ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης

Με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης

2571 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ

© Copyright 2020, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Π. Ε. Πετράκης.
Η έντυπη, ηλεκτρονική και γενικά κατά οποιοδήποτε τρόπο αναπαραγωγή, δημοσίευση ή χρησιμοποίηση όλου ή μέρους του υλικού έργου αυτού, απαγορεύεται χωρίς την έγγραφη έγκριση του κατόχου των πνευματικών δικαιωμάτων του έργου.

Το παρόν έντυπο αποτελεί τμήμα του εκπαιδευτικού υλικού του μαθήματος **"Παράγοντες Διατήρησης και Φθοράς Βιβλίων και Αρχείων"**. Αποτελεί απαραίτητο συμπλήρωμα του ηλεκτρονικού υλικού που βρίσκεται στην πλατφόρμα και αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Στην πρώτη διδακτική ενότητα θα παρουσιαστούν οι έννοιες της Απόλυτης και Σχετικής Υγρασίας, της Θερμοκρασίας και του Σημείου Δρόσου. Οι εκπαιδευόμενοι θα αποκτήσουν ολοκληρωμένη γνώση σχετικά με τους φυσικούς νόμους και τον τρόπο που σχετίζονται οι παράγοντες της θερμοκρασίας και υγρασίας.

Μέσα από τη δεύτερη διδακτική ενότητα, οι εκπαιδευόμενοι θα αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη γνώση για τον σημαντικό περιβαλλοντικό παράγοντα της ακτινοβολίας και τις χημικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στα κατασκευαστικά υλικά. Στη συγκεκριμένη ενότητα συμπεριλαμβάνεται και η ακτινοβολία που προέρχεται από τον φωτογραφικό φακό και τα φώτα του φωτογράφου ή του επισκέπτη.

Η τρίτη διδακτική ενότητα επικεντρώνεται στην παρουσίαση των διαφορετικών τύπων και την προέλευση ρύπων που επιδρούν αρνητικά κατά την επαφή τους με τα βιβλία και τα αρχεία. Θα συζητηθούν επίσης οι συνθήκες φύλαξης των αντικειμένων και οι τρόποι πρόληψης των φθορών από ρύπους.

Στην τέταρτη διδακτική ενότητα θα παρουσιαστούν οι συγκεκριμένοι τύποι φθοράς στο χαρτί όπως είναι οι βιολογικοί παράγοντες φθοράς: οι μύκητες, τα έντομα και τα τρωκτικά.

Τη συγγραφή του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού πραγματοποίησαν οι κ.κ. **Σαρρής Νικ.**, και **Καρύδης Χρήστος**, εξωτερικοί συνεργάτες του Προγράμματος Συμπληρωματικής εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ 5
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ 7
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, ΥΓΡΑΣΙΑ, ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ 8
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΛΑΞΗΣ ΣΥΛΛΟΓΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ 17
ΣΥΝΟΨΗ 21

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ 23
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ 25
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΕΧΝΗΣ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ 26
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ 29
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 3. ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗ ΦΩΤΟΔΙΑΒΡΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ - ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ 36
ΣΥΝΟΨΗ 39

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 3. ΡΥΠΟΙ 41
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ 43
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΑ 44
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ 51
ΣΥΝΟΨΗ 57

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ: ΜΥΚΗΤΕΣ, ΈΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΤΡΩΚΤΙΚΑ 59
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ 61
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΦΘΟΡΩΝ ΧΑΡΤΙΟΥ - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΩΝ ΧΑΡΤΙΟΥ 62
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΜΥΚΗΤΕΣ 64
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 3. ΡΥΠΟΙ - ΣΚΟΝΗ: ΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΡΩΚΤΙΚΩΝ 66
ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΥΚΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΤΟΜΩΝ - ΠΑΛΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ 66
ΣΥΝΟΨΗ 69

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 70

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης

Με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης

2571 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Η συγκεκριμένη διδακτική ενότητα έχει ως στόχο να εισαγάγει τους εκπαιδευόμενους στις έννοιες του μικροπεριβάλλοντος στους χώρους των βιβλιοθηκών και αρχείων. Η πρώτη αυτή ενότητα του μαθήματος αφορά στη θερμοκρασία και την υγρασία.

Στην πρώτη υποενότητα θα παρουσιαστούν οι βασικές έννοιες και αρχές της θερμοκρασίας, της απόλυτης και σχετικής υγρασίας και του σημείου δρόσου.

Στην δεύτερη ενότητα περιγράφονται οι μέθοδοι ελέγχου των κλιματικών συνθηκών.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, ΥΓΡΑΣΙΑ, ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Θερμοκρασία (Τ)

Η πλειοψηφία των αντικειμένων παραμένουν σταθερά σε φυσιολογικές θερμοκρασίες που είναι υποφερτές στον άνθρωπο. Τα περισσότερα αντικείμενα επομένως διατηρούνται και φυλάσσονται σε θερμοκρασίες γύρω στους 20°C ±5°C. Παρόλα αυτά, ακόμα και μικρές αυξομειώσεις στη θερμοκρασία μπορούν να είναι καταστρεπτικές για ορισμένα αντικείμενα μέσω διαφόρων μηχανισμών όπως:

- Αλλαγή φάσης (σημείο τύξης και πήξης) όπως σε κεριά, βαφές, κόλλες
- Συστολή/ διαστολή υλικών
- Αυξημένες βιολογικές αντιδράσεις (μύκητες και έντομα)
- Κατάλυση-επιτάχυνση χημικών αντιδράσεων

Η σημασία της θερμοκρασίας στις συλλογές βιβλίων και αρχείων είναι μεγάλη για τις επιπτώσεις της άμεσα στα αντικείμενα, κυριότερα όμως λόγω των επιπτώσεων που έχει η θερμοκρασία σε συνδυασμό με την υγρασία του χώρου.

1.2 Υγρασία

Ο όρος *υγρασία*, αναφέρεται στην ποσότητα των υδρατμών του αέρα που υπάρχουν κάποια δεδομένη στιγμή στην ατμόσφαιρα. Όταν ο αέρας περιέχει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα υδρατμών, για μια δεδομένη τιμή θερμοκρασίας του, τότε λέγεται ότι ο αέρας είναι «κορεσμένος» από υδρατμούς. Στην αντίθετη περίπτωση λέγεται ότι ο αέρας είναι ακόρεστος από υδρατμούς.

Τα οργανικά υλικά όπως το χαρτί, η περγαμηνή, το δέρμα και το ύφασμα, που συναντάμε κατά κύριο λόγο σε βιβλία και αρχεία, εμπεριέχουν στη δομή τους ελαφρά εφαπτόμενα μόρια νερού που βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία με τους υδρατμούς του περιβάλλοντός τους. Έτσι αν η υγρασία του αέρα γύρω τους αυξηθεί για κάποιο λόγο, τα υλικά αυτά θα απορροφήσουν υγρασία από το περιβάλλον και θα διασταλούν. Αντιστρόφως, αν μειωθεί η υγρασία του αέρα, τα υλικά αυτά θα χάσουν μόρια νερού και θα συσταλούν.

Τα οργανικά υλικά έχουν διαφορετικές ιδιότητες σε διαφορετικές κατευθύνσεις (ανισότροπα υλικά) και η δέσμευση ή αποβολή νερού σε διαφορετικές συνθήκες υγρασίας διαφέρει ανάλογα με τη φορά των μορίων του αντικειμένου, κυρίως όσον

αφορά σε πολυμερικές ενώσεις. Είναι κοινή γνώση ότι η αύξηση της θερμοκρασίας επιφέρει διαστολή/ συστολή στα υλικά. Για τα υγροσκοπικά υλικά όμως, τα υλικά δηλαδή που έχουν την ιδιότητα να απορροφούν και να αποδίδουν υγρασία από τη δομή τους, η διαστολή/ συστολή από τη θερμοκρασία είναι σχετικά μικρή συγκριτικά με την διαστολή/ συστολή που θα τους επιφέρει μια μεταβολή της υγρασίας.

Υπολογίζεται ότι κατά μέσο όρο μια μεταβολή περίπου 4% Σχετικής Υγρασίας (βλέπε παρακάτω) προκαλεί μεταβολή διαστάσεων που ισοδυναμεί με μεταβολή περίπου 10°C σε σταθερή σχετική υγρασία. Αναλογικά με τα μεγέθη η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι η μεταβολή της υγρασίας.

Αυτή η συστολή/ διαστολή, σε πολλά αντικείμενα που αποτελούνται από οργανικά υλικά μπορεί να έχει ιδιαίτερα καταστρεπτικά αποστελέσματα πίεσης/ συμπίεσης ιδιαίτερα για αντικείμενα που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά, που δεν έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους χωρίς να προκαλούνται φθορές.

Για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί και επιδρά η υγρασία στις συλλογές μας είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε πρώτα μερικές βασικές έννοιες:

1.2.1 Απόλυτη Υγρασία (Α.Υ)

Η *Απόλυτη Υγρασία* είναι η μέτρηση της μάζας των υδρατμών στον όγκο αέρα, μετρημένη σε γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο. (g/m^3)

Με άλλα λόγια η απόλυτη υγρασία και η πυκνότητα των υδρατμών είναι έννοιες ταυτόσημες μιας και οι υδρατμοί, ως αέριο, καταλαμβάνουν ολόκληρο τον όγκο V που τους προσφέρεται. Επειδή η απόλυτη υγρασία εκφράζει πράγματι την ποσότητα των υδρατμών ανά μονάδα όγκου αυτό σημαίνει ότι είναι η ποιο «ορθόδοξη» υγρομετρική παράμετρος.

Όμως τα περισσότερα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν με την ατμόσφαιρα εξαρτώνται από το πόσο κορεσμένος είναι ο αέρας σε νερό, κάτι που δίνεται από τον όρο της *Σχετικής Υγρασίας*.

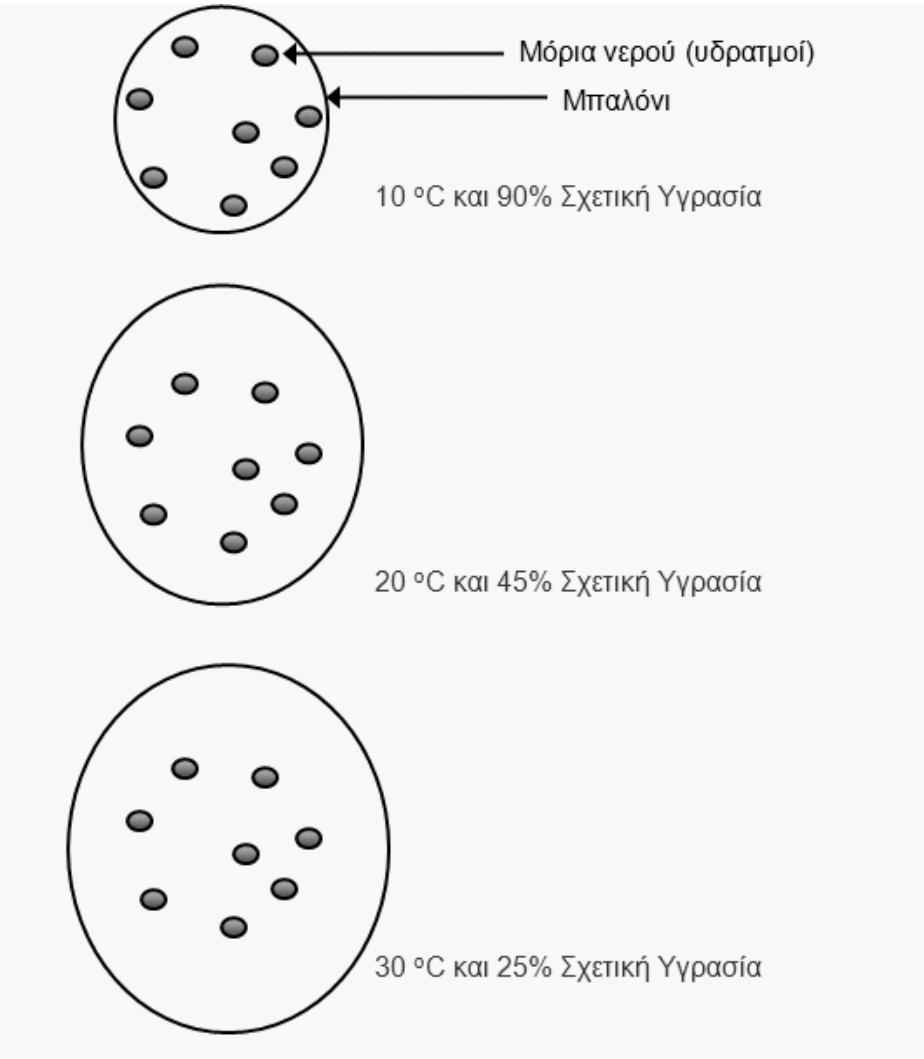
1.2.2 Σχετική Υγρασία (Σ.Υ.)

Ο έλεγχος της υγρασίας σε ένα χώρο ή σε ένα αντικείμενο είναι ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζουμε όλες τις περιπτώσεις ανάμεσα τα δύο άκρα: από την υπερβολική υγρασία ως την υπερβολική ξηρότητα που θα μπορούσαν να επιφέρουν προβλήματα για τα αντικείμενά μας. Χρειάζεται επομένως να μπορούμε να τη μετρήσουμε, έτσι ώστε να μπορούμε να προφυλάξουμε τα αντικείμενά μας.

Η υγρασία θεωρητικά μετριέται από την ποσότητα του νερού που υπάρχει σε ένα δεδομένο όγκο αέρα, δηλαδή την **Απόλυτη Υγρασία**. Πρακτικά όμως αυτό εμπεριέχει μια δυσκολία. Ο αέρας μεταβάλλεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και ανάλογα με τη θερμοκρασία μπορεί και συγκρατεί περισσότερη ή λιγότερη υγρασία. Ο ίδιος όγκος θερμού αέρα για παράδειγμα, έχει δυνατότητα να συγκρατεί περισσότερη υγρασία από τον ψυχρό αέρα.

Φανταστείτε ένα μπαλόνι, που περιέχει μέσα υγρασία κάποιων μορίων νερού/ υδρατμών. Εάν αυξηθεί η θερμοκρασία του χώρου όπου βρίσκεται το μπαλόνι, ο αέρας μέσα στο μπαλόνι θα διογκωθεί, τα μόρια όμως των υδρατμών που περιέχει δε θα αλλάξουν. Αυτό που θα αλλάξει όμως είναι η αναλογία των μορίων υδρατμών σε σχέση με τον όγκο στον οποίο βρίσκονται.

Σχήμα 1



Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε μια άλλη μέτρηση της υγρασίας που ονομάζεται **Σχετική Υγρασία (Relative Humidity - RH)**, h opo;ia εκφράζει τον βαθμό κορεσμού του αέρα σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και ορίζεται ως εξής:

$$RH = \frac{\text{ποσότητα νερού σε ένα συγκεκριμένο όγκο αέρα}}{\text{Μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί ο αέρας να συγκρατήσει στη συγκεκριμένη θερμοκρασία}} \times 100\%$$

Η Σ.Υ. αυτή καθ'αυτή δεν είναι υγρομετρική παράμετρος. Οι τιμές της δείχνουν το πόσο (%) η εκάστοτε υγρομετρική κατάσταση του αέρα απέχει από την κατάσταση κορεσμού (ΣΥ=100%). Σημειώνεται ότι κατάσταση κορεσμού υπάρχει όταν επικρατεί ομίχλη ή βρέχει. Η Σ.Υ. είναι μετρήσιμη υγρομετρική παράμετρος με τη χρήση του υγρογράφου.

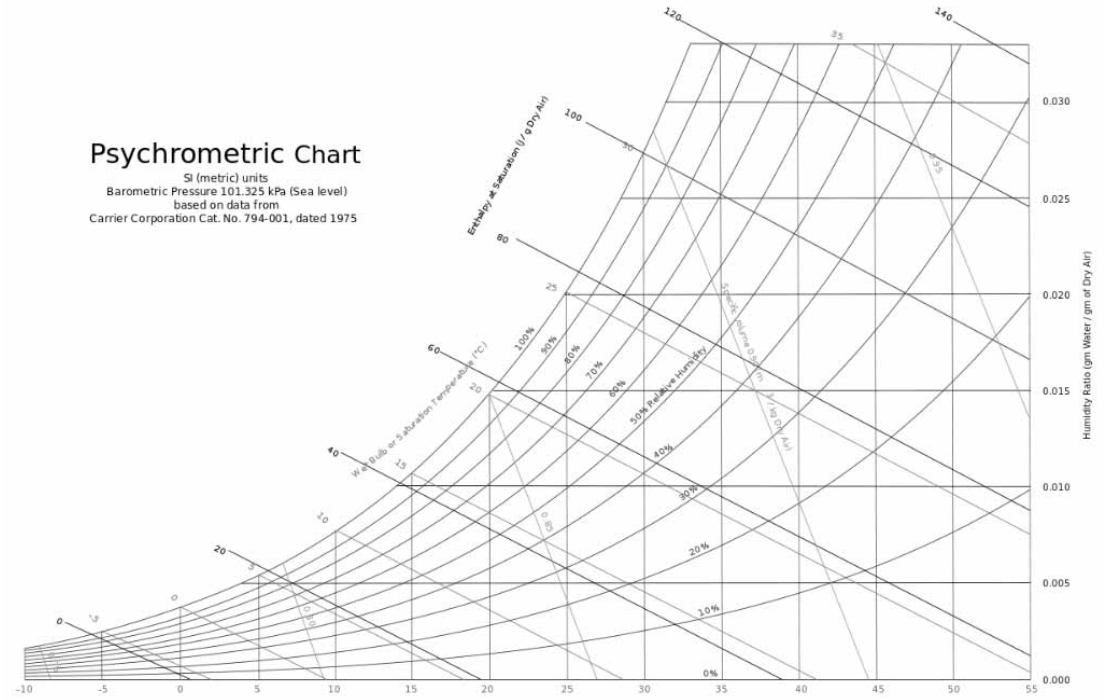
Όπως είδαμε και στο ανωτέρω παράδειγμα με το μπαλόνι, ισχύει γενικώς ο κανόνας ότι **όσο αυξάνεται η Θερμοκρασία του αέρα ελαττώνεται η Σχετική Υγρασία του και αντιστρόφως**.

Π.χ. Ο αέρας πού έχει 100% σχετική υγρασία θεωρείται κορεσμένος σε νερό (δεν αποτελείται από νερό 100% αλλά είναι το μέγιστο του νερού που μπορεί να συγκρατήσει σε αυτή τη θερμοκρασία). Υπο φυσιολογικές συνθήκες η σχετική υγρασία μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται και αντιστρόφως.

Ο αέρας σε 100% Σ.Υ. συγκρατεί όσο περισσότερο νερό δυνατόν στη συγκεκριμένη θερμοκρασία. Μετρήσεις δείχνουν ότι κορεσμένος αέρας σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης 1atm και θερμοκρασία $10^{o}C$ συγκρατεί $10g/m^3$, σε θερμοκρασία $20^{o}C$ συγκρατεί περίπου 17g/m3 και σε θερμοκρασία $30^{o}C$ συγκρατεί περίπου $30g/m^3$. Όπως βλέπουμε η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και της απόλυτης υγρασίας, δηλαδή της ποσότητας υγρασίας στον αέρα δεν είναι γραμμική. Γίνεται όμως καλύτερα κατανοητή μέσω του **Ψυχρομετρικού Διαγράμματος**.

1.3 Ψυχρομετρικό Διάγραμμα

Εικόνα 1. Ψυχρομετρικό διάγραμμα



Στον άξονα χ (πράσινες κάθετες γραμμές) δίνεται η θερμοκρασία του χώρου που μετράμε σε βαθμούς Κελσίου. Στον άξονα y (μωβ γραμμές) δίνεται η απόλυτη υγρασία, δηλαδή η ποσότητα της υγρασίας σε g/m³. Με τις καμπύλες διαβαθμίσεις (κόκκινες γραμμές αποδίδεται η σχετική υγρασία (RH).

Εάν θέλουμε να υπολογίσουμε την ποσότητα νερού σε ένα χώρο δεν έχουμε παρά να μετρήσουμε με τα όργανά μας (θερμοϋγρόμετρα) τη σχετική υγρασία και την θερμοκρασία και να μεταφέρουμε τις τιμές στο ψυχρομετρικό διάγραμμα.

Κυριότερα όμως το ψυχρομετρικό διάγραμμα μας βοηθάει να καταλάβουμε και να υπολογίσουμε τις μεταβολές που θα έχουμε στη σχετική υγρασία ενός χώρου όταν μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία του. Πρέπει να έχουμε υπ' όψιν μας μια βασική αρχή: ότι ένα θερμαντικό σώμα που θα ζεστάνει έναν χώρο δεν αφαιρεί ούτε προσθέτει ποσότητα νερού από τον αέρα. Η απόλυτη υγρασία δηλαδή παραμένει σταθερή, εκτός και αν φτάσουμε στο σημείο κορεσμού οπότε και θα προκληθεί υγροποίηση των υδρατμών και θα έχουμε απώλεια υδρατμών.

