα την σχετική υγρασία και στα σώματα που βρίσκονται μέσα στο χώρο και επιταχύνουν διάφορες χημικές αντιδράσεις.
Παρακάτω, παρουσιάζονται οι επιδράσεις της θερμοκρασίας σε κάποια από τα υλικά που συναντήσαμε στους μουσειακούς χώρους που μελετήσαμε.

1.2.4.1 Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στις ελαιογραφίες

Η επίδραση της θερμοκρασίας είναι σημαντική σε πολλά είδη φθορών, πέρα από την πλήρη καύση των δομικών υλικών. Η συνεχής παραμονή σε πολύ θερμό περιβάλλον υποβοηθά την ξήρανση και αποδυνάμωση του υφάσματος. Έπίσης, σε περιβάλλον με υψηλή σχετική υγρασία, η υψηλή θερμοκρασία ενισχύει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και τις υδρολυτικές διαδικασίες φθοράς.

Με την υψηλή θερμοκρασία μπορεί να προκληθεί μαλάκωμα των θερμοπλαστικών ρητινών που περιέχονται στο βερνίκι και στο συνδετικό μέσο των χρωστικών και έτσι να δημιουργηθεί μία επιφάνεια κολλώδης που συγκρατεί τα σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους πάνω σε αυτή.

Σημαντική επίδραση στα ζωγραφικά έργα επάνω σε μουσαμά έχει η θερμοκρασία σε συνδυασμό με την υγρασία. Αυτό συμβαίνει γιατί ο μουσαμάς είναι πολύ ελαστικός και παρουσιάζει διαφορές στους θερμικούς συντελεστές συστολών – διαστολών, ανάλογα με το

χρωματικό στρώμα. Αποτέλεσμα είναι να παρουσιάζονται ρωγματώσεις στο χρωματικό στρώμα και απολεπίσεις του χρωματικού στρώματος με τελικό στάδιο τη δημιουργία ελαφρά υπερυψωμένων άκρων.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί λινέλαιο, με την επίδραση της θερμοκρασίας, παρουσιάζονται αλλαγές στο χρώμα (κιτρίνισμα) και αλλαγές στα χρώματα της ζωγραφικής επιφάνειας [31].

1.2.4.2 Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στο ξύλο

Το ξύλο μπορεί να καεί σε υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να μετατραπεί σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Όταν ένα ξύλινο αντικείμενο βρίσκεται σε ένα περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία τότε χάνει την υγρασία, που φυσιολογικά περιέχει, με αποτέλεσμα την θερμική αποικοδόμησή του και την πλαστική του παραμόρφωση.

Το ξύλο αντέχει μέχρι περίπου τη θερμοκρασία των 100 ^{o}C, για σύντομο χρονικό διάστημα, αλλά στους 120 ^{o}C χάνει το 10% της μηχανικής του αντοχής.

Σε περίπτωση που υπάρχει υψηλή θερμοκρασία στο χώρο και στο εσωτερικό του ξύλου τότε με θερμοκρασία από 18 – 35 ^{o}C, επιταχύνονται οι υδρολυτικές διαδικασίες αποικοδόμησης και η δράση των μικροοργανισμών αυξάνεται.

1.2.4.3 Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στο χαρτί

Η υγρασία που υπάρχει στο χώρο που βρίσκονται υγροσκοπικά οργανικά υλικά όπως το χαρτί, το ύφασμα και το δέρμα επηρεάζει άμεσα την διατήρησή τους.

Με την αύξηση ή την μείωση της υγρασίας σε μικρά χρονικά διαστήματα, τα υγροσκοπικά υλικά απορροφούν ή αποβάλλουν αντίστοιχα υγρασία ώστε να έλθουν σε ισορροπία με το περιβάλλον τους. Λόγω των γρήγορων μεταβολών, τα οργανικά υλικά εξασθενούν. Η υγρασία όμως του άμεσου περιβάλλοντος του αντικειμένου εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία.

Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα:

- Παρουσία εντόμων όταν η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία είναι αυξημένες.
- Ξήρανση του υλικού του χαρτιού.
- Επιτάχυνση των αντιδράσεων αποσάθρωσης του χαρτιού.
- Αυξομειώσεις τις σχετικής υγρασίας με άμεσα ή έμμεσα αποτελέσματα.

1.2.4.4 Προτάσεις για την προστασία από την θερμότητα

Σχετικά με την προστασία από τη θερμότητα, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί σε υλικά που δεν μπορούν να αντέξουν σε μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

Η μέση θερμοκρασία του χώρου ενός μουσείου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου πρέπει να διατηρείται στους 21 ± 1,5 ^{o}C, ενώ σε χώρους αποθήκευσης η θερμοκρασία επιβάλλεται να παραμένει χαμηλότερη και με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται ευκολότερα η στάθμη της σχετικής υγρασίας.

Κεντρικές ή τοπικές εγκαταστάσεις θέρμανσης ή κλιματισμού ελέγχουν την θερμοκρασία και έμμεσα τη σχετική υγρασία. Ένας

άλλος παράγοντας πολύ σημαντικός, που επηρεάζει τη θερμοκρασία ενός χώρου και κατ΄ επέκταση τη σχετική υγρασία είναι ο αριθμός των επισκεπτών. Ιδανική είναι η πυκνότητα ενός επισκέπτη ανά 3 – 5 m^2 του χώρου έκθεσης ή του μουσειακού χώρου.

1.2.5 Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Με την αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, ο άνθρωπος έχει οδηγήσει στη διαταραχή των οικοσυστημάτων του πλανήτη. Όλα αυτά έχουν δυσάρεστες επιπτώσεις στην υγεία και στην ποιότητα της ζωής του ανθρώπου, αλλά και στην πολιτιστική κληρονομιά. Για τη διάβρωση των μνημείων και των έργων τέχνης, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα. Τα μνημεία και τα έργα τέχνης που βρίσκονται μακριά από βιομηχανικό και αστικό περιβάλλον είναι σε πολύ καλύτερη κατάσταση από ότι εκείνα που βρίσκονται στη ρυπασμένη ατμόσφαιρα του αστικού περιβάλλοντος.

Ο συνδυασμός ατμοσφαιρικών ρύπων, υγρασίας, θερμοκρασίας και φωτός είναι δυνατόν να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στα έργα τέχνης που εκθέτονται σε έναν μουσειακό χώρο. Ακόμα η αναπνοή, ο ιδρώτας και η θερμοκρασία του σώματος των επισκεπτών, επιδρούν στη χημική σύσταση του αέρα και στη θερμοϋγρομετρική κατάσταση του χώρου. Γιαυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται μέτρα μείωσης των ρύπων.

Οι αέριοι ρύποι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1) Οι βασικοί ρύποι. Είναι αυτοί που εκπέμπονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα από μία πηγή.

2) Οι δευτερογενείς ρύποι. Είναι αυτοί που δημιουργούνται μέσα στην ατμόσφαιρα με χημικές αντιδράσεις μεταξύ πρωτογενών ρύπων και φυσικών συστατικών της ατμόσφαιρας.

Η ρύπανση είναι ένα φαινόμενα που απασχολεί όλες τις χώρες, ειδικότερα τα τελευταία χρόνια. Στα αστικά και βιομηχανικά κέντρα γίνεται περισσότερο αντιληπτή. Η συγκέντρωση πληθυσμού και η βιομηχανική δραστηριότητα οδηγούν στην αύξηση των ρυπαντικών ουσιών.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι διάφορες πηγές ρύπανσης:

Οι πηγές ρύπανσης μπορεί να είναι κινητές όπως οχήματα, αεροπλάνα, τρένα, πλοία ή σταθερές οι οποίες χωρίζονται σε σημειακές ή επιφανειακές πηγές.

Σημειακές πηγές χαρακτηρίζονται οι μεγάλες βιομηχανικές μονάδες. Η ρύπανση προκαλείται από την καύση των καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας ή από τη διαδικασία παραγωγής.

Επιφανειακές πηγές αποτελούν ομάδα πηγών που η καθεμία ξεχωριστά δεν εκπέμπει σημαντική ποσότητα ρυπαντικών αλλά σαν άθροισμα συμμετέχουν στη ρύπανση μίας περιοχής.

1.2.5.1 Εξωτερικοί αέριοι ρύποι

Οι κυριότεροι ρύποι της ατμόσφαιρας είναι:

1) Διοξείδιο του θείου (SO_2)

2) Αιωρούμενα σωματίδια

3) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

4) Διοξείδιο του αζώτου (NO_2)

5) Όζον (O_3)

6) Υδρογονάνθρακες

Οι αέριοι ρύποι μπορεί να είναι σε μορφή αέριων ή ατμών.

Οι σωματιδιακοί ρύποι σε σκόνες, καπνό, ιπτάμενη τέφρα, κάπνα ή ομίχλη.

Στην περίπτωση σωματιδίων και σταγονιδίων που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται ο γενικός όρος αιωρούμενα σωματίδια.

Αυτά που μας απασχόλησαν εμάς κατά τη διάρκεια της έρευνάς μας είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, το μονοξείδιο και του διοξείδιο του άνθρακα (CO και CO_2 αντίστοιχα).

Αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα

Τα αιωρούμενα σωματίδια ποικίλουν πολύ σε μορφολογία, σε χημική σύσταση και σε μέγεθος. Κατανέμοντάς τα ανάλογα με το μέγεθος έχουμε:

1) Τα χοντρά που αποτελούνται από χώμα, σκόνη από το δρόμο και θαλασσινό αλάτι και η διάμετρός τους είναι από 2 μm και μεγαλύτερη. Χαρακτηριστικά αυτά τα σωματίδια, σε στάσιμο αέρα μπορεί να πέσουν κοντά στην πηγή που τα δημιούργησε, γιατί είναι πολύ μεγάλα.
2) Τα λεπτά σωματίδια που αποτελούν την αιθάλη και έχουν διάμετρο μεταξύ 0,1 μm και 2 μm.
3) Τα υπέρλεπτα σωματίδια που έχουν διάμετρο το μέγιστο 0,1 μm.

Το μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένας πολύ συνηθισμένος ρύπος. Προέρχεται από τις ατελείς καύσεις που γίνονται στα αυτοκίνητα και στις θερμάνσεις. Παράγεται σε μεγάλα ποσά από ουσίες που περιέχουν άνθρακα (πετρέλαιο, ανθρακίτες, γαιάνθρακες). Επίσης, υπάρχουν φυσικές πηγές που το παράγουν αυτό το τοξικό αέριο όπως οι πυρκαγιές και οι εκρήξεις ηφαιστείων.

Στις αστικές περιοχές η παρουσία του οφείλεται κατά το μεγαλύτερο μέρος από τις εκπομπές των αυτοκινήτων και το κυκλοφοριακό είναι υπεύθυνο για το 8% της εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Το αέριο παραμένει στην ατμόσφαιρα για έναν μήνα και με αργούς ρυθμούς οξειδώνεται προς διοξείδιο του άνθρακα.

Το διοξείδιο του άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας. Το ποσοστό του αυξάνει σε περιβάλλον πόλεων και βιομηχανιών, από τις διάφορες καύσεις οργανικών ενώσεων και έτσι θεωρείται ρυπαντής.

Ακολουθούν οι επιδράσεις του στα δομικά υλικά των μνημείων.

Το ατμοσφαιρικό CO_2, που υπάρχει διαλυμένο στο νερό της βροχής, διαλυτοποιεί αργά τον ασβεστίτη των μνημείων, και δημιουργεί το αρκετά διαλυτό όξινο ανθρακικό ασβέστιο ($Ca(HCO_3)_2$) και όταν το διάλυμα στεγνώσει ξανασχηματίζεται ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$).

Το ατμοσφαιρικό CO_2 επιδρά μόνο στα ασβεστολιθικά υλικά που είναι εκτεθειμένα στο νερό της βροχής και το αποτέλεσμα αυτής της δράσης στα μνημεία είναι μία μείωση στις διαστάσεις των αρχιτεκτονικών μελών της τάξης των 1 – 2 cm, σε διάστημα 2.400 χρόνια.

Το CO_2 έχει παρόμοια επίδραση σε περιπτώσεις ασβεστοκονιαμάτων – επιχρισμάτων σε μνημεία και ασβεστοκονιαμάτων και ασβεστολιθικών χρωστικών τοιχογραφιών.

1.2.5.2 Εσωτερικοί αέριοι ρύποι

Οι εσωτερικοί ρύποι έχουν δύο κύριες προελεύσεις:

1) Ρύποι από έξω, που εισήλθαν μέσα στο κτίριο από τον αερισμό.

2) Ρύποι που δημιουργούνται μέσα στο κτίριο.

Οι εσωτερικοί ρύποι που δημιουργούνται μέσα στο κτίριο, προέρχονται κυρίως από εξάτμιση των οικοδομικών και διακοσμητικών υλικών καθώς επίσης και από τα συστήματα θέρμανσης, τη δραστηριότητα των επισκεπτών, τα πράγματά τους, τα υλικά από τα οποία αποτελούνται οι συλλογές και τα υλικά με τα οποία προβάλλονται τα εκθέματα όπως το γυαλί, η επένδυση των προθηκών κα. Όλοι αυτοί οι παράγοντες έχουν ως αποτέλεσμα η εσωτερική συγκέντρωση των ρύπων να είναι μεγαλύτερη στον εσωτερικό χώρο. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των οργανικών μιγμάτων είναι σχεδόν δέκα φορές υψηλότερη από την εξωτερική.

Στον πίνακα 1.2.7 φαίνονται μερικά από τα υλικά που συναντήσαμε κατά τη παραμονή μας στους μουσειακούς χώρους, τα οποία παράγουν επικίνδυνους ρύπους:

Υλικά	Ρύποι
Ξύλο (δρυς, σημύδα, οξιά)	Οργανικά οξέα
Μαλλί	Πτητικά σουλφίδια
Κάποιες χρωστικές	Ενώσεις θείου

Πίνακας 1.2.7: Παραγωγή επικίνδυνων ρύπων από μερικά υλικά

Ακολουθεί πίνακας 1.2.8 με υλικά που συναντήσαμε και δεν παράγουν αέριους ρύπους:

Υλικά που θεωρούνται ασφαλή
Μέταλλα
Γυαλί
Κεραμικά

Πίνακας 1.2.8: Υλικά που θεωρούνται ασφαλή

Επίσης, η εκπομπή ρύπων μπορεί να συμβεί από υλικά του κτιρίου.

Συγκεκριμένα:

1) Το τσιμέντο δίνει σκόνη από μικρά σωματίδια μεγέθους 0,01 μm, τα οποία συνήθως περνάνε το φίλτρο του αέρα.
2) Αφροί φορμαλδεϋδης έχουν χρησιμοποιηθεί ως θερμικά μονωτικά και είναι πηγή ρύπανσης.
3) Μία άλλη πηγή είναι το κόντρα πλακέ, οι μοριοσανίδες και άλλα υλικά του κτιρίου.

3) Εισαγωγή ρύπων μπορεί να γίνει και από τα κλιματιστικά. Ένα μεγάλο μέρος των οξειδίων του θείου και του αζώτου, καθώς και το όζον, εισάγονται σε κλειστό χώρο από τα κλιματιστικά. Σε ένα καλά σφραγισμένο χώρο, το κλιματιστικό μπορεί να απομακρύνει τα οξείδια του θείου και το όζον αλλά όχι στον ίδιο βαθμό και τα οξείδια του αζώτου [31].

Σε ένα μουσείο, το σύστημα ελέγχου περιβάλλοντος θα πρέπει να περιλαμβάνει εκτός από τον έλεγχο της σχετικής υγρασίας, των ακτινοβολιών και της θερμοκρασίας και επαρκές φιλτράρισμα του αέρα ώστε να απομακρύνονται οι αέριοι ρύποι. Στα μουσεία θα πρέπει να αποφεύγονται η διέλευση του καπνού, οι επικίνδυνοι αέριοι ρύποι, η σκόνη που υπάρχει από τα δομικά υλικά του κτιρίου και προέρχεται από το σκυρόδεμα, τις πέτρες, το μάρμαρο, τα πλαστικά, τα ασβεστοκονιάματα καθώς και από τη διέλευση του κοινού. Είναι όμως πολύ δύσκολο να ελεγχθούν οι ρύποι, λόγω των παραθύρων, των πορτών και της διέλευσης του κοινού.

1.2.5.3 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο χαρτί

Το χαρτί παρουσιάζει διάβρωση όταν εκτίθεται σε ατμόσφαιρα ρυπασμένη, με την παρουσία του διοξειδίου του θείου. Τα όρια των σελίδων ενός βιβλίου αποκτούν ένα καφέ χρώμα και μία ευθραυστότητα, κυρίως όταν πρόκειται για χαρτί χαμηλής ποιότητας που περιέχει σημαντική ποσότητα λιγνίτη.

Το πρόβλημα δημιουργείται κυρίως από τους παρακάτω ρύπους που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα:

1) Το διοξείδιο του θείου (SO_2) και οι ενώσεις του.

2) Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και οι ενώσεις του.

3) Το όζον (O_3).

4) Τα αιωρούμενα σωματίδια και η αιθάλη.

Η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι μεγαλύτερη σε πόλεις πυκνοκατοικημένες, με έντονη κυκλοφορία και πολλά εργοστάσια. Τα σωματίδια των ρύπων επικάθονται στα έργα τέχνης. Τα σωματίδια μαζί με την αυξημένη σχετική υγρασία δημιουργούν ή επιταχύνουν χημικές αντιδράσεις και έτσι καταστρέφουν τα οργανικά υλικά.

1.2.5.4 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα μέταλλα

Ο σίδηρος είναι το μέταλλο που διαβρώνεται περισσότερο από το διοξείδιο του θείου. Η διαδικασία διάβρωσης είναι ηλεκτρολυτική. Δηλαδή, με την παρουσία υγρασίας και κάποιου ηλεκτρολύτη όπου στην περίπτωση αυτή είναι το θειικό οξύ και το θειικό αμμώνιο έχουμε την επιφανειακή οξείδωση του σιδήρου. Η σχετική υγρασία που απαιτείται πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60%.Σε συνθήκες ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ο χαλκός, με την παρουσία CO_2, SO_2, HCl και υγρασίας, παρουσιάζει διαδοχικά στρώματα διάβρωσης.

Σημαντική επίδραση δέχεται ο άργιλος από το υδρόθειο (H_2S). Η συγκέντρωση του υδρόθειου στον αέρα είναι 5 έως 30 $\mu m/m^3$ και είναι αποτέλεσμα σημαντικών αποσυνθέσεων στην ύπαιθρο και στις πόλεις. Σχετική υγρασία μεγαλύτερη από 70%, επιταχύνει την επίδραση του H_2S στην περίπτωση του αργίλου με σχηματισμό αργυρίτη (Ag_2S), ενώ το διοξείδιο δεν επιδρά στον άργυλο.

1.2.5.5 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις ελαιογραφίες

Η επικάθιση των ρύπων στις ελαιογραφίες συντελείται από διάφορους παράγοντες όπως την υγρασία της ατμόσφαιρας, την χημική σύσταση των ρύπων, το μέγεθος των κόκκων τους, το ηλεκτρικό τους φορτίο, την υγροσκοπικότητά τους, την υφή της ζωγραφικής επιφάνειας και την πλαστικότητά της.

Στερεά ή αέρια υλικά είναι συνήθως οι ρύποι της ατμόσφαιρας που προκαλούν φθορές σε ένα ζωγραφισμένο έργο τέχνης. Τέτοια είναι η σκόνη, η αιθάλη, τα σπόρια μικροοργανισμών κ.α. Όταν αυτοί βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις δεν αποτελούν μεγάλο κίνδυνο. Σε περιοχές όμως με μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη και μεγάλη κίνηση οχημάτων και μεγάλη κυκλοφορία οχημάτων, αυξάνονται οι συγκεντρώσεις τους και προκαλούν φθορές στις ελαιογραφίες. Με τη βοήθεια της υγρασίας, οι περισσότεροι αέριοι ρύποι μετατρέπονται στα αντίστοιχα οξέα που προσβάλουν και εξασθενούν τα υλικά κατασκευής της ελαιογραφίας.

Οι ελαιογραφίες χαρακτηρίζονται για την υδρόφοβη επιφάνεια τους. Λόγω αυτής δεν παρατηρείται συχνά συσσώρευση επιφανειακών ρύπων μέσω της συμπύκνωσης των υδρατμών. Παρ' όλα αυτά παρατηρείται συγκράτηση των ρύπων εξαιτίας της ανάγλυφης επιφάνειας της ελαιογραφίας. Η εισχώρηση των ρύπων σε ρωγμές και σε περιοχές με φθορές, οδηγεί συχνά σε αποκολλήσεις της χρωματικής επιφάνειας λόγω των πιέσεων που δημιουργούνται.

1.2.5.6 Οι επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο ξύλο

Ένα πρόσθετο υγροσκοπικό υπόστρωμα δημιουργείται από την επικάθιση των ατμοσφαιρικών ρύπων στην επιφάνεια του ξύλου. Αυτό προκαλεί επιφανειακές φθορές στο ξύλινο αντικείμενο. Η σκόνη συσσωρεύεται σε μικρορωγμές της επιφάνειάς του. Με την απορρόφηση της υγρασίας διογκώνεται και με την πάροδο του

χρόνου διευρύνει τις ρωγμές. Αυτό παρατηρείται περισσότερο όταν η επιφάνεια καλύπτεται με βερνίκι ή χρωματικό στρώμα.

Οι ρύποι σαν αποτέλεσμα έχουν την φθορά του αντικειμένου. Επίσης, συντελούν στην ανάπτυξη μικροοργανισμών, τη συγκράτηση της υγρασίας και τη δημιουργία όξινου περιβάλλοντος.

Ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως SO_2, CO, CO_2, NO, NO_2 με την παρουσία υγρασίας, μπορούν να μετατραπούν σε ισχυρά ή ασθενή οξέα, τα οποία μπορούν να είναι καταστροφικά για ξύλα με χρωματική επιφάνεια ή βερνίκι.

1.2.5.7 Προτάσεις για προστασία από την ατμοσφαιρική ρύπανση

- Στην περίπτωση των μνημείων και των μουσειακών αντικειμένων, απαιτούνται έλεγχοι της ατμόσφαιρας των μουσείων. Αυτοί πραγματοποιούνται με τη συνεχή ανανέωση του αέρα και τις τοποθετήσεις φίλτρων με κόκκους ενεργού άνθρακα στα σημεία εισόδου του αέρα. Ειδικότερα όταν η ατμόσφαιρα του περιβάλλοντος είναι πολύ βεβαρημένη. Σημαντικές πηγές παραγωγής όζοντος θεωρούνται τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, γιαυτό και αποφεύγονται. Το όζον θεωρείται ρυπαντής με έντονα οξειδωτικές ικανότητες.
- Η παρουσία πολλών επισκεπτών στους μουσειακούς χώρους και τις πινακοθήκες θα πρέπει να αποφεύγεται, για την αποφυγή της ανόδου της στάθμης της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
- Σε περιπτώσεις γλυπτών και αρχαιολογικών ευρημάτων με έντονες ευαισθησίες σε περιβάλλον ατμοσφαιρικής ρύπανσης, απαιτούνται ειδικές αεροστεγείς διαφανείς προθήκες με τη δημιουργία αδρανούς ατμόσφαιρας.

Γενικότερες λύσεις για ένα γενικότερο σχεδιασμό μιας πολιτικής περιβάλλοντος είναι:

- Απομάκρυνση βιομηχανικών ζωνών από αρχαιολογικούς χώρους. Επίσης, στην περίπτωση των μνημείων που βρίσκονται σε περιοχές μεγάλων βιομηχανικών πόλεων να υπάρχουν διάφορες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για την ελάττωση της κυκλοφορίας των διαφόρων τροχοφόρων (μονόδρομοι, πεζόδρομοι κλπ).
- Τοποθέτηση φίλτρων στις εξόδους καυσαερίων στις βιομηχανίες.
- Αντικατάσταση των παλαιών και ρυπογόνων τροχοφόρων με άλλα νέας τεχνολογίας.
- Αντικατάσταση ενός σημαντικού αριθμού συμβατικών πηγών ενέργειας με νέες ήπιες μορφές [31].

Με την τοποθέτηση συστήματος φίλτρων στο σύστημα εισχώρησης του αέρα μπορεί να επιτευχθεί η απομάκρυνση των αιωρουμένων σωματιδίων. Αυτό επιτυγχάνεται, τοποθετώντας δραστικά φίλτρα και αλκαλικούς – βασικούς καθαριστές, για να μειωθεί η λεπτή ύλη κάτω από τα καθορισμένα επίπεδα.

Για να απομακρύνουμε τα αιωρούμενα σωματίδια σκόνης, επιλέγουμε φίλτρο που σταματά σωματίδια με διάμετρο 0,1 – 2 μm που εισέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον. Τα φίλτρα αυτά πρέπει να αντικαθίστανται 3 ή 4 φορές το χρόνο στις αστικές περιοχές.

Παρ’ όλα αυτά τα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να έχουν πολύ μικρότερο μέγεθος και επίσης να προέρχονται από υλικά του κτιρίου. Μία λύση που μπορεί να δοθεί γιαυτό είναι να καλύψουμε τις εσωτερικές επιφάνειες όπως το τσιμέντο με χρώμα ή βερνίκι.

Η απομάκρυνση των εξωτερικών ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί να γίνει με πέντε βασικές μεθόδους:

Μέθοδος 1. Παθητικός έλεγχος με φυσικό εξαερισμό.

Μέθοδος 2. Έλεγχος του εξαερισμού.

Μέθοδος 3. Φορητή ή προσωρινή μονάδα κατακράτησης ρύπων.

Μέθοδος 4. Τοπικό φιλτράρισμα του αέρα.

Μέθοδος 5. Ολοκληρωμένο σύστημα κλιματισμού και φιλτραρίσματος.

Για την απομάκρυνση των εσωτερικών ρύπων που προέρχονται από υλικά που χρησιμοποιούνται στους εσωτερικούς χώρους θα πρέπει:

1) Να επιλέγουν για το κτίριο και τα έπιπλα σταθερά και μη ενεργά υλικά, τα οποία θα συμβάλλουν στη σωστή διατήρηση των αντικειμένων.
2) Να απομονωθούν περιοχές, στις οποίες λαμβάνουν χώρα ρυπαντικές δράσεις, όπως είναι τα γραφεία και τα εργαστήρια.
3) Να προστεθούν χημικά απορροφητικά υλικά, κατά την ανακύκλωση του αέρα.
4) Να αυξηθεί ο βαθμός εξαερισμού, αλλά πιθανότατα τα επίπεδα των εξωτερικών ρυπαντών να αυξηθούν.

Η τοποθέτησή των αντικειμένων σε προθήκες ή συρτάρια, αποτελεί έναν επιπλέον τρόπο προφύλαξής τους από τους ρύπους. Και σε αυτή τη περίπτωση όμως υπάρχει κίνδυνος φθοράς:

1) Από τους ρύπους που εισέρχονται από το δωμάτιο μέσα στη προθήκη

2) Από τους ρύπους που δημιουργούνται από τα υλικά της προθήκης

Γιαυτό τα υλικά με τα οποία κατασκευάζουμε τη προθήκη πρέπει να τα επιλέγουμε προσεκτικά.

1.2.6 Συνθήκες φύλαξης και έκθεσης των έργων τέχνης

Στον πίνακα 1.2.9 προβάλλονται οι ιδανικές συνθήκες έκθεσης των υλικών που συναντήσαμε στους μουσειακού χώρους που μελετήσαμε:

	Σχετική υγρασία (%)	Θερμοκρασία (^{o}C)	Φωτισμός (Lux)	Υπεριώδης Ακτινοβολία (μW/Lumen)
Κεραμικά	20-60	18 - 21	200 - 300	
Ελαιογραφίες	<60	18 - 20	<150	
Ξύλο	45 - 55	18 - 21	<100 - 150	
Χαρτί	50 - 60	18±2	<50 (έγχρωμο χαρτί) <150(ασπρόμαυρο χαρτί)	60 – 80
Ύφασμα	55±5	18±2	50	
Τοιχογραφίες	45 - 55	21±1,5	<100	

Πίνακας 1.2.9: Ιδανικές συνθήκες έκθεσης και φύλαξης κάποιων υλικών.

1.3 Συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος ιδανικές για τον άνθρωπο

Στο σημείο αυτό καλό θα ήταν να αναφέρουμε τις συνθήκες που θα πρέπει να επικρατούν σε έναν εσωτερικό χώρο ώστε ο άνθρωπος να αισθάνεται άνετα μέσα σε αυτόν, είτε πρόκειται για τον χώρο εργασίας του, είτε για την κατοικία του (human confort).

1.3.1 Σχετική υγρασία (RH)

Το εύρος τιμών της σχετικής υγρασίας μέσα στο οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα είναι 25 – 60 % RH [12].

1.3.2 Θερμοκρασία δωματίου

Η θερμοκρασία δωματίου, δηλαδή η θερμοκρασία ενός κλειστού χώρου μέσα στον οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα είναι από 20 ^{o}C (68 ^{o}F) έως 25 ^{o}C (77 ^{o}F). Ανάλογα το κλίμα οι άνθρωποι μπορούν να προσαρμοστούν σε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επίσης, η θερμοκρασία δωματίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ατομικές ανάγκες. Η συνιστώμενη θερμοκρασία στο καθιστικό είναι 21 ^{o}C (69,8 ^{o}F), ενώ η συνιστώμενη θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο είναι 18 ^{o}C (64,4 ^{o}F) [9].

1.3.3 Ορατή ακτινοβολία

Το επίπεδο φωτισμού του χώρου, ώστε να αισθανόμαστε άνετα μέσα σε αυτόν, εξαρτάται πάντα από τις δραστηριότητές μας στον χώρο αυτόν. Για παράδειγμα, σε ένα γραφείο, θα ήταν επιθυμητό ένα επίπεδο φωτεινότητας περίπου των 500 Lux, ενώ στον χώρο της κρεβατοκάμαρας θα ήταν πιο επιθυμητό ενα επίπεδο φωτεινότητας των 50 Lux. Κάποια επιθυμητά επίπεδα φωτισμού, ανάλογα με τον χώρο και τις

δραστηριότητες που έχουμε στον χώρο αυτόν, προβάλλονται στον παρακάτω πίνακα: [10].

Χώρος / Δραστηριότητα	Επιθυμητά επίπεδα φωτισμού (Lux)
Είσοδος σε αίθουσες	150
Σκάλες	150
Διάδρομοι	100
Μηχανικός χώρος εργασίας	300
Λεπτομερής δουλειά	1000
Γραφική Εργασία	500
Τάξη	300
Εργαστήριο	500
Κουζίνα	400
Σαλόνι	50
Υπνοδωμάτιο	50

Πίνακας 1.2.10: Επιθυμητά επίπεδα φωτισμού ανάλογα με τον χώρο και τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στον χώρο αυτόν.

1.3.4 Υπεριώδης ακτινοβολία

Το ποσό της υπεριώδους ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο. Γενικά ορίζεται πως η υπεριώδης ακτινοβολία δε πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mW/m^2, ενώ ορισμένες οργανώσεις υποστηρίζουν πως το επίπεδο της υπεριώδους ακτινοβολίας πρέπει να διατηρείται κάτω από 6 mW/m^2 [11].

1.3.5 Αιωρούμενα σωματίδια

Μέσα στο εσωτερικό των κτιρίων οι άνθρωποι εκτίθενται σε αιωρούμενα σωματίδια που είτε παράγονται μέσα στο κτίριο, είτε εισέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι επιπτώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στην ανθρώπινη υγεία είναι σημαντικές και εξαρτώνται τόσο από το μέγεθος όσο και από τη χημική τους σύσταση.

Δεν έχει ορισθεί το εύρος τιμών σε αιωρούμενα σωματίδια μέσα στο οποίο ο άνθρωπος μπορεί να εκτίθεται με ασφάλεια σε εσωτερικούς χώρους.

Στον πίνακα 1.2.11 που ακολουθεί γίνεται εκτίμηση του σχετικού κινδύνου για επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας της αυξησης των επιπέδων της συγκέντρωσης των PM_{10} και $PM_{2,5}$ κατά 10 $\mu g/m^3$.

Επίπτωση στην υγεία	Σχετική επικινδυνότητα για $PM_{2,5}$ (95% όριο εμπιστοσύνης)	Σχετική επικινδυνότητα για PM_{10} (95% όριο εμπιστοσύνης)
Χρήση Βρογχοδιαστολέα		1,0305 (1,0201 – 1,0410)
Βήχας		1,0356 (1,0197 – 1,0518)
Συμπτώματα στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα		1,0324 (1,0185 – 1,0464)
Μεταβολή της μέγιστης αναπνευστικής ροής (σχετικά με τη μέση τιμή)		-0,13% (-0,17% - (-0,09%)
Εισαγωγές σε νοσοκομεία με αναπνευστικά προβλήματα		1,0080 (1,0048 – 1,0112)
Θνησιμότητα	1,015 (1,011 – 1,019)	1,0074 (1,0062 – 1,0086)

Πίνακας 1.2.11: Εκτίμηση του σχετικού κινδύνου για επιπτώσεις στην υγεία εξαιτίας της αύξησης των επιπέδων της συγκέντρωσης των PM_{10} και $PM_{2,5}$ κατά 10 $\mu g/m^3$.

Στον πίνακας 1.2.12 παρουσιάζεται το εκτιμώμενο πλήθος ατόμων (σε πληθυσμό 1 εκατομμυρίου) που αντιμετωπίζει προβλήματα υγείας μετά από έκθεση 3 ημερών με μέση συγκέντρωση PM_{10} 50 μg/m^3 ή 100 μg/m^3.

Δείκτης επίπτωσης στην υγεία	Πλήθος ατόμων που επηρεάζονται από ένα επεισόδιο 3 ημερών με συγκέντρωση PM_{10}:	
	50 μg/m^3	100 μg/m^3
Θνησιμότητα	4	8
Εισαγωγές σε νοσοκομείο με αναπνευστικά προβλήματα	3	6
Ανθρωποημέρες χρήσης βρογχοδιαστολέα	4683	10514
Ανθρωποημέρες επιδείνωσης συμπτωμάτων	5185	11267

Πίνακας 1.2.12: Εκτιμώμενο πλήθος ατόμων (σε πληθυσμό 1 εκατομμυρίου) που αντιμετωπίζει προβλήματα υγείας μετά από έκθεση 3 ημερών με μέση συγκέντρωση PM_{10} 50 μg/m^3 ή 100 μg/m^3 [8].

Η 24ωρη οριακή τιμή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} για την προστασία της ανθρώπινης υγείας είναι ίση με 50 μg/m^3.

1.3.6 Μονοξείδιο του άνθρακα

Το μονοξείδιο του άνθρακα διαχέεται ταχέως στους πνεύμονες, στα τριχοειδή αγγεία και στις ζωτικές μεμβράνες. Περίπου το 80 – 90% του

απορροφημένου μονοξειδίου του άνθρακα ενώνεται με την αιμογλοβίνη σχηματίζοντας την καρβοξυαιμογλοβίνη, η οποία αποτελεί δείκτη έκθεσης σε μονοξείδιο του άνθρακα στο αίμα.

Η ένωση του μονοξειδίου του άνθρακα με την αιμογλοβίνη για το σχηματισμό της καρβοξυαιμογλοβίνης μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο και δυσχεραίνει με αυτόν τον τρόπο την οξυγόνωση των εξωαγγειακών ιστών.

Σε υγιή άτομα η ενδογενής παραγωγή καρβοξυαιμογλοβίνης είναι της τάξης των 0,4 – 0,7%. Κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τα επίπεδα καρβόξυαιμογλοβίνης ανέρχονται σε 0,7 – 2,5%. Μη καπνιστές που όμως λόγω επαγγέλματος εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα παρουσιάζουν μακροχρόνιες συγκέντρωσεις καρβοξυαιμογλοβίνης στο αίμα της τάξης του 5% και οι καπνιστές παρουσιάζουν επίπεδα της τάξης του 10%.

Προτείνονται τα ακόλουθα όρια έκθεσης ανάλογα με το χρόνο έκθεσης έτσι, ώστε να μην υπερβεί η καρβόξυαιμογλοβίνη το επίπεδο των 2,5%:

- 100 mg/m^3 για 15 λεπτά,
- 60 mg/m^3 για 30 λεπτά,
- 30 mg/m^3 για 1 λεπτά,
- 10 mg/m^3 για 8 λεπτά [8].

Ακολουθεί ο πίνακας 1.2.13 όπου γίνεται η σύγκριση προτύπων ποιότητας αέρα σε εσωτερικούς εργασιακούς χώρους με Ομοσπονδιακά/Εθνικά όρια ποιότητας αέρα και στην Καλιφόρνια, για το μονοξείδιο του άνθρακα.

Αέριο	Εσωτερικός χώρος		
	8 ωρών PEL[a] και TLV – TWA[β] (ppmv)[+]	15 λεπτών STEL[γ] (ppmv)[+]	Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση (ppmv)[+]
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	35		200

Αέριο	Εξωτερικός χώρος	
	Εθνικά όρια ποιότητας αέρα -NAAQS[δ] (ppmv)	Όρια ποιότητας αέρας στην Καλιφόρνια (ppmv)
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	9,5 (8 ωρών)	9 (8 ωρών)

Πίνακας 1.2.13: Σύγκριση προτύπων ποιότητας αέρα σε εσωτερικούς εργασιακούς χώρους με Ομοσπονδιακά/Εθνικά όρια ποιότητας αέρα και στην Καλιφόρνια, για το μονοξείδιο του άνθρακα.

+ Οι τιμές των ορίων δίνονται από Εθνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας

[α] PEL = Επιτρεπτά όρια έκθεσης. Είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ουσίας στην οποία μπορεί να εκτεθεί εργαζόμενος σε εσωτερικό χώρο μία συνηθισμένη ημέρα εργασίας 8 ωρών.

[β] TWA-TLV = Οριακή τιμή – Χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή. Είναι η χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή της συγκέντρωσης ουσίας για μία συνηθισμένη ημέρα εργασίας 8 ωρών και εβδομάδα 40 ωρών, στην οποία σχεδόν όλοι οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτεθούν κατ ‘ επανάληψη, καθημερινά, χωρίς αρνητικές επιδράσεις (προτείνεται από την Αμερικανική Εταιρία Κυβερνητικών Υγειονολόγων Βιομηχανίας) (ΕΛΙΝΥΑΕ,1997).

[γ] STEL = Οριακή τιμή έκθεσης μικράς διάρκειας. Είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της συγκέντρωσης ουσίας στην οποία οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτίθενται συνεχώς για διάστημα 15 λεπτών.

1.3.7 Διοξείδιο του άνθρακα

Η έκθεση του ανθρώπου σε CO_2 μπορεί να έχει ποικίλες επιπτώσεις στην υγεία του. Κάποιες από αυτές είναι ο πονοκέφαλος, η ζάλη, η ανησυχία, η δυσκολία στην αναπνοή, η εφίδρωση, η κόπωση, η αύξηση του ρυθμού της καρδιάς, η αυξημένη πίεση, η ασφυξία κά.

Παρακάτω παρουσιάζονται διάφορα επίπεδα του CO_2 στην ατμόσφαιρα και τα πιθανά προβλήματα υγείας που μπορεί να προκαλέσουν κάποια από αυτά:

- 250 – 300 ppm – φυσιολογικό επίπεδο στον εξωτερικού αέρα.
- 350 – 1000 ppm – εσωτερικοί χώροι με ικανοποιητικούς μηχανισμούς ανταλλαγής αέρα.
- 1000 – 2000 ppm – τάσεις υπνηλίας και μη ικανοποιητικοί μηχανισμοί ανταλλαγής αέρα.

- 2000 – 5000 ppm – πονοκέφαλοι, υπνηλία, δυσκολία συγκέντρωσης, αύξηση του ρυθμού της καρδιάς, ελαφρά ναυτία κά.
- > 5000 ppm – σοβαρή έλλειψη οξυγόνου με αποτέλεσμα μόνιμη εγκεφαλική βλάβη, ακόμα και θάνατο [13].

1.4 Περιγραφή των οργάνων μέτρησης για την μελέτη της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων

Στο πλαίσιο της διπλωματικής αυτής εργασίας χρειάστηκε να μετρήσουμε διαφόρους παράγοντες, προκειμένου να μελετήσουμε την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων.

Οι παράγοντες που μας απασχόλησαν είναι:
α) η θερμοκρασία και η υγρασία,
β) η ορατή και η υπεριώδης ακτινοβολία,
γ) τα αιωρούμενα σωματίδια και τέλος,
δ) το μονοξειδίου και το διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2).

Στη συνέχεια γίνεται μία συνοπτική περιγραφή των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν.

1.4.1 Όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας

Το όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι φορητό και μικρό σε μέγεθος, όπως αυτό φαίνεται στην εικόνα 3.1. Έτσι παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης, με χρήση μπαταριών, σε οποιονδήποτε χώρο και σημείο. Χαρακτηρίζεται από υψηλή αντοχή και μεγάλη χωρητικότητα δεδομένων (32.000 αναγνώσεις). Λειτουργεί με ενσωματωμένο αισθητήρα. Με το πρόγραμμα σε CD που συνοδεύει το όργανο μπορούμε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή να κάνουμε τον

προγραμματισμό για την καταγραφή των δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας. Έτσι, μπορεί να καθορισθεί η αρχή και το τέλος της λήψης μετρήσεων, καθώς και το βήμα χρόνου που θα λαμβάνει μετρήσεις [14].

Εικόνα 1.4.1.1: Ειδικά όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας (Tinytag Plus).

1.4.2 Όργανο μέτρησης της ορατής και της υπεριώδους ακτινοβολίας

Με το ειδικό αυτό όργανο μετρήθηκε η ορατή και η υπεριώδης ακτινοβολία (UV). Πρόκειται για ένα φορητό όργανο, μικρού μεγέθους, όπως αυτό φαίνεται στην εικόνα 3.2, το οποίο έχει τη δυνατότητα να καταγράφει οποιαδήποτε στιγμή την ορατή και την υπεριώδη ακτινοβολία.

Η ορατή ακτινοβολία εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου είτε σε μονάδες Lux είτε σε Foot-candles, ανάλογα με την επιλογή μας. Η υπεριώδης ακτινοβολία εμφανίζεται σε δύο τύπους μονάδων, σε μW/Lumen και mW/m^2.

Το όργανο αυτό περιέχει φίλτρα τα οποία φθείρονται με το πέρασμα του χρόνου, για αυτό είναι απαραίτητο να ελέγχονται τακτικά [11].

Εικόνα 1.4.2.2: Ειδικό όργανο μέτρησης της ορατής και της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας (764 Environmental Monitor).

1.4.3 Όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων

Η μέτρηση της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων έγινε με τη χρήση του ειδικού οργάνου DustTrak (TSI). Το όργανο αυτό έχει τη δυνατότητα με αλλαγή της κεφαλής δειγματοληψίας να μετρήσει σωματίδια PM10, PM2.5 και PM1 (σωματίδια με μέγιστη αεροδυναμική διάμετρο 10, 2.5 και 1μm αντίστοιχα). Το μεγάλο πλεονέκτημα του οργάνου είναι ότι είναι φορητό και μικρό σε μέγεθος. Έτσι παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης, με χρήση μπαταριών, σε οποιονδήποτε χώρο και σημείο. Για την ασφάλεια του οργάνου θα πρέπει να αποφεύγουμε μετρήσεις σε ιδιαίτερα επιβαρυμένες από σωματίδια περιοχές ή χώρους. Κάποιες από τις κατηγορίες εργασιών στις οποίες μπορούν να φανούν χρήσιμα τα όργανα αυτά είναι:

- Έλεγχος ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων

- Έλεγχος χώρων εργασίας σε βιομηχανίες
- Περιβαλλοντικές μετρήσεις – Μετρήσεις ποιότητας αέρα σε απομακρυσμένες περιοχές.

Με το πρόγραμμα σε CD που συνοδεύει το όργανο μπορούμε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή να κάνουμε τον προγραμματισμό για την δειγματοληψία. Έτσι μπορούμε να ορίσουμε την αρχή και το τέλος της δειγματοληψίας, το βήμα χρόνου που θα λαμβάνει μετρήσεις κοκ.

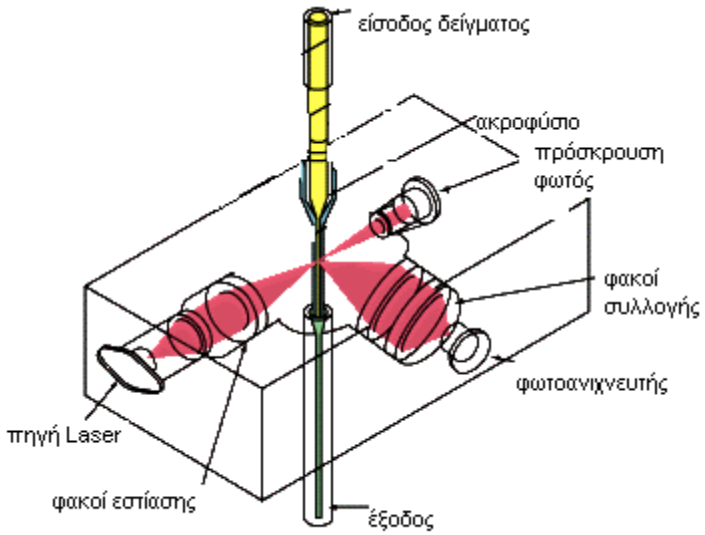
Υπάρχουν τέσσερις μορφές με τις οποίες μπορούμε να κάνουμε δειγματοληψία. Η Survey που είναι η πιο απλή και που μας δίνει τον μέσο όρο, την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε και τον χρόνο δειγματοληψίας και τρεις άλλες, οι LOG1, LOG2, LOG3. Μ' αυτές μπορούμε να αποθηκεύσουμε τις επιμέρους μετρήσεις και να δημιουργήσουμε μέσω του προγράμματος επεξεργασίας την καμπύλη μεταβολής της συγκέντρωσης σε συνάρτηση με το χρόνο.

Οι καμπύλες αυτές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες καθώς οι κορυφές και η γενικότερη μορφή τους μας βοηθάει να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τη μεταβολή που μπορεί να προκαλέσει στο χώρο δειγματοληψίας η παρουσία ανθρώπων, το άνοιγμα μιας πόρτας, το άναμμα ενός τσιγάρου στο χώρο κοκ.

Το όργανο μετράει σε mg/m^3. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται το όργανο και οι κεφαλές δειγματοληψίας για σωματίδια PM1 και PM2.5. Κατά τη διάρκεια δειγματοληψίας πρέπει η ροή αέρα που περνάει από το όργανο να παραμένει σταθερή. Αυτό επιτυγχάνεται με την σωστή συντήρηση του οργάνου και με την τακτική βαθμονόμηση αυτού.

Εικόνα 1.4.3.1: α)Κεφαλές δειγματοληψίας για σωματίδια PM1 και PM2.5 (δεξιά) και β)Ειδικό όργανο μέτρησης αιωρουμένων σωματιδίων, DustTrak (αριστερά).

Αρχή λειτουργίας του οργάνου (DUSTTRAK, Model 8520, TSI). Η μέτρηση της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων βασίζεται στην διάχυση του φωτός. Καθώς μια «μάζα» αέρα οδηγείται στο εσωτερικό του οργάνου αυτή «βομβαρδίζεται» από φωτεινά κύματα laser. Τα σωματίδια της αέριας μάζας διαχέουν το φως αυτό προς όλες τις κατευθύνσεις. Φακοί συλλογής που είναι τοποθετημένοι κάθετα στο επίπεδο που σχηματίζουν οι διευθύνσεις της ροής σωματιδίων και των ακτίνων laser, συλλέγουν κάποιο μέρος από το σκεδαζόμενο φως και το προωθούν προς έναν φωτοανιχνευτή. Το σήμα αυτού μετατρέπεται σε τάση ηλεκτρικού ρεύματος (volts) που θα είναι ανάλογη του ποσού του σκεδαζόμενου φωτός, άρα και ανάλογη της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων στη «μάζα» αέρα.



Εικόνα 1.4.3.2: Μέρη του οργάνου μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων, DustTrak.

Η διάχυση του φωτός καθορίζεται κύρια από τη συγκέντρωση των σωματιδίων, ενώ εξαρτάται επίσης και από το βαθμό διάθλασης και τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων ως προς την ικανότητά τους να απορροφούν φωτεινά κύματα. Η σκέδαση του φωτός μπορεί να θεωρηθεί ότι μεταβάλλεται γραμμικά ως προς την συγκέντρωση των σωματιδίων για σωματίδια μέχρι 0,1μm. Στην ενδιάμεση περιοχή από 0,1 μέχρι 0,25μm φαίνεται ότι όσο μειώνεται η συγκέντρωση η σκέδαση μειώνεται με την έκτη δύναμη της διαμέτρου D^6. Η δίοδος παραγωγής ακτίνων laser παράγει κύματα με μήκος κύματος 780 nm (= 0,78 μm) [8].

1.4.4 Όργανο μέτρησης του μονοξειδίου (CO) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2)

Η μέτρηση του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα έγινε με το μοντέλο TSI's 7545 IAQ – CALC. Το όργανο αυτό είναι φορητό και μικρό σε μέγεθος, όπως αυτό απεικονίζεται στην εικόνα 3.5. Παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης, με χρήση μπαταριών, σε οποιονδήποτε χώρο και

σημείο. Πρόκειται για ένα εξαιρετικό μέσο για την μελέτη της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων. Εκτός από τις μετρήσεις CO και CO_2 καταγράφει και άλλες παραμέτρους, όπως την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία. Το λογισμικό TSI LogDat2 επιτρέπει την εύκολη μεταφορά των δεδομένων σε υπολογιστή. Τα δεδομένα μπορούν να αναθεωρηθούν επί της οθόνης. Επίσης, το όργανο αυτό έχει τη δυνατότητα να εμφανίζει τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές, καθώς και τον αριθμό των δειγμάτων που καταγράφονται. Το μονοξείδιο του άνθρακα μετριέται μέσω ηλεκτροχημικού αισθητήρα [15].

Εικόνα 1.4.4.1: Ειδικό όργανο μέτρησης του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα (TSI's 7545 IAQ – CALC).

2 Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος σε κατοικία Χανίων

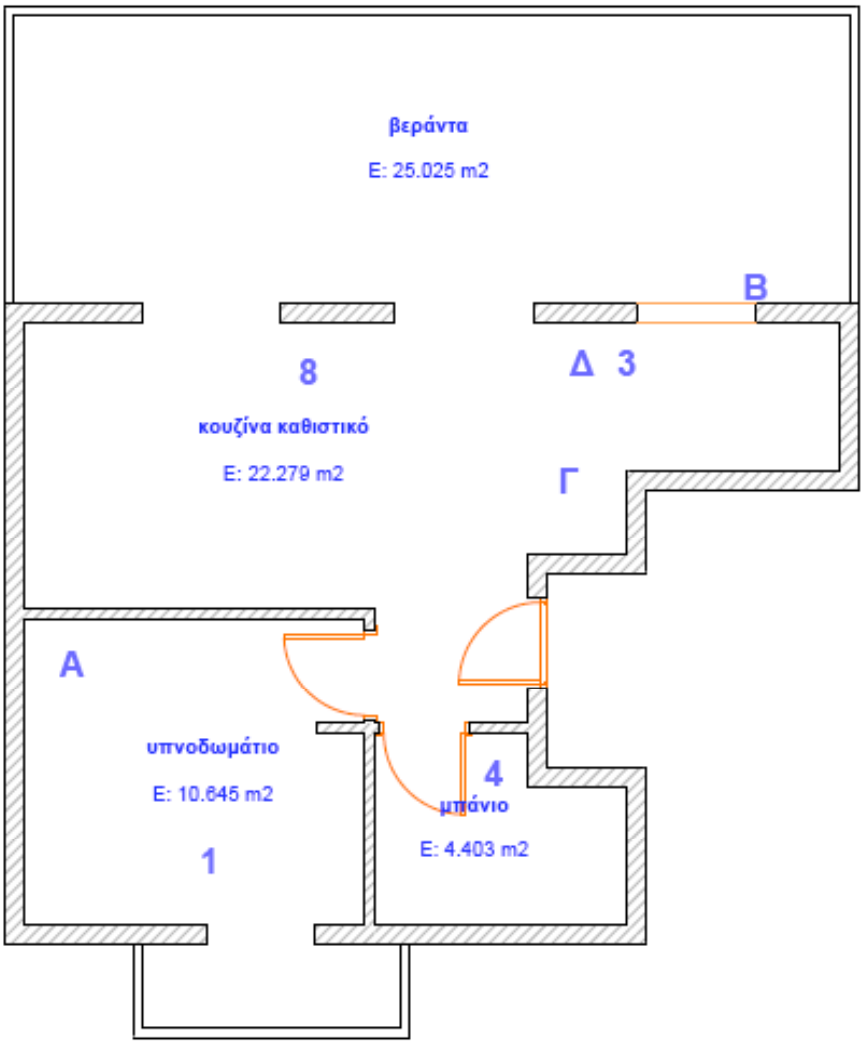
2.1 Εισαγωγή

Μελέτη της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στο χώρο της κατοικίας μου, πραγματοποιήθηκε σε πρώτο στάδιο στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας. Για τον σκοπό αυτό μετρήθηκε η υγρασία και η θερμοκρασία, η ορατή και η υπεριώδης ακτινοβολία, τα αιωρούμενα σωματίδια καθώς και το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Η συγκεκριμένη κατοικία είναι στον δεύτερο όροφο μίας διώροφης πολυκατοικίας. Βρίσκεται στην οδό Καλλισπερίδων, στο κέντρο των Χανίων. Ο δρόμος μπροστά από το σπίτι δεν χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη κίνηση. Σε κοντινή απόσταση, όμως, πραγματοποιούνται έργα.

Παρακάτω, παρουσιάζουμε την κάτοψη του σπιτιού που έγινε η σχετική μελέτη. Σε αυτήν φαίνονται οι θέσεις στις οποίες τοποθετήθηκαν τα διάφορα όργανα που χρησιμοποιήσαμε για να πάρουμε μετρήσεις:
α) θερμοκρασία και υγρασία,
β) ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία,
γ) αιωρούμενα σωματιδία (PM_{10}),
δ) μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO και CO_2).

ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΤΟΨΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ:

Θέσεις 1, 2, 3, 4: Όργανο μέτρησης της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας.

Θέση Α, Β: Όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας αντίστοιχα.

Θέση Γ: Όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων και όργανο μέτρησης του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα.

Θέση Δ: Όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων.

2.2 Μελέτη της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο της συγκεκριμένης κατοικίας τοποθετήθηκαν ειδικά όργανα για χρονικό διάστημα περίπου ενός μήνα. Στο σχέδιο της κάτοψης φαίνονται οι δύο θέσεις στις οποίες τοποθετήθηκαν τα όργανα. Η θέση Α βρίσκεται εσωτερικά του σπιτιού, στο χώρο του υπνοδωματίου. Η θέση Β βρίσκεται στη βεράντα του σπιτιού προκειμένου να μετράει την θερμοκρασία και την υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Αυτό που πρέπει να επισημάνουμε είναι πως στο εσωτερικό του σπιτιού οι θερμοκρασίες που επικρατούν προσπαθούμε να είναι τέτοιες ώστε να αισθανόμαστε άνετα μέσα σε αυτό. Στη συγκεκριμένη κατοικία υπάρχει ένα κλιματιστικό στο σαλόνι και μία ηλεκτρική σόμπα. Οι συσκευές αυτές δεν λειτουργούν διαρκώς.
Επίσης, καλό θα ήταν να αναφέρουμε τα διάφορα ανοίγματα που έχει το σπίτι. Μέσω αυτών είναι δυνατή η αλληλεπίδραση του εξωτερικού και του εσωτερικού περιβάλλοντος του σπιτιού. Συγκεκριμένα, στο υπνοδωμάτιο υπάρχει μία εξώπορτα, στο σαλόνι υπάρχουν δύο, στην κουζίνα υπάρχει παράθυρο και στο μπάνιο άλλο ένα πολύ μικρότερου μεγέθους. Η κεντρική είσοδος του σπιτιού βρίσκεται στο σαλόνι. Τα διάφορα ανοίγματα φαίνονται καλύτερα στο σχέδιο της κάτοψης.

Στο διάγραμμα 2.2.1 παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας, στη θέση Α και Β αντίστοιχα, για χρονικό διάστημα περίπου ενός μήνα. Συγκεκριμένα από τις 18 έως τις 25 Φεβρουαρίου και από τις 4 έως τις 16 Μαρτίου του 2009.

Τις ημέρες από τις 26 Φεβρουαρίου έως τις 3 Μαρτίου δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στον εξωτερικό χώρο λόγω της προφύλαξης του οργάνου από την βροχή.

Διάγραμμα 2.2.1: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από τις 18 Φεβρουαρίου έως τις 16 Μαρτίου του 2009 εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας.

Από το διάγραμμα 2.2.1 συμπεραίνουμε πως η μέση ημερήσια θερμοκρασία εντός του σπιτιού κατά τη διάρκεια αυτού του μήνα είναι υψηλότερη από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Παρ' όλα αυτά φαίνεται να επηρεάζεται από την εξωτερική θερμοκρασία. Η διακύμανση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασίας μέσα στο σπίτι, στο χρονικό αυτό διάστημα, παρουσιάζει ομοιότητες με την διακύμανση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών του εξωτερικού περιβάλλοντος του σπιτιού. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία του σπιτιού, στο διάστημα που μελετήσαμε κυμαίνεται από 15,1 ^{o}C έως 20,4 ^{o}C ένω η μέση ημερήσια θερμοκρασία εξωτερικά του σπιτιού κυμαίνεται 9,1 ^{o}C έως 20,3 ^{o}C. Στις 4, 6, 14, 15 και 16 Μαρτίου, η μέση ημερήσια θερμοκρασία του

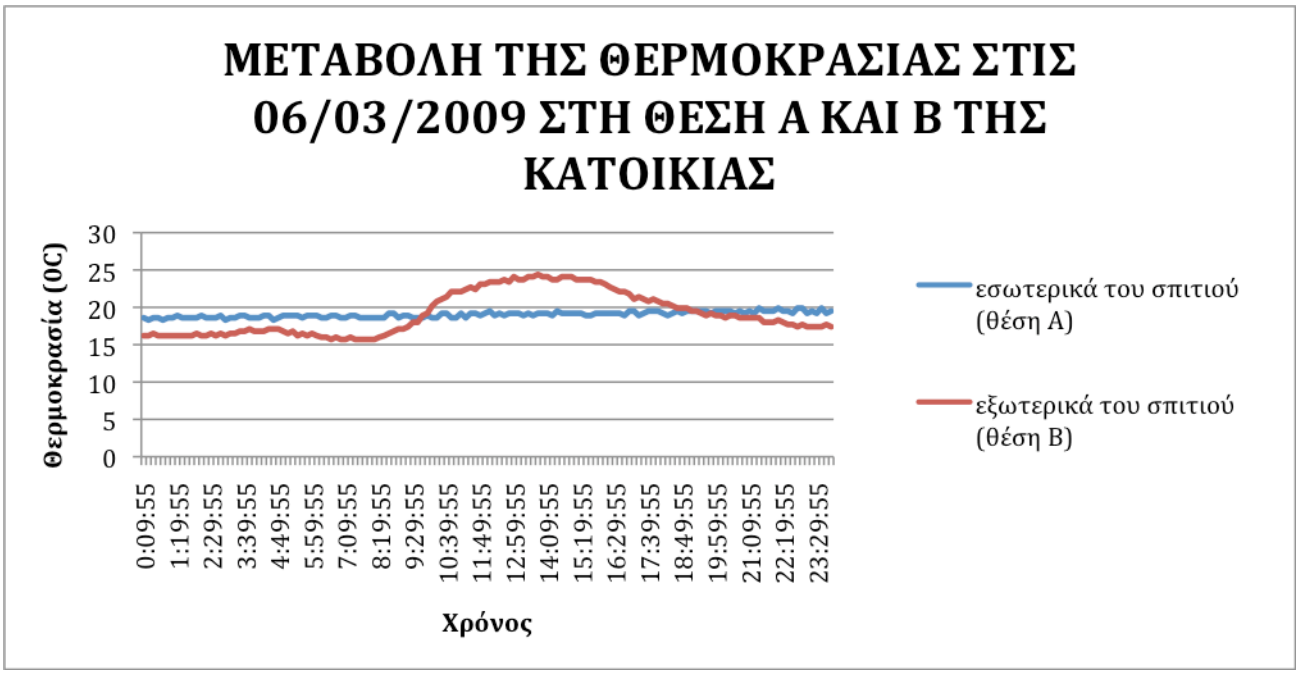
εξωτερικού περιβάλλοντος του σπιτιού έχει ελάχιστη έως μηδαμινή απόκλιση από την μέση ημερήσια θερμοκρασία εντός του σπιτιού. Κατά το μήνα Μάρτιο (από 4 έως 16 Μαρτίου) οι μεταβολές της θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι πολύ πιο έντονες από τις μεταβολές που παρατηρούνται το μήνα Φεβρουάριο (από 18 έως 25 Φεβρουαρίου).

Ακολουθούν τα διαγράμματα 2.2.2 και 2.2.3 τα οποία παρουσιάζουν την μεταβολή της θερμοκρασίας μέσα και έξω από το σπίτι για μία ημέρα του Φεβρουαρίου και μία ημέρα του Μαρτίου, αντίστοιχα.

Διάγραμμα 2.2.2: Μεταβολή της θερμοκρασίας στις 19 Φεβρουαρίου του 2009 εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας.

Από το διάγραμμα 2.2.2 παρατηρούμε πως η θερμοκρασία μέσα στο σπίτι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας παραμένει σε σταθερά επίπεδα. Κυμαίνεται από 15,1 ^{o}C έως 16,2 ^{o}C, με μέση τιμή ίση με 15,6 ^{o}C. Η θερμοκρασία εξωτερικά του σπιτιού δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές στο χρονικό διάστημα από τις 6:00 μμ έως τις 6:00 πμ. Στις 12 ώρες που μεσολαβούν παρατηρείται μία αυξομείωση της θερμοκρασίας με μέγιστη θερμοκρασία 14,8 ^{o}C στις 3:30 μμ. Η θερμοκρασία εξωτερικά του σπιτιού δεν ξεπερνάει

την εσωτερική θερμοκρασία καμία χρονική περίοδο της ημέρας και κυμαίνεται από 9 ^{o}C έως 14,8 ^{o}C με μέση τιμή 11,5 ^{o}C.



Διάγραμμα 2.2.3: Μεταβολή της θερμοκρασίας στις 6 Μαρτίου του 2009 εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας.

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα 2.2.2 και 2.2.3 παρατηρούμε ομοιότητες στον τρόπο που μεταβάλλεται η θερμοκρασία εντός και εκτός του σπιτιού στις 19 Φεβρουαρίου και στις 6 Μαρτίου του 2009. Η θερμοκρασία και στις 6 Μαρτίου παραμένει σταθερή μέσα στο σπίτι καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Κυμαίνεται από 18,3 ^{o}C έως 19,9 ^{o}C με μέση τιμή 19 ^{o}C. Η θερμοκρασία εξωτερικά του σπιτιού παραμένει σταθερή από τα μεσάνυχτα μέχρι τις 7:00 πμ, στη συνέχεια αυξάνεται φτάνοντας τη μέγιστη θερμοκρασία της ημέρας στις 13:40 μμ. Ακολουθεί σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας για το υπόλοιπο της ημέρας μέχρι η τιμή της θερμοκρασίας να πλησιάσει τα αρχικά της επίπεδα. Η θερμοκρασία εξωτερικά του σπιτιού κυμαίνεται από 15,7 ^{o}C έως 24,4 ^{o}C με μέση τιμή 19. Αυτό που διαπιστώνουμε παρατηρώντας το διάγραμμα 2.2.3 είναι πως παρ' όλο που οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας εντός και εκτός του σπιτιού είναι ίσες, η θερμοκρασία εξωτερικά του σπιτιού

για ένα χρονικό διάστημα περίπου 8 ωρών ξεπερνάει τη θερμοκρασία που επικρατεί μέσα σε αυτό.

Στο διάγραμμα 2.2.4 παρουσιάζεται το μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 18 Φεβρουαρίου έως τις 16 Μαρτίου του 2009, εσωτερικά του σπιτιού, στη θέση Α και στον περιβάλλοντα χώρο του, στη θέση Β.

Διάγραμμα 2.2.4: Μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 18 Φεβρουαρίου έως τις 16 Μαρτίου του 2009 εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας.

