



ΑΝΟΙΚΤΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΚΥΠΡΟΥ

# ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ**

Ανάλυση, προσδιορισμός και επιπτώσεις της ποιότητας  
του αέρα στο Κυπριακό Μουσείο και στο  
Βυζαντινό Μουσείο

Αντρέας Σκουρουπάτης

Επιβλέπων Καθηγητής  
Αντώνης Ζορπάς

Μάιος, 2014

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

## ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ανάλυση, προσδιορισμός και επιπτώσεις της ποιότητας  
του αέρα στο Κυπριακό Μουσείο και στο  
Βυζαντινό Μουσείο

Αντρέας Σκουρουπάτης

Επιβλέπων Καθηγητής  
Αντώνης Ζορπάς

Μάιος, 2014

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	<b>Ευχαριστίες.</b>	<b>6</b>
	<b>Ελληνική περίληψη</b>	<b>7</b>
	<b>Αγγλική περίληψη</b>	<b>9</b>
	<b>Λέξεις κλειδιά</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Βιβλιογραφική ανασκόπηση</b>	<b>15</b>
2.1	Ιστορική αναδρομή της ποιότητας του αέρα σε μουσειακούς χώρους	15
2.2	Θεωρητικό Πλαίσιο	19
2.3	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	21
2.3.1	Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος – Περιβαλλοντικοί παράμετροι	26
2.3.2	Ο Ρόλος του Αερισμού στην Ποιότητα Αέρα	28
2.3.3	Κατηγορίες ρύπων - αρνητικών παραγόντων και πηγές ρύπων σε μουσειακούς χώρους	30
2.3.4	Σύνδρομο Αρρώστου κτηρίου	39
2.4	Θεσμικό Πλαίσιο	43
2.4.1	Κυπριακή Πραγματικότητα – Νομοθεσία	44
2.4.2	Διεθνής Πραγματικότητα - Νομοθεσία	45
2.5	Συμπεράσματα	46
<b>3</b>	<b>Σκοποθεσία της Έρευνας – Αναγκαιότητα Ερευνητικά Ερωτήματα</b>	<b>48</b>
3.1	Διατύπωση του Θέματος– Τεκμηρίωση της Αναγκαιότητάς του	48

3.2	Σκοπός – Στόχος Της Έρευνας	49
3.3	Ερευνητικά Ερωτήματα	50
<b>4</b>	<b>Μεθοδολογία</b>	<b>51</b>
4.1	Περιγραφή Κτηρίων	51
4.1.1	Περιγραφή κτηρίου Κυπριακού Μουσείου	54
4.1.2	Περιγραφή κτηρίου Βυζαντινού Μουσείου	55
4.2	Περιβαλλοντικές παράμετροι περιοχής	57
4.2.1	Κλιματικά στοιχεία περιοχής	57
4.3	Μέσα Συλλογής Δεδομένων	58
4.3.1	Περιγραφή Ερωτηματολογίων	59
4.3.2	Μετρήσεις εσωτερικών ρύπων για την ποιότητα του αέρα	61
4.3.3	Όργανα – Συσκευές	63
4.4	Πειραματική διαδικασία	63
4.4.1	Μέτρηση διαφόρων αέριων ρύπων	64
4.4.2	Μέτρηση Μονοξειδίου του Άνθρακα και θερμοκρασίας	65
4.4.3	Μέτρηση Διοξειδίου του Άνθρακα	66
4.4.4	Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων	67
4.4.5	Μέτρηση Φωτισμού των κτιρίων	68
4.4.6	Μέτρηση ποσοστού νωπού αέρα.	68
<b>5</b>	<b>Αποτελέσματα</b>	<b>70</b>
5.1	Κριτική αξιολόγηση αποτελεσμάτων της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στο κυπριακό μουσείο όσο αφορά το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου.	70
5.2	Κριτική Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα όσο αφορά την προστασία των εκθεμάτων.	76
5.2.1	Ανάλυση μετρήσεων για την ποιότητα του αέρα για το κτίριο του κυπριακού μουσείου.	78

5.2.2	Ανάλυση μετρήσεων για την ποιότητα του αέρα για το κτίριο του βυζαντινού μουσείου.	93
<b>6</b>	<b>Συζήτηση Αποτελεσμάτων</b>	<b>111</b>
6.1	Συζήτηση Αποτελεσμάτων της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα όσο αφορά το Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου.	111
6.2	Συζήτηση Αποτελεσμάτων της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα όσο αφορά την προστασία των εκθεμάτων.	116
<b>7</b>	<b>Συμπεράσματα – Περιορισμοί – Εισηγήσεις</b>	<b>123</b>
7.1	Συμπεράσματα	123
7.1.1	Συμπεράσματα για το κτίριο του Κυπριακού μουσείου όσο αφορά το Σύνδρομο του Αρρώστου Κτηρίου.	123
7.1.2	Συμπεράσματα όσον αφορά την προστασία των εκθεμάτων	124
7.2	Περιορισμοί	124
7.3	Εισηγήσεις	124
7.3.1	Εισηγήσεις για το κτήριο του Κυπριακού μουσείου	125
7.3.2	Εισηγήσεις για το κτήριο του Βυζαντινού μουσείου	126
7.3.3	Εισηγήσεις και για τα δύο κτήρια.	126

## **Βιβλιογραφία**

## **Παραρτήματα**

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου, κ. Αντώνη Ζορπά, για την συνεχή, άμεση και ουσιαστική καθοδήγησή του και την εξαιρετικά πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, η οποία και αποτέλεσε ένα βασικό συστατικό για την σωστή, ομαλή και επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, καθώς και τον ακαδημαϊκό υπεύθυνο του προγράμματος, κ. Ιωάννη Βογιατζάκη.

Θέλω επίσης να ευχαριστήσω θερμά το Δρ. Κώστα Κώστα, ΤΕΠΑΚ, για την καθοδήγηση και προθυμία με την οποία ανταποκρινόταν όποτε τους ζητούσα οποιαδήποτε βοήθεια. Επίσης ευχαριστίες αξίζουν και στη μεταπτυχιακό συνεργάτη Πισκοπιανού Χαρούλλα για την πολύτιμη βοήθειά της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες χρωστώ στους φίλους μου που μοιράστηκαν μαζί μου τις δυσκολίες και τις χαρές αυτής της προσπάθειας μου. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου, που μου συμπαραστέκεται ηθικά και με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα.

## Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αξιολογεί την ποιότητα του αέρα σε δύο μουσεία, το Αρχαιολογικό Μουσείο Κύπρου και το Βυζαντινό Μουσείο τα οποία χωροθετούνται εντός του αστικού κέντρου της Λευκωσίας. Όσο αφορά την αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις των εσωτερικών αέριων ρύπων και σύγκριση τους με τα επιτρεπόμενα όρια – κατευθυντήριες γραμμές που προτείνονται με βάση την υφιστάμενη βιβλιογραφία.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι ο χαρακτηρισμός η ανάλυση και ο προσδιορισμός των εσωτερικών ρύπων στο κυπριακό και βυζαντινό μουσείο και η αξιολόγηση του αν οι εργαζόμενοι στο κτήριο του κυπριακού μουσείο παρουσιάζουν συμπτώματα σχετικά με το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου. Στηριζόμενοι στην υπάρχουσα διεθνή βιβλιογραφία γίνονται εισηγήσεις για περιορισμό της πιθανής καταστρεπτικής επίδρασης αερίων ρύπων, στα οργανικά και ανόργανα υλικά στους εσωτερικούς χώρους των μουσείων. Στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής είναι να γίνουν εισηγήσεις για βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στους υφιστάμενους χώρους προς μελέτη και πιθανά μέτρα – εισηγήσεις που μπορούν να ληφθούν για προστασία των μουσειακών εκθεμάτων από πιθανή μελλοντική φθορά.

Αρχικά οικοδομείται το θεωρητικό πλαίσιο μέσω της ιστορικής αναδρομής και μέσω της ανασκόπησης της σχετικής βιβλιογραφίας. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στο ρόλο του αερισμού, στην ποιότητα του αέρα και ακολουθεί μια αναφορά στις διάφορες κατηγορίες ρύπων, στους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και στο Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου (SBS). Ακολουθώς, παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο που υφίστανται σε άλλες χώρες και στην Κύπρο. Το θεωρητικό μέρος, κλείνει με τη διατύπωση του θέματος και του σκοπού της μεταπτυχιακής διατριβής, την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας της, το ερευνητικό ερώτημα και το περιεχόμενο των κεντρικών εννοιών.

Στη συνέχεια, αναπτύσσεται το μεθοδολογικό πλαίσιο για τη συλλογή των δεδομένων με ιδιαίτερη αναφορά στην περιγραφή των κτιρίων που έγιναν οι μετρήσεις, τη διαδικασία έρευνας και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν. Συζητείται επίσης η πειραματική διαδικασία, κάτω από το πρίσμα της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας και τέλος γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων, η κριτική αξιολόγηση και συζήτηση τους, αναφέρονται τα συμπεράσματα, οι περιορισμοί και οι εισηγήσεις που προκύπτουν από την έρευνα.

Για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας όσο αφορά την μελέτη για το σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου, θεωρήθηκε καταλληλότερο μέσο συλλογής δεδομένων, το ερωτηματολόγιο και για τη μελέτη της ποιότητα του εσωτερικού αέρα στα δύο υπό μελέτη κτήρια η στιγμιαία συλλογή δεδομένων με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν ότι η ποιότητα του αέρα όσο αφορά την ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων στο κυπριακό μουσείο μπορεί να θεωρηθεί αρκετά καλή παρ' όλο που τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Όσο αφορά την ασφάλεια των εκθεμάτων η ποιότητα του αέρα τόσο στο κυπριακό όσο και στο βυζαντινό δυστυχώς δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική. Με εξαίρεση την θερμοκρασία και την υγρασία που τα επίπεδα τους βρίσκονται εντός των κατευθυντήριων γραμμών που ορίζονται από την βιβλιογραφία, η συγκέντρωση των υπόλοιπων αέριων ρύπων που έχουν μετρηθεί είναι υψηλότερη από τις προτεινόμενες τιμές. Όσο αφορά τις αίθουσες που περιέχουν τα υπερευαίσθητα υλικά, τα οποία εξαιρούνται από τις κατευθυντήριες γραμμές, απαιτούνται ειδικές ελεγχόμενες μετρήσεις.





# Summary

This master thesis assesses the Air quality in two museums, the Archaeological Museum and the Byzantine Museum which are sited within the urban center of Nicosia. Regarding the assessment of the air quality measurements that have been made of indoor air pollutants and in comparisons with the permitted limits – proposed guidelines based on existing literature review.

The aim of this thesis is the characterization, the analysis and the determination of indoor air pollutants in Cypriot and Byzantine Museum and the assessment of whether the workers in the building of the Cyprus museum exhibiting symptoms of sick building syndrome. Based on the existing international literature we made suggestions for limiting the possible destructive effects of gaseous pollutants, organic and inorganic materials indoors of the museums. The aim of the thesis is to make suggestions for improvement of air quality in the museums.

Firstly we built the theoretical framework through the historical retrospection and through a review of relevant literature. Then, reference is made to the role of ventilation, air quality and afterwards it follows a report on various categories of pollutants, on factors affecting indoor air quality and sick building syndrome (SBS). Subsequently, the institutional framework that exist in other countries and in Cyprus is presented. The theoretical part, closes with the wording of the topic, the purpose of the thesis, the documentation of the necessity, the research question and the contents of the central concepts.

Then the methodological framework for data collection is been developed, with particular reference to the description of the buildings in which the measurements were made, the investigation procedure and the used of the instruments. It is also discussed the experimental procedure, under the scope of the reliability and validity. Finally there is a presentation of the results, the critical evaluation and a debate, referred to the conclusions, limitations and recommendations arising from the investigation.

To achieve the purpose of the investigation regarding the study on the sick building syndrome, it was considered most appropriate means of data collection, the questionnaire and the study of indoor air quality in buildings under the study of instantaneous data collection

with the help of the appropriate instruments. The results of the investigation showed that the air quality as regards safety and health of workers at the Cyprus Museum can be considered quite good although the results of the questionnaire does not agree with the results of the measurements. Considering the safety of exhibits in both museums the quality of air unfortunately cannot be described as satisfactory. With the exception of temperature and relative humidity where the levels are in the limits of the guidelines, the concentration of other gaseous pollutants measured is higher than the suggested prices.

As regards the halls that containing the hypersensitive materials, which are exempted from the guidelines, it required special controlled measurements.

## Λέξεις κλειδιά:

(ΠΑΕΧ) Ποιότητα του Αέρα Εσωτερικού Χώρου.

(SBS) Sick Building Syndrome, Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου.

(ASHRAE) American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

(IAQ) Indoor Air Quality, Εσωτερική Ποιότητα Αέρα.

(HVAC) Heating, ventilation, and air-conditioning system.

(EPA) Υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών.

(RH) Relative Humidity, Σχετική υγρασία.

(ΑΣ) Στερεά Αέρια Σωματίδια.

(BRI) Building Related Illness, Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο.

(WHO) World Health Organization.

(OSHA PEL) Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit.

(ACGIH TLV) American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Value.

(ΤΕΕ) Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.



# Κεφάλαιο Πρώτο

## Εισαγωγή

Σ' ένα μουσειακό χώρο, το ιδανικό για ευάλωτα υλικά και αντικείμενα με σημαντική πολιτιστική και ιστορική αξία θεωρείται η εσωτερική ατμόσφαιρα να είναι απαλλαγμένη από εσωτερικές πηγές ρύπων. Αυτό θα έχε ως αποτέλεσμα να φυλάσσονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες απαλλαγμένες από οποιαδήποτε μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Με βάση το άρθρο των Krupinska et. al. η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι σοβαρό και εξειδικευμένο πρόβλημα ιδιαίτερα σε ιστορικά κτίρια, όπως τα μουσεία, γιατί δεν δημιουργήθηκαν- σχεδιάστηκαν για να εξυπηρετούν τους σκοπούς μουσειακών χώρων ούτως ώστε να προστατεύουν τα εκθέματα με αειφόρο τρόπο.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση κατά κύριο λόγο προέρχεται από το εξωτερικό και μεταφέρεται προς τα μέσα κατά την ανταλλαγή εξωτερικού/εσωτερικού αέρα μέσω των ρωγμών στους τοίχους ή άλλες σχισμές του κτιρίου, των ανοιγμένων παραθύρων, των πορτών και των συστημάτων εξαερισμού. Το εσωτερικό περιβάλλον είναι μία αλληλεπίδραση μεταξύ της περιοχής, του κλίματος, του συστήματος του κτιρίου, των τεχνικών οικοδόμησης, των μολυσματικών πηγών (οικοδομικά υλικά, έπιπλα, υγρασία, κλπ), καθώς και των χρηστών του κτιρίου. Η μεταφορά ανεπιθύμητων ρυπογόνων ενώσεων μπορεί να προκληθεί επίσης από τους τουρίστες ή από το προσωπικό του μουσείου (Krupińska B et.al., 2013 ). Αποδεδειγμένα η ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσεία είναι σημαντική για τη διατήρηση των μουσειακών. Γι' αυτό τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενη ανησυχία μεταξύ των επιμελητών των μουσείων που βρίσκονται σε αστικά κέντρα, γιατί έργα τέχνης υπόκεινται ζημία από την έκθεση σε εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση εκθεμάτων (Nazaroff et al., 1990; Oddy, 1994; DeBock et al.,1998; Thomson, 1978; Baer & Bank, 1985; NRC, 1986).

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία οι ατμοσφαιρικοί ρύποι πέρα από τις καταστροφικές συνέπειες που έχουν σε μνημεία και έργα τέχνης που εκτίθενται σε ρυπασμένο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, εισχωρούν σε εσωτερικούς χώρους και προσβάλλουν τις επιφάνειες έργων τέχνης που φυλάσσονται στο εσωτερικό κτιρίων/μουσείων. Το πρόβλημα εντοπίζεται σε μια σειρά από αλληλεπιδράσεις που πραγματοποιούνται κυρίως στην επιφάνεια των

έργων/εκθεμάτων τα οποία προσβάλλονται και εντέλει αλλοιώνονται. Συγκεκριμένα έχουμε αλληλεπιδράσεις της επιφανείας του έργου τέχνης με επιβλαβή αέρια, σωματιδιακή ύλη και βιοαεροζόλ. Η μελέτη των μηχανισμών που δρουν καταστρεπτικά είναι θέματα πρόσφατου ενδιαφέροντος (Brimblecombe et al., 1999; Camuffo et al., 1999; Gysels et al., 2002).

Παρ' όλο το έντονο ενδιαφέρον που παρατηρείται παγκοσμίως για την εσωτερική ποιότητα του αέρα σε μουσειακούς χώρους, στην Κύπρο λίγα είναι γνωστά για την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των Κυπριακών μουσείων. Αυτή η μεταπτυχιακή διατριβή ίσως είναι και η πρώτη έκθεση για την έρευνα σε αυτό το πεδίο στην Κύπρο. Με βάση τη βιβλιογραφία και τα υφιστάμενα δεδομένα το ερώτημα που προκύπτει είναι: «πόσο ασφαλές είναι το περιβάλλον των μουσειακών χώρων σε σχέση με την ποιότητα του αέρα μέσα σε αυτά και τι προβλήματα προκύπτουν όσον αφορά την ποιότητα του αέρα των κτιρίων στα διάφορα μουσειακά εκθέματα».

Η υφιστάμενη βιβλιογραφία είναι επαρκής για να στηρίζει το ερευνητικό ερώτημα μας και αναμένεται τα αποτελέσματα να είναι άκρως ενδιαφέροντα. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κατάλληλη στρατηγική αντιμετώπιση της συνεχούς καταστροφής υλικών σε μουσεία και έτσι αυτό το δεδομένο καθιστά την υλοποίηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής επείγουσα και πολύ αναγκαία. Τα αποτελέσματα θα μας επιτρέψουν την εκτίμηση της ποιότητας του εξωτερικού και εσωτερικού αέρα, δίνοντας μας μια εικόνα σε πιθανούς κινδύνους για τις συλλογές των μουσείων που εκτίθενται στις προθήκες και στις γκαλερί. Η ανάπτυξη καινούριων στρατηγικών περιορισμών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και νέων μεθοδολογιών προστασίας είναι κάτι καινούριο μια και θα οδηγήσει σε καλύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες στα μουσεία.

Η υφιστάμενη μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί τον προπομπό ενός επίδοξου και πολλά υποσχόμενου προγράμματος στο οποίο συμμετέχουν το Πολυτεχνείο Κρήτης (ΠΟΛ. Κ.) ως επικεφαλής εταίρος, το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ), το Ιστορικό Μουσείο Κρήτης (ΙΜΚ) και το Δημοτικό Μουσείο Λαϊκής Τέχνης (ΔΜΛΤ).

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αξιολογούνται δύο μουσεία, το Αρχαιολογικό Μουσείο Κύπρου και το Βυζαντινό Μουσείο τα οποία χωροθετούνται εντός του αστικού κέντρου της Λευκωσίας. Η αξιολόγηση των κτιρίων αφορά την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και τους παράγοντες που την επηρεάζουν τόσο τους προερχόμενους από το εξωτερικό περιβάλλον,

όσο και αυτούς που προέρχονται από το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Όσο αφορά την αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις των εσωτερικών ρύπων, του μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα, των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων και σύγκριση τους με τα επιτρεπόμενα όρια που προτείνονται με βάση την υφιστάμενη βιβλιογραφία.

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι ο χαρακτηρισμός η ανάλυση και ο προσδιορισμός των εσωτερικών ρύπων στο κυπριακό και βυζαντινό μουσείο. Στηριζόμενοι στην υπάρχουσα διεθνή βιβλιογραφία γίνονται εισηγήσεις για περιορισμό της πιθανής καταστρεπτικής επίδρασης αερίων ρύπων, στα οργανικά και ανόργανα υλικά στους εσωτερικούς χώρους των μουσείων. Στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής είναι να γίνουν εισηγήσεις για βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στους υφιστάμενους χώρους προς μελέτη και πιθανά μέτρα – εισηγήσεις που μπορούν να ληφθούν για προστασία των μουσειακών εκθεμάτων από πιθανή μελλοντική φθορά.

Στο πρώτο μέρος της μεταπτυχιακής διατριβής, οικοδομείται το θεωρητικό πλαίσιο μέσω της ιστορικής αναδρομής και μέσω της ανασκόπησης της σχετικής βιβλιογραφίας. Αρχικά, αναλύονται διάφοροι σχετικοί όροι, π.χ Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Ποιότητα του Αέρα Εσωτερικού Χώρου (ΠΑΕΧ) κ.τ.λ.. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στο ρόλο του αερισμού, στην ποιότητα του αέρα και ακολουθεί μια αναφορά στις διάφορες κατηγορίες ρύπων, στους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και στο Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου (SBS). Ακολούθως, παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο που υφίστανται σε άλλες χώρες και στην Κύπρο. Το θεωρητικό μέρος, κλείνει με τη διατύπωση του θέματος και του σκοπού της μεταπτυχιακής διατριβής, την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας της, το ερευνητικό ερώτημα και το περιεχόμενο των κεντρικών εννοιών. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται το μεθοδολογικό πλαίσιο για τη συλλογή των δεδομένων με ιδιαίτερη αναφορά στην περιγραφή των κτιρίων που έγιναν οι μετρήσεις, τη διαδικασία έρευνας και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν. Συζητείται επίσης η πειραματική διαδικασία, κάτω από το πρίσμα της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας και τέλος γίνεται αναφορά στα ηθικά διλήμματα και τους περιορισμούς, που προκύπτουν από την έρευνα. Ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, η κριτική αξιολόγηση και συζήτηση τους και η μεταπτυχιακή διατριβή κλείνει με τα συμπεράσματα, τους περιορισμούς και τις εισηγήσεις.



## Κεφάλαιο Δεύτερο

### Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Ο έλεγχος της ποιότητας του αέρα σε μουσειακούς χώρους είναι πλέον απαραίτητος. Αφενός γιατί αποδεδειγμένα η ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσεία είναι σημαντική για τη διατήρηση των μουσειακών εκθεμάτων και έργων τέχνης τα οποία υπόκεινται σε φθορά, λόγω της έκθεσης τους σε εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση και αφετέρου επειδή παίζει καθοριστικό ρόλο στην υγεία των εργαζομένων σε μουσειακούς χώρους.

Στο κεφάλαιο αυτό ακολουθεί η ιστορική αναδρομή, το θεωρητικό πλαίσιο και η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με την ποιότητα του αέρα σε μουσειακούς χώρους. Επίσης περιγράφονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, τόσο τους προερχόμενους από το εξωτερικό περιβάλλον, όσο και αυτούς που προέρχονται από το εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου και γίνεται μια σύντομη αναφορά στο σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου. Ακολουθεί μια αναφορά στη διεθνή και κυπριακή πραγματικότητα και κλείνει το κεφάλαιο με τη διεξαγωγή ορισμένων κύριων συμπερασμάτων.

#### 2.1 Ιστορική αναδρομή της ποιότητας του αέρα σε μουσειακούς χώρους

Την τελευταία δεκαετία, οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό των μουσειακών χώρων και στους χώρους αποθήκευσης έχουν αποδειχθεί να είναι ο πλέον καθοριστικός παράγοντας, σχετικά με τη διατήρηση των συλλογών και αντικειμένων μεγάλης πολιτιστικής αξίας. Η ρύπανση (χημικές ουσίες και θόρυβος), η υγρασία, η θερμοκρασία και ο φωτισμός μπορούν να επιδεινώσουν ή ακόμη και να καταστρέψουν το υλικό πολιτιστικών αγαθών που διατηρούνται, προστατεύονται και εκτίθενται στις συλλογές των μουσειακών χώρων. Περιβαλλοντικοί παράμετροι-όπως, η σχετική υγρασία, θερμοκρασία περιβάλλοντος και η θερμοκρασία των εκθεμάτων, καθώς και ο ανάρμοστος φωτισμός και η ατμοσφαιρική

ρύπανση — μπορεί να επιδεινώσουν πολλά πολιτιστικά εκθέματα και να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην ορθή διατήρησή και προστασία τους (Pavlogeorgatos G., 2003).

Ανεξαρτήτως του ότι η επιστημονική κοινότητα άρχισε να δείχνει έντονο ενδιαφέρον την τελευταία δεκαετία, για το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε εκθεσιακούς χώρους το πρόβλημα του αερισμού αφορούσε τον ανθρώπινο πολιτισμό από τη γένεση του. Οι πρώτες μελέτες που εμφανίστηκαν ήταν την δεκαετία του 80 (Σανταμούρης, 2000).

Το 1850 ο Eastlake et al. περιέγραψε την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις ελαιογραφίες της Εθνικής Πινακοθήκης, του Λονδίνου (Eastlake, C.T. et. al, 1850). Ακολούθως ο Byne L. το 1899 ανέδειξε τα ειδικά προβλήματα που δημιουργούνται από την παραγωγή ρύπων σε εσωτερικούς χώρους, π.χ. παρατηρήθηκε η διάβρωση σε διάφορα υλικά από τις εκπομπές ρύπων που προέρχονται από τις ξύλινες προθήκες για αποθήκευση μνημειακών εκθεμάτων, επίσης περιέγραψε την διάβρωση θαλασσινών κοχυλιών. Ωστόσο, ο Byne L. απέτυχε να συνδέσει τη ζημία με τις συνθήκες κακής αποθήκευσης κάτι που επιτεύχθηκε μερικές δεκαετίες αργότερα από τον Scott, 1921, και Nicholls, 1934, όπου στα άρθρα τους περιγράφεται λεπτομερώς η διάβρωση που τυγχάνουν μέταλλα τα οποία φυλάσσονται και εκτίθενται σε προθήκες από βελανιδιά, και τα κοχύλια μαλακίων που βρίσκονται σε δρύινα συρτάρια, αντίστοιχα.

Πιο πρόσφατα, ορισμένα κεφάλαια για την ατμοσφαιρική ρύπανση στο βιβλίο του Thomson «Το Μουσειακό περιβάλλον», και ορισμένα κείμενα όπως το έγγραφο "Πρόβλημα στο κατάστημα" από τον Padfield et al., 1982, όπου γίνεται εκτενής περιγραφή των ζημιών που προκαλούνται σε αντικείμενα τέχνης από την ρύπανση, αύξησαν την προσοχή σε προβλήματα ρύπανσης του αέρα μεταξύ των συντηρητών και γενικά της επιστημονικής κοινότητας (Thomson G., 1965, 1978 ; Hackney S., 1984).

Έπειτα διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου και όζοντος που βρέθηκαν στον εξωτερικό αέρα μπορεί να διαπεράσουν τα συστήματα εξαερισμού σε μουσειακούς χώρους με συνακόλουθο κίνδυνο την πιθανή φθορά μουσειακών εκθεμάτων (Thomson G., 1965; Hughes and Myers, 1983; Shaver et al., 1983; Hackney, 1984; Davies et al., 1984; Druzik et al., 1989).

Το 1989 ο Hisham και Grosjean αναφέρουν ότι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προέρχονται από εσωτερικές πηγές, όπως η φορμαλδεΐδη, το μυρμηκικό και οξικό οξύ και οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, είναι πανταχού παρόν στον αέρα των μουσειακών χώρων. Ένα από τα συχνότερα αναφερόμενα άρθρα για την εσωτερική και εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση στα μουσεία είναι το άρθρο του Brimblecombe που εκδόθηκε το 1990 (Brimblecombe P., 1990).

Στο άρθρο του Sucha S. et al., 1991, γίνεται αναφορά με βάση στοιχεία από την βιβλιογραφία στις αρνητικές επιπτώσεις που μπορούν να προκαλέσουν συγκεκριμένοι ρύποι σε μουσειακά εκθέματα. Οι εκτεταμένες ζημιές που μπορούν να προκληθούν στην πέτρα οι οποίες οφείλονται σε SO<sub>2</sub> και στις εναποθέσεις όξινων ουσιών έχουν αναγνωριστεί εδώ και χρόνια. Ζημιές λόγω της παρουσίας φορμαλδεΐδης, όζοντος, διοξειδίου του αζώτου, και οργανικά οξέα έχουν τεκμηριωθεί σε πολλά υλικά όπως μέταλλα, χαρτί, κλωστοϋφαντουργία και οργανικές χρωστικές ουσίες (Spedding et al., 1971; Weyde, 1972; Nockert και Wodsten 1978; Graedel et al., 1984; Baer et Bank, 1985; Graedel και McGill, 1986; Shavers et al., 1983; Grosjean et al., 1987; Grosjean και Williams, 1989).

Με βάση το άρθρο του Junji C. et al., 2005, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσεία είναι σημαντικός παράγοντας για τη διατήρηση των μουσειακών εκθεμάτων (Nazaroff et al., 1990; Oddy, 1994). Την τελευταία δεκαετία ένα Ευρωπαϊκό διεπιστημονικό ερευνητικό έργο σχετικά με την εσωτερική ποιότητα του αέρα σε πολλά μουσεία έχει λάβει χώρα. Σ' αυτήν την έρευνα λάμβαναν μέρος το Μουσείο Correr, Βενετία (Ιταλία), το Μουσείο Καλών Τεχνών, Βιέννη (Αυστρία), το Βασιλικό Μουσείο Καλών Τεχνών, Αμβέρσας (Βέλγιο) και το κέντρο Εικαστικών Τεχνών του Sainsbury, Νόριτς (Ηνωμένο Βασίλειο) (Brimblecombe et al., 1999; Camuffo et al., 1999; Gysels et al., 2002).

Στα τέλη του 2005 μια περιεκτική έκθεση δόθηκε στη δημοσιότητα αναφορικά με τις συνθήκες διατήρησης των διαφόρων συλλογών πολιτιστικής κληρονομιάς στις Ηνωμένες Πολιτείες (n.a ,2005). Από μια έρευνα όπου εκπροσωπήθηκαν περισσότερα από 30.000 ιδρύματα, εξήχθη το συμπέρασμα ότι η πιο επείγουσα ανάγκη των θεσμικών οργάνων στις ΗΠΑ είναι ο περιβαλλοντικός έλεγχος της εσωτερικής ποιότητας του αέρα στους μουσειακούς χώρους, και διαπιστώθηκε ότι το 47% των μουσειακών χώρων είχαν "ορισμένη" ή «σημαντική» βλάβη στις συλλογές τους, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ( Svendsen M. R., 2006).

Ο Cammuffo D. et. al. στο άρθρο τους το 1998 αναφέρουν ότι ο έλεγχος του μικροκλίματος για τη διατήρηση της πολιτιστική κληρονομιά, χρειάζεται μια ιδιαίτερη προσοχή, λόγω της τεράστιας ποικιλίας που παρουσιάζουν τα διάφορα έργα τέχνης που εκτίθενται στα μουσεία. Τα πολιτιστικά εκθέματα αποτελούνται από διάφορα υλικά (κυμαίνονται από πέτρα σε μάρμαρο, από ξύλο, μέταλλο, κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, κλπ), και στις περισσότερες περιπτώσεις, αποτελούν μοναδικά δείγματα της ανθρώπινης τέχνης και της ιστορίας μας (Thomson G., 1986; Camuffo D., 1998). Το μικροκλίμα διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στη διαδικασία φθοράς των υλικών. Στην πραγματικότητα, ένα συγκεκριμένο μουσειακό έκθεμα μπορεί να αποτελείται από διάφορα μέρη και διαφορετικά υλικά τα οποία κινδυνεύουν από τις μικροκλιματικές παραμέτρους με αποτέλεσμα την φθορά τους στο πέρασμα του χρόνου (Pavlogeorgatos G., 2003).

Από τα πιο πρόσφατα σημαντικά άρθρα είναι το άρθρο της Krupínska B. et al, 2013 όπου αναφέρεται ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι σοβαρό και εξειδικευμένο πρόβλημα ιδιαίτερα για ιστορικά κτίρια, όπως τα μουσεία, γιατί δεν δημιουργήθηκαν- σχεδιάστηκαν για να εξυπηρετούν τους σκοπούς εκθεσιακών χώρων ούτως ώστε να προστατεύουν τα εκθέματα με αειφόρο τρόπο. Παρ' όλα αυτά είναι σημαντικό ευάλωτα υλικά με σημαντική ιστορική και πολιτιστική αξία να φυλάσσονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες απαλλαγμένες από ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι κύριοι ένοχοι για τη δημιουργία της ατμοσφαιρικής ρύπανση είναι η βιομηχανία, οι μεταφορές, τα σπίτια και η γεωργία. Αυτές οι δραστηριότητες οδηγούν στη δημιουργία διάφορων ατμοσφαιρικών ρύπων που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο : αέρια όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) , το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), Οξείδια του Αζώτου (NO<sub>x</sub>) και διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>), οργανικές πτητικές ουσίες, αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ) και σωματίδια αιθάλης. Άλλες ουσίες όπως το όζον (O<sub>3</sub>) σχηματίζονται με χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα και έτσι θεωρούνται ως δευτερογενείς ρύποι (VMM, Vlaamse Milieumaatschappij, 2012).

Δυστυχώς παρ' όλα τα υφιστάμενα συσσωρευμένα αποδεικτικά στοιχεία, η ρύπανση παραμένει μια σοβαρή απειλή για τα μουσειακά εκθέματα και σπάνια ακλουθείτε μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία για την προστασία των μουσειακών εκθεμάτων στους μουσειακούς χώρους.

Όσο αφορά την Κύπρο βρέθηκε μόνο ένα σχετικό άρθρο, Loupa G. et al., (2006) το οποίο αναφέρεται στην εσωτερική ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε δύο μεσαιωνικές εκκλησίες. Επίσης υπάρχει μια σχετική αναφορά για την ποιότητα του αέρα και την υγεία των υπαλλήλων που πραγματοποιήθηκε το 2012 από το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (Τ.Ε.Ε.) στο Αρχαιολογικό Μουσείο Κύπρου.

## 2.2 Θεωρητικό Πλαίσιο

Ο όρος ποιότητα του αέρα εξυπακούει τις ευνοϊκότερες συνθήκες, όσο αφορά την υγιεινή και άνεση, που μπορούν να υπάρξουν σε ένα οποιοδήποτε κτίριο είτε αυτό χρησιμοποιείται για γραφεία, κατοικίες, δημόσια ιδρύματα, κλπ, (Λαζαρίδης Μ., 2006). Η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα (Indoor Air Quality - IAQ) αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια καθώς είναι στενά συνδεδεμένη τόσο με την υγεία, την ασφάλεια των μουσειακών εκθεμάτων και την άνεση των ανθρώπων (Tiberiu C & Lordanche V., 2011).

Με βάση τον οργανισμό ASHRAE ο όρος ποιότητα εσωτερικού αέρα (IAQ) αντιπροσωπεύει τις συγκεντρώσεις ρύπων που παρουσιάζονται στον εσωτερικό αέρα και είναι γνωστές ή ύποπτες ότι επηρεάζουν την άνεση, την περιβαλλοντική ικανοποίηση, την υγεία, την εργασία ή το σχολική απόδοση (ASHRAE, 2011).

Η υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA) καθορίζουν ως εσωτερική ποιότητα αέρα (IAQ) την θερμοκρασία, την υγρασία, το εξαερισμό και τις χημικές ή βιολογικές προσμείξεις του αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα (IAQ) αναφέρεται στην ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, όπου αυτή εκπροσωπείται από τις συγκεντρώσεις ρύπων και θερμικής άνεσης (θερμοκρασία και σχετική υγρασία), βασικές συνθήκες που επηρεάζουν την υγεία, την άνεση και τις επιδόσεις των ενοίκων – χρηστών των κτιρίων . Η αυξανόμενη διάδοση χημικών ρύπων σε καταναλωτικά και εμπορικά προϊόντα, η τάση για δημιουργία κλειστών κτιρίων με μειωμένο φυσικό εξαερισμό, ούτως ώστε να εξοικονομούν ενέργεια, καθώς και η αμέλεια της συστηματικής συντήρησης και άλλων σχετικών υπηρεσιών του κτιρίου με απώτερο σκοπό την μείωση του κόστους μπορεί να προωθήσει προβλήματα ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια , που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Αναπόφευκτα αυτές οι αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στο οικοσύστημα.

Ισοτιμία ανταλλαγής αέρα ονομάζεται ο ρυθμός με τον οποίο ο ατμοσφαιρικός αέρας αντικαθιστά τον εσωτερικό αέρα σε ένα κτίριο ή ένα δωμάτιο. Εκφράζεται ως ο αριθμός των αλλαγών του εξωτερικού αέρα ανά μονάδα χρόνου, π.χ. ανά ώρα (h-1). Λόγος I/O είναι η αναλογία μεταξύ της συγκέντρωσης ενός ρύπου μέσα σε ένα δωμάτιο ως προς τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Για τα διάφορα μουσειακά εκθέματα, όπως ήδη αναφέρθηκε, το καλύτερο περιβάλλον είναι να προστατεύονται σε χώρους όπου είναι κλιματολογικά σταθεροί, όπου υπάρχει μόνο ελαφρά παραλλαγή στη θερμοκρασία και στη σχετική υγρασία (RH) και όπου η συγκέντρωση ρύπανσης του αέρα είναι επαρκώς χαμηλή. Ο συνδυασμός μεταξύ αέριων ρύπων, θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικά αποτελέσματα (Brimblecombe et al., 1999; Camuffo et al., 1999).

Στις μεσογειακές χώρες, όπως η Κύπρος λόγω αυξημένα ηλιακής ακτινοβολίας, υψηλής θερμοκρασίας, χαμηλής σχετική υγρασία και μιας συνεχώς αυξανόμενης χρήσης οχημάτων, οι φωτοχημικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι σε συνδυασμό με τους πιο πάνω παράγοντες είναι σοβαροί παράγοντες που απειλούν τα διάφορα μουσειακά εκθέματα. Πολλά μουσειακά εκθέματα στην Κύπρο στεγάζονται σε παλιά κτίρια με φυσικό αερισμό, και άλλα σε σύγχρονα κτίρια με σύστημα κεντρικού κλιματισμού, HVAC (heating, ventilation, and air conditioning).

Ένας σοβαρός παράγοντας υψηλών ποσοτήτων όζοντος που υφίσταται στην Κύπρο είναι και το πρόβλημα της διασυννοριακής ρύπανσης με τη μεταφορά του όζοντος και των πρόδρομων ουσιών του από την ανατολική Μεσόγειο και τα γειτονικά κράτη. Ακόμη ένας ρύπος που εμφανίζεται στην Κύπρο σε σχετικά υψηλά επίπεδα είναι τα Αιωρούμενα Σωματίδια, τα οποία οφείλονται μεταξύ άλλων στις εκπομπές από τα οχήματα , τις κεντρικές θερμάνσεις , από διάφορες βιομηχανικές πηγές καθώς επίσης και στην αερομεταφερόμενη σκόνη από τις γεωργικές περιοχές και από την Σαχάρα, στην απαναιώρηση σκόνης, από τους δρόμους και

τις ακάλυπτες περιοχές των πόλεων κατά τις περιόδους της ξηρασίας καθώς και στα άλατα από τη θάλασσα (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, ΤΕΕ 2013).

## 2.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Με βάση τα αποτελέσματα που εξάγονται σχετικά με το μελλοντικό έργο στο άρθρο του Brimblecombe το 1990 εύκολα μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι έστω και μετά από μια εικοσαετία η έρευνα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον και άμεσης σημασίας, ιδιαίτερα σε μια χώρα όπως η Κύπρος που παρουσιάζει λόγω της γεωγραφικής της θέσης έντονη ατμοσφαιρική ρύπανση. Η έρευνα σε αυτό το τομέα βρίσκεται σε νηπιακό επίπεδο.

Ορισμένα από τα συμπεράσματα του Brimblecombe αναφέρουν τα πιο κάτω :

- Η παθητική δειγματοληψία για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα στα μουσεία φαίνεται πολλά υποσχόμενη.
- Οι ενώσεις που προκαλούν διάβρωση και τα όρια των εκπομπών ρύπων δεν είναι γνωστά.
- Οι ταχύτητες απόθεσης χημικών ρύπων στα διάφορα υλικά δεν είναι ακόμη γνωστές.
- Οι διάφοροι χημικοί μετασχηματισμοί, π.χ. οξείδωση της φορμαλδεΐδης και άλλες σημαντικές αντιδράσεις δεν έχουν διερευνηθεί.
- Λίγα είναι γνωστά για τα κρίσιμα επίπεδα ρύπανσης, τις αποδεκτές συγκεντρώσεις και τους μηχανισμούς φθοράς των αντικειμένων και τις επιτρεπτές τιμές για να καθοριστούν οι μηχανισμοί που προκαλούν φθορά σε μουσειακά αντικείμενα.

Είναι παράδοξο να δημιουργούνται μουσεία με σκοπό την προστασία και τη διαχείριση των μουσειακών αντικειμένων μεγάλης πολιτιστικής αξίας χωρίς να εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες για την διατήρησή τους. Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια από τη σημαντικότερη απειλή για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν υπό διαφορετικές συνθήκες ρύπανσης του περιβάλλοντος (αστικές περιοχές και αγροτικές περιοχές), απέδειξαν ότι η καταστροφή των διαφόρων υλικών είναι πιο αισθητή στις μολυσμένες περιοχές (Pavlogiorgatos G., 2003). Κατά τις τελευταίες δεκαετίες οι έρευνες για τις περιβαλλοντικές συνθήκες των μουσείων έχουν αυξηθεί σε όλο τον κόσμο. Επιμελητές, διευθυντές, διαχειριστές και το προσωπικό των μουσείων

προσπαθούν να ενημερωθούν σχετικά με τις μεθόδους της σύγχρονης προστασίας και τυχόν άλλες εξελίξεις στον τομέα αυτό. Επίσης δείχνουν έντονο ενδιαφέρον για να λάβουν και να εφαρμόσουν κάθε δυνατό μέτρο προκειμένου να προφυλάξουν τις συλλογές για τις οποίες είναι υπεύθυνοι (Pavlogeorgatos G., 2003).

Η ζημία από τη ρύπανση του αέρα σε έργα τέχνης και άλλων πολιτιστικών υλικών έχει αναδειχθεί σε ένα σημαντικό ζήτημα για τους συντηρητές έργων τέχνης. Περισσότερο από έναν αιώνα πριν, έργα ζωγραφικής στην Εθνική Πινακοθήκη Λονδίνου, ήταν καλυμμένα με γυαλί για προστασία έναντι φθοράς από τους αερομεταφερόμενους ρύπους διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και αιθάλης (Eastlake et al., 1850). Στη βιομηχανοποιημένη Αγγλία του 1800 το διοξείδιο του Άνθρακα και η αιθάλη ήταν πανταχού παρών, σήμερα οι ρύποι αυτοί παρουσιάζονται στο αστικό περιβάλλον παγκοσμίως. Σε παλαιότερες έρευνες άλλοι ρύποι που υπάρχουν στο εξωτερικό αέρα όπως το όζον, το διοξείδιο του αζώτου και το νιτρικό οξύ παρουσιάστηκαν και στο εσωτερικό περιβάλλον σε πολλά μουσεία (Thompson, 1978; Davies et al., 1984; Cass et al., 1988; Hisham και Grosjean, 1989; · Brimblecombe, 1990).

