

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ & ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ



ΟΙ ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΚΑΛΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ, ΟΠΩΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ. Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΝΑΡΧΑΙΑ ΧΡΟΝΙΑ ΕΦΑΡΜΟΖΕ ΙΔΙΑΙΤΕΡΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ. ΣΤΟ ΑΡΘΡΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΟΙ ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΜΕΧΡΙ ΚΑΙ ΣΗΜΕΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ, ΚΑΘΩΣ ΕΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.

Το ξύλο (wood, xylem) είναι ένα βιολογικό, οργανικό υλικό, προϊόν της αειφορίας των δασών. Αποτελεί ένα ιδιαίτερο υλικό που έχει βοηθήσει καθοριστικά την εξέλιξη του ανθρώπου στον πλανήτη και στον πολιτισμό του. Με μηχανική ή/και χημική επεξεργασία οι επιστήμονες ξύλου (βλ. wood science) έχουν δημιουργήσει δεκάδες προϊόντα ξύλου τα οποία βελτιώνουν συνεχώς την ποιότητα ζωής. Είναι όμως ένα ανισότροπο υλικό με πολυσύνθετη δομή και χημική σύσταση, γι' αυτό και οι χρήσεις του απαιτούν εξειδικευ-

μένες γνώσεις και εμπειρία. Πέρα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα που έχει ως βιολογικό υλικό, το ξύλο είναι ευπρόσβλητο από τους μύκητες και τα έντομα και "ευάλωτο" στην υγρασία. Επίσης, ρικνώνεται όταν αποβάλλει υγρασία στο περιβάλλον και διογκώνεται όταν προσλαμβάνει υγρασία είτε διά της απευθείας επαφής είτε από τον αέρα.

Ωστόσο, οι ξύλινες κατασκευές και τα τεχνουργήματα από ξύλο που έχουν υλοποιηθεί ανά τους αιώνες, βεβαιώνουν ότι ο άνθρωπος γνώριζε πολύ καλά αυτό το υλικό, την τεχνολο-

Άρθρο των:

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Ι. ΜΑΝΤΑΝΗ, καθηγητή και
ΙΩΑΝΝΗ Α. ΚΑΚΑΡΑ, ομότιμου καθηγητή Εργαστηρίου
Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου Πανεπιστημίου Θεσσαλίας



Στο πολιτιστικό κέντρο του Nittedal στη Νορβηγία, των L2 arkitekter, όλες οι προσόψεις είναι κατασκευασμένες από ξυλεία εμποτισμένη με υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα (Superwood®).

γία του, αν και αγνοούσε παντελώς το αίτιο: τη χημεία και τη δομή του υλικού. Γνώριζε, δηλαδή να το κατεργάζεται, να το αξιοποιεί, να το προστατεύει, να το συντηρεί με ποικίλες τεχνικές, που τις είχε εφεύρει, και ήξερε "ότι δουλεύουν". Σήμερα, ιδίως στη χώρα μας, για πολλούς λόγους, το ξύλο είναι ένα "παρεξηγημένο" υλικό και υπάρχει άγνοια για την ορθή χρήση και συντήρησή του· ένα υπέροχο υλικό που είναι φυσικό, οικολογικό και ανανεώσιμο.

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση του ξύλου και η αλόγιστη καταστροφή των τροπικών δασών του πλανήτη, ιδίως της Αμαζονίας και της Δυτικής Αφρικής, έχουν επηρεάσει σε επικίνδυνο βαθμό το κλίμα του πλανήτη και έχουν προκαλέσει τεράστιες καταστροφές από πλημμύρες, τυφώνες (βλ. καταστροφή έργων πολιτισμού, γεωργικών καλλιεργειών, θανάτους ανθρώπων και ζώων). Η προληπτική συντήρηση του ξύλου συμβάλλει καθοριστικά στη μεγάλη αύξηση της διάρκειας ζωής των κατασκευών και ως εκ τούτου βοηθά στον περιορισμό της καταστροφής των δασικών οικοσυστημάτων του πλανήτη.