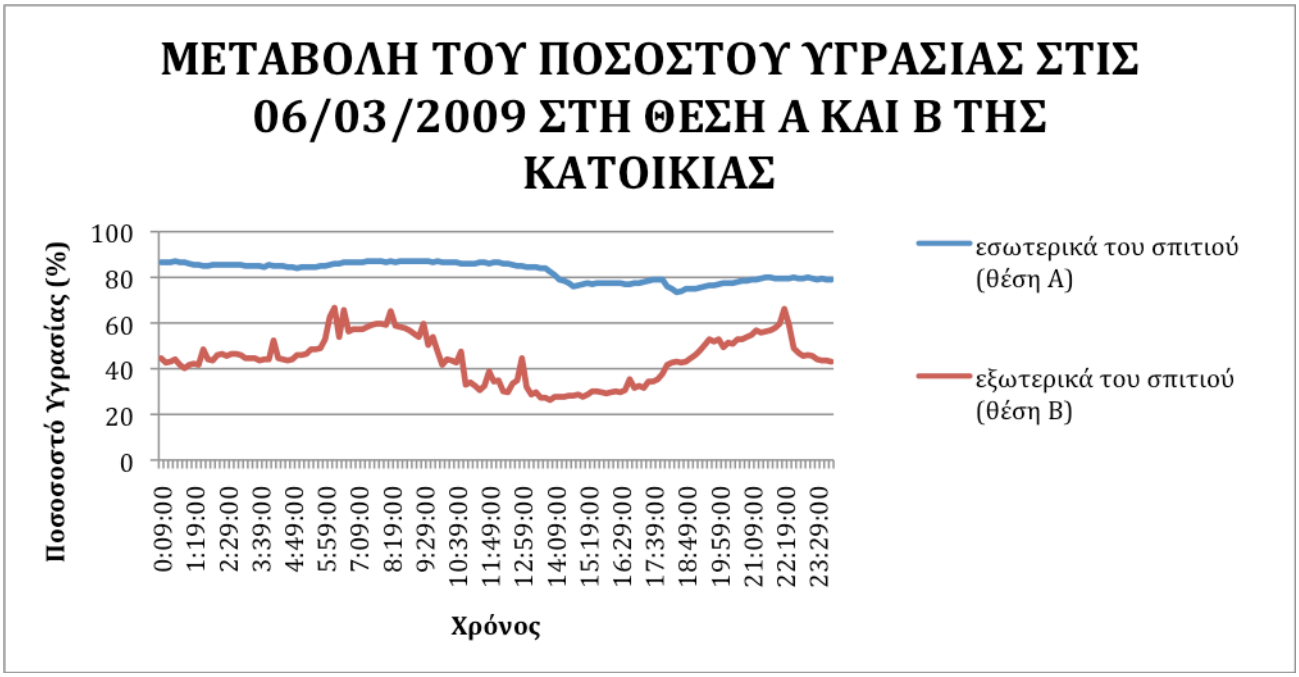
Παρατηρώντας το διάγραμμα 2.2.4 διαπιστώνουμε πως το μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας στο διάστημα που εξετάζουμε μεταβάλλεται συνεχώς, τόσο στη θέση Α, όσο και στη θέση Β της κατοικίας. Οι μεταβολές εξωτερικά του σπιτιού σαφώς είναι πιο έντονες. Το μέσο ποσοστό υγρασίας μέσα στο σπίτι κυμαίνεται από 41,2% έως 88,8% και το μέσο ημερήσιο ποσοστό εκτός σπιτιού κυμαίνεται από 39,5% έως 96,9%. Επίσης, αν παρατηρήσουμε προσεκτικά το διάγραμμα θα διακρίνουμε κάποια ομοιότητα στη διακύμανση του μέσου ποσοστού υγρασίας εντός και εκτός του σπιτιού. Συγκεκριμένα βλέπουμε πως οι μεταβολές του μέσου ποσοστού υγρασίας μέσα στο σπίτι

ακολουθούν τις μεταβολές έξω από αυτό, απλά οι μεταβολές εντός του σπιτιού είναι πολύ πιο ομαλές σε σχέση με αυτές εκτός αυτού. Τέλος, αν συγκρίνουμε τα διαγράμματα 2.2.1 και 2.2.4 θα παρατηρήσουμε πως η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι αντίστροφη της μεταβολής της υγρασίας.
Ακολουθούν τα διαγράμματα 2.2.5 και 2.2.6 τα οποία παρουσιάζουν την μεταβολή του ποσοστού υγρασίας μέσα και έξω από το σπίτι για μία ημέρα του Φεβρουαρίου και μία ημέρα του Μαρτίου, αντίστοιχα.

Διάγραμμα 2.2.5: Μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 19 Φεβρουαρίου του 2009 εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας.

Από το διάγραμμα 2.2.5 παρατηρούμε πως οι μεταβολές του ποσοστού υγρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας εξωτερικά του σπιτιού είναι πολύ εντονότερες σε σχέση με αυτές μέσα στο σπίτι. Το ποσοστό υγρασίας στις 19 Φεβρουαρίου του 2009 μέσα στο σπίτι κυμαίνεται από 67% έως 82,5%, με μέση τιμή 77,9%, ενώ στον περιβάλλοντα χώρο του κυμαίνεται από 49% έως 90,2%, με μέση τιμή 71,6%. Το ποσοστό υγρασίας εντός του σπιτιού παραμένει σταθερό από τα μεσάνυχτα μέχρι τις 15:00 μμ. Έπειτα μειώνεται μέχρι τις 17:30 μμ όπου παρουσιάζει και το ελάχιστο ποσοστό υγρασίας της

ημέρας και στη συνέχεια αυξάνεται ως τις 19:00 μμ όπου φτάνει σχεδόν τα αρχικά του επίπεδα. Για το υπόλοιπο της ημέρας μειώνεται σταδιακά. Η έντονη αυτή μεταβολή που παρατηρήθηκε εντός του σπιτιού στο χρονικό διάστημα από τις 15:00 μμ έως τις 19:00 μμ δικαιολογείται από μία εντονότερη μεταβολή του ποσοστού υγρασίας, που προηγήθηκε αυτής, στο εξωτερικό περιβάλλον του σπιτιού.



Διάγραμμα 2.2.6: Μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 6 Μαρτίου του 2009 εσωτερικά και εξωτερικά της κατοικίας.

Στο διάγραμμα 2.2.6, το ποσοστό υγρασίας εσωτερικά του σπιτιού κυμαίνεται από 73,5% έως 87,1%, με μέση τιμή 82,5%, ενώ εξωτερικά αυτού κυμαίνεται από 26,3% έως 66,7%, με μέση τιμή 44,4%. Όπως βλέπουμε στο διάγραμμα οι μεταβολές του ποσοστού υγρασίας είναι πολύ πιο έντονες στον περιβάλλοντα χώρο του σπιτιού σε σχέση με αυτές μέσα σε αυτό. Η διακύμανση του ποσοστού υγρασίας εκτός του σπιτιού χαρακτηρίζεται από συνεχόμενες αυξομειώσεις. Το ποσοστό υγρασίας εσωτερικά του σπιτιού από τα μεσάνυχτα έως τις 13:30 μμ είναι σε σχετικά σταθερό επίπεδο. Μετά τις 13:30 μμ ακολουθούν κάποιες μεταβολές στο

ποσοστό υγρασίας. Και από το διάγραμμα αυτό μπορούμε να διαπιστώσουμε πως οι εξωτερικές μεταβολές του ποσοστού υγρασίας προηγούνται των εσωτερικών.
Συνεπώς, συμπεραίνουμε από το διαγράμματα 2.2.5 και 2.2.6 πως η μεταβολή του ποσοστού υγρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος επηρεάζει την μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στον εσωτερικό χώρο του σπιτιού.

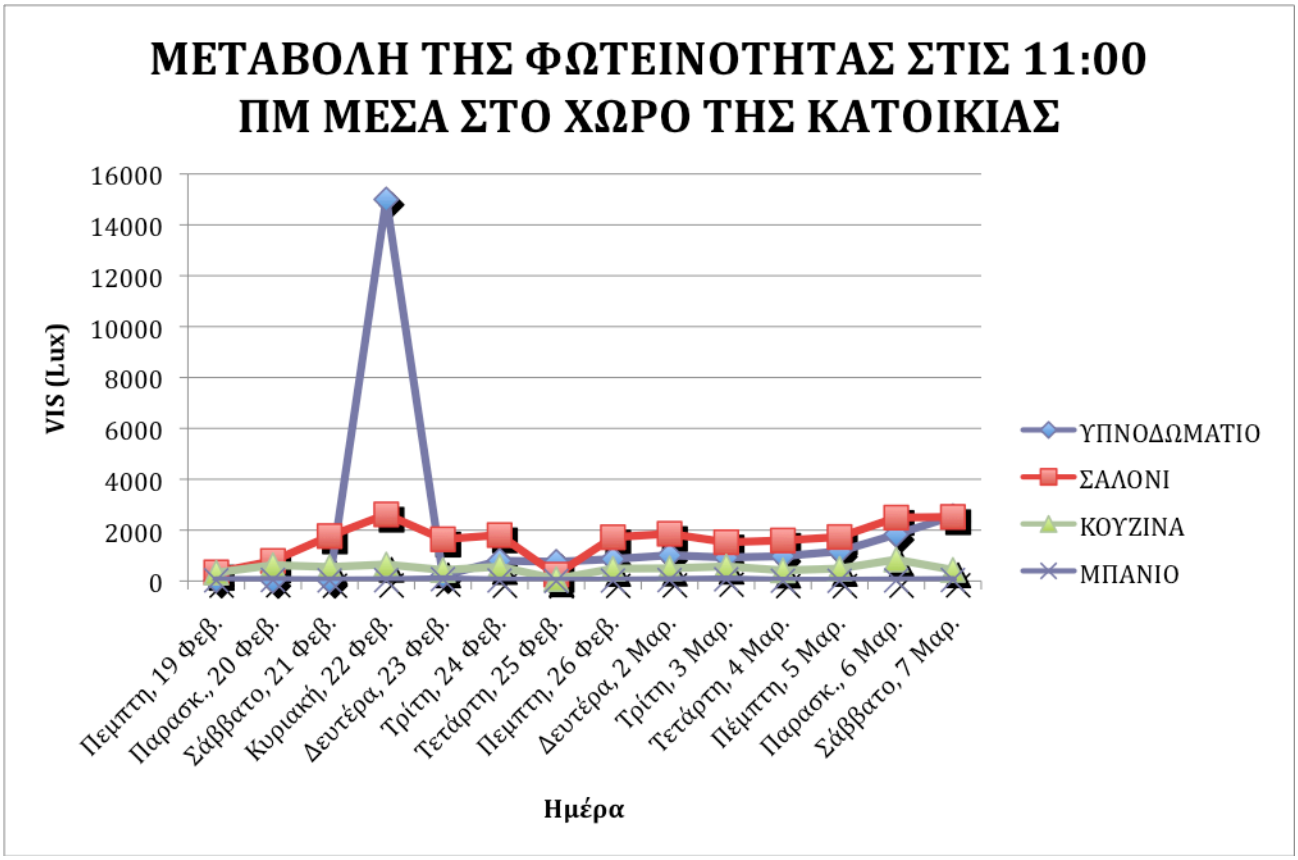
2.3 Μελέτη της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά

Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της ορατής και της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο της συγκεκριμένης κατοικίας. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 4 διαφορετικά σημεία μέσα στο σπίτι. Στη θέση 1, στο υπνοδωμάτιο, στη θέση 2, στο σαλόνι, στη θέση 3, στη κουζίνα και στη θέση 4, στο μπάνιο. Καλύτερα φαίνονται στο σχέδιο της κάτοψης οι διάφορες θέσεις. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ειδικά όργανα που ανιχνεύουν την ορατή και την υπεριώδη ακτινοβολία. Παίρναμε τρεις μετρήσεις την ημέρα. Στις 11:00 πμ, στις 15:00 μμ και τις 18:00 μμ. Ο λόγος που παίρνουμε μετρήσεις της ορατής και της υπεριώδους ακτινοβολίας τρεις διαφορετικές ώρες της ημέρας, μία το πρωί, μία το μεσημέρι και μία το απόγευμα είναι για να δούμε πως μεταβάλλεται η ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για δεκατέσσερις ημέρες. Από τις 19 έως τις 26 Φεβρουαρίου και από τις 2 έως τις 7 Μαρτίου.

Επίσης, πρέπει να πούμε πως κατά τη διάρκεια των μετρήσεων τα παράθυρα και οι πόρτες παραμένουν κλειστές. Παρ’ όλα αυτά τα παράθυρα και οι πόρτες κατά το μεγαλύτερο μέρος τους είναι γυαλί και έτσι επιτρέπουν σε ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας να περάσει. Τεχνητός φωτισμός δεν υπάρχει κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Ακολουθεί το διάγραμμα 2.3.1 στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή της

ορατής ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε, για μία συγκεκριμένη ώρα της ημέρας, σε τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι. Συγκεκριμένα, στις 11:00 πμ στο υπνοδωμάτιο, το σαλόνι, τη κουζίνα και το μπάνιο.

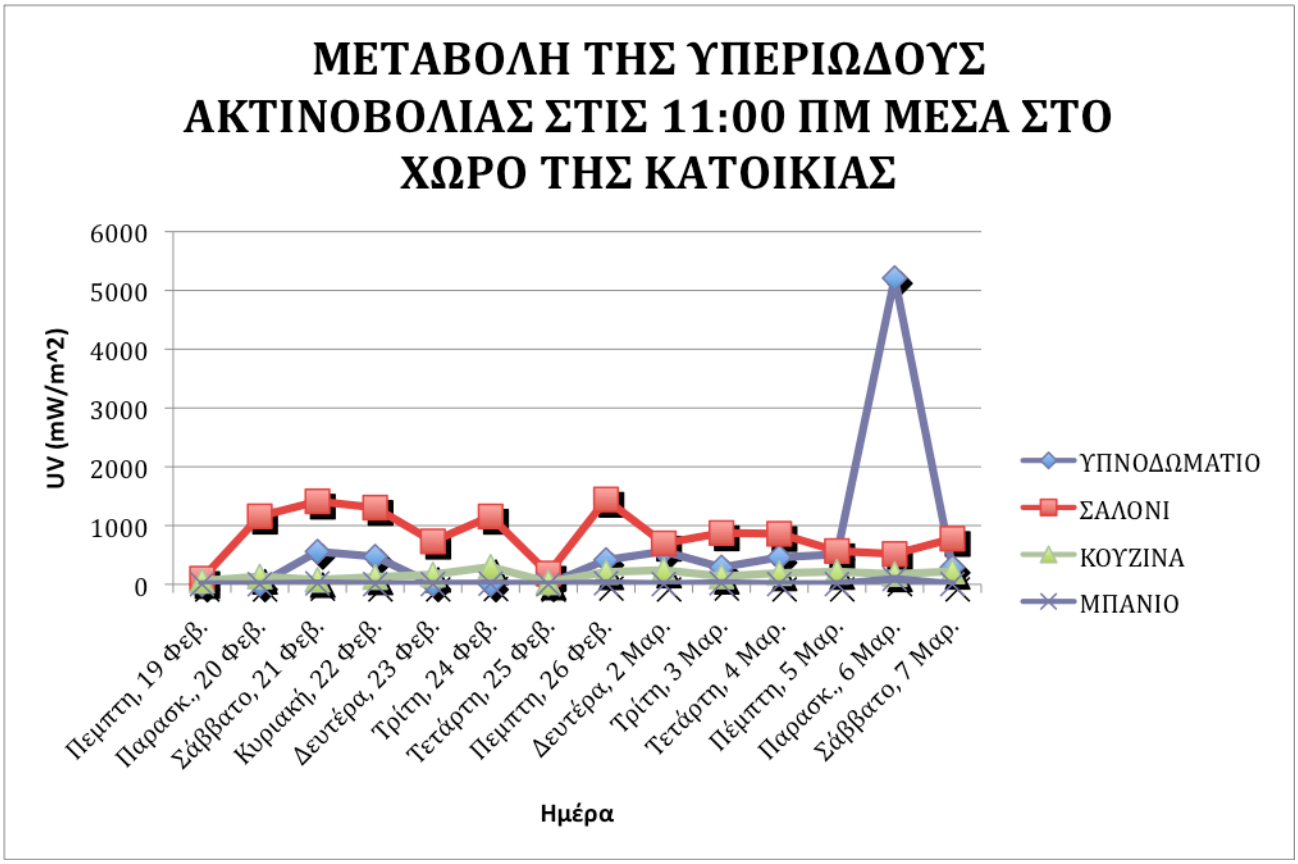


Διάγραμμα 2.3.1: Η μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας σε διάστημα δεκατεσσάρων ημερών, στις 11:00 πμ για τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι.

Από το διάγραμμα 2.3.1 παρατηρούμε πως στις 11:00 πμ, το μπάνιο έχει τη χαμηλότερη φωτεινότητα, όλες τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Συγκεκριμένα, η φωτεινότητά του κυμαίνεται από 4,8 Lux έως 73 Lux με μέση τιμή 31,7 Lux. Ακολουθεί η κουζίνα, με λίγο μεγαλύτερη φωτεινότητα. Κυμαίνεται από 79,1 Lux έως 844 Lux και έχει μέση τιμή 499 Lux. Συνεπώς, έχουμε έντονες αποκλίσεις στις τιμές της ορατής

ακτινοβολίας από μέρα σε μέρα κατά τις πρωινές ώρες. Ακολουθεί το σαλόνι, του οποίου η φωτεινότητα κυμαίνεται από 251 Lux έως 2620 Lux, με μέση τιμή ίση με 1619 Lux. Στο σαλόνι οι μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας, στο διάστημα που μελετάμε, είναι ακόμα πιο έντονες. Στο υπνοδωμάτιο παρατηρείται η μεγαλύτερη τιμή ορατής ακτινοβολίας στις 22 Φεβρουαρίου. Στους υπόλοιπους χώρους η φωτεινότητα τη στιγμή αυτή είναι πολύ μικρότερη. Συγκεκριμένα, στο υπνοδωμάτιο παρατηρήθηκε μέγιστη ορατή ακτινοβολία ίση με 14998 Lux, ελάχιστη 14,8 Lux και μέση τιμή 1868 Lux. Είναι σαφές πως στη θέση 1, στο υπνοδωμάτιο, για τις ημέρες που μελετάμε, είχαμε την εντονότερη διακύμανση ορατής ακτινοβολίας σε σχέση με όλες τις άλλες θέσεις που λάβαμε μετρήσεις. Στο σαλόνι επίσης, παρουσιάστηκε η μέγιστη φωτεινότητα για τις ημέρες που εξετάζουμε, στις 22 Φεβρουαρίου. Για τις θέσεις 2 και 3, στο σαλόνι και τη κουζίνα αντίστοιχα παρατηρούμε μία ομοιότητα στη διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας. Στο σαλόνι, η μέτρηση έγινε πιο κοντά στην εξώπορτα σε σχέση με τη μέτρηση στο χώρο της κουζίνας, όπου το όργανο μέτρησης ήταν πιο απομακρυσμένο από το άνοιγμα. Το γεγονός ότι και τα δύο βρίσκονται στην ίδια πλευρά του σπιτιού εξηγεί την ομοιότητα στη διακύμανση της ακτινοβολίας, στους δύο χώρους.

Ακολουθεί το διάγραμμα 2.3.2 στο οποίο παρουσιάζεται η αντίστοιχη μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε.

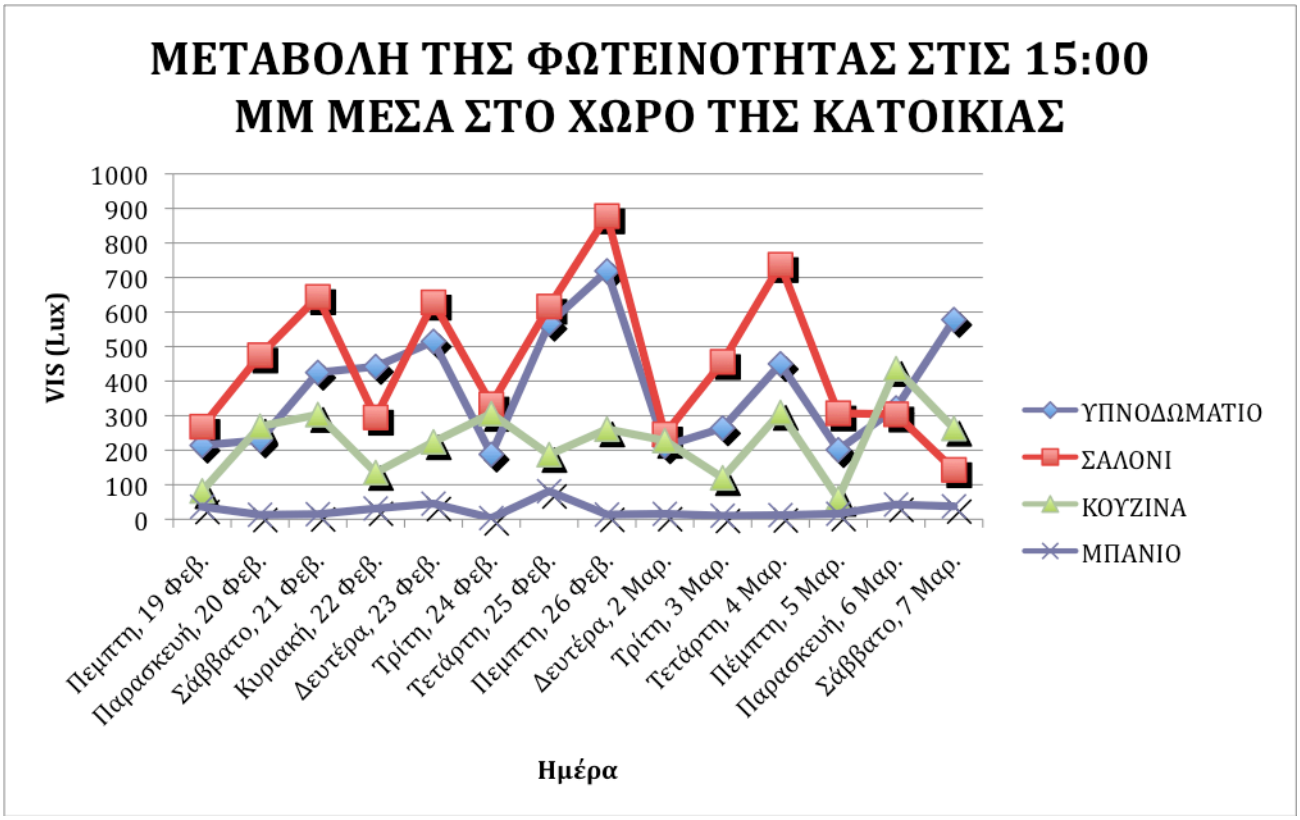


Διάγραμμα 2.3.2: Η μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας σε διάστημα δεκατεσσάρων ημερών, στις 11:00 πμ για τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι.

Από το διάγραμμα 2.3.2 παρατηρούμε πως στη θέση 4, στο μπάνιο η υπεριώδης ακτινοβολία κυμαίνεται από 0 mW/m^2 έως 93 mW/m^2 με μέση τιμή 13,7 mW/m^2. Συνεπώς, αν εξαιρέσουμε την υπεριώδη ακτινοβολία που μετρήθηκε στις 11:00 πμ, στις 6 Μαρτίου του 2009, όπου είχαμε την μέγιστη τιμή υπεριώδους ακτινοβολίας για το χρονικό διάστημα που μελετάμε, στη θέση 4, η υπεριώδης ακτινοβολία κατά τις πρωινές ώρες βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα. Ακολουθεί η θέση 3, στη κουζίνα, με την αμέσως μεγαλύτερη τιμή υπεριώδους ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 37 mW/m^2 έως 298 mW/m^2 με μέση τιμή 163,6 mW/m^2. Πολύ μεγαλύτερες τιμές υπεριώδους ακτινοβολίας από τις θέσεις 3 και 4 παρουσιάζει η θέση 2, στο σαλόνι. Οι τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας στη θέση αυτή είναι

από 96,8 mW/m^2 έως 1444 mW/m^2 με μέση τιμή 841 mW/m^2. Επίσης, οι μεταβολές στη θέση 2 από μέρα σε μέρα είναι πολύ εντονότερες. Τέλος, στη θέση 1 στο υπνοδωμάτιο, η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας βρίσκεται ανάμεσα στο 1,8 mW/m^2 έως στο 5210 mW/m^2 με μέση τιμή 627 mW/m^2. Από αυτό διαπιστώνουμε πόσο έντονες μεταβολές παρατηρούνται στη θέση αυτή. Η μεγαλύτερη τιμή της καταγράφτηκε στις 6 mW/m^2 Μαρτίου, όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Από 509 mW/m^2 της προηγούμενης ημέρας φτάσαμε στα 5210 mW/m^2.

Στο διάγραμμα 2.3.3 παρουσιάζεται η μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε, για τις 15:00 μμ, στις θέσεις 1, 2, 3 και 4 μέσα στο σπίτι.



Διάγραμμα 2.3.3: Η μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας σε διάστημα δεκατεσσάρων ημερών, στις 15:00 μμ για τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι.

Στις 15:00 μμ, η θέση 4, στο μπάνιο, παρουσιάζει επίσης τη μικρότερη φωτεινότητα σε σχέση με τους άλλους χώρους μέσα στο σπίτι. Η τιμή της ορατής ακτινοβολίας στη θέση αυτή κυμαίνεται από 3,5 mW/m^2 έως 81,3 mW/m^2 με μέση τιμή 26,6 mW/m^2. Είναι περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτά που επικρατούσαν τις πρωινές ώρες. Η ορατή ακτινοβολία στη θέση 3, στη κουζίνα παρουσιάζει περισσότερες και εντονότερες μεταβολές στο διάστημα των δεκατεσσάρων ημερών που εξετάστηκαν. Κυμαίνεται από 60 mW/m^2 έως 436 mW/m^2 με μέση τιμή 227 mW/m^2. Οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας στην κουζίνα την ώρα αυτή είναι σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά που βρέθηκαν στις 11:00 πμ. Ακολουθεί η θέση 1, στο υπνοδωμάτιο με τιμή φωτεινότητας από 188 mW/m^2 έως 719 mW/m^2 με μέση τιμή 380 mW/m^2. Στη θέση αυτή, άλλοτε η φωτεινότητα ήταν μεγαλύτερη στις 11:00 πμ και άλλοτε στις 15:00 μμ. Σίγουρα, στις 15:00 μμ οι μεταβολές από μέρα σε μέρα δεν είναι τόσο μεγάλες όσο αυτές που παρατηρούνται στις 11:00 πμ. Τέλος, στο σαλόνι οι τιμές κυμαίνονται από 143 mW/m^2 έως 878 mW/m^2 με μέση τιμή 452 mW/m^2. Η φωτεινότητα στο σαλόνι στη πλειονότητα των ημερών που μελετάμε είναι μεγαλύτερη στις 11:00 πμ.

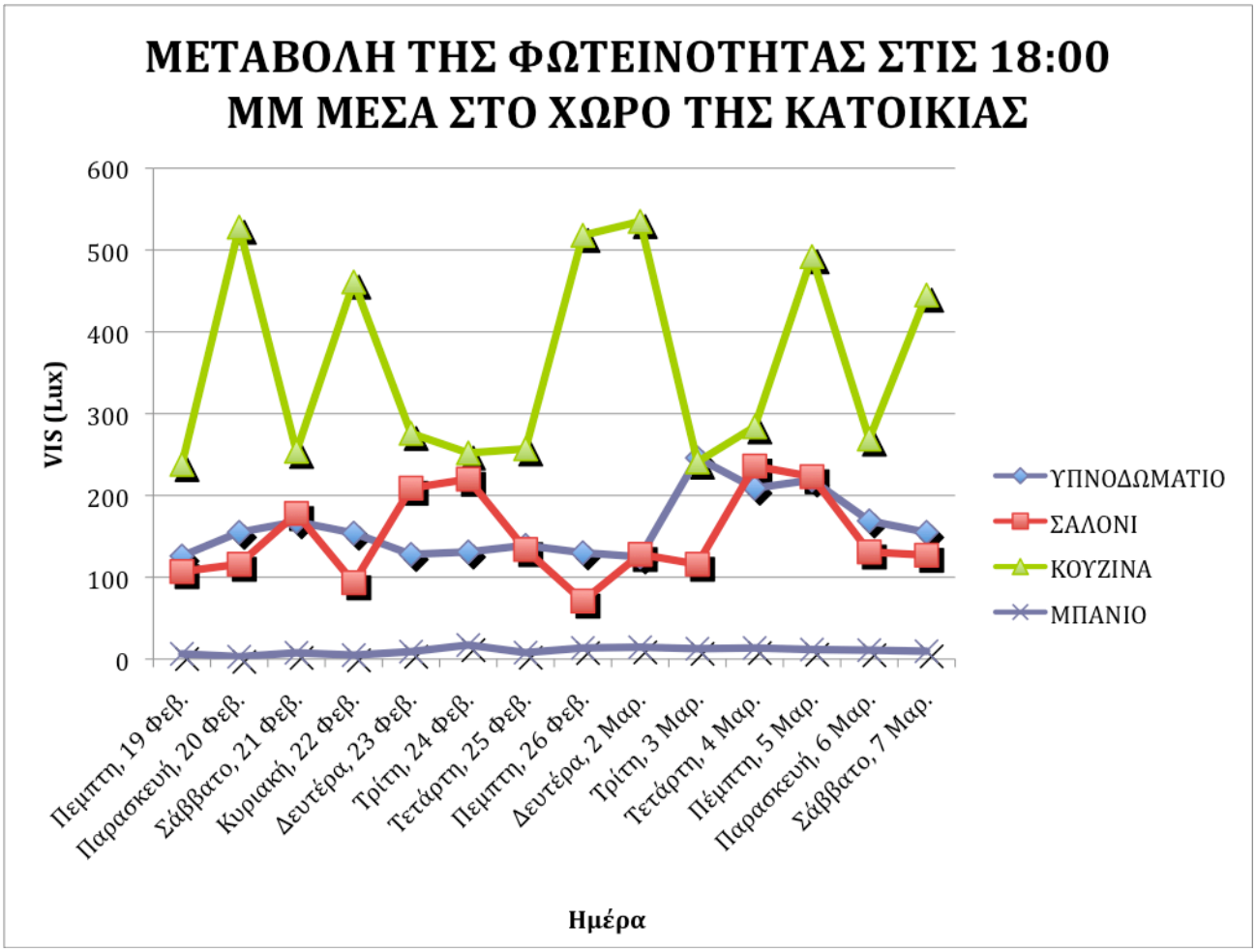
Στο διάγραμμα 2.3.4 απεικονίζεται η αντίστοιχη μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε.

Διάγραμμα 2.3.4: Η μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας σε διάστημα δεκατεσσάρων ημερών, στις 15:00 μμ για τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι.

Στη θέση 4, στο μπάνιο, η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι χαμηλή στις 15:00 πμ. Βρίσκεται περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτά στις 11:00 πμ. Άλλοτε είναι υψηλότερες οι τιμές που παρατηρούνται στις πρωινές ώρες και άλλοτε χαμηλότερες. Συγκεκριμένα, για τις 15:00 μμ η υπεριώδης ακτινοβολία στη θέση 4 κυμαίνεται από 3 mW/m^2 έως 18,5 mW/m^2 με μέση τιμή 9 mW/m^2. Η τιμή της είναι πιο σταθερή στις 15:00 μμ για το χρονικό διάστημα που μελετάμε, σε σχέση αυτήν στις 11:00 πμ. Στη θέση 3, στην κουζίνα, κυμαίνεται από 16,7 mW/m^2 έως 228 mW/m^2 με μέση τιμή 83 mW/m^2. Η τιμή της είναι χαμηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχη στις 11:00 πμ. Πάντως υπάρχουν ομοιότητες στην διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας μεταξύ αυτής που παρατηρήθηκε στις 11:00 πμ και αυτής στις 15:00 μμ. Στο σαλόνι, στη θέση 2 κυμαίνεται από 44,1 mW/m^2 έως 531

mW/m^2 με μέση τιμή 194 mW/m^2. Υπάρχουν και εδώ ομοιότητες στη διακύμανση της τιμής της υπεριώδους ακτινοβολίας, στις 11:00 πμ και στις 15:00 μμ. Τέλος, στην θέση 1, στο υπνοδωμάτιο, οι τιμές της κυμαίνονται από 39,8 mW/m^2 έως 390 mW/m^2 με μέση τιμή 155 mW/m^2. Συγκρίνοντας με τις τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας στις 11:00 πμ βλέπουμε πως βρίσκονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα αλλά και με μικρότερες αποκλίσεις από μέρα σε μέρα.

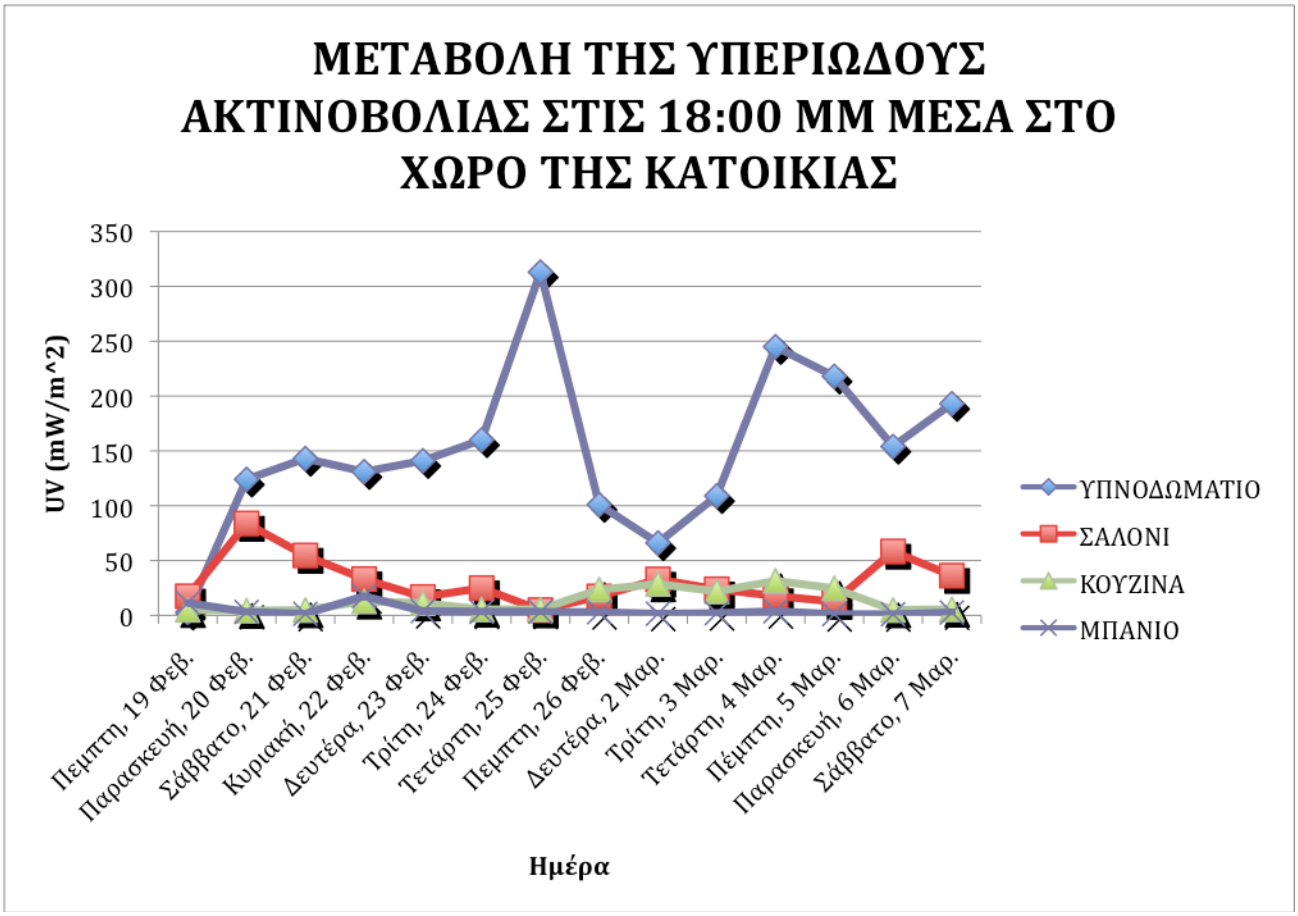
Στο διάγραμμα 2.3.5 προβάλλεται η μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε, για τις 18:00 μμ, στις θέσεις 1, 2, 3 και 4 μέσα στο σπίτι.



Διάγραμμα 2.3.5: Η μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας σε διάστημα δεκατεσσάρων ημερών, στις 18:00 μμ για τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι.

Στο μπάνιο η φωτεινότητα κυμαίνονται από 2,9 mW/m^2 έως 17,2 mW/m^2 με μέση τιμή 10,2 mW/m^2. Στη θέση 4 η φωτεινότητα βρίσκεται στα χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις άλλες θέσεις. Ακολουθεί η θέση 2, στο σαλόνι με τιμή ορατής ακτινοβολίας από 71 mW/m^2 έως 236 mW/m^2 και μέση τιμή 149 mW/m^2. Στη συνέχεια, στη θέση 1 παρατηρούνται οι αμέσως υψηλότερες τιμές ορατής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα κυμαίνονται από 125 mW/m^2 έως 246 mW/m^2 με μέση τιμή 161 mW/m^2. Πρώτη σε φωτεινότητα στις 18:00 μμ έρχεται η θέση 3, στη κουζίνα. Οι τιμές της κυμαίνονται από 238 mW/m^2 έως 535 mW/m^2 με μέση τιμή 360,7 mW/m^2. Οι τιμές αυτές της ορατής ακτινοβολίας ξεπερνούν τις αντίστοιχες τιμές στη θέση 3, στις 15:00 μμ. Αν εξαιρέσουμε όμως τη θέση 3, σε όλους τους άλλους χώρους που μελετήσαμε, η τιμές της ορατής ακτινοβολίας είναι αρκετά χαμηλότερες και μεταβάλλονται λιγότερο από μέρα σε μέρα.

Στο διάγραμμα 2.3.6 απεικονίζεται η αντίστοιχη μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε.



Διάγραμμα 2.3.6: Η μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας σε διάστημα δεκατεσσάρων ημερών, στις 18:00 μμ για τέσσερις διαφορετικές θέσεις μέσα στο σπίτι.

Από το διάγραμμα 2.3.6 παρατηρούμε πως η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι πολύ χαμηλότερη στις 18:00 μμ στις θέσεις 2, 3 και 4 σε σχέση την αντιστοιχη στις 15:00 μμ. Αυτό γίνεται καλύτερα αντιληπτό αν συγκρίνουμε τα διαγράμματα 2.3.4 και 2.3.6. Επίσης, η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας στις θέσεις αυτές παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα στο διάστημα των δεκατεσσάρων ημερών που γίνεται η έρευνά μας. Συγκεκριμένα στη θέση 2, στο σαλόνι, οι τιμές της κυμαίνονται από 4,8 mW/m^2 έως 83,8 mW/m^2, με μέση τιμή 31 mW/m^2 και στη θέση 3, στην κουζίνα από 4,3 mW/m^2 έως 31,5 mW/m^2 με μέση τιμή 13,55 mW/m^2. Στη θέση 4, στο μπάνιο η υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκεται στα χαμηλότερα

επίπεδα. Συγκεκριμένα, στη θέση 4 κυμαίνεται από 1 mW/m^2 έως 17,5 mW/m^2 με μέση τιμή 4,2 mW/m^2. Τέλος, στη θέση 1, στο υπνοδωμάτιο, η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας βρίσκεται στα ίδια επίπεδα με αυτά που παρατηρήθηκαν στις 15:00 μμ. Κυμαίνεται από 2,8 mW/m^2 έως 313 mW/m^2, με μέση τιμή 150 mW/m^2 και οι μεταβολές της από μέρα σε μέρα είναι επίσης έντονες.

2.4 Μελέτη των αιωρουμένων σωματιδίων στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά

Παράλληλα με τη μελέτη των παραπάνω παραγόντων πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων (PM_{10}) στον χώρο της κατοικίας. Έτσι, το όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων, DustTrak τοποθετήθηκε στη θέση Γ και Δ της κατοικίας, όπως αυτές φαίνονται στην κάτοψη του σπιτιού.

Η μελέτη έγινε κάτω από διαφορετικές συνθήκες πχ λειτουργία ηλεκτρικής σκούπας, λειτουργία του απορροφητήρα κά προκειμένου να δούμε πόσο αυξάνεται ή μειώνεται η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων με τις διάφορες δραστηριότητες μέσα στο σπίτι.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 17 Σεπτεμβρίου του 2009.

Ακολουθεί το διάγραμμα 2.4.1 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ της κατοικίας. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε ένα λεπτό, από τις 20:49 μμ έως τις 21:08 μμ. Όσο το όργανο βρίσκεται σε λειτουργία οι πόρτες και τα παράθυρα του σπιτιού είναι κλειστά.

Διάγραμμα 2.4.1: Μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ της κατοικίας.

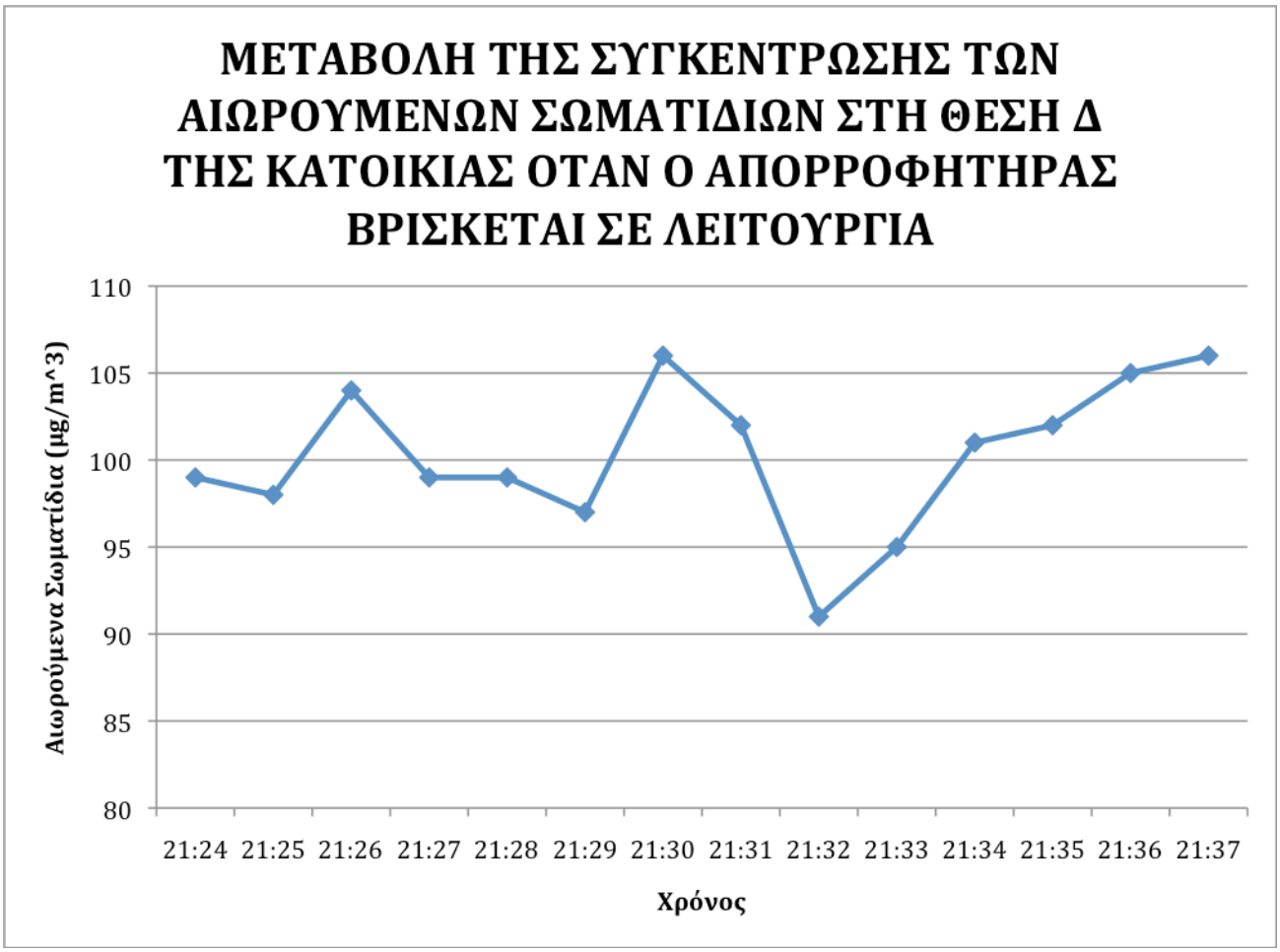
Στο διάγραμμα 2.4.1 η συγκέντρωση κυμαίνεται από 93 μg/m^3 έως 670 μg/m^3. Το όργανο μέτρησης αιωρουμένων σωματιδίων κατέγραφε υψηλές συγκεντρώσεις κάθε φορά που πέρναγε ένα άτομο από την περιοχή γύρω από αυτό. Έτσι δικαιολογείται η απότομη αύξηση της συγκέντρωσης που φαίνεται στο διάγραμμα στις 20:52 μμ. Αν εξαιρεθεί η τιμή αυτή, στη συγκέντρωση υπάρχουν μικρές αυξομειώσεις και κυμαίνεται από 85 μg/m^3 έως 112 μg/m^3 με μέση τιμή 96 μg/m^3.

Ακολουθεί το διάγραμμα 2.4.2 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ της κατοικίας και η εξώπορτα είναι ανοιχτή. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε ένα λεπτό, από τις 21:11 μμ έως τις 21:18 μμ.

Διάγραμμα 2.4.2: Μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ της κατοικίας, όσο η εξώπορτα παραμένει ανοιχτή.

Στο διάγραμμα 2.4.1 η συγκέντρωση κυμαίνεται σε πολύ πιο σταθερά επίπεδα από αυτά που βρισκόταν όσο ο χώρος δεν επικοινωνούσε με το εξωτερικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 85 $\mu g/m^3$ έως 88 $\mu g/m^3$.

Στο διάγραμμα 2.4.3 παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Δ της κατοικίας. Συγκεκριμένα βρίσκεται στο χώρο της κουζίνας, κάτω από τον απορροφητήρα. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε ένα λεπτό, από τις 21:24 μμ έως τις 21:37 μμ. Η εξώπορτα είναι κλειστή τη χρονική αυτή περίοδο.

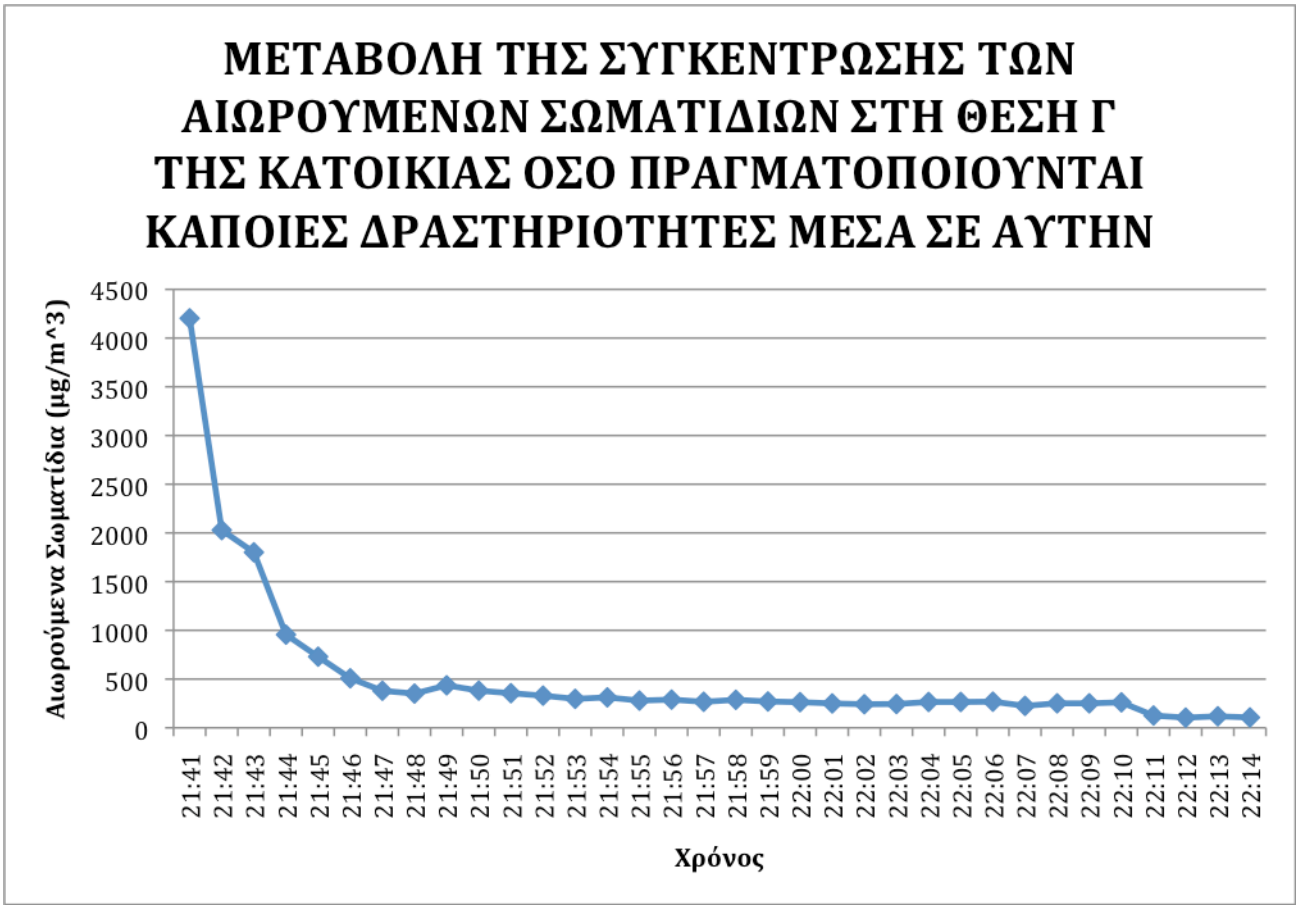


Διάγραμμα 2.4.3: Μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Δ της κατοικίας, όσο ο απορροφητήρας βρίσκεται σε λειτουργία.

Στο διάγραμμα 2.4.3, η συγκέντρωση των σωματιδίων κυμαίνεται από 91 μg/m^3 έως 106 μg/m^3 με μέση τιμή 100 μg/m^3. Η τιμή της συγκέντρωσης δεν αποκλίνει σημαντικά από λεπτό σε λεπτό. Μικρές αυξομειώσεις παρατηρούνται καθ' όλη τη χρονική αυτή περίοδο.

Στο διάγραμμα 2.4.4 που ακολουθεί, απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ της κατοικίας. Την περίοδο αυτή πραγματοποιείται ξεσκόνισμα και άλλες δραστηριότητες μέσα στο σπίτι. Στα τελευταία πέντε λεπτά ανοίγουμε την εξώπορτα. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε ένα λεπτό, από τις 21:41 μμ

έως τις 22:13 μμ.



Διάγραμμα 2.4.4: Μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ της κατοικίας, όσο πραγματοποιούνται κάποιες δραστηριότητες, όπως ξεσκόνισμα μέσα σε αυτήν.

Στο διάγραμμα 2.4.4 οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων κυμαίνονται από 104 $\mu g/m^3$ έως 4.203 $\mu g/m^3$. Στα πρώτα λεπτά πραγματοποιήθηκε ξετίναγμα του χαλιού στον χώρο που ήταν τοποθετημένο το όργανο μέτρησης και ξεσκόνισμα. Όσο συμβαίνουν οι παραπάνω δραστηριότητες οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ υψηλές. Ακολουθεί σταδιακή ύφεση της τιμής της συγκέντρωσης. Από τις 21:53 μμ η τιμή της συγκέντρωσης δεν μεταβάλλεται στον ίδιο βαθμό. Τείνει να σταθεροποιηθεί γύρω από τα 265 $\mu g/m^3$ στα λεπτά που ακολουθούν. Στις 22:10 μμ ανοίγουμε την εξώπορτα

με αποτέλεσμα η τιμή της συγκέντρωσης να πέσει απότομα, σε διάρκεια ενός λεπτού, από τα 261 μg/m^3 στα 126 μg/m^3. Η τιμή της συγκέντρωσης συνεχίζει να πέφτει, αλλά με πολύ πιο αργούς ρυθμούς.

Ακολουθεί το διάγραμμα 2.4.5 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ της κατοικίας. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε ένα λεπτό, από τις 22:17 μμ έως τις 23:01 μμ. Όσο το όργανο βρίσκεται σε λειτουργία οι πόρτες και τα παράθυρα του σπιτιού είναι κλειστά. Στα πρώτα τέσσερα λεπτά λειτουργεί η ηλεκτρική σκούπα στο χώρο της κατοικίας.

Διάγραμμα 2.4.5: Μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ της κατοικίας, όσο πραγματοποιούνται κάποιες δραστηριότητες μέσα σε αυτήν, όπως η λειτουργία ηλεκτρικής σκούπας.

Στο διάγραμμα 2.4.5 η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων

κυμαίνεται από 134 μg/m^3 έως 212 μg/m^3 με μέση τιμή 158 μg/m^3. Στα πρώτα τέσσερα λεπτά λειτουργεί ηλεκτρική σκούπα. Λόγω της λειτουργίας της παρατηρείται σταδιακή αύξηση στα πρώτα τέσσερα λεπτά. Στη συνέχεια, η συγκέντρωση μειώνεται σταδιακά. Αυξομειώσεις παρατηρούνται σε όλη την χρονική αυτή περίοδο. Η συγκέντρωση πέφτει ακόμα χαμηλότερα από τα αρχικά της επίπεδα. Συγκεκριμένα στις 22:17 μμ ήταν στα 170 μg/m^3, ενώ στις 23:01 μμ βρίσκεται στα 146 μg/m^3.

2.5 Μελέτη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2) στο χώρο μίας κατοικίας στα Χανιά

Μελέτη έγινε και για τη συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο χώρο της κατοικίας. Ειδικό όργανο τοποθετήθηκε, κατά χρονικές περιόδους, στη θέση Γ, στο χώρο του σαλονιού, όπως αυτή φαίνεται στο σχέδιο της κάτοψης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 18 Ιουνίου του 2009 για χρονική διάρκεια μισής ώρας, από τις 18:30 μμ έως τις 19:00 μμ.

Στο διάγραμμα 2.5.1 που ακολουθεί προβάλλεται η συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, στη θέση Γ της κατοικίας.

Διάγραμμα 2.5.1: Συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα (CO), στο χώρο της κατοικίας στα Χανιά.

Στο διάγραμμα 2.5.1 η συγκέντρωση του CO κυμαίνεται από 2,9 ppm έως 3,1 ppm με μέση τιμή 3 ppm. Συνεπώς, διαπιστώνουμε πως το μονοξείδιο του άνθρακα παραμένει σε σταθερά επίπεδα μέσα στο χώρο της κατοικίας. Καθ' όλη τη διάρκεια της μισής ώρας παρατηρούνται αυξομειώσεις στη συγκέντρωση του CO, αλλά είναι πολύ μικρής κλίμακας.

Ακολουθεί το διάγραμμα 2.5.2 στο οποίο παρουσιάζεται η διακύμανση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), για τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, στη θέση Γ της κατοικίας.

Διάγραμμα 2.5.2: Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), στο χώρο της κατοικίας στα Χανιά.

Στο διάγραμμα 2.5.2 η συγκέντρωση του CO_2 κυμαίνεται από 205 ppm έως 244 ppm με μέση τιμή 236 ppm. Το εύρος τιμών των συγκεντρώσεων του CO_2 δεν είναι μεγάλο. Παρατηρείται μία σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου που πήραμε μετρήσεις. Στα πρώτα έξι λεπτά είναι πιο απότομη η αύξηση, ενώ την υπόλοιπη ώρα αυξάνεται ομαλά. Η διακύμανση της συγκέντρωσης χαρακτηρίζεται από πολύ μικρές, αλλεπάλληλες αυξομειώσεις.

2.6 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος κατοικίας στα Χανιά

- Το εύρος τιμών της σχετικής υγρασίας μέσα στο οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα είναι 25 – 60 % RH. Στη συγκεκριμένη κατοικία μετρήθηκαν ποσοστά σχετικής υγρασίας από 38,2 έως 93,2%, στο χρονικό διάστημα από 18 Φεβρουαρίου έως 16 Μαρτίου. Συνεπώς, η υγρασία στην κατοικία αυτή κάποιες φορές είναι σε επίπεδο πολύ πιο υψηλό από το επιθυμητό.
- Η θερμοκρασία δωματίου, δηλαδή η θερμοκρασία ενός κλειστού χώρου μέσα στον οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα είναι από 20 ^{o}C έως 25 ^{o}C. Επίσης, η θερμοκρασία δωματίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ατομικές ανάγκες. Η συνιστώμενη θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο είναι 18 ^{o}C. Η θερμοκρασία που μετρήθηκε στον χώρο του υπνοδωματίου από τις 18 Φεβρουαρίου έως 16 Μαρτίου είναι 14,8 ^{o}C – 22,4 ^{o}C. Και στην περίπτωση της θερμοκρασίας, τα αποτελέσματα που πήραμε για την συγκεκριμένη κατοικία δεν ήταν ικανοποιητικά. Πολλές, φορές η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- Το επίπεδο φωτισμού του χώρου, ώστε να αισθανόμαστε άνετα μέσα σε αυτόν, εξαρτάται πάντα από τις δραστηριότητές μας στον χώρο αυτόν.

Έτσι, στη κουζίνα το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού είναι 400 Lux ενώ στο σαλόνι και στο υπνοδωμάτιο είναι 50 Lux. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης κατοικίας η ορατή ακτινοβολία κυμαίνεται από 2,9 Lux έως 14998 Lux. Συγκεκριμένα στη κουζίνα κυμαίνεται από 60 Lux έως 844 Lux, στο σαλόνι από 71 Lux έως 2620 Lux και στο υπνοδωμάτιο από 14,8 Lux έως 14998 Lux. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν μόνο τις ώρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και είναι αποτέλεσμα μόνο του φυσικού φωτισμού. Όταν το φυσικό φως δεν είναι τόσο ισχυρό ώστε να φτάσει τις επιθυμητές τιμές που αναφέραμε μπορούμε να ενισχύσουμε τη φωτεινότητα του χώρου μέσω του τεχνητού φωτός. Το πρόβλημα υπάρχει όταν το φυσικό φως από μόνο του ξεπερνάει σε μεγάλο βαθμό τις επιθυμητές αυτές τιμές. Πάντως και σε αυτήν την περίπτωση το πρόβλημα δεν είναι ιδιαίτερο έντονο για τους ανθρώπους που κατοικούν στο σπίτι αυτό.

- Η υπεριώδης ακτινοβολία δε πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mW/m^2. Οι τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας μέσα στους διάφορους χώρους του σπιτιού κυμαίνεται από 0 mW/m^2 έως 5210 mW/m^2. Συνεπώς, κάποιες φορές η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας ξεπερνά σε πολύ μεγάλο βαθμό την τιμή των 20 mW/m^2 προκαλώντας δυσάρεστες επιπτώσεις για τους κατοίκους.
- Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} στο χώρο επηρεάζονται σημαντικά από τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα μέσα στη κατοικία. Συγκεκριμένα, είναι πολύ μεγαλύτερες από τα 50 $\mu g/m^3$ που είναι η 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Παρατηρήσαμε πως όταν επικοινωνεί ο εσωτερικός χώρος με το εξωτερικό περιβάλλον οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων στο εσωτερικό του σπιτιού μειώνονται. Αυτο πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι το σπίτι βρίσκεται στον δεύτερο όροφο, συνεπώς είναι απομακρυσμένο από το δρόμο αλλά και στο ότι ο δρόμος κάτω από το σπίτι δε χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη κίνηση.

- Τέλος, τα επίπεδα στα οποία βρίσκεται το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα κρίνονται φυσιολογικά και δεν συνιστούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.
- Αυτό που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην συγκεκριμένη κατοικία επιφέροντας θετικά αποτελέσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του σπιτιού είναι η δημιουργία φυτεμένου δώματος, μιας και η κατοικία αυτή βρίσκεται στον τελευταίο όροφο του κτιρίου.

Στην εικόνα 2.6.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται ένα παράδειγμα φυτεμένου δώματος.

Εικόνα 2.6.1: Πράσινη στέγη [17].

Πρόκειται για ένα πολύπλοκο θερμικό σύστημα που έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι, αλλά και για το χειμώνα. Τη θερινή περίοδο, έχει την ιδιότητα να ανακλάει 20-30% της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο δώμα και απορροφάει το υπόλοιπο τμήμα της στην επιφάνεια των φύλλων. Επίσης, το χώμα, λόγω της θερμοχωρητικότητας του, επιβραδύνει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό

του κτιρίου. Πρόκειται, λοιπόν, για μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών που το αποτελούν. Συγκεκριμένα, αποτελείται από χώμα ικανού πάχους και αέρα που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών. Η φύτευση βλάστησης στο δώμα, εκτός από το ότι μειώνει τα καλοκαιρινά θερμικά φορτία, συμβάλλει παράλληλα στην εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθαρίζοντας των αέρα από ρύπους και παρέχοντας οξυγόνο, αλλάζει το μικροκλιμα της περιοχής, μειώνει την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος. Επιπροσθέτως, προστατεύει τα υποκείμενα μονωτικά υλικά από φθορές που θα προκαλούσε η έκθεσή τους στον ήλιο, στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις μεγάλες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας. Επίσης, τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν και στη συγκράτηση των νερών της βροχής, πράγμα επίσης ευνοϊκό για το συγκεκριμένο σπίτι, όπου στις περιόδους του έτους με έντονες βροχοπτώσεις, τα νερά έχουν περάσει στο εσωτερικό του σπιτιού [16].

3 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

3.1 Εισαγωγή

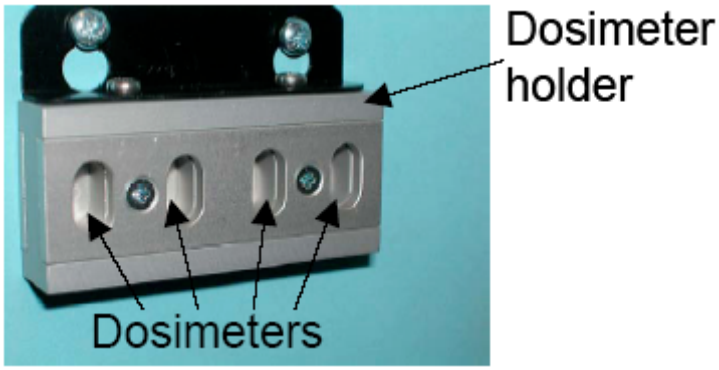
Το Ιστορικό μουσείο Κρήτης ιδρύθηκε το 1953. Στεγάζεται σε ένα νεοκλασικό κτίριο στο λιμάνι της πόλης του Ηρακλείου. Το κτίριο αυτό κατασκευάστηκε το 1870, κάηκε το 1897 και ανακατασκευάστηκε το 1903. Αποτελείται από 19 δωμάτια και 2 ναυπηγεία δικαστηρίου. Η είσοδος του μουσείου είναι στραμμένη στο Βορά και η απόσταση από τη θάλασσα είναι περίπου 200 μ. Η απόσταση από το κέντρο της πόλης είναι περίπου 1 χιλιόμετρο. Μπροστά από το μουσείο υπάρχει δρόμος. Το Ηράκλειο είναι η πρώτη πόλη στη Κρήτη σε ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων ρύπων.

Εικόνα 3.1.1: Ιστορικό Μουσείο Κρήτης [32].

Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης, στο Ηράκλειο κατά το έτος 2004-2005. Η έρευνα αυτή εξετάζει την επίδραση που έχει η θερμοκρασία, η υγρασία, η ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία, καθώς και οι συγκεντρώσεις σε NO_2, O_3, SO_2 και οργανικά οξέα μέσα και έξω από το μουσείο στη συντήρηση των εκθεμάτων.

Η έρευνα αυτή έγινε στα πλαίσια ενός Master. Το Ιστορικό Μουσείο Κρήτης είναι ένα από τα δέκα μουσεία της Ευρώπης που μελετήθηκαν με σκοπό τη δημιουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Χάρη σε αυτό υπάρχει η δυνατότητα προφύλαξης του αντικειμένου πριν τη βλάβη του. Σημαντικό μέρος του συστήματος αυτού κατέχει ένας ειδικός αισθητήρας ο οποίος μπορεί και αξιολογεί την κατάσταση των αντικειμένων που είναι κατασκευασμένα από οργανικά υλικά.

Στην Εικόνα 3.1.2 παρουσιάζεται ένας αισθητήρας έγκαιρης προειδοποίησης για επιλεγμένα οργανικά υλικά από πολυφαινυλένιο οξείδιο (PPO).



Εικόνα 3.1.2: Αισθητήρας έγκαιρης προειδοποίησης [1].

Τα εκθέματα είναι τοποθετημένα σε βιτρίνες και ο φωτισμός είναι τεχνητός. Με αυτό το τρόπο προστατεύονται από αέριους ρύπους και αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης, η ανταλλαγή αέρα μεταξύ των δωματίων είναι δυνατή.

Τρεις τοποθεσίες για παρακολούθηση επιλέχτηκαν:

Θέση Α: Εξωτερικά του κτιρίου. Αυτή η τοποθεσία αποτελεί τη θέση αναφοράς για τις εξωτερικές τοπικές συνθήκες. Όλοι οι αισθητήρες και ο

εξοπλισμός παρακολούθησης είναι τοποθετημένοι σε μια ειδική σχάρα. Προφυλάσσεται από τη βροχή και τον ήλιο και βρίσκεται περίπου 3 μέτρα από το επίπεδο του εδάφους. Τέλος, δεν επηρεάζεται από τις ρυπογόνες πηγές.

Θέση Β: Σε ανοιχτό εκθεσιακό χώρο εντός του μουσείου. Μέσα σε δωμάτιο (στην κορυφή μίας βιτρίνας). Θέση αναφοράς για τις εσωτερικές συνθήκες. Η επιλεγμένη τοποθεσία παρακολούθησης προστατεύεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και ο αέρας μπορεί να έχει ελεύθερη κυκλοφορία γύρω από τον εξοπλισμό παρακολούθησης και τους αισθητήρες. Βρίσκεται σε απόσταση από τον εξοπλισμό όπως τους αγωγούς αέρος ή τους υγραντήρες.

Θέση Γ: Μέσα σε βιτρίνα. Στο εσωτερικό μίας βιτρίνας με υλικά από βαμβάκι και μαλλί. Η επιλεγμένη τοποθεσία παρακολούθησης προστατεύεται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και επιτρέπεται η εναλλαγή του αέρα σε μικρή περιοχή. Στην Εικόνα 3.1.3 που ακολουθεί βλέπουμε τον εξοπλισμό στη τρίτη επιλεγμένη τοποθεσία [1].