Στο άρθρο του Godoi et al., 2008, αναφέρεται ότι όσο αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση σε εσωτερικούς χώρους όπου φυλάσσονται ευάλωτα μουσειακά εκθέματα είναι σημαντικό να επικεντρωθεί σε ρύπους που έχουν μια πιθανή επίπτωση στη φθορά, όπως ορισμένα αέρια (π.χ., NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub>), αέρια σωματίδια (ΑΣ) συμπεριλαμβανομένου και του μαύρου άνθρακα (Kontozona D. et al., 2008). Πιο πρόσφατα, ορισμένα οργανικά οξέα όπως το οξικό και το μυρμηκικό οξύ, καθώς και ορισμένες πτητικές οργανικές ενώσεις, όπως το Βενζόλιο, το Τολουόλιο, το Αιθυλοβενζόλιο και το Ξυλόλιο, θεωρήθηκαν επίσης λόγος πρόκλησης σοβαρών ζημιών (Schieweck et al., 2005; Godoi et al., 2008). Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι ενώ το διοξείδιο του αζώτου και τα οξείδια του αζώτου δεν θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβή υλικά, στην πραγματικότητα όμως μπορούν όταν διεισδύσουν στα κτίρια, να μετασχηματιστούν σε νιτρικό οξύ και να καταλήξουν σε εσωτερικές επιφάνειες των μουσειακών αντικειμένων προκαλώντας σημαντική φθορά λόγω της οξύτητάς τους.

Πιστεύεται γενικά ότι ο πιο σημαντικός παράγοντας έλεγχος της ποιότητας του εσωτερικού αέρα είναι η διατήρηση ενός σταθερού επιπέδου υγρασίας και θερμοκρασίας. Πιστεύεται ότι η θερμοκρασία και η υγρασία είναι οι μόνοι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν μια σημαντική φθορά στα υλικά. Μια τέτοια άποψη είναι αναμφίβολα δικαιολογημένη. Τα εκθέματα μπορεί επίσης να καταστραφούν από χημικές διεργασίες λόγω ιδιαίτερα δραστικών



χημικών ουσιών, οι οποίες περιλαμβάνονται στους διάφορους ρύπους. Δεδομένου ότι οι ρύποι αυτοί παρουσιάζονται σε μικρές οι μεγάλες συγκεντρώσεις, ανάλογα με την περιοχή, στο εξωτερικό περιβάλλον, είναι πολύ σημαντικό να αποφεύγεται η διείσδυσή τους από τον εξωτερικό αέρα σε κτίρια που προορίζονται για προστασία, έκθεση ή ακόμη και αποθήκευση μουσειακών εκθεμάτων (Santis D.F. et al., 1992). Αναμφισβήτητα οι ακραίες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (RH) — και οι γρήγορες διακυμάνσεις τους — μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά από προβλήματα, όπως τη στρέβλωση, την πυρόλυση, το διαχωρισμό, τις χημικές αλλοιώσεις κτλ. (Padfield et al., 1994; Camuffo, 1998; Camuffo et al., 1999; Bernardi et al., 2000; Tabunschikov και Brodatch, 2004). Έχει αποδειχθεί ότι οι περιβαλλοντικοί παράμετροι θερμοκρασία και σχετική υγρασία είναι κρίσιμης σημασίας για την διατήρηση οργανικών υλικών (Capitelli F. Et al., 2009). Ορισμένα οργανικά αντικείμενα, όπως χαρτί και περγαμινή, όταν έρθουν σε επαφή με αυξημένη υγρασία, γίνονται εύθραυστα και οι ίνες τους σπάζουνε εύκολα (Pavlogeorgatos G., 2003). Σε αντίθεση, η υψηλή θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ευνοούν την ανάπτυξη μικροβίων με δραματικά αποτελέσματα προς τα μουσειακά εκθέματα. (Capitelli F. et al., 2009). Η κυμαινόμενη σχετική υγρασία μπορεί να προκαλέσει πρήξιμο και συρρίκνωση των οργανικών υλικών, που οδηγεί σε ανοίγματα και ραγίσματα επίπλων (Mecklenburg et al., 1998).

Επιπλέον, το φως είναι ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στην υποβάθμιση των έργων τέχνης και των εκθεμάτων. Λόγο της θέρμανσης προκαλείται ξεθώριασμα και παρατηρείται μια χημική επίθεση ελεύθερων ριζών (Padfield και Landi, 1996; Camuffo, 1998).

Πολύ πρόσφατα αναπτύχθηκε έντονο ενδιαφέρον για ακόμη ένα παράγοντα που σίγουρα θα ανησυχήσει την επιστημονική κοινότητα στο μέλλον, οι κλιματικές αλλαγές. Οι εσωτερικοί χώροι συχνά θεωρούνται πιο σταθεροί απ' ότι οι εξωτερικοί χώροι, αλλά συνήθως σε εσωτερικούς χώρους αποθηκεύονται πιο ευαίσθητα αντικείμενα και σίγουρα οι κλιματικές αλλαγές θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ασφάλεια των μουσειακών εκθεμάτων (Lankester και Brimblecombe, 2012). Ορισμένοι εξωτερικοί ρύποι παρουσιάζονται στο εσωτερικό των διάφορων κτιρίων συνήθως μέσω του εξαερισμού. Οι εσωτερικές πηγές ρύπανσης είναι πολλές και μπορούν να αποδοθούν σε διάφορους λόγους, όπως η θέρμανση δωματίου, το χώμα, η σκόνη από επισκέπτες, ο άνθρωπος, τα υλικά καθαρισμού, τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, τα έπιπλα κ.λπ. Ένα από τα κύρια προβλήματα που προκαλούνται από τα εσωτερικά αερολύματα είναι αυτό του λερώματος, δηλαδή, η σωματιδιακή εναπόθεση

τους σε επιφάνειες ή οι ζημιές από χημικά που είναι ανάλογες με τη χημική σύσταση της ποιότητας του αέρα. Η συνολική εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση εξαρτάται από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά, κυρίως, επηρεάζεται από το σχεδιασμό, τη χρήση και τη λειτουργία του κτιρίου.

Οι μύκητες και κατά συνέπεια η πρόληψη της μούχλας είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που παίζει πρωτεύοντα ρόλο για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Λόγω της τεράστιας ενζυματικής δραστηριότητας τους και την ικανότητά τους να πολλαπλασιάζονται οι μύκητες είναι σε θέση να κατοικήσουν και να προκαλέσουν αποσύνθεση διαφόρων υλικών π.χ σε έργα ζωγραφικής, χαρτί, δέρμα και σε άλλα υλικά με αποτέλεσμα την αισθητική αλλοίωσή τους. Η διάβρωση στα πετρόχιστα μνημεία αυξάνεται σημαντικά λόγω της παρουσίας μυκήτων.

Σε μουσειακούς χώρους, ο έλεγχος του κλίματος, ο τακτικός καθαρισμός και ο μικροβιολογικός έλεγχος είναι ουσιαστικά παράγοντες που βοηθούν προκειμένου να αποτραπεί η μυκητιακή μόλυνση. Επίσης η εκπαίδευση και στενή συνεργασία των ειδικών και των συντηρητών, είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη ειδικών μεθόδων για τη διατήρηση και τη θεραπεία των μολυσμένων αντικειμένων (Sterflinger K., 2010).

Το σημαντικό πρόβλημα που παρατηρείται στην Ευρώπη και στην Κύπρο είναι ότι τα κτίρια όπου στεγάζονται σήμερα πολλοί μουσειακοί χώροι κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια του δέκατου ένατου αιώνα και τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια δεν είναι κλιματιζόμενα ή δεν κατασκευάστηκαν για τη συγκεκριμένη χρήση. Το δεδομένο αυτό και η δομή των κτιρίων δημιουργούν τη εγκατάσταση κεντρικού συστήματος κλιματισμού κάτι ιδιαίτερα δύσκολο. Σίγουρα είναι επίσης χρήσιμο να εξετασθεί η αποτελεσματικότητα κάθε είδους κλιματισμού και συστήματος φιλτραρίσματος που είναι εγκατεστημένο, για τη προστασία των εκθεμάτων (Hackney S., 1984).

Για να είναι αποτελεσματικός ο κλιματισμός, πρέπει να παρέχεται σύστημα κλιματισμού με φίλτρα άνθρακα, έτσι ώστε να μπορεί να ελεγχθεί με μεγάλη επιτυχία ο κλιματισμός, μειώνοντας τα επίπεδα των διαφόρων ρύπων. Ωστόσο, η αλλαγή των φίλτρων του άνθρακα πρέπει να γίνεται τακτικά προκειμένου να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Σε περιοχές όπου δεν είναι δυνατό να εγκατασταθεί κλιματισμός με φίλτρα, π.χ. σε κουτιά αποθήκευσης, προθήκες κτλ. η χρήση υαλοπινάκων ή σφραγισμένα πλαίσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν

για την προστασία των επιμέρους μουσειακών εκθεμάτων από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Hackney S., 1981).

Το καλοκαίρι και το χειμώνα με βάση τα δεδομένα προηγούμενων ερευνών αποδεικνύεται ότι η εξωτερική διείσδυση των ρύπων στο εσωτερικό των κτιρίων είναι υψηλή, αυτό λόγω του ότι η μεταφορά ελεύθερου αέρα είναι πιο μεγάλη (μέσω ανοικτών παραθύρων κλπ.). Με βάση αυτό συμπεραίνουμε ότι το εσωτερικό επίπεδο της αέριας ρύπανσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις συναλλαγματικές ισοτιμίες του αέρα, καθώς και από τα επίπεδα συγκέντρωσης των υπαίθριων ρύπων. Το καλοκαίρι, όταν τα παράθυρα και οι πόρτες τείνουν να μένουν μόνιμα ανοικτές στους μουσειακούς χώρους κατά τη διάρκεια όλων των ωρών λειτουργίας, παρατηρούνται τα υψηλότερα ποσοστά αναλογίας εισόδου/εξόδου αέρα (Svendsen R. M., 2006).

Η γενική συμπεριφορά του αέρα και η ισοτιμία ανταλλαγής αέρα σε κλειστούς χώρους εξηγήθηκε από πολλούς ερευνητές, π.χ Padfield, Thomson, και Michalski, καθώς και Brimblecombe, οι οποίοι εξήγησαν τη συμπεριφορά της αέριας ρύπανσης σε περιορισμένη ποσότητα αέρα (Thomson G., 1977; Michalski S., 1994; Brimblecombe P., 1989). Αυτά τα τέσσερα έγγραφα είναι όλα συναφή με τη θεωρία σε περιπτώσεις μουσειακού περιβάλλοντος. Τα μοντέλα πρόβλεψης της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο, από τον απλό κανόνα "100,10,1" του Tétrault (ότι ο εξωτερικός ατμοσφαιρικός ρύπος θα είναι συνήθως παρόν ως 10% σε εσωτερικούς χώρους, καθώς και 1% σε προθήκες, σε σύγκριση με μια εξωτερική συγκέντρωση 100%), σε άλλα αρκετά λεπτομερή και πολύπλοκα μοντέλα..

Διαπιστώθηκε σε πολλές μελέτες πως τα παραδοσιακά κτίρια έχουν καλύτερες επιδόσεις τόσο όσον αφορά τη μείωση μεταφοράς εξωτερικών ρύπων από το περιβάλλον στους εσωτερικούς χώρους, καθώς και για τον έλεγχο του κλίματος εσωτερικά του χώρου του κτιρίου. Αναφέρεται ότι μουσεία που στεγάζονται σε παραδοσιακά κτίρια ωφελούνται από μια μακροχρόνια παράδοση και γνώση για την ορθή χρήση των δομικών υλικών, παράγοντας ο οποίος φυσικά οδηγεί στη σταθεροποίηση του κλίματος και μειώνει την απόδοση απόθεσης ρύπων στις επιφάνειες των εκθεμάτων. Αυτό το φαινόμενο δυστυχώς δεν παρουσιάζεται απαραίτητα σε σύγχρονα κτίρια, τα οποία συχνά είναι κατασκευασμένα από σχετικά αδρανή υλικά όπως το γυαλί, το μέταλλο, και πολυμερή και παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά ρύπανσης του εσωτερικού αέρα (Svendsen R. M., 2006).

### 2.3.1 Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος – Περιβαλλοντικοί παράμετροι

Με βάση την βιβλιογραφική ανασκόπηση η ποιότητα του αέρα στα μουσεία παίζει πάρα πολύ σημαντικό ρόλο και είναι ζωτικής σημασίας, καθώς καθορίζεται το επίπεδο προστασία των μουσειακών εκθεμάτων από διάφορους κινδύνους φθοράς. Το ιδανικό περιβάλλον για προστασία των διάφορων μουσειακών εκθεμάτων είναι να προστατεύονται σε χώρους όπου είναι κλιματολογικά σταθεροί, υπάρχει μόνο ελαφρά παραλλαγή στη θερμοκρασία και στη σχετική υγρασία (RH) και όπου η συγκέντρωση ρύπανσης του αέρα είναι επαρκώς χαμηλή.

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πλείστων μουσείων που τα καθιστούν πιο τρωτά για την εμφάνιση φτωχής ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος σε σύγκριση με άλλα κτίρια είναι τα εξής :

- Η ηλικία των κτιρίων παίζει σημαντικό ρόλο καθότι υπάρχουν μουσεία τα οποία έχουν ανεγερθεί με πολύ διαφορετικό κατασκευαστικό τρόπο από το σημερινό. Επομένως είναι αναμενόμενο πως στα παλαιά κτίρια θα υπάρχουν αυξημένοι κίνδυνοι για τα εκθέματα καθότι θα υπάρχουν ξεπερασμένα συστήματα αερισμού.
- Η έλλειψη οικονομικών πόρων για ανακαίνιση, συντήρηση και εκσυγχρονισμό των μουσείων. Πολλά μουσεία δε διαθέτουν επαρκείς οικονομικούς πόρους, ώστε να προβαίνουν σε ανακαίνιση ή ακόμη και συντήρηση των μηχανικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και του κλιματισμού που διαθέτουν. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία προβλημάτων όσον αφορά τα συστήματα εξαερισμού και αύξηση των ρυπογόνων ουσιών στην εσωτερική ποιότητα του αέρα.
- Η αλλαγή χρήσης των κτιρίων τα οποία δεν είχαν σχεδιαστεί αρχικά για τη χρησιμοποίησή τους ως μουσεία, δημιουργεί κακής ποιότητας συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος. Καθότι επικρατεί η δημιουργία ενδιάμεσων τοίχων και νέων διαμορφωμένων χώρων, που συνήθως δεν πληρούν τα απαραίτητα κριτήρια για την επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας του εσωτερικού αέρα.
- Ο μεγάλος αριθμός επισκεπτών που πιθανός να εισέρχονται ταυτόχρονα στα μουσειακά κτήρια. Συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της υπέρβασης του αριθμού των επισκεπτών σε ένα μουσείο με αποτέλεσμα ο αρχικός σχεδιασμός τους όσον

αφορά τον αερισμό να μην είναι επαρκής για να καλύπτει τις απαιτούμενες ανάγκες σε φρέσκο αέρα.

Για να λυθεί όμως ένα πιθανό σοβαρό πρόβλημα της ακατάλληλης ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον σε ένα μουσείο θα πρέπει να επιστρατευτούν ειδικοί που θα συντελέσουν στην αντιμετώπιση του προβλήματος ακολουθώντας μία σειρά από διάφορα στάδια (ΤΕΕ, 2013). Τα στάδια που πρέπει να ακολουθηθούν είναι τα εξής:

- Εντοπισμός πρώτα απ' όλα της πηγής που επηρεάζει την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον.
- Σχεδιασμός λύσεων για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος.
- Επιλογή της ορθότερης και αποδοτικότερης λύσης.
- Εφαρμογή λύσης.
- Έλεγχος λειτουργίας.
- Διατήρηση της λύσης.

Η προστασία της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στα μουσειακά κτίρια απαιτεί αυξημένα χρηματικά ποσά και αρκετή συνεχή προσπάθεια. Είναι όμως σημαντικό να υπάρχει ένα καθαρό και υγιή εσωτερικό περιβάλλον και ειδικότερα σε μουσεία όπου φυλάσσονται αντικείμενα σημαντικής πολιτιστικής και ιστορικής αξίας.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω εφαρμογής αυστηρών μέτρων και συχνών ελέγχων, η ποιότητα στο εξωτερικό περιβάλλον ως έχει βελτιωθεί, δυστυχώς αυτό δεν ισχύει και για την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον (Λαζαρίδης, 2006). Σύμφωνα με υπολογισμούς της USEPA, (Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών) το εσωτερικό περιβάλλον μπορεί να είναι ακόμα και δέκα φορές πιο ρυπασμένο σε σχέση με το εξωτερικό .

Η ποιότητα του αέρα στους εσωτερικούς χώρους καθορίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων όπως :

- Η ποιότητα του εξωτερικού αέρα. Η ποιότητα του αέρα σε έναν εσωτερικό χώρο μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τις μεταβολές στη σύσταση του εξωτερικού αέρα και με ρυθμό ανταπόκρισης που εξαρτάται από την διαπερατότητα της δομής του κτιρίου, τη φύση των ρύπων κλπ.
- Ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα του εσωτερικού χώρου με το περιβάλλον.
- Η εσωτερική παραγωγή ρύπων. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα καθορίζεται κυρίως από τη συγκέντρωση ρύπων και από τις θερμικές συνθήκες στο χώρο.
- Η εσωτερική θερμοκρασία και η συγκέντρωση της σχετικής υγρασίας.
- Ο θόρυβος, οι οσμές ή η ύπαρξη εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

### **2.3.2 Ο ρόλος του αερισμού στην ποιότητα του αέρα**

Λόγω του ότι ο κύριος ρόλος του εξαερισμού είναι να βελτιώνει το εσωτερικό κλίμα του κτιρίου, δηλαδή έχει ως στόχο την επίτευξη υψηλής ποιότητας εσωτερικού αέρα, μέσω της αραίωσης και της απομάκρυνσης των ρυπαντών, η λειτουργία ενός συστήματος εξαερισμού σε ένα κτίριο είναι πολύ σημαντική. Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα του αέρα στο χώρο είναι η φυσική ροή του αέρα και η πορεία του διαμέσου του τελευταίου.

Ο φυσικός και ο μηχανικός εξαερισμός είναι οι δυο διαφορετικές μορφές εξαερισμού (Λαζαρίδης, 2006). Ο αέρας που εισάγεται μέσω των αρμών των ανοιγμάτων της οικοδόμησης (διήθηση) αποτελεί το φυσικός αερισμός, και ο άμεσος και εκτεταμένος εξαερισμός λόγω των ανοικτών παραθύρων και άλλων σχεδιασμένων σημείων εισόδων και εξόδων (παθητικός εξαερισμός) για να εισάγουν τον φρέσκο αέρα στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Συνεπώς, είναι η ελεύθερη κίνηση του αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου προς το περιβάλλον και αντίστροφα που δημιουργείται λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ των σημείων που μπορεί να οφείλεται, είτε στη διαφορά θερμοκρασίας είτε στα ρεύματα του αέρα είναι ο φυσικός αέρας. Ο φυσικός αερισμός είναι κατάλληλος για τα περισσότερα κτίρια σε

περιοχές με ήπιο κλίμα και μακριά από τα αστικά κέντρα κάτι που δυστυχώς δεν μπορεί να εφαρμοστεί στους μουσειακούς χώρους (Λαζαρίδης, 2006) .

Στην περίπτωση του μηχανικού εξαερισμού απαιτεί τη χρήση κάποιας συσκευής ή μηχανολογικής εγκατάστασης, για να εισάγει το φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό και να αποβάλλει τον πολυδιατηρημένο αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου στο εξωτερικό περιβάλλον (Σανταμούρης, 2000).Ο μηχανικός εξαερισμός κάτω υπό τις κατάλληλες προϋποθέσεις είναι ο πλέον προτεινόμενος για μουσειακούς χώρους.

Οι πλείστοι μουσειακοί χώροι, λόγω του ότι κατασκευάστηκαν σε παλαιότερες εποχές, σχεδιαστήκαν με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να χρησιμοποιηθεί ο φυσικός εξαερισμός, αν και στην πραγματικότητα πλέον χρησιμοποιούν το μηχανικό εξαερισμό. Ανάλογα με τις απαιτήσεις σε εσωτερικό αέρα, το μέγεθος του χώρου, το πλήθος των ατόμων και της δραστηριότητας που επιτελείται σε αυτόν, χρειάζεται και ο ανάλογος ρυθμός εναλλαγής του αέρα (ASHRAE, 1989 & 2000; Σανταμούρης, 2000).

Η ρύπανση των εσωτερικών χώρων είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει ιδιαίτερα σε κτίρια που δεν αερίζονται σωστά, είτε έχει περιορισθεί ο φυσικός εξαερισμός, με στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, είτε γιατί χρησιμοποιούνται συστήματα που ανακυκλώνουν τον αέρα ή μέσα θέρμανσης που δεν εξαερίζονται.. Η συγκέντρωση ρύπων στον εσωτερικό αέρα αυξάνεται όσο πιο στεγανά και θερμικά κλειστά είναι τα κτίρια. (Σανταμούρης, 2000).

Τα φυσικά αεριζόμενα κτίρια παρέχουν καλύτερες συνθήκες ποιότητας του αέρα σε σχέση με τα κτίρια με κεντρικά συστήματα κλιματισμού. Αυτό, στην ουσία οφείλεται στο γεγονός ότι τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού είναι θορυβώδη, απαιτούν συντήρηση και καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Ένα όμως ακόμη σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την αύξηση της συγκέντρωσης εσωτερικών ρύπων και συνεπώς για την κακή ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου με επακόλουθο τη δημιουργία προβλημάτων στην υγεία των χρηστών.

Η Τεχνική Οδηγία 2323/86 του ΤΕΕ (Τεχνολογικό Επιμελητήριο Ελλάδος), αναφέρει τρία κριτήρια για την εκτίμηση του ρυθμού ανανέωσης του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, το

μέγεθος του χώρου, τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται μέσα σε αυτό και φυσικά την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (TEE, 1986).

### **2.3.3 Κατηγορίες ρύπων - αρνητικών παραγόντων και πηγές ρύπων σε μουσειακούς χώρους**

Ιδανικά, ένας μουσειακός χώρος για προστασία αντικειμένων με μεγάλη πολιτιστική και ιστορική αξία, θεωρείται ως απαλλαγμένος από εσωτερικές πηγές ρύπων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση έρχεται κατά κύριο λόγο από το εξωτερικό και μεταφέρεται προς τα μέσα κατά την ανταλλαγή εσωτερικού και εξωτερικού αέρα μέσα από τις ρωγμές στους τοίχους ή άλλες σχισμές στο κτίριο, ανοιγμένων παραθύρων, πόρτες και σίγουρα από τα συστήματα εξαερισμού. Η μεταφορά ανεπιθύμητων ρυπογόνων ενώσεων μπορεί να επέλθει επίσης από τους τουρίστες ή από το προσωπικό του μουσείου.

Οι πρωτογενείς ρύποι είναι αυτοί που εκπέμπονται άμεσα στην ατμόσφαιρα από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές, ενώ οι δευτερογενείς ρύποι είναι αυτοί που σχηματίζονται από τους χημικούς και φυσικούς μετασχηματισμούς των ατμοσφαιρικών αερίων. Οι κύριες φυσικές πηγές των πρωτογενών ρύπων είναι οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι δασικές πυρκαγιές, οι βιολογικές πηγές (γύρη και τα βακτηρίδια), η διασπορά χόματος και τα σταγονίδια θαλασσινού νερού. Στις ανθρωπογενείς πηγές ρύπων περιλαμβάνονται οι βιομηχανίες, οι μεταφορές, η γεωργία και η φυτοκομία (Krupičská B., 2013). Η τροποποίηση των παλαιών κτιρίων με την εγκατάσταση απλών καλοριφέρ μπορεί επίσης να οδηγήσει στην απελευθέρωση ρύπων στον εσωτερικό αέρα. Μηχανές γραφείου, όπως φωτοτυπικά, είναι επίσης υπεύθυνες για την παραγωγή ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων. Προβλήματα τα οποία συνδέονται με την παραγωγή αερίων από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και τοποθέτηση διαφόρων κατασκευών μπορούν να εμφανιστούν σε πολλούς μουσειακούς χώρους (Brimblecombe, 1990). Ανάλογα με την πηγή τους, οι ρύποι ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες (Aparicio L. S., 2011) :

- στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ρύποι που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον, και διεισδύουν στο περιβάλλον των εσωτερικών χώρων.
- και στη δεύτερη οι ρύποι που παράγονται κυρίως στο εσωτερικό των κτιρίων.



Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να ταξινομηθούν σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς , πίνακας 2.1.

**Πίνακας 2.1:** Ταξινόμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα.

<b>ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ</b>	
Φυσικοί	Θερμοκρασία ( 10 -16°C)
	Σχετική Υγρασία ( 20 – 70 %)
	Αερισμός ( περίπου 8 l/s κατά άτομο, απουσία καπνιστών)
	Φωτισμός
	Θόρυβος (<70-80dB) και δονήσεις
	Σκόνη
Χημικοί	Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου, υαλονήματα)
	Βαρέα μέταλλα τοξικά στοιχεία ( Pd, Cd, As, Hg, κα)
	Ιόντα
	Πτητικές Οργανικές ενώσεις
	Ανόργανες αέριες ενώσεις (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , Rn, κ.α.)
Βιολογικοί	Μικροοργανισμοί ( ιοί, βακτήρια, μύκητες, κ.α)
	Αλλεργιογόνα ( γύρη, έντομα, ζώα, κ.α.)

Στο άρθρο του Brimblecombe P., που αποτελεί μια βιβλιογραφική αναφορά στηριζόμενη σε προηγούμενες μελέτες, δημοσιεύτηκε το 1990, γίνεται μια αναφορά στους εσωτερικούς ρύπους που παρατηρούνται στα μουσεία, τις πιθανές φθορές που μπορούν να προκαλέσουν σε διάφορα υλικά και τις πηγές που προέρχονται αυτοί οι ρύποι, πίνακας 2.2 .

**Πίνακας 2.2:** Σημαντικού αέριοι ρύποι που παρουσιάζονται σε μουσειακά αντικείμενα τα οποία φυλάγονται σε διάφορους μουσειακούς χώρους ( Brimblecombe P, 1990).

Ρύπος	Επακόλουθο	Εσωτερική Πηγή Μόλυνσης
SO <sub>2</sub>	Αμαυρώσει μέταλων (Pope et al. ,1968), ζημιές σε χρώματα και βαφές. Καταστροφή στο χαρτί (Shahani and Wilson ,1987). Μειώνει την αντοχή των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (Zeronian et al. (1970, 1971, 1973); Spedding and Rowlands,1971). Καταστροφή φωτογραφικού υλικού (Swan, 1981).	Κεντρική θέρμανση (Leaderer, 1982)
H <sub>2</sub> S	Αμαύρωση μετάλλων (Pope et al.,1968; ). Ζημιές σε βαφές. Φθορά σε φωτογραφικά υλικά (Swan, 1981).	Από την γήρανση του χρώματος και του καουτσούκ ( Plenderleith and Werner, 1971; Werner, 1972). Ανθρώπους ( Wang ,1975).
NO <sub>2</sub>	Ξεθώριασμα σε κλωστοϋφαντουργικές βαφές . Μειώνει την ανθεκτικότητα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (Morris et al., 1964). Ζημιές στο φωτογραφικό φιλμ	Χώρου θέρμανσης, το μαγείρεμα και από την αποσύνθεση των επιστρώσεων κυτταρίνης
O <sub>3</sub>	Ρωγμές καουτσούκ . Ξεθώριασμα σε βαφές (Giles, 1965; Grosjean et al., 1987; Shaver et al., 1983). Φθορά σε φωτογραφικά υλικά (Swan, 1981). Ζημιές σε βιβλία (Shahani and Wilson, 1987).	Ηλεκτρικές μηχανές και φωτοτυπικά μηχανήματα
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Αποχρωματισμός φωτογραφικών εκτυπώσεων (Feldman, 1981).	Χρώματα με βάση το λάδι ( Feldman, 1981)
HCHO	Φθορά σε φωτογραφίες, μέταλλα και μεταλλικά αντικείμενα ( Weyde , 1972)	Αφροί, κόλλες, χαρτόνι.
Οργανικά Οξέα	Ζημιές στα μέταλλα, π.χ. μόλυβδο( Padfield et al.,1982; Donovan and Stringer, 1969; FitzHugh and Gettens, 1971). Βλάπτει τα βράχια και τα κοχύλια ( Taboury, 1931; Byne, 1899)	Από το ξύλο, την κόλλα και το βερνίκι (ως επί το πλείστον εκπέμπουν HCOOH, CH <sub>3</sub> COOH) .

Όργανο Σουλφοϊδή. Διαιθυλαμινοεθανόλη. Αμμωνία	Διάβρωση μετάλλων ( Graedel et al., 1981, 1983). Φθορά στο βερνίκι (Volent and Baer, 1985)	Σκόνη (Adams et al.,1981). Υλικά Καθαρισμού ( Volent and Baer, 1985).
Αλκάλια	Ζημιές σε πίνακες (Toishi and Kenjo,1967, 1975)	Ξηρό σκυρόδεμα ( Toishi and Kenjo, 1967, 1975).
Σουλφίδια Αμμωνίας	Φθορά στο βερνίκι	Ξηρό σκυρόδεμα ( Toishi and Kenjo, 1967, 1975).
Αέρια Στερεά Σωματίδια	Φθορά σε πίνακες ζωγραφικής, τοιχογραφίες, χαρτί, στο κερί, βλάπτει μαγνητικές καταγραφές, φθορά στο χρώμα.	Ξηρό σκυρόδεμα ( Toishi and Kenjo, 1967, 1975).

Με βάση τον οδηγό Ποιότητας Αέρα Εσωτερικού Χώρου, που εκδόθηκε πρόσφατα από το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας Κύπρου, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.3 οι εσωτερικοί ρυπογόνοι παράγοντες και δυνητικές πηγές τους.

**Πίνακας 2.3:** Εσωτερικοί ρυπογόνοι παράγοντες και οι δυνητικές πηγές τους (Τ.Ε.Ε, 2013)

A/A	Ρυπογόνος Παράγοντας	Πηγή
1	Αμίαντος	Ορισμένα παλαιά υλικά για πυροπροστασία ή θερμομόνωση, φρεάτια εξαερισμού και αγωγοί, λέβητες
2	Αμμωνία (NH <sub>3</sub> )	Ειδικά φωτοτυπικά μηχανήματα, χημικά καθαρισμού, απορρυπαντικά
3	Βενζόλιο, τολουόλιο, διαλύτες με βάση το πετρέλαιο	Γόμα για καουτσούκ, φωτοτυπικό μελάνι, διαλύτες καθαρισμού για γόμες, ορισμένες βαφές και επιχρίσματα
4	Διεθανολαμίνη (Diethylethanolamine)	Πρόσθετο νερού που χρησιμοποιείται σε λέβητες ατμού
5	Μεθυλική αλκοόλη	Διαλύτης για φωτοαντιγραφικές μηχανές
6	Τριχλωροαιθυλένιο	Ορισμένα διορθωτικά υγρά, μελάνια, κόλλες, καθαριστικά χημικά
7	Ατμοί βενζίνης	Εξατμίσεις αυτοκινήτων

8	Ιοί, βακτήρια, μύκητες	Συστήματα εξαερισμού και ύγρανσης, πύργοι ψύξης, αγωγοί εξαερισμού, δοχεία συλλογής νερού (από συμπύκνωση), χαλιά και έπιπλα με βλάβη που προκλήθηκε από νερό), υγρασία στα παράθυρα, συνάδελφοι εργοδοτούμενοι που έχουν μολυνθεί
9	Φυτοφάρμακα και βιοκτόνα	Ψεκασμοί φυτών, εντόμων και καταπολέμηση τρωκτικών
10	Φορμαλδεΰδη	Εκπομπές από έπιπλα, ρητίνες στις μοριοσανίδες, ξύλα από πολυστρώσεις (laminated)
11	Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)	Δομικά Υλικά - κόντρα πλακέ, ρητίνες, κόλλες, στεγανοποιητικές ενώσεις, νέα έπιπλα, χαλιά, βαφές με βάση το πετρέλαιο
12	Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )	Εξωτερικές πηγές, όπως καύση ορυκτών καυσίμων
13	Όζον (O <sub>3</sub> )	Ηλεκτροστατικοί καθαριστές αέρα, φωτοτυπικές μηχανές, γεννήτριες όζοντος.
14	Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	Το Διοξείδιο του Άνθρακα εκλύεται κατά την εκπνοή καθώς και κατά την καύση από καυστήρες, τζάκια, λέβητες και οχήματα.
15	Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Το Μονοξείδιο του Άνθρακα είναι προϊόν ατελούς καύσης και εκλύεται από εξατμίσεις οχημάτων, τα τζάκια, τις θερμάστρες (υγραερίου και πετρελαίου) καθώς και από αναμμένα καπνικά προϊόντα.

Στη συνέχεια αναλύονται μόνο οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους και μπορούν να προκαλέσουν φθορά στα μουσειακά εκθέματα. Με βάση τη σχετική βιβλιογραφία οι σημαντικότεροι παράγοντες που εμφανίζονται στον εσωτερικό χώρο των μουσείων είναι οι εξής:

- Η φορμαλδεΰδη

Η φορμαλδεΰδη είναι μια πτητική οργανική ένωση που χρησιμοποιείται ευρέως ως μονωτικό υλικό, κόλλα και προστατευτικό για ξύλινα υλικά. Πολλά οικοδομικά υλικά, ειδικά τα νέα υλικά, είναι πιθανόν να εκπέμπουν φορμαλδεΰδη σε αέρια μορφή. Τέτοια υλικά είναι τα χαλιά, τα έπιπλα, οι γόμες και οι κόλλες. Το εύρος εκπομπής της εξαρτάται από τη θερμοκρασία του υλικού, την παλαιότητα του, από τον τρόπο που το υλικό έχει καλυφθεί και από άλλους παράγοντες. Η συγκέντρωση φορμαλδεΰδης στο χώρο αλλάζει με την εποχή και τα υλικά κατασκευής. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης η συγκέντρωση φορμαλδεΰδης στα

κτίρια αυξάνει μια και η θερμοκρασία δεν έχει αυξηθεί αρκετά έτσι ώστε να ανοιχθούν τα παράθυρα. Όταν ο εξαερισμός του χώρου αυξάνεται η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης μειώνεται αρκετά (TEE, 2013).

- Η υγρασία

Η υγρασία θεωρείται μια από τις τρεις μεγάλες κατηγορίες παραγόντων που συμβάλλουν στην υποβάθμιση εκθεμάτων. Από τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος μπορούν να προέλθουν:

- αλλαγές στο μέγεθος και το σχήμα των εκθεμάτων
- αλλαγές στο ρυθμό φθοράς λόγω αύξησης των χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στις επιφάνειες των εκθεμάτων και
- αλλαγές στις βιολογικές πηγές που προκαλούν φθορά στα εκθέματα.

Υλικά όπως το ξύλο, τα οστά, το ελεφαντόδοντο, η περγαμινή, το δέρμα, υφάσματα, καλαθοπλεκτικά προϊόντα, άχυρο και διάφορα είδη κόλλας, που απορροφούν υγρασία, αυξάνονται όταν αυξάνεται η σχετική υγρασία και συρρικνώνονται όταν πέφτει. (Pavlogeorgatos G., 2003).

- Το όζον

Πιθανές πηγές εκπομπής όζοντος εντός των κτηρίων είναι οι φωτοτυπικές μηχανές, οι γεννήτριες, ο ελαττωματικός ή ελλιπώς συντηρημένος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αέρα. (Aparicio L. S., 2011) Το όζον ( $O_3$ ) είναι ένα ισχυρό οξειδωτικό που μπορεί να οδηγήσει σε εσωτερικές χημικές αντιδράσεις με οργανικές ενώσεις. Η συγκέντρωσή του σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να είναι πολλή υψηλότερη από ό, τι σε εξωτερικούς χώρους και μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό αλδεύδων, υπεροξειδίου του υδρογόνου, οξικού και μυρμηκικού οξέως (Weschler CJ & Shields HC, 1999; Fan Z et al., 2003; Wainman T et al., 2000).

Το Όζον σε αντίθεση με τους περισσότερους ρύπους, δεν υπάρχει καμία άμεση πηγή εκπομπών άλλα είναι δευτερεύον ρύπος. Είναι ικανό να προκαλέσει φθορά σε μια ποικιλία από ευαίσθητα υλικά, ειδικά μέσω χημικών αντιδράσεων με ακόρεστα οργανικές ενώσεις (Whitmore P.M. ,1987.1998). Έρευνες από το Whitmore et al. έδειξαν ότι το όζον μπορεί να προκαλέσει αλλαγή χρώματος και να εξασθενίσει χρωστικές ουσίες (Giles G.H.,1965; Swan A.,1981; Salmon L.G. et al.,2000). Επιπλέον, προκαλεί βλάβη σε φωτογραφικό υλικό και σε χαρτί και μειώνει την αντοχή του λαστίχου (Shahani C.J. and Wilson W.K., 1987; Newton R.G.,1945).

- Τα αιωρούμενα σωματίδια

Η σωματιδιακή ύλη στην ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μίγμα στερεών σωματιδίων και σταγόνων. Τα σωματίδια ποικίλλουν τόσο στη συγκέντρωση όσο και στα φυσικά, χημικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τα σωματίδια είναι δυνατόν να αποτελούν προϊόντα καύσης, αιώρησης εδαφικού υλικού ή μπορούν να παραχθούν μέσω δευτερογενών χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα . Η σημαντικότερη πηγή αιωρούμενων σωματιδίων στους εσωτερικούς χώρους αποτελεί το εξωτερικό περιβάλλον μέσω της εναλλαγής του αέρα καθώς και οι εκτυπωτικές μηχανές. Οι εσωτερικές πηγές περιλαμβάνουν σκόνη από ελλιπή καθαριότητα, αναποτελεσματικές ηλεκτρικές σκούπες, οικοδομικά υλικά, σπόρους μυκήτων, καπνό, μονώσεις αγωγών, αμίαντο, ίνες χαλιών κα ίνες χόρτου. Οι εξωτερικές πηγές περιλαμβάνουν αέριους αστικούς ρύπους, κατασκευαστική δραστηριότητα, εκπομπές από μηχανοκίνητα οχήματα, εκπομπές εργοστασίων και εκπομπές από φωτιές και επικίνδυνα περιστατικά.

Ένα από τα πιο κοινά αποτελέσματα είναι η απώλεια των αποχρώσεων , της πυκνότητα και της αλλαγής του χρώματος. Περαιτέρω ζημία είναι δυνατό να προκληθεί, όταν τα σωματίδια υγραίνονται, παράγοντας που τα καθιστά ευκολότερο να αντιδρούν με άλλες χημικές ενώσεις (SO<sub>2</sub> και NO<sub>2</sub>) ή με άλλα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή.

- Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs)

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις στους εσωτερικούς χώρους προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και εκπομπές από τα υλικά του κτιρίου. Επίσης οι ενώσεις αυτές μπορούν να προέλθουν από το εξωτερικό χώρο με διείσδυση στο εσωτερικό

Οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις εκλύονται από διαλύτες που βρίσκονται σε βαφές, επιχρίσματα, αποχρωστικά βαφών, δοχεία διαλυτών, αραιωτικά βαφών, υλικά στοκαρίσματος, χαλιά, κόλλες, φωτοτυπικά μηχανήματα, πλακίδια οροφής ή τοίχων, αποσμητικά χώρου, καθαριστικά, οργανικούς διαλύτες, μαλακτικά υφασμάτων και από τον καπνό τσιγάρου (ΤΕΕ, 2013). Τα οικοδομικά υλικά, που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του Μουσείου, τα διάφορα περιβλήματα ( γραφεία, συρτάρια, ράφια κλπ.) αποτελούν την πηγή αυτών των οργανικών ρύπων. Ειδικότερα το οξικό οξύ είναι γνωστό ότι εκπέμπεται από όλα τα φυσικά ξύλα (Gibson L.T., 2010).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω λόγω διαφόρων χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα, το Θεικό Οξύ ( $H_2SO_4$ ) και το Νιτρικό οξύ ( $HNO_3$ ) μπορούν να σχηματιστούν με αποτέλεσμα να προκαλέσουν αποχρωματισμό, ζημιές σε χαρτί και σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και επιτάχυνση της διάβρωσης των μετάλλων (Pavlogeorgatos G., 2003; Brandt, Eldi V. R., 1995). Η αιθάλη δεν αποτελεί πρόβλημα μόνο επειδή ρυπαίνει τα μουσειακά αντικείμενα αλλά είναι επίσης ένα μέσο για την απορρόφηση Διοξειδίου του Θείου  $SO_2$  (Baer, P.N., 1985; Chughtai et al., 1998). Όταν τα μόρια της αιθάλης έρχονται σε επαφή με ασβεστόλιθο ( $CaCO_3$ ), σχηματίζεται γύψος ( $CaSO_4$ ). Ο γύψος είναι πιο πορώδης από το ασβεστόλιθο, άρα σωματίδια μπορούν να εγκατασταθούν εύκολα σε αυτούς τους πόρους, προκαλώντας σχηματισμό μαύρης κρούστας. Το μαύρισμα του ασβεστόλιθου είναι αισθητό μόνο σε χώρους που είναι προστατευμένοι από τη βροχή. Επιπλέον, είναι ευρέως γνωστό ότι μυρμηκικό και οξικό οξύ μπορεί να προκαλέσει διάβρωση σε κράματα που περιέχουν μόλυβδο και σε άλλα μέταλλα, ασβεστολιθικά υλικά (πέτρες, κεραμικά) και μείωση του βαθμού πολυμερισμού της κυτταρίνης σε χαρτί (Ryhl-Svendsen M., Glastrup J., 2002; Hatchfield P.B., J.M. Carpenter, 1986; López-Aparicio S. et. al., 2011)

- Οξειδία του Αζώτου ( $NO_x$ )

Τα οξειδία του αζώτου συνήθως ευρίσκονται στις εξατμίσεις των κινητήρων καθώς και σε εκπομπές συσκευών καύσης όπως φούρνους αερίων, λέβητες, ηλεκτρογεννήτριες που λειτουργούν με πετρέλαιο για έκτακτες περιπτώσεις κ.ά. (ΤΕΕ, 2013). Υπάρχουν τόσο οι ανθρωπογενείς όσο και φυσικές πηγές Διοξειδίου του Αζώτου ( $NO_2$ ).

Το διοξείδιο του Αζώτου είναι ένα τοξικό, κοκκινωπό καφέ αέριο και είναι παρόμοιο με το Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>), όσον αφορά τις ζημιές που μπορεί να προκαλέσει στα εκθέματα. Σε υγρό αέρα, οξειδώνεται σε πτητικό νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>). Αυτό το οξύ μπορεί στη συνέχεια να προκαλέσει ξεθώριασμα υφασμάτων, διάβρωση των μετάλλων, ζημιές σε φωτογραφικό φιλμ και να αποδυναμώσει υφαντικές ίνες (Pavlogeorgatos G., 2003 ; M.A. Morris, 1964).

- Φωτισμός

Είναι γνωστό ότι υποβάθμιση διαφόρων υλικών απαιτεί ενέργεια και το φως είναι η πιο ισχυρή πηγή ενέργειας στα μουσεία. Έτσι, ο τεχνητός και ο φυσικός φωτισμός σε μουσεία μπορεί ( Michalski S, 1990; Lee SB et. al., 1989; Weintraub S., 1990; Rea MS, 1999; Cuttle C., 1996; IESNA., 1996).

- να επιταχύνει την επιδείνωση και τη φθορά για διάφορα υλικά, επειδή δρα ως καταλύτης για την οξείδωσή τους
- να συμβάλλει και να αυξήσει το επίπεδο ευθραυστότητα της κυτταρίνης (ξύλο, χαρτί)
- να αποχρωματίσει, ξεθωριάσει ή να μαυρίσει το χαρτί
- να προκαλέσει ξεθώριασμα ή/και να μεταβάλλει τα χρώματα και τα υλικά διαφόρων έργων τέχνης
- να προκαλέσει σημαντική διάβρωση σε κάθε μορφής φυσικό ύφασμα
- να επιδεινώσει εκθέματα σε μουσεία φυσικής ιστορίας και
- να αυξήσει τη θερμοκρασία της επιφάνειας των εκθεμάτων.

Ωστόσο παρουσιάζονται ορισμένα υλικά — όπως πέτρες, μέταλλα, γυαλί και κεραμικά — που δεν επηρεάζονται από το φως άμεσα .