Είναι γεγονός ότι οι κατασκευές από ξύλο απαιτούν σωστή μελέτη και σχεδιασμό τόσο για την υλοποίησή τους, όσο και για τη συντήρησή τους. Οι κλιματικές συνθήκες μεταβάλλονται συνεχώς από τόπο σε τόπο, οι

καθημερινές εναλλαγές θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, αέρα, δυνατού ήλιου "ταλαιπωρούν" τις κατασκευές και σταδιακά προκαλούν υποβάθμιση και γήρανση (weathering). Η προστασία του ξύλου, συνεπώς, είναι απαραίτητη. Αυτά τα δεδομένα επιβάλλουν σε κάθε περίπτωση να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα είδη ξύλου ή προϊόντα ξύλου και να εφαρμόζονται περιοδικά τεχνικές προστασίας και συντήρησης των κατασκευών. Ο άνθρωπος από την αρχαιότητα εφαρμόζε εντυπωσιακές τεχνικές, που αποδεικνύουν ότι γνώριζε άριστα τη φυσική ανθεκτικότητα των διαφόρων ειδών και μεριμνούσε τόσο για τη μείωση της ρίκνωσης / διόγκωσης του ξύλου, όπως επίσης και για την αύξηση της αντοχής του έναντι των βιοτικών και των αβιοτικών "εχθρών" του. Στο άρθρο περιγράφονται πρακτικές και μέθοδοι επάλειψης, εμφάπτισης, εμποτισμού, τροποποίησης (θερμικής ή χημικής) ή και σύγχρονες τεχνολογίες, που έχουν χρησιμοποιηθεί ή χρησιμοποιούνται έως και σήμερα.

Μέθοδος επάλειψης ή εμφάπτισης του ξύλου με κατράμι

Είναι η πιο γνωστή αρχαία τεχνική. Το κατράμι είναι ένα παχύρευστο ελαιώδες μαύρο υγρό, με έντονη οσμή, το οποίο παράγεται από την

καταστρεπτική απόσταση κορμών πεύκου υπό ανοξικές συνθήκες και αποτελείται από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οξέα και βάσεις. Το κατράμι (ή κατράνι, λέξη αραβικής προέλευσης) ήταν γνωστό στη Σκανδιναβία από την εποχή του σιδήρου. Χρησιμοποιούνταν ως συντηρητικό σε ξύλινες κατασκευές (βλ. σκάφη, μονωτικό υλικό σε κατοικίες). Από τη Σουηδία η χρήση του ως συντηρητικού αλλά και ως φαρμάκου διαδόθηκε στη νοτιότερη Ευρώπη και τη βόρεια Αμερική, ιδίως τον 19ο αιώνα. Ωστόσο, είναι γνωστό από ιστορικές πηγές ότι το κατράμι χρησιμοποιούνταν από τον Ιπποκράτη ως φάρμακο, όπως και για πολλές χρήσεις στην ξυλοναυπηγική. Η καλύτερη διάλυση και εφαρμογή του σε ξύλο γίνεται σε αναλογία 1:1 είτε με φυσικό τερεβινθέλαιο (νέφτι) είτε με καλά βρασμένο λινέλαιο. Στην Παλαιά Διαθήκη αναγράφεται ότι ο Νώε άλειψε την κιβωτό εσωτερικά και εξωτερικά με κατράμι (πίσσα). Από άλλες πηγές, είναι γνωστό επίσης, ότι οι Ρωμαίοι πασάλειβαν περιοδικά τις κύτες των πολεμικών πλοίων τους με κατράμι για προστασία από θαλάσσιους μικροοργανισμούς. Ακόμη και σήμερα στη Σκανδιναβία χρησιμοποιείται, όχι τόσο εκτεταμένα, σε κατασκευές υπαίθρου (ξυλεπενδύσεις, εξωτερικά δάπεδα και προβλήτες, πέδιλα σκι). Τον 19ο και τον 20ο



Ο φέρων σκελετός όλων των κτιρίων των μινωικών ανακτόρων (δοκοί, στύλοι, πεσσοί) ήταν από κυπαρίσσι και κέδρο, γεγονός που μαρτυρά πως ο άνθρωπος γνώριζε από την αρχαιότητα πολύ καλά αυτό το υλικό, τις ιδιότητές και την τεχνολογία του.

αιώνα, Έλληνες Βλάχοι, γνωστοί ως "κατρανάδες", σε χωριά της Πίνδου, έφτιαχναν κατράνι με τον παραδοσιακό τρόπο, που το εμπορεύονταν οι ίδιοι σε όλη τη χώρα, κυρίως για τρεις εφαρμογές: θεραπεία ζώων κτηνοτροφίας, παρασκευή φαρμάκων και αλοιφών, κατασκευές ξυλωναυπηγικής. Σήμερα, αυτή η τεχνική έχει σχεδόν εκλείψει στη χώρα μας.

