

# Τεχνολογία Υλικών



Γ'ΕΠΑ.Λ.



ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

# Τεχνολογία υλικών

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

### ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

**Βασιλική Αργυροπούλου**

Δρ Χημικός Μηχ., επίκουρη Καθηγήτρια ΤΕΙ Αθήνας

**Αικατερίνη Μαλέα**

Συντηρήτρια αρχαιοτήτων και έργων τέχνης

**Γεώργιος Παναγιάρης**

Δρ Βιολόγος, Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας

**Αγγελική Στασινού**

Συντηρήτρια αρχαιοτήτων και έργων τέχνης

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

**Γιώργος Παυλίδης**

Αρχιτέκτων μηχ., Σχολικός Σύμβουλος

### ΚΡΙΤΕΣ

**Γιώργος Κορκόβελος**

Συντηρητής αρχαιοτήτων και έργων τέχνης

**Βασίλειος Κυλίκογλου**

Δρ Χημικός, ερευνητής ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος

**Ιωάννης Σπανός**

Ζωγράφος, εκπαιδευτικός

### ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

**Ίνα Αναγνωστοπούλου**

Φιλολόγος

### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

**Παναγιώτης Παντελάτος**

Γραφίστας

### ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ - ΣΧΕΔΙΑ

**Ιωάννης Καρατάσιος**

### ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

**P.K. NET**

#### ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

**Βίκα Δ. Γκιζελή**, Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

**Βίκα Δ. Γκιζελή**, Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

**Βούλα Μάρκου**, Εκπαιδευτικός

**Γιάννης Μπαφούνης**, Διευθυντής Τ.Ε.Ε. Σιβιτανιδείου Σχολής

**Γιώργος Παυλίδης**, Σχολικός Σύμβουλος

**Πέλα Πλουμίδου**, Εκπαιδευτικός

**Ρεγγίνα Κασιμάτη**, Εκπαιδευτικός, συνεργάτης

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

**Βασιλική Αργυροπούλου**  
**Γεώργιος Παναγιάρης**

**Αικατερίνη Μαλέα**  
**Αγγελική Στασινού**

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε  
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

## **Τεχνολογία Υλικών**

**Γ' ΕΠΑ.Λ.**

**ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ**

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ  
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Εικόνα εξωφύλλου: Βοιωτικό ειδώλιο των αρχών του 5ου αι. με παράσταση  
ξυλουργού κατά τη διάρκεια εργασίας του. (Κοπεγχάγη, Εθνικό Μουσείο)





# Πρόλογος

Είναι γνωστό ότι η συντήρηση των έργων τέχνης και ευρύτερα η διατήρηση και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς ενός τόπου είναι έργο πολύπλοκο, το οποίο μόνο η συνεργασία πολλών επιστημονικών κλάδων μπορεί να επιτύχει.

Αν ο αρχαιολόγος, ο αρχιτέκτονας και ο ιστορικός της τέχνης, καθώς και ο ζωγράφος ή ο γλύπτης δε συνεργαστούν μεταξύ τους αλλά και με άλλους επιστημονικούς κλάδους, όπως, λ.χ., με το χημικό ή τον ειδικό της συντήρησης ή της αναστύλωσης, με τον πολιτικό μηχανικό ή τον τεχνολόγο των υλικών ή και με τον τοπογράφο μηχανικό, τα αποτελέσματα της δουλειάς τους θα είναι παρακινδυνευμένα και θα είναι αμφίβολη η ποιότητά τους.

Η δομή και η **Τεχνολογία των Υλικών** που έχουν χρησιμοποιηθεί ή χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία, την προστασία και την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς ενός τόπου είναι ένα από τα ουσιαστικά γνωστικά αντικείμενα και μια απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή εργασία και συνεργασία όλων όσοι συμμετέχουν στις διαδικασίες συντήρησης. Η τεχνική εξέταση αποτελεί το πρώτο στάδιο των εργασιών συντήρησης κάθε πολιτιστικού αγαθού και περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της δομής του και της σύστασής του, τη μελέτη της τεχνολογίας του, τον έλεγχο της φθοράς του και τη διαπίστωση των αποτελεσμάτων παλαιότερων επεμβάσεων. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι η διαδικασία της τεχνικής εξέτασης ενός αντικειμένου ή ενός μνημείου στηρίζεται στη γνώση της τεχνολογίας των υλικών.

Η τεχνολογία των υλικών είναι επίσης απαραίτητη για τον ορθό σχεδιασμό των εργασιών συντήρησης, ο οποίος σχεδιασμός θα έχει στόχο τη σωστή επιλογή των μεθόδων και των “μέσων θεραπείας” που πρέπει να ακολουθηθούν για κάθε πρόβλημα. Από την άλλη μεριά η γνώση της επηρεάζει σημαντικά τον επιτυχή χειρισμό των υλικών που τελικά θα χρησιμοποιηθούν.

Όλοι οι συντελεστές του βιβλίου, συγγραφείς, κριτές, συντονιστές κτλ. συμφωνούμε στο ότι η διαμόρφωση ενός κατηρητισμένου επαγγελματία, ο οποίος θα είναι ικανός να διεκπεραιώνει τις εργασίες με ασφάλεια και με επιτυχία και θα μπορεί να συνεργάζεται εποικοδομητικά τόσο με τους συντηρητές όσο και με τους άλλους επιστήμονες, είναι στόχος επιθυμητός και εξασφαλίζει τόσο την επαγγελματική επιτυχία και την προσωπική προκοπή του καθενός, όσο και το συλλογικό, πνευματικό και πολιτιστικό συμφέρον.

Η Υπεύθυνη του Τομέα Εφαρμοσμένων Τεχνών  
του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Φθινόπωρο 1999





## 1.1. Ταξινόμηση των πετρωμάτων

Πετρώματα καλούνται τα ορυκτά ή τα συσσωματώματα ορυκτών, από τα οποία αποτελείται ο στερεός φλοιός της γης. Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο αυτά σχηματίστηκαν διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- στα πυριγενή ή εκρηξιγενή ή μαγματικά πετρώματα,
- στα ιζηματογενή πετρώματα και
- στα μεταμορφωσιγενή ή κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.

### 1.1.1. Πυριγενή πετρώματα

Τα πυριγενή πετρώματα σχηματίστηκαν από τη στερεοποίηση της ρευστής και διάπυρης μάζας, η οποία μετατοπίστηκε από το εσωτερικό της γης και στερεοποιήθηκε στους επιφανειακούς σχηματισμούς του στερεού φλοιού της. Η ρευστή και διάπυρη αυτή μάζα ονομάζεται μάγμα, γι' αυτό το λόγο και τα πετρώματα αυτής της κατηγορίας ονομάζονται και μαγματικά. Τα πετρώματα αυτά ονομάζονται επίσης και εκρηξιγενή, επειδή η μετατόπιση του μάγματος από τα βαθύτερα προς τα επιφανειακά στρώματα του στερεού φλοιού της γης αποτελεί ένα είδος έκρηξης.

Τα πυριγενή πετρώματα διακρίνονται από χημικής άποψης σε όξινα, σε ενδιάμεσα, σε βασικά και σε υπερβασικά, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). Τα όξινα πυριγενή πετρώματα είναι κατά κανόνα ανοιχτόχρωμα, επει-

δή επικρατούν σ' αυτά τα λευκά συστατικά όπως το πυρίτιο (Si) και το αργίλιο (Al). Αντίθετα, τα βασικά και τα υπερβασικά είναι σκουρόχρωμα, αφού επικρατούν συστατικά όπως ο σίδηρος (Fe) και το μαγνήσιο (Mg). Τα πυριγενή πετρώματα, ανάλογα με τις συνθήκες και τη θέση στις οποίες ψύχεται το μάγμα, διακρίνονται σε πλουτώνια, ηφαιστειογενή και φλεβίτες.

### **\* Πλουτώνια πετρώματα**

Το μάγμα κατά τη μετατόπισή του δεν κατορθώνει πάντα να φτάσει μέχρι την επιφάνεια της γης. Έτσι, ψύχεται κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσης και στερεοποιείται μέσα στο στερεό φλοιό της, σχηματίζοντας ένα είδος πυριγενούς πετρώματος, που ονομάζεται πλουτώνιο. Κατά το σχηματισμό αυτών των πετρωμάτων οι συνθήκες κρυστάλλωσης των ορυκτών είναι πολύ ομαλές. Γι' αυτό το λόγο η δομή τους είναι χαρακτηριστική για τους ισομεγέθεις κόκκους της και για την καλή κρυστάλλωσή της. Στα πλουτώνια πετρώματα ανήκουν οι γρανίτες, οι γρανοδιορίτες, οι γάββροι κι οι περιδοτίτες.

### **\* Ηφαιστειογενή πετρώματα**

Όταν το μάγμα κατορθώνει να φτάσει ως την επιφάνεια της γης και να στερεοποιηθεί εκεί, όπως π.χ. στην περίπτωση της λάβας που βγαίνει από τους κρατήρες των ηφαιστείων, τότε έχουμε το σχηματισμό πετρωμάτων, τα οποία λόγω της προέλευσής τους ονομάζονται ηφαιστειογενή. Τα πετρώματα αυτά, επειδή έχουν προέλθει από γρήγορη ψύξη του μάγματος, χαρακτηρίζονται από την ανομοιογένεια της κρυσταλλικής δομής τους, καθώς μόνο ένα μέρος των ορυκτολογικών συστατικών τους έχει κρυσταλλοποιηθεί και το υπόλοιπο έχει παραμείνει ως άμορφη υαλώδης μάζα. Στα ηφαιστειογενή πετρώματα ανήκουν ο λιπαρίτης (με δύο παραλλαγές ως οψιδιανός και ως κίσηρη, η γνωστή ελαφρόπετρα), ο τραχείτης, ο ανδεσίτης, ο βασάλτης και ο διαβάσης.

### \* Φλεβίτες

Στην περίπτωση που το μάγμα στερεοποιηθεί μέσα σε ρήγματα ή σε μικρά κενά διάφορων γεωλογικών σχηματισμών κάτω από μέση ταχύτητα ψύξης, σε μέτρια πίεση και με μερική διαφυγή των αερίων του, τότε δημιουργούνται τα πετρώματα που ονομάζονται φλεβίτες. Φλεβιτικά πετρώματα είναι οι πορφυρίτες.

### 1.1.2. Ιζηματογενή πετρώματα

Τα ιζηματογενή πετρώματα σχηματίστηκαν από τα προϊόντα αποσάθρωσης και διάβρωσης άλλων πετρωμάτων που προϋπήρχαν. Τα προϊόντα αποσάθρωσης βρίσκονται ως διάλυμα ή ως αιώρημα στο νερό ή αιωρούνται στον αέρα. Η καταβύθιση ή η απόθεσή τους είναι δυνατή είτε μέσα στο βυθό της θάλασσας ή λίμνης, είτε ακόμη και σε επιφάνεια ξηράς. Τα πετρώματα αυτά, επομένως, ονομάζονται ιζηματογενή, διότι συνήθως προέρχονται από την καθίζηση των αποσαθρωμένων αυτών προϊόντων ως χημικών και μηχανικών ιζημάτων μέσα στο νερό.

Οι φυσικές διεργασίες που αποτελούν τους παράγοντες δημιουργίας των ιζηματογενών πετρωμάτων είναι η αποσάθρωση, η μεταφορά, η απόθεση και η διαγένεση. Η αποσάθρωση περιλαμβάνει όλες τις μηχανικές, φυσικές και χημικές διεργασίες που οδηγούν στην καταστροφή ενός πετρώματος. Η μεταφορά είναι η φάση κατά την οποία τα υλικά της αποσάθρωσης ενός πετρώματος με τη βοήθεια του νερού ή του αέρα απομακρύνονται από τον τόπο προέλευσής τους. Το μέγεθος και το ειδικό βάρος των υλικών αποσάθρωσης καθορίζουν και την απόσταση στην οποία αυτά θα μεταφερθούν. Η απόθεση είναι η φάση κατά την οποία η ενέργεια του μέσου μεταφοράς (π.χ. νερού, αέρα) των υλικών αποσάθρωσης μειώνεται, με συνέπεια τα υλικά που αιωρούνται να αρχίζουν να κατακάθονται. Τέλος, η διαγένεση είναι διαδικασία μετατροπής των ιζημάτων που έχουν κατακαθίσει σε συμπαγή πετρώματα. Με βάση την προέλευση και το είδος του ιζήματος

τα ιζηματογενή πετρώματα διακρίνονται σε κλαστικά ή μηχανικά και σε βιογενή ή οργανογενή.

### **\* Κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα**

Τα ιζήματα διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους (κατά φθίνουσα σειρά) σε: τρογμάλες, λατύπες, κροκάλες, χάλικες, άμμο, ιλύ και άργιλο. Αντιστοίχως τα πετρώματα που προκύπτουν από τη διαγένεση αυτών των ιζημάτων ονομάζονται: τρογματοπαγή, λατυποπαγή, κροκαλοπαγή, χαλικοπαγή και ψαμμίτες.

### **\* Χημικά και βιογενή ιζηματογενή πετρώματα**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν πετρώματα των οποίων το ίζημα έχει σχηματιστεί κυρίως από υπολείμματα οργανισμών (π.χ. κελύφη ή σκελετούς φυτικών και ζωικών οργανισμών). Κυριότερα πετρώματα αυτής της κατηγορίας είναι: οι ασβεστόλιθοι, οι μάργες, ο τραβερτίνης, η κρητίδα (ή κιμωλία), ο δολομίτης και οι κερατόλιθοι.

### **1.1.3. Μεταμορφωσιγενή πετρώματα**

Τα μεταμορφωσιγενή πετρώματα προέρχονται από τη μεταμόρφωση ορισμένων ορυκτολογικών συστατικών των πυριγενών και των ιζηματογενών πετρωμάτων, με φυσικοχημικές διεργασίες υπό την επίδραση κυρίως υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων. Στα μεταμορφωσιγενή πετρώματα ανήκουν οι φυλλίτες, οι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, οι γνεύσιοι και τα μάρμαρα.

## 1.2. Είδη και ιδιότητες των μαρμάρων

Τα μάρμαρα είναι μεταμορφωσιγενή πετρώματα που έχουν προέλθει από την ανακρυστάλλωση των ασβεστόλιθων. Συνεπώς, ένα από τα κύρια συστατικά του μαρμάρου είναι ο ασβεστίτης με χημικό τύπο  $\text{CaCO}_3$ . Ήδη από την πρόμη Εποχή του Χαλκού,



Εικόνα 1.1.: Μαρμάρινα ειδώλια από τη Νάξο, 2.800-2.300 π.Χ. (Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο).



Εικόνα 1.2.: Παρθενόνας. Έργο των αρχιτεκτόνων Ικτίνου και Καλλικράτη, από πεντελικό μάρμαρο, 447-438 π.Χ.

το μάρμαρο έχει χρησιμοποιηθεί στη γλυπτική για τη δημιουργία ανθρωπόμορφων αγαλματιδίων (Εικόνα 1.1.).

Αργότερα, εκτός από τη γλυπτική, τα μάρμαρα χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα και στην αρχιτεκτονική (Εικόνα 1.2.), επειδή η κρυσταλλική δομή τους δίνει καλό αισθητικό αποτέλεσμα. Κοιτάσματα μαρμάρου γνωστά κατά την αρχαιότητα βρίσκονταν στην Πεντέλη, στην Πάρο, στα νησιά του Βοσπόρου, στην Αφροδισιάδα της Μ. Ασίας, καθώς και στην Καρράρα της Ιταλίας. Το λευκό παριανό μάρμαρο -γνωστό και ως “λυχνίτης” κατά τους αρχαίους χρόνους- παρουσιάζει τη μεγαλύτερη διαφάνεια και χρησιμοποιήθηκε εκτενώς στη γλυπτική (λαμπρά παραδείγματα ο Ερμής του Πραξιτέλη (Εικόνα 1.3.) και η Αφροδίτη της Μήλου). Στους

αρχαίους χρόνους η εξόρυξη του μαρμάρου και η μεταφορά του ήταν σχετικά επίπονες διαδικασίες. Για την εξόρυξη χρησιμοποιούνταν οι εξής τεχνικές:



*Εικόνα 1.3.: Ο Ερμής με το μικρό Διόνυσο, έργο του Πραξιτέλη, περίπου 350-330 π.Χ., από λευκό παριανό μάρμαρο (Μουσείο Ολυμπίας).*

\* Αξιοποίηση των φυσικών ρωγμών του πετρώματος. Έτσι διευκολυνόταν η εξαγωγή κομματιών που θα χρησιμοποιούνταν στη συνέχεια ως δομικά στοιχεία αρχιτεκτονικών μνημείων.

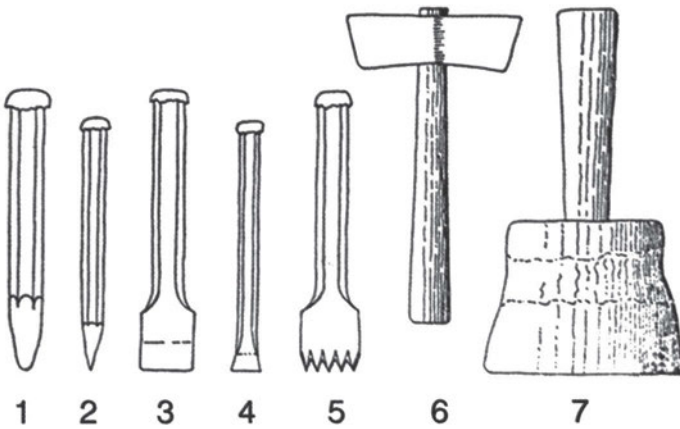
\* Εξαγωγή με θερμικό σοκ. Το πέτρωμα θερμαινόταν αρχικά και στη συνέχεια βρεχόταν με κρύο νερό με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η διάνοιξή του.

\* Εξαγωγή με σφυροκόπημα, αφού πρώτα είχε οριοθετηθεί με σμίλη το επιθυμητό μέγεθος.

\* Εξαγωγή με σκάψιμο πρώτα ενός καναλιού και με χρησιμοποίηση στη συνέχεια ξύλινων σφηνών, οι οποίες διαβρέχονταν και διογκώνονταν, με αποτέλεσμα τη ρηγμάτωση του πετρώματος.

Η μεταφορά των όγκων του πετρώματος γινόταν μέσω όποιας οδού ήταν διαθέσιμη κοντά στον τόπο της εξόρυξης (από θάλασσα ή από στεριά), και για την επίτευξή της απαιτούνταν συνήθως πολλά ανθρώπινα χέρια, επιστρατεύονταν ζώα ή ακόμα δημιουργούνταν ειδικές κατασκευές πάνω στους δρόμους, ώστε να γλιστράνε οι μαρμάρινοι ογκόλιθοι.

Από την αρχαιότητα έως σήμερα πολλά έχουν βελτιωθεί στον τρόπο εξόρυξης και μεταφοράς των μαρμάρων ωστόσο, τα λιθοξοικά εργαλεία παραμένουν σχετικά τα ίδια (Σχήμα 1.1.). Ανάλογα με τις προσμείξεις που περιέχονται στους αρχικούς ασβεστόλιθους και με το βαθμό μεταμόρφωσης, διακρίνονται διάφορα είδη μαρμάρων. Ο βαθμός μεταμόρφωσης προσδιορίζει την κοκκομετρία του μαρμάρου, δηλ. το μέγεθος των κόκκων των κρυστάλλων



Σχήμα 1.1.: Λιθοξοϊκά εργαλεία: 1. Βελόνι, 2. Βελονάκι, 3. Λάμα ή καλέμι, 4. Λαμάκι ή καλέμι, 5. Ντισλίδικο, 6. Ματρακάς, 7. Κόπανος.

του. Διακρίνονται επομένως σε λεπτόκοκκα (π.χ. πεντελικό μάρμαρο), μεσόκοκκα και χονδρόκοκκα (π.χ. μάρμαρα Φιλίππων).

Τα μάρμαρα ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους, με το είδος των ορυκτολογικών συστατικών

τους και με το είδος και το ποσοστό των προσμείξεών τους παρουσιάζουν διάφορες ιδιότητες. Ο χρωματισμός των μαρμάρων επίσης είναι αποτέλεσμα των προσμείξεων, ιδιαίτερα στην περίπτωση των ασβεστολιθικών μαρμάρων, στα οποία το κύριο ορυκτολογικό υλικό τους είναι ο ασβεστίτης, που είναι λευκός. Διακρίνονται, λοιπόν, οι παρακάτω κατηγορίες προσμείξεων:

\* **Υδροξειδίου και οξειδίου του σιδήρου**, που ανάλογα με την περιεκτικότητα του μαρμάρου σε αυτά προσδίδεται χρώμα από ελαφρά κίτρινο μέχρι σκούρο κόκκινο. Εξαιτίας των προσμείξεων αυτών, καθώς και της οξείδωσης του σιδήρου, παρατηρείται αλλοίωση χρωματική στα μάρμαρα αυτής της κατηγορίας, όταν εκτεθούν στο ύπαιθρο. Παραδείγματα τέτοιας αλλοίωσης παρουσιάζουν τα λευκά και τα υπόλευκα μάρμαρα, όπως π.χ. της Πεντέλης, του Υμηττού, της Δράμας, της Θάσου, της Τήνου κ.ά., καθώς και τα φαιά και τα κόκκινα μάρμαρα της Κοζάνης, των Ιωαννίνων, της Ρόδου κ.ά.

\* **Ολιβίνη**, που προσδίδει στα μάρμαρα υποπράσινη απόχρωση. Τα μάρμαρα αυτής της κατηγορίας αποχρωματίζονται ελαφρώς



με την πάροδο του χρόνου λόγω της αποσάθρωσης του ολιβίνη. Παραδείγματα τέτοιων μαρμάρων είναι τα μάρμαρα των Στύρων και της Καρύστου Ευβοίας.

\* **Ανθρακούχων προσμείξεων**, που προσδίδουν στα μάρμαρα από γκρι έως μαύρες αποχρώσεις. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα μάρμαρα του Κοκκιναρά, της Βυτίνας, του Μαραθώνα κ.ά. Από τις προσμείξεις εξαρτάται επίσης η αντοχή του μαρμάρου σε θλίψη, σε τριβή, σε κρούση και σε προσβολή από τα διοξείδια του θείου και του άνθρακα της ατμόσφαιρας.

### **Συγκεκριμένα:**

\* Τα λευκά χονδροκρυσταλλικά μάρμαρα που δεν έχουν προσμείξεις παρουσιάζουν τη μικρότερη αντοχή σε θλίψη, σε τριβή, σε κρούση και σε προσβολή από το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και από το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) της ατμόσφαιρας. Οι αντοχές των λευκών μαρμάρων είναι αντιστρόφως ανάλογες του μεγέθους των κρυσταλλικών κόκκων τους.

\* Οι προσμείξεις οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου προσδίδουν αυξημένη αντοχή σε τριβή και σε κρούση.

\* Οι σιδηρούχες και ανθρακούχες προσμείξεις προσδίδουν αυξημένη αντοχή σε θλίψη.

\* Οι προσμείξεις ανθρακικού μαγνησίου ( $\text{MgCO}_3$ ) (π.χ. δολομιτικά μάρμαρα της Θάσου) προσδίδουν στα μάρμαρα αυξημένη αντοχή σε τριβή και σε κρούση.

\* Μάρμαρα συμπαγή, με ομοιογενή σύσταση και χωρίς πόρους, παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών.

### 1.3. Γρανίτες

Ο γρανίτης είναι το πλέον διαδεδομένο εκρηξιγενές πλουτώνιο πέτρωμα του στερεού φλοιού της γης. Τα κύρια συστατικά του είναι ο χαλαζίας, οι άστριοι και οι μαρμαρυγίες. Ανάλογα με την ορυκτολογική σύστασή του υποδιαιρείται σε δύο κύριες ομάδες: τους αλκαλι-γρανίτες και τους αλκαλι-ασβεστο-γρανίτες. Χημικά οι γρανίτες χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη περιεκτικότητά τους σε διοξείδιο του πυριτίου (64-80%). Η περιεκτικότητά τους σε άργιλο ποικίλλει από 14-18%, σε αλκαλικές γαίες από 1-5%, σε αλκάλια από 7-10%. Είναι από τα σκληρότερα πετρώματα και παρουσιάζει αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις. Ωστόσο, υπό την επίδραση των ατμοσφαιρικών μεταβολών (διαστολή με θέρμανση και συστολή με ψύξη) αποσαθρώνεται σε άργιλο και σε άμμο.

Η αντοχή τους σε καταπονήσεις ήταν ο λόγος που οι γρανίτες χρησιμοποιήθηκαν ως δομικά υλικά (π.χ. υπόβαθρα μνημείων, διακοσμητικοί λίθοι, στρώση οδών κτλ.). Από τεχνικής άποψης, οι καλύτεροι γρανίτες είναι οι λεπτόκοκκοι, οι πλουσιότεροι σε χαλαζία, οι φτωχότεροι σε μαρμαρυγία και αυτοί που παρουσιάζουν λιγότερους κενούς χώρους μεταξύ των κρυστάλλων τους. Η αντοχή τους αυξάνεται, όταν τα διάφορα ορυκτά συστατικά από τα οποία αποτελούνται δεν έχουν αποσαθρωθεί.

Στην Ελλάδα γρανίτες βρίσκονται στις Κυκλάδες, στο Παγγαίο, στις Σέρρες, στη Χαλκιδική, στη λίμνη Πρέσπα, στην Πλάκα του Λαυρίου και αλλού.

## 1.4. Αδρανή υλικά

### 1.4.1. Είδη αδρανών υλικών (φυσικά-τεχνητά) και οι ιδιότητές τους

Τα αδρανή είναι λίθινα κυρίως υλικά σε μορφή κόκκων, που περιβάλλονται από μια συνδετική ύλη και σχηματίζουν σύνθετα υλικά κατασκευών. Αποτελούνται από ένα σύνολο σπασμένων (θραυστών) ή και συλλεγμένων χαλικιών (σκύρων που έχουν συλλεχθεί από το περιβάλλον) φυσικής ή τεχνητής προέλευσης. Οι κόκκοι τους είναι συμπαγείς, του ίδιου ή διαφορετικού μεγέθους, και διακρίνονται ανάλογα με την προέλευση και το μέγεθός τους. Ονομάζονται αδρανή υλικά, διότι σε κανονικές συνθήκες δεν αντιδρούν χημικά με τη συνδετική ύλη. Όταν η συνδετική ύλη, η κονία, είναι το τσιμέντο (ή τσιμεντοκονία), σχηματίζουν το τσιμεντοκονίαμα ή σκυρόδεμα. Αντίστοιχα, όταν η συνδετική ύλη είναι ο ασβέστης, σχηματίζεται το ασβεστοκονίαμα κ.ο.κ.

Σε όλες τις περιπτώσεις τα αδρανή υλικά αποτελούν το σκελετό του σύνθετου υλικού, η δε συνδετική ύλη γεμίζει, ολικά ή μερικά, τα κενά και συγκολλά τους κόκκους μεταξύ τους. Ωστόσο, υπάρχουν και κατασκευές στις οποίες τα αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται χωρίς συνδετική ύλη, όπως συμβαίνει π.χ. στις κατασκευές στραγγιστηρίων, στις βάσεις οδοστρωμάτων και αλλού.

Διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες αδρανών υλικών: α) αυτά που προέρχονται από φυσικά πετρώματα και ονομάζονται **φυσικά αδρανή** και β) αυτά που προέρχονται από θραυστά και συλλεγμένα υλικά, τα οποία κατασκευάζονται τεχνητά, όπως π.χ. σκωρία υψικαμίνων, συντήγματα υψικαμίνων κτλ. Αυτά τα τελευταία ονομάζονται **τεχνητά αδρανή**. Παρακάτω θα αναφερθούμε στα φυσικά αδρανή και στα χαρακτηριστικά τους.

### 1.4.2. Αδρανή από φυσικά πετρώματα

Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους διακρίνονται σε **φυσικά** ή **φερτά** ή **συλλεκτά** και σε **θραυστά**. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν συλλεγμένα αδρανή, τα οποία προέρχονται από όχθες ποταμών ή λιμνών, από παραλίες θαλασσών και από ορυχεία. Τα δεύτερα δημιουργούνται από σπάσιμο πετρωμάτων που εξορύσσονται από λατομεία ή ακόμη από το σπάσιμο χονδρών φυσικών αδρανών.

Τα θραυστά χαλίκια έχουν οξείες γωνίες, ακμές και είναι ομοιογενή, επειδή α) προέρχονται από το ίδιο πέτρωμα και β) με κοσκίνισμα είναι δυνατόν να παραλάβουμε χαλίκια ίδιου μεγέθους.

Αντίθετα, τα συλλεγμένα αδρανή δεν έχουν την ίδια μορφή, επειδή με τη συνεχή τριβή, καθώς παρασύρονται από τα νερά των χειμάρρων, των ποταμών ή των θαλασσών, οι ακμές τους στρογγυλεύονται.

Ανάλογα με τις διαστάσεις των κόκκων τους διακρίνονται σε **σκύρα** ή **χαλίκια** (τα οποία είναι συνήθως φυσικά σκύρα), σε **γαρμπίλια** ή **ψηφίδες** και σε **άμμο**. Τα σκύρα και τα χαλίκια περιλαμβάνουν κόκκους με διάμετρο περίπου από 10 ή 15 χιλιοστόμετρα μέχρι 30 ή 50 ή και 70 χιλιοστόμετρα. Το γαρμπίλι περιλαμβάνει κόκκους από 5 ή 7 χιλιοστόμετρα περίπου μέχρι 10 ή 15 χιλιοστόμετρα, και η άμμος τους κόκκους που είναι μικρότεροι από 5 ή 7 χιλιοστόμετρα.

Τα στοιχεία εκείνα των αδρανών που έχουν άμεση επίδραση στο σύνθετο υλικό το οποίο σχηματίζεται από αυτά είναι τα ακόλουθα:

#### α) Η χημική και ορυκτολογική σύστασή τους:

Χημικές ενώσεις ή προσμείξεις μέσα στο αρχικό (μητρικό) πέτρωμα μπορεί να οδηγήσουν σε καταστροφικές μεταβολές όγκου ή σε αποσάθρωση των κόκκων. Πετρώματα με τέτοιες τάσεις είναι οι αργιλικοί σχιστόλιθοι, ο αποσαθρωμένος βασάλτης κ.ά. Έλεγχος της συμπεριφοράς του αδρανούς στο χρόνο και υπό την επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος γίνεται με δύο μεθόδους. Η μία μέθοδος προβλέπει βύθιση ενός δείγματος αδρανούς (π.χ. σκύρων)

σε κορεσμένο διάλυμα θειικού νατρίου ή θειικού ασβεστίου, και η άλλη υποβολή σε εναλλασσόμενους κύκλους ψύξης-απόψυξης. Στο τέλος αυτών των δοκιμών μετριέται το ποσοστό βάρους του υλικού που αποσπάται από τους κόκκους σε μορφή σκόνης ή μικρών κομματιών.

Εκτός από την ανθεκτικότητά τους, τα αδρανή δεν πρέπει να προκαλούν καταστροφή της συνδετικής ύλης που τα περιβάλλει, ούτε να αλλοιώνεται η πρόσφυσή τους σ' αυτήν.

### **β) Τα φυσικά χαρακτηριστικά τους:**

Τα φυσικά χαρακτηριστικά, και κυρίως η αντοχή του πετρώματος σε μηχανικές καταπονήσεις και “δυσμενείς” συνθήκες περιβάλλοντος, η μορφή των κόκκων (μέγεθος, σχήμα κτλ.), η αντοχή σε φθορά από τριβή, οι επιβλαβείς προσμείξεις και η κοκκομετρική διαβάθμιση καθορίζουν τη συμπεριφορά του σύνθετου υλικού. Γι' αυτό το λόγο γίνονται δοκιμές ελέγχου σε δείγματα αδρανών κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες με τη βοήθεια ειδικών συσκευών.

Τέλος, άλλα χαρακτηριστικά που θεωρούνται σημαντικά ανάλογα με τη χρήση του αδρανούς είναι το ειδικό βάρος, το φαινόμενο ειδικό βάρος, το φαινόμενο βάρος, το πορώδες, ο συντελεστής θερμικής διαστολής, το μέτρο ελαστικότητας κ.ά.

## 1.5.ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 1ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 1.5.1. Τι ονομάζεται πέτρωμα;
- 1.5.2. Με βάση ποιους παράγοντες ταξινομούνται τα πετρώματα σε τρεις βασικές κατηγορίες; Να αναφέρετε τις κατηγορίες αυτές.
- 1.5.3. Ποια τα βασικά χαρακτηριστικά των πυριγενών πετρωμάτων;
- 1.5.4. Ποιες οι βασικές κατηγορίες πυριγενών πετρωμάτων;
- 1.5.5. Ποια τα βασικά χαρακτηριστικά των ιζηματογενών πετρωμάτων;
- 1.5.6. Ποιες οι βασικές κατηγορίες ιζηματογενών πετρωμάτων;
- 1.5.7. Τι γνωρίζετε για τον τρόπο σχηματισμού των μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων;
- 1.5.8. Ποια η σύσταση και ποια η χρήση των μαρμάρων;
- 1.5.9. Με βάση ποιες ιδιότητές τους κατατάσσονται τα μάρμαρα σε διαφορετικές κατηγορίες; Να αναφέρετε αυτές τις κατηγορίες.
- 1.5.10. Ποια η σημασία των προσμείξεων του μαρμάρου για τις ιδιότητές του. Να αναφέρετε παραδείγματα.
- 1.5.11. Ποια τα χαρακτηριστικά των γρανιτών και ποια η χρήση τους;



## 1.5.ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 1ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ:

**1.5.12.** Ποιες οι βασικές ομοιότητες και ποιες οι κύριες διαφορές μεταξύ των γρανιτών και των μαρμάρων;

**1.5.13.** Ποια υλικά ονομάζουμε αδρανή και σε ποιες κατηγορίες κατατάσσονται;

**1.5.14.** Να αναφέρετε τα κύρια φυσικά αδρανή υλικά που γνωρίζετε και τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους.

## 2.1. Τύποι επιχρισμάτων (αργιλικά, ασβεστούχα, επιχρίσματα γύψου) και τρόποι χρήσης τους

Τα κονιάματα/επιχρίσματα χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη τοιχοποιίας ως συνδετικά των δόμων ή ως στρώματα που απλώνονται στην τοιχοποιία και μπορούν να ζωγραφιστούν ή/ και να διακοσμηθούν.

Το κονίαμα είναι το πρώτο στρώμα που απλώνεται πάνω στην επιφάνεια μιας τοιχοποιίας και συνήθως είναι χονδρόκοκκο και παχύ. Το στρώμα αυτό δημιουργεί μια επίπεδη επιφάνεια στον τοίχο και μερικές φορές, όπως στην περίπτωση των fresco, χρησιμεύει για να συγκρατεί υγρασία.

Επίχρισμα είναι το δεύτερο στρώμα που απλώνεται πάνω από το κονίαμα και συνήθως είναι λεπτόκοκκο και λεπτό. Αυτό το στρώμα μπορεί να ζωγραφιστεί ή/και να διακοσμηθεί. Τα δύο αυτά στρώματα εξασφαλίζουν την πρόσφυση της ζωγραφικής επιφάνειας στον τοίχο και δημιουργούν μια επίπεδη και λεία επιφάνεια που μπορεί να ζωγραφιστεί.

Επομένως, τα κονιάματα και τα επιχρίσματα χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα για τοιχογραφίες, όπως αυτές που υπάρχουν σε εκκλησίες, αρχαίους τάφους κτλ.

Οι πρώτες ύλες του κονιάματος αναμειγνύονται με νερό, αποκτούν πλαστικότητα και, όταν στεγνώσει το κονίαμα, σκληραίνουν. Αυτές οι ιδιότητες δίνουν στα κονιάματα στερεωτικές ιδι-



ότητες με πολλές εφαρμογές. Υπάρχουν τρεις τύποι υλικών που χρησιμοποιούνται στα επιχρίσματα/κονιάματα:

- Κονιάματα/επιχρίσματα με βάση αργίλους
- Γύψος
- Ασβεστοκονιάματα.

Τα κονιάματα και επιχρίσματα των οποίων η σύνθεση βασίζεται σε αργίλους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τοιχογραφίες. Στις ιδιότητες των αργίλων έχουμε ήδη αναφερθεί (κεφάλαιο κεραμικής). Η άργιλος αποτελείται από διαφορετικούς τύπους κρυστάλλων ορυκτών που, όταν απορροφούν νερό, την καθιστούν εύπλαστη (και κολλώδη) και εύκολη κατά την επεξεργασία της. Αυτή η ιδιότητα επιτρέπει στην άργιλο να διατηρεί το σχήμα της και εξασφαλίζει την πρόσφυσή της με άλλα υλικά. Όταν στεγνώσει η άργιλος, διατηρεί το σχήμα της, αλλά μπορεί να είναι εύθραυστη, επειδή συστέλλεται κατά το στέγνωμα (σκάσιμο). Η άργιλος που χρησιμοποιείται για κονιάματα/επιχρίσματα συχνά αναμειγνύεται με μη-πλαστικές ύλες ή “αδρανή”, όπως άμμο, πυρίτιο και φυτικές ίνες, για να γίνει πιο εύπλαστη και να μη δημιουργούνται ρωγμές στο κονίαμα/επιχρίσμα κατά το στέγνωμα. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα των κονιαμάτων/επιχρισμάτων με βάση αργίλους είναι ότι διαβρώνονται εύκολα από τη μηχανική δράση του νερού, π.χ. βροχή. Με την πάροδο του χρόνου η φυσική δράση της βροχής σε επικαλυμμένη με άργιλο επιφάνεια έχει ως αποτέλεσμα να μαλακώνει και να διογκώνεται η άργιλος και έτσι να εκπλένεται από την επιφάνεια.

Η **γύψος** είναι ένα κονίαμα που χρησιμοποιείται συχνά ως συνδετικό υλικό για πέτρες ή για τούβλα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επίχρισμα για τοιχογραφίες σε ξηρά κλίματα, όπως στην Αίγυπτο, ή σε εσωτερικούς χώρους για την προετοιμασία ξύλινων υποστρωμάτων, προκειμένου να ζωγραφιστούν ή να επιμεταλλωθούν, και στην περίπτωση αυτή έχει την ιταλική ονομασία *gesso*.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η γύψος ως επίχρισμα/κονίαμα, δεν είναι αναγκαίο να προστεθούν σ' αυτήν άλλες ουσίες. Υπάρχουν δύο μορφές γύψου, οι άνυδρες (δεν περιέχουν νερό) και οι ενυδατωμένες (περιέχουν νερό). Οι κυριότερες από αυτές είναι:

Σε φυσική μορφή:

\* σεληνίτης

\* ανυδρίτης (II) ή άνυδρο θειικό ασβέστιο ( $\text{CaSO}_4$ ).

Παραλλαγές της φυσικής γύψου παρασκευασμένες τεχνητά:

\* οδοντιατρική γύψος ή πλαστική γύψος (Plaster of Paris)

\* δομική γύψος, διακοσμητική γύψος

\* υδραυλική γύψος ή γύψος δαπέδων.

Η γύψος υπάρχει στη φύση σαν κρυσταλλικό ορυκτό, που ονομάζεται σεληνίτης και αποτελείται από  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (διένυδρο θειικό ασβέστιο ή διένυδρη γύψος) που περιέχει περίπου 21% κ.β. νερό. Επίσης, η γύψος μπορεί να βρεθεί στη φύση ως ανυδρίτης (II) ή άνυδρο θειικό ασβέστιο ( $\text{CaSO}_4$ ), που έχει την ιδιότητα να απορροφά υγρασία από την ατμόσφαιρα και να μετατρέπεται σε σεληνίτη. Φυσική γύψος υπάρχει σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, όπως στη Σητεία Κρήτης, στη Ζάκυνθο, στο Αιτωλικό, στη Βόνιτσα και στην Κω.

Μια από τις κυριότερες ιδιότητες της γύψου είναι ότι διαλύεται στο νερό, και γι' αυτό έχει χαμηλή αντίσταση στην επίδραση της υγρασίας. Όταν θερμανθούν τα ορυκτά της φυσικής γύψου, μπορούμε να πάρουμε διάφορες μορφές, που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία θέρμανσης, τη διάρκεια της θέρμανσης και την παρουσία ή όχι νερού. Για παράδειγμα, η θέρμανση της γύψου (αφαίρεση του περιεχομένου νερού) περίπου στους  $180^\circ\text{C}$  μάς δίνει πλαστική γύψο (Plaster of Paris), μια λευκή σκόνη.

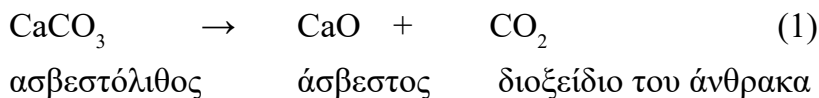
Όταν αναμιχθεί η πλαστική γύψος με νερό, απορροφά όσο νερό χρειάστηκε να αφαιρεθεί για το σχηματισμό της και έτσι μετα-

τρέπεται σε μια παχιά πάστα και επιστρέφει στη μορφή του διένυδρου θεικού ασβεστίου  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Αυτή η πάστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γέμισμα σε τοιχοποιίες, αλλά πρέπει να δουλευτεί γρήγορα (10-30 λεπτά), ειδάλως χάνει την πλαστικότητά της. Κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης/στεγνώματος η γύψος διογκώνεται και σκληραίνει. Επειδή, λοιπόν, καθιστά ανθεκτικές τις επιφάνειες που καλύπτει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνδετικό υλικό. Είναι όμως πολύ ευαίσθητη στο νερό και διαβρώνεται εύκολα, όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις σχετικής υγρασίας. Για το λόγο αυτό η γύψος χρησιμοποιείται μόνο σε εσωτερικούς χώρους που έχουν ξηρή ατμόσφαιρα.

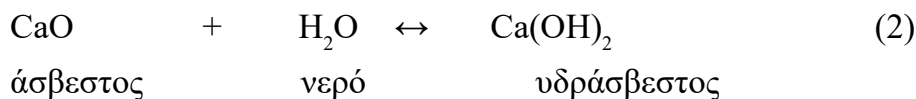
Στη γύψο μπορούν να προστεθούν αδρανή υλικά, για να μεταβάλουν την εργασιμότητα του υλικού. Για παράδειγμα, η προσθήκη ορυκτών και ανόργανων αλάτων (θεικό κάλιο) μπορεί να αυξήσει τη διαλυτότητα της γύψου. Η προσθήκη οργανικών υλικών, όπως ζελατίνης ή αμύλου, μειώνει την ποσότητα του νερού στο μείγμα και έτσι αυξάνεται ο χρόνος που χρειάζεται για να στερεοποιηθεί/πήξει το υλικό.

Τα **ασβεστοκονιάματα** χρησιμοποιήθηκαν συνήθως ως κονιάματα (καλούνται υδραυλική άσβεστος) και ως υποστρώματα για τοιχογραφίες. Η πρώτη ύλη για τα ασβεστοκονιάματα είναι η άσβεστος (ασβέστης), η οποία είναι προϊόν επεξεργασίας των ασβεστολίθων, που υπάρχουν άφθονοι στη φύση.

Η θέρμανση του ασβεστόλιθου σε κλίβανο σε θερμοκρασία 850-1000°C οδηγεί στο σχηματισμό οξειδίου του ασβεστίου  $\text{CaO}$  (άσβεστος) σύμφωνα με την αντίδραση :

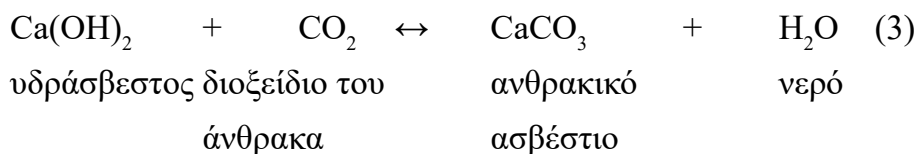


Η αντίδραση επίσης οδηγεί στο σχηματισμό διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια η άσβεστος αναμειγνύεται με νερό και δημιουργείται μια μαλακή πάστα, που καλείται υδράσβεστος, όπως φαίνεται από την παρακάτω αντίδραση:



Υπάρχουν διάφοροι τύποι υδράσβεστου (αερική κονία πηχτή ή αραιή) που χρησιμοποιήθηκαν για τοιχογραφίες. Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται συχνά και ως επίχρισμα τοιχογραφιών. Με ένα μυστήρι λειαίνεται το επίχρισμα πάνω από το κονίαμα και έτσι η υγρασία και η υδράσβεστος  $\text{Ca(OH)}_2$  έρχονται στην επιφάνεια.

Οι χρωστικές πρέπει να χρησιμοποιηθούν την κατάλληλη στιγμή, όταν το επίχρισμα δε θα είναι ούτε πολύ μαλακό ούτε πολύ σκληρό. Αν το επίχρισμα είναι πολύ μαλακό, το χρώμα δε θα απλωθεί μόνο στο σημείο που θέλουμε, ενώ, αν είναι πολύ σκληρό το επίχρισμα, το χρώμα δε θα έχει την απαραίτητη πρόσφυση στην επιφάνεια. Η υδράσβεστος αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας (γι' αυτό καλείται αερική κονία) και, όταν πήξει και σκληρύνει, σχηματίζεται ανθρακικό ασβέστιο (ασβεστόλιθος) και το νερό που σχηματίζεται εξατμίζεται :



Η αντίδραση αυτή για να ολοκληρωθεί, απαιτείται διάστημα εβδομάδων, κατά τη διάρκεια των οποίων και το κονίαμα αποκτά την τελική σκληρότητά του.

Κατά τη διάρκεια αυτής της αντίδρασης οι χρωστικές ενσωματώνονται στο επίχρισμα με την κρυστάλλωση του ανθρακικού ασβεστίου.

Επειδή η υδράσβεστος από μόνη της δεν μπορεί να δώσει ανθεκτικά κονιάματα, χρησιμοποιούνται συχνά αδρανή υλικά, τα οποία δίνουν μεγαλύτερη αντοχή στο κονίαμα. Αδρανή υλικά (που δεν αντιδρούν με τον ασβέστη), όπως η άμμος, μπορούν να προστεθούν και να δώσουν έναν πιο ανθεκτικό σκελετό στο ασβεστοκονίαμα. Επίσης, η ποιότητα του ασβέστη επηρεάζεται από την παρουσία ουσιών, όπως μαγνησίου, ανθρακικών ενώσεων, αργιλικών ενώσεων, πυριτίου και οξειδίων του σιδήρου.

Οι υδραυλικές άσβεστοι πήζουν περίπου όπως το τσιμέντο. Το κυριότερο συστατικό τους είναι το πυριτικό ασβέστιο. Η πήξη και η σκλήρυνση των υλικών αυτών γίνεται στον αέρα αλλά και στο νερό, γι' αυτό καλούνται υδραυλικές.

Η διάβρωση των ασβεστοκονιαμάτων οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις με το νερό που περιέχει διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα (επειδή το  $\text{CO}_2$  είναι οξύ και διαλύει το  $\text{CaCO}_3$ ), και σε φυσική διάβρωση εξαιτίας της παρουσίας αλάτων.

## 2.2. Τύποι κονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα

Κατά τη διάρκεια της Νεολιθικής περιόδου (6800-3300 π.Χ.) βρίσκουμε τοιχογραφίες με υποστρώματα κονιάματα/επιχρίσματα με βάση τον πηλό. Τέτοιο παράδειγμα είναι η περίπτωση του Catal Huyuk στην Ανατολία, όπου τοίχοι από τούβλα είχαν επικαλυφθεί με ένα στρώμα λάσπης ή πολύ λεπτόκοκκου πηλού και οι χρωστικές είχαν απλωθεί πάνω σ' αυτό το στρώμα. Είναι άγνωστο αν είχε χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο υλικό πάνω από τον πηλό, για να εξασφαλιστεί η πρόσφυση των χρωστικών. Οι χρωστικές που είχαν χρησιμοποιηθεί ήταν όχρα, αιματίτης, αζουρίτης και κάρβουνο, και οι τοιχογραφίες αυτές είχαν ξαναζωγραφιστεί αρκετές φορές, πιθανόν για θρησκευτικούς λόγους.

Η χρήση του πηλού ως επιχρίσματος τοίχων συνεχίστηκε στην Αίγυπτο και στη Μεσοποταμία. Κομμένο άχυρο αναμίχθηκε με τον πηλό, για να βελτιώσει τις ιδιότητες πρόσφυσης κατά το στέγνωμα. Στην Αίγυπτο η ιλύς του Νείλου, η οποία χρησιμοποιήθηκε συχνά ως επίχρισμα, περιείχε φυσικό μείγμα άμμου και πηλού με μικρή ποσότητα φυσικού ανθρακικού ασβεστίου και γύψου. Η γύψος επίσης χρησιμοποιήθηκε ως κονίαμα για τη σύνδεση τούβλων ή πετρών, όπως στην περίπτωση των πυραμίδων. Σε κατασκευές από πέτρα, η γύψος χρησιμοποιήθηκε ως επίχρισμα. Σε μερικές περιπτώσεις, τα αιγυπτιακά επιχρίσματα περιείχαν ένα μείγμα γύψου (θεικού ασβεστίου) και ασβέστου (ανθρακικού ασβεστίου). Η χρήση της γύψου σε κονιάματα/επιχρίσματα για εξωτερικούς χώρους είναι δυνατή στην Αίγυπτο εξαιτίας του ξηρού και θερμού κλίματος.

Στη Μεσοποταμία χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη ποικιλία τεχνικών για την εφαρμογή κονιαμάτων απ' ό,τι στην Αίγυπτο. Υπάρχουν παραδείγματα τοιχογραφιών στο παλάτι Yarim-Lin στην Atchana, όπου είχαν χρησιμοποιηθεί ασβεστοκονιάματα. Επίσης, έχει βρεθεί κοντά στη Βαγδάτη, κάμινος επεξεργασίας ασβεστολίθου που χρονολογείται γύρω στα 2500 π.Χ. και χρησιμοποιήθηκε πιθανόν για την παραγωγή υλικών για κονιάματα.

Κατά την αρχαία ελληνική και τη ρωμαϊκή περίοδο έγινε επανάσταση στη ζωγραφική της τοιχογραφίας με την ανάπτυξη της τεχνικής του “fresco”. Ο όρος “fresco” αναφέρεται σε κάθε είδος ζωγραφικής που εκτελείται πάνω σε νωπό επίχρισμα, και έτσι οι χρωστικές ενσωματώνονται και προσφύονται στην επιφάνεια με την ενανθράκωση της άσβεστου κατά τη διάρκεια της πήξης. Οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν μόνο ασβεστοκονιάματα/επιχρίσματα στις τοιχογραφίες, όπως μαρτυρούν ευρήματα του μυκηναϊκού και του μινωϊκού πολιτισμού, καθώς και της Αρχαϊκής περιόδου. Οι τοιχογραφίες στο ανάκτορο της Κνωσσού και στους μακεδονικούς τάφους έχουν ως υπόστρωμα ασβεστοκονιάματα.

Πολλά ιστορικά κείμενα περιγράφουν τις τεχνικές των τοιχογραφιών. Για παράδειγμα, οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν στις ρωμαϊκές τοιχογραφίες περιγράφονται από τον Βιτρούβιο στο Βιβλίο VII “Περί Αρχιτεκτονικής” (“*De Architectura*”) και από τον Πλίνιο στη “Φυσική Ιστορία” (“*Historia naturalis*”). Τα κείμενα αυτά περιγράφουν λεπτομερώς τη σύσταση των κονιαμάτων/επιχρισμάτων και τις μεθόδους εφαρμογής των διάφορων στρωμάτων, ανάλογα με τη λειτουργία τους.

Επίσης, πολλά κείμενα περιγράφουν τις μεθόδους δημιουργίας των βυζαντινών τοιχογραφιών. Το γνωστότερο, Ερμηνεία, *Hermeneia*, έχει γραφτεί από τον Διονύσιο τον εκ Φουρνά στο Άγιο Όρος, μεταξύ 1701-1745. Ο Διονύσιος ο εκ Φουρνά περιγράφει τη βυζαντινή τοιχογραφία “fresco”. Τα βυζαντινά κονιάματα/

επιχρίσματα, όπως και τα ρωμαϊκά, αποτελούνταν από υδράσβεστο. Η διαφορά των βυζαντινών κονιαμάτων/επιχρισμάτων από τα ρωμαϊκά είναι ότι τα βυζαντινά περιείχαν επίσης μικρή ποσότητα άμμου ή άχυρου.

Άλλα σημαντικά κείμενα είναι αυτά του Cennini (1437) και του Pozzo (1692), στα οποία περιγράφονται τεχνικές τοιχογραφίας της Αναγέννησης και του Μπαρόκ αντίστοιχα.



## 2.3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 2ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

**2.3.1.** Ποιος ήταν ο πρώτος τύπος κονιάματος-επιχρίσματος που χρησιμοποιήθηκε στην αρχιτεκτονική;

**2.3.2.** Ποιος τύπος κονιάματος χρησιμοποιήθηκε στις Πυραμίδες της Αιγύπτου;

**2.3.3.** Να αναφέρετε μία από τις κύριες ιδιότητες της γύψου.

**2.3.4.** Τι συμβαίνει, όταν θερμανθεί η γύψος;

**2.3.5.** Πού χρησιμοποιούνται συνήθως τα ασβεστοκονιάματα;

**2.3.6.** Τι συμβαίνει, όταν η άσβεστος έρθει σε επαφή με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας;

**2.3.7.** Ποιους τύπους κονιαμάτων/επιχρισμάτων χρησιμοποιούσαν οι Αρχαίοι Έλληνες;

**2.3.8.** Ποιο ήταν το χαρακτηριστικό στοιχείο των βυζαντινών κονιαμάτων/επιχρισμάτων;

## 3.1. Αυτοφυή μέταλλα και κράματα

Τα μέταλλα είναι στοιχεία που αποτελούνται από άτομα ίδιου τύπου και συνήθως βρίσκονται σε στερεή κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου (εκτός από τον υδράργυρο). Στοιχείο είναι μια καθαρή ουσία που αποτελείται από ένα είδος υλικού που δε μεταβάλλεται υπό την επίδραση διάφορων παραγόντων (π.χ. θέρμανση, ψύξη κτλ.). Τα στοιχεία που υπάρχουν στη φύση δίνονται στον περιοδικό πίνακα (πίνακας 3.1.) και το 75% αυτών είναι μέταλλα, όπως ο χρυσός, το ασήμι, ο σίδηρος και το ασβέστιο. Τα μέταλλα έχουν χαρακτηριστικές ιδιότητες, που αναφέρονται στην επόμενη ενότητα.