Εικόνα 3.1.3: Ο εξοπλισμός παρακολούθησης τοποθετημένος στη θέση Γ [1].

Η θέση Β και η θέση Γ απέχουν μεταξύ τους τρία μέτρα ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση των τιμών τους.
Ο εξοπλισμός παρακολούθησης χωρίστηκε σε δύο ομάδες:
Α) εξοπλισμός για τον έλεγχο της ρύπανσης και
Β) εξοπλισμός για τον έλεγχο θερμοκρασίας (Τ), σχετικής υγρασίας (RH) και ορατής/υπεριώδης (UV) ακτινοβολίας.

Για την παρακολούθηση του διοξειδίου του θείου (SO_2), του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), του όζοντος (O_3) και των οργανικών οξέων (οξικό και μυρμηκικό οξύ), δόθηκαν παθητικοί αέριοι δειγματολήπτες από το NILU (Νορβηγικό Ινστιτούτο Μελέτης του Αέρα). Οι δειγματολήπτες έχουν εκτεθεί για ένα, τρεις ή έξι μήνες. Επιπλέον, οι αισθητήρες είναι εκτεθειμένοι με δύο διαφορετικούς τρόπους (προστατευόμενοι και μη προστατευόμενοι από το φως). Τέλος, το NILU λαμβάνει τα εκτεθειμένα υλικά και τα εξετάζει

μετρώντας τη μείωση της αντοχής σε εφελκυσμό των τυποποιημένων υλικών.

Αισθητήρες τοποθετούνται για ένα έτος προκειμένου να συμπεριληφθούν όλες οι εποχιακές διακυμάνσεις. Κάθε τρεις μήνες ανανεώνονται.

Παράλληλα γίνεται μέτρηση των ατμοσφαιρικών ρύπων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους του κτιρίου. Έτσι, συμπληρώνονται τα στοιχεία που απαιτούνται για την αξιολόγηση της επίδρασης των περιβαλλοντικών συνθηκών στα εκθέματα του μουσείου.

Τα αποτελέσματα του ελέγχου της θερμοκρασίας και της υγρασίας στη θέση Β και Γ καταγράφονται συνεχώς, ενώ ο έλεγχος της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας γίνεται μια φορά το μήνα, λόγω της σταθερότητάς της.

3.2 Αποτελέσματα της μελέτης της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

Από τις μετρήσεις του ενός έτους προέκυψαν κάποια αποτελέσματα.

Στον πίνακα 3.2.1 που ακολουθεί έχουμε τρεις μέσες τιμές και τρεις τυπικές αποκλίσεις για τη κάθε παράμετρο που μετρήθηκε (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, NO_2, O_3, SO_2) καθώς και τα αποτελέσματα που λάβαμε από τους αισθητήρες (PPOs). Οι τρεις τιμές αντιστοιχούν στη θέση Α, Β και Γ που έγινε η μέτρηση.

Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις	Θέση Α		Θέση Β		Θέση Γ	
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
T (^{O}C)	20.8	5.7	22.1	5.0	21.5	5.2
RH (%)	58.8	7.9	59.7	3.8	59.8	3.1
NO_2 (ppb)	15.4	3.0	13.6	1.8	1.1	0.2
O_3 (ppb)	62.2	11.6	19.0	5.6	1.6	0.4
SO_2 (ppb)	6.4	3.3	0.4	0.1	0.3	0.1
PPO_SAT*	0.040	0.012	0.018	0.003	0.004	0.001

PPO_UAT*	0.074	0.020	0.023	0.013	0.007	0.004
PPO_SAC*	0.038	0.012	0.017	0.003	0.002	0.001
PPO_UAC*	0.073	0.020	0.022	0.013	0.006	0.004

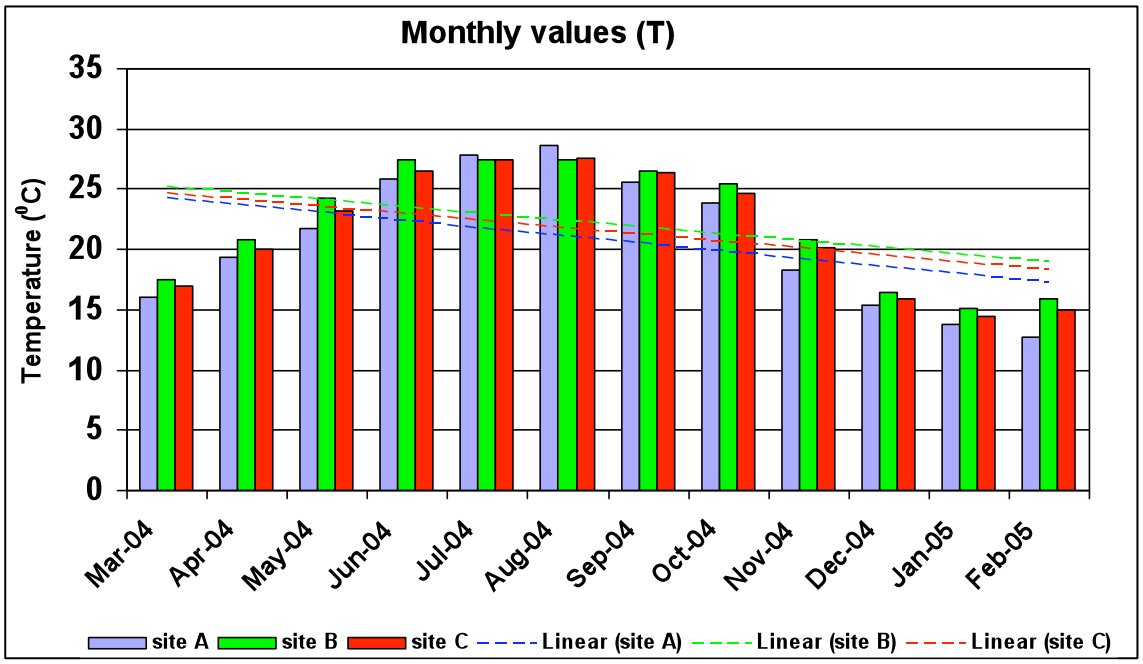
Πίνακας 3.2.1: Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις για τη κάθε παράμετρο που μετρήθηκε [1].

Παρατηρώντας το πίνακα 3.2.1 διαπιστώνουμε πως οι συγκεντρώσεις των ρύπων NO_2, O_3, SO_2 στη θέση Α είναι πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις στις θέσεις Β και Γ. Επιπλέον, για τους PPOs αισθητήρες, στη θέση Α, ιδίως για τους PPOs εκτεθειμένους αισθητήρες, οι συγκεντρώσεις των ρύπων είναι υψηλότερες από τις θέσεις Β και Γ.

3.3 Μελέτη της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

Στη συνέχεια ακολουθούν τα διαγράμματα 3.3.1 και 3.3.2 όπου φαίνεται ο μέσος όρος της θερμοκρασίας (Τ) και της σχετικής υγρασίας (RH) αντίστοιχα για κάθε μήνα από τον Μάρτιο του 2004 έως τον Φεβρουάριο του 2005.

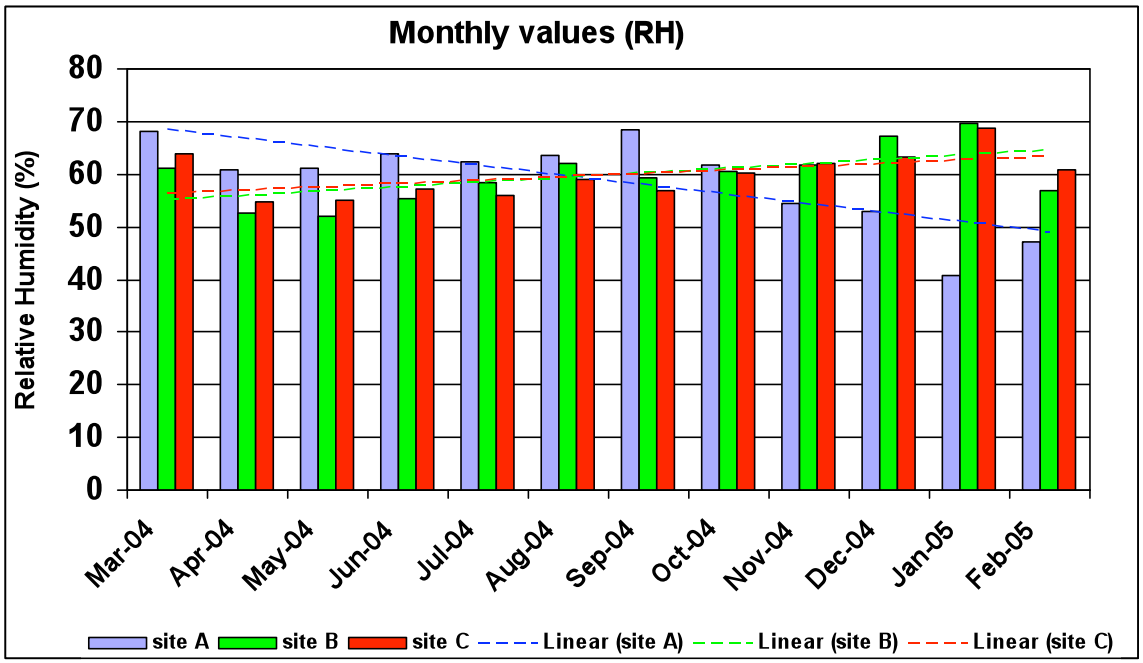
Η διακύμανση της θερμοκρασίας είναι χαρακτηριστική για τις παράκτιες μεσογειακές περιοχές. Η θερμοκρασία παρουσιάζει μέγιστες τιμές κατά τη θερινή περίοδο και ελάχιστες τιμές κατά την χειμερινή περίοδο.



Διάγραμμα 3.3.1: Μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας στις θέσεις Α, Β και Γ [1].

Από το διάγραμμα 3.3.2 συμπεραίνουμε πως η μεταβολή της σχετικής υγρασίας από μήνα σε μήνα στις θέσεις Β και Γ είναι μικρότερη από αυτή που παρατηρείται στη θέση Α.

Η σχετική υγρασία στη θέση Α κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου μέτρησης είναι 58,8 ± 7,9%, στη θέση Β είναι 59,7 ± 3,8% και στη θέση C είναι 59,8 ± 3,1%.



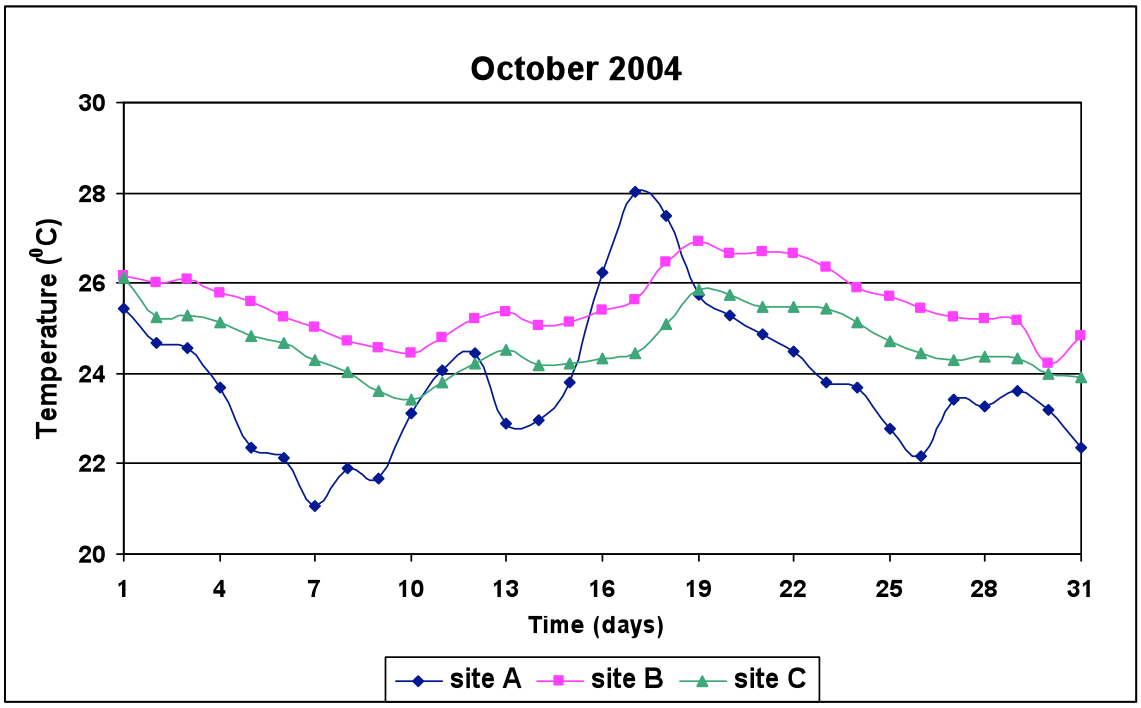
Διάγραμμα 3.3.2: Μέσες μηνιαίες τιμές της σχετικής υγρασίας στις θέσεις Α, Β και Γ [1].

Ελάχιστες και μέγιστες τιμές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στην θέση C:

Θερμοκρασία: 14.5 ° C (min - Ιανουάριος) - 27.6 ° C (max - Αύγουστος)

Σχετική υγρασία: 54,7% (min - Απρίλιος) - 68,6% (max - Ιανουάριος) [1].

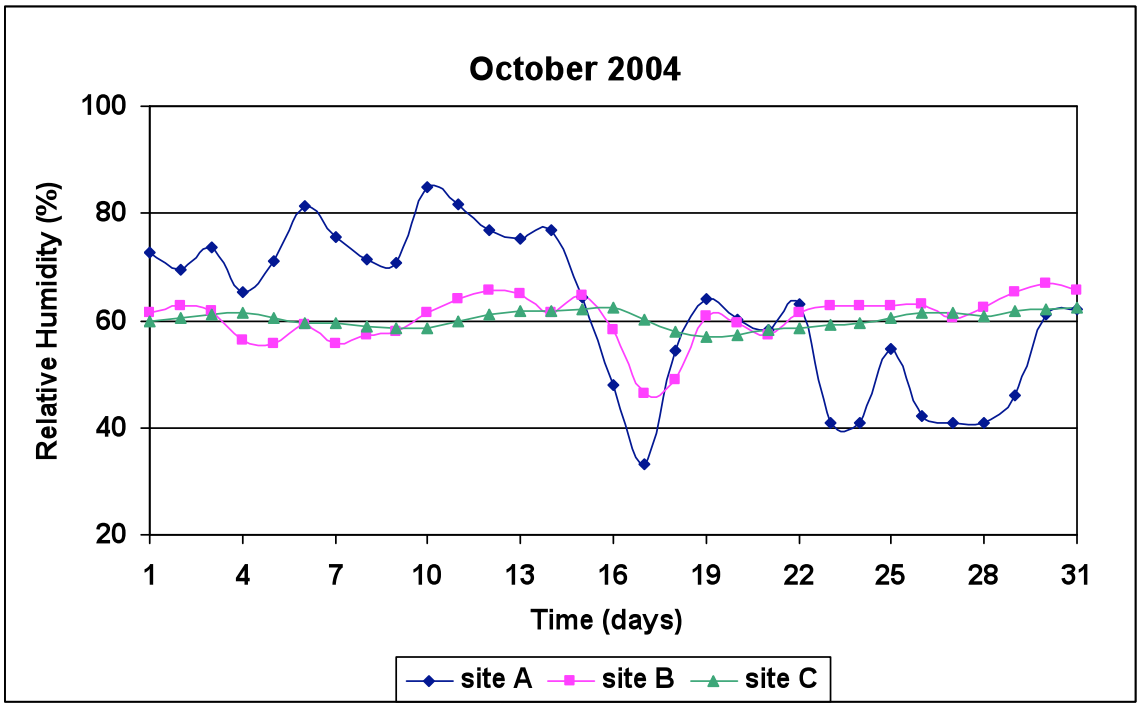
Στα διαγράμματα 3.3.3 και 3.3.4 παρουσιάζεται η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας αντίστοιχα κατά τη διάρκεια του Οκτωβρίου του 2004.



Διάγραμμα 3.3.3: Η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας κατά το μήνα Οκτωβρίου του 2004 [1].

Από το διάγραμμα 3.3.3 φαίνεται πως διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στις θέσεις Β και Γ, ακολουθούν τις μεταβολές της θερμοκρασίας που παρατηρούνται στη θέση Α κατά το μήνα Οκτώβριο με διαφορά μία ή δύο ημέρες λόγω του μηχανικού αερισμού στο κτίριο ο οποίος ενεργοποιείται μόνο όταν είναι ανοιχτό το μουσείο (περίπου 50 ώρες την εβδομάδα), ενώ η θερμοκρασία μέσα και έξω από τη βιτρίνα ακολουθεί τις ίδιες διακυμάνσεις. Στη θέση Β παρατηρούνται λίγο μεγαλύτερες θερμοκρασίες σε σχέση με τη θέση Γ.

Επιπλέον, η μεταβολή της θερμοκρασίας στις θέσεις Β και C είναι μικρότερη από τη θέση Α με τυπικές αποκλίσεις στη θέση Α= 1,62 ° C, στη θέση Β = 0,71 ° C και στη θέση C = 0,69 ° C [1].



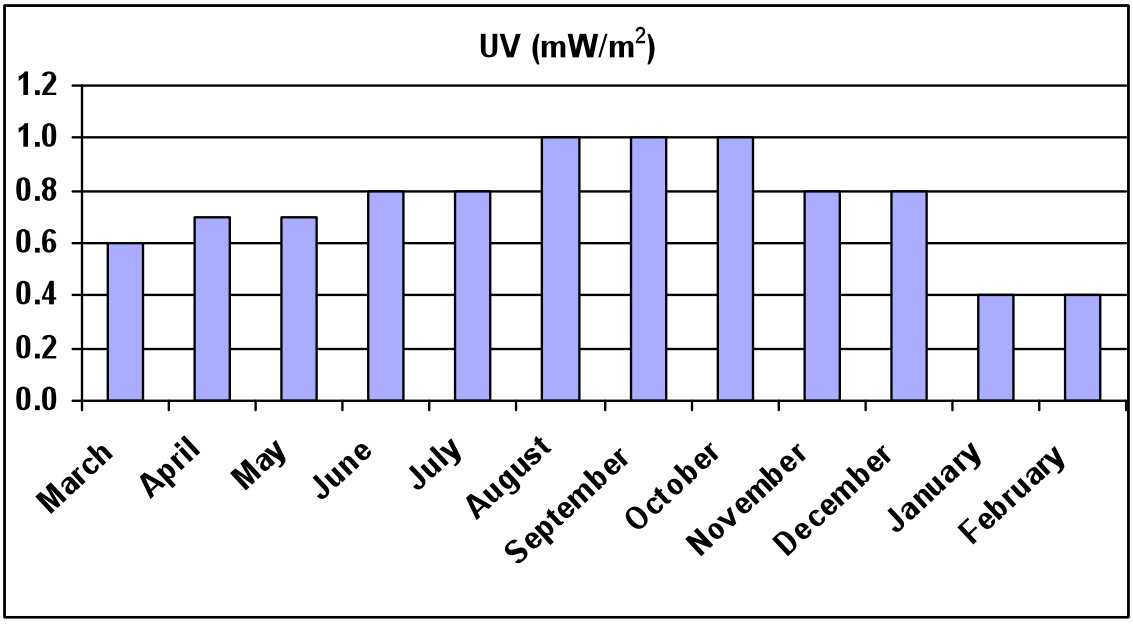
Διάγραμμα 3.3.4: Η ημερήσια μεταβολή της σχετικής υγρασίας κατά το μήνα Οκτώβριο του 2004 [1].

Στο διάγραμμα 3.3.4 τα αποτελέσματα των μετρήσεων της σχετικής υγρασίας (RH) είναι παρόμοια με αυτά που διατυπώθηκαν παραπάνω για τη θερμοκρασία.

Στη θέση Γ παρατηρούμε πως η μέση ημερήσια σχετική υγρασία παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του μήνα. Αντίθετα η μέση ημερήσια θερμοκρασία παρουσιάζει μεγαλύτερες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του μήνα Οκτωβρίου. Τα ίδια αποτελέσματα λάβαμε και για άλλους μήνες.

3.4 Μελέτη της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

Ακολουθεί το διάγραμμα 3.4.1 όπου παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας από τον Μάρτιο του 2004 έως τον Φεβρουάριο του 2005.



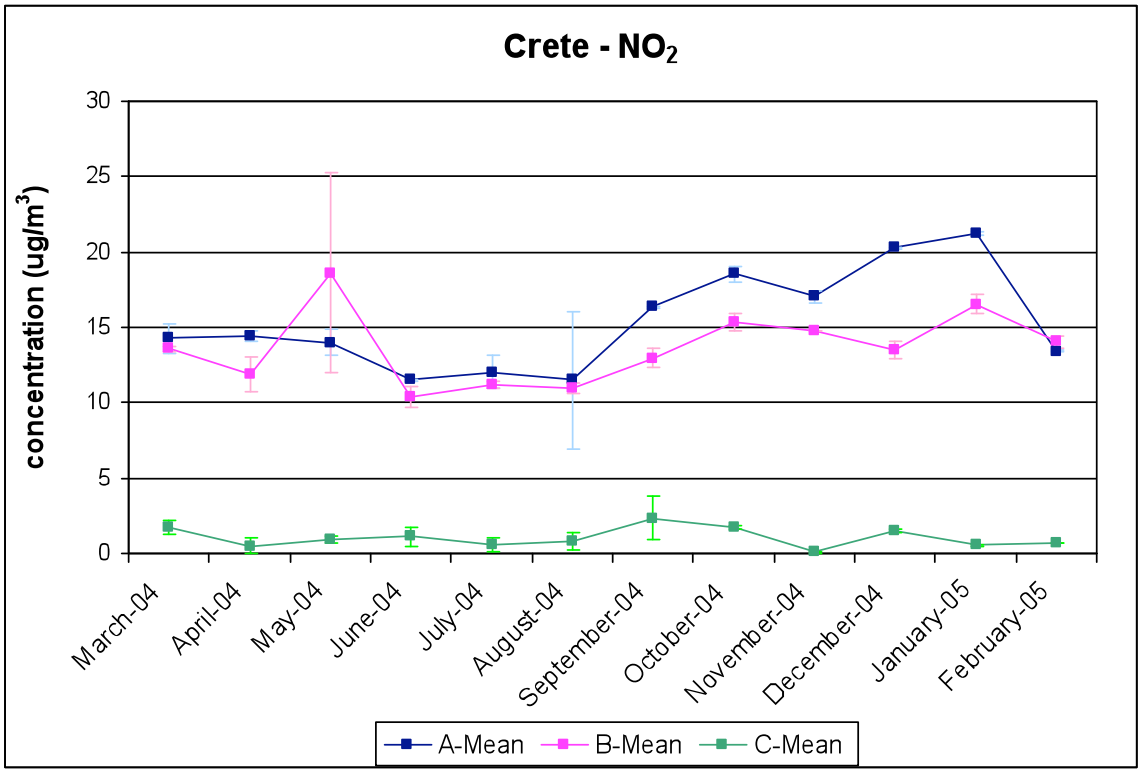
Διάγραμμα 3.4.1: Μέσες μηνιαίες τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) [1].

Σύμφωνα με το διάγραμμα 3.4.1 η ελάχιστη τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι 0,4 mW/m^2 και παρουσιάζεται κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο ενώ κατά τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο παρουσιάζει μέγιστη τιμή ίση με 1 mW/m^2.
Η μέση ετήσια τιμή είναι ίση με 0,75 ± 0,21 mW/m^2.

3.5 Μελέτη του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), του όζοντος (O_3) και του διοξειδίου του θείου (SO_2) στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

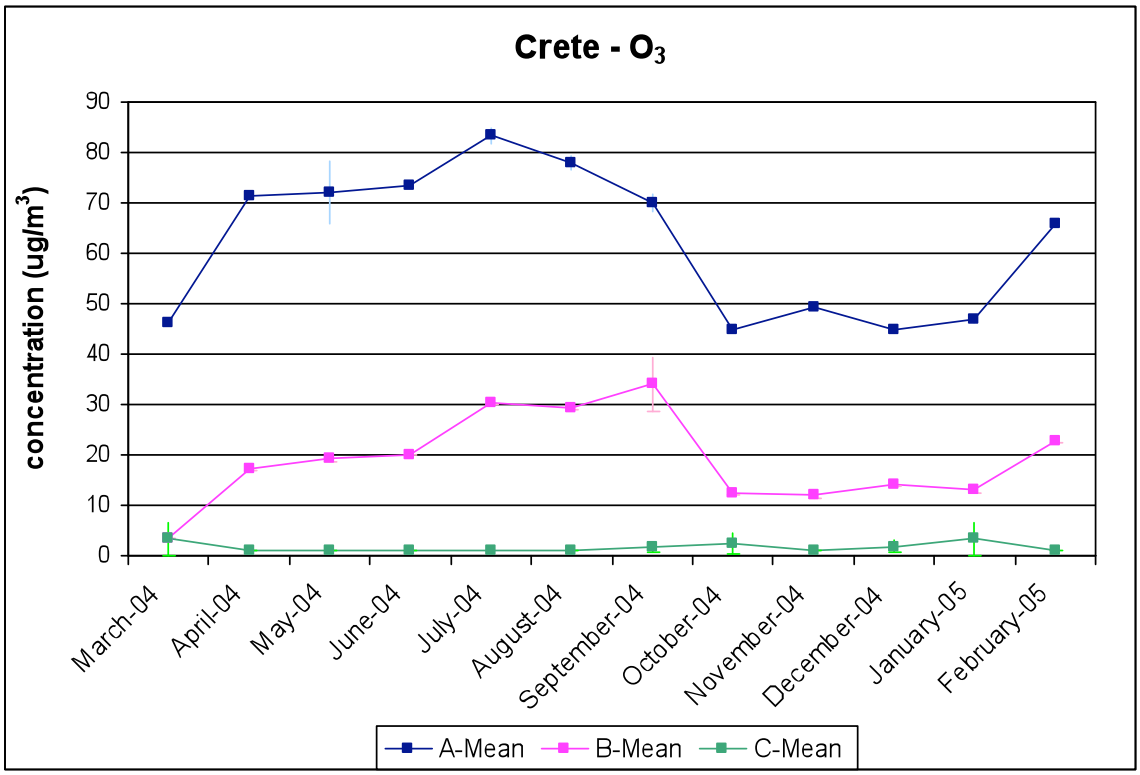
Ακολουθούν τα διαγράμματα 3.5.1, 3.5.2 και 3.5.3. Στα διαγράμματα αυτά παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές του διοξειδίου του αζώτου (NO_2), του όζοντος (O_3) και του διοξειδίου του θείου (SO_2) αντίστοιχα, από το Μάρτιο του 2004 έως το Φεβρουάριο του 2005, για τις θέσεις Α, Β και Γ. Παρατηρώντας τα διαπιστώνουμε πως στη θέση Γ οι μέσες μηνιαίες τιμές των NO_2, O_3 και SO_2 είναι πολύ χαμηλότερες από αυτές που παρατηρούνται στις θέσεις Α και Β και δε μεταβάλλονται σημαντικά κατά τη

διάρκεια του έτους. Οι μέσες μηνιαίες τιμές των O_3 και SO_2 στη θέση Γ είναι σχεδόν μηδενικές. Επίσης, έχει υπολογιστεί πως η συγκέντρωση του διοξειδίου του αζώτου στην θέση Β (εσωτερικό περιβάλλον) είναι περίπου ίση με το 90% της αντίστοιχης συγκέντρωσης στην θέση Α (εξωτερικό περιβάλλον). Για το όζον το αντίστοιχο ποσοστό είναι 30% και για το διοξείδιο του θείου 6%.



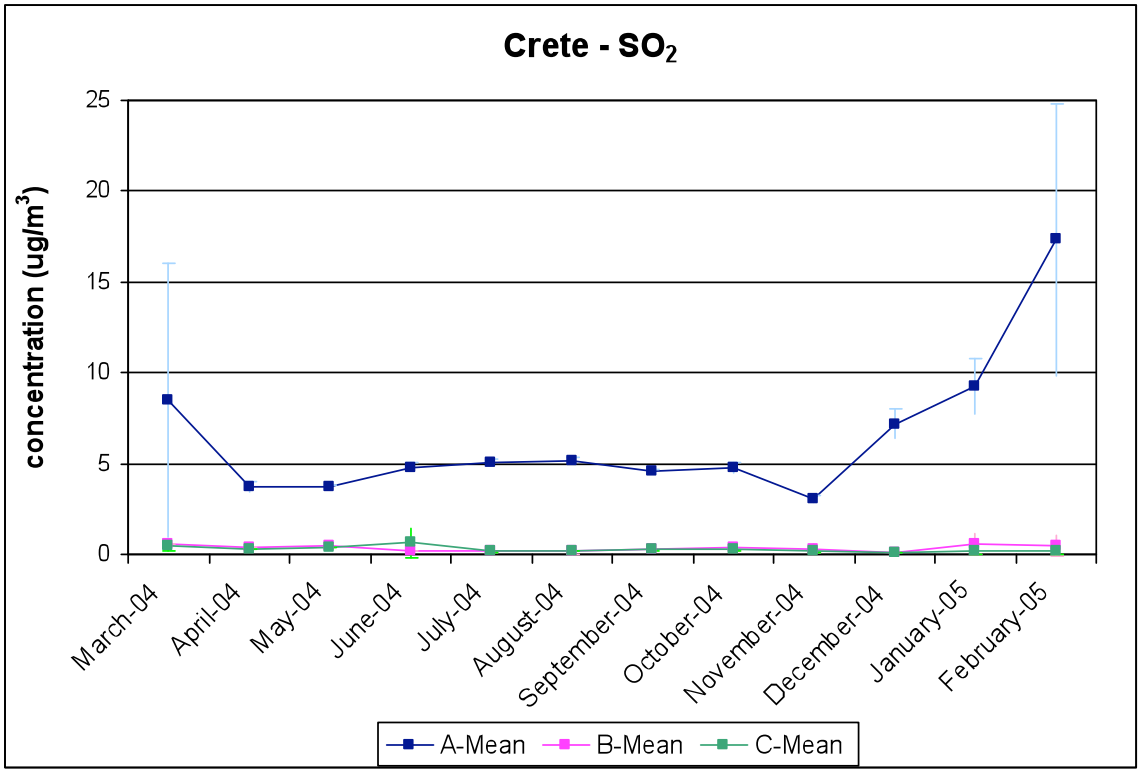
Διάγραμμα 3.5.1: Μέσες μηνιαίες τιμές του NO_2 από το Μάρτιο του 2004 έως το Φεβρουάριο του 2005 για τις θέσεις Α, Β και Γ [1].

Από το διάγραμμα 3.5.1 διαπιστώνουμε πως η μέγιστη συγκέντρωση του NO_2 στη θέση Α παρουσιάζεται κατά την χειμερινή περίοδο, τον μήνα Ιανουάριο, στη θέση Β στο τέλος της άνοιξης, τον μήνα Μάιο και στη θέση Γ στις αρχές του φθινοπώρου, τον μήνα Σεπτέμβριο.



Διάγραμμα 3.5.2: Μέσες μηνιαίες τιμές του O_3 από το Μάρτιο του 2004 έως το Φεβρουάριο του 2005 για τις θέσεις Α, Β και Γ [1].

Από το διάγραμμα 3.5.2 διαπιστώνουμε πως υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος (O_3) παρατηρούνται τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους τη θερινή περίοδο. Η Κρήτη είναι ένα νησί της Μεσογείου που χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό το χαρακτηριστικό παρέχει ιδανικές μετεωρολογικές συνθήκες για φωτοχημικές αντιδράσεις. Οι φωτοχημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα πραγματοποιούνται με ταχείς ρυθμούς.

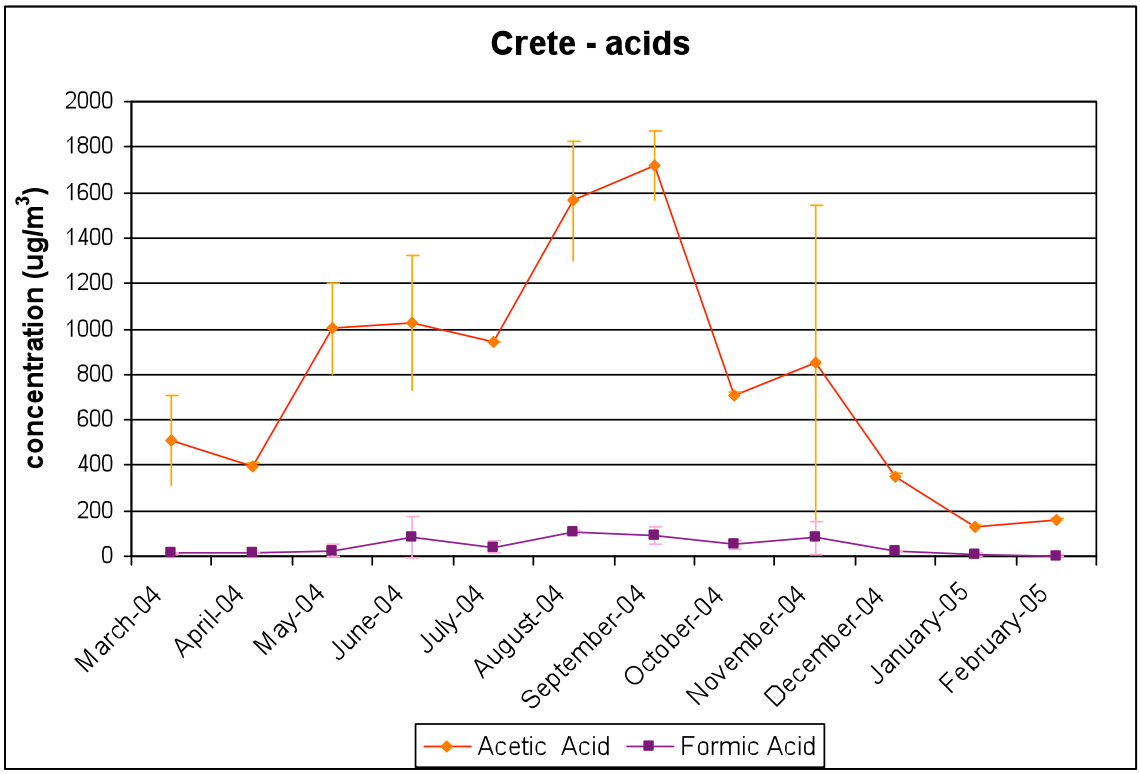


Διάγραμμα 3.5.3: Μέσες μηνιαίες τιμές του SO_2 από το Μάρτιο του 2004 έως το Φεβρουάριο του 2005 για τις θέσεις Α, Β και Γ [1].

Από το διάγραμμα 3.5.3 διαπιστώνουμε πως μετά τον μήνα Νοέμβριο παρατηρείται αύξηση του διοξειδίου του θείου στη θέση Α. Την ίδια περίοδο έχουμε μείωση της υγρασίας στη θέση Α (διάγραμμα 2). Αυτά τα δύο συσχετίζονται μεταξύ τους αν σκεφτούμε πως σε αυξημένα ποσοστά υγρασίας ευνοείται η αντίδραση καταστροφής του διοξειδίου του θείου (SO_2).

3.6 Μελέτη του οξικού οξέος και του μυρμηκικού οξέος στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

Ακολουθεί το διάγραμμα 3.6.1 στο οποίο φαίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των δύο οργανικών οξέων που μετρήθηκαν, του οξικού οξέος και του μυρμηκικού οξέος, από το Μάρτιο του 2004 έως το Φεβρουάριο του 2005.



Διάγραμμα 3.6.1: Μέσες μηνιαίες τιμές των δύο οργανικών οξέων (οξικού και μυρμηκικού οξέος) [1].

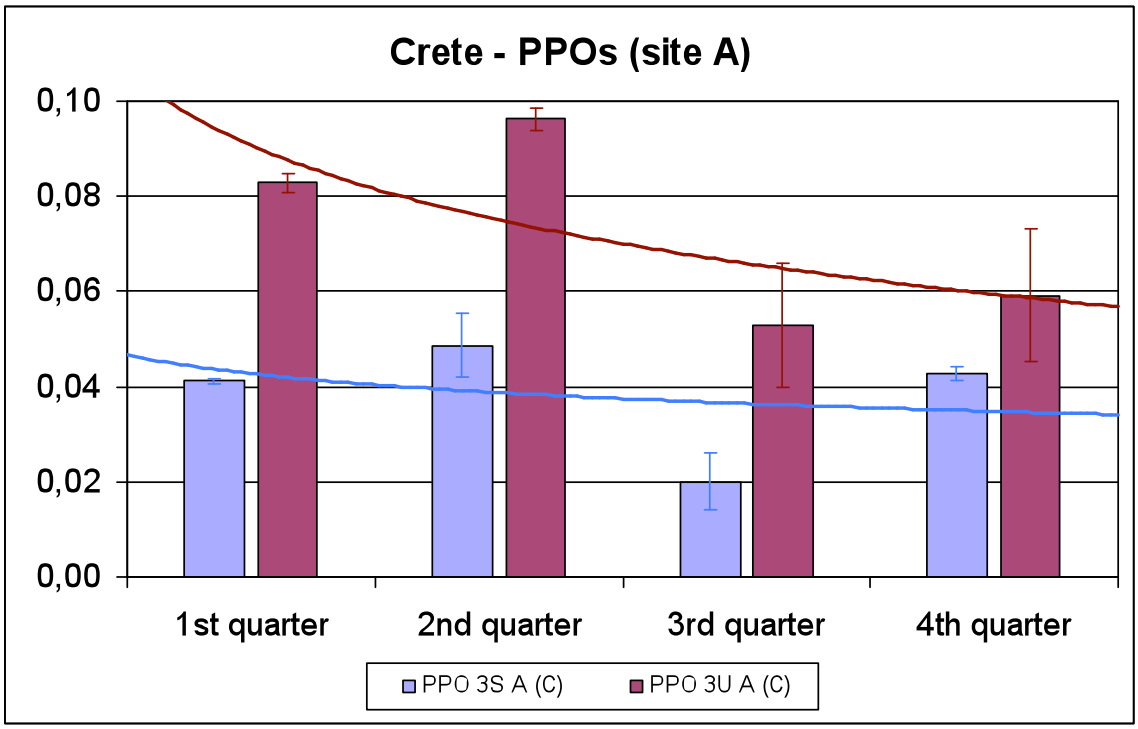
Σε ηλιόλουστες ημέρες οι φωτοχημικές αντιδράσεις είναι ευνοημένες λόγω της επίδρασης του ηλιακού φωτός στη φωτοχημική δραστηριότητα. Το οξικό οξύ (αιθανικό οξύ - CH_3COOH) και το μυρμηκικό οξύ (μεθανικό οξύ - HCOOH) παράγονται φωτοχημικά κυρίως από τις αντιδράσεις των CH_3CO_3 με υπεροξύ.

Επίσης, μέγιστες συγκεντρώσεις αυτών των οξέων βρέθηκαν και σε άλλες περιοχές του κόσμου, κατά τη διάρκεια της ίδιας περιόδου με έντονη φωτοχημική δραστηριότητα. Όπως παρατηρείται η συγκέντρωση του οξικού οξέος είναι 2 - 17 φορές υψηλότερη από αυτή του μυρμηκικού οξέος. Σύμφωνα με το διάγραμμα 9 οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται κατά την περίοδο μεταξύ Αυγούστου του 2004 και Σεπτεμβρίου του 2004. Οι μεγαλύτερες τιμές όζοντος και υπεριώδους ακτινοβολίας παρατηρήθηκαν επίσης κατά την περίοδο αυτή (διάγραμμα 3.4.1 και 3.5.2 αντίστοιχα).

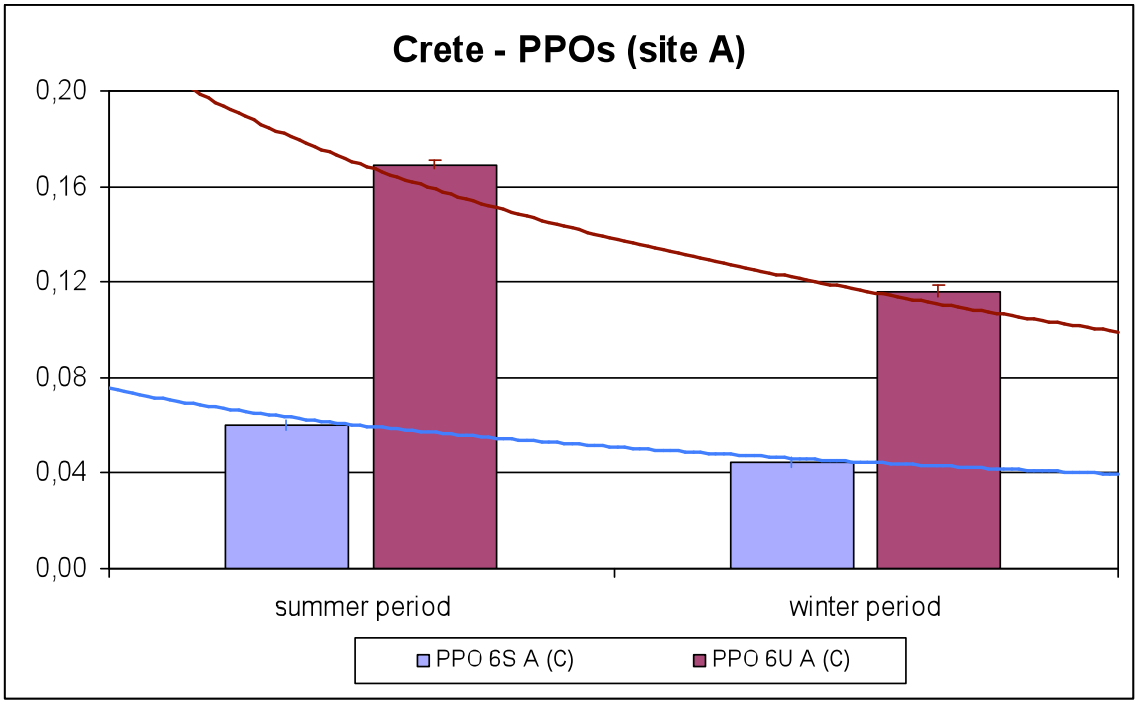
Οι εκπομπές αέριων ρύπων από τα οχήματα οδηγούν σε αύξηση του οξικού οξέος, ενώ οι άμεσες εκπομπές από τη βλάστηση έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερα επίπεδα μυρμηκικού οξέος από οξικού. Ειδικά η φωτοχημική οξείδωση του ισοπρενίου και των τερπενίων που εκπέμπονται από τα φυτά παράγει κυρίως μυρμηκικό οξύ και κατά δεύτερον οξικό οξύ.
Στην περιοχή του μουσείου κατά τη θερινή περίοδο, παρατηρείται αύξηση της κυκλοφορίας, ενώ δεν υπάρχει έντονη βλάστηση, για αυτό το οξικό οξύ βρίσκεται σε πολύ υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με το μυρμηκικό τη περίοδο αυτή, σύμφωνα με το διάγραμμα 3.6.1.

3.7 Μελέτη της ποσότητας των PPOs

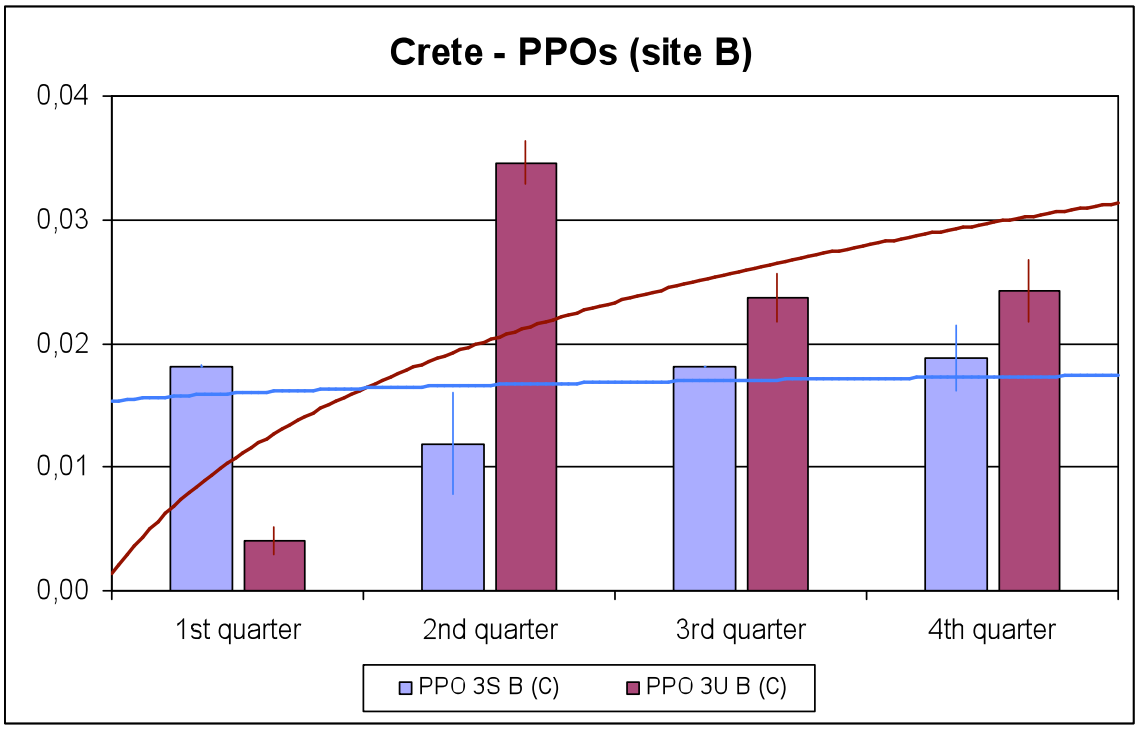
Στα διαγράμματα 3.7.1, 3.7.3, 3.7.5 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των PPOs ανά εποχή του έτους στις θέσεις Α, Β και Γ αντίστοιχα. Στα διαγράμματα 3.7.2, 3.7.4 και 3.7.6 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των PPOs κατά την χειμερινή και θερινή περίοδο στη θέση Α, Β και Γ αντίστοιχα. Η ποσότητα των PPOs δείχνει την καταστροφή των οργανικών υλικών.



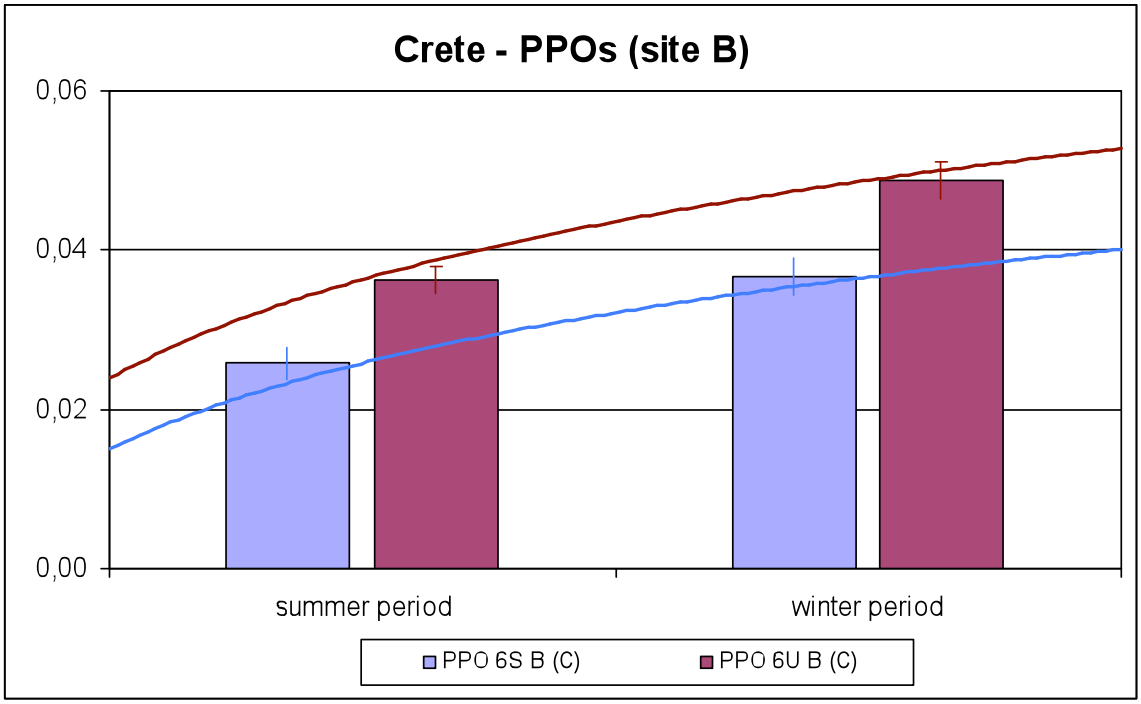
Διάγραμμα 3.7.1: Μέσες τιμές των PPOs ανά εποχή του έτους στη θέση Α [1].



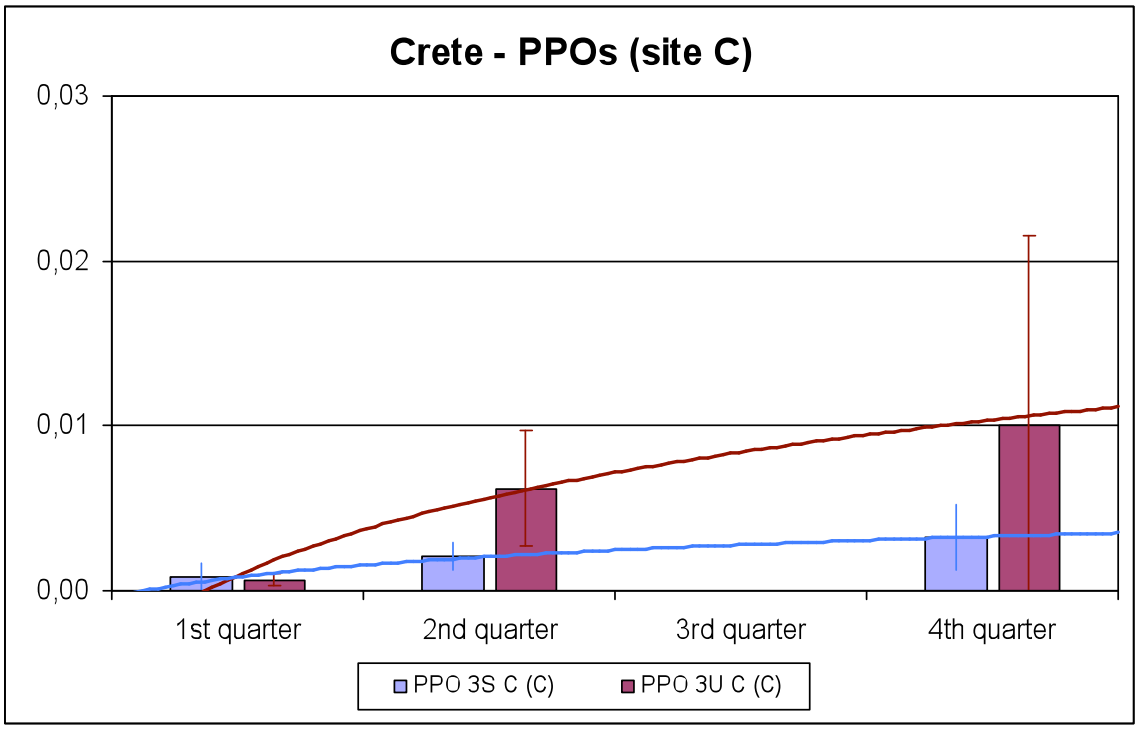
Διάγραμμα 3.7.2: Μέσες τιμές των PPOs στη θέση Α κατά τη διάρκεια της θερινής και της χειμερινής περιόδου [1].



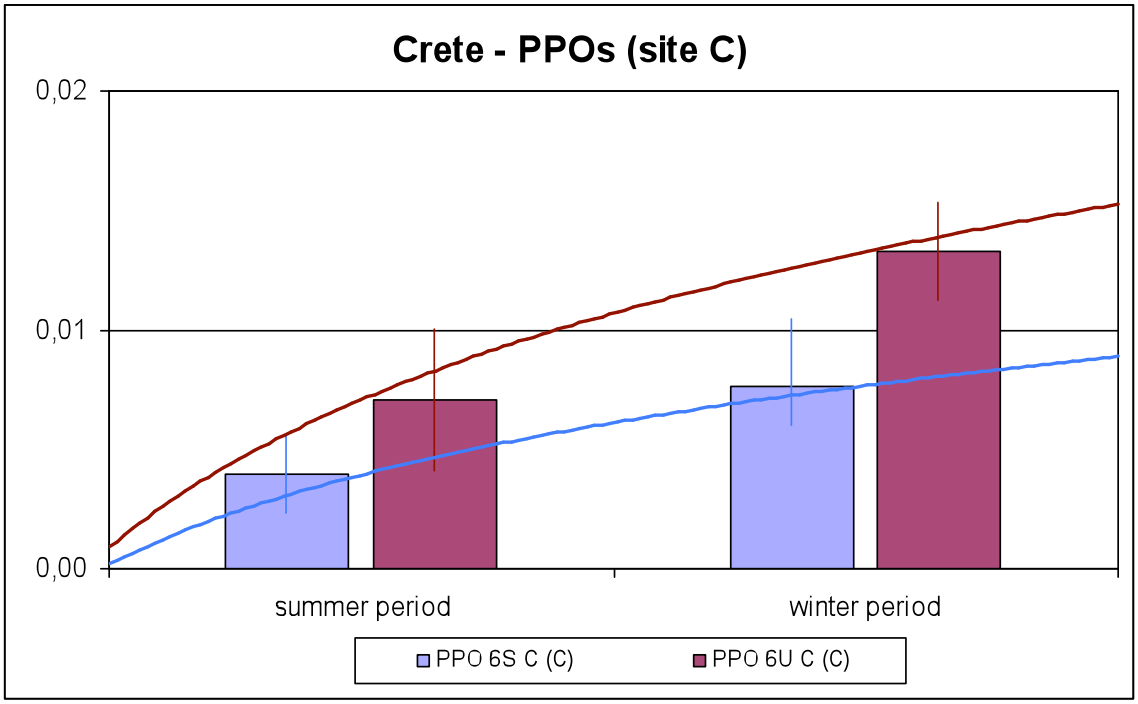
Διάγραμμα 3.7.3: Μέσες τιμές των PPOs ανά επόχη του έτους στη θέση Β [1].



Διάγραμμα 3.7.4: Μέσες τιμές των PPOs στη θέση Β κατά τη διάρκεια της θερινής και της χειμερινής περιόδου [1].



Διάγραμμα 3.7.5: Μέσες τιμές των PPOs ανά εποχή του έτους στη θέση Γ [1].



Διάγραμμα 3.7.6: Μέσες τιμές των PPOs στη θέση Γ κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής και της χειμερινής περιόδου [1].

Από τα διαγράμματα 3.7.4 και 3.7.6 παρατηρούμε έντονη καταστροφή των πολυμερών κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου σε εσωτερικούς χώρους παρακολούθησης, δηλαδή στη θέση Β και Γ. Στη θέση Α η μεγαλύτερη αποσύνθεση του υλικού εμφανίζεται κατά τη θερινή περίοδο όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.7.2. Αυτό συμβαίνει λόγω της έκθεσης στο ηλιακό φως και των υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων έξω από το μουσείο.

Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών το ποσοστό διείσδυσης των ρύπων στο μουσείο είναι υψηλότερο, λόγω του ότι οι ρύποι συσσωρεύονται στο εσωτερικό του μουσείου, καθώς μεγάλος αριθμός επισκεπτών εισέρχεται σε αυτό και πολύ συχνά η πόρτα είναι ανοιχτή. Ωστόσο, αυτό είναι μόνο μια υπόθεση, για αυτό χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να καθοριστεί με ακρίβεια η επίδραση του ποσοστού διείσδυσης των αιωρουμένων σωματιδίων, του είδους και της συγκέντρωσης των ρύπων, του ηλιακού φωτός κλπ. στη καταστροφή του υλικού των εκθεμάτων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των δεδομένων που λάβαμε από τις μετρήσεις στο Ιστορικό Μουσείο της Κρήτης. Υπολογίστηκαν σταθερές με τη μέθοδο του Pearson (όπου Pearson = R της γραμμικής παλινδρόμησης των δεδομένων) για την εξέταση της σχέσης των PPOs με τις διάφορες παραμέτρους που μετρήθηκαν. Στους πίνακες 3.7.1, 3.7.2 και 3.7.3 (όπου το U αναφέρεται στα μη προφυλαγμένα υλικά και το S στα προφυλαγμένα) φαίνεται η καταστροφή των οργανικών υλικών (PPOs) σε σχέση με τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και τους τρεις εξεταζόμενους ρύπους (NO_2, O_3 και SO_2). Στον πίνακα 3.7.1 παρουσιάζονται οι συντελεστές Pearson για τη θέση Α. Στους πίνακες 3.7.2 και 3.7.3 παρουσιάζονται οι συντελεστές Pearson για τις θέσεις Β και Γ αντίστοιχα. Από τον πίνακα 3.7.1 παρατηρούμε πως η καταστροφή των οργανικών υλικών (PPOs) επηρεάζεται σημαντικά από τους ρύπους NO_2

και O_3. Έπειτα από τον πίνακα 3.7.2 και 3.7.3 βλέπουμε πως η καταστροφή των οργανικών υλικών (PPOs) στις θέσεις Β και Γ σχετίζεται και με το SO_2, ωστόσο οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου είναι πολύ χαμηλές στο εσωτερικό του μουσείου.

ΘΕΣΗ Α	**T**	**NO_2**	**RH**	**O_3**	**SO_2**
PPO_SAT	0.02	-0.58	-0.13	0.61	0.36
PPO_UAT	0.57	**-0.96**	0.53	**0.94**	-0.33
PPO_SAC	0.01	-0.56	-0.16	0.60	0.38
PPO_UAC	0.57	**-0.96**	0.53	**0.94**	-0.32

Πίνακας 3.7.1: Μέθοδος Pearson ανάμεσα στα PPOs και τη θερμοκρασία (T), την σχετική υγρασία (RH) και τους ρύπους NO_2, O_3 και SO_2 στη θέση Α [1].

ΘΕΣΗ Β	**T**	**NO_2**	**RH**	**O_3**	**SO_2**
PPO_SAT	-0.74	**1.00**	0.19	**-0.91**	**0.85**
PPO_UAT	0.44	-0.72	0.52	**0.91**	**-0.95**
PPO_SAC	-0.78	**1.00**	0.26	**-0.89**	**0.82**
PPO_UAC	0.42	-0.70	0.54	**0.90**	**-0.94**

Πίνακας 3.7.2: Μέθοδος Pearson ανάμεσα στα PPOs και τη θερμοκρασία (T), την σχετική υγρασία (RH) και τους ρύπους NO_2, O_3 και SO_2 στη θέση Β [1].

ΘΕΣΗ Γ	**T**	**NO_2**	**RH**	**O_3**	**SO_2**
PPO_SAT	-0.15	-0.30	0.67	-0.01	-0.73
PPO_UAT	-0.25	-0.28	0.75	0.10	-0.79
PPO_SAC	-0.36	-0.25	**0.82**	0.22	**-0.85**
PPO_UAC	-0.30	-0.26	0.78	0.15	**-0.82**

Πίνακας 3.7.3: Μέθοδος Pearson ανάμεσα στα PPOs και τη T, την RH και τους ρύπους στη θέση C [1].

3.8 Συλλογές εκθεμάτων του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης

Το μουσείο περιλαμβάνει τις εξής συλλογές εκθεμάτων:

1. Βυζαντινή - Μεσαιωνική συλλογή. Βυζαντινά, ενετικά και τουρκικά γλυπτά και επιγραφές, τοιχογραφίες (ΙΓ' - ΙΣΤ' αιώνα), εκκλησιαστικά σκεύη και άμφια, ξυλόγλυπτα, νομίσματα, κοσμήματα και μικροτεχνήματα της βυζαντινής και ενετικής περιόδου καθώς και ο μοναδικός στην Κρήτη πίνακας (΄Αποψη του ΄Ορους και της Μονής Σινά, 1570 περίπου) του Δομήνικου Θεοτοκόπουλου (El Greco).

Εικόνα 3.8.1: Άποψη του ΄Ορους και της Μονής Σινά (1570 περ.), Δ. Θεοτοκόπουλου [22].

2. Ιστορική συλλογή. Κειμήλια των κρητικών επαναστάσεων του ΙΘ' αιώνα και της Κρητικής Πολιτείας (1898 - 1913). Σημαίες, όπλα, προσωπογραφίες αγωνιστών, κοσμήματα, χαλκογραφίες, έπιπλα, ενδυμασίες, χάρτες, ενθύμια. Επίσης ιστορικά έγγραφα και φωτογραφικό αρχείο.

Εικόνα 3.8.2: Ιστορική συλλογή του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης [33].

3. Λαογραφική συλλογή. Εκατοντάδες αντιπροσωπευτικά δείγματα της κρητικής λαϊκής τέχνης (υφαντά, κεντήματα, δαντέλες, ενδυμασίες, κοσμήματα, μικροτεχνήματα, μουσικά όργανα κ.λ.π.). Αναπαράσταση ενός παλαιού κρητικού χωριάτικου σπιτιού.

Εικόνα 3.8.3: Λαογραφική συλλογή του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης [23].

4. Αίθουσα Νίκου Καζαντζάκη. Το γραφείο, η βιβλιοθήκη, προσωπικά

ενθύμια και χειρόγραφα πολλών έργων του μεγάλου συγγραφέα.

Εικόνα 3.8.4: Το γραφείο του Νίκου Καζαντζάκη στην Antibes της Γαλλίας (στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης) (Ιστορικό Μουσείο Κρήτης, © E.K.I.M., Ηράκλειο) [23].

5.Αίθουσα Τσουδερού. Το γραφείο, η βιβλιοθήκη και τα προσωπικά ενθύμια του Πρωθυπουργού της Μάχης της Κρήτης, χαλκογραφίες, χάρτες, σπάνιες εκδόσεις και μια συλλογή κρητικών γραμματοσήμων [22].

3.9 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Ιστορικού Μουσείου Χανίων

Από τα αποτελέσματα της μελέτης για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Ιστορικού Μουσείου Χανίων, που λάβαμε μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για το αν οι τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της υπεριώδους ακτινοβολίας και των συγκεντρώσεων μερικών αέριων ρύπων (NO_2, O_3, SO_2) που εξετάστηκαν, βρίσκονται εντός του εύρους τιμών των ιδανικών συνθηκών έκθεσης των υλικών που υπάρχουν στο μουσείο.

Τα κύρια εκθέματα που συναντήσαμε στο συγκεκριμένο μουσείο είναι

κεραμικά, μεταλλικά, ξύλινα αντικείμενα, τοιχογραφίες, υφάσματα και ποικίλα αντικείμενα από χαρτί.

- Τα εκθέματα είναι τοποθετημένα σε βιτρίνες και ο φωτισμός είναι τεχνητός. Με αυτό το τρόπο προστατεύονται από αέριους ρύπους και αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης, η ανταλλαγή αέρα μεταξύ των δωματίων είναι δυνατή.
- Η σχετική υγρασία στη θέση Β του μουσείου παρουσιάζει μέση τιμή σχετικής υγρασίας, για το χρονικό διάστημα του ενός έτους όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, από τον Μάρτιο του 2004 έως τον Φεβρουάριο του 2005, 59,7%, με τυπική απόκλιση 5%, ενώ στη θέση Γ, η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας είναι 59,8%, με τυπική απόκλιση 3.1%. Όμως οι ιδανικές συνθήκες σχετικής υγρασίας για τα κεραμικά είναι σε ποσοστό μικρότερο του 60%. Για το ξύλο είναι από 45 έως 55% ενώ για το ύφασμα από 50 έως 60%. Επίσης, για τις τοιχογραφίες η σχετική υγρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 45 έως 55%. Τέλος, η ευνοϊκή σχετική υγρασία για τα μέταλλα είναι μικρότερη από 40%. Συνεπώς, οι συνθήκες υγρασίας που επικρατούν στον μουσειακό χώρο δεν είναι πάντα κατάλληλες, για όλους τους τύπους των εκθεμάτων, με πιθανό αποτέλεσμα τη διάβρωση των αντικειμένων αυτών. Σίγουρα όμως οι τιμές της σχετικής υγρασίας που μετρήθηκαν δεν αποκλίνουν σε μεγάλο βαθμό από το εύρος τιμών σχετικής υγρασίας που απαιτούν πολλά από τα υλικά των αντικειμένων που υπάρχουν στο μουσείο.
- Η μέση τιμή της θερμοκρασίας στη θέση Β είναι 22,1 ^{o}C με τυπική απόκλιση 5 ^{o}C, ενώ στη θέση Γ η μέση τιμή της θερμοκρασίας είναι 21,5 ^{o}C με τυπική απόκλιση 5,2 ^{o}C. Για τα κεραμικά και το ξύλο η ιδανική θερμοκρασία είναι από 18 ^{o}C έως 21 ^{o}C, για το χαρτί και το ύφασμα από 16 ^{o}C έως 20 ^{o}C και τέλος για τις τοιχογραφίες από 21±1,5 ^{o}C. Γενικότερα, η μέση θερμοκρασία του χώρου ενός μουσείου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου πρέπει να διατηρείται στους 21 ± 1,5 ^{o}C. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας στο χώρο του

μουσείου πολλές φορές απέχει σημαντικά από το εύρος τιμών της θερμοκρασίας που έχει καθορισθεί ως ιδανικό, με αποτέλεσμα τα αντικείμενα που εκθέτονται να φθείρονται. Παρ' όλα αυτά μεγάλο διάστημα του χρόνου, μπορεί να βρίσκεται εντός αυτού του εύρους τιμών.

- Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στις θέσεις Β και Γ, ακολουθούν τις μεταβολές της θερμοκρασίας που παρατηρούνται στη θέση Α κατά το μήνα Οκτώβριο με διαφορά μία ή δύο ημέρες, λόγω του μηχανικού αερισμού στο κτίριο ο οποίος ενεργοποιείται μόνο όταν είναι ανοιχτό το μουσείο. Η θερμοκρασία μέσα και έξω από τη βιτρίνα ακολουθεί τις ίδιες διακυμάνσεις. Στη θέση Β παρατηρούνται λίγο μεγαλύτερες θερμοκρασίες σε σχέση με τη θέση Γ. Στη θέση Γ παρατηρούμε πως η μέση ημερήσια σχετική υγρασία παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους. Αντίθετα η μέση ημερήσια θερμοκρασία παρουσιάζει μεγαλύτερες διακυμάνσεις.
- Η ελάχιστη τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι 0,4 mW/m^2 και παρουσιάζεται κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο ενώ κατά τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο παρουσιάζει μέγιστη τιμή ίση με 1 mW/m^2. Η μέση ετήσια τιμή είναι ίση με 0,75 ± 0,21 mW/m^2. Τα επίπεδα αυτά της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβή για τα εκθέματα του μουσείου. Εξάλλου, τα μεταλλικά, τα πέτρινα και τα κεραμικά αντικείμενα είναι πολύ ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Η μέση συγκέντρωση του NO_2 είναι στη θέση Α, 15,4 ppb με τυπική απόκλιση 3 ppb, στη θέση Β, 13,6 ppb με τυπική απόκλιση 1,8 ppb ενώ στη θέση Γ, 1,1 ppb με τυπική απόκλιση 0,2 ppb. Σύμφωνα με τα προτεινόμενα επίπεδα ρυπαντών εντός του μουσείου, η συγκέντρωση του NO_2 θα έπρεπε να είναι πολύ μικρότερα στη θέση Β (μικρότερο από 2,63 ppb). Στη περίπτωση που εφαρμοζόταν μέθοδος φιλτραρίσματος τα επίπεδα του NO_2 στη θέση Β θα ήταν μικρότερα από 1 ppb, ενώ στο περιβάλλον της προθήκης θα ήταν

μηδαμινά. Η μέση συγκέντρωση του O_3 στη θέση Α είναι 62,2 ppb με τυπική απόκλιση 11,6 ppb, στη θέση Β είναι 19 ppb με τυπική απόκλιση 5,6 ppb και στη θέση Γ είναι 1,6 ppb με τυπική απόκλιση 0,4 ppb. Σύμφωνα με τα προτεινόμενα επίπεδα ρυπαντών εντός του μουσείου, η συγκέντρωση του O_3 θα έπρεπε να είναι πολύ μικρότερη στη θέση Β (μικρότερο από 2,5 ppb). Και στη περίπτωση αυτή τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων θα ήταν πολύ χαμηλότερα αν εφαρμοζόταν η μέθοδος φιλτραρίσματος. Τέλος, όσον αφορά στο SO_2, η συγκέντρωσή του στη θέση Α μετρήθηκε 6,4 ppb με τυπική απόκλιση 3,3, στη θέση Β, 0,4 με τυπική απόκλιση 0,1 και στη θέση Γ, 0,3 με τυπική απόκλιση 0,1. Σύμφωνα με τα προτεινόμενα επίπεδα ρυπαντών εντός του μουσείου, η συγκέντρωση του SO_2 είναι ικανοποιητική, τόσο στη θέση Β, όσο και στη θέση Γ του μουσείου. Στα διάφορα υλικά των εκθεμάτων του μουσείου η επίδραση των ρύπων αυτών είναι καταστροφική. Μάλιστα οι διάφοροι ρύποι με την παρουσία υγρασίας μπορούν να προξενήσουν πολύ έντονες φθορές σε διάφορα εκθέματα. Συνεπώς, και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και προστασίας των αντικειμένων.

- Η συγκέντρωση του οξικού οξέος είναι 2 - 17 φορές υψηλότερη από αυτή του μυρμηκικού οξέος. Στην περιοχή του μουσείου κατά τη θερινή περίοδο, παρατηρείται αύξηση της κυκλοφορίας, ενώ δεν υπάρχει έντονη βλάστηση, για αυτό το οξικό οξύ βρίσκεται σε πολύ υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με το μυρμηκικό τη περίοδο αυτή.
- Έντονη καταστροφή των πολυμερών κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου σε εσωτερικούς χώρους παρακολούθησης, δηλαδή στη θέση Β και Γ. Στη θέση Α η μεγαλύτερη αποσύνθεση του υλικού εμφανίζεται κατά τη θερινή περίοδο. Αυτό συμβαίνει λόγω της έκθεσης στο ηλιακό φως και των υψηλών συγκεντρώσεων των ρύπων έξω από το μουσείο.
- Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών το ποσοστό διείσδυσης

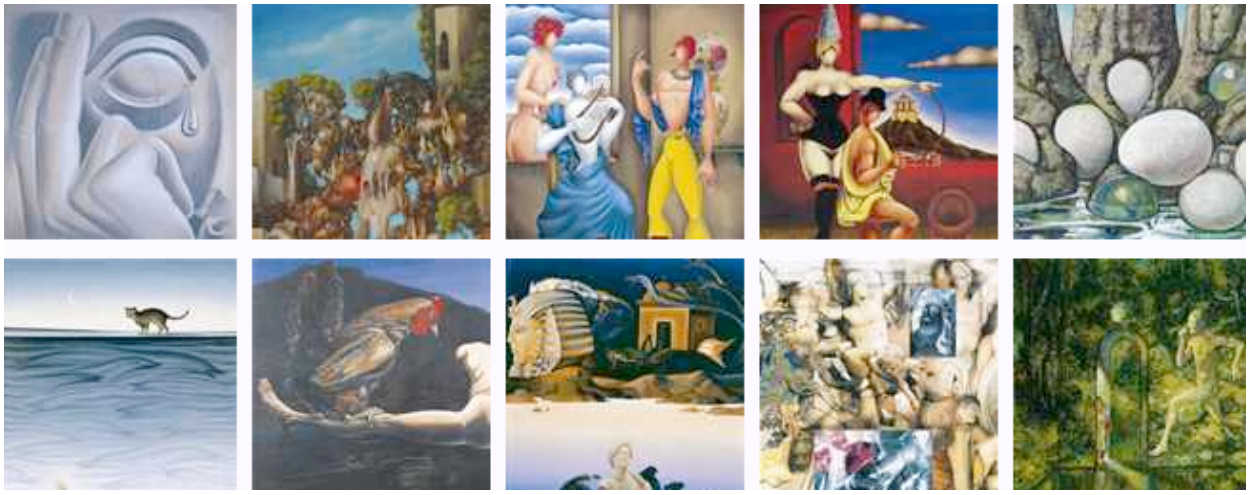
των ρύπων στο μουσείο είναι υψηλότερο, λόγω του ότι οι ρύποι συσσωρεύονται στο εσωτερικό του μουσείου, καθώς μεγάλος αριθμός επισκεπτών εισέρχεται σε αυτό και πολύ συχνά η πόρτα είναι ανοιχτή. Ωστόσο, αυτό είναι μόνο μια υπόθεση, για αυτό χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να καθοριστεί με ακρίβεια η επίδραση του ποσοστού διείσδυσης των αιωρουμένων σωματιδίων, του είδους και της συγκέντρωσης των ρύπων, του ηλιακού φωτός κλπ. στη καταστροφή του υλικού των εκθεμάτων. Για τη θέση Α παρατηρούμε πως η καταστροφή των οργανικών υλικών (PPOs) επηρεάζεται σημαντικά από τους ρύπους NO_2 και O_3. Στις θέσεις Β και Γ, η καταστροφή των οργανικών υλικών (PPOs) σχετίζεται και με το SO_2, ωστόσο οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου είναι πολύ χαμηλές στο εσωτερικό του μουσείου.

- Όσον αφορά στις συνθήκες εργασίας των εργαζομένων, η σχετική υγρασία θα πρέπει να βρίσκεται σε ποσοστό μέχρι 60%. Η σχετική υγρασία στο εσωτερικό του μουσείου δε ξεπερνάει σημαντικά τη τιμή αυτή. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει μέση τιμή 59,7% κατά τη διάρκεια του έτους, με τυπική απόκλιση 3,8%. Η θερμοκρασία του χώρου, ώστε να αισθάνεται άνετα ο άνθρωπος, θα πρέπει να κυμαίνεται από 20 έως 25 ^oC. Στο χώρο του μουσείου η θερμοκρασία κάποιες φορές ήταν χαμηλότερη ή ξεπερνούσε τις τιμές αυτές. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει μέση τιμή 22,1 ^oC, με τυπική απόκλιση 5 ^oC. Η υπεριώδης ακτινοβολία δε πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mW/m^2. Η υπεριώδης ακτινοβολία στο χώρο του μουσείου βρίσκεται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα. Τέλος, σύμφωνα με τα όρια της παγκόσμιας οργάνωσης υγεία η ωριαία τιμή του NO_2 δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 212 ppb ενώ η 24ωρη τιμή, την τιμή των 79,5 ppb. Αντίστοιχα η ωριαία τιμή του SO_2 δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 133 ppb. Το όριο προειδοποίησης είναι 95 ppb. Τέλος, σύμφωνα με τα όρια παγκόσμιας οργάνωσης υγείας, η ωριαία τιμή όζοντος δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή των 75 – 100 ppb, ενώ η 8ωρη, την

τιμή 50 – 60 ppb. Συνεπώς, τα επίπεδα των συγκεντρώσεων και των τριών ρύπων μέσα στο χώρο του μουσείου κρίνονται φυσιολογικά και δεν συνιστούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

4 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων

4.1 Εισαγωγή



Ο Δήμος Χανίων δραστηριοποιείται στο χώρο του πολιτισμού και ειδικότερα σ' αυτό των τεχνών. Ότι αποτέλεσε για πολλές δεκαετίες όραμα πολλών Χανιωτών, παίρνει σάρκα και οστά με την ύπαρξη και τη λειτουργία της Δημοτικής Πινακοθήκης.

Εικόνα 4.1.1: Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων [24].

Τώρα ο Δήμος Χανίων με δεδομένη την ύπαρξη και την λειτουργία της Δημοτικής Πινακοθήκης στοχεύει στην ανάδειξη του χώρου αυτού όχι τόσο σαν ένα χώρο μουσειακό όσο σαν ένα χώρο προστασίας και διάσωσης του πολιτισμού με την ευρύτερη δυνατή έννοια. Σ' ένα χώρο δηλαδή σύγχρονο όπου οι διάφοροι τομείς της Τέχνης, της Επιστήμης και του Λόγου θα μπορούσαν να συνυπάρξουν αναζητώντας ο ένας τη συνδρομή του άλλου ώστε να γίνει εφικτή η υλοποίηση στόχων και οραμάτων που ο καθένας από αυτούς τους τομείς της εκδήλωσης του Ανθρώπινου πνεύματος μπορεί να προσφέρει στο κοινωνικό σύνολο [24].

Η Δημοτική Πινακοθήκη στεγάζεται σε ένα νεοκλασικό κτίριο σε κεντρικό σημείο της πόλης, κοντά στο λιμάνι. Αποτελείται από δύο ορόφους. Μπροστά από την είσοδο της πινακοθήκης υπάρχει δρόμος και η απόσταση από τη θάλασσα είναι περίπου 100μ.

Εικόνα 4.1.2: Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων (δεύτερος όροφος) [24].

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κάποιων παραμέτρων στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης. Συγκεκριμένα, με κατάλληλα όργανα μετρήθηκε η θερμοκρασία, η υγρασία, τα αιωρούμενα σωματίδια, η περιεκτικότητα του αέρα σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) καθώς και η ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία.

Στόχος μας είναι να ερευνήσουμε πως επηρεάζεται η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος της δημοτικής πινακοθήκης από τα παραπάνω μεγέθη.

Παρακάτω, παρουσιάζουμε την κάτοψη του κτιρίου της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Σε αυτήν φαίνονται οι θέσεις στις οποίες τοποθετήθηκαν τα διάφορα όργανα που χρησιμοποιήσαμε για να πάρουμε μετρήσεις:

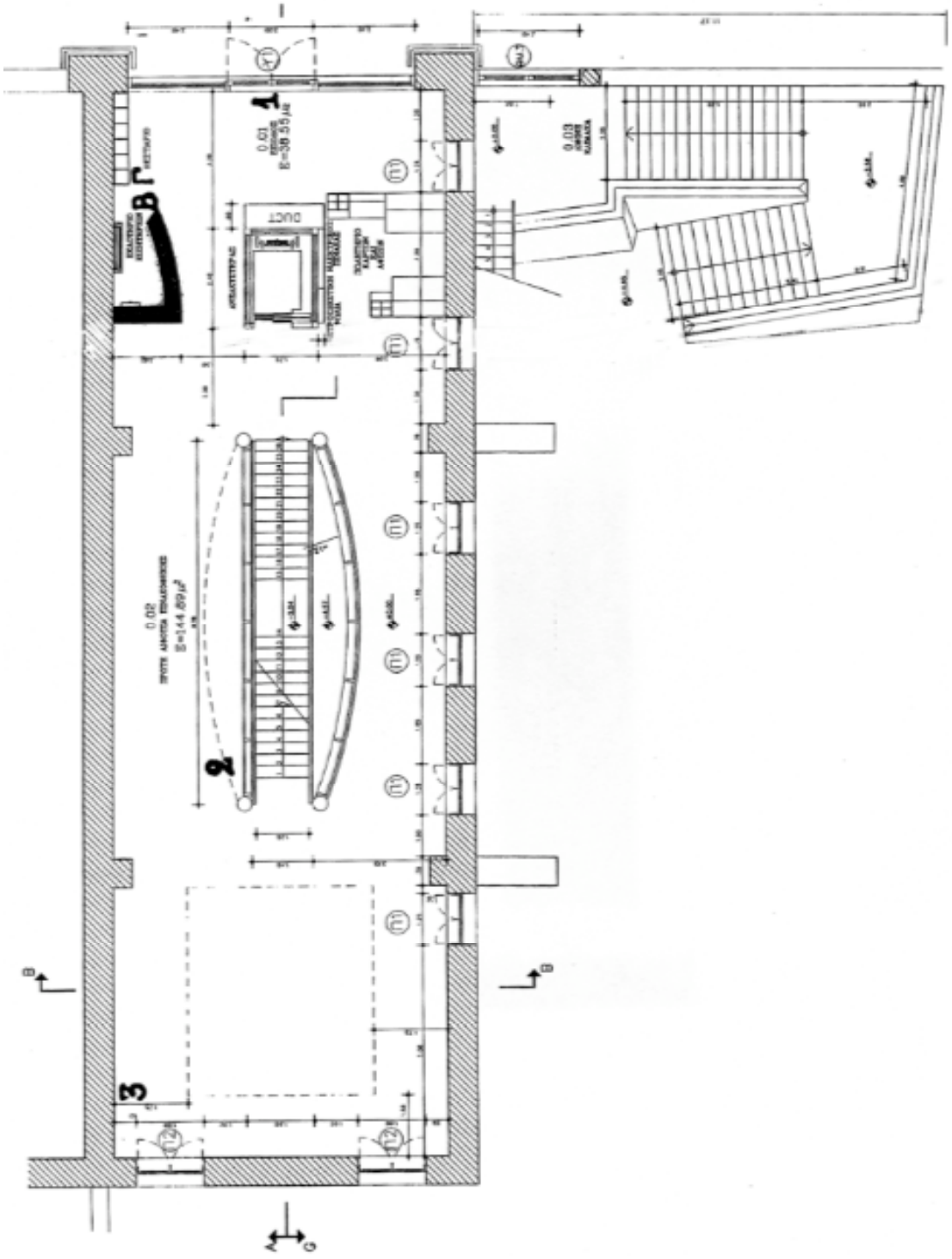
α) θερμοκρασίας και υγρασίας,

β) ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας,

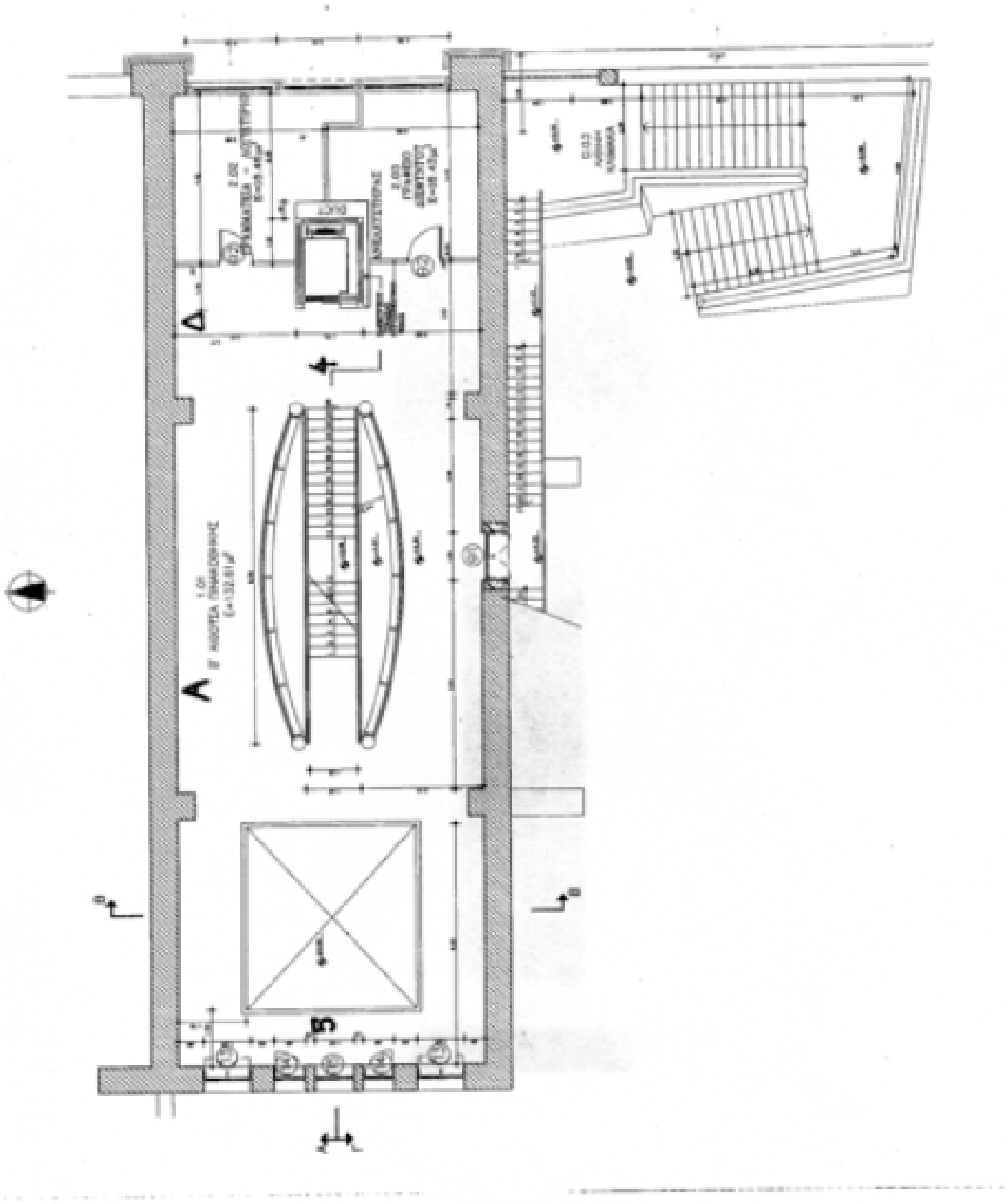
γ) αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10},

δ) μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2).

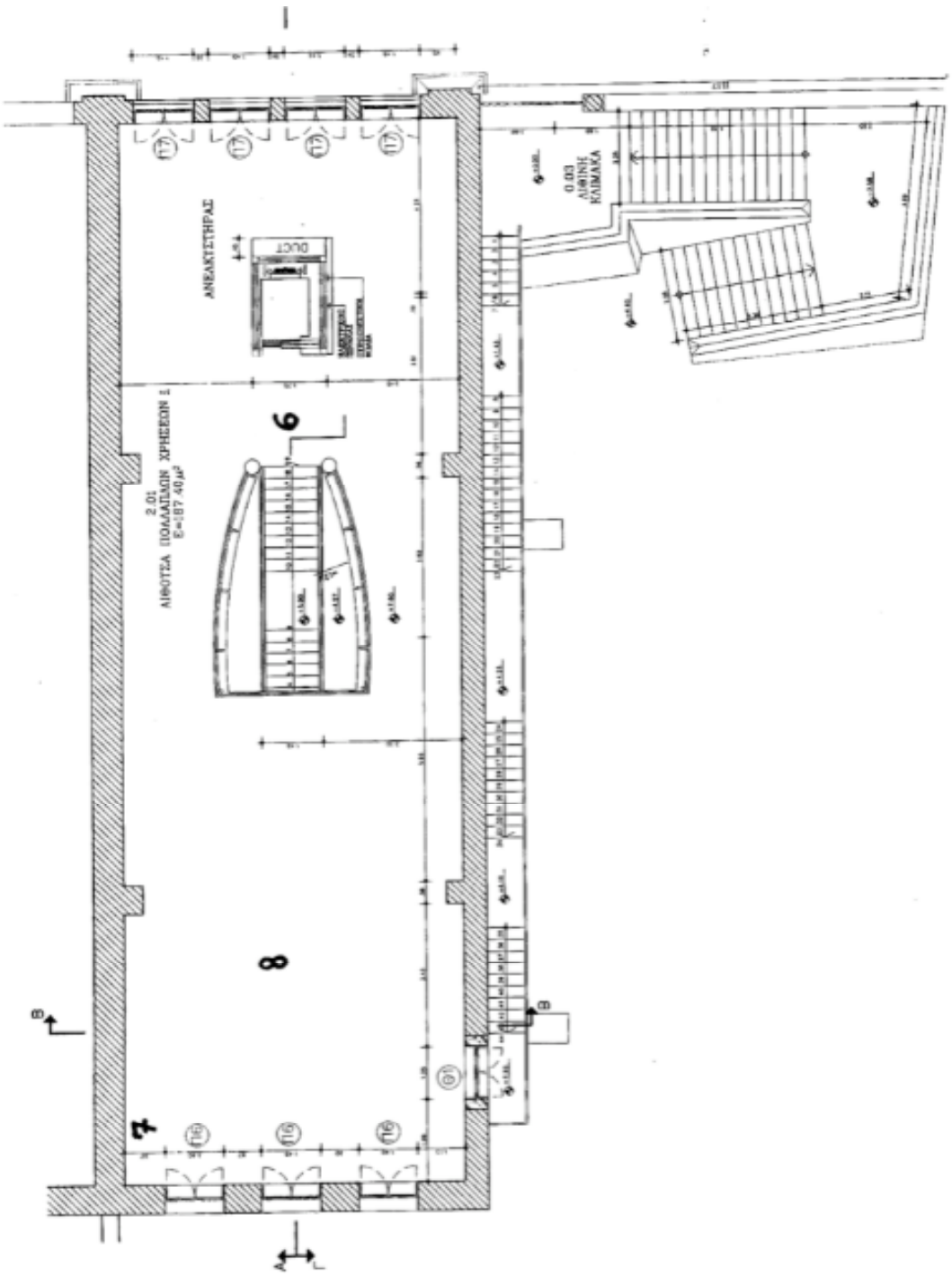
ΙΣΟΓΕΙΟ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΝΑΚΟΘΗΚΗΣ ΧΑΝΙΩΝ



ΠΡΩΤΟΣ ΟΡΟΦΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΝΑΚΟΘΗΚΗΣ ΧΑΝΙΩΝ



ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΟΡΟΦΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΠΙΝΑΚΟΘΗΚΗΣ ΧΑΝΙΩΝ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ:

Θέσεις 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: Όργανο μέτρησης της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας.

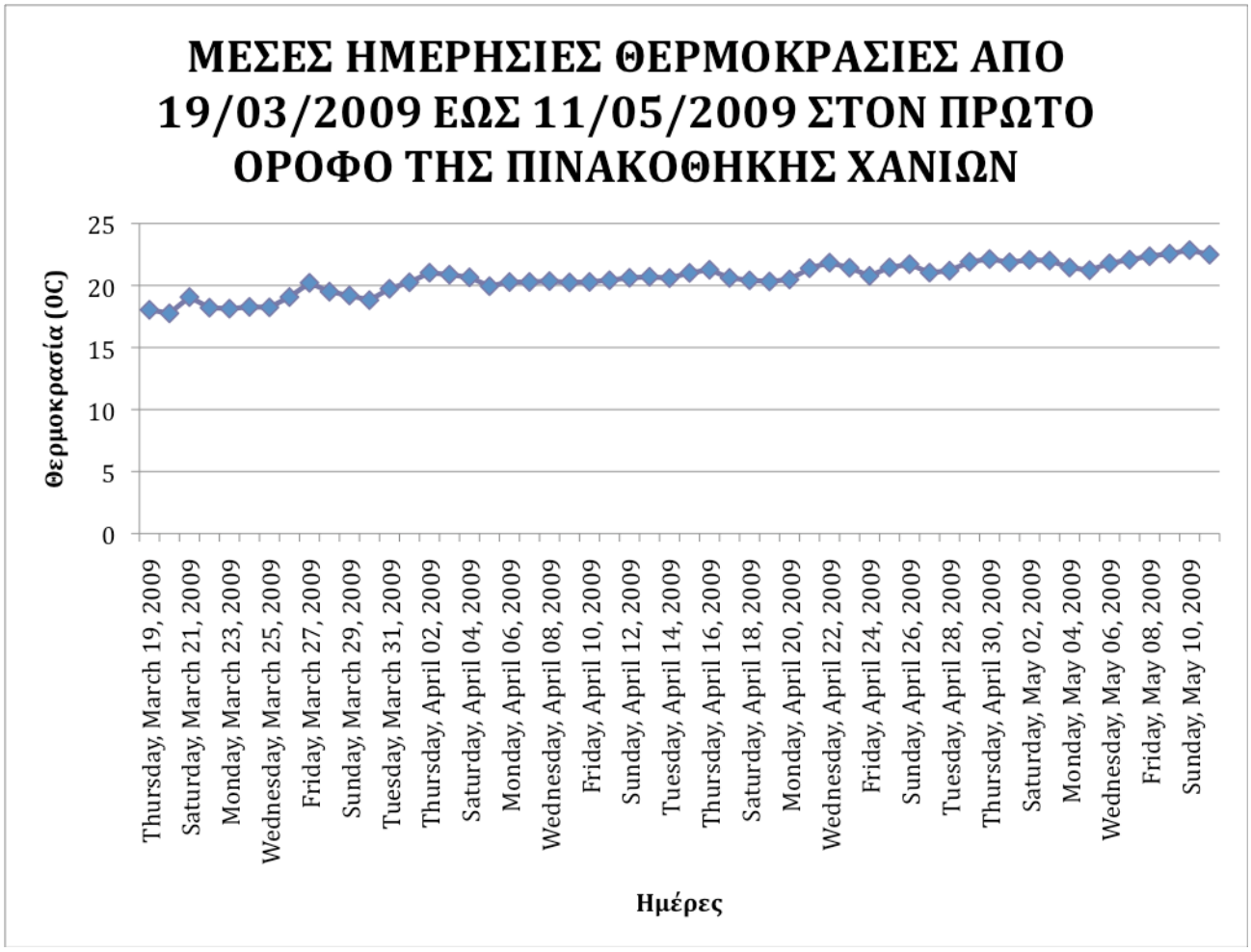
Θέση Α, Β: Όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Θέση Γ, Δ: Όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων και όργανο μέτρησης του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα.

4.2 Μελέτη θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας στη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων.

Στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης τοποθετήσαμε όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας στη θέση Α για διάστημα περίπου δύο μηνών. Συγκεκριμένα από τις 19 Μαρτίου έως τις 11 Μαΐου του 2009.



Διάγραμμα 4.2.1: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από τις 19 Μαρτίου έως τις 11 Μαΐου του 2009 στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Παρατηρώντας το διάγραμμα 4.2.1 διαπιστώνουμε πως η θερμοκρασία στο χρονικό αυτό διάστημα αυξάνεται σταδιακά. Η τιμή της κυμαίνεται ανάμεσα στους 17 ^{o}C και τους 23 ^{o}C.

Πρέπει να επισημάνουμε πως στο διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις δεν λειτουργούσε κάποιο κλιματιστικό στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης.

Στο διάγραμμα 4.2.2 που ακολουθεί βλέπουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια δύο ημερών στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης. Στις 20 Μαρτίου του 2009 και στις 10 Μαΐου του 2009. Τις ημερομηνίες αυτές παρατηρήθηκε η ελάχιστη και η μέγιστη αντίστοιχα μέση ημερήσια θερμοκρασία για το χρονικό διάστημα στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις.

Διάγραμμα 4.2.2: Μεταβολή της θερμοκρασίας στις 20 Μαρτίου και στις 10 Μαΐου του 2009 στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.2 παρατηρούμε πως η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των δύο ημερών μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο. Συγκεκριμένα από τα μεσάνυχτα μέχρι τις 9.00 πμ παρουσιάζει ελάχιστη μείωση. Ακολουθεί

αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τις 11.00 πμ και έπειτα σταθεροποιείται για περίπου τέσσερις ώρες με ελάχιστες αυξομειώσεις. Από τις 16.00 μμ η θερμοκρασία αρχίζει και πέφτει σταδιακά μέχρι να φτάσει τη τιμή που παρατηρήθηκε τα μεσάνυχτα. Επίσης, βλέπουμε πως σε διάστημα περίπου δύο μηνών η θερμοκρασία έχει ανέβει 5 με 6 ^{o}C σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

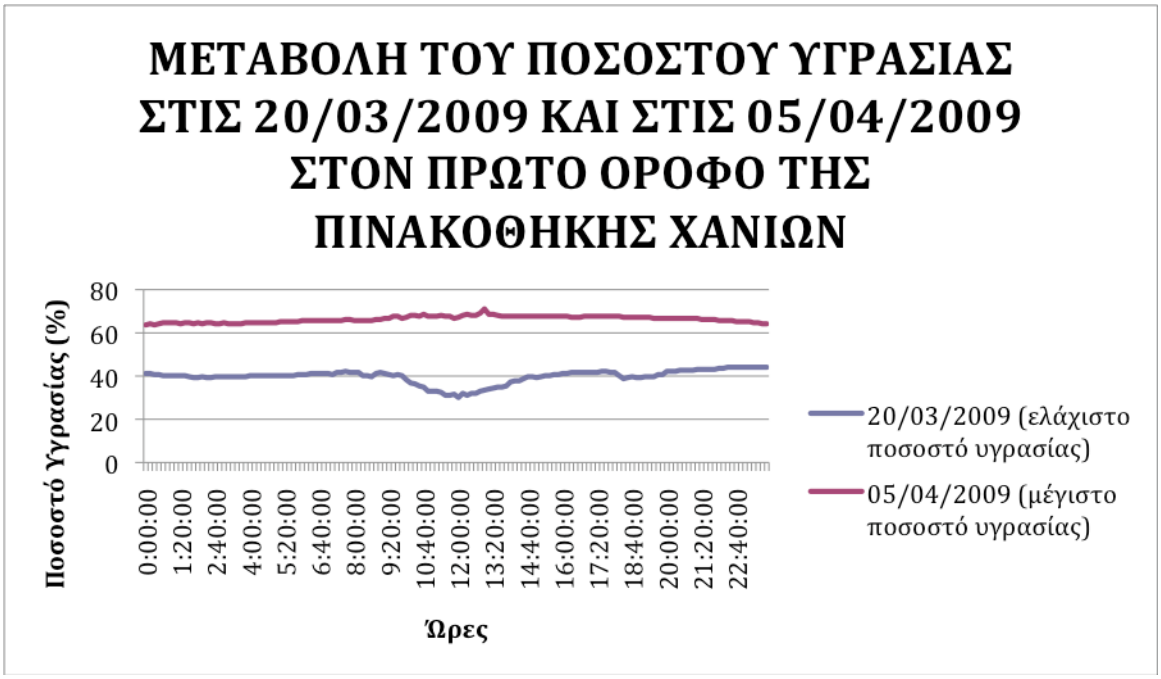
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.2.3 στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή του μέσου ημερήσιου ποσοστού υγρασίας από τις 19 Μαρτίου έως τις 11 Μαΐου του 2009 στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Διάγραμμα 4.2.3: Μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 19 Μαρτίου έως τις 11 Μαΐου του 2009 στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.3 παρατηρούμε πως το μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας μεταβάλλεται κατά το χρονικό αυτό διάστημα των δύο μηνών.

Από τις 14 Απριλίου μέχρι τις 11 Μαΐου το ποσοστό υγρασίας δε παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Μέσα στο Μάρτιο τα ποσοστά υγρασίας ήταν πολύ χαμηλότερα. Οι τιμές του ποσοστού υγρασίας κυμαίνονται μεταξύ του 39% και του 67%. Αν συγκρίνουμε το διάγραμμα 4.2.1 με το διάγραμμα 4.2.3 διαπιστώνουμε πως η μεταβολή του μέσου ημερήσιου ποσοστού υγρασίας είναι πολύ εντονότερη από αυτή της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στο χρονικό διάστημα όπου έγιναν οι μετρήσεις.

Στο διάγραμμα 4.2.4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ημερήσια μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 20 Μαρτίου και στις 5 Απριλίου του 2009 στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Δηλαδή τις ημέρες όπου παρουσιάζεται το ελάχιστο και μέγιστο μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις.



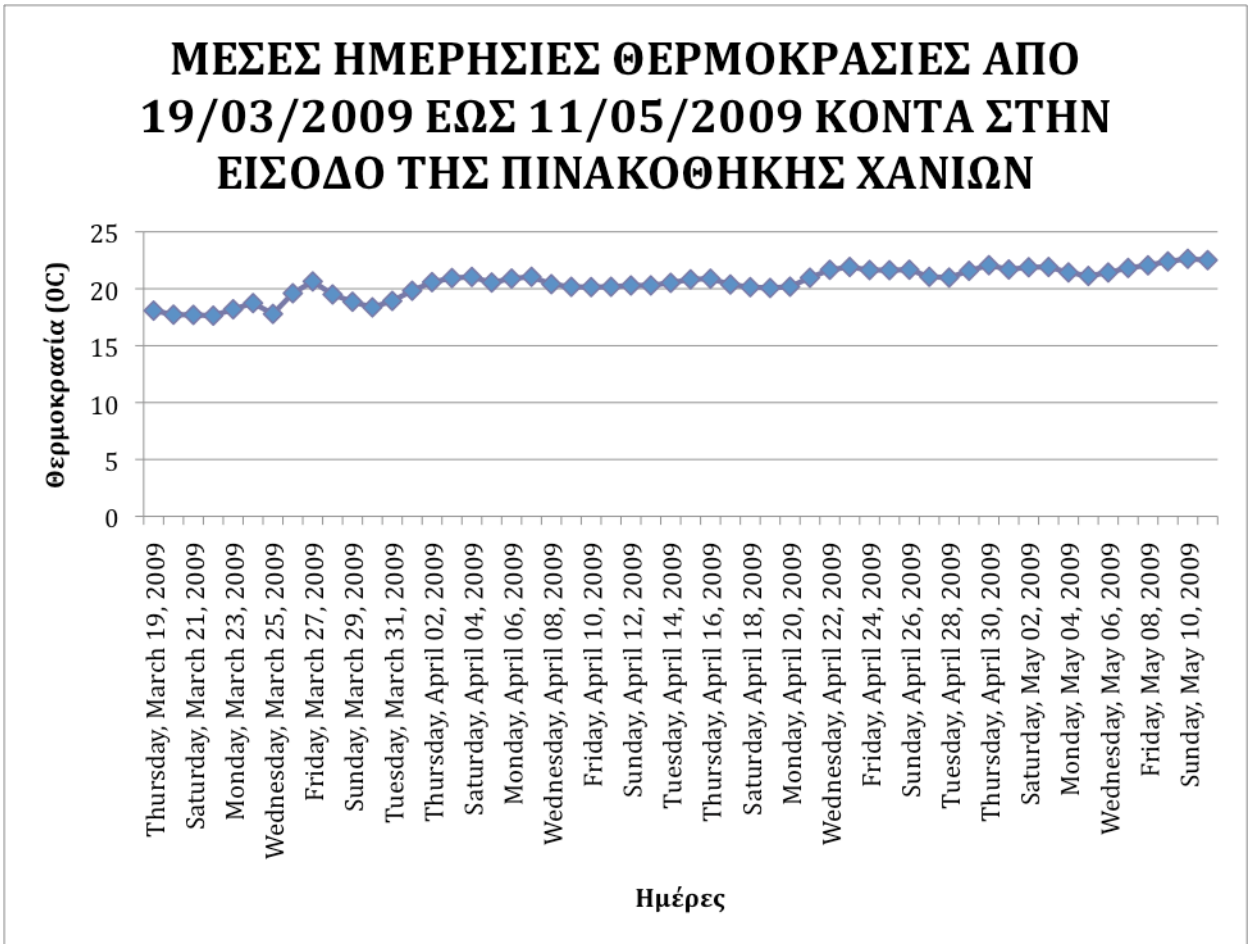
Διάγραμμα 4.2.4: Μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 20 Μαρτίου και τις 5 Απριλίου του 2009 στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.4 βλέπουμε πως το ποσοστό υγρασίας για κάθε ημέρα ξεχωριστά παραμένει σταθερό, με εξαίρεση στις 20 Μαρτίου όπου παρατηρείται σταδιακή μείωση στις 10.00 πμ μέχρι τις 12.00 μμ όπου

παρουσιάζει ελάχιστο και στη συνέχεια αυξάνεται συνεχώς μέχρι να επανέλθει στο αρχικό επίπεδο στις 2.00μμ. Η διαφορά του ποσοστού υγρασίας στο διάστημα των δεκαπέντε ημερών είναι περίπου 26%.

Παράλληλα με τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στον πρώτο όροφο γινόντουσαν μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο ισόγειο. Σε σημείο κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, συγκεκριμένα στη θέση Β, τοποθετήθηκε ένα δεύτερο ίδιο όργανο για το ίδιο χρονικό διάστημα, από 19 Μαρτίου έως 11 Μαΐου του 2009.

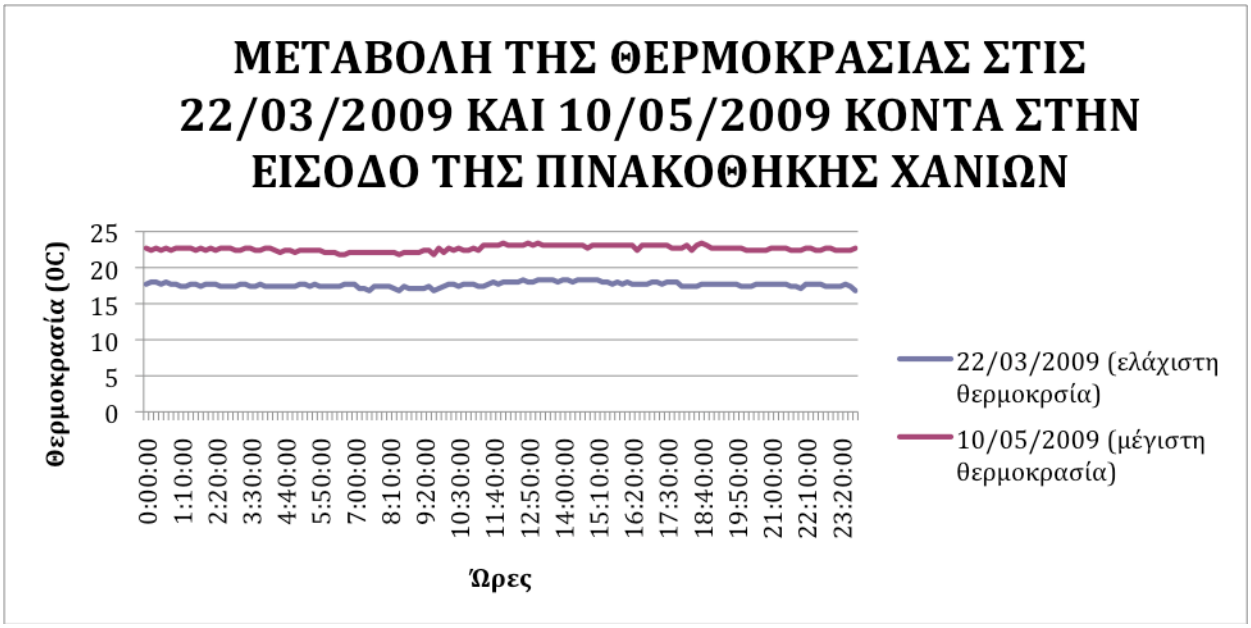
Ακολουθεί διάγραμμα με τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από 19 Μαρτίου έως 11 Μαΐου του 2009 κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης.



Διάγραμμα 4.2.5: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από 19 Μαρτίου έως 11 Μαΐου του 2009 κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.5 βλέπουμε πως η θερμοκρασία στο διάστημα των δύο αυτών μηνών αν εξαιρέσουμε κάποιες μικρές αυξομειώσεις παρουσιάζει σταδιακή αύξηση.

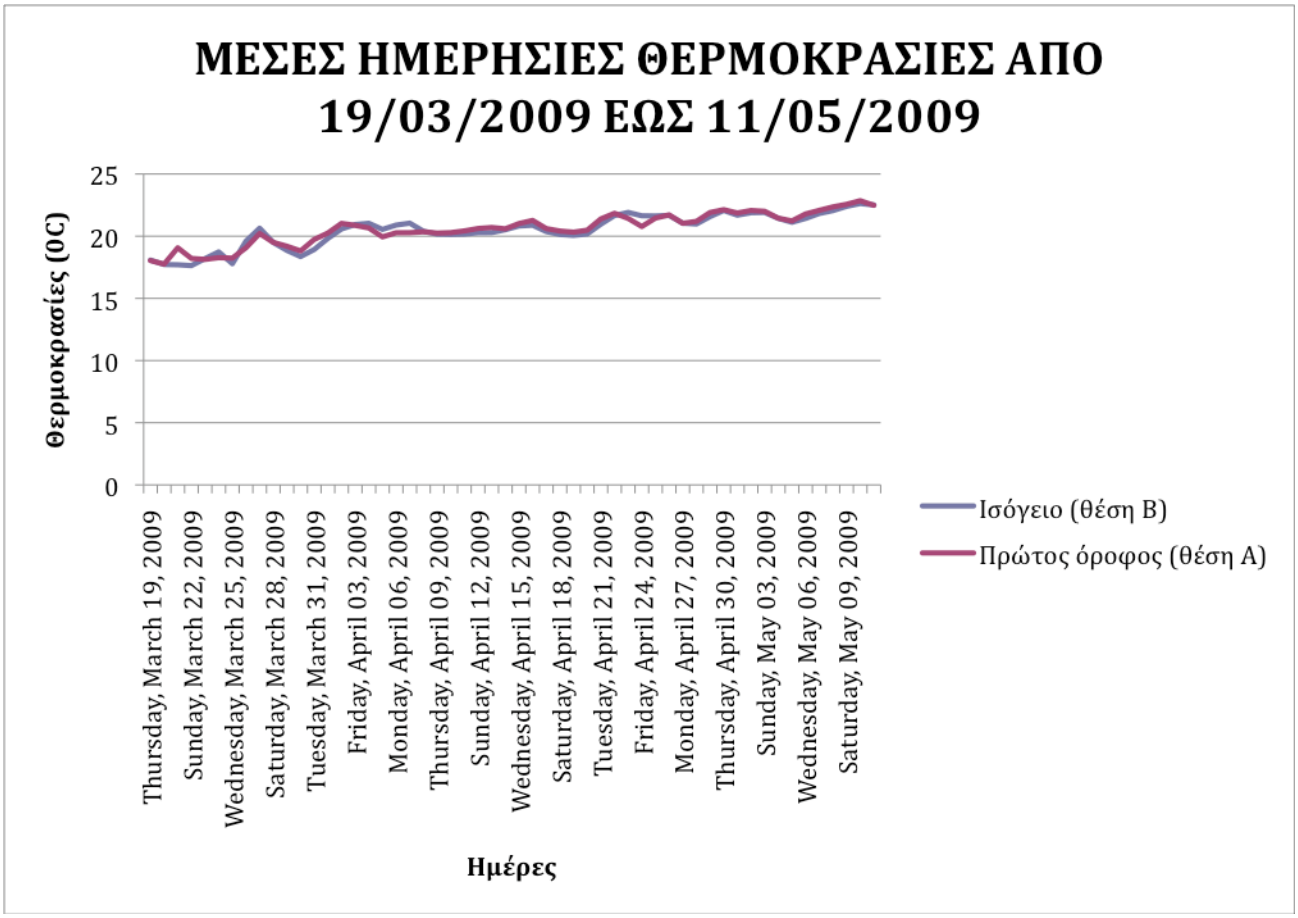
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.2.6 στο οποίο φαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια δύο ημερών. Στο διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις η μέγιστη και η ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία, κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης παρατηρήθηκε στις 10 Μαΐου και 22 Μαρτίου αντίστοιχα.



Διάγραμμα 4.2.6: Μεταβολή της θερμοκρασίας στις 22 Μαρτίου και 10 Μαΐου του 2009 κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα 4.2.2 και 4.2.6 παρατηρούμε πως η ημέρα με μέγιστη θερμοκρασία είναι η ίδια και στον πρώτο όροφο και στο ισόγειο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται δύο ημέρες μετά στο ισόγειο από την αντίστοιχη στον πρώτο όροφο.

Για να αντιληφθούμε καλύτερα τη διακύμανση της θερμοκρασίας κοντά στην είσοδο σε σχέση με τον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων ακολουθεί το διάγραμμα 4.2.7.



Διάγραμμα 4.2.7: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από τις 19 Μαρτίου έως τις 11 Μαΐου του 2009 στον πρώτο όροφο και στο ισόγειο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.7 βλέπουμε πως σχεδόν ταυτίζονται μεταξύ τους οι δύο γραμμές. Επομένως, δε διαφέρει σημαντικά η θερμοκρασία που παρατηρείται στον πρώτο όροφο στη θέση Α, από αυτήν στο ισόγειο, κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης στη θέση Β. Συνεπώς, η Δημοτική Πινακοθήκη χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλη την έκταση της.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.2.8 για το μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε στη θέση Β, κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Διάγραμμα 4.2.8: Μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 19 Μαρτίου έως τις 11 Μαΐου του 2009 κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

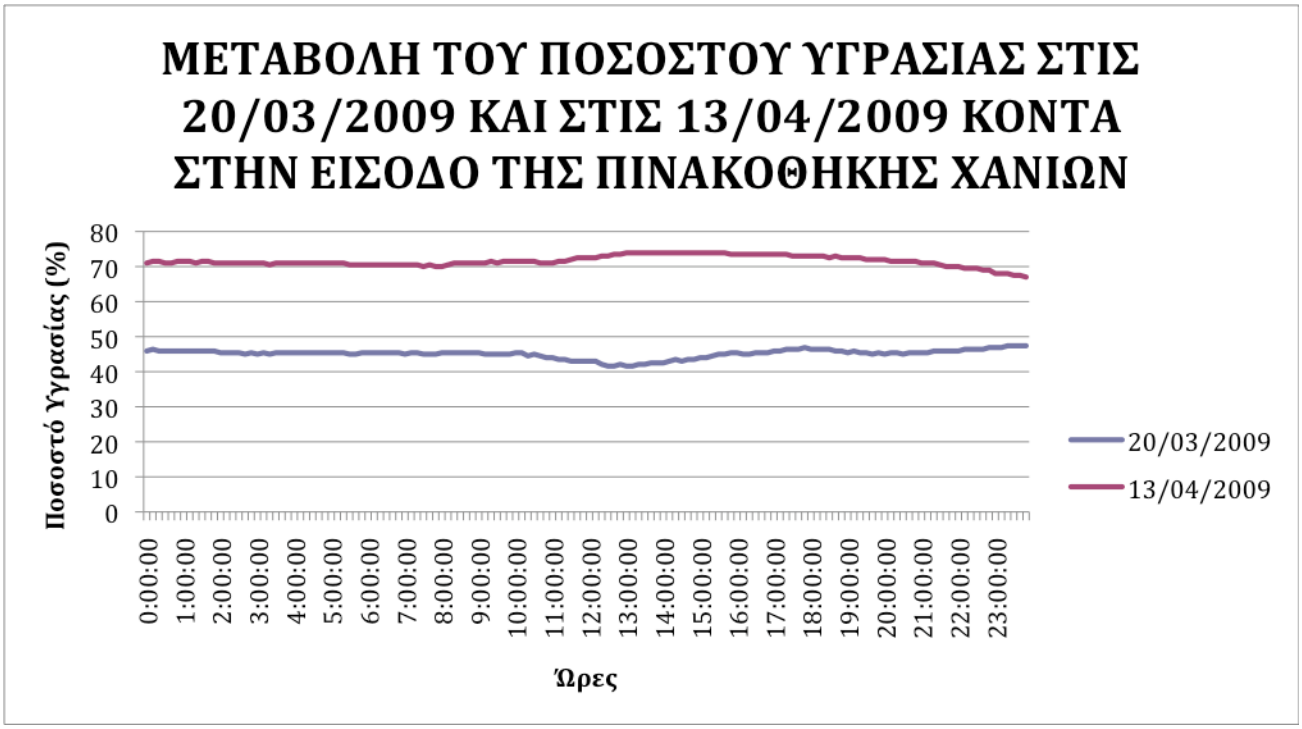
Από το διάγραμμα 4.2.8 διαπιστώνουμε πως και στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο οι μεταβολές του ποσοστού υγρασίας πραγματοποιούνται στον ίδιο χρόνο και με τον ίδιο τρόπο.

Αυτό μπορούμε να το δούμε καλύτερα στο διάγραμμα 4.2.9 όπου παρουσιάζεται η διακύμανση του ποσοστού υγρασίας στο χρονικό διάστημα που έγινε η έρευνα και στα δύο σημεία όπου έγιναν οι μετρήσεις.

Διάγραμμα 4.2.9: Μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 19 Μαρτίου έως 11 Μαίου του 2009 στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.9 διαπιστώνουμε πως αν και οι διακυμάνσεις του ποσοστού υγρασίας είναι όμοιες στη θέση Α και στη θέση Β, στον πρώτο όροφο τα ποσοστά υγρασίας είναι πάντα χαμηλότερα από αυτά που μετρήθηκαν στο ισόγειο. Προφανώς αυτό συμβαίνει γιατί οι συνθήκες που επικρατούν στη θέση Β επηρεάζονται σημαντικά από τις εξωτερικές συνθήκες. Η θέση Β, είναι κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων όπως έχουμε προαναφέρει. Η πόρτα της πινακοθήκης παραμένει σχεδόν πάντα ανοιχτή, άρα υπάρχει αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.2.10. Σε αυτό φαίνεται η μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 20 Μαρτίου του 2009 και στις 13 Απριλίου του 2009, τις ημέρες αυτές παρατηρήθηκε το ελάχιστο και το μέγιστο αντίστοιχα ποσοστό υγρασίας.



Διάγραμμα 4.2.10: Μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 20 Μαρτίου και τις 13 Απριλίου του 2009 κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.2.10 βλέπουμε πως το ποσοστό υγρασίας για κάθε ημέρα ξεχωριστά παραμένει σταθερό μέχρι τις 10 πμ. Ακολουθεί μία ελαφρά μεταβολή στο υπόλοιπο τις ημέρας. Στις 20 Μαρτίου μειώνεται και επανέρχεται στη συνέχεια στο αρχικό επίπεδο ενώ αντίθετα στις 13 Απριλίου αυξάνεται και έπειτα επιστρέφει στο αρχικό επίπεδο.

Η διαφορά του ποσοστού υγρασίας στο διάστημα αυτών των ημερών (23 ημέρες) είναι περίπου 26%. Την ίδια ημέρα παρατηρήθηκε ελάχιστο ποσοστό υγρασίας και στον πρώτο όροφο.

4.3 Μελέτη της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων

Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της ορατής και της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 8 διαφορετικά σημεία μέσα στη Πινακοθήκη. Σε τρία σημεία στο ισόγειο, σε 2 στον πρώτο όροφο και σε 3 στον δεύτερο όροφο της Πινακοθήκης. Καλύτερα φαίνονται στην κάτοψη του κτιρίου οι διάφορες θέσεις. Πολλές φορές πήραμε μετρήσεις και από τον χώρο ακριβώς έξω από την είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων προκειμένου να δούμε κατά πόσο επηρεάζονται οι εσωτερικές συνθήκες, όσον αφορά στην ορατή και την υπεριώδη ακτινοβολία, από το εξωτερικό περιβάλλον.

Παρακάτω παρουσιάζεται η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας σε οχτώ διαφορετικές θέσεις μέσα στη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων. Έχουμε μετρήσεις της ορατής ακτινοβολίας από πέντε ημέρες. Συγκεκριμένα στις 18 Μαρτίου, τις 27 και 30 Απριλίου, τις 13 και 14 Μαΐου του 2009. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν κυρίως πρωινές ώρες.

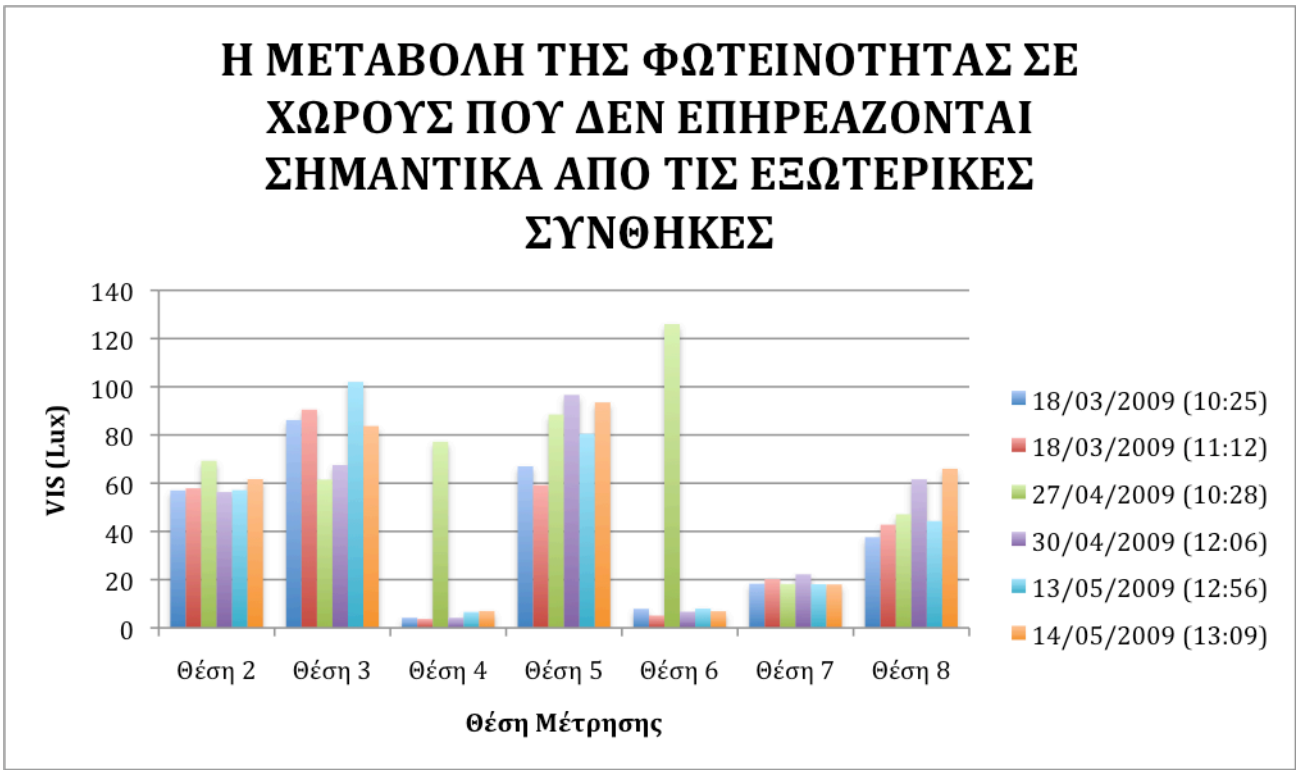
Διάγραμμα 4.3.1: Διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.3.1 διαπιστώνουμε πως στη θέση 1 η ορατή ακτινοβολία βρίσκεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις υπόλοιπες θέσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί η θέση 1 επηρεάζεται περισσότερο από κάθε άλλη, από τις συνθήκες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Συγκεκριμένα, η θέση 1 είναι η είσοδος της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Στη θέση αυτή, η πόρτα εισόδου της Δημοτικής Πινακοθήκης παραμένει σχεδόν πάντα ανοιχτή κατά τη περίοδο της έρευνας. Επίσης, η μπροστά όψη της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, δηλαδή η όψη στην οποία βρίσκεται η είσοδος της Πινακοθήκης, καλύπτεται στο μεγαλύτερο μέρος της από τζάμι επιτρέποντας στην ακτινοβολία να εισέρχεται σε κάποιο βαθμό εντός του κτιρίου. Πρέπει να σημειωθεί πως υπάρχουν σίτες στα παράθυρα της Δημοτικής Πινακοθήκης.

Επίσης, από το διάγραμμα 4.3.1 συμπεραίνουμε πως οι μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα έντονες στη θέση 1 για τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, ενώ στις υπόλοιπες θέσεις οι μεταβολές είναι σαφώς μικρότερες.
Ακολουθεί η εικόνα 4.3.1 όπου φαίνεται η μπροστά όψη της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Εικόνα 4.3.1: Μπροστά όψη της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων [24].

Στο διάγραμμα 4.3.2 που ακολουθεί φαίνονται καλύτερα οι μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας, τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, στις θέσεις που δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις εξωτερικές συνθήκες. Συγκεκριμένα στις θέσεις 2, 3, 4, 5, 6, 7 και 8.



Διάγραμμα 4.3.2: Μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας σε χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων που δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις εξωτερικές συνθήκες.

Από το διάγραμμα 4.3.2 παρατηρούμε πως στη θέση 2 οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας παραμένουν σταθερές για τις διάφορες ημέρες όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Συγκεκριμένα κυμαίνονται από 56 Lux έως 70 Lux περίπου. Στη θέση 3 οι διακυμάνσεις είναι λιγάκι εντονότερες. Οι τιμές κυμαίνονται από 61 Lux έως 102 Lux περίπου. Στη θέση 4 παρατηρούμε σταθερότητα στις τιμές, με εξαίρεση τη τιμή που λάβαμε στις 27 Απριλίου του 2009 που λόγω της λειτουργίας τεχνητού φωτισμού είναι πολύ υψηλή σε σχέση με τις υπόλοιπες. Η τιμή αυτή είναι περίπου ίση με 77 Lux ενώ τις υπόλοιπες ημέρες κυμαίνεται από 3,7 Lux έως 7 Lux. Στη θέση 5 παρατηρούνται κάποιες διακυμάνσεις. Οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ των 59 Lux και 97 Lux. Στη θέση 6 συμβαίνει το ίδιο με τη θέση 3. Βλέπουμε δηλαδή μία σταθερότητα στις τιμές από 5,1 Lux έως 8 Lux, με εξαίρεση στις 27 Απριλίου που η τιμή της ορατής ακτινοβολίας φτάνει τα

126 Lux. Στη θέση 7 οι τιμές είναι σταθερές και κυμαίνονται από 18 Lux έως 22,2 Lux. Τέλος στη θέση 8 παρατηρούνται κάποιες διακυμάνσεις. Συγκεκριμένα οι τιμές κυμαίνονται από 37,6 Lux έως 66 Lux.

Οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας που λαμβάνουμε από τις μετρήσεις είναι αποτέλεσμα και του φυσικού αλλά και του τεχνητού φωτισμού του κτιρίου της Δημοτικής Πινακοθήκης.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.3.3 στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας, σε διάστημα περίπου μίας ώρας, στις 18 Μαρτίου του 2009, στις διάφορες θέσεις της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων όπου πήραμε μετρήσεις.

Διάγραμμα 4.3.3: Μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων σε διάστημα περίπου μίας ώρας στις 18 Μαρτίου του 2009.

Αυτό που παρατηρούμε στο διάγραμμα 4.3.3 είναι πως στη θέση 1 παρουσιάζεται η μεγαλύτερη μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας. Στη θέση 1, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, έχουμε τις υψηλότερες τιμές ορατής ακτινοβολίας σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους της Δημοτικής

Πινακοθήκης. Στις άλλες θέσεις, οι τιμές δεν είναι τόσο μεγάλες και η μεταβολή τους στο διάστημα της μίας ώρας είναι ελάχιστη. Τα παραπάνω εξηγούνται από το γεγονός ότι η θέση 1 βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου της Δημοτικής Πινακοθήκης. Στο εξωτερικό περιβάλλον η ορατή ακτινοβολία μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας, συνεπώς δικαιολογείται η έντονη αυτή μεταβολή στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης.

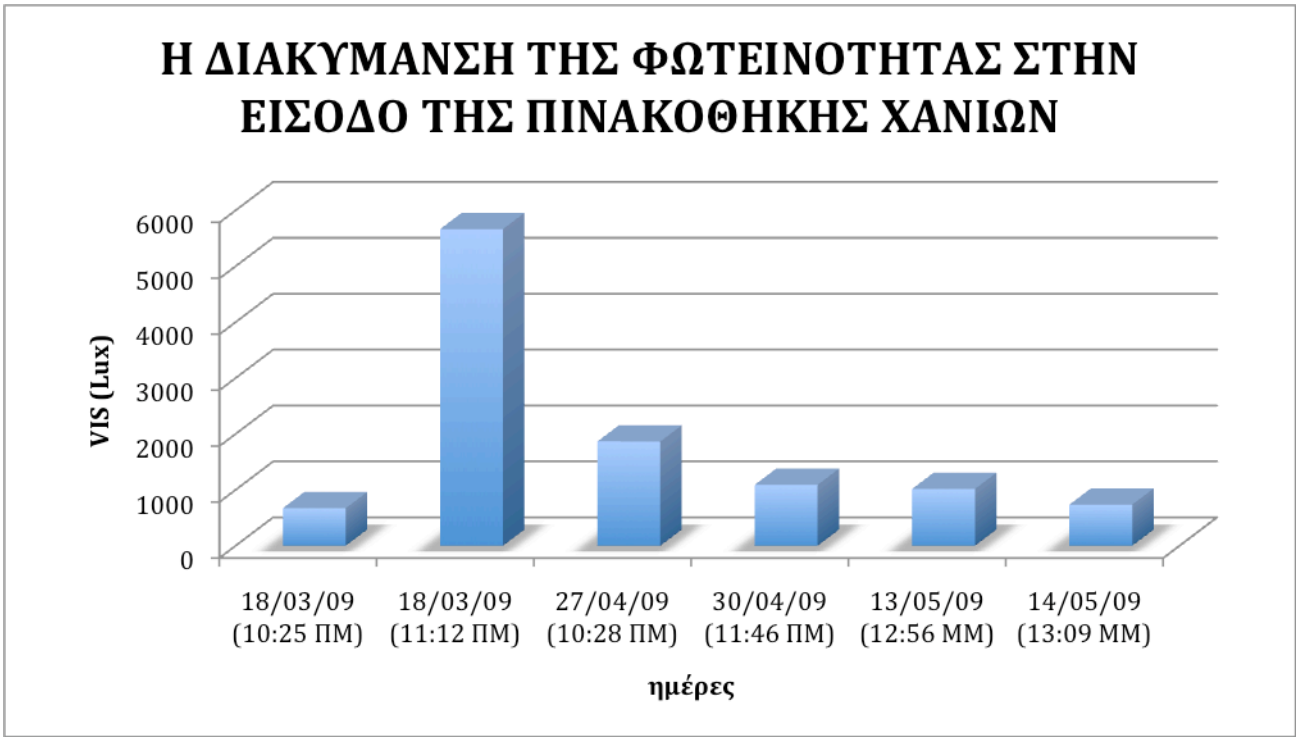
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.3.4 όπου παρουσιάζεται η επιρροή της φωτεινότητας της εισόδου της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από την εξωτερική.

Διάγραμμα 4.3.4: Επιρροή της ορατής ακτινοβολίας της εισόδου της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από την εξωτερική.