Τεχνική εμβάπτισης ή επάλειψης του ξύλου με φυσικά έλαια

Σε πολλούς πολιτισμούς (αρχαίους Αιγύπτιους και Έλληνες) ήταν ευρέως γνωστή αυτή η τεχνική. Σήμερα η πιο γνωστή μέθοδος γίνεται με λινέλαιο, δηλαδή το φυσικό λάδι του φυτού λινάρι. Η μέθοδος γίνεται και με οικολογικά έλαια από άλλες φυτικές ύλες, λ.χ. κραμβέλαιο, ελαιόλαδο, με στόχο την υδροφοβία του ξύλου. Συνήθως γίνεται εμποτισμός των έτοιμων ξύλινων στοιχείων με λινέλαιο ή σπορέλαιο υπό χαμηλή πίεση (2 - 3 atm), ή χωρίς πίεση με εμβάπτιση σε καυτό λάδι. Από ιστορικές πηγές, είναι γνωστό ότι οι Έλληνες του Μ. Αλεξάνδρου έκαναν προστατευτικό χειρισμό στην ξυλεία των γεφυρών που κατασκεύαζαν, με εμβάπτισή της σε καυτό λουτρό ελαιολάδου για αρκετές ώρες. Φυσικό λάδι από το δένδρο Vernicia



Η μέθοδος της φουρφουριλίσωσης δίνει στην ξυλεία σκούρο καφέ χρώμα και μεγάλη σκληρότητα και αντοχή, χαρακτηριστικά που την κάνουν ιδανική για επενδύσεις κτιρίων.

fordii (γνωστό ως tung oil) χρησιμοποιείται στην Κίνα εδώ και εκατοντάδες χρόνια για την εμφάνιση (όχι τον εμποτισμό) ξυλείας ναυπηγικής ως ένα κατάλληλο συντηρητικό, που διαπερνά το πορώδες του ξύλου και δημιουργεί ένα υδροφοβικό στρώμα βάθους έως και 5 mm.

Ένα ακόμη φυσικό έλαιο για τη συντήρηση του ξύλου ήταν στα αρχαία χρόνια το έλαιο του κέδρου. Αναφέρεται σε ιστορικές πηγές, ότι το χρυσελεφάντινο άγαλμα του Δία (ένα από τα 7 θαύματα του κόσμου), μία κολοσσιαία, καθήμενη μορφή του θεού Δία, περίπου 13 m σε ύψος, σμιλεμένη από τον φημισμένο Αθηναίο γλύπτη Φειδία, συντηρούνταν με κεδρέλαιο επί αιώνες.

Μισοκάψιμο, ή μερική θερμική τροποποίηση του ξύλου

Μια άλλη πρακτική, η μερική απανθράκωση, είναι γνωστή από τα αρχαία χρόνια για βελτίωση της ρίκνωσης - διόγκωσης και της σκληρότητας του ξύλου. Χρησιμοποιούνταν και στην Αφρική τα παλαιά χρόνια. Στη Σκανδιναβία, ωστόσο, είχε πολύ πετυχημένες εφαρμογές γύρω στο Μεσαίωνα (μισοκάψιμο των πλαισίων των πολεμικών καραβιών των Βίκινγκς), για να γίνουν τα ξύλα ανθεκτικά και να έχουν αντοχή στη φωτιά. Στην Ιαπωνία, χάνεται στο βάθος των αιώνων η προέλευση μιας αρχαίας μάλλον τεχνικής (γνωστής ως yakisugi), η οποία περιλαμβάνει τη μερική επιφανειακή "καύση" (μισοκάψιμο) ξυλείας ιαπωνικού κυπαρισσιού, που προορίζεται για εξωτερικές κατασκευές, π.χ. ξυλεπενδύσεις, σκέπαστρα, στέγες, κουφώματα. Η ξυλεία αποκτά μαύρο χρώμα και είναι δυνατό να επαλειφθεί με λάδι ή φυσικά βερνίκια.