Φυσικά-αυτοφυή μέταλλα είναι τα μέταλλα που υπάρχουν στη

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ																		
												ΑΜΕΤΑΛΛΑ						
1 H																	2 He	
3Li	4 Be	ΜΕΤΑΛΛΑ										B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11Na	12 Mg											13 Al	Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	Ge	As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	Sb	Te	53 I	54 Xe	
55Cs	56 Ba	57 La*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	Po	At	86 Rn	
87Fr	88 Ra	89 Ac																
* Λανθανίδες																		

γη. Για παράδειγμα, στη φύση υπάρχουν ως αυτοφυή μέταλλα χρυσός, ασήμι και μερικές φορές χαλκός στην καθαρή μορφή του. Όμως δεν υπάρχει σίδηρος σε καθαρή μορφή (εκτός από τους μετεωρίτες, που είναι “εξωγήινα” σώματα). Ο σίδηρος στη φύση εμφανίζεται σε μορφή οξειδωμένου ορυκτού, που καλείται σιδηρομετάλλευμα. Για να παραχθεί σίδηρος, πρέπει να θερμανθεί το σιδηρομετάλλευμα-ορυκτό σε υψηλές θερμοκρασίες, ώστε να μετατραπεί σε μεταλλικό σίδηρο. Αυτός είναι ο λόγος που ο μεταλλικός σίδηρος είναι τόσο ασταθής και σκουριάζει εύκολα, επειδή ακριβώς τείνει να επιστρέψει στην αρχική φυσική του κατάσταση. Ο χρυσός και ο άργυρος είναι σταθερά μέταλλα και παραμένουν αμετάβλητα με την πάροδο του χρόνου.

**Κράμα** είναι το στερεό διάλυμα δύο ή περισσότερων μετάλλων που σχηματίζουν ένα νέο υλικό. Μερικά παραδείγματα :

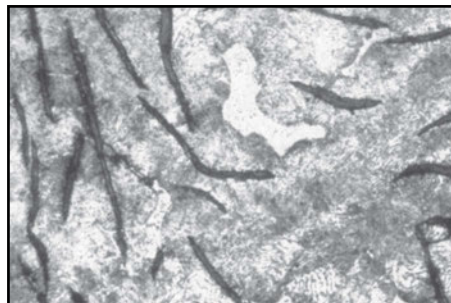
- \* Ο χάλυβας ή ατσάλι είναι κράμα σιδήρου και άνθρακα
- \* Ο μπρούντζος είναι κράμα χαλκού και κασσίτερου ή αρσενικού
- \* Ο ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού και ψευδαργύρου.

Αν παρατηρήσουμε τη δομή ενός μετάλλου στο μικροσκόπιο και δούμε τα φυσικά όρια που διαχωρίζουν περιοχές με διαφορετική σύσταση, μπορούμε να διακρίνουμε την ύπαρξη διαφορετικών φάσεων στο μέταλλο. Για παράδειγμα, όταν αναμειξουμε λάδι και νερό, το μείγμα δεν είναι αποτέλεσμα μίας φάσης αλλά δύο ξεχωριστών φάσεων. Όταν τα μέταλλα αναμειγνύονται μεταξύ τους μπορούν να σχηματίσουν κράματα μίας, δύο ή περισσότερων φάσεων.

Το κράμα μίας φάσης προκύπτει, όταν δύο μέταλλα διαλύονται το ένα στο άλλο και σχηματίζουν σε μία και μόνη φάση ομοίμορφο μείγμα. Για παράδειγμα, ο χρυσός και ο άργυρος σχηματίζουν κράμα μίας φάσης.

Κράματα δύο ή περισσότερων φάσεων προκύπτουν, όταν δύο μέταλλα δε διαλύονται το ένα στο άλλο και διαχωρίζονται σε δύο

ή περισσότερες φάσεις μετά την τήξη και την ψύξη τους. Για παράδειγμα, ο άργυρος και ο χαλκός διαχωρίζονται κατά την παραγωγή πρότυπου αργυρούχου κράματος (πυκνότητας 92,5% σε άργυρο και 7,5% χαλκό). Αν παρατηρήσουμε τη δομή αυτού του κράματος στο μικροσκόπιο, μετά την τήξη και την ψύξη, μπορούμε να δούμε μια φάση πλούσια σε άργυρο και μια άλλη φάση πλούσια σε χαλκό.



*Εικόνα 3.1.: Ένα παράδειγμα κράματος δύο φάσεων γκριζόν χυτοσίδηρου. Οι μαύρες φολίδες είναι γραφίτης και οι λευκές σίδηρος (φωτ. από ARC'Antique).*

Ένα άλλο παράδειγμα είναι ο χυτοσίδηρος, που είναι κράμα δύο φάσεων, σιδήρου και γραφίτη (εικόνα 3.1.).

## 3.2. Οι ιδιότητες των μετάλλων

Κάθε μέταλλο έχει χαρακτηριστικές ιδιότητες οι οποίες μπορεί να ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με άλλα μέταλλα. Ο χρυσός και ο άργυρος είναι μαλακά μέταλλα και συχνά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κοσμημάτων, σε αντίθεση με την κατασκευή εργαλείων για την οποία απαιτούνται σκληρά και ανθεκτικά μέταλλα. Ο χαλκός σκληραίνει με τη σφυρηλάτηση και έχει χαμηλό σημείο τήξης, που επιτυγχάνεται εύκολα με θέρμανση σε φωτιά με ξύλα. Έτσι, κατά την αρχαιότητα πολλά αντικείμενα κατασκευάστηκαν από χαλκό ή από κράματα χαλκού.

Η προσθήκη άλλων μετάλλων σε ένα μέταλλο για το σχηματισμό

κράματος μπορεί να μεταβάλει τις ιδιότητες του αρχικού μετάλλου. Για παράδειγμα, ο κασσίτερος προστίθεται στο χαλκό, για να τον κάνει πιο σκληρό και επομένως πιο ανθεκτικό.

Η χρήση των μετάλλων και των κραμάτων τους εξαρτάται από τις ιδιότητές τους, που ταξινομούνται ως εξής :

### **ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**

\* Μηχανικές ιδιότητες (π.χ. αντοχή και σκληρότητα)

\* Θερμικές ιδιότητες (π.χ. θερμοκρασία τήξης)

\* Ηλεκτρικές ιδιότητες (π.χ. αγωγιμότητα)

\* Άλλες ιδιότητες (π.χ. χρώμα), και

**ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ** (π.χ. αντίσταση στη διάβρωση)

Οι **μηχανικές ιδιότητες** των μετάλλων είναι η σκληρότητα, η αντοχή και η ευθραυστότητα. Από αυτές τις ιδιότητες, οι οποίες μεταβάλλονται όλες μαζί, εξαρτάται η εργασιμότητα του μετάλλου, δηλ. η ελατότητά του (μορφοποίηση σε φύλλα με σφυρηλάτηση) και η ολκιμότητά του (δυνατότητα ενός μετάλλου να τραβιέται και να μορφοποιείται σε σύρμα). Ο βαθμός στον οποίο μπορούν να αντέξουν τη σφυρηλάτηση και το τράβηγμα (τέντωμα) προσδιορίζει το βαθμό σκληρότητας, αντοχής και ευθραυστότητας, ο οποίος ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο του μετάλλου. Για παράδειγμα, ο χρυσός, ο άργυρος και ο χαλκός είναι ελατά και ολκιμα μέταλλα, που συνήθως δουλεύονται από τους τεχνίτες με σφυρηλάτηση ή με τράβηγμα για την κατασκευή μεταλλικών νημάτων ή συρμάτων.

Η **σκληρότητα** ορίζεται ως το μέτρο της αντίστασης της μεταλλικής επιφάνειας σε χάραξη ή καταστροφή λόγω άσκησης κάποιας δύναμης ή πίεσης. Είναι πολύ σημαντική ιδιότητα, επειδή σχετίζεται με την αντοχή, με την ευθραυστότητα και με την ολκιμότητα του μετάλλου. Για παράδειγμα, ο χάλυβας είναι πιο σκληρός και ανθεκτικός, αλλά ταυτόχρονα και πιο εύθραυστος από το χαλκό. Ο χαλκός είναι περισσότερο ελατός και μπορεί να δουλευτεί με σφυρί πιο εύκολα απ' ό,τι ο χάλυβας, αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη ενός κτηρίου, όπως ο χάλυβας.

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι καταπονήσεων που μπορούν να ασκηθούν στα μέταλλα και επομένως διάφοροι τύποι αντοχής των μετάλλων. **Η ικανότητα ενός μετάλλου να αντιστέκεται σ' αυτές τις καταπονήσεις προσδιορίζει την αντοχή του.**

Η **ευθραυστότητα** είναι το αντίθετο της **ολκιμότητας**. Όσο περισσότερο μπορεί να τεντωθεί-τραβηχτεί ένα μέταλλο, πριν σπάσει τελικά, τόσο περισσότερο όλκιμο είναι. Αν δεν αντέχει σε τράβηγμα, είναι εύθραυστο. Για παράδειγμα, ένας ατσάλινος συνδετήρας είναι όλκιμος (μπορεί να λυγίζεται και να τεντώνεται εύκολα σαν λάστιχο), αλλά μια ατσάλινη βελόνα ραψίματος είναι εύθραυστη (σπάει εύκολα, όπως μια λεπτή ξύλινη ράβδος).

Φαίος χυτοσίδηρος	1316
Χάλυβας	1482
Χαλκός	1082
Μόλυβδος	327
Κασσίτερος	232

Πίνακας 3.2.: Οι θερμοκρασίες τήξης του γκρι σιδήρου, του χάλυβα, του χαλκού και του μόλυβδου

Οι θερμικές ιδιότητες ενός μετάλλου περιλαμβάνουν την ικανότητά του να άγει τη θερμότητα, να διαστέλλεται, όταν θερμαίνεται, και το σημείο τήξης του. Και πάλι αυτές οι ιδιότητες αντικατοπτρίζουν το πώς δουλεύεται ή/και χρησιμοποιείται ένα μέταλλο. Για παράδειγμα, στο μαγείρεμα χρησιμοποιούνται χάλκινα σκεύη, επειδή έχουν μεγάλη ικανότητα να άγουν τη θερμότητα. Αντικείμενα κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο δεν υπήρχαν στην αρχαιότητα επειδή η τεχνολογία των μεταλλουργικών καμίνων εκείνη την εποχή δεν μπορούσε να φτάσει τις υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την τήξη του σιδήρου και, επομένως, για τη χύτευσή του (πίνακας 3.2).

**Θερμική αγωγιμότητα** είναι η ικανότητα της θερμότητας να διαχέεται μέσα σε ένα υλικό. Για παράδειγμα, αν πάρετε μια χάλκινη ράβδο και θερμάνετε το ένα άκρο της, η θερμότητα θα διοχετευθεί μέχρι το άλλο άκρο. Το αλουμίνιο και ο χαλκός έχουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μαγειρικών σκευών.

Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα** είναι η ικανότητα των μετάλλων να άγουν τον ηλεκτρισμό στη μάζα τους. Για παράδειγμα, ο χαλκός και το αλουμίνιο χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καλωδίων λόγω της ιδιότητάς τους να άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα. Οι καλοί αγωγοί ηλεκτρισμού είναι σώματα που είναι και καλοί αγωγοί θερμότητας. Είναι προφανές, λοιπόν, ότι αυτές οι δύο ιδιότητες σχετίζονται λόγω της ύπαρξης ηλεκτρονίων μεγάλης κινητικότητας (κινούνται γρήγορα από τη μια θέση στην άλλη).

### **Άλλες ιδιότητες των μετάλλων:**

Μερικά μέταλλα έχουν την ιδιότητα να δημιουργούν μαγνητικό πεδίο γύρω τους όπως ο σίδηρος, το νικέλιο και το κοβάλτιο. Έτσι, μπορούμε να διαπιστώσουμε την παρουσία αυτών των μετάλλων χρησιμοποιώντας ένα μαγνήτη.

Το τυπικό χρώμα των καθαρών μετάλλων είναι το λευκό, όπως του σιδήρου, του αργύρου, του αλουμινίου και του ψευδαργύρου.

Ο λόγος είναι ότι τα μέταλλα ανακλούν καλά όλες τις συχνότητες του ορατού φάσματος του φωτός, και έτσι εμφανίζονται λευκά-ασημί κάτω από λευκό φως (εκτός από το χρυσό και από τα κράματα του χαλκού, που είναι κίτρινα).

Οι **χημικές ιδιότητες** ενός μετάλλου αφορούν στην αντίστασή του στη διάβρωση, σε οξέα, σε άλατα και κάτω από την επίδραση άλλων χημικών ουσιών. Μερικά μέταλλα είναι περισσότερο ανθεκτικά στη διάβρωση, σε οξέα, σε άλατα και κάτω από την επίδραση άλλων χημικών, απ' ό,τι κάποια άλλα. Για παράδειγμα ο χρυσός και ο άργυρος είναι πιο ανθεκτικοί σε αντίθεση με το σίδηρο. Όμως διάφορα μέταλλα μπορούν να προστεθούν στο σίδηρο για να τον κάνουν πιο ανθεκτικό στη διάβρωση, όπως στην περίπτωση του ανοξείδωτου χάλυβα.

### 3.3. Η ιστορία της μεταλλουργίας

Τα πρώτα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αντικειμένων ήταν τα αυτοφυή μέταλλα (π.χ. χρυσός, άργυρος, αυτοφυής χαλκός) κατά τη Νεολιθική περίοδο (6800-3300 π.Χ.). Τα μεταλλικά αντικείμενα αυτής της περιόδου (π.χ. κοσμήματα) κατασκευάζονταν εύκολα με τη χρήση εργαλείων και όχι με τη χρήση της φωτιάς. Η έναρξη της μεταλλουργίας (π.χ. χρήση θερμότητας για την παραγωγή και για την επεξεργασία κραμάτων μετάλλων) συνδέεται με τους κεραμικούς κλιβάνους (κατά τη Νεολιθική περίοδο δεν υπήρχαν κλίβανοι κεραμικής). Γενικά, πιστεύεται ότι οι αρχαίοι αφομοίωσαν τεχνικές για την παραγωγή μετάλλων μέσα από την τεχνολογία παραγωγής κεραμικών. Για παράδειγμα, κατά τη χρησιμοποίηση χρωστικών-πιγμέντων για τη διακόσμηση των κεραμικών θα είχαν παρατηρήσει ότι ένα χρώμα που περιέχει οξείδιο του σιδήρου γινόταν μαύρο σε αναγωγικές συνθήκες ψησίματος. Έτσι, τα οξείδια του σιδήρου



μπορούν να λάβουν μεταλλική μορφή, αν θερμανθούν με χρήση ξυλοκάρβουνου ως καύσιμης ύλης και με αφαίρεση οξυγόνου (ή αέρα), για να δημιουργηθούν αναγωγικές συνθήκες.

Η πρώτη χρήση θερμότητας για την παραγωγή μετάλλου εντοπίζεται στη χρήση ενός χωνευτηρίου, στο οποίο καθαρά μεταλλικά οξειδία ανάγονταν σε μέταλλο με τη χρήση ξυλάνθρακα ως καύσιμης ύλης. Η διαδικασία αυτή καλείται τήξη και διαχωρισμός μετάλλου.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε πυρίτιο ή σίδηρος ως συλλίπασμα (βοηθά στο να χαμηλώνει το σημείο τήξης του μετάλλου) για τη δημιουργία σκωριών. Τα συλλιπάσματα αυτά υπήρχαν στη φύση σε ακάθαρτα μεταλλεύματα. Με τη θέρμανση σε κάμινο (π.χ. μια τρύπα στο έδαφος) και με χρήση ξυλάνθρακα αρχίζει η τήξη του μετάλλου.

Κατά τη διαδικασία αυτή λιώνει το μέταλλο (π.χ. χαλκός) και ρέει στον πυθμένα της καμίνου, ενώ στην επιφάνεια επιπλέει υαλώδες υλικό ή σκωρία, που έχει μικρότερη πυκνότητα από το χαλκό. Ευρήματα που αποδεικνύουν τη διεξαγωγή τέτοιων πρώιμων μεταλλουργικών διαδικασιών (όπως υπολείμματα χωνευτηρίων) ανακαλύφθηκαν στο Ιράν και στη Λέσβο και χρονολογούνται γύρω στο 3000-2600 π.Χ. και στο 3700 π.Χ. αντίστοιχα.

Στη Μεσοποταμία αυτές οι διαδικασίες τήξης και διαχωρισμού χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή μπρούντζου για κατασκευή αντικειμένων. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν το αρσενικό και/ή το αντιμόνιο, ως πρόσμιξη στο χαλκό για τη βελτίωση της σκληρότητας του και όχι ο κασσίτερος. Ο κασσίτερος χρησιμοποιήθηκε αργότερα, κατά τη διάρκεια της Μέσης Εποχής του Χαλκού, για την παραγωγή μπρούντζων και αποτελεί μέχρι σήμερα την κύρια πρόσμιξη για το κράμα αυτό.

Ήταν πιο σπάνιο να βρεθούν στη φύση αποθέσεις κασσίτερου απ' ό,τι αρσενικούχα και αντιμονιούχα μεταλλεύματα χαλκού. Αυτός είναι ο λόγος που η εκτεταμένη χρήση 7-10% κασσίτερου σε χαλκό στους πολιτισμούς της Εγγύς Ανατολής συνδέεται με τη συνήθεια των λαών αυτής της περιοχής να ταξιδεύουν σε με-

γάλες αποστάσεις και να κάνουν εμπόριο (γύρω στα 3000-2500 π.Χ.). Οι αποθέσεις κασσίτερου υπάρχουν με τη μορφή ορυκτού κασσίτερου ( $\text{SnO}_2$ ). Για την παραγωγή μπρούντζου ο κασσιτερίτης θερμαίνεται μαζί με το χαλκό μέχρι το σημείο τήξης του με καύσιμη ύλη ξυλάνθρακα, ώστε να αναχθεί το οξειδίο του κασσίτερου σε κασσίτερο ο οποίος στη συνέχεια απορροφάται από το χαλκό.

Κατά τη διάρκεια της Εποχής του Χαλκού χρησιμοποιούνταν καλούπια από πήλο για τη χύτευση του μπρούντζου. Μια μέθοδος που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή μπρούντζινων γλυπτών ήταν η μέθοδος του “χαμένου κεριού”. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την κατασκευή ενός καλουπιού από δύστηκτο κεραμικό στο σχήμα του αντικειμένου που θα χυτευόταν. Στη συνέχεια απλωνόταν κεριό στο πήλινο καλούπι ανάλογα με το επιθυμητό πάχος των τοιχωμάτων του μεταλλικού αντικειμένου. Πάνω από το κεριό τοποθετούνταν με σύστημα στηριγμάτων και αυλάκων άλλο ένα μοντέλο από πήλο. Το σύστημα θερμαινόταν, το κεριό έλιωνε και έτρεχε έξω από το πήλινο καλούπι και έτσι δημιουργούνταν χώρος στον οποίο χυτευόταν το μέταλλο. Αφού το λιωμένο μέταλλο είχε σκληρύνει και ψυχθεί, έσπαγαν το πήλινο καλούπι και αποσπούσαν το χυτευμένο μεταλλικό αντικείμενο.

Πολλοί διαφορετικοί τύποι εργαλείων και τεχνικών χρησιμοποιούνταν για την επεξεργασία και για τη διακόσμηση των μπρούντζινων αντικειμένων. Μια τεχνική διακόσμησης είναι το *repousse* (ρεπουσέ), κατά την οποία δημιουργείται ένα ανάγλυφο μοτίβο με εφαρμογή πίεσης, στο πίσω μέρος της επιφάνειας του αντικειμένου. Επίσης, χρησιμοποιούνταν τεχνικές σύνδεσης μεταλλικών τμημάτων, όπως κολλήσεις και συνδέσεις. Οι κολλήσεις περιλαμβάνουν τη χρήση μετάλλων (κράματα) που εφαρμόζονται στο σημείο που πρόκειται να γίνει η κόλληση κάτω από αναγωγικές συνθήκες. Οι σύνδεσμοι χρησιμοποιήθηκαν πολύ κατά την αρχαιότητα για την ένωση φύλλων μετάλλου. Πρόκειται για μεταλλικές ράβδους μικρού μήκους που έμπαιναν στα δύο άκρα του μεταλλικού φύλλου με χτύπημα με σφυρί.

Εκτενής χρήση του σιδήρου, χαρακτηρίζει την Εποχή του Σιδήρου (περίπου 2000 π.Χ.) στη Μικρά Ασία, αν και τα σιδερένια αντικείμενα από “μετεωρίτη” σίδηρο που έχουν βρεθεί χρονολογούνται πριν από αυτή την περίοδο (π.χ. Τροία και Ουρ). Ο “μετεωρίτης” σίδηρος, σε αντίθεση με το σίδηρο που παράγεται από σιδηρομεταλλεύματα, έχει υψηλή περιεκτικότητα νικελίου (>5%).

Οι δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνταν ήταν τήξη και διαχωρισμός μετάλλου για την παραγωγή σιδήρου από σιδηρομεταλλεύματα και σφυρηλάτηση εν θερμώ, (σφυρηλάτηση του σιδήρου όσο είναι ακόμα πυρωμένος) για την κατασκευή σφυρηλάτων αντικειμένων. Ο καθαρός σίδηρος έχει σημείο τήξης 1540°C, όμως αυτή η θερμοκρασία δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθεί έως το 19ο αιώνα, γι’ αυτό τα αντικείμενα που έχουν διασωθεί από παλαιότερη περίοδο είναι σφυρήλατα και όχι χυτά.

Για την παραγωγή του σφυρήλατου σιδήρου, το σιδηρομετάλλευμα θερμαινόταν στους 1200°C περίπου, με χρήση ξυλάνθρακα ως καυσίμου, και στη συνέχεια αναγόταν με τη μορφή του συμπυκνώματος με σπογγώδη σίδηρο. Το συμπύκνωμα με σπογγώδη σίδηρο ήταν ένα μείγμα στερεού σιδήρου, σκωρίας και τεμαχίων άκαυστου άνθρακα, που μπορούσε να σπάσει σε μικρότερα κομμάτια, αν ήταν μεγάλο, και στη συνέχεια δουλευόταν με σφυρηλάτηση. Η Εποχή του Σιδήρου στην Ελλάδα αρχίζει γύρω στα τέλη του 11ου αιώνα π.Χ.

Στην Ελλάδα, στα μεταλλεία του Λαυρίου (600-625 π.Χ.), γινόταν εξόρυξη αργυρούχου μεταλλεύματος μολύβδου και παραγωγή αργύρου. Ο άργυρος εξαγόταν από το αργυρούχο μέταλλευμα μολύβδου με διαδικασίες κυπέλλωσης. Ο μολύβδος, επίσης αξιοποιούνταν και χυτεύονταν σε ράβδους.

Καθώς θερμαίνεται το μέταλλευμα μολύβδου, ο μολύβδος οξειδώνεται και μπορεί να απορροφηθεί από ένα χωνευτήριο. Ο άργυρος δεν οξειδώνεται στο μέταλλευμα και έτσι διαχωρίζεται από το

μόλυβδο. Για το διαχωρισμό του αργύρου από το μόλυβδο είχαν σχεδιαστεί πορώδη χωνευτήρια, που ονομάζονταν “κουπέλλες” (cupels), γι’ αυτό και η διαδικασία αυτή καλείται κυπέλλωση. Κατά την περίοδο της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, αυξάνεται η παραγωγή σιδήρου και μολύβδου, για να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες του Ρωμαϊκού στρατού. Οι Ρωμαίοι βελτίωσαν τις τεχνικές παραγωγής σιδήρου, βελτιώνοντας τις μεταλλουργικές καμίνους, που άρχισαν να αυξάνουν σε μέγεθος. Η παγίδευση των σκωριών χρησιμοποιήθηκε ευρέως κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο με την εισαγωγή της καμίνου σχήματος λεκάνης. Επίσης, συνεχιζόταν η παραγωγή κραμάτων χαλκού για την κατασκευή νομισμάτων, λόγω της ανάπτυξης του εμπορίου εκείνη την εποχή. Παρατηρείται η εισαγωγή του ψευδαργύρου στην κατασκευή νομισμάτων εξαιτίας της έλλειψης κασσίτερου.

Η παραγωγή ορείχαλκου δεν εμφανίστηκε στην Αίγυπτο παρά μόνο κατά το 30 π.Χ., αλλά χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα από τους Ρωμαίους οι οποίοι χρησιμοποιούσαν την *calamine process*. Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει την προσθήκη ανθρακικού ψευδαργύρου (calamine  $ZnCO_3$ ) ή οξειδίου του ψευδαργύρου σε χαλκό. Η διαδικασία πραγματοποιείται σε χωνευτήριο και η τήξη του μείγματος γίνεται με χρήση ξυλάνθρακα, για να δημιουργηθούν αναγωγικές συνθήκες. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, ο ψευδάργυρος αναγόταν και εξατμιζόταν, προτού λιώσει ο χαλκός. Οι ατμοί ψευδαργύρου απορροφούνταν από το χαλκό, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται το σημείο τήξης του. Έτσι, σχηματιζόταν ένα κράμα χαλκού και ψευδαργύρου, που καλείται ορείχαλκος.

Κατά το Μεσαίωνα και μετά χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα οι κάμινοι που έφταναν σε υψηλές θερμοκρασίες. Μια τέτοια κάμινος μετατρέπει το σιδηρομετάλλευμα σε *pig iron* (λιωμένο σίδηρο). Εκείνη την εποχή παράχθηκε χυτοσίδηρος για την κατασκευή όπλων, παρ’ όλο που ο σφυρήλατος σίδηρος εξακολουθούσε να είναι ο κύριος τύπος σιδήρου που καταναλωνόταν. Επίσης, παρατηρείται μια αυξημένη παραγωγή χάλυβα με ενανθράκωση

σιδήρου, η οποία περιλαμβάνει την απορρόφηση άνθρακα από το σφυρήλατο σίδηρο και τη μετατροπή του σε χάλυβα, για την κατασκευή σπαθιών και κοπτικών εργαλείων.

Η Βιομηχανική Επανάσταση ξεκίνησε στη Βρετανία γύρω στα 1750 και το κατεξοχήν χαρακτηριστικό της ήταν η χρήση κάρβουνου αντί για ξυλάνθρακα ως κύριας καύσιμης ύλης για τις μεταλλουργικές καμίνους. Πριν από αυτή την εποχή εξαιτίας της έλλειψης ξυλάνθρακα υπήρχαν προβλήματα στην παραγωγή σιδήρου.

Ένα από τα σημαντικότερα νέα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν από τη μεταλλουργική βιομηχανία κατά το 18ο-19ο αιώνα ήταν το νικέλιο, για την παραγωγή του “Γερμανικού Άργυρου” **German Silver** (κράμα χαλκού, ψευδαργύρου και νικελίου). Επίσης, το 19ο αιώνα ανακαλύφθηκε το αλουμίνιο το οποίο μπορούσε να παραχθεί σε μεγάλη ποσότητα με τη χρήση ηλεκτρόλυσης.

## 3.4. Η χρήση των μετάλλων κατά την αρχαιότητα

### 3.4.1. Αυτοφυή μέταλλα (χρυσός, άργυρος και χαλκός)

Από τη Νεολιθική περίοδο στην Ελλάδα έχουν διασωθεί μεταλλικά κοσμήματα κατασκευασμένα από αυτοφυή χρυσό, άργυρο και χαλκό. Σ' αυτή την περίοδο ανήκουν και τα 53 κλεμένα χρυσά αντικείμενα (Ο Νεολιθικός Θησαυρός) των οποίων η επαναφορά στο Αρχαιολογικό Μουσείο έγινε πρόσφατα (3 Οκτωβρίου 1997). Τα αντικείμενα αυτά χρονολογούνται προς το τέλος της Νεολιθικής περιόδου (4500-3300 π.Χ.). Χάρη στην ελατότητα και την ολκιμότητά τους, τα αυτοφυή μέταλλα -σε αντίθεση με τα εργαλεία- μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα αρχαία χρόνια για διακοσμητικούς σκοπούς.

#### Χρυσός και ασήμι

Ο χρυσός και το ασήμι χρησιμοποιήθηκαν από τους Αρχαίους Έλληνες για την κατασκευή νομισμάτων. Ασημένια νομίσματα από το 580 π.Χ. περίπου βρίσκουμε στην Κόρινθο και στην Αίγινα. Νομίσματα από την Αθήνα ήταν κατασκευασμένα από άργυρο, που πιθανότατα προερχόταν από τα μεταλλεία του Λαυρίου. Επίσης χρυσά νομίσματα, που χρονολογούνται γύρω στο 550 π.Χ., έχουν βρεθεί στη Λυδία.



*Εικόνα 3.2.: Απεικονίζονται χρυσά σκουλαρίκια από το Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*

Η παραγωγή αργυρών αντικειμένων, ειδικά από τους Αθηναίους τον 5ο αιώνα π.Χ., μπορεί να συνδεθεί με τα μεταλλεία του Λαυρίου. Υπάρχουν πολλά αργυρά αντικείμενα του 4ου αιώνα π.Χ., όπως ρυτά (έλαφος ή ίππος), κάνθαροι, μεσόμφαλοι, φιάλες, οινοχόες, τηγανόσχημα σκεύη, ασκοί κτλ.

Έχουν βρεθεί πλούσια χρυσά ευρήματα από το Μυκηναϊκό πολιτισμό, όπως δύο χρυσά κύπελλα από τον τάφο του Βαφειού (Λακωνία, 1500 π.Χ.), νεκρικά προσωπεία και στολίδια από τάφους (Εικόνα 3.3.). Επίσης από τους βασιλικούς τάφους της Βεργίνας (3ος αιώνας π.Χ.) έχουν βρεθεί αντικείμενα, όπως χρυσά στεφάνια, λάρνακες και δίσκοι που φέρουν το αστέρι της Μακεδονίας.

### Χαλκός και κράματα χαλκού

Το αρσενικό χρησιμοποιήθηκε για να βελτιώσει τη σκληρότητα του χαλκού.

Το αρσενικούχο ήταν το πρώτο κράμα χαλκού που χρησιμοποιήθηκε στην Ελλάδα γύρω στην 3η χιλιετία π.Χ.

Τα περισσότερα ευρήματα της Πρώιμης Μινωικής περιόδου στην Κρήτη είναι

κατασκευασμένα από αρσενικούχο χαλκό. Μπροúντζι με χαμηλή περιεκτικότητα κασσίτερου (3%) εμφανίζονται μόλις τη Μέση Μινωική περίοδο Ι (περί το 2000 π.Χ.). Κατά τη Μέση Μινωική περίοδο ΙΙΙ (1700 π.Χ.) ο κασσίτερος προσετίθετο σκόπιμα στον



Εικόνα 3.3.: Απεικονίζεται ένα από τα χρυσά Μυκηναϊκά κύπελλα από τον Τάφο του Βαφειού.

μπρούντζο για την παραγωγή εγχειριδίων και μαχαιριών (περιεκτικότητα κασσίτερου περίπου 9%). Η προσθήκη κασσίτερου στον μπρούντζο αυτή την περίοδο πρέπει να συνδεθεί με την εισαγωγή αυτού του μετάλλου στον ελλαδικό χώρο, αποτέλεσμα της ανάπτυξης του εμπορίου.

Κατά την Αρχαϊκή και την Κλασική περίοδο στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε κασσίτερος για την κατασκευή χυτών μπρούντζων.



*Εικόνα 3.4.: Το μπρούντζινο άγαλμα του Ποσειδώνα (460-450 π.Χ.) στο Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*

Ο μπρούντζος χρησιμοποιήθηκε εκείνη την εποχή για την κατασκευή αντικειμένων, όπως οινοχοών, αγαλματιδίων, καθρεπτών, μεταλλίων, κρανών κτλ.  
Εικόνα 3.4.

### Σίδηρος

Πριν από την Εποχή του Σιδήρου ο “μετεωρίτης” σίδηρος χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή εγχειριδίων και μαχαιριών (με περιεκτικότητα νικελίου >5%). Στην Ελλάδα, όμως, υπάρχουν πηγές μεταλλευμάτων σιδήρου-νικελίου, τα οποία δεν

είναι “μετεωριτικά” αλλά αυτοφυή μεταλλεύματα. Έτσι, στα ελληνικά αντικείμενα μπορεί να υπάρχουν χαμηλές περιεκτικότητες νικελίου. Ωστόσο, η παρουσία νικελίου δυσκολεύει την τήξη και το διαχωρισμό, καθώς και τη σφυρηλάτηση κατά την κατασκευή αντικειμένων.

Την Εποχή του Σιδήρου κατασκευάστηκαν στην Αρχαία Ελλάδα σιδερένια εργαλεία και όπλα. Σιδερένιοι σύνδεσμοι επικαλυμμέ-



νοι με μόλυβδο χρησιμοποιήθηκαν για την σύνδεση και τη στήριξη των μαρμάρων του Παρθενώνα. Ο σίδηρος χρησιμοποιήθηκε επίσης από τους μεταλλωρύχους του Λαυρίου για την κατασκευή εργαλείων εξόρυξης.

### **Μόλυβδος**

Στην Αρχαία Ελλάδα ο μόλυβδος χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή συνδετήρων, αγκυρών, βαριδιών και για επικάλυψη του πυθμένα των πλοίων. Χρησιμοποιήθηκε επίσης για την κατασκευή αγωγών νερού, τεχνική που αναπτύχθηκε κυρίως από τους Ρωμαίους, οι οποίοι χρησιμοποίησαν μόλυβδο για την κατασκευή σωληνώσεων.

Οι γνώσεις μας σχετικά με την αρχαία ελληνική μεταλλουργία δεν είναι πολλές, επειδή η σύσταση των ευρημάτων της πολιτιστικής κληρονομιάς μας δεν έχει ακόμα αναλυθεί επαρκώς. Η μεταλλουργική μελέτη αυτών των αρχαιολογικών ευρημάτων είναι πολύ σημαντική.

## 3.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 3ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 3.5.1. Τι είναι τα αυτοφυή μέταλλα;
- 3.5.2. Γιατί διαβρώνεται εύκολα ο σίδηρος;
- 3.5.3. Τι είναι η διαδικασία αναγωγής και πώς χρησιμοποιείται για την παραγωγή σιδήρου;
- 3.5.4. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ μπρούντζου και ορείχαλκου;
- 3.5.5. Να αναφέρετε τρεις ιδιότητες των μετάλλων.
- 3.5.6. Πώς μπορείτε να διαπιστώσετε την παρουσία σιδήρου;
- 3.5.7. Γιατί κατασκευάζονται οι κατσαρόλες από αλουμίνιο ή από χαλκό;
- 3.5.8. Πώς παραγόταν άργυρος στα αρχαία μεταλλεία του Λαυρίου;
- 3.5.9. Ποια μέταλλα χρησιμοποιήθηκαν κατά τη Νεολιθική Εποχή για την κατασκευή αντικειμένων;
- 3.5.10. Ποια η διαφορά μεταξύ του “μετεωρίτη” σιδήρου και του σιδήρου που εξάγεται από σιδηρομέταλλευμα;

### 4.1. Πρώτες ύλες για την παραγωγή κεραμικών

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κεραμικών είναι πηλός, μη πλαστικές προσμείξεις, νερό και καύσιμη ύλη, όπως ξύλο.

Ο πηλός είναι το “δομικό υλικό” για την παραγωγή κεραμικών. Ο πηλός υπάρχει άφθονος στη φύση είτε σαν λεπτόκοκκο ίζημα είτε σαν προϊόν διάβρωσης ορισμένων πετρωμάτων. Όταν αναμειγνύεται με νερό, αποκτά πλαστικότητα και μπορεί να πάρει εύκολα οποιοδήποτε σχήμα, όταν είναι υγρός. Αποτελείται, κυρίως, από ένα ή από περισσότερα αργιλικά ορυκτά, που του δίνουν αυτές τις ιδιότητες, αλλά και από μη αργιλικά.

Τα αργιλούχα ορυκτά έχουν συγκεκριμένη σύνθεση και κρυσταλλική δομή. Όταν θερμαίνονται, αλλάζουν κρυσταλλική δομή και γίνονται σκληρά. Επίσης, τα αργιλούχα ορυκτά είναι αυτά που επηρεάζουν την εργασιμότητα/πλαστικότητα του πηλού.

Οι κύριες ομάδες αργιούχων ορυκτών που περιέχονται στους πηλούς είναι οι ακόλουθες:

- **Καολινίτες:** είναι ανθεκτικοί (αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες χωρίς να τήκονται) και λευκού χρώματος, όταν είναι σε καθαρή μορφή (χωρίς προσμείξεις).
- **Ιλλίτες:** είναι πλούσιοι σε κάλιο και σε σίδηρο, και ο πηλός υαλοποιείται (σκληραίνει) σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω

από 1000°C).

- **Μοντοριλλονίτες:** μπορεί να είναι πολύ πλαστικοί (κολλώδεις) πηλοί και ποτέ δε χρησιμοποιούνται μεμονωμένα για την κατασκευή κεραμικών. Με το ψήσιμο παίρνουν καφέ, κόκκινο ή γκρι χρώμα και συχνά χρησιμοποιούνται για τη διακόσμηση των κεραμικών.

- **Χλωρίτες:** με το ψήσιμο παίρνουν σκούρα χρώματα, αλλά ως πηλοί έχουν μικρή εργασιμότητα, όταν χρησιμοποιούνται μεμονωμένα.

Μη πλαστικές προσμείξεις είναι μια άλλη σημαντική κατηγορία πρώτων υλών που βρίσκονται στους πηλούς. Προστίθενται, αφ' ενός όταν οι πηλοί είναι πολύ πλαστικοί και επομένως είναι δύσκολο να μορφοποιηθούν σε κεραμικά σκεύη ή αγγεία, και αφ' ετέρου για να μη ραγίζουν εύκολα κατά το στέγνωμα. Η προσθήκη μη πλαστικών προσμείξεων ουσιαστικά βελτιώνει την εργασιμότητα του πηλού και μειώνει την πιθανότητα δημιουργίας ρωγμών μετά το ψήσιμο.

**Οι μη πλαστικές προσμείξεις που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή κεραμικών είναι οι ακόλουθες :**

- \* **Ορυκτά**, όπως ασβεστίτης ή χαλαζίας.
- \* **Οργανικά**, όπως σπόροι ή φυτά (**Εικόνα 4.1.**)
- \* **Βιοϋλικά**, όπως όστρακα ή καμένο ξύλο.
- \* **Ανθρωπογενή υλικά**, όπως θραύσματα κεραμικών.



*Εικόνα 4.1. Παράδειγμα κεραμικού σκεύους που περιείχε άχυρο temper. Το άχυρο temper καιγόταν στη φωτιά αφήνοντας το αποτύπωμά του στο κεραμικό (Φωτ. Michel Fortin).*

Το νερό είναι μια ακόμα πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στην παραγωγή κεραμικών. Επειδή συνήθως ο πηλός δεν περιέχει αρκετή ποσότητα νερού, ώστε να μπορεί να δουλευτεί, για να μορφοποιηθεί σε αγγείο ή σκεύος, πρέπει να προσθέτουμε νερό. Επίσης, η σύσταση του νερού που χρησιμοποιείται για να υγράνουμε τον πηλό μπορεί να επηρεάσει τον τύπο του κεραμικού που θα παραχθεί. Για παράδειγμα, η ύπαρξη αλατιού στο νερό εμποδίζει την αποσύνθεση του προστιθέμενου ασβεστίτη στον πηλό και επιτρέπει στο κεραμικό να μπορεί να ψηθεί σε υψηλότερη θερμοκρασία χωρίς να ραγίζει, σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι όταν το νερό έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε αλάτι.

Η καύσιμη ύλη επιλέγεται έτσι, ώστε να επιτυγχάνονται υψηλές θερμοκρασίες ψησίματος. Πολλοί και διαφορετικοί τύποι καυσίμων, όπως άχυρο, πολτός ελιάς ή ξύλο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κεραμικής. Ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιείται εξαρτάται από τη διαθεσιμότητά του και από τις συνθήκες ψησίματος που απαιτούνται. Το ξύλο είναι η καλύτερη καύσιμη ύλη για φούρνους υψηλών θερμοκρασιών.

### **4.2. Επεξεργασία των πρώτων υλών και παραγωγή πηλού**

Τόσο ο πηλός όσο και οι μη πλαστικές προσμείξεις δουλεύονται πριν ανακατευθούν, για να παραγάγουν πηλό για την παραγωγή κεραμικής.

Ο πηλός συνήθως αφήνεται να ξηρανθεί (π.χ. στον ήλιο) σε εξωτερικό χώρο ή σε λάκκο. Μετά την ξήρανσή του ο πηλός μπορεί να καθαριστεί με την αφαίρεση χονδρόκοκκων κομματιών/πε-

τρών (π.χ. διαλογή με το χέρι). Κατά την επεξεργασία του πηλού μπορούν να παραχθούν λεπτότερα κλάσματα πηλού (που χρησιμοποιούνται ως επιχρίσματα σε κεραμικά). Λεπτόκοκκος πηλός μπορεί να παραχθεί με διαδικασίες καθαρισμού και διαχωρισμού με τη μέθοδο της επίπλευσης, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επίχρισμα ή για την κατασκευή λεπτότερων κεραμικών. Η επίπλευση μπορεί να γίνει με δύο διαδικασίες. Η πρώτη διαδικασία περιλαμβάνει την προσθήκη νερού σε ένα λάκκο ή σε μια δεξαμενή που περιέχει κομμάτια ξηρού πηλού. Το νερό διεισδύει στον πηλό και τα κομμάτια γίνονται μαλακά σαν λάσπη. Η διαδικασία αυτή διαρκεί μερικές ώρες, ακόμα και μέρες. Στη συνέχεια προστίθεται περισσότερο νερό και μετά ο πηλός ανακατεύεται με ένα εργαλείο ή ακόμα ο κεραμέας μπορεί να χρησιμοποιήσει τα πόδια ή τα χέρια του. Έτσι δημιουργείται μια ομοιόμορφη διασπορά των σωματιδίων του πηλού και τα χονδρά σωματίδια κατακάθονται στον πάτο του λάκκου ή της δεξαμενής και μπορούν να αφαιρεθούν.

Με τη δεύτερη διαδικασία παράγονται ακόμα λεπτότερα κλάσματα πηλού απ' ό,τι με την άλλη, τα οποία προορίζονται για φίνα κεραμικά ή επιχρίσματα. Ο πηλός ρέει αργά μέσα από ένα μακρύ και ρηχό αυλάκι, πριν περάσει στο λάκκο ή στη δεξαμενή. Τα χονδρότερα σωματίδια παραμένουν στον πάτο, ενώ τα λεπτότερα παραμένουν διεσπαρμένα επάνω, σαν αιωρήματα.

Οι μη πλαστικές προσμείξεις που προστίθενται στον πηλό, για να βελτιώσουν την εργασιμότητά του, μπορούν να παραχθούν με απλό σπάσιμο. Για παράδειγμα, όστρακα ή κεραμικά μπορούν να σπάσουν με γουδί ή με βαριά, πριν προστεθούν στον εργάσιμο πηλό.

Ο πηλός στη συνέχεια αναμειγνύεται με τις μη πλαστικές προσμείξεις σε αναλογίες που εξαρτώνται από την επιθυμητή εργασιμότητα του πηλού για την παραγωγή κεραμικής. Ο κεραμέας

ζυμώνει τον πηλό όπως ο μάγειρας ζυμώνει το αλεύρι, για να φτιάξει ψωμί, αναμειγνύοντας τις σωστές αναλογίες πηλού, μη πλαστικών και νερού, και πλάθοντάς το μείγμα έως ότου τα συστατικά του να αναμιχθούν ομοιόμορφα. Κατά το ζύμωμα του πηλού, είναι επίσης πολύ σημαντικό να απομακρυνθούν οι φυσαλίδες αέρα. Αν ο πηλός δε ζυμωθεί πολύ καλά, κατά το ψήσιμο οι παγιδευμένες φυσαλίδες αέρα δημιουργούν κενά που μπορεί να καταστρέψουν το κεραμικό σκεύος. Κενά που δημιουργούνται από παγιδευμένες φυσαλίδες αέρα μπορεί να είναι ορατά σε κεραμικά σκεύη που δεν έχουν ζυμωθεί πολύ καλά.

### 4.3. Μορφοποίηση του πηλού

Αποσπάται ένα κομμάτι πηλού, για να μορφοποιηθεί το επιθυμητό σχήμα του σκεύους. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μορφοποίηση ενός σκεύους είναι η προσθήκη σε σπείρες, η πίεση, ο τροχός και το καλούπι.

Η **προσθήκη σε σπείρες** γίνεται με ρολάρισμα του πηλού σε μια επίπεδη επιφάνεια για το σχηματισμό “μακαρονιών” ομοιόμορφου πάχους. Η διάμετρός τους εξαρτάται από το επιθυμητό πάχος των τοιχωμάτων του σκεύους. Τα τοιχώματα του σκεύους σχηματίζονται τυλίγοντας περιφερειακά το “μακαρόνι”. Στη συνέχεια, η ανάγλυφη επιφάνεια των τοιχωμάτων που δημιουργείται από το “μακαρόνι” μπορεί να λειανθεί.

Η **πίεση** γίνεται με “δούλεμα” του πηλού ανάμεσα στον αντίχειρα και στα δάχτυλα. Τα τοιχώματα του σκεύους λεπτόνονται και δίνεται σ’ αυτό σχήμα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται, για να μορφοποιούνται εύκολα μικρά σκεύη.

Η μορφοποίηση του πηλού σε **τροχό** γίνεται με τη χρήση τροχού που περιστρέφεται γρήγορα ώστε να μπορεί να δουλευτεί μια μάζα πηλού με τα χέρια και με τα δάχτυλα. Ο τροχός έφερε επανάσταση στην αγγειοπλαστική. Με τον τροχό, ο οποίος μπορεί να είναι ποδοκίνητος, χειροκίνητος ή ηλεκτρικός, η μορφοποίηση ενός σκεύους είναι περισσότερο ελεγχόμενη και πιο γρήγορη σε σύγκριση με άλλες μεθόδους. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, μια μάζα πηλού τοποθετείται πάνω στον τροχό, προστίθεται λίγο νερό και κεντράρεται, καθώς ο τροχός περιστρέφεται. Το σωστό κεντράρισμα του πηλού είναι πολύ σημαντικό, ώστε τα τοιχώματα του σκεύους να έχουν το ίδιο πάχος. Όταν κεντραριστεί ο πηλός, με τους αντίχειρες γίνεται μια τρύπα στο κέντρο της μπάλας πηλού. Στη συνέχεια με τοποθέτηση του ενός χεριού στο εσωτερικό και του άλλου στο εξωτερικό του δημιουργούμενου αντικειμένου, και με πίεση προς τα μέσα και προς τα πάνω, αρχίζουν αργά να ανυψώνονται τα τοιχώματα. Τα τοιχώματα ανυψώνονται και λεπτύνονται συγχρόνως. Επίσης, στην κορυφή του σκεύους μπορεί να γίνει μια αναδίπλωση/χείλος. Όταν το σκεύος πάρει την τελική μορφή του, απομακρύνεται από τον τροχό, αφού περάσει ένα συρμάτινο νήμα από κάτω, για να ξεκολλήσει ο πηλός από την επιφάνεια του τροχού.

Κατά τη μορφοποίηση σε **καλούπι** ο πηλός πιέζεται μέσα ή πάνω σε ένα καλούπι (επίσης φτιαγμένο από ψημένο πηλό).

Ένα διαχωριστικό στρώμα, όπως άμμος, τοποθετείται ανάμεσα στον πηλό και στο καλούπι, ώστε να μην κολλήσουν μεταξύ τους. Τα καλούπια χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πολύπλοκων σκευών με ανάγλυφη διακόσμηση.

Μετά τη μορφοποίηση του κεραμικού σκεύους το σώμα μπορεί να δουλευτεί ακόμα με τη χρησιμοποίηση εργαλείων για πάτημα, ξύσιμο, διακόσμηση.

Το πάτημα γίνεται με τη χρήση ενός εργαλείου, όπως μιας σπάτουλας, με το οποίο πατιέται/πιέζεται ο πηλός πάνω σε ένα κα-

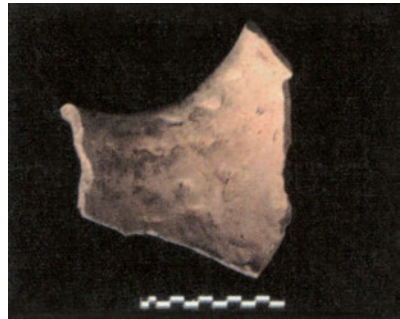


λούπι μέχρι να το γεμίσει.

Το ξύσιμο γίνεται με χρήση ενός εργαλείου, όπως ενός οστράκου, με το οποίο αφαιρούνται επιπλέον κομμάτια πηλού.

Η διακόσμηση γίνεται με χρήση ενός εργαλείου, όπως ενός μαχαιριού, με το οποίο αφαιρούνται επιπλέον κομμάτια πηλού.

Το “γύρισμα” περιλαμβάνει το φινίρισμα ή/και τη διακόσμηση του αντικειμένου, ενώ αυτό περιστρέφεται πάνω στον τροχό. Εικόνα 4.2.α,β,γ.



*Εικόνα 4.2. Τμήματα αγγείων από τη Μεσοποταμία φινιρισμένα σε τροχό, με ίχνη σπειρών και δακτυλικών αποτυπωμάτων και με ίχνη σπειρών και ξυσίματος. Όλα ανήκουν στην Εποχή του Χαλκού. (Φωτ. Michel Fortin).*

## 4.4. Η ξήρανση και το ψήσιμο του πηλού

Πριν από το ψήσιμο, το κεραμικό σκεύος πρέπει να αφηθεί να στεγνώσει, ώστε να απομακρυνθεί όλη η υγρασία του. Αν το νερό δεν αφαιρεθεί, το σκεύος θα σπάσει κατά το ψήσιμο, εξαιτίας των ατμών που θα δημιουργηθούν από τη βίαιη εξάτμιση του νερού. Έτσι, πάνω από τους 100°C το νερό εξατμίζεται, πράγμα που οδηγεί στην ανάπτυξη πιέσεων και τάσεων που μπορεί να ρηγματώσουν το σώμα του κεραμικού.

Τα κεραμικά σκεύη μπορούν να ξηραθούν στον ήλιο, και ο όγκος του σκεύους μικραίνει, καθώς απομακρύνεται το νερό. Κατά τη διάρκεια αυτής της συρρίκνωσης μπορεί να γίνουν ρωγμές στο σκεύος, όπως, για παράδειγμα, στα σημεία ένωσης δύο κομματιών πηλού. Αν κατά τη διάρκεια της ξήρανσης δημιουργηθούν σοβαρές ρωγμές, τότε το αντικείμενο πρέπει να πεταχτεί.

Σκοπός του ψησίματος είναι να αλλοιωθούν τα αργιλούχα ορυκτά μέσα στον πηλό, ώστε να δημιουργηθεί μια σκληρή και μη πορώδης δομή. Οι θερμοκρασίες που χρειάζονται για να καταστραφούν αυτά τα αργιλούχα ορυκτά εξαρτώνται από τον τύπο του πηλού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του κεραμικού.

Έτσι, τα κεραμικά κατά τη διάρκεια του ψησίματος περνούν από τις εξής φάσεις:

- **Στερεά φάση** (κρυσταλλική)
- **Υαλώδη φάση** (υαλώδης)
- **Αέρια φάση** (πορώδης).

Η έκταση αυτών των φάσεων προσδιορίζει το είδος του κεραμικού και τις ιδιότητές του. Για παράδειγμα, στις **τερακότες** κυριαρχεί η κρυσταλλική φάση, η υαλώδης φάση απουσιάζει ή είναι πολύ ελάχιστη, και το σκεύος είναι πολύ πορώδες. Στην **πορσελάνη** κυριαρχεί η υαλώδης φάση, η κρυσταλλική φάση είναι ελάχιστη ή σχεδόν απουσιάζει, και το σκεύος δεν είναι πορώδες.

Κατά τη διάρκεια του ψησίματος ο πηλός υφίσταται διάφορες μεταβολές. Κατά το **πρώτο στάδιο** (μέχρι τους 350°C) αποσυντίθενται τα οργανικά υλικά που περιέχονται σ' αυτόν. Από τους 500°C ο άνθρακας των οργανικών υλικών αρχίζει να καίγεται και σε υψηλότερες θερμοκρασίες καίγεται πλήρως.

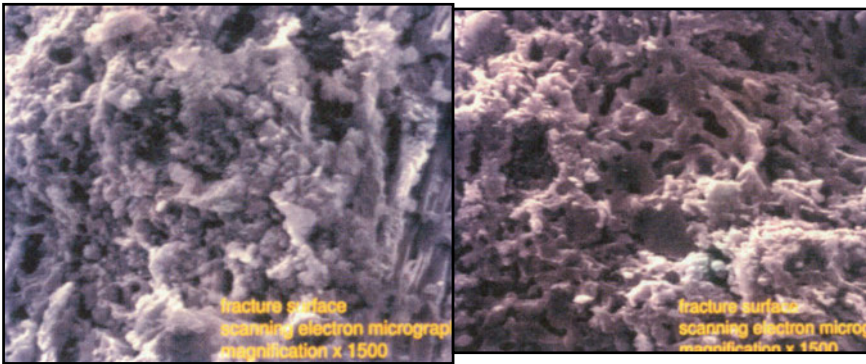
Στο **δεύτερο στάδιο** (μεταξύ 600°C-850°C) τα αργιλούχα ορυκτά αρχίζουν να αποσυντίθενται, ώσπου οι ακμές των κρυστάλλων των ορυκτών τήκονται και συνδέονται. Αυτή η διαδικασία καλείται συσσωμάτωση. Είναι σημαντικό ότι τα αργιλούχα ορυκτά του πηλού συσσωματώνονται χωρίς να τήκονται, διαφορετικά θα απορροφούσαν ξανά νερό και θα αποκτούσαν την αρχική δομή τους. Η θερμοκρασία που απαιτείται για τη συσσωμάτωση των αργιλούχων ορυκτών εξαρτάται από τον τύπο των αργιλούχων ορυκτών που περιέχονται στον πηλό.

Το **τελικό στάδιο** του ψησίματος είναι η υαλοποίηση. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας σχηματίζεται γυαλί από τον πηλό. Το γυαλί αυτό δεν είναι όπως το γυαλί της καθημερινής χρήσης (π.χ. δεν είναι διαφανές), αλλά ονομάζεται έτσι, επειδή έχει ορισμένες ιδιότητες παρόμοιες με αυτό. Η υαλοποίηση ξεκινά, όταν τα αργιλούχα ορυκτά (πυριτικά ή οξειδία) αρχίζουν να λιώνουν και να τήκονται. Η υαλοποίηση ξεκινά στους 850°C, αλλά δε γίνεται εμφανής στο κεραμικό παρά μεταξύ 900°C-950°C. Η υαλώδης δομή που σχηματίζεται ελαττώνει το πορώδες του κεραμικού υλικού.

Στις Εικόνες 4.3.α. και 4.3.β. φαίνονται οι δομές δύο ρωμαϊκών κεραμικών σκευών, που καλούνται **Roman Terra Sigillata**. Στην

Εικόνα 4.3.α. έχουμε ένα μη ασβεστούχο κεραμικό που δημιουργήθηκε κατά τον 1ο αι. μ.Χ. και έχει ψηθεί, κάτω από τους 850°C. Στην Εικόνα 4.3.β. έχουμε ένα ασβεστούχο κεραμικό, το οποίο δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια του 2ου αι. μ.Χ. και έχει ψηθεί μεταξύ 850-1050°C. Μπορούμε να δούμε ότι στην Εικόνα 4.3.β. η δομή του πηλού εμφανίζεται λιωμένη ή υαλοποιημένη, σε αντίθεση με την Εικόνα 4.3.α.