Επίσης, ενώ η αλλαγή της θερμοκρασίας συνεπάγεται μεταβολή της ΣΥ, το αντίστροφο δε συμβαίνει, δηλαδή αλλαγή της ΣΥ, πχ λόγω χρήσης αφυγραντήρα δε θα αλλάξει τη θερμοκρασία του χώρου.

1.3.1 Παραδείγματα Υπολογισμού και Χρήσης του Ψυχρομετρικού διαγράμματος

1. Υποθέτουμε ότι έχουμε έναν χώρο με 20°C και 70% RH και θέλουμε να υπολογίσουμε την Απόλυτη Υγρασία. Πάνω στην πράσινη γραμμή των 20°C τέμνουμε με την καμπύλη κόκκινη γραμμή που αντιστοιχεί στην σχετική υγρασία 70% RH. Σε αυτές λοιπόν τις συνθήκες βλέπουμε ότι η Απόλυτη Υγρασία θα είναι 10gr

2. Υποθέτουμε ότι έχουμε έναν χώρο με 12°C και 50% Σ.Υ.. Αυτές οι μετρήσεις στη γραφική μας παράσταση μας δίνουν Απόλυτη Υγρασία 5,5gr. Εάν θέλουμε να θερμάνουμε τον χώρο στους 20°C τότε παρατηρούμε ότι κρατώντας σταθερή την Απόλυτη Υγρασία μετακινούμαστε πάνω στην οριζόντια ευθεία (απόλυτης Υγρασίας) έως φτάσουμε στη θερμοκρασία των 20°C. Εκεί παρατηρούμε ότι η Σχετική Υγρασία μας (κόκκινη καμπύλη) θα είναι πλέον στο 30% Σ.Υ., μια αρκετά χαμηλή ένδειξη σε ανεπιθύμητα επίπεδα υγρασίας για πολλά οργανικά υλικά.

Το ψυχρομετρικό διάγραμμα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς μας επιτρέπει να υπολογίσουμε και να εκτιμήσουμε το ποιες θα είναι οι μεταβολές στις συνθήκες του χώρου μας εφόσον προκληθούν αλλαγές πχ, στη θερμοκρασία του χώρου. Μας βοηθάει στο να υπολογίσουμε τα όρια αλλαγών που μπορούμε να κάνουμε, ή τα σημεία πέρα από τα οποία μια μεταβολή μπορεί να γίνει επικίνδυνη για τη συλλογή μας.

3. Σε χώρο με 28°C και ΣΥ 60% - συνθήκες που συναντάμε συχνά στον ελλαδικό χώρο τους καλοκαιρινούς μήνες σε συλλογές βιβλίων και αρχείων, ψύχουμε τον χώρο με κλιματισμό στους 20°C. Είναι ασφαλής μια τέτοια ενέργεια;

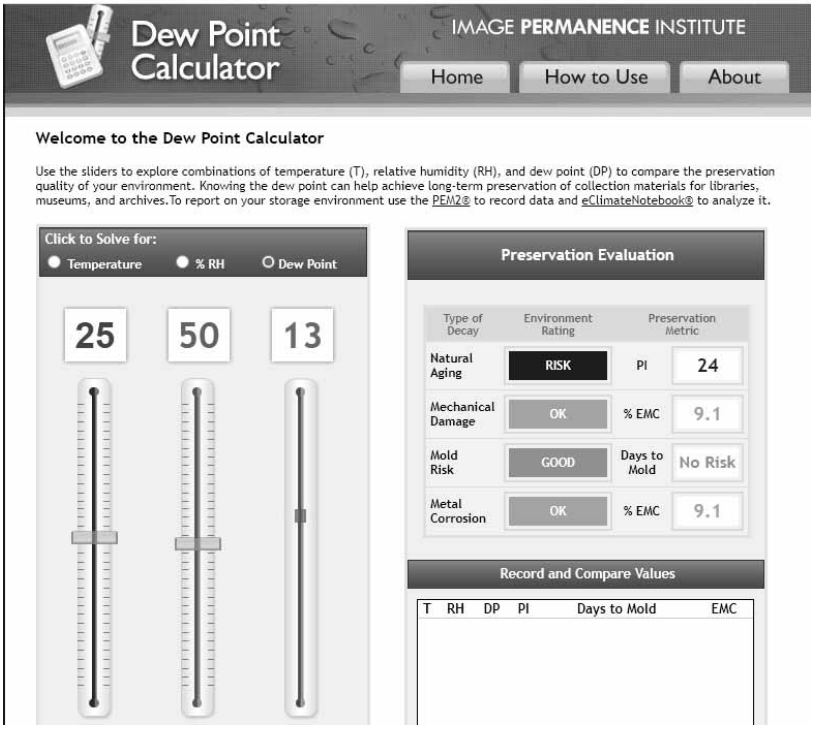
Η απόλυτη υγρασία σε αυτές τις συνθήκες είναι 15g. Με την ψύξη από τους 28°C στους 20°C μεταβάλλεται η ΣΥ από το 60% στο σημείο κορεσμού, 100% ! που προφανώς χωρίς τη χρηση αφυγραντήρα ώστε να αφαιρέσει την υγρασία αυτή, θα δημιουργήσει κορεσμένη ατμόσφαιρα που θα επηρρεάσει άμεσα τα αντικείμενά μας.

1.4 Σημείο Δρόσου (Dew Point)

Θερμοκρασία του σημείου δρόσου ή απλά «σημείο δρόσου» ονομάζεται η θερμοκρασία στην οποία πρέπει να ψυχθεί ο αέρας, κάτω από σταθερή πίεση, για να καταστεί κορεσμένος σε υδρατμούς.

Το *Σημείο Δρόσου* μας βοηθάει να καθορίσουμε τις περιβαλλοντικές συνθήκες που μπορούμε να θέσουμε σε ένα χώρο, καθώς καθορίζει τις πραγματικές τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας που μπορούμε και είναι ασφαλές να ορίσουμε.
Ο υπολογιστής του *Σημείου Δρόσου* του **Image Permanence Institute** είναι ένα παράδειγμα που υποδεικνύει τη σημαντικότητα παρατήρησης του *Σημείου Δρόσου* και παρέχει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο που μας επιτρέπει να δούμε τις ασφαλείς τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας ανάλογα με το πως σκοπεύουμε να μεταβάλουμε μια από τις δύο παραμέτρους.

Εικόνα 2. Υπολογιστής Σημείου Δρόσου του Image Permanence Institute



dpcalc.org/index.php

Παράλληλα, με το συγκεκριμένο υπολογιστή γίνεται και μια συνεκτίμηση της ασφάλειας που θα υπάρχει στα οργανικά και ευαίσθητα αντικείμενα των συλλογών μας σε βάθος χρόνου, εάν κινούμασταν σε ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας ή υγρασίας.

1.5 Επιπτώσεις της Θερμοκρασίας και της Υγρασίας σε συλλογές βιβλίων και αρχείων

Όπως περιγράψαμε, η θερμοκρασία έχει σημαντικές επιπτώσεις σε διάφορους μηχανισμούς φθοράς των οργανικών υλικών, όπως η συστολή/ διαστολή των υλικών,

η αλλαγή σημείου τήξης ή πήξης υλικών όπως κεριά, βαφές και κόλλες, η συστολή/ διαστολή τους και η επιτάχυνση χημικών (οξείδωση, υδρόλυση) ή βιολογικών φθορών (μύκητες και έντομα).

Η επίπτωση της υγρασίας στις συλλογές βιβλίων και αρχείων έχει ακόμα μεγαλύτερη επίδραση στην κατάσταση διατήρησής τους. Λόγω της υγροσκοπικής φύσης των περισσότερων υλικών που συναντάμε στα αντικείμενα αυτά, η απορρόφηση ή αποβολή υγρασίας συχνά έχει ως αποτέλεσμα μια σειρά από μηχανικές μεταβολές των υλικών με επιβλαβείς συνέπειες. Ενδεικτικά αναφέρονται οι πιο συνηθισμένες:

- Έντονη διαστολή/ συστολή των χάρτινων ή περγαμηνών υποστρωμάτων, με συνέπεια την έντονη κυμάτωσή τους. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές σε περγαμηνά χειρόγραφα/ έγγραφα καθώς η περγαμηνή έχει πολύ έντονη τάση απορρόφησης/ αποβολής υγρασίας..
- Φούσκωμα και μετατόπιση υγροσκοπικών μελανιών (πχ μελάνη αιθάλης και σωματιδίων της μεταλλογαλλικής μελάνης) και χρωστικών σε μικρογραφίες ή ζωγραφικές επιφάνειες.
- Κυμάτωση και διόγκωση ή έντονη συρρίκνωση του δέρματος στο κάλυμμα βιβλίων. Η δεύτερη μάλιστα μπορεί συχνά να έχει ως συνέπεια τη συρρίκνωση όλης της βιβλιοδεσίας, την στρέβλωση της ράχης, με το κάλυμμα πολλές φορές να μη χωράει πλέον στο σώμα του βιβλίου, ή και τη ριγμάτωση του δέρματος.
- Μαλάκωση κολλητικών ουσιών και την εξασθένισή τους, κυρίως όσον αφορά στην κόλλα της ράχης βιβλιοδεσιών ή της κόλλας που έχει χρησιμοποιηθεί για την επικόλληση του δέρματος/ υφάσματος/ χαρτιού του καλύμματος στις πινακίδες.
- Διόγκωση και αποδυνάμωση της κλωστής ραφής και των κεφαλαριών.

Παράλληλα, προκαλούνται χημικές και βιολογικές φθορές είτε ως καταλυτικές δράσεις ήδη ανεπτυγμένων μηχανισμών είτε ως εκ νέου πρόκλησης αντιδράσεων. Οι φθορές αυτές είναι άμεση συνάρτηση του συνδιασμού της υγρασίας με τη θερμοκρασία, καθώς η ταχύτητα και η έκταση με την οποία προκαλούνται εξαρτώνται από τις παραμέτρους και των δύο. Μάλιστα, όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενες ενότητες, ο συνδυασμός της υψηλής θερμοκρασίας και της υψηλής υγρασίας είναι ιδιαίτερα καταστρεπτικός. Για το λόγο αυτό εξετάζουμε τις φθορές αυτές πάντα ως συνδυασμό θερμοκρασίας και υγρασίας. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τις πιο συνηθισμένες φθορές, χωρίς να μπορεί αυτή η λίστα να είναι εξαντλητική, καθώς οι ποικιλίες υλικών και παραμέτρων φθοράς τους είναι πολύ μεγάλες:

- Ανάπτυξη και επιτάχυνση των μηχανισμών οξείδωσης και υδρόλυσης της κυτταρίνης του χαρτιού
- «Ζελατινοποίηση» του κολλαγόνου σε περγαμηνά υποστρώματα
- Οι ίνες του κολλαγόνου του δέρματος κολλούν μεταξύ τους, μειώνοντας την ελαστικότητά του, ενώ συχνά με την απότομη έκθεσή του σε υψηλή υγρασία σκουραίνει καθώς δεψικό υλικό μεταφέρεται από την υποδερμίδα προς την επιφάνεια
- Επιτάχυνση της ρυπογόνου διάσπασης του δέρματος **red rot** (ερυθρά αποσάθρωση)
- Ανάπτυξη της οξείδωσης και διάβρωσης των μεταλλογαλλικών μελανιών
- Ανάπτυξη μυκήτων, βακτηριδίων και λοιπών μικροοργανισμών. Είναι χαρακτηριστικό ότι η πλειοψηφία των μικροοργανισμών απαιτούν Σχετική Υγρασία άνω του 70% για να αναπτυχθούν, ενώ σε θερμοκρασίες υψηλές (άνω των 30 C) ο ρυθμός ανάπτυξής τους αυξάνεται δραστικά.
- Ανάπτυξη εντόμων, καθώς τα περισσότερα έντομα που είναι επιβλαβή για τις συλλογές βιβλίων και αρχείων χρειάζονται συνθήκες υψηλής υγρασίας και θερμοκρασίας για να αναπτυχθούν. Παράλληλα, η υψηλή θερμοκρασία επιταχύνει σημαντικά τον κύκλο ζωής των εντόμων με αποτέλεσμα τη γρηγορότερη αναπαραγωγή και πολλαπλασιασμό τους.

Πέρα όμως από τις επιπτώσεις μιας σταθερά αυξημένης τιμής υγρασίας και θερμοκρασίας στο χώρο φύλαξης των συλλογών, έρευνες έχουν αποδείξει ότι εξίσου -αν όχι περισσότερο- επιβλαβής είναι η απότομη και συνεχής μεταβολή των συνθηκών (Wilson, 1995, State Records Authority of N.S. Wales, 2012), κάτι που αναγκάζει τα βιβλία και τα αρχεία σε μια διαρκή κατάσταση απορρόφησης και αποβολής υγρασίας. Η κατάσταση αυτή προκαλεί έντονες διακυμάνσεις, συστολές και διαστολές στα υλικά, που συχνά έχουν ως συνέπεια τη μηχανική τους αποσταθεροποίηση, την μεταβολή των διαστάσεων, την απώλεια χρωστικών και μελανιών. Είναι ενδεικτικό ότι η αύξηση της υγρασίας κατά 10% στο χώρο φύλαξης μιας συλλογής βιβλίων, μπορεί να απορροφηθεί από τα ίδια τα βιβλία μέσα σε διάστημα λιγότερο της μιας ώρας. Οι αλλαγές που υπόκεινται τα βιβλία κατά αυτή την απορρόφηση είναι τόσο έντονες που μπορούν να επιφέρουν σημαντικές δομικές φθορές.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΥΛΑΞΗΣ ΣΥΛΛΟΓΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ

2.1 Έλεγχος κλιματικών συνθηκών σε βιβλιοθήκες και αρχεία

Οι συνθήκες και οι παράμετροι φύλαξης σε κλειστούς χώρους για τις συλλογές βιβλιοθηκών και αρχείων, όπως άλλωστε και για κάθε συλλογή οργανικών υλικών έχει αποτελέσει πεδίο έρευνας και διεθνούς συζήτησης για πολλά χρόνια. Τις περασμένες δεκαετίες υπερίσχυε η άποψη και η τάση της καθιέρωσης συγκεκριμένων τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας, ως οι ιδανικές τιμές στις οποίες έχουμε τη βέλτιστη διατήρηση των αντικειμένων. Συχνά βλέπουμε αναφορές για Μουσειακά Πρότυπα και Ιδανικές Τιμές, που σίγουρα έχουν σημασία σχετικά με τις ιδανικές συνθήκες που θα επιθυμούσαμε να έχουμε για τις συλλογές μας.

Οι ιδανικές συνθήκες όπως έχουν καθιερωθεί σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα είναι **18-20ºC και 45-50% Σχετική Υγρασία**.

Οι παράμετροι όμως αυτοί κατά κυριότητα έχουν δημιουργηθεί με αναφορά στις συλλογές Ευρωπαϊκών και Αμερικανικών βιβλιοθηκών και ιδρυμάτων που έχουν να αντιμετωπίσουν κλιματικά προβλήματα συγκεκριμένου εύρους, ενώ έχουν ως άξονα τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν κτηριακά και κλιματικά προβλήματα με μηχανικά μέσα κλιματισμού. Γίνεται όμως κατανοητό τις τελευταίες δεκαετίες ότι τα μουσειακά πρότυπα, ναι μεν είναι πολύ χρήσιμα και θέτουν ένα ιδανικό πλαίσιο στο οποίο στοχεύουμε, δεν μπορούν όμως να αποτελέσουν απόλυτο στόχο για όλες τις συλλογές. Παράλληλα, η εξέλιξη της αρχιτεκτονικής μουσειακών κτηρίων και βιβλιοθηκών και η δυνατότητα χρησιμοποίησης ενεργειακά βιοκλιματικών και βιώσιμων κτηρίων χωρίς την εξάρτηση από ενεργοβόρα κλιματιστικά συστήματα, έχει οδηγήσει σε μια στροφή στον τρόπο, σχεδιασμού των χώρων φύλαξης αλλά και της προσέγγισης των συνθηκών φύλαξης των συλλογών βιβλίων και αρχείων.

Οι στόχοι που θέτουν οι ειδικοί σε σχέση με τη διατήρηση κατάλληλων συνθηκών φύλαξης συλλογών βιβλίων και αρχείων είναι η **προσαρμογή τους κατά περίπτωση**. Είναι σημαντικό να κατανοούμε τις ιδιαιτερότητες των τοπικών συνθηκών, των δυνατοτήτων και προβλημάτων των κτηρίων όπου φυλάσσουμε τις συλλογές μας και να προσαρμόζουμε τις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες λαμβάνοντας υπόψιν:

- τις συνθήκες αλλά και τις αλλαγές των συνθηκών που επικρατούν κατά τη διάρκεια όλων των εποχών του έτους και τις μεταβολές σε όλη τη διάρκεια κάθε ημέρας,

- τις κτηριακές ιδιαιτερότητες του χώρου φύλαξης,
- τις κτηριακές δυνατότητες μηχανικής κλιματιστικής υποστήριξης,
- το οικονομικό κόστος της εγκατάστασης, διατήρησης και λειτουργίας κλιματιστικών μηχανημάτων,
- το πραγματικό όφελος που θα έχει η λειτουργία μιας κλιματιστικής μονάδας,
- τις συνθήκες λειτουργίας μιας βιβλιοθήκης ή αρχείου. Ο αριθμός του προσωπικού, η λειτουργία αναγνωστηρίων, οι ώρες λειτουργίας, η συχνότητα και ο τρόπος καθαρισμού (πχ χρήση υγρών καθαριστικών) είναι πολλές σημαντικές παράμετροι που πρέπει να λάβει κανείς υπόψιν του για την κατανόηση των πραγματικών κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν.

Οι ιδανικές κλιματικές συνθήκες παράλληλα πρέπει να μπορούν να εφαρμοστούν:

- για το σύνολο των συλλογών.
- όσο το δυνατόν σταθερότερες καθ'όλη τη διάρκεια μιας ημέρας και καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου,
- όποιες αλλαγές συμβαίνουν να γίνονται με πολύ σταδιακό ρυθμό και όσο δυνατόν μικρότερης έκτασης,
- στους χώρους που μπορεί να συνυπάρχουν με τη λειτουργία του προσωπικού και την ύπαρξη αναγνωστικού κοινού,
- με το μικρότερο δυνατόν ενεργειακό και περιβαλλοντικό κόστος.

Με βάση τα παραπάνω, είναι σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψιν μας πως ο τοπικός κλιματισμός των χώρων φύλαξης βιβλίων και αρχείων, δεν είναι πάντα η βέλτιστη μέθοδος δημιουργίας καλών περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι κοινές κλιματιστικές μονάδες (air- condition) είναι πλέον ακατάλληλες για την παροχή σταθερών συνθηκών, καθώς δεν έχουν τις προδιαγραφές για αδιάκοπη λειτουργία, ενώ παράλληλα δεν έχουν τη δυνατότητα ελέγχου και παροχής σταθερής υγρασίας, παρα μόνο αφύγρανσης και θέρμανσης/ ψύξης. Παρατηρείται επομένως συχνά η έντονη αφυδάτωση του χώρου κατά τη διαρκή λειτουργία τους.

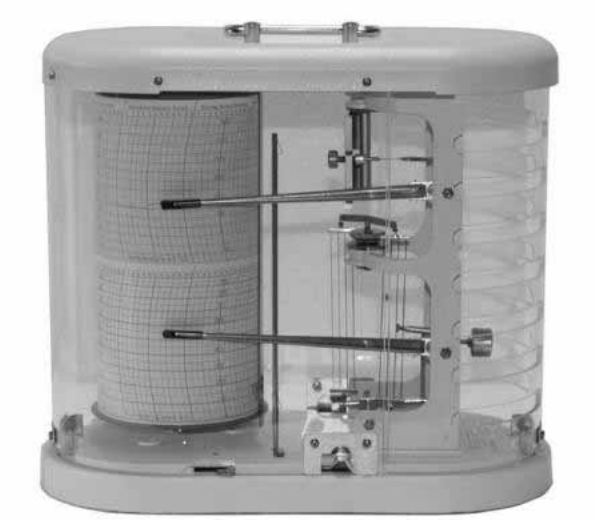
Σημαντικό δε είναι να αποφεύγεται η περιοδική χρήση τους, όπως για παράδειγμα, για συγκεκριμένες μόνο ώρες κατά τη διάρκεια παρουσίας του προσωπικού ή του κοινού, ή μόνο για συγκεκριμένες ημέρες, καθώς προκαλούνται έντονες διακυμάνσεις σε σύντομα χρονικά διαστήματα που αναμφίβολα επιφέρουν φθορές στις συλλογές.