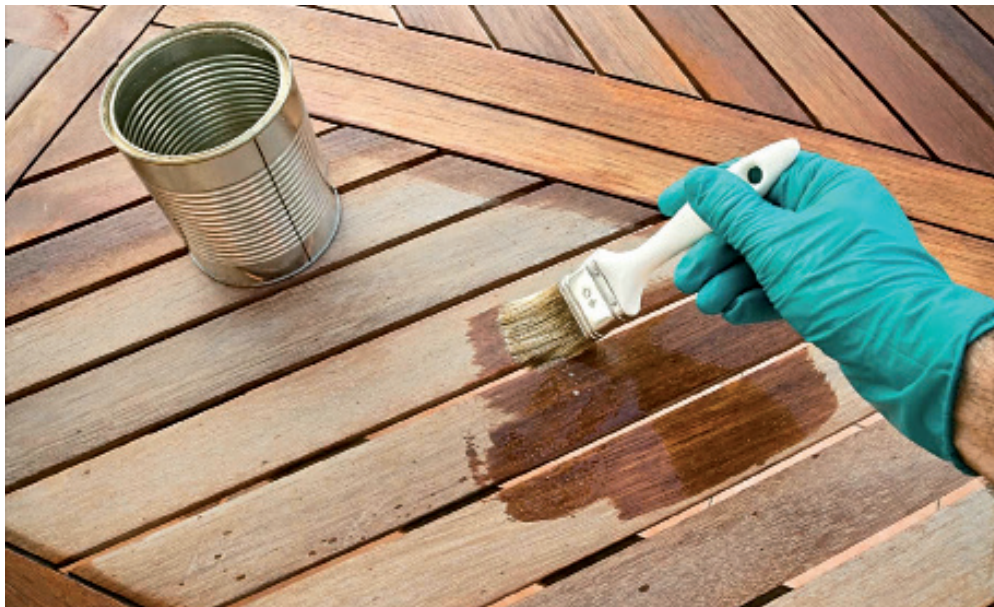
Μέθοδοι εμποτισμού του ξύλου υπό πίεση

Πρόκειται για βιομηχανικές μεθόδους, που αναπτύχθηκαν τον 19ο αιώνα στην Ευρώπη, με άριστα αποτελέσματα για την αύξηση της διάρκειας χρήσης των ξύλινων κατασκευών αλλά και τη βελτίωση των ιδιοτήτων του ξύλου. Γίνεται, όμως, χρήση χημικών, που είναι τοξικά σε κάποιο βαθμό. Ο εμποτισμός γίνεται με εφαρμογή πίεσης ή/και κενού, σε ειδικές μονάδες, που λέγονται εμποτιστήρια. Τέτοιες μέθοδοι περιλαμβάνουν τα εξής: εμποτισμό του ξύλου (κυρίως πεύκων λόγω του μεγάλου πορώδους τους) με πενταχλωροφαινόλη, με άλατα χαλκού, χρωμίου και αρσενικού, με διάφορα άλλα άλατα -ACQ, CA, CN, ACC (λ.χ. στη Β. Αμερική) και με οργανικούς διαλύτες και μυκητοκτόνα, -LOSP (στην Ωκεανία). Τέτοια ξυλεία, εμποτισμένη, μετά το πέρας της χρήσης της θεωρείται ως επικίνδυνο υπόλειμμα και ο χειρισμός της στην Ευρώπη, υπόκειται σε αυστηρή νομοθεσία.



Ο εμποτισμός του ξύλου υπό πίεση πραγματοποιείται με εφαρμογή πίεσης ή/και κενού αέρος σε ειδικές μονάδες, που λέγονται εμποτιστήρια.

Η επάλειψη ή εμφάνιση του ξύλου με φυσικά έλαια ήταν ευρέως γνωστή από την αρχαιότητα. Σήμερα η πιο γνωστή μέθοδος είναι με λινέλαιο, αλλά μπορεί να γίνει και με οικολογικά έλαια με στόχο την υδροφοβία του ξύλου.



Το κατράμι είναι ένα παχύρευστο ελαιώδες μαύρο υγρό με έντονη οσμή. Η καλύτερη διάλυση και εφαρμογή του γίνεται σε αναλογία 1:1 με νέφτι ή με καλά βρασμένο λινέλαιο.





Η τεχνολογία της θερμικής τροποποίησης παράγει ξυλεία με αντοχή, υδροφοβία και βελτιωμένη βιολογική ανθεκτικότητα. Εφαρμογή της σε κέλυφος κτιρίου.