Ο φωτισμός των αντικειμένων μπορεί να προκαλέσει μέχρι και την ξήρανση των εκθεμάτων, ακόμα κι αν ελέγχεται και η υγρασία του περιβάλλοντος παραμένει σταθερή (Thomson G., 1986).



- Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία σε μουσειακού χώρους είναι ο τρίτος σημαντικός παράγοντας φθοράς, αμέσως μετά την υγρασία και τη ρύπανση. Η αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό των μουσείων μπορεί να προκαλέσει μια ποικιλία άλλων αντιδράσεων όπως (Thomson G., 1986; Bachmann K., 1992; Appelbaum B., 1991) :

- Την επιτάχυνση των χημικών διαδικασιών φθοράς των υλικών. Για παράδειγμα, όταν η θερμοκρασία αυξάνεται από 15°C σε 20°C, μπορεί να επιταχύνει το ποσοστό διάβρωσης της κυτταρίνης σε περίπου 250%.
- Συνήθως, αύξηση θερμοκρασίας κατά 5°C να οδηγήσει στην επιτάχυνση ορισμένων φυσικών διαδικασιών, όπως η κυκλοφορία του νερού και του αέρα .
- Την διαστολή διαφόρων εκθεμάτων.
- Την μερική αποξήρανση των εκθεμάτων (κατασκευασμένα από ξύλο, χαρτί, δέρμα και άλλα), μπορεί να τα κάνει πιο εύθραυστα, ειδικά, εάν η υγρασία δεν διατηρείται σταθερή.

### 2.3.4 Σύνδρομο Άρρωστου κτιρίου

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί , και θα συνεχίσει να είναι, ο κύριος παράγοντας που συνέβαλε στην αύξηση των χρόνιων παθήσεων και της θνησιμότητας, κάτι που σίγουρα επηρεάζει τη δημόσια υγεία. Χρόνιες ασθένειες περιλαμβανομένων: χρόνια αποφρακτικών πνευμονικών ασθενειών (ΧΑΠ), καρδιαγγειακών παθήσεων (CVD), άσθμα, και του καρκίνου παρουσίασαν δραματική αύξηση λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η εσωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα σημαντικό θέμα στη σύγχρονη εποχή. Οι δυτικές χώρες περνούν περίπου το 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους, έτσι η έκθεση στον εσωτερικό αέρα έχει σημαντικό αντίκτυπο για την συνολική πρόσληψη των δυνητικά επικίνδυνων ατμοσφαιρικών ρύπων. Η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει την ανθεκτικότητα των υλικών, και έχει συνδεθεί με την επαγωγή ή την επιδείνωση του άσθματος και των αλλεργικών καταστάσεων, καθώς και με την κόπωση, τον πονοκέφαλο, το βήχα και το ερεθισμό στη μύτη, στα μάτια, στο λαιμό ή τον ερεθισμό του δέρματος (Aparicio S. et al., 2011). «Εσωτερική ρύπανση» θεωρείται η κακή ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων.

Ο όρος Σύνδρομο Άρρωστων Κτιρίων – Sick Building Syndrome (SBS), αναφέρεται στις καταστάσεις στις οποίες οι κάτοικοι των κτιρίων βιώνουν ανεξήγητα προβλήματα υγείας ή και ταλαιπωρίας που συνδέονται με τον χρόνο που ξοδεύουν σε ένα κτίριο. Οι καταγγελίες μπορούν να εντοπιστούν σε ένα μόνο δωμάτιο ή σε μια ζώνη ή μπορούν να είναι διεσπαρμένες σε όλο το κτίριο (Norhidayaha A. et al., 2013). Ως άρρωστα κτίρια, μπορεί να χαρακτηριστούν τα κτίρια που προορίζονται για να στεγάσουν υπηρεσίες ή κατοικίες και τα οποία παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης». Όταν τουλάχιστον το 50% των ενοίκων, παρουσιάσουν συγκεκριμένα προβλήματα υγείας τα οποία χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες ενοχλήσεις οι οποίες αποδίδονται αποκλειστικά και μόνο στην εσωτερική ρύπανση του αέρα του κτιρίου, τότε οι ένοικοι πάσχουν από το «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου». Σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, εκτιμάται ότι στο 30% περίπου των νέων και των ανακαινιζόμενων κτιρίων, είναι δυνατόν τα άτομα που ζουν εκεί, να εμφανίζουν προβλήματα υγείας, λόγω κακής εσωτερικής ποιότητας της ατμόσφαιρας. (Αργυροπούλου Ε. και Καζαντίδου Ζ., n.d)

Ο όρος Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο – Building Related Illness (BRI), χρησιμοποιείται όταν προσδιορίζονται τα συμπτώματα ασθένειας που μπορεί να διαγνωσθεί και μπορεί να αποδοθεί άμεσα στους αερομεταφερόμενους μολυσματικούς παράγοντες του κτιρίου.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) τα άτομα τα οποία περνούν πολλές ώρες μέσα σε στεγανά κτίρια και βιώνουν το σύνδρομο των άρρωστων κτηρίων κοστίζουν στην κοινωνία περισσότερο από ότι αυτή κερδίζει από τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Με βάση τα προαναφερθέντα είναι αναμφισβήτητο ότι η κακή ποιότητα του εσωτερικού αέρα επηρεάζει αρνητικά την ανθρώπινη υγεία και αποτελεί την αιτία των αρρώστων κτιρίων, όπως έχουν ονομασθεί τα κτίρια των οποίων οι ένοικοι παρουσιάζουν ανεξήγητα συμπτώματα όπως αλλεργίες του αναπνευστικού συστήματος, ασθένειες του δέρματος, ερεθισμούς πονοκεφάλους, ναυτίες και λήθαργο (Nordström K. et.al., 1994). Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα στο κτίριο είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την υγεία των ενοίκων – χρηστών και εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του εσωτερικού αέρα, το κλίμα, το κτιριακό σύστημα, τις τεχνικές κατασκευής του κτιρίου, τις διάφορες πηγές ρύπων κτλ. (Norhidayaha A. et al., 2013).

Συχνά, τα προβλήματα προκύπτουν όταν ένα κτίριο λειτουργεί, διοικείται ή διατηρείται με τρόπο που δεν βρίσκεται σε συμφωνία με τον αρχικό σχεδιασμό του ή τις προκαθορισμένες λειτουργικές διαδικασίες. Τις περισσότερες φορές, τα προβλήματα εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας είναι αποτέλεσμα φτωχού σχεδιασμού ή δραστηριοτήτων των κατοίκων του κτιρίου. Οι κυριότεροι παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν ή και να συμβάλουν στο σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων, μπορούν να εστιαστούν στις ακόλουθες σημαντικές κατηγορίες:

- Στερεά Αέρια Σωματίδια (PM10, PM2,5)

Τα στερεά αέρια σωματίδια είναι πολύ λεπτά σωματίδια τα οποία βρίσκονται στον ατμοσφαιρικό αέρα και έχουν συνδεθεί με αρκετές δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία, συμπεριλαμβανομένων των αναπνευστικών ασθενειών και καρδιαγγειακών (WHO, 2003, 2005β). Σωματίδια από τον υπαίθριο αέρα μπορούν να συμβάλουν στο φορτίο των σωματιδίων στον εσωτερικό αέρα, αλλά υπάρχουν επίσης εσωτερικές πηγές όπως η καύση, το μαγείρεμα, όπου τα σωματίδια μπορούν να σχηματιστούν από αντιδράσεις μεταξύ του όζοντος και κάποιων πτητικών ενώσεων (VOCs) (Wainman et al., 2000).

- Μικροβιακοί παράγοντες

Πολλά μικρόβια μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του άσθματος και άλλων αλλεργικών αναπνευστικών ασθενειών. Ορισμένοι ιοί που σχετίζονται με την αύξηση της συχνότητας εμφάνισης άσθματος και αλλεργίας μπορούν να μεταδοθούν μέσω του εσωτερικού αέρα.

- Παράσιτα

Τα κατοικίδια ζώα και ορισμένα άλλα παράσιτα όπως τα ακάρια της σκόνης και οι κατσαρίδες είναι σημαντικές πηγές εσωτερικών αλλεργιογόνων.

- Υγρασία

Η πολύ χαμηλή υγρασία έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη αναφορά στα δερματικά συμπτώματα (ξηρότητα, εξάνθημα), ερεθισμό των ματιών και τη ρινική ξηρότητα. Η υπερβολική υγρασία ευνοεί την αύξηση των ακάριων σκόνης (Wolkoff et al., 2006).

- Εξαερισμός

Ο εξαερισμός είναι ένας από τους σημαντικότερες παράγοντες που συμβάλλουν στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Ανεπαρκής αερισμός, καθώς και αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σε αέρα εσωτερικών χώρων, συνδέονται άμεσα με την υγεία των ενοίκων. Τα ποσοστά του Διοξειδίου του Άνθρακα, που έχουν επίσης, σχετίζεται με την απόδοση στην εργασία σε γραφειακούς χώρους και στην ακαδημαϊκή απόδοση των παιδιών σχολικής ηλικίας . Το διοξείδιο του άνθρακα σχετίζεται άμεσα με την παρουσία ατόμων μέσα στον εσωτερικό χώρο. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις δεν θεωρείται τοξικό αέριο, αλλά σε υψηλότερες μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην αναπνοή, ζαλάδα και έντονο αίσθημα κόπωσης

- Σωστή θερμοκρασία

Ακραίες θερμοκρασίες στο εσωτερικό των κτιρίων αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για την υγεία και πάρα πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν ένα δυσάρεστο συναίσθημα.

- Εκπομπές χημικών ουσιών

Οι εκπομπές χημικών ουσιών μπορούν να προκύψουν από οικοδομικά υλικά, από μαγειρικές δραστηριότητες (π.χ. Afshari et al., 2005), από δραστηριότητες καθαρισμού (Nazaroff , 2004), από τη θέρμανση και την καύση της βιομάζας και σε γενικές γραμμές από την καύση.

Η φορμαλδεΰδη (HCHO) είναι υποπροϊόν καύσης και ευρέως χρησιμοποιούμενη χημική ουσία που βρίσκεται σε κατασκευαστικά υλικά, αποτελεί μία απολυμαντική, συντηρητική και θεραπευτική ουσία. Η παρουσία της φορμαλδεΰδης στους εσωτερικούς χώρους οφείλεται κατά κύριο λόγο στη μεγάλη χρήση ρητινών που την εμπεριέχουν και από τις οποίες

απελευθερώνεται. Η φορμαλδεΐδη, μαζί με άλλες αλδεΐδες, αποτελεί επίσης ένα από τα προϊόντα που απελευθερώνονται κατά την καύση των τσιγάρων.

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο το οποίο παράγεται κατά την ατελή καύση. Όταν εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη και εμποδίζει την κατανομή του οξυγόνου στα κύτταρα. Στους εσωτερικούς χώρους το μονοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται από τη χρήση μαγειρικών συσκευών φυσικού αερίου, κεντρικές θερμάνσεις, ξυλόσομπες, τζάκι, κάπνισμα κτλ.

Οι πτητικές οργανικές ουσίες: χημικές ουσίες όπως το τριχλωροαιθυλένιο, το τριχλωροαιθάνιο, το τριχλωρομεθάνιο καθώς και άλλοι αλογονωμένοι διαλύτες, εξαερώνονται με τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων από διάφορα προϊόντα (χρώματα, πλαστικά, αρωματικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στον καθαρισμό, κόλλες κλπ) στα οποία προυπάρχουν ως διαλύτες.

## **2.4 Θεσμικό Πλαίσιο**

Εξαιτίας όλων των ενδεχόμενων επιπτώσεων στην ακεραιότητα των μουσειακών εκθεμάτων που μπορεί να προκληθούν από τη μη ικανοποιητική ποιότητα του εσωτερικού αέρα δημιουργείται η ανάγκη ανάληψης ουσιαστικών μέτρων για τον περιορισμό της έκθεσης των μουσειακών εκθεμάτων σε ρύπους του εσωτερικού περιβάλλοντος. Σε αυτή την ανάγκη, η διεθνής επιστημονική κοινότητα εστίασε τις ενέργειες της στη διαμόρφωση γενικών οδηγιών και συμβουλών για τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους και τα κράτη μέλη στη θέσπιση της σχετικής νομοθεσίας.

### **2.4.1 Κυπριακή Πραγματικότητα – Νομοθεσία**

Δυστυχώς η κυβέρνηση της Κύπρου δεν έχει θεσπίσει ακόμη τη νομοθεσία που αφορά την εσωτερική ποιότητα του αέρα σε μουσειακούς χώρους και τις επιτρεπόμενες τιμές των πιο επικίνδυνων ρύπων για αποφυγή της φθοράς των μουσειακών εκθεμάτων. Σύμφωνα με το Υπουργείο Εργασίας έγινε ενημέρωση πως αναμένεται να ξεκινήσουν σύντομα οι διαδικασίες για τη θέσπιση της πιο πάνω νομοθεσίας. Το μόνο όμως που υπάρχει διαθέσιμο είναι για την

ατμοσφαιρική ρύπανση και τα σχέδια ασφάλειας και υγείας για τους εργαζομένους όπου με βάση τον κανονισμό ΚΔΠ 268/2001 όπου αναφέρονται οι επιτρεπόμενοι ρύποι ανά οκτάωρο. Επίσης εκδόθηκε ένα οδηγός αναφορικά με την ποιότητα του αέρα όπου δεν περιλαμβάνεται τίποτα σχετικά για τα μουσειακά εκθέματα αλλά περιλαμβάνονται κατευθυντήριες γραμμές και όρια ρύπων για τους εργαζόμενους.

Για τον πιο πάνω λόγο μελετήθηκε η νομοθεσία και η βιβλιογραφία άλλων χωρών, για ενημέρωση και συλλογή πληροφοριών για τις γενικές οδηγίες και νομοθεσίες που έχουν θεσπιστεί πάνω στην ποιότητα του αέρα στους μουσειακούς χώρους.

Οι κυριότερες σχετικές νομοθεσίες που περιλαμβάνονται στο Κυπριακό θεσμικό πλαίσιο αναφορικά με την ποιότητα εσωτερικού αέρα είναι : ( Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας)

- Οι περί της Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα (Οριακές Τιμές Διοξειδίου του Θείου, Διοξειδίου του Αζώτου και Οξειδίων του Αζώτου, Σωματιδίων, Μολύβδου, Μονοξειδίου του Άνθρακα, Βενζολίου και Όζοντος στον Ατμοσφαιρικό Αέρα) Κανονισμοί του 2010 (Κ.Δ.Π. 327/2010).
- Οι περί της Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα (Αρσενικό, Κάδμιο, Υδράργυρος, Νικέλιο και Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες στον Ατμοσφαιρικό Αέρα) Κανονισμοί του 2007 (Κ.Δ.Π. 111/2007).
- Ο περί της Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα Νόμος του 2010 (Ν. 77(Ι)/2010).
- Οι περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Χημικοί Παράγοντες) Κανονισμοί του 2001 (Κ.Δ.Π. 268/2001)

#### **2.4.2 Διεθνής Πραγματικότητα - Νομοθεσία**

Η επιστημονική κοινότητα λαμβάνει σοβαρά υπόψη το θέμα της ρύπανσης και της ποιότητας του αέρα στο εσωτερικό των μουσειακών χώρων γι' αυτό και γίνονται συνεχείς μελέτες ώστε να ληφθούν τα σωστά συμπεράσματα και να βρεθούν αποτελεσματικές λύσεις για αυτό το φαινόμενο.

Κατά τα τελευταία χρόνια έχουν δημοσιευθεί πολλές υφιστάμενες κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο της ρύπανσης σε μουσειακά κτήρια. Ο Blades et al έδωσε μια συνοπτική εισαγωγή για τους αέριους ρύπους, την παρακολούθηση και τον έλεγχο τους, με υπόθεση μελέτης διάφορα παραδείγματα, στον σχετικό οδηγό που δημοσίευσε το 2000 (Blades N. et al., 2000). Το 2002 ο Hatchfield αναθεώρησε τους τύπους των αέριων ρύπων και των πηγών προέλευση τους, και έδωσε μια περιεκτική περιγραφή των δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται στις βιτρίνες για έκθεση και αποθήκευση των μουσειακών εκθεμάτων (Hatchfield, P., 2003). Από το 1999 η αμερικανική κοινωνία θέρμανσης, ψύξης και μηχανικού κλιματισμού (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) περιελάμβανε στο εγχειρίδιο της ένα κεφάλαιο για την ποιότητα του αέρα στα μουσεία. Η τελευταία έκδοση αυτού του εγχειριδίου κάνει εκτενή αναφορά στις πηγές ρύπων και στις σχετικές απειλές για τα μουσειακά εκθέματα (ASHRAE, 2003; Svendsen M. R., 2006).

Όσο αφορά την ασφάλεια των εργαζόμενων σε μουσειακούς χώρους σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του World Health Organization (WHO) στην Ευρώπη, έχουν οριοθετηθεί οι συγκεντρώσεις κάποιων ρύπων σε κλειστούς χώρους. Επίσης, μέσα από τη βιβλιογραφία από το Τμήμα του Ιλινόις που ασχολείται με την ανθρώπινη υγεία στους εσωτερικούς χώρους, από το πρότυπο του οργανισμού ASHRAE, από τον οργανισμό OSHA PEL (Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit) και τον οργανισμό ACGIH TLV (American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Value) προκύπτουν ορισμένα όρια που συστήνονται και μερικές επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης των ρύπων σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές των πιο πάνω οργανισμών.

Ακόμη και η Οδηγία του TEE (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας) της Ελληνικής Κυβέρνησης συστήνει όρια και επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης των ρύπων.

## **2.5 Συμπεράσματα**

Αξιολογώντας την σχετική βιβλιογραφία εύκολα μπορεί να εξαχθεί το γενικό συμπέρασμα ότι τα διάφορα εκθέματα απειλούνται άμεσα με μελλοντική φθορά από την ρύπανση του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους και η εξεύρεση λύσεων και στρατηγικών προς περιορισμό του φαινομένου αυτό είναι επιβαλλόμενη και αναγκαία .

Η έρευνα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον και άμεσης σημασίας , ιδιαίτερα σε μια χώρα όπως η Κύπρος που παρουσιάζει λόγο της γεωγραφικής της θέσης έντονη ατμοσφαιρική ρύπανση. Στην διεθνή επιστημονική κοινότητα παρατηρείτε ότι υπάρχει μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση της σχέσης μεταξύ του περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων και της προστασίας των μουσειακών εκθεμάτων .

Το σημαντικό πρόβλημα που παρατηρείτε στην Ευρώπη και στην Κύπρο είναι ότι τα κτίρια όπου στεγάζονται σήμερα πολλοί μουσειακοί χώροι κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια του δέκατου ένατου αιώνα και τα περισσότερα από αυτά τα κτίρια δεν είναι κλιματιζόμενα ή δεν κατασκευάστηκαν για την συγκεκριμένη χρήση.

Παρ' όλο το έντονο ενδιαφέρον που παρατηρείτε παγκοσμίως για την εσωτερική ποιότητα του αέρα σε μουσειακούς χώρους, στην Κύπρο λίγα είναι γνωστά για την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των Κυπριακών μουσείων και η έρευνα σε αυτό το τομέα βρίσκεται σε νηπιακό επίπεδο. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κατάλληλη στρατηγική αντιμετώπιση της συνεχούς καταστροφής υλικών σε μουσεία και έτσι αυτό το δεδομένο καθιστά την υλοποίηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής επείγουσα και πολύ αναγκαία. Τα αποτελέσματα θα μας επιτρέψουν την εκτίμηση της ποιότητας του εξωτερικού και εσωτερικού αέρα, δίνοντας μας μια εικόνα σε πιθανούς κινδύνους για τις συλλογές των μουσείων. Η ανάπτυξη καινούριων στρατηγικών περιορισμών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και νέων μεθοδολογιών προστασίας είναι κάτι καινούριο μια και θα οδηγήσει σε καλύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες στα μουσεία.



### Σκοποθεσία της Έρευνας – Αναγκαιότητα

### Ερευνητικά Ερωτήματα

#### 3.1 Διατύπωση του Θέματος– Τεκμηρίωση της Αναγκαιότητάς του

Το ιδανικό περιβάλλον για διατήρηση των διάφορων μουσειακών εκθεμάτων είναι να προστατεύονται σε χώρους όπου είναι κλιματολογικά σταθεροί, υπάρχει μόνο ελαφρά παραλλαγή στη θερμοκρασία και στη σχετική υγρασία (RH) και η συγκέντρωση της ρύπανσης του αέρα είναι επαρκώς χαμηλή.

Η ζημιά από τη ρύπανση του αέρα σε έργα τέχνης και άλλων πολιτιστικών υλικών έχει αναδειχθεί σε ένα σημαντικό ζήτημα για τους συντηρητές έργων τέχνης. Η ποιότητα του αέρα στα μουσεία παίζει πάρα πολύ σημαντικό ρόλο και είναι ζωτικής σημασίας, καθώς καθορίζει το επίπεδο προστασία των μουσειακών εκθεμάτων από διάφορους κινδύνους φθοράς. Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κατάλληλη στρατηγική αντιμετώπιση της συνεχούς καταστροφής υλικών σε μουσεία και έτσι αυτό το δεδομένο καθιστά την υλοποίηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής επείγουσα και πολύ αναγκαία. Τα αποτελέσματα θα μας επιτρέψουν την εκτίμηση της ποιότητας του εξωτερικού και εσωτερικού αέρα, δίνοντας μας μια εικόνα σε πιθανούς κινδύνους για τα μουσειακά εκθέματα. Η ανάπτυξη καινούριων στρατηγικών περιορισμών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και νέων μεθοδολογιών προστασίας είναι κάτι καινούριο μια και θα οδηγήσει σε καλύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες στα μουσεία.

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι ο έλεγχος της ποιότητας του αέρα σε μουσειακούς χώρους είναι πλέον απαραίτητος. Αφενός γιατί αποδεδειγμένα η ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσεία είναι σημαντική για τη διατήρηση των μουσειακών εκθεμάτων και έργων τέχνης τα οποία υπόκεινται σε φθορά, λόγω της έκθεσης τους σε εσωτερική

ατμοσφαιρική ρύπανση και αφετέρου επειδή παίζει καθοριστικό ρόλο στην υγεία των εργαζομένων σε μουσειακούς χώρους.

Έρευνες που έχουν γίνει καταλήγουν στο γενικό συμπέρασμα ότι τα διάφορα εκθέματα απειλούνται άμεσα με μελλοντική φθορά από την ρύπανση του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους και η εξεύρεση λύσεων και στρατηγικών προς περιορισμό του φαινομένου αυτό είναι επιβαλλόμενη και αναγκαία. Η έρευνα στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα σε μουσειακούς χώρους παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον και άμεσης σημασίας, ιδιαίτερα σε μια χώρα όπως η Κύπρος που λόγω της γεωγραφικής της θέσης παρουσιάζει έντονη ατμοσφαιρική ρύπανση.

Το έντονο ενδιαφέρον που παρουσιάζεται από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα την τελευταία δεκαετία, τα υφιστάμενα συσσωρευμένα αποδεικτικά στοιχεία, η έλλειψη σχετικών ερευνών στον κυπριακό χώρο, η ολοένα και αυξανόμενη ανάγκη για αειφόρο διαχείριση των μουσειακών χώρων, η αναγκαιότητα ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των μουσειακών εκθεμάτων και η έλλειψη σχετικής νομοθεσίας από την Κυπριακή Δημοκρατία, δίνουν το έναυσμα για την παρούσα έρευνα δράσης.

## **3.2 Σκοπός – Στόχος Της Έρευνας**

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι ο χαρακτηρισμός, η ανάλυση και ο προσδιορισμός των εσωτερικών ρύπων στο Κυπριακό και στο Βυζαντινό Μουσείο.

Στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής είναι να γίνουν εισηγήσεις για βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος στους υφιστάμενους χώρους προς μελέτη και στηριζόμενοι στην υφιστάμενη βιβλιογραφία και στην εμπειρία άλλων χωρών να προταθούν πιθανά μέτρα – εισηγήσεις για περιορισμό της πιθανής καταστρεπτικής επίδρασης αερίων ρύπων, στα οργανικά και ανόργανα υλικά στους εσωτερικούς χώρους των μουσείων, έτσι ώστε να επιτευχθεί η προστασία των μουσειακών εκθεμάτων, από πιθανή μελλοντική φθορά.

### **3.3 Ερευνητικά Ερωτήματα**

Στηριζόμενοι στη βιβλιογραφία , ο προβληματισμός κινείται με βάση το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα :

- πόσο ασφαλές είναι το περιβάλλον των μουσειακών χώρων σε σχέση με την ποιότητα του αέρα μέσα σε αυτά και τι προβλήματα προκύπτουν όσον αφορά την ποιότητα του αέρα των κτηρίων στα διάφορα μουσειακά εκθέματα ;
- Αν το κτίριο του κυπριακού μουσείου εξασφαλίζει τις απαραίτητες συνθήκες ασφάλειας και υγείας στους εργαζόμενους.

# Κεφάλαιο Τέταρτο

## Μεθοδολογία

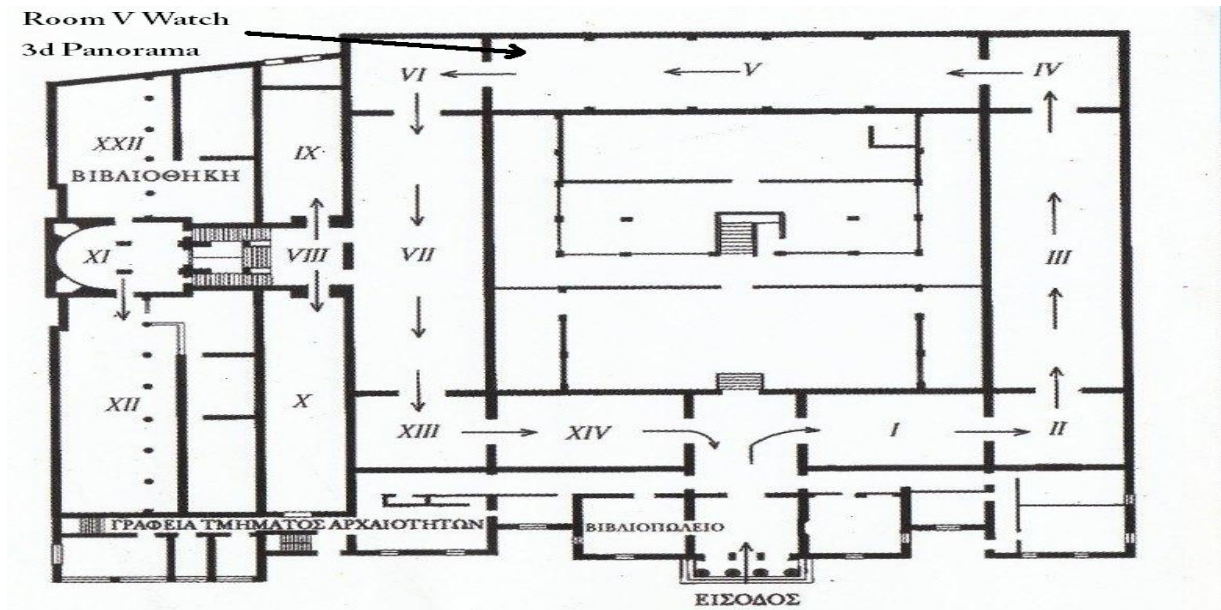
### 4.1 Περιγραφή Κτηρίων

Τα υπό μελέτη κτίρια με τα οποία καταπιάνεται η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είναι το κτήριο του Κυπριακού Μουσείου και το κτήριο του Βυζαντινού Μουσείου, τα οποία εδρεύουν στην Επαρχία της Λευκωσίας και παρουσιάζονται στις εικόνες 4.1 - 4.5.

Η Λευκωσία είναι η πρωτεύουσα της Κύπρου και είναι χτισμένη πάνω στον Πεδιαίο ποταμό, η Λευκωσία αποτελεί την έδρα της κυβέρνησης της Κυπριακής Δημοκρατίας. Το ιστορικό κέντρο της Λευκωσίας, όπου στεγάζονται και τα δύο υπό μελέτη μουσεία, βρίσκεται μέσα στα μεγάλα μεσαιωνικά τείχη που έκτισαν οι Ενετοί. Τα ενετικά τείχη αποτελούν σήμα κατατεθέν της πόλης, με τους προμαχώνες και τις πύλες του να αξιοποιούνται για να στεγάσουν σημαντικά κτήρια της πόλης όπως το Δημαρχείο.



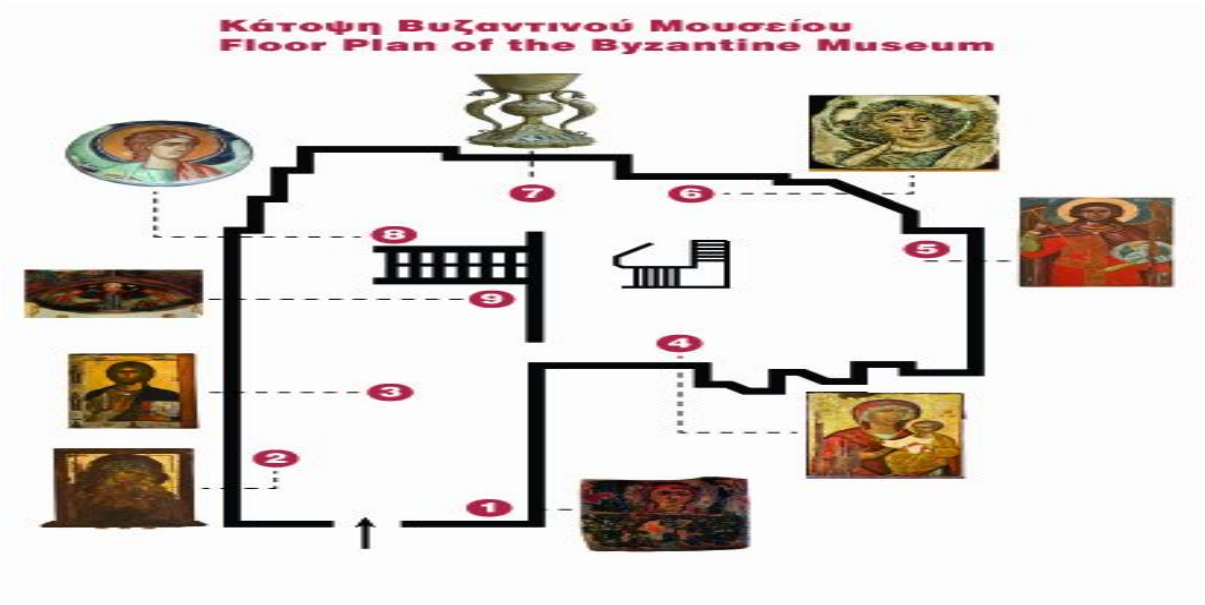
Εικόνα 4.1: Κτήριο Κυπριακού Μουσείου (πηγή : <http://www.mcw.gov.cy/mcw> )



Εικόνα 4.2: Κάτοψη κτηρίου Κυπριακού Μουσείου (πηγή ; <http://www.mcw.gov.cy/mcw>)



Εικόνα 4.3: Κτήριο Βυζαντινού Μουσείου (πηγή : <http://www.panoramio.com/photo/29156723> )



Εικόνα 4.4: Κάτοψη Κτηρίου Βυζαντινού Μουσείου (πηγή : <http://www.makariosfoundation.org.cy/8.html> )



4.5: Φωτογραφία από το Google earth όπου εμφανίζονται τα δυο υπό μελέτη μουσεία.

Στη συνέχεια περιγράφονται τα δύο υπό μελέτη μουσεία της παρούσας διατριβής.

#### **4.1.1 Περιγραφή κτηρίου Κυπριακού Μουσείου**

Το κτήριο του Κυπριακού Μουσείου άρχισε να κτίζεται στα 1908 και αφιερώθηκε στη μνήμη της βασίλισσας της Αγγλίας Βικτωρίας. Είναι ένα νεοκλασικό κτήριο που σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα Ν. Μπαλάνο και από τότε έγιναν πολλές προσθήκες και μετατροπές στο κτήριο, σε διάφορες χρονικές περιόδους προστέθηκαν νέες αίθουσες, στεγάστηκε το μεγαλύτερο μέρος της κεντρικής εσωτερικής αυλής, κτίστηκε ένας όροφος και επεκτάθηκε σημαντικά η βόρεια πτέρυγα.

Από το 1935, με τη θέσπιση του νέου περί αρχαιοτήτων νόμου και την ίδρυση του τμήματος αρχαιοτήτων, άρχισε η αναδιοργάνωση των συλλογών του Κυπριακού Μουσείου, σύμφωνα με τις νεότερες μουσειακές αντιλήψεις και τα νέα αρχαιολογικά δεδομένα.

Το Κυπριακό Μουσείο αποτελείται σήμερα από δεκατέσσερις αίθουσες που περιβάλλουν σε σχήμα τετραγώνου έναν εσωτερικό κεντρικό χώρο ο οποίος περιλαμβάνει γραφεία, βιβλιοθήκη, αποθήκες και χώρους συντήρησης ευρημάτων. Τα εκθέματα του Μουσείου ακολουθούν χρονολογική και θεματολογική κατάταξη. Εκτίθενται ευρήματα από τις πρωϊμότερες περιόδους της ανθρώπινης παρουσίας στο νησί, από τη 10η χιλιετία π.Χ., μέχρι και τη ρωμαϊκή περίοδο

(<http://www.mcw.gov.cy/mcw/DA/DA.nsf/All/4D3CBED9569C1B9BC22573B5003B867B?OpenDocument>).

Οι κύριες αίθουσες του μουσείου είναι:

- Αίθουσα I «Νεολιθική και χαλκολιθική περίοδος»
- Αίθουσα II «Κεραμική πρώιμης εποχής του χαλκού»
- Αίθουσα III «Κεραμική μέσης και ύστερης εποχής του χαλκού»
- Αίθουσα IV «Ευρήματα Αγίας Ειρήνης»
- Αίθουσα V «Εξέλιξη γλυπτικής στην Κύπρο »
- Αίθουσα VI «Υστερη φάση κυπριακής γλυπτικής »

- Αίθουσα VII Μέρος Α' «Μεταλλικά αντικείμενα διαφόρων περιόδων »
- Αίθουσα VII Μέρος Β' «Συλλογή σφραγιδολιθών μουσείου»
- Αίθουσα Μέρος Γ' «Έργα κοσμηματοποιίας , υαλουργίας , μικροτεχνίας»
- Αίθουσα VIII «Αρχαίοι τάφοι»
- Αίθουσα IX «Αντικείμενα που σχετίζονται με θάνατο »
- Αίθουσα X «Εξέλιξη γραφής στην Κύπρο »
- Αίθουσα XI «Βασιλικοί τάφοι Σαλαμίνας »
- Αίθουσα XII «Αρχαία μεταλλουργία »
- Αίθουσα XIII «Ρωμαϊκό γυμνάσιο Σαλαμίνας»
- Αίθουσα XIV «Πήλινα ειδώλια»

Τέλος για τη θέρμανση και ψύξη χρησιμοποιούνται σε ορισμένες αίθουσες κεντρικό σύστημα κλιματισμού και εξαερισμού και σε άλλες αίθουσες μεμονωμένα συστήματα τα οποία λειτουργούν με ρεύμα.

#### **4.1.2 Περιγραφή κτιρίου Βυζαντινού Μουσείου**

Το κτίριο του Βυζαντινού Μουσείου παρουσιάζει την πλουσιότερη και αντιπροσωπευτικότερη συλλογή έργων βυζαντινής τέχνης, που έχουν την προέλευσή τους από ολόκληρη την Κύπρο.

Η συλλογή έχει ως πυρήνα σαράντα οκτώ εικόνες, που προέρχονται από ναούς απ' όλη την Κύπρο και από το Συνοδικό του ναού της Παναγίας Φανερωμένης, το οποίο προοριζόταν να φιλοξενήσει αρχικά το Παγκύπριο Βυζαντινό Μουσείο.

Οι εικόνες αυτές παρουσιάστηκαν στην έκθεση «Tresors de Chypre» , που έγινε στο Παρίσι το 1967 και μεταφέρθηκε έπειτα σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις. Χάρης σ' αυτή την έκθεση διασώθηκαν και εκτίθενται σήμερα στο Βυζαντινό Μουσείο σημαντικές εικόνες από το κατεχόμενο μέρος της Κύπρου.



Στο Βυζαντινό Μουσείο παρουσιάζονται περίπου 230 εικόνες από τον 9ο μέχρι το 19ο αιώνα, αποτοιχισμένες τοιχογραφίες από το 10ο αιώνα, καθώς επίσης και αντιπροσωπευτικά δείγματα της βυζαντινής μικροτεχνίας της Κύπρου, όπως ιερά κειμήλια, σκευή και άμφια, που εκτίθενται σε τρεις μεγάλες αίθουσες στο ισόγειο του Πνευματικού και Πολιτιστικού Κέντρου του Ιδρύματος Αρχιεπισκόπου Μακαρίου Γ΄

Ιδιαίτερη θέση στη συλλογή κατέχουν τα επτά σπαράγματα ψηφιδωτών του 6ου αιώνα από την ασίδα του ναού της Παναγίας Κανακαριάς στη Λυθράγκωμη, τα τριάντα έξι σπαράγματα τοιχογραφιών του τέλους του 15ου αιώνα από το ναό του Χριστού Αντιφωνητή στην Καλογραία, καθώς και εικόνες από διάφορες κατεχόμενες εκκλησίες, που επανακτήθηκαν μετά από δικαστικούς αγώνες ή δωρεές από το εξωτερικό και μαρτυρούν τη βάνανση καταστροφή της πολιτιστικής μας κληρονομιάς από Τούρκους αρχαιοκάπηλους στο κατεχόμενο από τα τουρκικά στρατεύματα τμήμα της Κύπρου.

Η πρώτη αίθουσα του Βυζαντινού Μουσείου εγκαινιάστηκε στις 18 Ιανουαρίου 1982 από τον Αρχιεπίσκοπο Χρυσόστομο Α΄ και τον τότε πρόεδρο της Κυπριακής Δημοκρατίας Σπύρο Κυπριανού, ενώ έξι χρόνια αργότερα το Βυζαντινό Μουσείο, με την προσθήκη της νέας πτέρυγας, πήρε τη σημερινή του μορφή. Από τότε εμπλουτίζεται συνεχώς με την απόκτηση νέων εκθεμάτων και τον επαναπατρισμό έργων, που Τούρκοι αρχαιοκάπηλοι εξήγαγαν παράνομα από τις κατεχόμενες από τα τουρκικά στρατεύματα περιοχές της Κύπρου.

Ο επισκέπτης του Βυζαντινού Μουσείου έχει τη δυνατότητα να περιδιαβάσει τα τελευταία χίλια πεντακόσια χρόνια ιστορίας του τόπου, μέσα από την τέχνη της παλαιοχριστιανικής περιόδου (4ος αι.-649 μ.χ.), την περίοδο των αραβικών επιδρομών (649 – 965μ.χ.), της Μέσης Βυζαντινής περιόδου (965 – 1191 μ.χ.), της Φραγκοκρατίας (1191 – 1489 μ.χ.), της Βενετοκρατίας (1489 – 1571 μ.χ.) και της Τουρκοκρατίας (1571 -1878 μ.χ.).

- Παλαιοχριστιανική Περίοδος (4ος - 7ος αιώνας)
- Περίοδος Αραβικών Επιδρομών (7ος - 10ος αιώνας)
- Μέση Βυζαντινή Περίοδος (10ος - 12ος αιώνας)
- Φραγκοκρατία (1191-1489)
- Βενετοκρατία (1489-1571)
- Τουρκοκρατία (1571 -1878 )
- Επαναπατριζόμενα έργα θρησκευτικής τέχνης

Τέλος για τη θέρμανση και την ψύξη χρησιμοποιούνται σ' όλο το κτίριο κεντρικό σύστημα κλιματισμού.

## **4.2 Περιβαλλοντικές παράμετροι περιοχής**

Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων στα κτήρια, όπως το κλίμα της περιοχής, το φυσικό περιβάλλον, η τοπογραφία, οι φυσικές πηγές ενέργειας και τα οικοδομικά υλικά του κτιρίου παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

### **4.2.1 Κλιματικά στοιχεία περιοχής**

Το ωραίο μεσογειακό κλίμα της Κύπρου οφείλεται στο ότι βρίσκεται κατά μέσο όρο σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος  $35^{\circ}$  και ανατολικό γεωγραφικό μήκος  $33^{\circ}$  και περιβάλλεται από την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος είναι το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τα μέσα του Μάη έως τα μέσα του Σεπτεμβρίου, ο βροχερός αλλά ήπιος χειμώνας από τα μέσα του Νοεμβρίου ως τα μέσα του Μάρτη και οι δύο ενδιάμεσες μεταβατικές εποχές, το φθινόπωρο και η άνοιξη.

Το κλίμα μιας περιοχής καθορίζεται από τη γεωγραφική της θέση, τη μορφολογία του εδάφους και τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Τα στοιχεία του κλίματος μιας περιοχής επηρεάζουν την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στα κτίριο και το εξωτερικό του περιβάλλον.

Οι βασικές παράμετροι του κλίματος είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ηλιακή ακτινοβολία, οι άνεμοι και η σχετική υγρασία. Η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα θεωρείται ένα από τα βασικά κλιματικά στοιχεία, τα οποία συντελούν στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής. Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1 από την Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, η ελάχιστη θερμοκρασία στη Λευκωσία σημειώνεται το μήνα Φεβρουάριο και η μέγιστη το μήνα Αύγουστο με  $33^{\circ}\text{C}$  και  $7.1^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα.

**Πίνακας 4.2.1:** Θερμοκρασία αέρα °C (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, 2011).

Μήνες	Γεν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μια.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοεμ.	Δεκ.	Ετήσια
Μέση Ημερήσια Μέγιστη Θερμοκρασία	16,9	17,2	18,9	22,6	26,8	30,4	32,6	33,1	31,0	27,5	23,4	18,9	24,9
Μέση Ημερήσια Ελάχιστη Θερμοκρασία	7,5	7,1	7,9	10,2	14,1	17,6	19,5	20,0	18,2	15,5	12,3	9,1	13,3

Ο παράγοντας της ηλιακής ακτινοβολίας είναι επίσης σημαντικός καθώς μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει στο έδαφος απορροφάται από τα διάφορα αντικείμενα που υπάρχουν στο έδαφος και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Σύμφωνα με την μετεωρολογική Υπηρεσία της Κύπρου όλες οι περιοχές της Κύπρου έχουν μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας σε σύγκριση με πολλές χώρες. Στις πεδινές περιοχές ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας για ολόκληρο το χρόνο είναι 75% των ωρών που ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. Σ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού η ηλιοφάνεια είναι κατά μέσο όρο 11.5 ώρες την ημέρα, ενώ στους μήνες Δεκέμβρη και Γενάρη που έχουν την πιο μεγάλη νέφωση η διάρκεια της ηλιοφάνειας ελαττώνεται μόνο στις 5.5 ώρες την ημέρα.