Για να αντιληφθούμε καλύτερα την επιρροή της ορατής ακτινοβολίας της εισόδου της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από αυτήν του περιβάλλοντα

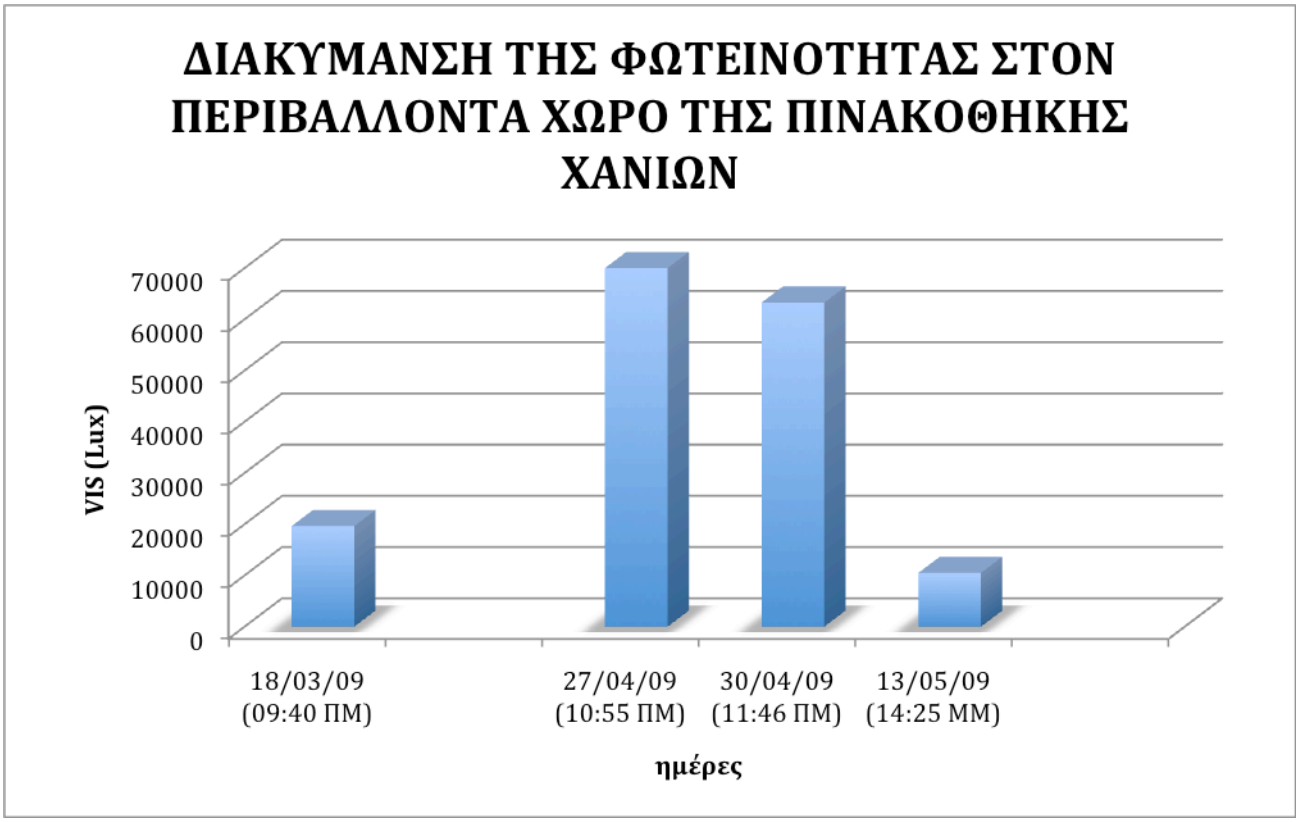
χώρου της, ακολουθούν τα διαγράμματα 4.3.5 και 4.3.6.

Στο διάγραμμα 4.3.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ορατής ακτινοβολίας, στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές στις 18 Μαρτίου, στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 και 14 Μαΐου του 2009.



Διάγραμμα 4.3.5: Η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Στο διάγραμμα 4.3.6 παρουσιάζονται σε αντιστοιχία με το διάγραμμα 4.3.5 οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας στον χώρο εξωτερικά του κτιρίου της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

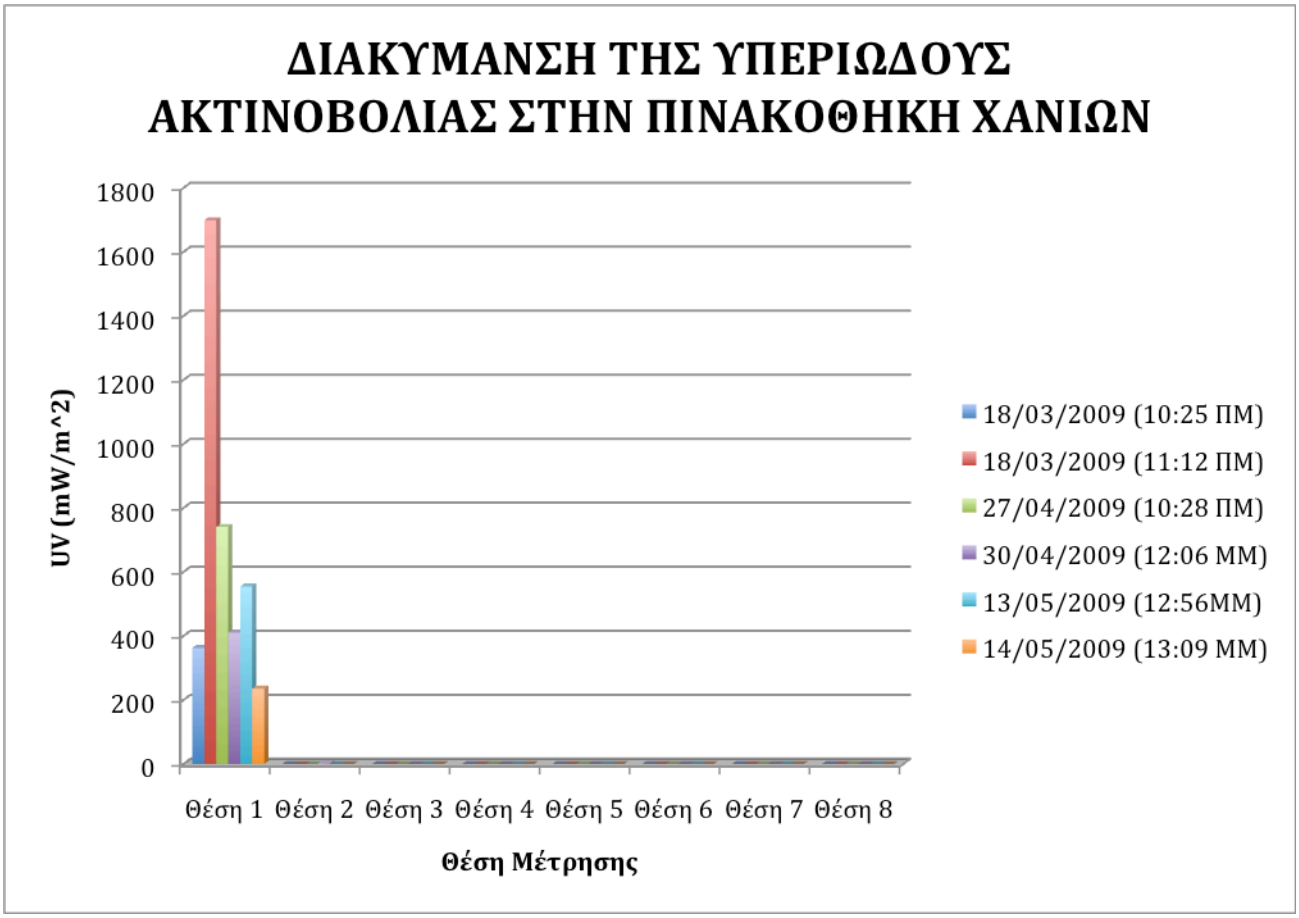


Διάγραμμα 4.3.6: Η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα 4.3.5 και 4.3.6 διαπιστώνουμε πως η ορατή ακτινοβολία εξωτερικά της Πινακοθήκης είναι σαφώς σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτήν στην είσοδό της. Παρ' όλα αυτά οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης είναι πολύ υψηλές. Φτάνουν τις 5665 Lux. Επίσης, αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε από τα δύο διαγράμματα είναι πως οι μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας στην είσοδο του κτιρίου ακολουθούν την ίδια διακύμανση με τις μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας εξωτερικά του κτιρίου.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.3.7 όπου παρουσιάζεται η διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολία σε οχτώ διαφορετικές θέσεις μέσα στη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων. Έχουμε μετρήσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας από πέντε ημέρες. Συγκεκριμένα, πήραμε μετρήσεις στις 18 Μαρτίου, τις 27 και

30 Απριλίου, τις 13 και 14 Μαΐου του 2009. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν κυρίως πρωινές ώρες.



Διάγραμμα 4.3.7: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στην Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων.

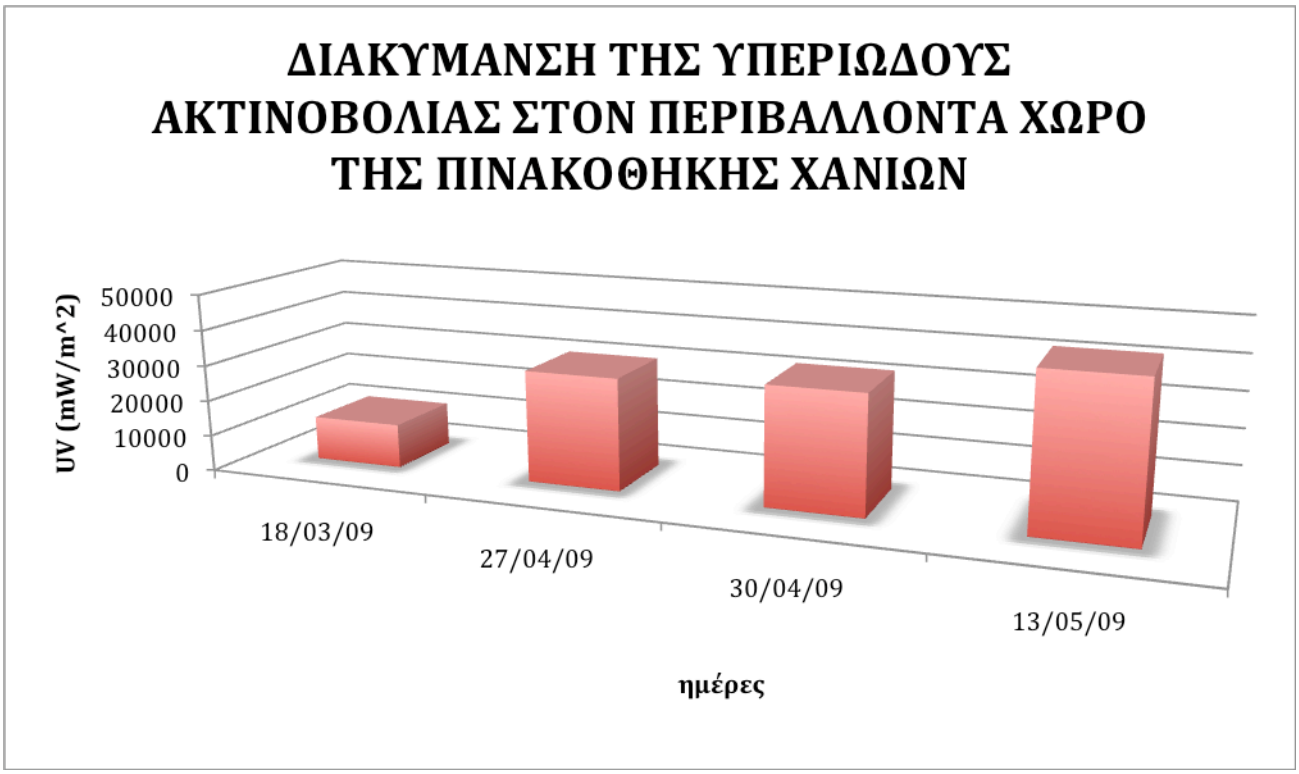
Από το διάγραμμα 4.3.7 παρατηρούμε πως μόνο στη θέση 1, δηλαδή στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, εμφανίζεται η υπεριώδης ακτινοβολία. Στους υπόλοιπους χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μηδενική, με εξαίρεση τη θέση 2 όπου παρατηρήθηκε στις 30 Απριλίου του 2009 υπεριώδης ακτινοβολία με τιμή ίση με 2,8 mW/m^2. Οι τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας στην είσοδο κυμαίνονται από 236 mW/m^2 έως 1699 mW/m^2.

Στο διάγραμμα 4.3.8 που ακολουθεί παρουσιάζεται η υπεριώδης ακτινοβολία που μετρήθηκε τις πρωινές ώρες τεσσάρων ημερών.

Συγκεκριμένα, στις 18 Μαρτίου, στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 Μαΐου.

Διάγραμμα 4.3.8: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Από το διάγραμμα 4.3.8 παρατηρούμε πως η υπεριώδης ακτινοβολία μεταβάλλεται έντονα. Ακόμα και μετρήσεις με διαφορά τριών ημερών έχουν μεγάλη απόκλιση. Προκειμένου να δούμε κατά πόσο η υπεριώδης ακτινοβολία της εισόδου της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων επηρεάζεται από την εξωτερική παρουσιάζουμε το διάγραμμα 4.3.9 που ακολουθεί. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται η διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας τις ίδιες ημέρες στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

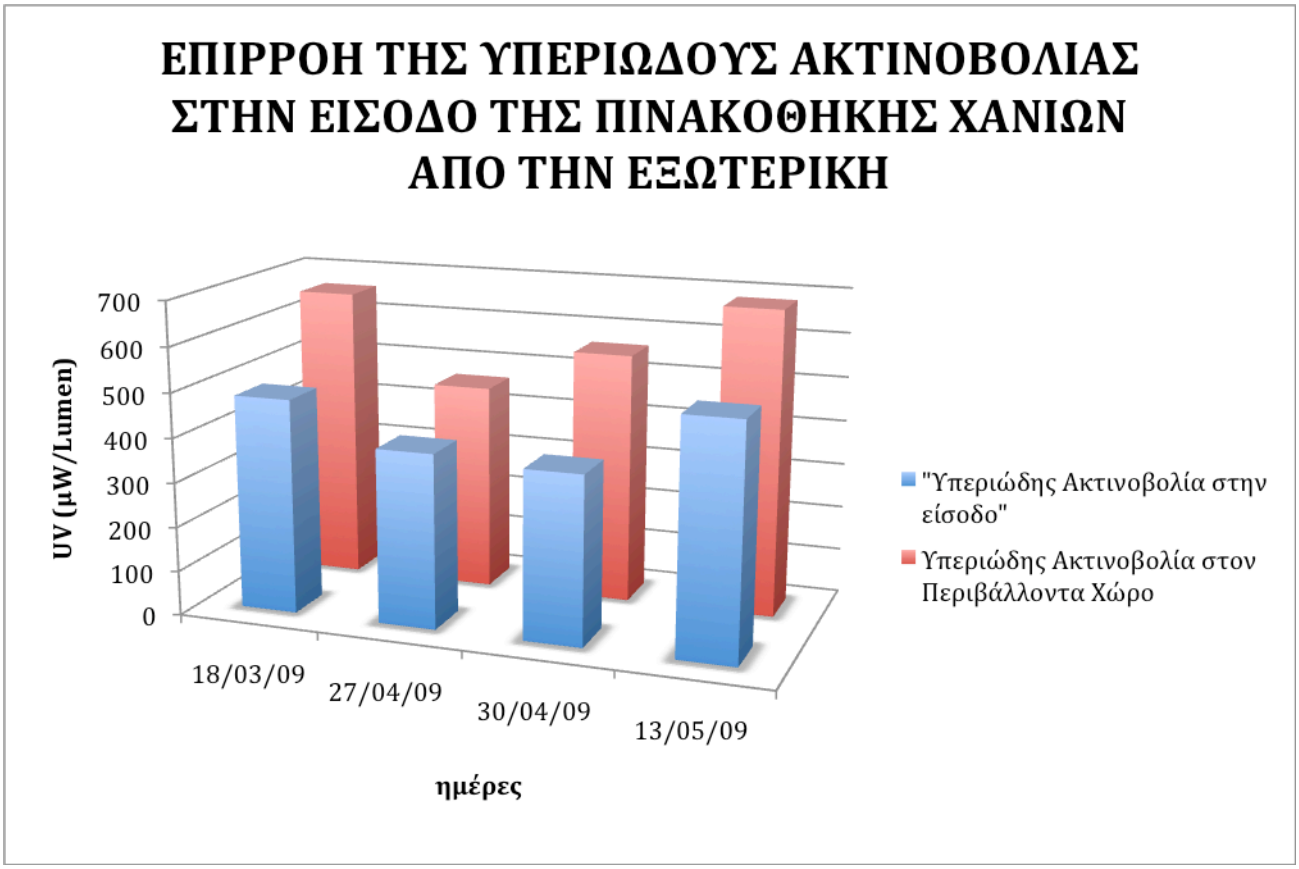


Διάγραμμα 4.3.9: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα 4.3.8 και 4.3.9 συμπεραίνουμε πως σχετίζονται άμεσα οι τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας της εισόδου με αυτές του περιβάλλοντα χώρου. Έχουν την ίδια ακριβώς διακύμανση με εξαίρεση τη τιμή της 27 Απριλίου του 2009 που πιθανόν οφείλεται στην διαφορετική χρονική στιγμή που λήφθηκε η μέτρηση μέσα και έξω από την Πινακοθήκη. Το γεγονός ότι η πόρτα της εισόδου παραμένει ανοιχτή έχει ως αποτέλεσμα την αλληλεπίδραση των συνθηκών εντός της Πινακοθήκης με τις συνθήκες εξωτερικά του μουσείου. Βλέποντας τη διακύμανση των τιμών της υπεριώδους ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων βλέπουμε πως από το μήνα Μάρτιο έως το μήνα Μάιο η υπεριώδης ακτινοβολία αυξάνεται σταδιακά.

Παρατίθεται στη συνέχεια το διάγραμμα 4.3.10 στο οποίο παρουσιάζεται η επιρροή της υπεριώδους ακτινοβολίας στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από την εξωτερική. Οι τιμές της υπεριώδους

ακτινοβολίας στο διάγραμμα αυτό είναι σε μW/Lumen.



Διάγραμμα 4.3.10: Επιρροή της υπεριώδους ακτινοβολίας στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από την εξωτερική.

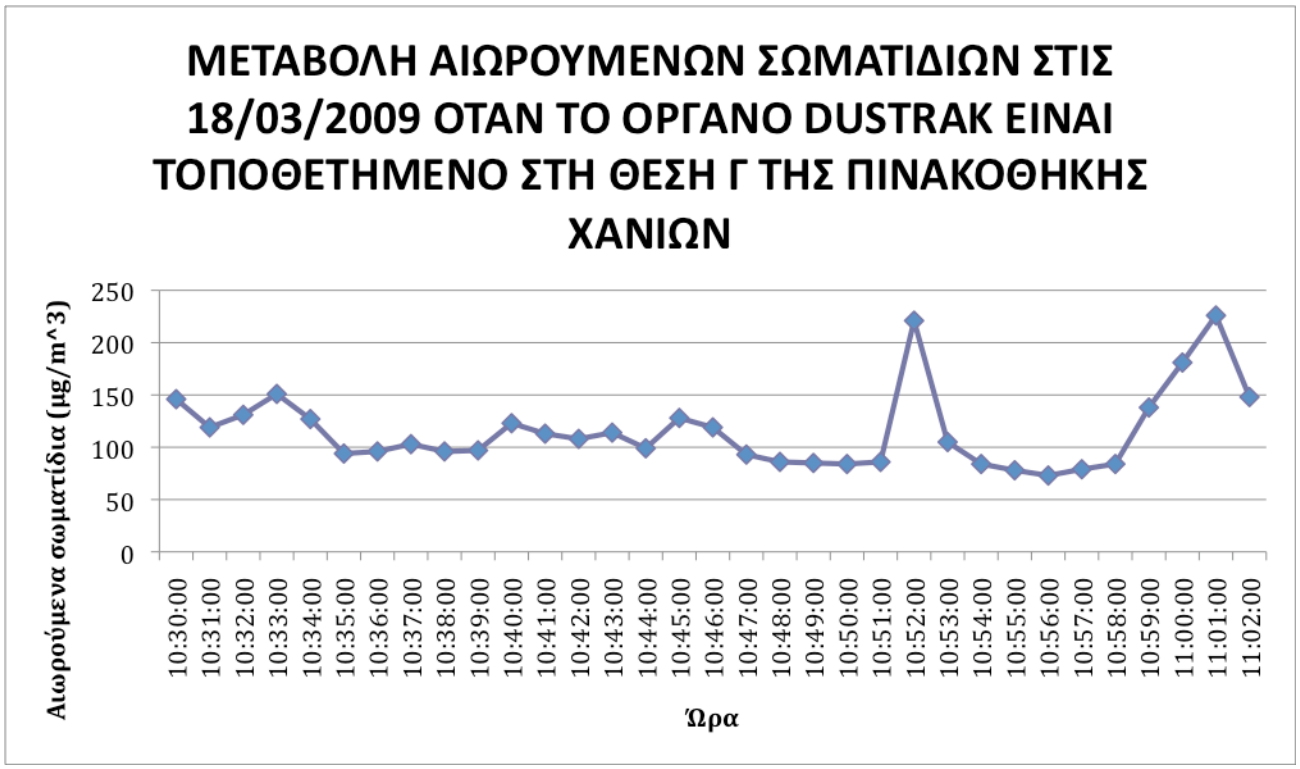
Και από το διάγραμμα 4.3.10 μπορούμε να διαπιστώσουμε πως υπάρχει η ίδια διακύμανση τιμών μεταξύ της υπεριώδους ακτινοβολίας στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της.

4.4 Μελέτη των αιωρουμένων σωματιδίων στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων

Παράλληλα με τη μελέτη των παραπάνω παραγόντων πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στον χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Συγκεκριμένα, έγιναν μετρήσεις σε δύο θέσεις μέσα στη Πινακοθήκη, μία στο ισόγειο, κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης (θέση Γ) και μία στον πρώτο όροφο

(θέση Δ). Οι θέσεις αυτές φαίνονται καλύτερα στο σχέδιο της κάτοψης της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Η μέτρηση των αιωρουμένων σωματιδίων πραγματοποιήθηκε με το όργανο Dustrak. Οι μετρήσεις έγιναν στις 18 Μαρτίου, στις 14 Μαΐου και στις 24 Ιουνίου του 2009. Παράλληλα με τις μετρήσεις εντός της Πινακοθήκης, πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις ακριβώς έξω από αυτήν, ώστε να δούμε αν επηρεάζεται η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων εντός της Πινακοθήκης από τις συγκεντρώσεις τους στον περιβάλλοντα χώρο.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.1 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ, κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, στις 18 Μαρτίου του 2009. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε ένα λεπτό από τις 10:30 πμ έως τις 11:02 πμ.

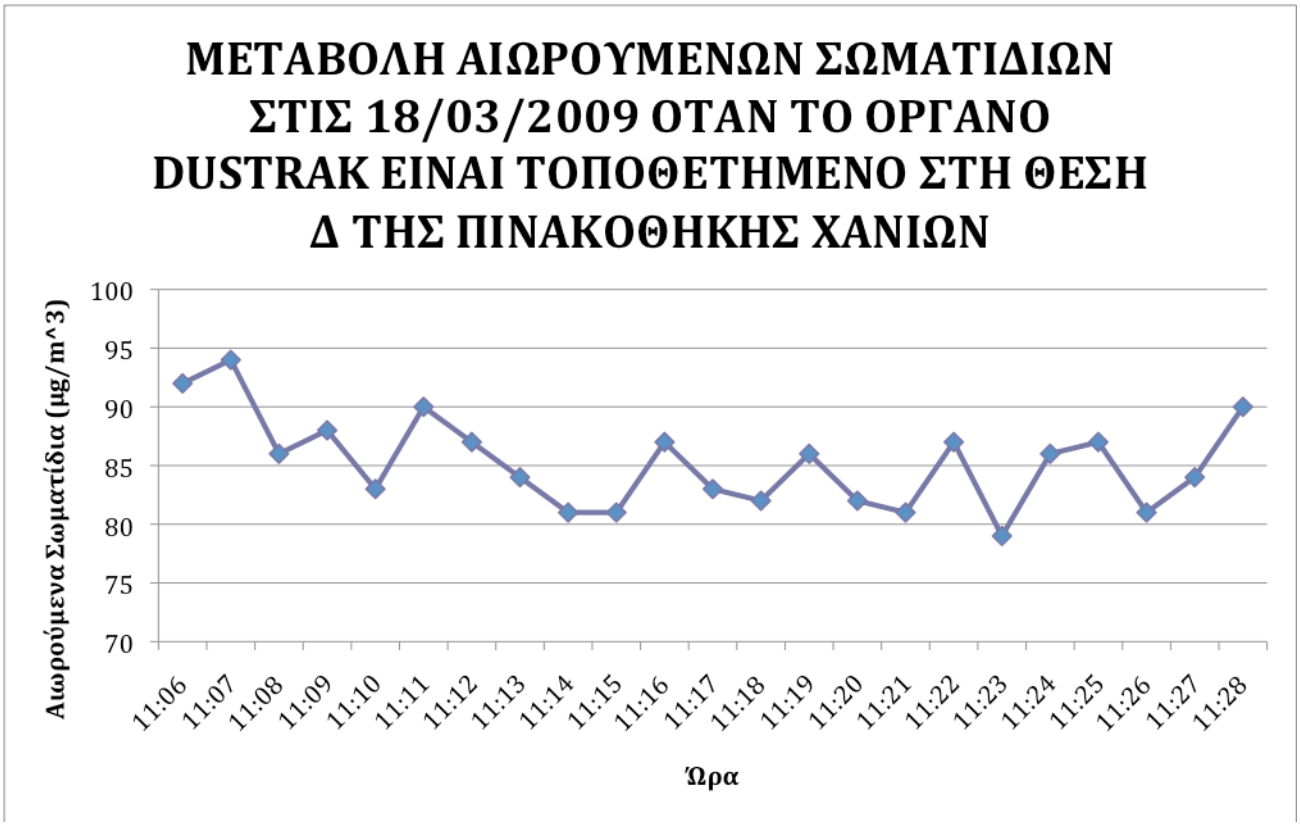


Διάγραμμα 4.4.1: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 18 Μαρτίου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο κοντά στην είσοδο

της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (θέση Γ).

Οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στο διάγραμμα 4.4.1 κυμαίνονται από 73 μg/m^3 έως 226 μg/m^3. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων είναι ίση με 115,6 μg/m^3. Το όργανο Dusttrak είναι ευαίσθητο στη παραμικρή μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων. Αν παρατηρήσουμε τη μεταβολή της συγκέντρωσης κάθε λεπτό βλέπουμε πως δεν υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις των τιμών αν εξαιρέσουμε στις 10:52 πμ και τις 11:01 πμ όπου έχουμε 221 μg/m^3 και 226 μg/m^3 αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι οι υψηλότερες στο χρονικό διάστημα που λήφθηκε η συγκεκριμένη σειρά μετρήσεων. Παρατηρούμε πως κάθε φορά που αυξάνεται η συγκέντρωση, αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό και στη συνέχεια επανέρχεται στο αρχικό της επίπεδο εξίσου γρήγορα. Το πέρασμα ενός ανθρώπου στη περιοχή γύρω από το όργανο είχε ως αποτέλεσμα το ανασήκωμα σωματιδίων. Εκεί οφείλεται η αυξομείωση της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων που φαίνεται στο διάγραμμα.

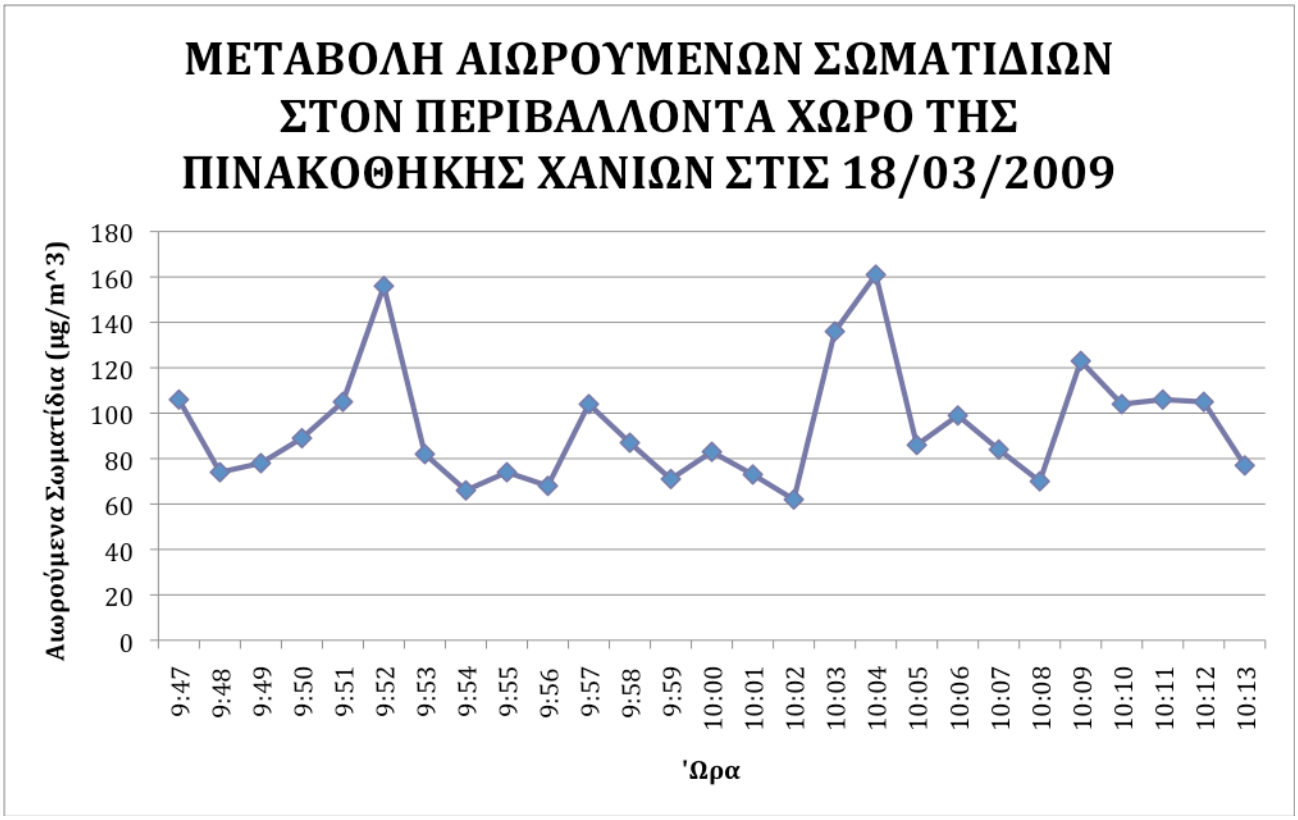
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.2 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 18 Μαρτίου του 2009, όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και συγκεκριμένα στη θέση Δ. Το όργανο καταγράφει τις τιμές των συγκεντρώσεων κάθε ένα λεπτό, από τις 11:06 πμ έως τις 11:28 πμ.



Διάγραμμα 4.4.2: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 18 Μαρτίου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (θέση Δ)

Στο διάγραμμα 4.4.2 παρατηρούμε μία συνεχή αυξομείωση της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 79 μg/m^3 έως 94 μg/m^3, με μέση τιμή ίση με 85,3 μg/m^3. Οι τιμές δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους και η διακύμανση αυτή οφείλεται στο ανασήκωμα της σκόνης από το δάπεδο με το πέρασμα κάποιων ανθρώπων.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.3 στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο είναι τοποθετημένο έξω από την Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση κάθε λεπτό, από τις 9:47 πμ έως τις 10:13 πμ.



Διάγραμμα 4.4.3: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 18 Μαρτίου του 2009 στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων κυμαίνονται από 62 μg/m^3 έως 161 μg/m^3, με μέση τιμή ίση με 93,7 μg/m^3. Από το διάγραμμα 4.4.3 βλέπουμε πως η διακύμανση των τιμών δεν είναι καθόλου ομαλή. Οι έντονες αυξομειώσεις οφείλονται στο πέρασμα περαστικών και οχημάτων καθώς και στον αέρα. Οι αυξομειώσεις της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων είναι πιο έντονες και πιο συχνές στο εξωτερικό περιβάλλον.

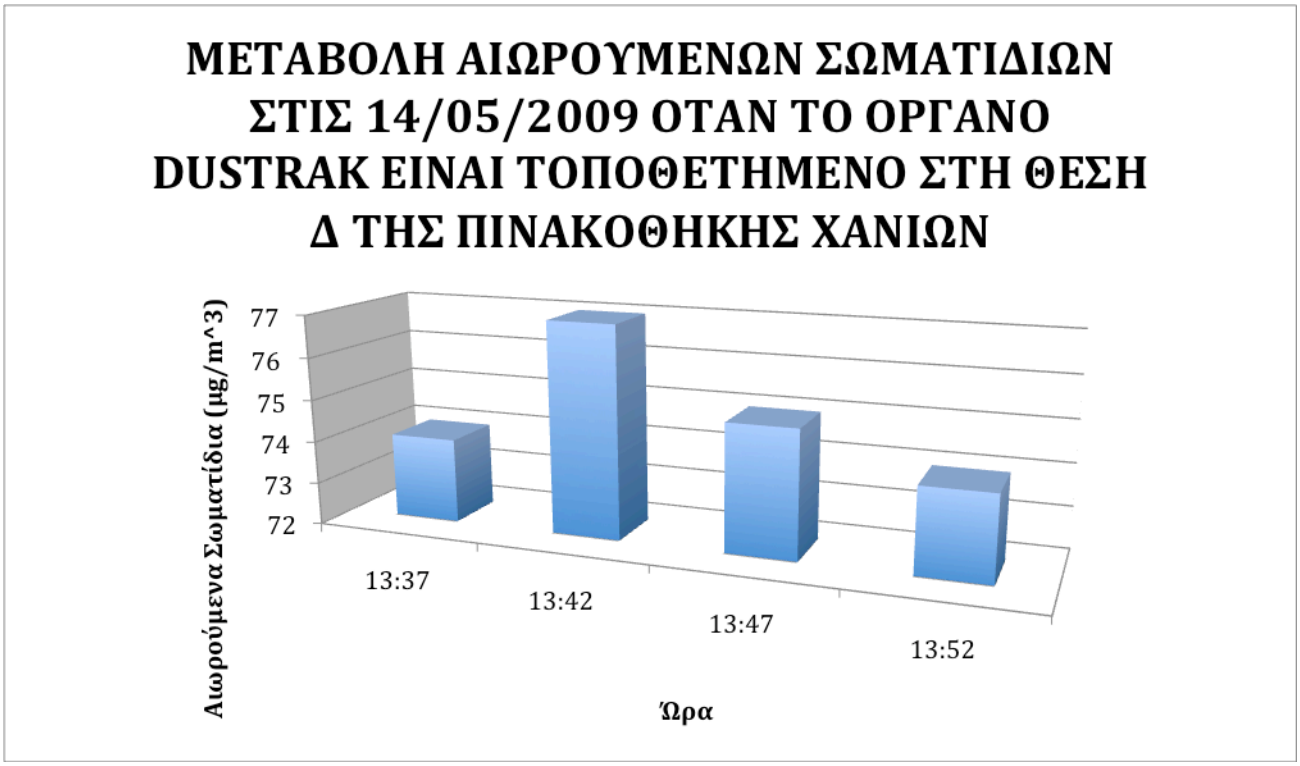
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.4 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων, στις 14 Μαίου του 2009, όταν το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στο ισόγειο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, κοντά στην είσοδο. Συγκεκριμένα στη θέση Γ. Το όργανο είναι ρυθμισμένο να καταγράφει τη τιμή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων κάθε πέντε λεπτά από τις 13:10 μμ έως τις 13:25 μμ.

Διάγραμμα 4.4.4: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 14 Μαΐου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (θέση Γ).

Από το διάγραμμα 4.4.4 παρατηρούμε μείωση της συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων. Το γεγονός ότι το όργανο έχει προγραμματιστεί να καταγράφει τη τιμή της συγκέντρωσής κάθε πέντε λεπτά δε μας επιτρέπει να γνωρίζουμε τη τιμή των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων εντός αυτού του χρονικού διαστήματος. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων παρευρίσκονταν στο ισόγειο της Δημοτικής Πινακοθήκης πέντε άτομα. Όταν τα άτομα απομακρύνονται από τη περιοχή γύρω από το όργανο τα αιωρούμενα σωματίδια αρχίζουν και κινούνται προς το έδαφος. Έτσι, οι συγκεντρώσεις τους στην ατμόσφαιρα μειώνονται σταδιακά. Οι τιμές κυμαίνονται από 102 $\mu g/m^3$ έως 85 $\mu g/m^3$, με μέση τιμή ίση με 93 $\mu g/m^3$.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.5, στο οποίο προβάλλεται η μεταβολή των

αιωρουμένων σωματιδίων στις 14 Μαΐου του 2009 όταν το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και συγκεκριμένα στη θέση Δ.

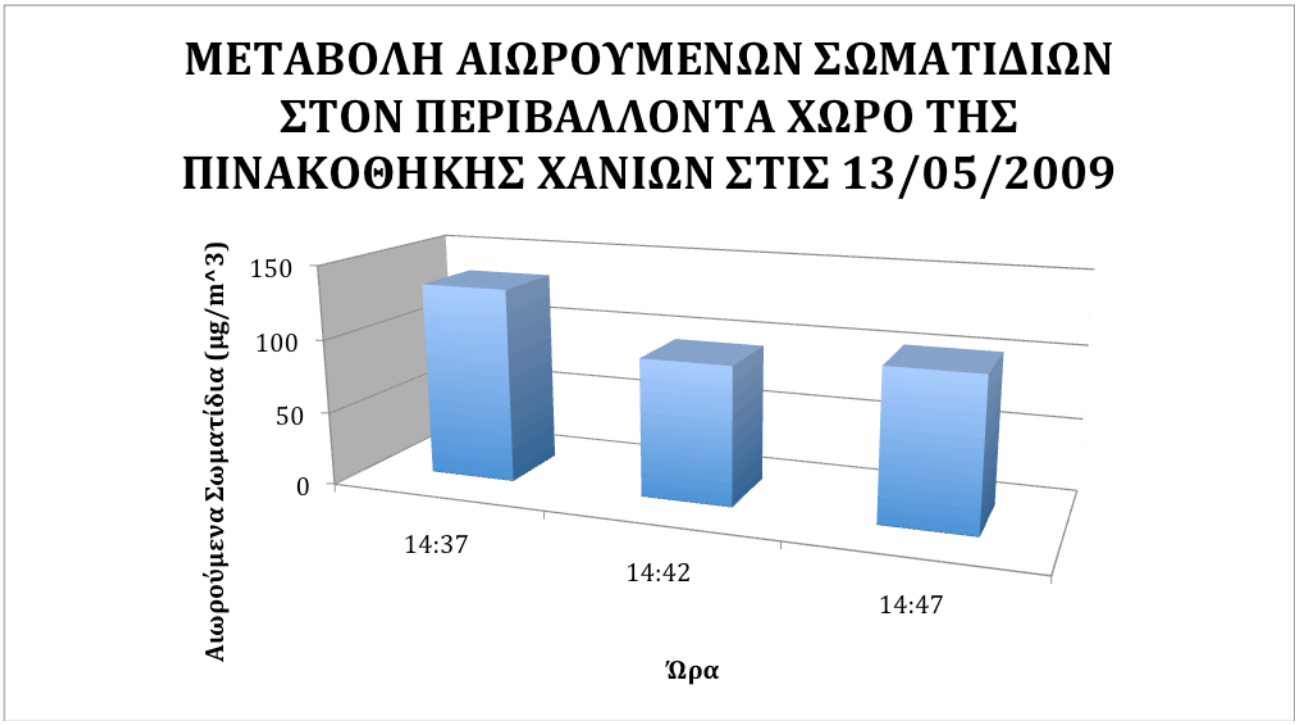


Διάγραμμα 4.4.5: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 14 Μαΐου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον πρωτό όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (θέση Δ).

Από το διάγραμμα 4.4.5 παρατηρούμε μία πολύ μικρή αύξηση των τιμών στα πρώτα πέντε από τα 74 μg/m^3 στα 77 μg/m^3 και στη συνέχεια σταδιακή μείωση των συγκεντρώσεων ώστε να επανέλθουν στο αρχικό επίπεδο. Οι τιμές κυμαίνονται από 74 μg/m^3 έως 77 μg/m^3, με μέση τιμή 75 μg/m^3. Πιθανόν οφείλεται στο πέρασμα ενός επισκέπτη της Δημοτικής Πινακοθήκης.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.5 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων στις 13 Μαΐου του 2009. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση ανά πέντε λεπτά, από τις 14:37 μμ έως τις

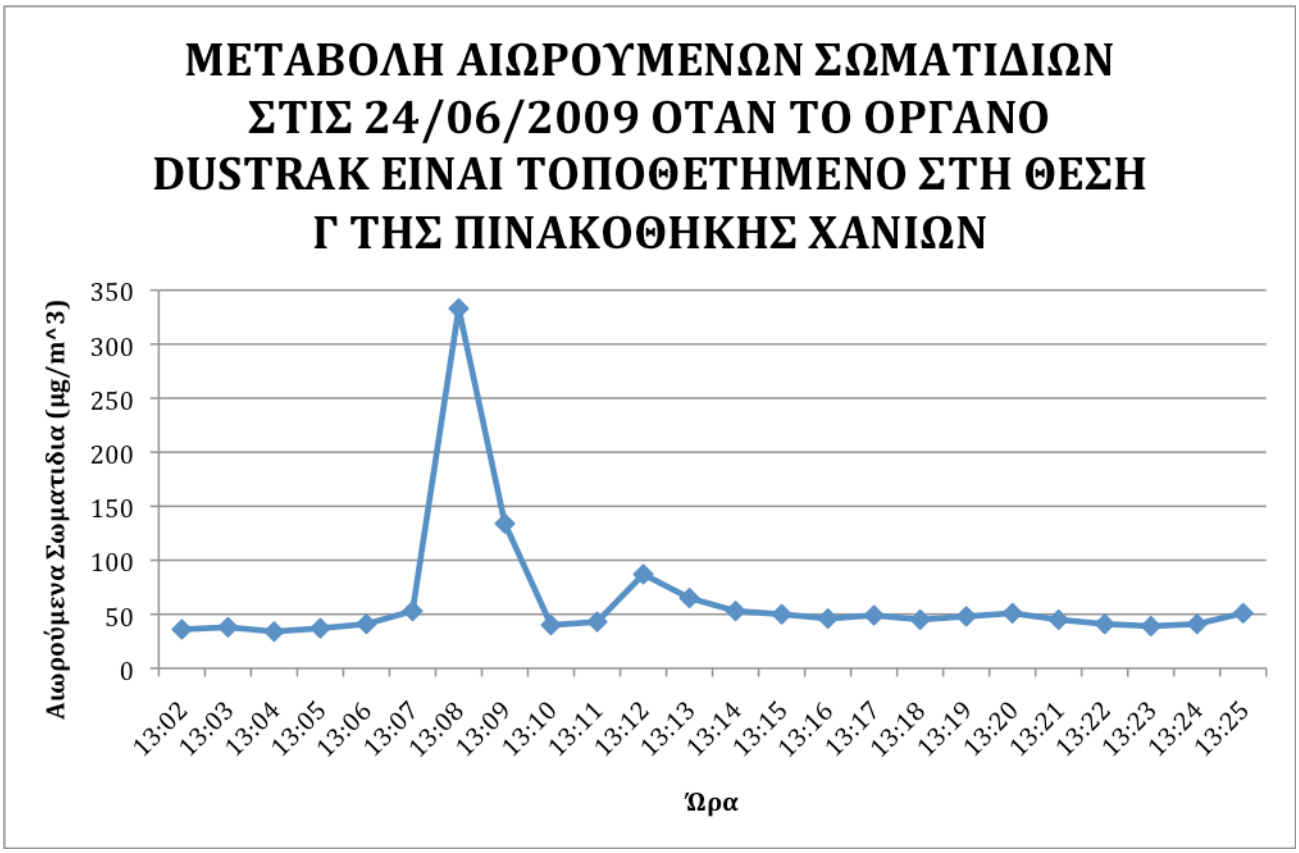
14:47 μμ.



Διάγραμμα 4.4.6: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 13 Μαΐου του 2009 στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στον περιβάλλοντα χώρο κυμαίνονται από 94 $\mu g/m^3$ έως 133 $\mu g/m^3$ με μέση τιμή ίση με 109,7 $\mu g/m^3$. Δυστυχώς, λόγω των λιγοστών μετρήσεων δεν έχουμε πλήρη εικόνα της μεταβολής των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων.

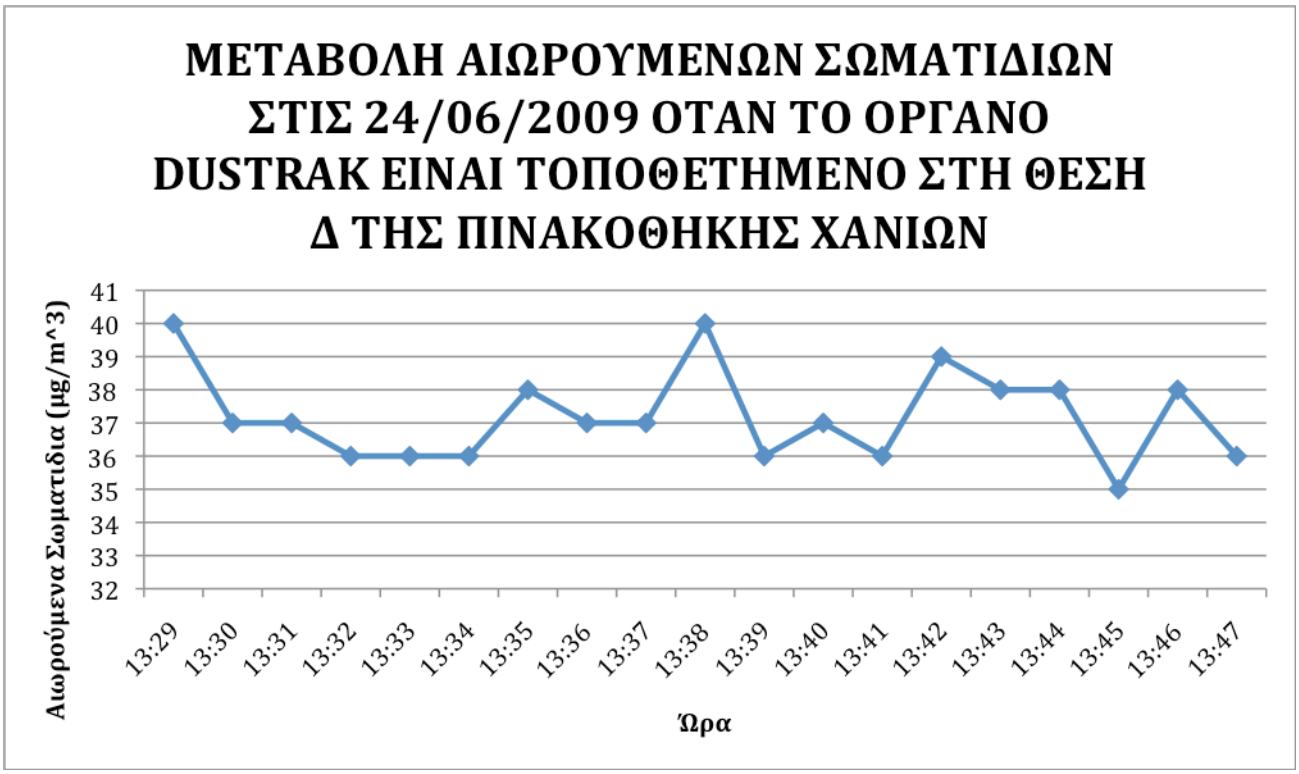
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.7 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων στις 24 Ιουνίου του 2009, όταν το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στο ισόγειο,κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, στη θέση Γ. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων κάθε λεπτό, από τις 13:02 μμ έως τις 13:25 μμ.



Διάγραμμα 4.4.7: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 24 Ιουνίου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο κοντά στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (θέση Γ).

Στο διάγραμμα 4.4.7 οι τιμές κυμαίνονται από 34 μg/m^3 έως 333 μg/m^3 με μέση τιμή ίση με 62,5 μg/m^3. Παρατηρούμε έντονη αύξηση της συγκέντρωσης και στη συνέχεια γρήγορη επαναφορά στα αρχικά της επίπεδα. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου στη θέση Γ μπήκε λίγος κόσμος στη Δημοτική Πινακοθήκη, του οποίου η παρουσία πιθανόν δικαιολογεί την απότομη αύξηση της τιμής της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων.

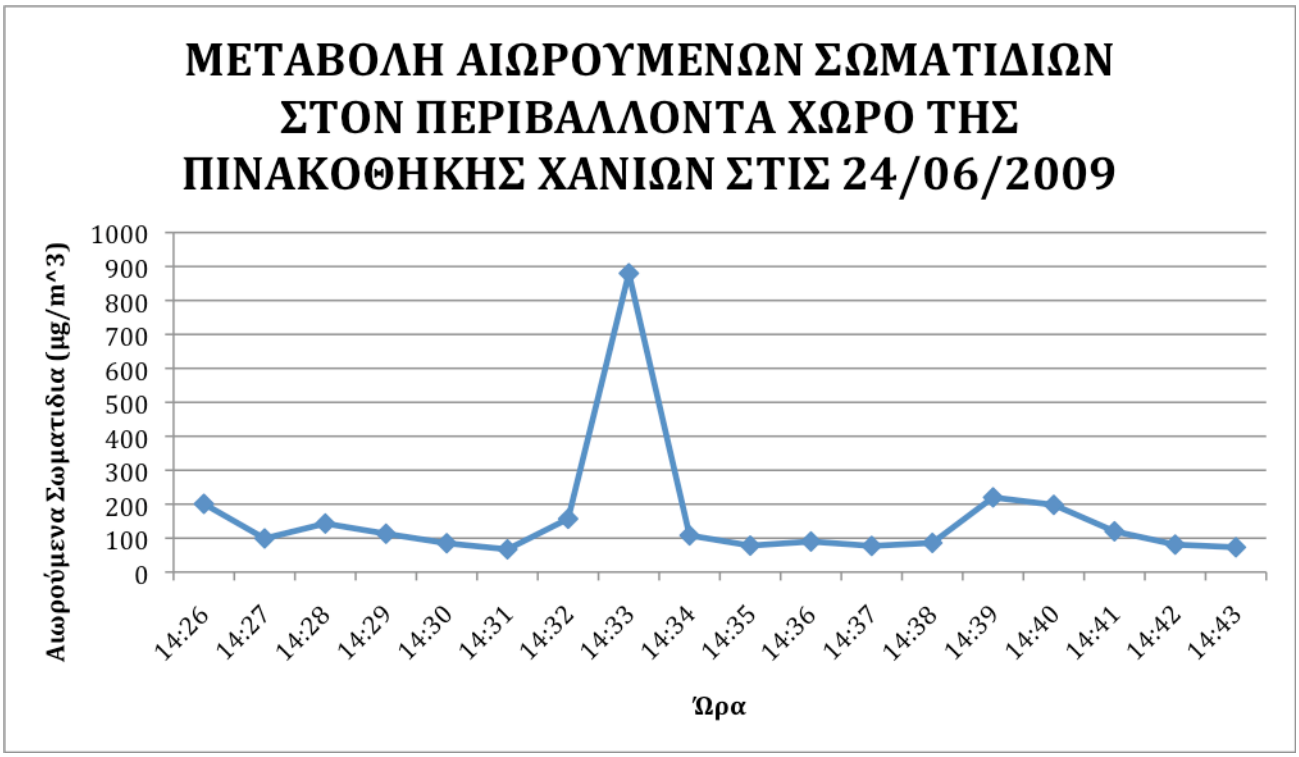
Το διάγραμμα 4.4.8 στη συνέχεια, αναπαριστά τη μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων στις 24 Ιουνίου του 2009 όταν το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και συγκεκριμένα στη θέση Δ.



Διάγραμμα 4.4.8: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 24 Ιουνίου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (θέση Δ).

Από το διάγραμμα 4.4.8 βλέπουμε πως οι τιμές των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους. Επίσης, βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα. Κυμαίνονται από 35 μg/m^3 έως 40 μg/m^3 με μέση τιμή ίση με 37,2 μg/m^3. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του οργάνου δεν υπήρχε κανένας επισκέπτης στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης. Γιαυτό το λόγο παρατηρήθηκαν τόσο χαμηλές συγκεντρώσεις.

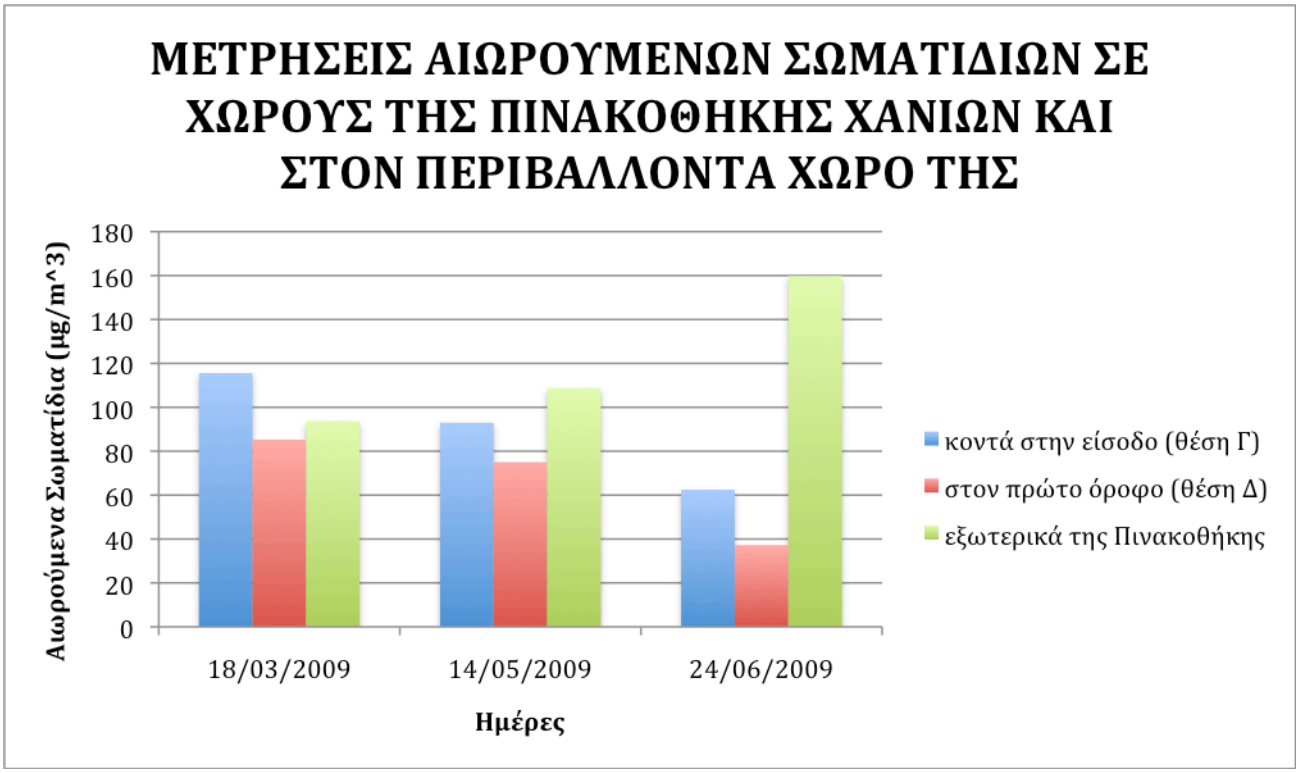
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.4.9 που απεικονίζει τη μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων έξω από τη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων. Το όργανο καταγράφει κάθε λεπτό από τις 14:26 μμ έως τις 14:43 μμ.



Διάγραμμα 4.4.9: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 24 Ιουνίου του 2009 στον περιβάλλοντα χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Τη χρονική περίοδο που καταγράφει το όργανο παρ' όλο που δεν υπάρχει ιδιαίτερη κίνηση στο δρόμο (αυτοκίνητα, μηχανές, περαστικοί κλπ), υπάρχουν δυνατοί άνεμοι κατά περιόδους με αποτέλεσμα να ανασηκώνουν τα σωματίδια που υπάρχουν στο έδαφος και να αυξάνουν σε μεγάλο ποσοστό τις συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Στο διάγραμμα 4.4.10 που ακολουθεί, παρουσιάζονται για τρεις ημέρες, την 18 Μαρτίου, την 14 Μαΐου και την 24 Ιουνίου του 2009 η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων που μετρήθηκαν όταν το όργανο Dustrak ήταν τοποθετημένο στο ισόγειο, κοντά στην είσοδο (θέση Γ), στον πρώτο όροφο (θέση Δ) και εξωτερικά της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.



Διάγραμμα 4.4.10: Μετρήσεις των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} σε χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της στις 18 Μαρτίου, τις 14 Μαΐου και τις 24 Ιουνίου του 2009.

Αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε από το διάγραμμα 4.4.10 είναι πως οι τιμές των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων στον περιβάλλοντα χώρο είναι υψηλές. Αν εξαιρέσουμε τη πρώτη μέρα, 18 Μαρτίου του 2009 οι συγκεντρώσεις που παρατηρούνται εξωτερικά της Πινακοθήκης είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές εντός της Πινακοθήκης. Επίσης, οι συγκεντρώσεις στη θέση Γ, κοντά στην είσοδο του κτιρίου, είναι πάντα υψηλότερες σε σχέση με αυτές στη θέση Δ, στον πρώτο όροφο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι συγκεντρώσεις κοντά στην είσοδο επηρεάζονται σημαντικά τόσο από τις συνθήκες που επικρατούν εντός της Πινακοθήκης, όσο και από τις συνθήκες εκτός αυτής. Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στον πρώτο όροφο δεν επηρεάζονται άμεσα από το εξωτερικό περιβάλλον. Το φαινόμενο της αλληλεπίδρασης των εσωτερικών και των εξωτερικών συνθηκών παρατηρείται ιδίως όταν η

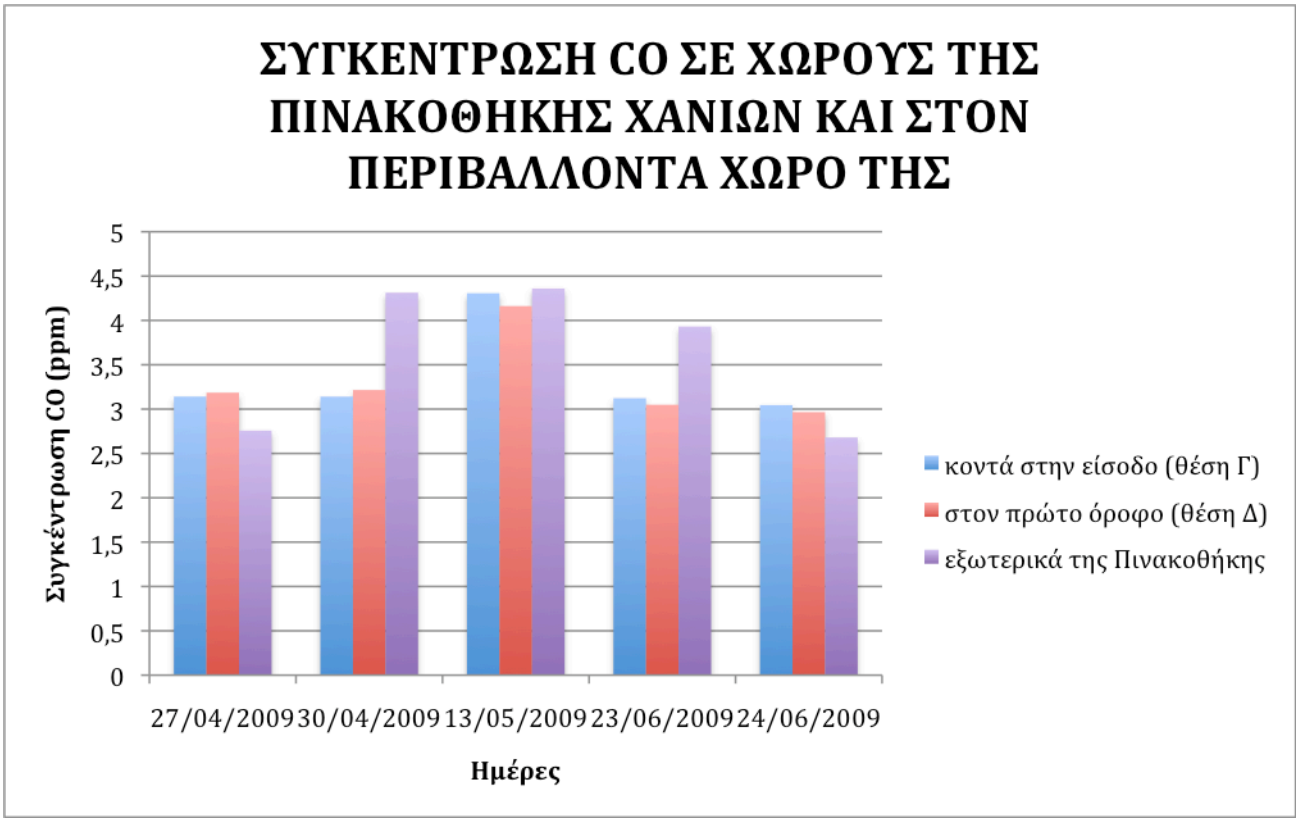
πόρτα της εισόδου παραμένει ανοιχτή. Αυτό συνέβη στις 18 Μαρτίου και τις 14 Μαΐου. Στις 24 Ιουνίου η πόρτα της Πινακοθήκης ήταν κλειστή πράγμα που αμέσως περιόρισε την αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, αυτό γίνεται καλύτερα αντιληπτό βλέποντας το διάγραμμα. Στο διάγραμμα παρατηρούμε δηλαδή, πως παρά τις υψηλές συγκεντρώσεις εξωτερικά της Πινακοθήκης, οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων κοντά στην είσοδο και γενικότερα εντός της Πινακοθήκης είναι χαμηλές. Ο λόγος για τον οποίο δε μπορούμε να έχουμε σαφή συμπεράσματα είναι πως οι μετρήσεις για κάθε χώρο που μελετάμε, μπορεί να έγιναν την ίδια ημέρα και σε σχετικά κοντινές χρονικές περιόδους αλλά δεν έγιναν ταυτόχρονα. Έτσι δε μπορούμε να ξέρουμε με ακρίβεια κατά πόσο επηρεάστηκαν οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων εντός της Πινακοθήκης από τις συγκεντρώσεις τους εκτός αυτής.

4.5 Μελέτη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2) στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων

Μελέτη έγινε και για τη συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Ειδικό όργανο τοποθετήθηκε, κατά χρονικές περιόδους, στους ίδιους χώρους της Πινακοθήκης, που ήταν τοποθετημένο το όργανο μέτρησης αιωρουμένων σωματιδίων (Dustrak). Συγκεκριμένα πήραμε μετρήσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στο ισόγειο, κοντά στην είσοδο, στη θέση Γ και στον πρώτο όροφο, στη θέση Δ της Δημοτικής Πινακοθήκης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 27 και 30 Απριλίου, τις 13 Μαΐου, τις 23 και 24 Ιουνίου.

Στο διάγραμμα 4.5.1 που ακολουθεί προβάλλεται η μέση τιμή της συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, για πέντε ημέρες, στη θέση Γ και τη θέση Δ της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων καθώς και τον περιβάλλοντα

χώρο της.



Διάγραμμα 4.5.1: Συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα (CO), σε χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της.

Αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε στο διάγραμμα 4.5.1 είναι πως η συγκέντρωση του CO στη θέση Γ έχει ελάχιστη απόκλιση από αυτή στη θέση Δ. Επίσης, με εξαίρεση τα αποτελέσματα των μετρήσεων στις 13 Μαΐου του 2009, τα επίπεδα του CO είναι σταθερά εντός της Δημοτικής Πινακοθήκης και κυμαίνονται από 3 ppm έως 3,2 ppm. Αυτό σημαίνει πως οι συγκεντρώσεις του CO εντός της Πινακοθήκης δεν επηρεάζονται από τις συγκεντρώσεις εκτός αυτής. Παρ' όλα αυτά βλέπουμε πως στις 13 Μαΐου του 2009 η συγκέντρωση του CO στους χώρους της Πινακοθήκης φτάνει τη συγκέντρωση του CO που επικρατεί στον περιβάλλοντα χώρο της, δηλαδή τα 4,3 ppm. Τα επίπεδα του CO στο εξωτερικό περιβάλλον δεν είναι σταθερά. Μέγιστη συγκέντρωση CO στο εξωτερικό περιβάλλον

παρατηρείται στις 13 Μαΐου και είναι ίση με 4,36 ppm και ελάχιστη στις 24 Ιουνίου, ίση με 2,68 ppm.

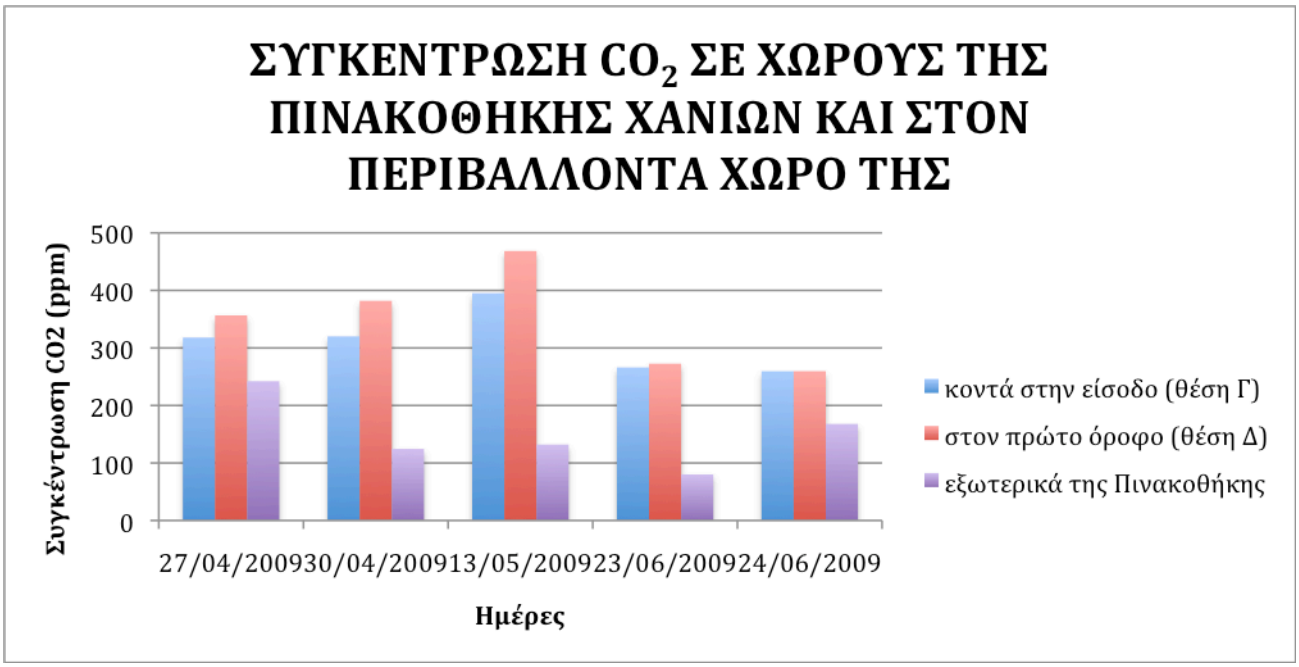
Ακολουθεί το διάγραμμα 4.5.2 στο οποίο απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), για μία χρονική περίοδο περίπου μισής ώρας, για τη θέση Γ και Δ της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων καθώς και για τον περιβάλλοντα χώρο της, στις 13 Μαΐου του 2009. Την ημέρα αυτή παρατηρήθηκαν οι μέγιστες συγκεντρώσεις CO εντός της Πινακοθήκης.