Εμποτισμός του ξύλου με κρεοζωτέλαιο (κρεόζωτο ή πισσέλαιο)

Μέθοδος βασισμένη σε ελαιοδιαλυτά πετροχημικά κλάσματα, που ευρέως χρησιμοποιείται στη χώρα μας σε στύλους δικτύων ηλεκτρισμού και τηλεπικοινωνιών. Το εμποτισμένο υπό πίεση ξύλο (δασικής ή μαύρης πεύκης) έχει σκούρο μαύρο έως καφέ χρώμα, δυσάρεστη οσμή, ιδίως όταν είναι «φρέσκο», και έχει άριστη διαστασιακή συμπεριφορά και πολύ μεγάλο χρόνο ζωής. Είναι ξυλεία όμως που περιέχει αρκετές τοξικές ουσίες. Χρησιμοποιείται ακόμη σε όλη σχεδόν την Ευρώπη, παρότι είχε προβλεφθεί ότι από το 2004 θα εγκαταλειπόταν σταδιακά αυτή η τεχνική. Η εμποτισμένη με πισσέλαιο ξυλεία είναι ένα επικίνδυνο υπόλειμμα μετά την απόσυρσή της από γραμμές τρένων και στύλους Δ.Ε.Η. και Ο.Τ.Ε. Σημειώνεται όμως και το εξής πολύ σημαντικό: Οι ξύλινοι στύλοι των δικτύων ηλεκτρισμού και τηλεπικοινωνιών και οι στρωτήρες σιδηροδρόμων είναι σημαντικές εφαρμογές, που με τον προληπτικό εμποτισμό του ξύλου δεκαπλασιάζουν τη διάρκεια ζωής της κατασκευής, π.χ. ένας στύλος Δ.Ε.Η. χωρίς εμποτισμό διαρκεί 5 χρόνια, ενώ ένας εμποτισμένος διαρκεί περισσότερα από 40 χρόνια. Εκτιμάται ότι εάν δεν γινόταν εμποτισμός



Η χημική διαδικασία της ακετυλίωσης χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή μιας κιβωτού σε θεματικό πάρκο στις Η.Π.Α., η οποία αποτελεί τη μεγαλύτερη ξύλινη κατασκευή στον κόσμο.



Η σκληρότητα και η αντοχή του ξύλου που έχει τροποποιηθεί με φουρφουρυλική αλκοόλη είναι μεγάλη, όπως πιστοποιείται από τη βιβλιογραφία και τα πειράματα που έχουν εκπονηθεί.



Ο εμποτισμός με υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα είναι μια πρόσφατα πατενταρισμένη τεχνολογία η οποία δίνει ξυλεία αντοχής.

αυτών των δικτύων και των στρωτήρων των σιδηροδρόμων, τα δάση του πλανήτη θα είχαν υποστεί ανεπανόρθωτη καταστροφή, ειδικά στις εύκρατες ζώνες της Γης, κάτι που δεν συμβαίνει, αφού τα δάση εκεί ακμάζουν με εξαιρετικό ρυθμό (αειφορική διαχείριση). Κατά συνέπεια, η προστασία του ξύλου με χρήση εμποτιστικών ουσιών είναι μια αναγκαία διαδικασία.

Εμποτισμός του ξύλου με υδατοδιαλυτά άλατα βορίου, χαλκού και αζόλες

Αυτή είναι μια άλλη τεχνολογία εμποτισμού. Ξύλο εμποτισμένο υπό πίεση (6-12 atm) με τέτοια εμποτιστικά διαλύματα παρουσιάζει ρίκνωση - διόγκωση μειωμένη μέχρι 50%. Αυτά τα άλατα προσδίδουν συνήθως στο ξύλο ένα ελαφρό πρασινωπό ή μπλε χρώμα. Αυτό το ξύλο ανήκει στην εμποτισμένη ξυλεία. Καλό είναι να χρησιμοποιούνται σε εμποτισμό μόνο πεύκα (με μεγάλο σομφό). Πολύ διαδεδομένη και με μεγάλο εύρος εφαρμογών σε ξύλινες δομικές κατασκευές (στεγές, εξωτερικές

ξύλινες κατασκευές, περιφράξεις, κιόσκια, πέργκολες, υπόστεγα) είναι και ο εμποτισμός μόνο με άλατα βορίου και χαλκού, που είναι υδροδιαλυτά (4% - 5%). Υπάρχει και η τεχνολογία εμποτισμού δομικής ξυλείας για αντοχή στη φωτιά, κατά την οποία ξυλεία, συνήθως πεύκου, εμποτίζεται υπό πίεση με αντιπυρικές ουσίες (επιβραδυντικά της φωτιάς), που περιέχουν ανόργανες ενώσεις του φωσφόρου, αζώτου, βορίου κ.ά.