Επίσης η κατεύθυνση των ανέμων παίζει σημαντικό ρόλο για τον ορθό σχεδιασμό του κτιρίου καθώς αξιοποιούνται οι δροσερές αύρες το καλοκαίρι και αποφεύγονται οι κρύοι άνεμοι κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

### 4.3 Μέσα Συλλογής Δεδομένων

Τα δεδομένα για σκοπούς της έρευνας μπορούν να συλλεχτούν με διάφορα εργαλεία μέτρησης. Όσο αφορά την μελέτη για το σύνδρομο του άρρωστου κτηρίου, θεωρείται καταλληλότερο μέσο συλλογής δεδομένων, το ερωτηματολόγιο ( βλ. Παράρτημα Β ). Για τη μελέτη της ποιότητα του εσωτερικού αέρα στα δύο υπό μελέτη κτήρια κατάλληλη μέθοδος θεωρείται η στιγμιαία συλλογή δεδομένων με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων. Έχουν πραγματοποιηθεί πειραματικές μετρήσεις που αφορούν τις μετρήσεις του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), των αιωρούμενων σωματιδίων (PM<sub>1</sub>,

PM2,5, PM7, PM10), της θερμοκρασίας, της υγρασίας και διάφορων άλλων αέριων ρύπων όπως όζον (OZO), Μονοξείδιο και διοξείδιο του Αζώτου (NO & NO2), Βενζόλιο (BEN), διοξείδιο του Θείου (SO2), Τολουόλιο (TOL), Αιθανόλη (ETH), Ξυλένιο (XYL), Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και Υδρόθειο H<sub>2</sub>S.

Η έρευνα με τα ερωτηματολόγια πραγματοποιείται μόνο στο κτήριο του Κυπριακού Μουσείου. Συνολικά δόθηκαν 17 ερωτηματολόγια στους εργαζόμενους του μουσείου σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Στα ερωτηματολόγια τηρήθηκαν πιστά οι κανόνες δεοντολογίας της έρευνας. Αρχικά ζητήθηκε άδεια για διεξαγωγή της έρευνας από τον διευθυντή του Τμήματος Αρχαιοτήτων και του Βυζαντινού Μουσείου, αφού πρώτα ενημερώθηκαν για το σκοπό και τη διαδικασία της έρευνας. Από το Βυζαντινό Μουσείο ζητήθηκε πριν την δημοσίευση οποιοδήποτε αποτελεσμάτων να τύχουν ενημέρωσης και να εγκριθούν και από αυτούς. Στους συμμετέχοντες εξηγήθηκε, πως καλούνταν να αφιερώσουν ελάχιστο χρόνο για να συμπληρώσουν με ειλικρίνεια το ερωτηματολόγιο μόνοι τους σε προσωπικό χώρο, πάντοτε υπό την επίβλεψη του ερευνητή και να το επιστρέψουν την ίδια ώρα στον ερευνητή.

### **4.3.1 Περιγραφή Ερωτηματολογίων**

Το άρρωστο σύνδρομο οικοδόμησης (SBS) περιλαμβάνει ορισμένα μη ειδικά συμπτώματα, όπως ερεθισμό στα μάτια, το δέρμα, των ανώτερων αεραγωγών, κεφαλαλγίας κ.τ.λ.

Η αξιολόγηση αυτών των συμπτωμάτων μπορεί να γίνει με βάση ένα απλό πρότυπο ερωτηματολόγιο στο προσωπικό των μουσείων. Το ερωτηματολόγιο διαμορφώθηκε βασισμένο σε πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενες έρευνες. Τα πρότυπα ερωτηματολόγια έχουν χρησιμοποιηθεί εδώ και μερικά χρόνια, και οι περισσότερες από τις ερωτήσεις τους έχουν επικυρωθεί προηγουμένως. Η τρέχουσα έκδοση στην οποία βασίστηκε το υφιστάμενο ερωτηματολόγιο, με τον προσδιορισμό MM-040-NA, αναπτύχθηκε από το τμήμα επαγγελματικής υγείας στο Orebro της Σουηδίας και περιέχει ερωτήσεις σχετικά με την αντιληπτή ποιότητα αέρα, τα συμπτώματα που περιλαμβάνονται στο SBS, ορισμένους προσωπικούς παράγοντες, και το ψυχοκοινωνικό κλίμα στο χώρο εργασίας (Nordström K. et al., 1994).

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από απλές, αλλά σημαντικές ερωτήσεις που στηρίζονται στο πως αισθάνονται οι εργαζόμενοι καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου με βάση τις συνθήκες που επικρατούν στο εσωτερικό του χώρου του Κυπριακού Μουσείου.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από τέσσερα μέρη ως εξής :

Μέρος Α : Πίνακας με Δημογραφικά στοιχεία.

Μέρος Β : Ερωτήσεις ένα μέχρι οκτώ όπου αναφέρονται στο χώρο εργασίας και στο κτίριο του κυπριακού μουσείου.

Μέρος Γ : Ερωτήσεις εννέα μέχρι δεκαέξι σχετικές με τα συμπτώματα του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου.

Μέρος Δ : Ερωτήσεις δεκαεπτά και δεκαοκτώ αναφορικά με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εργασίας.

Στο Μέρος Α' ζητείται από τους εργαζόμενους να συμπληρώσουν ένα δελτίο – πίνακα με τα δημογραφικά τους στοιχεία ( φύλο, ηλικία, μορφωτικό επίπεδο)

Το μέρος Β' περιλαμβάνει 8 ερωτήσεις – δηλώσεις, που αναφέρονται στο χώρο εργασίας του κυπριακού μουσείου, γίνεται αναφορά στο πόσα άτομα μοιράζονται τον ίδιο χώρο εργασίας, πόσες ώρες μένουν στο κτήριο, πώς γίνεται η θέρμανση του χώρου, κάθε πότε καθαρίζεται το κτήριο και αν χρησιμοποιούνται χημικές ύλες. Επίσης διερευνά, κατά πόσο γίνεται απολύμανση του κτηρίου και αν υπάρχουν αποθηκευμένα υλικά καθαρισμού στο χώρο και τέλος καταγράφει κάθε πόσο συντηρούνται τα κλιματιστικά.

Το Μέρος Γ' περιλαμβάνει οκτώ ερωτήσεις σχετικά με ιατρικά συμπτώματα, που αφορούν τα μη ειδικά συμπτώματα του συνδρόμου του άρρωστου κτηρίου. Υπάρχουν ερωτήσεις όπου καλείται ο εργαζόμενος, να απαντήσει κατά πόσο αισθάνεται ζαλάδες, αίσθηση κόπωσης, ερεθισμό στα μάτια, ερεθισμό στο δέρμα, ξερόβηχα, φτάρνισμα και αίσθηση της απώλειας συγκέντρωσης όταν βρίσκεται μέσα στο χώρο εργασίας τους. Επίσης, η τελευταία ερώτηση αναφέρεται στο αν νιώθουν καλύτερα όταν απομακρύνονται από το χώρο εργασίας.

Το Μέρος Δ' περιλαμβάνει δυο ερωτήσεις – πίνακες σχετικά με περιβάλλον που επικρατεί στο χώρο εργασίας και το αίσθημα των εργαζομένων. Ο πίνακας της ερώτησης δεκαεπτά καλεί τους εργαζομένους να δηλώσουν από το 1 έως το 3, με το 1 να είναι πιο σημαντικό

ποια από τα χαρακτηριστικά (κατάλληλη θερμοκρασία, ησυχία, σωστός φωτισμός, απομόνωση, σωστός αερισμός, άνεση χώρου, παράθυρα, εξωτερική θέα, γενικό περιβάλλον, ή άλλο) είναι σημαντικότερα κατά την γνώμη τους, έτσι ώστε ο χώρος εργασίας να είναι ευχάριστος. Στον τελευταίο πίνακα – ερώτηση καλούνται οι εργαζόμενοι να επιλέξουν, μεταξύ των κατηγοριών πολύ ικανοποιημένος/η, κάπως ικανοποιημένος/η, αδιάφορος/η, κάπως δυσαρεστημένος/η και πολύ δυσαρεστημένος, για ορισμένα θέματα που αφορούν το χώρο εργασίας. Τα θέματα στα οποία γίνεται αναφορά είναι : ο φωτισμός, το επίπεδο θορύβου, οι οσμές, ο εξαερισμός, η θερμοκρασία, το μέγεθος των παραθύρων, η απομόνωση, η άνεση χώρου, η εξωτερική θέα και το γενικό περιβάλλον.

### **4.3.2 Μετρήσεις εσωτερικών ρύπων για την ποιότητα του αέρα**

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στους μουσειακούς χώρους εμφανίζει ιδιαίτερη σημασία και προσελκύει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, για το λόγο ότι η ρύπανση παραμένει μια σοβαρή απειλή για τα μουσειακά εκθέματα και σπάνια ακολουθείται μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία για την προστασία των μουσειακών εκθεμάτων στους μουσειακούς χώρους. Επίσης η εσωτερική ατμοσφαιρική ποιότητα (Indoor Air Quality - IAQ) αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια και είναι στενά συνδεδεμένη τόσο με την υγεία όσο και με την άνεση των ανθρώπων.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα σε τρεις διαφορετικές εποχές , Φθινόπωρο ( Νοέμβριο), Χειμώνα (Δεκέμβριο) και Άνοιξη (Μάρτιο- Απρίλιο). Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο συνεχόμενες βδομάδες για κάθε εποχή με συχνότητα δύο φορές την εβδομάδα, πρωί και απόγευμα. Συνολικά έχουν πραγματοποιηθεί 24 πειραματικές μετρήσεις και για τα δύο μουσεία. Επίσης έγιναν και 24 πειραματικές εξωτερικές μετρήσεις και στα δύο μουσεία για να μπορεί να γίνει σύγκριση της εξωτερικής και εσωτερικής ποιότητας του αέρα.

Οι πιο κάτω επισημάνσεις / παρατηρήσεις καταγράφηκαν στη διάρκεια των μετρήσεων που έγιναν στους εσωτερικούς χώρους του Κυπριακού μουσείου.

- Οι μετρήσεις έγιναν τόσο σε ήπιες θερμοκρασίες, όπου δεν υπήρχε η λειτουργία οποιασδήποτε κλιματιστικής συσκευής στις αίθουσες, όσο και σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, όπου υπήρχε η λειτουργία των κλιματιστικών.

- Τα παράθυρα στις αίθουσες, όπου υπάρχουν, ήταν κλειστά.
- Δεν διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να καπνίζει οποιοδήποτε πρόσωπο μέσα στο μουσείο, αλλά καπνίζανε στο προαύλιο του μουσείου γεγονός που μπορεί να επιδεινώσει την ποιότητα του αέρα μέσα στο μουσείο με την μεταφορά αέριων ρύπων.
- Στις αίθουσες με αρ. I και XIV, λειτουργούσε το σύστημα εξαερισμού.

Οι περισσότερες μετρήσεις έγιναν στην αίθουσα με αριθμό V λόγω του ότι είναι η αίθουσα με την ελάχιστη εναλλαγή του αέρα και στις αίθουσες με αρ. I και XIV όπου λειτουργούσε το σύστημα εξαερισμού. Σε διάφορα χρονικά διαστήματα γίνονταν μετρήσεις και στις υπόλοιπες κύριες αίθουσες του μουσείου, απλά για σκοπούς βιβλιογραφίας.

Οι πιο κάτω επισημάνσεις / παρατηρήσεις καταγράφηκαν στη διάρκεια των μετρήσεων που έγιναν στους εσωτερικούς χώρους του βυζαντινού μουσείου.

- Οι μετρήσεις έγιναν τόσο σε ήπιες θερμοκρασίες, όπου δεν υπήρχε η λειτουργία οποιασδήποτε κλιματιστικής συσκευής στις αίθουσες, όσο και σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, όπου υπήρχε η λειτουργία των κλιματιστικών.
- Τα παράθυρα στις αίθουσες, όπου υπάρχουν, ήταν συνήθως κλειστά εκτός σε ορισμένες περιπτώσεις όπου κάποια ήταν ανοικτά έπειτα από επίσκεψη κάποιου μεγάλου γκρουπ τουριστών.
- Δεν διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων να καπνίζει οποιοδήποτε πρόσωπο.
- Στις αίθουσες με αρ. I και II, λειτουργούσε το κεντρικό σύστημα κλιματισμού στις περισσότερες μετρήσεις.

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων.

### 4.3.3 Όργανα – Συσκευές

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την καταμέτρηση των αντίστοιχων ρύπων είναι :

- Όργανο μέτρησης μάζας σωματιδίων με διαφορετικές διαμέτρους, Particle Mass Counter : PM1, PM2.5, PM7, PM10 και TSP «Aerocet-531»
- Όργανο μέτρησης συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) – «KIMO Instruments – AQ200 Air Quality»
- Όργανο μέτρησης συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), Υγρασίας και Θερμοκρασίας - «Extech CO250: Portable Indoor Air Quality CO<sub>2</sub> Meter»
- Όργανο μέτρησης συγκέντρωσης διάφορων αέριων ρύπων: το όζον (O<sub>3</sub>), Μονοξείδιο και διοξείδιο του Αζώτου (NO & NO<sub>2</sub>), Βενζόλιο (BEN) ,διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>), Τολουόλιο (TOL), Αιθανόλη (ETH), Ξυλένιο (XYL), Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και Υδρόθειο H<sub>2</sub>S - « DUVAS – D1000»
- Όργανο μέτρησης φωτισμού - «TES – 1332A Light Meter»

## 4.4 Πειραματική διαδικασία

Στη συνέχεια περιγράφεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την καταμέτρηση των συγκεντρώσεων των ρύπων.

### 4.4.1 Μέτρηση διαφόρων αέριων ρύπων

Για την καταμέτρηση της συγκέντρωσης διάφορων αέριων ρύπων: το όζον (O<sub>3</sub>), Μονοξείδιο και διοξείδιο του Αζώτου (NO & NO<sub>2</sub>), Βενζόλιο (BEN) ,διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>), Τολουόλιο (TOL), Αιθανόλη (ETH), Ξυλένιο (XYL), Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και Υδρόθειο H<sub>2</sub>S χρησιμοποιήθηκε το όργανο «DUVAS – D100» (Εικόνα 4.4.1)..



#### Προδιαγραφές Μηχανήματος

- μπορεί να μετρήσει από 1- 40 ppb,
- έχει βασική ακρίβεια  $\pm 5\%$  ,
- χρησιμοποιεί φασματοσκοπία απορρόφησης υπεριώδους φωτός.
- ο αισθητήρας έχει γρήγορη απόκριση μικρότερη από 10 Sec.



**Εικόνα 4.4.1 :**Φορητή συσκευή καταμέτρησης της συγκέντρωσης διάφορων αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. (πηγή : [airmonitors.co.uk](http://airmonitors.co.uk))

#### 4.4.2. Μέτρηση Μονοξειδίου του Άνθρακα και θερμοκρασίας

Για την καταμέτρηση της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα CO και της θερμοκρασίας στον αέρα χρησιμοποιήθηκε το «AQ 200: Air Quality» (Εικόνα 4.4.2).

#### Προδιαγραφές Μηχανήματος

- μπορεί να μετρήσει από 0 – 1000 ppm,
- έχει βασική ακρίβεια  $\pm 3\%$  ή  $\pm 10\text{ppm}$  για τη μέτρηση μονοξειδίου του άνθρακα και  $\pm 0,4\%$  ή  $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  για τη μέτρηση της θερμοκρασίας.

- χρησιμοποιεί σταθεροποιημένο ηλεκτροχημικό αέριο (CO),
- ο αισθητήρας έχει γρήγορη απόκριση.



**Εικόνα 4.4.2 :** Φορητή συσκευή καταμέτρησης της συγκέντρωσης του CO στην ατμόσφαιρα. (πηγή : nezerotools.com)

#### 4.4.3. Μέτρηση Διοξειδίου του Άνθρακα

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) έγιναν με τη βοήθεια του φορητού οργάνου του «CO250: Portable Indoor Air Quality CO<sub>2</sub> Meter» (Εικόνα 4.4.3).

##### Προδιαγραφές Μηχανήματος

- μέτρηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> (0 έως 5000 ppm),
- καταγράφει τη θερμοκρασία (-10 έως 60 °C),
- καταγράφει την υγρασία (0,0 έως 99,9%) στην ατμόσφαιρα.

- έχει βασική ακρίβεια  $\pm 5\%$  rdg ή  $\pm 50$  ppm για τη μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα,  $\pm 0,6$  °C για την μέτρηση της θερμοκρασίας και  $\pm 3\%$  για τη μέτρηση της υγρασίας.



**Εικόνα 4.4.3:** Φορητή συσκευή καταμέτρησης της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.

#### **4.4.4 Μέτρηση Αιωρούμενων Σωματιδίων**

Για την καταμέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων χρησιμοποιείται η φορητή συσκευή «Aerocet-531» (Εικόνα 4.4.4). Έχει τη δυνατότητα μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων με διαφορετικές διαμέτρους: PM1, PM2.5, PM7, PM10 και TSP. Οι μετρήσεις των σωματιδίων μετατρέπονται σε μάζα με τη βοήθεια ενός αλγόριθμου με βάση την τυπική πυκνότητα των αερολυμάτων.



**Εικόνα 4.4.4:** Φορητή συσκευή μέτρησης σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

#### 4.4.5 Μέτρηση Φωτισμού των κτιρίων

Οι μετρήσεις του φωτισμού των κτιρίων έγιναν με τη βοήθεια του φορητού οργάνου TES - 1332A Light Meter (Εικόνα 4.4.5).

Προδιαγραφές Μηχανήματος

- μέτρηση του φωτός σε διάφορες κλίμακες των 200/2000/20000/200000 Lux.
- έχει βασική ακρίβεια  $\pm 3\%$  rdg ή  $\pm 0,5\%$  f.s. για μετρήσεις  $< 10,000$  Lux , και  $\pm 4\%$  rdg ή  $\pm 10$  dgts για μετρήσεις  $> 10,000$  Lux
- ο αισθητήρας έχει γρήγορη απόκριση 2 φορές / δευτερόλεπτο.



**Εικόνα 4.4.5:** Φορητή συσκευή μέτρησης φωτισμού.

#### **4.4.6 Μέτρηση ποσοστού νωπού αέρα.**

Οι μετρήσεις του ποσοστού νωπού αέρα στα υπό μελέτη κτίρια έγιναν με τη βοήθεια του φορητού οργάνου Telaire 7001 (Εικόνα 4.4.6).

##### Προδιαγραφές Μηχανήματος

- μέτρηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> (0 έως 4000 ppm),
- έχει βασική ακρίβεια  $\pm 50$  ppm ή 5% της ανάγνωσης, όποιο είναι μεγαλύτερο για τη μέτρηση
- Ευαισθησία:  $\pm 1$  ppm
- Επαναληψιμότητα:  $\pm 20$  ppm
- Εξάρτηση Θερμοκρασίας:  $\pm 0,1\%$  της ανάγνωσης ανά °C· ή  $\pm 2$  ppm ανά °C, όποιο είναι μεγαλύτερο, γίνεται αναφορά στους 25° C



**Εικόνα 4.4.6:** Φορητή συσκευή μέτρησης ποσοστού νερού αέρα (Πηγή: <http://www.microdaq.com/telaire/freeair.php> )

# Κεφάλαιο Πέμπτο

## Αποτελέσματα

### 5.1. Κριτική αξιολόγηση αποτελεσμάτων της ποιότητας του εσωτερικού αέρα στο κυπριακό μουσείο όσο αφορά το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου.

Στο κεφάλαιο αυτό πρώτα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου όσον αφορά το σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου για το κυπριακό μουσείο και έπειτα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το ποσοστό του νωπού αέρα που υπάρχει στο εν λόγω κτίριο.

Αρχικά θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα του Α΄ Μέρους που αφορούν τα δημογραφικά στοιχεία των εργαζόμενων που συμμετείχαν στην έρευνα., πίνακας 5.1.

**Πίνακας 5.1 :** Δημογραφικά στοιχεία των εργαζομένων που συμμετείχαν στην έρευνα.

---

	%
Αντρες	75
Γυναίκες	25
Μορφωτικό Επίπεδο:	
Δημοτικό	0
Γυμνάσιο	8,3
Λύκειο	58

---

Απόφοιτος Πανεπιστημίου	8,3
Απόφοιτος Κολλεγίου	25
Μεταπτυχιακές σπουδές	0
Διδακτορικό	0
Ηλικία :	
< 25	8,3
26 – 35	8,3
36 – 45	16,6
46 – 55	33,4
>55	16,6

Από τον πιο πάνω πίνακα φαίνεται ξεκάθαρα ότι το δείγμα αποτελούν πολύ λίγες γυναίκες (25%) και περισσότεροι άντρες (75%). Ποσοστό 58% του δείγματος, αποτελούν εργαζόμενοι που έχουν τελειώσει μόνο το λύκειο, 25% είναι απόφοιτοι κολλεγίου και πολύ μικρό ποσοστό του δείγματος, 8,3%, είναι κάτοχοι πανεπιστημιακού πτυχίου.

Ποσοστό 33,4 % του δείγματος μας, αντιπροσωπεύουν οι ηλικίες των 46 μέχρι 55 και αντίστοιχο ποσοστό οι ηλικίες μεγαλύτερες των 55 χρόνων, 16,6% είναι ηλικίας από τα 36 μέχρι τα 45, ενώ μόλις το 8,3% από 26 μέχρι τα 35 και αντίστοιχο ποσοστό για ηλικίες μικρότερες των 25 χρόνων.

Στον πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του Β' Μέρους, του ερωτηματολογίου για τις ερωτήσεις ένα μέχρι οκτώ οι οποίες σχετίζονται με το χώρο εργασίας στο κτίριο του κυπριακού μουσείου.



**Πίνακας 5.2 :** Συνθήκες χώρου εργασίας στο κτίριο του κυπριακού μουσείου.

<b>Ερώτηση 1</b>	Πόσα άτομα μοιράζονται τον ίδιο χώρο εργασίας;			
Απάντηση	Έχω τον δικό μου χώρο	2 - 4 άτομα	5 – 10 άτομα	10+ άτομα
Ποσοστό %	0	58	0	42
<b>Ερώτηση 2</b>	Πόσες ώρες μένετε στο κτίριο;			
Απάντηση	Έως 4 ώρες	4 – 6 ώρες	6 – 8 ώρες	8+ ώρες
Ποσοστό %	0	0	100	0
<b>Ερώτηση 3</b>	Η θέρμανση του χώρου σας γίνεται με:			
Απάντηση	Με κεντρική θέρμανση	Κεντρική μονάδα κλιματισμού	Κλιματιστικά (Air Condition)	Άλλο (Διευκρινίστε)
Ποσοστό %	0	0	100	0
<b>Ερώτηση 4</b>	Κάθε πότε καθαρίζεται το κτίριο;			
Απάντηση	Καθημερινά	Κάθε 1 -2 μέρες	2 φορές την εβδομάδα	Άλλο (Διευκρινίστε)
Ποσοστό %	83	8	8	0
<b>Ερώτηση 5</b>	Χρησιμοποιείτε χημικές Α Ύλες;			
Απάντηση	Ποτέ	Μόνο περιστασιακά	Μερικές φορές	Συχνά
Ποσοστό %	42	0	0	58
<b>Ερώτηση 6</b>	Κάθε πότε γίνεται απολύμανση του χώρου;			
Απάντηση	Ποτέ	1 φορά το χρόνο	Κάθε 6 μήνες	Κάθε 3 μήνες
Ποσοστό %	92	0	8	0
<b>Ερώτηση 7</b>	Υπάρχουν αποθηκευμένα υλικά καθαρισμού στον χώρο;			
Απάντηση	Ποτέ	Μόνο περιστασιακά	Μερικές φορές	Συχνά
Ποσοστό %	41	0	17	42
<b>Ερώτηση 8</b>	Κάθε πότε συντηρείτε τα κλιματιστικά;			
Απάντηση	Ποτέ	Κάθε 2 έτη	Κάθε 1 έτος	Κάθε 6 μήνες
Ποσοστό %	60	8	24	8

Με βάση τον πιο πάνω πίνακα φαίνεται ξεκάθαρα ότι σχεδόν όλοι οι εργαζόμενοι, εργάζονται από έξι μέχρι οκτώ ώρες. Επίσης είναι προφανές ότι η θέρμανση του χώρου γίνεται με κλιματιστικά. Ποσοστό 83% δήλωσε ότι το κτίριο καθαρίζεται καθημερινά και σχεδόν οι μισοί δηλώσανε ότι ποτέ δεν χρησιμοποιούνται χημικές Α' ύλης, ενώ οι άλλοι μισοί του δείγματος δηλώσανε ότι γίνεται χρήση χημικών Α' υλών συχνά. Όσο αφορά την απολύμανση του χώρου το 92% συμφώνησαν ότι κάτι τέτοιο δεν γίνεται ποτέ. Διαφαίνεται επίσης ότι υπάρχει μια μικρή άγνοια αν υπάρχουν αποθηκευμένα υλικά καθαρισμού στο χώρο μιας και το 41 % δήλωσε ποτέ, το 17% μερικές φορές και το 42 % συχνά. Το 60 % του δείγματος υποστηρίζουν επίσης ότι ποτέ δεν γίνεται συντήρηση των κλιματιστικών ενώ το 26 % ότι γίνεται κάθε έτος.

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του Γ' Μέρους του ερωτηματολογίου για τις ερωτήσεις εννέα μέχρι δεκαέξι όπου αναφέρονται στα πιθανά συμπτώματα του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου.

**Πίνακας 5.3 :** Συμπτώματα του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου.

Συμπτώματα	Ποτέ	Ποσοστό %		
		Μόνο περιστασιακά	Μερικές φορές	Συχνά
<b>9.</b> Αισθάνεστε ζαλάδες όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;	17	25	42	16
<b>10.</b> Έχετε την αίσθηση της κόπωσης όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;	0	42	50	8
<b>11.</b> Νιώθετε ερεθισμό στα μάτια όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;	17	50	25	8
<b>12.</b> Νιώθετε ερεθισμό στο δέρμα όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;	33	50	17	0
<b>13.</b> Έχετε ξερόβηχα όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;	8	58	26	8
<b>14.</b> Φταρνίζεστε όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;	17	50	25	8
<b>15.</b> Έχετε την αίσθηση της απώλειας συγκέντρωσης;	34	0	58	8

16. Όταν απομακρύνεστε από τον χώρο νιώθετε καλύτερα;	8	8	8	76
---	---	---	---	----

Από τον πίνακα 5.3 διαφαίνεται ότι η μεγάλη πλειοψηφία των εργαζομένων μερικές φορές ή περιστασιακά παρουσιάζουν ορισμένα από τα συμπτώματα του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου. Ποσοστό 84% των εργαζόμενων υποστήριξαν ότι αισθάνονται ζαλάδες όταν βρίσκονται μέσα στο χώρο είτε συχνά είτε περιστασιακά είτε μερικές φορές. Αξιοσημείωτο δε, αποτελεί το γεγονός ότι το ποσοστό 92% έχει την αίσθηση της κόπωσης μερικές φορές και περιστασιακά όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο. Το 75 % του δείγματος δήλωσε ότι περιστασιακά και μερικές φορές νιώθει ερεθισμό στα μάτια όταν βρίσκετε μέσα στο χώρο και το 67 % στο δέρμα όταν βρίσκετε μέσα στο χώρο. Επίσης το 82 % δήλωσε ότι περιστασιακά και μερικές φορές έχει ξερόβηχα και το 75 % ότι φταρνίζετε όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο. Επιπρόσθετα, ποσοστό 58% δήλωσε ότι παρουσιάζει την αίσθηση της απώλειας συγκέντρωσης μερικές φορές όταν βρίσκεται μέσα στο κτίριο. Τέλος, σχεδόν όλοι οι εργαζόμενοι, 75%, συμφωνούν ότι όταν απομακρύνονται από το χώρο νιώθουν καλύτερα.

Στον πίνακα 5.4 και πίνακα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του Δ' Μέρους του ερωτηματολογίου για τις ερωτήσεις δεκαεπτά και δεκαοκτώ αντίστοιχα όπου αναφέρονται οι ιδανικές συνθήκες - χαρακτηριστικά που επιθυμούν οι εργαζόμενοι να επικρατούν στο χώρο εργασίας για να είναι ευχάριστος και κατά πόσο οι εργαζόμενοι είναι ικανοποιημένοι με τις υφιστάμενες συνθήκες.

**Πίνακας 5.4 :** Χαρακτηριστικά που είναι τα σημαντικότερα έτσι ώστε ο χώρος εργασίας να είναι ευχάριστος

17. Σημειώστε 3 από τα παρακάτω χαρακτηριστικά που είναι τα σημαντικότερα κατά την γνώμη σας έτσι ώστε ο χώρος εργασίας σας να είναι ευχάριστος. (σημειώστε από 1 έως 3, με το 1 να είναι το πιο σημαντικό).

Μονάδες	Κατάλληλη θερμοκρασία	Ησυχία	Σωστός φωτισμός	Απομόνωση	Σωστός αερισμός	Άνεση χώρου	Παράθυρα	Εξωτερική θέα	Γενικό περιβάλλον (χρώματα, διακόσμηση)	Άλλο (Διευκρινίστε)
	17	0	15	2	21	6	11	0	0	0

Τα αποτελέσματα του πίνακα 5.4 δείχνουν, πως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό έτσι ώστε ο χώρος εργασίας των εργαζόμενων να είναι ευχάριστος είναι ο σωστός αερισμός, δεύτερο η κατάλληλη θερμοκρασία, τρίτο ο σωστός φωτισμός και τέταρτο τα παράθυρα.

**Πίνακας 5.5 :** Ικανοποίηση των εργαζόμενων με τις υφιστάμενες συνθήκες.

---

**18.** Πόσο ικανοποιημένοι είστε με τα ακόλουθα θέματα στον χώρο εργασίας σας;

	1. Πολύ ικανοποιημένος/ η %	2. Κάπως ικανοποιημένος / η %	3. Αδιάφορος / η %	4. Κάπως δυσανεστημένος/ η %	5. Πολύ δυσανεστημένος/ η %
A. Φωτισμός	25	58	8	8	0
B. Επίπεδο θορύβων	17	33	25	25	0
Γ. Οσμές	25	17	17	8	33
Δ. Εξαερισμός	0	17	0	42	42
Ε. Θερμοκρασία	8	33	0	25	33
Στ. Μέγεθος παραθύρων	17	8	0	42	33
Z. Απομόνωση	25	8	8	42	17
Η. Άνεση χώρου	8	25	17	33	17
Θ. Εξωτερική θέα	0	33	17	17	33
Ι. Γενικό περιβάλλον	17	33	17	8	25

---

Ποσοστό λίγο περισσότερο από τους μισούς εργαζόμενους του δείγματος, 58%, δηλώνουν κάπως ικανοποιημένοι από το φωτισμό, ενώ ποσοστό 25 %, πολύ ικανοποιημένοι. Από την άλλη, φαίνεται να δίστανται οι απόψεις σχετικά με το επίπεδο θορύβου στο κτίριο μιας και 17 % δήλωσε πολύ ικανοποιημένος/ η το 33 % κάπως ικανοποιημένος / η, το 25 % αδιάφορος / η και το 25 % κάπως δυσανεστημένος/ η. Επιπρόσθετα, ποσοστό 42% δήλωσε κάπως έως πολύ ικανοποιημένοι όσο αφορά τις οσμές στο κτίριο. Αναφορικά με τον εξαερισμό του κτιρίου ένα μεγάλο ποσοστό του δείγματος της τάξης του 84 % δήλωσε κάπως έως πολύ δυσανεστημένος/η. Διαφαίνεται από τον πιο πάνω πίνακα, ότι μεγάλο ποσοστό, 58% των εργαζόμενων δήλωσε κάπως έως πολύ δυσανεστημένος/η όσο αφορά την Θερμοκρασία, ενώ ποσοστό 33% δήλωσε κάπως ικανοποιημένος/η.

Από την άλλη, φαίνεται να δίστανται οι απόψεις σχετικά με το μέγεθος των παραθύρων μιας και ποσοστό 75 % δήλωσε κάπως έως πολύ δυσαρεστημένος/η και ποσοστό 17 % το αντίθετο δηλαδή πολύ ικανοποιημένος/η. Όσον αφορά την απομόνωση συμφωνούν με ποσοστό 59 %, ότι είναι κάπως έως πολύ δυσαρεστημένος/η και το 25 % δηλώνει πολύ ικανοποιημένος/η. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι στην ερώτηση για την άνεση χώρου ποσοστό 50 % δηλώνει κάπως έως πολύ δυσαρεστημένος/η και ποσοστό 17 % δηλώνει αδιάφορος/η. Περίπου με τα ίδιο ποσοστά απάντησαν και στις ερωτήσεις σχετικά με την εξωτερική θεά και το γενικό περιβάλλον.

Σε παλαιότερες μετρήσεις του τμήματος επιθεώρησης εργασίας όσον αφορά την ποσότητα του νωπού αέρα στο μουσείο παρατηρήθηκε ότι η παροχή αέρα ανά δευτερόλεπτο ανά άτομο κυμαινόταν από 6,4 μέχρι 12,1 l/s/p όταν στους χώρους του μουσείου παρευρίσκονταν μόνο μερικά άτομα. Σε πρόσφατες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της εν λόγω μεταπτυχιακής διατριβής η παροχή αέρα ανά δευτερόλεπτο ανά άτομο κυμαινόταν από 42,4 μέχρι 58 l/s/p. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων όσο αφορά την ποιότητα του αέρα για διάφορους αέριους ρύπους παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 5.2.1.

## **5.2. Κριτική Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα όσο αφορά την προστασία των εκθεμάτων.**

Για την ανάλυση της ποιότητας του αέρα έχουν πραγματοποιηθεί πειραματικές μετρήσεις που αφορούν τις μετρήσεις της συγκέντρωσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), των αιωρούμενων σωματιδίων (PM1, PM2,5, PM7, PM10), της θερμοκρασίας, της υγρασίας και διάφορων άλλων αέριων ρύπων όπως όζον (O<sub>3</sub>), Μονοξείδιο και διοξείδιο του Αζώτου (NO & NO<sub>2</sub>), Βενζόλιο (BEN) ,διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>), Τολουόλιο (TOL), Αιθανόλη (ETH), Ξυλένιο (XYL), Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και Υδρόθειο (H<sub>2</sub>S).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα σε τρεις διαφορετικές εποχές , Φθινόπωρο ( Νοέμβριο), Χειμώνα (Δεκέμβριο) και Άνοιξη (Μάρτιο- Απρίλιο). Οι

μετρήσεις έγιναν σε δύο συνεχόμενες βδομάδες για κάθε εποχή με συχνότητα δύο φορές την εβδομάδα, πρωί και απόγευμα. Επίσης πραγματοποιήθηκαν πειραματικές εξωτερικές μετρήσεις και στα δύο μουσεία για να μπορεί να γίνει σύγκριση της εξωτερικής και εσωτερικής ποιότητας του αέρα.

Για όλες τις μετρήσεις στο σύνολο μετρήθηκαν δεκαοκτώ παράγοντες σχετικοί με την ποιότητα του αέρα. Λόγω του ότι στο εν λόγω κεφάλαιο είναι πρακτικά αδύνατο να παρουσιαστούν όλοι οι παράγοντες και τα σχετικά διαγράμματα επιλέχθηκαν μόνο οι οκτώ κύριοι παράγοντες που με βάση τους οποίους και στηριζόμενοι στη βιβλιογραφία είναι αυτοί που επηρεάζουν άμεσα την ασφάλεια των εκθεμάτων και γενικά καθορίζουν την ποιότητα του αέρα. Επίσης μπορούμε στηριζόμενοι στην υφιστάμενη βιβλιογραφία να καταλήξουμε σε κάποια συμπεράσματα. Όλοι οι σχετικοί πίνακες όπου αναφέρονται όλοι οι παράγοντες και τα σχετικά διαγράμματα βρίσκονται στο Παράρτημα Α.

Τόσο στο βυζαντινό όσο και στο κυπριακό μουσείο τα επίπεδα φωτός βρέθηκαν κάτω από το όριο των 50 lux που προτείνονται στην βιβλιογραφία ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των εκθεμάτων από την φθορά.

Η ποιότητα του αέρα δεν μπορεί να καθοριστεί από ένα μόνο παράγοντα λόγο του ότι για κάθε υλικό – έκθεμα ισχύουν διαφορετικά δεδομένα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί τεράστιες δυσκολίες στο να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση. Τα συμπεράσματα θα βασιστούν αποκλειστικά στην υφιστάμενη βιβλιογραφία και στις κατευθυντήριες γραμμές που προτείνονται από διάφορους διεθνείς αναγνωρισμένους οργανισμούς, π.χ. ASHRAE.

Οι παράγοντες που επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν στο εν λόγω κεφάλαιο είναι:

- Διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>),
- Συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων ( PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>7</sub>, PM<sub>10</sub>, TSP),
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Όζον (O<sub>3</sub>)
- Διοξείδιο του Αζώτου (NO<sub>2</sub>),
- Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>) και
- Υδρόθειο H<sub>2</sub>S.

### 5.2.1. Ανάλυση μετρήσεων για την ποιότητα του αέρα για το κτίριο του κυπριακού μουσείου.

Στη συνέχεια για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων έχουν δημιουργηθεί τα πιο κάτω αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.6- 5.11 .

**Πίνακας 5.6:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις Δυτικές αίθουσες (I ,XIV) του Κυπριακού Μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μέσος όρος μετρήσεων	φθινόπωρο	χειμώνας	άνοιξη	φθινόπωρο	χειμώνας	άνοιξη
	Πρωί	Πρωί	Πρωί	Απόγευμα	Απόγευμα	Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	21,80	19,10	22,47	22,38	22,26	22,75
Σχετικής υγρασίας %	49,53	47,54	44,47	49,28	39,92	35,15
CO <sub>2</sub> ppm	664,33	657,80	718,67	698,25	631,00	784,00
SO <sub>2</sub> ppb	4,33	6,00	5,67	4,25	5,60	3,25
NO <sub>2</sub> ppb	7,33	51,60	19,67	11,00	20,00	0,00
O <sub>3</sub> ppb	62,67	82,60	85,00	61,50	83,00	56,50
H <sub>2</sub> S ppb	0,67	0,00	0,33	0,25	0,00	2,50
PM <sub>2.5</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
PM <sub>7</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02
PM <sub>10</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,02	0,05	0,01	0,03

**Πίνακας 5.7:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις ανατολικές αίθουσες (V, IV) βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή.

Μέσος όρος μετρήσεων	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
				Απόγευμα	Απόγευμα	Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	22,00	23,50	21,32	22,55	24,36	23,71
Σχετικής υγρασίας %	45,00	41,37	42,62	49,65	32,33	29,04
CO <sub>2</sub> ppm	620,00	652,67	624,83	750,00	574,14	784,25
SO <sub>2</sub> ppb	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	3,63
NO <sub>2</sub> ppb	13,00	54,00	28,00	13,00	38,43	0,00
OZO ppb	68,50	89,33	94,00	67,00	94,71	69,13
H <sub>2</sub> S ppb	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25
PM <sub>2.5</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
PM <sub>7</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
PM <sub>10</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03

**Πίνακας 5.8:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις δυτικές ( I ,XIV) του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές ώρες.

Μετρήσεις Δυτικές Αίθουσες	Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο
	Πρωί	Πρωί	Πρωί	Πρωί
Θερμοκρασίας °C	22,04	1,84	20,00	25,50
Σχετικής υγρασίας %	42,71	7,12	28,30	55,00
CO <sub>2</sub> ppm	631,55	48,47	555,00	684,00
SO <sub>2</sub> ppb	5,82	0,57	5,00	7,00
NO ppb	0,00	0,00	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	32,36	25,38	0,00	70,00
OZO ppb	88,09	12,71	60,00	109,00
H <sub>2</sub> S ppb	0,09	0,29	0,00	1,00



PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,05
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,06
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	0,01	0,07

**Πίνακας 5.9:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις δυτικές αίθουσες (I ,XIV) του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις απογευματινές ώρες.

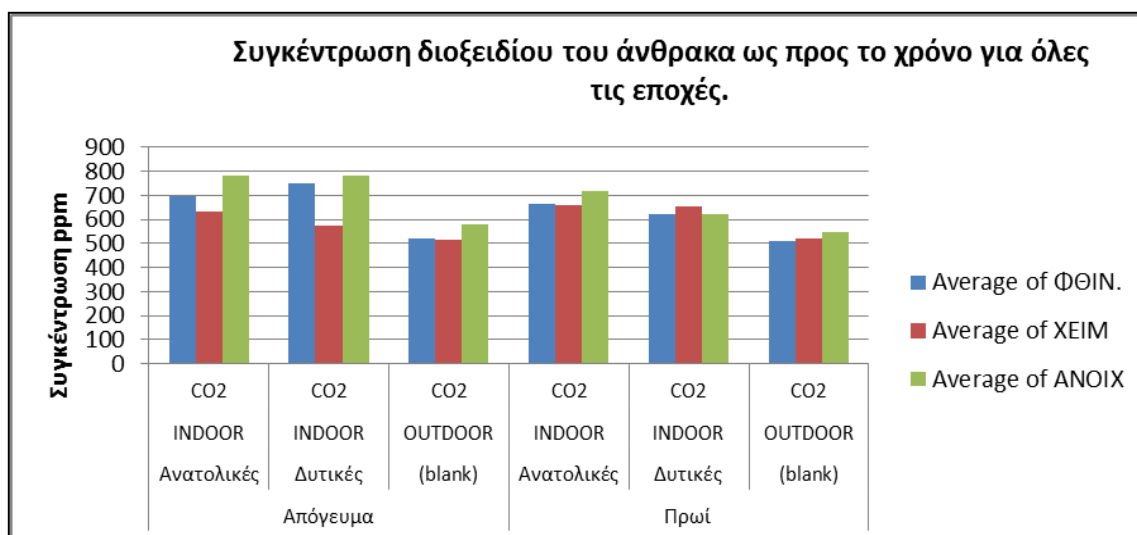
Μετρήσεις Δυτικές Αίθουσες	Μέσος όρος Απόγευμα	Τυπική Απόκλιση Απόγευμα	Ελάχιστο Απόγευμα	Μέγιστο Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	23,84	2,16	19,40	28,50
Σχετικής υγρασίας %	32,82	8,21	16,00	51,00
CO <sub>2</sub> ppm	693,71	125,37	520,00	900,00
SO <sub>2</sub> ppb	4,76	1,31	3,00	7,00
NO ppb	0,00	0,00	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	17,35	23,42	0,00	71,00
OZO ppb	79,41	17,06	55,00	125,00
H <sub>2</sub> S ppb	1,06	1,21	0,00	3,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,00	0,04
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,00	0,04
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,05

**Πίνακας 5.10:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις ανατολικές αίθουσες (V, IV) του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις απογευματινές ώρες.

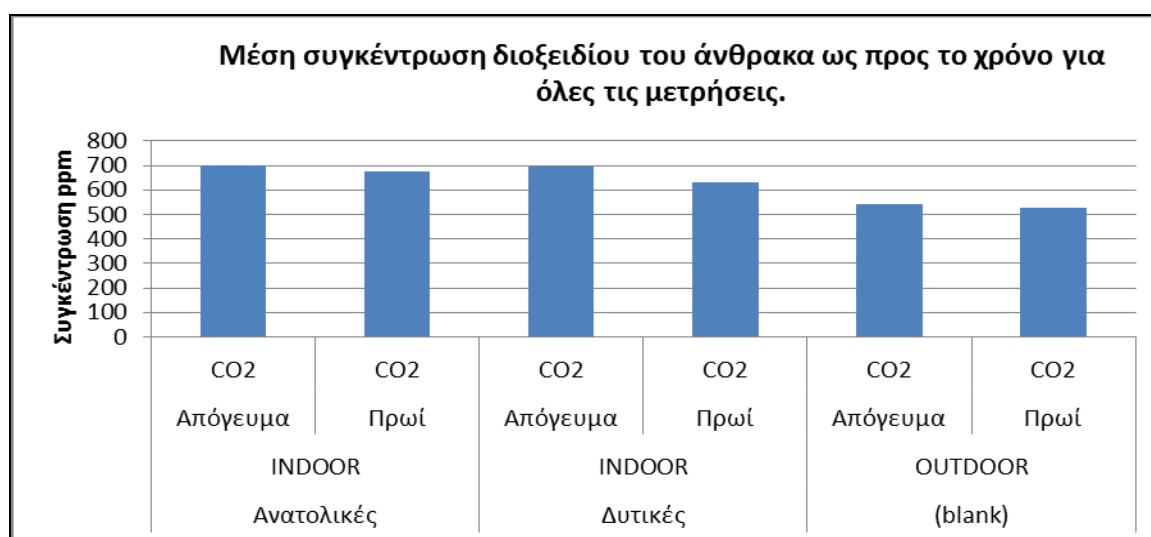
Μετρήσεις Ανατολικές Αίθουσες	Μέσος όρος Απόγευμα	Τυπική Απόκλιση Απόγευμα	Ελάχιστο Απόγευμα	Μέγιστο
Θερμοκρασίας °C	22,45	1,39	20,00	25,00
Σχετικής υγρασίας %	41,33	7,02	27,00	51,60
CO <sub>2</sub> ppm	698,77	116,88	545,00	954,00
SO <sub>2</sub> ppb	4,46	1,08	3,00	6,00
NO <sub>2</sub> ppb	11,08	13,91	0,00	43,00
OZO ppb	68,23	14,46	43,00	100,00
H <sub>2</sub> S ppb	0,85	1,17	0,00	3,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,05
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,01	0,06
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	0,01	0,07

**Πίνακας 5.11:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις ανατολικές αίθουσες (V, IV) του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές ώρες.