Διάγραμμα 4.5.2: Συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα (CO) σε χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της στις 13 Μαίου του 2009.

Την ημέρα αυτή τα επίπεδα του CO έχουν αυξηθεί εντός της Πινακοθήκης. Κυμαίνονται από 3,8 ppm έως 4,7 ppm. Παρατηρούμε στο διάγραμμα πως στη θέση Γ και Δ οι τιμές των συγκεντρώσεων παραμένουν σε σταθερό επίπεδο. Επίσης, η γραμμή της μεταβολής των συγκεντρώσεων στη θέση Γ

σχεδόν ταυτίζεται με αυτή της θέσης Δ. Η συγκέντρωση αντίθετα του CO εξωτερικά της Πινακοθήκης μεταβάλλεται συνεχώς. Συγκεκριμένα, κυμαίνεται από 2,3 ppm έως 5,2 ppm. Αυτό όμως, φαίνεται να μην επηρεάζει τις συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα εντός της Πινακοθήκης. Λόγω του ότι οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του CO, των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 4.5.2, δε έγιναν ταυτόχρονα στους χώρους που μελετήσαμε, δε μπορούμε να έχουμε σαφή εικόνα κατά πόσο επηρέασαν οι συγκεντρώσεις του CO στον περιβάλλοντα χώρο της Πινακοθήκης, της συγκεντρώσεις του εντός της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Ακολουθεί το διάγραμμα 4.5.3, όπου φαίνεται η μέση τιμή της συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), για τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, για πέντε ημέρες, στη θέση Γ και τη θέση Δ της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων καθώς και τον περιβάλλοντα χώρο της.

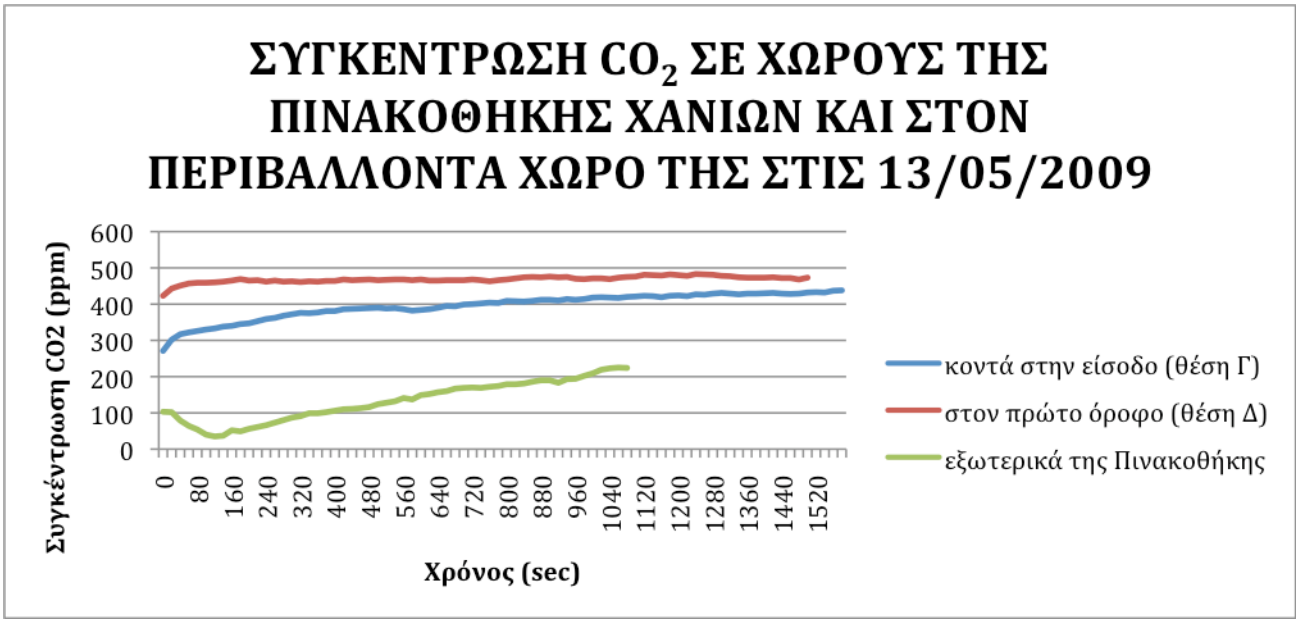


Διάγραμμα 4.5.3: Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), σε χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της.

Παρατηρώντας το διάγραμμα 4.5.3 συμπεραίνουμε πως οι συγκεντρώσεις

του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο εξωτερικό περιβάλλον είναι πολύ μικρότερες από αυτές εντός της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Επίσης, βλέπουμε πως οι συγκεντρώσεις του CO_2 στις θέσεις Γ και Δ δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους. Μάλιστα, στις 24 Ιουνίου βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο επίπεδο. Τις υπόλοιπες ημέρες διαπιστώνουμε πως οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στον πρώτο όροφο, στη θέση Δ είναι υψηλότερες από αυτές που επικρατούν στην είσοδο, θέση Γ. Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγαλύτερης αλληλεπίδρασης των συνθηκών της θέσης Γ με τις εξωτερικές συνθήκες. Το γεγονός ότι η πόρτα της Πινακοθήκης τις τρεις πρώτες ημέρες που μελετάμε, στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 Μαΐου παρέμενε ανοιχτή ενώ στις 23 και 24 Ιουνίου ήταν κλειστή δικαιολογεί τα αποτελέσματα του διαγράμματος. Συγκρίνοντας τα διαγράμματα 4.5.1 και 4.5.3 διαπιστώνουμε πως οι διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων του CO και του CO_2 τις ημέρες που μελετάμε είναι παρόμοιες για τους χώρους εντός της Πινακοθήκης. Μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης του CO και του CO_2 παρατηρείται στις 13 Μαΐου και ελάχιστη στις 24 Ιουνίου. Οι μέσες τιμές του CO_2 για τις χρονικές περιόδους που πήραμε μετρήσεις, για τη θέση Γ κυμαίνονται από 259 ppm έως 395 ppm, για τη θέση Δ από 259 ppm έως 468 ppm ενώ για τον περιβάλλοντα χώρο από 80 ppm έως 242 ppm.

Στο διάγραμμα 4.5.4 παρουσιάζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), για μία χρονική περίοδο περίπου μισής ώρας, για τη θέση Γ και Δ της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων καθώς και για τον περιβάλλοντα χώρο της, στις 13 Μαΐου του 2009. Την ημέρα αυτή παρατηρήθηκαν οι μέγιστες συγκεντρώσεις CO_2 εντός της Πινακοθήκης.



Διάγραμμα 4.5.4: Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) σε χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της στις 13 Μαΐου του 2009.

Από το διάγραμμα 4.5.4 παρατηρούμε πως η συγκέντρωση του CO_2 εντός της Πινακοθήκης είναι μεγαλύτερη από αυτήν του περιβάλλοντα χώρου της. Επίσης, μέσα στη διάρκεια 30 λεπτών περίπου η μεταβολή της συγκέντρωσης του CO_2 εξωτερικά της Πινακοθήκης είναι έντονη. Αντίθετα στον εσωτερικό της χώρο παρατηρείται μεγαλύτερη σταθερότητα της συγκέντρωσης, ιδίως στον πρώτο όροφο, στη θέση Δ, όπου η αλληλεπίδραση με τις εξωτερικές συνθήκες είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη θέση Γ. Για τη θέση Γ βλέπουμε μία ελαφρά επίδραση από το εξωτερικό περιβάλλον, αν και δε μπορούμε να είμαστε ακριβείς σε αυτό μιας και οι μετρήσεις σε κάθε μέρος έγιναν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στις 13 Μαΐου του 2009, για τη χρονική περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις οι συγκεντρώσεις του CO_2 στη θέση Γ κυμαίνονται από 271 ppm έως 438 ppm, στη θέση Δ από 423 ppm έως 483 ppm και στο εξωτερικό περιβάλλον από 35 ppm έως 225 ppm.

4.6 Εκθέσεις Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων κατά τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η έρευνα

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν δύο εκθέσεις στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας αυτό που μας ενδιαφέρει είναι το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα εκθέματα, προκειμένου να μελετήσουμε κάτω από ποιες συνθήκες μπορούν να συντηρηθούν τα εκθέματα αυτά.

Η πρώτη έκθεση, ήταν του Μανώλη Τσομπανάκη με γλυπτά και σχέδιά του από το 1963 έως το 2008. Ξεκίνησε στον χώρο αυτό στις 16 Μαρτίου και τελείωσε στις 15 Μαΐου του 2009.

Εικόνα 4.6.1: Γλυπτό του Μανόλη Τσομπανάκη σε έκθεση της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων [26].

Ο Μανόλης Τσομπανάκης για την κατασκευή των έργων του χρησιμοποιεί το μάρμαρο, τον μπρούτζο, το ξύλο, ένα υλικό που γνωρίζει καλά από τα νεανικά του χρόνια και κυρίως το οπλισμένο σκυρόδεμα. Θα πρέπει να

προστεθεί πως φιλοτεχνεί το ίδιο θέμα ταυτόχρονα, σε δύο ή τρία διαφορετικά υλικά, από αυτά που αναφέρθηκαν. Όσον αφορά στις κατασκευές του από οπλισμένο σκυρόδεμα ο Τσομπανάκης πρώτα κατασκευάζει το σκελετό από ανοξείδωτο χάλυβα, γύρω από τον οποίο ρίχνει το τσιμέντο με τα χαλίκια διαφόρων χρωμάτων [26].

Η δεύτερη έκθεση με όνομα «Πέρα από το πραγματικό, απόηχοι του Σουρεαλισμού στην Ελλάδα» με έργα του Νίκου Εγγονόπουλου, του Antoine Mayo, του Δημήτρη Γέρου, του Άλκη Γκίνη, του Γιώργου Δερπάπα, του Αλέξανδρου Ίσαρη, του Σαράντη Καραβούζη, του Θόδωρου Πανταλέων και του Θεόφιλου Κατσιπάνου. Η έκθεση αυτή ξεκίνησε στις 29 Μαΐου και τελείωσε στις 21 Αυγούστου του 2009.

Εικόνα 4.6.2: Πίνακας του Ν. Εγγονόπουλου σε έκθεση της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων [25].

Τα εκθέματα είναι από ακριλικό, λάδι σε μουσαμά, λάδι σε ξύλο, λάδι σε καμβά ή τέμπερα σε χαρτί [25].

4.7 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων

Από τις μετρήσεις που πήραμε στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων για την θερμοκρασία, την υγρασία, την ορατή και υπεριώδη

ακτινοβολία, τα αιωρούμενα σωματίδια και τις συγκεντρώσεις του CO και CO_2 μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για το αν οι τιμές αυτές βρίσκονται εντός του εύρους τιμών των ιδανικών συνθηκών έκθεσης των υλικών των έργων τέχνης που υπάρχουν στην πινακοθήκη.

Τα κύρια εκθέματα που συναντήσαμε στο συγκεκριμένο μουσείο είναι από ξύλο, μέταλλο, οπλισμένο σκυρόδεμα, ακριλικό, λάδι σε μουσαμά, λάδι σε ξύλο, λάδι σε καμβά ή τέμπερα σε χαρτί.

- Το εύρος τιμών της σχετικής υγρασίας που μετρήσαμε στο χρονικό διάστημα από 18 Μαρτίου έως 18 Μαΐου είναι 30,1 – 92,2 %. Όμως οι ιδανικές συνθήκες σχετικής υγρασίας για τις ελαιογραφίες είναι σε ποσοστό μικρότερο του 60%. Επίσης, για το ξύλο, έγχρωμο ή μη η σχετική υγρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 45 έως 55% και για το ύφασμα και το χαρτί από 50 έως 60%. Τέλος, για τα μέταλλα, έγχρωμα ή μη η σχετική υγρασία πρέπει να είναι μικρότερη του 40%. Επίσης, οι μεταβολές της υγρασίας που παρατηρήθηκαν μπορούν να επιφέρουν βλάβες στα διάφορα υλικά των εκθεμάτων, όπως έχουμε αναφέρει, γιαυτό θα πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα ώστε να παραμένει σταθερή η σχετική υγρασία στον χώρο της πινακοθήκης. Συνεπώς, οι συνθήκες υγρασίας που επικρατούν στην Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων δεν είναι πάντα κατάλληλες για τα έργα τέχνης που φιλοξενεί.
- Το εύρος τιμών των θερμοκρασιών που μετρήσαμε στο χρονικό διάστημα από 18 Μαρτίου έως 18 Μαΐου είναι 16,5 – 27,2 ^{o}C. Όμως, για τις ελαιογραφίες η ιδανική θερμοκρασία είναι από 18 ^{o}C έως 20 ^{o}C, για το ξύλο από 18 έως 21 ^{o}C και για το χαρτί και το ύφασμα από 16 έως 20 ^{o}C. Συνεπώς, οι συνθήκες θερμοκρασίας που επικρατούν στον χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων δεν είναι οι ιδανικές για τα αντικείμενα που εκθέτονται και μπορεί να προκαλέσει τη διάβρωσή τους.

- Για τις ημέρες που μελετήσαμε η ορατή ακτινοβολία στους διάφορους χώρους της πινακοθήκης κυμαίνεται εντός των τιμών 3,7 και 5665 Lux. Συγκεκριμένα, η ορατή ακτινοβολία στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης κυμαίνεται από 671 – 5665 Lux, ενώ στους υπόλοιπους χώρους της κυμαίνεται από 3,7 έως 126. Οι ελαιογραφίες, το ξύλο και το ασπρόμαυρο χαρτί θα πρέπει να εκθέτονται σε ορατή ακτινοβολία μικρότερη του 150 Lux ενώ το έγχρωμο χαρτί και το ύφασμα σε μικρότερη από 50 Lux. Η ανώτατη ένταση φωτισμού στην οποία μπορούν να εκτεθούν τα μεταλλικά και τα πέτρινα αντικείμενα είναι 500 Lux. Συνεπώς, οι χώροι της πινακοθήκης, πέραν της εισόδου, ενδείκνυνται για τα περισσότερα εκθέματα. Όταν όμως πρόκειται για έγχρωμο χαρτί ή ύφασμα απαιτούνται χαμηλότερα ανώτατα όρια φωτισμού. Στον χώρο της πινακοθήκης, ο φωτισμός καθορίζεται ανάλογα με το είδος των έργων τέχνης που εκθέτονται. Αυτό που σίγουρα πρέπει να απαγορευτεί είναι η έκθεση αντικειμένων στον χώρο κοντά στην είσοδο της πινακοθήκης. Στην έκθεση του Μανόλη Τσομπανάκη υπήρχε ένα έκθεμα στον χώρο αυτόν. Όσο ανθεκτικό και αν είναι το υλικό του, δε θα πρέπει να τοποθετείται σε έναν χώρο που επηρεάζεται σημαντικά από το εξωτερικό περιβάλλον του. Αν πάλι αποφασισθεί να εκθέτονται έργα τέχνης στον χώρο αυτόν θα πρέπει να ληφθούν τα μέτρα που προτείνουμε στο κεφάλαιο 1.2.3.5.

  Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια παραδείγματα από σταθερά και κινητά σκίαστρα. Τα σταθερά σκίαστρα χρησιμοποιούνται στην εξωτερική όψη του κτιρίου και εμποδίζουν την άμεση ακτινοβολία να φτάσει στα ανοίγματα. Αποτέλεσμα αυτών είναι να απορροφούν και να διαχέουν τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα. Υλικό κατασκευής τους είναι το σκυρόδεμα, το αλουμίνιο και το πλαστικό. Κινητά σκίαστρα χρησιμοποιούνται λόγω του ότι οι κλιματικές εποχές δε συμφωνούν με τις ηλιακές εποχές, έτσι στις περιοχές με μεγάλο διάστημα λειτουργίας της θέρμανσης είναι προτιμότερο να

εφαρμόζεται κινητή προστασία, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί εύκολα [16].

Οι εικόνες 4.7.1 και 4.7.2 παρουσιάζουν σταθερά σκίαστρα ενώ η εικόνα 4.7.3 παρουσιάζει ένα τύπο κινητού σκίαστρου.

Εικόνα 4.7.1: Οριζόντιες εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για νότιο προσανατολισμό. Λειτουργούν αποδοτικά εκτός από τις γωνίες [28].

Εικόνα 4.7.2: Διάταξη από κάθετες, σταθερές, εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό [28].

Εικόνα 4.7.3: Εσωτερικά ενετικά στόρια [27].

Παραπάνω παρουσιάστηκαν οι τρεις αυτοί τύποι σκίαστρου πιστεύοντας πως ταιριάζουν στο κτίριο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

Στη Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων υπάρχει κάποιος τύπος σκίαστρου, σε όλη την έκταση της τζαμαρίας, ο οποίος όμως θα πρέπει να εφαρμόζεται πάντα και στην πόρτα εισόδου. Η πόρτα της εισόδου θα πρέπει να κλείνει αμέσως μετά την είσοδο ενός επισκέπτη ώστε να παρεμποδίζει την αρνητική επίδραση των εξωτερικών συνθηκών, στο εσωτερικό της πινακοθήκης.

- Η υπεριώδης ακτινοβολία, για το διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις κυμαίνεται από 0 έως 1699 mW/m^2. Συγκεκριμένα, η υπεριώδης ακτινοβολία στην είσοδο κυμαίνεται από 236 έως 1699 mW/m^2 ενώ στους υπόλοιπους χώρους είναι μηδενική, με εξαίρεση τη θέση 2 όπου παρατηρήθηκε στις 30 Απριλίου του 2009 υπεριώδης ακτινοβολία με τιμή ίση με 2,8 mW/m^2. Συνεπώς, τα έργα τέχνης είναι απόλυτα ασφαλή σε όλο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης, εκτός από την περιοχή γύρω από την είσοδό της. Ένας λόγος ακόμη, για να εφαρμοστούν τα μέτρα που αναφέραμε παραπάνω.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια στους χώρους της πινακοθήκης όπου έγιναν μετρήσεις κυμαίνονταν από 34 έως 333 $\mu g/m^3$. Οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων που μετρήθηκαν στην περιοχή κοντά στην είσοδο (θέση Γ), λόγω της επίδρασής της από το εξωτερικό περιβάλλον είναι αρκετά υψηλότερες από αυτές που μετρήθηκαν στον πρώτο όροφο (θέση Δ). Δε πρέπει να αγνοούμε το γεγονός ότι μπροστά από την πινακοθήκη υπάρχει πολυσύχναστος δρόμος, με έντονη κυκλοφορία. Τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να μεταφερθούν σε όλους τους χώρους. Οι συγκεντρώσεις αυτές θα πρέπει να μειωθούν σημαντικά, ώστε να μην επιβαρύνονται τα εκθέματα.
- Οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα που μετρήθηκαν κυμαίνονται από 2,8 έως 4,7 ppm και από 249 έως 483

ppm αντίστοιχα. Τα υλικά που εκθέτονται δέχονται σημαντικές επιδράσεις από την παρουσία του CO και του CO_2, ιδιαίτερα όταν υπάρχει και υγρασία όπου τα διάφορα υλικά παρουσιάζουν διαδοχικά στρώματα διάβρωσης. Συνεπώς, και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και προστασίας των αντικειμένων.

- Όσον αφορά στις συνθήκες εργασίας των εργαζομένων, η σχετική υγρασία θα πρέπει να βρίσκεται σε ποσοστό μέχρι 60%, αλλά όπως επισημάναμε προηγουμένως η σχετική υγρασία στο χώρο της πινακοθήκης φτάνει έως και 92,2%. Η θερμοκρασία του χώρου, ώστε να αισθάνεται άνετα ο άνθρωπος θα πρέπει να κυμαίνεται από 20 έως 25 ^{o}C. Στο χώρο του μουσείου η θερμοκρασία που μετρήθηκε πολλές φορές ήταν χαμηλότερη ή ξεπερνούσε τις τιμές αυτές. Για την ορατή ακτινοβολία οι εργαζόμενοι θα πρέπει να προσαρμόζονται στην ορατή ακτινοβολία που είναι ιδανική για τα αντικείμενα που εκθέτονται. Η υπεριώδης ακτινοβολία δε πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mW/m^2, πράγμα το οποίο συμβαίνει σε όλους τους χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης εκτός από την περιοχή της εισόδου, όπου η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας ξεπερνά σε μεγάλο βαθμό αυτήν την τιμή. Οι μέσες τιμές των αιωρουμένων σωματιδίων (PM_{10}) στο χώρο του μουσείου είναι πολύ μεγαλύτερες από 50 $\mu g/m^3$ που είναι η 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Τέλος, τα επίπεδα στα οποία βρίσκεται το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα κρίνονται φυσιολογικά και δεν συνιστούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

5 Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων

5.1 Εισαγωγή

Εικόνα 5.1.1: Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων [30].

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων υπάγεται στην ΚΕ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων.

Στον ίδιο δρόμο που βρίσκεται η Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων, συγκεκριμένα στην οδό Χάληδων βρίσκεται και το Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων. Στεγάζεται στο καθολικό της ενετικής μονής του Αγίου Φραγκίσκου

και βρίσκεται στην οδό Χάληδων. Μπροστά από την είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου υπάρχει δρόμος και η απόσταση από τη θάλασσα είναι περίπου 50μ. Ως Αρχαιολογικό Μουσείο άρχισε να λειτουργεί το 1963.

Τα εκθέματά του δίνουν μία διαχρονική εικόνα της πολιτισμικής ιστορίας του Νομού Χανίων από τη νεολιθική εποχή έως και τα χρόνια της ρωμαιοκρατίας. Η έκθεση χωρίζεται κατά πλάτος σε δύο μεγάλες ενότητες : Στο ανατολικό τμήμα εκτίθενται ευρήματα της ύστερης νεολιθικής εποχής και της χαλκοκρατίας (μινωικοί χρόνοι). Στο δυτικό τμήμα εκτίθενται αρχαιότητες της εποχής του σιδήρου (ιστορικοί χρόνοι). Τα ευρήματα παρουσιάζονται κατά ανασκαφικά σύνολα και κατά θεματικές ενότητες. Στις συλλογές περιλαμβάνονται μινωικά ευρήματα από την πόλη των Χανίων, προϊστορικά ευρήματα από σπήλαια, μινωικά ευρήματα από διάφορες περιοχές του νομού, ευρήματα από τάφους της γεωμετρικής περιόδου, ευρήματα των ιστορικών χρόνων από την πόλη των Χανίων και από διάφορες άλλες πόλεις του νομού, νομίσματα, κοσμήματα (προϊστορικών και ιστορικών χρόνων), γλυπτά, επιγραφές, στήλες, ψηφιδωτά.

Το έτος 2000 δωρήθηκε στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων η ενδιαφέρουσα συλλογή Κωνσταντίνου, Μαρίκας και Κυριάκου Μητσοτάκη. Καταλαμβάνει τρεις μικρές αίθουσες στα βόρεια και σε επαφή με το ναό του Αγίου Φραγκίσκου. Τα εκθέματα αποτελούν το 1/3 της Συλλογής και η παρουσίαση τους ακολουθεί χρονολογική σειρά (τέλος 4ης χιλιετίας π.Χ. - 3ο αι. μ.Χ.). Περιλαμβάνονται ευρήματα μινωικής κεραμικής, πηλοπλαστικής, λιθοτεχνίας, σφραγιδογλυφίας, κοσμήματα και varia (ποικίλα αντικείμενα από διάφορες περιοχές).

Το Μουσείο διαθέτει εργαστήρια συντήρησης κεραμικής, μεταλλικών αντικειμένων, νομισμάτων, τοιχογραφιών, ψηφιδωτών και χημικό εργαστήριο, ενώ για την εξυπηρέτηση των επισκεπτών υπάρχει εκθετήριο - πωλητήριο του Ταμείου Αρχαιολογικών Πόρων στο ειδικά διαμορφωμένο κωδωνοστάσιο δίπλα στην κύρια είσοδο.

Σκοπός του Μουσείου είναι η προβολή της πολιτισμικής ιστορίας του τόπου

κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, έτσι ώστε να αποτελεί πόλο έλξης πολλών επισκεπτών. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η διοργάνωση περιοδικών εκθέσεων, εκπαιδευτικών προγραμμάτων και διαφόρων εκδηλώσεων πολιτισμού στο χώρο του Μουσείου [29].

Παράλληλα με τις μετρήσεις που έγιναν στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Έτσι, με τα ίδια όργανα πήραμε μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, αιωρουμένων σωματιδίων, περιεκτικότητας του αέρα σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) καθώς και ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας.

Στόχος μας και σε αυτή τη περίπτωση είναι να ερευνήσουμε πως επηρεάζεται η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων από τα παραπάνω μεγέθη.

Παρακάτω, παρουσιάζουμε την κάτοψη του κτιρίου του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Σε αυτήν φαίνονται οι θέσεις στις οποίες τοποθετήθηκαν τα διάφορα όργανα που χρησιμοποιήσαμε για να πάρουμε μετρήσεις:

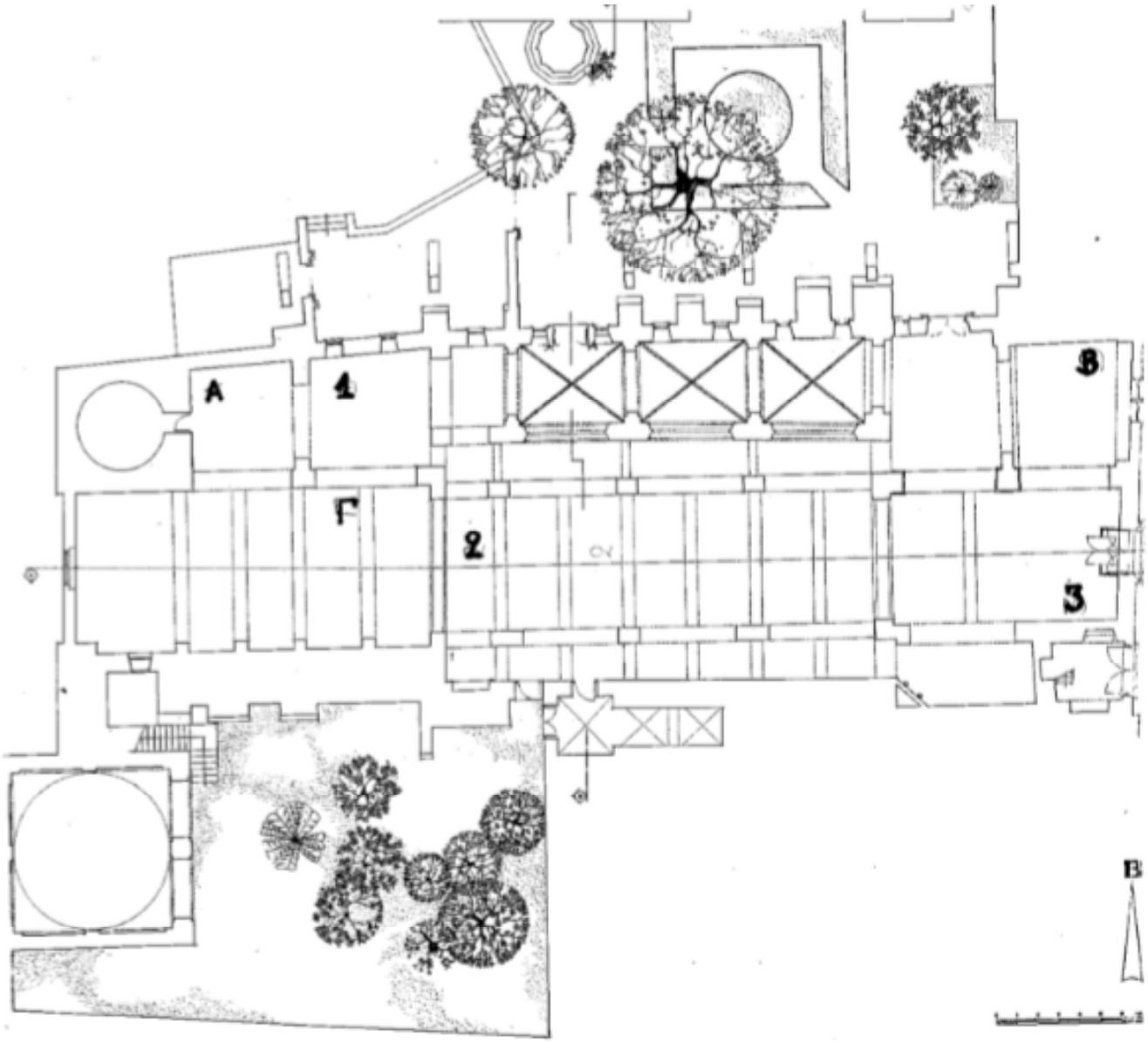
α) θερμοκρασίας και υγρασίας,

β) ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας,

γ) αιωρουμένων σωματιδίων (PM_{10}),

δ) μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2).

ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΤΟΨΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΧΑΝΙΩΝ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ:

Θέσεις 1, 2, 3: Όργανο μέτρησης της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας.

Θέση Α, Β: Όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Θέση Γ: Όργανο μέτρησης των αιωρουμένων σωματιδίων και όργανο μέτρησης του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα.

5.2 Μελέτη θερμοκρασίας και υγρασίας στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων τοποθετήθηκαν ειδικά όργανα στη θέση Α και Β, όπως αυτές φαίνονται στο σχέδιο της κάτοψης. Η θέση Α βρίσκεται στο βάθος του μουσείου ενώ η θέση Β βρίσκεται κοντά στην είσοδο.

Αρχικά, παρατίθενται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου για διάστημα 18 ημερών. Συγκεκριμένα, από τις 4 Ιουνίου έως τις 22 Ιουνίου του 2009.

Πρέπει να επισημάνουμε, πως στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων δεν λειτουργεί κλιματιστικό σύστημα για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Αντίθετα, λειτουργούν τρεις αφυγραντήρες οι οποίοι είναι διασκορπισμένοι μέσα στο μουσείο. Πρόκειται για μηχανικά λειτουργικά συστήματα που κρατούν τη στάθμη της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε ελεγχόμενα επίπεδα, σταθεροποιώντας τις συνθήκες του αέρα. Τα μηχανικά αυτά συστήματα χρειάζονται συχνή και προσεκτική συντήρηση. Για να μειωθούν οι κίνδυνοι που μπορεί να προκληθούν στα αντικείμενα σε έκτακτες περιπτώσεις, τα συστήματα πρέπει να τοποθετούνται μακρυά από αυτά. Στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου τα συστήματα αυτά δε βρίσκονται σε ιδιαίτερα μεγάλη απόσταση από τα εκθέματα. Επίσης, δε λειτουργούν συστηματικά τα τελευταία χρόνια και λόγω της μικρής χωρητικότητάς τους πρέπει να τα αδειάζουν συχνά.

Ακόμα, πρέπει να αναφέρουμε πως στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου υπάρχει μία σιδερένια πόρτα, η οποία παραμένει ανοιχτή τις ώρες λειτουργίας του μουσείου. Η είσοδος του μουσείου βλέπει στην οδό Χάληδων. Για να εισέλθει όμως κάποιος στο χώρο που υπάρχουν τα εκθέματα περνάει από την αμέσως επόμενη πόρτα. Αυτή είναι πάντα

κλειστή πέρα από τη στιγμή της εισόδου του επισκέπτη εντός του μουσείου. Τέλος, στη μία πλευρά του μουσείου υπάρχουν αρκετά ανοίγματα τα οποία βλέπουν στην αυλή του μουσείου. Δύο πόρτες που είναι ανοιχτές τις ώρες λειτουργίας του μουσείου και μία σειρά από παράθυρα, πέντε από τα οποία είναι συνήθως ανοιχτά. Επίσης, υπάρχουν άλλα δυο παράθυρα τα οποία δεν τα κλείνουν τις ώρες λειτουργίας του Αρχαιολογικού Μουσείου και βλέπουν στην οδό Χάληδων. Η αυλή δεν έχει επαφή με τον κεντρικό δρόμο, έξω από το μουσείο.

Στην εικόνα 5.2.1 φαίνεται η μία από τις δύο πόρτες που παραμένουν ανοιχτές τις ώρες λειτουργίας του μουσείου και βλέπουν στην εξωτερική αυλή του.

Εικόνα 5.2.1: Πόρτα του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων που οδηγεί στην εξωτερική αυλή του.

Ακολουθεί η εικόνα 5.2.2 από την εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού

Μουσείου Χανίων όπου προβάλλονται μερικά από τα ανοίγματα του (πόρτες, παράθυρα).

Εικόνα 5.2.2: Εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.2.1 στο οποίο παρουσιάζεται η διακύμανση των μέσων ημερησίων θερμοκρασιών από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009 στο βάθος του Αρχαιολογικού Μουσείου και συγκεκριμένα στη θέση Α.

Διάγραμμα 5.2.1: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009 στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

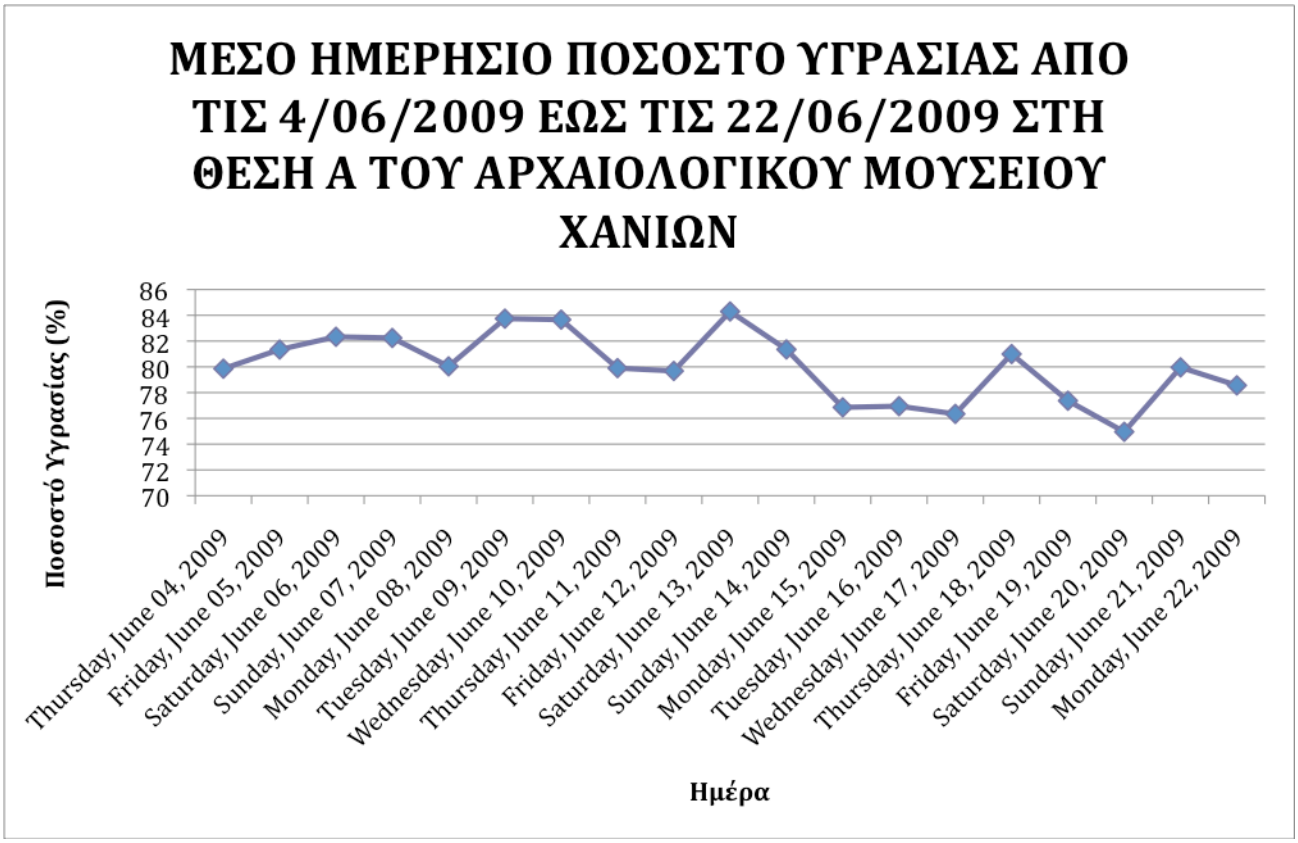
Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.2.1 διαπιστώνουμε σταδιακή αύξηση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009. Η τιμή της κυμαίνεται από 23,4 ^{o}C έως 25,4 ^{o}C.

Στο διάγραμμα 5.2.2 που ακολουθεί βλέπουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια δύο ημερών στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Στις 4 Ιουνίου του 2009 και στις 22 Ιουνίου του 2009. Τις ημερομηνίες αυτές παρατηρήθηκε η ελάχιστη και η μέγιστη αντίστοιχα μέση ημερήσια θερμοκρασία για το χρονικό διάστημα στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις.

Διάγραμμα 5.2.2: Μεταβολή της θερμοκρασίας στις 4 και στις 22 Ιουνίου του 2009 στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.2.2 διαπιστώνουμε πως η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των δύο ημερών δε μεταβάλλεται σημαντικά. Στις 4 Ιουνίου του 2009, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 23,1 ^{o}C έως 23,7 ^{o}C, με μέση τιμή ίση με 23,4 ^{o}C, ενώ στις 22 Ιουνίου η θερμοκρασία κυμαίνεται από 25,1 ^{o}C έως 25,8 ^{o}C, με μέση τιμή 25,4 ^{o}C. Η μέση τιμή της ημερήσιας θερμοκρασίας, σε διάστημα περίπου 20 ημερών αυξήθηκε κατά 2 ^{o}C.

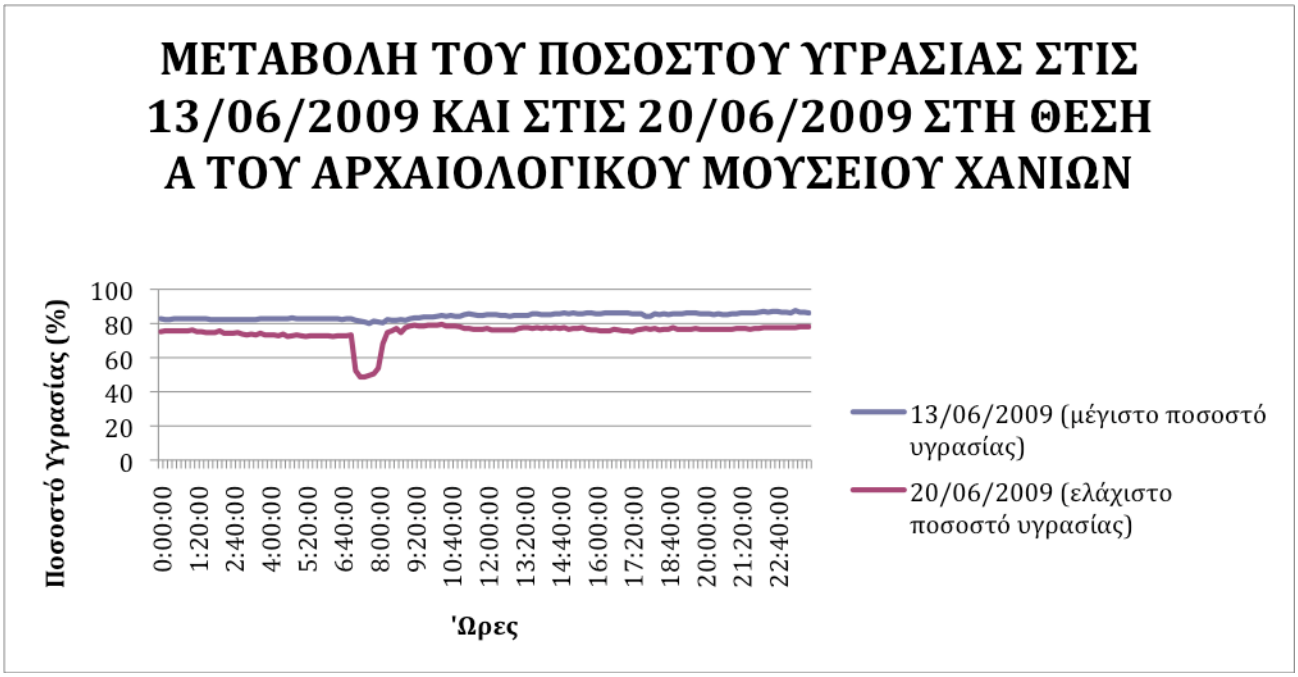
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.2.3 στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή του μέσου ημερήσιου ποσοστού υγρασίας από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009 στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.



Διάγραμμα 5.2.3: Μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009 στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Αυτό που παρατηρούμε από το διάγραμμα 5.2.3 είναι πως το μέσο ποσοστό υγρασίας μεταβάλλεται συνεχώς. Από τις 4 έως τις 8 Ιουνίου κυμαίνεται από 80% έως 82%. Για τις δύο επόμενες ημέρες αυξάνεται στο 84%. Στις 11 και 12 Ιουνίου μειώνεται στο 80%. Από τις 13 έως τις 20 Ιουνίου μειώνεται συνεχώς από 84% σε 75% με εξαίρεση τις 18 Ιουνίου που μεγάλωσε στο 81%. Στις 21 Ιουνίου φτάνει το 80% και στη συνέχεια μειώνεται. Κυμαίνεται περίπου από 84% έως 75%, με μέση τιμή ίση με 80%.

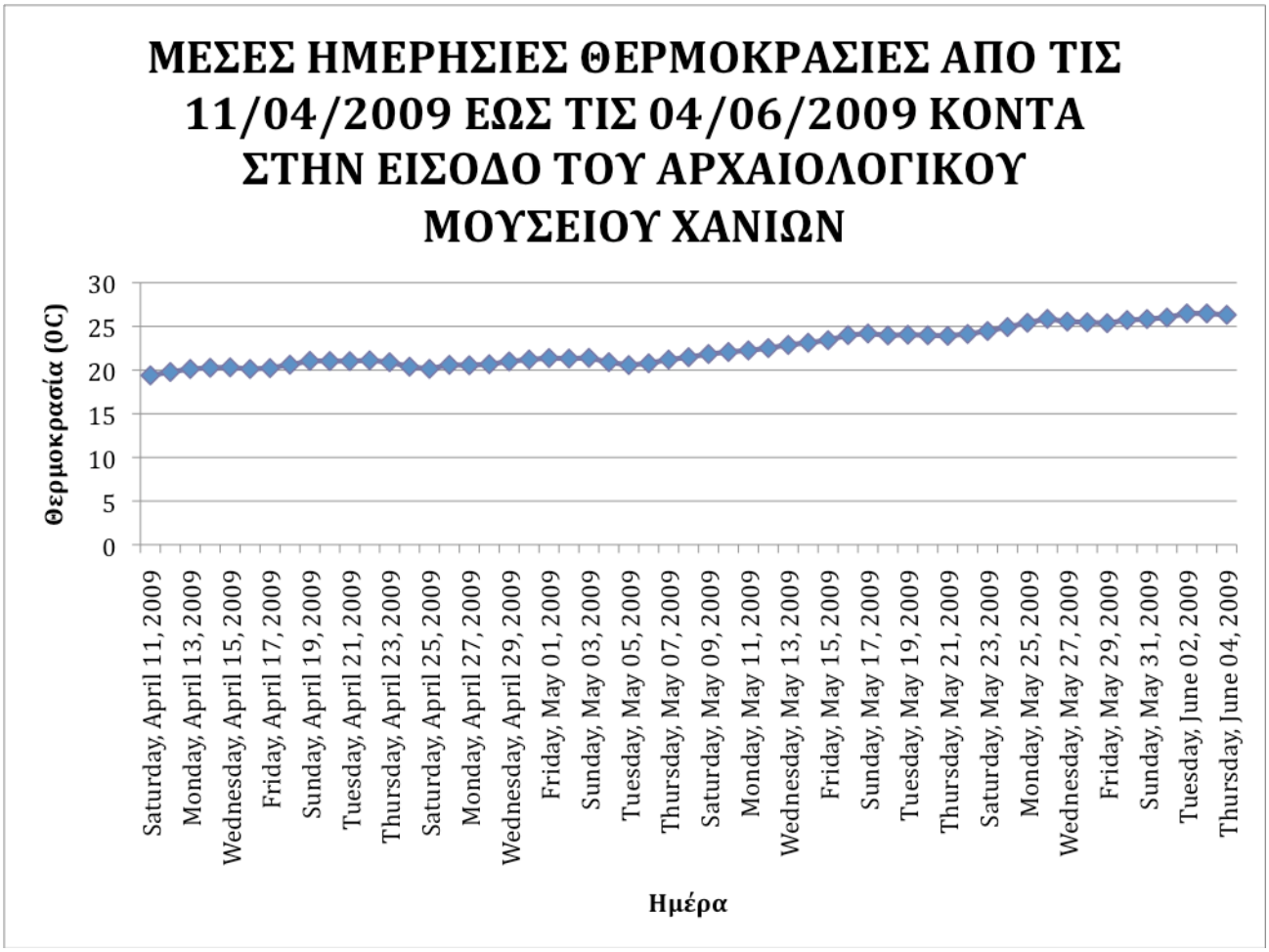
Στο διάγραμμα 5.2.4 παρουσιάζεται η ημερήσια μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 13 και τις 20 Ιουνίου του 2009 στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Δηλαδή τις ημέρες όπου παρουσιάζεται το ελάχιστο και μέγιστο μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας κατά το χρονικό διάστημα στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις.



Διάγραμμα 5.2.4: Μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 13 και τις 20 Ιουνίου του 2009 στη θέση Α του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.2.4 συμπεραίνουμε πως στις 13 Ιουνίου του 2009, όπου παρατηρείται και το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας το ποσοστό υγρασίας παραμένει σε σχετικά σταθερά επίπεδα. Κυμαίνεται από 80% έως 87,6%. Αυξάνεται συνεχώς από τα μεσάνυχτα και μετά με μία μικρή μείωση στις 7:00 πμ, για περίπου 2 ώρες. Στις 20 Ιουνίου, κυμαίνεται από 48,7% έως 79,5%. Από τα μεσάνυχτα έως τις 7:00 μειώνεται σταδιακά το ποσοστό υγρασίας από 75% στο 73%. Ακολουθεί απότομη μείωση από τις 7:00 πμ έως τις 7:30 πμ όπου φτάνει και το ελάχιστο ποσοστό υγρασίας, 48,7%. Στην επόμενη μισή ώρα αυξάνεται φτάνοντας το 75%. Στο υπόλοιπο της ημέρας το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 74,7% έως 79,5 % με μέση τιμή το 77%.

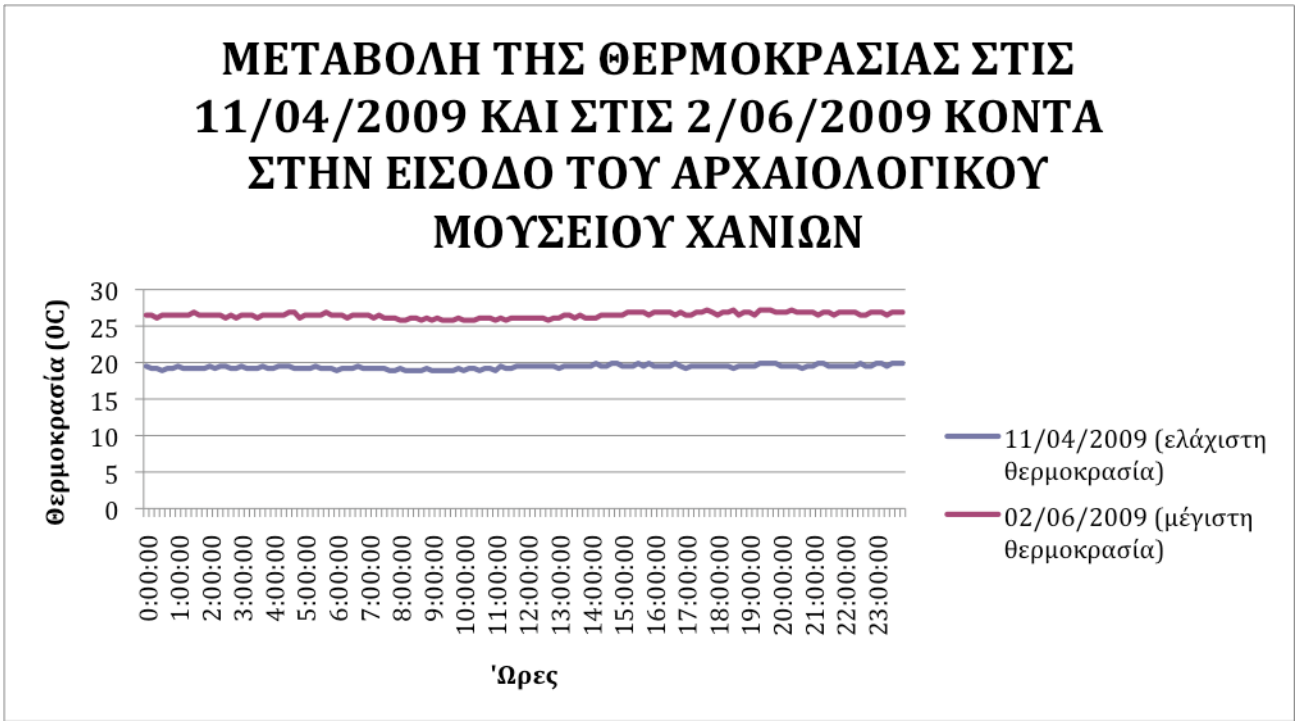
Ακολουθεί διάγραμμα με τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, στη θέση Β όπως αυτή φαίνεται στη κάτοψη, για περίπου δύο μήνες. Συγκεκριμένα από τις 11 Απριλίου έως τις 4 Ιουνίου του 2009.



Διάγραμμα 5.2.5: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες από 11 Απριλίου έως τις 4 Ιουνίου του 2009 κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.2.5 διαπιστώνουμε μία συνεχή αύξηση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, από τις 11 Απριλίου έως τις 4 Ιουνίου του 2009. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία στο διάστημα αυτό κυμαίνεται από 19,3 ^{o}C έως 26,4 ^{o}C.

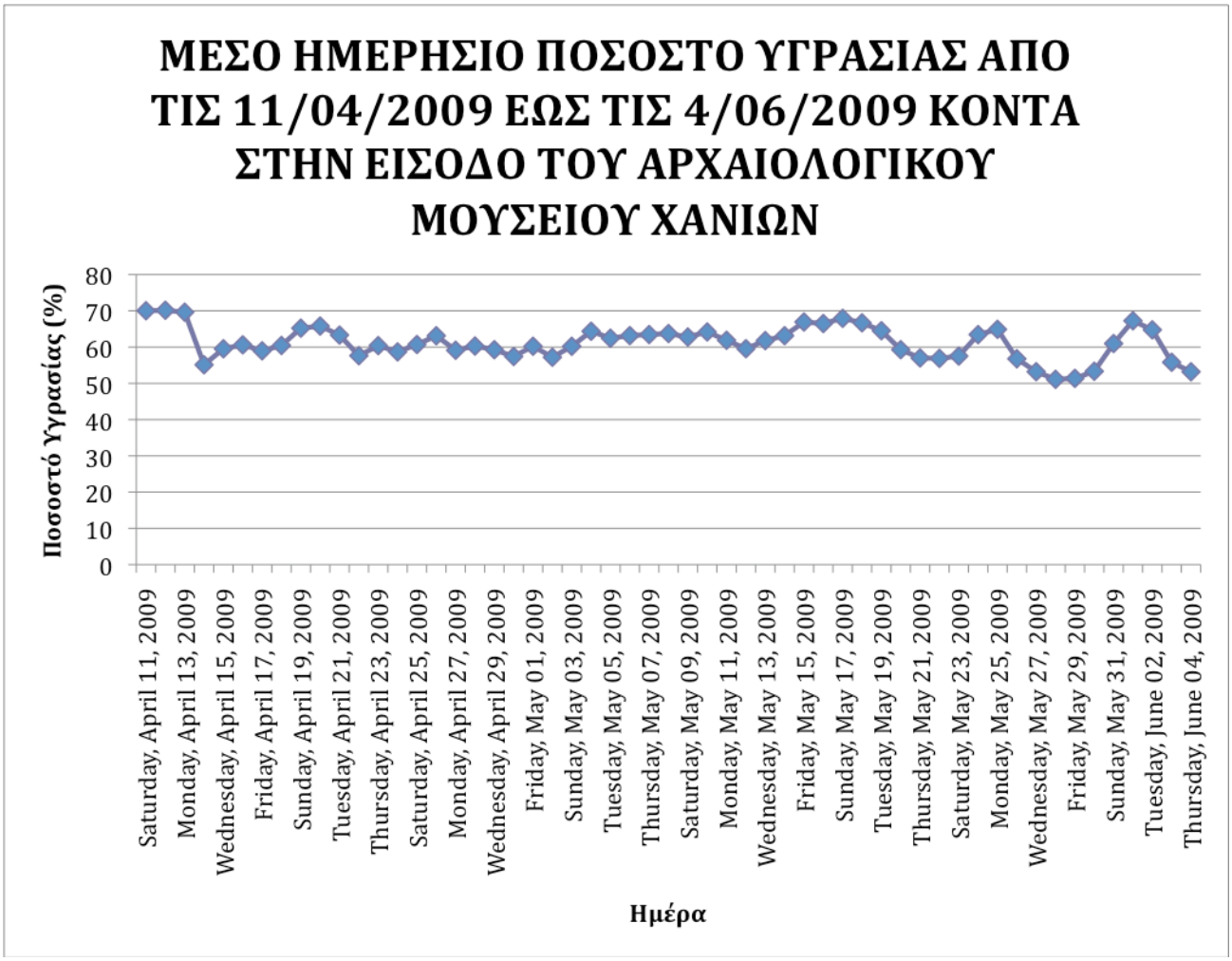
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.2.6 στο οποίο φαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια δύο ημερών. Στο διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις, η μέγιστη και η ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία, κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου παρατηρήθηκε στις 2 Ιουνίου και στις 11 Απριλίου του 2009 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5.2.6: Μεταβολή της θερμοκρασίας στις 11 Απριλίου και στις 2 Ιουνίου του 2009 κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Αυτό που παρατηρούμε από το διάγραμμα 5.2.6 είναι πως κατά τη διάρκεια και των δύο ημερών η θερμοκρασία παραμένει σε σταθερά επίπεδα, με μικρή μείωση κατά τις πρωινές ώρες από τις 7:00 πμ έως τις 10:00 πμ. Συγκεκριμένα στις 11 Απριλίου η θερμοκρασία κυμαίνεται από 18,9 ^{o}C έως 19,9 ^{o}C με μέση τιμή ίση με 19,3 ^{o}C, ενώ στις 2 Ιουνίου κυμαίνεται από 25,8 ^{o}C έως 27,2 ^{o}C με μέση τιμή 26,5 ^{o}C.

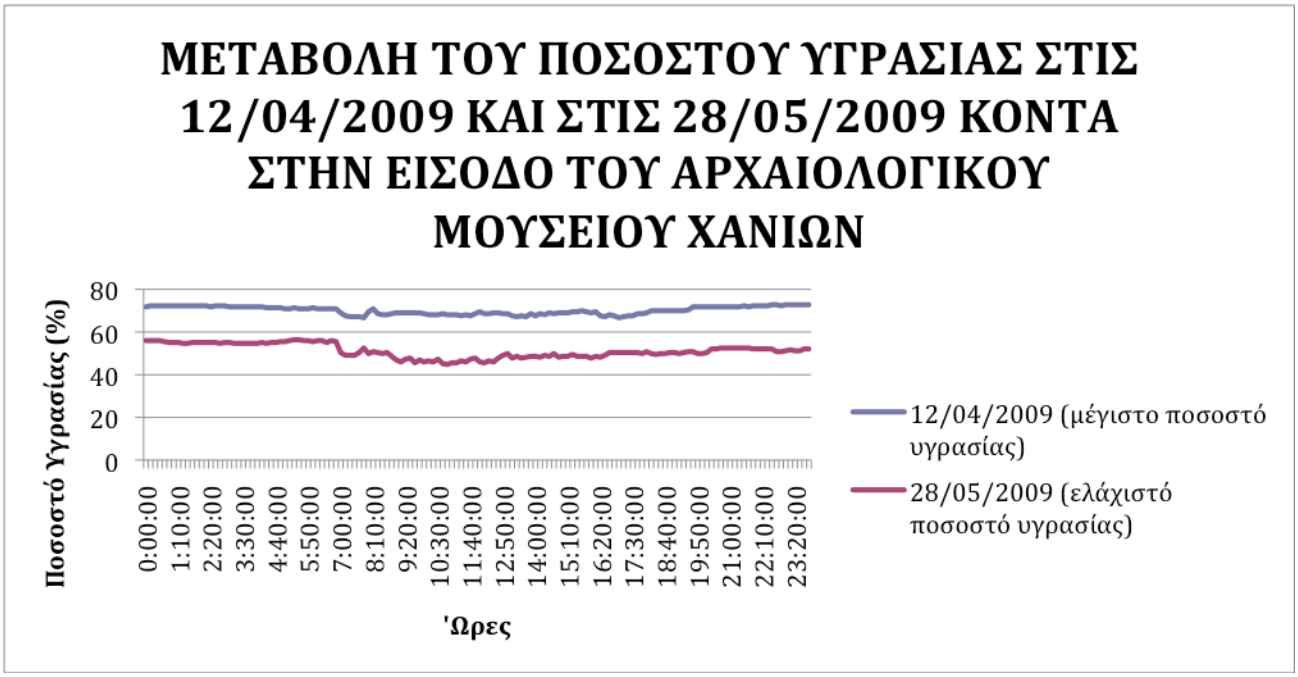
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.2.7 για το μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας στο χρονικό διάστημα που μελετάμε στη θέση Β, κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.



Διάγραμμα 5.2.7: Μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας από τις 11 Απριλίου έως τις 11 Μαΐου του 2009 κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Το μέσο ημερήσιο ποσοστό υγρασίας στο διάστημα που μελετάμε κυμαίνεται από 51% έως 70%. Από το διάγραμμα 5.2.7 παρατηρούμε αυξομειώσεις του ποσοστού υγρασίας από τις 11 Απριλίου έως τις 11 Μαΐου του 2009. Μεγαλύτερη σταθερότητα έχουμε στο χρονικό διάστημα από 21 Απριλίου έως 11 Μαΐου.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.2.8. Σε αυτό φαίνεται η μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στη θέση Β, κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, στις 12 Απριλίου και στις 28 Μαΐου του 2009. Τις ημέρες αυτές παρατηρήθηκε το ελάχιστο και το μέγιστο αντίστοιχα ποσοστό υγρασίας.



Διάγραμμα 5.2.8: Μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στις 12 Απριλίου και τις 28 Μαΐου του 2009 κοντά στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.2.8 βλέπουμε πως το ποσοστό υγρασίας για κάθε ημέρα ξεχωριστά παραμένει σταθερό μέχρι τις 6:30 πμ. Ακολουθεί μείωση μέχρι τις 11:00 πμ και σταδιακή αύξηση έπειτα έως τις 20:00 μμ όπου επανέρχεται στο αρχικό επίπεδο ποσοστού υγρασίας για το υπόλοιπο της ημέρας. Και στις δύο ημέρες η διακύμανση του ποσοστού υγρασίας είναι η ίδια. Η διαφορά του ποσοστού υγρασίας στο διάστημα αυτών των ημερών είναι περίπου 19%. Στις 12 Απριλίου το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 66,7% έως 72,8%, ενώ στις 28 Μαΐου από 44,8% έως 56,4%.

5.3 Μελέτη ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων

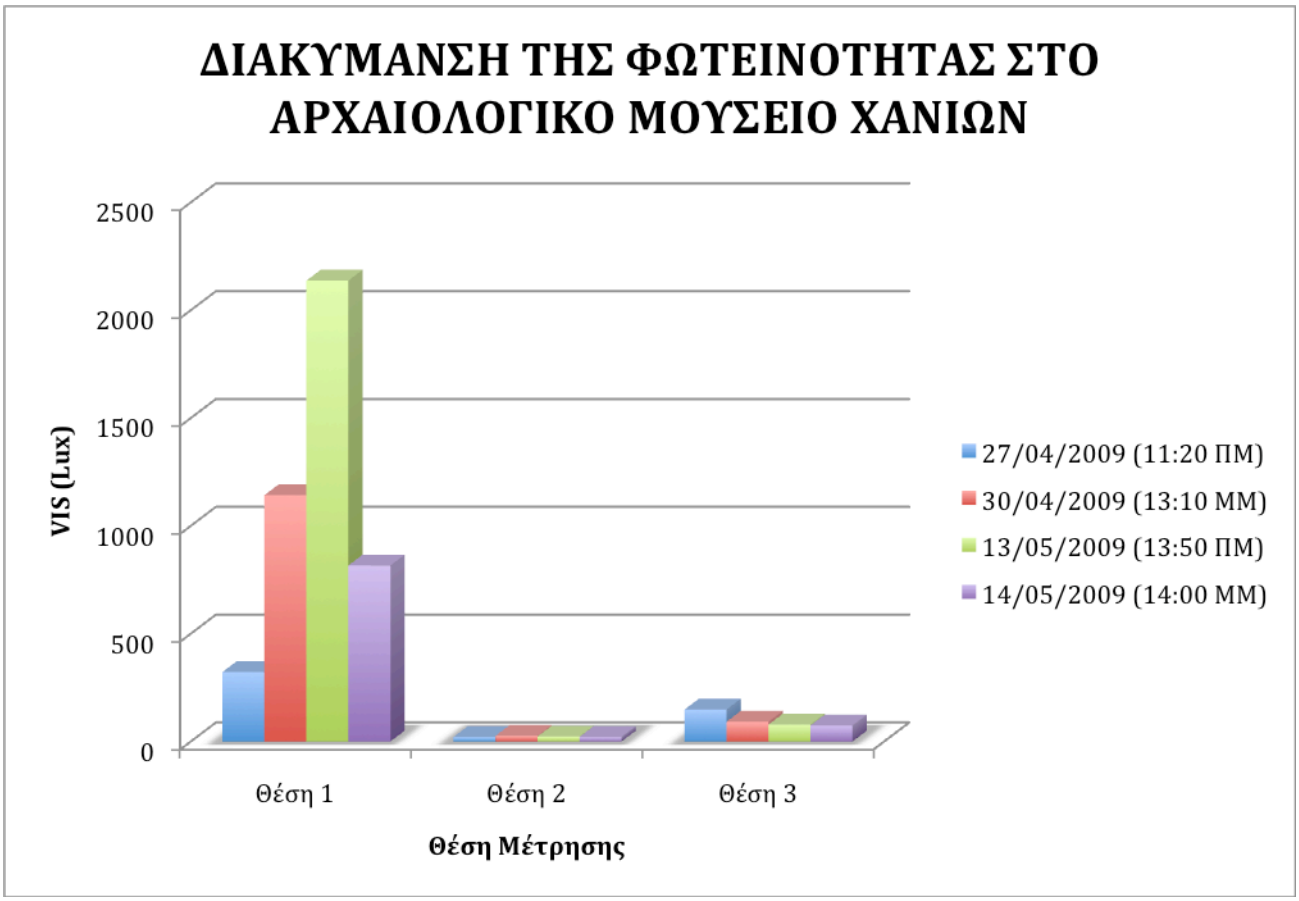
Στο σημείο αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της ορατής και της υπεριώδους ακτινοβολίας στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν

μετρήσεις σε 3 διαφορετικά σημεία μέσα στο Μουσείο. Στη θέση 1, στο βάθος του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, ακριβώς κάτω από ένα παράθυρο οροφής, στη θέση 2, στο κέντρο του Μουσείου και στη θέση 3, στην είσοδο του Μουσείου. Καλύτερα φαίνονται στην κάτοψη του κτιρίου οι διάφορες θέσεις. Κάποιες φορές πήραμε μετρήσεις και στο εξωτερικό περιβάλλον του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, πάνω στην οδό Χάληδων, προκειμένου να δούμε κατά πόσο επηρεάζονται οι εσωτερικές συνθήκες, όσον αφορά στην ορατή και την υπεριώδη ακτινοβολία, από το εξωτερικό περιβάλλον.

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων έχει πολλά ανοίγματα. Κατά μήκος της βόρειας πλευράς του υπάρχει μία σειρά από παράθυρα με τζάμι (δέκα παράθυρα) και δύο πόρτες. Αυτά κοιτάζουν στην αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου. Τις μέρες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις τα πέντε από τα παράθυρα αυτά ήταν ανοιχτά. Επίσης, υπάρχουν άλλα δύο παράθυρα που παραμένουν ανοιχτά και βλέπουν στην οδό Χάληδων. Ακόμα υπάρχουν δυο μεγάλα στρογγυλά παράθυρα στην ανατολική και δυτική πλευρά του μουσείου τοποθετημένα ψηλά και άλλα δύο παράθυρα οροφής. Στην κάτοψη του κτιρίου μπορούμε να εντοπίσουμε καλύτερα τα ανοίγματα αυτά. Όλα αυτά τα ανοίγματα λούζουν το Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων με φυσικό φως. Πέραν όμως του φυσικού φωτισμού του μουσειακού χώρου υπάρχει και τεχνητός φωτισμός. Μικρές λάμπες τοποθετημένες στη σειρά βρίσκονται ψηλά στους τοίχους του κτιρίου σε όλη την έκτασή του. Αυτό που πρέπει να πούμε είναι πως τις ώρες που το μουσείο δε λειτουργεί, το ένα τρίτο από τα φώτα που ανάβουν τις ώρες λειτουργίας του μουσείου παραμένουν ανοιχτά.