Η ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια του ψησίματος επηρεάζει επίσης τον τύπο του κεραμικού σκεύους που παράγεται. Η ατμόσφαιρα



Εικόνα 4.3. Στις εικόνες 4.3.α. και 4.3.β. φαίνονται οι δομές ενός μη ασβεστούχου κεραμικού ψημένου σε χαμηλή θερμοκρασία και ενός ασβεστούχου κεραμικού ψημένου σε υψηλή θερμοκρασία. Roman terra sigillata σε μεγάλη μεγέθυνση. Το κεραμικό που έχει ψηθεί σε υψηλή θερμοκρασία έχει σημάδια υαλοποίησης σε αντίθεση με το κεραμικό που έχει ψηθεί σε χαμηλή θερμοκρασία (φωτ. Β. Αργυροπούλου).

μπορεί να είναι οξειδωτική, αναγωγική ή ουδέτερη. Η οξειδωτική ατμόσφαιρα χρειάζεται οξυγόνο, η αναγωγική χρειάζεται μονοξείδιο του άνθρακα και η ουδέτερη χρειάζεται διοξείδιο του άνθρακα.

**Οξειδωτική ατμόσφαιρα** έχουμε, όταν η ποσότητα οξυγόνου είναι μεγαλύτερη από αυτήν που απαιτείται για την καύση της καύ-

σιμης ύλης, και εμφανίζεται, όταν υπάρχει πλεονασμός σε αέρα. **Αναγωγική ατμόσφαιρα** υφίσταται, όταν δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο για την καύση της καύσιμης ύλης και σχηματίζεται μονοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, και εμφανίζεται, όταν υπάρχει έλλειψη αέρα.

Επίσης, ο τύπος της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια του ψησίματος και η σύνθεση του πηλού επηρεάζουν το χρώμα του ψημένου κεραμικού. Η παρουσία σιδήρου στον πηλό επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το χρώμα του κεραμικού σκεύους.

Αν τα αργιλούχα ορυκτά περιέχουν σίδηρο και ψηθούν σε οξειδωτική ατμόσφαιρα, ο σίδηρος θα οξειδωθεί και θα αποκτήσει κοκκινωπό χρώμα (π.χ. όπως της σκουριάς).

Αν τα ίδια σιδηρούχα ορυκτά ψηθούν κάτω από αναγωγική ατμόσφαιρα, ο σίδηρος θα αναχθεί και θα γίνει γκρι ή μαύρος. Έτσι, οι κεραμείς μπορούν να ρυθμίζουν και να εκμεταλλεύονται την ατμόσφαιρα ψησίματος, για να μεταβάλλουν το χρώμα του κεραμικού σκεύους.

Μετά το ψήσιμο είναι πολύ σημαντικό να ψυχθεί σωστά το σκεύος. Ο **ρυθμός** και η **ατμόσφαιρα** στην οποία ψύχεται ένα σκεύος καθορίζουν τη τελική μορφή του.

Τα κεραμικά σκεύη μπορεί να ψηθούν σε ανοιχτή φωτιά, σε λάκκους ή σε φούρνους. Το **ψήσιμο σε ανοιχτή φωτιά** είναι η πιο απλή μορφή ψησίματος. Δεν απαιτεί καμία υποδομή παρά μόνο καύσιμη ύλη, και ήταν πιθανώς η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για το ψήσιμο των κεραμικών. Τα κεραμικά σκεύη μπορούσαν επίσης να ψηθούν σε λάκκους που περικλείονταν με πέτρες. Τοποθετούνταν ξύλο κάτω και πάνω από τα σκεύη και το ξύλο καιγόταν. Και στις δύο περιπτώσεις είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί η ατμόσφαιρα κάτω από τέτοιες συνθήκες ψησίματος. Υπάρχουν διάφοροι **τύποι καμίνων**, όπως οι κάμινοι ευθείας φλόγας ανοδικής κίνησης του αέρα και οι κάμινοι αναστρεφό-

μενης φλόγας καθοδικής κίνησης του αέρα, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από διαφορετικούς τύπους υλικών, όπως πέτρα ή τούβλα και χρησιμοποιούνται για το ψήσιμο κεραμικών σκευών. Η **κάμινος ευθείας φλόγας** είναι μια θολωτή κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε για το ψήσιμο κεραμικών, όπου η φωτιά βρίσκεται κάτω από τα κεραμικά και υπάρχει άνοιγμα-αεραγωγός στην κορυφή που επιτρέπει τη διέξοδο του καπνού. Κατά τα αρχαία και ρωμαϊκά χρόνια χρησιμοποιούνταν περισσότερο κάμινοι ευθείας φλόγας για το ψήσιμο των κεραμικών σε θερμοκρασίες κάτω από 1100°C. Για να παραχθούν θερμοκρασίες υψηλότερες από 1100°C, απαιτείται κάμινος αναστρεφόμενης φλόγας. Στις **κάμινους αναστρεφόμενης φλόγας** η φωτιά βρίσκεται στο ίδιο σημείο, όπως και στην κάμινο ευθείας φλόγας, αλλά η θερμότητα εκτρέπεται από την οροφή του φούρνου προς τα κάτω, προς τα κεραμικά.

## 4.5. Υαλώματα και διακόσμηση των κεραμικών

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι διακόσμησης των κεραμικών. Η διακόσμηση της επιφάνειας περιλαμβάνει την εφαρμογή μιας χρωματιστής επικάλυψης (επιχρίσματος ή υαλώματος), η οποία αλλάζει το χρώμα της επιφάνειας.

Οι διακοσμητικές τεχνικές μορφοποίησης της επιφάνειας περιλαμβάνουν διαμόρφωση εμπιέστων ή ανάγλυφων μοτίβων, ή απομάκρυνση πηλού από την επιφάνεια.

Για τη διακόσμηση των κεραμικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλοί διαφορετικοί τύποι επιφανειακών επικαλύψεων όπως τα υαλώματα, οι χρωστικές και τα επιχρίσματα.

Τα **υαλώματα** είναι ένας τύπος υαλώδους υλικού που εφαρμόζεται ως επικάλυψη σε κεραμικά. Το υλικό τήκεται και δίνει μια υαλώδη εμφάνιση στο κεραμικό. Ένα υάλωμα μπορεί να έχει αισθητικό (είναι χρωματιστό) ή λειτουργικό (κάνει το κεραμικό αδιαπέραστο από υγρά) ρόλο.

Η πιο σημαντική ιδιότητα των υαλωμάτων είναι το σημείο τήξης τους. Το υλικό του υαλώματος που προωθεί ή αυξάνει την υαλοποίηση είναι η ευτηκτική ύλη.

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι κατάταξης των υαλωμάτων. Ανάλογα με την κύρια ευτηκτική ύλη που περιέχουν μπορούν να ταξινομηθούν σε υαλώματα μολύβδου, σε αλκαλικά υαλώματα, σε υαλώματα ασβεστούχα-αστριούχα και σε υαλώματα που περιέχουν άλατα.

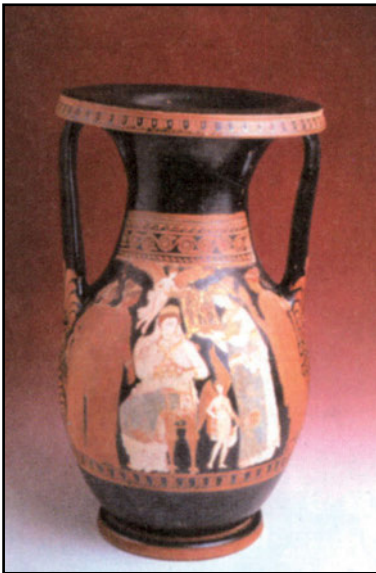
Τα **υαλώματα μολύβδου** ήταν πολύ διαδεδομένα για πολλούς αιώνες, επειδή ο μολύβδος στο υάλωμα αποτελεί μοναδικό ευτηκτικό παράγοντα (π.χ. βοηθά στη μείωση της θερμοκρασίας τήξης). Τα υαλώματα μολύβδου δίνουν πολύ καλό βάθος χρώματος στην επιφάνεια. Όμως, με την πάροδο του χρόνου ο μολύβδος μπορεί να εκπλυθεί από την επιφάνεια του κεραμικού και είναι δηλητηριώδης, αν εισέλθει στο αίμα. Γι' αυτό το λόγο τα υαλώματα μολύβδου σπάνια χρησιμοποιούνται σήμερα.

Τα **αλκαλικά υαλώματα** περιέχουν ευτηκτικές ύλες νατρίου ή καλίου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υαλώματα χαμηλών θερμοκρασιών. Τα αλκαλικά υαλώματα είναι λιγότερο γυαλιστερά απ' ό,τι τα υαλώματα μολύβδου και μπορεί να προέρχονται από ένα μείγμα πυριτικής άμμου και στάχτης.

Τα **ασβεστούχα-αστριούχα υαλώματα** είναι πιθανόν τα καλύτερα υαλώματα λόγω της διάρκειάς τους και των υψηλών θερμοκρασιών που χρειάζονται για να σχηματιστούν (1200-1350°C). Ευτηκτικές ουσίες είναι το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Αυτοί οι τύποι υαλωμάτων χρησιμοποιούνται συχνά για σώματα πορσελάνης.

Τα **υαλώματα που περιέχουν άλατα** αποτελούν έναν τύπο αλκαλικού υαλώματος που χρειάζεται υψηλές θερμοκρασίες για να σχηματιστεί (1150-1300°C). Εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά στη Γερμανία κατά το 12ο αι. με τη χρησιμοποίηση απλού αλατιού (NaCl), που το έριχναν στο φούρνο. Το αλάτι αποσυντίθεται και το νάτριο του αλατιού συνδέεται με το πυρίτιο και με το αργίλιο του κεραμικού και σχηματίζει υάλωμα στην επιφάνεια.

Οι **χρωστικές** είναι ουσίες οι οποίες όταν εφαρμόζονται σε ένα κεραμικό πριν ή μετά το ψήσιμο, αλλάζουν το χρώμα του. Οι χρωστικές από μόνες τους δεν έχουν ικανότητα πρόσφυσης στην επιφάνεια του κεραμικού, σε αντίθεση με τις βαφές, που είναι μείγματα χρωστικών και συνδετικού υλικού. Στην αρχαιότητα οι χρωστικές με φυσικά ή τεχνητά μείγματα συχνά χρησιμοποιούνταν για τη διακόσμηση κεραμικών σκευών. Για παράδειγμα, η ώχρα είναι φυσική χρωστική γήινης προέλευσης, και χρησιμοποιήθηκε συχνά για τη διακόσμηση κεραμικών. Επίσης, το αιγυπτιακό μπλε είναι τεχνητή χρωστική που φτιαχνόταν από την τήξη ασβεστίου, πυριτίου και χαλκού, και χρησιμοποιήθηκε και αυτό για τη διακόσμηση κεραμικών.



Οι **βαφές** είναι ένας τύπος χρωστικής που διαλύεται στο νερό και δε χρειάζονται συνδετικό υλικό, για να προσκολληθούν σε μια επιφάνεια όπως αυτή των κεραμικών. Μια σημαντική μοβ βαφή που χρησιμοποιήθηκε στην αρχαιότητα ήταν το Tyrrhian μοβ που εξαγόταν από ένα είδος ψαριού και ένα είδος

*Εικόνα 4.4. Μαύρο αττικό αγγείο (330π.Χ.) διακοσμημένο με επιμετάλλωση και μπλε χρωστική, Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*



σαλιγκαριού (*Purpura shell-fish* και *Murex snail*). Αυτοί οι δύο οργανισμοί έχουν μια κύστη που περιέχει ένα υγρό που γίνεται μοβ, όταν εκτεθεί στο φως.

**Επίχρυσμα** είναι ένα λεπτόκοκκο κλάσμα πηλού, συνήθως είναι ένα ρευστό αιώρημα του πηλού, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή κεραμικών σκευών και απλώνεται στην επιφάνειά τους πριν από το ψήσιμο. Τα επιχρίσματα μπορούν να απλωθούν στην επιφάνεια του κεραμικού, για να μεταβάλουν το χρώμα τους. Η εφαρμογή των επιχρισμάτων στην επιφάνεια του κεραμικού γίνεται με εμβάπτιση, με έγχυση ή με σφουγγάρι.

**Διακοσμητικές τεχνικές** μορφοποίησης είναι το φινίρισμα της επιφάνειας, καθώς και τεχνικές που περιλαμβάνουν κοπή και απομάκρυνση.

Οι τεχνικές για το **φινίρισμα** της επιφάνειας είναι η λείανση και το γυάλισμα .

Τύποι **κοπής** είναι: ανάγλυφο, “χτένισμα”-δημιουργία παράλληλων γραμμών, δημιουργία εγκοπών, διάτρηση και sgraffito.

Τύποι **απομάκρυνσης** είναι η εμπίεστη διακόσμηση και το ανάγλυφο.

Πιο κάτω περιγράφονται μερικές από αυτές τις τεχνικές.

Θα πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ γυαλισμένων και λειασμένων επιφανειών των κεραμικών. Η λείανση περιλαμβάνει τη χρήση ενός εργαλείου, όπως βότσαλου ή οστού, για τη δημιουργία ενός μοτίβου λειασμένων γραμμών, που δίνει ένα εφέ στιλβωμένης και ματ επιφάνειας. Με το γυάλισμα η επιφάνεια γίνεται λεία και ομοιόμορφη.

Η δημιουργία εγκοπών γίνεται με ένα εργαλείο με στενό άκρο με το οποίο δημιουργούνται γραμμές στην επιφάνεια του κεραμικού. Εικόνα 4.5.

Η εμπίεση γίνεται με τη χρήση ενός εργαλείου που πιέζεται στο σώμα του πηλού και τον μετακινεί παράγοντας ένα μοτίβο.



*Εικόνα 4.5. Ninevite 5 κεραμικό σκεύος με εμπιέστη διακόσμηση από τη Μεσοποταμία, Εποχή του Χαλκού. (Φωτ. Michel Fortin).*

## 4.6. Αρχαία Κεραμικά

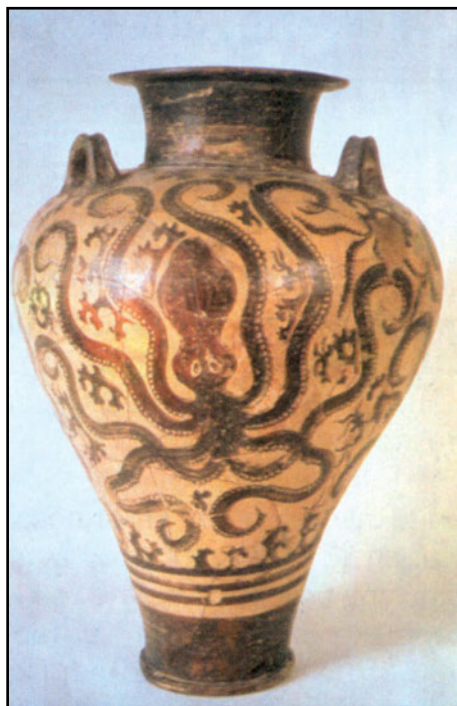
Η τεχνολογία παραγωγής κεραμικών στην αρχαιότητα ήταν πολύ προηγμένη και μερικές από τις τότε χρησιμοποιούμενες τεχνικές ακόμα και σήμερα παραμένουν άγνωστες. Μερικά από τα πιο διάσημα παραδείγματα της αρχαίας ελληνικής κεραμικής είναι τα μυκηναϊκά και τα αττικά αγγεία (αττικό μαύρο και λευκές λήκυθοι).

Η μυκηναϊκή κεραμική αποδείχθηκε πολύτιμη στην αρχαιολογία, επειδή βοήθησε στον εντοπισμό του χρονολογικού πλαισίου της ύστερης Εποχής του Χαλκού στο Αιγαίο. Η μυκηναϊκή κεραμική ξεκινά από την υστεροελλαδική Φάση, περίπου 1575 π.Χ., στην βορειοανατολική Πελοπόννησο, στις Μυκήνες. Χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη τυπολογία και τα σχήματά της επηρεάστηκαν από το μινωικό πολιτισμό. Έως το 1375 π.Χ. οι Μυκηναίοι κεραμείς είχαν διαμορφώσει το δικό τους μοναδικό στιλ και κατασκεύαζαν μεγάλες ποσότητες κεραμικών υψηλής ποιότητας, που διοχετεύονταν σε όλη την Ελλάδα και έξω από αυτήν. Τα σχήματα που παρήγαν ήταν ασκοί, ψευδόστομοι αμφορείς (για

την μεταφορά υγρών), μικρές κανάτες, μεγάλα μπολ κτλ. Τα αγγεία έφεραν διακόσμηση με χοντρές μαύρες ή κόκκινες γραμμές, με στυλιζαρισμένες σκηνές ζώων ή αρμάτων. Οι δύο κυριότεροι τύποι αγγείων ήταν το **Close Style** και το **Granary Style**. Στον τύπο **Close Style** (πυκνός ρυθμός) όλη η επιφάνεια καλυπτόταν με απεικονίσεις πουλιών, ζώων, ψαριών και περιβαλλόταν από αφηρημένα σχήματα. Αντίθετα, το **Granary Style** ήταν πολύ απλό, με ελάχιστες ζωγραφικές διακοσμήσεις. Πολλά μικρά πήλινα αγγαματίδια γυναικών ή ζώων παράχθηκαν εκείνη την περίοδο και βρέθηκαν σε τάφους.

Η μυκηναϊκή τεχνολογία παραγωγής της ζωγραφιστής διακόσμησης βασιζόταν στη χρήση σιδηρούχων χρωστικών που απλώνονταν σε διάφορες πυκνότητες πριν από το ψήσιμο. Κατά τη διάρκεια του ψησίματος, η ατμόσφαιρα της καμίνου ρυθμιζόταν ανάλογα σε αναγωγική ή σε οξειδωτική και είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία μαύρου ή ερυθρού χρώματος αντίστοιχα.

Κατά τη διάρκεια των αρχαϊκών χρόνων στην Ελλάδα (700-500 π.Χ.), τόσο η διακόσμηση όσο και η τεχνολογία της αγγειογραφίας πέρασαν από διάφορες φάσεις. Οι αγγειογράφοι αρχίζουν να απεικονίζουν φιγούρες και αντικείμενα με μαύρο χρώμα και αποδίδουν τις λεπτομέ-



*Εικόνα 4.6. Μυκηναϊκό κεραμικό, μέσα 15ου αιώνα π.Χ., απεικονίζει χταπόδι, Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*

ρειες χαράσσοντας γραμμές πριν από το ψήσιμο. Η μελανόχρωμη τεχνική εισήχθη στην Αθήνα κατά το 630 π.Χ. και έως το 60 π.Χ. τα αθηναϊκά μελανόμορφα αγγεία ήταν ο τύπος αγγείων που κυριαρχούσε στην Ελλάδα. Η τεχνολογία της μαύρης γυαλιστερής επιφάνειας σε αυτά τα αγγεία οφειλόταν σε ένα επίχρισμα που αποτελούνταν από πολύ λεπτόκοκκο πηλό χαμηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο, που ψηνόταν κάτω από αναγωγικές συνθήκες. Πολλές ερευνητικές εργασίες έχουν γίνει για τον προσδιορισμό του πώς



*Εικόνα 4.7. Μαύρο αττικό αγγείο, 6ος αιώνας π.Χ., Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*

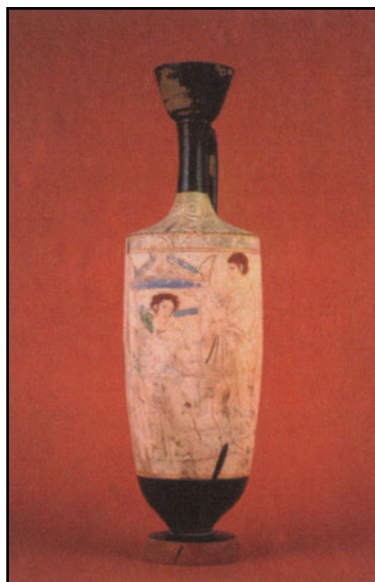
οι αρχαίοι κεραμείς είχαν πετύχει ένα τόσο μαύρο γυαλιστερό φινίρισμα.

Οι λευκές λήκυθοι ήταν ταφικά κεραμικά αγγεία που περιείχαν λάδι. Μεταφέρονταν και χρησιμοποιούνταν μόνο

κατά την ημέρα της ταφής. Αυτό που κάνει αυτά τα ταφικά αγγεία τόσο όμορφα είναι η πολύχρωμη διακόσμηση πάνω σε λευκό φόντο. Πριν από το ψήσιμο, ο λαιμός και η βάση του κεραμικού σκεύους καλυπτόταν με ένα επίχρισμα υψηλής περιεκτικότητας σε σίδηρο, ενώ το σώμα του αγγείου καλυπτόταν με ένα λευκό επίχρισμα, που ήταν ένα αιώρημα καολίνη. Πάνω σ' αυτό το λευκό επίχρισμα καολίνη, πριν από το ψήσιμο, γινόταν πολύχρωμη διακόσμηση με ανδρικές και γυναικείες φιγούρες, με τη χρησιμοποίηση χρωμάτων σε τόνους από καφέ έως κίτρινο τα οποία ήταν φυσικές χρωστικές, όπως ο αιματίτης. Αυτά τα αγγεία ψήνονταν σε έναν κύκλο οξειδωτικής-αναγωγικής-οξειδωτικής ατμό-

σφαιρας σε μέγιστη θερμοκρασία 800-950°C, ώστε να δημιουργηθεί το αδιαπέραστο μαύρο γυαλιστερό φινίρισμα στο λαιμό και στη βάση του κεραμικού αγγείου. Σε αυτές τις θερμοκρασίες ο καολίνης που είχε χρησιμοποιηθεί στο κέντρο δεν έλιωνε (χρειάζεται θερμοκρασία μεγαλύτερη από 950°C), με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια λευκή ματ επιφάνεια, που είναι μαλακή, πορώδης και αποκολλάται εύκολα από την επιφάνεια του αγγείου. Μόνο μετά το ψήσιμο απλώνονταν χρώματα, όπως πράσινο και μπλε (π.χ. αιγυπτιακό μπλε), επειδή δε θα μπορούσαν να αντέξουν τόσο υψηλές θερμοκρασίες.

Οι τεχνικές των αρχαίων κεραμέων μελετώνται σήμερα και συχνά υπάρχει δυσκολία στον προσδιορισμό του είδους του πηλού, των επιχρισμάτων ή των χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αυτών των κεραμικών. Ο επιστήμονας/ερευνητής θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι όχι μόνο οι διαδικασίες κατασκευής αλλά και το περιβάλλον ταφής είναι πιθανόν να έχουν μεταβάλει τη χημική και ορυκτολογική σύσταση του πηλού, των επιχρισμάτων και των χρωστικών.



*Εικόνα 4.8. Παράδειγμα ληκύθου, Αρχαιολογικό Μουσείο Αθηνών.*

## 4.7. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 4ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

4.7.1. Να αναφέρετε τα κύρια συστατικά που απαιτούνται για την παραγωγή κεραμικής.

4.7.2. Τι είναι ο καολινίτης; Να αναφέρετε μια από τις βασικές ιδιότητές του.

4.7.3. Να περιγράψετε την διαδικασία του levigation και να αναφέρετε το λόγο που την καθιστά σημαντική για την παραγωγή “λεπτόκοκκων” κεραμικών.

4.7.4. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ της συμπύκνωσης (*sintering*) και της υαλοποίησης;

4.7.5. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ της οξειδωτικής και της αναγωγικής ατμόσφαιρας, και πώς επηρεάζει η καθεμιά το χρώμα των κεραμικών;

4.7.6. Ποιο τύπο καμίνου χρησιμοποιούσαν οι Αρχαίοι Έλληνες και ποια ήταν η υψηλότερη θερμοκρασία που μπορούσαν να επιτύχουν για την παραγωγή κεραμικών;

4.7.7. Να αναφέρετε δύο τύπους επιχρισμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διακόσμηση των κεραμικών.

4.7.8. Ποια ήταν η χρήση των λευκών ληκύθων στην Αρχαία Ελλάδα;

4.7.9. Πώς χρησιμοποιείται ο καολινίτης στην παραγωγή των λευκών ληκύθων;

## 5.1. Σύσταση και μέθοδος παραγωγής γυαλιού

Το γυαλί παράγεται με την ανάμειξη άμμου, οξειδίων νατρίου, καλίου και ασβεστίου, και με τη θέρμανση του μείγματος έως ότου λιώσει (θερμοκρασία  $1000^{\circ}\text{C}$ ). Στη συνέχεια, όσο είναι ακόμα πολύ ζεστό, μορφοποιείται στο σχήμα του σκεύους που θέλουμε. Το γυαλί δεν έχει κρυσταλλική δομή, είναι άμορφο (δεν έχει συγκεκριμένη δομή) και υαλώδες. Με τη θέρμανση του γυαλιού καταστρέφονται οι κρυσταλλικές δομές της άμμου, του νατρίου και του ασβεστίου, ενώνονται και έτσι χάνουν τη δομή τους. Όσο είναι ζεστό το γυαλί, είναι μαλακό, όπως το λουκούμι, και είναι ελατό, όλκιμο και πλαστικό, ώστε να μπορεί να χυτευθεί, να φυσηθεί, να τραβηχτεί και να πιεστεί. Όταν είναι κρύο, το γυαλί είναι εύθραυστο. Μπορεί να είναι διαφανές, ημιδιαφανές ή αδιαφανές. Η φύση και το χρώμα του γυαλιού εξαρτώνται από τη σύστασή του. Το γυαλί αποτελείται από υλικά που σχηματίζουν το δίκτυό του, από υλικά που τροποποιούν το δίκτυό του και από χρωστικές.

Το βασικό συστατικό που σχηματίζει το δίκτυο του γυαλιού είναι το οξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ), που υπάρχει στην άμμο και σε θρυμματισμένο πυριτόλιθο. Το οξείδιο του πυριτίου λιώνει σε θερμοκρασία  $1726^{\circ}\text{C}$  και σχηματίζει γυαλί πυριτίου με ισχυρούς δεσμούς, που αποτελεί το σκελετό του γυαλιού. Μια τέτοια όμως θερμοκρασία ήταν αδύνατο να επιτευχθεί στους κλιβάνους που χρησιμοποιούσαν σε παλαιότερες εποχές, και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες το γυαλί θα ήταν πολύ παχύρρευστο για να μπο-

ρεί να δουλευτεί. Έτσι, προστέθηκαν άλλα μεταλλικά οξείδια ή συλλιπάσματα, όπως οξείδια νατρίου, καλίου, ασβεστίου και μολύβδου, για να τροποποιήσουν τις ιδιότητες του γυαλιού. Αυτά τα υλικά διασπών το δίκτυο του πυριτίου του γυαλιού και μεταβάλλουν τις ιδιότητες του γυαλιού, όπως την αντοχή, τη ρευστότητα κυρίως, μειώνουν πολύ το σημείο τήξης. Για παράδειγμα, η προσθήκη μολύβδου κάνει το γυαλί δυσδιάλυτο στο νερό και του δίνει μοναδική ποιότητα. Το ασβέστιο λόγω της αντίστασής του στην απορρόφηση νερού, προστίθεται στο γυαλί με τη μορφή οξειδίου.

Χρωστικές με τη μορφή μεταλλικών οξειδίων μπορούν να μεταβάλουν το χρώμα του γυαλιού. Αν το γυαλί αποτελείται μόνο από άμμο, νάτριο και ασβέστιο, έχει μπλε-πράσινο χρώμα, που ήταν συνηθισμένο στα γυαλιά των αρχαίων χρόνων. Με την πρόσθεση μεταλλικών οξειδίων, όπως χαλκού, σιδήρου, κοβαλτίου και μαγγανίου, και με τη μεταβολή των συνθηκών του κλιβάνου το χρώμα του γυαλιού μεταβάλλεται. Για παράδειγμα, στην αρχαιότητα, ο χαλκός χρησιμοποιούνταν για την παραγωγή σκούρου πράσινου, ανοιχτού μπλε ή ρουμπινί κόκκινου γυαλιού. Το κοβάλτιο δίνει γυαλί με βαθύ μπλε χρώμα. Το μαγγάνιο προσετίθετο, για να δώσει κιτρινωπό ή μοβ γυαλί. Οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν άχρωμο γυαλί, όπως το σημερινό, χρησιμοποιώντας λεπτή καθαρή άμμο που δεν περιείχε σίδηρο και προσθέτοντας μαγνήσιο και αντιμόνιο ως αποχρωματιστές. Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1.: Σειρά γυάλινων σκευών

Τέλος, στην παραγωγή γυαλιού συνηθίζεται η προσθήκη θρυμματισμένου γυαλιού. Το παλαιό γυαλί λειτουργεί ως πυρήνας γύρω



από τον οποίο σχηματίζεται νέο γυαλί και επίσης βοηθά στο να χαμηλώνει το σημείο τήξης.

Για την παραγωγή γυαλιού είναι απαραίτητα ένας κλίβανος ανθεκτικός στις απαιτούμενες υψηλές θερμοκρασίες και ένα πήλινο χωνευτήριο που θα περιέχει το υλικό.

### 5.2. Μορφοποίηση του γυαλιού

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές μορφοποίησης του γυαλιού:

- \* **Η τεχνική του πυρήνα** (κατασκευή πυρήνα, εμβάπτιση σε λιωμένη μάζα γυαλιού και τύλιγμα γύρω από έναν πυρήνα)
- \* **Η τεχνική του μωσαϊκού**
- \* **Η τεχνική της χύτευσης σε ανοιχτό καλούπι**
- \* **Η τεχνική του φυσήματος** (ελεύθερα ή σε καλούπι).

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι για την παραγωγή γυαλιού με την **τεχνική του πυρήνα**, η εμβάπτιση πυρήνα σε λιωμένη μάζα γυαλιού και το τύλιγμα γυαλιού γύρω από αυτόν.

Κατά την **εμβάπτιση** ένας πυρήνας από πηλό (γεμισμένος με άμμο), με το σχήμα του προς κατασκευή αντικειμένου, εμβαπτίζεται σε λιωμένο γυαλί με τη βοήθεια ενός μεταλλικού καλαμιού. Ο πήλινος πυρήνας επικαλύπτεται με το γυαλί και αφαιρείται, ενώ ψύχεται.

Το **τύλιγμα γυαλιού γύρω από έναν πυρήνα** αποτελεί διαδικασία κατά την οποία το λιωμένο γυαλί τραβιέται σε ράβδους σαν καλάμια. Αυτές οι ράβδοι, αφού ψυχθούν, ξαναθερμαίνονται και τυλίγονται γύρω από έναν πυρήνα πηλού με τη χρήση μιας μεταλλικής ράβδου.

Η **τεχνική του μωσαϊκού** είναι μια τεχνική σύντηξης γυάλινων ράβδων διαφορετικών χρωμάτων. Οι γυάλινες ράβδοι τραβιούνται εν θερμώ σε μικρές διαμέτρους, στη συνέχεια ψύχονται, κόβονται σε μικρά μήκη και τοποθετούνται σε ένα καλούπι που έχει το επιθυμητό σχήμα του αντικειμένου. Τοποθετείται ένα εξωτερικό καλούπι πάνω στο πρώτο, για να παραμείνουν οι ράβδοι στη θέση τους, και το σύστημα αυτό μπαίνει σε κλίβανο, για να συνηχθούν οι ράβδοι. Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2.: Παράδειγμα σκεύους από μωσαϊκό γυαλί

Η **χύτευση σε ανοιχτό καλούπι** γίνεται απλά με τη χύτευση λιωμένου γυαλιού από ένα χωνευτήριο πάνω σε κεραμική ή μεταλλική επιφάνεια μέχρι αυτό να απλωθεί. Το καλούπι με το μοτίβο πιέζεται πάνω στο απλωμένο γυαλί. Το καλούπι αφαιρείται, ενόσω το γυαλί είναι ακόμα μαλακό, και αφήνεται να κρυώσει. Το γυάλινο σκεύος μπορεί να φινιριστεί

με διάφορους τρόπους, όπως με τρίψιμο. Για τη χύτευση μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλούπια ενός ή δύο κομματιών ή η μέθοδος του χαμένου κεριού (όπως περιγράφηκε για τη χύτευση μετάλλων).

Υπάρχουν δύο μέθοδοι **φυσήματος του γυαλιού**, το φύσημα του γυαλιού σε καλούπι και το ελεύθερο φύσημα.

Κατά το **φύσημα σε καλούπι** απομακρύνεται ποσότητα λιωμένου γυαλιού από το χωνευτήριο με ένα σιδερένιο σωλήνα φυσήματος, που μπορεί να έχει μήκος 1-1,5m και διάμετρο 2cm, και το άκρο του να έχει σχήμα αχλαδιού. Ποσότητα λιωμένου γυαλιού τραβιέται στο σιδερένιο σωλήνα φυσήματος και το μαλακό γυαλί

κυλίεται/ρολάρεται πάνω σε μια λεία επίπεδη επιφάνεια (π.χ. πέτρα) κατά τα διάφορα στάδια της παραγωγής. Το μαλακό γυαλί που έχει ρολαριστεί φυσιέται σε σχήμα μιας επιμήκους μπάλας, που τοποθετείται σε ένα καλούπι δύο κομματιών, το οποίο στη συνέχεια κλείνει σφιχτά. Διοχετεύεται/φυσιέται αέρας μέσω του σωλήνα, ώστε το γυαλί να πάρει το σχήμα του καλουπιού. Όταν το γυαλί ψυχθεί, ανοίγεται το καλούπι και το γυαλί έχει πάρει το σχήμα του.

Κατά το **ελεύθερο φύσημα** δε χρειάζεται καλούπι. Μια μπάλα λιωμένου γυαλιού αποσπάται με το άκρο του σιδερένιου σωλήνα. Περιστρέφοντας αργά το σωλήνα μέσα στο φούρνο αποσπάται κι άλλη ποσότητα σαν ομοιογενής επικάλυψη. Απομακρύνεται ο σωλήνας από το φούρνο και το λιωμένο γυαλί ρολάρεται προς τα μπρος και προς τα πίσω πάνω στην επίπεδη λεία επιφάνεια, για να γίνει κυλινδρικό και ομόκεντρο με το σωλήνα φυσήματος. Όσο το γυαλί είναι ακόμα μαλακό, φυσιέται αέρας μέσα στο σωλήνα και δημιουργείται μια φουσαλίδα στο επιθυμητό μέγεθος. Η διαδικασία του φυσήματος απαιτεί γερούς πνεύμονες. Ο τεχνίτης βάζει στο στόμα του και νερό, που το φυσά μέσα στο σωλήνα, και στη συνέχεια κλείνει το άκρο με τον αντίχειρά του. Ο ατμός που δημιουργείται βοηθά το φύσημα.

### 5.3. Το γυαλί στην αρχαιότητα

Η γενέτειρα του γυαλιού δεν είναι γνωστή. Μερικοί ισχυρίζονται ότι κατασκευάστηκε στη Μεσοποταμία πριν από το 3000 π.Χ., άλλοι ότι ανακαλύφθηκε κατά τύχη κατά τη διάρκεια παραγωγής φαγεντιανής ή των υαλωμάτων των κεραμικών. Ο Ρωμαίος ιστορικός Πλίνιος (23-79 μ.Χ.) συσχέτισε την παραγωγή γυαλιού με τον ποταμό **Belus** στη Φοινίκη (σημερινό Ισραήλ).

Επίσης, παραγωγή γυαλιού γινόταν στη Μεσοποταμία και στην Αρχαία Αίγυπτο.

Πριν από την επινόηση της τεχνικής του φουσήματος, τα πρώιμα γυάλινα αγγεία παράγονταν με τη χρήση τεχνικών όπως, του πυρήνα, του μωσαϊκού και της χύτευσης σε καλούπι, που περιγράφηκαν πιο πάνω. Τα πρώτα γυάλινα σκεύη, όπως κανάτια και φιάλες για αρώματα, παράγονταν με την τεχνική του πυρήνα και χρονολογούνται στα τέλη του 16ου ή στις αρχές του 15ου αιώνα π.Χ. στη Μεσοποταμία και στην Αίγυπτο. Η τεχνική του μωσαϊκού χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του 15ου και 14ου αιώνα π.Χ. στη Μεσοποταμία και στη Δυτική Ασία για την κατασκευή γυάλινων κυπέλλων.

Λίγα γυάλινα αντικείμενα, όπως μικρά αγαλματίδια ζώων, έχουν βρεθεί από την Ύστερη Εποχή του Χαλκού στην Ελλάδα (Μυκήνες). Γραπτές πηγές σε μυκηναϊκή διάλεκτο μας πληροφορούν ότι το γυαλί ονομαζόταν “κυανός”. Γενικά πιστεύεται ότι οι Μυκηναίοι παρήγαν δικό τους γυαλί, αλλά πιθανόν εισήγαν την πρώτη ύλη.

Κατά το 12ο αιώνα π.Χ. σημειώνεται μείωση στην παραγωγή γυαλιού πιθανόν εξαιτίας της εισβολής των Παλαιστινίων στην Αίγυπτο και στη Συρία. Μόνο μετά τον 9ο αιώνα π.Χ. επανέρχεται η παραγωγή γυαλιού σε περιοχές όπως η Ελλάδα.

Στην Ελλάδα από τον 8ο αιώνα π.Χ. και μετά χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της χύτευσης σε ανοιχτό καλούπι για την παραγωγή ημισφαιρικών κυπέλλων ανοιχτού πράσινου χρώματος. Η παραγωγή χυτών σκευών συνεχίστηκε έως τον 5ο και 4ο αιώνα μ.Χ., όπου παραγόταν καθαρό, σχεδόν άχρωμο γυαλί. Η τεχνική του πυρήνα για την παραγωγή γυαλιού γνώρισε μεγάλη διάδοση εκείνη την εποχή.

Από την αρχαϊκή περίοδο και μετά (525 π.Χ-10 μ.Χ.) η τεχνική του πυρήνα για την παραγωγή γυάλινων σκευών γίνεται πολύ δημοφιλής στην Ελλάδα. Αντικείμενα που δημιουργήθηκαν με αυτή την τεχνική, όπως στρογγυλά αλάβαστρα, ήταν τυπικά αντιπρο-

σωπευτικά της πρώιμης ελληνικής παραγωγής γύρω στα 525-500 π.Χ. Αυτά τα αγγεία είχαν βάσεις κατασκευασμένες από γυαλί ή από χρυσό. Κατά τη διάρκεια των ελληνιστικών χρόνων, τα κυριότερα κέντρα παραγωγής γυαλιού με την τεχνική του πυρήνα βρίσκονταν στη Ρόδο, στην Κύπρο και πιθανόν στην Ιταλία. Όμως, μετά τις αρχές του 1ου αιώνα μ.Χ. τα αγγεία της τεχνικής του πυρήνα εξαφανίζονται λόγω της προτίμησης στις τεχνικές φουσητού γυαλιού.

Η τεχνική του φουσήματος του γυαλιού επινοήθηκε κατά τον 1ο αιώνα π.Χ. πιθανόν στη Συρία. Κατά τη διάρκεια του 1ου αιώνα μ.Χ. οι τεχνικές παραγωγής φουσητού γυαλιού ήταν πολύ διαδεδομένες. Διευκόλυναν τη μαζική παραγωγή γυαλιού, το οποίο εξελίχθηκε σε φθινό εμπόρευμα. Εκείνη την εποχή τα κυριότερα ναλοπαραγωγικά κέντρα βρίσκονταν κάτω από την κυριαρχία της Ρώμης. Το γυαλί δεν ήταν πλέον είδος πολυτελείας αλλά υλικό καθημερινής οικιακής χρήσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής το γυαλί χρησιμοποιείται για την κατασκευή κοσμημάτων, τζαμιών παραθύρων, λαμπών και καθρεφτών.



*Εικόνα 5.3.: Σειρά γυάλινων σκευών σε σχήμα πουλιού, τα οποία χρησιμοποιούνταν για αρώματα ή για καλλυντικά. Τα σκεύη αυτά, αφού φουσήθηκαν, γέμισαν με άρωμα ή με άλλο περιεχόμενο. Στη συνέχεια, η ουρά έλιωνε, το σκεύος σφραγιζόταν και επομένως έπρεπε να σπάσει, για να χρησιμοποιηθεί το περιεχόμενό του.*

Έως το 70 μ.Χ. παράγονταν εξαιρετικής ποιότητας γυάλινα αντικείμενα από σκόπιμα αποχρωματισμένο γυαλί. Το αποχρωματισμένο γυαλί αντικατέστησε τις συνηθισμένες φυσικές πρασινωπές ή μπλε αποχρώσεις. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, προκειμένου να παραχθεί άχρωμο γυαλί, οι τεχνίτες έπρεπε να χρησιμοποιή-

σουν λεπτή άμμο χωρίς σίδηρο και να προσθέσουν μαγγάνιο και αντιμόνιο ως αποχρωματιστές.

Κατά τον 1ο αιώνα μ.Χ. στη Ρωμαϊκή αυτοκρατορία δημιουργούνται διάφορα υαλοπαραγωγικά κέντρα και η παραγωγή του ρωμαϊκού γυαλιού εξαπλώνεται.

Η χρονική περίοδος έως το 2ο και 3ο αιώνα μ.Χ. υπήρξε περίοδος πειραματισμού στην κατασκευή χυτών σκευών. Αυτά που ήταν πολύ δύσκολο να κατασκευαστούν ήταν τα γυάλινα σκεύη που περιέκλειαν φύλλο χρυσού μεταξύ δύο γυάλινων άχρωμων κυπέλλων, που προσαρμόζονταν τέλεια το ένα μέσα στο άλλο. Επίσης, υπήρξε πολύ διαδεδομένη η χρήση μεγάλων πλακών μωσαϊκού γυαλιού από πολύχρωμες ράβδους.

Μετά τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία (400 μ.Χ.) παρατηρούνται αλλαγές στις περιοχές της Μεσογείου. Η Κωνσταντινούπολη γίνεται μια από τις σημαντικότερες πρωτεύουσες. Το γυαλί προέρχεται από τα κοντινά υαλοπαραγωγικά κέντρα της Συρίας ή παράγεται στην Κωνσταντινούπολη ακολουθώντας τα συριακά πρότυπα. Τα γυάλινα σκεύη της Βυζαντινής περιόδου (4ος-7ος αι. μ.Χ.) ήταν εκπληκτικά και απαιτούσαν μεγάλη δεξιοτεχνία, όπως για παράδειγμα τα γυάλινα σκεύη με θρησκευτικά σύμβολα που κατασκευάζονταν με την τεχνική του ένθετου φύλλου χρυσού (ο χρυσός ήταν εγκλεισμένος μεταξύ δύο στρωμάτων γυαλιού).

Επίσης, τα κωνικά κύπελλα που χρησιμοποιούνταν ως λάμπες και ανηρτώντο με αλυσίδες (καντήλια) ήταν πολύ συνηθισμένα εκείνη την περίοδο. Το γυαλί χρησιμοποιήθηκε επίσης ως σημαντικό στοιχείο διακόσμησης στα βιτρό των βυζαντινών εκκλησιών.

Άλλες σημαντικές περιόδους για την παραγωγή γυαλιού είναι η περίοδος από τον 8ο έως το 15ο αι. μ.Χ., κατά την οποία το “ισλαμικό γυαλί” γνωρίζει μεγάλη διάδοση, η περίοδος από 15ο έως το 17ο αι. μ.Χ. κατά την οποία ξεχωρίζει το “βενετσιάνικο γυαλί”, και τέλος η περίοδος από το 17ο αι. έως σήμερα με τα μεγάλα ευ-

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

---

ρωπαϊκά κέντρα παραγωγής γυαλιού, όπως τη Βοημία (17ος-18ος αι.) και τη Βρετανία (19ος αι. έως σήμερα).

## 5.4. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 5ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 5.4.1. Να αναφέρετε τα κυριότερα συστατικά του γυαλιού.
- 5.4.2. Πώς μπορεί να μειωθεί η θερμοκρασία τήξης του γυαλιού;
- 5.4.3. Ποιες χρωστικές μπορούν να προστεθούν στο γυαλί, για να μεταβάλουν το χρώμα του;
- 5.4.4. Περιγράψτε την τεχνική του μωσαϊκού για την κατασκευή ενός γυάλινου σκεύους.
- 5.4.5. Πώς γίνεται το φύσημα του γυαλιού;
- 5.4.6. Πότε και πού εντοπίζεται η γενέτειρα του γυαλιού;
- 5.4.7. Ποιο είναι το μυκηναϊκό όνομα του γυαλιού;
- 5.4.8. Πότε επινοήθηκε το φύσημα του γυαλιού;
- 5.4.9. Ποια μέθοδος παραγωγής γυαλιού παρήκμασε μετά την επινοήση της τεχνικής του φύσηματος;
- 5.4.10. Πώς παραγόταν το άχρωμο γυαλί κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας;



## 6.1. Εισαγωγή

Με τον όρο **διάλυμα** εννοούμε ένα ομογενές μείγμα δυο ή περισσότερων συστατικών το οποίο έχει την ίδια σύσταση σε όλη τη μάζα του.

Τα διαλύματα χαρακτηρίζονται από ομοιογένεια, σε αντίθεση με τα ετερογενή μείγματα, ενώ η σύστασή τους μπορεί να μεταβάλλεται, σε αντίθεση με τις χημικές ενώσεις.

Το συστατικό εκείνο που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία μέσα στο διάλυμα το ονομάζουμε κατά κανόνα **διαλύτη**, ενώ κάθε άλλο συστατικό του διαλύματος μπορεί να ονομαστεί **διαλυμένη ουσία**.

Οι παραπάνω όροι είναι σχετικοί και μπορούν να αναστραφούν, εάν αλλάξουν οι αναλογίες.

### 6.1.1. Είδη διαλυμάτων

**Τα διαλύματα διακρίνονται:**

α) Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των συστατικών τους πριν από την ανάμειξη, σε

- διαλύματα αερίων ή υγρών ή στερεών σε αέρια
- διαλύματα αερίων ή υγρών ή στερεών σε στερεά
- διαλύματα αερίων ή υγρών ή στερεών σε υγρά.

Από τις τρεις παραπάνω κατηγορίες, η τρίτη είναι αυτή που κατ'εξοχήν συναντάται στις εργασίες συντήρησης και επομένως εκεί θα εστιάσουμε την προσοχή μας.

β) Ανάλογα με τη μορφή των “διασπαρμένων τεμαχιδίων” της διαλυμένης ουσίας, σε:

- μοριακά διαλύματα: η διαλυμένη ουσία είναι σε μορφή μορίων ή όπως π.χ. η ζάχαρη στο νερό,
- ιοντικά διαλύματα: η διαλυμένη ουσία είναι σε μορφή ιόντων, όπως π.χ. το μαγειρικό αλάτι στο νερό,
- κολλοειδή διαλύματα: η διαλυμένη ουσία δεν είναι σε μορφή ιόντων ή μορίων αλλά σαν ένας σωρός μορίων. Μια κατηγορία κολλοειδών διαλυμάτων που συναντάται συχνά στη συντήρηση είναι τα γαλακτώματα, δηλαδή τα συσσωματώματα στερεού υλικού μέσα σε υγρό μέσο. Στην ουσία τα κολλοειδή διαλύματα δεν είναι πραγματικά διαλύματα.

γ) Ανάλογα με την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας, σε:

- κορεσμένα διαλύματα, όταν περιέχουν τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα διαλυμένης ουσίας,
- υπέρκορα διαλύματα, όταν περιέχουν περισσότερη διαλυμένη ουσία από αυτήν που βρίσκεται στο κορεσμένο διάλυμα. Τα υπέρκορα διαλύματα είναι ασταθή και εύκολα μετατρέπονται σε κορεσμένα αποβάλλοντας το περίσσειμα της διαλυμένης ουσίας με μορφή ιζήματος, και
- ακόρεστα διαλύματα, όταν περιέχουν μικρότερη ποσότητα διαλυμένης ουσίας από τα αντίστοιχα κορεσμένα.

### 6.1.2. Διαλυτότητα και περιεκτικότητα διαλυμάτων

Ονομάζουμε **διαλυτότητα** μιας ουσίας ως προς ένα συγκεκριμένο διαλύτη τη μεγαλύτερη ποσότητα της ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα του διαλύτη ή του διαλύματος, ώστε αυτό να γίνει κορεσμένο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Η διαλυτότητα εξαρτάται από τη φύση της διαλυομένης ουσίας και του διαλύτη, από τη θερμοκρασία, από την πίεση και από το μέγεθος των σωματιδίων της διαλυομένης ουσίας.

Ως **περιεκτικότητα ή συγκέντρωση** ενός διαλύματος ορίζεται η ποσότητα διαλυμένης ουσίας σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος ή διαλύτη.

### 6.1.3. Ιδιότητες των διαλυμάτων

Οι ιδιότητες των διαλυμάτων που παίζουν βασικό ρόλο κατά τις εργασίες συντήρησης είναι οι εξής:

- **η πυκνότητα**, δηλαδή ο λόγος της μάζας του διαλύματος προς τον όγκο του,
- **το ιξώδες**, δηλαδή η σχετική ευκολία ροής του υγρού διαλύματος (όσο μικρότερο ιξώδες έχει ένα διάλυμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ευκολία της ροής του, και αντιστρόφως), και τέλος
- **η πτητικότητα**, δηλαδή η ευκολία με την οποία ένα υγρό μπορεί να εξατμιστεί (όσο μεγαλύτερη πτητικότητα έχει ένας διαλύτης, τόσο ευκολότερα εξατμίζεται).

Υπάρχουν και άλλες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα διαλύματα, οι λεγόμενες αριθμητικές ή προσθετικές (όπως η τάση των ατμών του διαλύματος, το σημείο ζέσης, το σημείο πήξης και η οσμωτική πίεση), αλλά αυτές συνήθως δεν παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στη χρήση των διαλυμάτων κατά τις εργασίες συντήρησης.

## 6.2. Διαλύτες που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης

Διαλύτες χρησιμοποιούνται στη συντήρηση για δύο κύριους λόγους:

**α)** Για τον **καθαρισμό** του αντικειμένου που πρόκειται να συντηρηθεί από ανεπιθύμητες ουσίες που έχουν προστεθεί σε αυτό, μετά την αρχική κατασκευή του. Οι ουσίες αυτές συνήθως είναι υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε κάποιο προηγούμενο στάδιο συντήρησης (συνήθως πολυμερή) και ο χρόνος έδειξε ότι δεν

αποτελούν την ορθότερη επιλογή. Η απομάκρυνση αυτών των ουσιών από το αντικείμενο βασίζεται στη διάλυσή τους από το χρησιμοποιούμενο διαλύτη.

Σε άλλες περιπτώσεις η αφαίρεση μεταγενέστερων στοιχείων πρέπει να αποφασίζεται ύστερα από σοβαρή σκέψη του συντηρητή για το εάν αυτά τα στοιχεία τεκμηριώνουν μέρος της ιστορίας του αντικειμένου, οπότε πρέπει να παραμείνουν πάνω σε αυτό ή αλλοιώνουν την αυθεντικότητά του, οπότε πρέπει να απομακρυνθούν.

Είναι εμφανές ότι η σωστή επιλογή του διαλύτη είναι καθοριστική για την επιτυχία των παραπάνω εργασιών. Η χρήση δραστικότερου διαλύτη από αυτόν που χρειάζεται μπορεί να προξενήσει ανεπανόρθωτες καταστροφές στο αντικείμενο που πρόκειται να συντηρηθεί.

**β)** Για την εφαρμογή πολυμερών πάνω σε ένα αντικείμενο κατά τη διάρκεια των εργασιών συντήρησης. Σε αυτή την περίπτωση η πολυμερής ουσία διαλύεται στον κατάλληλο διαλύτη και μέσω αυτού διεισδύει στη δομή του συντηρούμενου αντικειμένου. Όσο μικρότερο είναι το ιξώδες του διαλύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η διεισδυτικότητά του στη δομή του αντικειμένου. Στη συνέχεια, ο διαλύτης εξατμίζεται και παραμένει η διαλυμένη ουσία (πολυμερές) στο αντικείμενο. Όσο μεγαλύτερη είναι η πτητικότητα του διαλύτη, τόσο γρηγορότερα αυτός εξατμίζεται, δηλαδή “στεγνώνει” το διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε.

Και σ’ αυτό το σημείο η επιλογή της κατάλληλης συγκέντρωσης του διαλύματος στην απαιτούμενη συγκέντρωση αποτελεί βασική προϋπόθεση επιτυχίας των σχετικών εργασιών συντήρησης. Πρέπει, τέλος, να έχουμε κατά νου ότι όσο μεγαλύτερη είναι η χημική συγγένεια ενός διαλύτη με την ουσία που θέλουμε να διαλύσουμε, τόσο καλύτερα αποτελέσματα θα έχουμε.

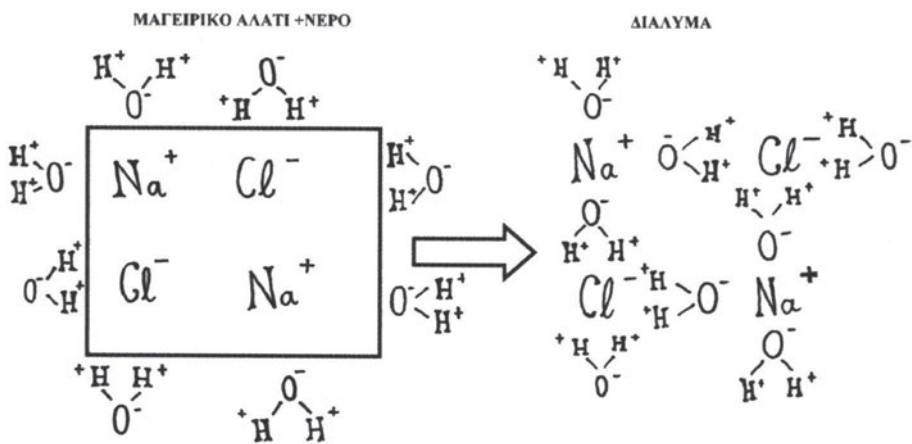
Κατά τις εργασίες συντήρησης χρησιμοποιούνται από το συντηρητή ως διαλύτες πολλές υγρές ουσίες. Οι περισσότερες από

αυτές είναι οργανικές. Ο μοναδικός ουσιαστικά ανόργανος διαλύτης, με σημαντική όμως εφαρμογή στις εργασίες συντήρησης, είναι το νερό.

Το μόριο του νερού είναι ένα ισχυρό δίπολο εξαιτίας της “μετατόπισης” του νέφους των ηλεκτρονίων του προς την πλευρά του ηλεκτραρνητικότερου οξυγόνου. Κυρίως, λόγω αυτής της ιδιότητάς του, το νερό εμφανίζει άριστη διαλυτική ικανότητα πολικών ουσιών, δηλαδή ουσιών που το μόριό τους εμφανίζει ανάλογη πολικότητα.