Μετρήσεις Ανατολικές Αίθουσες	Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο
	Πρωί	Πρωί	Πρωί	Πρωί
Θερμοκρασίας °C	20,75	2,31	17,50	26,40
Σχετικής υγρασίας %	47,25	5,76	34,30	56,30
CO <sub>2</sub> ppm	676,18	100,53	575,00	916,00
SO <sub>2</sub> ppb	5,45	0,99	4,00	7,00
NO <sub>2</sub> ppb	30,82	24,77	0,00	72,00
OZO ppb	77,82	12,35	54,00	99,00
H <sub>2</sub> S ppb	0,27	0,45	0,00	1,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,02
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,00	0,07
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,05
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	0,01	0,10

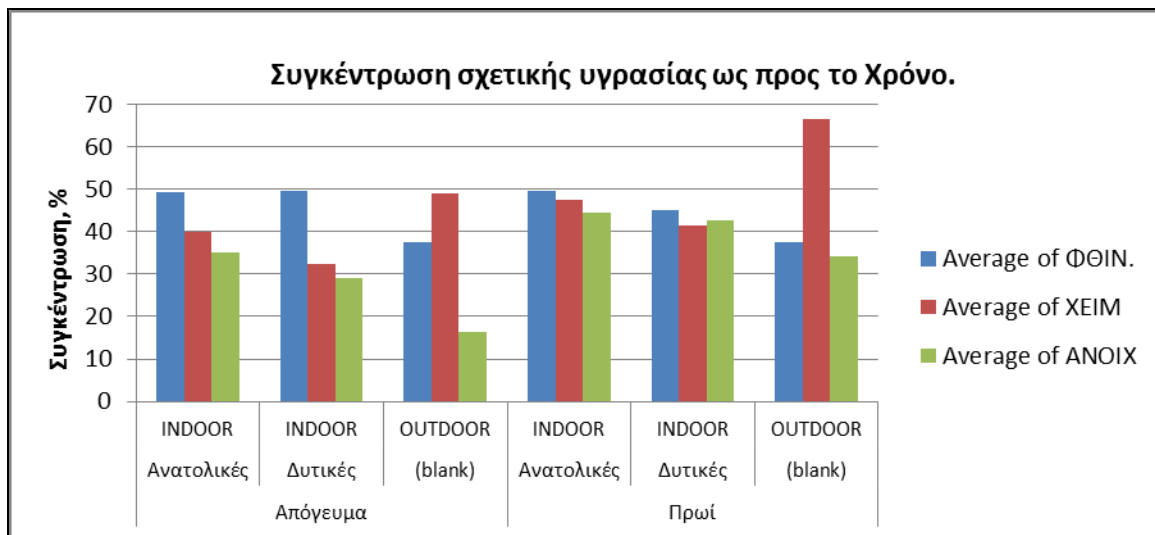


**Διάγραμμα 5.1:** Μέσος όρος συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.

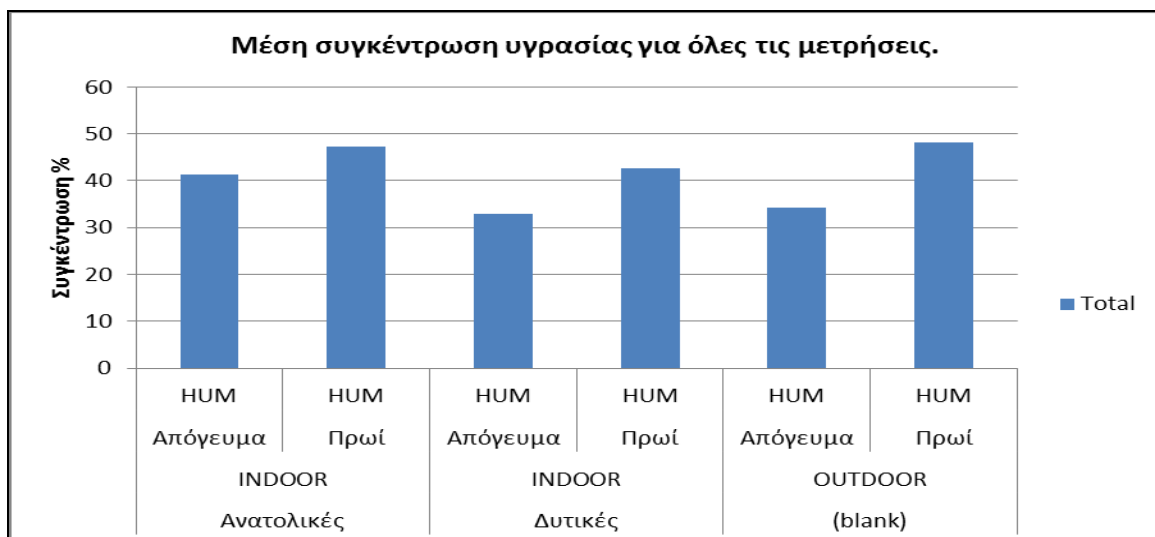


**Διάγραμμα 5.2:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.1 παρατηρείται ότι το διοξείδιο του άνθρακα κατά τους μήνες της άνοιξης, τόσο το πρωί όσο και το απόγευμα βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τις άλλες εποχές. Βάση του Διαγράμματος 5.2 είναι εμφανές ότι σε όλους τις περιπτώσεις το διοξείδιο του άνθρακα εξωτερικά είναι σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις απ' ότι εσωτερικά του κυπριακού μουσείου.



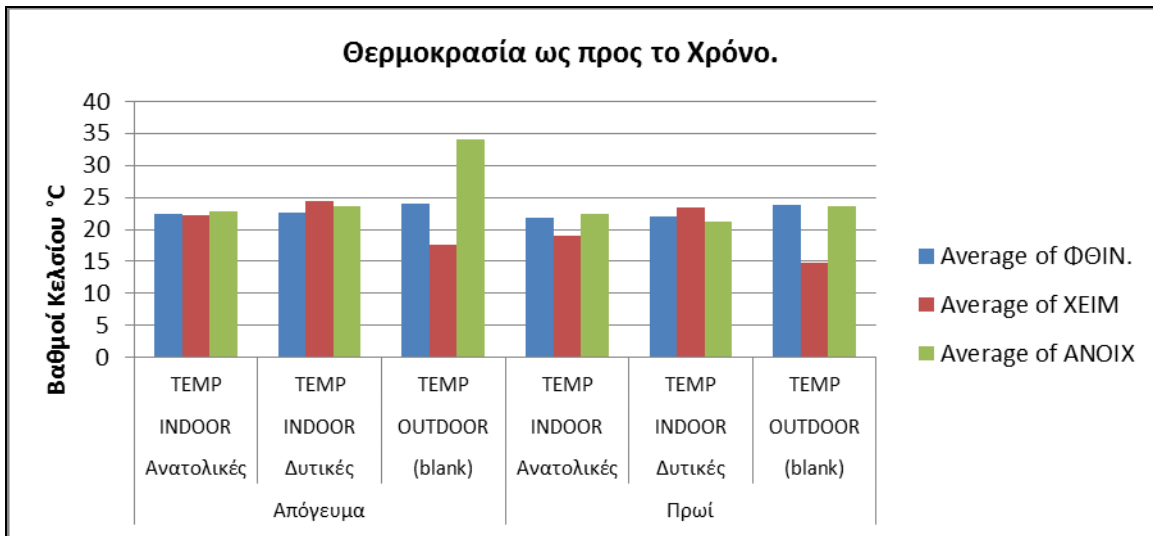
**Διάγραμμα 5.3:** Μέσος όρος υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.



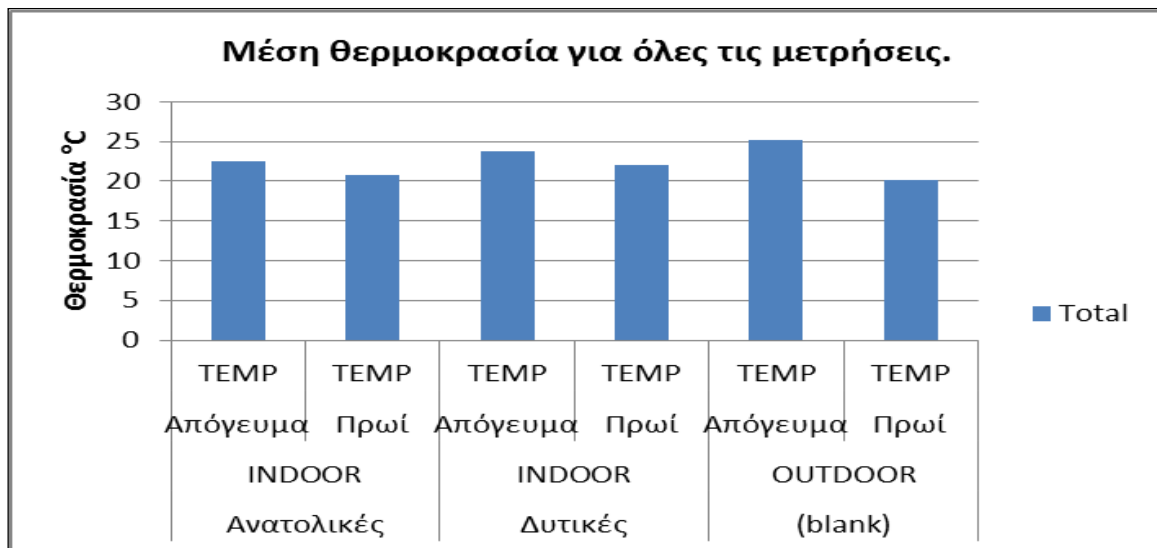
**Διάγραμμα 5.4:** Μέσος όρος υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.3 παρουσιάζεται ο μέσος όρος συγκέντρωσης της σχετικής υγρασίας προς τον χρόνο για τις τρεις εποχές. Παρατηρείται ότι η υγρασία εσωτερικά του μουσείου κυμαίνεται μεταξύ του 30% - 50%. Υπάρχει μία αύξηση της υγρασίας εσωτερικά κατά το Φθινόπωρο ενώ εξωτερικά παρατηρείται να έχουμε αύξηση της υγρασίας κατά το Χειμώνα. Στο Διάγραμμα 5.4 όπου παρουσιάζεται ο μέσος όρος υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του

κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές παρατηρούμε ότι τόσο στις δυτικές όσο και στις ανατολικές αίθουσες η σχετική υγρασία το πρωί είναι ψηλότερη από ότι το απόγευμα



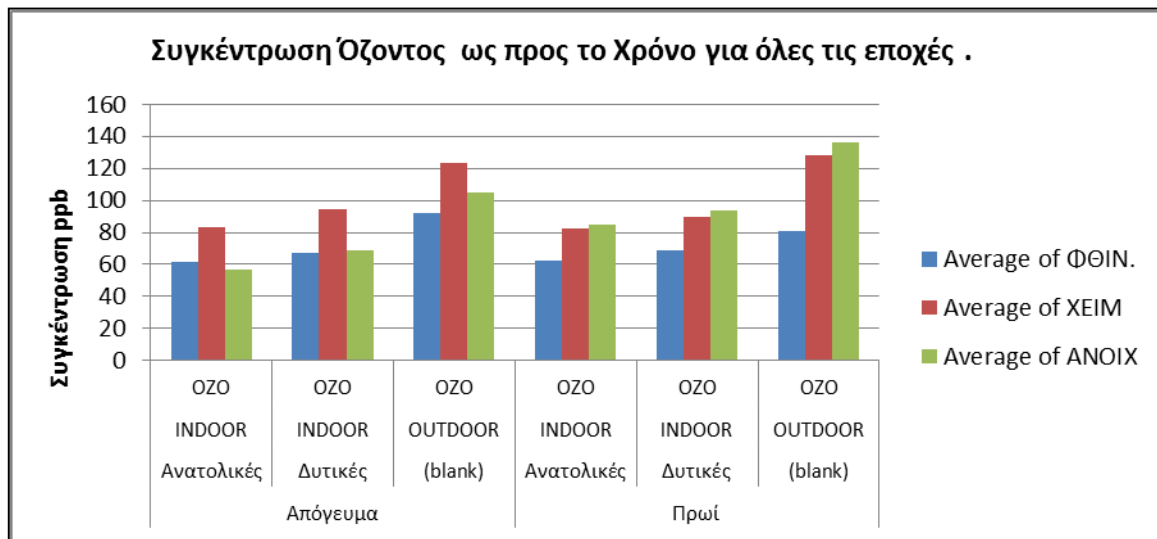
**Διάγραμμα 5.5:** Μέσος όρος θερμοκρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.



**Διάγραμμα 5.6:** Μέσος όρος θερμοκρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του Κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.5 παρουσιάζεται ο μέσος όρος της θερμοκρασίας προς το χρόνο για τις τρεις εποχές και παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται κατά τις πρωινές ώρες στις δυτικές αίθουσες από 20°C -23°C και στις ανατολικές αίθουσες από 18°C -23°C, ενώ κατά τις απογευματινές ώρες παρατηρούμε ότι στις δυτικές αίθουσες η θερμοκρασία κυμαίνεται από 21°C -25°C και στις ανατολικές αίθουσες από 21°C -23°C. Με βάση το Διάγραμμα 5.6 συμπεραίνουμε ότι η μέση θερμοκρασία στις δυτικές αίθουσες είναι ψηλότερη

από ότι στις ανατολικές αίθουσες, τόσο το πρωί όσο και το απόγευμα, επίσης η μέση θερμοκρασία το απόγευμα είναι υψηλότερη από ότι το πρωί.

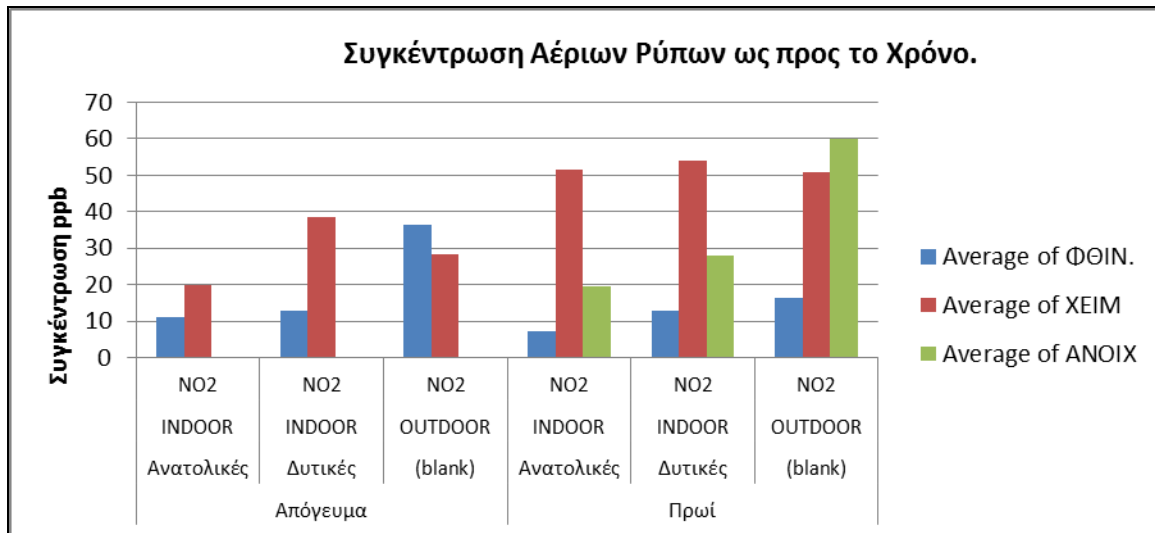


**Διάγραμμα 5.7:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του όζοντος εσωτερικά και εξωτερικά του Κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.

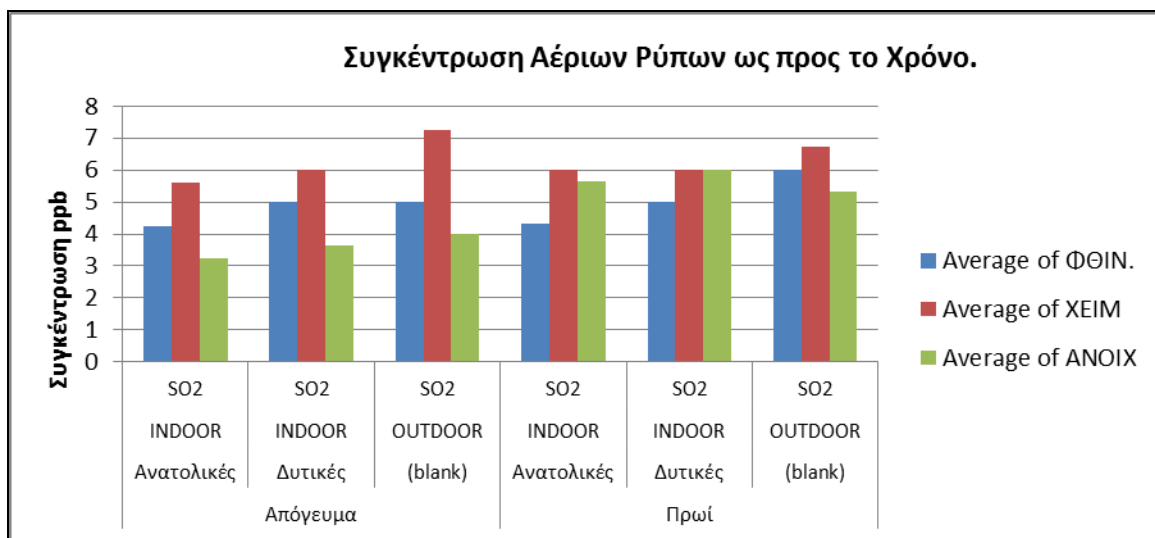


**Διάγραμμα 5.8:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του όζοντος εσωτερικά και εξωτερικά του Κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

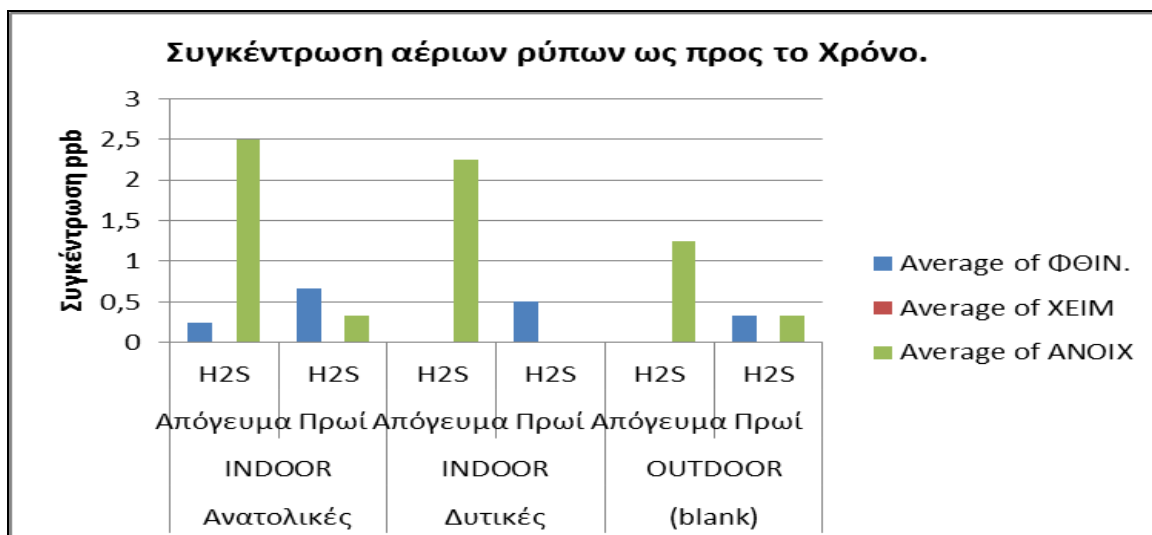
Στα Διαγράμματα 5.7 και 5.8 όπου παρουσιάζεται η τάση για το όζον παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις εσωτερικά του μουσείου κυμαίνονται όλες από 60 -85 ppb. Το απόγευμα το όζον βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια του χειμώνα ενώ το πρωί οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται την Άνοιξη. Εξωτερικά το Όζον παρουσιάζεται να υπάρχει σε υψηλότερες συγκεντρώσεις απ' ότι εσωτερικά.



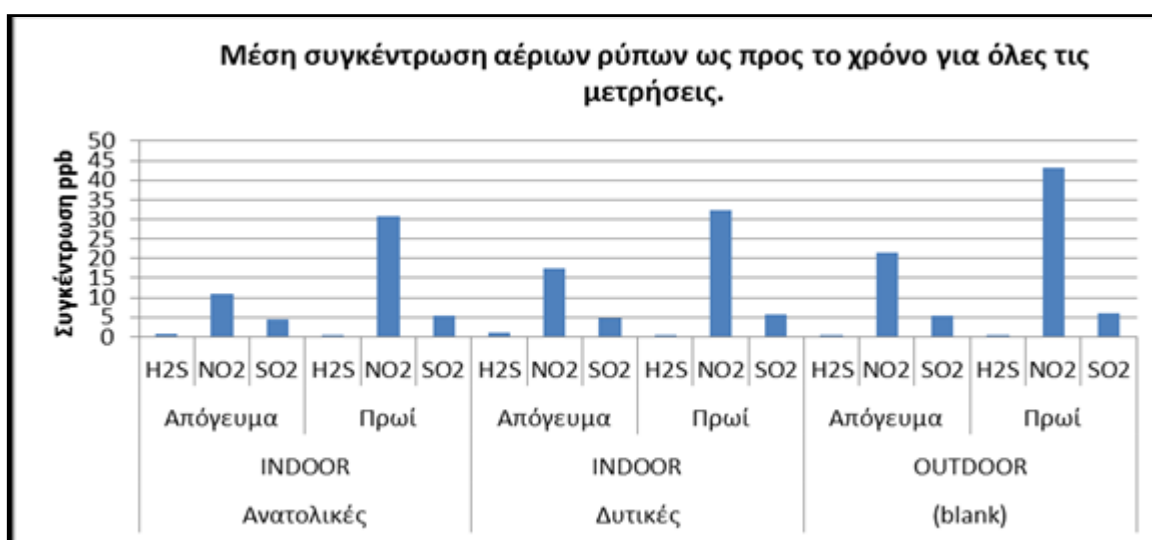
**Διάγραμμα 5.9:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του αέριου ρύπου NO<sub>2</sub> εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές



**Διάγραμμα 5.10:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του αέριου ρύπου SO<sub>2</sub> εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές



**Διάγραμμα 5.11:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του αέριου ρύπου H<sub>2</sub>S εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.

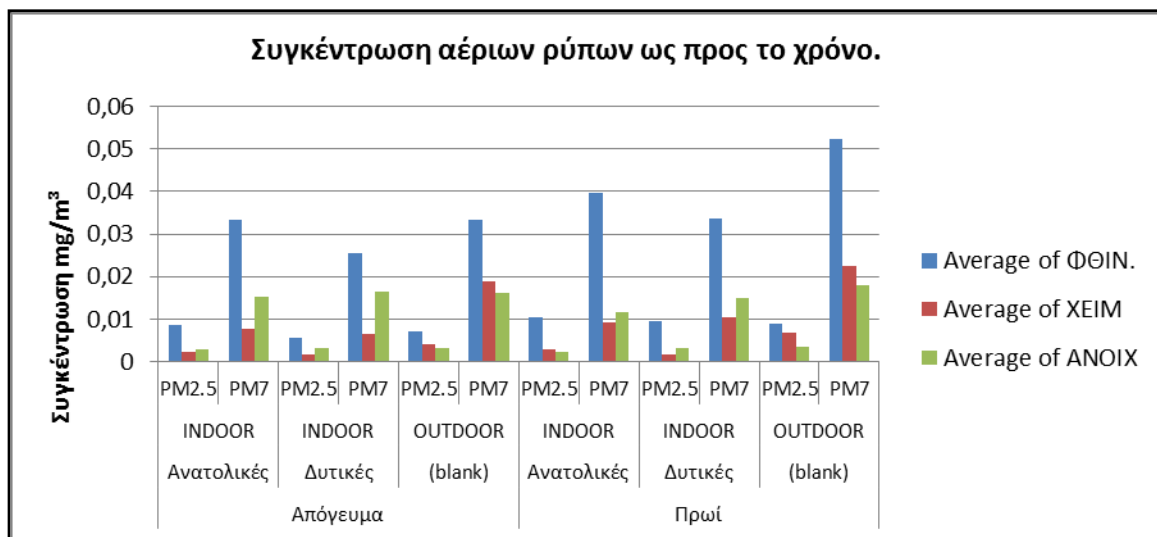


**Διάγραμμα 5.12:** Μέσος όρος συγκέντρωσης των αερίων ρύπων NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στα Διαγράμματα 5.9 μέχρι 5.11 παρουσιάζεται η τάση για το διοξείδιο του Αζώτου, NO<sub>2</sub>, για το διοξείδιο του Θείου, SO<sub>2</sub> και του Υδρόθειου, H<sub>2</sub>S, για τις τρεις εποχές του χρόνου. Στο Διάγραμμα 5.12 παρουσιάζεται ο μέσος όρος συγκέντρωσης των τριών αερίων ρύπων NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S εσωτερικά και εξωτερικά του Κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.



Για το διοξείδιο του αζώτου όλες οι προαναφερθέντες συγκεντρώσεις εσωτερικά είναι κάτω από 55 ppb, ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται το χειμώνα. Επίσης κατά τις πρωινές ώρες παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις από ότι τις απογευματινές ώρες. Οι συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> που καταγράφονται στο εσωτερικό του μουσείου τις πρωινές ώρες κυμαίνονται μεταξύ 4 - 6 ppb, ενώ τις απογευματινές ώρες κυμαίνονται μεταξύ 3 - 6 ppb. Επίσης την άνοιξη παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες το πρωί από ότι τις απογευματινές ώρες. Όσο αφορά το υδρόθειο, H<sub>2</sub>S όλες οι αναφερθέντες συγκεντρώσεις εσωτερικά του μουσείου είναι κάτω από 2,5 ppb ενώ οι ψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται την άνοιξη ενώ το χειμώνα απουσιάζει παντελώς ο ρύπος αυτός από το εσωτερικό και στο εξωτερικό περιβάλλον, επίσης κατά τις απογευματινές ώρες παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις από ότι τις πρωινές ώρες. Δυστυχώς σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούμε, ότι οι εξωτερικές συγκεντρώσεις των τριών ρύπων είναι χαμηλότερες από ότι εσωτερικά του μουσείου.

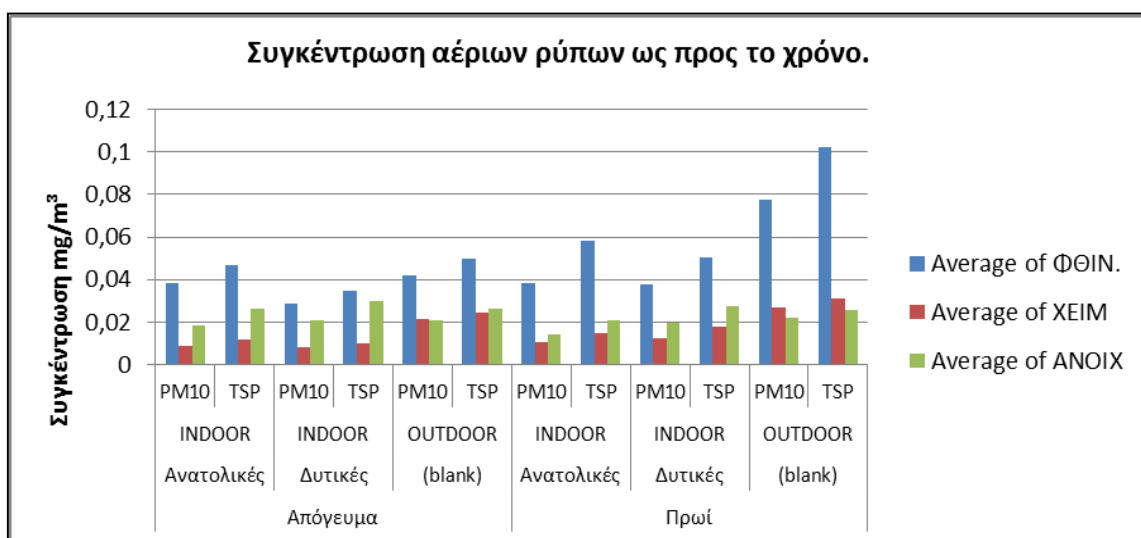


**Διάγραμμα 5.13:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 2.5 και PM 7 εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.



**Διάγραμμα 5.14:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 2.5 και PM 7 εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.13 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> και PM<sub>7</sub> ως προς το χρόνο για τις τρεις εποχές, στο Διάγραμμα 5.14 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> και PM<sub>7</sub> ως προς τον χρόνο για τις όλες τις εποχές. Κατά τους μήνες του φθινοπώρου παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση PM<sub>7</sub> είναι υψηλότερη από ότι τις άλλες εποχές. Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> εσωτερικά του μουσείου είναι για όλες τις εποχές μικρότερη από 0,01 mg/m<sup>3</sup>, ενώ για τα σωματίδια PM<sub>7</sub> η συγκέντρωση κυμαίνεται μεταξύ 0 – 0,04 mg/m<sup>3</sup>. Θετικό είναι ότι τόσο για τα σωματίδια με διάμετρο PM<sub>2,5</sub> όσο και για τα PM<sub>7</sub> η συγκέντρωσή τους εξωτερικά είναι μεγαλύτερη από ότι στο εσωτερικό του μουσείου.



**Διάγραμμα 5.15:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 10 και TSP εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για τις τρεις εποχές.



**Διάγραμμα 5.16:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 10 και TSP εσωτερικά και εξωτερικά του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.15 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM10 και ολικών αιωρούμενων σωματιδίων, TSP, ως προς τον χρόνο για τις τρεις εποχές. Στο Διάγραμμα 5.16 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM10 και ολικών αιωρούμενων σωματιδίων, TSP, ως προς τον χρόνο για όλες τις εποχές. Κατά τους μήνες του φθινοπώρου παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση PM10 και TSP είναι υψηλότερη από ότι τις άλλες εποχές τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά του μουσείου, ενώ κατά τους μήνες του χειμώνα τα εν λόγω σωματίδια εσωτερικά του μουσείου παρουσιάζουν τη μικρότερη συγκέντρωση. Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM10 εσωτερικά του μουσείου είναι για όλες τις εποχές μικρότερη από 0,06 mg/m<sup>3</sup>, ενώ για τα ολικά σωματίδια, TSP, η συγκέντρωση κυμαίνεται μεταξύ 0,01 – 0,06 mg/m<sup>3</sup>. Θετικό είναι ότι τόσο για τα σωματίδια με διάμετρο PM10 όσο και για τα ολικά σωματίδια, TSP, η συγκέντρωσή τους εξωτερικά είναι μεγαλύτερη από ότι στο εσωτερικό του μουσείου.

Στους πίνακες 5.12 και 5.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το λόγο εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων ανά εποχή κατά τις πρωινές ώρες και απογευματινές ώρες αντίστοιχα. Στο πίνακα 5.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το λόγο εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για όλες τις εποχές κατά τις πρωινές ώρες και απογευματινές ώρες.

**Πίνακας 5.12:** Αποτελέσματα μετρήσεων της σχέσης εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων ανά εποχή κατά τις πρωινές ώρες.

Μέτρηση	φθινόπωρο	χειμώνας	άνοιξη	φθινόπωρο	χειμώνας	άνοιξη
	Ανατολικές	Ανατολικές	Ανατολικές	Δυτικές	Δυτικές	Δυτικές
	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες
Θερμοκρασίας °C	0,92	1,30	0,95	0,92	1,60	0,90
Σχετικής υγρασίας %	1,32	0,72	1,30	1,20	0,62	1,25
CO <sub>2</sub> ppm	1,30	1,27	1,31	1,21	1,26	1,14
SO <sub>2</sub> ppb	0,72	0,89	1,06	0,83	0,89	1,13
NO <sub>2</sub> ppb	0,45	1,01	0,33	0,80	1,06	0,47
OZO ppb	0,77	0,64	0,62	0,85	0,70	0,69
H <sub>2</sub> S ppb	2,00	0,00	1,00	1,50	0,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	1,15	0,41	0,64	1,06	0,25	0,86
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,76	0,41	0,65	0,64	0,46	0,83
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,50	0,39	0,65	0,49	0,47	0,89
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,48	0,81	0,49	0,57	1,07

**Πίνακας 5.13:** Αποτελέσματα μετρήσεων της σχέσης εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων ανά εποχή κατά τις απογευματινές ώρες.

Μέτρηση	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
	Ανατολικές	Ανατολικές	Ανατολικές	Δυτικές	Δυτικές	Δυτικές
	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες	αίθουσες
Θερμοκρασίας °C	0,93	1,26	0,67	0,94	1,38	0,70
Σχετικής υγρασίας %	1,31	0,81	2,16	1,32	0,66	1,79
CO <sub>2</sub> ppm	1,34	1,22	1,35	1,43	1,11	1,35
SO <sub>2</sub> ppb	0,85	0,77	0,81	1,00	0,83	0,91
NO <sub>2</sub> ppb	0,30	0,71	0,00	0,36	1,36	0,00
OZO ppb	0,67	0,67	0,54	0,73	0,77	0,66
H <sub>2</sub> S ppb	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,80
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	1,25	0,55	0,92	0,79	0,43	1,04
PM7 mg/m <sup>3</sup>	1,00	0,42	0,94	0,77	0,35	1,01
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,92	0,41	0,88	0,69	0,37	1,01
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,94	0,48	1,01	0,69	0,41	1,14

**Πίνακας 5.14:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων της σχέσης εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

I/O	Ανατολικές αίθουσες Πρωί	Δυτικές αίθουσες Πρωί	Ανατολικές αίθουσες Απόγευμα	Δυτικές αίθουσες Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	1,03	1,09	0,89	0,95
Σχετικής υγρασίας %	0,98	0,89	1,21	0,96
CO <sub>2</sub> ppm	1,28	1,20	1,29	1,28
SO <sub>2</sub> ppb	0,89	0,95	0,82	0,88
NO <sub>2</sub> ppb	0,71	0,75	0,51	0,80
O <sub>3</sub> ppb	0,67	0,76	0,64	0,74
H <sub>2</sub> S ppb	1,36	0,45	2,03	2,54
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,73	0,60	0,94	0,62
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,60	0,57	0,79	0,59
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,52	0,74	0,59
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,57	0,81	0,67

Υψηλή αναλογία εσωτερικού/εξωτερικού, I/O, σημαίνει υψηλή εισροή του εξωτερικού αέρα προς το εσωτερικό του μουσείου και χαμηλή αναλογία I/O αντανάκλα την χαμηλή εισροή, κάτι που είναι και το επιθυμητό να συμβαίνει σ' ένα μουσείο. Οι ρύποι που θα επικεντρωθούμε είναι το όζον, O<sub>3</sub>, το διοξείδιο του αζώτου, NO<sub>2</sub>, το διοξείδιο του θείου, SO<sub>2</sub>, και τις αναλογίες για συγκεντρώσεις κατά μάζα των σωματιδίων διαφόρων διαμέτρων.

Ο εποχιακός συντελεστής του κατά μέσο όρο I/O αναλογίες για τις συγκεντρώσεις του όζοντος, O<sub>3</sub> παρατηρούμε ότι είναι πιο υψηλός στις δυτικές αίθουσες και τον υψηλότερο λόγο τον παρουσιάζει κατά το φθινόπωρο κατά τις πρωινές ώρες και το χειμώνα κατά τις απογευματινές ώρες. Οι αναλογίες του συντελεστή κυμαίνονται από 0,64 – 0,76.

Όσο αφορά το συντελεστή για το διοξείδιο του αζώτου, NO<sub>2</sub>, την μεγαλύτερη αναλογία την βρίσκουμε τις απογευματινές ώρες για τις δυτικές αίθουσες την περίοδο του χειμώνα και η μικρότερη αναλογία παρουσιάζεται την άνοιξη κατά τις απογευματινές ώρες. . Οι αναλογίες του συντελεστή του NO<sub>2</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,51 – 0,80.

Ο μεγαλύτερος εποχιακός συντελεστής I/O για το διοξείδιο του θείου, SO<sub>2</sub>, παρουσιάζετε κατά τις πρωινές ώρες στις δυτικές αίθουσες κατά την περίοδο της άνοιξης. Ο μικρότερος παρουσιάζεται στις ανατολικές αίθουσες κατά τις πρωινές ώρες την περίοδο του φθινοπώρου. Οι αναλογίες του συντελεστή του SO<sub>2</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,82 – 0,95.

Οι υψηλότερες εποχιακές αναλογίες I/O για τις συγκεντρώσεις κατά μάζα των σωματιδίων PM 2,5 παρουσιάζονται κατά τις απογευματινές ώρες στις ανατολικές αίθουσες κατά την περίοδο της άνοιξης και ο χαμηλότερος συντελεστής κατά τις πρωινές ώρες την περίοδο του χειμώνα στις δυτικές αίθουσες. Οι αναλογίες του συντελεστή των PM<sub>2,5</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,6 – 0,94. Όσο αφορά τα χονδροειδή σωματίδια με PM<sub>10</sub>, οι υψηλότερες εποχιακές αναλογίες I/O παρατηρήθηκαν κατά τις απογευματινές ώρες στις ανατολικές αίθουσες κατά την περίοδο της άνοιξης και ο χαμηλότερος συντελεστής κατά τις απογευματινές ώρες την περίοδο του χειμώνα στις δυτικές αίθουσες. Οι αναλογίες του συντελεστή των PM<sub>10</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,49 – 0,74.

### **5.2.2. Ανάλυση μετρήσεων για την ποιότητα του αέρα για το κτίριο του βυζαντινού μουσείου.**

Στη συνέχεια για την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων έχουν δημιουργηθεί τα πιο κάτω αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.14- 5.23 και στα διαγράμματα 5.17-5.32 .

**Πίνακας 5.14:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για την αίθουσα I του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μέσος όρος μετρήσεων	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
				Απόγευμα	Απόγευμα	Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	22,8	17,60	23,03	23,45	18,17	22,90
Σχετικής υγρασίας %	44,7	52,78	36,30	44,25	53,43	34,10
CO <sub>2</sub> ppm	593	644,75	598,00	629	643,00	886,75
SO <sub>2</sub> ppb	4,5	6,00	6,33	5,5	5,33	4,25

NO <sub>2</sub> ppb	17	38,25	26,00	0	10,00	0,00
OZO ppb	79,5	96,50	93,33	55,5	85,00	67,75
H <sub>2</sub> S ppb	0	0,25	0,00	1,5	0,33	2,75
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,0045	0,00	0,00	0,0025	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,0185	0,01	0,01	0,009	0,01	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,0215	0,01	0,01	0,011	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,025	0,01	0,01	0,0145	0,02	0,03

**Πίνακας 5.15:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για την αίθουσα ΙΙ του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μέσος όρος μετρήσεων	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
				Απόγευμα	Απόγευμα	Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	22,5	17,95	20,63	22,7	18,60	21,23
Σχετικής υγρασίας %	44,4	52,58	42,60	44,65	51,77	39,68
CO <sub>2</sub> ppm	587,5	606,50	590,33	641,5	636,00	806,25
SO <sub>2</sub> ppb	5	6,00	5,67	5	5,00	4,00
NO <sub>2</sub> ppb	10,5	27,25	20,33	0	12,00	0,00
OZO ppb	65,5	79,25	79,67	55	78,67	47,25
H <sub>2</sub> S ppb	1	0,50	0,00	2,5	0,67	3,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,005	0,00	0,00	0,002	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,0145	0,00	0,01	0,0075	0,01	0,01
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,0155	0,01	0,01	0,0095	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,0195	0,01	0,01	0,012	0,01	0,02

**Πίνακας 5.16:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για την αίθουσα I του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές ώρες.

Μετρήσεις Αίθουσας I	Μέσος όρος Πρωί	Τυπική Απόκλιση Πρωί	Ελάχιστο Πρωί	Μέγιστο Πρωί
Θερμοκρασίας °C	20,57	2,97	16,70	24,20
Σχετικής υγρασίας %	45,49	10,37	29,40	59,30
CO <sub>2</sub> ppm	617,67	68,41	556,00	774,00
SO <sub>2</sub> ppb	5,78	0,97	4,00	7,00
NO <sub>2</sub> ppb	29,44	24,05	0,00	79,00
OZO ppb	91,67	16,91	71,00	114,00
H <sub>2</sub> S ppb	0,11	0,33	0,00	1,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,00	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,03
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,03

**Πίνακας 5.17:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις αίθουσες I του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις Αίθουσα I	Μέσος όρος Απόγευμα	Τυπική Απόκλιση Απόγευμα	Ελάχιστο Απόγευμα	Μέγιστο Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	21,44	2,81	17,00	25,00
Σχετικής υγρασίας %	42,80	10,10	29,90	61,30
CO <sub>2</sub> ppm	748,22	153,38	564,00	964,00
SO <sub>2</sub> ppb	4,89	0,78	4,00	6,00
NO <sub>2</sub> ppb	3,33	10,00	0,00	30,00
OZO ppb	70,78	20,81	38,00	100,00
H <sub>2</sub> S ppb	1,67	1,58	0,00	4,00



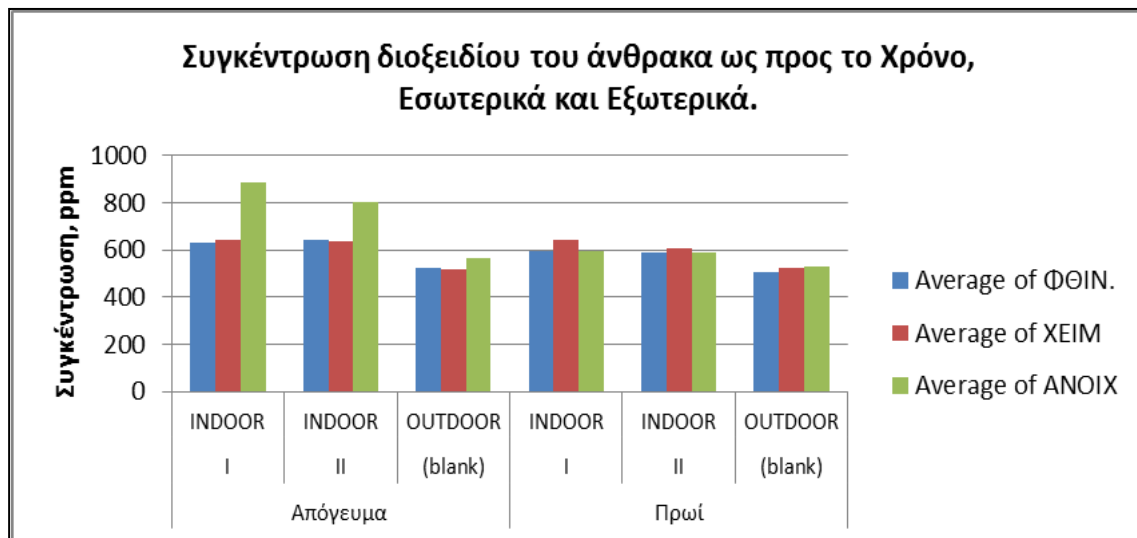
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,00	0,03
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,00	0,03
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,04

**Πίνακας 5.18:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις αίθουσες II του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές ώρες.