Εικόνα 5.3.1: Εσωτερικό του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων [30].

Παρακάτω παρουσιάζεται η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας σε τρεις διαφορετικές θέσεις μέσα στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων. Έχουμε μετρήσεις της ορατής ακτινοβολίας από τέσσερις ημέρες. Συγκεκριμένα στις 27 και 30 Απριλίου και τις 13 και 14 Μαΐου του 2009. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν πρωινές και μεσημεριανές ώρες.



Διάγραμμα 5.3.1: Διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.3.1 διαπιστώνουμε πως στη θέση 1 η ορατή ακτινοβολία βρίσκεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις υπόλοιπες θέσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί η θέση 1 επηρεάζεται περισσότερο, από τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Συγκεκριμένα, η θέση 1 είναι ακριβώς κάτω από ένα παράθυρο οροφής του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Μέσω αυτού διοχετεύεται μεγάλη ποσότητα φωτός μέσα στο κτίριο του Αρχαιολογικού Μουσείου, και ειδικότερα γύρω από τη θέση 1. Το παράθυρο αυτό είναι γυάλινο, γιαυτό και επιτρέπει στην ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο. Η θέση 2, είναι στο κέντρο του μουσείου. Τα περισσότερα ανοίγματα όπως είπαμε είναι πλευρικά του κτιρίου, έτσι το φως που φτάνει στο κέντρο δεν έχει την ίδια ένταση. Στη θέση 3, αν και βρισκόμαστε στην είσοδο ο φωτισμός δεν είναι

ιδιαίτερα έντονος. Αυτό συμβαίνει γιατί αν και η εσωτερική πόρτα της εισόδου είναι από τζάμι και επιτρέπει την είσοδο του φωτός, ο κλειστός χώρος, σαν προθάλαμος που σχηματίζεται μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής πόρτας εισόδου περιορίζει το φωτισμό κοντά στην είσοδο. Ο τεχνητός φωτισμός είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος στο χώρο του μουσείου.

Επίσης, από το διάγραμμα 5.3.1 συμπεραίνουμε πως οι μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας είναι ιδιαίτερα έντονες στη θέση 1 μεταξύ των ημερών που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, ενώ στις υπόλοιπες θέσεις οι μεταβολές είναι σαφώς μικρότερες.

Στο διάγραμμα 5.3.2 που ακολουθεί φαίνονται καλύτερα οι μεταβολές της ορατής ακτινοβολίας, τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, στις θέσεις που δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις εξωτερικές συνθήκες. Συγκεκριμένα στις θέσεις 2 και 3.

Διάγραμμα 5.3.2: Μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας σε χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων που δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις εξωτερικές συνθήκες.

Από το διάγραμμα 5.3.2 παρατηρούμε πως στη θέση 2 οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας παραμένουν σταθερές για τις διάφορες ημέρες όπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και είναι χαμηλές σε σχέση με αυτές σε άλλα σημεία του Μουσείου. Συγκεκριμένα κυμαίνονται από 20,6 Lux έως 25,9 Lux. Στη θέση 3 οι διακυμάνσεις είναι εντονότερες μεταξύ των ημερών. Για τη θέση 3, αυτό που παρατηρούμε είναι πως τις ημέρες που η μέτρηση πραγματοποιήθηκε περίπου την ίδια ώρα, οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας δεν έχουν μεγάλες αποκλίσεις. Την ημέρα όμως που η μέτρηση έγινε πιο πρωινές ώρες η ορατή ακτινοβολία που μετρήθηκε ήταν πολύ μεγαλύτερη. Οι τιμές κυμαίνονται από 74,5 Lux έως 148 Lux.

Οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας που λαμβάνουμε από τις μετρήσεις είναι αποτέλεσμα και του φυσικού αλλά και του τεχνητού φωτισμού του κτιρίου

του Αρχαιολογικού Μουσείου.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.3.3 όπου παρουσιάζεται η φωτεινότητα της θέσης 1 και 3 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων καθώς και η φωτεινότητα που μετρήθηκε στο εξωτερικό περιβάλλον. Οι θέσεις αυτές επιλέχτηκαν λόγω του ότι επηρεάζονται περισσότερο από τις εξωτερικές συνθήκες φωτεινότητας, με πρώτη τη θέση 1.

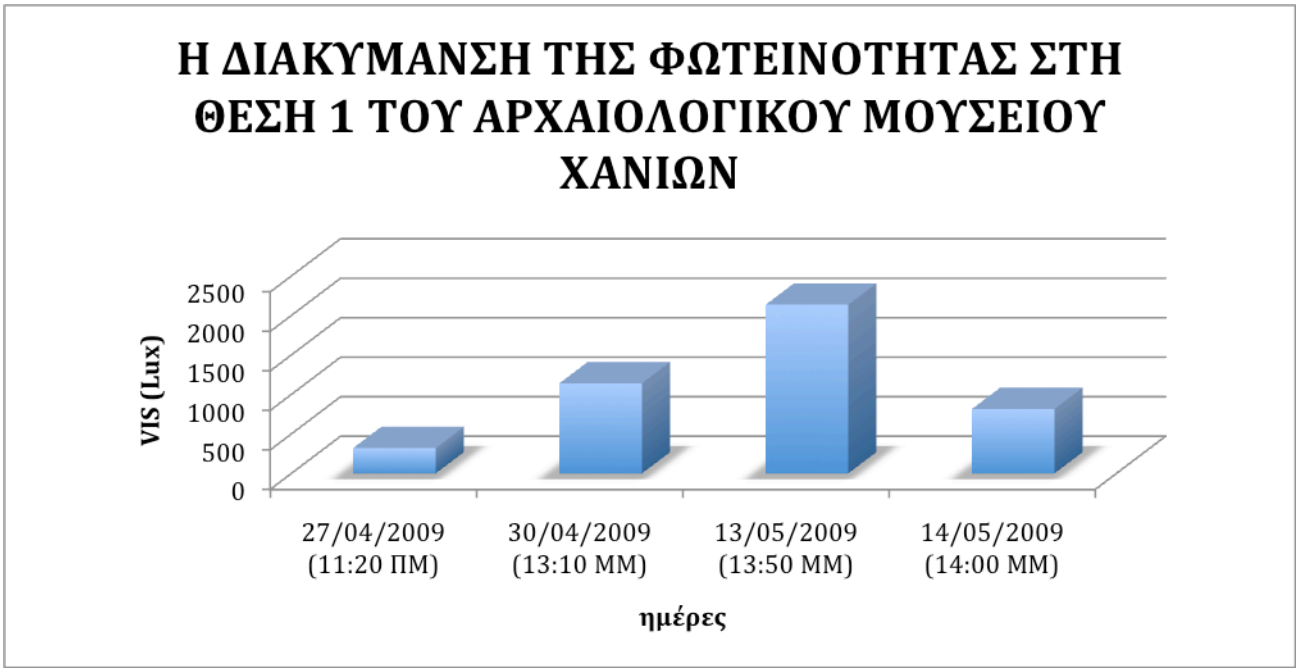
Διάγραμμα 5.3.3: Μεταβολή της ορατής ακτινοβολίας σε χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων που επηρεάζονται σε μικρότερο η μεγαλύτερο βαθμό από τις εξωτερικές συνθήκες.

Αυτό που διαπιστώνουμε από το διάγραμμα 5.3.3 είναι πως η ορατή ακτινοβολία εξωτερικά του Μουσείου είναι σαφώς σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτήν στη θέση 1, πόσο μάλλον στη θέση 3. Παρ' όλα

αυτά οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας στη θέση 1 του Αρχαιολογικού Μουσείου είναι αρκετά υψηλές. Φτάνουν τις 2137 Lux.

Για να αντιληφθούμε καλύτερα την επιρροή της ορατής ακτινοβολίας των θέσεων 1 και 3 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων από αυτήν του περιβάλλοντα χώρου της, ακολουθούν τα διαγράμματα 5.3.4, 5.3.5 και 5.3.6.

Στο διάγραμμα 5.3.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ορατής ακτινοβολίας, στη θέση 1 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 και 14 Μαΐου του 2009.

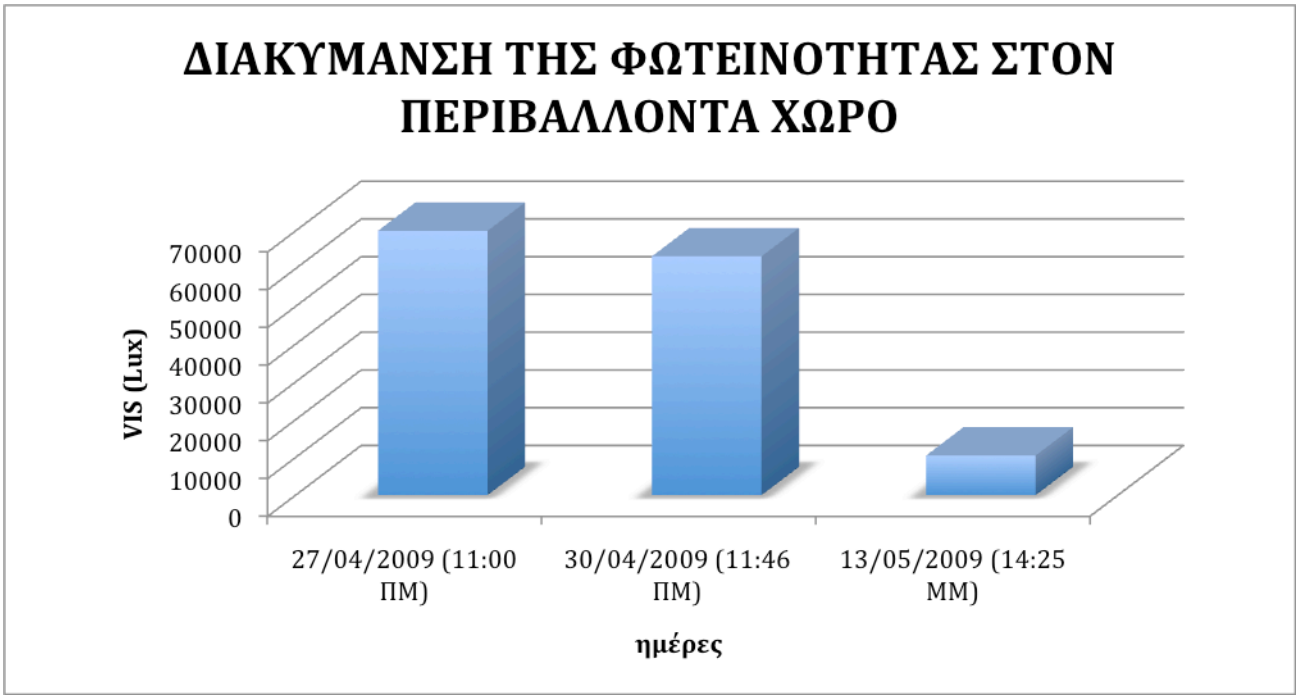


Διάγραμμα 5.3.4: Η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στη θέση 1 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Στο διάγραμμα 5.3.5 παρουσιάζονται σε αντιστοιχία με το διάγραμμα 5.3.4 οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας στη θέση 3, στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Διάγραμμα 5.3.5: Η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.3.6 στο οποίο παρουσιάζονται οι τιμές της ορατής ακτινοβολίας στον χώρο εξωτερικά του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.



Διάγραμμα 5.3.6: Η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα 5.3.4 και 5.3.6, διαπιστώνουμε πως η διακύμανση της ορατής ακτινοβολίας για της μέρες που μελετάμε στη θέση 1 δεν είναι η ίδια με αυτήν του εξωτερικού περιβάλλοντος. Παρ' όλο δηλαδή που στη θέση 1 μετρήθηκαν υψηλές τιμές της ορατής ακτινοβολίας, και σίγουρα η αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον συνέβαλλε σε αυτό, η διακύμανση των τιμών είναι πολύ διαφορετική μεταξύ τους. Ο τεχνητός φωτισμός δεν άλλαξε, επομένως δεν οφείλεται αυτός στη διαφοροποίησή της διακύμανσης. Πιθανόν, οι διαφορετικές χρονικές στιγμές στις οποίες λήφθηκαν οι μετρήσεις στη θέση 1 και στο εξωτερικό περιβάλλον να συντέλεσε σημαντικά και στη διαφοροποίηση της διακύμανσης. Αν οι μετρήσεις στους δύο χώρους είχαν πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα, τα αποτελέσματα θα ήταν διαφορετικά.

Συγκρίνοντας τώρα τα διαγράμματα 5.3.5 και 5.3.6 παρατηρούμε πως αν και η είσοδος επηρεάζεται κατά πολύ λιγότερο από την εξωτερική ορατή ακτινοβολία σε σχέση με τη θέση 1 με αποτέλεσμα οι τιμές στην είσοδο να

είναι πολύ χαμηλότερες, ακολουθεί παρόμοια διακύμανση με αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος. Πιθανόν, οι μετρήσεις μεταξύ των δύο αυτών χώρων να λήφθηκαν σε κοντινότερες χρονικές στιγμές σε σχέση με αυτές της θέσης 1 και του περιβάλλοντα χώρου και έτσι να έχουμε αυτήν την ομοιομορφία στη διακύμανση.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.3.7 όπου παρουσιάζεται η διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη θέση 1, 2 και 3 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Οι μετρήσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας έγιναν παράλληλα με της μετρήσεις της ορατής ακτινοβολίας. Έτσι έχουμε μετρήσεις από τέσσερις ημέρες. Συγκεκριμένα, τις 27 και 30 Απριλίου και τις 13 και 14 Μαΐου του 2009.

Διάγραμμα 5.3.7: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.3.7 παρατηρούμε πως στη θέση 1 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων εμφανίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό η υπεριώδης ακτινοβολία, η οποία κυμαίνεται από 104 mW/m^2 έως 961 mW/m^2. Στη θέση 2 η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μηδενική ενώ στη θέση 3, στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου παρατηρείται υπεριώδης ακτινοβολία αλλά σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να είναι αποτέλεσμα του φυσικού αλλά και του τεχνητού φωτισμού.

Για να δούμε καλύτερα την διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στους διάφορους χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων και στο εξωτερικό περιβάλλον του, παρατίθενται τα διαγράμματα 5.3.8, 5.3.9 και 5.3.10 που παρουσιάζουν ξεχωριστά τη διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη θέση 1, στη θέση 3 και στον περιβάλλοντα χώρο, αντίστοιχα.

Διάγραμμα 5.3.8: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη θέση 1 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 και 14 Μαΐου.

Από το διάγραμμα 5.3.8 παρατηρούμε πως η υπεριώδης ακτινοβολία μεταβάλλεται έντονα. Ακόμα και μετρήσεις με διαφορά μίας ημέρας έχουν μεγάλη απόκλιση.

Διάγραμμα 5.3.9: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη θέση 3 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 και 14 Μαΐου.

Από το διάγραμμα 5.3.9 παρατηρούμε πως η υπεριώδης ακτινοβολία μεταβάλλεται λιγότερα έντονα στη θέση 3 σε σχέση με τη θέση 1 που όπως έχουμε πει βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα.

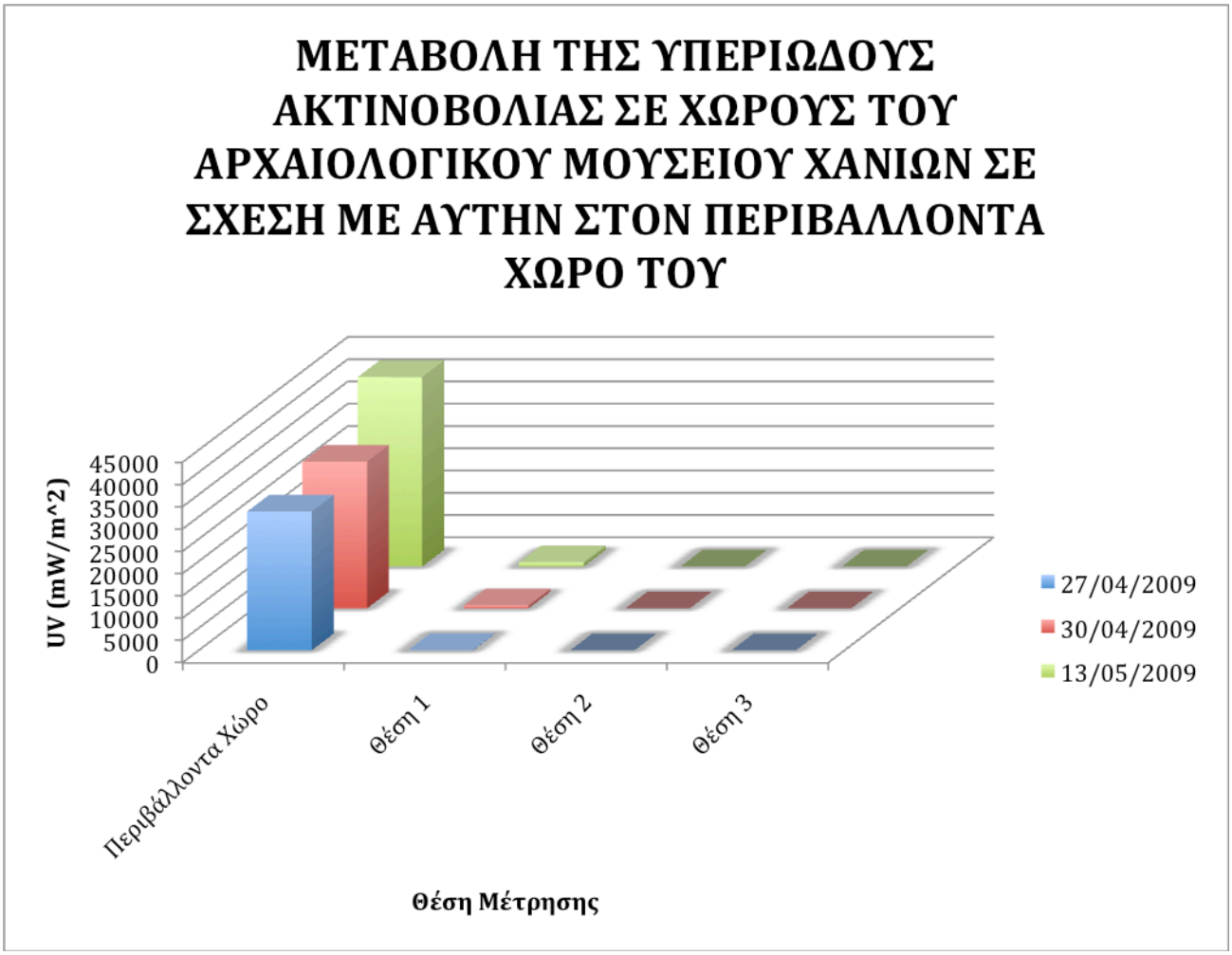
Προκειμένου να δούμε κατά πόσο η διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας της θέσης 1 και 3 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων επηρεάζεται από την εξωτερική παρουσιάζουμε το διάγραμμα 5.3.10 που ακολουθεί. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται η διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας τις ίδιες ημέρες στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

Διάγραμμα 5.3.10: Διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 και 14 Μαΐου.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα 5.3.8 και 5.3.9 συμπεραίνουμε πως ακολουθείται παρόμοια διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας στη θέση 1 και 3 αν εξαιρέσουμε την πρώτη ημέρα μέτρησης, στις 27 Απριλίου του 2009. Επίσης, βλέποντας τώρα το διάγραμμα 5.3.10 και συγκρίνοντας το με τα διαγράμματα 5.3.8 και 5.3.9 διακρίνουμε επίσης μία ομοιότητα στη διακύμανση της υπεριώδους ακτινοβολίας του εξωτερικού περιβάλλοντος με αυτήν των εσωτερικών χώρων του Μουσείου, αν πάλι εξαιρέσουμε την πρώτη ημέρα μέτρησης. Στις 27 Απριλίου του 2009 παρατηρήθηκε το ίδιο φαινόμενο και στη μελέτη της ακτινοβολίας στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων. Αυτό σημαίνει πως εκείνη την ημέρα οι εξωτερικές συνθήκες ακτινοβολίας δεν ήταν καθόλου σταθερές, με αποτέλεσμα να έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε χρονική στιγμή που παίρνουμε μέτρηση και μέσα και έξω από το κτίριο.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.2.11 όπου παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της

υπεριώδους ακτινοβολίας στους χώρους εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων σε σχέση αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος του Μουσείου.



Διάγραμμα 5.3.11: Μεταβολή της υπεριώδους ακτινοβολίας σε χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων και του περιβάλλοντα χώρου του στις 27 και 30 Απριλίου και στις 13 Μαΐου του 2009.

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.3.11 γίνεται περισσότερο αντιληπτή η διαφορά της υπεριώδους ακτινοβολίας του εξωτερικού περιβάλλοντος με αυτήν του εσωτερικού χώρου του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων που μοιάζει σχεδόν μηδαμινή σε όλες τις θέσεις του κτιρίου.

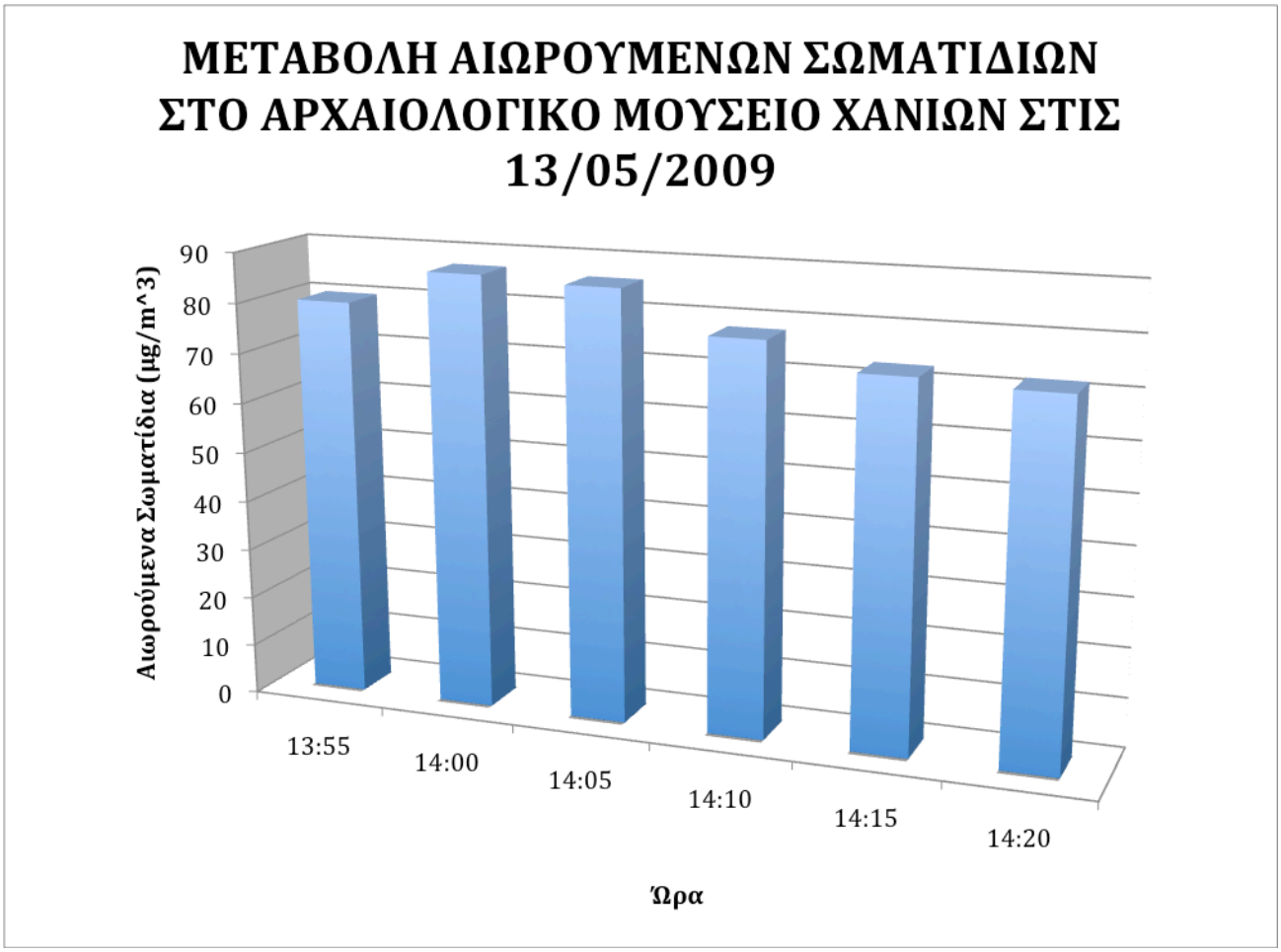
5.4 Μελέτη των αιωρουμένων σωματιδίων στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων

Παράλληλα με τη μελέτη των παραπάνω παραγόντων πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στον χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Συγκεκριμένα, έγιναν μετρήσεις στη θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου όπως αυτή φαίνεται στη κάτοψη του κτιρίου. Η μέτρηση των αιωρουμένων σωματιδίων πραγματοποιήθηκε με το όργανο Dustrak. Οι μετρήσεις έγιναν στις 13 και τις 14 Μαΐου και τις 24 Ιουνίου του 2009. Παράλληλα με τις μετρήσεις εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις στο εξωτερικό περιβάλλον του Μουσείου, στην οδό Χάληδων, ώστε να δούμε αν επηρεάζεται η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων μέσα στο Μουσείο από τις συγκεντρώσεις τους στον περιβάλλοντα χώρο του.

Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων δεν έχει ληφθεί κάποιο μέτρο για τον περιορισμό των αιωρουμένων σωματιδίων μέσα σε αυτό. Τα περισσότερα ανοίγματα βλέπουν στην αυλή του μουσείου η οποία είναι αποκομμένη από το πολυσύχναστο δρόμο με την έντονη κυκλοφορία, παρ' όλα αυτά υπάρχουν δύο παράθυρα τα οποία βλέπουν στον δρόμο αυτόν.

Οι μετρήσεις των αιωρουμένων σωματιδίων που πήραμε εμείς, έγιναν όπως είπαμε στη θέση Γ. Η θέση αυτή απέχει αρκετά από το σημείο που βρίσκονται τα δύο αυτά παράθυρα. Αν είχαμε πάρει μετρήσεις σε θέση κοντά στα παράθυρα τα αποτελέσματά μας θα ήταν διαφορετικά. Δεν επικρατούν οι ίδιες συνθήκες σε όλη την έκταση του μουσείου.

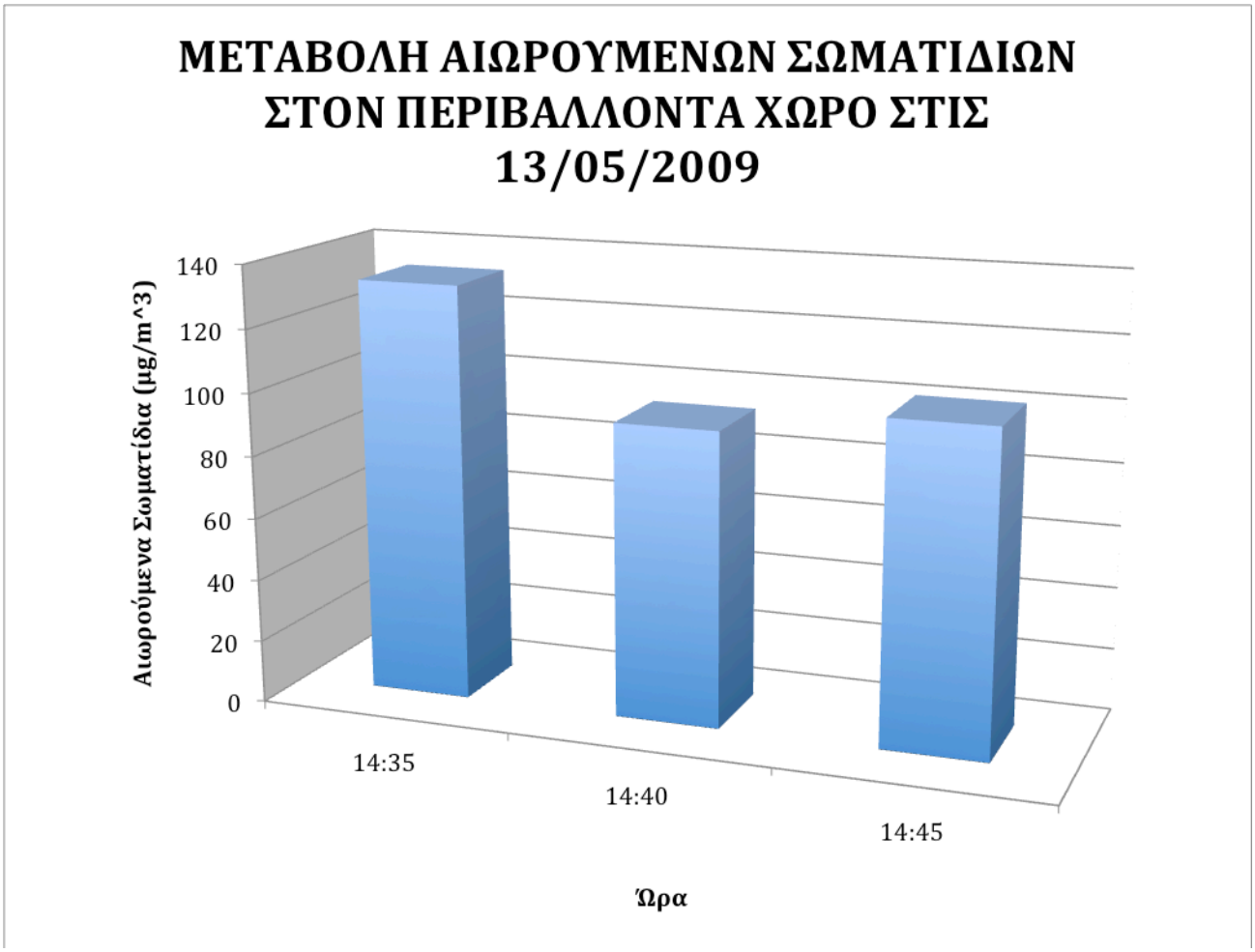
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.4.1 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων στις 18 Μαρτίου του 2009. Το όργανο είναι προγραμματισμένο να καταγράφει τιμές κάθε πέντε λεπτά από τις 13:55 μμ έως τις 14:20 μμ.



Διάγραμμα 5.4.1: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 13 Μαΐου του 2009 όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στο διάγραμμα 5.4.1 κυμαίνονται από 72 μg/m^3 έως 87 μg/m^3. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων είναι ίση με 79 μg/m^3. Το όργανο Dusttrak είναι ευαίσθητο στη παραμικρή μεταβολή της συγκέντρωσης των αιωρουμένων σωματιδίων. Αν παρατηρήσουμε τη μεταβολή της συγκέντρωσης διαπιστώνουμε πως δεν παρουσιάζονται έντονες αυξομειώσεις. Την στιγμή που πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη σειρά μετρήσεων υπήρχαν 10 άτομα μέσα στο Μουσείο. Ακόμα και το περπάτημα ενός ατόμου στη περιοχή γύρω από το όργανο είναι ικανό να μεταβάλει τη συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων.

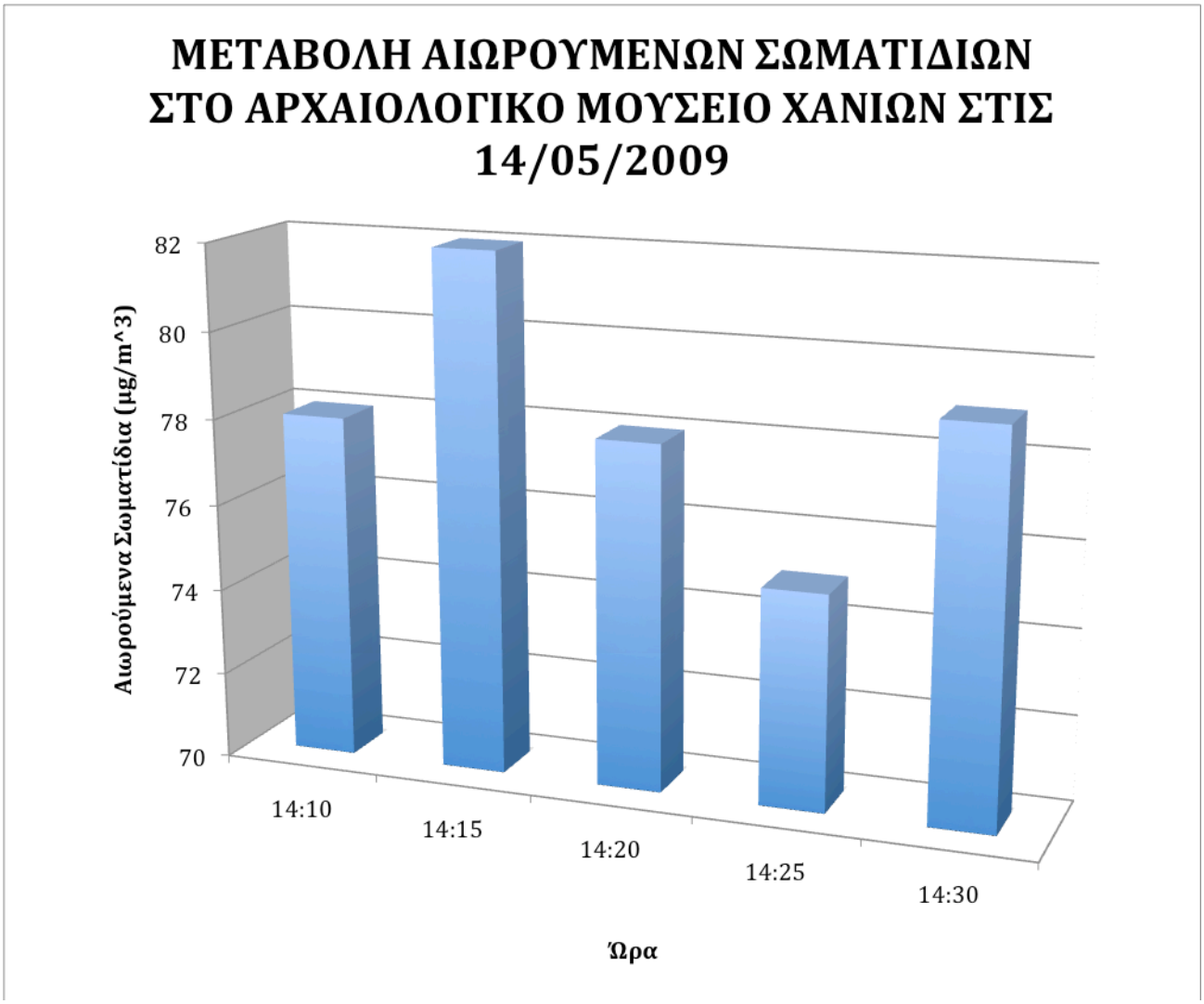
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.4.2 στο οποίο παρουσιάζεται η μεταβολή των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων, όσο το όργανο είναι τοποθετημένο έξω από το Αρχαιολογικό Μουσείο. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση κάθε πέντε λεπτά, από τις 14:35 μμ έως τις 14:45 μμ.



Διάγραμμα 5.4.2: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 13 Μαΐου του 2009 όσο το όργανο Dustrak είναι τοποθετημένο στον περιβάλλοντα χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στον περιβάλλοντα χώρο κυμαίνονται από 94 μg/m^3 έως 133 μg/m^3 με μέση τιμή ίση με 109,7 μg/m^3. Δυστυχώς, λόγω των λιγοστών μετρήσεων δεν έχουμε πλήρη εικόνα της μεταβολής των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.4.3 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων στις 14 Μαΐου του 2009 μέσα στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων κάθε πέντε λεπτά, από τις 14:10 μμ έως τις 14:30 μμ.

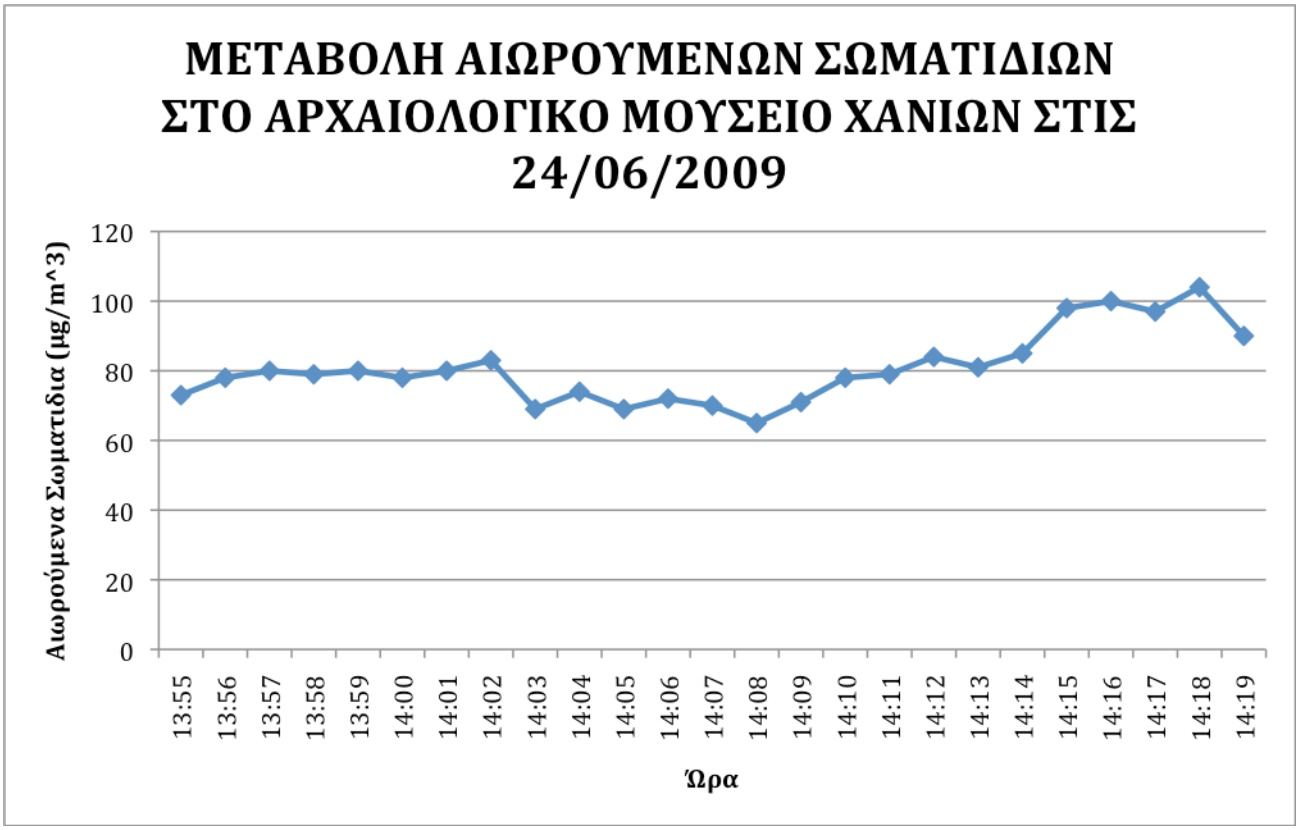


Διάγραμμα 5.4.3: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 14 Μαΐου του 2009 όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Από το διάγραμμα 5.4.3 παρατηρούμε μία μικρή αύξηση των τιμών στα πρώτα πέντε από τα 78 μg/m^3 στα 82 μg/m^3. Στα επόμενα δέκα λεπτά

παρατηρείται μείωση των αιωρουμένων σωματιδίων στα 75 μg/m^3 και στα επόμενα πέντε λεπτά η τιμή τους φτάνει την αρχική. Οι τιμές κυμαίνονται από 75 μg/m^3 έως 82 μg/m^3, με μέση τιμή 78,4 μg/m^3. Οι μικρές αυτές αυξομειώσεις οφείλονται στο πέρασμα των επισκεπτών του Μουσείου γύρω από τη περιοχή του οργάνου.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.4.4 στο οποίο απεικονίζεται η μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων, στις 24 Ιουνίου του 2009. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων κάθε λεπτό, από τις 13:55 μμ έως τις 14:19 μμ.



Διάγραμμα 5.4.4: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 24 Ιουνίου του 2009 όσο το όργανο Dusttrak είναι τοποθετημένο στην θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να βγάλουμε πιο ακριβή συμπεράσματα λόγω της συχνότερης καταγραφής της συγκέντρωσης των

αιωρουμένων σωματιδίων. Οι τιμές κυμαίνονται από 65 μg/m^3 έως 104 μg/m^3, με μέση τιμή 80,7 μg/m^3. Για τα πρώτα οχτώ λεπτά η τιμή της συγκέντρωσης παραμένει σε σταθερά επίπεδα κοντά στο 80 μg/m^3. Ακολουθεί μείωση για τα επόμενα έξι λεπτά μέχρι η τιμή να φτάσει τα 65 μg/m^3, όπου παρατηρείται ελάχιστο. Στα επόμενα δέκα λεπτά αυξάνεται η τιμή των αιωρουμένων σωματιδίων και φτάνει τα 104 μg/m^3. Ακολουθεί απότομη μείωση στα 90 μg/m^3. Υπάρχουν έντονες μεταβολές κατά τη διάρκεια αυτής της σειράς μετρήσεων. Αυτό το δικαιολογεί το γεγονός ότι στο Αρχαιολογικό Μουσείο παρευρίσκονταν περισσότερα από τριάντα άτομα, πράγμα που επηρέασε σημαντικά τα αποτελέσματά μας.

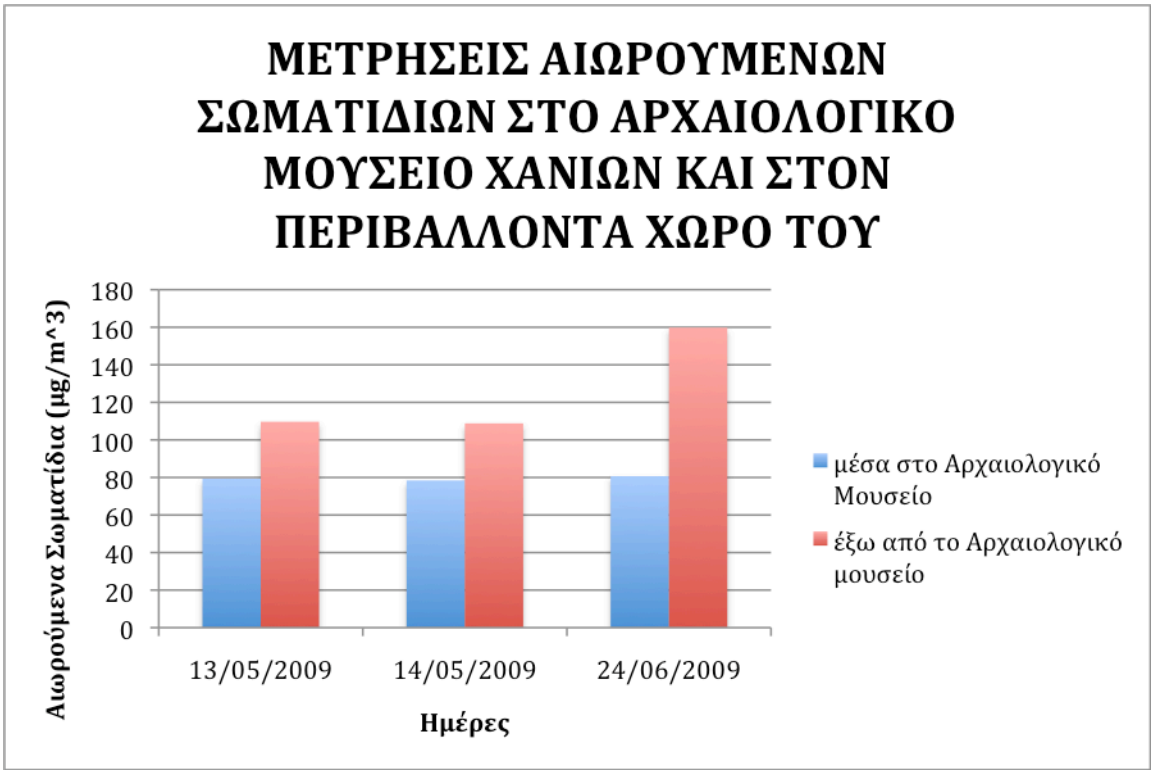
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.4.5 στο οποίο φαίνεται η μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων στις 24 Ιουνίου του 2009 στο εξωτερικό περιβάλλον του Αρχαιολογικού Μουσείου. Το όργανο καταγράφει τη συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων κάθε λεπτό, από τις 14:26 μμ έως τις 14:43 μμ.

Διάγραμμα 2.4.5: Μεταβολή των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στις 24 Ιουνίου

του 2009 στον περιβάλλοντα χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων στο διάγραμμα 5.4.5 κυμαίνεται από 67 μg/m^3 έως 880 μg/m^3 με μέση τιμή ίση με 159,7 μg/m^3. Τη χρονική περίοδο που καταγράφει το όργανο παρ' όλο που δεν υπάρχει ιδιαίτερη κίνηση στο δρόμο (αυτοκίνητα, μηχανές, περαστικοί κλπ), υπάρχουν δυνατοί άνεμοι κατά περιόδους με αποτέλεσμα να ανασηκώνουν τα σωματίδια που υπάρχουν στο έδαφος και να αυξάνουν σε μεγάλο ποσοστό τις συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Στο διάγραμμα 5.4.6 που ακολουθεί, παρουσιάζονται για τρεις ημέρες, την 13 και 14 Μαΐου και την 24 Ιουνίου του 2009 η μέση τιμή των συγκεντρώσεων των αιωρουμένων σωματιδίων που μετρήθηκαν όταν το όργανο Dustrak ήταν τοποθετημένο εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου και συγκεκριμένα στη θέση Γ και στο εξωτερικό περιβάλλον του.



Διάγραμμα 5.4.6: Μετρήσεις των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο της στις 13 και τις 14 Μαΐου και στις 24 Ιουνίου του 2009.

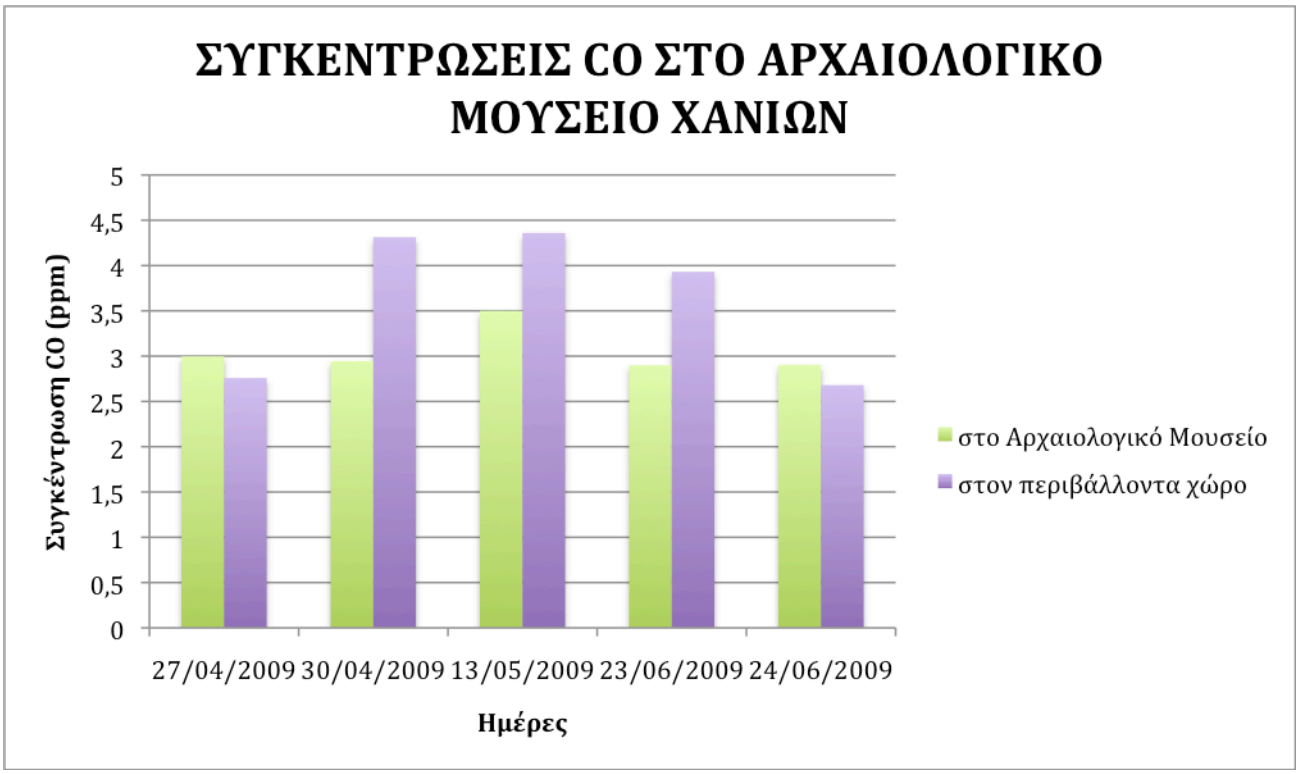
Αυτό που διαπιστώνουμε από το διάγραμμα 5.4.6 είναι πως η μέση τιμή των αιωρουμένων σωματιδίων παραμένει σταθερή μέσα στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων κοντά στα 80 μg/m^3, παρ' όλο που η μία σειρά μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιήθηκε περισσότερο από ένα μήνα μετά από την άλλη. Στο εξωτερικό περιβάλλον η μέση τιμή των αιωρουμένων σωματιδίων παραμένει σταθερή στις 13 και 14 Μαΐου περίπου στα 110 μg/m^3 ενώ στις 24 Ιουνίου είναι αρκετά μεγαλύτερη και φτάνει τα 160 μg/m^3. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας, φαίνεται πως οι τιμές των αιωρουμένων σωματιδίων μέσα στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων δεν επηρεάζονται από τις συγκεντρώσεις τους στο εξωτερικό περιβάλλον του μουσείου. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο ότι οι μετρήσεις μας πραγματοποιήθηκαν στη θέση Γ του μουσείου, η οποία απέχει αρκετά από τα παράθυρα του μουσείου που βλέπουν στο δρόμο όπου έγιναν οι εξωτερικές μετρήσεις και παραμένουν ανοιχτά. Τα αποτελέσματα δεν θα ήταν τα ίδια σε όλη την έκταση του μουσείου. Η θέση Γ μπορεί να βρίσκεται σχετικά κοντά με τα ανοίγματα της βόρειας πλευράς του μουσείου όμως αυτά βλέπουν στην αυλή του μουσείου. Στην αυλή αυτή σαφώς και επικρατούν σταθερότερες συνθήκες από τον ανοιχτό χώρο, με τον πολυσύχναστο δρόμο της οδού Χάληδων, έξω από το μουσείο στον οποίον μετρήθηκαν τα αιωρούμενα σωματίδια.

5.5 Μελέτη μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα (CO και CO_2) στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων

Μελέτη έγινε και για τη συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Ειδικό όργανο τοποθετήθηκε, κατά χρονικές περιόδους, στη θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 27 και

30 Απριλίου, τις 13 Μαΐου, τις 23 και 24 Ιουνίου.

Στο διάγραμμα 5.5.1 που ακολουθεί προβάλλεται η μέση τιμή της συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) για τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, για πέντε ημέρες, στη θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο του.

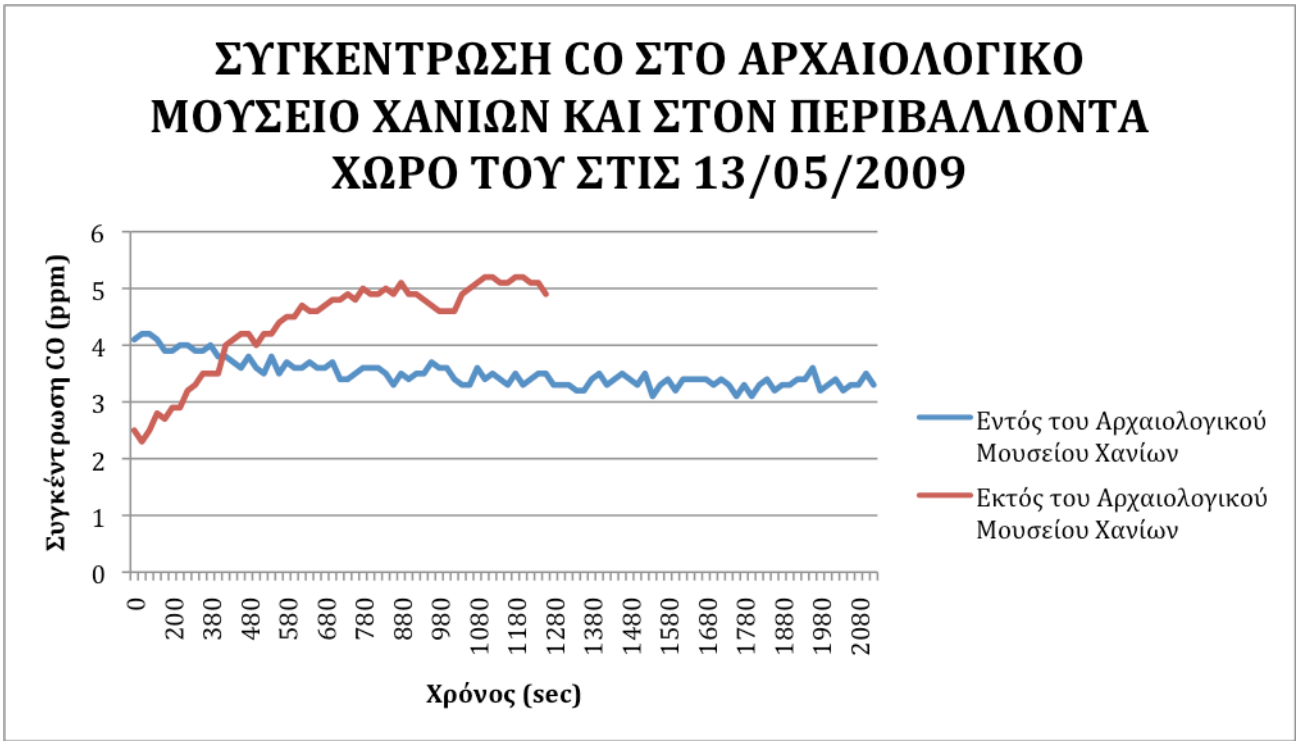


Διάγραμμα 5.5.1: Συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο του.

Αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε στο διάγραμμα 5.5.1 είναι πως τα επίπεδα του CO είναι σταθερά εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων όλες τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εκτός από τις 13 Μαΐου του 2009 και κυμαίνονται από 2,9 ppm έως 3 ppm. Αυτό σημαίνει πως οι συγκεντρώσεις του CO στη θέση Γ εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, δεν επηρεάζονται σημαντικά από τις συγκεντρώσεις εκτός αυτού. Παρ' όλα αυτά βλέπουμε πως στις 13 Μαΐου του 2009 η συγκέντρωση του CO εντός του μουσείου αυξάνεται στα 3,5 ppm. Τα επίπεδα του CO στο

εξωτερικό περιβάλλον δεν είναι σταθερά. Μέγιστη συγκέντρωση CO στο εξωτερικό περιβάλλον παρατηρείται στις 13 Μαΐου και είναι ίση με 4,36 ppm και ελάχιστη στις 24 Ιουνίου, ίση με 2,68 ppm. Στο εξωτερικό περιβάλλον οι μεταβολές είναι σαφώς εντονότερες. Η τιμή του CO εξωτερικά του μουσείου στις 30 Απριλίου, τις 13 Μαΐου και τις 23 Ιουνίου βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα αυτήν εντός του Μουσείου. Από τις 23 έως τις 24 Ιουνίου η συγκέντρωση του CO έπεσε από τα 3,9 ppm στα 2,7 ppm.

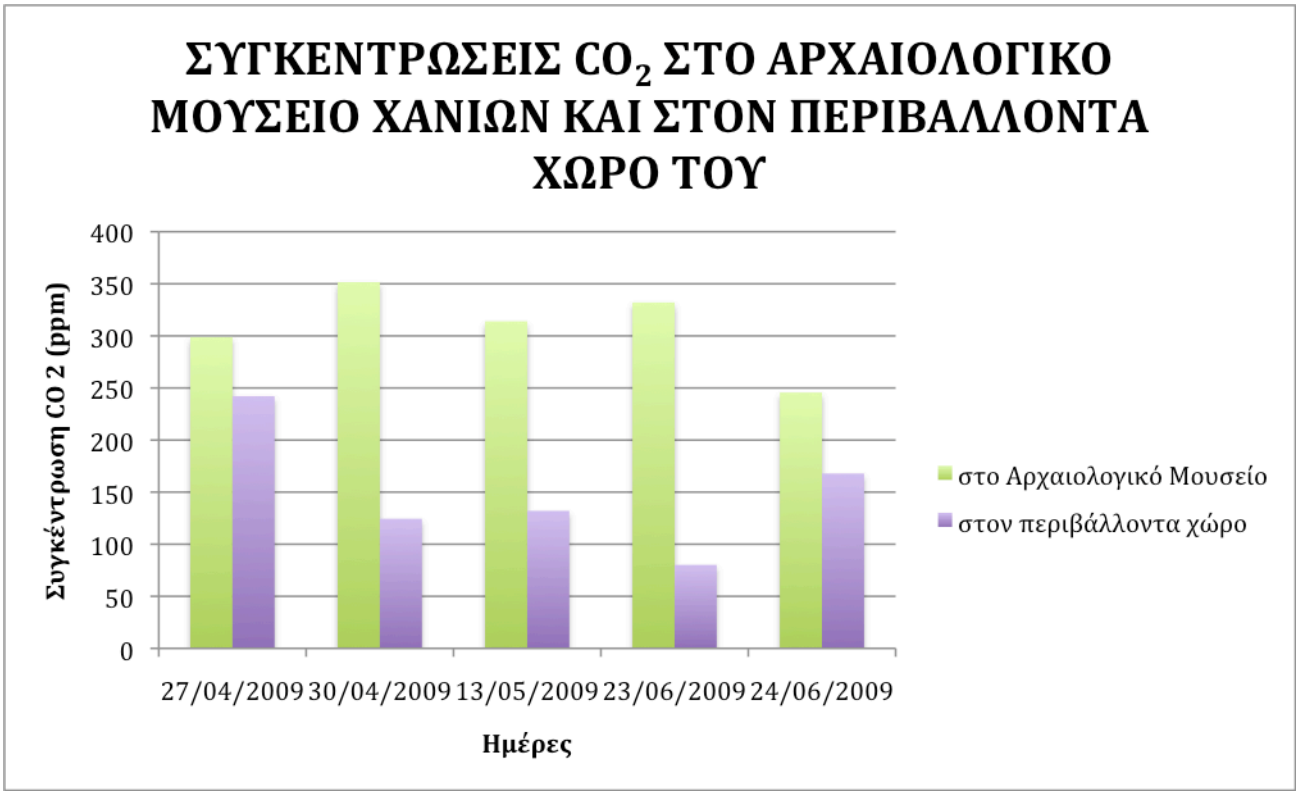
Ακολουθεί το διάγραμμα 5.5.2 στο οποίο απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), για μία χρονική περίοδο περίπου μισής ώρας, για τη θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων καθώς και για τον περιβάλλοντα χώρο του, στις 13 Μαΐου του 2009. Την ημέρα αυτή παρατηρήθηκαν οι μέγιστες συγκεντρώσεις CO εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου.



Διάγραμμα 5.5.2: Συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο του στις 13 Μαίου του 2009.

Την ημέρα αυτή τα επίπεδα του CO έχουν αυξηθεί εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου. Κυμαίνονται από 3,1 ppm έως 4,2 ppm. Παρατηρούμε στο διάγραμμα πως οι συγκεντρώσεις του CO εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου μειώνονται συνεχώς στα πρώτα 20 λεπτά και στη συνέχεια διατηρούνται σε σταθερά επίπεδα. Πάντως καθ' όλη τη διάρκεια της μισής ώρας υπάρχουν συνεχόμενες μικρές αυξομειώσεις. Η συγκέντρωση του CO εξωτερικά του Μουσείου με εξαίρεση μία μικρή μείωση της τιμής του το δέκατο τρίτο λεπτό αυξάνεται συνεχώς. Και εδώ βέβαια παρατηρούνται μικρές συνεχόμενες αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Συγκεκριμένα, η τιμή του CO στο εξωτερικό περιβάλλον κυμαίνεται από 2,3 ppm έως 5,2 ppm. Αυτό όμως, φαίνεται να μην επηρεάζει καθόλου τις συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα εντός του Μουσείου. Λόγω του ότι οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του CO, των οποίων τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 5.5.2, δε έγιναν ταυτόχρονα στους χώρους που μελετήσαμε, δε μπορούμε να έχουμε σαφή εικόνα κατά πόσο επηρέασαν οι συγκεντρώσεις του CO στον περιβάλλοντα χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου, τις συγκεντρώσεις του μέσα σε αυτό. Όπως έχουμε πει το γεγονός ότι μελετάμε τα αιωρούμενα σωματίδια σε μια θέση του μουσείου αρκετά απομακρυσμένη από τα παράθυρα που επικοινωνούν με το εξωτερικό περιβάλλον δικαιολογεί τα αποτελέσματά μας. Επίσης, ο τρόπος κατασκευής της εισόδου με εσωτερική και εξωτερική πόρτα και η τήρηση του να είναι πάντα κλειστή η εσωτερική εμποδίζει, με τη σειρά της, την αλληλεπίδραση του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος του Μουσείου κατά έναν βαθμό.

Ακολουθεί το διάγραμμα 5.5.3, όπου φαίνεται η μέση τιμή της συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), για τη χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση, για πέντε ημέρες, στη θέση Γ του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων και τον περιβάλλοντα χώρο του.

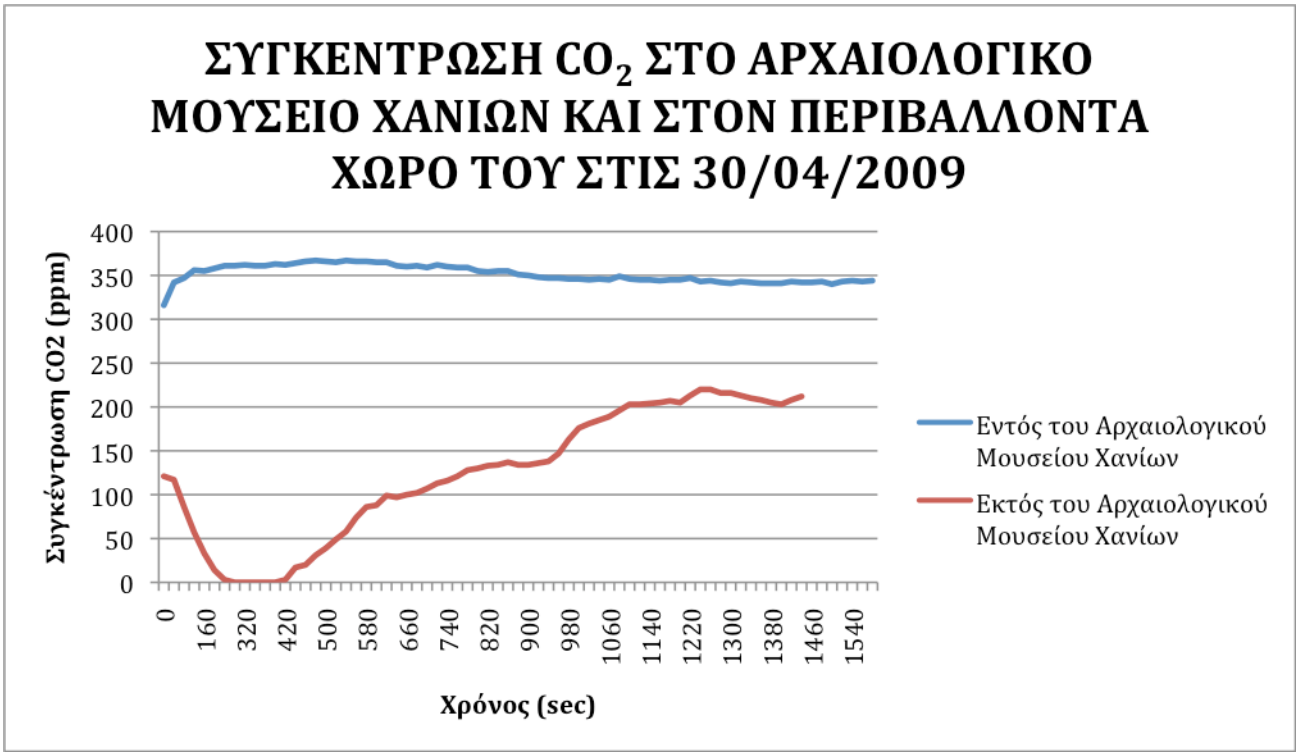


Διάγραμμα 5.5.3: Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο του.