Τέτοιες ουσίες είναι οι ηλεκτρολύτες, αλλά και οργανικές μακρομοριακές ενώσεις που φέρουν στο μόριό τους πολικές ομάδες, όπως σάκχαρα, πρωτεΐνες κτλ.

Στην περίπτωση διάλυσης ενός ηλεκτρολύτη, όπως για παράδειγμα είναι το αλάτι (NaCl), τα μόρια του νερού διεισδύουν στον κρύσταλλο της στερεάς ουσίας που πρόκειται να διαλυθεί, προ-



Σχήμα 6.1.: Διάλυμα μαγειρικού αλατιού (NaCl) σε νερό (H<sub>2</sub>O). Τα μόρια του H<sub>2</sub>O, που χαρακτηρίζονται από μεγάλη πολικότητα, διεισδύουν στον κρύσταλλο του NaCl, προσανατολισμένα με τον ηλεκτροθετικό πόλο τους προς το ηλεκτραρνητικό ιόν Cl<sup>-</sup> και με τον ηλεκτραρνητικό πόλο τους προς το ηλεκτροθετικό ιόν του Na<sup>+</sup>. Οι δεσμοί ανάμεσα στα ιόντα NaCl σπάζουν και με την προσθήκη και άλλων μορίων H<sub>2</sub>O ανάμεσα στα ιόντα NaCl επέρχεται η πλήρης διάλυση του μαγειρικού αλατιού (NaCl).

σανατολισμένα με τον ηλεκτροθετικό πόλο τους προς το ηλεκτροαρνητικό Cl<sup>-</sup> και με τον ηλεκτραρνητικό πόλο τους προς το ηλεκτροθετικό Na<sup>+</sup>, και σπάζουν τους δεσμούς ανάμεσα στα ιόντα του NaCl. Στη συνέχεια και άλλα μόρια νερού διεισδύουν ανάμεσα στα ιόντα της πολικής ένωσης (NaCl), με τελικό αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η πλήρης διάλυση της στερεάς ουσίας (NaCl), οπότε κάθε ιόν της περιβάλλεται από μόρια διαλύτη (H<sub>2</sub>O) και κινείται ελευθέρα μέσα στο διάλυμα (Σχήμα 6.1).

Εκτός από το νερό, κατά τις εργασίες συντήρησης χρησιμοποιούνται και πολλές **οργανικές ουσίες** ως διαλύτες (Πίνακας 6.1.). Οι ιδιότητές τους διαφέρουν πολύ από αυτές του νερού (π.χ. εξατμίζονται πολύ πιο γρήγορα, οι περισσότερες από αυτές είναι εύφλεκτες και τοξικές, διαλύουν οργανικές υδροφοβές ενώσεις).

Οι βασικές κατηγορίες αυτών των οργανικών ουσιών είναι οι εξής:

### **Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες**

Ονομάζονται και αλειφατικοί ή παραφινικοί υδρογονάνθρακες. Αποτελούνται από άνθρακα και υδρογόνο. Τα μόριά τους σχηματίζουν ευθείες ή διακλαδισμένες αλυσίδες ατόμων άνθρακα που ενώνονται μεταξύ τους με απλό δεσμό. Παράγονται κατά τις εργασίες απόσταξης του πετρελαίου. Τρεις είναι οι κυριότερες κατηγορίες που συναντώνται στο εμπόριο: πετρελαϊκός αιθέρας, βενζίνη και White Spirit. Το τελευταίο (White Spirit) παράγεται και σε μορφή κυκλικού υδρογονάνθρακα, την οποία θα εξετάσουμε παρακάτω.

Όλες οι παραπάνω ενώσεις είναι μη πολικοί, ήπιοι διαλύτες, κατάλληλοι για διάλυση λιπόφιλων ουσιών, όπως τα κεριά, τα λίπη και τα έλαια.

### **\* Κυκλικοί υδρογονάνθρακες**

Είναι δύο ειδών:

#### **α) Κορεσμένοι**

Εκτός από ευθείες ή διακλαδισμένες αλυσίδες, τα άτομα του άνθρακα μπορούν να δημιουργήσουν δακτυλίους, συνδεδεμένα πάντα με απλούς δεσμούς. Συνηθέστερες περιπτώσεις είναι αυτές

των εξανίων. Οι ιδιότητές τους ως διαλυτών είναι παρόμοιες με αυτές των κορεσμένων υδρογονανθράκων ανοιχτής αλυσίδας. Για παράδειγμα, η διαλυτική δράση του κυκλοεξανίου είναι παρόμοια με αυτήν της βενζίνης.

### **β) Αρωματικοί**

Αποτελούνται βασικά από ένα δακτύλιο με έξι μόρια άνθρακα. Ανάμεσά τους υπάρχουν τρεις διπλοί δεσμοί χωρίς συγκεκριμένη και σταθερή θέση στο μόριο. Διαλύουν κεριά, βερνίκια, ρητίνες, έλαια. Η απλούστερη μορφή τέτοιου υδρογονάνθρακα είναι το βενζόλιο. Είναι πολύ δραστικό αλλά και πολύ τοξικό. Άλλοι διαλύτες αυτής της κατηγορίας είναι το τολουόλιο, λιγότερο τοξικό από το βενζόλιο αλλά όχι ακίνδυνο, το ξυλόλιο, το white spirit, που αποτελεί μείγμα αρωματικών υδρογονανθράκων και σ' αυτή τη μορφή είναι πιο δραστικό από ό,τι στη μορφή της ανοιχτής αλυσίδας, και, τέλος, το νέφτι, που αποτελεί μείγμα κυκλικών κορεσμένων και αρωματικών υδρογονανθράκων και συμπεριφέρεται παρόμοια με το white spirit.

### **\* Αλογονομένοι υδρογονάνθρακες**

Είναι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες ανοιχτής αλυσίδας, στους οποίους έχουν αντικατασταθεί ένα ή περισσότερα άτομα υδρογόνου με χλώριο (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες) ή φθόριο (φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες).

Πολλές από αυτές τις ενώσεις, όπως για παράδειγμα το τριχλωροαιθυλένιο, το χλωροφόρμιο και ο τετραχλωράνθρακας, είναι δραστικοί διαλύτες λιπών και ρητινών.

### **\* Αιθέρες**

Είναι οργανικές ενώσεις που έχουν στο μόριό τους την οργανική ρίζα [C-O-C]. Διαλύουν λίπη, έλαια, ρητίνες. Λόγω του ότι είναι πολύ πτητικές και εύφλεκτες ουσίες δεν έχουν ευρεία χρήση στις εργασίες συντήρησης. Κύριος εκπρόσωπος αυτής της ομάδας είναι ο διαιθυλαιθέρας, που βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε περιπτώσεις διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση πολύ φθαρμένου ξύλου.

### \* Εστέρες

Είναι ενώσεις που προκύπτουν από την αντίδραση μιας αλκοόλης με ένα οργανικό οξύ. Είναι γενικά ισχυροί πολικοί διαλύτες κατάλληλοι για κεριά, βερνίκια, κόλλες. Ως διαλύτης, μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει ο οξικός αιθυλεστέρας, αν και στη συντήρηση η χρήση τους είναι γενικά περιορισμένη.

### \* Κετόνες

Είναι οργανικές ενώσεις που έχουν στο μόριό τους τη δισθενή ομάδα  $[C=O]$  (καρβονύλιο). Ο άνθρακας του καρβονυλίου συνδέεται με ανθρακικές ομάδες (ρίζες) που δεν είναι κατά ανάγκη όμοιες μεταξύ τους. Είναι πολύ δραστικοί διαλύτες φυσικών και συνθετικών ρητινών, κεριών, βερνικιών, κολλών. Η ακετόνη είναι η πλέον αντιπροσωπευτική ένωση αυτής της κατηγορίας με ευρύτατη εφαρμογή στη συντήρηση.

### \* Αλκοόλες

Είναι οργανικές ενώσεις που χαρακτηρίζονται από την παρουσία υδροξυλίου ( $-OH$ ) στο μόριό τους. Είναι πολικές ενώσεις και παρουσιάζουν καλές διαλυτικές ικανότητες οργανικών πολικών ενώσεων, όπως είναι πολλές ρητίνες, βερνίκια και κόλλες.

Στη συντήρηση τη μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει η αιθυλική αλκοόλη, το γνωστό οινόπνευμα, που δεν είναι τοξικό και διαλύει αργά τις προαναφερθείσες ουσίες.

Άλλες αλκοόλες με αξιοσημείωτη διαλυτική δράση είναι η ισοπροπυλική αλκοόλη και η μεθυλική αλκοόλη.

Η τελευταία είναι ιδιαίτερα τοξική και καλό είναι να αποφεύγεται η χρήση της.

Υπάρχουν επίσης κετονικά και αλκοολικά παράγωγα κυκλικών υδρογονανθράκων, που έχουν ισχυρές διαλυτικές ικανότητες, αλλά δε χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στη συντήρηση.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται και **μείγματα διαλυτών** με στόχο την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.



Τέτοια μείγματα, που βρίσκουν εφαρμογές στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης, είναι ακετόνη-τολουόλιο, καθαρό οινόπνευμα-white spirit, οινόπνευμα-τολουόλιο κ.ά.

### Πίνακας 6.1 Είδη Οργανικών Διαλυτών

Κατηγορία		Χαρακτηριστική ομάδα	Παράδειγμα
Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες (παραφινικοί ή αλειφατικοί)		$\text{H}-(\text{CH}_2)_n-\text{H}$	Επτάνιο
Κυκλικοί υδρογονάνθρακες	Κορεσμένοι	$-\text{C}_6\text{H}_{11}$	Μεθυλ-κυκλοεξάνιο
	Αρωματικοί	$-\text{C}_6\text{H}_5$	1,3 διμεθυλοβενζόλιο
Αλογονομένοι υδρογονάνθρακες		$\begin{array}{cc} \text{Cl} & \text{F} \\   &   \\ -\text{C}- & \text{C}- \\   &   \\ \text{Cl} & \text{F} \end{array}$	1,1,1 τριχλωροαιθάνιο
Αιθέρες		$-\text{O}-$	Διαιθυλαιθέρας
Εστέρες		$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{O}-\text{C}- \end{array}$	Οξικός αιθυλεστέρας
Κετόνες		$\text{>C=O}$	Ακετόνη
Αλκοόλες		$-\text{OH}$	Αιθανόλη

### 6.3. Κίνδυνοι από τη χρήση διαλυτών

Όπως έχει δειχθεί, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός διαλυτικών ουσιών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τις εργασίες συντήρησης. Η επιλογή του συντηρητή μπορεί να στηρίζεται σε πολλά κριτήρια, όπως είναι η συμβατότητα του διαλύτη και της ουσίας που θέλουμε να διαλύσουμε, η διαθεσιμότητα ενός διαλύτη στο εμπόριο, το κόστος του διαλύτη, αλλά **πάνω από όλα ο βαθμός επικινδυνότητας για το χρήστη** από τη χρήση του συγκεκριμένου διαλυτικού μέσου.

Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση από μια πρώτη άποψη φαίνονται ακίνδυνοι και μερικοί από αυτούς μάλιστα έχουν ευχάριστη μυρωδιά. Αν σκεφτούμε, όμως, ότι ο ρόλος ενός διαλύτη είναι να μεταβάλει γενικά κάποιες άλλες ουσίες, τότε θα πρέπει να δεχτούμε ότι η επαφή του οργανισμού μας με οποιοδήποτε τρόπο με ένα διαλύτη δεν είναι τελείως ακίνδυνη.

Οι διαλύτες είναι γενικά πτητικοί και είναι δύσκολο να αποφύγουμε την απορρόφησή τους από τους πνεύμονες ή από το δέρμα. Και στις δύο περιπτώσεις η επιφάνεια απορρόφησης είναι αρκετά μεγάλη και διευκολύνει τη γρήγορη μεταφορά της χημικής ουσίας στο αίμα.

Από αυτή τη στιγμή η βλάβη που θα υποστεί ένας οργανισμός εξαρτάται από το πόσο τοξικός είναι ο διαλύτης και από την ποσότητα που απορροφήθηκε.

Ελαφράς μορφής βλάβες χαρακτηρίζονται οι παροδικοί ερεθισμοί του αναπνευστικού συστήματος, του επιπεφυκότα των ματιών και οι περιπτώσεις τοπικής και περιορισμένης δερματίτιδας, που όμως προκαλούνται ακόμα και από τους πιο ακίνδυνους σχετικά διαλύτες, όπως είναι η ακετόνη ή το White Spirit. Η σοβαρότητα της βλάβης εξαρτάται από την ευαισθησία του οργανισμού κάθε ατόμου. Παροδικοί ερεθισμοί μπορούν να θεωρηθούν και οι περιπτώσεις συμπτωμάτων νάρκωσης, πονοκέφαλοι, ζάλη και

ναυτία, που προκαλούν οι αναθυμιάσεις διαλυτών όπως είναι το χλωροφόρμιο ή ο μεθυλαιθέρας. Τέτοια συμπτώματα μειώνουν τα αντανακλαστικά του εργαζομένου, εκθέτοντάς τον και σε άλλου είδους κινδύνους από το περιβάλλον του (εργασία σε σκαλωσιά, μηχανήματα σε λειτουργία κ.ά.).

Οι σοβαρότερες όμως επιπτώσεις για την υγεία ενός συντηρητή είναι αυτές που σχετίζονται με βλάβες που προκαλούνται σε όργανα, όπως είναι οι πνεύμονες, το συκώτι, και τα νεφρά. Στη σχετική βιβλιογραφία αναφέρεται ότι έχουν διαπιστωθεί μόνιμες βλάβες, χρόνιες και θανατηφόρες παθήσεις όπως χρόνια άσθμα, αρρυθμία, αναιμία, νεφρίτιδα, κίρρωση, καρκίνος, που μπορούν να προκληθούν από την παρατεταμένη χρήση ποσοτήτων ορισμένων ιδιαίτερα επικίνδυνων διαλυτών, όπως του βενζολίου, του τολουολίου, του ξυλενίου, του τετραχλωράνθρακα, του διμεθυλοφορμαμίδιου, της βουτυλαμίνης κ.ά.

Η απορρόφηση από τον οργανισμό πραγματοποιείται βασικά με έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω τρόπους: με την κατάποση, με τη διείσδυση από το δέρμα ή με την εισπνοή.

Πολλοί από τους οργανικούς διαλύτες είναι μεγάλης **πτητικότητας**, πράγμα που σημαίνει ότι μεγάλες ποσότητές τους μπορούν να εξατμιστούν στον αέρα σε μικρά χρονικά διαστήματα. Η συσσώρευση των ατμών των διαλυτών στην ατμόσφαιρα του χώρου εργασίας είναι επικίνδυνη όχι μόνο για την υγεία αλλά και επειδή είναι πιθανή η πρόκληση πυρκαγιάς. Γι' αυτό το λόγο, η **πτητικότητα** πρέπει να είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που πρέπει να λαμβάνει υπόψη ο συντηρητής στην επιλογή του διαλύτη.

Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη είναι η τοξικότητα του διαλύτη.

Ο γενικός δείκτης τοξικότητας ενός υλικού είναι το TLV (Threshold Limit Value), που καθορίζεται από το Αμερικάνικο Συνέδριο Κυβερνητικής Βιομηχανικής Υγιεινής. Το TLV είναι ο βαθμός συγκέντρωσης στον αέρα ενός συστατικού στο οποίο σχεδόν όλοι οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτίθενται για ένα οκτάωρο εργασίας, καθημερινώς, χωρίς βλαβερά αποτελέσματα. Τα TLV

εκφράζονται ως μέρη του υλικού ανά χίλια μέρη αέρα (parts per million/ppm) ή ως χιλιοστόγραμμα του υλικού ανά κυβικό μέτρο αέρα ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Οι λιγότερο τοξικοί διαλύτες θεωρούνται εκείνοι που έχουν τιμή TLV μεγαλύτερη των 500 ppm. Τέτοιοι είναι, για παράδειγμα, η ακετόνη (TLV = 1000ppm) και το οινόπνευμα (TLV = 1000ppm).

Παρ' όλα αυτά, η τιμή του TLV από μόνη της, έχει μόνο ενδεικτικό χαρακτήρα, αφού πρέπει να συνδυαστεί με την πτητικότητα. Και αυτό, επειδή ο κίνδυνος από τους διαλύτες έγκειται στο πόσο γρήγορα, λόγω πτητικότητας, μπορούν να φτάσουν και να ξεπεράσουν το μέγιστο όριο τιμών χώρου.








Έτσι, το white spirit π.χ., αν και έχει σχετικά μικρή τιμή TLV και επομένως είναι αρκετά τοξικό, έχει μειωμένη επικινδυνότητα λόγω της χαμηλής πτητικότητάς του.


Τέλος, το πόσο **εύφλεκτος** είναι ένας διαλύτης, καθώς και το **πόσο επιβαρύνει το περιβάλλον**, είναι δύο παράγοντες που πρέπει σοβαρά να συνεκτιμώνται κατά την τελική επιλογή μας. Για να ληφθούν υπόψη και να αξιολογηθούν όλα τα παραπάνω, πρέπει όλοι οι εργαζόμενοι σε εργασίες συντήρησης που χρησιμοποιούν διαλύτες να προσέχουν ιδιαίτερα, ώστε τα υλικά που προμηθεύονται από το εμπόριο να αναφέρουν σαφώς τη σύστασή τους και τους κινδύνους που συνεπάγεται η χρήση τους (Πίνακας 6.2).

Οι παραπάνω κίνδυνοι, οι οποίοι αφορούν περιπτώσεις παρατεταμένης έκθεσης του εργαζομένου σε συνθήκες μεγάλης συγκέντρωσης του επικίνδυνου υλικού, μειώνονται θεαματικά, εφόσον λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, δηλαδή, κατά τη χρήση διαλυτών θα πρέπει να χρησιμοποιούνται γάντια, προστατευτικές μάσκες και προστατευτικός ρουχισμός σε περιπτώσεις πολύ τοξικών διαλυτών (αν είναι αναπόφευκτη η χρήση τους). Ο χώρος εργασίας πρέπει να διαθέτει απαγωγό αερίων, σύστημα πυρόσβεσης, ειδικό χώρο αποθήκευσης χημικών ουσιών και κατάλληλο φαρμακείο.

Τέλος, πρέπει να υπάρχει μετρητής του ύψους συγκέντρωσης κάθε αερίου στην ατμόσφαιρα του χώρου εργασίας και τα απόβλητα να

απομακρύνονται κατάλληλα (σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία) και να μην αποβάλλονται στην κεντρική αποχέτευση.

<b>Τοξικότητα</b>		
Τοξικό		Η τοξικότητα μπορεί γίνει εμφανής μέσω: της κατάποσης, της επαφής με το δέρμα ή της εισπνοής. Πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα για όλα τα παραπάνω, τόσο από αυτόν που έρχεται σε άμεση επαφή με την τοξική ουσία, όσο και από τους παρευρισκομένους στον ίδιο χώρο την ίδια στιγμή ή και αργότερα.
Βλαβερό		
<b>Τάση για διάβρωση</b>		
Διαβρωτικό		Τα διαβρωτικά υλικά συνήθως προκαλούν βλάβη, (εγκαύματα και άμεσο πόνο) στο δέρμα, τα μάτια κ.τ.λ. Πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις, ώστε να αποφεύγεται κάθε πιθανή επαφή με αυτά τα υλικά.
Ερεθιστικό		Ερεθιστικά υλικά είναι ουσίες που ερεθίζουν και προξενούν μεγάλες καταστροφές στο δέρμα.
<b>Αναφλεξιμότητα</b>		
		Η κατάσταση των υγρών βάσει της αναφλεξιμότητάς τους στηρίζεται στη θερμοκρασία ανάφλεξης τους. Αν και η κατάσταση αυτή διαφέρει από χώρα σε χώρα, έχει επικρατήσει διεθνώς η παρακάτω:
Εκρηκτικό		Τα εκρηκτικά υλικά μπορούν να εκραγούν κάτω από ορισμένες συνθήκες. Πρέπει να αποφεύγονται κραδασμοί, τριβές, σπίθες και υψηλές θερμοκρασίες.
Άκρως εύφλεκτο		Θερμοκρασία ανάφλεξης 0 °C και σημείο βρασμού 35 °C ή και λιγότερο.
Πολύ εύφλεκτο		Θερμοκρασία ανάφλεξης 0- 21°C.

<p>Εύφλεκτο</p> 	<p>Θερμοκρασία ανάφλεξης 21-55° C Η θερμοκρασία ανάφλεξης συνήθως αναγράφεται στην ετικέτα. (Προσοχή: σε αυτή την κατηγορία δεν απαιτείται να υπάρχει στην ετικέτα σήμα επικινδυνότητας.</p>
<p>Οξειδωτικό</p> 	<p>Οξειδωτικοί παράγοντες είναι αυτοί που μπορεί να προκαλέσουν ανάφλεξη σε εύφλεκτα υλικά.</p>
<p><b>Βιολογική επικινδυνότητα</b></p>	
<p>Βιολογικά επικίνδυνο</p> 	<p>Τα βιολογικά επικίνδυνα υλικά είναι δυνατόν να επιφέρουν παροδικές ή και μόνιμες βλάβες σε κάποιες βιολογικές λειτουργίες, π.χ. πρόκληση καρκίνου και γενετικών βλαβών, εξασθένηση της γονιμότητας ή και στέρωση βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα κ.ά. Πρέπει να αποφεύγεται κάθε επαφή με αυτά τα υλικά.</p>
<p><b>Περιβαλλοντική επιβάρυνση</b></p>	
<p>Επικίνδυνο για το περιβάλλον</p> 	<p>Αυτά τα υλικά μπορούν να έχουν είτε μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις, είτε στα υδάτινα, είτε στα χερσαία οικοσυστήματα. Πρέπει να συλλέγονται σε ειδικούς χώρους συλλογής τοξικών αποβλήτων και να μην απελευθερώνονται στο περιβάλλον.</p>
<div style="background-color: #d9e1f2; height: 200px;"></div>	

Τα κυριότερα μέσα προστασίας, όμως, των εργαζομένων αποτελούν η εκπαίδευσή τους και το υψηλό αίσθημα ευθύνης τους.

Πίνακας 6.2: Εικονίδια ένδειξης κινδύνου από τη χρήση διαλυτών

### 6.4. Η χρήση των διαλυμάτων στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης

Τα διαλύματα παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον για τη συντήρηση. Συμβάλλουν:

α) Στον **καθαρισμό** διάφορων αντικειμένων.

Διαλύματα απορρυπαντικών χρησιμοποιούνται για τη διάλυση και για την απομάκρυνση διάφορων ρύπων (όπως ακαθαρσιών, λίπους) από οργανικά κυρίως υλικά, όπως ύφασμα, δέρμα, χαρτί κ.ά.

Διαλύματα ασθενών οξέων χρησιμοποιούνται στον καθαρισμό διάφορων αντικειμένων από οργανικές επικαθίσεις (π.χ. καθαρισμό μετάλλων από προϊόντα διάβρωσης ή απολιθωμάτων από το περιβάλλον πέτρωμα κ.ά.).

β) Στην **εφαρμογή στερεωτικών ουσιών, συγκολλητικών και βερνικιών** σε διάφορα αντικείμενα αλλά και στην **απομάκρυνση** των παραπάνω ουσιών μέσω της διάλυσής τους στον κατάλληλο διαλύτη.

γ) Στη **δημιουργία του χρωματικού στρώματος των ζωγραφικών έργων**, ελέγχοντας το πάχος του και ρυθμίζοντας την κατανομή των χρωστικών σε αυτό.

δ) Στην **εφαρμογή βιοκτόνων ή βιοαπωθητικών ουσιών σε έργα τέχνης**. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, επειδή είναι δυνατόν ο διαλύτης του εφαρμοζόμενου διαλύματος να διαλύσει υλικά συντήρησης που έχουν εφαρμοστεί σε έργα τέχνης σε προηγούμενα στάδια εργασιών.

Γενικά, τα πολυμερή χρειάζεται να είναι αρκετά ρευστά και ομοιογενώς διασπαρμένα, ώστε να μπορούν να εφαρμόζονται με επιτυχία κατά τις εργασίες προετοιμασίας ή συντήρησης έργων τέχνης.

Η ρευστότητα αυτή και η ομοιογενής διασπορά επιτυγχάνονται με τη διάλυσή τους σε κατάλληλο διαλύτη. Στη συνέχεια και μετά την εφαρμογή τους, ο διαλύτης εξατμίζεται και παραμένει το πολυμερές.

Εάν κάποια στιγμή χρειαστεί να το απομακρύνουμε από το αντικείμενο που συντηρήθηκε, χρησιμοποιούμε πάλι κατάλληλο διαλύτη και μέσω της διάλυσης του πολυμερούς επιτυγχάνουμε την απομάκρυνσή του.

Στη συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς χρησιμοποιούνται και οι δύο κατηγορίες των διαλυμάτων:

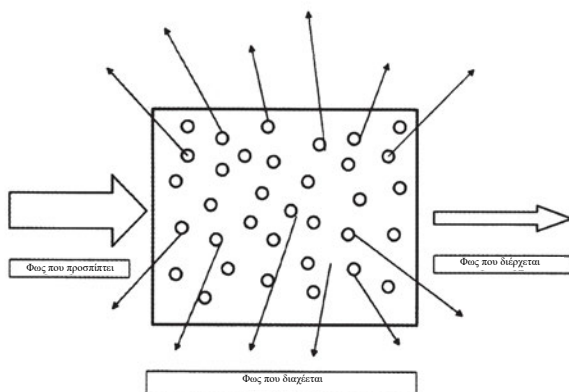
Τα **πραγματικά διαλύματα**, όπου τα διασπαρμένα σωματίδια της διαλυμένης ουσίας βρίσκονται με μορφή ιόντων ή μορίων, και

Τα **κολλοειδή διαλύματα**, όπου τα διασπαρμένα σωματίδια της διαλυμένης ουσίας βρίσκονται με τη μορφή “σφρών” μορίων. Με την προσθήκη κατάλληλης ουσίας (τύπου σαπουνιού) τα διαλύματα αυτά σταθεροποιούνται και παίρνουν τη μορφή (και το όνομα) του **γαλακτώματος**.

Στην πρώτη περίπτωση, ο διαλύτης και η διαλυμένη ουσία εμφανίζουν μεγάλη χημική συγγένεια, στη δεύτερη όχι.

Επιπλέον τα πραγματικά διαλύματα είναι διαυγή, επειδή το φως διέρχεται εξ ολοκλήρου διαμέσου αυτών, ενώ τα γαλακτώματα έχουν





*Σχήμα 6.2.: Γαλακτώματα. Από το φως που προσπίπτει σε ένα κολλοειδές διάλυμα, ένα μέρος ανακλάται στους “σωρούς” των μορίων που περιέχονται σ’ αυτό και διαχέεται, δίνοντας στο κολλοειδές διάλυμα τη γαλακτώδη χαρακτηριστική απόχρωσή του. Αυτή οφείλεται στο ότι το διαχεόμενο φως είναι λευκό. Στις περιπτώσεις των πραγματικών διαλυμάτων, όσο φως προσπίπτει στο διάλυμα, τόσο εξέρχεται από αυτό, γι’ αυτό και τα πραγματικά διαλύματα είναι διαυγή.*

τη χαρακτηριστική γαλακτώδη μορφή τους, που οφείλεται στο ότι το φως δε διέρχεται εξ ολοκλήρου διαμέσου αυτών, μέρος του ανακλάται στους “σωρούς” των μορίων της διαλυμένης ουσίας και διαχέεται στο περιβάλλον (Σχήμα 6.2).

Και στις δυο περιπτώσεις διαλυμάτων, η επιτυχία εφαρμογής τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ρευστότητά τους. Γενικά, τα πολυμερή δημιουργούν παχύρρευστα διαλύματα.

Η ρευστότητα αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος και μειώνεται όσο αυξάνονται η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας, το μοριακό βάρος του πολυμερούς και το ιξώδες του διαλύτη.

## 6.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 6ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 6.5.1.** Τι εννοούμε με τους όρους διάλυμα, διαλύτης, διαλυμένη ουσία;
- 6.5.2.** Τι εννοούμε με τους όρους διαλυτότητα, περιεκτικότητα ή συγκέντρωση, πυκνότητα, ιξώδες, πτητικότητα διαλύματος;
- 6.5.3.** Με βάση ποια χαρακτηριστικά και σε ποιες κατηγορίες κατατάσσονται τα διαλύματα;
- 6.5.4.** Για ποιους κυρίως σκοπούς χρησιμοποιούνται οι διαλύτες στις εργασίες συντήρησης;
- 6.5.5.** Πώς μπορούν να επηρεάσουν η δραστηριότητα και η πτητικότητα του διαλύτη τις εργασίες συντήρησης;
- 6.5.6.** Πώς μπορούν να επηρεάσουν το ιξώδες και η συγκέντρωση ενός διαλύματος τις εργασίες συντήρησης;
- 6.5.7.** Πού οφείλεται κατά κύριο λόγο η διαλυτική ικανότητα του νερού;
- 6.5.8.** Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες οργανικών διαλυτών, ποιοι οι κύριοι εκπρόσωποι καθεμιάς από αυτές και πού βρίσκουν μεγαλύτερη εφαρμογή στις εργασίες συντήρησης;
- 6.5.9.** Ποιοι είναι οι σημαντικότεροι κίνδυνοι από τη χρήση διαλυτών; Ποια μέτρα πρέπει να λαμβάνει όποιος χρησιμοποιεί διαλύτες κατά τις εργασίες συντήρησης;



## 6.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 6ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ:

**6.5.10.** Σε ποιες κύριες εργασίες συντήρησης χρησιμοποιούνται διαλύματα και για ποιο λόγο;

**6.5.11.** Ποιες μεγάλες κατηγορίες διαλυμάτων χρησιμοποιούνται στις εργασίες συντήρησης;

**6.5.12.** Πώς μπορούμε να μεταβάλουμε τη ρευστότητα ενός διαλύματος;

## 7.1. Γενικά

Με τον όρο “συγκολλητικά υλικά” εννοούμε ένα μεγάλο φάσμα κολλωδών (κατά κανόνα) ουσιών που χρησιμεύουν σε πολλές εργασίες στη συντήρηση. Κάποιες από αυτές τις εργασίες είναι απλώς “**συγκολλήσεις**”. Αυτές ακριβώς οι ουσίες που χρησιμεύουν για τη συγκόλληση των αντικειμένων της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι οι κόλλες, τις οποίες πραγματεύεται αυτό το κεφάλαιο.

Παρεμφερή υλικά είναι τα λεγόμενα **συνδεδετικά υλικά**, τα οποία όμως έχουν άλλη χρήση και διαφορετική παρασκευή. Αυτά τα υλικά παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο “Τα συνδεδετικά και οι κόλλες των ζωγραφικών έργων” (“Τεχνολογία υλικών ΙΙ”). Το βασικό κοινό σημείο συγκολλητικών και συνδεδετικών υλικών είναι ότι και τα δύο είδη υλικών εφαρμόζονται σε υγρή μορφή και στη συνέχεια, με κάποιο τρόπο, στερεοποιούνται και σκληραίνουν.

## 7.2. Ταξινόμηση των συγκολλητικών που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές κόλλες που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση και, επομένως, πολλά συστήματα ταξινόμησής τους.

Μια κύρια ταξινόμηση μπορεί να γίνει με βάση την τελική εφαρμογή και χρήση τους, π.χ. υπάρχουν κόλλες για συγκολλήσεις μετάλλων, κόλλες για συγκόλληση ξύλων, κόλλες για συγκόλληση χαρτιού, κόλλες γενικής χρήσης .

Αυτή η ταξινόμηση, όμως, είναι αρκετά γενική και “χονδροειδής”, αφού πολλές κόλλες βρίσκουν εφαρμογή σε πολλά και διαφορετικά είδη αντικειμένων.

Έτσι, οι κόλλες κατατάσσονται με τον πλέον αξιόπιστο τρόπο ανάλογα κυρίως με την **προέλευσή** τους και με τον **τρόπο δράσης** τους.

Ως προς την προέλευσή τους οι κόλλες διακρίνονται 1) σε **φυσικές** και 2) σε **συνθετικές**, και ως προς τον τρόπο δράσης τους κατά τη συγκόλληση διακρίνονται σε 1) **κόλλες που ενεργοποιούνται με πίεση**, 2) **κόλλες που ενεργοποιούνται με μεταβολή θερμοκρασίας**, 3) **κόλλες που ενεργοποιούνται με χημική διαδικασία**, και 4) **κόλλες που ενεργοποιούνται με εξάτμιση του διαλύτη**.

Ο τελικός στόχος της μεθόδου συγκόλλησης είναι η σκλήρυνση της κόλλας, η οποία πολλές φορές επιτυγχάνεται με συνδυασμό δύο τρόπων δράσης του συγκολλητικού από αυτούς που προαναφέρθηκαν, π.χ. με εξάτμιση του διαλύτη και στη συνέχεια με χημική αντίδραση, ή με μεταβολή της θερμοκρασίας και στη συνέχεια με εξάτμιση του διαλύτη.

Υπάρχουν, όμως, και **κόλλες οι οποίες δε σκληραίνουν** και αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία.

Εκτός από τις παραπάνω βασικές ταξινομήσεις, οι κόλλες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τη **φυσική μορφή** τους, με τη **χημική σύστασή** τους ή με **το μέσο στο οποίο μπορούν να διαλυθούν**.

Επίσης, υπάρχουν και κάποιες άλλες μορφές ταξινόμησης, που προκύπτουν από την τεχνολογία της κόλλας, όπως:

**Ανάλογα με τη θερμοκρασία συγκόλλησης.** Έτσι ορίζεται η θερμοκρασία που απαιτείται, για να επιτευχθεί συγκόλληση. Σύμφωνα με τη θερμοκρασία συγκόλλησης τα συγκολλητικά κατατάσσονται:

\* Στις κόλλες που συγκολλούν σε ψυχρό περιβάλλον, σε θερμοκρασίες μικρότερες από 20°C.

\* Στις κόλλες που συγκολλούν σε θερμοκρασία δωματίου, σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 30°C.

\* Στις κόλλες που συγκολλούν σε θερμοκρασίες μεταξύ 31 και 100°C.

\* Στις κόλλες που συγκολλούν σε θερμό περιβάλλον, σε θερμοκρασίες πάνω από τους 100°C.

**Ανάλογα με τα “βάρη” των σωμάτων** που μπορούν να συγκολληθούν, οι κόλλες διακρίνονται σε **δομικές** και σε **μη δομικές**. Η κατάταξη με αυτές τις έννοιες είναι λίγο ως πολύ αυθαίρετη, διότι δεν υπάρχει ακριβής ορισμός του “δομικού” σύμφωνα με την ορολογία αντοχών του συγκολλητικού υλικού. Συγκεκριμένα, μια κόλλα ονομάζεται δομική, όταν χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεγάλων συγκεντρώσεων βάρους, με αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλων μηχανικών τάσεων. Αντίθετα, μια κόλλα χαρακτηρίζεται ως μη δομική, όταν δεν μπορεί να αντέξει μεγάλα βάρη και χρησιμοποιείται, περισσότερο, για να συνδέσει τα κομμάτια ενός αντικειμένου, ή όταν απαιτείται μια προσωρινή συγκόλληση.

**Ανάλογα με τη δεκτικότητα.** Οι διάφορες κόλλες κατατάσσονται ανάλογα με την αντοχή τους στους διάφορους παράγοντες του περιβάλλοντος, όπως στη θερμοκρασία, στην υγρασία, στις υπεριώδεις ακτίνες και στους μικροοργανισμούς.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ακολουθεί μια γενικώς αποδεκτή ταξινόμηση των συγκολλητικών υλικών, που λαμβάνει υπόψη τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

### 7.2.1. Φυσικές κόλλες

Προέρχονται από ζώα, από φυτά ή από ορυκτά και διακρίνονται σε:

#### α. Ζωικές κόλλες:

Δε χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη συγκολλητική δυνατότητα και προσβάλλονται εύκολα από μικροοργανισμούς. Αν και στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί για συγκολλήσεις, σήμερα η χρήση τους περιορίζεται κυρίως στη δημιουργία συνδετικών χρωμάτων και γενικότερα εφαρμογών στα ζωγραφικά έργα.

Κυριότερες κατηγορίες ζωικών κολλών είναι η ψαρόκολλα, η κουνελόκολλα, η καζεΐνη, η γομμαλάκα (που αποτελεί κυρίως τη βάση βερνικιών), τα ζωικά κεριά, όπως το κεριό μελισσών, το οποίο κατά την αρχαιότητα χρησιμοποιήθηκε και ως συγκολλητικό μέσο, και άλλες ζωικές κόλλες πρωτεϊνικής κυρίως σύστασης (λευκώματα).

### **β. Φυτικές κόλλες:**

Και αυτές, όπως και οι ζωικές κόλλες, δε χαρακτηρίζονται -κατά κανόνα- από μεγάλη συγκολλητική δυνατότητα, ενώ παράλληλα προσβάλλονται εύκολα από βιολογικούς παράγοντες φθοράς.

Βρίσκουν εφαρμογή συνήθως ως συνδετικά χρωμάτων και σε εργασίες κατασκευής και συντήρησης ζωγραφικών έργων.

Οι κυριότερες κατηγορίες φυτικών κολλών είναι:

\* **Φυσικές ρητίνες**, όπως αραβικό κόμμι ή αραβική γόμα, κολοφώνιο, τραγάκανθο, βάλσαμο του Καναδά κτλ. Στην πραγματικότητα αυτή η κατηγορία, που συνήθως περιγράφεται με τον παραπάνω γενικό όρο “Φυσικές ρητίνες”, αποτελείται από δύο επιμέρους κατηγορίες συγκολλητικών υλικών, τα **κόμμια** ή **γόμες** και τις **ρητίνες**. Παρ’ όλο που και οι δύο αυτές κατηγορίες περιγράφουν υλικά που προέρχονται από εκκρίσεις φυτών, διαφέρουν, εκτός από τη σύστασή τους, σε ένα σημαντικό σημείο, στο μέσο στο οποίο βρίσκονται διεσπαρμένα, όταν χρησιμοποιούνται σε εργασίες συντήρησης.

Τα κόμμια είναι υδρογονάνθρακες που συγγενεύουν χημικά με τη ζάχαρη ή το άμυλο. Αναμειγνύονται με νερό και δημιουργούν κολλοειδή διαλύματα. Είναι σχεδόν αδιάλυτα σε οργανικούς διαλύτες.

Αντίθετα οι ρητίνες, που είναι αρωματικές ενώσεις, διαλύονται μόνο σε οργανικούς διαλύτες. Είναι, λοιπόν, φυσικό τα κόμμια και οι ρητίνες να χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς, π.χ. δεν προσφέρονται τα κόμμια για στεγανοποίηση ενός πορώδους υλικού, όπως δεν προσφέρονται οι ρητίνες ως συνδετικό μέσο υδατοδιαλυτών χρωμάτων ή μελανιών.

Παρ’ όλα αυτά, έχει επικρατήσει η συνήθεια κόμμια και ρητίνες

να θεωρούνται συνώνυμα και να εντάσσονται σε μια γενική κατηγορία, αυτή των φυσικών ρητινών.

\* **Λάδια**, όπως λάδια λινόσπορου, παπαρούνας, καρυδιάς, σόγιας κ.ά. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως συνδετικά χρωμάτων ή ως βερνίκια. Όμως, υπάρχουν λάδια που δεν ξηραίνονται (ελαιόλαδο, αμυγδαλόλαδο) και χρησιμοποιούνται απλώς, για να “ζωντανέψουν” τα χρώματα εικαστικών έργων (π.χ. ψηφιδωτών), ενώ άλλα ξηραίνόμενα λάδια έχουν χρησιμοποιηθεί ως συγκολλητικά σε διάφορα στάδια κατασκευής ζωγραφικών έργων.

\* **Υδατάνθρακες**, όπως άμυλο, δεξτρίνη, αλεύρι. Χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τις εργασίες συντήρησης χαρτιού και βιβλιοδεσίας. Επίσης η χρήση τους έχει αναφερθεί στη συντήρηση και άλλων οργανικών υλικών.

### γ. Κόλλες ορυκτής προέλευσης

Προέρχονται από ορυκτά και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργασίες προετοιμασίας ζωγραφικών έργων. Βασικότεροι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι διάφορα **ανόργανα** υλικά, όπως πυριτικά, φωσφορικά, λιθάργυρος, οξειδία του μαγνησίου, θείου κτλ., **κεριά** ορυκτολογικής προέλευσης, όπως παραφίνη, **ρητίνες** ορυκτολογικής προέλευσης, όπως κοπάλιο και ήλεκτρο (κεχριμπάρι), και **ορυκτή άσφαλτος**, που είναι το μόνο ορυκτό που χρησιμοποιήθηκε ως συγκολλητικό κατά την αρχαιότητα.

### δ. Ελαστομερή υλικά

Είναι το φυσικό ελαστικό και διάφορα παράγωγά του, όπως χλωριωμένο ελαστικό και υδροχλωριωμένο ελαστικό. Παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία σε διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως στο φως και στην υγρασία, αλλά το μεγάλο πλεονέκτημά τους είναι ότι μπορούν, εάν χρειαστεί, να απομακρυνθούν σχετικά εύκολα από τα αντικείμενα στα οποία εφαρμόστηκαν. Γι' αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκολλήσεις πορωδών αντικειμένων, από τα οποία συχνά χρειάζεται να απομακρυνθεί η κόλλα που εφαρμόστηκε, αρκεί αυτά τα αντικείμενα να αποθηκευτούν σε χώρους με ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες.



### 7.2.2. Συνθετικές κόλλες

Η τεχνολογική εξέλιξη είναι τόσο μεγάλη τα τελευταία χρόνια, που τα φυσικά υλικά έχουν αντικατασταθεί από συνθετικά. Τα υλικά αυτά δεν είναι απομίμηση των φυσικών, έχουν δικές τους ιδιότητες ειδικά σχεδιασμένες για τη δουλειά του συντηρητή. Σε αντίθεση με τα φυσικά υλικά, είναι απαλλαγμένα από τις ανεπιθύμητες παρενέργειες, όπως είναι η προσβολή και η αλλοίωσή τους από βιολογικούς παράγοντες.

Το μειονέκτημά τους είναι ότι δεν υπάρχει μεγάλη πείρα στη χρήση τους και δε γνωρίζουμε απόλυτα τη συμπεριφορά τους στο χρόνο.

Σήμερα οι περισσότερες εργασίες συγκόλλησης αρχαιολογικών αντικειμένων και έργων τέχνης βασίζονται στη χρήση συνθετικών κολλών.

Τα συνθετικά υλικά είναι συνήθως πολυμερή. Όσο μεγαλύτερο είναι το πολυμερές, τόσο πιο δύσκολη είναι η διάλυσή του και τόσο πιο πηκτό γίνεται το διάλυμά του.

Ανάλογα με τη χημική σύστασή τους και με τις ιδιότητές τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

#### **α. Θερμοπλαστικά υλικά**

Αποτελούνται από μακριές ευθείες αλυσίδες πολυμερών. Εφαρμόζονται διαλυμένα σε οργανικό διαλύτη ή αναμειγνύονται με νερό, οπότε δημιουργούν κολλοειδή διαλύματα (γαλακτώματα).

Η σκλήρυνση επιτυγχάνεται με την εξάτμιση του διαλύτη. Με την αύξηση της θερμοκρασίας (θέρμανση) “μαλακώνουν” και μειώνονται οι μηχανικές αντοχές τους. Έχουν ισχυρή συγκολλητική ικανότητα και χρησιμοποιούνται ευρέως για συγκολλήσεις πολλών διαφορετικών ειδών αντικειμένων κατά τις εργασίες συντήρησης.

#### **Οι κύριοι εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι:**

\* Παράγωγα κυτταρίνης, όπως οξικά, οξικά-βουτυρικά, καπρικά, νιτρικά, μεθυλοκυτταρίνη, υδροξυαιθυλοκυτταρίνη, αιθυλοκυτταρίνη, καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη.

\* Βινυλικά πολυμερή και συμπολυμερή, όπως οξικό πολυβινύλιο, πολυβινυλική αλκοόλη, πολυβινυλική ακετάλη, πολυβινυλοχλωρίδιο και πολυβινυλοακυλοαιθέρες.

\* Πολυεστέρες κορεσμένοι, όπως πολυστυρόλιο και πολυαμίδια (nylon).

\* Πολυακρυλικά, όπως μεθακρυλικά και ακρυλικά πολυμερή, κυανοακρυλικά και ακριλαμίδια.

\* Πολυαιθέρες, όπως πολυυδροξυαιθέρες και πολυφαινολικοί αιθέρες.

\* Πολυσουλφονικά.

### **β. Θερμοσκληρυνόμενα υλικά**

Είναι διαλύματα ή μείγματα συνθετικών πολυμερών και μιας ουσίας που λέγεται **σκληρυντής**. Η σκλήρυνση της κόλλας και η αύξηση της μηχανικής αντοχής της οφείλονται στη δράση του σκληρυντή και όχι στην εξάτμιση του διαλύτη. Σε αυτή την ομάδα συγκολλητικών η αύξηση της θερμοκρασίας (θέρμανση) της κόλλας μέχρι ενός υψηλού ορίου αυξάνει τη σκληρότητά της, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει στις θερμοπλαστικές κόλλες.

Επίσης, αυτή η κατηγορία συγκολλητικών ουσιών βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στις εργασίες συγκόλλησης πολλών αντικειμένων κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους, ιδιαιτέρως δε των σκληρών μη πορωδών υλικών.

Κύριοι εκπρόσωποι αυτών των συνθετικών υλικών είναι οι παρακάτω:

\* Αμινοπλαστικά, όπως φορμαλδεΰδες ουρίας και μελαμίνης.

\* Εποξειδικά, όπως εποξειδικά πολυαμίδια, εποξειδική πίσσα, εποξειδικά πολυσουλφίδια και εποξειδικά nylon.

\* Φαινολικές ρητίνες, όπως φορμαλδεΰδες φαινόλης και ρεζορκινόλης, φαινολικά νιτρίλια, φαινολικά νεοπρένια και φαινολικά εποξειδικά.

\* Πολυεστέρες ακόρεστοι.

\* Πολυαρωματικά, όπως πολυαμίδια, πολυβενζιμιδαζόλες, πολυβενζοτριαζόλες και πολυφαινένια.

\* Φουράνια, όπως φαινολοφουρφουράλη.

### γ. Ελαστομερή υλικά

Έχουν αντικαταστήσει τα φυσικά ελαστομερή και διακρίνονται σε:

\* Συνθετικά ελαστικά και διάφορα παράγωγα, όπως βουτύλια, πολυισοβουτυλένια, πολυβουταδιένια και μείγματα (στυρόλιο και ακρυλινιτρίλια), πολυϊσοπρένια, πολυχλωροπρένια, πολυουρεθάνες, σιλικόνες, πολυσουλφίδια και πολυολεφίνες (αιθυλενοβινυλοχλωρίδια, αιθυλενοπροπυλένιο), και

\* Βελτιωμένα ελαστικά.

### 7.3. Τα συστατικά μιας κόλλας

Παλαιότερα οι περισσότερες κόλλες βασίζονταν σε σχετικά απλά υλικά, αλλά οι περισσότερες από αυτές ήταν δύσκολο να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία. Αντίθετα, οι περισσότερες από τις νεότερες κόλλες βασίζονται σε μείγματα από σύνθετα υλικά, που μπορεί να είναι οργανικά, ανόργανα ή και συνδυασμοί τους. Η επιλογή των υλικών αυτών γίνεται έτσι, ώστε τα συγκολλητικά να αποκτήσουν όσο το δυνατόν καλύτερες ιδιότητες συγκόλλησης. Το βασικό, όμως, συστατικό χάρη στο οποίο επιτυγχάνεται η συγκόλληση και δημιουργούνται οι μηχανικές αντοχές στο σημείο σύνδεσης είναι ένα ή περισσότερα από τα φυσικά ή από τα συνθετικά υλικά που προαναφέρθηκαν. Τα άλλα συστατικά που περιέχονται στην κόλλα, εξυπηρετούν συνήθως κάποιους άλλους σκοπούς, και μπορεί να είναι:

#### \* Διαλύτες

Αποτελούν το διαλυτικό συστατικό για τα άλλα συγκολλητικά συστατικά και παράλληλα δημιουργούν την επιθυμητή ρευστότητα στην κόλλα, η οποία εξασφαλίζει ενιαία διασπορά του συγκολλητικού επάνω στις προς συγκόλληση επιφάνειες.

### \* **Καταλύτες και σκληρυντές**

Είναι συστατικά που βοηθούν τη διαδικασία της συγκόλλησης. Οι σκληρυντές επιδρούν με χημική σύνδεση με το συγκολλητικό υλικό και βασίζονται σε ποικιλία υλικών, όπως σε μονομερή, σε πολυμερή, καθώς και σε μείγματά τους. Η αναλογία του συγκολλητικού με το σκληρυντή εξαρτάται άμεσα από τις φυσικές ιδιότητες της κόλλας και μπορεί να ποικίλλει σε ένα μικρό φάσμα τιμών.

Οι καταλύτες, οι οποίοι κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραμένουν αναλλοίωτοι, λειτουργούν βοηθώντας τις θερμοπλαστικές ρητίνες στη μείωση του χρόνου συγκόλλησης. Ως καταλύτες χρησιμοποιούνται διάφορα οξέα, βάσεις, άλατα, ενώσεις του θείου και υπεροξειδία, και, αντίθετα με τους σκληρυντές, απαιτούνται μικρές ποσότητες για την επίδραση στη διαδικασία της συγκόλλησης.

### \* **Επιταχυντές, σταθεροποιητές και επιβραδυντές**

Αυτές οι ουσίες ελέγχουν την ταχύτητα της διαδικασίας συγκόλλησης. Ο επιταχυντής είναι ένα συστατικό που επιταχύνει τη διαδικασία συγκόλλησης με την καταλυτική ένωσή του με το συγκολλητικό υλικό. Ο σταθεροποιητής σταματά τη διαδικασία συγκόλλησης, μετά την επιβράδυνση που επιφέρει ο επιβραδυντής, και παράλληλα παρατείνει τη ζωή της κόλλας.

### \* **Μετατροπείς**

Οι μετατροπείς είναι ουσίες που προστίθενται στο συγκολλητικό μείγμα, για να αλλάξουν τις ιδιότητες του συγκολλητικού που έχει στερεοποιηθεί (π.χ. τη σταθερότητα και την αντοχή του συγκολλητικού, την ανθεκτικότητά του σε διάφορες συνθήκες, την καλυπτικότητα του πολυμερούς, τη συνοχή και τις ιδιότητες συγκόλλησης κτλ.) σε σχέση με εκείνες που δίνει ο κατασκευαστής.

## 7.4. Ιδιότητες των συγκολλητικών υλικών

Στο σύγχρονο πεδίο της συντήρησης είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε πλήρως τις ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούμε. Κάθε συγκολλητικό έχει τις δικές του ιδιότητες, οι οποίες μεταβάλλονται με το χρόνο. Οι ιδιότητες που θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας στην επιλογή κάθε υλικού είναι κατά βάση οι παρακάτω:

### \* Οξύτητα ή βασικότητα

Υπερβολική οξύτητα ή βασικότητα πρέπει να αποφεύγονται, επειδή επιταχύνουν τη φθορά του αντικειμένου μας. Επιβάλλεται, λοιπόν, να γνωρίζουμε το pH της κόλλας που θα χρησιμοποιήσουμε. Γενικά, πρέπει να προτιμούνται υλικά με διάρκεια στην ουδετερότητά τους. Η οξύτητα μετριέται με ειδικά pH-μετρα σε διαλύματα ή σε γαλακτώματα του συγκολλητικού.

### \* Εκπομπή επικίνδυνων προϊόντων αποδόμησης

Συγκολλητικά τα οποία μεταπίπτουν σε επικίνδυνα (π.χ. όξινα) υλικά προκαλούν γρήγορη φθορά του αντικειμένου μας και πρέπει να αποφεύγονται. Ο τύπος και η ποσότητα της μετάπτωσης πρέπει να είναι γνωστά, ώστε να προλαμβάνονται. Για το λόγο αυτό εφαρμόζονται ειδικές τεχνικές γήρανσης των συγκολλητικών υλικών, κατά τις οποίες ελέγχονται τα προϊόντα μετάπτωσής τους.

### \* Ελαστικότητα

Όπως όλες οι ιδιότητες των συγκολλητικών, έτσι και η ελαστικότητά τους διαφέρει από υλικό σε υλικό και μεταβάλλεται με το χρόνο. Προτιμάμε πάντα τα υλικά τα οποία διατηρούν την ίδια ελαστικότητα καθ' όλη τη γήρανσή τους.

### \* Συρρίκνωση

Η συρρίκνωση μετριέται, για να αποφεύγονται οι δυσάρεστες πα-

ρενέργειες που την ακολουθούν. Αυτές είναι το ζάρωμα, η κάμψη, το κρακελάρισμα και η μερική ή ολική ρήξη του συγκολλητικού μέσου. Η γνώση αυτή μας οδηγεί στο να χρησιμοποιήσουμε συγκολλητικά τα οποία δε συρρικνώνονται με το χρόνο. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της συρρίκνωσης περιλαμβάνει μέτρηση του μήκους των συγκολλήσεων κατά τη διάρκεια της γήρανσης.

**\* Διαλυτότητα και δυνατότητα αφαίρεσης (αντιστρεψιμότητα)**

Κάθε συγκολλητικό θα πρέπει να διατηρεί τη διαλυτότητά του ως προς ένα συγκεκριμένο διαλύτη και αντίστοιχα τη δυνατότητα αφαίρεσής του καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Η μέτρηση αυτή γίνεται με τον έλεγχο της επίδρασης διάφορων διαλυτών στα συγκολλητικά σε δεδομένους χρόνους.

**\* Χρώμα μετά τη στερεοποίηση**

Η αλλαγή χρώματος ή ο αποχρωματισμός των συγκολλητικών είναι ένα ανεπιθύμητο φαινόμενο που πολλές φορές συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου στα συγκολλητικά υλικά. Συχνά το χρώμα μιας κόλλας μεταβάλλεται απλώς και μόνο με τη σκλήρυνσή της. Ο βασικός όμως παράγοντας που επιδρά στις χρωματικές μεταβολές ενός συγκολλητικού υλικού είναι η υπεριώδης ακτινοβολία.

**\* Ιξώδες**

Το μέγεθος αυτό εκφράζει τη ρευστότητα ενός υλικού. Όσο πιο μεγάλο είναι το ιξώδες μιας κόλλας, τόσο πιο παχύρρευστη είναι αυτή και, επομένως, τόσο μικρότερη είναι η διεισδυτικότητά της. Το ιξώδες μπορεί να μειωθεί με την προσθήκη διαλύτη σε μια κόλλα, αλλά τότε μειώνεται η συγκολλητική δύναμή της.