Μέθοδος βαφής του ξύλου με ακρυλικές λάκες και ελαιοχρώματα

Καλή τεχνική προστασίας του ξύλου είναι και η βαφή του. Ενδεικνυόμενη βαφή για ξύλινες κατασκευές εξωτερικών κουφωμάτων και ξύλινων κατασκευών υπαίθρου, για μεγάλη διάρκεια ζωής είναι η εφαρμογή ακρυλικής λάκας εξωτερικής χρήσεως με αλκύδια στο επιθυμητό χρώμα. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται στις βιομηχανικές κουφωμάτων και κατασκευών υπαίθρου με επιτυχία και με

παροχή δεκαετούς τουλάχιστον εγγύησης, η οποία παρέχεται, εφόσον εφαρμόζονται οι οδηγίες που παρέχουν οι εταιρείες χρωμάτων. Αυτή η σωστή τακτική έχει αναβαθμίσει τα ξύλινα κουφώματα (πόρτες, παράθυρα) και τις κατασκευές υπαίθρου στη χώρα μας. Εναλλακτική τεχνική είναι και η βαφή με αλκυδική υδροδιαλυτή ριπολίνη (λαδομπογιό) εξωτερικής χρήσης για ξύλο. Η γνωστή μέθοδος βαφής με ελαιοχρώματα ή άλλες χρωστικές ουσίες επίσης βοηθά στη μείωση της ρίκνωσης και της διόγκωσης του ξύλου και αυξάνει το χρόνο ζωής. Αυτή η μέθοδος είναι κλασική, εφαρμόζεται με επιτυχία στη χώρα μας από τη δεκαετία του '60 και περιλαμβάνει βαφές ή επιχρίσματα ποικίλης προέλευσης. Στα κουφώματα ήταν συνηθισμένη με χρήση λαδομπογιός και τσίγκου.

Θερμική τροποποίηση του ξύλου

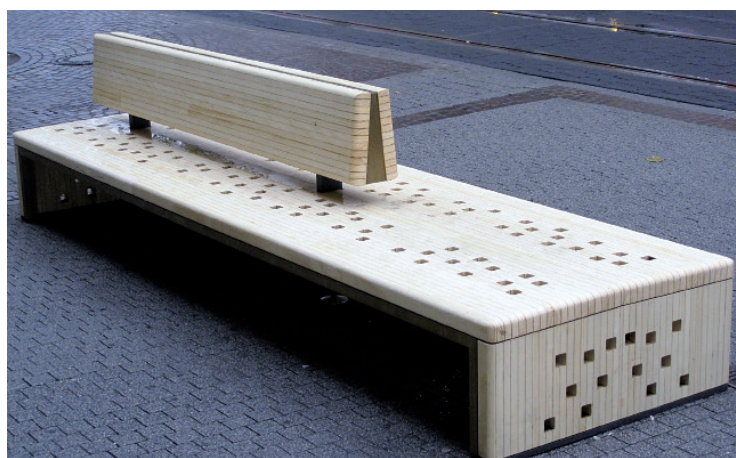
Βιομηχανική μέθοδος προστασίας του ξύλου. Έχει χρώμα σκούρο καφετί. Μυρίζει λιγάκι σαν μισοκαμμένο ξύλο, όταν τεμαχίζεται. Η θερμικά



Τα λεγόμενα "thermowood" (θερμική τροποποίηση) έχουν αυξημένη διαστασιακή σταθερότητα, υδροφοβία και ανθεκτικότητα απέναντι σε μύκητες και έντομα.



Η τεχνολογία εμποτισμού ξυλείας με σκευάσματα που διαθέτουν πολύ μικρά σωματίδια στερεού χαλκού χρησιμοποιείται ευρέως στις Η.Π.Α. Κατατάσσεται στις εφαρμογές νανοτεχνολογίας.



Η τροποποίηση του ξύλου με την τεχνολογία της ακετυλίωσης το καθιστά κατάλληλο και για την κατασκευή επίπλων εξωτερικού χώρου.