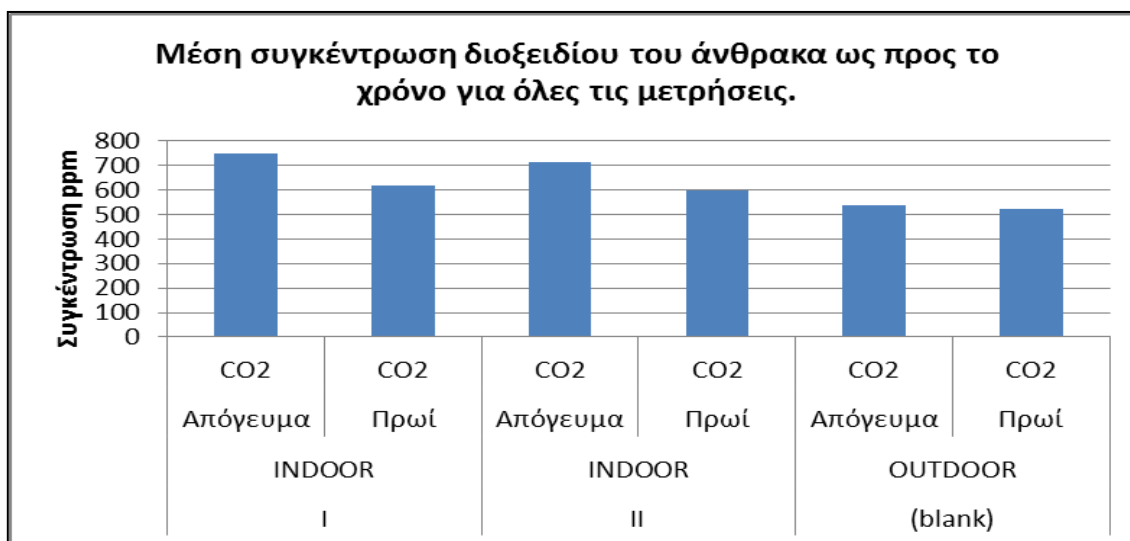
Μετρήσεις Αίθουσα II	Μέσος όρος Πρωί	Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο
		Πρωί	Πρωί	Πρωί
Θερμοκρασίας °C	19,86	2,04	17,60	23,00
Σχετικής υγρασίας %	47,43	7,45	39,80	60,50
CO <sub>2</sub> ppm	596,89	37,94	540,00	661,00
SO <sub>2</sub> ppb	5,67	0,87	4,00	7,00
NO <sub>2</sub> ppb	21,22	18,28	0,00	47,00
O <sub>3</sub> ppb	76,33	13,58	57,00	94,00
H <sub>2</sub> S ppb	0,44	0,73	0,00	2,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,01
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,00	0,00	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,00	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,03

**Πίνακας 5.19:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις αίθουσες II του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις Αίθουσα II	Μέσος όρος Απόγευμα	Τυπική Απόκλιση Απόγευμα	Ελάχιστο Απόγευμα	Μέγιστο Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	20,68	1,85	18,30	23,00
Σχετικής υγρασίας %	44,81	6,24	36,20	54,30
CO <sub>2</sub> ppm	712,89	101,02	575,00	833,00
SO <sub>2</sub> ppb	4,56	0,53	4,00	5,00
NO <sub>2</sub> ppb	4,00	12,00	0,00	36,00
O <sub>3</sub> ppb	59,44	18,09	39,00	94,00
H <sub>2</sub> S ppb	2,11	1,76	0,00	5,00
PM <sub>2.5</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
PM <sub>7</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,02
PM <sub>10</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,03
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,03

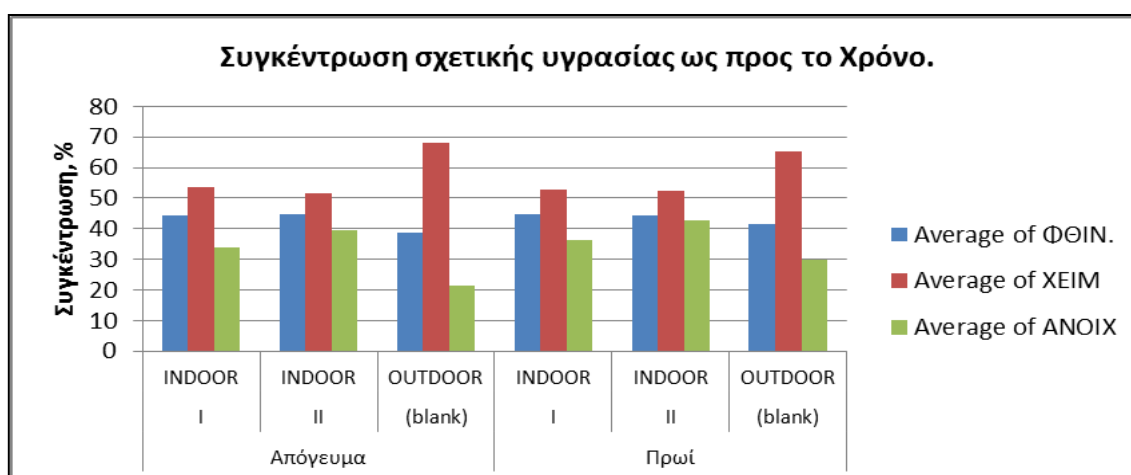


**Διάγραμμα 5.17:** Μέσος όρος συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.

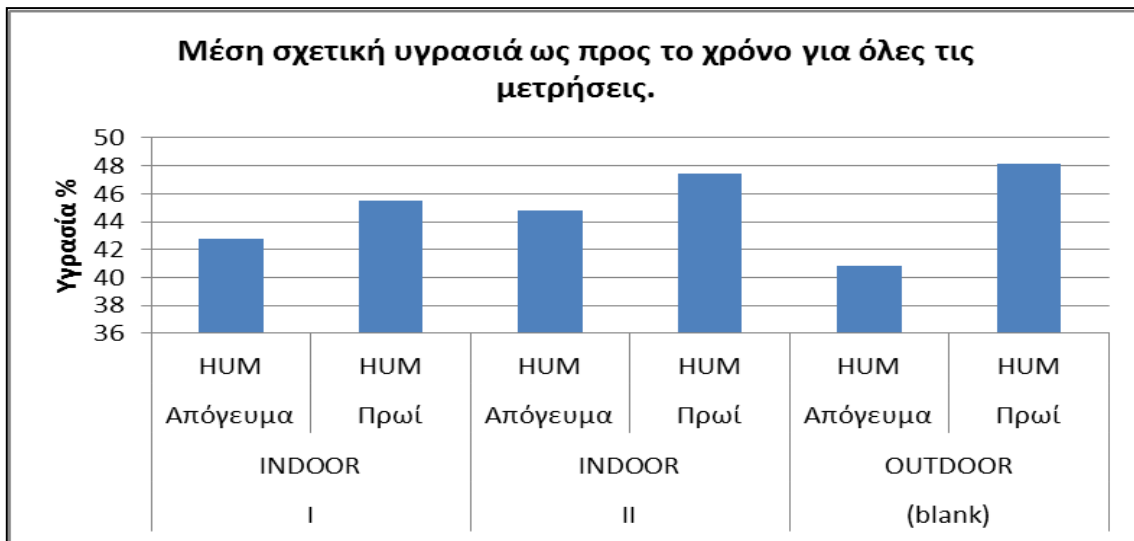


**Διάγραμμα 5.18:** Μέσος όρος συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5.17 παρατηρείται ότι το διοξείδιο του άνθρακα τις απογευματινές ώρες κατά του μήνες της άνοιξης βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τις άλλες εποχές ενώ τις πρωινές ώρες οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρουσιάζονται την περίοδο του χειμώνα. Βάση του Διαγράμματος 5.18 είναι εμφανές ότι σε όλους τις περιπτώσεις το διοξείδιο του άνθρακα εξωτερικά είναι σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις από ότι εσωτερικά του βυζαντινού μουσείου.

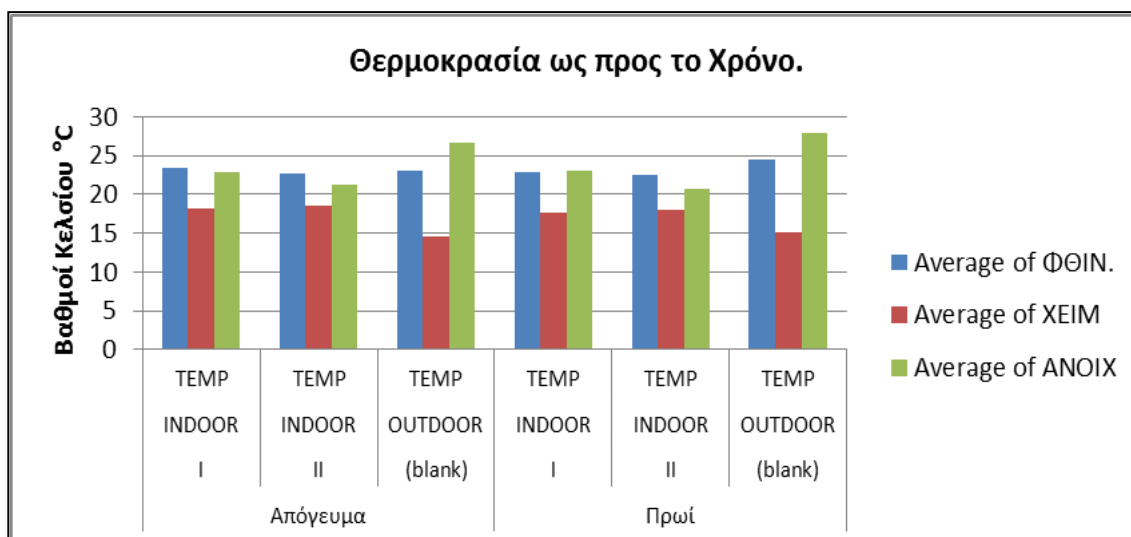


**Διάγραμμα 5.19:** Μέσος όρος υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

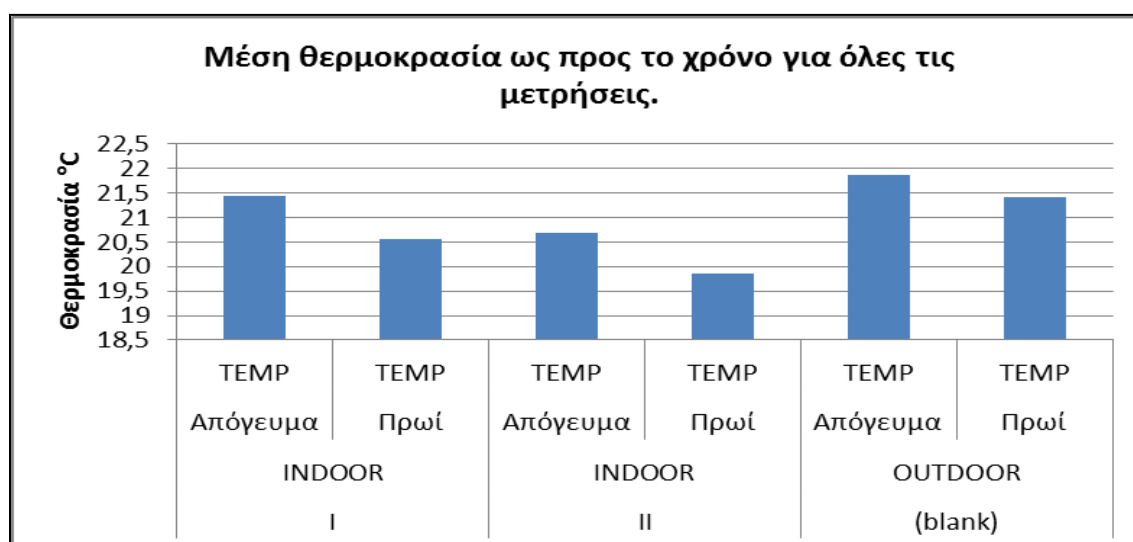


**Διάγραμμα 5.20:** Μέσος όρος υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.19 παρουσιάζεται ο μέσος όρος συγκέντρωσης της σχετικής υγρασίας ως προς τον χρόνο για τις τρεις εποχές. Παρατηρείτε ότι η υγρασία εσωτερικά του μουσείου κυμαίνεται μεταξύ του 30% - 52%. Υπάρχει μία αύξηση της σχετικής υγρασίας τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά κατά το χειμώνα. Στο Διάγραμμα 5.20 όπου παρουσιάζεται ο μέσος όρος υγρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές παρατηρούμε ότι τόσο στην αίθουσα I όσο και στην αίθουσα II η σχετική υγρασία το πρωί είναι υψηλότερη από ότι το απόγευμα.



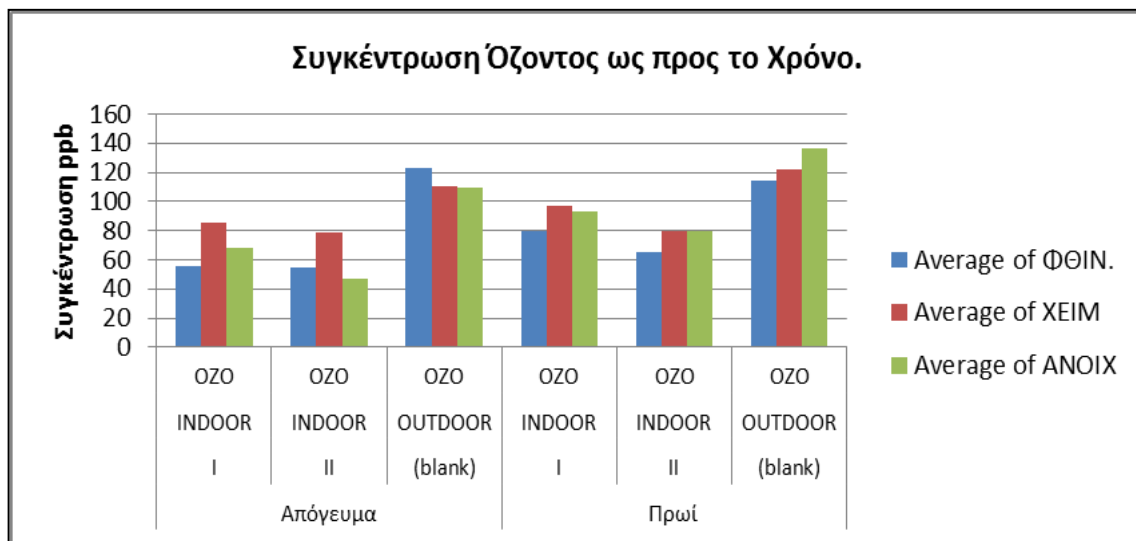
**Διάγραμμα 5.21:** Μέσος όρος θερμοκρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.



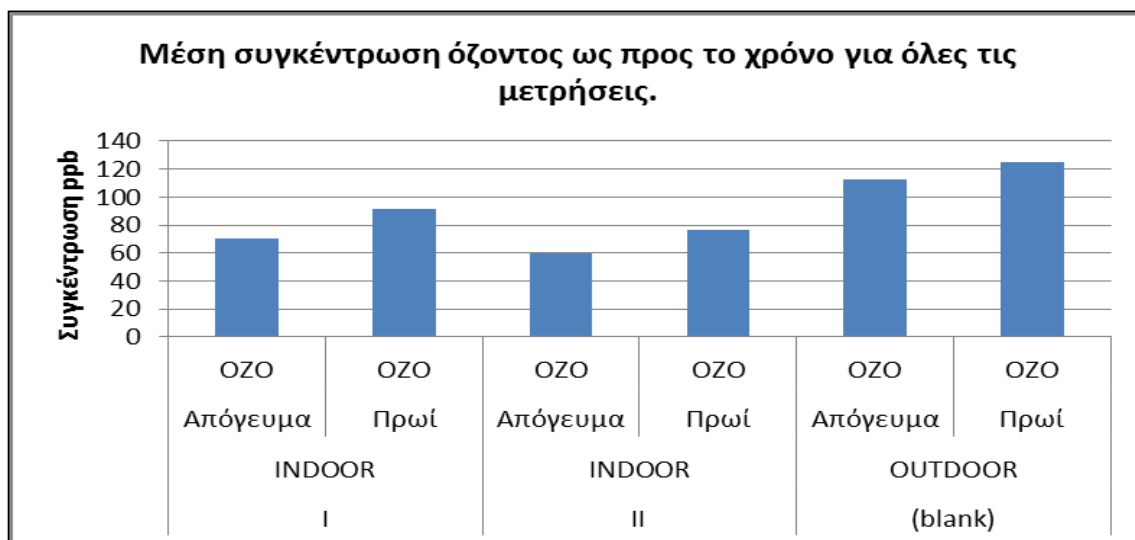
**Διάγραμμα 5.22:** Μέσος όρος θερμοκρασίας εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.21 παρουσιάζεται ο μέσος όρος της θερμοκρασίας προς τον χρόνο για τις τρεις εποχές και παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται στην αίθουσα I από 17°C -23°C και στην αίθουσα II από 18°C -23°C, τόσο κατά τις πρωινές ώρες όσο και κατά τις απογευματινές ώρες. Με βάση το Διάγραμμα 5.22 παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία στην αίθουσα I είναι ψηλότερη από ότι στην αίθουσα II τόσο το πρωί όσο και το απόγευμα.

Επίσης η μέση θερμοκρασία το απόγευμα είναι υψηλότερη από ότι το πρωί και στις δύο αίθουσες.



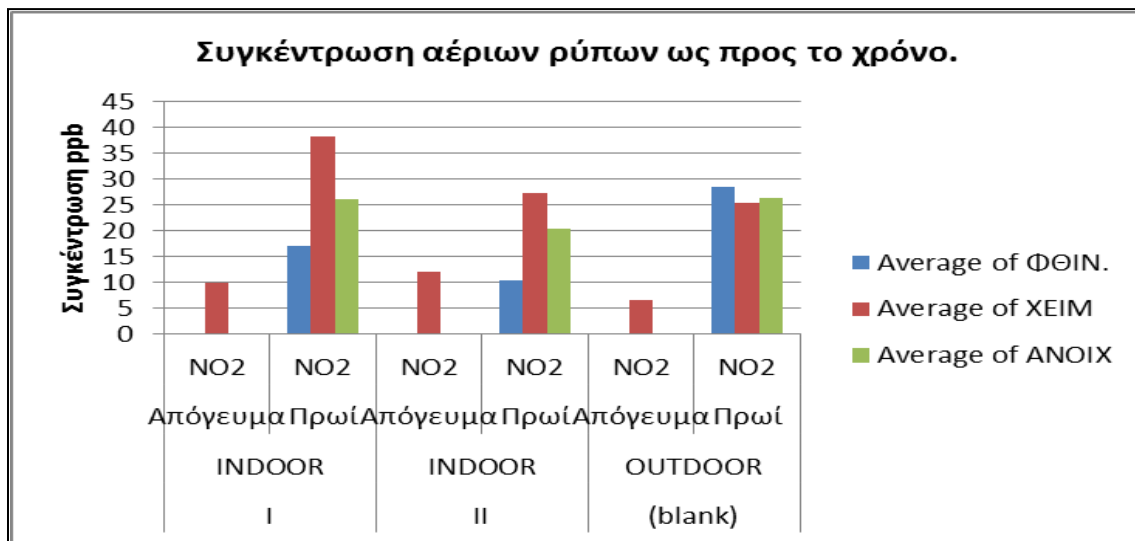
**Διάγραμμα 5.23:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του όζοντος εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.



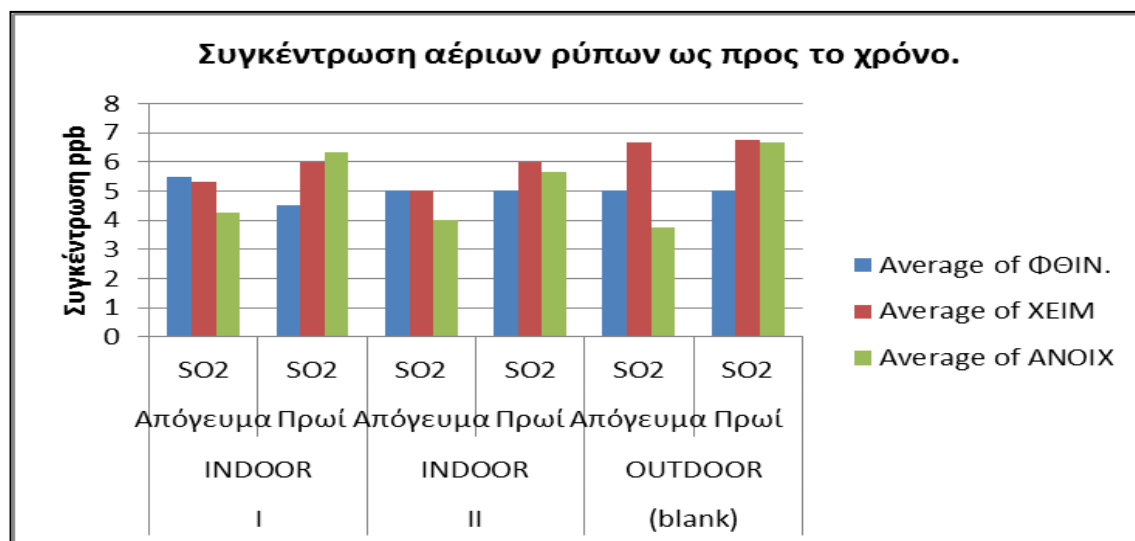
**Διάγραμμα 5.24:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του όζοντος εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στα Διαγράμματα 5.23 και 5.24 όπου παρουσιάζεται η τάση για το όζον παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις εσωτερικά του μουσείου κυμαίνονται όλες από 55 -97 ppb. Το όζον βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά την διάρκεια του χειμώνα τόσο κατά τις πρωινές ώρες

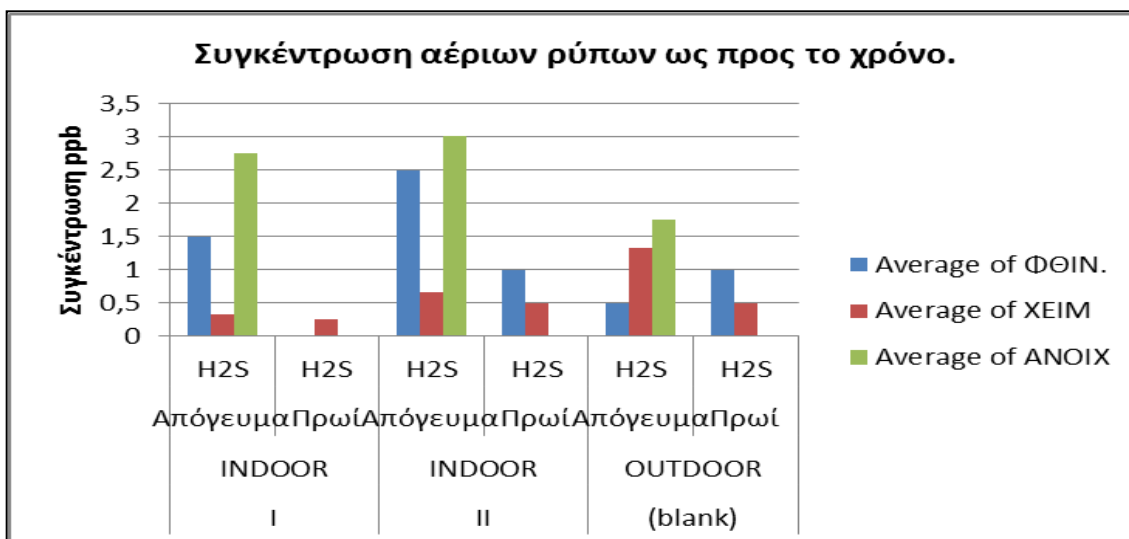
όσο και κατά τις απογευματινές ώρες. Εξωτερικά το όζον παρουσιάζετε να υπάρχει σε υψηλότερες συγκεντρώσεις απ' ότι εσωτερικά.



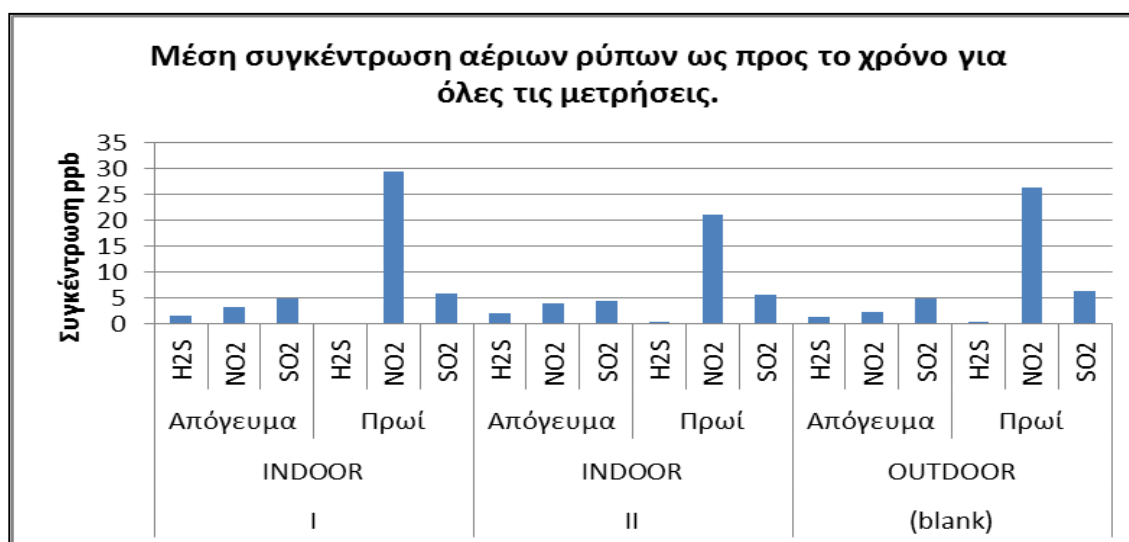
**Διάγραμμα 5.25:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του αέριου ρύπου NO<sub>2</sub> εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.



**Διάγραμμα 5.26:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του αέριου ρύπου SO<sub>2</sub> εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.



**Διάγραμμα 5.27:** Μέσος όρος συγκέντρωσης του αέριου ρύπου H<sub>2</sub>S εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.



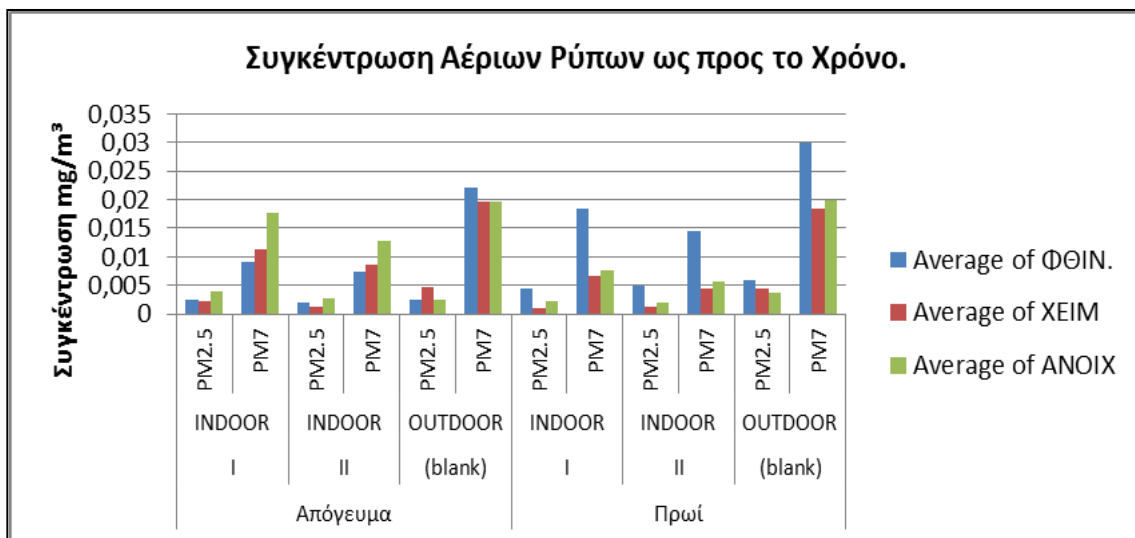
**Διάγραμμα 5.28:** Μέσος όρος συγκέντρωσης των αερίων ρύπων NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στα Διαγράμματα 5.25 μέχρι 5.27 παρουσιάζεται η τάση για το διοξείδιο του αζώτου, NO<sub>2</sub>, για το διοξείδιο του θείου, SO<sub>2</sub> και του υδρόθειου, H<sub>2</sub>S, για τις τρεις εποχές του χρόνου. Στο Διάγραμμα 5.28 παρουσιάζεται ο μέσος όρος συγκέντρωσης των τριών αερίων ρύπων NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.



Για το διοξείδιο του αζώτου όλες οι αναφερθέντες συγκεντρώσεις εσωτερικά είναι κάτω από 40 ppb ενώ οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται το χειμώνα. Επίσης κατά τις πρωινές ώρες παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις από ότι τις απογευματινές ώρες.

Οι συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> που καταγράφονται στο εσωτερικό του μουσείου κυμαίνονται μεταξύ 4 – 6,5 ppb. Επίσης την άνοιξη και το χειμώνα παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες το πρωί από ότι τις απογευματινές ώρες. Όσο αφορά το υδρόθειο, H<sub>2</sub>S όλες οι αναφερθέντες συγκεντρώσεις εσωτερικά του μουσείου είναι κάτω από 3 ppb. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται την άνοιξη ενώ το χειμώνα παρουσιάζεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Κατά τις απογευματινές ώρες παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις από ότι τις πρωινές ώρες. Δυστυχώς σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούμε ότι οι εξωτερικές συγκεντρώσεις H<sub>2</sub>S είναι χαμηλότερες από ότι εσωτερικά του μουσείου.

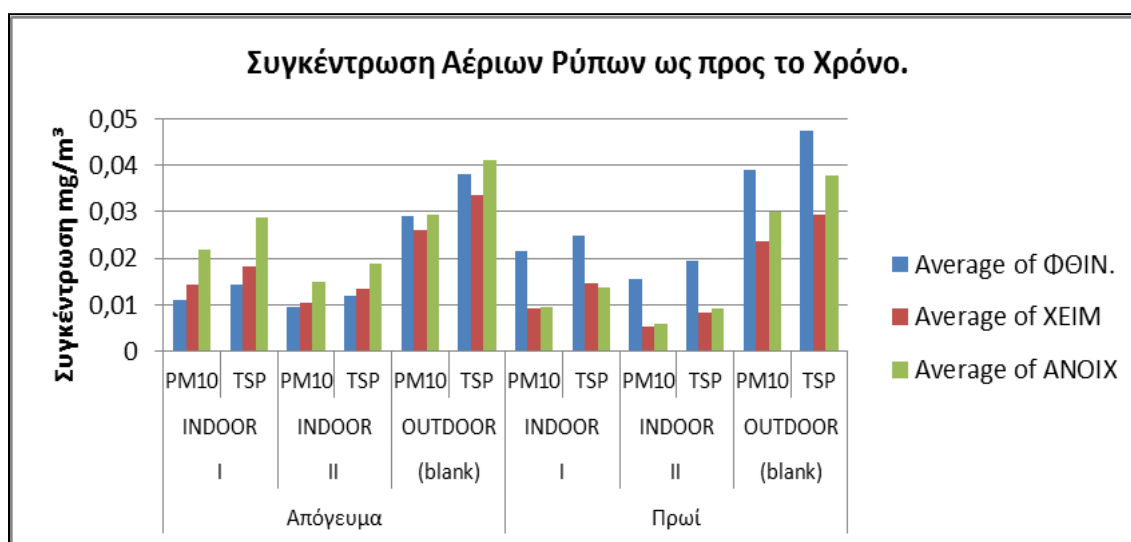


**Διάγραμμα 5.29:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 2.5 και PM 7 εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.

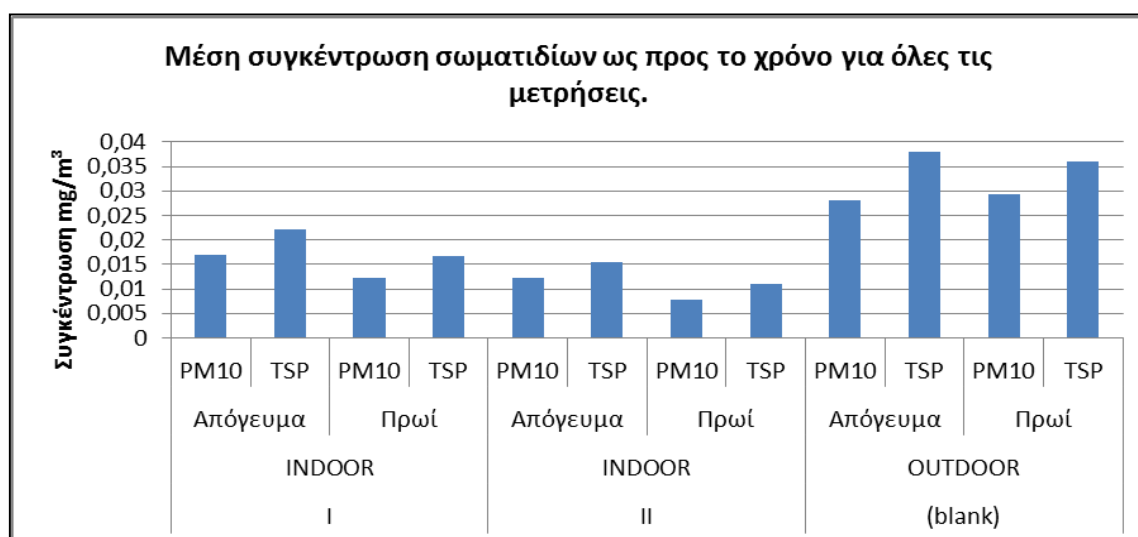


**Διάγραμμα 5.30:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 2.5 και PM 7 εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.29 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> και PM<sub>7</sub> ως προς τον χρόνο για τις τρεις εποχές, στο Διάγραμμα 5.30 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> και PM<sub>7</sub> ως προς τον χρόνο για τις όλες τις εποχές. Κατά τους μήνες του φθινοπώρου τις πρωινές ώρες παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση PM<sub>7</sub> είναι υψηλότερη από ότι τις άλλες εποχές, ενώ κατά τις απογευματινές ώρες, η συγκέντρωση PM<sub>7</sub> είναι υψηλότερη την άνοιξη. Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> εσωτερικά του μουσείου είναι για όλες τις εποχές μικρότερη από 0,005 mg/m<sup>3</sup>, ενώ για τα σωματίδια PM<sub>7</sub> η συγκέντρωση κυμαίνεται μεταξύ 0, 005 – 0,015 mg/m<sup>3</sup>. Θετικό είναι ότι τόσο για τα σωματίδια με διάμετρο PM<sub>2,5</sub> όσο και για τα PM<sub>7</sub> η συγκέντρωση τους εξωτερικά, είναι μεγαλύτερη από ότι στο εσωτερικό του μουσείου.



**Διάγραμμα 5.31:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 10 και TSP εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για τις τρεις εποχές.



**Διάγραμμα 5.32:** Μέσος όρος συγκέντρωσης της μάζας των σωματιδίων PM 10 και TSP εσωτερικά και εξωτερικά του βυζαντινού μουσείου για όλες τις εποχές.

Στο Διάγραμμα 5.31 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM10 και ολικών αιωρούμενων σωματιδίων, TSP, ως προς τον χρόνο για τις τρεις εποχές. Στο Διάγραμμα 5.32 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM10 και ολικών αιωρούμενων σωματιδίων, TSP, ως προς τον χρόνο για όλες τις εποχές.

Κατά τους μήνες του φθινοπώρου παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση PM10 και TSP τις πρωινές ώρες είναι υψηλότερη από ότι τις άλλες εποχές τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά

του μουσείου, ενώ κατά τις απογευματινές ώρες τα εν λόγω σωματίδια εσωτερικά του μουσείου παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση την άνοιξη. Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM10 εσωτερικά του μουσείου είναι για όλες τις εποχές μικρότερη από 0,015 mg/m<sup>3</sup>, ενώ για τα ολικά σωματίδια, TSP, η συγκέντρωση κυμαίνεται μεταξύ 0,01 – 0,025 mg/m<sup>3</sup>. Θετικό είναι ότι τόσο για τα σωματίδια με διάμετρο PM10 όσο και για τα ολικά σωματίδια, TSP, η συγκέντρωσή τους εξωτερικά είναι μεγαλύτερη από ότι στο εσωτερικό του μουσείου.

**Πίνακας 5.20:** Αποτελέσματα μετρήσεων της σχέσης εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του βυζαντινού μουσείου για την αίθουσα I και II βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων ανά εποχή κατά τις πρωινές ώρες.

Μετρήσεις	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνα	Άνοιξη
	Αίθουσα I	Αίθουσα I	Αίθουσα I	Αίθουσα II	Αίθουσας II	Αίθουσα II
Θερμοκρασίας °C	0,93	1,17	0,83	0,92	1,19	0,74
Σχετικής υγρασίας %	1,08	0,81	1,21	1,07	0,81	1,42
CO <sub>2</sub> ppm	1,16	1,24	1,13	1,15	1,16	1,12
SO <sub>2</sub> ppb	0,90	0,89	0,95	1,00	0,89	0,85
NO <sub>2</sub> ppb	0,60	1,50	0,99	0,37	1,07	0,77
O <sub>3</sub> ppb	0,70	0,79	0,68	0,57	0,65	0,58
H <sub>2</sub> S ppb	0,00	0,50	0,00	1,00	1,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,22	0,64	0,83	0,28	0,55
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,36	0,38	0,48	0,24	0,28
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,55	0,39	0,32	0,40	0,23	0,20
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,50	0,36	0,41	0,28	0,25

**Πίνακας 5.21:** Αποτελέσματα μετρήσεων της σχέσης εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του βυζαντινού μουσείου για την αίθουσα I και II βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων ανά εποχή κατά τις απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
	Αίθουσα I	Αίθουσα I	Αίθουσα I	Αίθουσα II	Αίθουσα II	Αίθουσα II
Θερμοκρασίας °C	1,02	1,24	0,86	0,99	1,27	0,79
Σχετικής υγρασίας %	1,14	0,79	1,59	1,15	0,76	1,85
CO <sub>2</sub> ppm	1,21	1,25	1,57	1,23	1,23	1,43
SO <sub>2</sub> ppb	1,10	0,80	1,13	1,00	0,75	1,07
NO <sub>2</sub> ppb	0,00	1,50	0,00	0,00	1,80	0,00
OZO ppb	0,45	0,77	0,62	0,45	0,72	0,43
H <sub>2</sub> S ppb	3,00	0,25	1,57	5,00	0,50	1,71
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	1,00	0,50	1,60	0,80	0,29	1,10
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,58	0,90	0,34	0,44	0,65
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,55	0,75	0,33	0,40	0,51
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,54	0,70	0,32	0,40	0,46

**Πίνακας 5.22:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων της σχέσης εσωτερικής/εξωτερικής (I/O) ποιότητας αέρα του βυζαντινού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

I/O	Αίθουσα I Πρωί	Αίθουσα II Πρωί	Αίθουσα I	Αίθουσα II
			Απόγευμα	Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	0,96	0,93	0,98	0,95
Σχετικής υγρασίας %	0,94	0,98	1,05	1,10
CO <sub>2</sub> ppm	1,19	1,15	1,39	1,32
SO <sub>2</sub> ppb	0,91	0,89	0,98	0,91
NO <sub>2</sub> ppb	1,11	0,80	1,50	1,80
OZO ppb	0,73	0,61	0,63	0,53
H <sub>2</sub> S ppb	0,25	1,00	1,25	1,58

PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,51	0,97	0,66
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,33	0,68	0,51
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,27	0,60	0,43
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,46	0,31	0,58	0,41

Όπως και στο κυπριακό μουσείο έτσι και για το βυζαντινό μουσείο οι ρύποι που θα επικεντρωθούμε είναι το όζον, O<sub>3</sub>, το διοξείδιο του αζώτου, NO<sub>2</sub>, το διοξείδιο του θείου, SO<sub>2</sub>, και τις αναλογίες για συγκεντρώσεις κατά μάζα των σωματιδίων διαφόρων διαμέτρων.

Ο εποχιακός συντελεστής του κατά μέσο όρο I/O αναλογίες για τις συγκεντρώσεις του όζοντος, O<sub>3</sub> παρατηρούμε ότι είναι πιο υψηλός στην αίθουσα I κατά την εποχή του χειμώνα τόσο κατά τις πρωινές όσο και κατά τις απογευματινές ώρες. Οι αναλογίες του συντελεστή κυμαίνονται από 0,43 – 0,79.

Όσο αφορά το συντελεστή για το διοξείδιο του αζώτου, NO<sub>2</sub>, την μεγαλύτερη αναλογία την βρίσκουμε τις πρωινές ώρες στην αίθουσα I την περίοδο του χειμώνα και η μικρότερη αναλογία παρουσιάζετε το φθινόπωρο και την άνοιξη κατά τις απογευματινές ώρες. Οι αναλογίες του συντελεστή του NO<sub>2</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,80 – 1,80.

Ο μεγαλύτερος εποχιακός συντελεστής I/O για το διοξείδιο του θείου, SO<sub>2</sub>, παρουσιάζεται κατά τις απογευματινές ώρες στην αίθουσα κατά την περίοδο του φθινοπώρου. Ο μικρότερος συντελεστής παρουσιάζεται στην αίθουσα II κατά τις απογευματινές ώρες την περίοδο του χειμώνα. Οι αναλογίες του συντελεστή του SO<sub>2</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,89 – 0,98.

Οι υψηλότερες εποχιακές αναλογίες I/O για τις συγκεντρώσεις κατά μάζα των σωματιδίων PM 2,5 παρουσιάζονται κατά τις απογευματινές ώρες στην αίθουσα I κατά την περίοδο της άνοιξης και ο χαμηλότερος συντελεστής κατά τις πρωινές ώρες την περίοδο του χειμώνα στην αίθουσα I. Οι αναλογίες του συντελεστή των PM2,5 για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,49 – 0,97. Όσο αφορά τα χονδροειδή σωματίδια, PM10, οι υψηλότερες εποχιακές αναλογίες I/O παρατηρηθήκαν κατά τις απογευματινές ώρες στην

αίθουσα I κατά την περίοδο της άνοιξης και ο χαμηλότερος συντελεστής κατά τις πρωινές ώρες την περίοδο της άνοιξης στην αίθουσα II. Οι αναλογίες του συντελεστή των PM10 για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,27 – 0,6.

# Κεφάλαιο Έκτο

## Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Η υφιστάμενη μεταπτυχιακή διατριβή διερεύνησε την ποιότητα του αέρα στο κυπριακό και στο βυζαντινό μουσείο. Με βάση τα ευρήματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας, σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα και τις κατευθυντήριες γραμμές που προτείνονται από διάφορους διεθνείς οργανισμούς, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα, τα οποία σε γενικές γραμμές μπορούν να γενικευθούν για το σύνολο των μουσείων της Κύπρου, λόγω του ότι στα πλείστα μουσεία, εξαιρούμενων των νέων κτιρίων, επικρατούν παραπλήσιες συνθήκες φύλαξης των εκθεμάτων.