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.5.3 συμπεραίνουμε πως οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο εξωτερικό περιβάλλον είναι πολύ μικρότερες από αυτές εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου. Αυτό που συμπεραίνουμε από το διάγραμμα είναι πως οι συγκεντρώσεις του CO_2 εξωτερικά του Μουσείου δεν επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις του CO_2 μέσα σε αυτό. Η διακύμανση των συγκεντρώσεων εκτός του μουσείου δεν παρουσιάζει καμία ομοιότητα με τη διακύμανση των συγκεντρώσεων εντός αυτού. Οι μέσες τιμές του CO_2 εντός του Μουσείου, για τις χρονικές περιόδους που πήραμε μετρήσεις, κυμαίνονται από 245 ppm έως 351 ppm, ενώ για τον περιβάλλοντα χώρο από 80 ppm έως 242 ppm. Μέγιστη τιμή της συγκέντρωσης του CO_2 παρατηρείται στις 30 Απριλίου και ελάχιστη στις 24 Ιουνίου, όπως και για το CO.

Στο διάγραμμα 5.5.4 παρουσιάζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων του

διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), για μία χρονική περίοδο περίπου μισής ώρας, εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου και εκτός αυτού, στις 30 Απριλίου του 2009. Την ημέρα αυτή παρατηρήθηκαν οι μέγιστες συγκεντρώσεις CO_2 εντός του Αρχαιολογικού Μουσείου.



Διάγραμμα 5.5.4: Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων και στον περιβάλλοντα χώρο του στις 30 Απριλίου του 2009.

Από το διάγραμμα 5.5.4 παρατηρούμε πως η συγκέντρωση του CO_2 εντός του Μουσείου είναι μεγαλύτερη από αυτήν του περιβάλλοντα χώρου του. Επίσης, μέσα στη διάρκεια 30 λεπτών περίπου η μεταβολή της συγκέντρωσης του CO_2 εξωτερικά του μουσείου είναι έντονη. Στα πρώτα πέντε λεπτά παρατηρείται μείωση έως και 0 ppm, ενώ στη συνέχεια αυξάνεται ξεπερνώντας τα 200 ppm. Μικρές αυξομειώσεις παρατηρούνται πολύ συχνά μετά τα πέντε πρώτα λεπτά. Αντίθετα, στον εσωτερικό της χώρο παρατηρείται σταθερότητα της συγκέντρωσης. Από αυτό συμπεραίνουμε πως δεν επηρεάζονται οι συγκεντρώσεις του CO_2 εντός του Μουσείου από τις εξωτερικές. Στις 30 Απριλίου του 2009, για τη χρονική

περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις, οι συγκεντρώσεις του CO_2 εντός του Μουσείου κυμαίνονται από 316 ppm έως 367 ppm και στο εξωτερικό περιβάλλον του από 0 ppm έως 220 ppm.

5.6 Συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων

Από τις μετρήσεις που πήραμε στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων για την θερμοκρασία, την υγρασία, την ορατή και υπεριώδη ακτινοβολία, τα αιωρούμενα σωματίδια και τις συγκεντρώσεις του CO και CO_2 μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για το αν οι τιμές αυτές βρίσκονται εντός του εύρους τιμών των ιδανικών συνθηκών έκθεσης των υλικών που υπάρχουν στο μουσείο.

Τα κύρια εκθέματα που συναντήσαμε στο συγκεκριμένο μουσείο είναι κεραμικά, μεταλλικά αντικείμενα και τοιχογραφίες.

- Το εύρος τιμών της σχετικής υγρασίας που μετρήσαμε στο χρονικό διάστημα από 11 Απριλίου έως 22 Ιουνίου είναι 39,8 – 89,1%. Όμως οι ιδανικές συνθήκες σχετικής υγρασίας για τα κεραμικά είναι σε ποσοστό μικρότερο του 60%. Ενώ για τις τοιχογραφίες η σχετική υγρασία θα πρέπει να κυμαίνεται από 45 έως 55%. Τέλος, η ευνοϊκή σχετική υγρασία για τα μέταλλα είναι μικρότερη από 40%. Συνεπώς, οι συνθήκες υγρασίας που επικρατούν στον μουσειακό χώρο δεν είναι κατάλληλες για τα εκθέματα με πιθανό αποτέλεσμα τη διάβρωση των αντικειμένων αυτών.

Στην εικόνα 5.6.1 που ακολουθεί, απεικονίζεται ενδεικτικά η διάβρωση ενός τοίχου του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων λόγω υγρασίας.

Εικόνα 5.6.1: Αποτέλεσμα της υγρασίας σε τοίχο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

- Το εύρος τιμών των θερμοκρασιών που μετρήσαμε στο χρονικό διάστημα από 11 Απριλίου έως 22 Ιουνίου είναι 18,9 ^{o}C – 27,2 ^{o}C. Όμως, για τα κεραμικά η ιδανική θερμοκρασία είναι από 18 ^{o}C έως 21 ^{o}C, για τις τοιχογραφίες από 21±1,5 ^{o}C. Γενικότερα, η μέση θερμοκρασία του χώρου ενός μουσείου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου πρέπει να διατηρείται στους 21 ± 1,5 ^{o}C. Και στην περίπτωση της θερμοκρασίας του χώρου του Αρχαιολογικού Μουσείου οι συνθήκες δεν είναι οι ιδανικές για τα αντικείμενα που εκθέτονται, με αποτέλεσμα τη φθορά τους.
- Για τις ημέρες που μελετήσαμε η ορατή ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του μουσείου κυμαινόταν εντός των τιμών 20,6 και 2137 Lux. Η ανώτατη ένταση φωτισμού στην οποία μπορούν να εκτεθούν τα μεταλλικά και τα πέτρινα αντικείμενα είναι 500 Lux, ενώ

για τα κεραμικά αντικείμενα 300 Lux. Για τις τοιχογραφίες η ορατή ακτινοβολία θα πρέπει να είναι μικρότερη των 100 Lux. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να ληφθούν κάποια μέτρα για την μείωση της φωτεινότητας στο χώρο του μουσείου. Προτείνεται να μειωθεί τόσο πολύ το φως ώστε η φωτεινότητα τις πιο λαμπερές μέρες του χρόνου να μην υπερβαίνει τα 200 Lux.

- Η υπεριώδης ακτινοβολία, για το διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις κυμαίνεται από 0 έως 961 mW/m^2. Η υπεριώδης ακτινοβολία θα πρέπει να μειωθεί πάρα πολύ στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου. Παρά την ανθεκτικότητα των μεταλλικών, πέτρινων και κεραμικών αντικειμένων στην υπεριώδη ακτινοβολία, όταν αυτή βρίσκεται σε υψηλές τιμές μπορεί να προκαλέσει σε αυτά δραματικές ζημιές.
- Τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} στο χώρο του μουσείου όπου έγιναν μετρήσεις κυμαίνονταν από 65 έως 104 $\mu g/m^3$. Σε άλλους όμως χώρους του μουσείου οι συγκεντρώσεις τους πιθανόν να είναι μεγαλύτερες. Τέτοιοι χώροι μπορεί να είναι αυτοί κοντά στα παράθυρα του μουσείου που βλέπουν στον πολυσύχναστο δρόμο έξω από αυτό, όπου η κίνηση των οχημάτων είναι έντονη. Οι συγκεντρώσεις αυτές θα πρέπει να μειωθούν σημαντικά, ώστε να μην επιβαρύνονται τα εκθέματα.
- Οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα που μετρήθηκαν κυμαίνονται από 2,3 έως 5,3 ppm και από 226 έως 406 ppm αντίστοιχα. Τα υλικά που εκθέτονται δέχονται σημαντικές επιδράσεις από την παρουσία του CO και του CO_2, ιδιαίτερα όταν υπάρχει και υγρασία όπου τα διάφορα υλικά παρουσιάζουν διαδοχικά στρώματα διάβρωσης. Συνεπώς, και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και προστασίας των αντικειμένων.
- Όσον αφορά στις συνθήκες εργασίας των εργαζομένων, η σχετική υγρασία θα πρέπει να βρίσκεται σε ποσοστό μέχρι 60%, αλλά όπως

επισημάναμε προηγουμένως η σχετική υγρασία στο χώρο του μουσείου φτάνει έως και 89,1%. Η θερμοκρασία του χώρου, ώστε να αισθάνεται άνετα ο άνθρωπος θα πρέπει να κυμαίνεται από 20 έως 25 ^{o}C. Στο χώρο του μουσείου η θερμοκρασία που μετρήθηκε πολλές φορές ήταν χαμηλότερη ή ξεπερνούσε τις τιμές αυτές. Για την ορατή ακτινοβολία οι εργαζόμενοι θα πρέπει να προσαρμόζονται στην ορατή ακτινοβολία που είναι ιδανική για τα αντικείμενα που εκθέτονται. Η υπεριώδης ακτινοβολία δε πρέπει να υπερβαίνει τα 20 mW/m^2. Οι τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας σε κάποιους χώρους του μουσείου ξεπερνούσαν σε μεγάλο βαθμό αυτήν την τιμή. Οι μέσες τιμές των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στο χώρο του μουσείου είναι πολύ μεγαλύτερες από 50 μg/m^3 που είναι η 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Τέλος, τα επίπεδα στα οποία βρίσκεται το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα κρίνονται φυσιολογικά και δεν συνιστούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

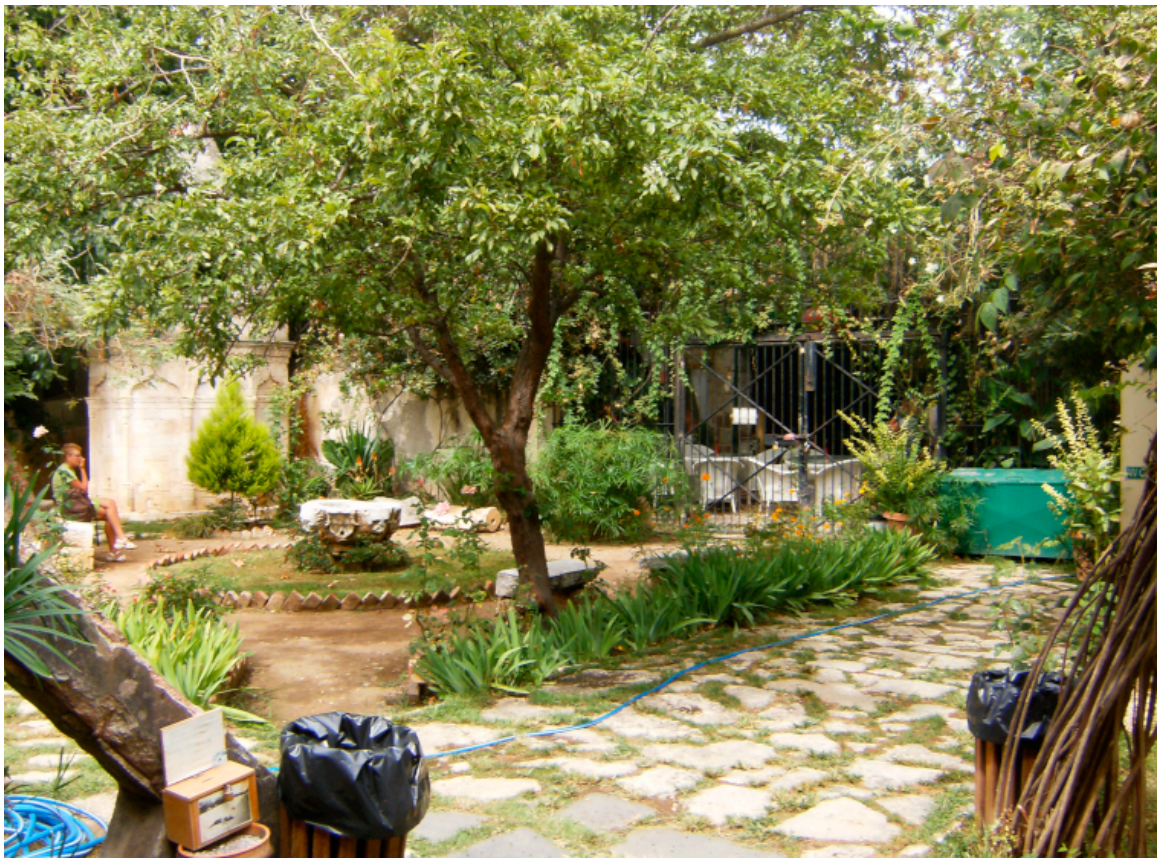
- Η μόνωση που πραγματοποιήθηκε στον χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων δεν ήταν σωστή, με αποτέλεσμα να εγκλωβίζεται μέσα η υγρασία. Έτσι, δικαιολογούνται οι υψηλές τιμές της υγρασίας που μετρήθηκαν στον χώρο αυτόν. Οι εργαζόμενοι στον χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων συχνά παραπονιούνται για τις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την περίοδο του καλοκαιριού και τις χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την χειμερινή περίοδο. Μάλιστα, ισχυρίζονται πως πριν γίνει η μόνωση του Αρχαιολογικού Μουσείου οι θερμοκρασίες ήταν πολύ καλύτερες για αυτούς.

Στην εικόνα 5.6.2 που ακολουθεί προβάλλεται η στέγη του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων. Σε αυτήν την εικόνα μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα της υγρασίας λόγω κακής μόνωσης.

Εικόνα 5.6.2: Προβολή της στέγης του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

- Στο Αρχαιολογικό Μουσείο λειτουργούν όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τρεις αφυγραντήρες μικρής χωρητικότητας. Δε λειτουργούν όμως σε μόνιμη βάση με αποτέλεσμα να μην ελέγχεται συστηματικά η υγρασία του χώρου.
- Επίσης, το ένα τρίτο του τεχνητού φωτισμού που επικρατεί τις ώρες λειτουργίας του μουσείου παραμένει και όταν αυτό είναι κλειστό δηλαδή κατά τη διάρκεια της νύχτας, πράγμα που επιβαρύνει τα εκθέματα του μουσείου.
- Στον χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου υπάρχουν πάρα πολλά ανοίγματα, με αποτέλεσμα να επικοινωνεί το εσωτερικό με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτό δεν είναι κακό αν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα στο μουσείο με διάφορους από τους τρόπους που προτείναμε στο κεφάλαιο 1.2.

Στην συνέχεια, ακολουθούν τρεις εικόνες από την εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.



Εικόνα 5.6.3: Εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

Εικόνα 5.6.4: Εξωτερική αυλή του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

6 Συνολικά συμπεράσματα για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα κτίρια που μελετήθηκαν για την αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού τους περιβάλλοντος διαπιστώσαμε πως κάθε ένα από αυτά αντιμετωπίζει ιδιαίτερα προβλήματα, τα οποία επιβαρύνουν τα άτομα που βρίσκονται στους συγκεκριμένους χώρους, αλλά και στην περίπτωση των μουσείων, τα αντικείμενα που εκτίθενται σε αυτά.

Η έρευνα μας για την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων επικεντρώθηκε σε μετρήσεις της υγρασίας, της θερμοκρασίας, στην ορατή και υπεριώδη ακτινοβολία, στις συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων και ορισμένων αέριων ρύπων.

Στην περίπτωση της κατοικίας στα Χανιά, παρατηρήθηκε ότι η υγρασία και η θερμοκρασία συχνά αποκλίνουν από τις επιθυμητές τιμές. Συγκεκριμένα, η σχετική υγρασία φτάνει μέχρι και 93,2%, στο χρονικό διάστημα που μελετήσαμε ενώ η επιθυμητή είναι από 25 έως 60% και η θερμοκρασία κυμαίνεται, στον χώρο του υπνοδωματίου, από 14,8 ^{o}C έως 22,4 ^{o}C ενώ η επιθυμητή θερμοκρασία στο υπνοδωμάτιο είναι 18 ^{o}C. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι η τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι πολύ υψηλή, φτάνει μέχρι και 5210 mW/m^2 ενώ θα πρέπει να είναι μέχρι και 20 mW/m^2. Αλλά και η συγκέντρωση των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στο εσωτερικό της κατοικίας είναι πολύ μεγαλύτερες από τα 50 μg/m^3 που είναι η 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Οι τιμές αυτές οφείλονται κυρίως στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στην κατοικία συχνά να μην είναι η επιθυμητή για τους κατοίκους.

Στην περίπτωση των μουσείων το πρόβλημα οξύνεται και οι επιπτώσεις τους είναι σοβαρότερες μιας και αφορούν περισσότερους ανθρώπους αλλά και τα εκθέματα.

Συγκεκριμένα, στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης, οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που επικρατούν στον μουσειακό χώρο δεν είναι πάντα κατάλληλες, για όλους τους τύπους των εκθεμάτων, με πιθανό αποτέλεσμα τη διάβρωση των αντικειμένων αυτών. Η μέση τιμή σχετικής υγρασίας στη θέση Β και τη θέση Γ του μουσείου είναι 59,7% και 59,8%, με τυπική απόκλιση 5% και 3.1% αντίστοιχα. Επίσης, η μέση τιμή της θερμοκρασίας στη θέση Β και Γ είναι 22,1 ^{o}C και 21,5 ^{o}C με τυπική απόκλιση 5 ^{o}C και 5,2 ^{o}C, αντίστοιχα. Γενικότερα, η μέση θερμοκρασία του χώρου ενός μουσείου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου πρέπει να διατηρείται στους 21 ± 1,5 ^{o}C. Επίσης, η συγκέντρωση του NO_2 και του O_3 υπερβαίνει κατά πολύ τις επιτρεπόμενες τιμές. Συγκεκριμένα, στη θέση Β η μέση συγκέντρωση του NO_2 είναι 13,6 ppb με τυπική απόκλιση 1,8 ppb, ενώ θα έπρεπε να είναι μικρότερη από 2,63 ppb. Επίσης, στη θέση Β η μέση συγκέντρωση του O_3 είναι 19 ppb με τυπική απόκλιση 5,6 ppb, ενώ θα έπρεπε να είναι πολύ μικρότερη από 2,5 ppb. Μάλιστα οι διάφοροι ρύποι με την παρουσία υγρασίας μπορούν να προξενήσουν πολύ έντονες φθορές σε διάφορα εκθέματα. Συνεπώς, και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και προστασίας των αντικειμένων. Αντίθετα, οι συνθήκες εργασίας στο χώρο του Ιστορικού Μουσείου είναι ικανοποιητικές, με εξαίρεση την θερμοκρασία, η οποία κάποιες φορές μετρήθηκε χαμηλότερη ή υψηλότερη από το εύρος τιμών μέσα στο οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία του χώρου παρουσιάζει μέση τιμή 22,1 ^{o}C, με τυπική απόκλιση 5 ^{o}C, ενώ ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα σε θερμοκρασία από 20 έως 25 ^{o}C.

Στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος θεωρείται πιο επιβαρυμένη σε σχέση με αυτή του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης. Οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που επικρατούν στην Πινακοθήκη συχνά δεν είναι κατάλληλες για τα έργα τέχνης που φιλοξενεί. Συγκεκριμένα, η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 30,1 έως 92,2 % και η θερμοκρασία από 16,5 έως 27,2 ^{o}C. Από πλευρά προσβολής των αντικειμένων

από την ορατή και υπεριώδη ακτινοβολία, ο χώρος της εισόδου της Δημοτικής Πινακοθήκης δεν ενδείκνυται για τα εκθέματα. Οι υπόλοιποι χώροι είναι κατάλληλοι. Συγκεκριμένα, η ορατή ακτινοβολία στο χώρο της εισόδου κυμαίνεται από 671 έως 5665 Lux, ενώ στους υπόλοιπους χώρους κυμαίνεται από 3,7 έως 126 Lux και η υπεριώδης ακτινοβολία στην είσοδο κυμαίνεται από 236 έως 1699 mW/m^2 ενώ στους υπόλοιπους χώρους είναι συνήθως μηδενική. Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων, καθώς και του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα θα πρέπει να μειωθούν σημαντικά, ώστε να μην επιβαρύνονται τα εκθέματα. Συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10}, του μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα στους χώρους της πινακοθήκης όπου έγιναν μετρήσεις κυμαίνονται από 34 έως 333 $\mu g/m^3$, από 2,8 έως 4,7 ppm και από 249 έως 483 ppm, αντίστοιχα. Τέλος, οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας δεν είναι πάντα κατάλληλες για τους εργαζομένους. Η σχετική υγρασία στο χώρο της πινακοθήκης φτάνει έως και 92,2%, ενώ θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από 60%. Επίσης, η θερμοκρασία του χώρου πολλές φορές είναι χαμηλότερη ή υψηλότερη από το εύρος τιμών (20 έως 25 ^oC) μέσα στο οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα. Η κατάσταση είναι πιο σοβαρή στην περιοχή της εισόδου γιατί οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε υπεριώδη ακτινοβολία που υπερβαίνει τα 20 mW/m^2. Στον χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων (PM_{10}) είναι πολύ μεγαλύτερες από 50 $\mu g/m^3$ που είναι η 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Χανίων, η ποιότητα του περιβάλλοντος στον εσωτερικό χώρο, βρέθηκε περισσότερο επιβαρυμένη από όλους τους χώρους που μελετήθηκαν. Όλοι οι παράγοντες που εξετάστηκαν έδειξαν δυσμενείς επιπτώσεις στον μουσειακό χώρο. Οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που επικρατούν δεν είναι κατάλληλες για τα εκθέματα με αποτέλεσμα τη διάβρωσή τους. Το ίδιο το κτίριο εμφανίζει βλάβες από τις συνθήκες αυτές. Συγκεκριμένα, η σχετική υγρασία κυμαίνεται από 39,8 έως 89,1% και η θερμοκρασία από 18,9 ^oC έως 27,2 ^oC. Επίσης, είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για την μείωση της

ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας. Η ορατή ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του μουσείου κυμαίνεται από 20,6 έως 2137 Lux ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία φτάνει μέχρι και 961 mW/m^2. Το ίδιο απαραίτητο είναι να μειωθούν δραστικά και οι συγκεντρώσεις των αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10}, καθώς και του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, ώστε να μην επιβαρύνονται τα εκθέματα. Τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} στο χώρο του μουσείου όπου έγιναν μετρήσεις κυμαίνονταν από 65 έως 104 $\mu g/m^3$, ενώ οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα κυμαίνονται από 2,3 έως 5,3 ppm και από 226 έως 406 ppm αντίστοιχα. Τέλος, όσον αφορά στις συνθήκες εργασίας στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, η θερμοκρασία και η υγρασία πολλές φορές δεν είναι η επιθυμητή. Συγκεκριμένα, η σχετική υγρασία ξεπερνά συχνά το 60% και η θερμοκρασία του χώρου είναι χαμηλότερη ή υψηλότερη από το εύρος τιμών (20 έως 25 ^oC) μέσα στο οποίο ο άνθρωπος αισθάνεται άνετα. Οι τιμές της υπεριώδους ακτινοβολίας σε κάποιους χώρους του μουσείου ξεπερνούσαν σε μεγάλο βαθμό την τιμή των 20 mW/m^2. Τέλος, οι μέσες τιμές των αιωρουμένων σωματιδίων (PM_{10}) στο χώρο του μουσείου είναι πολύ μεγαλύτερες από 50 $\mu g/m^3$ που είναι η 24ωρη οριακή τιμή για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Για το Αρχαιολογικό Μουσείο είναι άμεση και επιτακτική η αναζήτηση λύσεων για τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού του περιβάλλοντος που παρουσιάζει πολλαπλά προβλήματα.

7 Αναφορές

1) E. Dahlin, M. Cassar, J. Heinze, M. Lazaridis, J. Czop, D. Howell and A. Sommer-Larsen, 2003 – 2006. Preventive Conservation Strategies for Protection of Organic Objects in Museums, Historic Buildings and Archives, Master project. http://tarantula.nilu.no/master .
2) Nazaroff W.W. and Gass G.R., 1986. Preservation of Historical Records. National Academy Press, Washington.
3) Pavlogeorgatos G., 2003, "Environmental parameters in museums", Building and Environment, 38, 1457-1462.
4) Hayes S.R., 1989. Use of an indoor air quality model (IAQM) to estimate indoor ozone levels, Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 41 (2), 161-170.
5) Ekberg L.E., 1994, Volatile organic compounds in office buildings, Atmospheric Environment, Vol. 28 (22), 3571-3575.
6) Cammufo D. et al., 1999, "Indoor air quality at the Correr Museum, Venice, Italy", The Science of the Total Environment, 236, 135-152.
7) Hayes S.R., 1989. Use of an indoor air quality model (IAQM) to estimate indoor ozone levels, Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 41 (2), 161-170.
8) Λαζαρίδης Μιχάλης, 2008. "Ποιότητα αέρα σε εσωτερικούς χώρους", εκδόσεις Τζιόλα.
9) Room temperature, http://en.wikipedia.org/wiki/Room_temperature.
10) Investigating the Basic Factors that Affect Human Comfort, http://www.123helpme.com/view.asp?id=147778.
11) Littlemore Scientific Engineering (ELSEC), http://www.elsec.com/acatalog/764Manual.pdf .
12) Recommended relative humidity level, http://www.engineeringtoolbox.com/relative-humidity-d_895.html.
13) Wiscinsin Department of Health Services, Carbon Dioxide, http://dhs.wisconsin.gov/eh/chemfs/fs/CarbonDioxide.htm.

14) A versatile and robust range of waterproof loggers to measure temperature and humidity, http://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-plus-2.
15) IAQ-CALC Indoor Air Quality Meters, http://www.tsi.com/en-1033/products/2344/iaq-calc_indoor_air_quality_meters/3622/7545.aspx.
16) Αργυράκη Μαρία, 2008. "Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτηριακό τομέα", Διπλωματικά Εργασία, http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/2693/3/argyrakim_bioclimatic.pdf.
17) Green Roofs, http://www.delston.co.uk/greenroofs.htm.
18) Green roofs grow…with brown Compost, http://www.jgpress.com/archives/_free/000254.html.
19) http://www.usemenow.com/web-log/greenroof1.jpg.
20) Φυσικός Αερισμός http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm.
21) Passive Solar Energy Book, http://www.builditsolar.com/Projects/SolarHomes/PasSolEnergyBk/PSEbook.htm.
22) Περιγραφή Ιστορικού Μουσείου Κρήτης, http://www.culture.gr/h/1/gh151.jsp?obj_id=3450.
23) Ιστορικό Μουσείο Κρήτης, http://www.heraklion.gr/city/historical-museum.
24) Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων http://www.pinakothiki-chania.gr/el/home.aspx.
25) Παπαδοπούλου Μπία, 2009. «Πέρα από το Πραγματικό: Απόηχοι του σουρεαλισμού στην Ελλάδα", εκδότης Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων.
26) Εμμανουέλ Μελίτα, 2009. "Μανόλης Τζομπανάκης: γλυπτά και σχέδια 1963 – 2008", εκδότης Δημοτική Πινακοθήκη Χανίων.
27) Specialist Venetian Blinds, http://www.levolux.com/L_products/specialist_venetian_blinds_details2.ht

m.

28) Install external shading devices appropriate for each exposure of the glazing. http://www.energybooks.com/pdf/919929.pdf.

29) Περιγραφή Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων, http://www.culture.gr/h/1/gh151.jsp?obj_id=16001&theme_id=21.

30) Χανιά, Αρχαιολογικό Μουσείο http://www.explorecrete.com/chania/GR-chania-04-archaeological-museum.html.

31) Λαμπρόπουλος Βασίλειος, 2003. “Περιβάλλον μνημείων, μουσείων και αρχαιολογικών χώρων”, εκδόσεις Παπασωτηρίου.

32) Ιστορικό και Λαογραφικό Μουσείο Κρήτης http://www.explorecrete.com/Heraklion/GR19-Heraklion-historical-museum.html.

33) Το νέο ξεκίνημα του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης http://www.erotokritos.gr/index.php?topic=news&nid=1272.

ПАРАРТНМА

1. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο χώρο κατοικίας στα Χανιά.

- Μετρήσεις θερμοκρασίας

Ημέρα	Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στο εσωτερικό περιβάλλον της κατοικίας (^oC)	Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στο εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας (^oC)
18/02/2009	15,14054	10,88056
19/02/2009	15,58681	11,46736
20/02/2009	15,75694	9,475694
21/02/2009	16,19653	10,67431
22/02/2009	16,05833	9,309722
23/02/2009	16,49236	9,140278
24/02/2009	16,02708	9,551389
25/02/2009	15,53636	11,46111
04/03/2009	17,38958	14,00764
05/03/2009	18,23125	17,74514
06/03/2009	19,02847	19,13542
07/03/2009	19,85069	15,93472
08/03/2009	20,21875	14,42986
09/03/2009	19,99375	16,96944
10/03/2009	19,96875	15,275
11/03/2009	19,37569	13,35417
12/03/2009	18,94792	13,98681
13/03/2009	20,00139	17,51319
14/03/2009	20,11944	19,99931
15/03/2009	20,45764	20,35903
16/03/2009	19,85926	19,65636

Πίνακας 1: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας από τις 18 Φεβρουαρίου έως τις 16 Μαρτίου του 2009.

- Μετρήσεις υγρασίας

Ημέρα	Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στο εσωτερικό περιβάλλον της κατοικίας (%)	Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στο εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας (%)
18/02/2009	78,92703	78,51944444
19/02/2009	77,91736	71,65833333
20/02/2009	69,76319	70,72986111
21/02/2009	82,67014	60,31608
22/02/2009	82,52361	82,01806
23/02/2009	79,63333	79,27361

24/02/2009	72,93819	91,28889
25/02/2009	75,89	96,88209
04/03/2009	88,80138889	87,37431
05/03/2009	88,16388889	70,23056
06/03/2009	82,49236111	44,38681
07/03/2009	75,51875	51,20581
08/03/2009	77,97152778	72,11667
09/03/2009	75,42986111	70,77847
10/03/2009	73,14236111	58,70486
11/03/2009	74,51111111	68,64772
12/03/2009	74,38541667	67,64306
13/03/2009	59,79583333	63,71597
14/03/2009	45,6625	44,04792
15/03/2009	41,71319444	40,26042
16/03/2009	41,21851852	39,59273

Πίνακας 2: Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στο εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας από τις 18 Φεβρουαρίου έως τις 16 Μαρτίου του 2009.

- Μετρήσεις ορατής ακτινοβολίας

11:00 ΠΜ	**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ (Lux)**	**ΣΑΛΟΝΙ (Lux)**	**ΚΟΥΖΙΝΑ (Lux)**	**ΜΠΑΝΙΟ (Lux)**
Πέμπτη, 19 Φεβ.	30,3	343	331	29,4
Παρασκ., 20 Φεβ.	14,8	791	626	42,9
Σάββατο, 21 Φεβ.	22,9	1766	553	24,7
Κυριακή, 22 Φεβ.	14998	2620	651	33,6
Δευτέρα, 23 Φεβ.	208	1643	433	73
Τρίτη, 24 Φεβ.	800	1807	564	22
Τετάρτη, 25 Φεβ.	757	251	79,1	4,8
Πέμπτη, 26 Φεβ.	863	1721	488	19,3
Δευτέρα, 2 Μαρ.	1013	1859	500	38,1
Τρίτη, 3 Μαρ.	927	1524	576	67,9
Τετάρτη, 4 Μαρ.	977	1595	420	13,1
Πέμπτη, 5 Μαρ.	1167	1732	489	10,7
Παρασκ., 6 Μαρ.	1832	2494	844	25,2
Σάββατο, 7 Μαρ.	2550	2521	438	39,5

Πίνακας 3: Ορατή ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του σπιτιού, στις 11:00 πμ.

3:00 ΜΜ	**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ (Lux)**	**ΣΑΛΟΝΙ (Lux)**	**ΚΟΥΖΙΝΑ (Lux)**	**ΜΠΑΝΙΟ (Lux)**
Πέμπτη, 19 Φεβ.	214	268	82	36,2
Παρασκ., 20 Φεβ.	229	475	269	13
Σάββατο, 21 Φεβ.	425	644	303	14,7
Κυριακή, 22 Φεβ.	442	295	135	31,2

Δευτέρα, 23 Φεβ.	515	628	224	45,2
Τρίτη, 24 Φεβ.	188	333	306	3,5
Τετάρτη, 25 Φεβ.	567	616	187	81,3
Πέμπτη, 26 Φεβ.	719	878	261	13,6
Δευτέρα, 2 Μαρ.	212	246	228	15,6
Τρίτη, 3 Μαρ.	264	456	120	10,2
Τετάρτη, 4 Μαρ.	450	737	309	11,9
Πέμπτη, 5 Μαρ.	201	307	60	15,9
Παρασκ., 6 Μαρ.	322	304	436	42,6
Σάββατο, 7 Μαρ.	578	143	263	37,5

Πίνακας 4: Ορατή ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του σπιτιού, στις 3:00 μμ.

6:00 ΜΜ	**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ (Lux)**	**ΣΑΛΟΝΙ (Lux)**	**ΚΟΥΖΙΝΑ (Lux)**	**ΜΠΑΝΙΟ (Lux)**
Πέμπτη, 19 Φεβ.	126	107	238	6,4
Παρασκ., 20 Φεβ.	155	116	528	2,9
Σάββατο, 21 Φεβ.	168	178	254	7,7
Κυριακή, 22 Φεβ.	154	93,4	461	4,8
Δευτέρα, 23 Φεβ.	128	209	276	9,1
Τρίτη, 24 Φεβ.	131	220	252	17,2
Τετάρτη, 25 Φεβ.	139	134	257	7,9
Πέμπτη, 26 Φεβ.	130	71	518	13,6
Δευτέρα, 2 Μαρ.	125	128	535	14,5
Τρίτη, 3 Μαρ.	246	116	241	12,7
Τετάρτη, 4 Μαρ.	209	236	284	13,6
Πέμπτη, 5 Μαρ.	219	223	492	11,7
Παρασκ., 6 Μαρ.	169	131	269	10,9
Σάββατο, 7 Μαρ.	155	127	445	9,6

Πίνακας 5: Ορατή ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του σπιτιού, στις 6:00 μμ.

- Μετρήσεις υπεριώδους ακτινοβολίας

11:00 ΠΜ	**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ (mW/m^2)**	**ΣΑΛΟΝΙ (mW/m^2)**	**ΚΟΥΖΙΝΑ (mW/m^2)**	**ΜΠΑΝΙΟ (mW/m^2)**
Πέμπτη, 19 Φεβ.	1,8	96,8	61	3
Παρασκ., 20 Φεβ.	3,6	1158	134	2,8
Σάββατο, 21 Φεβ.	557	1412	78,1	16,8
Κυριακή, 22 Φεβ.	472	1305	125	4,3
Δευτέρα, 23 Φεβ.	4,5	731	167	4,8
Τρίτη, 24 Φεβ.	2,5	1155	298	11,7
Τετάρτη, 25 Φεβ.	5,3	185	37	0
Πέμπτη, 26 Φεβ.	415	1444	210	19,3
Δευτέρα, 2 Μαρ.	560	697	242	3,5

Τρίτη, 3 Μαρ.	289	874	136	19,9
Τετάρτη, 4 Μαρ.	460	861	192	4
Πέμπτη, 5 Μαρ.	509	567	215	4,7
Παρασκ., 6 Μαρ.	5210	516	176	92,9
Σάββατο, 7 Μαρ.	289	777	219	4,5

Πίνακας 6: Υπεριώδης ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του σπιτιού, στις 11:00 πμ.

3:00 ΜΜ	**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ (mW/m^2)**	**ΣΑΛΟΝΙ (mW/m^2)**	**ΚΟΥΖΙΝΑ (mW/m^2)**	**ΜΠΑΝΙΟ (mW/m^2)**
Πέμπτη, 19 Φεβ.	233	94,7	38	4,4
Παρασκ., 20 Φεβ.	112	97,5	33,7	5,5
Σάββατο, 21 Φεβ.	39,81	221	48,1	12,6
Κυριακή, 22 Φεβ.	58,8	102	56,9	4,8
Δευτέρα, 23 Φεβ.	117	141	65,4	5,1
Τρίτη, 24 Φεβ.	87,7	251	16,7	3,9
Τετάρτη, 25 Φεβ.	85,8	44,1	82,6	5,4
Πέμπτη, 26 Φεβ.	390	531	160	3
Δευτέρα, 2 Μαρ.	75,6	141	176	11
Τρίτη, 3 Μαρ.	258	222	48,5	15,9
Τετάρτη, 4 Μαρ.	239	381	80,4	18,5
Πέμπτη, 5 Μαρ.	194	197	228	17,6
Παρασκ., 6 Μαρ.	180	226	61,9	15,3
Σάββατο, 7 Μαρ.	101	69,2	72,7	3,9

Πίνακας 7: Υπεριώδης ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του σπιτιού, στις 3:00 μμ.

6:00 ΜΜ	**ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ (mW/m^2)**	**ΣΑΛΟΝΙ (mW/m^2)**	**ΚΟΥΖΙΝΑ (mW/m^2)**	**ΜΠΑΝΙΟ (mW/m^2)**
Πέμπτη, 19 Φεβ.	2,8	17,4	5,1	11,4
Παρασκ., 20 Φεβ.	124	83,8	4,3	3,1
Σάββατο, 21 Φεβ.	143	54,6	4,9	1,4
Κυριακή, 22 Φεβ.	131	33,1	12,8	17,5
Δευτέρα, 23 Φεβ.	141	16,8	11,2	3,9
Τρίτη, 24 Φεβ.	160	24,9	5,4	3,3
Τετάρτη, 25 Φεβ.	313	4,8	5,5	3,3
Πέμπτη, 26 Φεβ.	101	17,3	23,5	2,9
Δευτέρα, 2 Μαρ.	66	32,8	28,6	1,5
Τρίτη, 3 Μαρ.	109	23,8	21,8	2
Τετάρτη, 4 Μαρ.	245	17,7	31,5	3,8
Πέμπτη, 5 Μαρ.	218	12,5	24,7	1,1
Παρασκ., 6 Μαρ.	154	58,3	4,9	1
Σάββατο, 7 Μαρ.	193	36,2	5,5	2,6

Πίνακας 8: Υπεριώδης ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του σπιτιού, στις 6:00 μμ.

- Μετρήσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10}

Χρόνος	Αιωρούμενα Σωματίδια ($\mu g/m^3$)
20:49	112
20:50	106
20:51	106
20:52	670
20:53	94
20:54	97
20:55	96
20:56	95
20:57	94
20:58	108
20:59	104
21:00	95
21:01	100
21:02	110
21:03	93
21:04	98
21:05	96
21:06	100
21:07	103
21:08	101
Μέγιστη Τιμή	**670**
Ελάχιστη Τιμή	**93**
Μέση Τιμή	**130**

Πίνακας 9: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} όσο το εσωτερικό περιβάλλον της κατοικίας δεν αλληλεπιδρούσε με το εξωτερικό. Το όργανο μέτρησης βρίσκεται στη θέση Γ.

Χρόνος	Αιωρούμενα Σωματίδια ($\mu g/m^3$)
21:11	85
21:12	85
21:13	88
21:14	88
21:15	85
21:16	87
21:17	87
21:18	87
Μέγιστη Τιμή	**88**

Ελάχιστη Τιμή	**85**
Μέση Τιμή	**86,5**

Πίνακας 9: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} όσο το εσωτερικό περιβάλλον της κατοικίας αλληλεπιδρούσε με το εξωτερικό. Το όργανο μέτρησης βρίσκεται στη θέση Γ.

	Αιωρούμενα Σωματίδια
Χρόνος	**($\mu g/m^3$)**
21:24	99
21:25	98
21:26	104
21:27	99
21:28	99
21:29	97
21:30	106
21:31	102
21:32	91
21:33	95
21:34	101
21:35	102
21:36	105
21:37	106
Μέγιστη Τιμή	106
Ελάχιστη Τιμή	91
Μέση Τιμή	100

Πίνακας 10: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} όσο ο απορροφητήρας βρίσκεται σε λειτουργία. Το όργανο μέτρησης βρίσκεται στη θέση Δ.

	Αιωρούμενα Σωματίδια
Χρόνος	**($\mu g/m^3$)**
21:41	4203
21:42	2029
21:43	1801
21:44	956
21:45	730
21:46	508
21:47	380
21:48	351
21:49	436
21:50	381
21:51	355
21:52	330
21:53	297
21:54	312
21:55	279

21:56	289
21:57	267
21:58	287
21:59	270
22:00	263
22:01	250
22:02	242
22:03	244
22:04	265
22:05	265
22:06	268
22:07	225
22:08	251
22:09	251
22:10	261
22:11	126
22:12	104
22:13	118
22:14	106
Μέγιστη Τιμή	**4203**
Ελάχιστη Τιμή	**104**
Μέση Τιμή	**520**

Πίνακας 11: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ της κατοικίας, όσο πραγματοποιούνται κάποιες δραστηριότητες, όπως ξεσκόνισμα μέσα σε αυτήν.

Χρόνος	**Αιωρούμενα Σωματίδια ($\mu g/m^3$)**
22:17	170
22:18	184
22:19	189
22:20	212
22:21	202
22:22	171
22:23	175
22:24	169
22:25	171
22:26	181
22:27	161
22:28	162
22:29	157
22:30	166
22:31	153
22:32	150
22:33	150

22:34	157
22:35	163
22:36	160
22:37	152
22:38	156
22:39	157
22:40	157
22:41	152
22:42	153
22:43	154
22:44	153
22:45	154
22:46	152
22:47	151
22:48	149
22:49	147
22:50	151
22:51	142
22:52	144
22:53	140
22:54	141
22:55	134
22:56	143
22:57	142
22:58	140
22:59	137
23:00	148
23:01	146
Μέγιστη Τιμή	**134**
Ελάχιστη Τιμή	**212**
Μέση Τιμή	**158**

Πίνακας 12: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στη θέση Γ της κατοικίας, όσο πραγματοποιούνται κάποιες δραστηριότητες μέσα σε αυτήν, όπως η λειτουργία ηλεκτρικής σκούπας.

- Μετρήσεις μονοξειδίου και του διοξειδίου του άνθρακα

Συγκεντρώσεις CO_2 (ppm)	**Συγκεντρώσεις CO (ppm)**	**Χρόνος**
205	2,9	18:32:00
216	2,9	18:32:20
216	2,9	18:32:40
217	2,9	18:33:00
218	3	18:33:20
222	2,9	18:33:40

223	3	18:34:00
225	3	18:34:20
225	2,9	18:34:40
226	3	18:35:00
227	3	18:35:20
229	2,9	18:35:40
231	2,9	18:36:00
233	3	18:36:20
234	2,9	18:36:40
234	3	18:37:00
234	2,9	18:37:20
234	3	18:37:40
235	2,9	18:38:00
235	3,1	18:38:20
234	3	18:38:40
236	3	18:39:00
235	2,9	18:39:20
236	3	18:39:40
234	3,1	18:40:00
237	3	18:40:20
238	2,9	18:40:40
237	2,9	18:41:00
238	2,9	18:41:20
236	3	18:41:40
237	3	18:42:00
236	2,9	18:42:20
237	3	18:42:40
236	3	18:43:00
236	3	18:43:20
234	3,1	18:43:40
238	3	18:44:00
235	2,9	18:44:20
236	3	18:44:40
235	2,9	18:45:00
236	3,1	18:45:20
236	3	18:45:40
237	2,9	18:46:00
236	3	18:46:20
236	3	18:46:40
238	2,9	18:47:00
239	3	18:47:20
239	3	18:47:40
239	2,9	18:48:00
238	3	18:48:20
238	3	18:48:40
241	2,9	18:49:00

242	3	18:49:20
239	3	18:49:40
237	3	18:50:00
237	3	18:50:20
240	3	18:50:40
242	2,9	18:51:00
242	2,9	18:51:20
241	3	18:51:40
241	2,9	18:52:00
241	3	18:52:20
240	3	18:52:40
243	3	18:53:00
244	3,1	18:53:20
242	2,9	18:53:40
243	2,9	18:54:00
242	2,9	18:54:20
242	2,9	18:54:40
241	3,1	18:55:00
241	2,9	18:55:20
241	3	18:55:40
239	2,9	18:56:00
243	3	18:56:20
243	3	18:56:40
242	3	18:57:00
243	3	18:57:20
242	3	18:57:40
242	3	18:58:00
242	2,9	18:58:20
244	3	18:58:40
243	2,9	18:59:00
243	3	18:59:20
242	3	18:59:40
243	2,9	19:00:00
242	3	19:00:20
241	2,9	19:00:40
240	2,9	19:01:00
242	2,9	19:01:20
195	2,8	19:33:54
210	3,1	19:34:14
216	2,9	19:34:34
220	3	19:34:54
219	3	19:35:14
223	2,9	19:35:34
226	2,9	19:35:54
228	2,9	19:36:14
232	2,9	19:36:34

232	2,9	19:36:55
235	3	19:37:14
237	3	19:37:34
235	2,9	19:37:54
234	3	19:38:15
234	2,9	19:38:35
235	2,9	19:38:55
238	2,8	19:39:15
235	2,9	19:39:35
235	2,9	19:39:55
235	2,9	19:40:15
235	2,9	19:40:35
234	2,9	19:40:55
233	3	19:41:16
233	3	19:41:35
235	2,9	19:41:56
234	2,9	19:42:15
233	3	19:42:35
235	3	19:42:55
234	2,9	19:43:16
234	2,9	19:43:36
235	3	19:43:56
235	2,8	19:44:16
235	2,9	19:44:36
235	2,9	19:44:56
236	3	19:45:16
236	2,9	19:45:36
237	2,9	19:45:56
239	2,9	19:46:16
238	2,9	19:46:36
237	2,9	19:46:56
236	3	19:47:16
236	3	19:47:36
237	3	19:47:57
235	2,9	19:48:17
235	2,9	19:48:37
236	2,8	19:48:57
237	2,9	19:49:17
237	2,9	19:49:37
237	2,8	19:49:57
237	2,9	19:50:17
239	3	19:50:37
237	3,1	19:50:57
237	3	19:51:17
239	2,9	19:51:37
241	2,9	19:51:57

241	2,9	19:52:17
239	2,9	19:52:37
238	2,9	19:52:58
238	3	19:53:18
237	2,9	19:53:38
238	3	19:53:58
237	2,9	19:54:18
237	2,9	19:54:38
237	3	19:54:58
239	3	19:55:18
239	2,9	19:55:38
237	2,9	19:55:58
237	2,9	19:56:18
237	2,9	19:56:38
237	2,9	19:56:58
235	3,1	19:57:18
235	2,9	19:57:38
235	2,9	19:57:59
235	2,9	19:58:19
234	2,9	19:58:39
235	2,9	19:58:59
235	2,9	19:59:19
234	3	19:59:39
235	2,9	19:59:59
235	2,9	20:00:19
234	2,9	20:00:39
234	2,8	20:00:59
234	2,9	20:01:19
236	2,9	20:01:39
233	2,8	20:01:59
234	2,8	20:02:19
234	2,8	20:03:00
234	3	20:03:20
232	3	20:03:40
236	2,9	20:04:00
244	**3,1**	**Μέγιστη Τιμή**
		Ελάχιστη
195	**2,8**	**Τιμή**
235	**2,9**	**Μέση Τιμή**

Πίνακας 13: Συγκεντρώσεις διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα (CO_2 και CO), σε κατοικία στα Χανιά.

2. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο χώρο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

- Μετρήσεις θερμοκρασίας

Ημέρα	Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (^{o}C)
19/03/2009	18,07708333
20/03/2009	17,72291667
21/03/2009	17,70208333
22/03/2009	17,63541667
23/03/2009	18,19652778
24/03/2009	18,73819444
25/03/2009	17,78958333
26/03/2009	19,60277778
27/03/2009	20,64236111
28/03/2009	19,49861111
29/03/2009	18,85625
30/03/2009	18,3625
31/03/2009	18,93125
01/04/2009	19,82361111
02/04/2009	20,58125
03/04/2009	20,94027778
04/04/2009	21,03888889
05/04/2009	20,54791667
06/04/2009	20,89513889
07/04/2009	21,04930556
08/04/2009	20,40208333
09/04/2009	20,16805556
10/04/2009	20,14513889
11/04/2009	20,17222222
12/04/2009	20,28611111
13/04/2009	20,29166667
14/04/2009	20,51944444
15/04/2009	20,82430556
16/04/2009	20,88333333
17/04/2009	20,37291667
18/04/2009	20,14097222
19/04/2009	20,06736111
20/04/2009	20,18055556
21/04/2009	20,96875
22/04/2009	21,66180556
23/04/2009	21,9125
24/04/2009	21,64236111
25/04/2009	21,63125
26/04/2009	21,67152778
27/04/2009	21,04583333
28/04/2009	20,98055556

29/04/2009	21,57430556
30/04/2009	22,07013889
01/05/2009	21,69097222
02/05/2009	21,88819444
03/05/2009	21,91041667
04/05/2009	21,43472222
05/05/2009	21,12152778
06/05/2009	21,42847222
07/05/2009	21,82569444
08/05/2009	22,05555556
09/05/2009	22,39791667
10/05/2009	22,62777778
11/05/2009	22,51319444
12/05/2009	22,77638889

Πίνακας 14: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από τις 19 Μαρτίου έως τις 12 Μαΐου του 2009.

Ημέρα	**Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (^{o}C)**
19/03/2009	18,03958333
20/03/2009	17,75625
21/03/2009	19,06805556
22/03/2009	18,2125
23/03/2009	18,13333333
24/03/2009	18,27291667
25/03/2009	18,23958333
26/03/2009	19,07083333
27/03/2009	20,21319444
28/03/2009	19,50208333
29/03/2009	19,19444444
30/03/2009	18,81666667
31/03/2009	19,73680556
01/04/2009	20,25625
02/04/2009	21,03263889
03/04/2009	20,87222222
04/04/2009	20,65833333
05/04/2009	19,94513889
06/04/2009	20,27777778
07/04/2009	20,28402778
08/04/2009	20,35555556
09/04/2009	20,25138889
10/04/2009	20,2875
11/04/2009	20,42638889

12/04/2009	20,62083333
13/04/2009	20,70208333
14/04/2009	20,59652778
15/04/2009	21,01875
16/04/2009	21,27013889
17/04/2009	20,61458333
18/04/2009	20,41666667
19/04/2009	20,325
20/04/2009	20,48402778
21/04/2009	21,39236111
22/04/2009	21,84305556
23/04/2009	21,42847222
24/04/2009	20,77708333
25/04/2009	21,45486111
26/04/2009	21,71458333
27/04/2009	21,03846154
28/04/2009	21,19305556
29/04/2009	21,90902778
30/04/2009	22,13402778
01/05/2009	21,87013889
02/05/2009	22,06875
03/05/2009	22,00694444
04/05/2009	21,44930556
05/05/2009	21,23333333
06/05/2009	21,79097222
07/05/2009	22,08125
08/05/2009	22,35902778
09/05/2009	22,56597222
10/05/2009	22,85694444
11/05/2009	22,48611111
12/05/2009	21,9765625

Πίνακας 15: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από τις 19 Μαρτίου έως τις 12 Μαΐου του 2009.

- Μετρήσεις υγρασίας

Ημέρα	Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στο εσωτερικό περιβάλλον της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (%)
19/03/2009	52,13819444
20/03/2009	45,09444444
21/03/2009	50,9625
22/03/2009	51,45416667
23/03/2009	52,55486111
24/03/2009	50,59583333

25/03/2009	51,80972222
26/03/2009	50,97847222
27/03/2009	50,79652778
28/03/2009	50,81597222
29/03/2009	53,75972222
30/03/2009	61,14722222
31/03/2009	64,40972222
01/04/2009	66,52777778
02/04/2009	66,34722222
03/04/2009	67,26736111
04/04/2009	65,51736111
05/04/2009	68,29861111
06/04/2009	63,46666667
07/04/2009	64,34444444
08/04/2009	65,89583333
09/04/2009	63,74652778
10/04/2009	65,51041667
11/04/2009	69,88888889
12/04/2009	69,83333333
13/04/2009	71,58194444
14/04/2009	61,11458333
15/04/2009	63,29513889
16/04/2009	63,72222222
17/04/2009	62,07361111
18/04/2009	63,33680556
19/04/2009	66,13541667
20/04/2009	69,08333333
21/04/2009	68,24652778
22/04/2009	62,99722222
23/04/2009	62,80208333
24/04/2009	61,03819444
25/04/2009	62,64444444
26/04/2009	64,95138889
27/04/2009	63,15277778
28/04/2009	62,17222222
29/04/2009	63,57222222
30/04/2009	59,70694444
01/05/2009	60,86597222
02/05/2009	60,63541667
03/05/2009	62,0625
04/05/2009	67,1875
05/05/2009	66,09375
06/05/2009	67,30138889
07/05/2009	67,60069444
08/05/2009	66,61458333
09/05/2009	67,6125

10/05/2009	67,75694444
11/05/2009	64,88541667
12/05/2009	61,73888889

Πίνακας 16: Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στην είσοδο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από τις 19 Μαρτίου έως τις 12 Μαΐου του 2009.

Ημέρα	Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων (%)
19/03/2009	45,00277778
20/03/2009	39,74652778
21/03/2009	44,92708333
22/03/2009	46,84513889
23/03/2009	50,375
24/03/2009	48,85277778
25/03/2009	48,80625
26/03/2009	50,56041667
27/03/2009	48,27013889
28/03/2009	47,92013889
29/03/2009	50,52222222
30/03/2009	56,73958333
31/03/2009	59,41666667
01/04/2009	62,2
02/04/2009	62,12361111
03/04/2009	64,16666667
04/04/2009	61,19722222
05/04/2009	66,34027778
06/04/2009	60,45902778
07/04/2009	60,54236111
08/04/2009	59,79722222
09/04/2009	56,85972222
10/04/2009	59,13472222
11/04/2009	64,11666667
12/04/2009	63,58958333
13/04/2009	63,82222222
14/04/2009	53,40972222
15/04/2009	56,44513889
16/04/2009	56,62222222
17/04/2009	54,84027778
18/04/2009	56,18125
19/04/2009	59,95277778
20/04/2009	62,59236111
21/04/2009	60,33888889
22/04/2009	55,36319444

23/04/2009	57,75833333
24/04/2009	57,05902778
25/04/2009	56,82222222
26/04/2009	58,62638889
27/04/2009	56,41597222
28/04/2009	55,68402778
29/04/2009	56,12430556
30/04/2009	52,90555556
01/05/2009	53,96666667
02/05/2009	52,6625
03/05/2009	56,12222222
04/05/2009	62,06458333
05/05/2009	59,74166667
06/05/2009	60,04027778
07/05/2009	59,79236111
08/05/2009	59,69027778
09/05/2009	60,72152778
10/05/2009	59,67430556
11/05/2009	58,24444444
12/05/2009	54,52638889

Πίνακας 17: Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στον πρώτο όροφο της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων από τις 19 Μαρτίου έως τις 12 Μαΐου του 2009.

- Μετρήσεις ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας

Τετάρτη, 18 Μαρτίου	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
Εξω, 9:40:00 ΠΜ	19628	659	12300
10:25			
Θέση 1	671	482	363
Θέση 2	57	0	0
Θέση 3	86,2	0	0
Θέση 4	4,2	0	0
Θέση 5	67	0	0
Θέση 6	7,9	0	0
Θέση 7	18,3	0	0
Θέση 8	37,6	0	0

Τετάρτη, 18 Μαρτίου	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
11:12			
Θέση 1	5665	415	1699
Θέση 2	57,9	0	0
Θέση 3	90,5	0	0
Θέση 4	3,7	0	0
Θέση 5	59,2	0	0

Θέση 6	5,1	0	0
Θέση 7	20,2	0	0
Θέση 8	42,8	0	0

Τετάρτη, 27 Απριλίου Έξω, 10:28	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
10:55:00 ΠΜ	70000	463	31182
Θέση 1	1866	391	741
Θέση 2	69,3	0	0
Θέση 3	61,5	0	0
Θέση 4	77,2	0	0
Θέση 5	88,5	0	0
Θέση 6	126	0	0
Θέση 7	18,2	0	0
Θέση 8	47,1	0	0

Τετάρτη, 30 Απριλίου Έξω, 12:06	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
11:46:00 ΠΜ	63267	561	32942
Θέση 1	1090	377	411
Θέση 2	56,3	51	2,8
Θέση 3	67,5	0	0
Θέση 4	4,2	0	0
Θέση 5	96,6	0	0
Θέση 6	6,7	0	0
Θέση 7	22,2	0	0
Θέση 8	61,6	0	0

Τετάρτη, 13 Μαΐου Έξω, 12:56	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
14:25:00 ΠΜ	10487	683	42550
Θέση 1	1016	520	555
Θέση 2	57,1	0	0
Θέση 3	102	0	0
Θέση 4	6,6	0	0
Θέση 5	80,5	0	0
Θέση 6	8	0	0
Θέση 7	18,1	0	0
Θέση 8	44,3	0	0

Τετάρτη, 14 Μαΐου 13:09:00 ΠΜ	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**

Θέση 1	735	345	236
Θέση 2	61,7	0	0
Θέση 3	83,7	0	0
Θέση 4	7	0	0
Θέση 5	93,5	0	0
Θέση 6	6,9	0	0
Θέση 7	18	0	0
Θέση 8	66	0	0

Πίνακας 18: Ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία στους διάφορους χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

- Μετρήσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10}

Αιωρούμενα Σωματίδια	**Είσοδος Πινακοθήκης ($\mu g/m^3$)**	**Πρώτος Όροφος Πινακοθήκης ($\mu g/m^3$)**	**Εξωτερικό περιβάλλον ($\mu g/m^3$)**
18/03/2009	115,606	85,26	93,67
14/05/2009	93	75	108,8
24/06/2009	62,5	37,21	159,78

Πίνακας 19: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στους διάφορους χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

- Μετρήσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα

CO2 (ppm)	**Είσοδος Πινακοθήκης**	**1ος 'Οροφος Πινακοθήκης**	**Εξωτερικό Περιβάλλον**
27/04/2009	318,0461538	356,1056911	242,147541
30/04/2009	320,06	381,9	124,421875
13/05/2009	395,2	468,4473684	132,0545455
23/06/2009	266,0350877	272,6470588	80,11764706
24/06/2009	259,4225352	259,5172414	167,8727273

CO (ppm)	**Είσοδος Πινακοθήκης**	**1ος 'Οροφος Πινακοθήκης**	**Εξωτερικό Περιβάλλον**
27/04/2009	3,141538462	3,185483871	2,757377049
30/04/2009	3,141	3,215	4,3125
13/05/2009	4,30625	4,161842105	4,36
23/06/2009	3,122807018	3,049019608	3,931372549
24/06/2009	3,045070423	2,965517241	2,68

Πίνακας 20: Συγκεντρώσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στους διάφορους χώρους της Δημοτικής Πινακοθήκης Χανίων.

3. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

- Μετρήσεις θερμοκρασίας

Ημέρα	Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην θέση 4 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων (^{o}C)
04/06/2009	23,4125
05/06/2009	23,47986111
06/06/2009	23,55833333
07/06/2009	23,74305556
08/06/2009	23,84166667
09/06/2009	24,16527778
10/06/2009	24,29027778
11/06/2009	24,44722222
12/06/2009	24,73680556
13/06/2009	25,03472222
14/06/2009	24,92638889
15/06/2009	24,83958333
16/06/2009	24,85833333
17/06/2009	24,88541667
18/06/2009	25,17708333
19/06/2009	25,22291667
20/06/2009	25,17013889
21/06/2009	25,34236111
22/06/2009	25,43263889

Πίνακας 21: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην θέση 4 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009.

Ημέρα	Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων (^{o}C)
11/04/2009	19,38958333
12/04/2009	19,77916667
13/04/2009	20,12430556
14/04/2009	20,2625
15/04/2009	20,30972222
16/04/2009	20,12569444
17/04/2009	20,22361111
18/04/2009	20,61388889
19/04/2009	21,05416667
20/04/2009	21,03333333
21/04/2009	21,02222222
22/04/2009	21,11458333
23/04/2009	20,89861111
24/04/2009	20,38541667
25/04/2009	20,13819444

26/04/2009	20,59791667
27/04/2009	20,55416667
28/04/2009	20,66666667
29/04/2009	20,98958333
30/04/2009	21,20833333
01/05/2009	21,37638889
02/05/2009	21,31944444
03/05/2009	21,39722222
04/05/2009	20,90277778
05/05/2009	20,57638889
06/05/2009	20,77291667
07/05/2009	21,19722222
08/05/2009	21,47430556
09/05/2009	21,83680556
10/05/2009	22,06944444
11/05/2009	22,24722222
12/05/2009	22,51805556
13/05/2009	22,87708333
14/05/2009	23,13194444
15/05/2009	23,41736111
16/05/2009	24,00069444
17/05/2009	24,18402778
18/05/2009	23,96805556
19/05/2009	24,04791667
20/05/2009	23,98541667
21/05/2009	23,91875
22/05/2009	24,13055556
23/05/2009	24,46805556
24/05/2009	24,92291667
25/05/2009	25,41458333
26/05/2009	25,86180556
27/05/2009	25,54722222
28/05/2009	25,46666667
29/05/2009	25,36666667
30/05/2009	25,72708333
31/05/2009	25,84097222
01/06/2009	26,01666667
02/06/2009	26,48541667
03/06/2009	26,48194444
04/06/2009	26,32708333

Πίνακας 22: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων από τις 11 Μαρτίου έως τις 4 Ιουνίου του 2009.

- Μετρήσεις υγρασίας

Ημέρα	Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στην θέση 4 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων (^{o}C)
04/06/2009	79,85833333
05/06/2009	81,34513889
06/06/2009	82,33680556
07/06/2009	82,24375
08/06/2009	80,03958333
09/06/2009	83,74375
10/06/2009	83,66666667
11/06/2009	79,90138889
12/06/2009	79,68055556
13/06/2009	84,29861111
14/06/2009	81,35486111
15/06/2009	76,85416667
16/06/2009	76,94722222
17/06/2009	76,34652778
18/06/2009	80,99583333
19/06/2009	77,36805556
20/06/2009	74,95694444
21/06/2009	79,95833333
22/06/2009	78,5625

Πίνακας 23: Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στη θέση 4 του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων από τις 4 έως τις 22 Ιουνίου του 2009.

Ημέρα	Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων (^{o}C)
11/04/2009	70,02361111
12/04/2009	70,15694444
13/04/2009	69,62222222
14/04/2009	55,12083333
15/04/2009	59,53125
16/04/2009	60,61736111
17/04/2009	58,975
18/04/2009	60,44444444
19/04/2009	65,22152778
20/04/2009	65,79861111
21/04/2009	63,3125
22/04/2009	57,62847222
23/04/2009	60,40208333
24/04/2009	58,67638889

25/04/2009	60,70138889
26/04/2009	63,12777778
27/04/2009	59,12569444
28/04/2009	60,29097222
29/04/2009	59,27361111
30/04/2009	57,4125
01/05/2009	60,22777778
02/05/2009	57,19861111
03/05/2009	60,21458333
04/05/2009	64,36805556
05/05/2009	62,44375
06/05/2009	63,16458333
07/05/2009	63,45902778
08/05/2009	63,73263889
09/05/2009	62,77222222
10/05/2009	64,17291667
11/05/2009	61,87222222
12/05/2009	59,55694444
13/05/2009	61,78333333
14/05/2009	63,14652778
15/05/2009	66,91875
16/05/2009	66,48958333
17/05/2009	67,92777778
18/05/2009	66,69166667
19/05/2009	64,50902778
20/05/2009	59,28958333
21/05/2009	57,00069444
22/05/2009	56,88819444
23/05/2009	57,51805556
24/05/2009	63,44583333
25/05/2009	64,89583333
26/05/2009	56,77222222
27/05/2009	53,21180556
28/05/2009	51,10486111
29/05/2009	51,37222222
30/05/2009	53,32430556
31/05/2009	60,97916667
01/06/2009	67,25347222
02/06/2009	64,75555556
03/06/2009	55,80486111
04/06/2009	53,18958333

Πίνακας 24: Μέση ημερήσια σχετική υγρασία στην είσοδο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων από τις 11 Απριλίου έως τις 4 Ιουνίου του 2009.

- Μετρήσεις ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας

Τετάρτη, 27 Απριλίου	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
Έξω, 11:00 ΠΜ	70000	463	31182
11:20			
Θέση 1	322	352	104
Θέση 2	20,6	0	0
Θέση 3	148	179	27,5

Πέμπτη, 30 Απριλίου	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
Έξω, 11:46 ΠΜ	63267	561	32942
13:10			
Θέση 1	1142	430	696
Θέση 2	25,9	0	0
Θέση 3	91,5	193	15,6

Πέμπτη, 14 Μαΐου	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
14:00			
Θέση 1	816	324	194
Θέση 2	21	0	0
Θέση 3	74,5	151	11,7

Τετάρτη, 13 Μαΐου	**Vis (Lux)**	**UV (μW/Lumen)**	**UV (mW/m^2)**
Έξω, 14:25	10487	683	42550
13:50			
Θέση 1	2137	443	961
Θέση 2	22,7	0	0
Θέση 3	78,5	242	19,3

Πίνακας 25: Ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία στους διάφορους χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

- Μετρήσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10}

Αιωρούμενα Σωματίδια	**Στον εσωτερικό χώρο του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων (μg/m^3)**	**Εξωτερικό περιβάλλον (μg/m^3)**
13/05/2009	79,33	109,67
14/05/2009	78,4	108,8
24/06/2009	80,68	159,78

Πίνακας 26: Συγκεντρώσεις αιωρουμένων σωματιδίων PM_{10} στους διάφορους χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.

- Μετρήσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα

CO2 (ppm)	Αρχαιολογικό Μουσείο	Εξωτερικό περιβάλλον
27/04/2009	298,8461538	242,147541
30/04/2009	351,5633803	124,421875
13/05/2009	314	132,0545455
23/06/2009	332,0454545	80,11764706
24/06/2009	245,6133333	167,8727273

CO (ppm)	Αρχαιολογικό Μουσείο	Εξωτερικό περιβάλλον
27/04/2009	2,997435897	2,757377049
30/04/2009	2,945070423	4,3125
13/05/2009	3,5	4,36
23/06/2009	2,898484848	3,931372549
24/06/2009	2,904	2,68

Πίνακας 27: Συγκεντρώσεις μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα στους διάφορους χώρους του Αρχαιολογικού Μουσείου Χανίων.