

ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ ΥΛΙΚΩΝ (κωδ. μαθ.463)

ΜΑΘΗΜΑ 1

4^ο εξάμηνο (Εαρινό)

Ανώτατη Εκκλησιαστική Ακαδημία Αθηνών
Πρόγραμμα Διαχείρισης Εκκλησιαστικών Κειμηλίων

Βιβλιογραφία

κυρίως αυτά κι άλλα



Δ.Π.Μ.Σ. «Προστασία Μνημείων»



ntua ACADEMIC OPEN COURSES

Περιβαλλοντικά αίτια - Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς - Σχέση φθοράς και παθολογίας

Καθ. ΕΜΠ Αντωνία Μοροπούλου



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΘΑ ΑΣΧΟΛΗΘΟΥΜΕ ΜΕ ΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ ΦΘΟΡΑΣ:

- **Χαρτιού**
- Υφάσματος
- Ξύλου, ξυλόγλυπτου
- Φορητής Εικόνας
- Ελαιογραφίας
- Τοιχογραφίας
- Ψηφιδωτού
- Μετάλλου
- Κεραμικού
- Πέτρας

ΠΕΡΙ ΧΑΡΤΙΟΥ (1)

- Σήμερα το κύριο υλικό γραφής είναι το χαρτί (που προέρχεται από ξυλεία) που στην αρχαιότητα ήταν άγνωστο.
- Στην αρχαιότητα χάραζαν σε:

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΥΛΙΚΑ όπως κομμάτια πήλινων αγγείων (Αίγυπτος, Αρχαία Ελλάδα κ.ά.), μέταλλα (χρυσός, άργυρος, μόλυβδος κ.ά.)

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ όπως φύλλα φυτών, ξύλο, πάπυρο (χαμόδεντρο του Νείλου), περγαμηνή (επεξεργασμένο δέρμα ζώων)

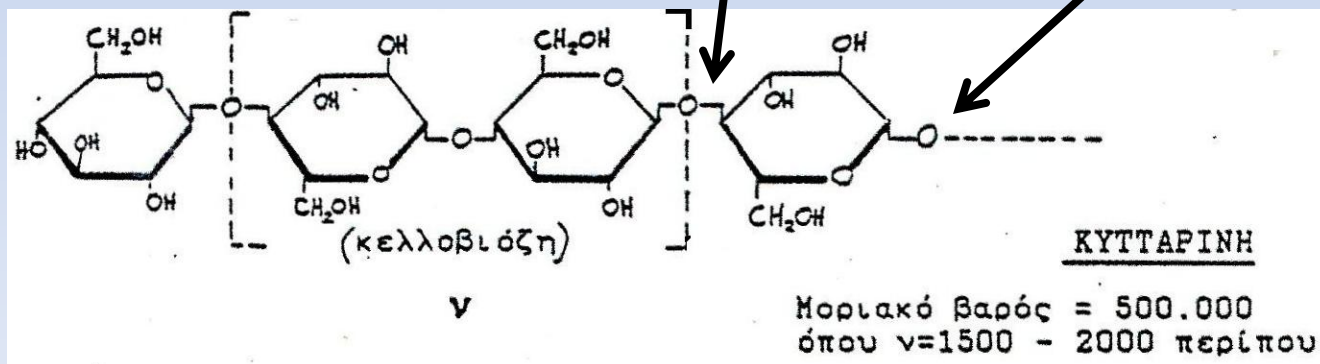
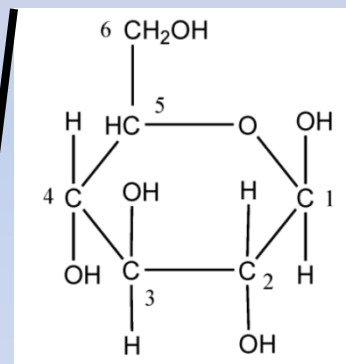
- Το χαρτί εμφανίζεται στην Κίνα περίπου τον 1^ο αιώνα μ.Χ. , στη Μέση Ανατολή περί τον 8^ο αιώνα μ.Χ. και στην Ευρώπη περίπου το 12^ο αιώνα μ.Χ. (εναλλακτικά ή συμπληρωματικά από μείγμα ινών μπαμπού, λιναριού, κάνναβης, ρυζιού, λινού, μεταξωτού, βαμβακερού κ.ά.). Αργότερα τον 15^ο αιώνα αρχίζει η χρήση ξυλοπολτού για την παρασκευή χαρτιού η οποία μεγιστοποιείται κατά το 19^ο αιώνα μ.Χ.