### **6.1. Συζήτηση Αποτελεσμάτων της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα όσο αφορά το Σύνδρομο του Άρρωστου Κτιρίου.**

Οι επιτρεπόμενες τιμές που αφορούν τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων, πίνακας 6.1 και πίνακας 6.2, έχουν οριοθετηθεί βασιζόμενοι στις κατευθυντήριες γραμμές του World Health Organization (WHO) στην Ευρώπη, του Τμήματος του Ιλινόις (IDPH- Illinois Department of Public Health Guidelines for Indoor Air Quality) που ασχολείται με την ανθρώπινη υγεία στους εσωτερικούς χώρους, του πρότυπο του οργανισμού ASHRAE, του οργανισμού OSHA PEL (Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit) και του Οργανισμού ACGIH TLV (American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Value. Επίσης η οδηγία του ΤΕΕ (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας) της Ελληνικής Κυβέρνησης συστήνει όρια και επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης των ρύπων στους χώρους εργασίας ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων, πίνακας 6.3.



**Πίνακας 6.1:** Οριακές συγκεντρώσεις ρύπων και χρόνος έκθεσης σύμφωνα με την WHO.

Ρύποι	Οριακές Τιμές (mg/m <sup>3</sup> )	Χρονικό Διάστημα έκθεσης
Cd	5	ετησίως
CO	100	15 λεπτά
CO	60	30 min
CO	30	1 ώρα
CO	10	8 ώρες
NO <sub>2</sub>	0.2	1 ώρα
NO <sub>2</sub>	0.04	ετησίως
O <sub>3</sub>	0.12	8 ώρες
CH <sub>2</sub> O	0.1	30 λεπτά

**Πίνακας 6.2:** Οριακές Τιμές ASHRAE, OSHA PEL για εσωτερικούς χώρους σε έκθεση από 8 ώρες την ημέρα- 40 ώρες την εβδομάδα και ACGIH TLV για εργοστάσια για έκθεση από 8 ώρες την ημέρα- 40 ώρες την εβδομάδα.

ΡΥΠΟΙ	IDPH	ASHRAE	OSHA PEL	ACGIH TLV
Υγρασία	20%-60%	30%-60%	–	–
Θερμοκρασία Καλοκαίρι	73° F- 79° F ή 23°C-26°C	73° F- 79° F ή 23°C-26°C	–	–
Θερμοκρασία Χειμώνα	68° F- 75° F ή 20°C-23°C	68° F- 75° F ή 20°C-23°C	–	–

Διοξειδίου του άνθρακα	1000 ppm αλλά προτιμότερο < 800ppm	1000ppm	5000ppm	5000ppm
Μονοξείδιο του άνθρακα	9ppm	9ppm	50ppm	25ppm
Υδρόθειο	0.01ppm	-	20ppm	10ppm
Όζον	0.08ppm	-	0.1ppm	0.05ppm
Αιωρούμενα Σωματίδια	0.15 mg/m <sup>3</sup> (PM10)(150μg/ m <sup>3</sup> )- 24h	-	0.15 mg/m <sup>3</sup>	0.10 mg/m <sup>3</sup>
Αιωρούμενα Σωματίδια	0.065 mg/m <sup>3</sup> (PM2.5)(65μg/ m <sup>3</sup> ) 24-hr	-	5mg/m <sup>3</sup>	3mg/m <sup>3</sup>
Φορμαλδεΐδη	0.01ppm στα γραφεία	-	0.75 ppm	0.3 ppm
Φορμαλδεΐδη	0.01ppm στο σπίτι	-	0.75 ppm	0.3 ppm
Διοξείδιο του Αζώτου	0.05ppm	-	5 ppm	3 ppm

**Πίνακας 6.3:** Οριακές τιμές των ρύπων στην Ελλάδα και Κύπρο για τους εσωτερικούς χώρους εργασίας των κτηρίων .

Ρύποι	Οριακές Τιμές (mg/m <sup>3</sup> )	Χρονικό Διάστημα έκθεσης
CO <sub>2</sub>	9000	
CO	100	15 λεπτά
CO	60	30 min
CO	30	1 ώρα
CO	10	8 ώρες
NO <sub>2</sub>	0.2	1 ώρα
NO <sub>2</sub>	0.04	ετησίως
NO	30	
O <sub>3</sub>	0.12	8 ώρες
PM10	0.07	ετησίως
CH <sub>2</sub> O	0.1	30 λεπτά

Για την ανάλυση της ποιότητας του αέρα μετρήθηκαν οι πιο κάτω παράμετροι:

- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO).
- Στέρεα αιωρούμενα σωματίδια με διαφορετικές διαμέτρους: PM1, PM2,5, PM7, PM10 και TSP.
- Θερμοκρασία.
- Υγρασία.
- Το ποσοστό παροχής νωπού αέρα.

Σύμφωνα με τις πειραματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο κυπριακό μουσείο συμπεραίνεται πως οι συγκεντρώσεις των ρύπων βρίσκονται σε χαμηλά και επιτρεπτά επίπεδα. Τα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα (CO) κυμαίνονται σε όλες τις μετρήσεις σε συγκέντρωση του 0ppm και είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων που προτείνει το πρότυπο ASHRAE καθώς και η οδηγία του TEE.

Το διοξείδιο του άνθρακα και αυτό κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα σύμφωνα πάντα με την νομοθεσία του TEE και την ASHRAE. Κυμαίνεται από 620 – 784ppm, ενώ τα επιτρεπτά όρια είναι 1000ppm με το πρότυπο ASHRAE και 5085ppm με την νομοθεσία του TEE. Τα μεμονωμένα σχετικά υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα οφείλονται κυρίως στο ότι ο χώρος είναι κλειστός και με το συνωστισμό από τους επισκέπτες αυξάνονται οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>, συνεπώς δεν υπάρχει ο απαιτούμενος αερισμός του χώρου, για την απομάκρυνση διαφόρων ουσιών και ρύπων.

Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 19°C μέχρι 25°C. Σύμφωνα με την ASHRAE πρέπει να κυμαίνονται από 22°C μέχρι 26°C το καλοκαίρι και 20°C μέχρι 23°C το χειμώνα, το οποίο το ίδιο ισχύει και στην οδηγία του TEE. Η πιο χαμηλή θερμοκρασία 19°C παρατηρείται κατά τις πρωινές ώρες το χειμώνα και οφείλεται στο ότι ο καιρός τότε ήταν πολύ βροχερός. Ενώ οι ψηλές θερμοκρασίες των 24,6°C που παρατηρούνται το χειμώνα τις απογευματινές ώρες στις ανατολικές αίθουσες και οφείλεται στην υπερβολική χρήση των κλιματιστικών και στην κακή κυκλοφορία του αέρα στις εν λόγω αίθουσες .

Οι συγκεντρώσεις της υγρασίας κυμαίνονται εντός των επιτρεπόμενων ορίων όπως και τα αιωρούμενα σωματίδια. Η υγρασία εσωτερικά του μουσείου κυμαίνεται μεταξύ του 30% - 50% και η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> εσωτερικά του μουσείου είναι για όλες τις εποχές μικρότερη από 0,01 ppm, ενώ για τα σωματίδια PM<sub>7</sub> η συγκέντρωση κυμαίνεται μεταξύ 0 – 0,04 mg/m<sup>3</sup>. Επίσης, η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>10</sub> εσωτερικά του μουσείου είναι για όλες τις εποχές μικρότερη από 0,06 mg/m<sup>3</sup>, ενώ για τα ολικά σωματίδια, TSP, η συγκέντρωση κυμαίνεται μεταξύ 0,01 – 0,06 mg/m<sup>3</sup>. Πιο ψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, εντός όμως των επιτρεπόμενων ορίων παρατηρούνται κατά τους μήνες του φθινοπώρου.

Σε παλαιότερες μετρήσεις του τμήματος επιθεώρησης εργασίας όσο αφορά την ποσότητα του νωπού αέρα στο μουσείο παρατηρήθηκε ότι η παροχή αέρα ανά δευτερόλεπτο ανα άτομο κυμαινόταν από 6,4 μέχρι 12,1 l/s/p, όταν στους χώρους του μουσείου παρευρίσκονταν μόνο μερικά άτομα. Σε πρόσφατες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της εν λόγω μεταπτυχιακής διατριβής η παροχή αέρα ανά δευτερόλεπτο ανά άτομο κυμαινόταν από 42,4 μέχρι 58 l/s/p. Σύμφωνα με το διεθνές αναγνωρισμένο Πρότυπο αρ. 62 του οργανισμού ASHRAE, σε κλειστούς χώρους όπως είναι οι αίθουσες μουσείων, όπου σε ώρες αιχμής αναμένεται ότι συναθροίζονται μέχρι και 40 άτομα ανά 100 m<sup>2</sup>, ενδείκνυται η παροχή αέρα 4,6 λίτρων ανά δευτερόλεπτο ανά άτομο (l/s/p). Αναμένεται όμως ότι σε ώρες αιχμής όταν παρευρίσκεται στις αίθουσες αριθμός ατόμων που να προσεγγίζει τα 40 άτομα / 100m<sup>2</sup>, η παροχή αέρα δεν θα επαρκεί έστω και αν στις πρόσφατες μετρήσεις το ποσοστό αυτό βρέθηκε αρκετά υψηλότερο, 58 l/s/p. Ενδεχομένως, να υφίσταται πρόβλημα στους εσωτερικούς χώρους του Μουσείου αναφορικά με την παροχή επαρκούς ποσότητας νωπού αέρα σε ώρες αιχμής.

Παρ όλο που οι μετρήσεις σχετικά με το ποσοστό του νωπού αέρα είναι αρκετά ικανοποιητικές και είναι εντός των ορίων που ορίζονται από το Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (ΤΕΕ), στα αποτελέσματα του ερωτηματολόγιου παρουσιάζεται η αντίθετη εικόνα, όπου ξεκάθαρα συμπεραίνεται πως το υπό μελέτη κτήριο δεν προσφέρει τις απαιτούμενες συνθήκες στους χρήστες του πιθανώς εξαιτίας της μη ορθής λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος κλιματισμού και εξαερισμού του κτηρίου. Ένα μεγάλο ποσοστό εργαζόμενων συνήθως της τάξεως του 75 % παρουσιάζει σημάδια του συνδρόμου του αρρώστου κτιρίου. Αναφορικά με τον εξαερισμό του κτηρίου ένα μεγάλο ποσοστό του δείγματος της τάξεως του 84 % δήλωσε κάπως έως πολύ δυσαρεστημένος/η.

## **6.2. Συζήτηση Αποτελεσμάτων της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα όσο αφορά την προστασία των εκθεμάτων.**

Οι επιτρεπόμενες τιμές που αφορούν τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων στα μουσεία καθορίζονται με βάση διάφορα βιβλιογραφικά δεδομένα και βάση ορισμένων κατευθυντήριων γραμμών που έχουν δημοσιευθεί κατά τα τελευταία χρόνια από διάφορους διεθνείς οργανισμούς, π.χ ASHRAE. Έρευνα που διεξήχθη το 2000, ο Salmon L.G έδωσε μια συνολική εισαγωγή στους αέριους ρύπους, μέσω της παρακολούθησης και τον έλεγχο των αέριων ρύπων στηριζόμενος σε παραδείγματα από την βιβλιογραφία . Το 2002 ο Hatchfield αναθεώρησε τους τύπους των αέριων ρύπων και τις πηγές που προέρχονται, και έδωσε μια περιεκτική εισαγωγή στα δομικά υλικά που είναι κατάλληλα για επίδειξη και αποθήκευσης των εκθεμάτων (Whitmore P.M.,1987).Από το 1999 η αμερικανική κοινωνία της θέρμανσης, ψύξης και μηχανικού κλιματισμού (ASHRAE) περιελάμβανε ένα κεφάλαιο για την ποιότητα του αέρα συγκεκριμένα μόνο για μουσεία, βιβλιοθήκες και αρχεία υπό μορφή εγχειρίδιο, η τελευταία έκδοση όσον αφορά τις πηγές ρύπων και τις απειλές για τα μουσειακά αντικείμενα εκδόθηκε το 2006 (Morten R.S., 2006).

Οι παράγοντες που επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν, λόγω της σημαντικότητας τους όσο αφορά την ασφάλεια των εκθεμάτων, στο εν λόγω κεφάλαιο είναι:

- Υγρασία,
- Θερμοκρασία,
- Διοξείδιο του Αζώτου (NO<sub>2</sub>),
- Όζον (O<sub>3</sub>),
- Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>),
- Υδρόθειο H<sub>2</sub>S και
- Συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων PM<sub>2,5</sub>.

Στον πίνακα 6.4 παρουσιάζονται οι υφιστάμενες κατευθυντήριες γραμμές για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων στα μουσεία που έχουν καθοριστεί με βάση το εγχειρίδιο του ASHRAE στηριζόμενες πάντοτε στα βιβλιογραφικά δεδομένα. Τα επίπεδα αυτά θα είναι και ο οδηγός μας για να αξιολογήσουμε την ποιότητα του αέρα τόσο στο κυπριακό μουσείο όσο και στο βυζαντινό μουσείο. Οι κατευθυντήριες γραμμές απευθύνονται τόσο σε ευαίσθητα υλικά όσο και σε γενικές μουσειακές συλλογές. Επίσης αναφέρεται ότι η έκθεση στον ελάχιστο ρίσκο με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές προνοεί το ότι η θερμοκρασία θα διατηρείται μεταξύ 20<sup>0</sup> C και 30<sup>0</sup> C και η σχετική υγρασία κάτω από 60 %. Τα υπερευαίσθητα υλικά όπως ο σίδηρος, το πλαστικό, το ασημί και άλλα ευαίσθητα υλικά εξαιρούνται από αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές και απαιτούνται ειδικές ελεγχόμενες μετρήσεις (Grzywacz, 2006).

**Πίνακας 6.4:** Υφιστάμενες κατευθυντήριες γραμμές για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων στα μουσεία.

Αέριοι Ρύποι	Ευαίσθητα Υλικά	Γενικές Συλλογές	Υψηλά ποσοστά	Πολύ υψηλά ποσοστά.	Προτεινόμενες συγκεντρώσεις για μουσεία
Υγρασία	< 50%	< 60%	50%	60%	< 60%
Θερμοκρασία	15 <sup>0</sup> C – 25 <sup>0</sup> C	20 <sup>0</sup> C - 30 <sup>0</sup> C	-----	-----	-----
Διοξείδιο του Αζώτου, NO <sub>2</sub>	0.005- 2.6 ppb	2 - 10 ppb	26 – 104 ppb	>260 ppb	2.6 ppb
Όζον, O <sub>3</sub>	< 0.05 ppb	0.5 – 5 ppb	25 – 60 ppb	75 -250 ppb	2 ppb
Διοξείδιο του Θείου, SO <sub>2</sub>	0.04- 0.4 ppb	0.4- 2 ppb	8 - 15 ppb	15- 57 ppb	1 ppb
Υδρόθειο, H <sub>2</sub> S	< 0.01 ppb	< 0.01 ppb	0.4 – 1.4 ppb	2 - 20 ppb	-----
Αιωρούμενα Σωματίδια, PM 2,5	< 0.1 µg/m <sup>3</sup>	1- 10 µg/m <sup>3</sup>	10 -50 µg/m <sup>3</sup>	50 - 150 µg/m <sup>3</sup>	-----

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η θερμοκρασία πρέπει να είναι χαμηλότερη από 20° C και η σχετική υγρασία, RH από 40–55% (MIBAC 1998). Στο άρθρο του Reddy M. K. του 2005 αναφέρεται ότι η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται από 18–24 °C,. Βάση των κατευθυντήριων γραμμών του ASHRAE για ευαίσθητα υλικά η θερμοκρασία πρέπει να κυμαίνεται από 15<sup>0</sup> C – 25<sup>0</sup> C και η σχετική υγρασία < 50 % και για τις γενικές συλλογές η θερμοκρασία από 20<sup>0</sup> C - 30<sup>0</sup> C και το RH < 60 % . Στο άρθρο της Sterfilnger K. το φάσμα των 55% RH θεωρείται γενικά ως γραμμή σύνορο για την ανάπτυξη των μυκήτων, και έτσι το περιβάλλον στα μουσεία πρέπει να ρυθμίζεται κάτω από αυτήν την τιμή.

Σε γενικές γραμμές είναι αποδεκτή για την πλειοψηφία των εθνογραφικών και αρχαιολογικών αντικειμένων να εξασφαλίζεται ένα εύρος θερμοκρασίας από 18<sup>0</sup> C –24<sup>0</sup> C και 40–55% RH στα μουσεία έτσι ώστε να αποφευχθεί η αλλαγή των διαστάσεων του οργανικού υλικού και σχηματισμού μυκήτων. Για τα μέταλλα και τα άλλα ευαίσθητα υλικά η σχετική υγρασία προτείνεται να διατηρηθεί σε ποσοστά μικρότερα του 15% .

Στο βυζαντινό μουσείο η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από 17°C -23°C και η υγρασία μεταξύ του 30% - 52% συγκεντρώσεις που είναι εντός των ορίων που προνοεί το πρότυπο του ASHRAE και η σχετική βιβλιογραφία. Στο κυπριακό μουσείο οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται και εκεί εντός των ορίων, η θερμοκρασία κυμαίνεται από 18<sup>0</sup> C – 25<sup>0</sup> C και η υγρασία εσωτερικά του μουσείου κυμαίνεται μεταξύ του 30% - 50%. Βεβαίως πρέπει να αναφερθεί ότι και στα δύο μουσεία υπάρχουν υπερευαίσθητα υλικά τα οποία εξαιρούνται από τις κατευθυντήριες γραμμές και απαιτούνται ειδικές ελεγχόμενες μετρήσεις.

Σύμφωνα με τον G. Thomson τα μέγιστα αποδεκτά επίπεδα του διοξειδίου του θείου εσωτερικά των μουσείων είναι τα 10 μg/m<sup>3</sup>. Ο Hisham και Grosjean, 1991, προτείνουν ότι σε μουσεία με καλά συντηρημένα μηχανήματα εξαερισμού τα οποία περιέχουν φίλτρα ενεργού άνθρακα τα επίπεδα SO<sub>2</sub> πρέπει να είναι κάτω από 1 ppb (Hisham and Grosjean 1991b, Williams E. L, 1993) . Σε μουσεία χωρίς κανένα σύστημα εξαερισμού, όπως είναι τα υπό μελέτη κτίρια τα επίπεδα μπορεί να κυμαίνονται από 40-50 ppb (Hackney 1984, Brimblecombe 1990). Τα μουσεία που δεν διαθέτουν σύστημα θέρμανσης, εξαερισμούς και κλιματισμού (HVAC) τα επίπεδα SO<sub>2</sub> είναι πολύ πιο αυξημένα από ότι σε μουσεία που διαθέτουν HVAC με συστήματα φιλτραρίσματος (Edwin L. et. al., 1993).

Οι συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> που καταγράφονται στο εσωτερικό του κυπριακού μουσείου κυμαίνονται μεταξύ 3 - 6 ppb και στο βυζαντινό μεταξύ 4 – 6,5 ppb. Και για τα δύο μουσεία οι συγκεντρώσεις SO<sub>2</sub> δεν κυμαίνονται εντός των ορίων που προνοεί το πρότυπο του ASHRAE και η σχετική βιβλιογραφία. Αποτέλεσμα που ήταν αναμενόμενο μιας και δεν υφίσταται κανένα σύστημα εξαερισμού σε κανένα από τα δύο μουσεία.

Είναι αποδεδειγμένο ότι οι συγκεντρώσεις O<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub> πρέπει να είναι κοντά στο μηδέν για να επιτευχθεί η μακρά διάρκεια ζωής για τα διάφορα μουσειακά εκθέματα. Ο Cass et al., 1989, επισημαίνουν ότι για να προστατευθούν τα γενικά εκθέματα πρέπει τα επίπεδα του NO<sub>2</sub> να είναι 2,5 ppb (Cass et al., 1989; Pavlogeorgatos, 2003).

Το διοξείδιο του αζώτου και τα οξείδια του αζώτου μπορεί τα ίδια στην πραγματικότητα και στην πράξη να μην είναι ιδιαίτερα επιβλαβή ρύποι αλλά διεισδύοντας στα κτήρια λόγω των χημικών μετασχηματισμών καταλήγουν ως νιτρικό οξύ και κατακάθονται σε εσωτερικές επιφάνειες προκαλώντας όλα σχετικά αρνητικά επακόλουθα ( Svendsen M. R., 2006).

Η έρευνα κατέδειξε ότι τόσο στο βυζαντινό όσο και στο κυπριακό μουσείο τα επίπεδα του NO<sub>2</sub> είναι αρκετά υψηλότερα από τις κατευθυντήριες γραμμές του ASHRAE που για τα μουσεία ορίζονται στα, 2,6 ppb. Οι συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> στο κυπριακό μουσείο κυμαίνονται από 8 - 55 ppb και στο βυζαντινό μουσείο από 10 -37 ppb, ενώ αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το φθινόπωρο και την άνοιξη τις απογευματινές ώρες στο βυζαντινό μουσείο είναι μηδαμινές οι συγκεντρώσεις. Στο κυπριακό μουσείο οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου ήταν σημαντικά υψηλές ή σχεδόν ίσες με τις υπαίθριες.

Στο κυπριακό μουσείο οι αναλογίες του συντελεστή I/O για το NO<sub>2</sub> για τις συνολικές μετρήσεις όλων των εποχών κυμαίνονται από 0,51 – 0,80 και στο βυζαντινό 0,80 – 1,80. Η τυπική αναλογία που προτείνεται βάση της βιβλιογραφίας είναι 0,6 – 0,8 κάτι που βλέπουμε να ισχύει στο κυπριακό μουσείο ενώ δεν ισχύει στο βυζαντινό μουσείο όπου παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> εσωτερικά από όσο εξωτερικά.

Σε μια μεγάλη κριτική επισκόπηση που διεξήχθη από το Yocom το 1982 αναφέρει ότι ο η αναλογία του λόγου εσωτερικής/εξωτερικής συγκέντρωσης O<sub>3</sub> πρέπει να κυμαίνεται στο εύρος 0,1 έως 0,7 και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι «εν ολίγοις, μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι οι εσωτερικές συγκεντρώσεις O<sub>3</sub> πάντοτε πρέπει να είναι σημαντικά



χαμηλότερες από αυτές σε εξωτερικούς χώρους». Ομοίως ο Thomson το 1978, βασιζόμενος στο έργο του Derwent ,1973 και Mueller και άλλοι, 1973, συμπεράνει ότι τα επίπεδα όζοντος μέσα σε μουσεία και πινακοθήκες πρέπει να είναι χαμηλά λόγω της υψηλής δραστηριότητας του όζοντος με τις εσωτερικές επιφάνειες. Σε άρθρα τους οι Hales et al. το 1974 ανέφεραν ότι οι συγκεντρώσεις του όζοντος μέσα στα κτήρια στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καλιφόρνια κυμαίνονταν μέχρι το 70% των επιπέδων εξωτερικά του κτιρίου, όταν οι υπαίθριες συγκεντρώσεις O<sub>3</sub> ήταν αρκετά υψηλές εξωτερικά.

Σε σχετικές βιβλιογραφίες συνιστάται η εσωτερική συγκέντρωση του όζοντος να κυμαίνεται μέχρι 13 ppb με τις πιο πρόσφατες συστάσεις να είναι κάτω από 1 ppb. (Thomson ,1978).

Σε κτίρια όπου υπάρχουν υψηλά ποσοστά ανταλλαγής αέρα με την εξωτερική ατμόσφαιρα, οι συγκεντρώσεις των ρύπων κυμαίνονται από 69 έως 84% των τιμών υπαίθρια ενώ κτίρια με συμβατικό σύστημα κλιματισμού δείχνουν μέγιστα επίπεδα όζοντος μέσα περίπου 30 ~ 10% από αυτά που βρίσκονται εκτός. Σε μουσεία χωρίς κεντρικό σύστημα όπου όμως υπάρχει αργή διείσδυση αέρα παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα όζοντος, συνήθως το 10-20% των υπαίθριων επιπέδων. Βάση των κατευθυντήριων γραμμών του ASHRAE για ευαίσθητα υλικά η συγκέντρωση του όζοντος πρέπει να είναι λιγότερη από 0.05 ppb και για τις γενικές συλλογές να κυμαίνεται από 0.5 – 5 ppb, ως προτεινόμενες συγκεντρώσεις για μουσεία καθορίζονται τα 2ppb.

Στο κυπριακό μουσείο παρατηρούμε ότι συγκεντρώσεις του όζοντος εσωτερικά του μουσείου κυμαίνονται όλες από 60 -85 ppb και οι αναλογίες I/O από 0,64 – 0,76. Στο βυζαντινό μουσείο οι συγκεντρώσεις του όζοντος κυμαίνονται όλες από 55 -97 ppb και οι αναλογίες I/O από 0,43 – 0,79. Και στα δύο μουσεία οι συγκεντρώσεις είναι μακρά μεγαλύτερες από τις προτεινόμενες κατευθυντήριες γραμμές του ASHRAE παρ' όλο που οι αναλογίες I/O είναι παρόμοιες με αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για μουσεία χωρίς εξαερισμό.

Το διοξείδιο του θείου και του όζοντος είναι πιο δραστικοί ρύποι από το διοξείδιο του αζώτου για αυτό μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις τους να είναι μικρότερες από το εξωτερικό περιβάλλον. Στην πράξη όμως αυτό που πιθανώς να συμβαίνει είναι ότι το διοξείδιο του θείου και του όζοντος θα μπορούσαν να έχουν αντιδράσει με μουσειακά αντικείμενα μετά από τη διείσδυση τους από το εξωτερικό περιβάλλον και για αυτό οι

συγκεντρώσεις τους να φαίνονται εικονικά χαμηλές. Το γεγονός αυτό όμως δεν μπορεί να είναι λιγότερο ανησυχητικό από τις 5 υψηλότερες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του αζώτου που συνήθως παρουσιάζονται στο εσωτερικό των μουσείων. Ο κίνδυνος πάλι είναι αυξημένος και η παρουσία τους μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των μετάλλων και την αποσύνθεση των οργανικών υλικών (Barbara Krupińska, άρθρο 2)

Οι κατευθυντήριες γραμμές του ASHRAE τόσο για ευαίσθητα υλικά όσο και για τις γενικές συλλογές σχετικά με τη συγκέντρωση του υδρόθειο  $H_2S$  αναφέρουν ότι πρέπει να είναι λιγότερη από 0.01 ppb και. Επίσης στο άρθρο του Jean, 1999 αναφέρεται ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη διατήρηση των επιπέδων του  $H_2S$  λιγότερο από  $1 \mu g/m^3$  ιδίως στα μεταλλικά αντικείμενα και πίνακες ζωγραφικής, γιατί είναι πολύ δραστικό με το μέταλλο και τις χρωστικές ουσίες (Jean, 1999).

Όσο αφορά το κυπριακό μουσείο οι συγκεντρώσεις του υδρόθειο,  $H_2S$  είναι κάτω από 2,5 ppb ενώ στο βυζαντινό είναι κάτω από 3 ppb ποσοστά που πάλι είναι υψηλότερα από τις κατευθυντήριες γραμμές που προτείνονται από το ASHRAE.

Το υπαίθριο περιβάλλον δεν είναι ο μόνος παράγοντας που καθορίζει την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό του μουσείου. Πτυχές όπως η σκόνη επαναιώρηση, τα άτομα που κινούνται στο χώρο ή κατά τη διάρκεια του καθαρισμού και το άνοιγμα των παραθύρων και των πορτών μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο για την αύξηση του ποσού των σωματιδίων στο εσωτερικό των μουσείων. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η εισαγωγή αέριων σωματιδίων από το εξωτερικό περιβάλλον προς το μουσείο δεν είναι σταθερή στο χρόνο, έτσι εξαρτάται από άλλους παράγοντες, όπως η ταχύτητα του ανέμου, η διεύθυνση του ανέμου και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. (IESNA. 1996).

Για σκοπούς αξιολόγησης της ποιότητας του αέρα αξίζει να επικεντρωθούμε σε συγκεκριμένα κλάσματα των αιωρούμενων σωματιδίων, δεδομένου ότι η συμπεριφορά των σωματιδίων εξαρτάται έντονα από την αεροδυναμική τους διάμετρο. Τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο  $PM_{2,5}$  που είναι μικρά μόρια συμπεριφέρονται περισσότερο σαν μόρια αερίου και ακολουθούν τα ρεύματα αέρος με αποτέλεσμα να εισρέουν στο εσωτερικό των μουσείων από το εξωτερικό περιβάλλον μέσω των ρωγμών και των μικρών σχισμών. Ως συνέπεια, μένουν αιωρούμενα στον εσωτερικό αέρα του μουσείου. για μεγαλύτερα χρονικά

διαστήματα. Τα μεγαλύτερα σωματίδια, π.χ με διάμετρο PM 10, παρουσιάζουν ορισμένη αδράνεια και δύσκολα εισχωρούν στο μουσείο από το εξωτερικό περιβάλλον.

Η συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων διαμέτρου PM<sub>2,5</sub> εσωτερικά του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές είναι μικρότερη από 0,01 mg/m<sup>3</sup>, ενώ για το βυζαντινό μουσείο είναι μικρότερη από 0,005 mg/m<sup>3</sup>. Θετικό είναι ότι η συγκέντρωση τους εξωτερικά είναι μεγαλύτερη από ότι στο εσωτερικό του μουσείου. Οι τιμές και στα δύο μουσεία κυμαίνονται σε υψηλά ποσοστά με βάση τα όρια που ορίζουν οι κατευθυντήριες γραμμές στο πρότυπο του ASHRAE που για ευαίσθητα υλικά προτείνεται να είναι μικρότερη από 0,1 μg/m<sup>3</sup> και για τις γενικές συλλογές από 1- 10 μg/m<sup>3</sup>.

# Κεφάλαιο Έβδομο

## Συμπεράσματα-Περιορισμοί-Εισηγήσεις

### 7.1 Συμπεράσματα

Κατά τη διαδικασία της εκπόνησης που ακολουθήθηκε για την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή για την αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα τόσο στο κυπριακό μουσείο όσο και στο βυζαντινό μουσείο έχουν εξαχθεί ορισμένα συμπεράσματα και αποτελέσματα για το χαρακτηρισμό των δύο υπό μελέτη κτιρίων και τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια.

#### 7.1.1 Συμπεράσματα για το κτίριο του Κυπριακού μουσείου όσο αφορά το Σύνδρομο του Αρρώστου Κτηρίου.

Για την αξιολόγηση των συνθηκών της ποιότητας αέρα όσο αφορά το Σύνδρομο του Αρρώστου Κτηρίου, στο κυπριακό μουσείο έχουν πραγματοποιηθεί δύο μέθοδοι αξιολόγησης. Η πρώτη μέθοδος αφορά τη διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας του αέρα τού κτιρίου με διεκπεραίωση διάφορων μετρήσεων και η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στη δημιουργία και έρευνα ερωτηματολόγιων που στηρίζονται στον ανθρώπινο παράγοντα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί με βάση την πρώτη μέθοδο, συμπεραίνεται πως οι μετρούμενες συγκεντρώσεις των ρύπων βρίσκονται εντός των επιτρεπόμενων ορίων των κατευθυντήριων γραμμών που υπάρχουν με βάση την βιβλιογραφία. Παρ' όλο που με βάση τις μετρήσεις που αφορούν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και το σύνδρομο του αρρώστου κτηρίου, δεν φαίνεται να υφίσταται κάποιο πρόβλημα σύμφωνα με τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από το ερωτηματολόγιο. Συμπεραίνεται πως το υπό μελέτη κτήριο δεν προσφέρει τις απαιτούμενες συνθήκες στους χρήστες του, εξαιτίας της μη ορθής λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος κλιματισμού και εξαερισμού του κτηρίου. Συνεπώς πρέπει να βρεθούν λύσεις οι οποίες θα επιφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα στους χρήστες και προπάντων να μην είναι δαπανηρές. Πρέπει όμως να αναφερθεί πως πάντα θα υπάρχει ένα ποσοστό δυσαρεστημένων χρηστών στο χώρο λόγω του διαφορετικού μεταβολισμού, του χαρακτήρα, της δραστηριότητας, της ηλικίας και του διαφορετικού φύλου.

### **7.1.2 Συμπεράσματα όσον αφορά την προστασία των εκθεμάτων.**

Όσο αφορά την ασφάλεια των εκθεμάτων η ποιότητα του αέρα τόσο στο κυπριακό όσο και στο βυζαντινό δυστυχώς δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ικανοποιητική. Με εξαίρεση την θερμοκρασία και την υγρασία που τα επίπεδα τους βρίσκονται εντός των κατευθυντήριων γραμμών που ορίζονται από τη βιβλιογραφία, η συγκέντρωση των υπόλοιπων αέριων ρύπων που έχουν μετρηθεί είναι υψηλότερη από τις προτεινόμενες τιμές. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μετρήσεις είναι πολύ κοντά στα προτεινόμενα όρια, άρα με συγκεκριμένα μέτρα μπορεί να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Όσο αφορά τις αίθουσες που περιέχουν τα υπερευαίσθητα υλικά, τα οποία εξαιρούνται από τις κατευθυντήριες γραμμές, απαιτούνται ειδικές ελεγχόμενες μετρήσεις.

## **7.2 Περιορισμοί**

Πιθανή αδυναμία της μεταπτυχιακής εργασίας μπορεί να θεωρηθεί ο μη πλήρης χαρακτηρισμός του μηχανισμού επίδρασης των ρύπων στα υλικά μέσα στα χρονικά περιθώρια εκπόνησης της έρευνας. Η αδυναμία αυτή δεν αναμένεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην όλη υλοποίηση της έρευνας.

Ένας άλλος σημαντικός περιορισμός είναι ότι δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κατά την καλοκαιρινή περίοδο όπου πιθανώς λόγω των έντονων καιρικών συνθηκών να υπάρξουν κάποιες διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματά μας.

Επίσης δεν έγιναν καθόλου μετρήσεις εντός των προθηκών των εκθεμάτων, όπου στο περιβάλλον αυτό μπορεί να ισχύουν εντελώς αντίθετε συνθήκες.

## **7.3 Εισηγήσεις**

Η επιδείνωση των μουσειακών εκθεμάτων είναι μια συνεχής, είτε φυσική είτε επαγόμενη διαδικασία η οποία εξαρτάται άμεσα από την περιβαλλοντικές συνθήκες και διάφορους άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επικρατούν στους μουσειακούς χώρους. Η εισαγωγή των εξωτερικών αιωρούμενων σωματιδίων στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου πραγματοποιείται μέσω των συστημάτων θέρμανσης του γι' αυτό και είναι αναγκαία η τοποθέτηση φίλτρων και καλύτερου εξαερισμού στο χώρο έτσι ώστε να μην υπάρχει

πιθανότητα εισροής αιωρούμενων σωματιδίων από την ατμόσφαιρα στον εσωτερικό αέρα. Σύμφωνα με τα γενικά αποτελέσματα που έχουν εξαχθεί για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα συμπεραίνεται πως πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αναβάθμιση του εξαερισμού στο χώρο. Πιο κάτω αναφέρονται μερικά μέτρα που συνιστάται να ακολουθηθούν για την αποφυγή/μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στα δύο κτίρια και ορισμένα μέτρα που μπορεί να ληφθούν τόσο στο κυπριακό μουσείο όσο και στο βυζαντινό μουσείο για περαιτέρω βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

### **7.3.1 Εισηγήσεις για το κτήριο του Κυπριακού μουσείου**

Η εισροή των εξωτερικών αιωρούμενων σωματιδίων στο εσωτερικό χώρο του μουσείου οφείλεται στο σύστημα κλιματισμού, άρα θα πρέπει να γίνεται πιο τακτικός καθαρισμός των συστημάτων όπως επίσης και τοποθέτησης φίλτρου στα κλιματιστικά για την κατακράτηση και απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων. Λόγο της έλλειψης συστημάτων διήθησης σωματιδίων πολλές φορές οι συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων σε εσωτερικούς χώρους μπορεί να είναι τόσο υψηλή ή υψηλότερες από αυτές σε εξωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό, πολλές τέτοιες εγκαταστάσεις έχουν αρχίσει να ενσωματώνουν φίλτρα ενεργού άνθρακα στο σύστημα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) (Biscontin et al., 1980? Dockery και Spengler, 1981).

Για διασφάλιση της ασφάλειας και υγείας των εργοδοτούμενων καθώς και των τρίτων προσώπων στο μουσείο, απαιτείται η παροχή επαρκούς νοπού αέρα στην κάθε αίθουσα σύμφωνα με τις πρόνοιες των περί Ελάχιστων Προδιαγραφών Ασφάλειας και Υγείας στους Χώρους Εργασίας Κανονισμών του 2002 και 2004. Το σύστημα εξαερισμού καθώς και το σύστημα κλιματισμού στις αίθουσες πρέπει να συντηρείται σε τακτά διαστήματα και τα φίλτρα να διατηρούνται σε άψογη κατάσταση είτε με συχνή καθαριότητα ή αντικατάσταση, αφού δύνανται να επηρεάζουν δυσμενώς την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Γίνεται αντιληπτό ότι οι εργοδοτούμενοι έχουν μειωμένο ρυθμό παροχής αέρα στους εσωτερικούς χώρους του μουσείου, μόνο κατά τις ώρες εκείνες όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση επισκεπτών (πχ. δύο ομάδες τουριστών ταυτόχρονα).

Προτείνεται η δημιουργία αεροστεγών προθηκών παρόμοιων με αυτών της αίθουσας IV. Μέσω της χρήσης προθηκών και συστήματος φιλτραρίσματος αέρα, είναι δυνατό να

προστατεύσει ένα τμήμα μιας συλλογής χωρίς να χρειαστεί να τροποποιηθεί ένα ολόκληρο κτίριο (Nazarof W.W. and Glenn R. C., 1991)

### **7.3.2 Εισηγήσεις για το κτήριο του Βυζαντινού μουσείου**

Η εισροή σωματιδίων λόγω της τουριστικής δραστηριότητας επίσης πρέπει να περιορίζεται, για παράδειγμα αφήνοντας τα παλλά στην είσοδο του μουσείου. Επιπλέον, προκειμένου να προστατεύουν τα μουσειακά αντικείμενα (ζωγραφική, χειρόγραφα) από μακροπρόθεσμη ζημιά, τοποθέτησή τους πίσω από το γυαλί ή στις προθήκες μπορεί να θεωρηθεί ορθό.

Η ατμόσφαιρα στους εσωτερικούς χώρους των μουσείων πρέπει να ρυθμίζεται ώστε τα εκθέματα να μην επηρεάζονται δυσμενώς από τις εξωτερικές συνθήκες όπως είναι η μόλυνση της ατμόσφαιρας με αιωρούμενα σωματίδια, μονοξειδίο και διοξειδίο του άνθρακα, του θείου, του αζώτου, κ.ά. ρυπογόνων ουσιών. Για το σκοπό αυτό, είναι αποδεκτό να διατηρούνται τα παράθυρα κλειστά στις αίθουσες, όπου αυτά υπάρχουν.

### **7.3.3 Εισηγήσεις και για τα δύο κτήρια.**

Με βάση τους περί Ελάχιστων Προδιαγραφών Ασφάλειας και Υγείας (Χρησιμοποίηση κατά την Εργασία Εξοπλισμού Εργασίας) Κανονισμούς του 2001 και 2004, πρέπει να τηρείται σχετικό αρχείο ή βιβλίο συντήρησης / επισκευής για τα δύο προαναφερθέντα συστήματα.

Πρέπει να γίνεται σχολαστική καθαριότητα όλων των χώρων φύλαξης εκθεμάτων και των ιδίων των αιθουσών σε τακτική βάση, ώστε να μην επηρεάζεται δυσμενώς η ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Επιβάλλεται η εκπαίδευση των καθαριστριών για ορθή χρήση των χημικών και καθαρισμό των μουσείων. Επίσης προτείνεται η αντικατάσταση των χημικών ουσιών με φυσικές ουσίες που δεν προκαλούν φθορά στα μουσειακά εκθέματα.

Πολλά προβλήματα δημιουργούνται λόγω της παραγωγή διαβρωτικών πτητικών ουσιών, αερίων από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και τοποθέτηση των προθηκών. Επίσης οι συντηρητές πρέπει να φροντίζουν να επιλέγουν τα ασφαλή υλικά (Brimblecombe, 1990). Ωστόσο, η χρήση των ξύλινων υλικών για την κατασκευή των ραφιών και των προθηκών πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο γιατί το ξύλο, ιδίως τα νέα έπιπλα, απελευθερώνουν μεγάλη ποσότητα οργανικών ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων του

μυρμηκικού και οξικού οξέως, που είναι επικίνδυνα για μεταλλικά και βιολογικά αντικείμενα. Πρέπει να προωθηθεί η χρήση αδρανών υλικών και η απαγόρευση της χρήσης του ξύλου, των χρωμάτων, των βερνικιών και των χλωριωμένων πολυβινυλικών ρητινών για να αποφευχθεί η απελευθέρωση των επιβλαβών αερίων όπως της φορμαλδεΐδη, του μυρμηκικού, του οξικού οξέως, του υπεροξειδίου, των διαλυτών και των χλωριωμένων ενώσεων. Μια άλλη πιθανότητα είναι να δημιουργηθούν επιφάνειες στις προθήκες στις οποίες οι ρύποι μπορεί να απορροφούνται από τις επιφάνειες με αποτέλεσμα την προστασία των μουσειακών αντικειμένων (Krupińska B et al., 2013).

Μέσω της τοποθέτησης φίλτρων ενεργού άνθρακα στο σύστημα εξαερισμού του κτηρίου μπορεί να επιτευχθούν πολύ χαμηλά επίπεδα εσωτερικού όζοντος. Με βάση αυτή την προσέγγιση, το όζον αφαιρείται από τον αέρα των δωματίων και έτσι παρέχει ευρεία προστασία σε όλα τα εκθέματα στο μουσείο. Ωστόσο, τα φίλτρα άνθρακα πρέπει να αλλάζονται τακτικά πριν εξαντληθεί ο χρόνος ζωής τους, προκειμένου να διατηρηθούν τα χαμηλά επίπεδα μόλυνσης (Stephen Hackney, 1984). Μελέτες από αστικές περιοχές με υψηλά επίπεδα υπαίθριας ρύπανσης έχουν δείξει ότι μια σημαντική βελτίωση στο εσωτερικό επίπεδο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι δυνατόν να επιτευχθεί μέσω της χημικής διήθησης αέρα, π.χ. με τη χρήση ενεργού άνθρακα. Αυτό έχουν επιδείξει από έρευνες σε διάφορα κτήρια μουσείων στην Καλιφόρνια, ΗΠΑ (Shaver C.L. et. al., 1983; Druzic, J. Et al., 1990), και από τις μετρήσεις ρύπανσης σε διαφορετικές περιοχές, μέσα στο ίδιο κτίριο με ή χωρίς φίλτρα, για παράδειγμα σε μουσεία στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία (Hackney, S., 1984; McParland, M., 1992; Saunders D., 1993). Με προσεκτικό σχεδιασμό, οι περισσότερες συλλογές των μουσείων μπορούν να προστατευθούν από βλάβες που οφείλονται σε ατμοσφαιρικό όζον.

Πρέπει να γίνουν προσπάθειες ούτως ώστε το κτήριο να σφραγιστεί και να απομονωθεί από το εξωτερικό περιβάλλον έτσι ώστε να καταστεί αεροστεγές και να σταματήσει την εισβολή των ρύπων από το εξωτερικό περιβάλλον, γεγονός που θα οδηγήσει και στη μείωση του κόστους για το σύστημα κλιματισμού (Reddy M.K et al., 2005). Ωστόσο, μείωση του ποσοστού του εξαερισμού μπορεί να συγκρουούνται με τις προδιαγραφές άνεσης που απαιτούνται για τους ανθρώπους. Μέσω της μηχανικής υποστήριξης του συστήματος εξαερισμού των κτηρίων μπορεί να δημιουργηθεί μια μικρή υπερπίεση στους εσωτερικούς χώρους με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της ανεξέλεγκτης εισροής του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον.