τροποποιημένη ξυλεία είναι ένα καινοτομικό προϊόν, που παράγεται με χρήση θερμότητας και ατμού (συνήθως στους 190°C - 215°C), χωρίς τη χρήση επιβλαβών χημικών. Τα λεγόμενα "thermowood" έχουν αυξημένη διαστασιακή σταθερότητα και ανθεκτικότητα απέναντι σε μύκητες και έντομα. Σήμερα, στην Ευρώπη, χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα παρεμφερείς τεχνολογίες θερμικής τροποποίησης (TMT, thermally modified timber), που προσδίδουν στην ξυλεία αντοχή, υδροφοβία και βελτιωμένη βιολογική ανθεκτικότητα. Τέτοια προϊόντα είναι σήμερα τα Thermowood, platowood, OHT, retiwood, Vacwood κ.ά. Η χρήση αυτής της ξυλείας (κλάσης "3"), περιορίζεται κυρίως για επενδύσεις κτιρίων και εξωτερικά ξύλινα δάπεδα.

Ακετυλίωση

Η ακετυλίωση είναι μια σύγχρονη τεχνολογία τροποποίησης του ξύλου με στόχο την απόλυτη υδροφοβία του. Αυτή η ξυλεία παράγεται στην Ολλανδία. Ξυλεία πεύκου με-

τατρέπεται σε ακετυλιωμένη ξυλεία μετά από αντίδραση των πολυμερών του ξύλου (κυρίως της λιγνίνης) με οξικό ανυδρίτη ($C_4H_6O_3$). η ξυλεία έχει έντονα υδροφοβικά χαρακτηριστικά, μειωμένη ρίκνωση και διόγκωση (στο 2%) και πολύ χαμηλό σημείο κορεσμού των ινών. Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στην εστεροποίηση του ξύλου και στη μείωση των ελεύθερων υδροξυλίων του (-OH). Το τελικό προϊόν είναι οικολογικό. Αυτή η ξυλεία είναι λευκωπή, έχει όξινα χαρακτηριστικά, ενώ απαιτείται ειδική βαφή και ανοξειδωτα συνδετικά μέσα. Συνιστάται για όλες τις εξωτερικές χρήσεις, αν και έχει υψηλή εμπορική τιμή.

Εμποτισμός ξύλου με ρητίνες

Είναι ειδικός χειρισμός του ξύλου με θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες φαινόλης (PF) ή με λαμίνης - φορμαλδεϋδης (MF) ή άλλα χημικά αντιδραστήρια, με στόχο την υδροφοβία του και τη μη διαπέραση του νερού στο κυτταρικό τοίχωμα. Αυτές οι ουσίες με τη μορφή υδατικών διαλυμάτων χρησιμοποιούνται για

εμποτισμό του ξύλου και αφότου εισαχθούν στα τοιχώματα σκληρύνονται με πολυμερισμό σε υψηλή θερμοκρασία. Τέτοια προϊόντα είναι σήμερα τα Belmadur, Indurite και KeyWood. Αυτό το ξύλο παρουσιάζει υψηλή ανθεκτικότητα και αντοχή σε μύκητες και ξυλοφάγα έντομα, αν και έχουν αναφερθεί ότι έχει τάση για ραγαδώσεις.

Φουρφουριλίωση

Από τις χημικές μεθόδους, εξαιρετικής τεχνολογίας είναι η φουρφουριλίωση του ξύλου. Εξειδικευμένη τεχνολογία με υψηλό κόστος αλλά με πολύ βελτιωμένα αποτελέσματα. Χρησιμοποιείται ευρέως στη Σκανδιναβία. Περιλαμβάνει την τροποποίηση του ξύλου με φουρφουριλική αλκοόλη ($C_5H_8O_2$), μία αλκοόλη που μένει ως υπόλειμμα από βιομάζα ζαχαροκάλαμου - καλαμποκιού. Η όλη διαδικασία γίνεται σε κλειστούς κλιβάνους σε εργοστάσια στη Νορβηγία και στο Βέλγιο, με τη μέθοδο πλήρων κυττάρων και χρήση κενού και υψηλής πίεσης μεγαλύτερης των 12 atm.



Κατασκευή από ελληνικό κυπαρίσσι, το οποίο είναι φυσικά ανθεκτικό και παρέχει σταθερότητα διαστάσεων, υψηλή διάρκεια στο χρόνο και αντοχή (serwood.gr).