2.2 Μέθοδοι ελέγχου κλιματικών συνθηκών

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας στους χώρους φύλαξης βιβλίων και αρχείων είναι το πρώτο στάδιο και ο βασικότερος τρόπος για την πρόληψη και την αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων διατήρησης που αντιμετωπίζουν οι συλλογές και που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές/ κλιματικές συνθήκες.
Ο έλεγχος των συνθηκών αποσκοπεί στη συγκέντρωση δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας ώστε να κατανοήσουμε τις συνθήκες που επικρατούν στους χώρους φύλαξης. Η ανάλυση των μετρήσεων αυτών σε επόμενο στάδιο θα πρέπει να μελετάται μεθοδικά και παράλληλα με τη μελέτη των συνολικών συνθηκών και παραμέτρων που ισχύουν σε μια βιβλιοθήκη, ώστε να σχεδιάζεται ένα πλάνο βελτίωσης των συνθηκών.

Τα όργανα ελέγχου που είναι διαθέσιμα είναι τα εξής:
Αναλογικός θερμοϋγρογράφος

Εικόνα 3. Αναλογικός θερμοϋγρογράφος



Ο αναλογικός θερμοϋγρογράφος καταγράφει παράλληλα τη θερμοκρασία και την υγρασία του χώρου πάνω σε μια περιστρεφόμενη λωρίδα προσημειωμένου χαρτιού, με κύκλο περιστροφής από μια μέρα έως ένα μήνα. Ο κλασσικός αυτός καταγραφικός μετρητής, παρότι έχει αντικατασταθεί στις μέρες μας από άλλους πιο εύχρηστους μετρητές, παρέχει μεγάλη ακρίβεια καταγραφής και μεγάλη αξιοπιστία και χρησιμοποιείται ακόμα από μετεωρολογικές υπηρεσίες, όσο και από μουσεία και βιβλιοθήκες.

Ψηφιακά θερμοϋγρόμετρα

Εικόνα 4. Ψηφιακό θερμοϋγρόμετρο

Τα θερμοϋγρόμετρα είναι εύχρηστα, οικονομικά μηχανήματα παρακολούθησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μετρητών, που συνήθως έχουν περιορισμένες δυνατότητες καταγραφής, συνήθως μόνο μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης μετρήσιμης τιμής κατά την ορισμένη περίοδο μέτρησης, παράλληλα με τις παρούσες τιμές που εμφανίζονται σε οθόνη. Οι μετρητές αυτοί, παρά την ευχρηστία τους δεν είναι πάντα πολύ αξιόπιστοι και χρειάζεται προσοχή για την επιβεβαίωση του μεγέθους λάθους που μπορεί να παρουσιάζουν. Παρόλα αυτά είναι μια οικονομική και εύκολη λύση για να υπάρχει μια γενική εικόνα των συνθηκών ενός χώρου.

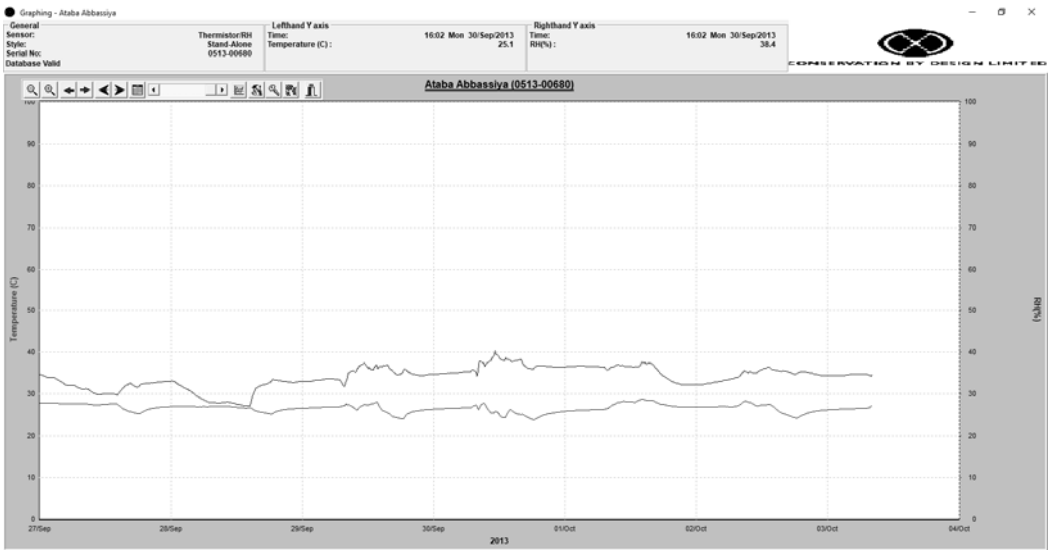
Καταγραφικά Υγρασίας- θερμοκρασίας Dataloggers

Τα καταγραφικά αυτά είναι μεγάλης ακρίβειας έχουν την ιδιαιτερότητα ότι μπορούν να καταγράφουν στιγμιαίες μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας ενός χώρου με διαστήματα από μερικά δευτερόλεπτα έως μερικές ώρες ή ημέρες. Οι καταγραφές που συλλέγονται μπορεί να καλύψουν διαστήματα αρκετών μηνών ή και χρόνων, ανάλογα με τα διαφορετικά μοντέλα καταγραφικών, ενώ τα συνοδευτικά λογισμικά τους, δίνουν τη δυνατότητα φόρτωσης των δεδομένων σε διαγράμματα όπου μπορεί να γίνει η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, η παρακολούθηση μεγάλων αποκλίσεων και η εξαγωγή στατιστικών δεδομένων και αναφορών.

Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί πολλά σύνθετα και ολοκληρωμένα συστήματα καταγραφικών για την ολική παρακολούθηση μουσείων, βιβλιοθηκών και αρχείων,

όπου πολλές καταγραφικές μονάδες μπορούν να τοποθετηθούν σε διαφορετικά σημεία ενός ή και περισσοτέρων κτηρίων, ενώ ένα ενιαίο σύστημα επιτρέπει την παρακολούθηση των μετρήσεων από όλες τις μονάδες ταυτόχρονα. Τα συστήματα αυτά είναι η πιο αποτελεσματική λύση για την ολοκληρωμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο των κλιματικών συνθηκών ενός φορέα, επιτρέποντας τις σύνθετες και εξειδικευμένες αναλύσεις των παραμέτρων, ενώ δίνει τη δυνατότητα στους ειδικούς να ειδοποιούνται σε πραγματικό χρόνο και να επεμβαίνουν για την αντιμετώπιση έντονων ή έκτακτων μεταβολών των περιβαλλοντικών συνθηκών. Τέλος συχνά συνδυάζονται με τις εγκαταστάσεις κλιματιστικών μονάδων για τον έλεγχο της απόδοσής τους αλλά και την άμεση τροποποίηση της λειτουργίας τους όταν παρατηρούνται αποκλείσεις.

Εικόνα 5. Διάγραμμα από λογισμικό καταγραφικών (dataloggers) θερμοκρασίας και υγρασίας



Σύνοψη

Με τη μελέτη αυτής της ενότητας μάθατε:

- τους ορισμούς της Απόλυτης και Σχετικής Υγρασίας, της Θερμοκρασίας και του Σημείου Δρόσου,
- ποια είναι η σχέση της υγρασίας με τη θερμοκρασία,
- τις επιπτώσεις της υγρασίας και της θερμοκρασίας στα βιβλία και τα αρχεία.

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης

Με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης

2571 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Η συγκεκριμένη διδακτική ενότητα έχει ως στόχο να εισαγάγει τους εκπαιδευόμενους στις έννοιες του μικροπεριβάλλοντος στους χώρους των βιβλιοθηκών και αρχείων, συνεχίζοντας από τις προηγούμενες ενότητες με το συγκεκριμένο θέμα της ακτινοβολίας και το πώς επιδρά στα διαφορετικά υλικά.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΕΧΝΗΣ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φως είναι μία από τις πιο ισχυρές παραμέτρους στην αλλαγή του χρώματος και προκαλεί έτσι μη αναστρέψιμη βλάβη στα οργανικά υλικά, όπως είναι τα βιβλία και τα αρχεία. Από την άλλη πλευρά, είναι απολύτως σαφές ότι βιβλία και αρχεία δεν μπορούν να εκτιμηθούν, να μελετηθούν ή να εκτεθούν χωρίς φως, οπότε είναι απαραίτητος ένας συμβιβασμός μεταξύ της ανάγκης χρήσης και επισκεψιμότητας και της ασφάλειας του αντικειμένου. Είναι γνωστό ότι η έκταση των φθορών από την έκθεση στην ακτινοβολία αυξάνεται αναλογικά με το μήκος της έκθεσης όσο και με την ένταση της ακτινοβολία. Έτσι αντί να περιορίζεται ο χρόνος έκθεσης για κάθε αντικείμενο, συχνά επιλέγεται η λύση της τροποποίησης και παρακολούθησης των συνθηκών φωτισμού επί τόπου.

1.1 Ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που εκπέμπεται από τον ήλιο. Ενώ, μάλιστα, οι ακτίνες UVC (μήκος κύματος 100 - 280 nm) απορροφώνται από το όζον της ατμόσφαιρας, τους υδρατμούς, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, οι UVA (μήκος κύματος 315 - 400 nm) και το 10% των UVB (μήκος κύματος 280 - 315 nm) φθάνουν στην επιφάνεια της γης. Η ελάττωση του στρώματος του όζοντος είναι γνωστό ότι επιδεινώνει τις επιπτώσεις στην υγεία από τη UV ακτινοβολία για τον άνθρωπο, τα ζώα, τους θαλάσσιους οργανισμούς και τα φυτά, διότι τότε δεν απορροφά αποτελεσματικά τη UV ακτινοβολία (ιδίως UVB ακτινοβολία).

- UVA με μήκος κύματος 400 - 320 nanometers (nm) είναι η μεγαλύτερη πηγή ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης και διεισδύει κάτω από τις επιφανειακές στοιβάδες του δέρματος και των έργων.
- UVB (320 - 290 nm) φτάνει σε μικρότερα ποσά λόγω της απορρόφησης μεγάλου μέρους της από τη στοιβάδα του όζοντος. Και πάλι όμως αρκεί για να προκαλέσει ζημιά.
- UVC (290 - 200 nm) είναι εξαιρετικά βλαβερή για το δέρμα, αλλά απορροφάται τελείως από το όζον της στρατόσφαιρας και έτσι δεν φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Από τις ορατές και αόρατες ακτινοβολίες που εκπέμπει ο ήλιος, οι αόρατες υπεριώδεις (UVA & UVB), φτάνουν στην επιφάνεια της γης και προκαλούν τα πιο πολλά προβλήματα.

Μιλώντας για τις πηγές φωτός, μπορούμε να διακρίνουμε σε δύο κύρια είδη φωτισμού όπως:

- φυσικός.
- τεχνητός.

Ο φυσικός φωτισμός είναι κατ' ουσίαν ο φωτισμός από την ηλιακή ακτινοβολία.

Ο φυσικός φωτισμός είναι φυσιολογικά απαραίτητος και ευνοϊκότερος για ένα άτομο. Ωστόσο, δεν μπορεί να εξασφαλίσει πλήρως τις ανάγκες έκθεσης, χρήσης ή ανάγνωσης ενός βιβλίου ή αρχείου, τόσο λόγω της θερμότητας με την οποία μπορεί να συνδυάζεται, όσο και λόγω της αδυναμίας ελέγχου της ποσότητας, της κατεύθυνσης και της έντασής της.. Εξαιτίας αυτού, στους χώρους των μουσείων, βιβλιοθηκών και αρχείων είναι απαραίτητη η χρήση επιπλέον φωτισμού, πιο ελεγχόμενου και ασφαλέστερου για τα αντικείμενα. Ως εκ τού δημιουργήθηκαν διαφορετικοί τύποι τεχνητού φωτισμού.

Σήμερα ως πηγές τεχνητού φωτισμού, κατά κανόνα, είναι οι λαμπτήρες πυρακτώσεως, λαμπτήρες φθορισμού ή φωτεινές πηγές LED όπως θα περιγραφούν στη συνέχεια.

Μεταξύ των πολλών μέτρων περιβαλλοντικής προστασίας που λαμβάνονται για την προστασία αντικειμένων σε συλλογές, ο έλεγχος των επιπέδων φωτισμού έχει πάρει πιθανώς την πιο ομόφωνη συμφωνία μεταξύ συντηρητών και επιστημόνων με αντικείμενο την διατήρηση των έργων τέχνης.

Όσο πιο ευαίσθητοι είναι ορισμένοι τύποι αντικειμένων, τόσο μεγαλύτερη είναι και η έρευνα πάνω σε αυτά τα έργα (π.χ. χαρτί, δέρμα, πίνακες, ύφασμα, φωτογραφία, κ.α.).

Ο 20ος και ο 21ος αιώνας έγιναν μάρτυρες μιας πλημμύρας νέων υλικών για την τέχνη, τις γραφικές τέχνες, την τυπογραφία, συμπεριλαμβανομένων και των υλικών που χρησιμοποιούνται στα βιβλία, πολλά από τα οποία δεν επιλέχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τη μονιμότητα των αντικειμένων. Αντικείμενα που περιέχουν αυτά τα υλικά εγείρουν τώρα σημαντικά ερωτήματα σχετικά με την φωτεινότητα και την φωτοχημική αστάθεια, και ο 21ος αιώνας υπόσχεται να επιταχύνει αυτή την τάση.

Ως μορφή ενέργειας, το φως έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει αλλαγές στα αντικείμενα. Αντιμέτωποι με αυτό το γεγονός, επαγγελματίες του μουσείου που είναι αρμόδιοι για τη διατήρηση των συλλογών υποδηλώνουν, ότι τα αντικείμενα στη φροντίδα τους θα ήταν καλύτερα να κρατηθούν στο σκοτάδι σε ένα αυστηρά ελεγχόμενο κλίμα. Στην πραγματικότητα, οι συντηρητές πρέπει να ασχοληθούν με το γεγονός ότι τα αντικείμενα που έχουν ευαισθησία στο φως έχουν περιορισμένο χρόνο

διάρκειας προβολής και πρέπει να επιδιώξουν να αποφύγουν την άσκοπη έκθεση του φωτός για τέτοια υλικά.

Αυτό αποτελεί μέρος της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων, ένας συνδυασμός σχεδιασμένων εργασιών όπου διασφαλίζουμε τη μέγιστη δυνατή βιωσιμότητα και τη χρήση συλλογών όπως αναφέρει και ο Michalski: 1994.

Η καταστροφή προερχόμενη από την ακτινοβολία και το φως ως πηγή ενέργειας κυρίως των οργανικών υλικών και το πολύ ευαίσθητων όπως είναι το, το χαρτί, η περγαμηνή, το δέρμα, η μελάνη και πολλές χρωστικές που συναντάμε σε βιβλία και αρχεία, είναι άμεση σε σύγκριση με τους προηγούμενους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπου έχουμε παρουσιάσει όπως είναι η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία[1].

Η συνεχής έκθεση των αντικειμένων στην ηλιακή ακτινοβολία επιφέρει την οξείδωση των βαφών ή χρωστικών (φωτοχημικές και φωτολυτικές αντιδράσεις), με αποτέλεσμα την ολική αλλοίωση και το ξεθώριασμα του αντικειμένου.

Η αλλοίωση των χρωστικών/βαφών από την ακτινοβολία καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες όπως: η θερμοκρασία και η υγρασία, η παρουσία μεταλλικών ιόντων στις χρωστικές, η ένταση και κατεύθυνση της ακτινοβολίας και οι χημικές ουσίες στο περιβάλλον, που μπορούν να επιφέρουν και την καθολική καταστροφή του.

Τέλος, η υπεριώδης ακτινοβολία λόγω της μεγάλης ενέργειας της και του μικρού μήκους κύματος μπορεί να προκαλέσει αλυσιδωτές χημικές αντιδράσεις με τα κατασκευαστικά υλικά που συναντάμε στα βιβλία και τα αρχεία όπως:

- Αποχρωματισμό & αποδυνάμωση των συνδετικών των βαφών,
- Αποχρωματισμό των δερμάτινων ή υφασμάτινων καλυμμάτων
- Οξείδωση και υδρόλυση της κυτταρίνης
- Μηχανική αποδυνάμωση,
- Ξήρανση των ινών.
- Αφυδάτωση του χαρτιού, του δέρματος και της περγαμηνής

[1] Βλ. περισσότερα Schaeffer, T: 2001.

- Επιτάχυνση της ζελατινοποίησης της περγαμηνής

Ευαίσθητα υλικά:

- χαρτί,
- υδατογραφίες
- δέρμα,
- ύφασμα,
- φωτογραφία,
- χρωστικές,
- ίνες
- βαφές,
- συνθετικά στερεωτικά υλικά συντήρησης

Τα σημερινά επιτρεπτά όρια τεχνητής ακτινοβολίας π.χ. σε χάρτινα αντικείμενα είναι μεταξύ 50-55 lux (το μέγιστο). Παρόλ' αυτά, το χαρτί ή κάποιο άλλο φωτο-ευαίσθητο υλικό μπορεί να εκτεθεί σε ακτινοβολία για μεγαλύτερη χρονική περίοδο, αλλά με μικρότερη ένταση φωτισμού και απόλυτου σκοταδιού. Δίνοντας ένα παράδειγμα το παραπάνω υπολογίζεται ως εξής:
Η ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια ορίζεται από τη μονάδα μέτρησης **lux**. Η *συνολική ποσότητα ακτινοβολίας* στην οποία εκτίθεται ένα αντικείμενο μετριέται σε lux ανά ώρα και είναι μια σχέση αντιστρόφως ανάλογη, (π.χ. ώρες lux=ποσότητα ακτινοβολίας σε lux x χρόνος ανά ώρα). Για παράδειγμα, σε ένα χρόνο, «ένα μουσείο ανοίγει για 8 ώρες την ημέρα, μπορεί άνετα να εκθέσει ένα αντικείμενο στα 50 lux (8ώρες x 7 ημέρες x 52 εβδομάδες x 50 lux = 145,600 lux ώρες), το οποίο είναι ακριβώς ανάλογο με το να εκτεθεί το αντικείμενο σε 100 lux για 26 εβδομάδες (8ώρες x 7 ημέρες x 26 εβδομάδες x 100 lux= 145,600 lux ώρες), δηλαδή με διπλάσια ένταση φωτός αλλά για τον μισό χρόνο».

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Το φως είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που μπορούμε να αντιληφθούμε ως κύματα ή ως ξεχωριστά πακέτα ενέργειας (ποσοτικά) που μπορούν να ταξιδέψουν μέσω κενού ή, ανάλογα με τις περιστάσεις, μέσω υλικών. Ο όρος φωτόνιο (ή κβάντο

φωτός) είναι το «σωματίδιο» από το οποίο συνίσταται το φως και περιγράφει μια κβαντική φωτεινή ενέργεια

Η ποσότητα ενέργειας σε κάθε φωτόνιο που φέρεται από ένα κύμα - είναι αντιστρόφως ανάλογο προς αυτό το μήκος κύματος. Αν το μήκος κύματος του φωτός είναι γνωστό, η ενέργεια, E, ενός δοχείου φωτονίων υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο:

$$E = \frac{2.0 \times 10^{-16}}{\lambda}$$

όπου το E είναι σε μονάδες SI (J) όταν το μήκος κύματος είναι νανομέτρων (nm).

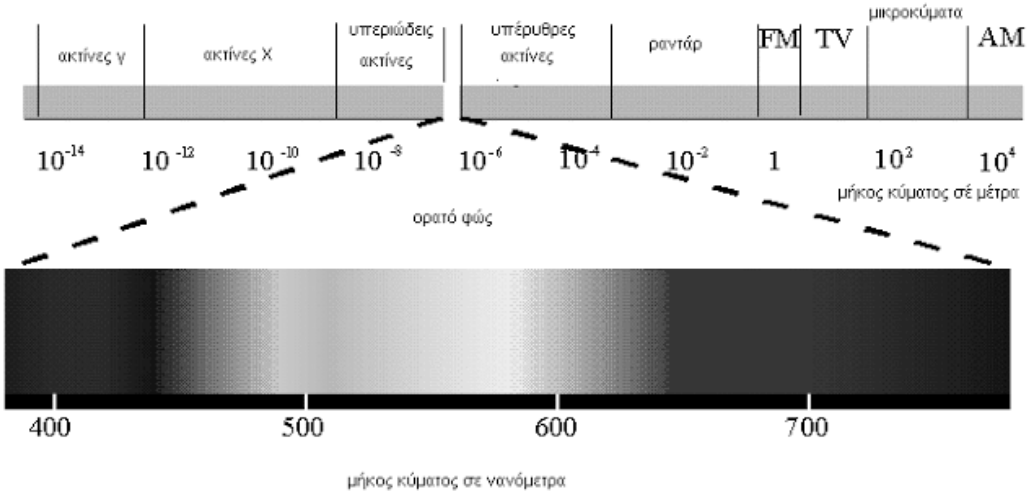
2.1 Φάσμα του φωτός

Το μήκος κύματος του ορατού φωτός είναι ένδειξη του χρώματος του με το φως που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι, καθώς και την ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ανά φωτόνιο.

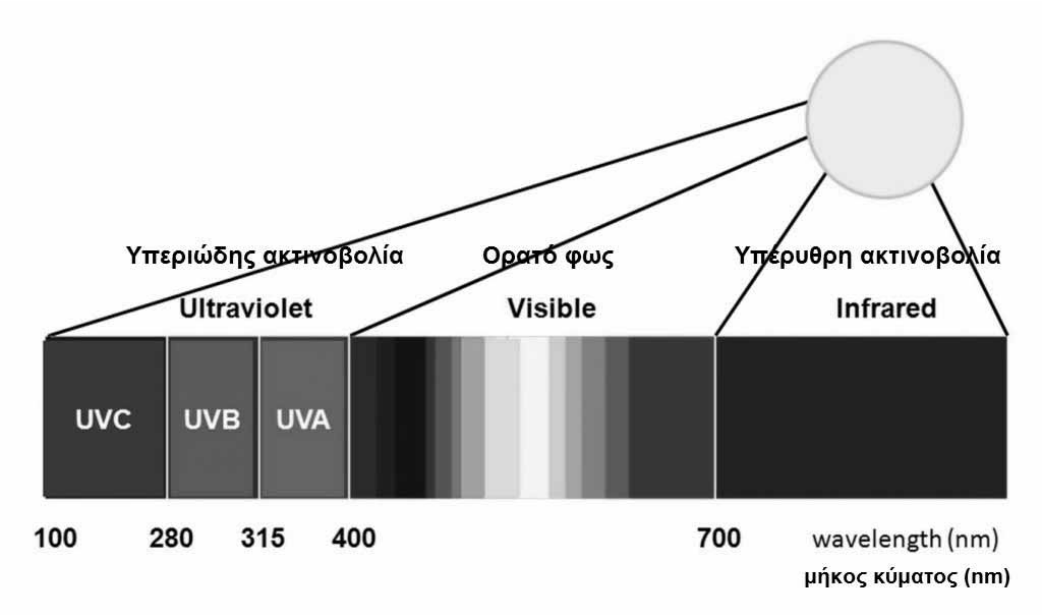
Το ορατό φως που λαμβάνουμε από την ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται σε μήκος κύματος από περίπου 400 nm (κυανό) έως 700 nm (κόκκινο). Εάν το μήκος κύματος είναι ελαφρώς μικρότερο από αυτό του ορατού φωτός, βρίσκεται κοντά στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV - Ultra Violet).

Εάν το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από τα 700 nm, το φως καλείται υπέρυθρο (IR - Infra Red). Αυτό έχει λιγότερη ενέργεια ανά φωτόν ορατό φως και περισσότερα φωτόνια για μια δεδομένη συνολική ενέργεια. Ο ρυθμός με τον οποίο το φως εκπέμπεται από μία φωτεινή πηγή (δηλ. ενέργεια ανά μονάδα χρόνου) είναι η δύναμη ακτινοβολίας της πηγής. Συζητήσεις για το συγκεκριμένο πεδίο παρουσιάζονται από τους Feller (1994) και Thomson (1986).

Εικόνα 1. Μήκη κύματος από την ηλιακή ακτινοβολία



Εικόνα 2. Το ορατό φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας μεταξύ 400 - 700nm



2.2 Η αλληλεπίδραση του φωτός και των υλικών

Το φως ως μορφή ενέργειας διέπεται από την βασική αρχή διατήρησης της ενέργειας, που ορίζει ότι σε ένα κλειστό σύστημα το συνολικό ποσό της ενέργειας διατηρείται πάντοτε, μεταβαλλόμενη σε μια από τις τρεις μορφές της: θερμότητα - κίνηση -φως.

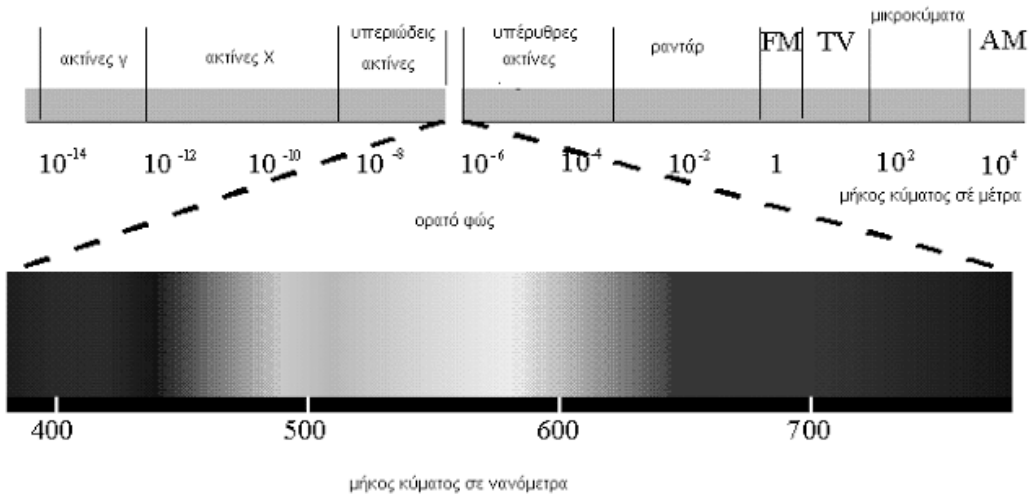
Μόνο η ενέργεια του φωτός που απορροφάται από ένα υλικό μπορεί να προκαλέσει φωτοχημική δράση-αλλαγή αυτού του υλικού. Αλλά η απορρόφηση του φωτός δεν εγγυάται ότι θα ακολουθήσει χημική αλλαγή. Για να εξετάσουμε την απορρόφηση της

φωτεινής ενέργειας από ουσίες, η κβαντική περιγραφή του φωτός ως φωτονίων είναι πιο κατάλληλη. Το μόριο θα απορροφήσει ένα φωτόνιο εάν η ενέργεια αυτού του φωτονίου είναι ακριβώς ή πολύ κοντά στην διαφορά μεταξύ δύο ενεργειακών καταστάσεων του μορίου.

Σε γενικές γραμμές, για να καθορίσετε αν το φως που 'χτυπά' ένα αντικείμενο τέχνης θα προκαλέσει μια σημαντική αλλαγή (δηλαδή, φθορά) στο αντικείμενο, πρέπει να ξέρουμε αν η ενέργεια του φωτός απορροφάται και ποια είναι η κβαντική απόδοση την επακόλουθη φωτοχημική αντίδραση.

Με βάση την αρχή διατήρησης της ενέργειας η απορρόφηση του φωτός από μια ύλη μπορεί να σημάνει παράλληλα αύξηση της κινητικής κατάστασης των μορίων της ύλης με αποτέλεσμα την επιτάχυνση χημικών αντιδράσεων που βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη - όπως πχ η οξείδωση ή η υδρόλυση της κυτταρίνης - ενώ μπορεί να αυξήσει τη θερμότητα του αντικειμένου με σημαντικές συνέπειες όπως η αύξηση των διαστάσεών του, η διόγκωση της ύλης και η μεταβολή των ιδιοτήτων της.

Σχήμα 1



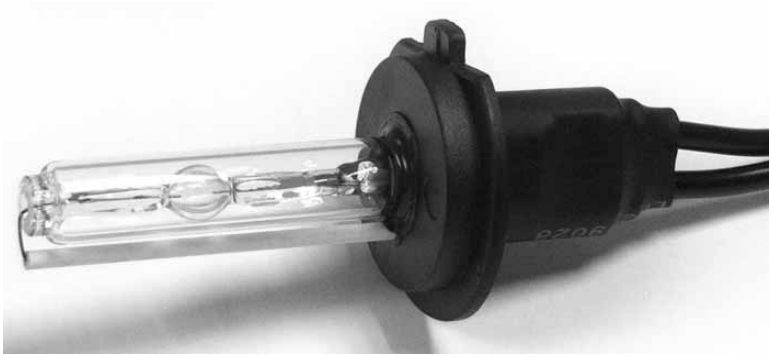
2.3 Πηγές φωτός

Λαμπτήρες Xenon

Το ερώτημα κατά πόσο οι λαμπτήρες xenon αποτελούν απειλή κατά τη χρήση τους στην γκαλερί ή στο στούντιο φωτογραφίας. Η έξοδος μιας λάμπας xenon εξαρτάται από πολλές φυσικές παραμέτρους του λαμπτήρα και από τη λειτουργία του:

η πίεση του αερίου, οι διαστάσεις των λαμπτήρων, το κενό μεταξύ των ηλεκτροδίων,η χωρητικότητα του κυκλώματος φόρτισης (που επηρεάζει το κύκλωμα φόρτισης) και την τάση στην οποία λειτουργεί η λυχνία(Phillips 1983b). Για τους λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται στη φωτογραφία, αυτοί οι παράμετροι συνήθως προσαρμόζονται ώστε να έχουν αποτέλεσμα περίπου ισοδύναμη απόδοση λαμπτήρα, στις υπεριώδεις και ορατές περιοχές, σε ένα μαύρο σώμα στους 6000-7000K. Παραλλαγές στην παραγωγή υπέρυθρης ακτινοβολίας (όπου υπάρχουν κάποιες ισχυρές εκπομπές ζώνες) δεν πρέπει να προκαλούν ανησυχία με αυτούς τους λαμπτήρες, επειδή η υπέρυθρη ενέργεια δεν είναι αρκετά μεγάλη για να προκαλέσει φωτοχημική οι αλλαγές και οι αναλαμπές κατά τη διάρκεια της φωτογράφισης δεν έχουν αρκετή διάρκεια για να θερμαίνουν αντικείμενο.

Εικόνα 3. Λαμπτήρες Χενον



Λαμπτήρες αλογόνου

Η λαμαρίνα από βολφράμιο εκπέμπει περισσότερο φως στην ορατή περιοχή από ότι θα αναμενόταν για την ισοδύναμη θερμοκρασία μαύρου σωματιδίου του (Phillips 1983a). Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής ενέργειας που εκπέμπεται από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως βολφραμίου βρίσκεται στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Μόνο περίπου το 2% της ενέργειας που εκπέμπεται από ένα νήμα βολφραμίου σε μήκος κύματος μικρότερο από 700 nm είναι στο υπεριώδες. Όταν περιλαμβάνεται το αποτέλεσμα διήθησης του περιβλήματος γυαλιού, αυτό πέφτει περίπου στο 1% στο σχεδόν υπεριώδες (320-400 nm). Έτσι, η ποσότητα της σχεδόν υπεριώδους ενέργειας που εκπέμπεται από τις πηγές φωτός του βολφραμίου είναι συχνά μέσα στην κατευθυντήρια οδηγία του μουσείου ότι δεν είναι μεγαλύτερη από 75 μW / lumen.

Εικόνα 4. Λαμπτήρες Αλογόνου

Η χρήση αερίου αλογόνου σε λαμπτήρες βολφραμίου για την αύξηση της διάρκειας ζωής του νήματος περίπου διπλασιάζει τη σχετική ποσότητα του υπεριώδους φωτός που εκπέμπεται ανά αυλό. Πριν από μερικές δεκαετίες, μια άλλη λυχνία συνδυασμού έγινε δημοφιλής για τις μελέτες έκθεσης σε φως: ο λαμπτήρας υδραργύρου-βολφραμίου, που διατίθεται στο εμπόριο ως λαμπτήρας Microscal, ο οποίος σχεδιάστηκε για να προσομοιώνει το φως της ημέρας που φιλτράρεται μέσω γυαλιού παραθύρων. Ο Feller (1994, 93-95) παρουσιάζει μία φασματική καμπύλη εξόδου ισχύος για αυτή την πηγή.

Λαμπτήρες φθορισμού

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι σχεδιασμένοι για να εκπέμπουν μια ποικιλία φάσματος για διαφορετικούς σκοπούς. υπάρχουν σωλήνες «φως ημέρας», φώτα ανάπτυξης φυτών, μικροβιοκτόνες λάμπες, φώτα «δροσερά» ή «ζεστά λευκά» και ούτω καθεξής.
Αυτή η παραλλαγή επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφορετικών φωσφοριζόντων ουσιών για την επικάλυψη του εσωτερικού τοιχώματος των σωλήνων, την τροποποίηση της πίεσης και της σύνθεσης του αερίου, και ακόμη και τη μεταβολή της φύσης του ίδιου του γυάλινου περιβλήματος. Αυτές οι πηγές εκπέμπουν τυπικά μια συνεχή φωτεινότητα από το κοντινό υπεριώδες μέσω της ορατής περιοχής, με ένα μέγιστο περίπου στα 600 nm. Όλοι οι σωλήνες φθορισμού περιέχουν υδράργυρο, οι γραμμές εκπομπής του οποίου είναι τοποθετημένες πάνω σε αυτό το συνεχές. Η σχετική ποσότητα φωτός στο υπεριώδες θα επηρεαστεί έντονα από τις προδιαγραφές των λαμπτήρων και επίσης από τη φύση οποιουδήποτε υπεριώδους φίλτρου που μπορεί να υπάρχει.

Εικόνα 5. Λαμπτήρες φθορισμού

Λαμπτήρες LED

Οι λαμπτήρες LED (Light-Emitting Diode) είναι ένας τύπος φωτισμού που αναπτύχθηκε τις τελευταίες δύο δεκαετίες που έχει βρει πολλές εφαρμογές στο χώρο των βιβλιοθηκών, των μουσείων και των εκθέσεων ευαίσθητων αντικειμένων (Εικόνα 6), λόγω των άριστων ποιοτικών χαρακτηριστικών του. Η διάρκεια ζωής των φωτεινών πηγών LED μπορεί να φτάσει πολλές χιλιάδες ώρες, που παράλληλα με την πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος συντήρησης έχει σημαντικά οικονομικά οφέλη. Παράλληλα, όμως έχουν πολύ χαμηλή εκπομπή θερμότητας και ιδιαίτερα χαμηλές εκπομπές ακτινοβολίας στο φάσμα του υπεριώδους, γεγονός που τις καθιστά τις πλέον κατάλληλες για τον φωτισμό αντικειμένων για μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπως σε εκθέσεις, για τη χρήση σε αναγνωστήρια και την ψηφιοποίησή τους. Η χρωματική τους απόδοση είναι επίσης κατάλληλη, καθώς υπάρχει ποικιλία LED σε χρωματικές και θερμικές αποδόσεις που προσομοιάζουν την φυσική ηλιακή ακτινοβολία.

Εικόνα 6. Προθήκη όπου χρησιμοποιείται το σύστημα φωτισμού led

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 3. ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΤΗ ΦΩΤΟΔΙΑΒΡΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ - ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

Οι χρωστικές αναλύονται σε τρεις ξεχωριστές κατηγορίες σε αυτή την υποενότητα: ανόργανες χρωστικές, φυσικές οργανικές χρωστικές και συνθετικές οργανικές χρωστικές. Οι χρωστικές ουσίες στις ανόργανες χρωστικές είναι γενικά ανόργανα άλατα ή οξείδια μετάλλων. Ιστορικά, οι φυσικές οργανικές χρωστικές απομονώθηκαν και καθαρίστηκαν από βιολογικές πηγές. Τα συνθετικά οργανικά χρωστικά έχουν κατασκευαστεί από τη χημική βιομηχανία από το 1857 (Mills and White 1994a). Αν και μερικές συνθετικές βαφές και χρωστικές προέρχονται από φυσικά συστατικά, τα τελικά προϊόντα δεν απαντώνται στη φύση καθαυτά. Αυτές οι ενώσεις είναι ισοδύναμες με τα φυσικά χρώματα που απομονώνονται από βιολογικά υλικά και δεν χρειάζεται να εξεταστούν χωριστά από αυτά. Οι αποκρίσεις των χρωστικών ουσιών στο φως μπορούν να επηρεαστούν έντονα από το περιβάλλον τους. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των βαμμένων ινών.

3.1 Ανόργανες χρωστικές

Οι περισσότερες ανόργανες χρωστικές ουσίες που μπορούν να ταυτοποιηθούν σε χειρόγραφα κ.α αρχειακό υλικό, αναγνωρίζονται ότι είναι πολύ ελαφρώς σταθερές, με μερικές γνωστές εξαιρέσεις που περιλαμβάνουν το βερμίλιο, το οξείδιο του μολύβδου,

το μπλε της Πρωσίας και μερικά πράσινα του χαλκού (Allen and Edge 1992c). Ο Hanlan (1970) ήταν ο πρώτος που έθιξε άμεσα το ζήτημα, κατά πόσο η έκθεση σε φώτα φωτογράφησης θα προκαλούσαν μεταβολές στις χρωστικές που χρησιμοποιούνται στα έργα ζωγραφικής. Κανένα από τα ανόργανα χρωστικά που ερεύνησε δεν έδειξε σημαντική αλλαγή μετά από δεκάδες χιλιάδες φωτογραφήσεις με φλας.

3.2 Φυσικές χρωστικές

Οι Egerton and Morgan (1970a) ανασκοπούν τις φυσικοχημικές πτυχές της φωτοχημείας χρωστικής και οι van Beek και Heertjes (1966) παρουσιάζουν μια εξαιρετική εισαγωγική επισκόπηση των φωτοχημικών αντιδράσεων που είναι δυνατές για τους κύριους τύπους φυσικών και συνθετικών βαφών. Ο Feller (1994, 177-85) ασχολείται με διάφορες πτυχές της μελέτης της υποβάθμισης χρωστικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων των φωτοεπαγόμενων αλλαγών. Ο Kramer (1986) δημοσίευσε μια εκτεταμένη ανασκόπηση της θεωρίας των φωτοφυσικών διεργασιών και των διαφορετικών τύπων φωτοχημικών αντιδράσεων που μπορούν να υποστούν διάφορες κατηγορίες βαφών. Θεωρεί ότι οι σχέσεις μεταξύ της αντοχής στο φως και άλλων φυσικών ιδιοτήτων ορισμένων τύπων χρωστικών, συμπεριλαμβανομένων των αλληλεπιδράσεων βαφών με μερικές ίνες, καθώς και φωτοκαταλυτική εξασθένιση σε μείγματα βαφών.

3.3 Συνθετικές οργανικές χρωστικές

Μια πρώιμη εκτεταμένη ανασκόπηση της φωτεινότητας των συνθετικών βαφών δημοσιεύθηκε από τους Giles και McKay (1963). Στην έκθεσή τους, επισημαίνουν την έλλειψη ποσοτικών δεδομένων που απαιτούνται για το σκοπό της παρούσας επανεξέτασης. Ένα μεγάλο μέρος της έρευνας σχετικά με τη φωτεινή αντοχή των συνθετικών βαφών διεξήχθη σε δείγματα ινών βαμμένα με τις χρωστικές ουσίες. Οι συνθετικά οργανικές χρωστικές μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη φύση της διαδικασίας βαφής και την αλληλεπίδραση με υποστρώματα ή σύμφωνα με συγκεκριμένα χημικά χαρακτηριστικά.

3.4 Χαρτοπολτού, χαρτιού και ξύλου

Η βιβλιογραφία σχετικά με την φωτοξείδωση της κυτταρίνης καθώς και τα χαρτιά που περιέχουν χαρτοπολτό χαρτοπολτού εξετάζονται από τους Havermans και Dufour (1997).

Έρευνα για τις επιδράσεις του φωτός στα χαρτιά κυτταρίνης έχει συχνά διεξαχθεί με χαρτοπετσέτες Whatman, αυτά τα χαρτιά έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ως μη επιλεγμένοι έλεγχοι σε μερικά πειράματα. Ένα παράδειγμα είναι η έρευνα από τους Lee, Bogaard και Feller (1994), οι οποίοι συνέκριναν τις επιπτώσεις του φωτός στο Whatman no. 42 διηθημένο χαρτί με θερμική γήρανση στις απαντήσεις σε χαρτιά από πολτό αλεσμένου και αλεύκαστο πολτό.

Στην τελευταία περίπτωση, η ποσότητα λεύκανσης μειώθηκε καθώς τα υπεριώδη και μπλε μήκη κύματος (δηλαδή τα συστατικά υψηλότερης ενέργειας) απομακρύνθηκαν προοδευτικά από την ακτινοβολία. Πολύ ελαφρά λευκαντική ανιχνεύθηκε ακόμα μετά από τρεις ημέρες, ωστόσο, ακόμη και όταν όλο το φως των μηκών κύματος είναι μικρότερο από 460 nm είχε αφαιρεθεί από ένα φίλτρο αποκοπής.