Οι συλλογές αποτελούνται από διαφορετικά υλικά και για αυτό πρέπει να εξεταστεί για κάθε συλλογή πιο αναλυτικά οι επιπτώσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών στο συγκεκριμένο υλικό που είναι κατασκευασμένα τα μουσειακά εκθέματα. Το κάθε υλικό απαιτεί διαφορετικό χειρισμό και διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες συντήρησης και προστασίας. Επίσης απαιτείται τακτική αξιολόγηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και των συνθηκών αποθήκευσης και προστασίας των εκθεμάτων (Svendsen M. R., 2006).

Και στα δύο μουσεία μπορεί να μελετηθεί η πιθανότητα να εφαρμοστεί το καινοτόμο πρόγραμμα που θα πραγματοποιηθεί με τη συνεργασία του Πολυτεχνείου Κρήτης, του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου καθώς και των δύο μουσείων, του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης (ΙΜΚ) και του Δημοτικού Μουσείου Λαϊκής Τέχνης (ΔΜΛΚ). Η καινοτομία του συγκεκριμένου έργου έγκειται στην εφαρμογή ενός Συστήματος Έγκαιρης Προειδοποίησης (ΣΕΠ), το οποίο μέσω ενός παθητικού αισθητήρα έγκαιρης προειδοποίησης για τη φθορά οργανικών υλικών σε εσωτερικούς χώρους μουσείων. Ο αισθητήρας θα ποσοτικοποιεί τη φθορά της δομής ευαίσθητου πολυμερούς (PPO) που φθείρεται πιο γρήγορα από τα έργα τέχνης, ενώ θα είναι μικρός σε μέγεθος και εύχρηστος ώστε να χρησιμοποιείται εύκολα σε διάφορες θέσεις μέσα σε βιτρίνες και χώρους αποθήκευσης. Η σχέση μεταξύ της φθοράς των υλικών και των περιβαλλοντικών παραμέτρων θα οδηγήσει στην ανάπτυξη συσχετίσεων δόσης – αποτελέσματος. Επίσης καινοτόμα είναι και η χρήση ηλεκτροστατικού κατακρημνιστή για την απομάκρυνση της πλειονότητας των αιωρούμενων σωματιδίων και εν συνεχεία ακτινοβολία με UV ακτινοβολία για τη θανάτωση αιωρούμενων μικροοργανισμών και παράλληλα περιορισμού της δράσης τους.

Μελλοντική εργασία πρέπει να πραγματοποιηθεί όσο αφορά την αξιολόγηση των υφιστάμενων συγκεντρώσεων αερίων ρύπων, αιωρούμενων σωματιδίων και βιοαεροζόλ . Πρέπει να γίνει επίσης συλλογή σωματιδιακών επικαθίσεων σε οργανικές επιφάνειες και στη συνέχεια χημική ανάλυση του δείγματος για τον προσδιορισμό της σύστασης του (με ICP-MS, GC-MS και ιοντική χρωματογραφία) καθώς και χαρακτηρισμός με SEM. Οι επικαθίσεις που διαθέτουν κρυσταλλική δομή θα αναλυθούν με XRF. Επίσης πρέπει να γίνει μέτρηση του μικροβιακού φορτίου βασισόμενη στην εναπόθεση και ανάπτυξη των αιωρούμενων μικροοργανισμών σε στερεά θρεπτικά υλικά. Επιπλέον χρήσιμο θα είναι να γίνει ανάλυση των μικροοργανισμών με μικροσκοπία επιφθορισμού (FISH) και RT-PCR. Η μικροβιακή παρακολούθηση σε περιβάλλοντα πολιτιστικής κληρονομιάς αποτελεί συμβολή για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση και αξιολόγηση μικροβιακής περιβαλλοντικής παρακολούθησης,

ως εκ τούτου, μπορεί να θεωρηθεί ως αναπόσπαστο τμήμα ενός ευρύτερου συστήματος ποιότητας διαχείρισης για το πεδίο της συντήρησης των πολιτιστικών αγαθών.(Ugolotti M. et al.,2010; Michaelsen et al. 2009; Pangallo et al. 2009; Portillo et al. 2009; Ranalli et al. 2005; Saiz - Jimenez και Gonzalez 2007).

Η βιβλιογραφία που υπάρχει στο σχετικό θέμα είναι ελάχιστη και υπάρχει αρκετή δουλειά να γίνει, εάν θέλουμε να καταλάβουμε ποιά είναι η καλύτερη διαδικασία για την προστασία μουσειακών εκθεμάτων που αποτελούν τόσο σημαντικό μέρος της πολιτιστικής μας κληρονομιάς. Οι χημικοί μετασχηματισμοί και η διαδικασία παραγωγής σωματιδίων, η οξείδωση του μυρμηκικού οξέως και άλλοι σημαντικοί μετασχηματισμοί στο μουσειακό περιβάλλον δεν έχουν ερευνηθεί. Λίγα είναι γνωστά όσο αφορά τα όρια των αποδεκτών συγκεντρώσεων των αέριων ρύπων. Οι χημικές διαδικασίες και οι μετασχηματισμοί που πραγματοποιούνται ούτως ώστε να προκαλούν τη ζημιά δεν είναι ακόμη γνωστοί.

Σε όλη την Ευρώπη έργα τέχνης σε μουσεία έχουν επηρεαστεί από τις συνθήκες έκθεσης ή αποθήκευσης. Συγκεκριμένα, οι ακατάλληλες επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες φύλαξης αποτελούν ίσως το σημαντικότερο λόγο σταδιακής φθοράς των έργων τέχνης με τα αποτελέσματα να μην είναι ορατά για μεγάλη χρονική περίοδο. Το τελευταίο είναι πολύ ανησυχητικό καθώς, όταν ανακαλυφθεί η ζημιά συνήθως η δομή του υλικού έχει εξασθενήσει και φθαρεί ανεπανόρθωτα.

Για τους συντηρητές των μουσειακών εκθεμάτων, τα ευρήματα της έρευνας είναι πολύ σημαντικά, αφού δίνουν μια γενική εικόνα σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες στα υπό μελέτη κτήρια. Χρειάζεται λοιπόν να προχωρήσουμε σε έρευνες παγκύπριας εμβέλειας, όπου θα γίνει μια έρευνα των περιβαλλοντικών συνθηκών στα μουσεία για να υπάρξει ικανοποιητική βιβλιογραφία και να γίνει εφικτή μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για το τι επικρατεί στα Κυπριακά δεδομένα. Επίσης καινοτόμα ερευνητικά προγράμματα και ολοκληρωμένα σχέδια προστασίας των μουσειακών εκθεμάτων, παραπλήσια με αυτό που θα εφαρμόσει το ΤΕΠΑΚ σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Κρήτης, πρέπει να προωθηθούν και να εφαρμοστούν σε πιλοτικό επίπεδο. Αφού γίνει αξιολόγηση των αποτελεσμάτων να οριστούν τα επικίνδυνα όρια των διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων για κάθε υλικό, να μελετηθούν οι χημικοί μηχανισμοί που προκαλούν καταστροφή στα εκθέματα και να καθοριστούν μέσω κάποιου οδηγού ποιες ενέργειες μπορούν να πραγματοποιηθούν ούτως ώστε να βελτιωθούν οι συνθήκες φύλαξης και προστασίας των μουσειακών εκθεμάτων.

Σίγουρα υπάρχει ενδιαφέρον από τα μουσεία να προστατεύσουν τα μουσειακά εκθέματα, αλλά παρόλα αυτά υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aparicio L.S.a.\*, J. Smolík b, L. Ma\_sková b,c, M. Sou\_cková d, T. Grøntoft a, L. Ondrá\_cková b,J. Stankiewicz, 2011. Relationship of indoor and outdoor air pollutants in a naturally ventilated historical building envelope *Building and Environment* ,46 : 1460- 1468

ASHRAE, 2003. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 'Museums, libraries, and archives', chapter 21, *ASHRAE Applications Handbook* (SI Edition), ASHRAE, Atlanta,pp. 21.1-21.16.

ASHRAE, 2011. E Position Document on INDOOR AIR QUALITY ([www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).)

Bachmann K., 1992. *Conservation concerns. A guide for collectors and curators.* Washington: Smithsonian Institution Press. ISBN1-56098-174-1.

Bernardi, A., Todorov, V., Hristova, J., 2000. Microclimatic analysis in St. Stephan's church, Nessebar, Bulgaria after

Biscontin, G., Diana S., Fassina V. and Marabelli M., 1980. The influence of atmospheric pollutants on the deterioration of mural paintings in the Scrovegni Chapel in Padua. In *Conservation within Historic Buildings* (edited by Brommelle N. S., Thomson G. and Smith P.). The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London.

Brandt C., R. van Eldik,1995. Transition metal-catalysed oxidation of sulfur (IV) oxides. *Atmospheric-relevant processes and mechanisms*, *Chem. Rev.*,95.

Brimblecombe P., Blades N., Camuffo D., Sturaro G., Valentino A., Gysels K., et al, 1999. The indoor environment of a modern museum building. The Sainsbury center for visual arts, Norwich, UK. *Indoor air*, pp. 146–64.

Brimblecombe p.,1990. The composition of museum atmospheres, *Atmos. Environ.* 24B, pp. 1–8.

Byne, L. St. G., 1899. The corrosion of shells in cabinets. *Journal of Conchology*, 9, 6, pp. 172-176.

Camuffo D.,1998. *Microclimate for Cultural Heritage*, Elsevier, Amsterdam, pp. 235–292.

Camuffo, D., Brimblecombe, P., Van Grieken, R., Busse, H-J., Sturaro, G., Valentino, A.,Bernardi A., Blades, N., Shooter D., De Bock L., Gysels K., Wieser,M., Kim, O., 1999. Indoor air quality at the Correr Museum, Venice, Italy, *The Science of the Total Environment*, 236, pp. 135-152.

Camuffo, D., Pagan, E., Bernardi, A., Becherini, F., 2004. The impact of heating, lighting and people in re-using historical buildings: a case study. *Journal of Cultural Heritage*, 5,pp. 409–416

Camuffo, D., Van Grieken, R., Busse H-J., Sturaro G., Valentino A., Bernardi A., Blades N., Shooter D., Gysels K., Deutsch F., Wieser M., Kim O., and Ulrych U., 2001. Environmental monitoring in four European museums, *Atmospheric Environment* 35, pp. 127-140. Canadian Conservation Institute.

Cappitelli F., Fermo P., Vecchi R., Piazzalunga A., Valli G., Zanardini E., 2009. Chemical–physical and microbiological measurements for indoor air quality assessment at the Ca' Granda Historical Archive, Milan (Italy). *Water Air Soil Pollution*, 201, pp 109–120

Cass G. R., Druzik J. R., Grosjean D., Nazaroff W. W., Whitmore P. M. and Wittman C. L. , 1988. Protection of Works of Art from Photochemical Smog. Environmental Quality Laboratory, Report No. 28, California Institute of Technology, Pasadena, CA.

Cass G.R., Druzik J.R., Grosjean D., Nazaroff W.W., Whitmore P.M., Wittman C.L., 1989. Protection of Works of Art from Atmospheric Ozone. The Getty Conservation Institute.

Catalina T., Vlad Lordanche, 2011. IEQ assessment on schools in the design stage.

Chughtai A. R., M.M.O. Atteya J. Kim, B.K. Konowalchuk, D.M. Smith, 1998. Adsorption and adsorbate interaction at soot particle surfaces, *Carbon* 36, pp. 1573–1589.

Contributions to the IIC Ottawa Congress, 12-16 September 1994, ed. A. Roy and P. Smith, International Institute for Conservation, London, pp.144-148.

Crimson/Paper: Memorandum to the Environmental Quality Laboratory, California

Cuttle C., 1996. Damage to museum objects due to light exposure. *Lighting Research and Technology* ,8(1), pp. 1–9.

Davies T. D., Ramer B., Kaspyzok G. and Delany A. C., 1984. Indoor/outdoor ozone concentrations at a contemporary art gallery. *J Air Pollut. Control*, 31, pp. 135-137.

Donovan P. D. and Stringer J. , 1969. The corrosion of metals by organic acid vapours. *Proceedings of the Fourth International Congress on Metallic Corrosion*, pp. 537-544.

Druzic J., Adams M., Tiller C., and Cass, G.R., 1990. The measurement and model predictions of indoor ozone concentrations in museums, *Atmospheric Environment* 24A, pp. 1813-1823.

Eastlake, C.T., Faraday M., Russel W., 1850. Report on the protection by glass of the pictures in the National Gallery, House of Commons.

Fan Z., Liyo P., Weschler C., Fiedler N., Kipen H., Zhang J., 2003. Ozone-initiated reactions with volatile organic compounds under a simulated indoor environment. *Environ Sci Technol*, 37, pp.1811-21.

- Feldman, L.,1981. Discoloration of black-and-white photographic prints. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 7, pp.1-9.
- Fitz H. E.W., Gettens R.J.,1971. Calclacite and other efflorescent salts on objects stored in wooden museum cases. in *Science and Archaeology*, ed. R.H. Brill, The MIT Press, Cambridge, pp. 91-102.
- Gibson L.T., C.M. Watt,2010. Acetic and formic acids emitted from wood samples and their effect on selected materials in museum environments, *Corros. Sci.* 52, 1,pp. 172–178.
- Giles G.H.,1965. Fading of colouring matters. *J. Appl. Chem.*, 15, pp. 541–550.
- Godoi R.H.M., Potgieter-Vermaak S., Godoi A.F.L, Stranger M., Van Grieken R., 2008. Assessment of aerosol particles within the Rubens House Museum in Antwerp, Belgium. *X-Ray Spectrom*, 37, 4, pp.298–303.
- Graedel, T.E. and McGill, R.,1986. Degradation of materials in the atmosphere. *Environmental Science and Technology*, 20,pp. 1093-1100.
- Grosjean D., Whitmore P. M., Pamela De Moor C., Cuss G. R. and Druzik J. R., 1987. Fading of alizarin and related artists pigments by atmospheric ozone: reaction products and mechanisms. *Envir. Sci. Technol.* 21, pp.635-643.
- Grzywacz C. M.,2006. *Monitoring for Gaseous Pollutants in Museum Environments*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Gysels K., Delalieux F., Deutsch F., Van Grieken R., Camuffo D., Bernardi A.,Sturaro G., Busse H-J., and Wieser M., 2004. Indoor environment and conservation in the Royal Museum of Fine Arts, Antwerp, Belgium. *Journal of Cultural Heritage*, 5, pp. 221-230.
- Hackney S. , 1984. The distribution of gaseous air pollution within museums. *Stud. Conserv.*, 29,PP. 105-116.
- Hackney S., Hedley G.,1981. Measurements of the ageing of linen canvases. *Studies in Conservation*, 26, pp. 1-4.
- Hales C. H., Rollinson A. M. and Shair F. H., 1974. Experimental non air-conditioned museum in *Preventive Conservation, Practice, Theory and Research*.
- Hatchfield P.B., J.M. Carpenter, 1986. The problem of formaldehyde in museum collections. *Int. J. Mus. Manage. Curator.*, 5, pp. 183–188.
- Hatchfield PB, 2003. *Pollutants in the museum environment*. London: Archetype Publications Ltd.
- Hisham MWM, Grosjean D., 1991. Sulfur dioxide, hydrogen sulfide, total reduced sulfur, chlorinated hydrocarbons and photochemical oxidants in southern California museums. *Atmos. Environ.*, 25, pp. 1497- 505.

historic buildings without mechanical ventilation systems, in *Healthy Buildings*. 7th International Conference, Singapore 7-11 December 2003, ed. T.K. Wai, C. Sekhar, D. Cheong, National University of Singapore & International Society of Indoor Air Quality and Climate, Singapore, pp. 278-283.

Hughes E. E. and Myers R. ,1983. Measurement of the concentration of sulphur dioxide, nitrogen oxides, and ozone in the National Archives Building. NBSIR 83-2767,

IESNA., 1996. *Museum and art gallery lighting: a recommended practice*. New York: Illuminating Engineering Society of North America. Institute of Technology, Pasadena, CA, 1987.

Jean, T., 1999. Standards for Levels of Pollutants in Museums: Part-II, IAP, Presentation 5,

Junji C.,\*, Bo Rong<sup>2</sup>, Shuncheng Lee<sup>3</sup>, Judith C. Chow<sup>4</sup>, Kin-fai Ho<sup>3</sup>, Suixin Liu<sup>1</sup> and Chongshu Zhu, 2004. Composition Of indoor Aerosols At Emperor Qin's Terra – Cotta Museum, Xian, China, During Summer. *China Particuology* , 3, pp. 170-175

Kontozova-D. V., Deutsch F., Godoi R.H.M., Spolnik Z., Wei W., Van Grieken R., 2008. Application of EPMA and XRF for the investigation of particulate pollutants in the field of cultural heritage. *Microchim. Acta.*, 161, pp.465–9.

Krupińska B. et al, 2013 Air quality monitoring in a museum for preventive conservation: Results of a three-year study in the Plantin-Moretus Museum in Antwerp, Belgium. Barbara Krupińska, René Van Grieken, Karolien De Wael University of Antwerp, Department of Chemistry, Groenenborgerlaan 171.

Krupińska B., , Grieken R. V., Karolien D. W., 2013. Air quality monitoring in a museum for preventive conservation: Results of a three-year study in the Plantin-Moretus Museum in Antwerp, Belgium

Lankester P., Brimblecombe P., 2012. The impact of future climate on historic interiors. *Science Total Environment*, pp.417–418, pp.248–54

Lee S.B., Bogaard J., Feller R.L., 1989. Darkening of paper following exposure to visible and near-ultraviolet radiation. *Journal of the American Institute for Conservation*, 28, pp.1–8

López-A.S., J. Smolík, L. Mašková, M. Součková, T. Grøntoft, L. Ondráčková, J. Stankiewicz, 2011. Relationship of indoor and outdoor air pollutants in a naturally ventilated historical building envelope, *Build. Environ.*, 46, pp. 1460–1468.

Loupa G., E. Charpantidou, I. Kioutsioukis, S. Rapsomanikis, 2006. Indoor microclimate, ozone and nitrogen oxides in two medieval churches in Cyprus. *Atmospheric Environment*, pp. 7457–7466

McParland M., 1992. 'Environmental conditions in the National gallery of Ireland', *The Conservator*, 16, pp. 55-64.

Mecklenburg M., Tumosa C., Erhardt D.,1998. Structural response of painted wood surfaces to changes in ambient relative humidity. Painted wood: history and conservation (Part 6: scientific research). The Getty Conservation Institute, pp. 464–83.

Michalski S., 1994. 'A systematic approach to preservation: description and integration with other museum activities', in Preventive Conservation, Practice, Theory and Research, Contributions to the IIC Ottawa Congress, 12-16 September 1994, ed. A. Roy and P. Smith, International Institute for Conservation, London, pp.8-11., no 410.

Morris M.A., M.A. Young, T.A.W. Molvig,1964. The effects of air pollution on cotton, Text. Res. J., 34 ,pp. 563–564.

Morten R. S., 2006. Indoor air pollution in museums: a review of prediction models and control strategies. Reviews in Conservation, 7, pp.27-41.

Mueller F. X., Loeb L. and Mapes W. H., 1973. Decomposition rates of ozone in living areas. Envir. Sci. Technol. 7, pp.342-346.

museum environment measured by SPME–GC/MS, Atmos. Environ., 36, 24,pp. 3909–3916.  
N.S. Baer., P.N. Banks., 1985. Indoor air pollution: effects on cultural and historical materials, Int. J. Mus. Manage. Curator. 4 , pp. 9–20.

National Bureau of Standards, Washington, DC.

Nazaroff W.W, Cass G. R., Druzk J. R., Grosjean D., Whitmore P. M., Wittman C. L., 1988. Protection of Works of Art from Photochemical Smog. Environmental Quality Laboratory, Report No. 28, California Institute of Technology, Pasadena, CA.

Nazaroff W.W, G.R. Cass, 1986. Mathematical modeling of chemically reactive pollutants in indoor air. Environ. Sci. Technol., 20, pp. 924-934.

Newton R.G.,1945. Mechanism of exposure cracking of rubber with a review of the influence of ozone. J. Rubber Res., 14, pp. 27–39.

Nicholls J. R., 1934. Deterioration of shells when stored in oak cabinets. Journal of the Society of Chemistry and Industry, 53,pp. 1077-1078.

Nordstrom K. , Dan Norback, Roland Akselsson, 1995. Influence of indoor air quality and personal factors on the sick building syndrome (SBS) in Swedish geriatric hospitals. Occupational and Environmental Medicine, 52,pp.170-176

Norhidayaha A.,\*, Lee Chia-Kuanga, M.K. Azharb, S. Nurulwahida, 2013. Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings. Procedia Engineering , 53 pp. 93 – 98

NRC , National Research Council, 1986. Preservation of Historical Records. National Academy Press, Washington,DC.

Oreszczyn T., Cassar M.,Fernandez K., 1994. Comparative study of air-conditioned and



- OSHA PEL, Occupational Safety and Health Administration Permissible Exposure Limit.
- Padfield T., Billington P., Eshij B., Christensen M.C., 1994. The wall paintings of Gundscmagle church, Denmark. Preprints of the IIC Conference, Ottawa, pp 94–98.
- Padfield T., D. Erhardt , W. Hopwood,1982. Trouble in Store. Science and Technology in the Service of Conservation, Preprints of the Ninth International IIC Congress , Washington DC , pp. 24-27.
- Padfield T., Landi A., 1996. The light fastness of the natural dyes. Studies in Conservation 11, pp.181–196.
- Pavlogeorgatos G., 2003. Environmental parameters in museums. Building and Environment, 38,12, pp.1457–62.
- Plenderleith H. J.,A. E. A. Werner,1971. The Conservation of Antiquities and Works of Art, 2nd ed. (Oxford University Press, London, 1971).
- Pope D., H.R. Gibbens, R.L. Moss,1986. The tarnishing of silver at naturally occurring H<sub>2</sub>S and SO<sub>2</sub> levels, Corros. Sci., 8,pp. 883–887.
- Progressive Architecture, 5, pp.49–54.
- Rea M.S.,1999. Lighting handbook, 9th ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America.
- Ryhl-Svendsen M., Padfield T., Smith,V.A., De Santis F.,2003. The indoor climate in
- Ryhl-Svendsen M., J. Glastrup,2002. Acetic acid and formic acid concentrations in th
- Salmon L.G., G.R. Cass, K. Bruckman, J. Haber,2000. Ozone exposure inside museums in the historic central district of Krakow, Poland, Atmos. Environ. 34, 22,pp.3823–3832
- Santis D. F, Di Palo V, Allegrini I., 1992. Determination of some atmospheric pollutants inside a museum: relationship with the concentration outside. Sci. Total Environ.,127, pp. 211-23.
- Saunders D.,1993. The environment and lighting in the Sainsbury Wing of the National Gallery , in ICOM Committee for Conservation, 10th Triennial Meeting, Washington DC 22-27 August 1993, ed. J. Bridgeland, ICOM-CC, Paris, pp. 630-635.
- Schieweck A, Lohrengel B, Siwinski N, Genning C, Salthammer T., 2005. Organic and inorganic pollutants in storage rooms of the Lower Saxony State Museum Hanover, Germany. Atmos Environ, 39, pp. 6098–108.
- Scot , A.,1921. The Cleaning and Restoration of Museum Exhibits, Report upon Investigations Conducted at the British Museum, HMSO, London .
- Shahani C.J., Wilson W.K., 1987; C.J. The Preservation of Libraries and Archives, pp. 240–251.

Shaver C.L., G.R. Cass and J.R. Duzik,1983. Ozone and the deterioration of works of art. *Environ. Sci. Technol.*, 17, pp.748-752.

Spedding D.J., R.P. Rowlands,1971. Sorption of sulphur dioxide by indoor surface (leather), *J. Appl. Chem. Biotech.*, 21,pp. 68–70.

Spengler J. D., Dockery D. W., Turner W. A., Wolfson J. M.and Ferris B. G. Jr, 1981. Long-term measurements of respirable sulfates and particles inside and outside homes. *Atmospheric Environment*, 15, pp. 23-30.

Sterflinger K., 2010. Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage. *Fungal Biology Reviews*, 24, pp. 47 – 55

Swan A.,1981. Conservation of photographic print collections, *Library Trends*, 30, pp.267–296.

Tabunschikov Y., Brodatch M., 2004. Indoor air climate requirements for Russian churches and cathedrals. *Indoor Air* 14,pp. 168–174

Thomson G., 1978. *The Museum Environment*. Butterworths, London.

Thomson G., 1986. *The museum environment*. London: Butterworths; pp. 66–124

Thomson G.,1965. Air pollution a review for conservation chemists. *Stud. Conserv.*, 10,pp. 147-167.

Toishi K., T. Kenjo, 1968. A Simple Method of Measuring the Alkalinity of Air in New Concrete Buildings. *Studies in Conservation*, 13, pp. 213-214.

Toishi K., T. Kenjo,1967. Alkaline Material Liberated into Atmosphere from New Concrete. *Journal of Paint Technology*, 39, pp. 152-155.

Toishi K., T. Kenjo,1975. Some Aspects of the Conservation of Works of Art in Buildings of New Concrete. *Studies in Conservation*, 20, pp. 118-122.

USEPA, (Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών)

verification of linear combination model for relating indoor-outdoor pollutant concentrations. *Envir. Sci. Technol.*, 8, pp. 452-453.

VMM, Vlaamse Milieumaatschappij, [www.vmm.be](http://www.vmm.be), (Last update: June 2012).

Volent P. and Baer N. S., 1985. Volatile amines used as corrosion inhibitors in museum humidification systems. *Int. J. Museum Management Curatorship.*, 4, pp. 359-364.

Wainman T., Zhang J., Weschler C., Liroy P.J., 2000. Ozone and limonene in indoor air: a source of submicron particle exposure. *Environ. Health Perspect.*,108, pp.1139-45.

Wang T. C. ,1975. A study of bioeffluents in a college classroom. ASHRAE Trans., 81,pp. 32-44.

Weintraub S., 1990. Technics: natural light in museums: an asset or a threat.

Weintraub S., 1992. Creating and maintaining the right environment.

Weschler C.J., Shields H.C., 1999. Indoor ozone/terpene reaction as a source of indoor particles. Atmos. Environ.,33, pp. 2301-12.

Weyde E.,1972. A simple test to identify gases which destroy silver images, Photographic Science and Engineering, 16, pp.283-286.

Whelchel H, editor. Caring for your collections. New York: Harry N. Abrams Inc., pp. 18–29.  
Whitmore P., Cass G.R.,1988. The ozone fading of traditional Japanese colorants. Studies in Conservation, 33,pp. 29-40.

Whitmore P., Cass G.R., Druzik J.R.,1987. The ozone fading of traditional natural organic colorants on paper. Journal of the American Institute of Conservation, 26, pp. 45-58.

Williams E. L., Eric Grosjean and Daniel Grosjean. Exposure of Artists' Colorants to Sulfur Dioxide Author(s): ource: Journal of the American Institute for Conservation, Vol. 32, No. 3 (Autumn -Winter, 1993), pp. 291-310

Wolkoff P., Wilkins C.K., Clausen P.A., Nielsen G.D., 2005. Organic compounds in office environments—sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry. Indoor Air, pp. 1–13.

World Health Organization (WHO), 2007. Indoor air pollution: national burden of disease estimates WHO, Geneva.

Zeronian S. H., K.W. Alger, S.T. Omaye,1973. Effects of sulphur dioxide on the chemical and physical properties of Nylon 66. Text. Res. J., 43,pp. 228–237

Κ.Δ.Π. 111/2007 Οι περί της Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα (Αρσενικό, Κάδμιο, Υδράργυρος, Νικέλιο και Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες στον Ατμοσφαιρικό Αέρα) Κανονισμοί του 2007

Κ.Δ.Π. 268/2001 Οι περί Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (Χημικοί Παράγοντες) Κανονισμοί του 2001

Κ.Δ.Π. 327/2010 Οι περί της Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα (Οριακές Τιμές Διοξειδίου του Θείου, Διοξειδίου του Αζώτου και Οξειδίων του Αζώτου, Σωματιδίων, Μολύβδου, Μονοξειδίου του Άνθρακα, Βενζολίου και Όζοντος στον Ατμοσφαιρικό Αέρα) Κανονισμοί του 2010

Ματθαίος Σανταμούρης,2000. Οικολογική Δόμηση, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.

Ο περί της Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα Νόμος του 2010 (Ν. 77(Ι)/2010.

Οργανισμού ACGIH TLV (American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Value

Πνευματικού και Πολιτιστικού Κέντρου του Ιδρύματος Αρχιεπισκόπου Μακαρίου Γ' (<http://www.makariosfoundation.org.cy/8.html> )

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών Εκπαιδευτικό Υλικό, Θεματική Ενότητα ΔΕ3

Τεχνολογικό Επιμελητήριο Ελλάδος Η Τεχνική Οδηγία 2323/86 του ΤΕΕ, 1986

Τμήμα Αρχαιοτήτων

<http://www.mcw.gov.cy/mcw/DA/DA.nsf/All/4D3CBED9569C1B9BC22573B5003B867B>

Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας (Τ.Ε.Ε.)

[http://www.mlssi.gov.cy/mlssi/dli/dli.nsf/dmlindex\\_gr/dmlindex\\_gr?OpenDocument](http://www.mlssi.gov.cy/mlssi/dli/dli.nsf/dmlindex_gr/dmlindex_gr?OpenDocument)

Τμήμα Μετεωρολογίας της Κύπρου,

[http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex\\_gr/DMLindex\\_gr?OpenDocument#](http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument#) 2011

Τμήματος του Ιλινόις (IDPH- Illinois Department of Public Health Guidelines for Indoor Air Quality

Υπουργείου Συγκοινωνιών και Έργων <http://www.mcw.gov.cy/mcw>

## Παράρτημα Α

**Πίνακας 1:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις Δυτικές αίθουσες (I ,XIV) του κυπριακού μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις	Φθινόπωρο Πρωί	Χειμών ας Πρωί	Άνοιξη Πρωί	Φθινόπωρο Απόγευμα	Χειμώνας Απόγευμα	Άνοιξη Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	22,00	23,50	21,32	22,55	24,36	23,71
Σχετικής υγρασίας %	45,00	41,37	42,62	49,65	32,33	29,04
CO <sub>2</sub> ppm	620,00	652,67	624,83	750,00	574,14	784,25
SO <sub>2</sub> ppb	5,00	6,00	6,00	5,00	6,00	3,63
NO ppb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	13,00	54,00	28,00	13,00	38,43	0,00
OZO ppb	68,50	89,33	94,00	67,00	94,71	69,13
Ben ppb	1,50	7,00	3,33	3,00	5,43	0,00
Tol ppb	8,00	9,33	11,83	10,50	9,86	5,75
Eth ppb	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25
Xyl ppb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> ppb	34,50	38,33	30,17	35,50	34,14	45,63
H <sub>2</sub> S ppb	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25
PM1 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03

**Πίνακας 2:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις Ανατολικές αίθουσες (V, IV) του Κυπριακού Μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες

Μετρήσεις	Φθινόπωρο Πρωί	Χειμώνας Πρωί	Άνοιξη Πρωί	Φθινόπωρο Απόγευμα	Χειμώνας Απόγευμα	Άνοιξη Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	21,80	19,10	22,47	22,38	22,26	22,75
Σχετικής υγρασίας %	49,53	47,54	44,47	49,28	39,92	35,15
CO <sub>2</sub> ppm	664,33	657,80	718,67	698,25	631,00	784,00
SO <sub>2</sub> ppb	4,33	6,00	5,67	4,25	5,60	3,25
NO ppb	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	7,33	51,60	19,67	11,00	20,00	0,00
OZO ppb	62,67	82,60	85,00	61,50	83,00	56,50
Ben ppb	0,67	6,00	2,67	2,00	4,00	0,00
Tol ppb	8,00	9,80	12,33	8,50	10,60	6,75
Eth ppb	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	2,75
Xyl ppb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> ppb	34,67	26,40	28,33	40,50	29,80	44,00
H <sub>2</sub> S ppb	0,67	0,00	0,33	0,25	0,00	2,50
PM1 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,02	0,05	0,01	0,03

**Πίνακας 3:** Αποτελέσματα μετρήσεων μέσου όρου συγκεντρώσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις Ανατολικές και Δυτικές αίθουσες του κυπριακού μουσείου για όλες τις εποχές κατά τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες.

<b>Μετρήσεις Δυτικές Αίθουσες</b>	<b>Μέσος όρος Πρωί</b>	<b>Μέσος όρος Απόγευμα</b>	<b>Μετρήσεις Ανατολικές Αίθουσες</b>	<b>Μέσος όρος Πρωί</b>	<b>Μέσος όρος Απόγευμα</b>
Θερμοκρασίας °C	22,04	23,84	Θερμοκρασίας °C	20,75	22,45
Σχετικής υγρασίας %	42,71	32,82	Σχετικής υγρασίας %	47,25	41,33
CO <sub>2</sub> ppm	631,55	693,71	CO <sub>2</sub> ppm	676,18	698,77
SO <sub>2</sub> ppb	5,82	4,76	SO <sub>2</sub> ppb	5,45	4,46
NO ppb	0,00	0,00	NO ppb	0,55	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	32,36	17,35	NO <sub>2</sub> ppb	30,82	11,08
OZO ppb	88,09	79,41	OZO ppb	77,82	68,23
Ben ppb	4,00	2,59	Ben ppb	3,64	2,15
Tol ppb	10,45	8,00	Tol ppb	10,00	8,77
Eth ppb	0,09	1,06	Eth ppb	0,09	0,85
Xyl ppb	0,00	0,00	Xyl ppb	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> ppb	33,18	39,71	NH <sub>3</sub> ppb	29,18	37,46
H <sub>2</sub> S ppb	0,09	1,06	H <sub>2</sub> S ppb	0,27	0,85
PM1 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	PM1 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02	PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	TSP mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,03

**Πίνακας 4:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για την αίθουσα Ι του Βυζαντινού Μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις Αίθουσα Ι ( Μέσος Όρος)	Φθινόπωρο Πρωί	Χειμώνας Πρωί	Άνοιξη Πρωί	Φθινόπωρο Απόγευμα	Χειμώνα Απόγευμα	Άνοιξη Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	22,8	17,60	23,03	23,45	18,17	22,90
Σχετικής υγρασίας %	44,7	52,78	36,30	44,25	53,43	34,10
CO <sub>2</sub> ppm	593	644,75	598,00	629	643,00	886,75
SO <sub>2</sub> ppb	4,5	6,00	6,33	5,5	5,33	4,25
NO ppb	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	17	38,25	26,00	0	10,00	0,00
OZO ppb	79,5	96,50	93,33	55,5	85,00	67,75
Ben ppb	2	6,25	5,00	1	2,33	0,00
Tol ppb	9,5	13,25	10,67	8,5	13,33	5,25
Eth ppb	0,5	0,00	0,00	1,5	0,00	4,25
Xyl ppb	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> ppb	39	23,75	32,67	41	23,67	44,25
H <sub>2</sub> S ppb	0	0,25	0,00	1,5	0,33	2,75
PM1 mg/m <sup>3</sup>	0,001	0,00	0,00	0,0005	0,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,0045	0,00	0,00	0,0025	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,0185	0,01	0,01	0,009	0,01	0,02
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,0215	0,01	0,01	0,011	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,025	0,01	0,01	0,0145	0,02	0,03



**Πίνακας 5:** Αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για την αίθουσα II του Βυζαντινού Μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων για κάθε εποχή κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις Αίθουσα II ( Μέσος Όρος)	Φθινόπωρο Πρωί	Χειμώνας Πρωί	Άνοιξη Πρωί	Φθινόπωρο Απόγευμα	Χειμώνα Απόγευμα	Άνοιξη Απόγευμα
Θερμοκρασίας °C	22,5	17,95	20,63	22,7	18,60	21,23
Σχετικής υγρασίας %	44,4	52,58	42,60	44,65	51,77	39,68
CO <sub>2</sub> ppm	587,5	606,50	590,33	641,5	636,00	806,25
SO <sub>2</sub> ppb	5	6,00	5,67	5	5,00	4,00
NO ppb	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
NO <sub>2</sub> ppb	10,5	27,25	20,33	0	12,00	0,00
OZO ppb	65,5	79,25	79,67	55	78,67	47,25
Ben ppb	3,5	5,25	4,67	1,5	3,00	0,00
Tol ppb	9	12,50	12,00	8	12,00	7,75
Eth ppb	0,5	0,00	0,00	3	0,00	3,75
Xyl ppb	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> ppb	36	22,50	34,33	38,5	26,33	43,00
H <sub>2</sub> S ppb	1	0,50	0,00	2,5	0,67	3,00
PM1 mg/m <sup>3</sup>	0,001	0,00	0,00	0,0005	0,00	0,00
PM2.5 mg/m <sup>3</sup>	0,005	0,00	0,00	0,002	0,00	0,00
PM7 mg/m <sup>3</sup>	0,0145	0,00	0,01	0,0075	0,01	0,01
PM10 mg/m <sup>3</sup>	0,0155	0,01	0,01	0,0095	0,01	0,02
TSP mg/m <sup>3</sup>	0,0195	0,01	0,01	0,012	0,01	0,02

**Πίνακας 6:** Συνολικά αποτελέσματα μετρήσεων εσωτερικής ποιότητας αέρα για τις αίθουσες I και II του Βυζαντινού Μουσείου βάση του μέσου όρου των συγκεντρώσεων κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες.

Μετρήσεις	Μέσος όρος Πρωί Αίθουσα I	Μέσος όρος Απόγευμα Αίθουσα I	Μέσος όρος Πρωί Αίθουσα II	Μέσος όρος Απόγευμα Αίθουσα II
Μέσος όρος Θερμοκρασίας °C	20,57	19,86	21,44	20,68
Μέσος όρος σχετικής υγρασίας %	45,49	47,43	42,80	44,81
Μέσος όρος CO <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>	617,67	596,89	748,22	712,89
Μέσος όρος SO <sub>2</sub> ppm	5,78	5,67	4,89	4,56
Μέσος όρος no ppm	0,00	0,00	0,00	0,00
Μέσος όρος no <sub>2</sub> ppm	29,44	21,22	3,33	4,00
Μέσος όρος ozo ppm	91,67	76,33	70,78	59,44
Μέσος όρος Ben ppm	4,89	4,67	1,00	1,33
Μέσος όρος Tol ppm	11,56	11,56	8,67	9,22
Μέσος όρος eth ppm	0,11	0,11	2,22	2,33
Μέσος όρος xyl ppm	0,00	0,00	0,00	0,00
Μέσος όρος NH <sub>3</sub> ppm	30,11	29,44	36,67	36,44
Μέσος όρος H <sub>2</sub> S ppm	0,11	0,44	1,67	2,11
Μέσος όρος PM <sub>1</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Μέσος όρος PM <sub>2.5</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00
Μέσος όρος PM <sub>7</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Μέσος όρος PM <sub>10</sub> mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,02	0,01
Μέσος όρος TSP mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,02

# Παράρτημα Β

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ημερομηνία:		Ηλικία:	< 25	
	Αντρας:		26-35	
	Γυναίκα:		36-45	
			46-55	
			>55	
Μορφωτικό Επίπεδο	Δημοτικό			
	Γυμνάσιο			
	Λύκειο			
	Απόφοιτος Πανεπιστημίου			
	Απόφοιτος Κολλεγίου			
	Μεταπτυχιακό			
	Διδακτορικό			

1. Πόσα άτομα μοιράζονται τον ίδιο χώρο εργασίας;

Έχω τον δικό μου χώρο                      2 - 4 άτομα                      5 – 10 άτομα                      10+ άτομα

2. Πόσες ώρες μένετε στο κτίριο;

Έως 4 ώρες                      4 – 6 ώρες                      6 – 8 ώρες                      8+ ώρες

3. Η θέρμανση του χώρου σας γίνεται με:

Με κεντρική θέρμανση                      Κεντρική μονάδα κλιματισμού                      Κλιματιστικά (Air Condition)                      Άλλο (Διευκρινίστε)

4. Κάθε πότε καθαρίζεται το κτίριο;

Καθημερινά                      Κάθε 1 -2 μέρες                      2 φορές την εβδομάδα                      Άλλο (Διευκρινίστε)

5. Χρησιμοποιείτε χημικές Α΄Υλες;

Ποτέ                      Μόνο περιστασιακά                      Μερικές φορές                      Συχνά

6. Κάθε πότε γίνεται απολύμανση του χώρου;

Ποτέ                      1 φορά το χρόνο                      Κάθε 6 μήνες                      Κάθε 3 μήνες

7. Υπάρχουν αποθηκευμένα υλικά καθαρισμού στον χώρο;

- |      |                      |               |       |
|------|----------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο<br>περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|----------------------|---------------|-------|
- 8.** Κάθε πότε συντηρείτε τα κλιματιστικά;
- |      |            |             |              |
|------|------------|-------------|--------------|
| Ποτέ | Κάθε 2 έτη | Κάθε 1 έτος | Κάθε 6 μήνες |
|------|------------|-------------|--------------|
- 9.** Αισθάνεστε ζαλάδες όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;
- |      |                      |               |       |
|------|----------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο<br>περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|----------------------|---------------|-------|
- 10.** Έχετε την αίσθηση της κόπωσης όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;
- |      |                      |               |       |
|------|----------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο<br>περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|----------------------|---------------|-------|
- 11.** Νιώθετε ερεθισμό στα μάτια όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;
- |      |                      |               |       |
|------|----------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο<br>περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|----------------------|---------------|-------|
- 12.** Νιώθετε ερεθισμό στο δέρμα όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;
- |      |                      |               |       |
|------|----------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο<br>περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|----------------------|---------------|-------|
- 13.** Έχετε ξερόβηχα όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;
- |      |                   |               |       |
|------|-------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|-------------------|---------------|-------|
- 14.** Φταρνίζεστε όταν βρίσκεστε μέσα στο χώρο;
- |      |                   |               |       |
|------|-------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|-------------------|---------------|-------|
- 15.** Έχετε την αίσθηση της απώλειας συγκέντρωσης;
- |      |                   |               |       |
|------|-------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|-------------------|---------------|-------|
- 16.** Όταν **απομακρύνεστε** από τον χώρο νιώθετε καλύτερα;
- |      |                      |               |       |
|------|----------------------|---------------|-------|
| Ποτέ | Μόνο<br>περιστασιακά | Μερικές φορές | Συχνά |
|------|----------------------|---------------|-------|

17. Σημειώστε 3 από τα παρακάτω χαρακτηριστικά που είναι τα σημαντικότερα κατά την γνώμη σας έτσι ώστε ο χώρος εργασίας σας να είναι ευχάριστος. (σημειώστε από 1 έως 3, με το 1 να είναι το πιο σημαντικό).

Κατάλληλη θερμοκρασία	Ήσυχια	Σωστός φωτισμός	Απομόνωση	Σωστός αερισμός	Άνεση χώρου	Παράθυρα	Εξωτερική θέα	Γενικό περιβάλλον (χρώματα, διακόσμηση)	Άλλο (Διευκρινίστε)

18. Πόσο ικανοποιημένοι είστε με τα ακόλουθα θέματα στον χώρο εργασίας σας;

	Πολύ ικανοποιημένος/ η	Κάπως ικανοποιημένος/ η	Αδιάφορος / η	Κάπως δυσαρεστημένος/ η	Πολύ δυσαρεστημένος / η
A. Φωτισμός					
B. Επίπεδο θορύβων					
Γ. Οσμές					
Δ. Εξαερισμός					
E. Θερμοκρασία					
Στ. Μέγεθος παραθύρων					
Z. Απομόνωση					
H. Άνεση χώρου					
Θ. Εξωτερική θέα					
I. Γενικό περιβάλλον					