

# Σύγχρονη τεχνολογία και συντήρηση έργων τέχνης από ξύλο

Έπιπλα, εργαλεία, κατασκευές, έργα τέχνης αλλά και οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο ιστορικής αξίας είναι κατασκευασμένο από ξύλο, με το πέρασμα των ετών χρειάζεται κάποια συντήρηση. Εδώ καλείται η σύγχρονη τεχνολογία να συμβάλει με τις νέες μεθόδους της.

Των Δρ. Ιωάννη Κακαρά και Δρ. Γεωργίου Μαντάνη

Το ξύλο χρησιμοποιείται στις περισσότερες κατασκευές και έργα τέχνης, κυρίως με τη μορφή του συμπαγούς (μασίφ) ξύλου. Από τα προϊόντα ξύλου χρησιμοποιούνται μόνο εκείνα που διατηρούν τη δομή του ξύλου, δηλ. τα ξυλόφυλλα και τα αντικολλητά. Το ξύλο λόγω της χημικής του σύστασης (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λιγνίνη) και ως βιολογικό προϊόν προσβάλλεται από μύκητες και σαπίζει ή αλλιάζει χρώμα, από έντομα, και αποικοδομείται από βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς και υποβαθμίζεται.

Οι κλιματικοί παράγοντες (νερό, υπερύθρινη ακτινοβολία, θερμότητα, άνεμος) προκαλούν φθορές στο ξύλο και το υποβαθμίζουν με την πάροδο

του χρόνου. Το ξύλο επίσης, ως υγροσκοπικό υλικό προσλαμβάνει υγρασία από την ατμόσφαιρα και διογκώνεται, χάνει υγρασία και ρικνώνεται, ενώ ως ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό, οι ιδιότητές του και οι μεταβολές που υφίσταται διαφέρουν στις διάφορες κατευθύνσεις μέσα στη μάζα του. Με το χρόνο το ξύλο των κατασκευών υφίσταται μια συνεχή τροποποίηση των αρχικών του ιδιοτήτων ως συνέπεια της αλληλεπίδρασης διάφορων παραγόντων. Το αποτέλεσμα όλων αυτών των διαδικασιών και αλληλαγών στο ξύλο είναι γνωστό με τον όρο γήρανση.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες που προκαλούν τη γήρανση του ξύλου βρίσκονται σε μια συνεχή δυναμική



1. Παλιό ξύλο (φαινόμενο γήρανσης)

2. Στα περισσότερα μοναστήρια της χώρας μας υπάρχει πληθώρα ξύλινων κατασκευών ιστορικής αξίας που χρήζουν συντήρησης



αλληλαγών και το αποτέλεσμα της επίδρασής τους στο ξύλο δεν μπορεί να μελετηθεί και να εκτιμηθεί από τη μελέτη και την επίδραση πολλών παραγόντων μαζί. Ο σχεδιασμός των μέτρων προστασίας και αποφυγής της γήρανσης του έργου γίνεται με διαφορετικό τρόπο στη κάθε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες των ξύλινων κατασκευών: ξύλινα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς, πολυχρωμίες σε πάνελς και εικόνες, έργα ξυλογλυπτικής, μουσικά όργανα, αρχαιολογικό ξύλο.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται η δυσκολία συντήρησης έργων τέχνης από ξύλο γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συμβολή της σύγχρονης τεχνολογίας στη διαδικασία συντήρησης η οποία δημιουργεί συνθήκες πρόκλησης για τον επιστήμονα και συντηρητή και ιδιαίτερα στον τομέα των ξύλινων έργων τέχνης και κατασκευών πολιτιστικής κληρονομιάς. Έτσι τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται τεχνικές συντήρησης και εκτίμησης έργων τέχνης με χρήση ακτίνων Laser, ακτίνων Χ, ακτίνων γ, κ.α.