ΠΕΡΙ ΧΑΡΤΙΟΥ (2)

- ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

Το χαρτί από ράκη (κουρελάκια) υφασμάτων αποτελείται κυρίως από **κυτταρίνη** (πολυμερής ένωση β-γλυκόζης)

Το χαρτί από ξυλοπολτό (άχυρα, καλάμια, δένδρα κ.ά.) αποτελείται από **κυτταρίνη** (40-60%), **λιγνίνη** (20-30%) και **ημικυτταρίνες** (20-30%). Η κυτταρίνη είναι ευαίσθητη στα οξέα.



ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ
(Λαμπρόπουλου, Νταλούκα
κ.ά., ΤΟΜΕΑ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ,
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ)

ΠΕΡΙ ΧΑΡΤΙΟΥ (3)

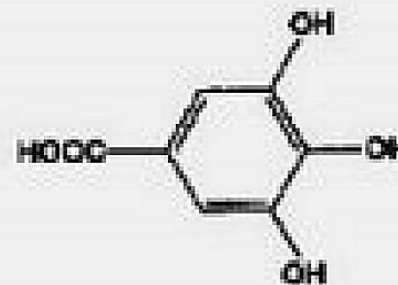
- ΜΕΛΑΝΙΑ ΓΡΑΦΗΣ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΑ ΚΑΙ ΤΩΡΑ:

Τα **μελάνια αιθάλης** (αποτελούνται από κάπνα και μια συνδετική ουσία- όπως αυγό, μέλι, ζωική κόλλα κ.ά.), χρησιμοποιούνται πάνω από 20 αιώνες.

Τα **μεταλλογαλλικά μελάνια** (αποτελούνται από γαλλικό οξύ και μεταλλικά άλατα σιδήρου ή χαλκού), χρησιμοποιούνται περίπου 20 αιώνες. Το γαλλικό οξύ υπάρχει στο τσάι, στο πικραμύγδαλο, στο φλούδι του καρυδιού κ.ά.

Τα **μελάνια τυπογραφίας** (αποτελούνται από κάπνα και βρασμένο λινέλαιο), χρησιμοποιούνται περίπου από τότε που άρχισε η τυπογραφία τον 15^ο αιώνα μ.Χ.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ (Λαμπρόπουλου, Νταλούκα κ.ά.,
ΤΟΜΕΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ)



Γαλλικό οξύ

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ ΧΑΡΤΙΟΥ

- Ενδογενείς ή ενυπάρχοντες
- Περιβαλλοντικοί
- Βιολογικοί
- Ανθρώπινοι

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(Ενδογενείς ή ενυπάρχοντες παράγοντες) (1)

Βασική ενδογενής αιτία είναι η **οξύτητα**

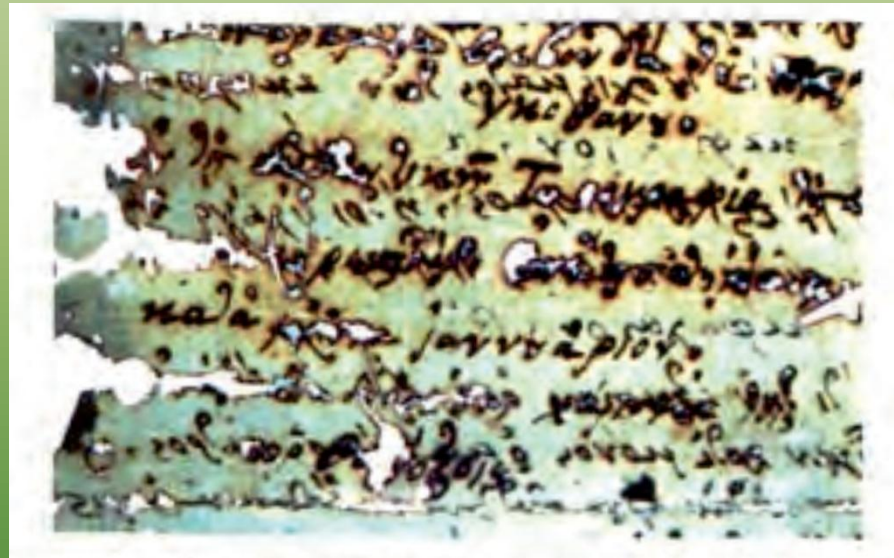
Η οξύτητα προέρχεται από:

- το συστατικό του ξύλου, τη **λιγνίνη** (που οξειδώνεται, αυξάνει την ευθραυστότητα του χαρτιού και το κιτρινίζει),
- τις **λευκαντικές ουσίες** ξασπρίσματος του χαρτοπολτού (π.χ. το χλώριο),
- τις **κόλλες κολλαρίσματος** του χαρτιού που εκδηλώνουν οξύτητα και καταστρέφουν την κυτταρίνη,
- τα **μεταλλογαλλικά μελάνια** που σε κάποιο στάδιο δίνουν θειικό οξύ,
- Επιπλέον οξύτητα δημιουργούν οι ρύποι **SO₂** της ατμόσφαιρας
- Οι μύκητες που παράγουν οξέα
- Όξινα υλικά που έρχονται σε επαφή με το χαρτί

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(Ενδογενείς ή ενυπάρχοντες παράγοντες) (2)

Βασική ενδογενής αιτία είναι η οξύτητα



Κιτρίνισμα λόγω λιγνίνης (αριστερά)-διάτρηση χαρτιού λόγω οξείδωσης μεταλλογαλλικού μελανιού (δεξιά)

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ (Λαμπρόπουλου, Νταλούκα κ.ά. , ΤΟΜΕΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ)

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες)

Το κλίμα-περιβάλλον ενός χώρου στον οποίο βρίσκονται τα χάρτινα έργα συνίσταται από τα εξής υποκλίματα:

- **Οπτικό κλίμα**
- **Θερμικό κλίμα**
- **Ατμοσφαιρικό κλίμα**
- **Ακουστικό κλίμα** (δονήσεις του αέρα ή του στερεού επαφής)

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Οπτικό κλίμα) (1)

Το φως με το οποίο φωτίζουμε τα αντικείμενα είναι ενέργεια (ηλιακό, λαμπτήρων κ.ά.).

Ως ενέργεια επηρεάζει κι εκκινεί χημικές αντιδράσεις στα μόρια των οργανικών μορίων του χαρτιού, του υφάσματος, των χρωμάτων (ορισμένες των οποίων είναι καταστροφικές).

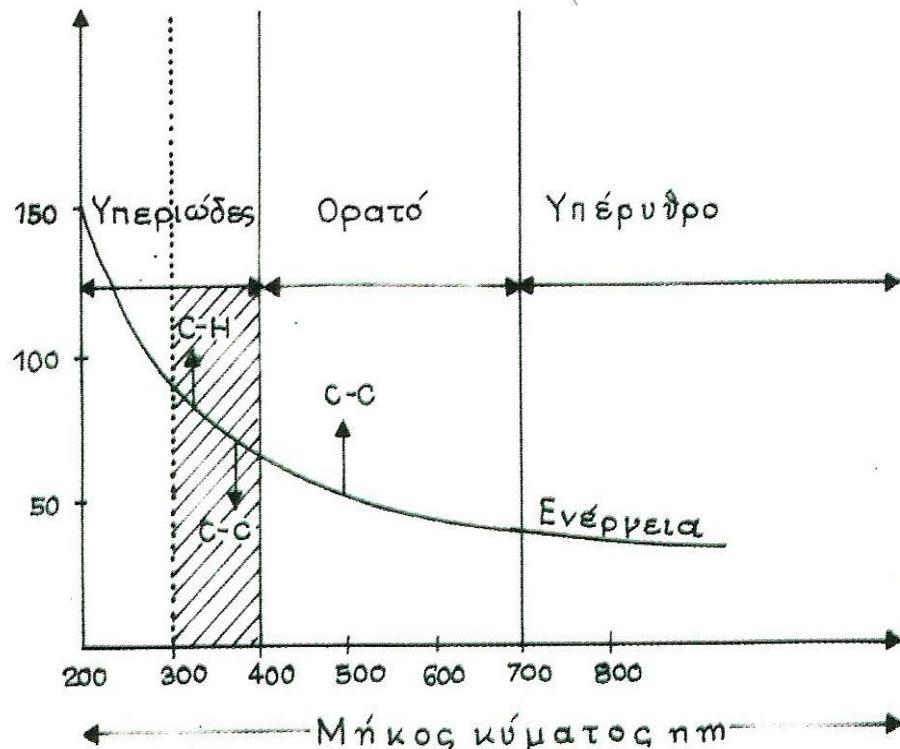
Η φθορά που προέρχεται από το φως είναι συνάρτηση: α) του **χρόνου έκθεσης**, β) της **έντασης** του φωτός, γ) του **μήκους κύματος-συχνότητας** του φωτός.