3.5 Μελάνια σε χαρτί

Έχουν αναφερθεί προβλήματα σχετικά με τη φωτοσταθερότητα των μελανιών πάνω στο χαρτί ως υπόστρωμα. Η αντοχή αυτών των μελανιών στην ακτινοβολία σε αντικείμενα που βρίσκονται ήδη σε συλλογές είναι γενικά απρόβλεπτη αν και μελέτες έχουν δείξει ότι τα μεταλλογαλλικά μελάνια βρίσκονται στην κατηγορία των ελαφρώς φωτοευαίσθητων υλικών και κατόπιν εκτεταμένης έκθεσης στο φως τείνουν να ξεθωριάζουν και νε μεταβάλλονται χρωματικά

Σε αντίθεση, η μελάνη αιθάλης είναι πολύ πιο σταθερή και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες ευαισθησίες στο φως.

3.6 Τανίνες σε δέρμα (βιβλιοδεσίες)

Επιδιώκονται μέθοδοι για τη διερεύνηση της σταθερότητας των τανινών σε δέρματα. Οι Wouters (1993) ανέφεραν αναλύσεις ιστορικών δερμάτων και νέων δειγμάτων δερμάτων που έχουν τεχνητή γήρανση. Αρκετές εκχυλίσιμες ενώσεις ταννίνης βρέθηκαν σε ιστορικά δέρματα, αλλά το μόνο που απορροφά ορατό φως είναι το αλγικό οξύ. Τα άλλα συστατικά δεν απορροφούν πάνω από 350 nm. Τα πειραματικά δείγματα που είχαν υποβληθεί σε δέκα χρόνια έκθεσης σε φώτα δωματίου και φως της ημέρας μέσα

από γυάλινο παράθυρο εμφάνισαν ορισμένες διαφορές στη σύνθεση σε σύγκριση με τους σκοτεινούς ελέγχους. Ωστόσο, αυτή η παρατήρηση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αριθμητικά, διότι δεν πραγματοποιήθηκαν ελεγχόμενες μελέτες έκθεσης σε φως κατά την έρευνα.

Σύνοψη

Ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη διδακτική ενότητα παρατηρούμε ότι η ακτινοβολία βλάπτει με τις διεργασίες της φωτοοξείδωσης άλλα σε γρηγορότερο βαθμό και άλλα με πιο αργό ρυθμό τα ευαίσθητα κυρίως κατασκευαστικά υλικά του βιβλίου και γενικότερα του αρχειακού υλικού. Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής έρευνας και οι αξιολογήσεις που παρέχονται εδώ υποδεικνύουν ότι πρόσθετες πειραματικές έρευνες θα παρείχαν πληροφορίες ιδιαίτερα χρήσιμες για την εκτίμηση του κινδύνου έκθεσης των έργων στην ακτινοβολία.

- Πρώτον, οι ερευνητές τυπικά δημοσιεύουν δεδομένα φωτοχημικών αντιδράδεων και φωτοανθεκτικότητας από μελέτες για νέα δείγματα σε καλή κατάσταση. Οι συντηρητές, αντιθέτως, ασχολούνται συνήθως με αντικείμενα που είναι εν μέρει υποβαθμισμένα ή αλλοιωμένα με άλλο τρόπο από την αρχική τους κατάσταση, καθώς συχνά λαμβάνουν μέρος παράλληλα και άλλες διαδικασίες διάβρωσης. Δεύτερον, οι επιδράσεις της φωτοφωταύγειας και των αναπαραγωγικών φωτοεκθέσεων σε ορισμένα υλικά και σε συνδυασμούς υλικών πρέπει να προσδιοριστούν σαφέστερα από πειραματικές μελέτες, ιδιαίτερα για τις ποικίλες συνθήκες τέχνης και αρχειακών αντικειμένων. Τρίτον, οι πληροφορίες σχετικά με τη φασματική παραγωγή των πηγών φωτός και τα φασματικά χαρακτηριστικά των υλικών φιλτραρίσματος καθώς και τα βελτιωμένα μέσα τυποποίησης της μέτρησης αυτών των ποσοτήτων και παρακολούθησης της δοσολογίας φωτός πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμα στο προσωπικό των μουσείων και των βιβλιοθηκών που χρειάζονται αυτά τα δεδομένα για τον κίνδυνο διαδικασία αξιολόγησης.
- Η διερεύνηση των επιπτώσεων της έκθεσης του φωτός σε ήδη υποβαθμισμένα υλικά σε αντικείμενα τέχνης θα πρέπει να αποτελεί σημαντική συνεχιζόμενη δραστηριότητα των επιστημόνων- συντηρητών. Αξιολογώντας υλικά για τα οποία ο ρυθμός της φωτοοξείδωσης αυξάνεται με την αυξανόμενη έκθεση στο φως. Τον προσδιορισμό των επιπτώσεων της φωτοφωταύγειας και της φωτογράφησης σε φωτογραφίες και χαρτιά που έχουν ήδη υποστεί κάποια φθορά εξαιτίας της εγγενούς ευαισθησίας ή της μη βέλτιστης επεξεργασίας.

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης

Με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης

2571 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 3. ΡΥΠΟΙ

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Η συγκεκριμένη διδακτική ενότητα έχει ως στόχο να εισαγάγει τον εκπαιδευόμενο στις φθορές που προκαλούνται από τους ρύπους της ατμόσφαιρας και των εσωτερικών χώρων στις βιβλιοθήκες και τα αρχεία.

Στην πρώτη υποενότητα θα γίνει μια εισαγωγή στην επίδραση των ρύπων στα βιβλία και τα αρχεία, καθώς επίσης θα γίνει αναφορά στις πηγές των ρύπων και στους βασικούς ρύπους που τα επηρεάζουν.

Στη δεύτερη υποενότητα γίνεται ανάλυση των μεθόδων ελέγχου, πρόληψης και αντιμετώπισης των ρύπων που επηρεάζουν τις συλλογές βιβλίων και αρχείων.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΒΙΒΛΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΑ

Η επίδραση της ατμόσφαιρας του χώρου των βιβλιοθηκών και αρχείων όπου φυλάσσονται συλλογές ευαίσθητου υλικού έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τους υπεύθυνους συλλογών και συντηρητές. Τα βιβλία και τα αρχεία, υπόκεινται σε διαδικασίες γήρανσης που συμπεριλαμβάνουν χημικές και βιολογικές φθορές, είτε ενδογενείς είτε εξωγενείς. Η έρευνα των τελευταίων δεκαετιών στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και στους παράγοντες που επιδρούν στη διάβρωση χαρτώου υλικού αλλά και γενικά στα οργανικά υλικά που περιέχονται στα βιβλία, έχει αποδείξει την επίδραση των ρύπων στη χημική διάβρωση του υλικού των τεκμηρίων αυτών. Σε συνδυασμό με τις γενικότερες περιβαλλοντικές συνθήκες φύλαξης των τεκμηρίων και κυριότερα με την υγρασία, τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία, οι ρύποι μπορούν να συμβάλουν καταλυτικά στη γήρανση των υλικών. Παράλληλα, έρευνες έχουν βοηθήσει στο να συνδέσουμε συγκεκριμένες φθορές που παρατηρούνται στο χαρτί, το δέρμα, τα μελάνια, τις χρωστικές, με την ύπαρξη ρυπογόνου φορτίου στην ατμόσφαιρα.

Ο 19ος αιώνας και η βιομηχανική επανάσταση συνέβαλε σημαντικά στην επιδείνωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα του περιβάλλοντος διαβίωσης των ανθρώπων, ενώ ήταν η αρχή μιας μακράς περιόδου συνεχούς επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας στις αστικές περιοχές. Είναι γεγονός, ότι οι βιβλιοθήκες, τα αρχεία και οι περισσότερες συλλογές βιβλίων και αρχείων βρίσκονται σε φορείς και οργανισμούς εντός του αστικού περιβάλλοντος κι έτσι αναπόφευκτα είναι επιφορτισμένοι με την αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

1.1 Πηγές ρύπων

Οι ρύποι στην ατμόσφαιρα προέρχονται από διάφορες πηγές, οι οποίες παράγουν ποικίλους τύπους ρύπων διαφορετικής επιβάρυνσης στις συλλογές βιβλιοθηκών και αρχείων. Οι συνηθέστερες πηγές είναι:

- Βιομηχανία, εργοστάσια - καύση πετρελαιοπαράγωγων, χημικά απόβλητα
- Μέσα μεταφοράς - καύση πετρελαίου/ βενζίνης/ αερίου
- Θέρμανση (ηλεκτρική, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, τζάκια, κα.)
- Ηλεκτρικές συσκευές
- Υλικά κατασκευής οικοδομών
- Υλικά κατασκευής επίπλων

- Φυσικά άλατα
- Φυσική σκόνη

Η εκτεταμένη χρήση υγραερίου για φωτισμό και θέρμανση κατά τις αρχές του 20ου αιώνα, της καύσης κάρβουνου για θέρμανση, της ραγδαίας αύξησης των μέσων μεταφοράς και των βιομηχανιών είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του θείου. Παρά τις μεγάλες προσπάθειες μείωσης των επιπέδων ρύπων στις πόλεις τις επόμενες δεκαετίες, την εξέλιξη της τεχνολογίας και την καθιέρωση εναλλακτικών ή λιγότερο ρυπογόνων πρώτων υλών καύσης, η ατμόσφαιρα στα μεγάλα αστικά κέντρα παραμένει επιφορτισμένη.

Εικόνα 1. Λονδίνο τη δεκαετία του 1960, περίοδος με μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους

Πολλές εργαστηριακές έρευνες έχουν αποδείξει ότι βιβλία που εκδόθηκαν από τον ίδιο εκδότη την ίδια ημερομηνία διατηρήθηκαν σημαντικά καλύτερα εάν αυτά φυλάσσονται σε βιβλιοθήκες εκτός του πυκνού αστικού περιβάλλοντος. Αυτό αποδεικνύει με απτό τρόπο πως οι ρύποι συντελούν σημαντικά στη μείωση της διατήρησης των συλλογών, ενώ παράλληλα με τον ευτελισμό των υλικών κατασκευής των βιβλίων και των αρχείων από τον 19ο αιώνα κι έπειτα, όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα, ο κίνδυνος σημαντικής καταστροφής μεγάλου μέρος της έγγραφης κληρονομιάς των τελευταίων δύο αιώνων είναι υπαρκτός.

Είναι προφανές ότι οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στους χώρους φύλαξης των βιβλιοθηκών και των αρχείων προέρχονται κυρίως από την είσοδο του εξωτερικού αέρα μέσω ανοιγμάτων, παραθύρων και θυρών ή μέσω των διόδων αερισμού/ εξαερισμού.

Παρόλα αυτά, έρευνες έχουν δείξει ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό ρύπων μεταφέρεται από τους χρήστες των βιβλιοθηκών μέσω του ρουχισμού και των αντικειμένων που φέρουν μαζί τους. Επιπλέον ένα σημαντικό μέρος των ρύπων που ταυτοποιούνται εντός των χώρων παράγονται εντός των κτηρίων, όπως από τα οικοδομικά υλικά, τα έπιπλα, τη θέρμανση των χώρων, τις ηλεκτρικές συσκευές, κα.

1.2 Μορφές ρύπων

Οι ρύποι της ατμόσφαιρας είναι ποικίλοι καθώς συνδέονται άμεσα με τη μεγάλη ποικιλία χημικών παραγώγων που μπορεί να εντοπίσει κανείς στην ατμόσφαιρα. Γενικώς οι ρύποι διαχωρίζονται σε δύο μορφές, τα σωματίδια και τα αέρια.

Τα σωματίδια διακρίνονται ανάλογα με τις διαστάσεις και το βάρος τους, το οποίο διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με την πηγή προέλευσης των ρύπων. Χαρακτηρίζονται ανάλογα με το μέγεθός τους σε πολύ λεπτά, λεπτά - με διάμετρο έως 1μm, αδρά ή πολύ αδρά (μεγάλα σωματίδια). Μετριόνται σύμφωνα με τη διάμετρο των σωματιδίων *σε μικρά του μέτρου μm = 1/1000cm*

Οι αέριοι ρύποι, μετριόνται κατά βάρος των σωματιδίων τους σε ένα κυβικό μέτρο αέρα. ($1gr/m^3$)

Το μέγεθος των ρυπογόνων σωματιδίων επηρεάζει άμεσα την έκταση της φθοράς που μπορούν να προκαλέσουν, καθώς για την ίδια ποσότητα ρύπων, όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια τόσο μεγαλύτερη έκταση μπορούν να καλύψουν, μεγαλύτερη η απόσταση στην οποία μπορούν να εξαπλωθούν αλλά και μεγαλύτερη η διεισδυτικότητά τους. Επιπλέον, το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζει τον τύπο των φίλτρων σε κλιματιστικές μονάδες ή των μέσων προστασίας που μπορούμε να λάβουμε στους χώρους φύλαξης συλλογών.

Οι ρύποι που έχουν συγκεντρώσει μεγάλο μέρος της έρευνας σχετικά με τις επιβλαβείς επιδράσεις τους σε συλλογές βιβλιοθηκών, αρχείων και μουσείων είναι τόσο αερίων είναι τόσο αέριας μορφής, όπως SOx, NOx, O_3, H_2O_2, κα άλλα και σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων. Επίσης είναι ρύποι που προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον του χώρου μιας βιβλιοθήκης αλλά και εντός αυτή.

Οι σημαντικότεροι τύποι ρύπων που συναντάμε παρουσιάζονται στη συνέχεια.

1.2.1 Περιβαλλοντικοί ρύποι

Αιθάλη: προέρχεται από την ατελή καύση ύλης όπως το κάρβουνο, το ξύλο, τα απορρίμματα, κα. Παρότι ο άνθρακας είναι σχετικά αδρανής, σωματίδια που

προσκολλούν στον άνθρακα είναι συχνά λιπαρά και όξινα, που μπορούν να κάνουν τα σωματίδια άνθρακα να επικαθίσουν σε επιφάνειες.

Ορυκτά άλατα: Είναι παράγωγα μεταλλείων, λατομείων, σωματιδίων σκόνης και βιομηχανικά παράγωγα από καύσεις, όπως για την παραγωγή τσιμέντου και ασβέστη. Πολλά από τα σωματίδια αυτά μπορεί να μην έχουν επιβλαβείς δράσεις σε τεκμήρια όπως τα βιβλία και τα αρχεία, κυρίως όσα σωματίδια είναι φυσικά άλατα καθώς είναι αδρανή. Ρύποι τσιμέντου και ασβέστη όμως είναι πολλοί αλκαλικοί και προκαλούν έντονες διαβρώσεις, ενώ έχουν μεγάλη διασπορά σωματιδίων που μπορούν να μεταφερθούν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και να διεισδύσουν μέσα από λεπτές επιφάνειες.

Ρύποι άλατος: Εναποτίθενται μετά την εξάτμιση υδρατμών από τη θάλασσα. Τα βασικά συστατικά τους είναι το χλωριούχο νάτριο και το χλωριούχο μαγνήσιο που είναι και οι δύο ενώσεις χημικά σταθερές και αδρανείς, παρόλα αυτά μπορούν να προκαλέσουν την οξείδωση μεταλλικών στοιχείων.

1.2.2 Ρύποι αέριας μορφής

***Οξυγόνο*:** Παρότι το οξυγόνο δε μπορεί να θεωρηθεί ακριβώς ως ρύπος, συμβάλλει σημαντικά στη σταθερή γήρανση και οξείδωση σχεδόν όλων των οργανικών υλικών. Είναι χαρακτηριστικό πώς αρχαιολογικά οργανικά ευρήματα, όπως πχ και τα χειρόγραφα της Ερυθράς Θάλασσας μπόρεσαν να διατηρηθούν σε ιδιαίτερα καλή κατάσταση, καθώς είχαν παραμείνει σε περιβάλλον με χαμηλό οξυγόνο όπου η διάβρωσή τους ήταν επιβραδυμένη. Για τον ίδιο λόγο χρησιμοποιούνται ως σύγχρονη μέθοδος διαφύλαξης αρχειακών συλλογών και βιβλιοθηκών αποθηκευτικοί χώροι σε κατάσταση μερικής ανοξίας με αέρα χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο.

Διοξείδιο του θείου (SO2): Παράγωγο καύσης από θερμαντικά σώματα, και την καύση κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης και φυσικών αερίων. Η καύση θερμαντικών σωμάτων μάλιστα είναι η πιο πλούσια σε παραγωγή διοξειδίου του θείου. Ενδεικτικά, στον πίνακα δίνονται οι τιμές του SO_2 για τον ίδιο όγκο καυσίμου.

Πίνακας 1

Τύπος	**Βάρος σε SO_2**
Πετρέλαιο θέρμανσης	2,2 - 2,6
Κάρβουνο	1,3 - 1,5

Diesel	0,35
Βενζίνη	0,1
Φυσικό αέριο	0,002

Το καθαρό διοξείδιο του θείου έχει αποδειχθεί ότι δεν έχει βασικές αντιδράσεις με την κυτταρίνη, αλλά παρουσία άλλων ρύπων (πχ NO_2) ή με την οξείδωσή του μπορεί να αποτελέσει σημαντικό διαβρωτικό παράγοντα. Η βασική διαβρωτική δράση του διοξείδιου του θείου είναι από την οξείδωσή του σε θειικό οξύ σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές αντιδράσεις:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$2\,SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 \text{ (θειικό οξύ)}$$

Η επίδραση του θειικού οξέος σε οργανικά υλικά με βάση την κυτταρίνη όπως είναι το χαρτί, είναι πολύ καταστρεπτική και οδηγεί στην όξινη υδρόλυση της κυτταρίνης. Το θειικό οξύ είτε δημιουργείται από διοξείδιο του θείου στην επιφάνεια των τεκμηρίων προσλαμβάνοντας οξυγόνο σταδιακά, είτε επικάθεται ως ήδη παραγόμενο θειικό οξύ από την ατμόσφαιρα. Είναι από τους ρύπους που ευθύνονται σημαντικά για τη διάβρωση της κυτταρίνης και τη δημιουργία χρωμοφορικών ομάδων στο πολυμερές μόριο της κυτταρίνης, που προκαλεί την υδρόλυση και διάσπαση της κυτταρίνης όπως και τον αποχρωματισμό της. Παράλληλα με την ύπαρξη υψηλής υγρασίας, θερμοκρασίας και ακτινοβολίας η διάβρωση του θειικού οξέος επιταχύνεται σημαντικά, ενώ έχει αποδειχθεί ότι επιταχύνεται επίσης με την ύπαρξη ιόντων σιδήρου και λιγνίνης μέσα στο πλέγμα των ινών της κυτταρίνης. Το φαινόμενο της υδρόλυσης και του αποχρωματισμού της κυτταρίνης από τους ρύπους είναι εμφανές στα βιβλία που βρίσκονται φυλαγμένα σε ράφια, καθώς παρατηρούμε συχνά οι τρεις εξωτερικές πλευρές των φύλλων να είναι συχνά πιο σκούρες και εύθρυπτες από το εσωτερικό τμήμα των σελίδων. Αυτό συμβαίνει καθώς οι ρύποι της ατμόσφαιρας και οι επικαθήμενες σκόνες απορροφώνται περισσότερο στις εξωτερικές πλευρές απ' ότι στο εσωτερικό του βιβλίου και έτσι οξειδώνονται εντονότερα.

Η επίδραση του θειικού οξέος είναι επίσης πολύ διαβρωτική στα δέρματα με δέψη ταννίνης και χρωμίου. Το διοξείδιο του θείου αφού οξειδωθεί και μετατραπεί σε θειικό

οξύ δημιουργεί υπεροξείδιο του υδρογόνου. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου συνδέεται με υπολείμματα από τανίνες στο δέρμα οξειδώνοντας τις πρωτεΐνες και καταστρέφοντας του δεσμούς του κολλαγόνου με τις τανίνες. Ο σχηματισμός αυτός εκδηλώνεται στο δέρμα ως μια χαρακτηριστική κονιορτοποίηση της επιφάνειας καφέ-κόκκινου χρώματος, παράλληλα με την έντονη αποδυνάμωση της συνοχής του κολλαγόνου, αποσάθρωση και απόσχιση της επιφάνειας του δέρματος, γνωστή ως **red rot** (ερυθρά αποσάθρωση - βλέπε ενότητα για Φθορές και Παθολογία της Περγαμηνής και του Δέρματος Βιβλιοδεσιών).

Εικόνα 2. Δέρμα με red rot σε βιβλιοδεσία

Η φθορά του δέρματος από το red rot είναι μη αντιστρεπτή, κυρίως σε προχωρημένα στάδια, όπου το δέρμα έχει αποσαρθρωθεί σημαντικά. Παρόλα αυτά η ταχύτητα του μηχανισμού της διάβρωσης μπορεί να μειωθεί σημαντικά όταν τα αντικείμενα τοποθετούνται σε ελεγχόμενο περιβάλλον με μέτρια ποσοστά υγρασίας (40-50% Σ.Υ.) και χαμηλά ποσοστά ατμοσφαιρικών ρύπων.