Για την επιλογή της κατάλληλης τεχνικής συντήρησης και αποκατάστασης των κατασκευών και έργων τέχνης από ξύλο, είναι καθοριστική και αναγκαία η γνώση της πλήρους ταυτότητας του κάθε ξύλου, δηλ. η γνώση όλων των ιδιοτήτων του, όπως των φυσικών, χημικών, μηχανικών, ακουστικών, ηλεκτρικών, θερμικών ιδιοτήτων, η γνώση της εσωτερικής του δομής, των σφαιρμάτων δομής και της ανισοτροπίας που παρουσιάζει, η γνώση της φυσικής του διάρκειας (ανθεκτικότητας), της διαστασιακής του σταθερότητας κατά τη μεταβολή των συνθηκών του περιβάλλοντος, της συμπεριφοράς του κατά τη μηχανική κατεργασία, τον εμποτισμό, την ξήρανση, τη βαφή και το φινιρίσμα. Είναι επίσης απαραίτητη για την επιλογή των κατάλληλων υλικών και εργαλείων - συσκευών συντήρησης.

### ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕ LASER

Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνολογίας Laser στην ιατρική οδήγησε στην εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής και στη συντήρηση έργων τέχνης. Οι εφαρμο-

γές αυτές αποτελούν ένα νέο πεδίο δραστηριότητας στη συντήρηση και σε ότι αφορά ξύλινα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς, διακρίνουμε τις περιπτώσεις που αναλύονται στη συνέχεια:

#### **Καθαρισμός ζωγραφικών έργων και εικόνων με τεχνολογία Laser.**

Ο καθαρισμός των έργων ζωγραφικής, δηλ. η απομάκρυνση των σωματιδίων της αιθάλης και της ακαθαρσίας που με την πάροδο του χρόνου συγκεντρώνονται στις επιφάνειες έργων ζωγραφικής είναι μια από τις δυσκολότερες επεμβάσεις συντήρησης. Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν τεχνικές με συστήματα ακτίνων Laser. Σε μια τέτοια εφαρμογή ως πηγή Laser χρησιμοποιήθηκε το νέο σύστημα ReNOVALaser 1.

#### **Απομάκρυνση στρώσεων βερνικιών και γομαλάκας με σύστημα Laser.**

Αξιόλογη θεωρείται και η εφαρμογή της τεχνολογίας Laser στην απομάκρυνση στρώσης βερνικιού ή γομαλάκας από την επιφάνεια πολυχρωμίας σε ξύλο ή από την επιφάνεια επίπλου ή έργου τέχνης, χωρίς την πρόκληση φθοράς στο υπόστρωμα. Η απομάκρυνση αυτή επιβάλλεται όταν το προστατευτικό βερνίκι έχει κιτρινίσει και έχει υποβαθμιστεί αισθητικά.

#### **Εκτίμηση έργων τέχνης με υπέρυθρη θερμογραφία.**

Για τη μελέτη πολύτιμων ξύλινων αντικειμένων, συχνά είναι απαραίτητη η διάγνωση της εσωτερικής κατάστασης του αντικειμένου χωρίς την πρόκληση φθοράς. Αυτό βοηθάει στην επιλογή των κατάλληλων μεθόδων συντήρησης και αποκατάστασης. Μια τέτοια μέθοδος είναι η εφαρμογή της υπέρυθρης θερμογραφίας. Κατά τη μέθοδο αυτή το ξύλινο αντικείμενο δέχεται θερμική παλμική ακτινοβολία και ταυτόχρονα γίνονται λεπτομερείς παρατηρήσεις του ξύλου μέσω κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι διαφορές στη θερμική αγωγιμότητα και την ποσότητα της θερμικής ακτινοβολίας στα διάφορα σημεία στο εσωτερικό του αντικειμένου αποτυπώνονται στη θερμογραφία και αποκαλύπτουν την εσωτερική κατάσταση του ξύλου, π.χ. προσβολές εντόμων, μυκήτων, ύπαρξη μεταλλικών αντικειμένων,

αποκοιλήσεις, ρωγμές. Τυπικές εφαρμογές της μεθόδου είναι ο χαρακτηρισμός των διακοσμητικών ενθεμάτων, ο έλεγχος ξύλου εικόνων και έργων ζωγραφικής και ο έλεγχος δομικού ξύλου.

