

1. α,β,γ. Φωτογράφιση του Εργαστηρίου Συντήρησης του Μουσείου Μπενάκη.  
Τα αποτελέσματα των ακατάλληλων τιμών σχετικής υγρασίας σε α. μέταλλο (χάλκινο δοξί).  
β. ξύλο (Η πίσω πλευρά της εικόνας «Η εις 'Αθην Κάθοδος» Αρ. 3021, γ. Χαρτί (Ελληνικό χειρόγραφο του 1824, Αρ. 119/41)

## ΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΤΟΥ ΜΟΥΣΕΙΟΥ: Κλιματισμός, Φωτισμός, Ακουστική

Το σύνολο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που επικρατούν στον εσωτερικό μουσειακό χώρο αποτελούν το «Κλίμα» ή «Μικροκλίμα» του μουσείου.

Το μικροκλίμα του μουσείου χωρίζεται στα παρακάτω υποκλίματα (η σειρά αναφοράς τους δεν αποτελεί και σειρά αξιολόγησης):

- α. Το ακουστικό κλίμα
- β. Το ατμοσφαιρικό κλίμα
- γ. Το θερμικό κλίμα, και
- δ. Το οπτικό κλίμα

Εδώ θα αναφερθούμε στο κάθε υποκλίμα ξεχωριστά. Θα αναλύσουμε τις περιβαλλοντικές παραμέτρους κάθε υποκλιματός, θα εξεταστεί με σύντομο τρόπο η επίδρασή τους στα μουσειακά αντικείμενα και θα παρουσιαστούν τα προτεινόμενα μέτρα και οι απαιτήσεις που, μακρόχρονα, προδύουν την προστασία των αντικειμένων.

Τα περιβαλλοντικά πρότυπα που αναφέρουμε, προέρχονται από διάφορες επιστημονικές εκδόσεις και αφορούν, τόσο σε νέα κτίρια ή επεκτάσεις υπάρχοντων κτιρίων, όσο και σε ανακαινίσεις παλαιών κτιρίων. Πιστεύουμε ότι η εργασία αυτή θα αποτελέσει χρήσιμο οδηγό, τόσο για το επιστημονικό προσωπικό των μουσείων που φροντίζει για την προστασία των εκθεμάτων, όσο και για τους Μηχανικούς, γενικότερα, που ασχολούνται με τη μελέτη ή την κατασκευή μουσείων.

### α. Το ακουστικό κλίμα

Η κύρια περιβαλλοντική παράμετρος που συνιστά το ακουστικό κλίμα είναι η στάθμη θορύβου. Ορισμένες συχνότητες ακουστικής ηχητής, μπορούν να θέσουν σε συν-

τονισμό και — επομένως σε ταλάντωσις — ένα μουσειακό αντικείμενο. Οι ταλάντωσις που προκαλούνται αποτελούν μια μορφή ενέργειας, που απορροφάται από το ίδιο το αντικείμενο: η απορρόφηση αυτής της ενέργειας, εάν είναι μεγάλη, μπορεί να προεξήσει μερική ή και ολική καταστροφή του.

Ακουστικές πηγές που είναι δυνατό να δημιουργήσουν τέτοια προβλήματα μέσα στο μουσείο, είναι η κυκλοφορία των αυτοκινήτων στους γειτονικούς δρόμους, η κυκλοφορία των αεροπλάνων εφόσον το μουσείο βρίσκεται κοντά σε αεροδρόμιο ή κάποιο κτιριολογικό έργο που γίνεται μέσα στο μουσείο, ή σε διπλανό χώρο.

Σε γενικές γραμμές, μέσα στο μουσειακό χώρο το επιθυμητό επίπεδο της «στάθμης θορύβου» είναι από 35 ως 45 db. (ντασιμπέλ). Πρέπει να εί-

να δηλαδή χαμηλό, για λόγους ασφαλείας, αλλά όχι τόσο, ώστε να γίνεται ένα δυσάρεστο ακουστικό περιβάλλον για τους επισκέπτες.

## 6. Το ατμοσφαιρικό κλίμα

Οι κύριοι περιβαλλοντικοί παράμετροι που συνιστούν το ατμοσφαιρικό κλίμα είναι οι συγκεντρώσεις των μολυντικών στοιχείων.