**\* Χρόνος σκλήρυνσης**

Το χρονικό διάστημα που απαιτείται από τη στιγμή εφαρμογής έως τη στιγμή που σκληραίνει ένα συγκολλητικό υλικό είναι καθοριστικό για τις εργασίες συντήρησης.

**\* Συγκολλητική ιδιότητα**

Η “ένταση” της συγκολλητικής ιδιότητας μιας κόλλας εκφράζει το πόσο “δυνατή” είναι μια κόλλα, το πόσο δηλαδή αντέχει ο “συγκολλητικός δεσμός” που δημιουργεί ανάμεσα σε δύο συ-

γκολλούμενες επιφάνειες κατά την άσκηση πάνω της διάφορων δυνάμεων.

Μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συγκολλητική δυνατότητα μιας κόλλας, εάν ελέγξουμε μέχρι ποίου σημείου αντέχει η συγκόλληση, όταν ασκούνται στα δύο συγκολλούμενα τμήματα οι εν λόγω δυνάμεις, π.χ. δύναμη διάτμησης, δύναμη εφελκυσμού, δύναμη συμπίεσης κτλ.

Πολλές από τις παραπάνω ιδιότητες των συγκολλητικών επηρεάζονται από την επίδραση των **υπεριωδών ακτίνων, της θερμοκρασίας και της υγρασίας.**

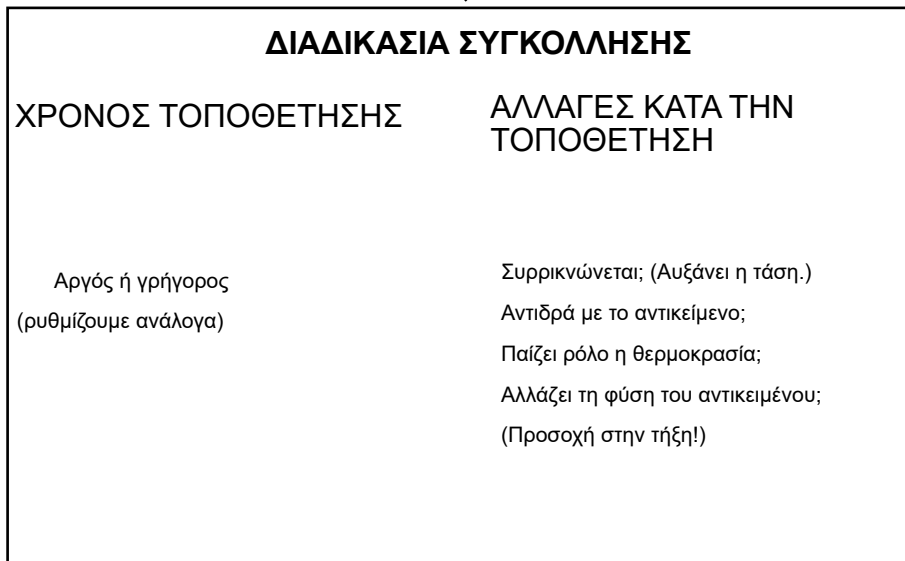
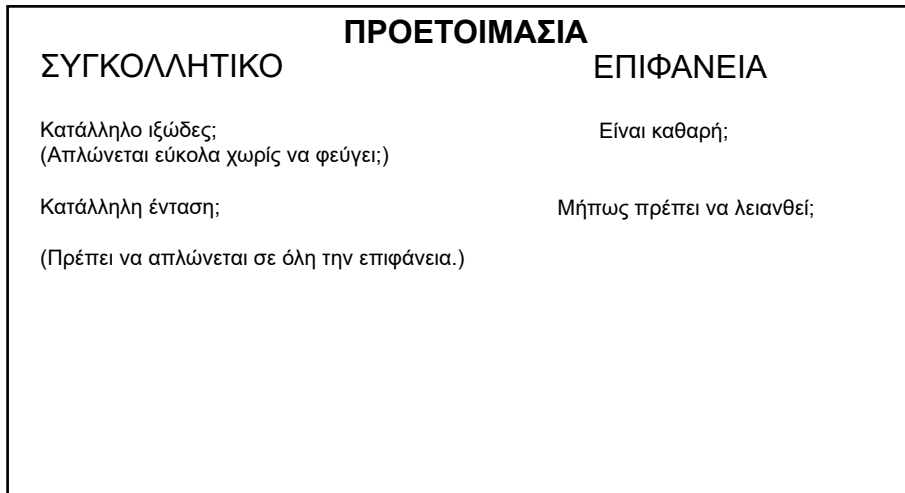
Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα αποτελέσματα της δράσης των παραπάνω παραγόντων σε κάθε κόλλα, προτού τη χρησιμοποιήσουμε.

Επίσης, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον **τρόπο παρασκευής** και τον τρόπο εφαρμογής κάθε κόλλας, καθώς και το **βαθμό πρόσφυσης** της με τα αντικείμενα που πρόκειται να συγκολληθούν.

### 7.5. Οι παράγοντες “επιτυχίας” μιας συγκόλλησης

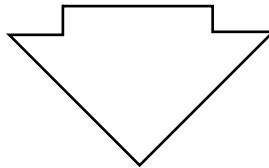
Για να αποκαλέσουμε μια συγκόλληση “επιτυχημένη”, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας αρκετούς παράγοντες. Πρέπει να δούμε τις μηχανικές ιδιότητες της “ένωσης”, τα αισθητικά αποτελέσματα της χρήσης της συγκεκριμένης κόλλας και το βαθμό αντιστρεψιμότητάς της.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κυριότερες φάσεις που χαρακτηρίζουν την εφαρμογή μιας κόλλας, καθώς και οι βασικότεροι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη σε κάθε στάδιο εργασιών, ώστε να υπάρξει καλό αποτέλεσμα. Σε αυτούς τους παράγοντες πρέπει να προστεθούν το **κόστος** και η **τοξικότητα** της κόλλας.





<b>Η ΕΝΩΣΗ</b>		
<b>ΔΥΝΑΜΗ</b>	<b>ΑΝΤΙΣΤΡΕΨΙΜΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΕΜΦΑΝΙΣΗ</b>
Πολύ δυνατή;	Μπορεί να αφαιρεθεί το συγκολλητικό χωρίς να καταστραφεί το αντικείμενο;	Είναι το συγκολλητικό διάφανο ή έχει κάποιο χρώμα;
(Σπάει το αντικείμενο.)		Ποιες οι απαιτήσεις του υλικού που θέλουμε να κολλήσουμε;
Πολύ αδύνατη;		
(Το αντικείμενο διαλύεται.)		



<b>ΠΟΣΟ ΘΑ ΔΙΑΡΚΗΣΕΙ;</b>		
<b>ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ</b>		
Θα συρρικνωθεί; Τα προϊόντα της αποσύνθεσης θα επηρεάσουν το αντικείμενο;		
<b>ΔΥΝΑΜΗ</b>	<b>ΑΝΤΙΣΤΡΕΨΙΜΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΕΜΦΑΝΙΣΗ</b>
Θα αποδυναμωθεί;	Θα γίνει αδιάλυτο;	Θα αλλάξει χρώμα;

## 7.6. Στερεωτικά υλικά

Τα περισσότερα από τα συγκολλητικά υλικά, και ιδιαίτερα τα συνθετικά πολυμερή, χρησιμοποιούνται και για εργασίες “**στερέωσης**” σαθρών αντικειμένων. Σε αυτή την περίπτωση ο στόχος δεν είναι η συγκόλληση δύο τμημάτων μέσω της σκλήρυνσης της κόλλας που τοποθετείται μεταξύ τους αλλά η ενίσχυση της δομής σαθρών αντικειμένων, ώστε να εμποδιστεί η “κατάρρευσή τους”. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, εφαρμόζεται στο σαθρό αντικείμενο ένα διάλυμα συνθετικού πολυμερούς, το οποίο διεισδύει στη δομή του και στη συνέχεια εξατμίζεται ο διαλύτης, για να παραμείνει το συνθετικό πολυμερές και να το “στερεώσει”, ή τοποθετείται από πριν ο κατάλληλος “σκληρυντής”.

Για να επιτύχουν οι εργασίες στερέωσης, πρέπει να εξασφαλιστεί η μεγάλη διεισδυτικότητα του στερεωτικού υλικού στη δομή του αντικειμένου που θέλουμε να στερεώσουμε. Αυτό είναι απαραίτητο, επειδή, σε αντίθετη περίπτωση, και η δομή του αντικειμένου δε θα ενισχυθεί και θα δημιουργηθεί στην επιφάνειά του ένα “φιλμ” του συνθετικού πολυμερούς, πράγμα που είναι ανεπιθύμητο.

Γι’ αυτό το λόγο, πρέπει τα στερεωτικά υλικά: 1) να είναι “**συμβατά**” με τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων που πρόκειται να στερεωθούν (π.χ. δε χρησιμοποιούμε διαλύματα οργανικών διαλυτών για στερέωση αντικειμένων που περιέχουν σημαντική ποσότητα υγρασίας), και 2) να έχουν **μικρό ιξώδες**, δηλαδή ικανοποιητική ρευστότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με προσθήκη διαλύτη στο διάλυμα του συνθετικού πολυμερούς. Με άλλα λόγια, ενώ χρησιμοποιούμε σχετικά πυκνά διαλύματα συνθετικών πολυμερών για συγκολλήσεις, στις εργασίες στερέωσης τα ίδια συνθετικά πολυμερή θα χρησιμοποιηθούν με μορφή **αραιών διαλυμάτων**.

Επιπλέον, τα στερεωτικά υλικά πρέπει να είναι **εύκολα αντιστρέψιμα**. Τέλος, θα πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί κατά την εφαρμογή τους, ώστε να αποφύγουμε να εγκλωβίσουμε στη δομή του αντικειμένου που πρόκειται να στερεωθεί για ουσίες που είναι ανεπιθύμητες (π.χ. ακαθαρσίες, νερό κτλ.).

## 7.7. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 7ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 7.7.1. Ποια υλικά συντήρησης ονομάζονται συγκολλητικά;
- 7.7.2. Με βάση ποια κριτήρια μπορούν να ταξινομηθούν τα συγκολλητικά υλικά;
- 7.7.3. Ποιες κατηγορίες φυσικών κολλών γνωρίζετε;
- 7.7.4. Ποιες κατηγορίες συνθετικών κολλών γνωρίζετε;
- 7.7.5. Ποια είναι τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάζουν οι φυσικές κόλλες;
- 7.7.6. Ποια είναι τα κυριότερα μειονεκτήματα της χρήσης συνθετικών κολλών κατά τις εργασίες συντήρησης;
- 7.7.7. Ποια κατηγορία κολλών χρησιμοποιείται ευρέως στις εργασίες συγκόλλησης αρχαιοτήτων και έργων τέχνης και γιατί;
- 7.7.8. Ποια είναι τα κύρια συστατικά μιας κόλλας;
- 7.7.9. Ποιες οι βασικές ιδιότητες των συγκολλητικών υλικών;
- 7.7.10. Πώς μπορούμε να ελέγξουμε την αντιστρεψιμότητα μιας κόλλας;
- 7.7.11. Ποιες ιδιότητες των συγκολλητικών υλικών ελέγχονται με ειδικές τεχνικές γήρανσης;



## 7.7. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 7ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ:

**7.7.12.** Πώς μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συγκολλητική δυνατότητα μιας κόλλας;

**7.7.13.** Πώς μπορούμε να μεταβάλουμε την ρευστότητα μιας κόλλας και ποιες θα είναι οι συνέπειες αυτής της μεταβολής;

**7.7.14.** Ποια στοιχεία πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη σε κάθε στάδιο εργασιών συγκόλλησης, ώστε να πετύχουμε καλό αποτέλεσμα;

**7.7.15.** Ποιες οι βασικές ομοιότητες και ποιες οι κύριες διαφορές συγκολλητικών-στερεωτικών υλικών;

## 8.1. Γενικά

Το ξύλο, ένα από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, δεν έχασε ποτέ την χρησιμότητά του παρ' όλη την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της παραγωγής πλήθους νέων υλικών.

Μεταξύ των πολλών πλεονεκτημάτων του ξεχωρίζουμε τα εξής:

- \* Αφθονία και ευκολία ανεύρεσης
- \* Ευκολία επεξεργασίας
- \* Χαμηλό κόστος
- \* Υψηλή στερεότητα σε σχέση με το βάρος του
- \* Καλή μονωτική ικανότητα από θερμότητα και από ψύχος
- \* Ποικιλία χρωμάτων, σχεδίων και πυκνότητας.

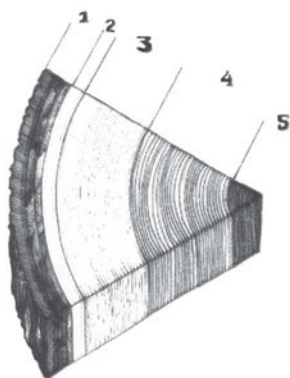
Από την άλλη μεριά, το ξύλο ως υλικό παρουσιάζει τα παρακάτω κύρια μειονεκτήματα:

- Υγροσκοπικότητα
- Ανισοτροπία
- Δομικές δυσμορφίες που προκύπτουν από τη φυσική ανάπτυξή του (π.χ. ρόζοι, ελικοειδείς ίνες, ρωγμές)
- Ευκολία ανάφλεξης
- Προσβολή από έντομα και από μικροοργανισμούς.

Βασικός στόχος της επεξεργασίας του ξύλου ήταν πάντα και εξακολουθεί να είναι, ο περιορισμός των παραπάνω μειονεκτημάτων.

## 8.2. Η δομή του ξύλου

Το ξύλο προέρχεται από τα δέντρα και κυρίως από τον κορμό τους. Πολλές ιδιότητες του ξύλου οφείλονται στην ανατομία του. Επομένως, για να μπορέσουμε να τις κατανοήσουμε, θα πρέπει πρώτα να γνωρίσουμε καλά τη δομή του.



Σχήμα 8.1 Εγκάρσια τομή κορμού δέντρου. 1. Φλοιός  
2. Κάμβιο 3. Σομφό ξύλο  
4. Εγκάρδιο ξύλο  
5. Εντεριώνη

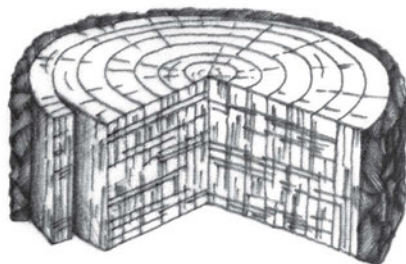
### 8.2.1. Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Στην επιφάνεια που προέρχεται από εγκάρσια τομή κορμού δένδρου διακρίνονται τρία μέρη: η **εντεριώνη** στο κέντρο, το **ξύλο** (σομφό-εγκάρδιο) και ο **φλοιός** (εσωτερικός-εξωτερικός). Μεταξύ ξύλου και φλοιού υπάρχει ένας άλλος ιστός, το κάμβιο, που είναι ορατό μόνο με μικροσκόπιο (Σχήμα 8.1.).

Το ξύλο χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση ομόκεντρων δακτυλίων, των **ετήσιων ή αυξητικών δακτυλίων** (Σχήμα 8.2.). Η διάκριση των ετήσιων δακτυλίων οφείλεται σε διαφορές δομής του ξύλου το οποίο παράγεται την ίδια αυξη-

τική περίοδο. Το ξύλο που παράγεται την άνοιξη ονομάζεται εαρινό ή πρώιμο, ενώ εκείνο που παράγεται το καλοκαίρι-φθινόπωρο ονομάζεται θερινό ή όψιμο. Το πλάτος των ετήσιων δακτυλίων ποικίλλει, επηρεαζόμενο από την ηλικία, από το κλίμα, από τις συνθήκες αύξησης και από την κληρονομικότητα. Ο **ρυθμός αύ-**

ξησης (αριθμός ετήσιων δακτυλίων ανά cm) είναι σημαντικός δείκτης διαπερατότητας και αντοχής του ξύλου. Η επιφάνεια μιας εγκάρσιας τομής του ξύλου δεν έχει πάντα ομοιόμορφο χρώμα. Σε πολλά είδη (όπως πεύκο, κυπαρίσσι, κέδρο, δρυ, καστανιά, καρυδιά) το κεντρικό τμήμα (εγκάρδιο) έχει σκοτεινότερο χρώμα από το περιφερειακό (σομφό). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πάντα υπάρχει εγκάρδιο ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή μη χρωματικής διαφοράς. Σε πολλά είδη ξύλου το εγκάρδιο διαφέρει σημαντικά από το σομφό όσον αφορά τη διαπερατότητα. Για παράδειγμα, το σομφό ξύλο των πεύκων εμποτίζεται πολύ πιο εύκολα από ό,τι το εγκάρδιο. Σε όλα τα είδη ξύλου υπάρχουν ακτίνες, ευδιάκριτες ακόμα και με το μεγεθυντικό φακό (Σχήμα 8.2.)



Σχήμα 8.2 Τρισδιάστατη άποψη τομής κορμού δέντρου. Διακρίνονται οι ετήσιοι δακτύλιοι και οι ακτίνες του ξύλου.

Σε εγκάρσια τομή ειδών κωνοφόρων (πεύκη, ερυθρελάτη) διακρίνονται ρητινοφόροι αγωγοί σαν μικρά κυκλικά στίγματα. Το ξύλο των πλατύφυλλων λόγω των πόρων του διακρίνεται μακροσκοπικά από το ξύλο των κωνοφόρων.

Η μακροσκοπική εικόνα του ξύλου είναι δυνατόν να αλλοιωθεί από την ύπαρξη ελαττωμάτων δομής.

Η μακροσκοπική εικόνα του ξύλου είναι δυνατόν να αλλοιωθεί από την ύπαρξη ελαττωμάτων δομής.

Η μακροσκοπική εικόνα του ξύλου είναι δυνατόν να αλλοιωθεί από την ύπαρξη ελαττωμάτων δομής.

### 8.2.2. Μικροσκοπική εξέταση της δομής

Η μάζα του ξύλου αποτελείται από τα κύτταρα, μικρές δομικές μονάδες, ορατές στο μικροσκόπιο, τα κύτταρα. Διακρίνονται γενικά τέσσερις διαφορετικοί τύποι κυττάρων, η κυτταρική όμως δομή του ξύλου δεν είναι ίδια σε όλα τα δέντρα. Για παράδειγμα, σε ξύλο πλατύφυλλων ειδών συναντώνται και οι τέσσερις τύποι



των κυττάρων, ενώ στο ξύλο κωνοφόρων μόνο οι δύο από αυτούς. Ο μικροσκοπικός προσδιορισμός αυτών των λεπτομερειών της κυτταρικής δομής του ξύλου από τον ειδικό επιστήμονα οδηγεί στον προσδιορισμό της προέλευσης του ξύλου και δίνει πληροφορίες για τις ιδιότητές του που θεωρούνται απαραίτητες στο συντηρητή (π.χ. σχετικά με το βαθμό υγροσκοπικότητας και ανισοτροπίας του, σχετικά με τη σκληρότητά του κτλ.).

### 8.2.3. Χημική σύσταση του ξύλου

Το ξύλο αποτελείται κατά προσέγγιση από 50% άνθρακα, 42% οξυγόνο, 6% υδρογόνο, 1% άζωτο και 1% διάφορα άλλα στοιχεία. Το κύριο συστατικό των τοιχωμάτων των κυττάρων στο ξύλο είναι η κυτταρίνη, ένα γραμμικό πολυμερές κρυσταλλικής δομής. Τα μόρια κυτταρίνης είναι πολυσακχαρίτες, που έχουν τη μορφή ινωδών αλυσίδων και τοποθετούνται ελικοειδώς γύρω από τον άξονα του κυττάρου.

Σε αυτή ακριβώς τη διάταξη βρίσκεται το μυστικό της μεγάλης αντοχής του ξύλου σε εφελκυσμό. Το ποσοστό της κυτταρίνης στο σύνολο της ξηρής μάζας του ξύλου ανέρχεται σε 40%-60%.

Μεταξύ των μορίων της κυτταρίνης, στα τοιχώματα των κυττάρων του ξύλου, βρίσκεται μια άλλη σημαντική ουσία, η λιγνίνη, η οποία βοηθά στην αύξηση της αντοχής του ξύλου σε θλίψη.

Στην ξηρά μάζα του ξύλου περιέχεται λιγνίνη σε ποσοστό περίπου 20%-30%, ενώ ένα ποσοστό περίπου 20% αποτελείται από άλλους πολυσακχαρίτες. Εκτός από τα παραπάνω κύρια συστατικά, το ξύλο περιέχει σε μικρές ποσότητες ρητίνες, πολυφαινόλες, άμυλο, λίπη, πρωτεΐνες κτλ.

## 8.3. Ιδιότητες του ξύλου

### 8.3.1. Πυκνότητα

Η πυκνότητα είναι η σχέση της μάζας προς τον όγκο και μετριέται σε  $\text{gr/cm}^3$ . Η πυκνότητα του ξύλου είναι αξιόπιστος δείκτης των μηχανικών και τεχνολογικών ιδιοτήτων του.

Επειδή όμως το βάρος και ο όγκος του ξύλου επηρεάζονται από την υγρασία, παίρνουμε σωστά συγκριτικά στοιχεία, μόνο όταν πρόκειται περί υλικών με όμοια υγρασία ή, ακριβέστερα, όταν έχουμε τη σχέση του “ξηρού” βάρους προς τον “ξηρό” όγκο.

Ακόμη όμως και ξύλα που προέρχονται από τον ίδιο κορμό είναι δυνατόν να παρουσιάζουν διαφορετική πυκνότητα, επειδή το σομφό είναι αραιότερο από το εγκάρδιο.

Άρα, όσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή του εγκάρδιου ξύλου στο δείγμα που μελετάμε, τόσο μεγαλύτερη αναμένεται να είναι η πυκνότητά του.

### 8.3.2. Περιεκτικότητα σε υγρασία

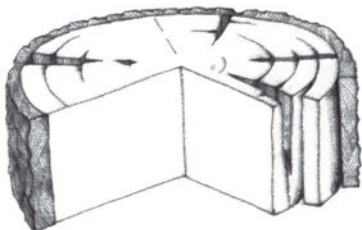
Μια από τις βασικές ιδιότητες του ξύλου που πρέπει οπωσδήποτε να λαμβάνεται υπόψη είναι η περιεκτικότητά του σε υγρασία, δηλαδή το ποσοστό του νερού που περιέχεται στο ξύλο.

Από την υγρασία εξαρτώνται όλες σχεδόν οι ιδιότητες που αφορούν τη στερεότητα, τη ρίκνωση, την ανθεκτικότητά του στους βιολογικούς παράγοντες φθοράς κτλ.

Η υγρασία του φρέσκου ξύλου κυμαίνεται από 60-200%. Μετά την κοπή του δέντρου, το ξύλο αρχίζει να ξηραίνεται, οπότε ελαττώνεται και το βάρος και ο όγκος του.

Τα ξύλα, ανάλογα με το πού θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να περιέχουν ένα ορισμένο ποσό υγρασίας. Δεν πρέπει να ξεχνάμε, βέβαια, ότι αποτελούν ένα “ανοιχτό σύστημα”, το οποίο ανταλλάσσει υγρασία με το περιβάλλον του, έως ότου βρεθεί σε κατά-

σταση ισορροπίας με αυτό. Αποτέλεσμα των παραπάνω αλλαγών της υγρασίας ενός ξύλου είναι η μεταβολή των τριών διαστάσεών του, είτε μέσω διόγκωσης είτε μέσω ρίκνωσης (Σχήμα 8.3.).



*Σχήμα 8.3. Εγκάρσια τομή ξύλου. Διακρίνονται οι κενοί χώροι που αντιστοιχούν στον όγκο του νερού που χάθηκε κατά την ξήρανση.*

### 8.3.3. Ελαστικότητα και μηχανική αντοχή

Γενικά, τα ξύλα χαρακτηρίζονται από αρκετά μεγάλη ελαστικότητα. Η ελαστικότητα αυτή αυξάνεται, όσο αυξάνονται η υγρασία και η θερμοκρασία του ξύλου, και μειώνεται, όταν αυξάνεται η πυκνότητα.

Η μέγιστη δυνατή δύναμη που μπορεί να ασκηθεί σε ένα ξύλο, χωρίς αυτό να σπάσει, χαρακτηρίζει την αντοχή του.

### 8.3.4. Σκληρότητα

Με τον παραπάνω όρο εννοούμε την αντίσταση που προβάλλει το ξύλο, όταν το κατεργαζόμαστε με διάφορα εργαλεία. Όσο μεγαλύτερη ποσότητα από το εγκάρδιο ξύλο περιέχεται στο δείγμα μας και, επομένως, όσο μεγαλύτερη πυκνότητα έχει, τόσο μεγαλύτερη είναι η σκληρότητά του. Σκληρά μέχρι πολύ σκληρά ξύλα θεωρούνται η δρυς, η μελιά ή κόκκινη οξιά κ.ά. Αντίθετα, μαλακά ξύλα δίνουν η ελάτη, η ερυθρελάτη, η ψευδοτσούγκα ή λάριξ, η σημύδα κ.ά.

Τα μαλακά ξύλα τα κατεργαζόμαστε ευκολότερα απ' ό,τι τα σκληρά, εμφανίζουν όμως μικρότερη αντοχή σε φθορά.

### 8.3.5. Θερμοαγωγιμότητα

Το ξύλο έχει ελάχιστη δυνατότητα θερμοαγωγιμότητας, δηλαδή παρουσιάζει άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες. Η θερμοαγωγιμότητα ενός υλικού εκφράζεται με το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Ως συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ορίζεται το ποσό της θερμότητας που διέρχεται διαμέσου ενός κύβου χωρητικότητας  $1\text{m}^3$ , σε χρονικό διάστημα μιας ώρας, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο απέναντι εδρών του κύβου είναι  $1^\circ\text{C}$ .

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξύλου είναι από 0,09 έως  $0,28\text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$ . Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος της θερμομόνωσης που παρέχει το ξύλο, ας λάβουμε υπόψη μας ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για το αλουμίνιο είναι 1400, για το σίδηρο 350, για τα τούβλα 4,5 και για το νερό 4!

Οι άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες του ξύλου οφείλονται στο πορώδες της κατασκευής του και έχουν παίξει μεγάλο ρόλο στην επιλογή του ξύλου ως οικοδομικού υλικού.

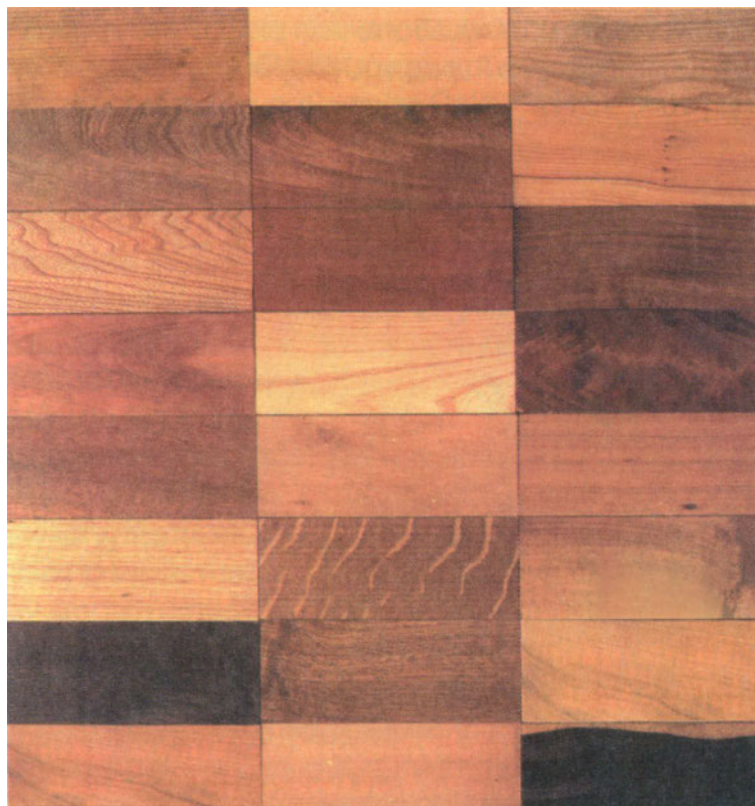
### 8.3.6. Ακουστικές ιδιότητες του ξύλου

Οι ξύλινες κατασκευές χαρακτηρίζονται από σχετικά καλή πρόσληψη και μεταβίβαση του ήχου. Χάρη σε αυτές κυρίως τις ακουστικές ιδιότητές του το ξύλο χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα για την κατασκευή μουσικών οργάνων.

### 8.3.7. Οπτική εντύπωση του ξύλου

Με τον παραπάνω όρο εννοούμε την εικόνα που εμφανίζει το ξύλο λόγω του χρώματος και των σχεδίων του (Εικόνα 8.1.). Τα χρώματα των ξύλων κυμαίνονται από ασπροκίτρινο (π.χ. ερυθρελάτη), κιτρινοκάστανο (π.χ. δρυς, σκλήθρα κ.ά.), πρασινωπό (π.χ. ψευδακακία), σκούρο καστανό (π.χ. καρυδιά, ρείκι), βιολετί (π.χ. δαμασκηλιά, παλίссανδρο) μέχρι μαύρο (έβενος).

Συνήθως το σομόφο διαφέρει κατά το χρώμα από τα άλλα μέρη του ίδιου ξύλου. Η διαφορά αυτή σε άλλα δέντρα είναι μεγάλη



Παλιά πεύκη	Πεύκη	Φλαμουριά
Φτελιά	Μασόνι	Έλατο
Φτελιά	Μασόνι	Καρυδιά
Οξιά	Καστανιά	Καρυδιά
Τικ	Ελαιόπρινος	Καρυδιά
Φρεσκοκομμένη δρυς	Δρυς	Σφένδαμος
Παλιά δρυς	Αγγλική δρυς	Σφένδαμος
Κερασιά	Κέδρος	Παλισσάνδρη

(π.χ. δρυς), σε άλλα μικρότερη (π.χ. οξιά, καρυδιά) και σε άλλα αμελητέα (π.χ. ελάτη).

Τα σχήματα που εμφανίζουν τα ξύλα ποικίλλουν. Αλλού παρατηρούνται απλά και κανονικά σχέδια, αλλού με γραμμές και κυματισμούς και αλλού ζωηρά και ακανόνιστα.

### **8.3.8. Φυσική αντίσταση του ξύλου**

Το εγκάρδιο ξύλο πολλών ειδών ξυλείας παρουσιάζει αυξημένη φυσική αντίσταση στους βιολογικούς παράγοντες φθοράς.

Αντιθέτως, το σομφό όλων των ξύλων παρουσιάζει μειωμένη σχετικά αντίσταση στους παραπάνω παράγοντες. Τέλος, είναι γνωστό ότι το ξύλο είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο υλικό.

## **8.4. Η επεξεργασία του ξύλου**

Ο άνθρωπος από αρχαιοτάτων χρόνων είχε διαπιστώσει και αξιοποιήσει τη διαφορετική συμπεριφορά και τις ιδιότητες των διάφορων ειδών ξυλείας, που του παρείχαν αρκετή ποσότητα πρώτης ύλης, για να καλύπτει τις ανάγκες του (π.χ. σε καύσιμη ύλη, κατασκευές, αντικείμενα).

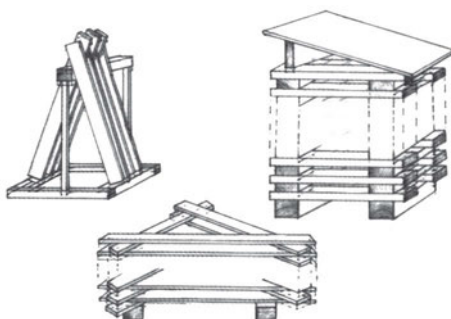
Η επεξεργασία, λοιπόν, του ξύλου είναι μια διαδικασία στενά συνδεδεμένη με την ίδια την οντότητα του ανθρώπινου πολιτισμού.

Τα βασικά στάδια επεξεργασίας του ξύλου παραμένουν ίδια κατά τη διάρκεια των αιώνων και μόνο τα μέσα αλλάζουν, ακολουθώντας την εξέλιξη της τεχνολογίας. Στη σύντομη παρουσίαση των κυριότερων σταδίων επεξεργασίας του ξύλου που ακολουθεί δίνεται έμφαση στις παραδοσιακές μεθόδους και στα αντίστοιχα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν, μιας και αυτά χαρακτηρίζουν τα ξύλινα αντικείμενα και τις κατασκευές που έχουν διασωθεί από παλαιότερες περιόδους.

## 8.4.1. Κοπή

Αρχικά, για την κοπή του ξύλου χρησιμοποιήθηκαν πέτρινα τσεκούρια. Σε περιοχές στις οποίες δεν υπήρχε πέτρα ως πρώτη ύλη για τσεκούρια, έκαigan γύρω-γύρω τη βάση του κορμού και χρησιμοποιούσαν μια λεπτή λωρίδα δέρματος και λειαντικά μέσα, για να κόψουν τον κορμό.

Μετά την κοπή του κορμού κόβονται όλα τα κλαδιά. Αν είναι αρκετά μεγάλα, χρησιμοποιούνται ως ξυλεία, αν όχι, χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη.



Σχήμα 8.4. Σχηματική παράσταση παραδειγματών φυσικής ξήρανσης ξυλείας

Ο κορμός αποφλοιώνεται με σφηνοειδή εργαλεία, και ο φλοιός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δέψη δερμάτων, για καύσιμη ύλη, για κατασκευή σκονινιών, καλάθων κ.ά.

Ο αποφλοιωμένος κορμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έχει ή να κοπεί σε πρίσματα με τσεκούρια, σκεπάρνια, πρίονια ή ακόμη με πιο εξελιγμένα μέσα στις μέρες μας, όπως είναι

το πολυπρίονο ή παλινδρομικό (καταρράκτης), το ταινιοπρίονο (κορδέλα) και το σισκοπρίονο.

## 8.4.2. Ξήρανση

Για την αποφυγή παραμορφώσεων, ρηγματώσεων, μετασχηματισμών, προσβολής από βιολογικούς παράγοντες αλλά και για την καλύτερη κατεργασία του ξύλου, απαιτείται η ξήρανσή του πριν από την τελική μορφοποίηση.

Η ξήρανση γίνεται είτε φυσικά στον αέρα (Σχήμα 8.4.) είτε σε ειδικούς θαλάμους ξήρανσης, όπου ελέγχονται η θερμοκρασία, η

σχετική υγρασία και η ταχύτητα του αέρα που κυκλοφορεί ανάμεσα στα στοιβαγμένα τεμάχια ξύλου.

### 8.4.3. Εμποτισμός

Τα ξύλα εμποτίζονται με κατάλληλες ουσίες, για να προστατευτούν από τους βιολογικούς εχθρούς τους και από τη φωτιά.

Τα συντηρητικά του ξύλου που χρησιμοποιούνται σήμερα διακρίνονται σε ουσίες υδατοδιαλυτές (άλατα του χαλκού, αρσενικού, φθορίου κ.ά.), έλαια (πισσέλαιο), ελαιοδιαλυτές (πενταχλωροφαινόλη) και αντιπυρικές (ενώσεις πυριτίου, φωσφόρου, θείου κ.ά.). Οι μέθοδοι εμποτισμού διακρίνονται σε μεθόδους με **πίεση** ή **χωρίς πίεση**, ανάλογα με την εφαρμογή πίεσης ή μη, για την είσοδο του συντηρητικού στο ξύλο.

### 8.4.4. Μορφοποίηση

Το ξύλο μπορεί να λαξευτεί με διάφορα εργαλεία (π.χ. τσεκούρι ή σκεπάρνι), των οποίων τα σημάδια διακρίνονται στην επιφάνειά του. Οι επιφάνειες μπορούν να λειανθούν με μια μακριά λεπίδα με λαβές στα δύο άκρα της.

Για την κοπή του ξύλου χρησιμοποιούνται πριόνια. Για να ανοιχθούν τρύπες, χρησιμοποιήθηκε ένα απλό εργαλείο, δηλαδή ένα μυτερό σουβλί, που δεν αφαιρεί ξύλο, αλλά απλώς το τρυπά. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν τρυπάνια.

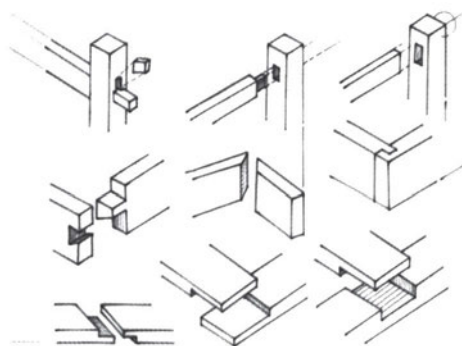
Στην αρχαιότητα χρησιμοποιήθηκε ένα είδος τόρνου, όπου το ξύλο συγκρατούνταν ανάμεσα σε δύο οριζόντιους άξονες.

Μερικοί κορμοί μπορούν να λυγίζουν και μετά να διατηρούν το σχήμα που τους δόθηκε (κατασκευή κανό), αρκεί το ξύλο να μην είναι ξηρό ή να έχει υποστεί επεξεργασία σε ατμό.

### 8.4.5. Σύνδεση

Κατά την αρχαιότητα η χρήση κορδονιών από σκοινί ή από δέρμα ήταν ο μόνος τρόπος, για να συγκρατούνται οι κορμοί σε μια κατασκευή ή οι σανίδες μεταξύ τους, ειδικά κατά τα πρώιμα στάδια κατασκευής βαρκών. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται ακόμα και





Σχήμα 8.5. Σχηματική παράσταση διάφορων παραδειγμάτων “σύνδεσης” ξύλινων τμημάτων

σήμερα σε μερικά μέρη. Ξύλινα καρφιά, πύροι και σφήνες έχουν χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές από βαριά ξυλεία, χωρίς τη χρήση κόλλας. Συχνά, όμως, χαλαρώνουν λόγω γήρανσης και πρέπει να αντικαθίστανται.

Πρώιμα καρφιά από σφυρήλατο σίδηρο ήταν συνήθως τετράγωνης διατομής. Αργότερα, η παραγωγή καρφιών από χάλυβα ήταν

πιο φθηνή, και έτσι αυτά άρχισαν να χρησιμοποιούνται στις ξύλινες κατασκευές. Οι βίδες χρησιμοποιήθηκαν πολύ αργότερα.

Οι ενώσεις των κομματιών ξύλου κατασκευάζονται, εάν το ξύλο του ενός κομματιού κοπεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να εφαρμόσει σε μια εγκοπή στο άλλο κομμάτι (Σχήμα 8.5.). Συνήθως σε μεταγενέστερες εποχές χρησιμοποιείται και κόλλα.

Οι κυριότερες συγκολλητικές ουσίες που χρησιμοποιούνται σήμερα από τη βιομηχανία διακρίνονται σε θερμοσκληρυνόμενες (φαινόλη-φορμαλδεΰδη, ουρία-φορμαλδεΰδη), σε θερμοπλαστικές (γαλακτώματα οξικού πολυβινυλίου) και σε ελαστομερείς (νεοπρένιο). Βέβαια, κατά το παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα και φυσικές κόλλες, ζωικής κυρίως προέλευσης (κόλλες πρωτεϊνικής σύστασης, ψαρόκολλα κ.ά.).

### 8.4.6. Διακόσμηση

Η εγχάραξη είναι η βασικότερη μέθοδος διακόσμησης, και το καλέμι ένα από τα αρχαιότερα εργαλεία. Μερικά εργαλεία από πυριτόλιθο που χρησιμοποιούνταν κατά την πρώιμη νεολιθική εποχή για εγχάραξεις σε οστέινα αντικείμενα θα πρέπει να χρησιμοποιήθηκαν και για εγχάραξη σε ξύλο (τα ξύλινα αντικείμενα όμως αλλοιώνονται πολύ και διαλύονται, με αποτέλεσμα να καθίσταται



Εικόνα 8.2  
Λεπτομέρεια από ξυλόγλυπτο  
τέμπλο, Ι. Ναού Αγ. Νικολάου  
Γαλαξειδίου

σπάνια η διάσωσή τους στο πέρασμα του χρόνου).

Σε μεταγενέστερες περιόδους χρησιμοποιήθηκαν **κρουστικά μηχανήματα** με άκρα διαφορετικής υφής.

Τα νερά του ξύλου από μόνα τους έχουν αισθητική αξία, αλλά η μορφή του τελικού αντικειμένου εξαρτάται και από τη δεξιοτεχνία του τεχνίτη (Εικόνα 8.2).

Η διαδικασία τοποθέτησης ενός καπλαμά (φύλλου από ακριβό συνήθως ξύλο) ή άλλου υλικού (π.χ. μετάλλου) πάνω σε άλλο ξύλο με σκοπό τη δημιουργία μιας εικαστικής σύνθεσης αναφέρεται ως **μαρκετερί** (Εικόνα 8.3), ενώ η ένθεση **ατόφιου** ξύλου σε άλλα κομμάτια ξύλου μερικές φορές καλείται **παρκετερί** (Εικόνα 8.4.). Το παρκέ συνήθως αναφερόταν στην κατασκευή πατωμάτων από διαφορετικά ξύλα, ενώ η μαρκετερί σε οποιαδήποτε ένθεση ή ξύλου ή ελεφαντόδοντου ή κελύφους οστράκου κτλ.



Εικόνα 8.3  
Λεπτομέρεια μαρκετερί, Μουσείο  
Διακοσμητικών Τεχνών, Λυών

Το ξύλο μπορεί να βαφτεί, για να δοθούν ανάγλυφα ή για να καλυφθούν τα χαρακτηριστικά του. (Εικόνα 8.5.). Βαφές κόκκινες, σκούρες καφέ και μαύρες έχουν χρησιμοποιηθεί για την απομίμηση ξύλων δρυός ή εβένου.



Εικόνα 8.4.: Δάπεδο από τη βασιλική έπαυλη της Μόντσα. Ο δημιουργός του Τζιουζέπε Ματζιολίνι (1738-1814) πέτυχε τις χρωματικές διαφορές, βασιζόμενος αποκλειστικά στις λεπτές αντιθέσεις ανάμεσα στις διάφορες αποχρώσεις



Εικόνα 8.5.: Κασέλα Σκύρου, χρωματιστή και επίχρυση 18ος-19ος αιώνας, Μουσείο Μπενάκη

Τα ξύλινα αντικείμενα βάφονταν, αφού πρώτα είχαν περαστεί με ένα στρώμα προετοιμασίας γύψου (gesso).

Σε παλαιά ξυλόγλυπτα με αλλοιωμένες επιφάνειες διακρίνονται υπολείμματα βαφής και προετοιμασίας με γύψο.

## 8.5. Οι φθορές που υφίσταται το ξύλο και οι αιτίες τους

Το ξύλο, όπως όλα τα οργανικά υλικά, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στη δράση βιολογικών παραγόντων φθοράς. Κι αυτό, επειδή αποτελώντας κομμάτι της ζωντανής ύλης ενός οικοσυστήματος, η οποία μετά το θάνατό της θα ακολουθήσει τους φυσικούς νόμους της αποικοδόμησης, τείνει να προσβάλλεται κυρίως από έντομα και από μικροοργανισμούς. Επιπλέον, το ξύλο αποτελεί ένα άριστο μέσο προστασίας για τα έντομα, τα οποία το χρησιμοποιούν ως φωλιά ή ως χώρο επώασης των αυγών τους.

Έτσι, στις περιπτώσεις όπου δεν έχουν ληφθεί μέτρα προστασίας του ξύλου από τους παραπάνω παράγοντες, το ξύλο μπορεί να καταστραφεί εντελώς. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, αφού το ξύλο είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο υλικό.

Στη συνέχεια θα επιχειρηθεί μια πρώτη προσέγγιση των αιτιών φθοράς του ξύλου που χρησιμοποιείται για διάφορες κατασκευές (και όχι φυσικά του ξύλου των ζωντανών δέντρων), και θα αναφερθούν οι κυριότεροι τρόποι προστασίας του από αυτές.

### 8.5.1. Ζώα που καταστρέφουν το ξύλο

Οι κυριότεροι ζωικοί παράγοντες που προσβάλλουν το ξύλο είναι στην πραγματικότητα τα έντομα. Για τις περιπτώσεις που το ξύλο βρίσκεται μέσα στο νερό έχουν αναφερθεί και άλλα ζωικά είδη που προκαλούν φθορές σ' αυτό, όπως είναι κάποια οστρακόδερμα και μαλάκια.

Τα στάδια ανάπτυξης των εντόμων είναι συνήθως τέσσερα: του αυγού, της προνύμφης, της νύμφης και του τέλειου εντόμου, αν και υπάρχουν έντομα που από το στάδιο του αυγού περνούν κατευθείαν στο στάδιο νύμφης ή ακόμα και του νεαρού τέλειου εντόμου. Γενικά, οι προνύμφες είναι οι κυριότεροι καταστροφείς

του ξύλου. Τα φτερωτά τέλεια έντομα ζουν για ένα σύντομο χρονικό διάστημα και φροντίζουν μόνο για την αναπαραγωγή τους και την εναπόθεση των αβγών τους σε ασφαλή μέρη.

**Τα είδη των εντόμων που προσβάλλουν το ξύλο** είναι αρκετά.

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

Το γνωστό ως σαράκι (*anobium punctatum*), το οποίο προσβάλλει αδιακρίτως ξυλεία πλατύφυλλων και κωνοφόρων δέντρων, ιδιαίτερα όταν αυτή βρίσκεται σε υγρούς χώρους. Το τέλειο έντομο αυτού του είδους αφήνει τα αβγά του σε σχισμές ή σε παλιές ρωγμές του ξύλου. Η προνύμφη (σκουλήκι) ανοίγει στοές στο ξύλο, από τις οποίες βγαίνουν ρινίσματα ξύλου (πριονίδι). Ύστερα από συνεχείς προσβολές το ξύλο καταστρέφεται εντελώς.

Ένα άλλο είδος σαρακιού (*xestobium rufonvillosum*) προσβάλλει ξυλεία δρυός και άλλων πλατύφυλλων δέντρων αλλά και ξυλεία κωνοφόρων σπανιότερα. Τα τέλεια έντομα κατά την περίοδο της αναπαραγωγής (Μάιο έως Ιούνιο) κτυπούν το κεφάλι τους σε σκληρό ξύλο και κάνουν ένα ρυθμικό μονότονο ήχο με τον οποίο προσελκύουν το άλλο φύλο. Αυτός ακριβώς ο ήχος μάς δείχνει εάν ένα ξύλινο αντικείμενο έχει προσβληθεί από το έντομο. Τα τέλεια έντομα γεννούν τα αβγά τους στο ξύλο, απ' όπου θα βγουν τα σκουλήκια (προνύμφες). Αυτά μπαίνουν στο ξύλο ανοίγοντας στοές που γίνονται συνεχώς μεγαλύτερες και φτάνουν σε διάμετρο 2-3 χιλιοστών. Η δράση τους ευνοείται ιδιαίτερα από την παρουσία υγρασίας.

Εκτός από τα δύο προαναφερθέντα είδη, υπάρχουν και άλλα έντομα που προσβάλλουν με παρόμοιο τρόπο τα ξύλα, προτιμώντας συγκεκριμένα είδη.

Τα πιο γνωστά από αυτά είναι οι τερμίτες. Ονομάζονται και “λευκά μυρμήγκια” επειδή μοιάζουν με μυρμήγκια, παρ' όλο που δεν έχουν καμιά συγγένεια με αυτά. Όμως, τόσο στον τρόπο ζωής τους όσο και στις καταστροφές που προκαλούν στο ξύλο, παρουσιάζουν έντονες ομοιότητες με τα μυρμήγκια. Οι τερμίτες ζουν σε πολυάριθμες κοινωνίες, μέσα στο ξύλο. Εκεί ανοίγουν στοές και μεταβάλλουν το εσωτερικό των ξύλινων αντικειμένων σε άμορφη μάζα, αφήνοντας ανέπαφη την επιφάνειά τους, με αποτέλεσμα η

παρουσία τους να γίνεται αντιληπτή, όταν είναι πλέον πολύ αργά. Η μόνη ένδειξη της παρουσίας και της δράσης τους, πριν από την ολοκληρωτική καταστροφή του ξύλου, είναι τα ρινίσματα ξύλου (ροκανίδια) που μπορεί να βγαίνουν από κάποια τρύπα που πιθανώς υπάρχει στο προσβεβλημένο αντικείμενο.

### 8.5.2. Μικροοργανισμοί που φθείρουν το ξύλο

Οι κυριότεροι μικροοργανισμοί που καταστρέφουν το ξύλο είναι κυρίως οι μύκητες και κατά δεύτερο λόγο τα βακτήρια.

Οι ξυλοσηπτικοί **μύκητες** τρέφονται από το ξύλο και κατά συνέπεια καταστρέφουν τη δομή του. Το προσβεβλημένο από μύκητες ξύλο μεταχρωματίζεται, μαλακώνει και γίνεται εύθρυπτο. Σε προχωρημένο στάδιο προσβολής το ξύλο ρικνώνεται και εμφανίζονται ρωγμές. Οι μύκητες εξαπλώνονται από τόπο σε τόπο με τα αερομεταφερόμενα συνήθως σπόρια τους. Διακρίνονται τρεις τύποι σήψης: η καστανή, η λευκή και η μαλακή.

Οι όροι καστανή ή λευκή σήψη περιγράφουν το χρώμα του προσβεβλημένου ξύλου, δηλαδή το χρώμα του ξύλου γίνεται σκούρο καστανό ή κίτρινο-λευκό αντίστοιχα. Οι μύκητες που προκαλούν την καστανή σήψη προσβάλλουν την κυτταρίνη του ξύλου και συνήθως του ξύλου κωνοφόρων. Οι μύκητες της λευκής σήψης προσβάλλουν τόσο τη κυτταρίνη όσο και τη λιγνίνη, κυρίως του ξύλου πλατύφυλλων. Όμως η λευκή σήψη δε θεωρείται τόσο σημαντική από την άποψη του μεγέθους της ζημίας που προκαλεί όσο η καστανή σήψη. Η μαλακή σήψη εμφανίζεται σε περιβάλλοντα στα οποία η ανάπτυξη των μυκήτων της καστανής ή της λευκής σήψης είναι αδύνατη (π.χ. σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου). Η αποικοδόμηση του ξύλου πραγματοποιείται από τα ένζυμα που παράγουν οι μύκητες, οι οποίοι αναπτύσσονται κυρίως σε υγρούς και σκοτεινούς χώρους. Η άριστη τιμή θερμοκρασίας δράσης και ανάπτυξης διαφέρει για κάθε είδος μύκητα. Εάν οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξή τους, οι μύκητες παράγουν εκατομμύρια σπόρια, δηλαδή απλές και μικρές κυτταρικές μορφές με ισχυρά τοιχώματα που περικλείουν κάποια ποσότητα νερού και μπορούν να “υπολειτουργούν” για πάρα πολ-

λά χρόνια, έως ότου να παρουσιαστούν οι κατάλληλες συνθήκες, οπότε βλαστάνουν, δίνοντας ολοκληρωμένους νέους μύκητες.

Τα **βακτήρια** είναι πολύ μικροί μονοκύτταροι οργανισμοί, χωρίς ιδιαίτερη εσωτερική οργάνωση, οι οποίοι βεβαίως δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι. Φθείρουν το ξύλο αλλά σε λιγότερη έκταση απ' ό,τι οι μύκητες. Η αποικοδομητική δράση τους αναφέρεται κυρίως σε περιπτώσεις που ξύλινα αντικείμενα βρίσκονται θαμμένα στο έδαφος (π.χ. ξύλα από την αρχαιότητα).

### 8.5.3. Η επίδραση μη βιολογικών παραγόντων στη φθορά του ξύλου

Η φωτιά είναι ο μεγαλύτερος ίσως κίνδυνος για τα ξύλινα αντικείμενα και γι' αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται οι απαραίτητες προφυλάξεις.

### 8.5.4. Προστασία του ξύλου

Για την αντιμετώπιση των **βιολογικών παραγόντων φθοράς** του ξύλου μπορεί να ληφθεί μια σειρά **προληπτικών μέτρων** προστασίας, που είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος για την αποφυγή της καταστροφής.

Γενικά, ο έλεγχος υγρασίας - θερμοκρασίας αποτελεί το πρώτο μέτρο ελέγχου της δράσης και της ανάπτυξης των μικροοργανισμών και των εντόμων.

Επίσης, μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται, ώστε να μην έρθουν σε επαφή τα “αμόλυντα” ξύλινα αντικείμενα με άλλα, ή με χώρους που έχουν ήδη προσβληθεί από βιολογικούς καταστροφείς του ξύλου.

Τέλος, στα πλαίσια των προληπτικών μέτρων περιλαμβάνεται η χημική προστασία του ξύλου με χρήση κατάλληλων βιοκτόνων ή βιοαπωθητικών ουσιών.

Εφόσον, όμως, το ξύλινο αντικείμενο που μας ενδιαφέρει έχει ήδη προσβληθεί από έντομα ή από μικροοργανισμούς, εφαρμόζονται κατάλληλες **θεραπευτικές μέθοδοι**, που μπορεί να στηρίζονται είτε στη χρήση χημικών ουσιών (βιοκτόνα, καπνισμός, άζωτο

κτλ.) είτε στη χρήση φυσικών μεθόδων (θερμοκρασία, ακτινοβολίες κτλ.).

Ο **έλεγχος της υγρασίας του ξύλου**, εκτός του ότι εξασφαλίζει την προστασία του ξύλου (η ύπαρξη νερού διευκολύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και εντόμων), βοηθά στη διατήρηση των καθαυτό ιδιοτήτων του. Επομένως, το ξύλο πρέπει να προφυλάσσεται από τη βροχή και από την υγρασία του περιβάλλοντος. Γι' αυτό το λόγο, θα πρέπει να τοποθετείται σε κατάλληλους χώρους, να εμποτίζεται με υδρόφοβα (μονωτικά) υλικά και να προστατεύεται από την υγρασία που μπορεί να μεταφερθεί σ' αυτό από γειτονικά υλικά.

Τα προστατευτικά μέσα που χρησιμοποιούνται **κατά της φωτιάς** έχουν ως στόχο τη μείωση της τάσης ανάφλεξης του ξύλου. Τα περισσότερα προστατευτικά μέσα κατά της φωτιάς είναι υδατοδιαλυτά και περιέχουν πρόσθετες ουσίες για την καταπολέμηση των εντόμων και των μικροοργανισμών.

Τέλος, **πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα** ότι τα περισσότερα μέσα προστασίας του ξύλου περιέχουν **δηλητηριώδεις ουσίες** ή διαλύματά τους, και ως εκ τούτου πρέπει να χρησιμοποιούνται είτε από τους κατά το νόμο υπεύθυνους για αυτό το έργο, είτε, εάν δεν υπάρχει σχετική νομική πρόβλεψη, από πολύ καλά ενημερωμένους χρήστες, που έχουν πλήρη γνώση των κινδύνων που μπορούν να προκύψουν από μη προσεκτική χρησιμοποίησή τους.