Διοξείδιο του Αζώτου (NO2): Προέρχεται κυριότερα από την οξείδωση του οξειδίου του αζώτου με το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα:

$$2\,NO + O_2 \rightarrow 2\,NO_2$$

Το διοξείδιο του αζώτου στη συνέχεια υδρολύεται είτε με την υγρασία της ατμόσφαιρας είτε της υγρασίας που περιέχεται στις επιφάνειες αντικειμένων και δίνει νιτρικό και νιτρώδες οξύ:

$$2\,NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$$

Το νιτρικό οξύ είναι από τους πιο διαβρωτικούς ρύπους για τα βιβλία, τα αρχεία και τα έργα τέχνης γενικά, λόγω της έντονης οξειδωτικής του δράσης, που παρατηρείται ως οξείδωση της κυτταρίνης, ξεθώριασμα χρωστικών και οξείδωση μεταλλικών στοιχείων.

Όζον: Το όζον είναι ένα δηλητηριώδες αέριο, μια ασταθής μορφή του οξυγόνου που σχηματίζεται φωτοχημικά με την οξείδωση του διοξειδίου του αζώτου, του μεθανίου ή του μονοξειδίου του άνθρακα με υδροξύλια (OH-) ή με οξυγόνο. Καθώς είναι ένα αέριο που δεν παράγεται απευθείας από πηγές ρύπανσης αλλά δημιουργείται στην ατμόσφαιρα από άλλες πηγές, θεωρείται δευτερεύον ρύπος.
Κύρια πηγή του όζοντος είναι τα φυσικά αέρια στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί χημικές αντιδράσεις με παράγωγα καύσης ή χημικών αερίων. Παράγεται επίσης όμως από συγκεκριμένες ηλεκτρικές συσκευές με κυριότερη πηγή στις βιβλιοθήκες και τα αρχεία τα φωτοτυπικά μηχανήματα. Έρευνες έχουν δείξει ότι το όζον που παράγεται από αυτά είναι υπολογίσιμο σε ποσότητα και αρκετά επιβλαβές για το υλικό στις βιβλιοθήκες. Γι' αυτόν το λόγο προτείνεται τα μηχανήματα αυτά να βρίσκονται σε διαφορετικό χώρο από τους χώρους φύλαξης βιβλίων και αρχείων και να παρέχεται καλός εξαερισμός.
Οργανικά οξέα, αλδεΰδες, σύνθετες οργανικές ενώσεις: Πέρα από τους ρύπους που προέρχονται από την εξωτερική ατμόσφαιρα και επηρεάζουν τα αντικείμενα στις συλλογές μας, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός οργανικών οξέων, αλδεϋδών και άλλων συχνά σύνθετων οργανικών ενώσεων και ποικίλας μορφής, που υπάρχουν και παράγονται εντός των αρχείων και που έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν κίνδυνο για τη διατήρηση των τεκμηρίων.
Οι ρύποι αυτοί συχνά έχουν προέλευση από τα υλικά κατασκευής των κτηρίων και των επίπλων εντός των βιβλιοθηκών, των βαφών που χρησιμοποιούνται και των αντικειμένων ή υλικών που χρησιμοποιούνται. Μερικά από αυτά με αποδεδειγμένη επιβαρυντική δράση είναι:

- Οργανικά οξέα όπως το φορμικό οξύ, βουτανικό οξύ. Οργανικά οξέα περιέχονται σε φυσικά ξύλα, κυρίως νεότερα και μη ξεραμένα.
- Αλδεΰδες όπως η φορμαλδεΰδη και το υδροχλωρικό οξύ. Η φορμαλδεΰδη ειδικά, χρησιμοποιούνταν για πολλά χρόνια ως απολυμαντικό και απεντομοτικό στις βιβλιοθήκες κατά τις προηγούμενες δεκαετίες, έως ότου καταργηθεί η χρήση του ως επικίνδυνη και καρκινογόνα ουσία. Υπήρχε σε μεγάλες ποσότητες επίσης στις κόλλες σύνθετων ξύλων επίπλων, όπως το MDF.

- Διαλύτες, πλαστικοποιητές, κόλλες, βαφές και αντιοξειδωτικά σε αντικείμενα και έπιπλα. Ιδιαίτερα ακατάλληλη κρίνεται η χρήση επίπλων κατασκευασμένα με συνθετικά ξύλα, όπως το MDF, οι μοριοσανίδες, κα, που περιέχουν σημαντικά ποσοστά οξειδωτικών συνδετικών πέρα από τις κόλλες με φορμαλδεϋδη.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

Η προστασία των βιβλίων και αρχείων στις συλλογές μας από τους ρύπους και τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας είναι μια πολύ σύνθετη διαδικασία. Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να καθοριστούν ασφαλείς τιμές ρύπων στις συλλογές, κυρίως λόγω τις πολυπλοκότητας με την οποία οι ρύποι επηρεάζουν τα αντικείμενα. Λόγω του ότι η διάβρωση, η οξείδωση ή οι χημικές αντιδράσεις που καταλύουν οι ρύποι είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, όπως η ποιότητα και η κατάσταση των υλικών κατασκευής των βιβλίων και αρχείων, η θερμοκρασία και η υγρασία του χώρου, η ακτινοβολία που συνυπάρχει, αλλά και το γεγονός ότι οι διαφορετικοί ρύποι που συνυπάρχουν, αλληλεπιδρούν και δημιουργούν διαφορετικές διαδικασίες διάβρωσης, ο καθορισμός των ορίων ασφάλειας ή της ύπαρξης ή μη επικίνδυνων αντιδράσεων από ρύπους είναι σχεδόν αδύνατη. Αποτελεί δε αντικείμενο πολλών ερευνών.

Η καλή ποιότητα της ατμόσφαιρας και η απομάκρυνση ρύπων από το περιβάλλον των βιβλίων και αρχείων είναι σημαντικά μέτρα για την καλή διατήρηση των συλλογών. Οι παράγοντες για να αποφασίσουμε ποιες θα είναι οι δράσεις καθαρισμού και βελτίωσης της ποιότητας της ατμόσφαιρας προσδιορίζονται από πέντε βασικά στάδια:

α) τον έλεγχο των ρύπων,
β) τη μείωση παραγώγων ρύπων,
γ) την πρόληψη της εισχώρησης ρύπων,
δ) την αντιμετώπιση των ρύπων εντός των συλλογών και
ε) την προστασία των τεκμηρίων με προσαρμοσμένα μέτρα πρόληψης

2.1 Έλεγχος ρύπων

Η πρώτη πηγή ελέγχου των ρύπων της ατμόσφαιρας που βρίσκεται η συλλογή μας προέρχεται από τη συλλογή δεδομένων κρατικών ή περιβαλλοντικών υπηρεσιών. Στις περισσότερες μεγάλες πόλεις διατίθενται δεδομένα για τους βασικότερους τύπους ρύπων, όπως το μονοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του άνθρακα, το όζον, σε

γραφίματα και δεδομένα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Είναι μια σημαντική ένδειξη του γενικότερου περιβάλλοντος μέσα στο οποίο λειτουργεί η συλλογή μας και τους κινδύνους που πιθανόν θα χρειαστεί να αντιμετωπίσουμε.

Το δεύτερο επίπεδο ελέγχου αφορά στο συγκεκριμένο κλίμα και περιβάλλον των χώρων φύλαξης των συλλογών, καθώς παράγοντες πέρα από την γενική ατμοσφαιρική ρύπανση μιας περιοχής επηρεάζουν την ύπαρξη ή μη, ρύπων κοντά στα αντικείμενα. Όπως είδαμε, τα συστήματα θέρμανσης, οι ηλεκτρικές συσκευές, τα δομικά στοιχεία του κτηρίου, οι ίδιοι οι χρήστες και το προσωπικό των βιβλιοθηκών και αρχείων μπορούν να μεταφέρουν ή να παράγουν ρύπους. Είναι σημαντικό λοιπόν, να διενεργούνται έλεγχοι εντός των χώρων για την ταυτοποίηση των ειδών και της ποσότητας των ρύπων ώστε να υπάρχει στοχευμένη αντιμετώπιση των προβλημάτων.

Ο έλεγχος των ρύπων είναι μια εξειδικευμένη εργασία, που συνήθως γίνεται από έμπειρο εξειδικευμένο προσωπικό, συντηρητών, χημικών μηχανικών ή γεωλόγων. Για τις μετρήσεις των ρύπων απαιτείται ειδικός εξοπλισμός και όργανα μέτρησης που ονομάζονται *δοσίμετρα* και είτε μετράνε συγκεκριμένους ρύπους, είτε την επίδραση ρύπων σε συγκεκριμένα υλικά, μέσω των οποίων γίνεται προσομοίωση της επίδρασης στα αντικείμενα των συλλογών. Καθώς ο σκοπός των δοσίμετρων είναι να ταυτοποιήσουν τη συγκέντρωση ρύπων σε ορισμένο χρονικό διάστημα, είναι απαραίτητο να παραμένουν προς μέτρηση για εκτεταμένα διαστήματα από μερικές εβδομάδες, έως μήνες.

Εικόνα 3. Τρεις διαφορετικοί τύποι δοσίμετρων

A. Early Warning dosimeter for Organic Materials (EWO), B. Piezoelectric Quartz Crystals (PQC), C. Glass Slide Dosimeter (GSD)

2.2 Μείωση παραγωγής ρύπων εντός των βιβλιοθηκών και αρχείων

Η μείωση των ρύπων είναι μια σύνθετη διαδικασία που συχνά πρέπει να συνοδεύεται από μια γενικότερη στρατηγική του φορέα, με επιπτώσεις στην κτηριακή διαχείριση, τη

διαχείριση της ενέργειας στο κτήριο και πιθανόν δομικές και λειτουργικές αλλαγές. Μερικές από αυτές τις αλλαγές μπορεί να είναι:

- Μείωση της χρήσης ρυπογόνων θερμαντικών σωμάτων
- Βελτίωση της κτηριακής θερμομονωτικής ικανότητας ώστε να μειωθούν οι ανάγκες θέρμανσης
- Απομάκρυνση επιβλαβών ηλεκτρικών συσκευών ή μεταφορά τους σε απομονωμένους χώρους. Αυτό αφορά ιδιαίτερα στα φωτοτυπικά μηχανήματα, που παράγουν σημαντικές ποσότητες όζοντος.
- Μόνωση χώρων από ρυπογόνα οικοδομικά υλικά, όπως το τσιμέντο
- Χρήση επίπλων χαμηλών σε εκπομπές ρύπων, πχ χρησιμοποίηση μεταλλικών ραφιών με ηλεκτροστατικές βαφές ή ξύλινα ράφια καλής ποιότητας, χωρίς ρυπογόνα βερνίκια και βαφές
- Απομάκρυνση ευτελών πλαστικών ή λοιπών συνθετικών υλικών που έχουν έντονες εκπομπές αέριων ρύπων.

2.3 Πρόληψη από την εισχώρηση ρύπων

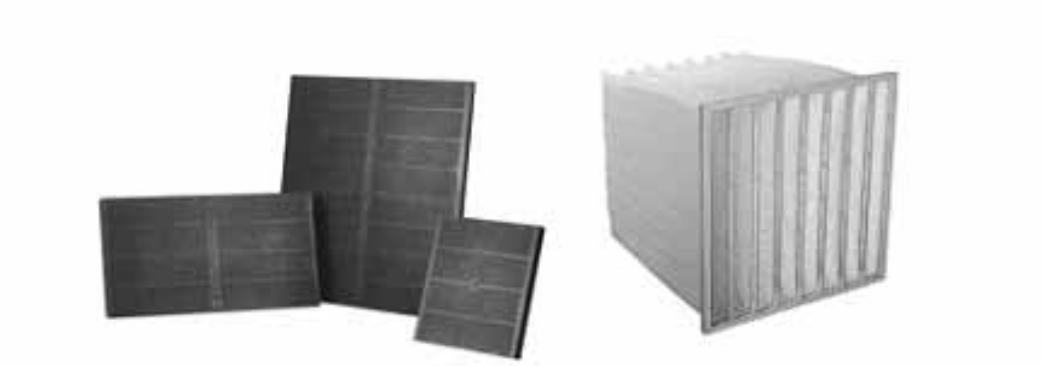
Η αποτροπή της εισχώρησης ρύπων συνδέεται σε μεγάλο βαθμό από την αναγνώριση των ειδών ρύπων που αποτελούν πρόβλημα για την κάθε συλλογή και το κάθε κτηριακό κέλυφος. Ανάλογα με το είδος των ρύπων, δηλαδή αέριων ή στέρεων σωματιδίων, του μεγέθους των σωματιδίων, της δυνατότητας και του τρόπου περιορισμού τους κρίνονται οι δράσεις πρόληψης. Η αντιμετώπιση και πρόληψη των ρύπων απαιτούν συστηματική και εξειδικευμένη μελέτη από ειδικό προσωπικό, παρόλα αυτά υπάρχουν μερικές βασικές καλές πρακτικές που μπορούν να βελτιώσουν τις συνθήκες εντός των χώρων των συλλογών.

Μεγάλο μέρος των στέρεων ρύπων εισέρχεται στα κτήρια μέσω των ανοιγμάτων τους, δηλαδή τα παράθυρα, τις πόρτες και τους αεραγωγούς. Είναι επιθυμητό να περιορίζεται το άνοιγμα αυτών, ενώ σχισμές και κενά πρέπει να σφραγίζονται. Πολλές βιβλιοθήκες και μουσεία χρησιμοποιούν περιστρεφόμενες πόρτες στις εισόδους τους για να περιορίζουν τους εισερχόμενους ρύπους. Επίσης χρήσιμη είναι η τοποθέτηση φίλτρων στους αεραγωγούς και στα παράθυρα.

Είναι ιδιαίτερης σημασίας να υπάρχει γνώση και κατανόηση από το προσωπικό των βιβλιοθηκών και αρχείων της χρήσης και του τρόπου λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού ενός κτηρίου, όταν αυτό υπάρχει. Ιδανικά θέλουμε ένα σύστημα κλιματισμού να έχει τη δυνατότητα να φιλτράρει και να απομακρύνει κάθε τύπο ρύπων

από την ατμόσφαιρά, τόσο για την προστασία στις συλλογές ευαίσθητων βιβλίων και αρχείων, όσο και για την υγεία του προσωπικού που εργάζεται σε αυτά. Ανάλογα με τα ταυτοποιημένα προβλήματα στην ατμόσφαιρα στα συστήματα κλιματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά φίλτρα για μεγάλα σωματίδια, λεπτόκοκκα σωματίδια, χημικούς και οργανικούς αέριους ρύπους. Τα συστήματα κλιματισμού θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με ειδικά φίλτρα για τη συγκράτηση μικροσωματιδίων, όπως είναι τα φίλτρα HEPA ενώ για τη συγκράτηση αέριων ρύπων να χρησιμοποιούνται φίλτρα ενεργού άνθρακα.

Εικόνα 4. Φίλτρα ενεργού άνθρακα (αριστερά) και HEPA (δεξιά) κλιματιστικών συστημάτων



Ο καθαρισμένος και φιλτραρισμένος αέρας θα πρέπει να χρησιμοποιείται και να ανακυκλώνεται όσο το δυνατόν γίνεται, καθώς η δυνατότητα να φιλτράρεται αποτελεσματικά συνεχώς νέος εισερχόμενος αέρας είναι περιορισμένη και κοστοβόρα.

2.4 Αντιμετώπιση των ρύπων εντός των συλλογών

Οι ρύποι που εισχωρούν στους χώρους φύλαξης των αντικειμένων είναι σημαντικό να αφαιρούνται, όσο είναι αυτό δυνατόν με τα μέτρα που διαθέτει ο κάθε φορέας.

Η συνηθέστερη μορφή ρύπων που παρατηρούμε να συσσωρεύεται σε μεγάλο βαθμό πάνω στα βιβλία και τα αρχεία μας είναι οι στέρεοι ρύποι σε μορφή σκόνης. Οι ρύποι αυτοί συνήθως επικάθονται πάνω στις επιφάνειες, στις περιμετρικές εκτεθειμένες πλευρές των βιβλίων και στις βιβλιοδεσίες. Εάν αφεθούν, με την πάροδο του χρόνου και σε συνδυασμό με την υγρασία, τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία, μπορεί να διεισδύσουν στο πλέγμα του χαρτιού των βιβλίων και αρχείων και να επιταχύνει την

οξείδωση της κυτταρίνης. Είναι απαραίτητο λοιπόν να γίνεται περιοδικός επιφανειακός καθαρισμός εξωτερικά στα τεκμήρια, ώστε να απομακρύνονται οι επικαθήμενοι ρύποι. Ο καθαρισμός αυτός γίνεται με σκούπες ξηρής απορρόφησης, με ειδικά μαλακά βουρτσάκια προσαρμοσμένα στο στόμιό τους και εφοδιασμένα με φίλτρα HEPA για τη συγκράτηση μικροοργανισμών και μικροσωματιδίων. Λόγω της εύθρυπτης φύσης πολλών τεκμηρίων, ο καθαρισμός θα μπορούσε να προκαλέσει φθορές και απώλειες στο υλικό. Για το λόγο αυτό ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνεται από συντηρητές βιβλίων και αρχειακού υλικού ή από προσωπικό των βιβλιοθηκών που θα έχουν λάβει εκπαίδευση στον καλό χειρισμό και τη φροντίδα βιβλίων και αρχείων.

Εικόνα 5. Φορητή σκούπα με φίλτρο HEPA και λεπτά στόμια με βούρτσες για τον καθαρισμό έργων τέχνης, βιβλίων και αρχείων

2.5 Προστασία των τεκμηρίων με προσαρμοσμένα μέτρα πρόληψης

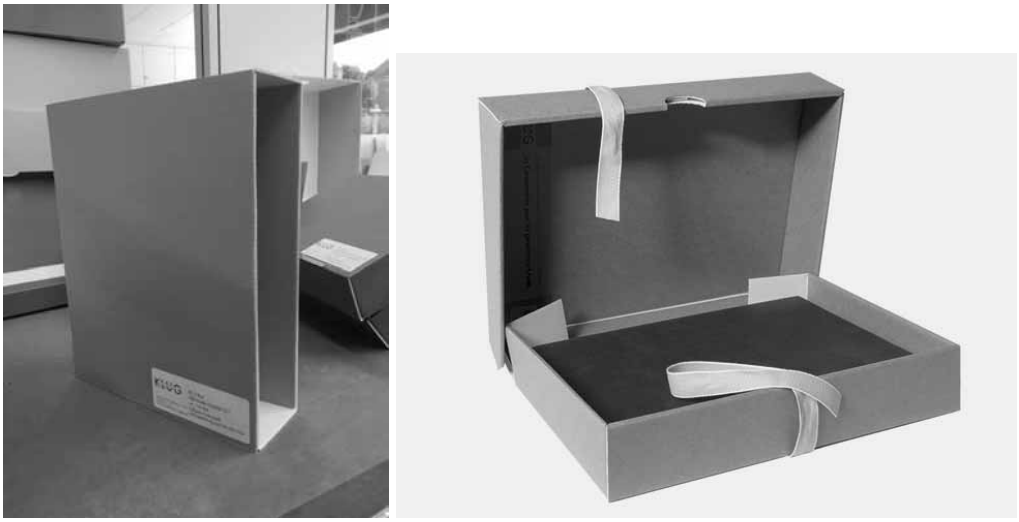
Η διατήρηση των χώρων φύλαξης σε ιδανικές συνθήκες προστασίας από τους ρύπους είναι πολύ δύσκολη στα επιβαρυμένα περιβάλλοντα αστικών κέντρων καθώς απαιτείται η εγκατάσταση και συνεχής λειτουργία σύνθετων κλιματιστικών συστημάτων, ενώ παράλληλα πρέπει όπως είδαμε να τηρούνται πολλά προληπτικά μέτρα παραγωγής

ρύπων από τα εσωτερικά στοιχεία ενός κτηρίου, όπως η θέρμανση, τα έπιπλα, τα οικοδομικά υλικά, κτλ. Ακόμα κι έτσι παρατηρείται ότι η εξασφάλιση απολύτως καθαρού περιβάλλοντος δεν είναι εγγυημένη και χρήζει συνεχόμενων ελέγχων και στοχευμένων αντιμετωπίσεων.