α)+ β) Χρόνος έκθεσης στο φως και **ένταση** του προσπίπτοντος φωτός:

Οι δύο παραπάνω παράμετροι σχετίζονται. Έχει δειχθεί ότι η φθορά χάρτινου αντικειμένου που ακτινοβολείται με φως έντασης 1000 lux για 1 ώρα (1000x1) είναι ίδια με τη φθορά στο ίδιο αντικείμενο που ακτινοβολείται με φως έντασης 10 lux για 100 ώρες (10x100).

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Οπτικό κλίμα) (2)



γ) Μήκος κύματος-συχνότητας του φωτός (υπεριώδες-UV, ορατό-VIS και υπέρυθρες-IR).

Το **υπεριώδες (UV)** έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια και «σπάει» χημικούς δεσμούς στα μόρια των οργανικών ενώσεων του χαρτιού. Η δράση αυτή του υπεριώδους φωτός λέγεται **φωτολυτική**. Το **ορατό (VIS)** δεν σπάει τους χημικούς δεσμούς της κυτταρίνης-χαρτιού αλλά μπορεί να δράσει καταστροφικά σε κάποιες δευτερεύουσες ενώσεις π.χ. στα χρώματα.

Η δράση αυτή του ορατού φωτός λέγεται **φωτοχημική** ή **φωτοοξειδωτική**. Το **υπέρυθρο φως (IR)** έχει μικρότερη ενέργεια και απλά **θερμαίνει** το χαρτί, δηλαδή αυξάνει τη θερμοκρασία του κι άρα οι οποιεσδήποτε χημικές αντιδράσεις φθοράς επιταχύνονται.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Οπτικό κλίμα) (3)

ΣΥΝΟΛΙΚΑ λοιπόν το φως προκαλεί :

Αποδυνάμωση, σαθρότητα,

θρυμματισμό του χαρτιού,

αποχρωματισμό του χαρτιού και των μελανιών του

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Θερμικό κλίμα) (1)

Το θερμικό κλίμα καθορίζεται **συνδυαστικά** από α) τη **σχετική υγρασία** και β) τη **θερμοκρασία**

Σχετική υγρασία (RH-relative humidity)=

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Πραγματική υγρασία σε κάθε } m^3 \text{ αέρα σε ορισμένη θερμοκρασία} \\ \text{Μέγιστη δυνατή υγρασία σε κάθε } m^3 \text{ αέρα στη θερμοκρασία αυτή} \end{array} \right\}$$

(40%-70% είναι μία καλή περιοχή τιμών σχετικής υγρασίας):

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Θερμικό κλίμα) (2)

- Για τιμές της σχετικής υγρασίας κάτω του 40% προκαλείται **αλλαγή του μεγέθους του χαρτιού λόγω συστολής** και **δημιουργία λεκέδων** λόγω εξάτμισης του περιεχόμενου νερού.
- Για τιμές της σχετικής υγρασίας άνω του 70% προκαλείται **αλλαγή του μεγέθους του χαρτιού λόγω διαστολής** και διόγκωσης και **δημιουργία λεκέδων** παρασυρμού των χρωμάτων και μελανιών, **ανάπτυξη μικροοργανισμών** (οι μικροοργανισμοί ευνοούνται σε ζεστό και υγρό περιβάλλον).
- Επιπλέον με αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνονται όλες οι χημικές αντιδράσεις φθοράς (υπάρχει ο πολύ γενικός κανόνας ότι για κάθε 10° C αύξηση θερμοκρασίας διπλασιάζεται η ταχύτητα μιας αντίδρασης).

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Θερμικό κλίμα) (3)

ΠΗΓΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ:

- Βροχή,
- Βλάστηση
- Ελαττωματικοί σωλήνες καλοριφέρ, ύδρευσης, αποχέτευσης του κτηρίου
- Πλύσιμο δαπέδων κι επιφανειών
- Αναπνοή-εφίδρωση ανθρώπων και ζώων
- Υδρατμοί στα παράθυρα
- κ.ά.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Ατμοσφαιρικό κλίμα)

Βασική παράμετρος φθοράς στην ατμόσφαιρα είναι η **ρύπανση**.