### **ΑΚΤΙΝΕΣ γ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ Χ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ**

**Ακτίνες γ:** Έχουν έντονα βιοκτόνες επιδράσεις και για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μεθόδους απολύμανσης και καταπολέμησης προσβολών ξύλινων κατασκευών από μύκητες, έντομα κ.α. Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής αυτής είναι τα ακόλουθα:

- μεγάλη ταχύτητα,
- χαμηλό κόστος,
- εξαιρετική αποτελεσματικότητα,
- δεν παραμένουν τοξικά και ραδιενεργά κατάλοιπα στο ξύλο.

Αν και η εφαρμογή της μεθόδου για περίπου τριάντα χρόνια παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα αυτά, εντούτοις υπάρχουν παρενέργειες που μελετώνται προκειμένου να καθιερωθούν οι αυστηροί περιορισμοί και οι προδιαγραφές στη χρήση της ακτινοβολίας γ.

**Ακτίνες Χ:** Η εφαρμογή των ακτίνων Χ για έλεγχο τυχόν προσβολών του ξύλου από έντομα και εκτίμηση του μεγέθους της προσβολής, είναι αντικείμενο έρευνας με θετικά αποτελέσματα. Στο στάδιο της έρευνας βρίσκεται επίσης και η εφαρμογή ειδικών τεχνικών οι οποίες δεν καταστρέφουν το ξύλο για τη μελέτη των ιδιοτήτων του, με δημιουργία ειδώλων (imaging techniques) χρησιμοποιώντας νετρόνια και ακτίνες Χ. Σε εξέλιξη βρίσκεται επίσης έρευνα για την ανάπτυξη μη καταστρεπτικής ανάλυσης των ιδιοτήτων διαφόρων ξύλινων αντικειμένων σε μουσεία με χρήση μικρού κινητού φασματοφωτόμετρου ακτίνων Χ (XPF) με διέγερση ραδιοϊσοτόπων (X-ray fluorescence (XRF) spectrometer).

### **ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Στο στάδιο της έρευνας βρίσκεται πρόσθετα τεχνική για τον εντοπισμό της παρουσίας προνυμφών ξυλοφάγων εντόμων, μέσα από διαδικασία ανίχνευ-

Με τη δενδροχρονολόγηση συγκρίνοντας το εύρος μιας σειράς των τελευταίων ετησίων δακτυλίων ενός δένδρου του ίδιου είδους και της ίδιας περιοχής με το εύρος των ετησίων δακτυλίων του δείγματος μας, μπορούμε να ορίσουμε την ακριβή χρονολογία δημιουργίας του τελευταίου ετήσιου δακτυλίου και να προσεγγίσουμε το χρόνο ζωής του ξύλου που μελετάμε.



3. Το αρχαίο ναυάγιο της Κερύνειας. Σύμφωνα με τη μέθοδο του άνθρακα 14 το ξύλο χρονολογείται από το 389 π.Χ.

σης των ακουστικών σημάτων που δημιουργούνται από τις προνύμφες, όταν κατατρώγουν το ξύλο ανοίγοντας σπές μέσα σε αυτό.

Ξύλινα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς συντηρήθηκαν στο παρελθόν με ισχυρές βιοκτόνες ουσίες, όπως διχλωρο-διφαινυλο-τριχλωροαιθάνιο (γνωστό ως DDT), γ-εξαχλωροκυκλοεξάνιο (γνωστό ως Lindane), πενταχλωροφαινόλη, σύμπλοκα βαρέων μετάλλων αρσενικού, χρωμίου, χαλκού, οι οποίες παραμένουν στα αντικείμενα δημιουργώντας βλάβες στο ξύλο και ανεπιθύμητες επιδράσεις στον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό πολλὰ από τα συντηρημένα αντικείμενα απομακρύνονται από το ανθρώπινο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων απομάκρυνσης των βιοκτόνων ουσιών από τα ξύλινα αντικείμενα με εκχύλιση σε διοξειδίο του άνθρακα σε υπερκρίσιμες συνθήκες.

### ΔΕΝΔΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΔΕΝΔΡΟΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

Δενδρομετρία είναι ο κλάδος της δασοπονικής επιστήμης που ασχολείται με τη μέτρηση του όγκου ξυλείας δένδρων και δάσους και τη μέτρηση της αύξησης και προσαύξησης δέντρων και δάσους. Δενδροχρονολόγηση είναι η χρονολόγηση γεγονότων στο παρελθόν μέσω μελέτης της ανάπτυξης των δακτυλίων των δέντρων. Με τον τρόπο αυτό αν συγκρίνουμε ένα άγνωστης ηλικίας ξύλο και κάποιο γνωστής ηλικίας και ταιριάξουμε τους δακτυλίους τους, μπορούμε να υπολογίσουμε τη χρονολογία κοπής του άγνωστης ηλικίας δένδρου. Η δενδροχρονολόγηση είναι η μόνη αρχαιομετρική τεχνική που μπορεί να δώσει αποτέλεσμα με ακρίβεια έτους ή καμιά φορά και μηνών.

Το αντικείμενο μελετάται στο σύνολό του έτσι, ώστε να προκύψουν πληροφορίες αρχαιολογικής φύσεως, όπως πληροφορίες τυπολογίας, μορφολογίας και ανεύρεσης ιχνών. Οι πληροφορίες αυτές αξιολογούνται κατάλληλα και οδηγούν στην εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών. Έτσι, ίχνη (απου-

τώματα) πάνω στο ξύλο αποκαλύπτουν το είδος των εργαλείων και τον τρόπο χειρισμού από τον τεχνίτη. Η μορφή ενός ξύλινου πασάλου αποκαλύπτει κατά πόσο χρησιμοποιήθηκε ως δομικό στοιχείο κτιρίου ή ως περίφραξη, κατά πόσο το δένδρο από το οποίο προήλθε αναπτύχθηκε σε επίπεδο μέρος ή σε κεκλιμένο έδαφος. Στοιχεία τυπολογίας αποκαλύπτουν π.χ. ότι ένα τεμάχιο ξύλου χρησιμοποιήθηκε ως δομικό στοιχείο κατασκευής σπιτιού τύπου αγροικίας. Επιπροσθέτως λαμβάνονται δείγματα ξύλου για δενδροχρονολογική ανάλυση. Η αρχή της μεθόδου είναι η σύγκριση του εύρους μιας σειράς των τελευταίων ετησίων δακτυλίων ενός δένδρου του ίδιου είδους και της ίδιας περιοχής με το εύρος των ετησίων δακτυλίων του δείγματος, έτσι ώστε να ορισθεί η απόλυτη χρονολογία για τον τελευταίο ετήσιο δακτύλιο και να προσεγγίσουμε τον χρόνο ζωής του ξύλου που μελετάμε. Μπορεί επίσης να αναγνωρισουμε τη γεωγραφική περιοχή προέλευσης του δένδρου από το οποίο προέρχεται το ξύλο που μελετάμε.

**Παράδειγμα μελέτης προϊστορικού δομικού ξύλου:** Για να διατηρηθεί το ξύλο για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα θα πρέπει να έχει θαφτεί για πολλούς αιώνες μέσα σε υγρό έδαφος, παρουσία νερού, με πλήρη απουσία οξυγόνου και σε αναγωγικό περιβάλλον. Λαμβάνεται τομή κορμιδίου από κατάλληλο σημείο, που αποκαλύπτει πολλὰ ανατομικά στοιχεία, λ.χ. εντεριώνη, σομφό ξύλο, τελευταίο δακτύλιο κάτω από το φλοιό, τμήμα με πολλούς ετησίους δακτυλίους, απουσία ρόζων κ.α. Από τη συγκριτική μελέτη των δεδομένων προς γνωστά δείγματα του ίδιου είδους εκτιμάται το έτος υλοτομίας του δένδρου. Τέτοια ευρήματα ξύλου προϊστορικών κατασκευών βρέθηκαν στη Γαλλία (Moriez Saltwell των Άλπων της επαρχίας Haute) και ανάγονται στην 6η χιλιετηρίδα π.Χ. Πρόσφατες μελέτες ξύλου νεολιθικής εποχής στο Clairvaux de - Lacs and Chalain αποδεικνύουν ότι η περιοχή κατοικήθηκε για περισσότερο από μία χιλιετία (3η και 4η χιλιετία

π.Χ.). Οι κατασκευές κατοικιών, περιφράξεων, στην αρχή γίνονταν από στρογγυλό ξύλο και αργότερα με τεμάχια ξύλου κομμένα κατά μήκος. Οι οικισμοί παρουσίαζαν μια σταδιακή βελτίωση των κατασκευών στην αρχιτεκτονική και στην οργάνωση του κοινωνικού βίου.