Για το λόγο αυτό συχνά απαιτούνται πρόσθετα μέτρα προσαρμοσμένα στα τεκμήρια τα ίδια, ώστε να παρέχεται ένα βασικό επίπεδο προστασίας, κυρίως για τις περιπτώσεις όπου η χρήση σύνθετων κλιματιστικών συστημάτων δεν είναι δυνατή, ή όπου οι κτηριακές υποδομές δεν είναι κατάλληλες.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αποδειχθεί η μεγάλη χρησιμότητα και αποτελεσματικότητα των αντιόξινων κουτιών φύλαξης. Τα κουτιά αυτά κατασκευάζονται από ειδικά παρασκευασμένα χαρτόνια, αρχειακής ποιότητας και πιστοποίησης με αντιόξινα υλικά, ουδέτερου ή ελαφρώς αλκαλικού pH και με καλές ιδιότητες προστασίας από ρύπους, υγρασία και ακτινοβολία. Κατασκευάζονται είτε από συντηρητές, είτε κατά παραγγελία από εξειδικευμένες εταιρείες παροχής υλικών και υπηρεσιών συντήρησης, ειδικά στα μέτρα του κάθε βιβλίου ή αρχειακών ενοτήτων και παρέχουν μια άμεση προστασία από τους εξωτερικούς παράγοντες φθοράς. Παράλληλα είναι ένας εύχρηστος και ασφαλής τρόπος για τον χειρισμό των βιβλίων κατά τη φύλαξή τους και τη μεταφορά τους. Η προστασία που παρέχουν από τους ρύπους είναι σημαντική.

Εικόνα 6. Κουτιά φύλαξης με αντιόξινα αρχειακά χαρτόνια



Παράλληλα τα αντιόξινα κουτιά, ή αντί αυτών, συχνά χρησιμοποιούνται αντιόξινα χαρτιά περιτύλιξης τεκμηρίων. Τα χαρτιά αυτά είναι ιδιαίτερα λεπτά ώστε να είναι εύκολα στην περιτύλιξη και να μην αυξάνουν τον όγκο των τεκμηρίων. Η προστασία που

παρέχουν είναι σημαντική, καθώς αποτρέπουν όλους του ρύπους σε στέρεα μορφή και παράλληλα απορροφούν μεγάλο μέρος των αέριων ρύπων. Καθώς σταδιακά οι επιδράσεις του περιβάλλοντος μπορεί να επιβαρύνει και να οξειδώσει τα χαρτιά αυτά, συνιστάται η αντικατάστασή τους ανά 5-7 χρόνια.

Εικόνα 7. Περιτύλιξη βιβλίου με λεπτά αντιόξινα χαρτιά

Σύνοψη

Σε αυτή την υποενότητα μάθατε:

- την επίδραση των ρύπων σε αρχεία και βιβλία
- τις πηγές και τις μορφές ρύπων,
- τι περιλαμβάνει η αντιμετώπιση των ρύπων εντός των συλλογών.

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Προγράμματα Συμπληρωματικής Εκπαίδευσης

Με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης

2571 - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΦΘΟΡΑΣ ΒΙΒΛΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΕΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ: ΜΥΚΗΤΕΣ, ΈΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΤΡΩΚΤΙΚΑ

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Το χαρτί είναι το αποτέλεσμα της μορφοποίησης μιας μάζας χαρτιού σε λεπτό και ξηρό φύλλο που δημιουργείται με τη σύμπλεξη φυτικών ιστών μεταξύ τους και στη διαδικασία δημιουργίας του συνήθως γίνεται παράλληλη προσθήκη χημικών ουσιών (από τον 19ο αιώνα και μετά), που προσδίδουν ιδιαίτερες ιδιότητες και την τελική μορφή του χαρτιού. Το χαρτί αποτέλεσε υλικό ιδιαίτερης σπουδαιότητας και αναγκαιότητας τόσο στη σύγχρονη βιομηχανική κοινωνία όσο και στην απαρχή της εφεύρεσής του.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 1. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΦΘΟΡΩΝ ΧΑΡΤΙΟΥ - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΩΝ ΧΑΡΤΙΟΥ

Το χαρτί είναι οργανικό υλικό με κύρια συστατικά την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και την λιγνίνη όπου και παρουσιάστηκαν παραπάνω. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η κυτταρίνη αποτελεί το κυριότερο συστατικό του χαρτιού, η δομή και οι χημικές της ιδιότητες είναι αυτές που καθορίζουν τη συμπεριφορά του χαρτιού στους διάφορους παράγοντες ή χημικές αντιδράσεις. Έχει επίσης τους ίδιους παράγοντες φθοράς με το ύφασμα.

Ο χειρότερος εχθρός του χαρτιού είναι η οξύτητα και οι χημικές αντιδράσεις που είναι υπεύθυνες για τις δυσχρωμίες και την χημική αποικοδόμηση του χαρτιού όπως είναι η οξείδωση και η υδρόλυση της κυτταρίνης.

Η κυτταρίνη είναι δυνατό να υποστεί υδρόλυση παρουσία νερού και όξινων συνθηκών. Η υδρόλυση έχει ώς αποτέλεσμα τηην παραγωή πολυμερών μικρότερου μοριακού βάρους και σταδιακά την ολική μετατροπή της κυτταρίνης και των ημικυτταρινικών σε ενώσεις μικρότερου μοριακού βάρους, τους μονοσακχαρίτες. Αυτές οι αντιδράσεις προκαλούν την χημική υποβάθμιση του χαρτιού με επίδραση στην μηχανική του αντοχή.

Μία από τις βασικές φθο΄ρες του αρχειακού υλικού είναι οι βιολογικοί παράγοντες όπου χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες όπως θα δειτε παρακάτω.

1.1 Βιολογικοί παράγοντες

Βιολογικοί

- φθορές από έντομα (ψαράκι και σκώρος),
- φθορές από μύκητες,
- φθορές από τρωκτικά

Οι βιολογικοί παράγοντες χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες διότι μπορούν να προκαλέσουν και μηχανικές αλλά και χημικές φθορές πάνω στην χάρτινη δομή:

Οι μηχανικές φθορές είναι:

- η απώλεια υλικού,
- οι οπές που δημιουργούνται από τρωκτικά και έντομα.

Οι χημικές φθορές είναι:

- η χημική αντίδραση από τα κατάλοιπα (περιττώματα & ούρα) των εντόμων και των τρωκτικών.
- Η έκκριση ενζύμων των μικροοργανισμών μπορούν να προκαλέσουν την διάσπαση της κυτταρινικής δομής των χαρτιών (βιοδιάσπαση)
- ο αποχρωματισμός της χάρτινης επιφάνειας
- η δημιουργία εστιών κατάλληλη για την ανάπτυξη μυκήτων[2] (μούχλα[3]) και βακτηρίων[4].

Οι φθορές όπου οφείλονται σε βιολογικούς παράγοντες προέρχονται από τη δράση των μικροοργανισμών, εντόμων και μικρών ζώων.

Είσοδος εντόμων στα αρχεία: Λόγοι και σκοποί

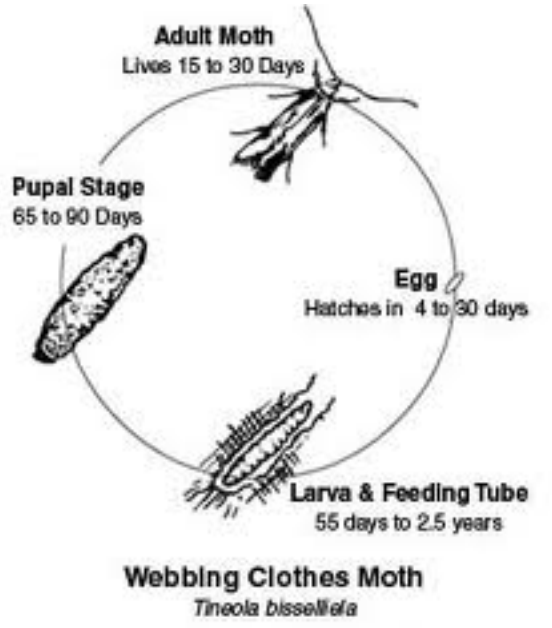
- Αφήνουν τα αυγά τους σε σκοτεινά και προστατευμένα σημεία
- Για χειμερία νάρκη
- Για εύρεση τροφής (π.χ. σκόνη, περιττώματα κ.α)
- Για να βρουν καταφύγιο
- Τυχαία

[2] Οι μύκητες αποτελούν ένα από τα πέντε βασίλεια των έμβιων όντων, το οποίο περιλαμβάνει μονοκύτταρους ή πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς. Οι μύκητες εμφανίζουν τεράστια ποικιλία και υπάρχουν παντού. Οι περισσότεροι ανευρίσκονται στο έδαφος και τα φυτά και διατρέφονται από οργανικά συστατικά ζώντων ή νεκρών οργανισμών γι' αυτό και θεωρούνται το "βιολογικό εργαστήριο αποδόμησης των οργανικών ουσιών.

[3] Με τον όρο μούχλα περιγράφονται μύκητες οι οποίοι αναπτύσσονται σε νηματια που ονομάζονται υφές. Στην πραγματικότητα είναι αποικίες που σχηματίζονται στην επιφάνεια διαφορετικών ουσιών, όπως τα φρούτα, το ψωμί, οι μαρμελάδες, τα χόρτα, κ.λ.π. από μικροσκοπικούς μύκητες. Η μούχλα που σχηματίζεται εξαρτάται από το είδος πάνω στο οποίο αναπτύσσεται και μπορεί να έχει άλλοτε βελούδινη άσπρη μορφή και άλλοτε διαφόρων άλλων χρωματισμών. Στα υφάσματα συνήθως η μούχλα παρουσιάζεται ώς λευκό νεφέλωμα στην επιφάνεια.

[4] Τα βακτήρια είναι μικροσκοπικοί,μονοκύτταροι προκαρυωτικοί οργανισμοί, που συναντούνται σε κάθε είδους βιότοπο και σε πολύ μεγάλους αριθμούς, όπως σε δισεκατομμύρια ανά γραμμάριο γόνιμου κηποχώματος ή σε εκατομμύρια σε μια σταγόνα σάλιου.

Κύκλος ζωής των εντόμων



- **Αυγά**: εναποτίθενται σε κατάλληλες συνθήκες ή σε τροφές
- **Προνύμφες**: τρέφονται όλο το χρόνο και επιφέρουν τις μεγαλύτερες ζημιές
- **Νύμφες**
- **Ενήλικες**: τρέφονται, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, ζευγαρώνουν και αφήνουν τα αυγά τους.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 2. ΜΥΚΗΤΕΣ

Υπάρχουν χιλιάδες είδη μυκήτων, που κυμαίνονται από ζύμες, οι οποίοι είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, έως τα πιο πολύπλοκα πολυκυτταρικά μανιτάρια και φρύνοι. Η πλειονότητα των μυκήτων βρίσκονται κάπου στο μεταξύ. Οι μύκητες παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο της φύσης. Σε αντίθεση με τα πράσινα φυτά, οι μύκητες δεν έχουν χλωροφύλλη και δεν μπορούν να φωτοσυνθέσουν τα δικά τους θρεπτικά συστατικά από το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Οι περισσότεροι μύκητες είναι σαφροφυτικοί: είναι οργανισμοί που ζουν και αντλούν την ενέργειά τους από νεκρές ή αποσυντεθειμένες οργανικές ύλες, όπως φυτά, τρόφιμα, φύλλα κ.λπ.

Μερικοί είναι παρασιτικοί και κάποιοι ζουν συμβιωτικά με έναν οικοδεσπότη. Η ανάπτυξή τους ονομάζεται συχνά μούχλα. Το ωίδιο, ένας όρος που χρησιμοποιείται συχνά για την περιγραφή μούχλας στο σπίτι, είναι στην πραγματικότητα ένας παρασιτικός μύκητας που αναπτύσσεται μόνο σε ζωντανά φυτά.

Κάτω από ένα μικροσκόπιο, οι μύκητες μοιάζουν με ένα δίκτυο νημάτων, που αναφέρονται ως υφές, υφασμένα σε ένα δίκτυο, που ονομάζεται μυκήλιο. Οι μύκητες εξαπλώνονται και αναπτύσσονται από διάφορους τύπους μικροσκοπικών σπόρων, εκ των οποίων ορισμένα αναφέρονται ως κονίδια.

2.1 Προσβολή από μύκητες

Ο μύκητας μπορεί να αναπτυχθεί κάτω από ένα πολύ ευρύ φάσμα συνθηκών. Όταν το περιβάλλον είναι κατάλληλο για βλάστηση, τα σπόρια διογκώνονται και ένας μικροβιακός σωλήνας εκτείνεται προς τα έξω. Για τα περισσότερα είδη μούχλας, αυτή η δράση προκαλείται από μια σημαντική αλλαγή στη θερμοκρασία ή στην αύξηση της υγρασίας. Ένας μικροβιακός σωλήνας είναι ένα φυτικό κύτταρο που επιμηκύνεται καθώς εκτιμά την ποσότητα υγρασίας και θρεπτικών ουσιών στο υπόστρωμα. Εάν υπάρχει επαρκής υγρασία, ο μικροβιακός σωλήνας αρχίζει να διακλαδίζεται καθώς συνεχίζει να επιμηκύνεται. Αυτά τα κλαδιά πολλαπλασιάζονται και γίνονται οι υφές. Οι υφές αναπτύσσονται και σχηματίζουν μια συνυφασμένη αποικία ινών που ονομάζεται μυκήλιο. Ανάλογα με την υφή ή το πορώδες του υλικού στο οποίο αναπτύσσεται το καλούπι, οι υφές διεισδύουν, σε κάποιο βαθμό, στο υπόστρωμα. Η σπορά, η παραγωγή καρποφόρων σωμάτων και σπορίων, μπορεί να προκύψει από μια αλλαγή στις αυξανόμενες συνθήκες του μυκηλίου.
Η αυξημένη σχετική υγρασία πέραν της προσέλκυσης βιβλιοφάγων εντόμων στο χαρτί και το βιβλίο συμβάλλει και στην ανάπτυξη μυκήτων στην επιφάνεια τους. Οι μυκητιακές προσβολές οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη κονιδιακών μυκήτων, οι οποίοι είναι κατώτεροι φυτικοί οργανισμοί που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των οργανικών υλικών απορροφώντας ουσίες που δεν μπορούν να παράγουν οι ίδιοι, όπως είναι ο άνθρακας (C). Αναπτύσσονται σε ραγδαίους ρυθμούς όταν η σχετική υγρασία είναι από 65-85%, η θερμοκρασία 20-30^{o}C και επικρατεί στον χώρο σκοτάδι και υπάρχει αρκετό οξυγόνο. Δημιουργούν στο χαρτί αποχρωματισμό και καφέ- κίτρινες κηλίδες (foxing) στην επιφάνεια του καθώς και δομική καταστροφή σε αυτό.

2.2 Προσβολή από έντομα

Πέραν της χημικής αποδόμησης των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του χαρτιού, των μελανιών και των χρωστικών που δημιουργούν η περιβαλλοντική υγρασία στο χαρτί, η αύξηση της σχετικής υγρασίας σε ποσοστό άνω του 60% συμβάλλει στην προσέλκυση

βιβλιοφάγων εντόμων. Τα βιβλιοφάγα έντομα (ψαράκι, σαράκι, κοινή μύγα, κατσαρίδα) αναπτύσσονται σε σκοτεινά και θερμά μέρη (σε θερμοκρασία 16-24^{o}C) και κατά την διάρκεια του αναπαραγωγικού τους κύκλου δημιουργούν έντονες φθορές καταστρέφοντας τα δομικά στοιχεία ενός βιβλίου όπως το χαρτί, τα νήματα ραφής των τευχών και των κεφαλαριών καθώς και το συγκολλητικό μέσο των σταχώσεων (Mucci 1978).

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 3. ΡΥΠΟΙ - ΣΚΟΝΗ: ΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΡΩΚΤΙΚΩΝ

Η μόλυνση της ατμόσφαιρας είναι ένα σημαντικό αίτιο φθοράς του αρχειακού υλικού, λόγω των μικροσωματιδίων γνωστά ως σκόνη (καπνιά, πίσσα, οξείδια μετάλλων, άμμος, σπόροι μικροοργανισμών κτλ.), που όταν επικαθήσουν στα βιβλία, ή στο χώρο αποθήκευσης και έκθεσης ιδιαιτέρα σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας, προκαλούν ή επιταχύνουν τον βαθμό προσβολής της συλλογής από έντομα και άλλα τρωκτικά τα οποία μπορουν να καταστρέψουν ολοσχερώς το αρχειακό υλικό.

3.1 Ανθρώπινος παράγοντας

Ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος έμμεσα και άμεσα για μια σειρά από φθορές στα βιβλία και στα χειρόγραφα όπως και για την προσβολή των εντόμων σε μια συλλογή.
Η χρήση τροφίμων μέσα σε μια αποθήκη ή σε ένα εργαστήριο μπορεί να γίνει εστία προσβολής.
Η είσοδος των επισκεπτών μέσα σε μια αποθήκη ή τον χωρο έκθεσης μπορεί επίσης να μεταφέρει έντομα λόγω αμέλειας.

ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΥΚΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΤΟΜΩΝ - ΠΑΛΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Παλαιότερες τεχνικές όπου δεν ακολουθούνται

- Εντομοκτόνα: όλα είναι ύπο έλεγχο και εξέταση από την ΕΕ για θέματα
- ασφάλειας
- Ψεκασμός πάνω στην επιφάνεια με διάφορα εμπορικά εντομοκτόνα
- Εντομοκτόνος καπνός
- Αφυγραντικές σκόνες

- Απολύμανση με καπνό (Φωσφίνη και διοξείδιο του άνθρακα CO_2)

4.1 Νεότερες τεχνικές

Απεντόμωση με χαμηλή θερμοκρασία

Το αντικείμενο αφού πρώτα έχει καθαριστεί και έχουν αφαιρεθεί οι επιφανειακες επικαθίσεις τότε καλύπτεται αρχικά με αντιόξινο χαρτί. Στη συνέχεια τοποθετείται ερμειτικά κλειστά μέσα σε επισγραγιόμενη πλαστική σακούλα και τοποθετείται στην κατάψυξη με τον παρακάτω τρόπο.

Σοβαρές περιπτώσεις προσβεβλημένων αντικειμένων:

Τοποθέτηση αντικειμένου, σταδιακή μείωση →	-30 °C →	Απόψυξη
6 ώρες	85 ώρες	6 ώρες

Εναλλακτικές οικολογικές λύσεις απεντόμωσης

Σύστημα Veloxy

- Εισαγωγή των αντικειμένων σε περιβάλλον αζώτου με αφαίρεση οξυγόνου.
- Απαιτούνται ειδικές σακούλες με ειδικό εξοπλισμό (Veloxy)

Σύστημα απεντόμωσης έργων με HANWELL $ZerO_2$

Το σύστημα $ZerO_2$ δημιουργήθηκε από την εταιρεία Hanwell Instruments Ltd,για την ολοκληρωτική εξόντωση των καταστρεπτικών εντόμων από συλλογές ή αντικείμενα της πολιτιστικής κληρονομιάς (έπιπλα, ξύλινα αντικείμενα, χαρτί, περγαμηνή, υφάσματα, συλλογές φυσικής ιστορίας, βιβλιοδεσίες κλπ.) με απλό, γρήγορο και οικονομικό τρόπο, χωρίς χρήση χημικών ουσιών.

Με το σύστημα $ZerO_2$ εξολοθρεύονται όλα τα καταστρεπτικά έντομα συμπεριλαμβανομένων όλων των σταδίων τους (αυγά, προνύμφες, νύμφες και ώριμα έντομα) των συλλογών όπως ενδεικτικά:

- Σαράκι (*Anobium Punctatum*)
- Σκώρος (*Tineola bisselliella*)
- Ψαράκι (*Lepisma saccharina*)

- Carpet beetle (*Anthrenus verbasci*)

Με τη χρήση του $ZerO_2$ τα αντικείμενα μπορούν να αντιμετωπισθούν άμεσα στο χώρο αποθήκευσης ή συντήρησης τους. Η διαδικασία εφαρμογής του $ZerO_2$ είναι απλή και αποτελεσματική καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα και επιτόπου. Η λειτουργία της βασίζεται στην ολοκληρωτική απορρόφηση του οξυγόνου, μέσω ειδικών απορροφητών (scavengers). Το προς απεντόμωση αντικείμενο ή αντικείμενα τοποθετούνται στην αντίστοιχου τύπου θήκη η οποία είναι κατασκευασμένη από ειδικό πολυμερές μη περατό σε αέρια (Flexicube, Flexiart bag, ή Flexitube) μαζί με τον κατάλληλο απορροφητή οξυγόνου, τον σταθεροποιητή σχ. υγρασίας -αν αυτό χρειάζεται- και τον δείκτη επιπέδων οξυγόνου.

Στη συνέχεια η θήκη σφραγίζεται. Μόλις η ενδεικτική λυχνία LED του δείκτη οξυγόνου ανάψει, σημαίνει ότι το επίπεδο του οξυγόνου στο εσωτερικό της θήκης έχει μειωθεί σε επίπεδο < 0,2%. Το αντικείμενο πρέπει να παραμείνει στη θήκη για 4 εβδομάδες.