Κύριοι ρύποι:

- α. Το διοξείδιο του θείου (SO_2) και τις ενώσεις του.
- β. Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και τις ενώσεις του.
- γ. Το όζον (O_3).
- δ. Τα αιωρούμενα σωματίδια και την αιθάλη.

- Τα δύο πρώτα αντιδρώντας με νερό δίνουν θειικό οξύ και νιτρικό οξύ αντίστοιχα, τα οποία διαβρώνουν την κυτταρίνη του χαρτιού.
- Το όζον καταστρέφει τους δεσμούς C-C κι αποχρωματίζει το χαρτί, το ύφασμα, το μελάνι, τις βαφές.
- Οι σκόνες και η κάπνα επικάθονται στο χαρτί.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ (Λαμπρόπουλου, Νταλούκα κ.ά., ΤΟΜΕΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ)

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Ακουστικό κλίμα)

Ήχος κι ακουστικό κύμα, δεν είναι παρά μετάδοση δονήσεων που παράγονται από αυτοκίνητα του περιβάλλοντος, μοτέρ που λειτουργούν στο χώρο, έντονη βάδιση, κρουστικά εργαλεία κ.ά., τα οποία επιδρούν αρνητικά στα χάρτινα έργα.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(Βιολογικοί παράγοντες) (1)

Οι βιολογικοί παράγοντες που προκαλούν βλάβη στα έργα τέχνης είναι: **μύκητες, βακτήρια, έντομα, τρωκτικά.**

Τι ευνοεί την εμφάνιση των παραπάνω: η **υψηλή θερμοκρασία**, η **υψηλή σχετική υγρασία**, η **έλλειψη καθαριότητας**, οι **οργανικές ύλες** εντός του χώρου του έργου.

Μύκητες-Βακτήρια: είναι κατώτεροι οργανισμοί. Αντλούν την τροφή τους (π.χ. άνθρακας) από οργανικά υλικά (όπως το χαρτί). Πολλαπλασιάζονται γρήγορα αν η θερμοκρασία είναι 24-30° C για τους μύκητες και 30-40° C για τα βακτήρια κι όταν η σχετική υγρασία είναι 70% για τους μύκητες και 50-70% για τα βακτήρια.

Προκαλούν επιφανειακή ζημιά στο χαρτί καθώς δημιουργούν αποικίες ως βλάστηση, της οποίας οι χρωστικές βιάφουν το χαρτί.

Οι μύκητες παράγουν ένζυμα και οξέα που καταστρέφουν την κυτταρίνη του χαρτιού.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(Βιολογικοί παράγοντες) (2)

Έντομα: Εισέρχονται στο χώρο φύλαξης των χάρτινων έργων μέσω του αέρα που μεταφέρει τα αυγά τους, μέσω των ανθρώπων επισκεπτών και μέσω ήδη προσβεβλημένων αντικειμένων που μεταφέρονται στο χώρο φύλαξης του χαρτιού. Τέτοια είναι το ψαράκι, η κατσαρίδα, η ψείρα, το σαράκι κ.ά.

Τρέφονται με το οργανικό υλικό των έργων καταστρέφοντας το.

Τρωκτικά: Τα ποντίκια προκαλούν σημαντικές ζημιές στα χάρτινα έργα καθώς το χαρτί αποτελεί υλικό για το χτίσιμο της φωλιάς τους.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

(Ανθρώπινοι παράγοντες)

Κατασκευαστής: Επιδιώκοντας τη μείωση του κόστους χρησιμοποιεί πρώτες ύλες χαμηλής ποιότητας (χαρτί , μελάνη κ.ά.) που είναι ευάλωτα και βραχύβια.

Χρήστης: Πλημελής χρήση των χάρτινων έργων όπως χρήση μαρκαδόρων ή στυλό, λεκέδες από τροφές και ποτά, αδέξιες κινήσεις κατά τη χρήση τους κ.ά.

Υπεύθυνος συλλογής: χρήση σφραγίδων, πρόχειρη επιδιόρθωση με σελλοτέιπ, κακή τοποθέτηση στα ράφια, κουτιά, αποθήκευση σε ακάθαρτους χώρους με έντομα και άλλα.