Οποιοδήποτε συστατικό της ατμόσφαιρας έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στα μουσειακά αντικείμενα και θεωρείται μολυντικό στοιχείο. Κάτω από αυτήν την παραδοχή, τα κύρια μολυντικά στοιχεία, τα οποία μας απασχολούν είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, τα διοξείδια του θείου, τα διοξείδια του αζώτου, το όζον, το υδρόθειο, η αμμωνία και τα χλωριούδια. Τα παραπάνω στοιχεία, όταν θρίσκονται μέσα στο μουσείο, προκαλούν χημική αντίδραση με τα υλικά των εκθεμάτων και προέυνουν καταστροφές. Τα καταστροφικά αυτά αποτελέσματα είναι είτε άμεσα και εμφανή κάτω από εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις μόλυνσης, είτε βραδέα και φανερά μόνο από έμμεση μαρτυρία, κάτω από χαμηλές συγκεντρώσεις. Μπορούμε έτσι να αναφέρουμε το κλασικό παράδειγμα της ζωφόρου του Παρθενώνα, που παρουσιάζει μεγαλύτερες προσβολές από τη μόλυνση του αέρα κατά τα τελευταία χρόνια της βιομηχανικής ανάπτυξης της περιοχής παρά στα προηγούμενα 2.200 χρόνια ύπαρξής του.

Μέσα στο μουσείο οι συγκεντρώσεις των μολυντικών αερίων και σωματιδίων μπορεί να είναι το ίδιο υψηλές με τις αντίστοιχες εξωτερικές. Από πολλές μετρήσεις σε διάφορα μουσεία του κόσμου, πιστοποιείται ότι τα επίπεδα μόλυνσης μέσα σε μη κλιματιζόμενες μουσειακούς χώρους φτάνουν από 50% με 100% των εξωτερικών χώρων, ποσοστά που επαληθεύουν και οι μετρήσεις του συγγραφέα για τα Μουσεία της Ακρόπολης, το Εθνικό Αρχαιολογικό, την Εθνική Πινακοθήκη, το Μουσείο Μπενάκη και το Βυζαντινό.

Εφόσον λοιπόν, στην περιοχή που βρίσκεται το μουσείο, υπάρχουν ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις μολυντικών στοιχείων, τότε κάποια κεντρική ή τοπική εγκατάσταση καθαρισμού του αέρα πρέπει να προβλεφτεί (η απόδοση του καθαρισμού του αέρα και η απομάκρυνση των σωματιδίων πρέπει να είναι: 95% σε σωματίδια με διάμετρο 1μm ή μεγαλύτερα, και 50% σε σωματίδια με διάμετρο μεταξύ 0,5 και 1μm. Τα μολυντικά αέρια δεν πρέπει να βρίσκονται

σε συγκεντρώσεις πάνω από 10μg/m<sup>3</sup>.)

Ηλεκτροστατικά φίλτρα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται επειδή παράγουν όζον. Αντίθετα, ενδείκνυται τα φίλτρα ενεργησιοποιημένου άνθρακα. Ο αριθμός των εναλλαγών αέρα (δηλ. πόσες φορές αλλάζει ο αέρας του χώρου μέσα σε μια ώρα) καθώς και η ποσότητα νωπού αέρα πρέπει να συμφωνούν με τα υπάρχοντα κριτήρια που αφορούν όλα τα δημόσια κτίρια.

## γ. Το θερμικό κλίμα

Οι κύριοι περιβαλλοντικοί παράμετροι που συνιστούν το θερμικό κλίμα είναι η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία.

### γ1. Σχετική υγρασία

Όλα τα προϊόντα φυτικής ή ζωικής προέλευσης περιέχουν κάποιο ποσοστό υγρασίας. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται μεταξύ άλλων και από τις συνθήκες υγρασίας του χώρου στον οποίο εκτίθενται. Εάν ο χώρος έχει διαφορετικές συνθήκες υγρασίας από αυτές κάποιο αντικείμενο, τότε «ροή υγρασίας» από το «λιγότερο υγρό» προς το «περισσότερο υγρό» προσπαθεί να επιφέρει ισορροπία. Έτσι, σε μια καλά αεριζόμενη αίθουσα η ικανότητα ελέγχου της υγρασίας των εκθεμάτων εξαρτάται από την ικανότητα ελέγχου της υγρασίας του αέρα με τον οποίο αυτά έρχονται σε επαφή.

Όταν κάποιο υγροσκοπικό υλικό, όπως το εύλο ή τα οστά, χάσει την υγρασία του, τότε αυτό συστέλλεται και υφίσταται ρωγμώτωση ή στρέβλωση. Οργανικά προϊόντα όπως το χαρτί, ο πάπυρος, το δέρμα και τα υφαντά γίνονται λιγότερο ευκαμπτα και οι ίνες τους μπορούν να σπάσουν εύκολα. Αντίθετα, η απορρόφηση υγρασίας προέυνει τη διαστολή των αντικειμένων.

Ορισμένα δε μέταλλα, ορυκτά και ύαλοι διαβρώνονται από την υγρασία. Σε υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας ευνοείται επίσης η ανάπτυξη μυκήτων και μικροοργανισμών με τα γνωστά καταστροφικά αποτελέσματα.

Η ικανότητα ελέγχου της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος του μουσείου έχει επομένως, καθοριστική σημασία για την προστασία των εκθεμάτων.

Η επιθυμητή μέση τιμή σχετικής υγρασίας, τόσο για εκθεσιακούς χώρους όσο και για χώρους αποθήκευσης, πρέπει να είναι σταθερή (όλους

τους μήνες του χρόνου), με σημείο αναφοράς μεταξύ 47 και 53 RH, και ημερήσια διακύμανση να μην ξεπερνά τα ±2% RH. Περιστασιακές αποκλίσεις μέχρι 5% είναι ανεκτές εφόσον αποφεύγουν εξείρεση και όχι κρύψα. Ο ρυθμός μεταβολής από χειμώνα σε καλοκαίρι και αντίστροφα, δεν πρέπει να ξεπερνά το 5% το μήνα.

Για να διατηρηθούν οι επιθυμητές τιμές σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, συνιστάται να κρατηθεί ο εσωτερικός χώρος του μουσείου σε υποπίεση σε σχέση με τον εξωτερικό χώρο (όποτε βέλτεια τα επίπεδα μόλυνσης του αέρα το επιτρέπουν).

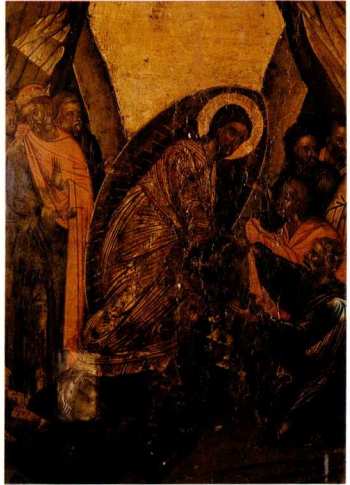
Τα παραπάνω επίπεδα σχετικής υγρασίας είναι κατάλληλα για τα περισσότερα υλικά κτιριακά υλουργα. Μερικές όμως κατηγορίες υλικών απαιτούν συνθήκες διαφορετικές από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα, τα περισσότερα μεταλλικά αντικείμενα φυλάγονται καλύτερα σε χαμηλότερες τιμές σχετικής υγρασίας. Η δυνατότητα να κρατηθεί κανείς διαφορετικά επίπεδα σχετικής υγρασίας μέσα σε έναν ενιαίο εκθεσιακό χώρο είναι συνήθως ανέφικτη, εκτός αν χρησιμοποιηθούν θηρίνες.

### γ2. Θερμοκρασία

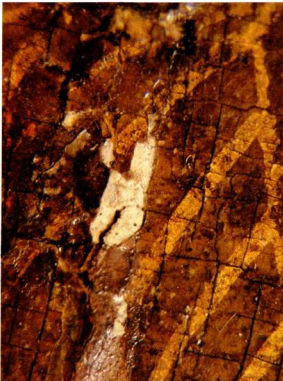
Η θερμοκρασία ως περιβαλλοντική παράμετρος ενδιαφέρει στο βαθμό που επηρεάζει την τιμή της σχετικής υγρασίας και στο βαθμό που επιταχύνει ορισμένες χημικές αντιδράσεις.

Η επιθυμητή μέση θερμοκρασία των εκθεσιακών χώρων είναι 21°C. Πρέπει να διατηρείται σταθερή όλο το χρόνο και η ημερήσια διακύμανση δεν πρέπει να υπερβαίνει τους ±1,5°C. Σε πολλές περιπτώσεις οι ρυθμοί καταστροφής συγκεκριμένων υλικών μπορούν να μειωθούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να δοθεί σε εκείνα τα υλικά, τα οποία έχουν ειδικές θερμοκρασιακές απαιτήσεις. Για παράδειγμα οι γόνιμες, τα δέρματα ζώων, και όλα τα παρόμοια υλικά φυλάγονται καλύτερα σε θερμοκρασίες της τάξης των 4±1°C.