## 8.6. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 8ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

**8.6.1.** Ποια είναι τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ξύλου ως υλικού που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος;

**8.6.2.** Ποια είναι τα κύρια μακροσκοπικά χαρακτηριστικά μιας εγκάρσιας τομής ενός κορμού δένδρου;

**8.6.3.** Ποια είναι η χρησιμότητα της μικροσκοπικής παρατήρησης δειγμάτων ξύλου;

**8.6.4.** Τι γνωρίζετε για τη χημική σύσταση του ξύλου;

**8.6.5.** Ποιες είναι οι κυριότερες ιδιότητες του ξύλου και ποια η σημασία τους για την τεχνολογία του;

**8.6.6.** Ποια είναι τα κυριότερα στάδια επεξεργασίας του ξύλου που έχει χρησιμοποιηθεί για κατασκευή έργων τέχνης;

**8.6.7.** Ποιοι είναι οι κυριότεροι παράγοντες που προξενούν φθορές στο ξύλο;

**8.6.8.** Ποιες κατηγορίες εντόμων που προσβάλλουν το ξύλο γνωρίζετε; Τι γνωρίζετε για τη δράση τους;

**8.6.9.** Ποιοι είναι οι κυριότεροι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν το ξύλο; Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά τους;

**8.6.10.** Ποιες κατηγορίες σήψης του ξύλου γνωρίζετε και ποιες οι μεταξύ τους διαφορές;

**8.6.11.** Ποια προληπτικά μέτρα προστασίας μπορούν να ληφθούν για την αντιμετώπιση των βιολογικών παραγόντων φθοράς του ξύλου;

**8.6.12.** Ποια προστατευτικά μέτρα μπορούν να ληφθούν, για να προστατευτεί το ξύλο από φωτιά;

## 9.1. Εισαγωγή

Κατά τα πρώιμα στάδια της ύπαρξής του, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε δέρματα ζώων και γούνες, για να ζεσταίνεται. Με την πάροδο του χρόνου, οι απαιτήσεις του για ένδυση μεγάλωσαν και διαπίστωσε ότι μακριές φυτικές και ζωικές ίνες μπορούν να τυλιχθούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματίσουν **κλωστές**. Οι κλωστές αυτές στη συνέχεια θα μπορούσαν να συνυφανθούν, ώστε να δώσουν ένα εύκαμπτο, ζεστό και άνετο υλικό, το **ύφασμα**.

## 9.2. Ίνες για υφάσματα

Οι ίνες που χρησιμοποιούνται στη **σύγχρονη** παραγωγή υφασμάτων μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες α) στις φυσικές και β) στις τεχνητές. Φυσικές ίνες είναι αυτές, που υπάρχουν σε ινώδη μορφή στη φύση, όπως το βαμβάκι, το λινάρι, το μαλλί και το μετάξι. Τεχνητές ίνες είναι αυτές που έχουν φτιαχτεί από τον άνθρωπο από πρώτη ύλη που είχε κατάλληλη ινώδη μορφή.

Οι **φυσικές ίνες** μπορούν να υποδιαιρεθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες ανάλογα με την πηγή προέλευσής τους:

- α) Φυτικές ίνες
- β) Ζωικές ίνες
- γ) Ανόργανες ίνες.

Οι φυτικές ίνες περιλαμβάνουν τις πιο σημαντικές ίνες υφασμάτων, το βαμβάκι, το λινάρι, την κάνναβη, τη γιούτα και άλλες ίνες που παράγονται από φυτά και βασίζονται στο φυσικό δομικό υλικό των φυτών, την κυτταρίνη.

Οι ζωικές ίνες περιλαμβάνουν το μαλλί και άλλες τρίχινες ίνες, καθώς και ίνες όπως το μετάξι, που παράγονται σαν νήματα από οργανισμούς που ζουν σε κουκούλια. Αυτές οι ζωικές ίνες αποτελούνται κυρίως από πρωτεΐνες.

Οι ανόργανες ίνες είναι μεταλλικές ίνες που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην παραγωγή υφασμάτων (χρυσοκλωστές, ασημοκλωστές, ελάσματα κτλ.).

Εκτός απ' αυτές υπάρχουν και άλλες ανόργανης προέλευσης ίνες, που όμως έχουν ελάχιστη χρήση στα υφάσματα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ειδικά βιομηχανικά υλικά (π.χ. αμίαντο).

Οι **τεχνητές ίνες** μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την προέλευση του ινώδους υλικού από το οποίο παρασκευάζονται:

- α) Φυσικές ίνες
- β) Συνθετικές ίνες.

Οι **φυσικές ίνες** είναι αυτές στις οποίες η ινώδης ουσία είναι φυσική. Μεγάλες ποσότητες κυτταρίνης, για παράδειγμα, είναι διαθέσιμες από τα φυτά. Όμως, μόνο ένα μικρό μέρος αυτής της κυτταρίνης χρησιμοποιείται από τη φύση για τη δημιουργία ινών όπως του βαμβακιού. Το μεγαλύτερο μέρος κυτταρίνης προέρχεται από το δομικό υλικό των κορμών των δέντρων και του σκελετού των μίσχων και των φύλλων. Αυτή η κυτταρίνη είναι σχεδόν άχρηστη ως άμεση πηγή ινών για υφάσματα. Βρίσκεται σε ινώδη μορφή, αλλά περιέχει και άλλες ανεπιθύμητες ουσίες.

Κατά το τελευταίο μισό του 20ού αιώνα ο άνθρωπος έμαθε πώς να μετατρέπει αυτή τη φυσική κυτταρίνη σε μορφή κατάλληλη για ίνες υφασμάτων. Έτσι έγινε η παραγωγή των ινών για το τεχνητό μετάξι.

Κατά παρόμοιο τρόπο, ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ζωικά υλικά ως πηγή τεχνητών ινών.

Οι συνθετικές ίνες, από την άλλη μεριά, είναι αυτές που έχει παραγάγει ο άνθρωπος χωρίς να έχει προμηθευτεί την πρώτη ύλη από τη φύση. “Νάιλον”, “τεριλέν” και “ορλόν”, είναι ίνες που έχουν παραχθεί από τον άνθρωπο από απλές χημικές ουσίες.

Είναι, βεβαίως, αυτονόητο ότι η ανθρωπότητα βασίστηκε αποκλειστικά στις φυσικές

ίνες για παραγωγή υφασμάτων έως πρόσφατα, και σήμερα ακόμα ένα μεγάλο μέρος υφασμάτων παρασκευάζεται από φυσικές ίνες. Ως εκ τούτου, στη συντήρηση, μας ενδιαφέρει κυρίως η γνώση της τεχνολογίας των υφασμάτων που είναι κατασκευασμένα από φυσικές ίνες (Εικόνα 9.1). Εν τούτοις, είναι δυνατόν να αντιμετωπίσουμε περιπτώσεις συντήρησης σύγχρονων υφασμάτων με καλλιτεχνική ή ιστορική αξία που είναι κατασκευασμένα από τεχνητές ίνες.



*Εικόνα 9.1. Μάλλινο ύφασμα κοπτικής τέχνης. 5ου-6ου αιώνα μ.Χ. στο οποίο παριστάνεται γυναικείο κεφάλι, ίσως προσωποποίηση εποχής του χρόνου, Μουσείο Μπενάκη.*

### 9.3. Ιστορική εξέλιξη της τεχνολογίας των υφασμάτων

Όλα τα είδη φυσικών ινών έχουν συλλεχθεί και έχουν δοκιμαστεί από τον άνθρωπο ως πιθανές πρώτες ύλες για ύφασμα. Με το πέρασμα του χρόνου επέλεξε τις πιο κατάλληλες από αυτές, οι οποίες τελικά αποτελούν τη βάση της τεχνολογίας υφασμάτων σε όλο τον κόσμο.

Αυτές τις ίνες τις χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για αιώνες, προκειμένου να φτιάξει κυρίως τα ρούχα που θα τον κρατούσαν ζεστό, αλλά και να επενδύσει κάποιες κατασκευές όπως έπιπλα, τελάρα για ζωγραφική κτλ.. Η κατεργασία της πρώτης ύλης, από την οποία θα παραχθούν υφάνσιμες ίνες, ξεκινάει από τη **συλλογή** της. Εάν η ακατέργαστη πρώτη ύλη είναι **φυτικής προέλευσης**, η κατεργασία αρχίζει με το στέγνωμα και συνεχίζεται με το ξεδιάλεγμα των τμημάτων του φυτού που μπορούν να δώσουν κλωστές και νήματα, και με την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συστατικών του (π.χ. απομάκρυνση των κόκκων του βαμβακιού, διαχωρισμός ινών λιναριού από ξηρά στελέχη του φυτού κτλ.).

Εάν η ακατέργαστη ύλη είναι ζωικής προέλευσης (μαλλί ή μετάξι), ακολουθούνται τα παρακάτω στάδια.

**Για το μαλλί:**

- Διαλογή, ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τρίχας (μήκος, απαλότητα, λεπτότητα κτλ.). Το μαλλί συμπιέζεται σε μπάλες και αποθηκεύεται.

- “Ξάσιμο”, δηλαδή “καθάρισμα” του μαλλιού, ώστε αυτό να γίνει κατάλληλο, για να φτιαχτούν κλωστές.

- Πλύσιμο, για να απομακρυνθούν ακαθαρσίες, ιδρώτας του ζώου κτλ.

**Για το μετάξι:**

Μετά τη συλλογή της πρώτης ύλης (κουκούλια από μεταξοσκώ-

ληκες) με την κατάλληλη επεξεργασία διαχωρίζονται και απομακρύνονται οι ίνες του μεταξιού από τα κουκούλια.

Στη συνέχεια, όλες οι φυσικές ίνες που προκύπτουν θα μετατραπούν σε ύφασμα, αφού προηγουμένως υποστούν διαδοχικά και άλλες εργασίες.

Πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, το γνέσιμο και η ύφανση ήταν καθημερινές εργασίες ρουτίνας σε κάθε σπίτι. Η τέχνη της μετατροπής των ινών σε ύφασμα παρέμενε οικιακή υπόθεση και αυτοί που την εξασκούσαν μετέφεραν τα μυστικά της από γενιά σε γενιά.

### Γνέσιμο

Η πρώτη βασική διαδικασία για την παραγωγή υφάσματος είναι το γνέσιμο, μια από τις παλαιότερες “βιομηχανίες” στον κόσμο. Το γνέσιμο μετατρέπει μια μάζα από κοντές ίνες σε μακριές κλωστές ή νήματα κατάλληλα να υφανθούν για την παραγωγή υφάσματος. Για χιλιάδες χρόνια οι τεχνικές του γνεσίματος δε διαφοροποιούνται κατά πολύ.



Σχήμα 9.1  
Το αδράχτι

Το γνέσιμο στο χέρι είναι μια διαδικασία που βασίζεται στη δεξιοτεχνία και γίνεται με πολύ απλές μηχανικές διατάξεις. Μόνο κατά τις δύο τελευταίες εκατονταετίες με τα κλωστικά μηχανήματα μηχανοποιείται η παραγωγή νημάτων και κλωστών.

Το γνέσιμο με το χέρι αναπτύχθηκε παράλληλα σε πολλά σημεία του κόσμου και χρησιμοποιήθηκαν για αυτό πολλές διαφορετικές ίνες. Το απλό κλωστικό εργαλείο, το **αδράχτι (Σχήμα 9.1)**, είναι βασικά το ίδιο, ανεξάρτητα από το πού προέρχεται.

Το αδράχτι είναι ένα μικρό κυλινδρικό κομμάτι ξύλου, μικρότερο συνήθως από μισό μέτρο, το οποίο λεπταίνει στα άκρα του και ζυγίζεται με έναν μικρό δίσκο από ξύλο, πηλό ή πέτρα. Ο δίσκος λειτουργ-

γεί ως τροχός που δίνει ορμή και σταθερότητα στο αδράχτι, καθώς περιστρέφεται. Στο ένα άκρο του αδραχτιού υπάρχει μια μικρή εγκοπή, στην οποία πιάνονται οι ίνες, καθώς τυλίγονται σε νήμα.

Το αδράχτι περιστρέφεται ακουμπώντας πάνω στο πόδι αυτού που το χειρίζεται, ανάμεσα στα δάχτυλά του. Καθώς σχηματίζεται το νήμα, περισσότερες ίνες τραβιούνται με σταθερό ρυθμό από τη μάζα του μαλλιού ή του βαμβακιού ή άλλων ινών, έως ότου παραχθεί νήμα αρκετού μήκους. Αυτό το νήμα τυλίγεται πάλι στον άξονα του αδραχτιού και η διαδικασία επαναλαμβάνεται (**Εικόνα 9.2.**).

Έτσι, το απλό χειροκίνητο αδράχτι χρησιμοποιήθηκε για αιώνες για την παραγωγή νημάτων συνεχούς μήκους από μάζες ζωικών ή φυτικών ινών διαθέσιμες στη φύση. Στα χέρια ενός έμπειρου τεχνίτη το αδράχτι, μπορούσε (και μπορεί) να παρέχει νήματα εξαιρετικής λεπτότητας και ομοιομορφίας.

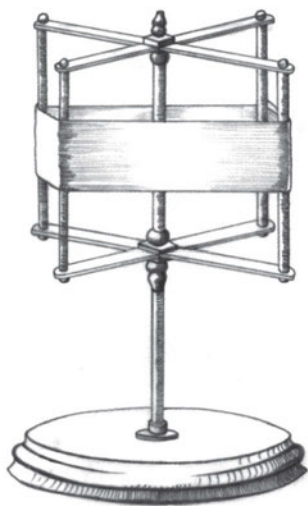
Επιπλέον, ένα άλλο απλό εργαλείο οικιακής χρήσης, η **ανέμη (Σχήμα 9.2)**, χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα για το τύλιγμα ή για το ξετύλιγμα των νημάτων.

Έως το 14ο αιώνα, είχαν γίνει τα πρώτα βήματα μηχανοποίησης της παραγωγής. Στην Ινδία και στην Ευρώπη αναπτύχθηκε ο κλωστικός τροχός, το **ροδάνι (Σχήμα 9.3)**, ένα απλό εργαλείο όπου το αδράχτι προσαρμοζόταν σε έναν ξύλινο σκελετό. Ο μικρός τρο-

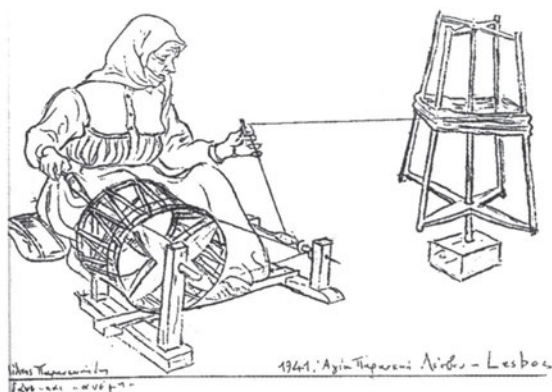


*Εικόνα 9.2.: “Νέος τύπος χωρικού Μυτιληναίου”. Ζωγραφικός πίνακας του Θεόφιλου, 1931 (Μουσείο Θεόφιλου, Βαρειά Λέσβου). Απεικονίζεται το γνέσιμο με αδράχτι.*

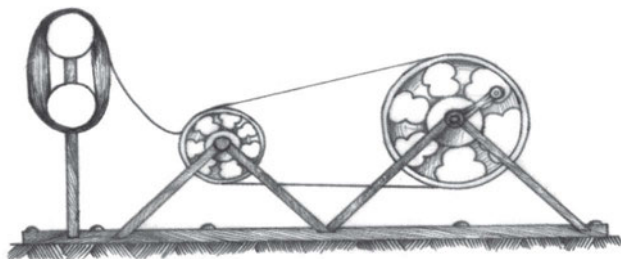




Σχήμα 9.2. Η ανέμη



Σχήμα 9.4.: “Ροδάνι και ανέμη”. Σχέδιο Μίλη Παρασκευαΐδη. Αγία Παρασκευή Λέσβου, 1941. Από το βιβλίο “Τα Υφαντά της Λέσβου” της Μ. Α. Αναγνωστοπούλου (Έκδοση Δήμου Μυτιλήνης - Λεσβιακού Οργανισμού Λαϊκής Τέχνης, Αθήνα 1990).



Σχήμα 9.3.: Τύπος ροδανιού

χός στη μέση του αδραχτιού μετατράπηκε σε ένα εγγάρακτο καρούλι-τροχαλία. Ένας δερμάτινος μάντας περάστηκε γύρω απ’ αυτό το καρούλι και γύρω από ένα

μεγαλύτερο τροχό. Όταν αυτός ο τροχός περιστρεφόταν με το χέρι, το αδράχτι περιστρεφόταν πολύ πιο γρήγορα απ’ ό,τι ένα απλό χειροκίνητο αδράχτι. Οι ίνες οδηγούνταν σε αυτό με το άλλο χέρι και τυλίγονταν σε νήμα (Σχήμα 9.4.).

Έως το 16ο αιώνα είχε προσαρμοστεί στον κλωστικό τροχό ποδοκίνητο πετάλι, αφήνοντας έτσι ελεύθερα και τα δύο χέρια του



Εικόνα 9.3.: “Η Κρεβατή στην Αγιάσσο” Ζωγραφικός πίνακας του Θεόφιλου, 1933 (Μουσείο Θεόφιλου, Βαρειά Λέσβου). Χαρακτηριστικό στιγμιότυπο ύφανσης με αργαλειό.



Εικόνα 9.4.: Βλάχα υφαίνει σε φορητό αργαλειό, 1930. (The National Geographic Magazine, vol. LVIII, p108)



Εικόνα 9.5.: “Ο υφαντουργός την ώρα της εργασίας” (Λεπτομέρεια από πορσελάνινο πιάτο 18ου αιώνα. Μουσείο Διακοσμητικών Τεχνών, Λυών Γαλλίας).

χειριστή να χειρίζονται τις κλωστές.

### Ύφανση

Τα νήματα που είχαν φτιαχτεί με αυτές τις απλές χειροκίνητες κλωστικές μηχανές υφαίνονταν σε **αργαλειούς** (Εικόνα 9.4,9.5,9.6).

Ο αργαλειός είναι μια κατασκευή όπου τα νήματα μπορούν να διαπλέκονται μεταξύ τους



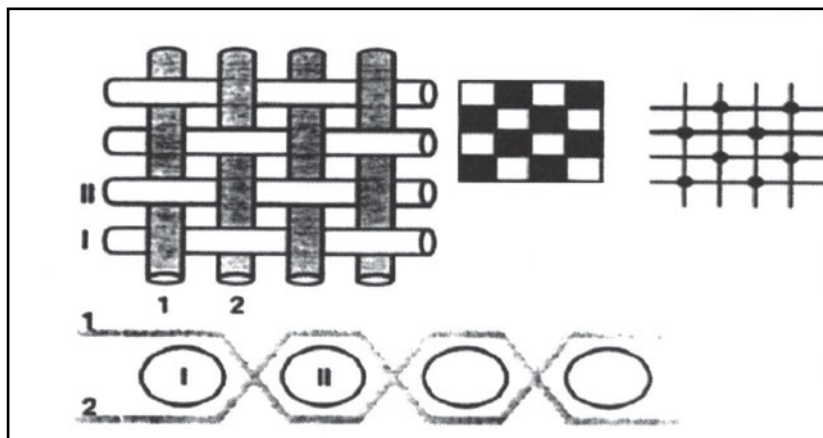
Εικόνα 9.6.: Αργαλειός για την παραγωγή περίπλοκων σχεδίων τύπου Jacquard (19ος αιώνας, Ιστορικό Μουσείο υφασμάτων, Λυών Γαλλίας).

και να παράγεται ύφασμα. Τα κατά μήκος του αργαλειού νήματα λέγονται **στημόνια**, ενώ τα εγκάρσια λέγονται **υφάδια**.

Η απλούστερη μορφή υφάσματος είναι αυτή στην οποία σειρές νημάτων κάθετες μεταξύ τους περνούν διαδοχικά η μία πάνω από την άλλη. Το ύφασμα αυτό φτιάχνεται σε χει-

ροκίνητο αργαλειό.

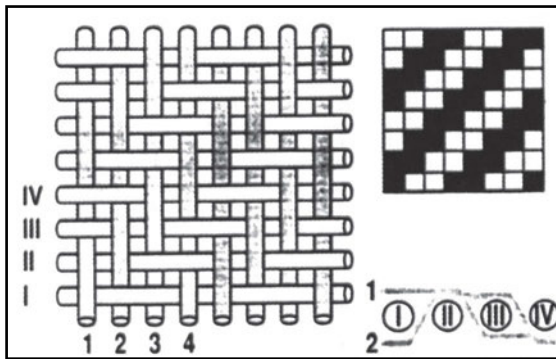
Στην αρχική φάση όλα τα στημόνια είναι σε οριζόντια θέση. Κατά την πρώτη κίνηση κάθε δεύτερο στημόνι ανασηκώνεται, ενώ τα ενδιάμεσά τους παραμένουν στη θέση τους. Στο κενό που δημιουργείται μεταξύ των ανασηκωμένων στημονιών και των υπολοίπων περνάει κάθετα το υφάδι. Στη δεύτερη κίνηση τα στημόνια



Σχήμα 9.5.: Ο απλούστερος τύπος ύφανσης παράγεται, όταν νήματα υφαιδιού περνούν με εναλλαγή πάνω και κάτω από στημόνια. Ο τύπος αυτός δίνει το “ραβδωτό” ύφασμα (tabby). Πάνω σ’ αυτό τον τύπο μπορούν να δημιουργηθούν πολλές παραλλαγές.

που ήταν ανασηκωμένα επανέρχονται στην αρχική θέση και ανασηκώνονται τα υπόλοιπα. Στο διάκενό τους περνάει πάλι το υφάδι (Σχήμα 9.5.).

Πάνω σ' αυτό τον απλό τύπο μπορούν να γίνουν πολλές παραλλαγές που επιτρέπουν σε έναν έμπειρο πλέκτη να δημιουργήσει ποικιλία πολύπλοκων πλέξεων στο υλικό του (Σχήμα 9.6.).



Σχήμα 9.6.: Ύφασμα με διαγώνιες ραβδώσεις (twill) παράγεται, όταν νήματα υφαδιού περνούν με εναλλαγή πάνω και κάτω από δύο ή περισσότερα στημόνια. Τα σημεία που διασταυρώνονται υφάδια και στημόνια σχηματίζουν διαγώνιες. Μπορούν έτσι να δημιουργηθούν διάφορες υφάνσεις αυτού του τύπου.

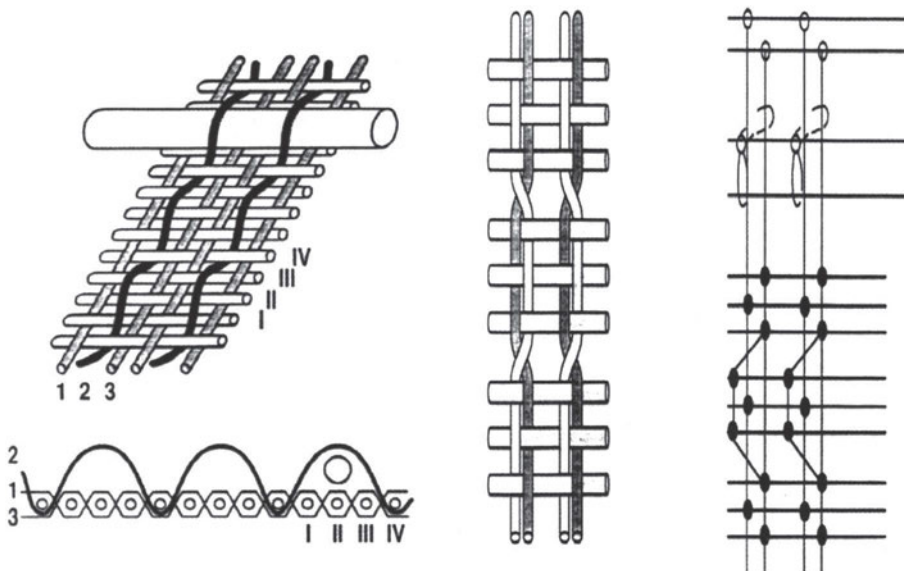
Οι πιο πολύπλοκες υφάνσεις χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία υφασμάτων που επενδύουν έπιπλα (ταπετσαρίες) (Σχήμα 9.7.).

Η χρήση του χειροκίνητου αργαλειού είναι το δεύτερο στάδιο εξέλιξης για την παραγωγή υφάσματος. Η παραγωγή υφασμάτων εξελίχθηκε σε εμπορική βασιζόμενη στην παραδοσιακή εμπειρία και δεξιοτεχνία.

Κατά το 18ο αιώνα η Βιομηχανική Επανάσταση ανέτρεψε τους ρυθμούς παραγωγής στη Βρετανία, καθώς ο ατμός άρχισε να περιστρέφει τους τροχούς της βιομηχανίας. Έτσι, κατά το 19ο αιώνα η παραγωγή υφασμάτων στη Βρετανία γνώρισε πολύ μεγάλη άνθιση και έγινε ένας από τους κυριότερους τομείς του εμπορίου. Η δύναμη του ατμού σε συνδυασμό με τις μηχανολογικές εφευρέσεις μετέτρεψε τις παλιές τέχνες σε βιομηχανία, η οποία απευθυνόταν πλέον στο ευρύ καταναλωτικό κοινό.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50-60 ετών η επιστήμη άρχισε να παίζει μεγάλο ρόλο στη βιομηχανία υφασμάτων. Οι γνώσεις

σχετικά με τη χημική και τη φυσική σύσταση των ινών των υφασμάτων επέτρεψαν τη δημιουργία μιας ποικιλίας νέων ινών που έχουν αλλάξει την εικόνα του εμπορίου υφασμάτων. Ρεγιόν, νάι-



Σχήμα 9.7.: Οι πιο πολύπλοκες υφάνσεις έγιναν για υφάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για ταπετσαρίες επίπλων. Διακρίνονται α) η ύφανση του “βελούδου”, β) η ύφανση της “γάζας”.

λον και άλλες τεχνητές ίνες, που παράγονται σε τεράστιες πλέον ποσότητες, έχουν περιορίσει το μονοπώλιο της φύσης στην παραγωγή ινών ως πρώτης ύλης.

### Βαφή υφάνσιμων υλών

Οι υφάνσιμες ύλες συνήθως βάφονται. Για τη βαφή τους χρησιμοποιούνται χρωστικές ουσίες που είτε βάφουν κατευθείαν το ύφασμα ή το νήμα, είτε, για να στερεωθούν πάνω στην ίνα, χρειάζονται βοηθητικές χημικές ουσίες, π.χ. οξειδία μετάλλων, τανίνες, λιπαρά οξέα κτλ.

Υπάρχουν πολλά είδη χρωστικών και το καθένα είναι κατάλληλο για συγκεκριμένα είδη ινών.

Η ποιότητα του νερού, που θα αποτελέσει το μέσο στο οποίο διαλύεται η χρωστική, έχει μεγάλη σημασία για την επιτυχία της βαφής. Το νερό αυτό πρέπει να είναι καθαρό και να μην περιέχει άλατα.

Γενικά, η βαφή πρέπει να αντέχει στον ήλιο, στη βροχή και στο πλύσιμο.

## 9.4. Οι ιδιότητες των υφασμάτων

Τα υφάσματα -χάρη σε ένα συνδυασμό ιδιοτήτων- χρησιμοποιούνται για ένδυση, για επενδύσεις επίπλων και ως υποστρώματα ζωγραφικών έργων. Τα υφάσματα είναι ζεστά, μαλακά στην αφή, ελαστικά, ώστε να παίρνουν τα επιθυμητά σχήματα χωρίς μεγάλες αντιστάσεις, και συνήθως είναι και ανθεκτικά.

Αυτές οι ιδιότητες οφείλονται στη δομή των υλικών τους. Τα υφάσματα προκύπτουν από νήματα που έχουν συνυφανθεί με κάποιους τρόπους. Τα νήματα είναι ελαστικά και μεταφέρουν αυτή την ιδιότητά τους και στο ύφασμα.

Οι ιδιότητες οποιουδήποτε υφάσματος εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες των ινών από τις οποίες είναι φτιαγμένο. Οι διαδικασίες γενσίματος και ύφανσης καθορίζουν την ποιότητα του τελικού υφάσματος. Για παράδειγμα, ένα μάλλινο κουστούμι δεν έχει την ίδια υφή και επιφάνεια με ένα παιδικό πλεκτό ζακετάκι, παρ' όλο που και τα δύο είναι φτιαγμένα από μαλλί, δηλαδή η βασική φύση τους είναι παρόμοια.

Μερικές από τις ιδιότητες που μπορούν να χαρακτηρίσουν μια ίνα θεωρούνται απολύτως απαραίτητες για να κριθεί αυτή κατάλληλη για παραγωγή υφάσματος, ενώ άλλες απλώς επιθυμητές.

Κατ' αρχάς το **μήκος της ίνας** είναι σημαντικό. Θα πρέπει το μήκος της να είναι μερικές φορές εκατονταπλάσιο του πάχους της.

Αυτό επιτρέπει στις ίνες να μπορούν να τυλίγονται μεταξύ τους, για να σχηματίσουν τα νήματα.

Δεν πρέπει μια ίνα να είναι κοντύτερη από 6-12mm, ειδικά δε θα μπορεί να συγκρατείται μετά το γνέσιμο. Επίσης, η καταλληλότητα του υλικού εξαρτάται και από το **πλάτος της ίνας** το οποίο μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ κάποιων ορίων. Το μετάξι, για παράδειγμα, είναι μια ίνα πολύ λεπτή και δίνει πολύ φίνο ύφασμα, ενώ η γιούτα είναι μια αδρή ίνα και χρησιμοποιείται πολύ στην κατασκευή σάκων.

Επιπλέον, μια ίνα πρέπει να είναι **ανθεκτική** και εξαιρετικά **εύκαμπτη**. Η αντοχή της επιτρέπει να αντέχει κατά τις διαδικασίες γνεσίματος και ύφανσης και προσδίδει ανθεκτικότητα στο τελικό ύφασμα. Η ελαστικότητα επιτρέπει στις ίνες να τυλίγονται και να πλέκονται, και δίνει στο ύφασμα τα μοναδικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για ένδυση και για επένδυση επίπλων.

Αντίθετα με την ευθραυστότητα, η ελαστικότητα επιτρέπει στο υλικό να αντέχει, όταν εκτεθεί σε τέντωμα.

Επίσης, η φυσική ιδιότητα μερικών ινών, όπως του μαλλιού, να κατσαρώνουν κάνει τις ίνες να συγκρατούνται μεταξύ τους στο γνεσμένο νήμα και καθορίζει το πόσο “κρουστό” (πυκνοϋφασμένο) και ζεστό είναι το ύφασμα.

Το πόσο “υγιεινό” είναι ένα ύφασμα εξαρτάται από το **βαθμό ικανότητας των ινών του να απορροφούν υγρασία**. Ίνες που δεν μπορούν να απορροφήσουν υγρασία δίνουν στο ύφασμα μια κολλώδη, χωρίς ζεστασιά, αίσθηση.

Το **βάρος** μιας ίνας επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο “πέφτει” ένα ύφασμα. Αν η ίνα είναι πολύ ελαφριά, μπορεί να μην “πέφτει” πολύ ωραία, ή αν είναι πολύ βαριά, το ύφασμα μπορεί να είναι βαρύ και άκομφο.

Με όλες τις πιθανές διαφοροποιήσεις σ' αυτές τις βασικές ιδιότητες, δεν μας εκπλήσσει το γεγονός ότι βρίσκουμε διάφορα χαρακτηριστικά στις φυσικές ίνες. Ωστόσο, οτιδήποτε έχει ινώδη μορφή δεν είναι και κατάλληλο για παραγωγή υφάσματος.

Αν σ' αυτές τις απαραίτητες ιδιότητες προσθέσουμε και την προϋπόθεση ότι ένα υλικό, για να χρησιμοποιηθεί, πρέπει να υπάρχει σε αφθονία και να είναι φθηνό, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο αριθμός των ινών που είναι κατάλληλες για ευρεία χρήση είναι πολύ μικρός.

Οι πιο συνηθισμένες φυσικές ίνες που εμφανίζουν τέτοια χαρακτηριστικά είναι το βαμβάκι και το λινάρι από τις φυτικές ίνες, και από τις ζωικές ίνες το μαλλί και το μετάξι.

Το **βαμβάκι** αποτελείται κατά 96-97% από κυτταρίνη. Το υπόλοιπο είναι φυσικές προσμείξεις (κερί, ανόργανα συστατικά, πηκτικές ουσίες κτλ.)

Είναι ιδιαίτερα υγροσκοπικό υλικό, και ανταλλάσσει υγρασία με το περιβάλλον του, έως ότου αποκατασταθεί ισορροπία μεταξύ τους.

Αργεί σχετικά να απορροφήσει μια ποσότητα νερού, όπως αργεί και να στεγνώσει.

Δεν έχει μεγάλη ελαστικότητα και είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε όξινο περιβάλλον.

Καθαρίζεται ικανοποιητικά με νερό αλλά και με στεγνό καθάρισμα.

Οι ίνες βαμβακιού εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες απ' ό,τι άλλες ίνες, αλλά είναι πολύ ευαίσθητες στην ηλιακή ακτινοβολία, ιδιαίτερα όταν είναι βρεγμένες.

Το **λινάρι** έχει παρόμοιες ιδιότητες με το βαμβάκι, αλλά χαρακτηρίζεται από πολύ μεγαλύτερη αντοχή. Γι' αυτό χρησιμοποιείται για την ύφανση υφασμάτων μεγάλης αντοχής.



Το **μαλλί** διακρίνεται από τις φυτικές ίνες, όχι μόνο επειδή έχει ζωική προέλευση, αλλά και επειδή έχει την ιδιότητα να είναι κακός αγωγός της θερμότητας. Έτσι, το μάλλινο ύφασμα δεν αφήνει τη ζέστη ή το κρύο να περνούν στο σώμα.

Το μαλλί έχει πρωτεϊνική σύσταση, είναι πολύ υγροσκοπικό υλικό (απορροφά υγρασία μέχρι το 1/3 του βάρους του, χωρίς αυτό να γίνεται εύκολα αντιληπτό με την αφή).

Προέρχεται από το τρίχωμα διάφορων ζώων, από τα οποία το πιο συνηθισμένο είναι το πρόβατο, και έχει πρωτεϊνική σύσταση.

Το μήκος, η αντοχή, η απαλότητα, η λεπτότητα και η ελαστικότητα της τρίχας ποικίλλουν από είδος σε είδος, και βεβαίως όλες αυτές οι ιδιότητες εξαρτώνται από την επεξεργασία που έχει υποστεί το μαλλί.

Γενικά, τα μάλλινα υφάσματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα τόσο σε αλκαλικό όσο και σε όξινο περιβάλλον.

Το **μετάξι**, υφαντουργική ύλη με μεγάλη αντοχή και λάμψη. Είναι φυσική ίνα που παράγεται από τους μεταξοσκώληκες, για να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του κουκουλιού τους.

Οι ίνες του μεταξιού είναι λιγότερο ελαστικές από αυτές του μαλλιού, αλλά, επειδή είναι λεπτές, λείες και μακριές, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μαλακών και λαμπερών υφασμάτων.

Το μετάξι είναι και αυτό κακός αγωγός της θερμότητας και πολύ υγροσκοπικό.

Είναι ευαίσθητο στα οξειδωτικά μέσα και στα ισχυρά αλκάλια και, τέλος, έχει πολύ μικρή αντοχή στο φως.

Όλα τα παραπάνω υλικά ύφανσης, που αποτελούν φυσικές ίνες, παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στους βιολογικούς παράγοντες φθοράς, δηλαδή στα έντομα και στους μικροοργανισμούς.

## 9.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 9ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 9.5.1.** Σε ποιες κατηγορίες κατατάσσονται οι ίνες που χρησιμοποιούνται στην σύγχρονη παραγωγή υφασμάτων; Ποιοι οι κύριοι εκπρόσωποι καθεμιάς;
- 9.5.2.** Ποιες οι βασικές ομοιότητες και διαφορές φυσικών-τεχνητών ινών;
- 9.5.3.** Ποια είναι τα βασικά στάδια επεξεργασίας μιας ίνας, έως ότου παραχθεί το ύφασμα;
- 9.5.4.** Περιγράψτε τον απλούστερο τρόπο ύφανσης που γνωρίζετε; (Μπορείτε να τον περιγράψετε και με το κατάλληλο σχήμα).
- 9.5.5.** Ποιοι παράγοντες παίζουν ρόλο κατά τη βαφή των υφασμάτων;
- 9.5.6.** Ποιες είναι οι κυριότερες ιδιότητες των υφάνσιμων ινών και ποια η σημασία καθεμιάς για τα χαρακτηριστικά των υφασμάτων;
- 9.5.7.** Ποιες οι βασικές ομοιότητες και διαφορές φυτικών-ζωικών ινών;
- 9.5.8.** Σε τι διαφέρει κυρίως το βαμβάκι από το λινάρι;
- 9.5.9.** Ποιες είναι οι βασικές διαφορές μαλλιού-μεταξιού;
- 9.5.10.** Ποιοι είναι οι κυριότεροι παράγοντες φθοράς των υφασμάτων που είναι φτιαγμένα από φυσικές ίνες;

## 10.1. Η ιστορική εξέλιξη του χαρτιού

Το χαρτί είναι ένα λεπτό επίπεδο συμπιεσμένο στρώμα από επάλληλες ίνες φυτικής συνήθως προέλευσης. Χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται έως τις μέρες μας ως υπόστρωμα γραφής ή εκτύπωσης αλλά και ως υπόστρωμα έργων ζωγραφικής.

Σύμφωνα με μια αρχαία παράδοση, το χαρτί εφευρέθηκε στην **Κίνα από τον Τσάι Λουν**, μεγάλο αξιωματούχο της Αυλής, το **105 μ.Χ.** Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν **ίνες μπαμπού και φλοιού μιας ειδικής μουριάς, ανακατεμένες με αμυλόκολλα από ρύζι.** Μέσα σε δεξαμενές που περιείχαν νερό παρέμεναν οι ίνες για πολλές ημέρες. Ένα τελάρο από μπαμπού βυθιζόταν στη δεξαμενή και ανασυρόταν με παλινδρομικές κινήσεις, σχηματίζοντας μια στρώση από ίνες στην επιφάνειά του. Με τον τρόπο αυτό προέκυπτε ένα φύλλο χαρτιού το οποίο στη συνέχεια αφηνόταν να στεγνώσει.

Το χαρτί διαδόθηκε σε όλη την Ουράνια Αυτοκρατορία, αλλά η κατασκευή του έως τον **8ο αιώνα αποτελούσε μυστικό.** Με τη βοήθεια δύο Κινέζων κατασκευαστών χαρτιού που αιχμαλωτίστηκαν το **751 μ.Χ.** κατά την κατάκτηση του Τουρκεστάν, ο κυβερνήτης της Βαγδάτης ίδρυσε μια **χαρτοποιία στη Σαμαρκάνδη.** Η τοποθεσία αυτή ήταν κατάλληλη, διότι εξασφάλιζε όλες τις απαραίτητες προϋποθέσεις: αφθονία νερού και πρώτων υλών κατασκευής, λιναριού και κάνναβης. Η κατασκευή του χαρτιού γρήγορα διαδόθηκε στη Μέση Ανατολή και ιδρύθηκαν χαρτοποιίες στο Χαλέπι, τη Δαμασκό και τη Βαμβύκη της Συ-

ρίας (σημερινή Membij - φημισμένη πόλη για την κατασκευή και εμπορία χαρτιού. Από αυτήν προέρχεται η ονομασία **βαμβύκινον ή βομβύκινον**, για τα χειρόγραφα από χαρτί). Το 10ο αιώνα αναπτύχθηκε εμπόριο χαρτιού στην Αίγυπτο, στην Τυνησία και στο Μαρόκο, και από εκεί το χαρτί πέρασε στην **Ισπανία**. Στην Κόρδοβα, στο Τολέδο και στη Γρανάδα οι Άραβες ίδρυσαν χαρτοποιίες, αλλά το αποκαλούμενο ισπανικό χαρτί πιστεύεται ότι κατασκευάστηκε για πρώτη φορά στην **Xativa της Βαλένσιαις το έτος 1151**.

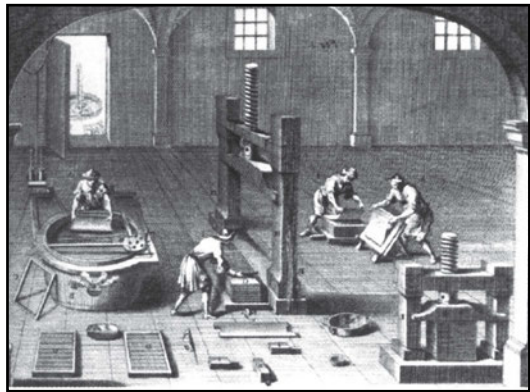
“Στην αρχή το ιβηρικό χαρτί διατηρούσε τα χαρακτηριστικά του αραβικού τρόπου κατασκευής, που χωρίς άλλο είχε φτάσει σε υψηλό επίπεδο με τις τελειοποιήσεις των κινέζικων μεθόδων κατασκευής. Οι **Άραβες**, λόγου χάρη, ήταν οι πρώτοι που αντικατέστησαν στα τελάρα τα καλαμάκια από μπαμπού με ένα **πλέγμα από ορειχάλκινα σύρματα** και επίσης χρησιμοποίησαν πρώτοι τον **οδοντωτό τροχό**, ήδη γνωστό στον Ήρωνα τον Αλεξανδρέα (1ος αι. μ.Χ.): πέτυχαν έτσι να μετατρέψουν την κυκλική κίνηση σε εναλλασσόμενη και να χρησιμοποιήσουν την υδραυλική δύναμη στους χαρτόμυλους”, παρατηρεί μελετητής της εποχής μας .

Το **13ο αιώνα** εμφανίζεται το χαρτί ιταλικής κατασκευής. Γύρω στο 1268 χτίζεται η **πρώτη ιταλική χαρτοποιία στο Φαμπριάνο (Fabriano)**, που αργότερα εξελίχθηκε στο μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής και εμπορίας χαρτιού όχι μόνο στη Δύση αλλά και στην Ανατολή. Ακολουθεί πληθώρα χαρτόμυλων στη Βολωνία, στο Φριούλι, στην Πάδοβα, στο Τρεβίζο, στο Σαλό, στο Περαρόλο και στο Αμάλφι.

Από την Ιταλία η κατασκευή του χαρτιού διαδίδεται στη Γαλλία, την Ολλανδία, τη Γερμανία και την Αγγλία. Στην Αμερική φτάνει το 1690, όταν ο William Rittenhouse ίδρυσε χαρτόμυλο στη Φιλαδέλφια.

## 10.2. Κατασκευή και ιδιότητες του χαρτιού

Πρώτη ύλη για την κατασκευή του χαρτιού, τόσο για τους Άραβες όσο και για τους Ευρωπαίους, ήταν **λιναρένια κουρέλια και λίγες ίνες από κάνναβη και μπαμπάκι**. Ύστερα από την παραμονή τους σε δεξαμενές γεμάτες νερό, για μεγάλο χρονικό διάστημα, μετατρέπονταν σε πηχτό πολτό. Βαριά σφυριά, που δούλευαν με την κίνηση των τροχών του μύλου, χτυπούσαν τον πολτό, στον οποίο συχνά προσετίθετο **άμυλο και κιμωλία**, ώστε να αποκτά το χαρτί αφ' ενός **συνοχή** και αφ' ετέρου **λευκότητα** και **αδιαφάνεια**. Τον παχύρρευστο αυτό πολτό τον τοποθετούσαν σε μια λεκάνη, όπου βουτούσαν τη μήτρα - ένα ξύλινο τελάρο κατασκευασμένο από λεπτά ορειχάλκινα σύρματα τοποθετημένα κατά μήκος σε πολύ μικρή απόσταση το ένα από το άλλο, που ήταν συγκρατημένα από άλλα σύρματα, τοποθετημένα οριζοντίως σε απόσταση μερικών εκατοστών το ένα από το άλλο. Ένα πυκνό στρώμα πολτού σχηματιζόταν στην επιφάνεια του τελάρου, καθώς αυτό έβγαινε από τη λεκάνη στράγγιζε το νερό.

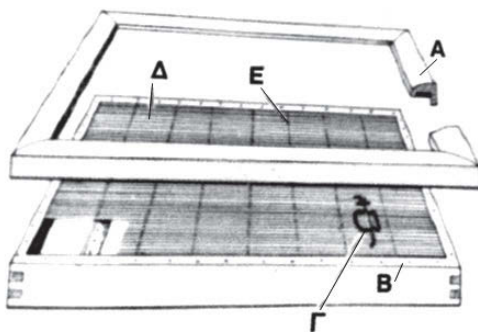


Εικόνα 10.1.: Χαλκογραφία που απεικονίζει την κατασκευή του χαρτιού

Αυτό αποτελούσε το φύλλο του χαρτιού, το οποίο στη συνέχεια στέγνωσε και καλυπτόταν με κόλλα, για να συγκρατεί το μελάνι

και να μην απλώνει. Στην Ανατολή η κόλλα ήταν φυτικής προέλευσης - συνήθως **αμυλόκολλα**, ενώ στη Δύση για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιήθηκε ζωική κόλλα, συνήθως ζελατίνη.

Το συρμάτινο πλέγμα του τελάρου άφηνε στο χαρτί ένα είδος δικτυωτού σχεδίου, που είναι ορατό, όταν κρατήσει κανείς το χαρτί μπροστά στο φως. Οι πιο πυκνές κατά μήκος τοποθετημένες γραμμές ονομάζονται **υδάτινες γραμμές**, ενώ για τις πιο αραιές και παχύτερες χρησιμοποιείται ο όρος **ραβδώσεις**. Εκτός όμως από αυτές, διακρίνονται πολλές φορές σχέδια αντικειμένων, ζώων, διάφορα σύμβολα ή ακόμη και ονόματα, σταυροί, κύκλοι, τρίγωνα, στέμματα, τόξα, φυτά, καρποί, ζώα ή κεφάλια ζώων, κίονες, γάντια, χέρια, καπέλα, ψαλίδια, σκάλες, γράμματα της αλφαβήτου, ανθρώπινες φιγούρες και πλήθος άλλων. Είναι τα λεγόμενα **υδατόσημα (filigranes)**, τα **insignia chartarum**.



Σχήμα 10.1.: Τελάρο κατασκευής χαρτιού.

Διακρίνονται:

- A. το ξύλινο τελάρο
- B. το συρμάτινο πλέγμα
- Γ. το υδατόσημα
- Δ. οι υδάτινες γραμμές
- E. οι ραβδώσεις

Η πρώτη χρήση των υδατοσήμων συναντάται στην **Ιταλία γύρω στα 1282**, με σκοπό τη διάκριση των προϊόντων μιας χαρτοποιίας από αυτά των άλλων. Το σχέδιο κατασκευαζόταν στο τελάρο με ορειχάλκινα σύρματα και στα σημεία αυτά όπου ο χαρτοπολιτός γινόταν λεπτότερος σχηματιζόταν το υδατόσημο.

Τα υδατόσημα είναι χρήσιμα στην ιστορική έρευνα, επειδή μας βοηθούν στον καθορισμό της χρονολογίας χειρογράφων που δε

γνωρίζουμε πότε ακριβώς γράφτηκαν. Ειδικοί μελετητές έχουν καταρτίσει ευρετήρια υδατοσήμων, όπου συμπεριλαμβάνονται στοιχεία για τη χαρτοποιία και τη χρονολογία κατασκευής του χαρτιού.



*Εικόνα 10.2.: Φύλλο χαρτιού. Διακρίνονται οι υδάτινες γραμμές, οι ραβδώσεις και το υδατόσημο.*

Ήδη πριν από τα τέλη του 14ου αιώνα τα υφασμάτινα ράκη δεν επαρκούν ως πρώτη ύλη για την κατασκευή χαρτοπολτού. Διάφορες πρώτες ύλες χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του 18ου αιώνα, όπως βρύα, τσουκνίδες κ.ά. , αλλά και ξύλο σημύδας και λεύκας, σε προσπάθειες ανεύρεσης νέας πρώτης ύλης για την κατασκευή χαρτιού. Ο ξυλοπολτός μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή χαρτιού, το οποίο όμως ήταν σκούρου χρώματος και συνεπώς ακατάλληλο ως υπόστρωμα για γραφή.

Ο Bertholet στις αρχές του 19ου αιώνα όμως με την ανακάλυψη της **λευκαντικής δράσης των υποχλωριωδών αλάτων (χλωρίνη)** στην κυτταρίνη έδωσε λύση στο πρόβλημα. Λύση όμως προσωρινή, καθώς η οξειδωτική δράση της χλωρίνης έχει την ιδιότητα να παραμένει στο χαρτί και με την πάροδο του χρόνου να προκαλεί κιτρίνισμα. Οι υποσουλφίτες χρησιμοποιήθηκαν αργότερα για την εξουδετέρωση της χλωρίνης.

Εκτός από τις αλλαγές στην πρώτη ύλη, το κολλάρισμα με ζελατίνη, που προσέθετε αλκαλικότητα στο χαρτί, αντικαταστάθηκε με **κολοφώνιο** (βλ. βερνίκια). Το κολοφώνιο, που περιέχεται στη ρητίνη των πεύκων, με τη φυσική οξύτητά του προκαλεί το γρήγο-

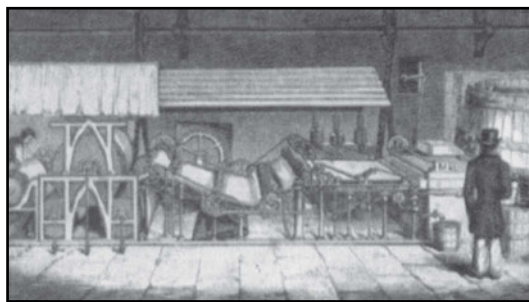
ρο κιτρίνισμα και την ευθραυστότητα του χαρτιού. Πολλά χαρτιά που έχουν κατασκευαστεί κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων αιώνων από ξυλοπολτό που έχει υποστεί λεύκανση με υποχλωριώδη άλατα, και έχουν υποστεί κολλάρισμα με κολοφώνιο, παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα, όπως:

- έντονο και γρήγορο κιτρίνισμα
- ευθραυστότητα
- οξειδωση και γενικότερη αισθητή μείωση της αντοχής τους στο χρόνο.

Το 1798 ο Γάλλος μηχανικός Louis Robert επινόησε μια μηχανή που βασίζεται στη συνεχόμενη διαδικασία παραγωγής χαρτιού πάνω σε κυλιόμενη βάση. Αυτή λειτουργούσε ως εξής: ο πολτός έπεφτε σιγά σιγά σε ένα συνεχές συρμάτινο πλέγμα, το οποίο ακουμπούσε πάνω σε δύο κυλίνδρους που περιστρέφονταν παλλόμενοι δεξιά - αριστερά.

Στη συνέχεια το υγρό χαρτί περνούσε σε μια λεία απορροφητική επιφάνεια, η οποία ήταν κατασκευασμένη από τσόχα και στηριζόταν σε παρόμοια κυλιόμενη βάση. Ύστερα από την απορρόφηση μερικής υγρασίας, το χαρτί περνούσε από θερμαινόμενες επιφάνειες που το στέγνωσαν. Τέλος, τυλιγόταν μηχανικά σε ρολό.

Η μηχανή αυτή, όταν πρωτοεμφανίστηκε, είχε τη δυνατότητα να κατασκευάζει συνεχόμενα φύλλα χαρτιού μήκους 10 έως 12 μέτρων. Σε αυτή τη μηχανή βασίστηκαν και οι νεότερες μηχανές που εμφανίστηκαν αργότερα και χρησιμοποιούνται στις μέρες μας.



*Εικόνα 10.3.: Μια από τις πρώτες μηχανές κατασκευής χαρτιού.*



Αυτές μπορούν να κατασκευάσουν έως και 100 μέτρα συνεχούς χαρτιού πλάτους 3-8 μέτρων με ρυθμό 100 μέτρα το λεπτό.

Και άλλες μηχανές ακολούθησαν με σκοπό τη μηχανική παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων χαρτιού, για να καλύψουν τις ανάγκες του σύγχρονου κόσμου. Αξίζει να αναφερθεί ότι χαρτί με χαρακτηριστικά όπως το υδατόσημο και τις υδάτινες γραμμές μπορεί να κατασκευαστεί μηχανικά με τα σύγχρονα μέσα.

### 10.3. Σύσταση του χαρτιού

Ίνες κυτταρίνης, λιγνίνης και ημικυτταρινών είναι οι βασικές δομικές μονάδες του χαρτοπολτού. Πρόκειται για υδατάνθρακες μικρού μοριακού βάρους και πιο συγκεκριμένα για πολυσακχαρίτες με γενικό τύπο  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

Ειδικότερα:

- η **κυτταρίνη** είναι οργανική γραμμική μακρομοριακή ένωση που περιέχει άνθρακα C, υδρογόνο H και οξυγόνο O. Καθαρή κυτταρίνη βρίσκουμε στον καρπό του βαμβακιού, στο βλαστό του λιναριού και της κάνναβης. Στα παλαιά χειροποίητα χαρτιά ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούν μικρά κομμάτια υφάσματος φτιαγμένα από τις ίνες τους. Σήμερα, για τις καλές ποιότητες χαρτιού χρησιμοποιούνται λεπτοκομμένα υπολείμματα βαμβακιού, τα οποία αποτελούνται από 98% καθαρή κυτταρίνη. Συνήθως όμως χρησιμοποιείται ξυλοπολτός, ο οποίος, όταν προέρχεται από ξύλο κωνοφόρων, περιέχει 40-45% κυτταρίνη, ενώ όταν προέρχεται από ξύλο φυλλοβόλων, περιέχει κυτταρίνη σε ποσοστό 58%.
- η **λιγνίνη** είναι βασικό συστατικό του ξύλου και επομένως και του ξυλοπολτού, που χρησιμοποιείται σήμερα ως κύρια πρώτη ύλη στη χαρτοβιομηχανία. Οξειδώνεται εύκολα με το χρόνο και με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας φωτοοξειδώνεται και

κιτρινίζει. Είναι δυνατόν να διαλυθεί με την επίδραση πολύ θερμών αλκαλικών διαλυμάτων. Το ξύλο περιέχει 20-30% λιγνίνη.  
- το ξύλο περιέχει 30-20% **ημικυτταρίνες**, που αποβάλλονται αρκετά εύκολα από το χαρτοπολτό.

