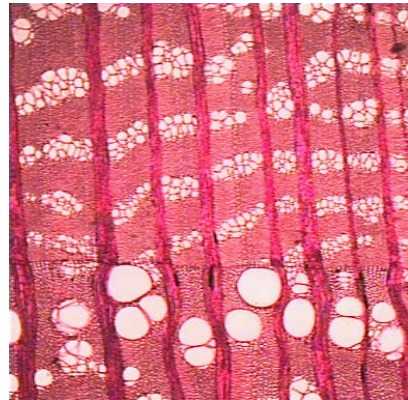


## «ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ»



**Καθ. Γεωργίου Μαντάνη** (*PhD, Dipl.*)

*Εργαστήριο Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου  
Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>3</b>
<b>ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	<b>4</b>
<b>ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	<b>11</b>
<b>ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	<b>14</b>
<b>ΥΠΟΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΔΟΜΗ</b>	<b>25</b>
<b>ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	<b>29</b>
<b>ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣ</b>	<b>33</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>50</b>

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα έκδοση απευθύνεται στους φοιτητές των ελληνικών ΑΕΙ, ιδίως του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου του Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας, καθώς και στον οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο μεταπτυχιακό φοιτητή, πολίτη ή επαγγελματία και καλύπτει σήμερα το προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών του εν λόγω Τμήματος για το υποχρεωτικό μάθημα «Δομή Ξύλου».

Πρωταρχικός στόχος είναι οι εκπαιδευόμενοι να εμβαθύνουν τη γνωριμία τους με το ξύλο (βιολογικά και τεχνολογικά) ανακεφαλαιώνοντας τις προηγούμενες γνώσεις τους γύρω απ' αυτό. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη δομή του ξύλου ως υλικού (λ.χ. μακροσκοπικά και φυσικά χαρακτηριστικά), στη μικροσκοπική και υπομικροσκοπική δομή του, τη χημική σύστασή του, καθώς και στα σφάλματα της δομής του ξύλου, π.χ. ρόζοι, ραγάδες, στρεψοίγια κ.α. Παρέχονται επίσης πληροφορίες που αφορούν στην ονοματολογία και την αναγνώριση των σπουδαιότερων ειδών ξύλου (κωνοφόρα-πλατύφυλλα), τα οποία χρησιμοποιούνται στην ελληνική αγορά, καθώς και τεχνικές πληροφορίες για τα κυριότερα τροπικά είδη ξύλου.

Η εμβάθυνση της γνώσης του φοιτητή ή του οποιοδήποτε τελικού χρήστη (επαγγελματία, τεχνολόγου, μηχανικού, σχεδιαστή ή αρχιτέκτονα) γύρω από το ξύλο είναι απαραίτητη τόσο από επιστημονικής και τεχνικής άποψης αλλά κυρίως και από πρακτική άποψη. Κι αυτό, διότι όλες οι ξύλινες κατασκευές (εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου), έπιπλα ή/και ξύλινες δημιουργίες που συναντάμε καθημερινά γύρω μας δείχνουν τη στενή σχέση που υπάρχει μεταξύ της δομής του ξύλου, των ιδιοτήτων του και των δυνατοτήτων του ως υλικού επιπλοποιίας ή κατασκευαστικού υλικού.

Ο υπογράφων το παρόν

**Καθ. Γεώργιος Μαντάνης**  
Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας  
Email [mantanis@teilar.gr](mailto:mantanis@teilar.gr)

Το ξύλο είναι προϊόν βιολογικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στα δένδρα. Ουσιαστικά το ξύλο ως προϊόν του φαινομένου της *φωτοσύνθεσης* αποτελεί αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας. Από την ηλιακή ενέργεια που φτάνει στη Γη από τον Ήλιο, μέσω της φωτοσύνθεσης (*photosynthesis*) των δένδρων και των φυτών, παράγονται ετησίως περισσότεροι από 200 δισεκατομμύρια τόννοι οργανικής ουσίας (*βιομάζας*). Περίπου 50% αυτής της βιομάζας παράγεται στην ξηρά. Το ξύλο αποτελεί μέρος αυτής της παραγόμενης βιομάζας χωρίς καμία κατανάλωση ενέργειας από τον άνθρωπο. Πρώτες ύλες για την παραγωγή του ξύλου είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), που τα δένδρα παραλαμβάνουν από την ατμόσφαιρα και το νερό με τα ανόργανα άλατα που παραλαμβάνουν από το έδαφος. Από άποψη δομής, το ξύλο είναι ένα υλικό που συγκροτείται (δομείται) από *ιστούς ξυλωδών κυττάρων*. Από χημικής άποψης, το ξύλο αποτελείται από τρεις πολύπλοκες πολυμερείς ενώσεις (δομικά συστατικά): την *κυτταρίνη*, τη *λιγνίνη* και τις *ημικυτταρίνες*. Στο ξύλο, ωστόσο, υπάρχουν σε μικρότερη ποσότητα και άλλες ενώσεις (μη δομικά συστατικά) που ονομάζονται *εκχυλίσματα*. Σαν αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια, που παρήχθη κατά τη φωτοσύνθεση, το ξύλο έχει μεγάλη αξία ως πηγή ενέργειας. Αυτή η αξία του βασίζεται κυρίως στη χημική σύστασή του. Τα στοιχεία που αποτελούν το ξύλο είναι ο άνθρακας (C, 48-50%), το οξυγόνο ( $\text{O}_2$ , 43-45%) και το υδρογόνο ( $\text{H}_2$ , 6%).

Το ξύλο έχει το πλεονέκτημα ότι απαντάται σε όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου και είναι *ανανεώσιμο υλικό* (*renewable material*), δηλ. ένα υλικό που ανανεώνεται συνεχώς και ποτέ δεν εξαντλείται, σε αντίθεση με τις ορυκτές πρώτες ύλες (*fossil fuels*), λ.χ. πετρέλαιο, μεταλλεύματα και γαιάνθρακας, που αργά αλλά σταθερά εξαντλούνται στον πλανήτη μας.

Το ξύλο βρίσκεται στην υπηρεσία του ανθρώπου από τότε που αυτός εμφανίστηκε στη Γη. Το ξύλο έχει βοηθήσει σημαντικά στην επιβίωση του ανθρώπου από την παλαιολιθική εποχή, ενώ έχει συντελέσει αποφασιστικά στην ανάπτυξη του πολιτισμού. Οι βασικές ανάγκες του πρωτόγονου ανθρώπου (καύσιμη ύλη, θέρμανση) καλύφθηκαν από το ξύλο, καθώς και οι μετέπειτα ανάγκες του για στέγαση (καταφύγιο, σπίτι). Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ο αριθμός των προϊόντων που παράγονται από το ξύλο με απλή μηχανική ή σύνθετη θερμοχημική μεταποίηση αυξάνεται συνεχώς. Θεωρητικά από το ξύλο είναι δυνατό να παραχθούν όσα προϊόντα παράγονται από το πετρέλαιο. Τα κυριότερα προϊόντα που προέρχονται σήμερα από το ξύλο είναι τα εξής: καυσόξυλα, ξυλάθρακες, πριστή και δομική ξυλεία, έπιπλα και ξυλίνες κατασκευές, αντικολλητά (*plywood*) και καπλαμάδες (*veneers*), μοριοπλάκες, ινοπλάκες (*MDF*), OSB, σύνθετη δομική ξυλεία (*glulam, LVL, SCL, PSL*), χαρτί και χαρτοπολτός, ρητίνη (ρετσίνι), pellets και μπρικέτες ως καύσιμα, αιθέρια έλαια και αρώματα, αιθυλική αλκοόλη, τεχνητές και συνθετικές ίνες (τεχνητό μετάξι), φωτογραφικά φιλμ, σελοφάν, πλαστικά, θερμοπλαστικά (*WPC*), ταννίνες, τερεβινθέλαιο, συνθετικό πετρέλαιο, πυρολυτικό λάδι (*bio-oil*) και ξυλαέριο ως καύσιμα, πίσσα και πισσέλαιο, μεθανόλη, οξικό οξύ, νέα προϊόντα κυτταρίνης (*nanocellulose*), φαρμακευτικά σκευάσματα και αντικαρκινικά φάρμακα, και πολλά άλλα.

Ωστόσο, σε πολλές φτωχές χώρες του κόσμου (Αφρική-Ασία-Λ.Αμερική), το ξύλο κατά μεγάλο ποσοστό (85-90%) εξακολουθεί και σήμερα να αποτελεί τη βασική θερμαντική ύλη και χρησιμοποιείται κατά το πλείστον ως *καυσόξυλο*. Περισσότερο από το 50% της παγκόσμιας παραγωγής ξύλου χρησιμοποιείται σήμερα ως καύσιμη ύλη (κυρίως καυσόξυλα, ξυλάνθρακες κ.α.).

Από επιστημονικής άποψης, η αξιοποίηση του ξύλου προϋποθέτει την ακριβή γνώση της δομής του. Ως δομή του ξύλου ουσιαστικά νοείται η *αρχιτεκτονική κατασκευή* του ξύλου. Η κατασκευή αυτή αποτελείται κυρίως από τα *δομικά* συστατικά του (κυτταρίνη, λιγνίνη, ημικυτταρίνες), αλλά και από άλλες *συνοδές* ενώσεις. Η γνώση της δομής του ξύλου είναι απαραίτητη, τόσο από επιστημονικής άποψης, όσο και από πρακτικής άποψης. Κι αυτό γιατί η ακριβής γνώση της δομής του ξύλου βοηθά το νέο επιστήμονα ή τεχνολόγο ή σχεδιαστή επίπλου, ή επαγγελματία, να καταλάβει τη συμπεριφορά του ξύλου ως υλικού. Γιατί απλά οι κατασκευές του ξύλου που συναντάμε καθημερινά γύρω μας δείχνουν τη στενή σχέση που υπάρχει μεταξύ της δομής του ξύλου, των ιδιοτήτων του και των δυνατοτήτων του ως υλικό επιπλοποιίας, κατασκευαστικό υλικό ή δομικό υλικό. Η επιλογή του κατάλληλου είδους ξύλου για μία συγκεκριμένη χρήση (λ.χ. έπιπλο) προϋποθέτει ασφαλώς την παραπάνω γνώση. Επιπρόσθετα, η γνώση της δομής του ξύλου και η δυνατότητα αναγνώρισης των διαφορετικών ειδών ξύλου (λ.χ. πεύκη, ελάτη, οξιά, καστανιά, κ.α.), που μπορεί να γίνει μόνο μετά από γνώση των *μακροσκοπικών, μικροσκοπικών και φυσικών χαρακτηριστικών* του είναι πολύτιμη, αφού δεν έχει μόνον επιστημονική σημασία. Μπορεί συνάμα, ή ανεξάρτητα, να έχει εμπορική ή οικονομική σημασία για τις βιοτεχνίες ή βιομηχανίες του κλάδου ξύλου και επίπλου, ιστορική σημασία σε επιστήμες όπως η αρχαιολογία, η παλαιοντολογία και η δενδροκλιματολογία, ή ακόμα και *τεχνική* σημασία για μηχανικούς ή αρχιτέκτονες που χρησιμοποιούν το ξύλο ως κατασκευαστικό / δομικό υλικό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του ξύλου είναι τα στοιχεία δομής του κορμού στα δένδρα<sup>(1)</sup> (Εικ. 1Α), που είναι ορατά με γυμνό μάτι ή με απλό μεγεθυντικό φακό. Η εμφάνιση των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών διαφέρει στις διάφορες τομές του ξύλου ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κορμού.

Οι τρεις βασικές **τομές** του ξύλου ονομάζονται αντίστοιχα: **εγκάρσια**, **ακτινική** και **εφαπτομενική** τομή και φαίνονται χαρακτηριστικά στις Εικ. 1Β, 1Γ. Η εγκάρσια τομή (*cross section*) τέμνει κάθετα τον κύριο άξονα του κορμού. Η ακτινική τομή (*radial section*) διέρχεται από το κέντρο του κορμού, που λέγεται *εντεριώνη*. Η εφαπτομενική τομή (*tangential section*) προκύπτει από τομή εφαπτομενικά στους *αυξητικούς δακτύλιους* (κύκλους) του κορμού.

Η εφαπτομενική και η ακτινική τομή είναι κατά μήκος τομές. Η ακτινική λέγεται και «*ισόβενη*». Η εφαπτομενική τομή εκτείνεται συνήθως σε μικρή έκταση, ενώ τα χαρακτηριστικά της είναι περισσότερο έντονα, βλ. «*παραβολές*» (Εικ. 1Γ), όσο απομακρυνόμαστε από την εντεριώνη. Λέγεται και «*φαρδύβενη*».

Η μακροσκοπική εμφάνιση του ξύλου, όπως μελετάται στα επόμενα κεφάλαια, αφορά ξύλο με κανονική δομή. Ξύλο με μη τυπική (*ακανόνιστη*) δομή έχει διαφορετική μακροσκοπική και μικροσκοπική εμφάνιση και θα παρουσιαστεί εκτεταμένα παρακάτω (Κεφ. 6).

### Χαρακτηριστικά εγκάρσιας τομής

Στην εγκάρσια τομή διακρίνουμε από το κέντρο του κορμού προς την περιφέρεια, την **εντεριώνη**, το **ξύλο** (ή *xylem*) και το **φλοιό** (Εικ. 2Α). Η εντεριώνη στο ξύλο *κωνοφόρων* είναι μικρή, συνήθως κυκλικής διατομής και σκοτεινότερου χρώματος από το ξύλο.

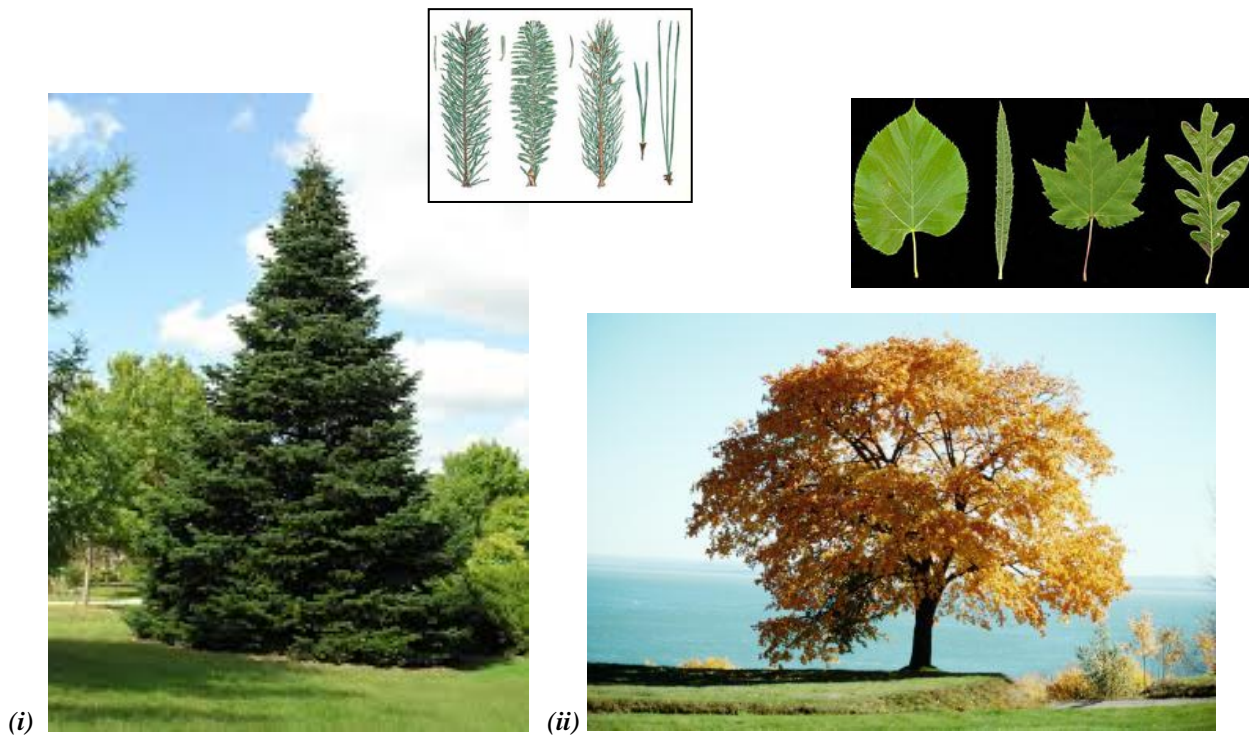
Στο ξύλο *πλατυφύλλων* παρατηρούνται διαφορές. Στη δρυ η εντεριώνη είναι αστεροειδής, στην οξιά είναι τριγωνική, στο φράξο και το σφενδάμι είναι ελλειψοειδής και στην καρυδιά είναι κυκλική.

<sup>(1)</sup> **Κωνοφόρα δένδρα** από βοτανικής άποψης ονομάζονται τα είδη που φέρουν «*κώνους*» και ανήκουν στην κλάση *Γυμνόσπερμα*. Τυπικά τέτοια είδη είναι τα πεύκα, η ελάτη, η ερυθρελάτη, το κυπαρίσσι, η ψευδοτσούγκα, ο ίταμος, ο άρκευθος, η λάρικα, η σεκόγια, ο κέδρος, η τσούγκα, και άλλα.

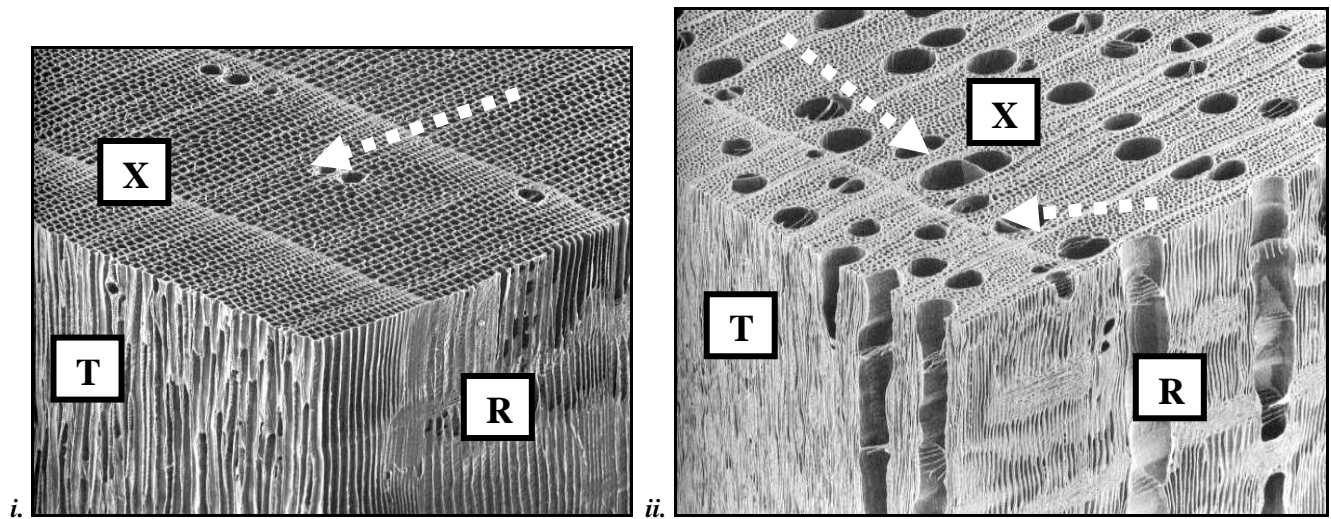
**Πλατύφυλλα δένδρα** από βοτανικής άποψης ονομάζονται τα είδη που φέρουν «*πλατιά φύλλα*» και που ανήκουν στην κλάση *Αγγειόσπερμα*. Τυπικά τέτοια είδη είναι οι δρύες, η καστανιά, η οξιά, το πλατάνι, η λεύκη, το σφενδάμι, η φτελιά, η ακακία, η ελιά, το φλαμούρι, ο ευκάλυπτος, η ιτιά, η σημύδα, ο φράξος και πάρα πολλά άλλα είδη.

Πέρα από τη βοτανική διαφορά τους, τα είδη ξύλου των παραπάνω δύο κλάσεων δένδρων διαφέρουν σημαντικά: (i) στα ανατομικά κυτταρικά στοιχεία τους (*κύτταρα*) και (ii) στη χημική σύνθεσή τους.

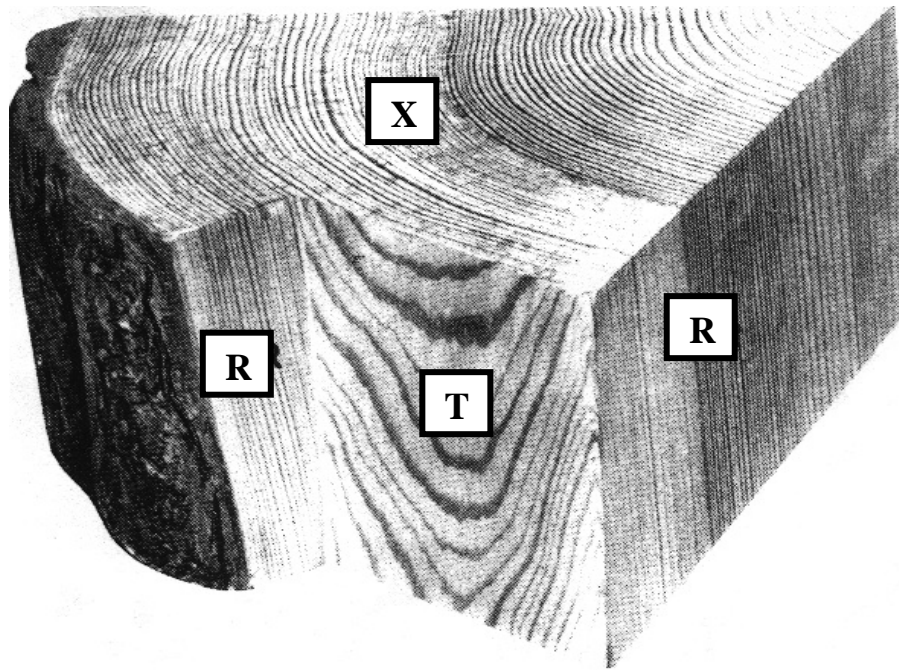




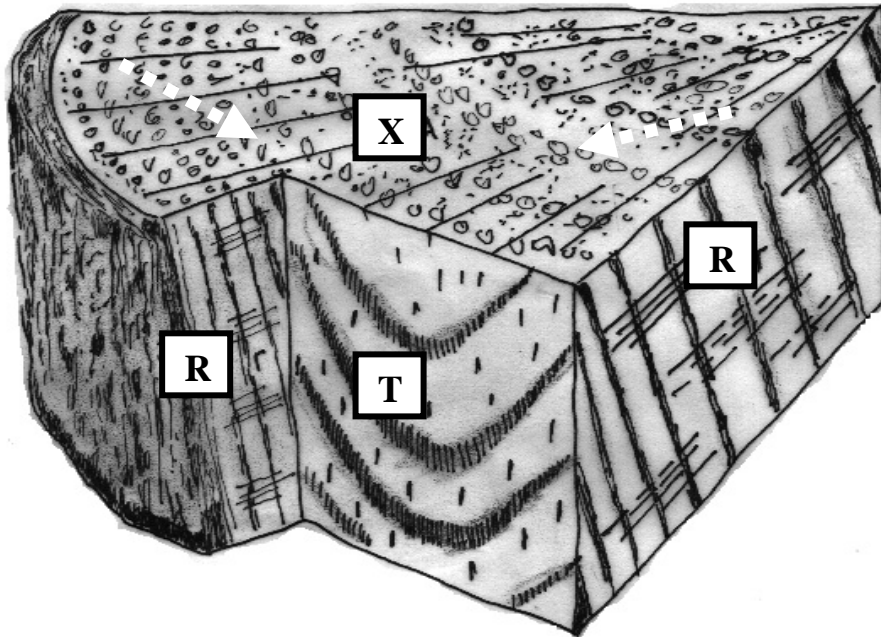
**ΕΙΚ. 1Α.** Τυπική εξωτερική εμφάνιση κωνοφόρου (i), και πλατύφυλλου δέντρου (ii) & φύλλων τους.



**ΕΙΚ. 1Β.** Μικροσκοπική όψη των τομών ξύλου σε κωνοφόρο (i), και πλατύφυλλο είδος (ii).  
 (X): Εγκάρσια τομή (κωνοφόρου & πλατύφυλλου) ξύλου, χωρίς ή με πόρους (βέλη). Στο κωνοφόρο ξύλο μπορεί να υπάρχουν ρητινοφόροι αγωγοί (βέλος) ή όχι (Σημείωση: ΔΕΝ ΕΧΟΥΝ ρητινοφόρους αγωγούς όλα τα κωνοφόρα είδη).  
 (R): Ακτινική τομή κωνοφόρου (αριστερή εικόνα), και πλατύφυλλου είδους (δεξιά εικόνα).  
 (T): Εφαπτομενική τομή κωνοφόρου ξύλου (*Picea* sp.), και πλατύφυλλου ξύλου (*Betula* sp.).



(i)



(ii)

**ΕΙΚ. 1Γ. Μακροσκοπική όψη των τομών ξύλου σε κωνοφόρο (i), και πλατύφυλλο είδος (ii).**

(X): Εγκάρσια τομή κωνοφόρου & πλατύφυλλου ξύλου, χωρίς πόρους (στα κωνοφόρα), και πάντα με πόρους (βλ. βέλη) στα πλατύφυλλα ξύλα. Οι πόροι μπορεί να έχουν κάποια διάταξη (βλ. Εικ. 3).

(R): Ακτινική τομή κωνοφόρου (i) και πλατύφυλλου (ii) ξύλου. Είναι σαν «παράλληλες γραμμές».

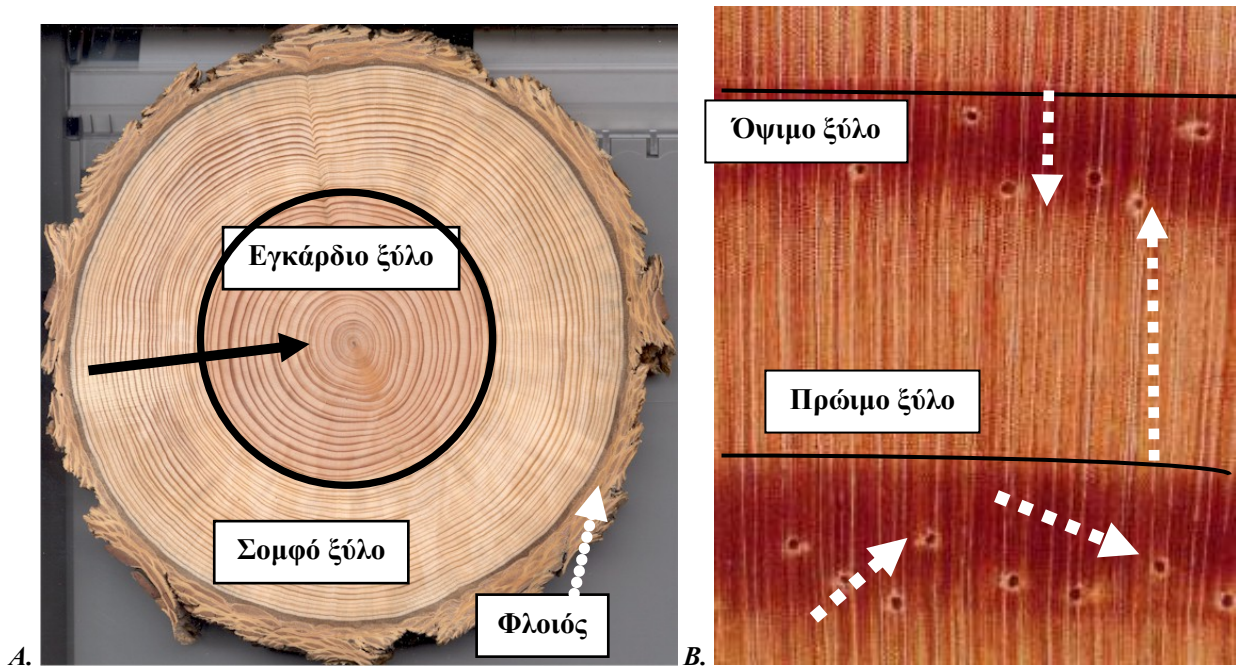
(T): Εφαπτομενική τομή κωνοφόρου ξύλου (i) και πλατύφυλλου ξύλου (ii). Οι σχηματισμοί είναι σαν γεωμετρικές «παραβολές» και ονομάζονται εφαπτομενικές τομές ή «φαρδύβενα νερά».

Στο ξύλο είναι χαρακτηριστική η παρουσία ομόκεντρων στρώσεων που ονομάζονται **αυξητικοί δακτύλιοι** (Εικ. 2Α, 2Β). Η παρουσία τους οφείλεται στο μηχανισμό αύξησης των δένδρων. Τα δένδρα αυξάνουν με απόθεση επάλληλων μανδύων ξύλου. Σε κάθε αυξητική περίοδο στην εύκρατη ζώνη, δηλ. σε ένα έτος, αποτίθεται ένας μανδύας. 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 αυξητικών δακτυλίων στη βάση ενός δένδρου είναι δυνατό να εκτιμήσουμε την ηλικία του δένδρου (Εικ. 2Α).

Ωστόσο, η εκτίμηση της ηλικίας τροπικών ξύλων (*tropical woods*) με την εν λόγω μέθοδο δεν είναι εφικτή, διότι δεν διακρίνονται καθαρά οι αυξητικοί δακτύλιοι, ή είναι διπλοί και τριπλοί.



**ΕΙΚ. 2.** (Α) Μακροσκοπική εμφάνιση της εγκάρσιας τομής του ξύλου κωνοφόρων, βλ. εντεριώνη (άκρη βέλους), εγκάρδιο & σομφό ξύλο, αυξητικοί δακτύλιοι, φλοιός  
(Β) Μικροσκοπική εμφάνιση της εγκάρσιας τομής του ξύλου κωνοφόρων (πέυκο), βλ. αυξητικός δακτύλιος (γραμμές), πρώιμο & όψιμο, ρητινοφόροι αγωγοί (βέλη).

Σε κάθε αυξητικό δακτύλιο το ξύλο που παράγεται στην αρχή της αυξητικής περιόδου, δηλαδή την άνοιξη, ονομάζεται **πρώιμο** ή *εαρινό* ξύλο (*earlywood*), ενώ το ξύλο που παράγεται το καλοκαίρι ονομάζεται **όψιμο** ή *θερινό* ξύλο (*latewood*). Στα περισσότερα είδη υπάρχουν διαφορές μεταξύ του πρώιμου και του όψιμου ξύλου ως προς την πυκνότητα, το χρώμα, τη δομή και άλλα χαρακτηριστικά. Στα κωνοφόρα, το όψιμο ξύλο είναι πυκνότερο και σκοτεινότερου χρώματος από το πρώιμο ξύλο (βλ. Εικ. 2Β), ενώ στα πλατύφυλλα είναι χαρακτηριστική η παρουσία μικρών οπών (βλ. *αγγεία*) στην εγκάρσια επιφάνεια, που λέγονται **πόροι** (Εικ. 3).

Με βάση το μέγεθος και τη διάταξη των πόρων εντός του αυξητικού δακτυλίου τα πλατύφυλλα χωρίζονται σε: **δακτυλιόπορα** και **διασπορόπορα**. Στα δακτυλιόπορα, οι πόροι στο πρώιμο ξύλο είναι μεγάλοι και διατάσσονται σε μορφή *δακτυλίου* (Εικ. 3α, 3β). Στα διασπορόπορα, οι πόροι έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος και είναι ομοιόμορφα διάσπαρτοι (Εικ. 3ε, 3στ) μέσα στον αυξητικό δακτύλιο. Επίσης, υπάρχει και μία τρίτη ενδιάμεση κατηγορία στα πλατύφυλλα, τα **ημιδιασπορόπορα** που έχουν πόρους ποικίλλου μεγέθους και διάταξης (Εικ. 3γ, 3δ).

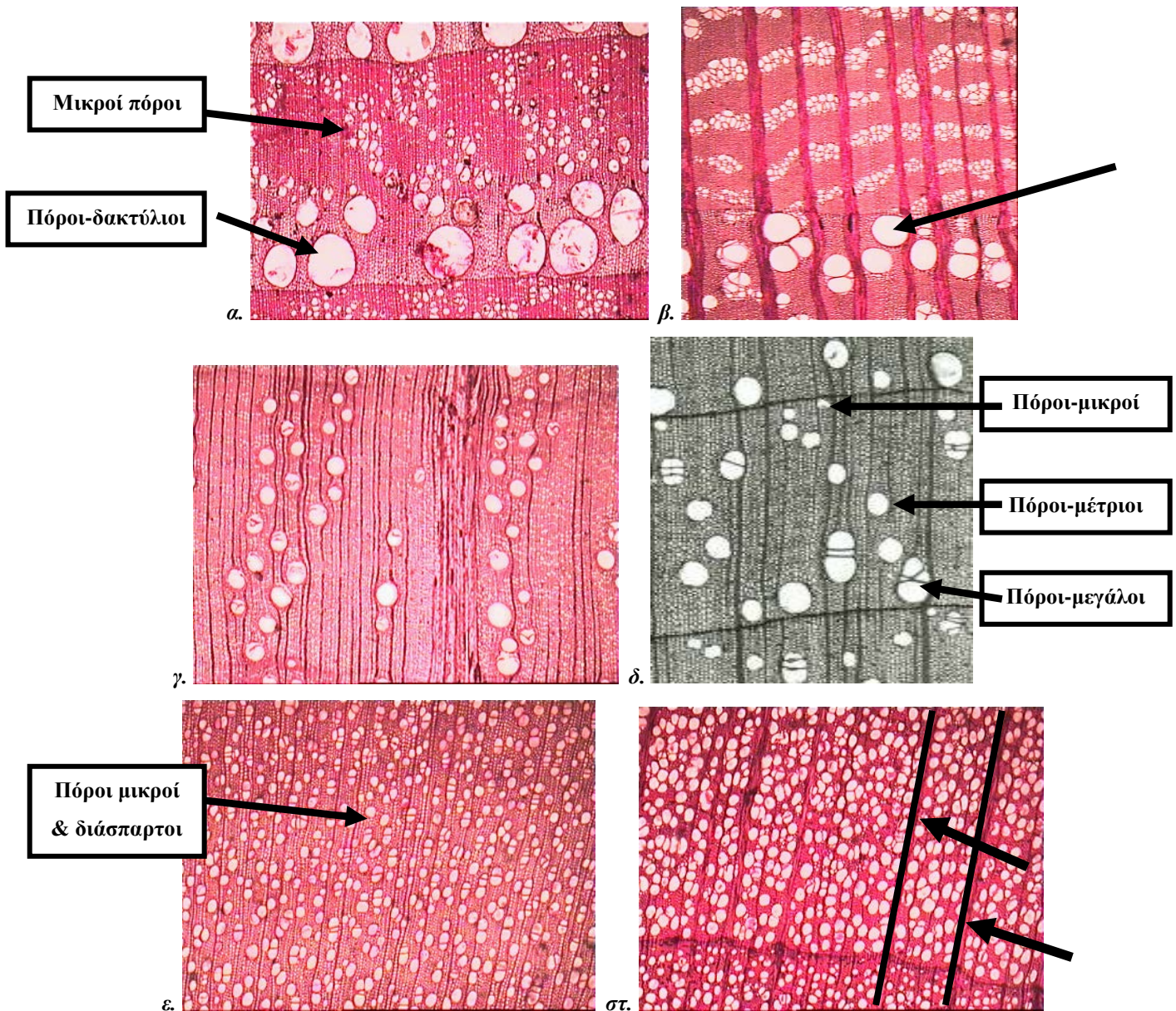
Το πλάτος των αυξητικών δακτυλίων εξαρτάται από την ηλικία του δένδρου, τις συνθήκες αύξησης και από κληρονομικούς παράγοντες. Όσο μεγαλώνει η ηλικία του δένδρου, τόσο στενότεροι γίνονται οι αυξητικοί ή ετήσιοι δακτύλιοι. Οι καλύτερες κλιματεδαφικές συνθήκες ευνοούν την αύξηση του δένδρου και συνεπώς την παραγωγή δακτυλίων μεγάλου πλάτους. Ορισμένα υβρίδια (π.χ. κλώνοι λεύκης) αυξάνουν ταχύτερα για γενετικούς λόγους.

Το πλάτος των αυξητικών δακτυλίων σε ορισμένες περιπτώσεις έχει στενή σχέση με τις κλιματικές συνθήκες και κυρίως με το *ύψος βροχής* στις ξηρές περιοχές και το *ύψος της θερμοκρασίας* στα υψηλά όρη. Η σχέση αυτή αποτελεί τη βάση



της επιστήμης της *δενδροχρονολογίας* με την οποία είναι δυνατό να καθοριστούν οι κλιματικές συνθήκες παλαιών εποχών από τη μελέτη των αυξητικών δακτυλίων δένδρων πολύ μεγάλης ηλικίας.

Καθώς αυξάνεται η ηλικία του δένδρου, οι παλαιότεροι αυξητικοί δακτύλιοι σταδιακά παύουν να λαμβάνουν μέρος στη διακίνηση και αποθήκευση των τροφών. Η διαφοροποίηση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα διάφορες μεταβολές στη δομή και στη χημική σύσταση του ξύλου και σε ορισμένες περιπτώσεις συνοδεύεται και από αλλαγή του χρώματος. Με βάση τη λειτουργική αυτή διαφοροποίηση, το κεντρικό τμήμα του κορμού ονομάζεται **εγκάρδιο ξύλο** (*heartwood*) και αυτό που το περιβάλλει και έχει συνήθως ανοιχτότερο χρώμα, **σομφό ξύλο** (*sapwood*) (Εικ. 2Α). Δασικά είδη που έχουν εγκάρδιο ξύλο με σκουρότερο χρώμα από το σομφό είναι, από τα κωνοφόρα, τα πεύκα, το κυπαρίσσι, ο ίταμος, ο κέδρος, και από τα πλατύφυλλα, οι δρύες, η καστανιά, η φτελιά, ο φράξος, η καρδιά, η οξιά που σχηματίζει και το ερυθρό (*κοκκινωπό*) εγκάρδιο.



**ΕΙΚ. 3.** Εγκάρσιες επιφάνειες (τομές) ξύλου των πλατυφύλλων ειδών.  
(α, β): *Δακτυλιόπορα* είδη (καστανιά - φτελιά)  
(γ, δ): *Ημιδιασπορόπορα* είδη (πουρνάρι - καρδιά)  
(ε, στ): *Διασπορόπορα* είδη (λεύκη - οξιά)

Άλλα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του ξύλου που διακρίνονται στην εγκάρσια τομή είναι οι **ακτίνες** (Εικ. 3στ, βλ. βέλη) και οι **ρητινοφόροι αγωγοί** (Εικ. 2B, κάτω βέλη). Οι ακτίνες διακρίνονται σαν γραμμές ποικίλου πάχους με κατεύθυνση από την εντεριώνη προς το φλοιό. Οι ακτίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στα ζωντανά δένδρα (βλ. κυκλοφορία βιοχημικών ουσιών, αποθήκευση θρεπτικών). Πλατιές ακτίνες που διακρίνονται με γυμνό μάτι έχουν ορισμένα πλατύφυλλα (δρύες, οξιά, πλατάνι), ενώ στα κωνοφόρα και σε ορισμένα πλατύφυλλα (π.χ. καστανιά, λεύκη), οι ακτίνες είναι πολύ λεπτές και μη ορατές με γυμνό μάτι.

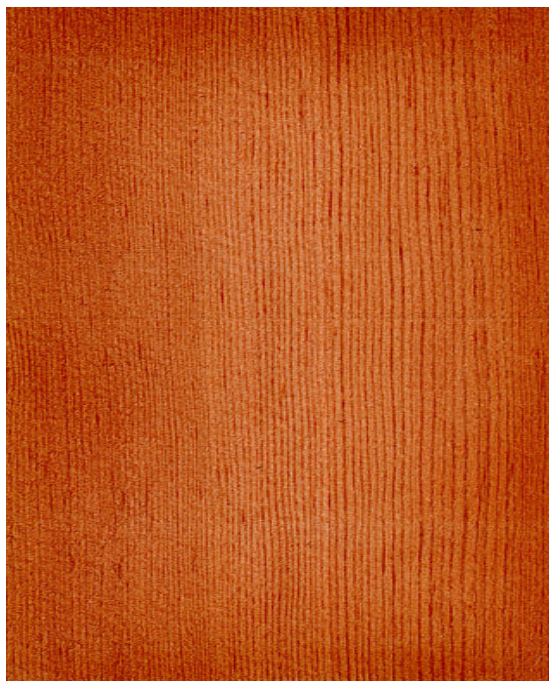
Οι ρητινοφόροι αγωγοί **δεν** βρίσκονται σε όλα τα κωνοφόρα ξύλα. Εμφανίζονται βέβαια σαν μικρά στίγματα (ή οπές) στην εγκάρσια τομή ορισμένων κωνοφόρων, κυρίως των πεύκων (χαλέπιος, τραχεία, μαύρη, λευκόδερμη πεύκη κ.α.), ερυθρελάτης, ψευδοτσούγκας (Εικ. 2B), αλλά όχι πάντα σε όλα τα είδη (π.χ., το έλατο δεν έχει ρητινοφόρους αγωγούς).

Μεταξύ του ξύλου (δηλ. σομού) και του φλοιού υπάρχει το **κάμβιο** (*cambium*), το οποίο είναι ένας *μεριστικός ιστός* που με διαίρεση των κυττάρων του παράγει νέο ξύλο και φλοιό. Το κάμβιο είναι ορατό μόνο με το μικροσκόπιο.

Ο φλοιός βρίσκεται στο εξωτερικό μέρος του κορμού και των κλαδιών και αντιπροσωπεύει το 5-10% του συνολικού όγκου του δένδρου. Διακρίνεται σε **εσωτερικό φλοιό** και **εξωτερικό φλοιό**. Ο εσωτερικός φλοιός (*inner bark*) είναι στενότερος, έχει ανοικτότερο χρώμα και είναι χυμώδης. Αποστολή του στο δένδρο είναι να μεταφέρει ουσίες (βλ. *σάκχαρα*) από τα φύλλα προς τις ρίζες. Ο εξωτερικός φλοιός (*outer bark*) είναι πιο παχύς, ξερός και έχει σκοτεινότερο χρώμα. Ο εξωτερικός φλοιός έχει ως αποστολή να προστατεύει το ζωντανό δένδρο, κυρίως να μειώνει την *εξάτμιση* (απώλεια) ύδατος προς το περιβάλλον. Γενικά, η εμφάνιση του εξωτερικού φλοιού κάθε δένδρου είναι χαρακτηριστική και έχει διαγνωστική σημασία.

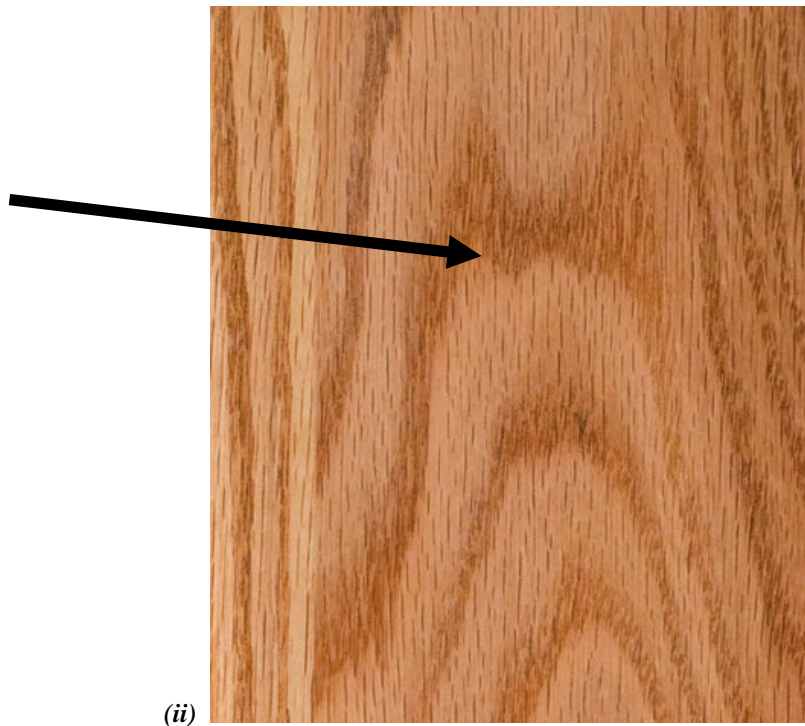
### **Χαρακτηριστικά ακτινικής τομής (ισόβενη τομή)**

Στην ακτινική τομή το εγκάρδιο και το σομό ξύλο, οι αυξητικοί δακτύλιοι, το πρώιμο και το όψιμο ξύλο και η εντεριώνη εμφανίζονται σαν επιμήκεις γραμμές (Εικ. 3Α, ι). Οι πόροι των πλατυφύλλων και οι ρητινοφόροι αγωγοί των κωνοφόρων εμφανίζονται σαν *λεπτές επιμήκεις γραμμές* ή σαν πολύ μικρές αυλακώσεις. Οι ακτίνες εμφανίζονται σαν ακανόνιστες κηλίδες (Εικ. 1Γ). Στις δρύες, οι ακτίνες σε ακτινική τομή δημιουργούν χαρακτηριστική σχεδίαση που είναι γνωστή σαν *χρυσάλιδα* (Εικ. 4Α). Χαρακτηριστική είναι επίσης και η ακτινική τομή του της οξιάς που μοιάζει σαν *βροχή* (Εικ. 4Γ).



(i)





**ΕΙΚ. 3Α.** Χαρακτηριστικές εμφανίσεις ξύλου: σε ακτινική τομή (i) ψευδοτσούγκας (*Oregon pine*), και σε εφαπτομενική τομή (ii) κόκκινης δρυός (*Quercus rubra*).

#### **Χαρακτηριστικά εφαπτομενικής τομής (φαρδύβενη τομή)**

Στην εφαπτομενική τομή, το πρώιμο και όψιμο ξύλο παρουσιάζουν μία *παραβολοειδή σχεδίαση*, όταν υπάρχει διαφορά χρώματος μεταξύ τους (Εικ. 1Γ, 4Δ). Επίσης, οι ακτίνες παρουσιάζονται σαν (ατρακτοειδείς) *επιμήκεις γραμμές* (Εικ. 1Γ), ενώ οι πόροι και οι ρητινοφόροι αγωγοί εμφανίζονται όπως και στην ακτινική τομή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Στην περιγραφή του ξύλου βοηθούν σημαντικά ορισμένα *φυσικά χαρακτηριστικά*, δηλαδή χαρακτηριστικά που γίνονται «ορατά» με τις αισθήσεις μας (όραση, αφή, οσμή), όπως είναι π.χ. το χρώμα, η οσμή, η γεύση, η υφή, η σχεδίαση, η στιλπνότητα, η σκληρότητα και το βάρος.

### Χρώμα

Το *χρώμα* του ξύλου οφείλεται σε οργανικές ουσίες που υπάρχουν μέσα στο ξύλο σε ορισμένους χώρους (κενούς χώρους, κυτταρικές κοιλότητες). Οι ουσίες αυτές ονομάζονται *εκχυλίσματα*, διότι είναι δυνατό να «εκχυλισθούν» και να απομακρυνθούν από το ξύλο με νερό και με οργανικούς *πολικούς* ή *μη πολικούς* διαλύτες (αιθανόλη, ακετόνη, τολουόλιο, αιθέρας).

Το φυσικό χρώμα των ειδών ξύλου ποικίλει από λευκό (λεύκη) μέχρι μαύρο (έβενος). Τα περισσότερα ελληνικά ξύλα έχουν χρώματα σε απόχρωση του καστανού. Το φυσικό χρώμα του ξύλου γίνεται σκοτεινότερο όταν εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα, γιατί οξειδώνονται τα οργανικά συστατικά του. Σε ορισμένα είδη, όπως στη κλήθρα και την ακακία, το χρώμα σκουραίνει αμέσως μετά την υλοτομία του δένδρου.

Τεχνητή μεταβολή του χρώματος του ξύλου μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως λ.χ. με άτμιση, με βαφή και με λευκαντικές ουσίες. Στη χώρα μας, κυρίως η οξιά, και η καρυδιά συνήθως ατμίζονται για να γίνει σκούρο και ομοιόμορφο το χρώμα τους (βλ. *άτμιση*).

### Οσμή

Η *οσμή* (*odour*) οφείλεται στην *πητικότητα* των εκχυλισμάτων που βρίσκονται κυρίως στο εγκάρδιο ξύλο, δηλ. στην εύκολη εξαέρωσή τους. Χαρακτηριστική είναι η αρωματική οσμή του κυπαρισσιού και του άρκευθου (ή «*κέδρου*»), καθώς και η ρητινώδης οσμή της πεύκης (οσμή ρετσινιού).

Η οσμή του ξύλου μπορεί να αποτελεί πλεονέκτημα ή μειονέκτημα ανάλογα με το προϊόν που θα παραχθεί από αυτό και την τελική χρήση ή εφαρμογή του στην πράξη. Όταν το ξύλο προσβληθεί από μύκητες και αποσυντεθεί αποκτά πολύ δυσάρεστη οσμή.

### Γεύση

Η *γεύση* του ξύλου επίσης οφείλεται σε πητικές ουσίες (εκχυλίσματα) διαφορετικής κατηγορίας. Ξύλα που περιέχουν ταννίνες (λ.χ. καστανιά, δρυς, ακακία) έχουν πικρή γεύση.