Προκειμένου για την εύκολη λειτουργία του, το σύστημα $ZerO_2$ έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να έχει πλήρη οπτική επαφή με τον μετρητή επιπέδων οξυγόνου καθ' όλη τη διάρκεια της επέμβασης μέσω του διαφανούς παραθύρου (ενσωματωμένο στην θήκη) στο οποίο και τοποθετείται ο μετρητής.

Επιπλέον, το μηδενικό επίπεδο οξυγόνου δρα προστατευτικά στα έργα τέχνης αποτρέποντας τις αντιδράσεις οξείδωσης, ενώ παράλληλα μειώνει δραστικά και τις αποικίες μυκήτων.

Τέλος, για κατασταλτικούς και ελεγκτικούς λόγους θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε παγίδες εντόμων μέσα στο αρχείο μας. Οι παγίδες τοποθετούνται κυρίως στις γωνίες του δωματίου ή κάτω από κάποια ανοίγματα (π.χ. παράθυρα). Οι παγίδες για το ψαράκι (silverfish) μπορούν να τοποθετηθούν και μέσα στις μεταλλικές ντουλάπες φύλαξης του αρχείου μας.

4.3. Αντιμετώπιση αντικειμένων προσβεβλημένα από μύκητες

Εάν αντιληφθούμε ότι τα αρχεία μας ή τα βιβλία μας είναι προσβεβλημένα από μούχλα τότε θα πρέπει τα συγκεκριμένα αντικείμενα να τα απομακρύνουμε άμεσα από την συλλογή μας- αρχείο. Με την χρήση κατάλληλων γαντιών (χειρουργικά latex) και την χρήση μάσκας αφαιρούμε τα βιβλία- αρχειακό υλικό και τα τοποθετούμε μέσα σε επισφραγιζόμενες πλαστικές σακούλες ή σε χάρτινα κουτιά και τα απομακρύνουμε από την συλλογή μας. Άμεσα θα πρέπει να επικοινωνήσουμε με εάν ειδικό συντηρητή έργων

τέχνης για να επισκεφτεί τον χώρο και να σας δώσει άμεσες οδηγίες και πρακτικές. Μεγάλη προσοχή να μην αφήσουμε τα συγκεκριμένα αρχεία για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αυτό το προσβεβλημένο περιβάλλον διότι θα καταστραφούν.

Σύνοψη

Σε αυτήν τη διδακτική ενότητα μάθατε:

- σχετικά με τους βιολογικούς παράγοντες φθορών,
- την αλληλεπίδραση μεταξύ τους,
- παλαιές και νέες τεχνικές απεντόμωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΔΕ1

- Bigourdan, J., & Reilly, J. (2002). *Effects of fluctuating environments on paper materials — stability and practical significance for preservation*. Paper presented at the La Conservation à l'Ère du Numérique, Actes des Quatrièmes Journées Internationales d'Études de l'ARSAG, Paris
- BSI [British Standards Institution] BS 5454. (2000). Recommendations for the storage and exhibition of archival documents.
- Buchmann, W. (1998). Preservation: buildings and equipment. *Janus*, 3, 49-62.
- MCDOWALL, R. (2006). *Fundamentals of HVAC systems*: Elsevier.
- OGDEN, S. (1999b). Temperature, Relative Humidity, Light, and Air Quality: Basic Guidelines for Preservation. *Preservation of Library and Archival Materials: A Manual, Northeast Document Conservation Center, Third Edition, Section 2: The Environment, Leaflet 1*.
- PADFIELD, T. (2008). *Simple climate control in archives is hindered by too strict standards.* Paper presented at the Proceedings of the 8th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries.
- PATKUS, B. L. (1999b). Monitoring Temperature and Relative Humidity. Section 2: The Environment, Leaflet2. *Preservation of Library and Archival Materials: A Manual, Northeast Document Conservation Center, Third Edition*.
- THOMSON, Garry, (1986), The Museum Environment (Second Edition), Butterworth-Heinemann
- ΑΛΕΞΙΟΥ, Γ. 1985. Το Μικροκλίμα του μουσείου: κλιματισμός, φωτισμός, ακουστική. Περιοδικό *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Τεύχος 17, σελ. 64-67.
- ΑΛΕΞΙΟΥ, Γ. 1982. Κλιματολογία μουσείων. Περιοδικό *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Τεύχος 4, σελ. 74-78.
- ΒΑΡΩΤΣΟΥ, Κ & KONDRATYEV, Κ. 1996. *Φυσικοχημεία περιβάλλοντος*. Τόμος 1: *Ακτινοβολία- θερμοκήπιο- κλιματική αλλαγή*. Αθήνα: Εκδόσεις Π. Τραυλού.
- ΖΕΡΒΟΣ Σ. 2015. *Συντήρηση και Διατήρηση Χαρτιού, Βιβλίων και Αρχειακού Υλικού,* ΣΕΑΒ, ΕΜΠ, Αθήνα.
- ICOM- Ελληνικό Τμήμα. 1995. *Προληπτική συντήρηση στα μουσεία. Έλεγχος του φωτισμού, έλεγχος του κλιματισμού*. Αθήνα: ICOM- Ελληνικό Τμήμα.

- ΚΑΡΥΔΗΣ, Χ. 2006. *Εισαγωγή στην Προληπτική Συντήρηση των Υφασμάτινων Έργων Τέχνης*. Αθήνα: Εκδόσεις Futura
- ΚΑΡΥΔΗΣ, Χ., ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ, Ε και ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, Α.(επιμ.). 2013. *Η Επιστήμη της Προληπτικής Συντήρησης: Διατήρηση & Διαχείριση Συλλογών*. Αθήνα: Time Heritage.
- ΜΕΛΙΔΗ Ε. κ. άλ., 2014. «Βασικές Προδιαγραφές περιβαλλοντικών παραμέτρων για την ασφαλή διατήρηση των εκθεμάτων» στο *Μουσειογραφική Μελέτη Εφαρμογής Μουσείου Ελληνικής Λαϊκής Τέχνης*, Τεύχος Α, Γενικές Προδιαγραφές, Μ.Ε.Λ.Τ, Αθήνα.
- ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ Α. Γ., 2013. «Πίσω από το γυαλί: το κλίμα στις μουσειακές προθήκες», στο Καρύδης Χ., Κουλουμπή Ε., Σακελλαρίου Γ. Α., (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης: Διατήρηση και Διαχείριση Συλλογών*, Time Heritage Publications, Αθήνα.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ Ε., Ιούνιος 2010. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Πολιτιστικών-Εκθεσιακών Χώρων, Μουσείων και Ιστορικών Κτηρίων (Β' μέρος)», *Αρχαιολογία & Τέχνες* τευχ. 115.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ Ε., Μάρτιος 2010. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Πολιτιστικών-Εκθεσιακών Χώρων, Μουσείων και Ιστορικών Κτηρίων (Β' μέρος)», *Αρχαιολογία & Τέχνες* τευχ. 114.

ΔΕ2

- ΑΛΕΞΙΟΥ, Γ. 1985. Το Μικροκλίμα του μουσείου: κλιματισμός, φωτισμός, ακουστική. Περιοδικό *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Τεύχος 17, σελ. 64-67.
- ΑΛΕΞΙΟΥ, Γ. 1982. Κλιματολογία μουσείων. Περιοδικό *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Τεύχος 4, σελ. 74-78.
- ΒΑΡΩΤΣΟΥ, Κ & KONDRATYEV, Κ. 1996. *Φυσικοχημεία περιβάλλοντος*. Τόμος 1: *Ακτινοβολία- θερμοκήπιο- κλιματική αλλαγή*. Αθήνα: Εκδόσεις Π. Τραυλού.
- ΖΕΡΒΟΣ Σ. 2015. *Συντήρηση και Διατήρηση Χαρτιού, Βιβλίων και Αρχειακού Υλικού*, ΣΕΑΒ, ΕΜΠ, Αθήνα.
- ICOM- Ελληνικό Τμήμα. 1995. *Προληπτική συντήρηση στα μουσεία. Έλεγχος του φωτισμού, έλεγχος του κλιματισμού*. Αθήνα: ICOM- Ελληνικό Τμήμα.
- ΚΑΡΥΔΗΣ, Χ. 2006. *Εισαγωγή στην Προληπτική Συντήρηση των Υφασμάτινων Έργων Τέχνης*. Αθήνα: Εκδόσεις Futura
- ΚΑΡΥΔΗΣ, Χ., ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ, Ε και ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, Α.(επιμ.). 2013. Η *Επιστήμη της Προληπτικής Συντήρησης: Διατήρηση & Διαχείριση Συλλογών*. Αθήνα: Time Heritage.
- ΜΕΛΙΔΗ Ε. κ. άλ., 2014. «Βασικές Προδιαγραφές περιβαλλοντικών παραμέτρων για την ασφαλή διατήρηση των εκθεμάτων» στο *Μουσειογραφική Μελέτη Εφαρμογής Μουσείου Ελληνικής Λαϊκής Τέχνης*, Τεύχος Α, Γενικές Προδιαγραφές, Μ.Ε.Λ.Τ, Αθήνα.

- ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ Α. Γ., 2013. «Πίσω από το γυαλί: το κλίμα στις μουσειακές προθήκες», στο Καρύδης Χ., Κουλουμπή Ε., Σακελλαρίου Γ. Α., (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης: Διατήρηση και Διαχείριση Συλλογών*, Time Heritage Publications, Αθήνα.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ Ε., Ιούνιος 2010. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Πολιτιστικών-Εκθεσιακών Χώρων, Μουσείων και Ιστορικών Κτηρίων (Β' μέρος)», *Αρχαιολογία & Τέχνες* τευχ. 115.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ Ε., Μάρτιος 2010. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Πολιτιστικών-Εκθεσιακών Χώρων, Μουσείων και Ιστορικών Κτηρίων (Β' μέρος)», *Αρχαιολογία & Τέχνες* τευχ. 114.
- ΣΤΕΦΑΝΗ, Ι. 2004. Διαφανή χαρτιά: μέθοδοι κατασκευής-αιτίες φθοράς. *Ενημερωτικό Δελτίο του Ελληνικού Τμήματος του IIC*, Τεύχος 7, σελ. 4-8.
- ΣΤΕΦΑΝΗ, Ι. 2011. Πώς να εκθέσεις με ασφάλεια ένα χάρτινο έργο 9 τ.μ.; Περιοδικό *Ilissia*, Τεύχος 7-8, σελ. 81-85.
- *Aging and Stabilizatin of Paper* (2004), ed. Strlic, M. & Kolar, J., Ljubljana: National and University Library
- Bukovsky, V. (2000), "The influence of light on ageing newsprint paper", *Restaurator*, 21: pp.55-76
- Reissland, Birgit & Cowan, Wendy. (2002). "The light sensitivity of iron gall inks", *Studies in Conservation*. 47. 180-184. 10.1179/sic.2002.47.s3.037.
- Ozgunay, H.. (2008). Lightfastness properties of leathers tanned with various vegetable tannins. Journal of the American Leather Chemists Association. 103. 345-351.

ΔΕ3

- 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., and Kim O. 1999. Indoor air quality at the Correr Museum, Venice, Italy, *The Science of the Total Environment*, 236, pp. 135-152.
- 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 Supplement No1, pp. 127-140.
- SHAHAMI, Ch.J. & W.Wilson: *Preservation of Libraries and Archives* American Scientist, Vol. 75, pp. 240-251, 1987.

- SHAVER C.L., Cass G. & Druzik J., 1983. *Ozone and the Deterioration Of Works of Art,* Envir. Sci. Technol., 17, 748 - 752
- FLOREAL, D. & FLIEDER, F, The effects of pollution on deacidified paper, *Restaurator*, 11: 179-207
- ΑΛΕΞΙΟΥ, Γ. 1985. Το Μικροκλίμα του μουσείου: κλιματισμός, φωτισμός, ακουστική. Περιοδικό *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Τεύχος 17, σελ. 64-67.
- ΑΛΕΞΙΟΥ, Γ. 1982. Κλιματολογία μουσείων. Περιοδικό *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Τεύχος 4, σελ. 74-78.
- ΒΑΡΩΤΣΟΥ, Κ & KONDRATYEV, Κ. 1996. *Φυσικοχημεία περιβάλλοντος. Τόμος 1: Ακτινοβολία- θερμοκήπιο- κλιματική αλλαγή*. Αθήνα: Εκδόσεις Π. Τραυλού.
- ΖΕΡΒΟΣ Σ. 2015. *Συντήρηση και Διατήρηση Χαρτιού, Βιβλίων και Αρχειακού Υλικού,* ΣΕΑΒ, ΕΜΠ, Αθήνα.
- ICOM- Ελληνικό Τμήμα. 1995. *Προληπτική συντήρηση στα μουσεία. Έλεγχος του φωτισμού, έλεγχος του κλιματισμού*. Αθήνα: ICOM- Ελληνικό Τμήμα.
- ΚΑΡΥΔΗΣ, Χ. 2006. *Εισαγωγή στην Προληπτική Συντήρηση των Υφασμάτινων Έργων Τέχνης*. Αθήνα: Εκδόσεις Futura
- ΚΑΡΥΔΗΣ, Χ., ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ, Ε και ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ, Α.(επιμ.). 2013. *Η Επιστήμη της Προληπτικής Συντήρησης: Διατήρηση & Διαχείριση Συλλογών*. Αθήνα: Time Heritage.
- ΜΕΛΙΔΗ Ε. κ.άλ., 2014. «Βασικές Προδιαγραφές περιβαλλοντικών παραμέτρων για την ασφαλή διατήρηση των εκθεμάτων» στο *Μουσειογραφική Μελέτη Εφαρμογής Μουσείου Ελληνικής Λαϊκής Τέχνης,* Τεύχος Α, Γενικές Προδιαγραφές, Μ.Ε.Λ.Τ, Αθήνα.
- ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ Α. Γ., 2013. «Πίσω από το γυαλί: το κλίμα στις μουσειακές προθήκες», στο Καρύδης Χ., Κουλουμπή Ε., Σακελλαρίου Γ. Α., (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης: Διατήρηση και Διαχείριση Συλλογών*, Time Heritage Publications, Αθήνα.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ Ε., Ιούνιος 2010. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Πολιτιστικών-Εκθεσιακών Χώρων, Μουσείων και Ιστορικών Κτηρίων (Β' μέρος)», *Αρχαιολογία & Τέχνες* τευχ. 115.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΥ Ε., Μάρτιος 2010. «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Πολιτιστικών-Εκθεσιακών Χώρων, Μουσείων και Ιστορικών Κτηρίων (Β' μέρος)», *Αρχαιολογία & Τέχνες* τευχ. 114.
- ΨΑΡΡΟΥ, Σ, ΧΑΛΟΥΛΑΚΟΥ, Α. & ΣΠΥΡΕΛΛΗΣ, Ν., 1997, Επίδραση ατμοσφαιρικών ρύπων στα εκθέματα μουσείων και στο υλικό βιβλιοθηκών. Προϊόντα αλλοίωσης, μέτρα αντιμετώπισης, μέθοδοι ελέγχου, Πρακτικά Συνεδρίου: 10ο Σεμινάριο για την προστασία του περιβάλλοντος, Περιβάλλον και Πολιτιστική Κληρονομιά, Θεσσαλονίκη 1997

ΔΕ4

- ΒΑΛΑΣΗΣ, Δ. 1999. *'Αχ τα βιβλία'. Προστασία και προληπτική συντήρηση υλικού βιβλιοθηκών*. Αθήνα: Εκδόσεςι Ελληνικά Γράμματα.
- Γκιννή, Ζ. 2010. Προληπτική συντήρηση αρχειακού υλικού και έργων τέχνης σε χαρτί από το ανάκτορο Τατοΐου. *Έργα Συντήρησης συγχρηματοδοτούμενα από το 'Γ ΚΠΣ*, 22 Νοεμβρίου, 2010. Αθήνα: Διεύθυνση Συντήρησης Αρχαίων & Νεώτερων Μνημείων.
- ΖΕΡΒΟΣ, Σ 1999-2000, 'Διερεύνηση κριτηρίων και μεθόδων αποτίμησης καταλληλότητας υλικών και επεμβάσεων συντήρησης χαρτιού/αρχείων σε σχέση με το συνδυασμό των συνθηκών του περιβάλλοντος χώρου (Εφαρμογή στο ιστορικό αρχείο του ΚΚΕ)', Μεταπτυχιακό, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Εξειδίκευσης "Προστασία Μνημείων", Αθήνα.
- ΖΕΡΒΟΣ, Σ 2004, 'Κριτήρια και Μεθοδολογία Αποτίμησης Καταλληλότητας Επεμβάσεων Συντήρησης Χαρτιού', Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- ΙΩΝΑ, Γ. 2013. Προληπτική συντήρηση οπτικοακουστικού αρχειακού υλικού και διαφύλαξη της πληροφορίας. Χ. ΚΑΡΥΔΗΣ., Ε. ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ & Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης έργων τέχνης: διατήρηση & διαχείριση συλλογών*. Αθήνα: Εκδόσεις Time Heritage, σελ. 81-91.
- ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, Ι 2006, *Το Χειρόγραφο, το Βιβλίο, τα Ιστορικά Αρχεία-Τεχνολογία υλικών, πρόληψη φθορών, συντήρηση*, Μορφωτικό Ιδρυμα Εθνικής Τραπέζης edn, Αντιγόνη Φιλιππποπούλου, Αθήνα.
- ΜΑΝΤΖΟΥΡΗΣ, Ν. 2013. Εφαρμογές προληπτικής συντήρησης σε τέσσερα ορθόδοξα μοναστήρια της ελληνικής επικράτειας. Χ. ΚΑΡΥΔΗΣ., Ε. ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ & Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης έργων τέχνης: διατήρηση & διαχείριση συλλογών*. Αθήνα: Εκδόσεις Time Heritage, σελ. 121-133.
- MIRABILE, A. 2011. Μτφ. Ζ. Γκιννή. *Εγχειρίδιο προστασίας πολιτισμικής κληρονομιάς: Επιμέλεια και χειρισμός χειρογράφων*. Τεύχος 2. Αθήνα: ICOM- Ελληνικό Τμήμα.
- ΜΠΑΝΟΥ, Π. 2013. Αποθήκευση περγαμηνών εγγράφων της συλλογής των γενικών αρχείων του κράτους: μελέτη και σχεδίαση. Χ. ΚΑΡΥΔΗΣ., Ε. ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ & Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης έργων τέχνης: διατήρηση & διαχείριση συλλογών*. Αθήνα: Εκδόσεις Time Heritage, σελ. 102-111.
- ΠΕΛΤΙΚΟΓΛΟΥ, Β. 1993. Permanent paper: Προσπάθειες για την αντιμετώπιση των φθορών του βιβλιακού και αρχειακού υλικού και την εξασφάλιση μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους. Περιοδικό *Αρχειακά Νέα,* Τεύχος 8, σελ. 32-33.
- ΠΕΛΤΙΚΟΓΛΟΥ, Β. 1993. Mass Deacidification: Διεθνείς προσπάθειες για την αντιμετώπιση του φαινομένου της οξύτητας του χαρτιού. Περιοδικό *Αρχειακά Νέα*, Τεύχος 8, σελ.34-35.

- ΣΑΡΡΗΣ, Ν. 2013. Η συλλογή παπύρων της Εθνικής βιβλιοθήκης της Αιγύπτου: βάση δεδομένων για την προληπτική της συντήρηση. Χ. ΚΑΡΥΔΗΣ., Ε. ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ & Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης έργων τέχνης: διατήρηση & διαχείριση συλλογών*. Αθήνα: Εκδόσεις Time Heritage, σελ. 112-120.
- ΣΤΑΜΟΥΛΗ, Ε. 2013. Τρείς προτάσεις για συστήματα αποθήκευσης οπτικοακουστικών μέσων. Χ. ΚΑΡΥΔΗΣ., Ε. ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ & Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ (επιμ.), *Η επιστήμη της προληπτικής συντήρησης έργων τέχνης: διατήρηση & διαχείριση συλλογών*. Αθήνα: Εκδόσεις Time Heritage, σελ. 92- 101.
- ΤΣΑΜΠΡΑ-ΖΟΥΜΠΟΥΛΗ, Γ. 2008. *Προληπτική συντήρηση στα χάρτινα έργα: μουσεία, αρχεία, βιβλιοθήκες*. Ι. ΛΥΡΙΤΖΗΣ (επιμ.), *Νέες τεχνολογίες στις αρχαιογνωστικές επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg, σελ. 65-97.
- ΧΑΤΖΗΓΕΩΡΓΙΟΥ, Β. 1999. Η προληπτική συντήρηση στις βιβλιοθήκες τέχνης. Προβληματισμός- προτάσεις. *Βιβλιοθήκες Τέχνης. Ο ρόλος και οι ιδιαιτερότητες τους*. Ανώτατη Σχολή Καλών Τεχνών, 18-19 Ιουνίου, 1998. Αθήνα: Βιβλιοθήκη Ανώτατης Σχολής Καλών Τεχνών.
- THOMSON, G.1986. *Museum Environment*. 2nd edit. Butterworth - Heinemann.