Ο έλεγχος τόσο της σχετικής υγρασίας όσο και της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με κεντρικές ή τοπικές εγκαταστάσεις θέρμανσης - κλιματισμού, αυτόνομου ή διασυνδεδεμένου τύπου. Πρέπει όμως να τονιστεί ένα σημείο, το οποίο έχει σχέση με το μέγεθος της νομόδας που θα επιλεγεί: Είναι η δυνατότητα ελέγχου του αριθμού επισκεπτών στο μουσείο. Η πα-



2. α.β.γ. «Η εις Άδην Κάθοδος» Αρ. 3021. Φωτογραφίες του Εργαστηρίου Συντήρησης του Μουσείου Μπενάκη: Παράδειγμα φωτοχημικής οξειδωσης του θερνικίου της εικόνας. Στα τετράγωνα κομμάτια, το έργο του συντηρητή έχει επαναφέρει την εικόνα στην αρχική της μορφή. Η φωτογραφία (γ) είναι μια μακροφωτογράφιση της εικόνας στο σημείο εκείνο που ορίζεται από τα τετράγωνα στη φωτογραφία (β). Φαίνεται καθαρά η ρυγμάτωση (κρακελάρισμα) της εικόνας εξ αιτίας των ακατάλληλων τιμών της σχετικής υγρασίας.



ρουσία πολλών επισκεπτών επηρεάζει τόσο τη σχετική υγρασία και τη θερμοκρασία του εκθεσιακού χώρου, όσο και τη λειτουργία του μουσείου, ως εκπαιδευτικού χώρου. Ενδείκνυται, για κάθε επισκέπτη, να υπάρχουν ελεύθερα 3-5m<sup>2</sup> εκθεσιακού χώρου.

## δ. Το οπτικό κλίμα

Σε ότι αφορά το οπτικό κλίμα, το πρόβλημα στρέφεται στον έλεγχο της ορατής όσο και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η δράση τους είναι περισσότερο ή λιγότερο σημαντική, ανάλογα με το υλικό κατασκευής του μουσειακού αντικειμένου.

Τα αντικείμενα που εκτίθενται στα

μουσεία, είναι δυνατό σε γενικές γραμμές, να χωριστούν σε δυο κύριες κατηγορίες αναφορικά προς τη μοριακή τους κατασκευή.

1. Αντικείμενα που η μοριακή τους κατασκευή είναι απλή, δηλαδή αποτελούνται από μονομερή μόρια, όπως για παράδειγμα τα μέταλλα, και
2. Αντικείμενα που η μοριακή τους κατασκευή είναι σύνθετη δηλαδή που αποτελούνται από μεγάλα πολυμερή μόρια, όπως για παράδειγμα τα οργανικά υλικά (ξύλο, ύφασμα).

Η φθορά των υλικών που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία είναι μηδαμινή. Η φθορά όμως των υλικών, που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία είναι σημαντική και συνιστά ένα εκτεταμένο και περίπλοκο θέμα.

Δύο βασικοί διαφορετικοί τύποι φθοράς εμφανίζονται:

Ο φωτολειτουργικός και ο φωτοχημικός. Στον φωτολειτουργικό τύπο φθοράς, το υλικό αποσυντίθεται ως αποτέλεσμα της πρόπτωσης της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας πάνω στο μουσειακό αντικείμενο. Τα ακτινοβλοημένα φωτόνια παρέχουν την αναγκαία ενέργεια για τη διάσπαση της ένωσης από την οποία το αντικείμενο είναι κατασκευασμένο.

Στον φωτοχημικό τύπο φθοράς, οξυγόνο και υδατμάτιο από τον αέρα μπορούν, κάτω από την επίδραση του φωτός, να σχηματίσουν οξεία (για παράδειγμα υπεροξείδιο υδρογόνου) που έχουν καταστρεπτική ενέργεια πάνω στο υλικό.

Με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, τόσο η ορατή, όσο και η υπεριώδης ακτινοβολία προξενούν τη φθορά πολλών αντικειμένων. Στο βαθμό αυτό δυο παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη:

α. Η ένταση της ακτινοβολίας, που προσπίπτει στο αντικείμενο, και  
β. Ο χρόνος έκθεσης του αντικειμένου στην ακτινοβολία.

Τα επίπεδα φωτισμού στους εκθεσιακούς χώρους πρέπει να συμφωνούν με τις παρακάτω προδιαγραφές:

Αντικείμενα με υψηλή ευαισθησία στο φως, όπως τα φυτικά και ζωικά χρώματα, οι υδατογραφίες, τα υφάσματα, οι έγχρωμες φωτογραφίες, τα

έγχρωμα έντυπα, και ο πάυρος με έγχρωμες απεικονίσεις έχουν ανώτατο όριο έντασης φωτισμού το 50 lux.

Αντικείμενα με μέση ευαισθησία στο φως, όπως τα ασπράμυρα έντυπα, οι φωτογραφίες και τα υλικά αρχαιοβέτησης, τα άχρωμα οργανικά υλικά, οι ελαιογραφίες, οι ακρυλικοί πίνακες και το ελεφαντόδοντο έχουν ανώτατο όριο φωτισμού το 150 lux.

Αντικείμενα με χαμηλή ευαισθησία στο φως όπως τα κεραμικά, η πορσελάνη, η υαλος έχουν ανώτατο όριο φωτισμού το 300 lux.

Αντικείμενα με μηδαμινή ευαισθησία στο φως όπως τα διάφορα πετρώματα και τα μέταλλα έχουν ανώτατο όριο φωτισμού το 500 lux. Αυτά τα αντικείμενα δεν υπόκεινται σε φωτοαπόθμιση ακόμη και σε υψηλότερα επίπεδα φωτισμού. Όμως ο έντονος φωτισμός προκαλεί ανυψώσεις στη θερμοκρασία του αντικειμένου, οι οποίες στη συνέχεια οδηγούν σε ξήρανση και πιθανή καταστροφή.

Τα συστήματα φωτισμού που χρησιμοποιούνται είναι τόσο αυτά με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως όσο και εκείνα με τους λαμπτήρες φθορισμού. Η υπεριώδης ακτινοβολία των λαμπτήρων φθορισμού και του φυσικού φωτισμού δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 75 μw/lumen. Εάν τα

υπερβαίνει τότε απαιτούνται φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας.

Στους χώρους αποθήκευσης όλα τα εκθέματα πρέπει να παραμείνουν στο σκοτάδι.

Οι λαμπτήρες υψηλής πίεσης υδραργύρου ή νατρίου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στους εκθεσιακούς χώρους ή της σθητικές μουσείων εξαιτίας της κακής χρωματικής τους απόκρισης και της υψηλής εκπομπής υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι λαμπτήρες φθορισμού πρέπει να έχουν δείκτη χρωματικής απόκρισης τουλάχιστον 85.

Στη σχεδίαση του συστήματος φωτισμού των εκθεσιακών χώρων πρέπει να αποφευχθούν έντονες πηγές φωτισμού μέσα στο πεδίο οράσεως του επισκέπτη και να προβλεφτεί η βαθμιαία οπτική προσαρμογή του από τις έντονα φωτισμένες στις λιγότερο φωτισμένες περιοχές.

## Γιώργος Αλεξίου

Μηχανολόγος - Περιβαλλοντολόγος  
Μηχανικός

### Βιβλιογραφία

1. IIC, «London Conference on Museum Climatology», International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1967.
2. G. THOMSON, «The Museum Environment», The Butterworth Series on Conservation in the Arts, Archaeology and Architecture, 1978.
3. ASHRAE, «Applications», American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1982.
4. CIBSE, «Building Services for Museums and Art Galleries», Chartered Institution of Buildings services Engineers, 1982.
5. IES, «Lighting of Art Galleries and Museums», Illuminating Engineering Society, Technical Report No 14, 1970.
6. R.H. LAFONTAINE, «Environmental Norms for Canadian Museums, Art Galleries and Archives», Canadian Conservation Institute, 1981.
7. G. ALEXIOU, «Environmental Conditions in Museums and Art Galleries: Special Reference to the City of Athens», M. Sc. by Research Thesis, University of Strathclyde, 1981.
8. Γ. ΑΛΕΞΙΟΥ, «Κλιματολογία Μουσείων», Αρχαιολογία Αρ. 4, σ. 74-78, 1982.
9. Γ. ΑΛΕΞΙΟΥ, Μ. ΛΥΚΙΑΡΔΟΠΟΥΛΟΥ, «Η Προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς: Περιβαλλοντική Παράμετρος - Συντήρηση» 1η Τριετής Περιφερειακή Συνάντηση Μουσειολογίας, 1984.



3, α.β. Εξάρτημα Σαρακατσάνικης φορεσιάς; Αρ. 4135/4 Φωτογραφίες του Εργαστηρίου Συντήρησης του Μουσείου Ελληνικής Λαϊκής Τέχνης.

Τα αποτελέσματα της πρόπτωσης της ορατής και υπεριώδους ακτινοβολίας σε ύφασμα. Η φωτογραφία β αποτελεί λεπτομέρεια της φωτογραφίας α και δείχνει τη διαφορά μεταξύ ενός εκτιθέμενου και ενός μη εκτιθέμενου τμήματος του υφάσματος στην ορατή και υπεριώδη ακτινοβολία.