## 10.4. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 10ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 10.4.1.** Τι γνωρίζετε για την εφεύρεση του χαρτιού;
- 10.4.2.** Ποια υλικά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του πρώτου χαρτιού;
- 10.4.3.** Ποιος είναι ο δρόμος που ακολούθησε το χαρτί, για να φτάσει στην Ευρώπη;
- 10.4.4.** Ποιες ήταν οι καινοτομίες που εισήγαγαν οι Άραβες στην κατασκευή του χαρτιού;
- 10.4.5.** Ποιες ομοιότητες και ποιες διαφορές παρουσιάζει το χαρτί στην Ανατολή και το χαρτί στη Δύση;
- 10.4.6.** Τι είναι οι υδάτινες γραμμές και οι ραβδώσεις του χαρτιού;
- 10.4.7.** Τι είναι το υδατόσημο και πότε πρωτοεμφανίστηκε;
- 10.4.8.** Ποιο πρόβλημα παρουσιάζει η χρήση των υποχλωριωδών αλάτων στο χαρτί;
- 10.4.9.** Ποιες αλλαγές παρατηρήθηκαν στη μηχανική κατασκευή του χαρτιού;
- 10.4.10.** Ποια προβλήματα παρουσιάζουν τα χαρτιά που κατασκευάστηκαν από χαρτοπολτό και έχουν υποστεί λεύκανση με υποχλωριώδη άλατα και κολλάρισμα με κολοφώνιο;
- 10.4.11.** Περιγράψτε την πρώτη μηχανή παραγωγής χαρτιού.
- 10.4.12.** Τι είναι η κυτταρίνη;
- 10.4.13.** Τι είναι η λιγνίνη;

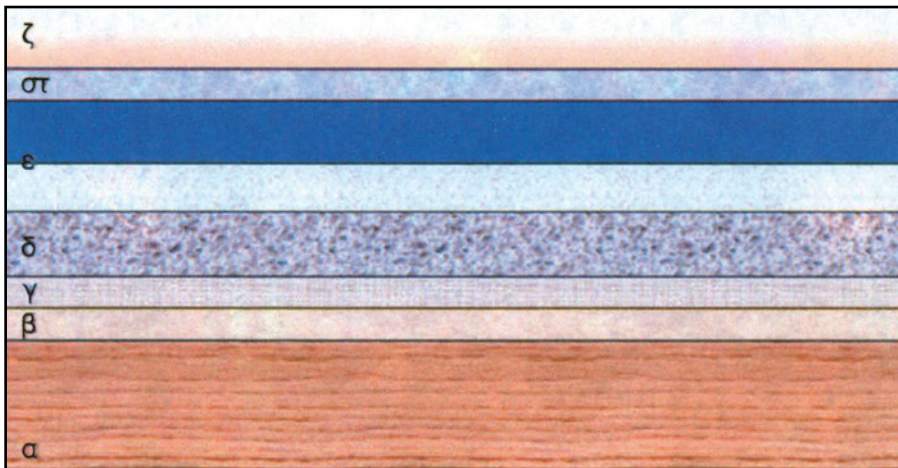
## 11.1. Δομή του ζωγραφικού έργου

Τα βασικά στρώματα του ζωγραφικού έργου είναι τα εξής:

- το **υπόστρωμα** ή **υποστήριγμα**, μπορεί να είναι ξύλο, ύφασμα, χαρτί κτλ.. Πάνω σ' αυτό πραγματοποιείται το ζωγραφικό έργο.
- η **προετοιμασία**, η οποία μπορεί να αποτελείται από ένα ή από περισσότερα στρώματα.
- το **χρωματικό στρώμα**, που αποτελείται από ένα μείγμα έγχρωμων ουσιών σε μορφή μικρών κόκκων διεσπαρμένων μέσα σε ένα οργανικό μέσο. Το οργανικό μέσο στη συνέχεια στερεοποιείται και δρα ως συνδετικό υλικό.
- το **βερνίκι**, που προστατεύει την επιφάνεια από ατμοσφαιρικούς ρύπους και από επιφανειακές μηχανικές καταπονήσεις.

Σε κάποιες περιπτώσεις, πάνω από το χρωματικό στρώμα μπορεί να υπάρχει και ένα στρώμα έγχρωμο, διαφανές ή ελαφρά ημιδιαφανές, το οποίο ονομάζεται **λαζούρα** και παρουσιάζει ιδιότητες ίδιες με αυτές των χρωματικών στρωμάτων. Περιέχει πολύ μικρή ποσότητα χρωστικής και προορίζεται να τονίσει το χρώμα.

Σε κάποια έργα ζωγραφικής μεταξύ του υποστρώματος και της προετοιμασίας μεσολαβεί ένα στρώμα **συνδετικού υλικού** (κόλλα) και μερικές φορές **ύφασμα** (όπως, π.χ., στις φορητές εικόνες κτλ.)



Σχήμα 11.1.: Τα στρώματα ενός ζωγραφικού έργου: α. υπόστρωμα ή υποστήριγμα β.κόλλα γ.ύφασμα δ.προετοιμασία ε.χρωματικό στρώμα στ.λαζούρα ζ.βερνίκι

## 11.2. Προετοιμασία

### 11.2.1. Κατηγορίες προετοιμασιών σε διάφορα υποστρώματα που συναντώνται στη ζωγραφική τέχνη φορητών έργων

Τα έργα ζωγραφικής είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν πάνω σε διάφορα υποστρώματα ή σε υποστηρίγματα, όπως ξύλο, ύφασμα, χαρτί κ.ά. Πάνω στο υπόστρωμα δεν τοποθετούνται τα χρωματικά στρώματα κατευθείαν. Μεσολαμβάνουν ένα ή περισσότερα στρώματα προετοιμασίας, που έχουν σκοπό τη δημιουργία μιας λείας, επίπεδης, στερεής και συμπαγούς επιφάνειας.

Με τον τρόπο αυτό η προετοιμασία συνδέεται σταθερά με το υλικό στήριξης, ενώ παράλληλα στηρίζει καλά τα ζωγραφικά στρώματα και εγγυάται για τη μακροβιότητά τους.

Όπως θα γίνει κατανοητό στη συνέχεια του κεφαλαίου, η μέθοδος και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, για να γίνει η προετοιμασία του υποστρώματος, καθορίζονται από:

- **το είδος των χρωμάτων** (τέμπερες, ελαιοχρώματα, ακριλικά, υδατοχρώματα κτλ.),
- την τεχνική ζωγραφικής
- το επιδιωκόμενο αισθητικό αποτέλεσμα και
- τη φύση του υποστρώματος.

Η υφή του υποστρώματος μπορεί να αναδειχθεί ή να κρυφτεί, ανάλογα με το αποτέλεσμα που επιδιώκει ο καλλιτέχνης.

### \* Προετοιμασία υφασμάτινου υποστρώματος για ελαιογραφία

Η προετοιμασία του υφάσματος είναι απαραίτητη, επειδή το ύφασμα χωρίς κατάλληλη προετοιμασία είναι πορώδες, απορροφά μεγάλες ποσότητες λαδιού και χρώματος, ξεραίνεται και γίνεται εύθραυστο. Επιπλέον, τα χρώματα θαμπώνουν και η εργασία δυσκολεύει και καθυστερεί.

Η προετοιμασία μπορεί να είναι

- **ανοιχτόχρωμη** (λευκή ή ελαφρά κίτρινη) και σπανιότερα
- **σκουρόχρωμη** (καφεκόκκινη ή μαύρη).

Η προετοιμασία αποτελείται από **κόλλα**, ένα **αδρανές σώμα** και μία **χρωστική**.

- Ως κόλλες έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως **ζωικές κόλλες** (ζελατίνη, chardin, καζεΐνη).
- Τα κυριότερα αδρανή υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για προετοιμασία είναι **κιμωλία** στην Βόρεια Ευρώπη και γύψος στην Νότια Ευρώπη. Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί καολίνης και μαρμαρόσκονη.
- Χρωστικές που χρησιμοποιήθηκαν στην προετοιμασία της ελαιογραφίας είναι το **λευκό του μολύβδου** (στουπέτσι), το λευκό του **ψευδαργύρου** (σίγκος) και τελευταία το **λευκό του τιτανίου**. Στην περίπτωση έγχρωμων προετοιμασιών χρησιμοποιήθηκαν η **όμπρα** και η **σιένα**. Οι χρωστικές παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο χρώματα.

Ιστορικά αναφέρονται προσθήκες ελαίων, σαπώνων κτλ., που αυξάνουν την υγροσκοπική ιδιότητα των υφασμάτων, όπως επίσης και ο ψεκάσμος της προετοιμασίας με φορμόλη ως αντισηπτικό. Ήταν επίσης, δυνατόν να προστεθούν αδρανή υλικά όπως διοξείδιο του πυριτίου ή ελαφρόπετρα (σε τριμμένη μορφή και ποσοστό 10%).

Στο Μεσαίωνα και στην Αναγέννηση ο **ίδιος ο καλλιτέχνης ή κάποιος από τους βοηθούς του** προετοίμαζε τις επιφάνειες που θα ζωγράφιζε στη συνέχεια. Κατά το 16ο αιώνα άρχισαν να διαφοροποιούνται οι καλλιτέχνες από τους τεχνίτες, πράγμα που οδήγησε το 17ο αιώνα στην εφαρμογή της προετοιμασίας από εξειδικευμένους τεχνίτες. Έργα του 19ου αιώνα έχουν πραγματοποιηθεί πάνω σε ήδη **προετοιμασμένους μουσαμάδες** που κυκλοφορούσαν στο εμπόριο τον προηγούμενο αιώνα.

Το τεντωμένο στο ξύλινο πλαίσιο (τελάρο) **ύφασμα εμποτίζεται αρχικά με κόλλα**. Αυτός ο εμποτισμός είναι απαραίτητος, επειδή, αν έρθουν σε άμεση επαφή τα ελαιοχρώματα με τις ίνες του υποστρώματος, θα το αποδυναμώσουν και θα το κάνουν εύθρυπτο. Αυτό ήταν γνωστό στους ζωγράφους από πολύ παλιά, και γι' αυτό ήδη από τα πρώτα έργα ζωγραφικής με ελαιοχρώματα το ύφασμα ήταν κολλαρισμένο σε βάθος με υδαρή κόλλα.

Τα **πρώτα στρώματα** της προετοιμασίας έχουν **περισσότερη κόλλα**, για να αποκτήσουν καλύτερη συνοχή με το ύφασμα. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην **εφαρμογή λεπτών ομοιόμορφων στρωμάτων, με σπάτουλα ή με πινέλο**.

Οι διάφοροι μελετητές δε συμφωνούν σχετικά με τη χρονική στιγμή κατά την οποία πρέπει να γίνει η εφαρμογή του επομένου κάθε φορά στρώματος προετοιμασίας. Άλλοι υποστηρίζουν ότι για την εξασφάλιση καλύτερης συνοχής της προετοιμασίας τα αλληπάλληλα στρώματα πρέπει να εφαρμόζονται το ένα μετά το άλλο προτού το αμέσως προηγούμενο κάθε φορά στρώμα στεγνώσει

τελείως. Αντίθετα, άλλοι υπογραμμίζουν την ανάγκη στεγνώματος σε βάθος του αμέσως προηγούμενου κάθε φορά στρώματος, που μπορούσε να διαρκέσει και τρεις ημέρες.

Στη συνέχεια, η στεγνή επιφάνεια τριβόταν με ένα κομμάτι παλαιού λινού υφάσματος, και τότε μπορούσε να περαστεί το δεύτερο στρώμα προετοιμασίας.

### \* Προετοιμασία ξύλινων υποστρωμάτων

Προτού πραγματοποιηθεί ένα ζωγραφικό έργο σε ξύλινο υπόστρωμα ήταν απαραίτητη η προετοιμασία του. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται με αρκετές λεπτομέρειες από τον Cennino Cennini, από το Διονύσιο εκ Φουρνά και πιο πρόσφατα από το Φώτη Κόντογλου.

Το 1437 ο Cennini στο “Βιβλίο της Τέχνης” συνιστά **την κόλλα από παλιά κομμάτια (ξέσματα) περγαμηνής**. Για την παρασκευή της τα κομμάτια της περγαμηνής παραμένουν σε νερό, έως ότου μαλακώσουν, και στη συνέχεια θερμαίνονται σε bain-marie με αρκετό νερό. Ύστερα από αφαίρεση της περίσσειας του νερού, το μείγμα αφήνεται να κρυώσει ή χρησιμοποιείται ελαφρώς ζεστό. Αρχικά η κόλλα αυτή εφαρμόζεται στο ξύλινο υπόστρωμα σε **πέντε έως έξι** συνολικά στρώματα, άλλοτε αραιότερα και άλλες φορές πιο πηκτά. Στη συνέχεια απλώνονται **λωρίδες** από παλιό λεπτό, άσπρο, λινό **ύφασμα** εμποτισμένο με περγαμηνόκολλα. Ακολουθούν τρία έως τέσσερα στρώματα που αποτελούνται από **κόλλα** και από **“χοντρό γύψο** της Volterra”, καθαρισμένου και κοσκινισμένου σαν αλεύρι.

Τα στρώματα απλώνονται με **πινέλο** και, όταν **στεγνώσουν**, ύστερα από τρεις μέρες περίπου, είναι δυνατόν να **ξυστούν**. Ακολουθούν **στρώματα με λεπτό γύψο**. Όπως αναφέρει ο Cennini, “αυτός ο γύψος είναι ο ίδιος με τον προηγούμενο, αλλά καθαρισμένος επί διάστημα ενός μηνός περίπου και διατηρημένος υγρός μέσα



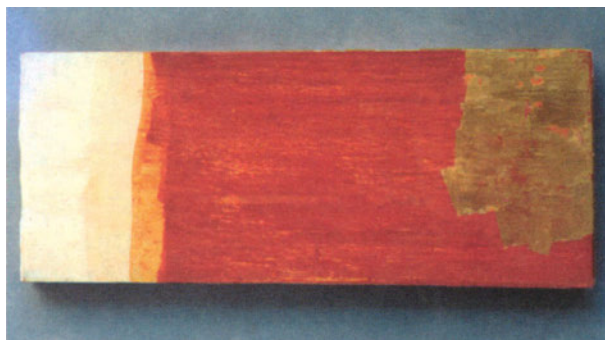
σε αμμοκονίαμα. Η καθημερινή αλλαγή του νερού αφαιρεί από το γύψο τη θερμοκρασία και τον κάνει μαλακό σαν μετάξι”. Αφού προστεθεί σ’ αυτόν νερό, τρίβεται πάνω σε γερό λινό ύφασμα.

Ο Διονύσιος εκ Φουρνά στην “Ερμηνεία της Ζωγραφικής” αναφέρει σχετικά με την προετοιμασία των **φορητών εικόνων** ότι πρώτα χρησιμοποιεί ένα **στρώμα κόλλας ζωικής προέλευσης** (παραθέτει αναλυτικά την παρασκευή της από δορές (“πετσιά”) ζώων κτλ.). Στη συνέχεια, με πινέλο καλύπτει την επιφάνεια της εικόνας με **αλλεπάλληλα λεπτά στρώματα** προετοιμασίας, που αποτελούνται από την **ίδια κόλλα και γύψο**. Ο γύψος, για να είναι κατάλληλος για αυτή τη χρήση, πρέπει να έχει υποστεί ειδική κατεργασία, που περιλαμβάνει θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες, τρίψιμο σε μαρμάρινη επιφάνεια, κοσκίνισμα κτλ.

Ο αριθμός των στρωμάτων δεν είναι καθορισμένος. Χαρακτηριστικά σημειώνει ο Κόντογλου ότι “χρειάζονται τόσα, έως ότου να μη φεγγίζει από κάτω το σανίδι”. Τέλος, είναι απαραίτητο το **καλό στέγνωμα** και το **ελαφρό τρίψιμο** με ψιλό γυαλόχαρτο ή με κόκαλο σουπιάς.

Οι περιοχές των φορητών εικόνων οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται με χρυσό φέρουν συνήθως -πάνω από την προετοιμασία που προαναφέρθηκε- επιπρόσθετα στρώματα ειδικής προετοιμασίας. Για την παραδοσιακή τεχνική του στιλβωτού χρυσού, η προετοιμασία αυτή, το λεγόμενο “αμπόλι”, αποτελείται από μείγμα τριμμένων χρωστικών - συνήθως σιένας ψημένης, ώχρας και κόκκινου του μολύβδου κ.ά. - και λευκού (ασπραδιού) του αβγού. Μερικές φορές στη σύστασή της αναφέρονται προσθήκες σαπώνων ή κεριών. Η ειδική αυτή προετοιμασία απλώνεται συνήθως σε δύο στρώματα. Στη συνέχεια, για να κολλήσει το φύλλο χρυσού, η ειδικά προετοιμασμένη επιφάνεια επικαλύπτεται με ασπράδι ή με σταγόνες καθαρού οινοπνεύματος (αιθυλικής αλκοόλης) ή με ρακί.

Εκτός από την παραδοσιακή μέθοδο, υπάρχει και νεότερη τεχνική, η οποία περιλαμβάνει τη λεγόμενη “μιξιόν”. Σύμφωνα με αυτήν οι περιοχές της εικόνας που πρόκειται να καλυφθούν με χρυσό καλύπτονται πρώτα με “αμπόλι” και στη



*Εικόνα 11.1.: Δείγμα προετοιμασμένου ξύλινου υποστρώματος στο οποίο διακρίνεται ειδική προετοιμασία με “μπόλλο” και δίπλα επικάλυψη με στιλβωτό φύλλο χρυσού.*

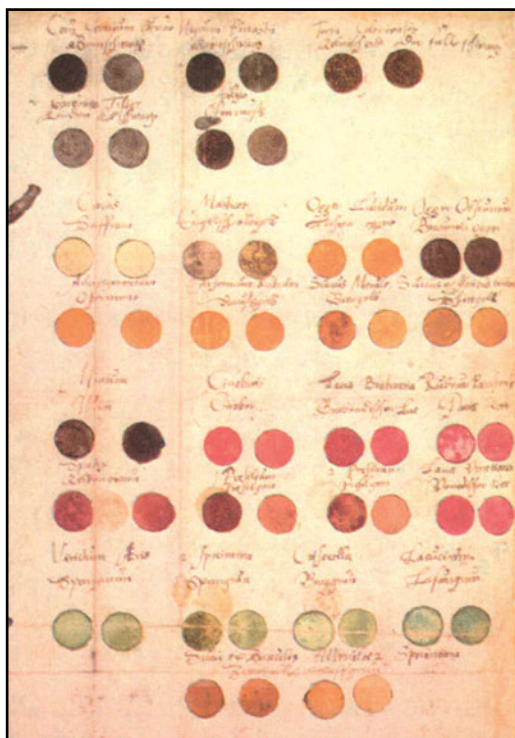
συνέχεια με την ειδική “μιξιόν”. Όταν ολοκληρωθεί η επικάλυψη, η χρυσαυμένη επιφάνεια περνιέται με ένα χέρι γομμαλάκα.



## 11.3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 11ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 11.3.1.** Ποιους σκοπούς εξυπηρετούν τα στρώματα της προετοιμασίας στα φορητά έργα ζωγραφικής;
- 11.3.2.** Από ποιους παράγοντες καθορίζονται η μέθοδος και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, για να γίνει η προετοιμασία του υποστρώματος ενός ζωγραφικού έργου;
- 11.3.3.** Γιατί είναι απαραίτητη η προετοιμασία του υφάσματος, πριν πραγματοποιηθεί πάνω σ' αυτό μια ελαιογραφία;
- 11.3.4.** Από ποια συστατικά αποτελείται η προετοιμασία των ελαιογραφιών;
- 11.3.5.** Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των στρωμάτων προετοιμασίας ενός ζωγραφικού έργου σε ύφασμα;
- 11.3.6.** Ποια είναι τα συστατικά της προετοιμασίας που περιγράφει ο Cennino Cennini για τα φορητά έργα ζωγραφικής;
- 11.3.7.** Σε πόσα στρώματα απλώνεται η προετοιμασία των φορητών έργων ζωγραφικής σε ξύλινο υπόστρωμα;
- 11.3.8.** Περιγράψτε την προετοιμασία των περιοχών των φορητών έργων ζωγραφικής σε ξύλινο υπόστρωμα, τα οποία έχουν καλυφθεί με την παραδοσιακή τεχνική του στιλβωτού χρυσού.
- 11.3.9.** Πώς γίνεται η επικάλυψη με φύλλα χρυσού με τη νεότερη τεχνική;

Το αισθητικό αποτέλεσμα ενός ζωγραφικού έργου εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τα χρώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του. Το φως είναι ένας βασικός παράγοντας, τον οποίο δεν μπορούμε να αγνοήσουμε κατά τη μελέτη της συμπεριφοράς των χρωμάτων, καθώς το χρώμα είναι παρόν όπου υπάρχει φως.



Εικόνα 12.1.: Δείγματα υδατοχρωμάτων που χρονολογούνται στις αρχές του 17ου αιώνα

Το άσπρο και το μαύρο δε θεωρούνται χρώματα, επειδή το μεν άσπρο διαχέει όλες τις ακτινοβολίες του, όταν φωτίζεται με λευκό φως, το δε μαύρο, αντίθετα, τις απορροφά όλες.

Το μπλε, το κόκκινο και το κίτρινο ονομάζονται βασικά χρώματα και από τους συνδυασμούς τους προκύπτουν τα υπόλοιπα χρώματα, που ονομάζονται συμπληρωματικά. Από την ανάμειξη του κόκκινου και του μπλε προκύπτει μοβ, πορτοκαλί από την ανάμειξη κόκκινου και κίτρινου, και πράσινο από την ανάμειξη μπλε και κίτρινου.

### 12.1. Καταγραφή χρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα

Από πολύ παλιά ήταν γνωστό ότι μια έγχρωμη ουσία, για να χρησιμοποιηθεί στη ζωγραφική, πρέπει να:

- βρίσκεται σε **στερεά κατάσταση**,
- να έχει **σταθερή χημική σύσταση** και
- να είναι **αδρανής** προς τα άλλα υλικά που συνθέτουν το ζωγραφικό έργο.

Στις νωπογραφίες της αρχαιότητας για τους **θερμούς τόνους** χρησιμοποιήθηκαν ένυδρα οξείδια του σιδήρου, όπως:

- Λιμονίτης με κιτρινοπορτοκαλί χρώμα
- Αιματίτης με κόκκινο χρώμα
- Σκουριά με καφέ χρώμα
- Μαγνητίτης με μαύρο χρώμα.

Για τους **ψυχρούς τόνους** χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ενώσεις του χαλκού, όπως:

- Μαλαχίτης με πράσινο χρώμα
- Αζουρίτης με μπλε χρώμα
- μπλε της Αιγύπτου ή αιγυπτιακό μπλε.

Για τους **ουδέτερους τόνους** χρησιμοποιήθηκαν:

- Κάρβουνο για το μαύρο και
- Ασβέστης για το άσπρο.

Με το πέρασμα του χρόνου άρχισαν να εμφανίζονται και άλλες έγχρωμες ουσίες, όπως το λευκό και το κόκκινο του μολύβδου, το κίτρινο του αρσενικού και του καδμίου, το μπλε του κοβαλτίου, το κόκκινο του υδραργύρου το μπλε του σιδήρου. Μαζί τους δη-

μιουργήθηκαν **νέες δυνατότητες** στη ζωγραφική με την **τεχνική της τέμπερας** και αργότερα της **ελαιογραφίας**.

Ειδικά στη θεολογική τέχνη της αγιογραφίας τα χρώματα έχουν και **συμβολική σημασία**. Το λευκό συμβολίζει το φως και την καθαρότητα. Το μαύρο είναι το χρώμα του μυστικού βάθους. Το κυανό συμβολίζει τη δροσερότητα και τη διαύγεια, ενώ το πράσινο την ελπίδα και την κατάπαυση, το κίτρινο τη θεία δόξα και τη λαμπρότητα. Το ιώδες την αγνότητα, το ερυθρό το φλογερό ζέον της μυστικής ουσίας. Το γλαυκό μαρμαρυγές του ουράνιου φωτός.

## 12.2. Κατηγορίες των χρωμάτων και των ιδιοτήτων τους. Η προέλευση των χρωμάτων και ο τρόπος επεξεργασίας τους.

Οι έγχρωμες ουσίες που χρησιμοποιούνται στη ζωγραφική μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις **χρωστικές** και τις **βαφές**.

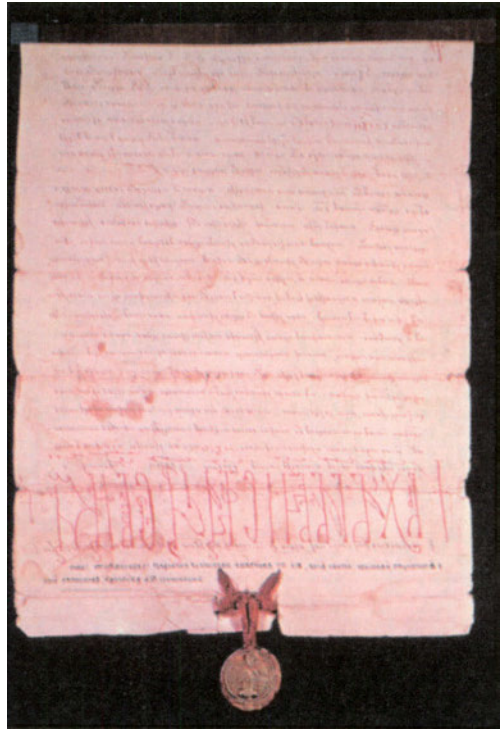
Οι χρωστικές είναι λεπτόκοκκες έγχρωμες ουσίες οι οποίες δε διαλύονται σε συνδετικά υλικά ή σε διαλύτες, αλλά σχηματίζουν αιωρήματα μέσα σε αυτά. Αν αντίθετα διαλύονται στο νερό ή σε άλλα υγρά, ονομάζονται βαφές.

### 12.2.1. Βαφές

Οι περισσότερες βαφές είναι **σύμπλοκες οργανικές ενώσεις** που ανάλογα με την προέλευσή τους μπορούν να διακριθούν σε **φυ-**

σικές και σε **συνθετικές**. Οι περισσότερες φυσικές βαφές είναι **φυτικής προέλευσης**, ενώ άλλες είναι **ζωικής προέλευσης**. Από τις συνθετικές βαφές που συναντώνται στη φύση μόνο η κόκκινη (βυσσινί) **αλιζαρίνη** και το μπλε **ινδικό** εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται έως τις μέρες μας.

Τους τελευταίους αιώνες, όμως, με την πρόοδο της Χημείας, βαφές είναι δυνατόν να παρασκευαστούν και εργαστηριακά. Η **συνθετική αλιζαρίνη** πρωτοεμφανίστηκε, για παράδειγμα, γύρω στα 1870 και το **συνθετικό ινδικό** στα τέλη του 19ου αιώνα. Πρέπει να σημειωθεί ότι εκτός από αυτές τις δύο βαφές, που ταυτίζονται με τις αντίστοιχες φυσικές, όλες οι άλλες **συνθετικές βαφές δεν υπάρχουν** στη φύση και παρασκευάζονται μόνο εργαστηριακά. Η πρώτη συνθετική βαφή που παρασκευάστηκε κατά το δεύτερο ήμισυ του 18ου αιώνα είναι το πικρικό οξύ, μια κίτρινη χημική ένωση που δεν υπάρχει στη φύση. Πολλές συνθετικές βαφές, όπως η ματζέντα, το μοβ και η μπλε ανιλίνη, παρασκευάστηκαν από ανιλίνες και παράγωγα τους, και άλλες αργότερα από ανθρακόπισσα.



Εικόνα 12.2.: Χειρόγραφο.

Πολλές βαφές ανακαλύφθηκαν σε πανεπιστημιακά εργαστήρια από τα μέσα έως τα τέλη του 19ου αιώνα. Οι βαφές δρουν, κα-

θώς απορροφώνται από τις ίνες, όπου καθίστανται αδιάλυτες. Οι βαφές δεν επηρεάζονται από τη θέρμανση, από τα αλκάλια, και από τα οξέα, αλλά είναι ευαίσθητες στο φως. Η ιδιότητά τους αυτή εξαρτάται από τη χημική σύστασή τους αλλά και από το μήκος κύματος του φωτός, από τις προσμείξεις που μπορεί να περιέχουν, από τη σχετική υγρασία και θερμοκρασία κ.ά. Σήμερα υπάρχουν συνθετικές βαφές που είναι πιο ανθεκτικές στο φως ακόμα και από τις πιο σταθερές φυσικές βαφές.

Οι βαφές έχουν χρησιμοποιηθεί για το **χρωματισμό υφασμάτων, ως συστατικά των τυπογραφικών μελανιών, ως λάκες στη ζωγραφική, για το χρωματισμό ξύλου, δέρματος ή περγαμηνής.**

### 12.2.2. Χρωστικές

Οι χρωστικές μπορούν να διακριθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το χρώμα, την προέλευση ή τη χημική σύστασή τους. Ανάλογα με την **προέλευσή** τους μπορούμε να τις διακρίνουμε σε:

#### \* Γεώδεις ή ορυκτές χρωστικές

Ωχρες, όμπρες, πράσινη γη (terre verte) κ.ά. συγκαταλέγονται στα γεώδη χρώματα. Πρόκειται για ενώσεις, **συνήθως ορυκτά οξείδια του σιδήρου, που περιέχουν μερικές φορές και μαγγάνιο.** Χημικές ενώσεις με παρόμοια χημική σύσταση παρασκευάζονται εργαστηριακά από το 18ο αιώνα.

Οι ορυκτές ενώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως στο παρελθόν είναι το κίτρινο θειικό αρσενικό “orpiment”, ο μπλε αζουρίτης, ο πράσινος μαλαχίτης, το μπλε του lapis lazuli και το κόκκινο κιννάβαρι. Το φυσικό **ultramarine** ή λαζούρι προέρχεται από μια πολύπλοκη διαδικασία καθαρισμού του lapis lazuli. Οι άλλες ορυκτές ενώσεις μπορούσαν απλώς να τριφτούν σε λεπτή σκόνη, να “κονιορτοποιηθούν”. Εκτός από τις φυσικές ορυκτές ενώσεις, χρησιμοποιήθηκαν και συνθετικές χρωστικές με παρόμοια χημική σύσταση. Τεχνητό κόκκινο κιννάβαρι “vermilion” παρα-



σκευάζεται από πολύ παλιά, ενώ συνθετικό μπλε ultramarine και κίτρινο orpiment μόλις από το 19ο αιώνα. Από αυτές τις ορυκτές χρωστικές μόνο το συνθετικό μπλε ultramarine χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα στις μέρες μας.

### \* Χρωστικές φυτικής ή ζωικής προέλευσης - Λάκες

Με λίγες εξαιρέσεις, οι φυτικής ή ζωικής προέλευσης χρωστικές είναι βαφές που έχουν υποστεί καθίζηση σε μια αδρανή βάση.

Οι χρωστικές που προέρχονται από καθίζηση βαφών σε αδρανείς αδιάλυτες βάσεις ονομάζονται **λάκες**. Μια από τις πιο γνωστές είναι η **κόκκινη λάκα της αλιζαρίνης**, που προέρχεται από ανάμειξη ενός εκχυλίσματος από τη ρίζα ενός φυτού με στυπτηρία και ανθρακικό νάτριο. Παράγεται τότε υδροξείδιο του αργιλίου, που σχηματίζει ίζημα απορροφώντας ταυτόχρονα τα έγχρωμα μόρια της βαφής. Σήμερα χρησιμοποιείται συνθετική αλιζαρίνη για την παρασκευή της κόκκινης λάκας. Άλλες κόκκινες λάκες είναι το **κρεμέζι** και η **carmine**. Η πρώτη προέρχεται από ένα είδος εντόμου, τον κέρμη το βαφικό, ενώ η carmine προέρχεται από ένα έντομο που ζει πάνω σε κάκτους στο Μεξικό.

Μια κίτρινη βαφή προέρχεται από τα διάφορων ειδών άγουρα μούρα ενός θάμνου (Rhamnus). Ως αδρανείς βάσεις για τις λάκες έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες λευκές, ιδιαίτερα απορροφητικές ουσίες, όπως η κιμωλία (ανθρακικό ασβέστιο), ο γύψος (θεικό ασβέστιο), το θεικό βάριο και το υδροξείδιο του ασβεστίου.

Το ινδικό μπλε, το ινδικό κίτρινο, η καστανόμαυρη σέπια και η κίτρινη gamboge είναι επίσης **χρωστικές φυτικής ή ζωικής προέλευσης**. Αυτές, όμως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χρωστικές ως έχουν, δηλαδή χωρίς να είναι πρώτα απαραίτητος ο σχηματισμός λάκας, καθώς είναι αδιάλυτες στο νερό αλλά και σε μη υδατικά συνδετικά υλικά. Το ινδικό μπλε, εκτός από βαφή, έχει χρησιμοποιηθεί συχνά ως χρωστική στη ζωγραφική πριν από την εφεύρεση του μπλε της Πρωσίας το 18ο αιώνα. Το **ινδικό**

**κίτρινο** έως το 19ο αιώνα εισαγόταν σε μεγάλες ποσότητες στην Ευρώπη από τον τόπο παραγωγής του, τη Βεγγάλη. Ήταν συστατικό παθολογικώς μεταλλαγμένων ούρων αγελάδων. Σήμερα έχει απαγορευτεί η χρήση του και έχει αντικατασταθεί από συνθετικές οργανικές χρωστικές. Η **gamboge** είναι μια κίτρινη κομποροητική δέντρων που φύονται στην Νοτιοανατολική Ασία. Περιέχει περίπου 20% υδατοδιαλυτή φυτική ρητίνη και γι' αυτό χρησιμοποιείται ως υδατόχρωμα, χωρίς να είναι απαραίτητη η προσθήκη συνδετικού μέσου. Η σέπια προέρχεται από τις μαύρες και καφέ σκούρου χρώματος εκκρίσεις της σουπιάς. Για την παραγωγή της χρωστικής οι σάκοι που περιέχουν το μελάνι αποκόπτονται από το υπόλοιπο σώμα της σουπιάς και ξηραίνονται, αφού εκτεθούν για λίγο στον ήλιο. Η **σέπια** έχει χρησιμοποιηθεί ως μελάνι στην αρχαιότητα αλλά και ως υδατόχρωμα μόλις από τα τέλη του 18ου αιώνα.

#### \* Συνθετικές χρωστικές

Πολλές συνθετικές χρωστικές μοιάζουν στη χημική σύστασή τους με τις φυτικές βαφές, καθώς και τις γεώδεις και ορυκτές χρωστικές που συναντώνται στη φύση. Κάποιες άλλες δεν υπάρχουν στη φύση και προέρχονται από χημικές ενώσεις.

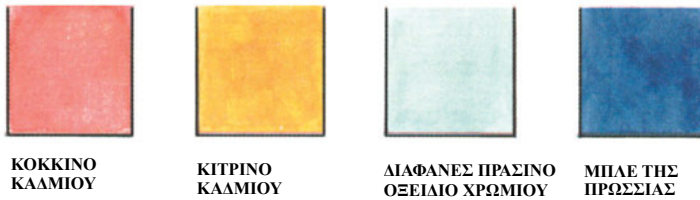
Οι συνθετικές χρωστικές μπορούν να χωριστούν σε **ανόργανες** και σε **οργανικές**. Οι ανόργανες χρωστικές αποτελούνται από διάφορα στοιχεία, όπως αργίλιο, αντιμόνιο, αρσενικό, βάριο, μόλυβδος, κάδμιο, ασβέστιο, χρώμιο, σίδηρο, κάλιο, κοβάλτιο, χαλκό, μαγνήσιο, μαγγάνιο, θείο, τιτάλιο, υδρογόνο, κασσίτερο και ψευδάργυρο. Ο άνθρακας συναντάται σε ανόργανες χρωστικές α) σε ελεύθερη μορφή, ως αιθάλη (φούμο), κάρβουνο ή μαύρο του ελεφαντοστού, και β) στη μορφή ανθρακικών.

Οι οργανικές χρωστικές αποτελούνται κυρίως από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Μερικές φορές μπορεί να περιέχουν άζωτο και θείο και σπανιότατα μικρές ποσότητες άλλων στοιχείων.

Οι οργανικές χρωστικές και βαφές απανθρακώνονται και καίγονται, όταν θερμανθούν, αφήνοντας ελάχιστες ποσότητες στερεού υπολείμματος. Στις λάκες, εκτός από το υπόλειμμα που προαναφέρθηκε, είναι παρούσα και η ανόργανη βάση τους. Αντίθετα, οι ανόργανες χρωστικές δεν απανθρακώνονται κατά τη θέρμανσή τους και αφήνουν μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων.

### α) Συνθετικές ανόργανες χρωστικές

Οι συνθετικές ανόργανες χρωστικές μπορούν να διακριθούν, ανάλογα με τα βασικά στοιχεία τους, π.χ. σε χρωστική σιδήρου, καδμίου, χρωμίου, μολύβδου, χαλκού, τιτανίου και ψευδαργύρου.



Εικόνα 12.3.: Συνθετικές ανόργανες χρωστικές. Κόκκινο καδμίου, κίτρινο καδμίου, διαφανές πράσινο οξείδιο χρωμίου, μπλε της Πρωσίας.

Από την αρχαιότητα ήταν γνωστές διάφορες μέθοδοι παρασκευής ανόργανων χρωστικών, όπως είναι το **λευκό του μολύβδου** (βασικός ανθρακικός μόλυβδος), το **μίνιο ή κόκκινος μόλυβδος** (επιτεταρτοξείδιο του μολύβδου), το **verdigris** (οξικός χαλκός) και το **αιγυπτιακό μπλε** (πυριτικό άλας ασβεστίου - χαλκού) (Εικόνα 12.3.). Το Μεσαίωνα συντίθενται **vermilion** (κόκκινος θειικός υδράργυρος), **κίτρινο μολύβδου - κασσίτερου** (κασσιτερικό άλας μολύβδου) και **σμάλτο** (κονιορτοποιημένο γυαλί κοβαλτίου). Το 18ο αιώνα γίνεται η πολύ σημαντική ανακάλυψη της χρωστικής **μπλε της Πρωσίας** (σιδηροκυανούχος σίδηρος). Με την ανακάλυψη του χρωμίου, λίγο μετά το 1800, άρχισε η παραγωγή νέων χρωστικών, όπως είναι το **κίτρινο του χρωμίου** (χρωμιούχος μόλυβδος), το **αδιαφανές πράσινο οξείδιο του**

χρωμίου, το **viridian** διαφανές πράσινο οξείδιο του χρωμίου και το **πράσινο του χρωμίου**, που είναι μείγμα μπλε της Πρωσίας και κίτρινου του χρωμίου. Αργότερα ακολουθούν το **κίτρινο του καδμίου** (σουλφίδιο του καδμίου) και το κόκκινο του καδμίου. Τον 20ό αιώνα ανακαλύπτεται το **λευκό του τιτανίου** και το **μπλε μαγγανίου**.

### β) Συνθετικές οργανικές χρωστικές

Οι πρώτες οργανικές συνθετικές χρωστικές εμφανίστηκαν το 19ο αιώνα. Πρόκειται για βαφές ανθρακόπισσας στερεοποιημένες πάνω σε υποστρώματα. **Συνθετική λάκα αλιζαρίνης** προέκυψε από βαφή αλιζαρίνης, ενώ με την αντίδραση της διαζώτωσης έγινε δυνατή η κατασκευή σταθερών κίτρινων χρωστικών. Στις αρχές του αιώνα μας εμφανίστηκαν οι πρώτες κόκκινες συνθετικές οργανικές χρωστικές και λίγο αργότερα, γύρω στα 1930, με την ανακάλυψη του φθαλοκυανιδίου, διάφορες **μπλε και πράσινες χρωστικές**.

## 12.3. Οι σημαντικότερες χρωστικές που έχουν χρησιμοποιηθεί στις διάφορες τεχνικές ζωγραφικής

Οι κυριότερες λευκές χρωστικές είναι οι εξής:

**Λευκό του μολύβδου** [ $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ]. Η κατ' εξοχήν λευκή χρωστική από την αρχαιότητα έως το 19ο αιώνα. Το λευκό του μολύβδου ή στουπέτσι ή ψιμίθι είναι συνθετική ανόργανη χρωστική, η οποία παράγεται με αρχική οξείδωση του μολύβδου και μεταβολή του σε ανθρακικό μόλυβδο με ξίδι. Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για δηλητηριώδη χρωστική λόγω της καλής καλυπτικής

ικανότητάς της χρησιμοποιήθηκε ως συστατικό της προετοιμασίας αλλά και ως χρωστική στη ζωγραφική με διάφορες τεχνικές. Δεν έχει χρησιμοποιηθεί στις νωπογραφίες και η ανάμειξή της με αραβική γόμμα στην υδατογραφία είχε ως αποτέλεσμα το μαύρισμα του λευκού χρώματος της χρωστικής.

**Λευκό του ψευδαργύρου ή λευκό του τσίγκου** [ZnO]. Το οξειδίο του ψευδαργύρου ήταν γνωστό στο Μεσαίωνα και χρησιμοποιήθηκε στην εικονογράφηση των χειρογράφων. Επίσης, έως το 17ο αιώνα χρησιμοποιήθηκε ως χρωστική στην υδατογραφία, παρά το ότι το λευκό χρώμα του δεν ήταν αρκετά φωτεινό και μπορούσε να μετατραπεί σε γκρι. Αν και έχει μικρότερη καλυπτική ικανότητα από το λευκό του μολύβδου, χρησιμοποιήθηκε ως συστατικό προετοιμασίας λόγω της μη δηλητηριώδους δράσης του.

**Λευκό του τιτανίου.** [TiO<sub>2</sub>]. Το διοξειδίο του τιτανίου είναι ανόργανη συνθετική χρωστική με μεγάλη καλυπτική ικανότητα. Μόλις το 1870 χρονολογούνται οι πρώτες προσπάθειες για την παρασκευή της. Δεν είναι δηλητηριώδης και έχει χρησιμοποιηθεί στην υδατογραφία, στην τέμπερα και στην ελαιογραφία.

Οι **κίτρινες χρωστικές** που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο είναι οι εξής:

**Ώχρες** [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O ή Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>]. Οι ώχρες είναι μείγματα αργιλοπυριτικών οξειδίων [SiO<sub>2</sub> ή Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. 2SiO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O] και οξειδίων του σιδήρου. Το χρώμα της κίτρινης ώχρας οφείλεται στην παρουσία διάφορων ένυδρων οξειδίων του σιδήρου και κυρίως του ορυκτού γκαϊτίτη [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O]. Είναι φυσικές γεώδεις χρωστικές με σχετικά προσιτές τιμές και χρησιμοποιούνται στη ζωγραφική ήδη από τους αρχαίους χρόνους.

**Σιένα ωμή.** Γεώδης κίτρινη ώχρα που πήρε το όνομά της από την πόλη Σιένα της Τοσκάνης, απ' όπου προέρχεται πολύ καλής ποι-

ότητας τέτοια χρωστική. Χρησιμοποιήθηκε από πολύ παλιά για όλες τις τεχνικές ζωγραφικής.

**Κίτρινο “orpiment”**  $[As_2S_3]$ . Το θεικό αρσενικό είναι φυσικό ορυκτό που βρίσκεται σε μικρές ποσότητες σε πολλές περιοχές, όπως στη Μ.Ασία, στη Μακεδονία κ.α. Έχει πολύ φωτεινό κίτρινο χρώμα και είναι ισχυρότατο δηλητήριο. Ήταν γνωστό από την αρχαιότητα και χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα για τη διακόσμηση των εικονογραφημένων χειρογράφων. Λόγω της σταθερότητάς του στο φως και στον αέρα χρησιμοποιήθηκε στη ζωγραφική, όπου αποφεύχθηκε όμως η ανάμειξή του με άλλες χρωστικές που περιέχουν χαλκό και μόλυβδο.

**Κίτρινο μολύβδου - κασσίτερου**  $[2PbO.SnO_2]$ . Το κίτρινο αυτό συναντάται συχνά αναμειγμένο με κίτρινο οξείδιο του μολύβδου  $[PbO]$ . Το χρώμα του μπορεί να ποικίλλει από ανοικτό κίτρινο έως σκούρο κίτρινο. Λόγω της πρόσμειξης κίτρινου του μολύβδου είναι δηλητηριώδες και με την επίδραση υγρασίας μπορεί να μετατραπεί σε λευκό του μολύβδου.

**Κίτρινο της Νάπολης**  $[Pb_3(SbO_4)_2]$ . Το μολυβδούχο αντιμόνιο είναι χρωστική γνωστή από αρχαιοτάτων χρόνων και έχει χρησιμοποιηθεί για όλα τα είδη ζωγραφικής. Είναι δηλητηριώδες με αρκετά σταθερή χημική σύσταση. Έχει χρώμα από κίτρινο μέχρι πορτοκαλί, το οποίο σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να γίνει σκούρο καφέ.

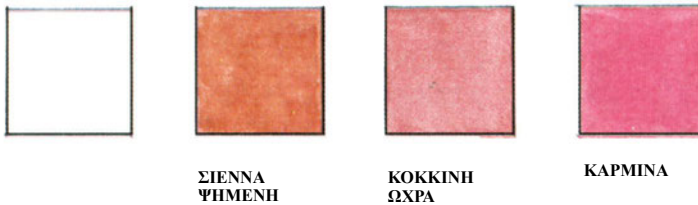
**Κίτρινο του χρωμίου**  $[PbCrO_4]$ . Ο χρωμικός μόλυβδος είναι συνθετική ανόργανη χρωστική που ανακαλύφθηκε το 1809. Έχει φθηνή τιμή και είναι αμφίβολης χημικής σταθερότητας, καθώς προσβάλλεται από το υδρόθειο. Έχει καλυπτικές ικανότητες και ζωηρό κίτρινο χρώμα.

**Κίτρινο καδμίου**  $[CdS]$ . Ανακαλύφθηκε το 1817 και είναι σύνθεσης θειούχου καδμίου, αντιμονιούχου μολύβδου και θειικού ασβε-

στίου. Είναι εξαιρετικά ανθεκτική χρωστική αλλά δηλητηριώδης. Αντενδείκνυται η χρήση της στη νωπογραφία.

Οι κυριότερες **κόκκινες χρωστικές** είναι οι εξής:

**Σινώπη ή κόκκινη ώχρα** [ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ]. Οι ώχρες, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, είναι μείγματα αργιλοπυριτικών οξειδίων [ $\text{SiO}_2$  ή  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] και οξειδίων του σιδήρου. Το χρώμα της κόκκινης ώχρας οφείλεται στην παρουσία διάφορων άνυδρων οξειδίων



Εικόνα 12.4.: Κόκκινες χρωστικές

των του σιδήρου και κυρίως του ορυκτού αιματίτη [ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ]. Παρασκευάζεται συνήθως με φρύξη της κίτρινης ώχρας.

**Σιένα ψημένη.** Προέρχεται από τη φρύξη της ωμής σιένας σε οξείδιο του τρισθενούς σιδήρου με θερμό κοκκινωπό καφέ (κεραμιδί) χρώμα. Παλαιότερα ονομαζόταν και σιναπίδι.

**Κόκκινο του μολύβδου ή μίνιο** [ $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ]. Είναι πορτοκαλοκόκκινη χρωστική, πολύ δηλητηριώδης, η οποία παράγεται με θέρμανση του λευκού του μολύβδου.

**Κιννάβαρι** (vermillion) [ $\text{HgS}$ ]. Το φυσικό ορυκτό κιννάβαρι είναι ερυθρός θειούχος υδράργυρος με λαμπρό κόκκινο χρώμα. Ήταν ακριβή χρωστική, γνωστή στην Αρχαία Ελλάδα και στη Ρώμη. Έχει χρησιμοποιηθεί στα κόκκινα γράμματα των χειρογράφων. Με αυτό υπέγραφαν οι αυτοκράτορες τα διατάγματα. Από πολύ

παλιά άρχισε να παρασκευάζεται και η συνθετική χρωστική vermilion, η οποία δε διαφέρει φυσικά και χημικά από το κιννάβαρι. Το vermilion είναι πολύ δηλητηριώδης χρωστική και μαυρίζει στο φως. Έχει χρησιμοποιηθεί ως κόκκινο μελάνι και ως χρωστική σε ρωμαϊκές τοιχογραφίες.

**Καρμίνη (carmine).** Πρόκειται για κόκκινη χρωστική που προέρχεται από τη φυσική ζωική βαφή κοχενίλη. Είναι ένωση καρμινικού οξέος με αργίλιο και ασβέστιο. Δεν είναι ανθεκτική στο φως.

**Κόκκινο του χρωμίου**  $[PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2]$ . Ο βασικός χρωμικός μόλυβδος προέρχεται από το λευκό του μολύβδου. Δε χρησιμοποιήθηκε πολύ στη ζωγραφική, καθώς το χρώμα του δεν είναι ιδιαίτερα λαμπρό και επηρεάζεται από τις ενώσεις που περιέχουν θείο.

**Κόκκινο του καδμίου**  $CdS(Se)$ . Αντικατέστησε το κιννάβαρι γύρω στα 1910.

Οι σημαντικότερες **μπλε χρωστικές** είναι οι εξής:

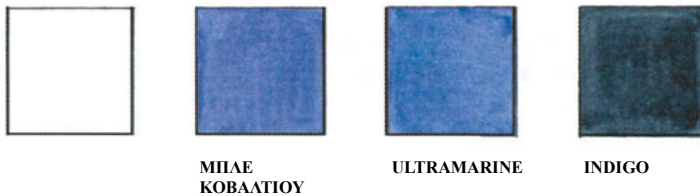
**Αιγυπτιακό μπλε**  $[CaO \cdot CuO \cdot 4SiO_2]$ . Είναι συνθετική ανόργανη μπλε χρωστική που περιέχει χαλκό, ασβέστιο και πυρίτιο. Συναντάται στις αιγυπτιακές και ρωμαϊκές τοιχογραφίες.

**Αζουρίτης**  $[2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2]$ . Η πιο σημαντική μπλε χρωστική που χρησιμοποιήθηκε στην ευρωπαϊκή ζωγραφική από το 15ο έως το 17ο αιώνα. Πρόκειται για φυσική χρωστική που προέρχεται από τον ορυκτό αζουρίτη (βασικό ανθρακικό χαλκό). Με την επίδραση υγρασίας μπορεί να μετατραπεί σε μαλαχίτη με πράσινο χρώμα.

**Λαζούρι ή lapis lazuli**  $[3Na_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot Na_2S]$ . **Φυσικό ultramarine** που προέρχεται από τον ημιπολύτιμο λίθο lapis



lazuli. Είναι ανθεκτικό στο φως και έχει πολύ καλή επικαλυπτική ικανότητα. Σύμφωνα με τις ιστορικές πηγές χρησιμοποιήθηκε κατά την αρχαιότητα, και η χρήση του συνεχίστηκε χωρίς διακοπή κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα στην Ευρώπη και στο Βυζάντιο. Από τον 7ο αιώνα χρονολογείται η χρήση του στην εικονογράφηση των βυζαντινών χειρογράφων. Γύρω στα 1830 άρχισε να χρησιμοποιείται στη ζωγραφική **συνθετικό ultramarine**, που είναι επίσης ανθεκτικό στο φως. Μπορεί όμως να περιέχει προ-



*Εικόνα 12.5.: Μπλε χρωστικές*

σμείξεις θείου, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν μαύρισμα του χρώματος κατά την ανάμειξή του με χρωστικές μολύβδου και χαλκού.

**Ινδικό.** Πρόκειται για οργανική χρωστική που προέρχεται από τη βαφή του ινδικού. Έχει χρώμα βαθύ σκούρο μπλε προς σκούρο μοβ. Η βαφή από την οποία παρασκευάζεται η ομώνυμη χρωστική ήταν παλαιότερα φυτικής προέλευσης και εισαγόταν από την Ινδία και από την Κίνα, ενώ από το 1900 έχει αντικατασταθεί με την αντίστοιχη της συνθετική.

**Σμάλτο.** Μπλε χρωστική από κονιορτοποιημένο γυαλί κοβαλτίου.

**Μπλε της Πρωσίας**  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ . Ο μπλε σιδηροκυανούχος σίδηρος είναι συνθετική χρωστική με εξαιρετικά δυνατό χρώμα. Εφευρέθηκε το 1704 και δεν είναι δηλητηριώδης.

**Μπλε του κοβαλτίου**  $[\text{CoAl}_2\text{O}_4]$ . Το αργιλοξείδιο του κοβαλτίου εφευρέθηκε το 18ο αιώνα και έχει γαλανό πολύ ανθεκτικό χρώμα.

Οι πράσινες χρωστικές που έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο είναι οι εξής:

**Μαλαχίτης**  $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}_9(\text{OH})_2]$ . Ο βασικός ανθρακικός χαλκός είναι φυσικό ορυκτό, από το οποίο προέρχεται η παλαιότερη πράσινη ανοικτή χρωστική. Χρησιμοποιήθηκε αδιάκοπα από την αρχαιότητα έως το 1800, που αντικαταστάθηκε από συνθετικές πράσινες χρωστικές. Τον βρίσκουμε σε έργα ευρωπαϊκής ζωγραφικής.

**Πράσινο του χαλκού ή Verdigris**  $[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2]$ . Το βάρδαμον ή τσιγκιάρι, όπως κοινώς ονομαζόταν ο βασικός οξικός χαλκός, έχει πρασινομπλέ χρώμα και είναι η πιο ασταθής από τις ενώσεις του χαλκού, καθώς μαυρίζει σε συνδυασμό με τις χρωστικές που περιέχουν θείο. Η παρασκευή της δηλητηριώδους αυτής χρωστικής ήταν γνωστή από την αρχαιότητα.

**Πράσινη γη (terre verte)** (γλαυκονίτης και σελαδονίτης). Υδροπυριτική ένωση σιδήρου, αργιλίου, μαγνησίου και καλίου. Δεν είναι δηλητηριώδης.

**Viridian ή Emerald**  $[\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  Το διαφανές ένυδρο οξείδιο του χρωμίου είναι από τα καλύτερα χρώματα ζωγραφικής που παρασκευάστηκαν κατά το 19ο αιώνα.

**Το πράσινο Emerald**  $[\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2]$ . Είναι σύνθεση οξέων αρσενικού και χαλκού και έχει λαμπερό μπλε χρώμα με ανοικτή μπλε απόχρωση. Μαυρίζει, όταν ενωθεί με χρωστικές

που περιέχουν θείο, και είναι το πιο δηλητηριώδες και πιο επικίνδυνο χρώμα της ζωγραφικής.

**Πράσινο χρωμίου** [ $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ]. Το άνυδρο οξείδιο χρωμίου είναι δηλητηριώδης χρωστική με μεγάλη καλυπτική ικανότητα και χημική σταθερότητα. Είναι μείγμα των χρωστικών μπλε της Πρωσίας και κίτρινου του χρωμίου.

**Πράσινο κοβαλτίου** [ $\text{CoO}\cdot n\text{ZnO}$ ]. Η ένωση οξειδίων κοβαλτίου-ψευδαργύρου είναι ημιδιαφανής, όχι ιδιαίτερα καλυπτική σταθερή χρωστική, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες τεχνικές ζωγραφικής. Αν και είχε εφευρεθεί από το 1780, διατέθηκε στο εμπόριο από τα μέσα του 19ου αιώνα.

**Καφέ και μαύρες χρωστικές** είναι οι εξής:

**Ivory black.** Άριστης ποιότητας μαύρο από καμένο ελεφαντοστό ή από άλλα κόκκαλα.

**Φούμο** (Lamp black). Είναι σχεδόν άμορφος και προέρχεται από το λεπτό καπνό δαδιού. Έχει μπλε -μαύρο χρώμα και γι' αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για τους γκρίζους τόνους.