Δίνει ξυλεία πολύ σκούρου καφέ χρώματος (δε βάφεται), με εξαιρετικές ιδιότητες, πολύ μεγάλη σκληρότητα και αντοχή, όπως πιστοποιείται από τη βιβλιογραφία και τα πειράματα που έχουν εκπονηθεί. Χρησιμοποιείται ιδίως σε εξωτερικά πατώματα, ξυλεπενδύσεις κτιρίων και σε ξύλινα δάπεδα σκαφών αναψυχής (boat decks).

Εφαρμογές νανοτεχνολογίας

Σύγχρονες τεχνολογίες για την επικάλυψη των επιφανειών ξύλου με σκευάσματα νανοδιασπορών ψευδαργύρου, χαλκού ή/και τιτανίου (απλή επάλειψη). Αυτές οι μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ωστόσο, τίθεται θέμα για την αντοχή του ξύλου στο χρόνο εξαιτίας δυσκολίας στη μόνιμη συγκράτησή των. Στις Η.Π.Α. εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα επίσης αντίστοιχη τεχνολογία εμποτισμού ξυλείας με τέτοια υδατοδιαλυτά νανοσκευάσματα.

Εμποτισμός με υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα

Νέα τεχνολογία που αναπτύχθηκε πρόσφατα στη Δανία, σύμφωνα με την οποία ξυλεία ερυθρελάτης, ένα είδος δύσκολο στον εμπο-

τισμό, μπορεί να εμποτιστεί με μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα συντηρητικά, όταν αυτά διαλυθούν μέσα σε διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται σε υπερκρίσιμη κατάσταση. Αυτά τα χημικά περιέχουν και αζόλες που δίνουν ξυλεία αντοχής, κατάλληλη για χρήσεις κλάσης επικινδυνότητας 3 (use-class 3, με βάση το πρότυπο EN 335).

Πρόσθετα, μια "καλή πρακτική", γνωστή στους παλαιότερους, που δεν συνιστά μέθοδο προστασίας, είναι η επιλεκτική χρήση, σε δύσκολες εξωτερικές κατασκευές, αποκλειστικά ανθεκτικών και πολύ ανθεκτικών ειδών ξύλου (βάσει EN 350), που παρέχουν σταθερότητα διαστάσεων, υψηλή διάρκεια στο χρόνο, και αντοχή. Τέτοια είδη, που συνήθως είναι πιο δαπανηρά, είναι τα είδη: teak, azobé, padauk, afzelia (doussie), makore, κυπαρίσσι, ακακία, jatropha, mansonia (beté), okan, ipé, λευκή δρυς (όχι κόκκινη δρυς), καστανιά, iroko, sipo, jatoba, kempas, western red cedar, dark red meranti, bangkirai κ.ά.

Σε κάθε περίπτωση, η πλούσια χημική σύσταση και η πολύπλοκη εσωτερική δομή των ειδών ξύλου επιτρέπουν την ανάπτυξη πολλών νέων τεχνικών χημικής τεχνολογίας, οι οποίες σήμερα είναι σε διαρκή και αλματώδη εξέλιξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κακαράς Ι. και Μαντάνης Γ., **Γιατί εμποτίζουμε το ξύλο;** Περιοδικό ΕΠΙΠΛΕΟΝ, τ. 26, 2007.
- Κακαράς Ι., **Τεχνολογία ξύλινων δομικών κατασκευών**, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2012.
- Mantanis G., Terzi E., Kartal S.N., Papadopoulos A., **Evaluation of mold, decay and termite resistance of pine wood treated with zinc- and copper- based nanocompounds**, International Biodeterioration and Biodegradation 90: 140-144, 2014.
- Mantanis G., **Chemical modification of wood by acetylation or furfurylation - A review of the present scaled-up technologies**, BioResources 12(2): 4478-4489, 2017.
- Sandberg D., Kutnar A., Mantanis G., **Wood modification technologies**, iForest 10: 895-908, 2017.
- <https://kakarasioannis.blogspot.com/>
- <http://users.teilar.gr/~mantanis/Ximiki.htm>

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- **Ξύλινη στέγη. Η επιλογή της κατάλληλης ξυλείας.** Τεύχος 1/2019, σελ. 89.
- **Κατασκευές από τροποποιημένη ξυλεία. Μια νέα τεχνολογική καινοτομία.** Τεύχος 9/2017, σελ. 73.
- **Επίδραση της υγρασίας στις ξύλινες κατασκευές. Βασικές αρχές, προστασία, συντήρηση.** Τεύχος 3/2017, σελ. 55.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

- στον **"ΟΔΗΓΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 2019"** και
- στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr