

# ΔΟΜΗ, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ι. ΜΑΝΤΑΝΗΣ, καθηγητής και ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΚΑΚΑΡΑΣ, ομότιμος καθηγητής  
Εργαστηρίου Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

## \_ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ & ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ \_ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ \_ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ \_ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ \_ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ

Το ξύλο βρίσκεται στην υπηρεσία του ανθρώπου από τότε που αυτός πρωτοεμφανίστηκε στον πλανήτη. Είναι γνωστό ότι το ξύλο έχει βοηθήσει σημαντικά στην επιβίωση του ανθρώπου από την παλαιολιθική εποχή και οι πρωταρχικές ανάγκες του πρωτόγονου ανθρώπου (όπλα, θέρμανση) καλύφθηκαν από το ξύλο, όπως επίσης και οι μετέπειτα ανάγκες του για στέγαση και μετακίνηση (πρώτες κατοικίες, βάρκες κ.ά.).

Με το πέρασμα των αιώνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, ο αριθμός των προϊόντων που παράγονται από το ξύλο με απλή ή σύνθετη, φυσική, μηχανική, χημική, ή θερμοχημική μεταποίηση και επεξεργασία αυξάνεται συνεχώς.

Σήμερα περισσότερα από δύο χιλιάδες προϊόντα, άμεσα ή έμμεσα, προέρχονται από το ξύλο. Θεωρητικά από το ξύλο είναι εφικτό να παραχθούν όσα προϊόντα παράγονται και από το πετρέλαιο. Το ξύλο, σε αντίθεση με τις άλλες πρώτες ύλες, είναι προϊόν αειφορίας των δασών, με την αυστηρή απαίτηση ότι τα δάση τα διαχειριζόμαστε σύμφωνα με τις αρχές της αειφορίας (environmental sustainability). Η αειφορική διαχείριση και προστασία των δασών αποτελεί τη θεμελιώδη προϋπόθεση

για τη διατήρηση του κλίματος, της βιοποικιλότητας και της ισόρροπης ανάπτυξης στον πλανήτη μας.

Το ξύλο είναι οργανικό υλικό και αποτελεί πολυσύνθετο προϊόν βιολογικών διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα στα δένδρα, κωνοφόρα (conifer trees, softwoods) και πλατύφυλλα (broad-leaved trees, hardwoods). Τα κωνοφόρα είδη (πεύκο, έλατο, ερυθρελάτη, κυπαρίσσι, κέδρος, λάρικα, άρκευθος κ.ά.) φέρουν "κώνους" και έχουν ως φύλλα "βελόνες", ενώ τα πλατύφυλλα είδη (οξιά, δρυς, καστανιά, καρυδιά, λεύκη, φτελιά, σφενδάμι, ελιά κ.ά.) έχουν τυπικά πλατιά φύλλα. Οι διαφορές των κωνοφόρων και των πλατύφυλλων είναι πάρα πολλές (βοτανικές, κυτταρικές, χημικές).

Ουσιαστικά το ξύλο, ως προϊόν του φαινομένου της φωτοσύνθεσης, αποτελεί αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας και περιέχει πλήθος από χημικές ουσίες. Από την ηλιακή ενέργεια, που φτάνει στον πλανήτη από τον ήλιο μέσω της φωτοσύνθεσης των δένδρων και των φυτών, παράγονται σε ετήσια βάση περισσότεροι από 200 δισεκατομμύρια τόνοι οργανικής ύλης, γνωστής ως βιομάζας. Περίπου το 50% αυτής της βιομάζας παράγεται στην

ξηρά. Το ξύλο αποτελεί μέρος αυτής της παραγόμενης βιομάζας χωρίς καμία καταπόνηση ενέργειας από τον άνθρωπο.

Πρώτες ύλες για την παραγωγή του ξύλου στα δένδρα είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), που τα δένδρα το προσλαμβάνουν μέσω των φύλλων τους από την ατμόσφαιρα, και το νερό με τα ανόργανα άλατα, που τα απορροφούν μέσω των ριζών τους από το έδαφος.

Από άποψη δομής, το ξύλο ή αλλιώς ξύλωμα (xylem), είναι ένα υλικό που συγκροτείται (δομείται) από ιστούς ξυλωδών κυττάρων, που είναι και απλά και πολύπλοκα. Από καθαρά χημική άποψη, το ξύλο συντίθεται από τρία φυσικά πολυμερή ("δομικά συστατικά"): **την κυτταρίνη, τη λιγνίνη και τις ημικυτταρίνες**, που είναι οργανικές ενώσεις. Στο ξύλο ανευρίσκονται επιπροσθέτως σε μικρότερη ποσότητα και άλλες ενώσεις ("μη δομικά συστατικά"), που ονομάζονται εκχυλισμάτα. Η φυσική αποστολή των εκχυλισμάτων στα δένδρα μπορεί να είναι προστατευτική, επουλωτική, αποταμειωτική ή ορμονική. Ως αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που παρήχθη κατά τη φωτοσύνθεση, το ξύλο έχει επίσης μεγάλη αξία στις ημέρες μας και ως πηγή ενέργειας (βιοκαύσιμο). Αυτό οφείλεται



1

1  
Το ξύλο αποτελεί  
ένα φυσικό και αειφορικό  
υλικό, το οποίο απαντάται  
σε όλες σχεδόν  
τις χώρες του πλανήτη μας,  
ανανεώνεται συνεχώς  
και δεν εξαντλείται ποτέ.

στη χημική σύστασή του, που συντελείται από βασικά χημικά στοιχεία, όπως άνθρακα (C, 48% - 50%), οξυγόνο (O<sub>2</sub>, 43% - 45%) και υδρογόνο (H<sub>2</sub>, 6%). Βέβαια, το ξύλο στις περισσότερες των περιπτώσεων περιέχει σε πολύ μικρές ποσότητες και ορισμένα ανόργανα στοιχεία, λ.χ. Ca, K, Mn, Mg, P, Na, Si, N και άλλα.

Επιπλέον, το ξύλο έχει το πλεονέκτημα ότι απαντάται σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου και είναι ένα φυσικό υλικό, που ανανεώνεται συνεχώς και ποτέ δεν εξαντλείται, σε αντίθεση με τις ορυκτές πρώτες ύλες, λ.χ. πετρέλαιο, μεταλλεύματα, γαιάνθρακας, φυσικό αέριο, που αργά αλλά σταθερά εξαντλούνται. Τα κυριότερα προϊόντα

που προέρχονται σήμερα από το ξύλο είναι τα εξής: καυσόξυλα, στρογγύλη και πριστή ξυλεία, καπλαμάδες, συγκολλημένα προϊόντα (κόντρα πλακέ, μοριοσανίδες, ινοσανίδες MDF, OSB), σύνθετα προϊόντα (συγκολλητή ξυλεία, LVL, SCL, PSL), σταυρωτή επικολλητή ξυλεία (CLT), χαρτί και χαρτόνια και πολλά άλλα. Ωστόσο, στις φτωχές χώρες του κόσμου το ξύλο κατά μεγάλο ποσοστό (>90%) εξακολουθεί να αποτελεί βασική καύσιμη ύλη (καυσόξυλα και ξυλοκάρβουνα). Κάθε χρόνο περισσότερο από το 50% της υλοτομούμενης ξυλείας στον πλανήτη χρησιμοποιείται πρωτίστως ως καύσιμη ύλη. Σήμερα στην ευρωπαϊκή αγορά κυκλοφορούν

περισσότερα από 500 διαφορετικά είδη ξυλείας σε πολυάριθμες χρήσεις. Πρέπει να τονιστεί ότι η γνώση της δομής, των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων του ξύλου και των προϊόντων του αποτελούν ένα βασικό και απαραίτητο εργαλείο για την ορθολογική αξιοποίηση αυτού του φυσικού και αειφορικού υλικού και τη σωστή εφαρμογή του στην πράξη, ειδικά στις κατασκευές.

### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Το ξύλο έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω:

- Αναπαράγεται από τη φύση και είναι ανανεώσιμο υλικό.



2

2  
Χαρακτηριστική σχεδίαση, χρώμα και εμφάνιση από 16 διαδεδομένα γηγενή είδη ξύλου της Ευρώπης.  
Πηγή: Wikipedia.

3α,β  
Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά και εμφάνιση των τομών ξύλου:  
α. σε κωνοφόρο είδος και β. πλατύφυλλο είδος.  
Εγκάρσια τομή χωρίς πόρους στα κωνοφόρα (X), και πάντα με πόρους στα πλατύφυλλα είδη (A). Οι πόροι έχουν ορισμένη διάταξη. Ακτινική τομή κωνοφόρου (R) και πλατύφυλλου (Γ). Είναι σαν "παράλληλες γραμμές".  
Εφαπτομενική τομή κωνοφόρου (T) και πλατύφυλλου ξύλου (B). Οι σχηματισμοί είναι σαν γεωμετρικές "παραβολές" και ονομάζονται εφαπτομενικές τομές ή "φαρδύβεννα νερά".  
Πηγή: I. Κακαράς και Γ. Μαντίνης.

4α,β  
Σχεδίαση ή "νερά" του ξύλου.  
α. Ακτινική τομή της λάρικας (κοινώς λάρτζινο), γνωστή ως ισόβεννη τομή.  
β. Εφαπτομενική τομή της φτελιάς (κοινώς καραγάτσι), γνωστή ως φαρδύβεννη τομή.  
Πηγή: www.decospan.com

- Έχει υψηλή αισθητική αξία και είναι διαθέσιμο σε πολλούς συνδυασμούς χρωμάτων και σχεδίων.
- Έχει σχετικά καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και εξαιρετική αίσθηση στην αφή και στην όραση.
- Είναι καλό δομικό υλικό που δίνει μεγάλες κατασκευαστικές προοπτικές.
- Έχει πολύ καλή μηχανική αντοχή σε σχέση με την πυκνότητά του.
- Είναι μονωτικό υλικό στον ηλεκτρισμό.
- Δεν οξειδώνεται, δηλαδή δεν σκουριάζει.
- Η μηχανική κατεργασία του είναι εύκολη και απαιτεί μικρή κατανάλωση ενέργειας.
- Δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.

Το ξύλο, ωστόσο, παρουσιάζει και ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα:

- Είναι υγροσκοπικό υλικό, συνεπώς, ρικνώνεται και διογκώνεται με την απώλεια ή την πρόσληψη υγρασίας.
- Είναι ανισότροπο υλικό, δηλαδή έχει διαφορετικές ιδιότητες, μηχανικές αντοχές και συμπεριφορές στις τρεις κύριες κατευθύνσεις του.
- Καίγεται σχετικά εύκολα.
- Προσβάλλεται από βακτήρια, μύκητες, έντομα, καθώς και αβιοτικούς παράγοντες και αλλοιώνεται.

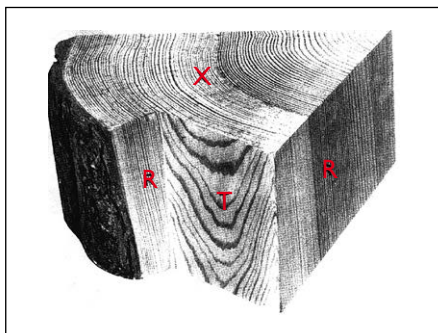
Αυτά τα μειονεκτήματα αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά με προληπτικές μεθόδους συντήρησης, όπως τις καθορίζει η επιστήμη

και η τεχνολογία του ξύλου, π.χ. ξύλινα κτίρια διατηρούνται επί εκατοντάδες χρόνια με απλές επεμβάσεις προληπτικής συντήρησης με φυσικά έλαια λινελαίου, ελαιοκράμβης ή κατραμιού, σε συνδυασμό με ήπια μυκητοκτόνα - εντομοκτόνα συντηρητικά βορίου και χαλκού.

### ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ & ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

#### Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

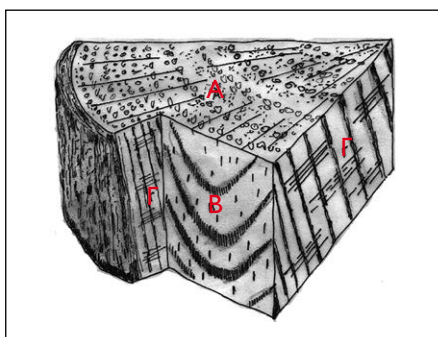
Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του ξύλου είναι τα στοιχεία δομής του κορμού, που αποτελούν εξωτερικά γνωρίσματα και είναι εμφανή με γυμνό οφθαλμό ή με μεγεθυντικό φακό. Η εμφάνιση των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών διαφέρει στις διάφορες τομές του ξύλου ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κορμού. Οι τρεις κύριες τομές του ξύλου ονομάζονται: **εγκάρσια, ακτινική και εφαπτομενική τομή**. Η εγκάρσια τομή τέμνει καθέτως τον κύριο άξονα του κορμού. Η ακτινική τομή και η εφαπτομενική τομή είναι κατά μήκος τομές. Η ακτινική τομή διέρχεται από το κέντρο



3α



4α



3β



4β

του κορμού, όπου υπάρχει μια κουκίδα, η **εντεριώνη**. Στην ακτινική τομή εμφανίζονται επιμήκειες γραμμές, παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες η μία με την άλλη. Αυτή η τομή λέγεται και "**ισόβηνη**". Η επαπτομενική τομή προκύπτει από τομή επαπτομενικά στους αυξητικούς δακτυλίους, δηλαδή τους "κύκλους" του κορμού και εκτείνεται σε μικρή έκταση. Τα χαρακτηριστικά αυτής είναι περισσότερο έντονα, ενώ συχνά λέγεται και **φαρδύβηνη τομή**. Στη φαρδύβηνη τομή, το ξύλο παρουσιάζει παραβολοειδείς σχηματισμούς και εναλλαγή χρωμάτων. Η εγκάρσια τομή λέγεται και **σόκορο**. Στην εγκάρσια τομή διακρίνονται –από το κέντρο του κορμού προς την περιφέρεια– η εντεριώνη, το ξύλο (ή ξύλωμα) και ο φλοιός. Όπως αναφέρθηκε, οι "κύκλοι" στον κορμό ονομάζονται αυξητικοί δακτύλιοι. Η παρουσία τους οφείλεται στο μηχανισμό αύξησης των δένδρων. Τα δένδρα αυξάνονται με διαίρεση των κυττάρων ενός μανδύα από ζωντανά κύτταρα, που βρίσκεται στον κορμό μεταξύ ξύλου και φλοιού και ονομάζεται κάμβιο. Τα κύτταρα του καμβίου κάθε χρόνο διαιρούνται και παράγουν μια στρώση κυττάρων ξύλου (έναν αυξητικό "κύκλο") εσωτερικά και μια στρώση κυττάρων φλοιού

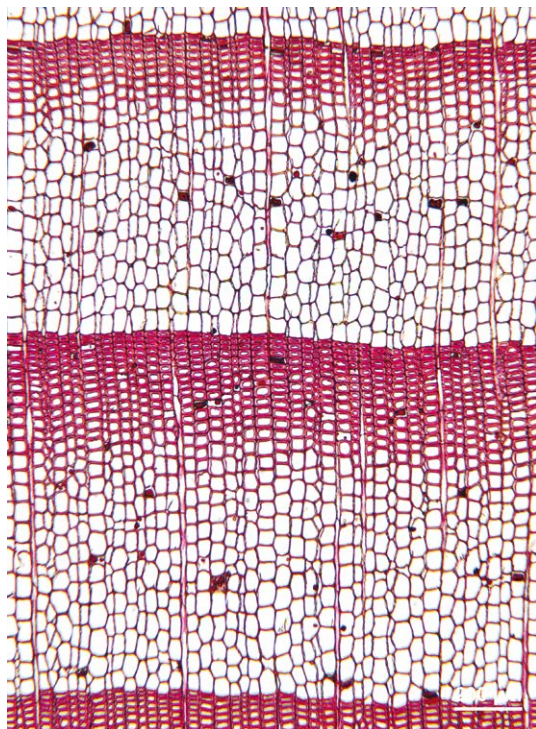
εξωτερικά. Πολλές φορές λόγω εναλλαγής των καιρικών συνθηκών στην ίδια αυξητική περίοδο είναι δυνατό να σχηματισθούν περισσότεροι του ενός μανδύες (ψευδείς δακτύλιοι). Μετρώντας τον αριθμό των κανονικών δακτυλίων στη βάση ενός δένδρου –στην εύκρατη ζώνη– είναι δυνατό να εκτιμήσουμε την ηλικία του. Ωστόσο, η εκτίμηση της ηλικίας των τροπικών ειδών με την εν λόγω μέθοδο δεν είναι εφικτή, διότι μπορεί να μη διακρίνονται καθαρά οι αυξητικοί δακτύλιοι ή μπορεί σε ένα ημερολογιακό έτος να έχουν σχηματισθεί δύο ή και τρεις δακτύλιοι.

Στην εύκρατη ζώνη, σε κάθε αυξητικό δακτύλιο το ξύλο που παράγεται στην αρχή της αυξητικής περιόδου, δηλαδή την άνοιξη, ονομάζεται **πρώιμο ή εαρινό** ξύλο, ενώ το ξύλο που παράγεται το καλοκαίρι ονομάζεται **όψιμο ή θερινό** ξύλο. Στα περισσότερα είδη υπάρχουν διαφορές μεταξύ του πρώιμου και του όψιμου ξύλου ως προς την πυκνότητα, το χρώμα, τη δομή των κυττάρων. Στα κωνοφόρα, το όψιμο ξύλο είναι πυκνότερο και σκουρότερου χρώματος από το πρώιμο ξύλο, ενώ στα πλατύφυλλα είναι χαρακτηριστική η παρουσία "οπών" που λέγονται πόροι ή αγγεία.

Με βάση το μέγεθος και τη διάταξη των

πόρων, τα πλατύφυλλα είδη χωρίζονται σε δακτυλιόπορα και διασπορόπορα. Στα δακτυλιόπορα, οι πόροι στο πρώιμο ξύλο είναι μεγάλοι και έχουν μορφή "δακτυλιδιών". Στα διασπορόπορα, οι πόροι είναι περίπου ίδιου μεγέθους και ομοιόμορφα διάσπαρτοι. Υπάρχει και μία τρίτη κατηγορία, τα ημιδιασπορόπορα, τα οποία έχουν τριών μεγεθών πόρους που βρίσκονται σε ακανόνιστη διάταξη.

Καθώς αυξάνεται η ηλικία του δένδρου, οι παλαιότεροι αυξητικοί δακτύλιοι σταδιακά παύουν να συμμετέχουν στη διακίνηση του νερού και των θρεπτικών ουσιών. Αυτή η διαφοροποίηση έχει ως αποτέλεσμα δραστικές μεταβολές στη δομή και στη χημική σύσταση του ξύλου και συνοδεύεται από έντονη αλλαγή του χρώματος. Με βάση αυτήν τη λειτουργική διαφοροποίηση, το κεντρικό τμήμα του κορμού ονομάζεται **εγκάρδιο ξύλο** και αυτό που το περιβάλλει, **σομφό ξύλο**. Είδη που έχουν εγκάρδιο με πολύ σκουρότερο χρώμα από το σομφό είναι τα πεύκα, το κυπαρίσσι, ο κέδρος, οι δρύες, η καστανιά, η φτελιά, η καρυδιά και άλλα. Εξωτερικά στον κορμό υπάρχει ο φλοιός που είναι μη ξυλώδες μέρος. Διακρίνεται σε εσωτερικό και εξωτερικό φλοιό. Ο εσωτερικός φλοιός είναι στενότερος, έχει ανοικτότερο χρώμα και είναι



5α



5β

5α,β

Εγκάρσιες τομές.

α. Εγκάρσια μικροτομή σεκόγιας,

βλ. αυξητικός δακτύλιος: πρώιμο ξύλο (της άνοιξης) και όψιμο ξύλο (του θέρους), λεπτές ακτίνες (σαν κατακόρυφες γραμμές), αζονικό παρέγχυμα (μαύρα στίγματα) και καθόλου ρητινοφόροι αγωγοί.

β. Μακροσκοπική εμφάνιση του κορμού σε κωνοφόρο είδος, βλ. εντεριώνη (στο κέντρο), εγκάρδιο ξύλο, σομφό ξύλο, αυξητικοί δακτύλιοι, κάμβιο, εσωτερικός φλοιός, εξωτερικός φλοιός.

Πηγές: (α) Dr. Elisabeth Wheeler, NCSU, Η.Π.Α.,

(β) Γ. Μαντάνης.

χυμώδης. Ο φυσικός ρόλος του στα δένδρα είναι να μεταφέρει πολύτιμες ουσίες (κυρίως σάκχαρα) από τα φύλλα προς τον κορμό και τις ρίζες. Ο εξωτερικός φλοιός είναι παχύς, ξερός και έχει σκοτεινότερο χρώμα. Ο ρόλος του είναι διπτός, αφενός μεν προστατεύει το ζωντανό δένδρο από βιολογικούς "εχθρούς" (μύκητες, έντομα), αφετέρου περιορίζει δραστικά την εξάτμιση ύδατος από τον κορμό προς το περιβάλλον. Η εμφάνιση του εξωτερικού φλοιού (κοινώς φλούδας) κάθε είδους είναι χαρακτηριστική και έχει σαφή διαγνωστική αξία.

### Φυσικά χαρακτηριστικά

Ορισμένα χαρακτηριστικά του ξύλου ονομάζονται φυσικά χαρακτηριστικά, είναι δηλαδή γνωρίσματα άμεσα ορατά με τις αισθήσεις (λ.χ. όραση, αφή, όσφρηση). Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι μεταξύ άλλων το χρώμα, η οσμή, η σχεδίαση, η στιλπνότητα και η πυκνότητα ("βάρος").

Το χρώμα οφείλεται σε οργανικές ουσίες που λέγονται εκχυλίσματα και υπάρχουν μέσα στους κενούς χώρους και στις κυτταρικές κοιλότητες. Μπορούν να απομακρυνθούν από το ξύλο με οργανικούς διαλύτες, λ.χ. βενζόλιο,

τολούολιο, αιθέρα, αιθανόλη, ακετόνη, αλλά και νερό. Το φυσικό χρώμα ποικίλλει από λευκό (λεύκα) μέχρι μαύρο (έβενος) και όλα σχεδόν τα χρώματα απαντώνται στα είδη. Το χρώμα είναι βασικό χαρακτηριστικό, που προσδίδει ομορφιά και αισθητική στο ξύλο.

Η οσμή οφείλεται στην πηχτικότητα ορισμένων ομάδων από τα εκχυλίσματα που υπάρχουν κυρίως στο εγκάρδιο ξύλο, π.χ. χαρακτηριστική είναι η αρωματική οσμή του κυπαρισσιού και του κέδρου και η ρητινώδης οσμή των πεύκων (οσμή ρετσινιού). Ελαφριά μυρωδιά έχουν και η δρυς και η καστανιά. Ωστόσο, αρκετά είδη από τα πλατύφυλλα δεν μυρίζουν. Το πιο κυρίαρχο φυσικό χαρακτηριστικό του ξύλου στην ακτινική και την εφαπτομενική τομή του είναι η σχεδίαση, τα λεγόμενα "νερά" του ξύλου. Όλα τα στοιχεία της δομής του ξύλου, συνδυαζόμενα μαζί, δημιουργούν ποικίλα σχέδια και γραμμές. Η σχεδίαση των περισσότερων ειδών είναι ελκυστική. Λίγα είδη δεν έχουν καθόλου σχεδίαση. Οι διακοσμητικοί καπλαμάδες είναι εκείνο το προϊόν, με το οποίο επικαλύπτονται επιφάνειες σε έπιπλα και αντικείμενα και με το οποίο αναδεικνύεται η ωραία σχεδίαση ορισμένων ειδών, όπως της οξιάς, της δρυός, της καστανιάς, της κερασιάς,

της φτελιάς, της καρυδιάς, του πεύκου. Η σιλιπνότητα είναι το φυσικό γνώρισμα ορισμένων ειδών ξύλου να αντανακλούν το φως. Είναι, δηλαδή, η φυσική γυαλάδα τους. Τέτοια είδη είναι αυτά της ερυθρελάτης, του φράξου (κοινώς δεσποτάκι), του πλατανιού, της ελάτης, του φλαμουριού, της λεύκης. Έτσι προτιμώνται αυτά σε διακοσμητικά ξυλόφυλλα, σε ξυλεπενδύσεις και παρκέτα, κυρίως σε "ισόβανα νερά", προσδίδοντας ιδιαίτερη φωτεινότητα.

Η πυκνότητα είναι το μέτρο της μάζας που περιέχεται σε ορισμένο όγκο και εκφράζεται σε μονάδες  $g/cm^3$  ή  $kg/m^3$ . Η πυκνότητα ή "βάρος" του ξύλου, είναι πολύ σημαντική ιδιότητα και επηρεάζει καθοριστικά όλες τις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του υλικού. Ο υπολογισμός της πυκνότητας του ξύλου στηρίζεται στον υπολογισμό της μάζας του και του όγκου του στο ίδιο ποσοστό υγρασίας. Για πρακτικούς λόγους, υπολογίζεται συνήθως για ποσοστό υγρασίας 12% και η πυκνότητα ονομάζεται φαινομενική πυκνότητα,  $R_{12}$ . Υπολογίζεται όμως και σε απόλυτα ξηρή κατάσταση, δηλαδή σε υγρασία 0% ( $r_0$ ,  $R_0$ ). Η εκτίμησή της μπορεί να γίνει και με απλή ανύψωση με το χέρι. Πρέπει πάντοτε να λαμβάνουμε υπόψη το τμήμα του ξύλου που χρησιμοποιείται (εγκάρδιο ή σομφό). Το εγκάρδιο έχει σχεδόν πάντοτε μεγαλύτερη πυκνότητα από το σομφό και είναι σκληρότερο.

Γενικώς, τα ελληνικά είδη έχουν πυκνότητες που κυμαίνονται από περίπου  $0,30 g/cm^3$  (τιά, λεύκη) ως  $0,90 g/cm^3$  (αριά, πουνάρι). Από όλα τα είδη του πλανήτη, το ελαφρότερο είναι το **balsa** με πυκνότητα  $0,12 - 0,14 g/cm^3$  και το βαρύτερο είναι το **black ironwood** με πυκνότητα  $1,36 g/cm^3$ . Ορισμένα λίγα ξύλα βουλιάζουν μέσα στο νερό, διότι η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη της μονάδας ( $>1 g/cm^3$ ). Είναι είδη που είναι πολύ σκληρά σαν σίδηρο και –μεταφορικά– λέγονται στο εμπόριο, "σιδηρόξυλα". Τέτοια είδη στην ελληνική αγορά είναι τα τροπικά είδη ιπέ και azobé.

### Μικροσκοπικά χαρακτηριστικά

Το ξύλο έχει περίπλοκη μικροσκοπική δομή και παρουσιάζει ιδιαίτερα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι



6

εμφανή στο απλό, και κυρίως στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Η μελέτη του γίνεται με χρήση αρχών της ανατομίας από ειδικούς επιστήμονες ξύλου και ονομάζεται ανατομία ξύλου.

Το ξύλο, βιολογικά ονομαζόμενο ως ξύλωμα, περιέχει πολλά και διαφορετικά κύτταρα που ονομάζονται **ξυλώδη κύτταρα** και διατάσσονται στο κατακόρυφο και στο οριζόντιο σύστημα του κορμού των δένδρων. Στα ζωντανά δένδρα, τα περισσότερα ξυλώδη κύτταρα είναι νεκρά, λίγα είναι τα ζωντανά κύτταρα (βλ. καμβιακά, παρεγχυματικά).

Σε κάθε κύτταρο διακρίνεται η **κυτταρική κοιλότητα** και το **κυτταρικό τοίχωμα**. Επίσης, τα ξυλώδη κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους με τη μεσοκυττάρια στρώση. Το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από το **πρωτογενές τοίχωμα** και το **δευτερογενές τοίχωμα**, που βρίσκεται προς την κυτταρική κοιλότητα. Το δευτερογενές τοίχωμα έχει τρεις στρώσεις, τις  $S_1$ ,  $S_2$ , και  $S_3$  (καθεμιά με διαφορετική διάταξη των ινών). Στο δευτερογενές τοίχωμα παρατηρούνται "οπές", μεταξύ των γειτονικών κυττάρων, που ονομάζονται **βοθρία** και είναι δίοδοι επικοινωνίας.

Στα κωνοφόρα είδη η μικροδομή τους αποτελείται από επιμήκη κύτταρα, τις

6

Το χρώμα και τα "νερά" του ξύλου αποτελούν τα πιο κυρίαρχα φυσικά χαρακτηριστικά, που προσδίδουν ομορφιά και διακοσμητική αξία.  
Κατοικία ZEB Pilot House.  
Αρχιτεκτονική μελέτη:  
Snohetta. ©EVE.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ $R_{12}$ (ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ 12%) ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΞΥΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ (σε $g/cm^3$ )					
Είδη εύκρατης ζώνης					
Κύρια ονομασία	Λοιπές ονομασίες	$R_{12}$ ( $g/cm^3$ )	Κύρια ονομασία	Λοιπές ονομασίες	$R_{12}$ ( $g/cm^3$ )
Ελάτη	Έλατο, ελληνικό έλατο	0,43	Οξιά	Κοινή ή ευρωπαϊκή οξιά	0,71
Ερυθρελάτη	Λευκόξυλο, "κόκκινο" έλατο	0,44	Καστανιά	Καστανιά η κοινή, ευρωπαϊκή καστανιά	0,60
Πεύκη, δασική	Σουηδικό πεύκο, "κόκκινη" ή Λαπωνίας	0,55	Λεύκη	Κοινή ή ευρωπαϊκή λεύκη, λεύκα	0,45
Πεύκη, μαύρη	Μαυρόπευκο, πεύκο της Πίνδου	0,54	Ψευδοακακία	"Ακακία", robinia, black locust, ροβίνια	0,80
Ψευδοτσούγκα	Oregon pine, Douglas fir	0,54	Καρυδιά	Ευρωπαϊκή ή ελληνική καρυδιά	0,66
Λάρικα	Λάρτζινο, λάριξ, σιβηρική λάρικα	0,60	Σφενδάμι	Κελεμπέκι, σφένδαμος, ψευδοπλατάνι	0,64
Κυπαρίσσι	Κυπάρισσος η αιθαλής	0,59	Φράξος	Δεσποτάκι, μελιάδι, μέλιο, ash	0,68
Ρόμπολο	Λευκόδερμη πεύκη, πεύκο του Όλυμπου	0,55	Σημύδα	Βετούλη, betula	0,63
Άρκευθος	"Κέδρος", οξύκεδρος	0,60	Φλαμούρι	Φιλύρα, τήλιο, τηλιά	0,56
Δρυς	Λευκή δρυς, ευρωπαϊκή δρυς	0,74	Ελιά	Ευρωπαϊκή ελιά, ήμερη ελιά ή αγριελιά	0,86

Πηγή: Γαλλικό Ινστιτούτο CIRAD.

**τραχειίδες** που είναι αξονικές και ακτινικές. Οι αξονικές τραχειίδες είναι κύτταρα εξειδικευμένα στη μεταφορά υδατοδιαλυτών αλάτων και νερού από τις ρίζες προς τα φύλλα και διατάσσονται παράλληλα προς τον κατά μήκος άξονα του κορμού. Επίσης υπάρχουν άλλα μικρότερα κύτταρα που λέγονται **παρεγχυματικά κύτταρα** και συγκροτούν ιστούς (παρέγχυμα). Το παρέγχυμα έχει πολύπλοκες συνθετικές ή αποταμιευτικές λειτουργίες στα ζωντανά δένδρα. Οι ακτίνες του ξύλου αποτελούνται από ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα. Σε ορισμένα κωνοφόρα υπάρχουν και μεσοκυττάριοι αγωγοί που λέγονται **ρητινοφόροι αγωγοί** και μεταφέρουν ρητίνη (κοινώς ρετσίνι). Απαντώνται μόνο σε τέσσερα είδη (πεύκα, ερυθρελάτη, ψευδοτσούγκα, λάρικα). Το ρετσίνι

παράγεται ως μηχανισμός για την προστασία του δένδρου και τη δημιουργία επούλωσης ιστού μετά από προσβολές ή τραυματισμούς. Το ρετσίνι των πεύκων είναι γνωστό ως "φάρμακο" από τα αρχαία χρόνια, ενώ στην Ελλάδα η ρητίνη ορισμένων πεύκων (χαλέπιος πεύκη, τραχεία πεύκη) συλλέγεται μετά τη δημιουργία τομών στον κορμό ώριμων πεύκων και τομή των ρητινοφόρων αγωγών (ρητίνευση).

Στο ξύλο των πλατύφυλλων τα κύτταρα διακρίνονται σε μέλη αγγείων, ίνες και παρεγχυματικά κύτταρα και η όλη δομή είναι αρκετά περίπλοκη. Τα μέλη αγγείων, που λέγονται και πόροι του ξύλου, είναι μεγάλα κύτταρα σε μορφή σωλήνα και ενώνονται άκρο με άκρο. Έχουν αγωγική λειτουργία, δηλαδή μεταφέρουν θρεπτικές ουσίες και νερό από τις ρίζες. Οι

**ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ  $R_{12}$  (ΣΕ ΥΓΡΑΣΙΑ 12%) ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΞΥΛΟΥ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ (σε  $g/cm^3$ )**

Είδη Αφρικής		Είδη Ν. Αμερικής και Ασίας	
Κύρια ονομασία	$R_{12}$ ( $g/cm^3$ )	Κύρια ονομασία	$R_{12}$ ( $g/cm^3$ )
Abura (bahia)	0,60	Angelim	0,80
Aniegre (anigre)	0,57	Acacia	0,52
Avodire	0,58	Andiroba	0,67
Ayous (samba, obeche)	0,38	Bangkirai (yellow balau)	0,92
Azobé (ekki, bongossi)	1,06	Balsa	0,14
Bete (mansonia)	0,66	Bintangor	0,74
Bubinga ("τριανταφυλλιά")	0,92	Cumaru	1,07
Dabema (dahoma)	0,70	Eucalyptus grandis	0,65
Doussie (afzelia)	0,80	Jarrah	0,82
Fraké (limba, afara)	0,54	Garapa (grapia)	0,79
Framire	0,50	Ipé	1,04
Iroko (odum, african teak)	0,64	Meranti (σκούρο κόκκινο)	0,68
Koto	0,59	Meranti (ελαφρύ κόκκινο)	0,50
Movingue (movingui, ayan)	0,73	Meranti (κίτρινο)	0,72
Niangon	0,70	Meranti (λευκό)	0,54
Okoumé	0,44	Teak	0,67
Padauk (african padauk)	0,79	Merbau (ipil)	0,83
Sapele (sapelli)	0,69	Kempas	0,88
Sipo	0,62	Massaranduba	1,10
Wenge	0,87	Tatajuba	0,80

Πηγή: Γαλλικό Ινστιτούτο CIRAD.

ίνες είναι πολύ λεπτά κύτταρα, επιμήκη και με κλειστά άκρα. Μοιάζουν με τις αξονικές τραχειίδες των κωνοφόρων. Οι ίνες αποτελούν περίπου το 50% του ξύλου στα πλατύφυλλα και συγκροτούν κυρίως στερεωτικούς ιστούς, δηλαδή παρέχουν μηχανική συνοχή και στήριξη. Τα παρεγχυματικά κύτταρα είναι παρόμοια με αυτά των κωνοφόρων. Ωστόσο, τα αξονικά παρεγχυματικά κύτταρα είναι ιδιαίτερος ξεχωριστά και δημιουργούν πολυποϊκίλους "σχηματισμούς" στις εγκάρσιες τομές. Επίσης, οι ακτίνες στο ξύλο των πλατύφυλλων διαφέρουν σημαντικά και μπορεί να είναι λεπτές σε πάχος, μέτριες ή πολύ παχιές (μονόσειρες, δίσειρες, τρίσειρες, πολύσειρες). Στα πλατύφυλλα, μέσα στα αγγεία μπορεί να υπάρχουν κρύσταλλοι ή άλλες ουσίες, που λέγονται **κόμματα**.

### ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

Το ξύλο έχει τη φυσική και χημική ιδιότητα να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον είτε σε υγρή μορφή, όταν έρχεται σε επαφή με το νερό, είτε σε μορφή υδρατμών απευθείας από την ατμόσφαιρα. Αυτή η ιδιότητα του ξύλου ονομάζεται **υγροσκοπικότητα**. Όταν η ισοδύναμη υγρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από την υγρασία του ξύλου, τότε το ξύλο αποβάλλει υγρασία προς το περιβάλλον. Κατά την πρόσληψη ή την αποβολή υγρασίας το ξύλο διογκώνεται ή ρικνώνεται αντίστοιχα.

Η υγροσκοπικότητα του ξύλου οφείλεται στο γεγονός ότι τα συστατικά του, ιδίως η κυτταρίνη και οι ημικυτταρίνες, είναι υδρόφιλες ουσίες οι ίδιες, κυρίως δε οι

ημικυτταρίνες και η άμορφη κυτταρίνη. Το σημείο εκείνο, στο οποίο το ξύλο έχει όλα τα κυτταρικά του τοιχώματα γεμάτα με υγρασία και ταυτοχρόνως άδειες τις κυτταρικές κοιλότητες και τα μικροκενά του, ονομάζεται **σημείο κορεσμού των ινών** ή **σημείο ινοκόρου**. Αυτό αντιστοιχεί με επίπεδο υγρασίας περίπου 30%. Όταν το ξύλο αρχίζει να αποκτά υγρασία μικρότερη του 30%, τότε αρχίζει και ρικνώνεται, δηλαδή μειώνονται ελαφρά οι διαστάσεις του (ρίκνωση), λ.χ. ογκομετρικά περίπου 7% - 20%. Το αντίθετο φαινόμενο λέγεται **διόγκωση**.

Η ρίκνωση και η διόγκωση διαφέρουν στις διάφορες κατευθύνσεις μέσα στο ξύλο, δηλαδή στο πάχος, στο φάρδος και στο μήκος των ξύλινων στοιχείων. Αυτή η διαφορά μπορεί να φθάσει στο μέγιστο (μέχρι και στο διπλάσιο) στην



7



8α



8β

τα επί μέρους ξύλινα τεμάχια να έχουν ακτινική τομή ("ισόβενη") για να μειώνεται η πιθανότητα δημιουργίας ρωγμών λόγω ρίκνωσης. Δεν είναι τεχνικά ορθό να αποκαλείται το φαινόμενο αυτό "συστολή" ή "διαστολή" του ξύλου. Το σωστό είναι: ρίκνωση και διόγκωση, ως συνέπεια της απώλειας ή της πρόσληψης υγρασίας από το ξύλο.

Επιπλέον, δεν πρέπει να συγχέεται η υγρασία του ξύλου (% υγρασίας) με τη σχετική υγρασία του αέρα. **Η υγρασία του ξύλου υπολογίζεται επί τοις εκατό της ξηρής μάζας του.** Δηλαδή όταν λέμε ότι ένα τεμάχιο ξύλου έχει υγρασία 25% εννοούμε ότι στα 100 μέρη απολύτως ξηρού ξύλου αντιστοιχούν 25 μέρη νερού. Αυτό σημαίνει ότι, εάν π.χ. πάρουμε ένα δοκίμιο από το συγκεκριμένο ξύλο με βάρος 100 g, μετά την ξήρανσή του μέχρις ότου φύγει όλο το νερό από τη μάζα του, αυτό θα αποκτήσει ξηρό βάρος 80 g, ενώ τα 20 g νερού θα έχουν εξατμισθεί. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι ελαφρά ξύλα όταν κορεστεί η μάζα τους με νερό, δηλαδή όταν γεμίσουν όλοι οι κενοί χώροι του, μπορεί να αποκτήσουν υγρασία μεγαλύτερη από το 100% του ξηρού βάρους τους. Παραδείγματος χάρη, κλωρό ξύλο λεύκας μπορεί να έχει υγρασία >200%.

Η υγρασία του ξύλου (%) υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Ποσοστό υγρασίας (\%)} = 100 \times \frac{(\text{Χλωρό βάρος ξύλου} - \text{ξηρό βάρος ξύλου})}{(\text{ξηρό βάρος ξύλου})}$$

Στην πράξη, το ποσοστό υγρασίας υπολογίζεται συνήθως με τη χρήση των ηλεκτρικών υγρομέτρων, τα οποία ερχόμενα σε επαφή με το ξύλο δίνουν το ποσοστό υγρασίας του (Υ%). Τα πιο αξιόπιστα υγρόμετρα είναι αυτά των οποίων η λειτουργία βασίζεται στην ηλεκτρική αντίσταση.

### Ξήρανση του ξύλου και βέλτιστη υγρασία

Μόλις ένας κορμός υλοτομηθεί περιέχει πολλή υγρασία στη μάζα του (συνήθως Υ>80%). Η ξήρανση της ξυλείας είναι ο πρώτος και σημαντικότερος χειρισμός που πρέπει να γίνεται αμέσως, με σωστό τρόπο και πριν αυτή να χρησιμοποιηθεί σε μία κατασκευή.

Σε κάθε περίπτωση, το ξύλο πρέπει να είναι ξηραμένο σε ένα ποσοστό υγρασίας αντίστοιχο προς την υγρασία ισορροπίας

εφαπτομενική κατεύθυνση των ινών σε σύγκριση με την ακτινική κατεύθυνση. Η κατά μήκος ρίκνωση και διόγκωση είναι αμελητέα. Αυτό το φαινόμενο έχει μεγάλη πρακτική σημασία για κατασκευές, στις οποίες απαιτείται σταθερότητα των διαστάσεων με τις μεταβολές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα, όπως λ.χ. στις σύμμεικτες κατασκευές, στις οποίες το ξύλο συνδυάζεται με άλλα υλικά (μέταλλα, σκυρόδεμα, κρύσταλλα, πέτρα) αλλά και στα έπιπλα, στα δάπεδα, στα όργανα ακριβείας. Στα ξύλινα δάπεδα, στις επιφάνειες των ξύλινων τραπεζιών, στις πόρτες, προτιμάται

7

Αμέσως μετά την κοπή της κλωρής ξυλείας (πρίση) απαιτείται αργή και επιμελημένη ξήρανσή της.

8α,β

Σύγχρονα υγρόμετρα για τη μέτρηση του ποσοστού υγρασίας του ξύλου.

**ΣΗΜΕΙΟ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΩΝ ΙΝΩΝ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ ΡΙΚΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΞΥΛΟΥ  
(% ΡΙΚΝΩΣΗΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΑΠΟ ΕΝΤΕΛΩΣ ΧΛΩΡΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΑΠΟΛΥΤΩΣ ΞΗΡΗ)**

Είδος	Επιστημονική ονομασία	Εφαπτομενική ρίκνωση (%) P <sub>ΕΦΑΠΤ.</sub>	Ακτινική ρίκνωση (%) P <sub>ΑΚΤ.</sub>	Συντελεστής ανισοτροπίας (P <sub>ΕΦΑΠΤ.</sub> / P <sub>ΑΚΤ.</sub> )	Σημείο ινοκόρου (%)
Ελάτη	Abies alba	8,7	4,0	2,17	29
Ερυθρελάτη	Picea abies & excelsa	8,2	3,9	2,10	33
Πεύκη, δασική	Pinus sylvestris	8,3	5,2	1,60	30
Πεύκη, μαύρη	Pinus nigra	7,3	4,1	1,78	30
Ψευδοτσούγκα	Pseudotsuga menziesii	6,9	4,7	1,47	27
Λάρικα	Larix decidua	8,2	4,2	1,95	26
Δρυς	Quercus petraea & robur	9,7	4,5	2,15	31
Οξιά	Fagus sylvatica	11,6	5,7	2,04	32
Καστανιά	Castanea sativa	6,9	4,2	1,64	30
Λεύκη	Populus tremula	8,3	4,8	1,73	30
Ψευδοακακία	Robinia pseudoacacia	6,9	4,4	1,57	30
Καρυδιά	Juglans regia	7,5	5,5	1,37	30
Σφενδάμι	Acer pseudoplatanus	7,8	4,5	1,73	30
Φράξος	Fraxinus excelsior	9,6	5,7	1,70	32
Κερασιά	Prunus avium	8,4	5,1	1,65	25

Πηγή: Γαλλικό Ινστιτούτο CIRAD.

**ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΙΔΩΝ ΞΥΛΟΥ ΣΕ ΧΡΗΣΗ**

Μεταβλητότητα διαστάσεων	Είδος (εμπορική ονομασία)
Πολύ μικρή (κάτω του 2%)	Έβενος, ελιά, ιπέ, padauk, tatajuba, western red cedar.
Μικρή (κάτω του 3%)	Κυπαρίσσι, λευκή δρυς, ιροκό, καστανιά Ευρώπης και Αμερικής, ίταμος, teak, jatoba, Oregon pine, λάρικα, wenge, tiama, zebrawood, mahogany african, makore, red meranti, merbau, padauk, rosewood, σεκόγια (Californian redwood).

Πηγή: Σ. Καραστεργίου και Ι. Κακαράς.

του χώρου στον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Έτσι, για έπιπλα εσωτερικού χώρου, πατώματα, εσωτερικά κουφώματα, εσωτερικές ξυλουργικές κατασκευές, το ξύλο πρέπει να έχει υγρασία **8% - 9%**. Για πατώματα με ενδοδαπέδια θέρμανση και για ξύλινα καλύμματα καλοριφέρ, σάουνες και άλλες κατασκευές δίπλα σε τζάκια και θερμάστρες, η υγρασία του πρέπει να είναι 6%. Για εξωτερικά κουφώματα η βέλτιστη υγρασία είναι 10% - 12%. Στον τομέα των εξωτερικών κατασκευών υπάγονται λ.χ. έπιπλα βεράντας - κήπου, μπαλκόνια, πέργκολες, περιφράξεις, επενδύσεις τοίχων, κιόσκια, υπόστεγα, υπαίθρια

πατώματα ή σανιδώματα (deck) κ.ά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το αρχικό ποσοστό υγρασίας πρέπει να είναι περίπου **12% - 16%** πριν από την τελική χρήση.

**Σταθερότητα διαστάσεων σε χρήση**

Βασικός κανόνας επιτυχίας των κατασκευών είναι το ξύλο τους να περιέχει υγρασία σε ένα σταθερό επίπεδο, χωρίς να ρικνώνεται ή να διογκώνεται. Με άλλα λόγια να διατηρεί σταθερές τις διαστάσεις του (διαστασιακή σταθερότητα). Το φαινόμενο της ρίκνωσης και της διόγκωσης του ξύλου λαμβάνει χώρα για αυξομειώσεις της υγρασίας του ξύλου σε επίπεδο

ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΙΔΩΝ ΞΥΛΟΥ (ΕΥΚΡΑΤΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ) ΠΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝ ΣΗΜΕΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΓΟΡΑ*						
Είδος	Επιστημονική ονομασία	Φαινομενική πυκνότητα <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Θλιπτική αντοχή (αξονική) <sup>1</sup> (MPa)	Αντοχή σε κάμψη (στατική) <sup>1</sup> (MPa)	Μέτρο ελαστικότητας <sup>1</sup> (MPa)	Σκληρότητα πλευρική <sup>2</sup> (N)
		RI2	CS	MOR	MOE	Janka hardness
Ελάτη (ελληνική) <sup>3</sup>	Abies cephalonica	0,43 (0,05)	40 (03)	76 (09)	–	1.780
Ερυθρελάτη	Picea abies & excelsa	0,45 (0,02)	46 (16)	78 (18)	11.900 (2.000)	1.680
Δασική πεύκη	Pinus sylvestris	0,55 (0,05)	50 (08)	97 (10)	12.700 (2.000)	2.420
Μαύρη πεύκη	Pinus nigra	0,54 (0,07)	51 (10)	87 (14)	11.900 (2.300)	2.920
Ψευδοτσούγκα Ευρώπης	Pseudotsuga menziesii	0,54 (0,04)	50 (06)	91 (06)	16.800 (1.600)	2.800
Λάρικα	Larix decidua	0,60 (0,07)	52 (10)	90 (09)	11.800 (1.900)	3.300
Κυπαρίσσι (ελληνικό) <sup>3</sup>	Cupressus sempervirens	0,59 (0,03)	55 (06)	100 (10)	–	3.500
Ρόμπολο (ελληνικό) <sup>3</sup>	Pinus leucodermis	0,55 (0,03)	42 (05)	83 (09)	–	2.250
Δρυς Ευρώπης	Quercus petraea & robur	0,74 (0,08)	58 (07)	105 (15)	13.300 (1.750)	6.000
Οξιά	Fagus sylvatica	0,71 (0,04)	57 (06)	111 (09)	15.300 (1.850)	6.400
Καστανιά (ελληνική) <sup>3</sup>	Castanea sativa	0,60 (0,03)	48 (10)	88 (12)	–	2.700
Λεύκη	Populus tremula	0,45 (0,06)	35 (10)	62 (17)	9.800 (1.700)	1.650
Ψευδοασκακία	Robinia pseudoacacia	0,78 (0,10)	70 (12)	126 (25)	16.900 (2.750)	7.600
Καρυδιά	Juglans regia	0,66 (0,06)	64 (09)	117 (15)	11.800 (1.600)	5.400
Iroko	Milicia excelsa & regia	0,64 (0,05)	54 (06)	87 (15)	12.800 (2.500)	5.600
Sipo	Entandrophragma utile	0,62 (0,04)	56 (06)	91 (11)	13.250 (2.500)	5.300
Azobé	Lophira alata	1,06 (0,08)	96 (09)	162 (21)	21.400 (3.500)	14.300
Bete	Mansonia altissima	0,66 (0,04)	60 (06)	110 (10)	13.600 (1.200)	5.700
Fraké, Limba	Terminalia superba	0,54 (0,07)	47 (08)	80 (16)	11.750 (2.400)	3.000
Sapele	Entandrophragma cylind.	0,69 (0,04)	62 (07)	102 (11)	13.900 (2.400)	6.300
Niangon	Tanietia utilis & densiflora	0,70 (0,09)	55 (07)	103 (14)	14.400 (1.600)	5.700
Teak	Tectona grandis	0,67 (0,06)	56 (06)	98 (13)	13.700 (2.700)	4.800
Meranti (dark red)	Shorea spp.	0,68 (0,10)	52 (07)	92 (11)	13.000 (2.100)	3.600
Bangkirai	Shorea glauca & laevis	0,91 (0,06)	85 (12)	150 (20)	22.900 (2.000)	7.120
Iπέ	Handroanthus spp.	1,04 (0,05)	95 (10)	166 (28)	22.700 (2.200)	15.600
Padauk (Αφρ.)	Pterocarpus soyauxii	0,79 (0,03)	65 (08)	116 (24)	15.800 (1.800)	8.700
Wenge	Millettia laurentii	0,87 (0,06)	85 (15)	144 (42)	21.000 (1.000)	8.600

\*Σημείωση: Οι τιμές των μηχανικών αντοχών του ξύλου παρουσιάζουν υψηλή διακύμανση από δάσος σε δάσος και από χώρα προέλευσης. Στις παρενθέσεις αναφέρονται οι τιμές σταθερής απόκλισης. Πηγές: <sup>1</sup>Γαλλικό Ινστιτούτο CIRAD, <sup>2</sup> Ιστοσελίδα: www.wood-database.com, <sup>3</sup> Ρουσόδημος (1997), ΕΘΙΑΓΕ, ΙΜΔΟ Αθήνας.

κάτω από το 30% (σημείο κορεσμού των ινών). Για μεταβολές υγρασίας μεγαλύτερες από αυτό το σημείο, οι διαστάσεις του ξύλου παραμένουν σταθερές και μεταβάλλεται μόνο το βάρος του. Όλα τα είδη δεν έχουν την ίδια υγροσκοπικότητα. Είδη που περιέχουν έλαια ή ρητίνες ή ταννίνες (λ.χ. teak, έβενος, padauk, κέδρος, κυπαρίσσι, ελιά, ψευδοσακακία, καστανιά, δρυς, λάρικα) παρουσιάζουν πολύ χαμηλή υγροσκοπικότητα και συνεπώς πρέπει να προτιμώνται σε κατασκευές εξωτερικού περιβάλλοντος ή άλλου υγρού χώρου. Αφού το ξύλο υποστεί μια πρώτη ξήρανση και έλθει σε ισορροπία με τις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα), κατόπιν, σε κάθε μεταβολή των συνθηκών του περιβάλλοντος, μεταβάλλονται οι διαστάσεις του ξύλου αλλά σε μικρότερα μεγέθη σε σχέση με την πρώτη ξήρανση. Με άλλα λόγια μετά την πρώτη ξήρανση το ξύλο εμφανίζει μια μειωμένη μεταβλητότητα των διαστάσεων (δηλ. μειώνεται η υγροσκοπικότητα του ξύλου). Ένα ξύλο, που παρουσιάζει μεγάλη ρίκνωση κατά την ξήρανση, μπορεί αργότερα να εμφανίζει μικρή μεταβολή διαστάσεων. Αυτό το φαινόμενο δεν εμφανίζεται με την ίδια ένταση σε όλα τα είδη, διότι εξαρτάται από την πυκνότητα, τα εκκυλίσματα και τη χημική σύσταση του κάθε είδους.

## ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΞΥΛΟΥ

Το ξύλο είναι ένα ανισότροπο υλικό, όπως και ορθοτροπικό, δηλαδή έχει διαφορετικές και ανεξάρτητες μηχανικές ιδιότητες στις διαφορετικές κατευθύνσεις του, εξαιτίας του προσανατολισμού των ξυλωδών ινών και του τρόπου, με τον οποίο ένα δέντρο αυξάνεται σε διάμετρο καθώς μεγαλώνει. Είναι γνωστό ότι οι μηχανικές ιδιότητές του διαφέρουν αξονικά (κατά μήκος του κορμού), ακτινικά (κατά το μήκος των ακτίνων του) και εφαπτομενικά. Συνήθως η αντοχή του σε δυνάμεις που δρουν αξονικά είναι μεγαλύτερη, ενώ υπάρχουν μικρές ή μέτριες διαφορές στις αντοχές του στην ακτινική και στην εφαπτομενική κατεύθυνση.

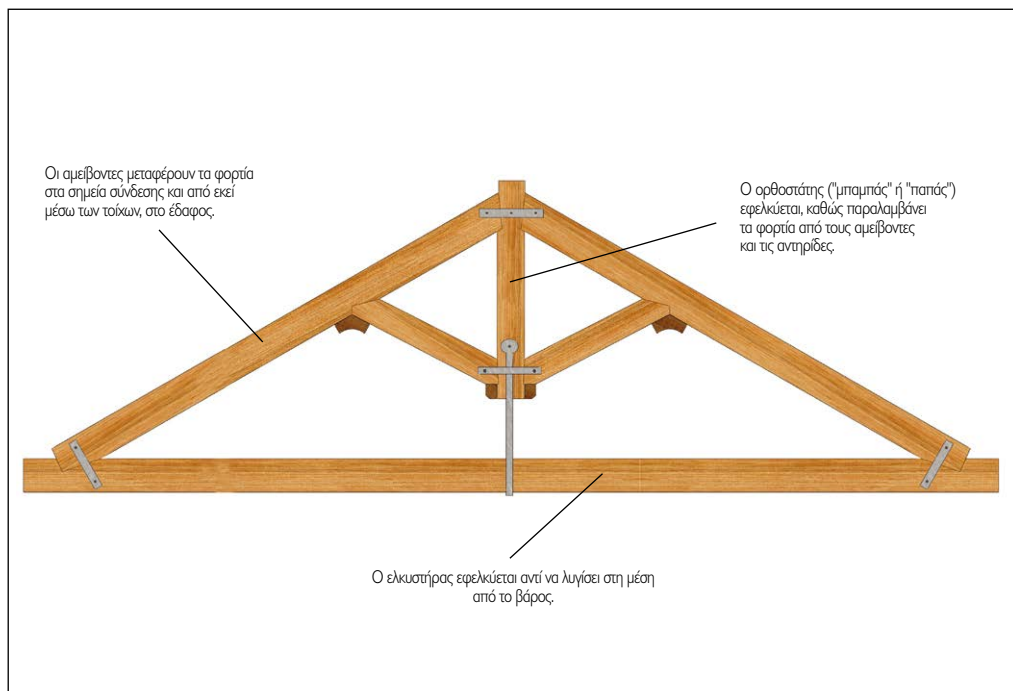
Οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου επηρεάζονται από τις εξής κύριες παραμέτρους:

- **Υγρασία:** Μείωση της υγρασίας κάτω από το σημείο ινοκόρου αυξάνει τη μηχανική αντοχή. Η σχέση μηχανικής αντοχής - υγρασίας είναι αντιστρόφως ανάλογη.
- **Πυκνότητα:** Η πυκνότητα αποτελεί τον καλύτερο δείκτη ποιότητας και μηχανικής αντοχής του ξύλου. Υψηλή πυκνότητα σημαίνει μεγάλη μηχανική αντοχή.
- **Θερμοκρασία:** Η μηχανική αντοχή ελαττώνεται με την αύξηση της

θερμοκρασίας. Θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 100°C - 120°C προκαλούν χημική αλλοίωση του ξύλου και υποβάθμιση.

- **Σφάλματα ξύλου:** Η παρουσία σφαλμάτων στο ξύλο, λ.χ. ρόζοι, στρεψοϊνία, ραγάδες, θλιψιγενές και εφελκυσμογενές ξύλο, προκαλεί μείωση της μηχανικής του αντοχής. Ειδικότερα, η έντονη στρεψοϊνία καθιστά τις ξύλινες δοκούς ή τους στύλους ακατάλληλα στοιχεία για κατασκευές, όπως και η έντονη παρουσία ξερών ρόζων.
- **Διάρκεια και είδος φόρτισης.** Η διάρκεια φόρτισης έχει αντιστρόφως ανάλογη επίδραση στη μηχανική αντοχή του ξύλου, δηλαδή στο μέγεθος του φορτίου που μπορεί να παραλάβει μία ξύλινη κατασκευή. Μόνιμη φόρτιση ελαττώνει την αντοχή του σε ποσοστό 50% - 75%. Σημαντικό ρόλο παίζει και η διάρκεια φόρτισης (μόνιμη: περισσότερο από 10 έτη, μακροχρόνια: 6 μήνες έως 10 έτη, βραχυχρόνια: ορισμένες εβδομάδες, κ.ο.κ.). Σε δυναμικές ή στιγμιαίες φορτίσεις, το ξύλο αντέχει πολύ περισσότερο. Οι μεγάλες διατομές δομικών στοιχείων, η μικρή ροζοβριθεία, και η έλλειψη στρεψοϊνίας στο ξύλο αυξάνουν σημαντικά τη διάρκεια της φόρτισης. Επιπλέον επιβαρυντικοί παράγοντες για τις μηχανικές αντοχές του ξύλου είναι οι

9

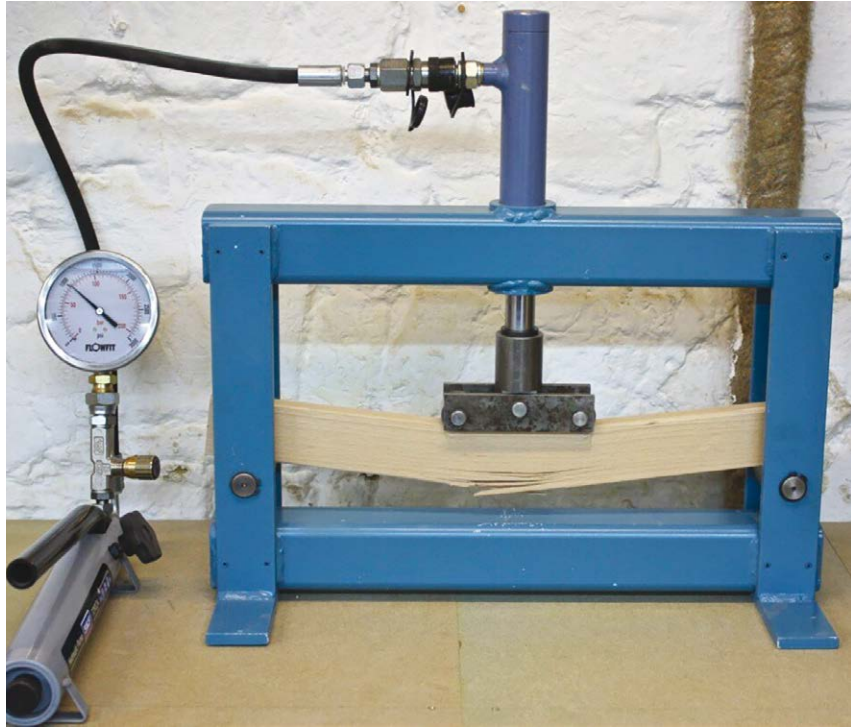


9  
Στοιχεία σε ξύλινη σκεπή με φορτίσεις αξονικού εφελκυσμού.



10

10  
Δοκίμιο στρογγύλης ξυλείας σε φόρτιση αξονικής θλίψης σε συσκευή δοκιμών.



11

11  
Μηχανική φόρτιση ξύλινης κολόνας σε δυνάμεις κάμψης.

βιολογικοί παράγοντες (δηλαδή προσβολές από μύκητες, έντομα ή τερμίτες), η ηλιακή ακτινοβολία και ιδίως η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) και διάφοροι χημικοί παράγοντες.

#### Εφελκυστική αντοχή ή αντοχή σε εφελκυσμό

Το ξύλο βρίσκεται σε τάσεις εφελκυσμού, όταν οι δυνάμεις που ενεργούν επάνω του, τείνουν να το επιμηκύνουν. Ανάλογα με την κατεύθυνση, ο εφελκυσμός διακρίνεται σε αξονικό και σε εγκάρσιο. Το ξύλο έχει υψηλή αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό που είναι 20 έως 50 φορές μεγαλύτερη από την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό. Η αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό κυμαίνεται στα συνηθισμένα είδη από 70 MPa μέχρι 140 MPa περίπου. Σε ορισμένα, υψηλής πυκνότητας είδη είναι και μεγαλύτερη.

#### Θλιπτική αντοχή ή αντοχή σε θλίψη ή συμπίεση

Όταν το ξύλο βρίσκεται κάτω από τάσεις συμπίεσης, οι δυνάμεις που ενεργούν επάνω του τείνουν να το συνθλίψουν, δηλαδή οι δυνάμεις ενεργούν αντίθετα απ' ό,τι στον εφελκυσμό. Ανάλογα με την κατεύθυνση διακρίνονται σε αξονική και σε εγκάρσια θλίψη. Θεμελιώδης ιδιότητα στις κατασκευές ξύλου είναι η θλιπτική

αντοχή παράλληλα με τις ίνες, η οποία είναι περίπου 10 - 15 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την εγκάρσια. Στα περισσότερα είδη ξυλείας κυμαίνεται μεταξύ 40 MPa και 70 MPa. Φόρτιση σε αξονική θλίψη παρατηρείται σε κάθετα τοποθετημένα στοιχεία, όπως λ.χ. σε ορθοστάτες, υποστηρίγματα υπόστεγων, πέργκολες κ.ά., στα οποία έχει σημασία η σχέση μήκους / διαμέτρου του υποστηρίγματος, είδους και ποιότητας της ξυλείας. Ξύλο ορισμένων ειδών μετά από άτμιση ή βρασμό μπορεί να υποστεί θλίψη παράλληλα προς τις ίνες του μέχρι και 15% - 20% του μήκους του, χωρίς να υποστεί θραύση ή αστοχία. Το ίδιο ξύλο μπορεί να εφελκυσθεί (δηλ. να επιμηκυνθεί) μόνο κατά 1% - 2%.

#### Αντοχή σε διάτμηση

Το ξύλο δέχεται τάσεις διάτμησης, όταν οι δυνάμεις τείνουν να προκαλέσουν ολίσθηση του μέρους του στοιχείου που φορτίζεται, σε παράπλευρο μέρος του ίδιου στοιχείου. Η διάτμηση διακρίνεται σε αξονική, εγκάρσια, λοξή και κυλιόμενη. Η αξονική διάτμηση στα συνηθισμένα είδη κυμαίνεται μεταξύ 3 - 15 MPa. Η αντοχή σε αξονική διάτμηση έχει μεγαλύτερη πρακτική σημασία, διότι με την επίδραση διατμητικών τάσεων, το ξύλο συνήθως υποχωρεί. Η αντοχή σε εγκάρσια διάτμηση

είναι 3 - 4 φορές μεγαλύτερη της αξονικής διάτμησης, ωστόσο, δεν έχει τεχνική σημασία, διότι το ξύλο υποχωρεί νωρίτερα σε αξονική διάτμηση ή σε εγκάρσια θλίψη.

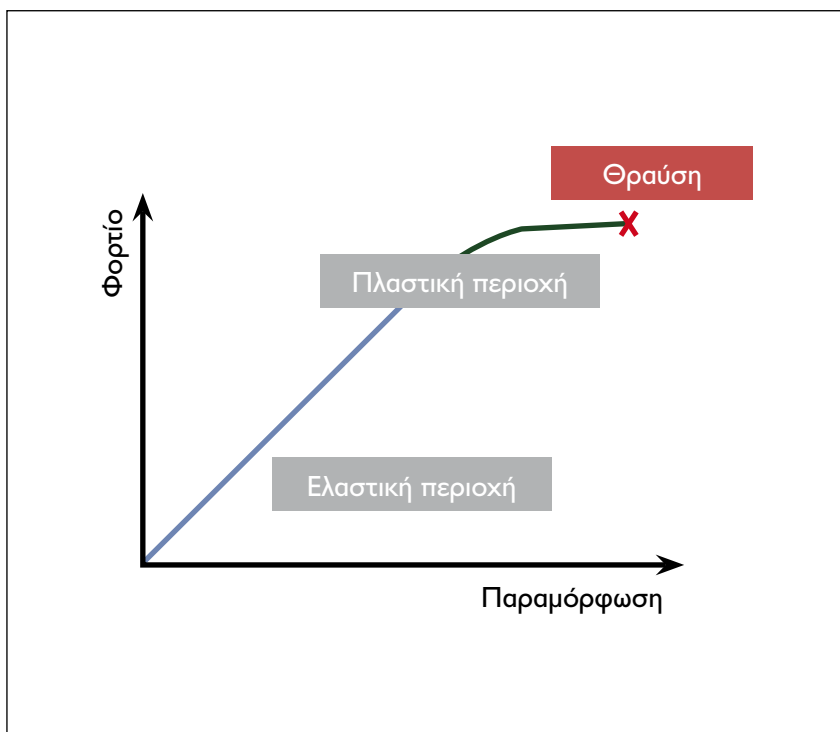
### Αντοχή σε κάμψη

Στις περισσότερες κατασκευές, το ξύλο φορτίζεται με δυνάμεις που προκαλούν κάμψη. Γι' αυτό το λόγο η αντοχή σε κάμψη και ιδίως σε στατική κάμψη είναι σημαντική μηχανική ιδιότητα. Το μέτρο θραύσης (MOR, modulus of rupture) δείχνει τις μέγιστες τάσεις των ινών των εξωτερικών πλευρών του ξύλου, όταν η δοκός ή το ξύλινο στοιχείο θραύεται από επίδραση φορτίου που ασκείται σιγά σιγά. Το μέτρο θραύσης (MOR) των περισσότερων ειδών κυμαίνεται συνήθως από 60 MPa έως 120 MPa. Η αντοχή σε κάμψη είναι ανάλογη της αντοχής σε αξονικό εφελκυσμό.

Οι τάσεις εφελκυσμού είναι μέγιστες στην κάτω επιφάνεια, ελαττώνονται βαθμιαία προς το κέντρο και μηδενίζονται στο ουδέτερο επίπεδο. Οι τάσεις θλίψης εμφανίζονται με τον ίδιο τρόπο στην επάνω επιφάνεια. Σε σύγκριση με τα μέταλλα, το ξύλο έχει πολύ μικρότερη αντοχή σε κάμψη, έχει, όμως, υψηλότερη ελαστικότητα και καλύτερη σχέση αντοχής ÷ ειδικού βάρους. Σημαντική βελτίωση της αντοχής σε κάμψη γίνεται με την παραγωγή συγκολλητής (ή σύνθετης) ξυλείας, διαδικασία κατά την οποία τρία ή περισσότερα στοιχεία συγκολλώνται πλευρικά μεταξύ τους.

### Ελαστικότητα

Το ξύλο χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλή ελαστικότητα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα υλικά. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι κάμπτεται περισσότερο κάτω από ορισμένο φορτίο. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη η πυκνότητά του, το ξύλο κατέχει μία ενδιάμεση θέση. Η ελαστικότητα μετράται με το μέτρο ελαστικότητας (MOE, modulus of elasticity) που προσδιορίζεται από δοκιμές κάμψης. Αρχικά και μέχρι ενός ορίου συμπεριφέρεται ως απόλυτα ελαστικό υλικό (ελαστική περιοχή) και ύστερα ως πλαστικό (βλ. πλαστική περιοχή). Στην αξονική κατεύθυνση, το μέτρο ελαστικότητας (MOE) στα κυριότερα είδη κυμαίνεται μεταξύ τιμών 9.000 - 15.000 MPa. Το μέτρο ελαστικότητας εξάγεται είτε από στατική κάμψη είτε μπορεί να προσδιοριστεί δυναμικά με ταλάντωση δοκιμίων με ηχητικά κύματα.



12

### Σκληρότητα

Ως σκληρότητα ορίζεται η αντίσταση του ξύλου στην είσοδο ξένων σωμάτων στη μάζα του. Αυτή η αντίσταση είναι 1,5 - 2,0 φορές μεγαλύτερη στην αξονική κατεύθυνση (αξονική σκληρότητα) παρά πλευρικά, δηλαδή εφαπτομενικά ή ακτινικά. Αυτή η δεύτερη σκληρότητα ονομάζεται πλευρική και έχει επιδράσεις σε συγκεκριμένες εφαρμογές του, π.χ. παρκέτα, αθλητικά δάπεδα κ.ά. Βέβαια, η ευκολία ή η δυσκολία μηχανικής κατεργασίας του ξύλου σχετίζεται άμεσα με τη σκληρότητά του. Διαδεδομένη είναι η κατάταξη των ειδών με βάση τη σκληρότητα Janka. Η σκληρότητα μετράται αποκλειστικά σε επίπεδο 12% υγρασίας. Τα πιο μαλακά ελληνικά είδη είναι η λεύκη, η ερυθρελάτη, το έλατο και το φλαμούρι και πάρα πολύ σκληρά είδη είναι η οξιά, η δρυς, το σφενδάμι, ο φράξος, η ψευδοσακακιά, η ελιά και σκληρότερα όλων το πουρνάρι και η κρασιά.



13

### Αντοχή σε κρούση και αντοχή σε σχίσση

Η κρούση αφορά ιδίως στην απότομη (δυναμική) φόρτιση και έχει σημασία για ορισμένες χρήσεις, όπως π.χ. λαβές εργαλείων, κιβώτια κ.ά. Σκληρά ξύλα παρουσιάζουν υψηλή κρουστική αντοχή σε δυναμικά

12  
Ελαστική και πλαστική περιοχή του ξύλου κατά τη δοκιμή κάμψης.

13  
Δοκιμή ξύλου σε σκληρότητα (Janka test).



14



15



16



17

14  
Τα έντομα μπορούν να προσβάλουν την ξυλεία από την ύπαρξή της ως ζωντανό δέντρο, μέχρι την επεξεργασμένη της μορφή.

15  
Επένδυση τοιχοποιίας, κατασκευασμένη από κυανωμένο πεύκο.

16  
Ξύλινη οροφή με καστανή σήψη από προσβολή *Coniophora*.

17  
Προσβολή ξυλεπένδυσης σε κατοικία από έντομο *Lyctus*.

φορτία παρά σε στατικά. Η αντοχή του ξύλου σε σχίση, δηλαδή η αντίστασή του σε δυνάμεις που δρουν με τη μορφή "σφήνας", είναι πάρα πολύ μικρή. Αυτό μπορεί να είναι πλεονέκτημα σε χρήσεις όπως π.χ. το σχίσσιμο καυσόξυλων, αλλά και σοβαρό μειονέκτημα, π.χ. σχίσσιμο ξύλου μετά από κάρφωμα ή βίδωμα.

## ΑΛΛΟΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

### Βιοτικοί παράγοντες

Οι βιολογικοί "εχθροί" του ξύλου είναι οι εξής: βακτήρια, μύκητες, έντομα και τερμίτες, και θαλάσσιοι μικροοργανισμοί. Αυτοί μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις της εμφάνισης, της δομής και της χημικής σύστασης του ξύλου. Οι αλλοιώσεις ποικίλλουν και μπορεί να είναι από απλές χρωματικές αλλαγές μέχρι και πλήρους αχρήστευση. Επιπροσθέτως, οι παραπάνω αλλοιώσεις μπορούν να λάβουν χώρα σε ιστάμενους κορμούς (στα ζωντανά δένδρα) είτε σε στρογγύλη ή πρισιτή ξυλεία είτε και σε ξύλινες κατασκευές.

Τα βακτήρια είναι συνήθως μονοκύτταροι μικροοργανισμοί, οι οποίοι προκαλούν ελάχιστες ζημιές, κυρίως προσβάλλουν τις ξύλινες κατασκευές μέσα στο νερό ή μέσα σε υγρό έδαφος, όπως λ.χ. σε αποβάθρες,

μαρίνες, σκάφη, μεταλλεία και περιφράξεις. Ανήκουν στα γένη *Bacillus*, *Aerobacter* και *Pseudomonas*.

Οι μύκητες είναι μικροοργανισμοί, χωρίς χλωροφύλλη, οι οποίοι τρέφονται με το οργανικό υλικό άλλων φυτών και ζώων. Είναι οι κυριότεροι "εχθροί" του ξύλου στην εύκρατη ζώνη. Διακρίνονται σε χρωστικούς μύκητες και σηπτικούς μύκητες. Για να επιτεθούν στο ξύλο πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, δηλαδή το ξύλο να έχει υγρανθεί (συνήθως 30% - 50%) και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος να είναι ευνοϊκή (περίπου 20°C - 30°C).

Στην Ελλάδα, οι κυριότεροι χρωστικοί μύκητες προκαλούν κυάνωση στα πεύκα και είναι του γένους *Ceratocystis*. Το ξύλο, περιφερειακά στο σομφό, αποκτά ένα σκούρο μπλε ή μαύρο χρώμα. Η κυάνωση δεν είναι σήψη (σάπισμα) του ξύλου, ενώ μπορεί να βαφεί, αρκεί να ξηραθεί. Άλλοι χρωστικοί μύκητες προκαλούν ευρωτίωση ή μούχλα στο ξύλο επιφανειακά. Αυτοί οι μύκητες ανήκουν στα γένη *Penicillium* και *Trichoderma*.

Οι σηπτικοί μύκητες είναι οι πλέον επικίνδυνοι και προκαλούν σοβαρή και εκτεταμένη σήψη στην ξυλεία. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: στις **καστανές σήψεις**, τις **λευκές** και τις **μαλακές σήψεις**.



18



19

### ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ - ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

Κλάσεις	Είδη ξύλου
1 Πολύ ανθεκτικά	Teak, azobé, padauk, afzelia, makore, iroko, κυπαρίσσι, ψευδοακακία, jarrah, tali, greenheart, mansonia, okan, ipé, cumaru, tatajuba, κέδρος, άρκευθος.
2 Ανθεκτικά	Λευκή δρυς, albizia, καστανιά, σεκόγια, wenge, sipo, bubinga, jatoba, kempas, western red cedar, dark red meranti.
3 Μετρίως ανθεκτικά	Λάρικα, oregon pine, καρυδιά, tiama, kosipo, niangon, sapele, ελιά, movingui, grapia, bintangor, pitch pine, πουρνάρι, κόκκινη δρυς.
4 Ελάχιστα ανθεκτικά	Μαύρη πεύκη, δασική πεύκη, έλατο, ερυθρελάτη, φτελιά, κερασιά, limba, yellow & light red meranti, aniegre, okoume, poplar (λιριόδεντρο).
5 Μη ανθεκτικά	Οξιά, λεύκη, σημύδα, φλαμούρι, κλήθρα, φράξος, ιτιά, αγους, abuza, σφενδάμι, πλατάνι, παουλώνια - το σομφό ξύλο των περισσότερων ειδών.

Πηγή: Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 350 (2016).

Οι πρώτες δύο προκαλούνται από βασιδιομύκητες, ενώ των μαλακών σήψεων από ασκομύκητες. Η δράση τους είναι αμιγώς ενζυματική. Οι μύκητες καστανών σήψεων καταναλώνουν κυρίως υδατάνθρακες (κυτταρίνη και ημικυτταρίνες), αλλοιώνουν τη λιγνίνη χωρίς να την καταναλώνουν. Όσο προχωρά η σήψη, το ξύλο αποκτά ένα καστανό χρώμα, ρικνώνεται, ραγαδώνεται και με μικρή πίεση θραύεται και γίνεται σκόνη. Αντιθέτως, στις λευκές, όσο προχωρά η σήψη, το ξύλο παίρνει ανοικτότερο χρώμα και αποκτά σπογγώδη υφή με ιώδη εμφάνιση. Ορισμένα πλατύφυλλα είδη, λ.χ. οξιά, φλαμούρι, σφενδάμι, λεύκη, είναι ιδιαίτερα ευπαθή στους μύκητες λευκών σήψεων.

Ανάλογα με την ανθεκτικότητά τους σε σηπτικούς μύκητες, τα είδη ξυλείας με βάση την ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 350 (2016) διαχωρίζονται σε κλάσεις ανθεκτικότητας. Η φυσική διάρκεια ή φυσική ανθεκτικότητα του ξύλου εξαρτάται και από τις συνθήκες χρήσης, καθώς και από το είδος και την ποσότητα των εκχυλισμάτων που περιέχονται στο ξύλο. Κατά κανόνα, είδη ξύλου με σκούρο χρώμα έχουν μεγαλύτερη φυσική διάρκεια. Τα πιο ανθεκτικά ελληνικά είδη είναι το κυπαρίσσι, ο κέδρος, η ψευδοακακία (ή ροβίνια), ο άρκευθος, όπως

επίσης και η λευκή δρυς και η καστανιά.

Τα ξυλοφάγα έντομα προσβάλλουν το ξύλο, τρέφονται από τα συστατικά του και ζουν "μέσα του" τον περισσότερο χρόνο της ζωής τους. Κάθε έντομο έχει ένα βιολογικό κύκλο. Στο πρώτο στάδιο το τέλειο έντομο εναποθέτει τα αυγά του σε σχισμή ή εσοχή στην επιφάνεια. Μετά την επώαση προκύπτει η προνύμφη που αρχίζει τη διάνοση οπών και στοών για διάστημα που φτάνει και τα πέντε έτη. Κατόπιν η προνύμφη μεταβάλλεται σε νύμφη. Μετά από μερικές εβδομάδες, από τη νύμφη βγαίνει το τέλειο έντομο. Η προσβολή τους συνίσταται στη διάνοση οπών και στοών με διαμέτρους από 0,025 έως 2,5 cm.

Τα έντομα μπορεί να κάνουν προσβολή του ξύλου και σε χαμηλά ποσοστά υγρασίας. Κοινά ξυλοφάγα έντομα στην Ελλάδα είναι τα εξής: *Anobium punctatum* (κοινό σαράκι ή ξυλοφάγο έντομο επίπλων), *Xestobium rufovillosum* (ρολόϊ του θανάτου), *Hylotrupes bajulus* (υλότρυπος), το *Lyctus linearis* και το *L. brunneus*, γνωστό και ως παρκετοέντομο.

Και οι τερμίτες (termites) ανήκουν στα έντομα, στα ισόπτερα. Υπάρχουν 5.000 διαφορετικά είδη. Είναι μακράν ο σπουδαιότερος εχθρός του ξύλου, ιδίως σε ξυλίνες κατοικίες. Πολύ σποραδικά απαντώνται

18

Τυπική εμφάνιση λευκής σήψης σε ξυλεία.

19

Ξύλινη επιφάνεια με έντονες κλιματικές αλλοιώσεις (γήρανση).

ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΥΡΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ (ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΔΑΠΕΔΩΝ)* ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13501.			
Ευρωκλάσεις	Απαιτήσεις βάσει της δοκιμής SBI	Παράμετρος FIGRA (W/s)	Δομικά υλικά
A1	–	–	Πέτρα, σκυρόδεμα
A2	×	≤ 120	Γυψοσανίδα (λεπτού χαρτιού), ορυκτοβάμβακες, πετροβάμβακας
B	×	≤ 120	Γυψοσανίδα (χοντρού χαρτιού), εμποτισμένη FR Ξυλεία, FR-MDF, FR - κόντρα πλακέ κ.ά.
C	×	≤ 250	Καλύμματα γυψοσανίδων
D	×	≤ 750	Συμπαγής Ξυλεία κοινές Ξυλοπλάκες, λ.χ. κόντρα πλακέ, MDF, OSB κ.ά.
E	–	–	Ορισμένα συνθετικά πολυμερή
F	–	–	Διάφορα άλλα υλικά

\*Πηγή: Östman, B.L.A., Fire performance of wood products and timber structures, International Wood Products Journal, 8(2): 74-79, 2017.

στην εύκρατη ζώνη. Κυρίως προκαλούν πολύ μεγάλες ζημιές στις τροπικές και τις υποτροπικές περιοχές. Διακρίνονται σε υπόγειους τερμίτες και σε τερμίτες ξηρών ξύλων.

#### Αβιοτικοί παράγοντες

Το ξύλο όταν είναι εκτεθειμένο για μεγάλο χρονικό διάστημα σε εξωτερικές συνθήκες, υφίσταται την επίδραση των κλιματικών παραγόντων (θερμοκρασία, σχετική υγρασία του αέρα, βροχή, χιόνι, χαλάζι, αέρας, θαλάσσια αύρα, φως) που του προξενούν αλλοιώσεις (weathering), όπως λ.χ. γήρανση. Μακροσκοπικά λαμβάνει χώρα μεταβολή του χρώματος, σχισμές, στρεβλώσεις, επιφανειακή διάβρωση. Η επανειλημμένη ρίκνωση - διόγκωση στην επιφάνειά του προκαλεί αποκόλληση των αυξητικών δακτυλίων, σχισίματα και ραγασίδες. Το ηλιακό φως, ιδίως η υπεριώδης ακτινοβολία, προκαλεί μικροραγάδες στα κυτταρικά τοιχώματα και κυρίως φωτοχημικές μεταβολές με αργό ρυθμό. Αυτές οι αλλοιώσεις υποβοηθούν την καταστροφική δράση της υγρασίας.

Το ξύλο που χρησιμοποιείται σε κατασκευές, στις οποίες δέχεται μηχανικές φορτίσεις, υφίσταται επίσης σταδιακή

αλλοίωση και φθορά. Το ξύλο, αν και παρουσιάζει σημαντική αντοχή σε χημικά διαλύματα (οξέα ή αλκάλια) μικρής συγκέντρωσης και χαμηλής θερμοκρασίας, σε ισχυρά οξέα και αλκάλια επιδέχεται σημαντική αλλοίωση.

#### ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗ ΦΩΤΙΑ

Το ξύλο είναι οργανικό υλικό και καίγεται. Το πόσο εύκολα ή δύσκολα καίγεται εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, π.χ. το είδος του ξύλου, τις διατομές και τις διαστάσεις της Ξυλείας, το είδος προστασίας του έναντι της φωτιάς ή τις τυχόν επικαλύψεις που φέρει, το σχεδιασμό πυρασφάλειας του όλου κτιρίου, καθώς και το στάδιο της φωτιάς (αρχικό στάδιο ή πλήρως αναπτυγμένη πυρκαγιά).

Ωστόσο, για το ξύλο ο κίνδυνος είναι ακόμη μεγαλύτερος λόγω της ίδιας της φύσης του. Όντως, η φωτιά σήμερα αποτελεί τον κυριότερο αβιοτικό "εχθρό" του ξύλου. Ξυλεία σε μικρές διατομές ή σε μικρές διαστάσεις εν γένει καίγεται εύκολα και γρήγορα. Όμως, συμπαγής Ξυλεία μεγάλων διατομών (λ.χ. μεγαλύτερη των 12 x 12 (cm)) παρουσιάζει καλή αντίσταση στην εξάπλωση της φωτιάς ή/και μπορεί να σταματήσει να καίγεται, εκτός και αν επιδράσει επάνω της επιπρόσθετη θερμότητα. Γενικώς, τα είδη ξύλου που περιέχουν ρητίνες (λ.χ. πεύκα, ερυθρελάτη) είναι πιο εύφλεκτα από τα πλατύφυλλα είδη. Υπάρχουν όμως και τροπικά ξύλα, που ανήκουν στα "σιδηρόξυλα" είδη, όπως λ.χ. azobé, ipe, που είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στη φωτιά και έχουν πολύ υψηλή πυραντοχή.

Η Ξυλεία συνεπώς αποτελεί την "αιτία" που οικοδομικοί κανονισμοί και πρότυπα ορισμένων χωρών περιορίζουν τη χρήση της ως υλικού δόμησης. Πάντως, το θέμα είναι ευρύτερο και έχει να κάνει και με την όλη πυρασφάλεια του κτιρίου. Σε παγκόσμιο επίπεδο, πολλά ερευνητικά έργα σχετικά με τη συμπεριφορά των ξύλινων κατασκευών στη φωτιά έχουν εκπονηθεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες σε προηγμένες χώρες του δυτικού κόσμου (Η.Π.Α., Καναδά, Σουηδία, Φινλανδία, Γερμανία, Αυστρία) με στόχο την παροχή βασικών δεδομένων και πληροφοριών για την ασφαλή χρήση της Ξυλείας. Έχουν αναπτυχθεί νέες έννοιες και μοντέλα σχεδιασμού έναντι της πυρκαγιάς, που έχουν

20

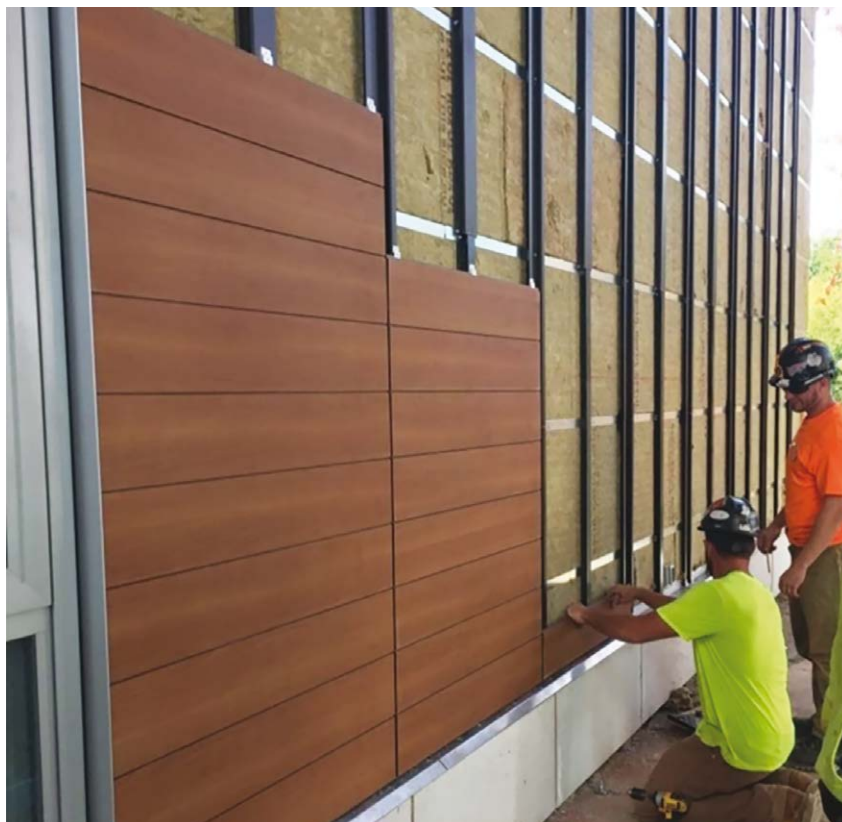
Η επικάλυψη με πυράντοχα ή άκαυστα υλικά, ιδίως σε κρίσιμα σημεία, όπως είναι οι εξωτερικές επενδύσεις ενός κτιρίου, αποτελεί μία επιτυχημένη τακτική, που μπορεί να εφαρμοστεί με την τοποθέτηση ισχυρής εξωτερικής θερμομόνωσης με πετροβάμβακα.

βασιστεί σε εκτεταμένες πραγματικές δοκιμές. Σήμερα, η υπάρχουσα τεχνολογία στον τομέα του σχεδιασμού ξύλινων και σύμμεικτων κατασκευών, σε συνδυασμό με τα τεχνικά μέτρα, τα συστήματα καταιονισμού και ανίχνευσης του καπνού, επιτρέπουν την ασφαλή χρήση της ξυλείας σε ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών στη δόμηση. Ως αποτέλεσμα αυτών, πολλές χώρες έχουν αρχίσει να αναθεωρούν τους κανονισμούς ασφαλείας έναντι της φωτιάς, επιτρέποντας σήμερα –το 2022– τη μεγαλύτερη χρήση του ξύλου και κυρίως των σύνθετων προϊόντων του στα κτίρια. Αυτό άλλωστε μαρτυρά και η εξαιρετικά υψηλή ζήτηση σε δομική ξυλεία σε όλες της χώρες της Ευρώπης κατά την τελευταία πενταετία, ζήτηση που δεν είχε υπάρξει ποτέ πριν. Η ελληνική αγορά, βέβαια, ακολουθεί το δικό της αργό ρυθμό, έχοντας τις δικές της ιδιαιτερότητες.

Οι μέθοδοι δοκιμής και ταξινόμησης των υλικών έναντι της πυρκαγιάς στα κτίρια έχουν εναρμονιστεί στην Ευρώπη, αλλά οι κανονιστικές απαιτήσεις για τους τύπους κτιρίων αναμένεται να υλοποιηθούν άμεσα σε αρκετά κράτη - μέλη. Στη χώρα μας, η χρήση της ξυλείας πολλές φορές αποφεύγεται για διάφορους λόγους που έχουν να κάνουν είτε με τη μη εξοικείωση με το ξύλο και τα προϊόντα του είτε με άλλα θέματα.

Γενικώς, οι ξύλινες κατασκευές μπορούν να επιτύχουν υψηλή αντοχή στη φωτιά. Δύο είναι οι κυριότεροι τρόποι πυροπροστασίας, όταν και όπου χρειάζεται:

- Η επικάλυψη με πυράντοχα ή άκαυστα υλικά, ιδίως σε κρίσιμα σημεία, παραδείγματος χάριν σε εξωτερικές επενδύσεις κτιρίου. Μία πετυχημένη τακτική που εφαρμόζεται στις ξύλινες κατοικίες στη χώρα μας είναι η ισχυρή εξωτερική θερμομόνωση με πετροβάμβακα. Επίσης υπάρχουν και οι πυράντοχες ξυλόπλακες του εμπορίου, τύπου ινοπλάκων FR-MDF ή πυράντοχου κόντρα πλακέ. Υπάρχουν επίσης και φινιρίσματα που μπορούν να γίνουν με πυράντοχα βερνίκια, τα οποία παρέχουν μια μικρή πυροπροστασία.
- Χρήση συμπαγούς ξύλου που έχει επεξεργαστεί για να παρέχει ικανοποιητική πυρασφάλεια, δηλαδή χρήση επεξεργασμένης ξυλείας, ιδίως πεύκου, που με τον εμποτισμό υπό υψηλή πίεση με κατάλληλες αντιπυρικές ενώσεις (fire



20

retardants) κάνει τη ξυλεία πυράντοχη έως και κλάσης Β. Αυτές οι χημικές επεξεργασίες με επιβραδυντικά μπορεί να μειώσουν και να καθυστερήσουν την καύση του ξύλου, ιδίως να επιτύχουν καλύτερα αποτελέσματα στο αρχικό στάδιο της πυρκαγιάς, που αυτό είναι και το ζητούμενο.

Τονίζεται βέβαια ότι στην ήδη πλήρως ανεπτυγμένη πυρκαγιά, τα μέτρα πυροπροστασίας φθίνουν. Όπως θλιβερά διαπιστώσαμε και στη χώρα μας, κάθε χρόνο οι καταστροφές που προκαλούνται από πυρκαγιές ξύλινων ή συμβατικών ή μεικτών κατασκευών είναι τεράστιες. Έχει δε αποδειχθεί –με δραματικό τρόπο στην Αυστραλία, στις Η.Π.Α., στον Καναδά– ότι σε ανεπτυγμένες πυρκαγιές ή σε δασοαγορτικές μεγαπυρκαγιές κανένα μα κανένα από τα βασικά δομικά υλικά (ξυλεία, χάλυβας, σκυρόδεμα) εν τέλει δεν θα αντέξει.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

CIRAD, *The main technological characteristics of 245 wood species*, Γαλλικό Ινστιτούτο Έρευνας, Μονπελιέ, Γαλλία, 2014. Ιστοσελίδα: <https://tropix.cirad.fr/en/technical-sheets-available>  
Κακαράς Ι., *Τεχνολογία ξύλινων δομικών κατασκευών*,

Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, σελ. 744, 2013.

Μαντάνης Γ., *Δομή ξύλου* (διδασκτικό σύγγραμμα), Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου & Σχεδιασμού, Παν. Θεσσαλίας, 2019. Ιστοσελίδα: <http://mantanis.users.uth.gr/Domi-Xylou.pdf>

Μαντάνης Γ., 2021, ακαδημαϊκή ιστοσελίδα, <http://mantanis.users.uth.gr>, Τμήμα ΔΕΞΥΣ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Κακαράς Ι., 2020, προσωπικό blog (Τεχνολογία ξύλου και ξύλινων κατασκευών), <https://kakarasioannis.blogspot.com>

Καραστεργίου Σ., Κακαράς Ι., *Μεταβλητότητα των διαστάσεων ορισμένων ειδών ξύλου σε χρήση*, περιοδικό "ΕΠΙΠΛΕΟΝ", Αθήνα, 2014.

Ρουσόδημος Γ., *Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου των ελληνικών δασοπονικών ειδών*, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Αθήνα, 1997.

Μαντάνης Γ., *Ιδιότητες ξύλου* (διδασκτικό σύγγραμμα), Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου & Σχεδιασμού, Παν. Θεσσαλίας, 2020. Ιστοσελίδα: <http://mantanis.users.uth.gr/Idiotites-Xylou.pdf>

Κοφινάς Μ., *Κατασκευές - προκατασκευασμένα σπίτια*, Αθήνα, 2022

Östman, B.L.A., *Fire performance of wood products and timber structures*, International Wood Products Journal, 8(2): 74-79, 2017.

Östman, B.L.A. and Tsantanidis L., *Durability of the reaction to fire performance of fire-retardant-treated wood products in exterior applications - a 10-year report*, International Wood Products Journal, 8(2): 94-100, 2017.