**Παράδειγμα μελέτης ιστορικής περιόδου:** Η μελέτη αυτή είναι ευκολότερη. Τα δείγματα λαμβάνονται από σημεία με περισσότερα δενδρολογικά στοιχεία, π.χ. από στέγες, πατώματα, ταβάνια κατοικιών. Έτσι εκτιμάται ο χρόνος υλοτομίας των δένδρων. Στην περίοδο αυτή η ξυλεία χρησιμοποιούνταν στον ίδιο χρόνο υλοτομίας των δένδρων, μετά την πρίση και ξήρανση στο 20-30%. Στις μελέτες είναι δυνατή η αναγνώριση του είδους ξύλου, της ηλικίας και του ρυθμού αύξησης του δένδρου, καθώς και η εκτίμηση των συνθηκών του περιβάλλοντος. Ανάλυση των ιχνών των εργαλείων αποκαλύπτουν το είδος των εργαλείων, π.χ. τσεκούρι, μαχαίρι, πριόνι.

Η εφαρμογή της μελέτης δενδρομετρίας και δενδροχρονολόγησης για κινητές κατασκευές επίπλων, αντικειμένων, εργαλείων, παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες. Περιορίζεται σε μακροφωτογράφιση μετά από τον καθαρισμό της επιφάνειας και εργαστηριακές εξετάσεις. Από την εφαρμογή της δενδροχρονολόγησης σε κατασκευές και έπιπλα μεσαιωνικής περιόδου είναι γνωστά ακόμη περισσότερα στοιχεία της τεχνολογίας και των μεθόδων παραγωγής, π.χ. κατεργασία και τεχνικές συνδέσεων, πλάνισματος, λείανσης, τρυπήματος, μονταρίσματος και βαφής των κατασκευών.

**Βιβλιοδεσία με ξύλο:** Ένας άλλος ενδιαφέρον τομέας μελέτης είναι τα βιβλία της Δυτικής Ευρώπης κατά τον Μεσαίωνα, τα οποία περιέχουν ξύλο στη βιβλιοδεσία τους, είτε πρόκειται για βιβλία γραμμένα με το χέρι είτε για ξυλογραφία (incunabula, δηλ. βιβλία που έχουν γραφτεί μέχρι το 1500 μ.Χ.). Χρησιμοποιούνταν ξύλο δρυός και οξιάς με διαστάσεις από



4α



4β



6



5



7α



7β

10 έως 80cm και πάχος 2-5cm. Γίνονταν επιλογή ξύλου με ισόβην δομή (ακτινική τομή) και το σχίσιμο γινόταν στην κατεύθυνση των ινών, ενώ στη δρυ αποφεύγονταν η συνύπαρξη εγκάρδιου και σομφού ξύλου. Κατά τον 15ο αιώνα κυριάρχησε η οξιά. Ο Γουτεμβέργιος αργότερα έθεσε τέλος στο ξύλινο δέσιμο των βιβλίων. **Ε**

Πηγή: Πρακτικά Συνεδρίου της Επιστημονικής δράσης Cost Action IE0601: Wood Science for Conservation of Cultural Heritage, Tervuren, Belgium (2007).

Κακαράς Ι. και Γ. Μαντάνης (2009). Η εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στη συντήρηση έργων τέχνης από ξύλο. Επιστημονική Επετηρίδα Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. (Τιμητικός τόμος για Καθ. Ν. Στάμου).

4. α. Πηγή ακτίνων Laser (ReNOVALaser 1)  
β. Δοκιμές καθαρισμού πολυχρωμίας με ακτίνες Laser
5. Υπέρυθρη θερμογραφία ξύλινης δοκού κτιρίου, που αποκαλύπτει την υποβάθμιση της ξυλόγλυπτης παράστασης.
6. Παλιά ξύλινη πλάνη
7. α. Αναγνώριση εργαλείων από τα αποτυπώματα - ίχνη κατεργασίας πάνω στο ξύλο.  
β. Πελέκηση ξυλείας για δημιουργία πριστών ορθογωνικής διατομής.