## 12.4. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 12ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

**12.4.1.** Ποια χαρακτηριστικά πρέπει να έχει μια έγχρωμη ουσία, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη ζωγραφική;

**12.4.2.** Ποιες έγχρωμες ουσίες χρησιμοποιήθηκαν για τους θερμούς ζωγραφικούς τόνους στις νωπογραφίες της αρχαιότητας;

**12.4.3.** Ποιες έγχρωμες ουσίες χρησιμοποιήθηκαν για τους ψυχρούς ζωγραφικούς τόνους στις νωπογραφίες της αρχαιότητας;

**12.4.4.** Ποιες έγχρωμες ουσίες χρησιμοποιήθηκαν για τους ουδέτερους ζωγραφικούς τόνους στις νωπογραφίες της αρχαιότητας;

**12.4.5.** Ποια είναι η συμβολική σημασία των χρωμάτων στην τέχνη της αγιογραφίας;

**12.4.6.** Ποια είναι η διαφορά μεταξύ χρωστικών και βαφών;

**12.4.7.** Τι είναι οι βαφές και ποιες κατηγορίες βαφών γνωρίζετε;

**12.4.8.** Ποιες χρήσεις των βαφών γνωρίζετε;

**12.4.9.** Να αναφέρετε τις κατηγορίες στις οποίες μπορούν να διακριθούν οι χρωστικές.

## 12.4. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 12ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ:

**12.4.10.** Τι γνωρίζετε για τις γεώδεις ή ορυκτές χρωστικές;

**12.4.11.** Τι είναι οι λάκες;

**12.4.12.** Να αναφέρετε τις κόκκινες λάκες που γνωρίζετε καθώς και την προέλευσή τους.

**12.4.13.** Τι γνωρίζετε για την παρασκευή της κόκκινης λάκας της αλιζαρίνης;

**12.4.14.** Τι γνωρίζετε σχετικά με την προέλευση και τις χρήσεις της σέπιας;

**12.4.15.** Ποια η διαφορά μεταξύ των οργανικών και των ανόργανων συνθετικών χρωστικών;

**12.4.16.** Να αναφέρετε τις σημαντικότερες συνθετικές ανόργανες χρωστικές.

Στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 αναλύθηκαν διεξοδικά τα είδη, οι ιδιότητες και η χρήση των κολλών. Ορισμένες από τις κόλλες αυτές χρησιμοποιούνται σε διάφορα στάδια της δημιουργίας των ζωγραφικών έργων, όπως

- για στερέωση υφάσματος στο ξύλινο υπόστρωμα
- ως συστατικά της προετοιμασίας
- ως συνδετικά υλικά
- ως συστατικά των βερνικιών.

## **13.1. Παρουσίαση, ταξινόμηση και ανάλυση των συνδετικών των χρωμάτων και των κολλών που εμφανίζονται στις διάφορες τεχνικές ζωγραφικής**

Πολύτιμες πληροφορίες μπορούμε να αντλήσουμε από τις ιστορικές μαρτυρίες σχετικά με τα συνδετικά που χρησιμοποιήθηκαν στα ζωγραφικά έργα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο Πλίνιος δίνει στοιχεία σχετικά με την τεχνική της τέμπερας με συνδετικό ζελατίνη ή ζωικές κόλλες στις αιγυπτιακές τοιχογραφίες, και ότι ο Cennino Cennini αναφέρει τη χρήση κρόκου του αβγού ως συνδετικού στην πρώιμη ιταλική ζωγραφική.

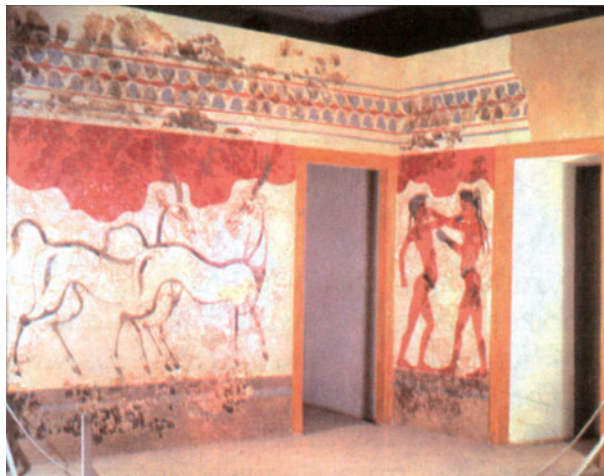
Γενικά, ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής τους, μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις χρήσης του συνδετικού σε σχέση με τις χρωστικές:

- Το συνδετικό υλικό να προϋπάρχει των χρωστικών, όπως, π.χ., στη νωπογραφία.
- Το συνδετικό υλικό να αναμειγνύεται με τη χρωστική. Αυτός είναι ο συνηθέστερος τρόπος στη ζωγραφική, καθώς συνδετικό υλικό και χρωστική αναμειγνύονται και απλώνονται σε υγρή ή πλαστική κατάσταση. Στη συνέχεια, όταν στερεοποιηθεί (μεταβεί σε στερεή κατάσταση) το συνδετικό, σκληραίνει συγκρατώντας τη χρωστική.
- Να εφαρμόζεται πρώτα η χρωστική και ύστερα το συνδετικό.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι διάφορες τεχνικές ζωγραφικής και τα συνδετικά υλικά που χρησιμοποιούνται.

### 13.1.1. Νωπογραφία

Στην τεχνική της νωπογραφίας, δηλαδή της ζωγραφικής πάνω σε νωπό ασβεστοκονίαμα, δε χρειάζεται συνδετικό μέσο, καθώς οι χρωστικές ουσίες απλώνονται διαλυμένες σε ασβεστόνερο, πάνω στο νωπό ασβεστοκονίαμα και στερεώνονται πάνω στην επιφάνεια, επειδή ο ασβέστης (υδροξείδιο του ασβεστίου  $\text{Ca(OH)}_2$ )



Εικόνα 13.1.: Νωπογραφία. Τοιχογραφίες με θέματα παιδική πυγμαχία και αντιλόπες από το Ακρωτήρι της Θήρας. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο.

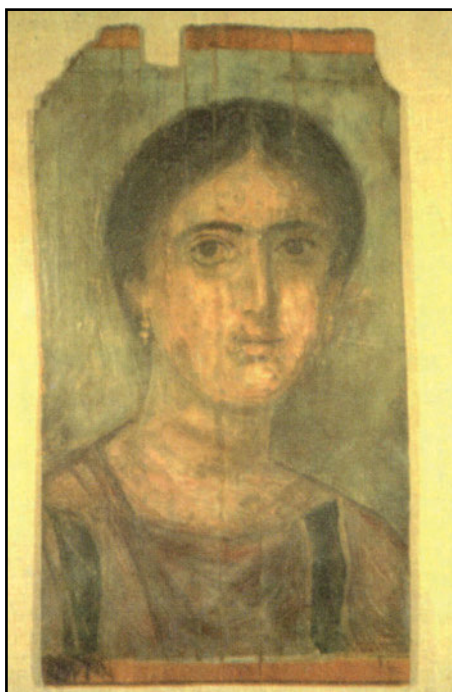
παίρνει από την ατμόσφαιρα διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Σχη-

ματίζεται με τον τρόπο αυτό στην επιφάνεια του τοίχου μια κρούστα από διαφανές κρυσταλλικό ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) που εγκλωβίζει τα σωματίδια της χρωστικής ουσίας και δίνει στα χρώματα μια ιδιότυπη γυαλάδα.



### 13.1.2. Εγκαυστική

Στην τεχνική της εγκαυστικής οι σκόνες των χρωστικών αναμειγνύονται με το κερί και διατηρούνται σε ημίρρευστη κατάσταση από τη θερμότητα του ηλίου ή τοποθετούμενες πάνω σε θερμαινόμενη επιφάνεια. Πινέλο ή κέστρον, ένα είδος γραφίδας, χρησιμοποιεσαν για το άπλωμα των χρωμάτων στο υπόστρωμα από ξύλο, μάρμαρο ή ελεφαντόδοντο. Το τελικό αποτέλεσμα μοιάζει με ελαιογραφία.



Εικόνα 13.2.: Εγκαυστική. Γυναικείο πορτρέτο Φαραούμ. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο.

### 13.1.3. Υδατογραφία

Τα κυριότερα συνδετικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην υδατογραφία είναι:

#### \* Το αραβικό κόμμι ή γόμμα

Είναι μια φυτική κόλλα. Η φυτική αυτή ρητίνη είναι δυνατόν να προέρχεται από εκατοντάδες διαφορετικά δέντρα ακακίας. Περιέχει ένα οργανικό οξύ, το



αραβικό οξύ. Το αραβικό κόμμα των ιστορικών χρόνων προερχόταν από την Αφρική, αλλά σήμερα παράγεται επίσης σε διάφορες περιοχές της Ασίας και της Αυστραλίας, και διατίθεται στο εμπόριο σε διάφορες ποιότητες. Στα έργα τέχνης χρησιμοποιούνται υδατικά διαλύματα αραβικού κόμματος, τα οποία παρασκευάζονται εάν πέσει νερό που βράζει σε σκόνη του υλικού. Υδατικά διαλύματα αραβικής γόμματος έχουν χρησιμοποιηθεί παλαιότερα ως συνδετικό υλικό υδατοχρωμάτων και σε μερικά συνδετικά τέμπερας.



Εικόνα 13.3. Υδατογραφία

κό υλικό υδατοχρωμάτων και σε μερικά συνδετικά τέμπερας. Σύγχρονες εφαρμογές της συναντώνται στη φαρμακευτική. Τη συναντάμε επίσης στα γραμματόσημα και στους φακέλους.

### \* Το τραγάκανθο

Είναι μια φυτική ρητίνη που προέρχεται από *Astragalus*, θάμνους που φύονται στη Μικρά Ασία. Χρησιμοποιείται ως συνδετικό για παστέλ (κρητιδογραφίες) και μολυβοκάρβουνα. Σε συνδυασμό με την αραβική γόμμα χρησιμοποιείται ως συνδετικό στα υδατοχρώματα.

### 13.1.4. Προτεϊνικά υλικά - Τέμπερα

Όλα τα συνδετικά της τέμπερας αποτελούνται από μια υδατική φάση και από μια μη υδατική φάση καθώς και από ένα γαλακτωματοποιητή, ο οποίος συγκρατεί τα άλλα δύο συστατικά του συνδετικού σε γαλακτωματοποιημένη φάση.

Ο κρόκος του αυγού είναι ένα έλαιο σε υδατικό διάλυμα και η λεκιθίνη έχει το ρόλο του γαλακτωματοποιητή. Οι χρωστικές ζωικές

ρητίνες, με τις φυτικές ρητίνες, με την καζεΐνη, -με άλλα μη υδατικά συνδετικά, όπως διαλύματα ελαίων, ρητινών ή κεριών.

Συνδετικά για τέμπερα μπορούν να παρασκευαστούν και χωρίς κρόκο αβγού, όπως, για παράδειγμα, υδατικά διαλύματα φυτικών ρητινών, ζωικών ρητινών, καζεΐνη σε γαλακτώματα με έλαια ή ρητίνες, και να έχουμε τέμπερα φυτικών κολλών, ζωικών κολλών, καζεΐνης. Τα συνδετικά που χρησιμοποιούνται στην τέμπερα ανάλογα με τα συστατικά και με τις αναλογίες τους καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του ζωγραφικού στρώματος, όπως είναι η γυαλάδα, η διαφάνεια, η διαλυτότητα κ.ά.

### \* Αβγό

Από τα σημαντικότερα συνδετικά υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην τέμπερα.

Στη Βυζαντινή αγιογραφία προτιμάται συνήθως η χρήση συνδετικού υλικού που αποτελείται από τον κρόκο του αβγού και από ίση ποσότητα ξιδιού από κρασί. Το ξίδι προστίθεται στο συνδετικό αφ' ενός για τη βελτίωση των κολλοειδών ιδιοτήτων του και αφ' ετέρου ως συντηρητικό. Αυτό το “δυνατό” αβγό, όπως συχνά χαρακτηρίζεται με την ανामीξή του με τις χρωστικές, δίνει στερεά και λαμπερά χρώματα, και δε σκουραίνει, όταν βερνικωθεί. Σημειώνεται ότι είναι σημαντική η αφαίρεση της εξωτερικής



*Εικόνα 13.4.: Αυγοτέμπερα.  
Φορητή εικόνα του Αρχαγγέλου  
Μιχαήλ. Βυζαντινό Μουσείο.*

μεμβράνης του κρόκου και η αποφυγή οποιασδήποτε προσθήκης νερού, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλαγή των χρωματισμών προς ανοικτότερους τόνους.

Στην αβγοτέμπερα, όπως ειδικότερα ονομάζεται η τεχνική αυτή, χρησιμοποιείται ο κρόκος ή το λευκό (ασπράδι) του αβγού, και σπανιότερα και τα δύο μαζί.

Λευκό του αβγού:

Αποτελείται από 85% νερό, 12% πρωτεΐνη (κυρίως αλβουμίνη) και μικρές ποσότητες λίπους, υδατανθράκων και άλλων στοιχείων. Χρησιμοποιήθηκε κυρίως ως κόλλα αλλά και ως συνδετικό στην επικάλυψη ζωγραφικών επιφανειών με χρυσό σε σκόνη ή σε φύλλα, καθώς και σε ανάμειξη με το μπόλλο, πάνω στο οποίο τοποθετείται το φύλλο χρυσού. Το λευκό του αβγού χρησιμοποιήθηκε επίσης - σύμφωνα με τις ιστορικές πηγές - στην εικονογράφηση των χειρογράφων. Δημιουργεί διαφανή και ευαίσθητα στρώματα που πριν εκτεθούν στο φως είναι ευδιάλυτα στο νερό.

Κρόκος αβγού:

Αποτελείται από 50% νερό, 15% πρωτεΐνη (αλβουμίνη), 22% λίπος ή έλαια, 9% λεκιθίνη και από άλλα συστατικά. Η διαφορά του από το λευκό του αβγού οφείλεται στη παρουσία λιπαρών, ελαιωδών συστατικών συμπεριλαμβανομένης της λεκιθίνης, που περιέχει φώσφορο και άζωτο. Χρησιμοποιήθηκε ως συνδετικό.

### \* Καζεΐνη

Η καζεΐνη είναι η κύρια πρωτεΐνη του γάλακτος. Χρησιμοποιήθηκε από πολύ παλιά στην Αίγυπτο. Σε εβραϊκά κείμενα αναφέρεται η χρήση της στην οικιακή ζωγραφική και στη διακοσμητική. Η καζεΐνη, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη ζωγραφική, πρέπει πρώτα να γίνει υδατοδιαλυτή. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, πρέπει αρχικά να διαλυθεί σε αλκαλικά διαλύματα, όπως είναι ο

βόρακας, η αμμωνία ή ο ασβέστης. Σε διάλυμα ασβέστη αποτελεί μια κόλλα με ικανοποιητικές συγκολλητικές ιδιότητες. Το συνδετικό υλικό καζεΐνης-ασβέστη είναι ένα από τα ανθεκτικότερα συνδετικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στις τοιχογραφίες σε στεγνό τοίχο (“secco”). Οι χρωστικές με συνδετικό καζεΐνης αντιδρούν



*Εικόνα 13.5.: Καζεΐνη. Τοιχογραφία σε στεγνό τοίχο. Τοιχογραφία από το Μυστρά.*

έντονα κατά το στέγνωμα και μπορούν να προκαλέσουν έως και απολέπιση του κονιάματος, εάν είναι εύθρυπτο.

Τα διαλύματα καζεΐνης-αλάτων νατρίου, καλίου και αμμωνίου μπορούν να γαλακτωματοποιηθούν με ξηραϊνόμενα έλαια ή με ρητίνες ή με διαλύματα κεριών που χρησιμοποιούνται ως συνδετικά τέμπερας. Αυτά τα μη υδατικά πρόσθετα μειώνουν τη συστολή του συνδετικού καζεΐνης. Οι χρωστικές με συνδετικό καζεΐνης στεγνώνουν αρχικά με εξάτμιση του ύδατος, και στη συνέχεια χημικές μεταβολές τις καθιστούν αδιάλυτες στο νερό. Είναι ανθεκτικές στους οργανικούς διαλύτες, αλλά με την επίδραση υγρασίας η κα-

ζεΐνη προσβάλλεται από βιολογικούς παράγοντες.

Τα συστατικά του γαλακτώματος καζεΐνης-αμμωνίας είναι συνήθως η καζεΐνη και το ανθρακικό αμμώνιο.

### 13.1.5. Ελαιογραφία

Δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε με βεβαιότητα πότε ακριβώς χρησιμοποιήθηκαν τα λάδια στην κατασκευή έργων τέχνης.

Υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι το λινέλαιο ήταν γνωστό στους αρχαίους Αιγυπτίους. Το λινέλαιο και το παπαρουνέλαιο ήταν γνωστά στην Αρχαία Ελλάδα και στη Ρώμη. Ο Ιπποκράτης, ο Πλίνιος και άλλοι αρχαίοι συγγραφείς τα αναφέρουν για τη χρήση τους στην ιατρική, αλλά δεν κάνουν μνεία για χρήση τους στη ζωγραφική.



Εικόνα 13.6.: Ελαιογραφία

Η πρώτη γραπτή μαρτυρία σχετικά με τη χρήση ελαίων στην ζωγραφική τέχνη προέρχεται από τον Αέτιο, γνωστό για τη συγγραφή ιατρικών έργων τον 5ο-6ο αιώνα μ.Χ. Ο Αέτιος περιγράφει την προετοιμασία του καρυδέλαιου και αναφέρει τη χρήση του ως συνδετικού υλικού για χρύσωμα, όπως επίσης και στην εγκαυστική. Μία χιλιετία αργότερα ο **Leonardo da Vinci** συνιστά το καρυδέλαιο ως βερνίκι.

Το 12ο αιώνα μ.Χ. χρονολογούνται οι πρώτες γραπτές μαρτυρίες από το Θεόφιλο, που ανέφερε τα λάδια ως φορείς χρωστικών.

Το λινέλαιο, το παπαρουνέλαιο και το καρυδέλαιο είναι τα σημαντικότερα λάδια που χρησιμοποιήθηκαν στη ζωγραφική της δυτικής Ευρώπης. Τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων ήρθαν στον αιώνα μας να επιβεβαιώσουν τα ιστορικά στοιχεία σχετικά με τη χρήση του λινέλαιου στη βόρεια Ευρώπη. Στην Ιταλία, όμως, προτιμούσαν το καρυδέλαιο. Η χρήση του παπαρουνέλαιου γενικεύτηκε μόλις από το 17ο αιώνα.

Συνδετικά υλικά των ελαιοχρωμάτων είναι έλαια, όπως το λινέ-

λαιο, το παπαρουνέλαιο και το καρυδέλαιο. Αυτά τα έλαια έχουν τη χαρακτηριστική ιδιότητα να στεγνώνουν με ταχύ ρυθμό και για το λόγο αυτό ονομάζονται **ξηραινόμενα έλαια**.

#### \* **Λινέλαιο**

Είναι το πιο συνηθισμένο και ανθεκτικό από τα ξηραινόμενα λάδια που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή χρωμάτων. Προέρχεται από τους σπόρους του φυτού λίνος (λινάρι), από τις ίνες του οποίου γίνονται και τα λινά υφάσματα. Οι σπόροι του λινού αφού πλυθούν, εκθλίβονται σε τριβεία. Το λινέλαιο που προκύπτει περιέχει διάφορα ανεπιθύμητα συστατικά, που αφαιρούνται με μια διαδικασία που ονομάζεται ραφινάρισμα (εξευγενισμός). Το ραφιναρισμένο λινέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη ζωγραφική, αφού πρώτα πραγματοποιηθούν ορισμένοι φυσικοχημικοί έλεγχοι.

#### \* **Καρυδέλαιο**

Είναι λεπτόρρευστο ανοιχτόχρωμο λάδι που εξάγεται από καρύδια *juglans regia*. Οι σπόροι του περιέχουν περίπου 65 τοις εκατό καρυδέλαιο. Ξηραίνεται πιο γρήγορα από το λινέλαιο, αλλά δεν κιτρινίζει όσο αυτό. Έχει μεγάλη ρευστότητα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται για τη διασπορά λεπτόκοκκων χρωστικών. Για τον ίδιο λόγο επιτρέπει λεπτό γραμμικό ζωγράφισμα.

#### \* **Παπαρουνέλαιο**

Το παπαρουνέλαιο παραλαμβάνεται από τους σπόρους της παπαρούνας που φύεται στην Ινδία, στη Ρωσία, στη Γαλλία και στη Μικρά Ασία. Οι σπόροι περιέχουν 45 έως 50 τοις εκατό ελαίου. Αρχισε να χρησιμοποιείται από το 17ο αιώνα στη ζωγραφική στην Ολλανδία. Σήμερα χρησιμοποιείται στην προετοιμασία ελαιοχρωμάτων σε σωληνάρια, ιδιαίτερα για τις ανοιχτόχρωμες χρωστικές, λόγω του ανοικτού χρώματός του. Ορισμένοι αντιτίθενται στη χρήση του κυρίως λόγω του αργού στεγνώματός του. Έχει όμως το πλεονέκτημα ότι δεν κιτρινίζει ιδιαίτερα με το πέ-

ρασμα του χρόνου. Χρωματικά στρώματα που έχουν συνδετικό υλικό το παπαρουνέλαιο τείνουν να ρηγματώνονται περισσότερο από εκείνα στα οποία έχει χρησιμοποιηθεί λινέλαιο.



Εικόνα 13.7.:Κρητιδογραφία (παστέλ)

### 13.1.6. Παστέλ (Κρητιδογραφία)

Μια μικρή ποσότητα συνδετικού υλικού υπάρχει στο παστέλ, αλλά δεν είναι ικανή να συγκρατήσει τα χρώματα χωρίς την εφαρμογή συνδετικού μετά την ολοκλήρωση του έργου. Απόδειξη το ότι μπορούμε να αφαιρέσουμε διά τριβής ένα χρώμα. Για να διατηρηθεί ένα παστέλ μετά την ολοκλήρωση του έργου, είναι απαραίτητο να ψεκάσει με ένα ελαφρό διάλυμα γομμαλάκας, που αγκαλιάζει

τα μόρια της χρωστικής και τα κρατάει σταθερά. Εκτός από διαλύματα γομμαλάκας, έχουν χρησιμοποιηθεί α) διαλύματα μαστίχας Χίου σε αιθέρα ή σε ακετόνη, αραιωμένα με καθαρή αιθυλική αλκοόλη ή με λευκή βενζίνη, ή β) διαλύματα κολοφώνιου σε βενζίνη. Ταυτόχρονα “το φιξάρισμα” προσδίδει στο παστέλ τη χαρακτηριστική φρεσκάδα (ζωντάνια) των χρωμάτων.

## 13.2. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 13ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ



- 13.2.1. Σε ποια στάδια της κατασκευής ενός ζωγραφικού έργου χρησιμοποιούνται κόλλες;
- 13.2.2. Πώς στερεοποιούνται οι χρωστικές στην τεχνική της νωπογραφίας;
- 13.2.3. Περιγράψτε την τεχνική της εγκαυστικής.
- 13.2.4. Τι είναι το αραβικό κόμμα ή γόμμα. Πώς χρησιμοποιείται στη ζωγραφική;
- 13.2.5. Ποια είναι τα συστατικά ενός συνδετικού τέμπερας;
- 13.2.6. Ποιο συνδετικό μέσο χρησιμοποιείται στις τοιχογραφίες σε στεγνό τοίχο;
- 13.2.7. Να αναφέρετε τα συνδετικά τέμπερας που γνωρίζετε.
- 13.2.8. Ποια είναι τα κυριότερα συνδετικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στην ελαιογραφία;
- 13.2.9. Περιγράψτε την επεξεργασία του λινέλαιου για τη χρήση του στην ελαιογραφία.
- 13.2.10. Ποιο συνδετικό χρησιμοποιείται για τη ζωγραφική με παστέλ και πώς εφαρμόζεται στην επιφάνεια ζωγραφικής;



### 14.1. Βερνίκια που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα και οι εφαρμογές τους

Το βερνίκι χαρακτηρίζεται από μία μόνο ομογενή φάση που έχει την ιδιότητα με την πάροδο του χρόνου να μεταβαίνει από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Σχηματίζει ένα διαφανές, στερεό λεπτό στρώμα, του οποίου η σκληρότητα, η ελαστικότητα και η στιλπνότητα εξαρτώνται από τη σύστασή του. Προστατεύει τα υποκείμενα χρωματικά στρώματα από επιφανειακούς ρύπους και ως ένα βαθμό από επιφανειακές κακώσεις. Στις ζωγραφικές επιφάνειες το βερνίκι προσφέρει επιπλέον γυαλάδα, δίνει βάθος στα χρωματικά στρώματα και κάνει τα χρώματα να φαίνονται πιο σκούρα.

Τα βερνίκια χρησιμοποιούνται για προστασία της ζωγραφικής επιφάνειας και η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από:

- τη δυνατότητα πρόσφυσής τους στο στρώμα που πρόκειται να επικαλύψουν.
- τις μηχανικές ιδιότητές τους (ευκαμψία, δυσθραυστότητα), όταν βρίσκονται σε στερεή κατάσταση, ώστε να παρακολουθούν τις ενδεχόμενες μεταβολές της υποκείμενης ζωγραφικής επιφάνειας (συστολές, διαστολές, σκέβρωμα) χωρίς διακοπή της συνοχής τους.

Ενίσχυση αυτών των ιδιοτήτων επιτυγχάνεται σε ορισμένες περιπτώσεις με την προσθήκη ειδικών ουσιών που ονομάζονται πλαστικοποιητές.

Ιστορικές μαρτυρίες αναφέρονται σε συνταγές παρασκευής βερνικιών λαδιού. Διάφορες σκληρές ρητίνες, που έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί, περιγράφονται γενικά με τον όρο “ήλεκτρον”. Επίσης, συχνά συγχέονται οι όροι “μαστίχη” και “σανδαράχη”.

Από τον 9ο αιώνα έως το 15ο αιώνα χρησιμοποιήθηκαν βερνίκια που περιέχουν μαστίχη ή σανδαράχη, διαλυμένες σε λινέλαιο με προσθήκη κολοφώνιου.

Πριν από το 17ο αιώνα χρησιμοποιήθηκαν ξηραίνόμενα έλαια ή μείγματα ξηραίνόμενων ελαίων και φυσικών ρητινών, τα οποία απαιτούσαν θέρμανση πριν από την εφαρμογή τους. Σύμφωνα με πηγές της εποχής αυτά τα μείγματα έχουν εφαρμοστεί με την παλάμη του χεριού του καλλιτέχνη ύστερα από τοποθέτηση του ολοκληρωμένου έργου στο ηλιακό φως, για να ζεσταθεί.

Από το 17ο αιώνα και μετά τα βερνίκια αυτά αντικαθίστανται όλο και περισσότερο από διαλύματα φυσικών ρητινών σε πτητικούς διαλύτες όπως το τερεβινθέλαιο. Ιστορικά άλλες ουσίες, όπως το λευκό του αβγού, έχουν επίσης εφαρμοστεί σε ζωγραφισμένες επιφάνειες. Σήμερα, εκτός από δάμαρη ή μαστίχη διαλυμένη σε τερεβινθέλαιο, διαλύματα συνθετικών ρητινών χρησιμοποιούνται συχνά ως βερνίκια.

Έως το 17ο αιώνα τα κύρια υλικά επικάλυψης των ζωγραφικών έργων υπήρξαν τα **μείγματα λαδιού-ρητίνης, που ονομάζονται βερνίκια λαδιού**. Αυτά παρασκευάζονται δύσκολα, καθώς πολλές φορές ήταν απαραίτητη η θέρμανση του μείγματος πριν από την εφαρμογή τους. Εξάλλου, με το πέρασμα του χρόνου γίνονται αδιάλυτα στους οργανικούς διαλύτες. Εξαιτίας των μειονεκτημάτων τους τα βερνίκια λαδιού παραμερίστηκαν κυρίως από **διαλύματα φυσικών ρητινών** όπως τη δάμαρη ή τη μαστίχη σε **οργανικούς διαλύτες**, τα οποία είναι πιο εύκολα στην παρασκευή τους.

Ανάλογα με τη σύστασή τους, τα βερνίκια μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες.

### **14.1.1. Διαλύματα φυσικών ή τεχνητών ρητινών σε διαλύτες**

Τέτοια διαλύματα είναι, για παράδειγμα, το βερνίκι δάμαρης σε τερεβινθέλαιο και το βερνίκι γομμαλάκας σε αιθυλική αλκοόλη. Αυτά τα βερνίκια στερεοποιούνται με απλή εξάτμιση του διαλύτη. Πάνω στην επιφάνεια που εφαρμόζονται παραμένει μια λεπτή διάφανη επικάλυψη καθαρής ρητίνης. Ονομάζονται συνήθως **βερνίκια διαλύτη**.

### **14.1.2. Μείγματα ελαίων και ρητινών**

Τα **βερνίκια λαδιού** όπως συνήθως ονομάζονται αποτέλεσαν έως το 17ο αιώνα τα κύρια υλικά επικάλυψης των ζωγραφικών έργων. Αποτελούνται από διαλύματα φυσικών ή συνθετικών ρητινών που παρασκευάζονται με θέρμανσή τους με έλαια και στη συνέχεια με αραίωση του προϊόντος με τερεβινθίνη ή κάποιον άλλο οργανικό διαλύτη, π.χ. βερνίκι λινελαίου-κοπαλιού, λινέλαιου -ηλέκτρο (κεχριμπάρι), λινέλαιου -κολοφώνιου. Όσο πιο σκληρή είναι η ρητίνη, τόσο υψηλότερη θερμοκρασία απαιτείται για τη θέρμανσή της. Τα βερνίκια αυτά στερεοποιούνται ύστερα από εξάτμιση του διαλύτη και στη συνέχεια οξείδωση του ελαίου. Είναι σκουρόχρωμα και με τη γήρανσή τους γίνονται αδιάλυτα στους οργανικούς διαλύτες. Η παρασκευή των βερνικιών αυτών είναι δύσκολη, γι' αυτό παρασκευάζονταν συνήθως σε βιομηχανική βάση.

### **14.1.3. Διαλύματα ενός πολυμερούς**

Σύγχρονα βερνίκια που αποτελούνται από οξική κυτταρίνη, νιτροκυτταρίνη και άλλα κυτταρινικά παράγωγα, π.χ. παράγωγα της κυτταρίνης σε έναν οργανικό διαλύτη. Είναι σημαντικά στη βιομηχανία, αλλά η εφαρμογή τους σε ζωγραφικά έργα αποφεύγεται λόγω της αμφισβητούμενης ανθεκτικότητάς τους.

#### 14.1.4. Μονομερή

Τα μονομερή πολυμεριζόμενα δημιουργούν ένα διαφανές στρώμα στην επιφάνεια πάνω στην οποία εφαρμόζονται (π.χ. λινέλαιο).

### 14.2. Συστατικά των βερνικιών

Τα κυριότερα συστατικά των βερνικιών είναι τα ακόλουθα:

- **Κοπάλια.** Τα κοπάλια είναι σκληρές, απολιθωμένες, φυσικές ρητίνες. Τα περισσότερα από τα κοπάλια έχουν υψηλά σημεία τήξης και είναι αδιάλυτα σε πολλούς διαλύτες και έλαια. Για να διαλυθούν σε ορισμένους από αυτούς, πρέπει να λιώσουν σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, περίπου 320°C, να πραγματοποιηθεί δηλαδή πυρόλυση. Τα βερνίκια που περιέχουν κοπάλια έχουν πολύ σκούρο χρώμα και λόγω της σκληρότητάς τους είναι εύθρυπτα. Για τους λόγους αυτούς, όπως επίσης και για το έντονο κιτρίνισμά τους, πρέπει να αποφεύγονται στην επικάλυψη έργων ζωγραφικής.

- **Ήλεκτρο.** Έχει χρησιμοποιηθεί περισσότερο από τα κοπάλια. Το ήλεκτρο είναι μια απολιθωμένη ρητίνη που προέρχεται από κωνοφόρο δέντρο. Το κεχριμπάρι, όπως συνήθως ονομάζεται, είναι πολύτιμη και δυσεύρετη ρητίνη. Χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα έως και σήμερα για την κατασκευή κοσμημάτων και άλλων αντικειμένων. Για την παρασκευή βερνικιών έχει χρησιμοποιηθεί ανάμειξη ηλεκτρού με ξηραίνόμενα έλαια σε υψηλή θερμοκρασία. Τα βερνίκια ηλεκτρού κιτρινίζουν έντονα και είναι δύσκολα στην αφαίρεσή τους.

- **Κολοφώνιο.** Το κολοφώνιο είναι μια εύθραυστη, διαφανής ρητίνη με υψηλή οξύτητα και χαμηλό σημείο τήξης. Το χρώμα της ποικίλλει από καστανοκόκκινο έως κίτρινο ανοικτό. Περιέχεται στην τερεβινθίνη, γνωστή με την ονομασία “ρετσίνι”, που εκκρί-

νεται από τους κορμούς των δέντρων, και στη συνέχεια υφίσταται βιομηχανική επεξεργασία. Έχει χαμηλό κόστος και χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιομηχανία χάρτου για το κολάρισμα. Αν και έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν ως συστατικό των βερνικιών για τα ζωγραφικά έργα, καλό είναι να αποφεύγεται, επειδή με την πάροδο του χρόνου κιτρινίζει και γίνεται εύθρυπτο επίσης μαλακώνει με την επίδραση ηλιακού φωτός λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του.

- **Γομμαλάκα.** Η γομμαλάκα είναι φυσική ρητίνη ζωικής προέλευσης. Συγκεκριμένα, εκκρίνεται από το έντομο **Laccifer lacca**. Έχει χρησιμοποιηθεί ως βερνίκι ξύλου ή μεταλλικών επιφανειών από το 16ο αιώνα στην Ευρώπη, αλλά δε συνιστάται η εφαρμογή της σε ζωγραφικά έργα. Ως βερνίκια χρησιμοποιούνται τα διαλύματα της γομμαλάκας σε αλκοόλη. Αν και αυτά είναι θολά κατά την εφαρμογή τους, κατά το στέγνωμα αποκτούν διαφάνεια. Τα βερνίκια γομμαλάκας είναι σκληρά, ανθεκτικά αλλά ευαίσθητα στην υγρασία, η οποία τα αποσυνθέτει και τα καθιστά κυανωπά. Με τη γήρανση το χρώμα τους σκουραίνει και διαλύονται δύσκολα από τους οργανικούς διαλύτες.

- **Σανδαράχη.** Η σανδαράχη είναι φυσική ρητίνη φυτικής προέλευσης. Προέρχεται από μικρά κωνοφόρα δέντρα, κυρίως κυπαρίσσια, που φύονται στις ακτές της Μεσογείου. Είναι σκληρή ρητίνη και αναφέρεται από τις ιστορικές πηγές ως συστατικό βερνικιών. Τα βερνίκια σανδαράχης χρησιμοποιήθηκαν σε μεταλλικές επιφάνειες, όπως για την επικάλυψη φύλλων αργύρου στις ρώσικες εικόνες. Σε συνδυασμό με φυσικές ρητίνες (φυτικής προέλευσης) έχουν την ιδιότητα να δίνουν στα αργυρά φύλλα την εντύπωση χρυσού. Είναι σκληρά, εύθραυστα, ανοιχτόχρωμα, αλλά με το πέρασμα του χρόνου σκουραίνουν έντονα.

- **Δάμαρη.** Η δάμαρη είναι φυτικής προέλευσης φυσική ρητίνη. Εξάγεται από τους κορμούς τροπικών δέντρων με χάραξη των κορμών τους. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε ως βερνίκι στις αρχές του 19ου αιώνα. Τα μικρής σκληρότητας βερνίκια της είναι ονομαστά για τη διαφάνειά τους και χαρακτηρίζονται ως “κρυσταλλικά”. Κατά τη γήρανσή τους, όμως, κιτρινίζουν. Η αλλαγή του χρώμα-

τός τους οφείλεται σε οξείδωση της ρητίνης, που επιπλέον καθιστά τη δάμαρη λιγότερο διαλυτή στους οργανικούς διαλύτες.

- **Μαστίχη.** Η μαστίχη αποτελεί συχνά συστατικό βερνικιών για ελαιογραφίες. Προέρχεται από το θάμνο πιστάκη η κοινή, που φύεται στη Χίο και σε άλλες περιοχές της Μεσογείου. Στην Αρχαία Ελλάδα, ήδη από την εποχή του Διοσκουρίδη, αναφέρεται η παραγωγή και εξαγωγή της μαστίχης από τη Χίο, η χρήση της στη μαγειρική και στη ιατρική, καθώς και η χρήση της ως υλικού συγκόλλησης. Με την πλήρη διάλυσή της σε τερεβινθέλαιο σχηματίζει βερνίκια ζωγραφικής που είναι ανοιχτόχρωμα, γυαλιστερά και εύκαμπτα. Για να αυξηθεί η ελαστικότητά τους, πολλές φορές προστίθεται λινέλαιο, βενετσιάνικη τερεβινθίνη κτλ. Με την πάροδο του χρόνου, τα βερνίκια αυτά κιτρινίζουν, σχηματίζουν ρωγματώσεις στην επιφάνειά τους και γίνονται εύθρυπτα.

## 14.3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 14ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 14.3.1.** Τι είναι τα βερνίκια και γιατί χρησιμοποιούνται στις ζωγραφικές επιφάνειες;
- 14.3.2.** Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχουν τα βερνίκια, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ζωγραφική;
- 14.3.3.** Να αναφέρετε τις κατηγορίες στις οποίες μπορούν να διακριθούν τα βερνίκια, ανάλογα με τη σύστασή τους.
- 14.3.4.** Τι γνωρίζετε για τα βερνίκια διαλύτη;
- 14.3.5.** Τι γνωρίζετε για τα βερνίκια λαδιού;
- 14.3.6.** Τι γνωρίζετε για τη σύσταση των συγχρόνων βερνικιών;
- 14.3.7.** Τι γνωρίζετε για τα κοπάγια;
- 14.3.8.** Τι γνωρίζετε για την προέλευση και τις εφαρμογές του κολοφώνιου;
- 14.3.9.** Πώς παρασκευάζονται τα βερνίκια γομμαλάκας και ποιες οι ιδιότητές τους;
- 14.3.10.** Τι γνωρίζετε για την προέλευση της δάμαρης και για τη χρήση της ως συστατικό βερνικιών;
- 14.3.11.** Ποιες οι ιδιότητες των βερνικιών που περιέχουν μαστίχη;

- ALOUPI, E., (1993) Φύση και μικρομορφολογία των βαφών σε αρχαία κεραμικά, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- BALAZSY-TIMAR, A. and EASTOP, D., (1998) Chemical principles of textile conservation, Butterworth-Heinemann.
- BRANDT, D.A., (1992) Metallurgy Fundamentals, The Goodheart-Willcox Co., Inc., U.S.A..
- BUCHANAN, G., (1995) The illustrated handbook of furniture restoration, B.T. Batsford Ltd., London.
- CIETA, (1964) Vocabulary of Technical Terms-Fabrics, CIETA, Lyon.
- CLYDESDALE, A., (1990) Chemicals in Conservation- A guide to possible hazards and safe use, SSCR.
- FLORIAN, M.-L., KRONKRIGHT, D. P. And NORTON, R. E., (1992) The conservation of artifacts made from plant materials, Getty Conservation Institute.
- FLUKA, (1998) Specialty Chemicals and Analytical Reagents for Research, General Catalogue.
- FORBES, R.J., (1993) Studies in Ancient Technology- Volume III, 2nd reprint of the 1965 edition, Ed. Brill, Leiden, The Netherlands.
- HERZ, N. and WAELKENS, M., (1988) Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade, NATO ASI Series, Volume 153, Kluwer Academic Publishers, pp. 11-64.
- HODGES, H., (1968) Artifacts: An Introduction to Early Materials and Technology, Ed. John Baker, London.
- HORIE, C.V. and KENYON, D., (1993) Chemistry for Conservators, IAP (International Academic Projects), London.
- HORIE, C.V., (1996) Materials for Conservation, Ed. Butterworths, Oxford.
- HUMPHRIES, M., (1995) Fabric Glossary, Ed. Prentice Hall, USA.



- IIC, (1984) Adhesives and Consolidants, In: Preprints of the Contributions to the Paris Congress, 2-8 September 1984, Ed. International Institute for Conservation, London.
- JONES, R., (1986) Greek and Cypriot Pottery: A Review of Scientific Studies, British School at Athens, Fitch Laboratory, Occasional Paper.
- KUHN, H., (1986) Conservation and Restoration of Works of Art and Antiquities-Volume I, Ed. Butterworths, London.
- McGIFFIN, R.F., (1992) Furniture care and conseravtion. AASLH Press.
- MIONI, E., (1979) Εισαγωγή στην Ελληνική Παλαιογραφία, Μετάφραση Ν.Π. Παναγιωτάκη, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα.
- MORA, P., MORA, L., and PHILIPPOT, P., (1984) Conservation of Wall Paintings, Buttersworth, U.K..
- NEWAY, C., BOFF, R., DANIELS, V., PASCOE, M. And TENNANT, N., (1984) Adhesives and Coatings. Conservation Science Teaching Series, Science for Conservators- Volume 3, Ed. The Conservation Unit, Routledge, London.
- SIGMA -ALDRICH, (1998) Biochemicals and Reagents for Life Science Research, General Catalogue.
- NEWTON, R.G., and WERNER A.E., (1989) Conservation of Glass, Buttersworth, U.K.
- RICHTER, G., (1974) Αρχαία Ελληνική Τέχνη, Ινστιτούτο του Βιβλίου- Μ. Καρδαμίτσα, Αθήνα.
- RYE, O.S., (1981) Pottery Technology, Manuals on Archaeology 4, Taraxacum Inc.
- SIPOS, E., (1998) Handling of Archaeological Textiles (Manual), Interscientific Course of Study for the Conservation Methods Compatible with Research on Organic Materials (Raphael Project), TEI-A.
- TAIT, H., (1991) Five Thousand Years of Glass, British Museum Press, U.K..
- TORRACA, G., (1990) Solubility and Solvents for Conservation Problems, Ed. ICCROM, Rome.

- TORRACA, G., (1986) Materiaux de Construction Poreux, ICCROM, Rome.
- TYLECOTE, R.F., (1992) A History of Metallurgy, 2nd Edition, The Institute of Materials, U.S.A..
- UKIC, (1990) Archaeological Textiles, Occasional Papers, Number 10, London.
- UNESCO, (1968) The Conservation of Cultural Property, Ed. UNESCO, Rome.
- WEINDERG, G.D., (1992) Glass Vessels in Ancient Greece, Ministry of Culture, Archaeological Receipts Fund, Athens.
- WENDEHORST, R., (1975) Δομικά Υλικά, Εκδ. Μ. Γκιούρδας, Αθήνα.
- ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ, Μ. Α., (1990) Τα υφαντά της Λέσβου, Δήμος Μυτιλήνης-Λεσβιακός Οργανισμός Λαϊκής Τέχνης, Αθήνα.
- ΑΝΔΡΟΝΙΚΟΣ, Μ., ΧΑΤΖΙΔΑΚΗΣ, Μ. και ΚΑΡΑΓΙΩΡΓΗΣ, Β., (1974) Τα Ελληνικά Μουσεία. Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα Α.Ε.
- ΔΕΜΙΡΗΣ, Κ. Α., (1986) Τεχνική Γεωλογία- Μέρος Α΄. Γεωλογικοί Σχηματισμοί, Εκδ. University Studio Press, Αθήνα.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ. και ΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ.Ε., (1994) Γλωσσάριο Γεωλογικών Εννοιών, Εκδ. Δ. Μαυρομμάτη, Αθήνα.
- ΕΠΙΤΟΜΟ ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΙΚΟΝ ΛΕΞΙΚΟΝ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ-ΔΑΚΗ, (1935), Εκδ. οίκος Ελευθερουδάκη Α.Ε., Αθήνα.
- ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ-ΤΕΧΝΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, (1997) Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη.
- ΚΑΒΒΟΥΡΑΣ, Π., (1994) Τεχνολογία Ξύλου. Εκπαιδευτική Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια- Τεχνολογία και Πληροφορική, Τόμος 19, Εκδοτική Αθηνών Α.Ε, σελ. 380-381.
- ΚΑΒΒΟΥΡΑΣ, Π., (1999) Συντήρηση Αρχαιολογικού Ξύλου. Σημειώσεις για το μάθημα Συντήρηση Οργανικών Υλικών ΙΙ, Τμήμα ΣΑΕΤ, ΤΕΙ-Αθήνας.
- ΚΑΤΣΙΝΗΣ, Δ., (1991) Συντήρηση Πέτρας Ι, Σημειώσεις του αντίστοιχου μαθήματος για το Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων

- και Έργων Τέχνης, ΤΕΙ Αθήνας.
- ΚΟΝΤΟΥ, Ε.Κ., ΚΟΝΤΖΑΜΑΝΗ, Δ.Δ., ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ, Β.Ν., (1995) Γυαλί: Τεχνολογία, Διάβρωση & Συντήρηση, Αθήνα.
- ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ, Β.Ν., (1992) Διάβρωση και Συντήρηση της Πέτρας, Αθήνα.
- ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ, Β.Ν., (1992) Κεραμικό, Τεχνολογία, Διάβρωση και Συντήρηση, Αθήνα.
- ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΣ, Β.Ν., (1996) Κεραμικά, Τεχνολογία, Διάβρωση και Συντήρηση, Αθήνα.
- ΜΑΝΩΛΙΚΙΔΗΣ, Κ. και ΜΠΕΖΑΣ, Κ., (1978) Στοιχεία οργανικής χημείας, Αθήνα.
- ΜΕΓΑΛΗ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ Π. ΔΡΑΝΔΑΚΗ, (1932) Εκδ. Φοίνιξ, Αθήνα.
- ΜΩΡΑΪΤΟΥ-ΛΕΓΑΚΙ, Α.Α., (1997) Υλικά, Σειρά: Βιβλιοθήκη του τεχνίτη, Εκδ. Ευγενίδιου Ιδρύματος, Αθήνα.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, Χ.Μ., (1978) Τεχνολογία σκυροδέματος. Εκδ. Βιβλιοοικοδομική, Αθήνα.
- ΤΣΑΪΜΟΥ, Κ.Γ., (1997) Αρχαιογνωσία των Μετάλλων. Αθήνα.
- ΥΠ.ΠΟ. Διεύθυνση Λαϊκού Πολιτισμού, (1991) Πρακτικά Εκπαιδευτικού Σεμιναρίου στη Συντήρηση Λαογραφικών Αντικειμένων, 7-10 Νοεμβρίου 1988, Αθήνα.
- ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ, Δ., (1998) Ειδικά Θέματα Χημείας ΙΙ, Σημειώσεις για το Τμήμα ΣΑΕΤ του ΤΕΙ Αθήνας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΤΡΑ

- 1.1. Ταξινόμηση των πετρωμάτων
  - 1.1.1. Πυριγενή πετρώματα
    - 1.1.1.1. Πλουτώνια πετρώματα
    - 1.1.1.2. Ηφαιστειογενή πετρώματα
    - 1.1.1.3. Φλεβίτες
  - 1.1.2. Ιζηματογενή πετρώματα
    - 1.1.2.1. Κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα
    - 1.1.2.2. Χημικά και βιογενή ιζηματογενή πετρώματα
  - 1.1.3. Μεταμορφωσιγενή πετρώματα
- 1.2. Είδη και ιδιότητες των μαρμάρων
- 1.3. Γρανίτες
- 1.4. Αδρανή υλικά
  - 1.4.1. Είδη αδρανών υλικών (φυσικά-τεχνητά) και οι ιδιότητές τους
  - 1.4.2. Αδρανή από φυσικά πετρώματα
- 1.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 1ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ:**

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ - ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

- 2.1. Τύποι επιχρισμάτων (αργιλικά, ασβεστούχα, επιχρίσματα γύψου) και τρόποι χρήσης τους
- 2.2 Τύποι κονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα
- 2.3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 2ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 20**

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΤΑΛΛΑ

- 3.1. ΑΥΤΟΦΥΗ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ
- 3.2. Οι ιδιότητες των μετάλλων  
ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
- 3.3. Η ιστορία της μεταλλουργίας
- 3.4. Η χρήση των μετάλλων κατά την αρχαιότητα
  - 3.4.1. Αυτοφυή μέταλλα (χρυσός, άργυρος και χαλκός)  
Χρυσός και ασήμι  
Χαλκός και κράματα χαλκού  
Σίδηρος  
Μόλυβδος
- 3.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 3ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΕΡΑΜΙΚΑ**

- 4.1. Πρώτες ύλες για την παραγωγή κεραμικών
- 4.2. Επεξεργασία των πρώτων υλών και παραγωγή πηλού
- 4.3. Μορφοποίηση του πηλού
- 4.4. Η ξήρανση και το ψήσιμο του πηλού
- 4.5. Υαλώματα και διακόσμηση των κεραμικών
- 4.6. Αρχαία Κεραμικά
- 4.7. **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 4ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΓΥΑΛΙ**

- 5.1. Σύσταση και μέθοδος παραγωγής γυαλιού
- 5.2. Μορφοποίηση του γυαλιού
- 5.3. Το γυαλί στην αρχαιότητα
- 5.4. **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 5ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΙΑΛΥΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ**

- 6.1. Εισαγωγή
  - 6.1.1. Είδη διαλυμάτων
  - 6.1.2. Διαλυτότητα και περιεκτικότητα διαλυμάτων
  - 6.1.3. Ιδιότητες των διαλυμάτων
- 6.2. Διαλύτες που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης  
Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες  
\* Κυκλικοί υδρογονάνθρακες
- 6.3. Κίνδυνοι από τη χρήση διαλυτών
- 6.4. Η χρήση των διαλυμάτων στη συντήρηση αρχαιοτήτων και έργων τέχνης
- 6.5. **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 6ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΚΟΛΛΕΣ**

- 7.1. Γενικά
- 7.2. Ταξινόμηση των συγκολλητικών που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση
  - 7.2.1. Φυσικές κόλλες
  - 7.2.2. Συνθετικές κόλλες

7.3. Τα συστατικά μιας κόλλας

\* Διαλύτες

\* Καταλύτες και σκληρυντές

\* Επιταχυντές, σταθεροποιητές και επιβραδυντές

\* Μετατροπείς

7.4. Ιδιότητες των συγκολλητικών υλικών

\* Οξύτητα ή βασικότητα

\* Εκπομπή επικίνδυνων προϊόντων αποδόμησης

\* Ελαστικότητα

\* Συρρίκνωση

\* Διαλυτότητα και δυνατότητα αφαίρεσης (αντιστρεψιμότητα)

\* Χρώμα μετά τη στερεοποίηση

\* Ιξώδες

\* Χρόνος σκλήρυνσης

\* Συγκολλητική ιδιότητα

7.5. Οι παράγοντες “επιτυχίας” μιας συγκόλλησης

7.6. Στερεωτικά υλικά

**7.7. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 7ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΞΥΛΟ**

8.1. Γενικά

8.2. Η δομή του ξύλου

8.2.1. Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

8.2.2. Μικροσκοπική εξέταση της δομής

8.2.3. Χημική σύσταση του ξύλου

8.3. Ιδιότητες του ξύλου

8.3.1. Πυκνότητα

8.3.2. Περιεκτικότητα σε υγρασία

8.3.3. Ελαστικότητα και μηχανική αντοχή

8.3.4. Σκληρότητα

8.3.5. Θερμοαγωγιμότητα

8.3.6. Ακουστικές ιδιότητες του ξύλου

8.3.7. Οπτική εντύπωση του ξύλου

8.3.8. Φυσική αντίσταση του ξύλου

8.4. Η επεξεργασία του ξύλου

8.4.1. Κοπή

- 8.4.2. Ξήρανση
- 8.4.3. Εμποτισμός
- 8.4.4. Μορφοποίηση
- 8.4.5. Σύνδεση
- 8.4.6. Διακόσμηση
- 8.5. Οι φθορές που υφίσταται το ξύλο και οι αιτίες τους
- 8.5.1. Ζώα που καταστρέφουν το ξύλο
- 8.5.2. Μικροοργανισμοί που φθείρουν το ξύλο
- 8.5.3. Η επίδραση μη βιολογικών παραγόντων στη φθορά του ξύλου
- 8.5.4. Προστασία του ξύλου
- 8.6. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ 8ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΥΦΑΣΜΑ**

- 9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- 9.2. ΙΝΕΣ ΓΙΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ
- 9.3. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ
- 9.4. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ
- 9.5. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 9ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΧΑΡΤΙ**

- 10.1. Η ιστορική εξέλιξη του χαρτιού
- 10.2. Κατασκευή και ιδιότητες του χαρτιού
- 10.3. Σύσταση του χαρτιού
- 10.4. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 10ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: Η ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΖΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

- 11.1. Δομή του ζωγραφικού έργου
- 11.2. Προετοιμασία
- 11.2.1. Κατηγορίες προετοιμασιών που σχετίζονται με τη ζωγραφική τέχνη φορητών έργων, σε διάφορα υποστρώματα
- 11.2.1.1. Προετοιμασία υφασμάτινου υποστρώματος για ελαιογραφία
- 11.2.1.2. Προετοιμασία ξύλινων υποστρωμάτων
- 11.3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 11ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. ΧΡΩΜΑΤΑ**

12.1. Καταγραφή χρωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα

12.2. Κατηγορίες των χρωμάτων και των ιδιοτήτων τους. Η προέλευση των χρωμάτων και ο τρόπος επεξεργασίας τους

12.2.1. Βαφές

12.2.2. Χρωστικές

12.3. Οι σημαντικότερες χρωστικές που έχουν χρησιμοποιηθεί στις διάφορες τεχνικές ζωγραφικής

### **12.4. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 12ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΟΛΛΕΣ ΤΩΝ ΖΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

13.1. Παρουσίαση, ταξινόμηση και ανάλυση των συνδετικών των χρωμάτων και των κολλών που εμφανίζονται στις διάφορες τεχνικές ζωγραφικής

13.1.1. Νωπογραφία

13.1.2. Εγκαυστική

13.1.3. Υδατογραφία

13.1.4. Πρωτεϊνικά υλικά - Τέμπερα

13.1.4.2. Καζεΐνη

13.1.5. Ελαιογραφία

13.1.6. Παστέλ (Κρητιδογραφία)

### **13.2. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 13ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: ΒΕΡΝΙΚΙΑ**

14.1. Βερνίκια που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα και οι εφαρμογές τους

14.1.1. Διαλύματα φυσικών ή τεχνητών ρητινών σε διαλύτες

14.1.2. Μείγματα ελαίων και ρητινών

14.1.3. Διαλύματα ενός πολυμερούς

14.1.4. Μονομερή

14.2. Συστατικά των βερνικιών

### **14.3. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 14ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

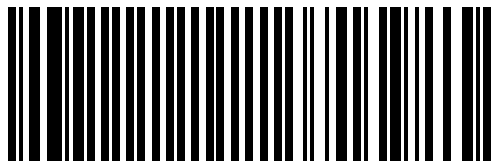


Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*



Κωδικός Βιβλίου: 0-24-0174  
ISBN 978-960-06-2952-1



(01) 000000 0 24 0174 4