### Υφή

Ο όρος *υφή* αναφέρεται στις διαφορές δομής, όπως αυτές εμφανίζονται στην εγκάρσια τομή (*σόκορο*) του ξύλου. Οι διαφορές αυτές αναφέρονται στο μέγεθος των κυττάρων και στην κατανομή των κυττάρων στο πρώιμο και όψιμο ξύλο και στις διαφορές πυκνότητας μεταξύ πρώιμου και όψιμου ξύλου. Η υφή διακρίνεται σε: (α) *τραχεία*, όταν έχουμε μεγάλη διάμετρο κυττάρων (πορώδες ή χονδρόπορο ξύλο), (β) *λεπτή*, όταν έχουμε μικρές διαμέτρους κυττάρων (λεπτόπορο ξύλο), (γ) *ομοιόμορφη*, όταν τα κύτταρα κατανέμονται ομοιόμορφα μέσα στον ετήσιο δακτύλιο, όπως συμβαίνει με τα διασπορόπορα ξύλα με λεπτές ακτίνες, και (δ) *ανομοιόμορφη*, όταν τα κύτταρα κατανέμονται ανομοιόμορφα μέσα στον ετήσιο δακτύλιο, όπως συμβαίνει στα δακτυλιόπορα πλατύφυλλα με πλατιές ακτίνες και σε κωνοφόρα με απότομη μετάβαση από το πρώιμο στο όψιμο ξύλο.

### Σχεδίαση

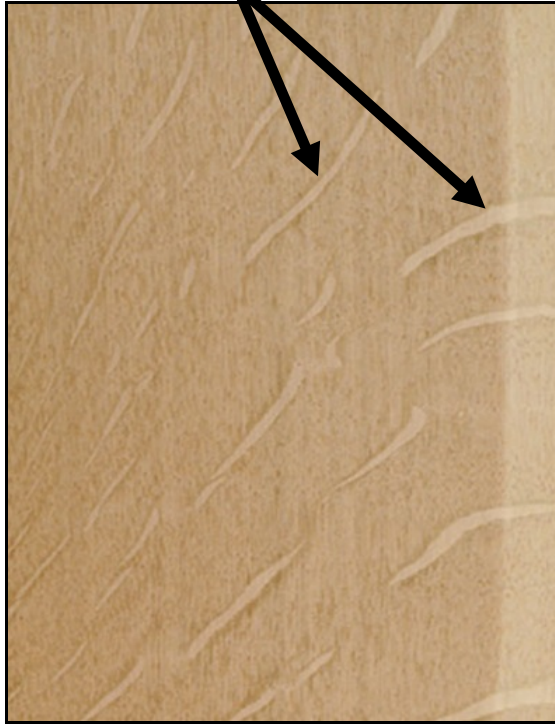
Η *κατανομή* των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών (εγκάρδιο/σομόφο, αυξητικοί δακτύλιοι, πρώιμο/όψιμο, ακτίνες) του ξύλου στην ακτινική τομή και στην εφαπτομενική τομή του ονομάζεται *σχεδίαση*. Η σχεδίαση των ακτινικών τομών («*ισόβεννα νερά*») συνήθως είναι πιο ελκυστική και για το λόγο αυτό επιδιώκεται η δημιουργία τέτοιων τομών κατά την παραγωγή λεπτών ξυλόφυλλων (Εικ. 4Α, 4Γ) που χρησιμοποιούνται ως διακοσμητικά. Σε ορισμένα είδη προτιμάται και η σχεδίαση της εφαπτομενικής τομής («*φαρδύβεννα νερά*»), όπως λ.χ. στο φράξο (*δεσποτάκι*), το σφενδάμι, τη φτελιά (*καραγάτσι*), την καστανιά (Εικ. 4Δ). Σημειώνεται ότι η έκφραση «*νερά*» είναι συνώνυμη με τον τεχνικό όρο *σχεδίαση* στην ελληνική αγορά.



### Στιλπνότητα

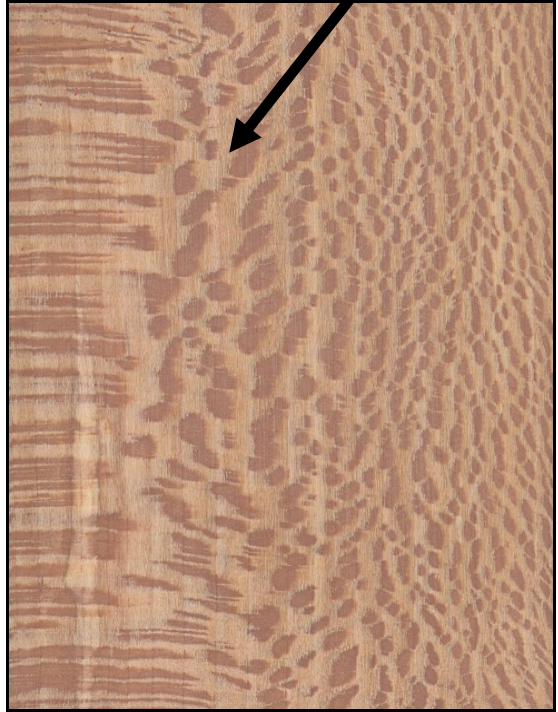
Το φυσικό χαρακτηριστικό ορισμένων ειδών να αντανακλούν το φως ονομάζεται *στιλπνότητα*. Είναι η φυσική γυαλάδα τους. Τα ξύλα αυτά έχουν φυσική στιλπνότητα που είναι μεγαλύτερη στην ακτινική τομή λόγω της εμφάνισης των ακτίνων. Αυτός είναι ένας επιπρόσθετος λόγος για τον οποίο τα διακοσμητικά ξυλόφυλλα, οι ξυλεπενδύσεις και τα παρκέτα επιδιώκεται να έχουν ακτινικές τομές. Η στιλπνότητα επηρεάζεται και από τη γωνία φωτισμού.

«Χρυσολίδα»



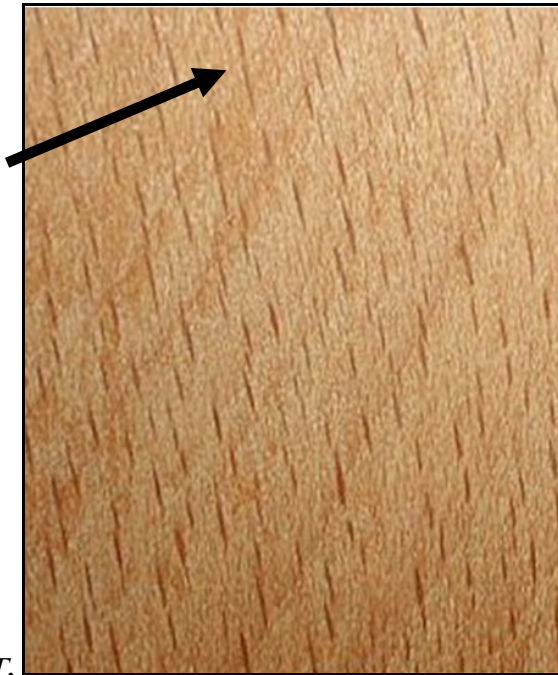
A.

«Δαντέλα»



B.

«Βροχή»



Γ.



Δ.

- EIK. 4.** Σχεδίαση του ξύλου («νερά» του ξύλου), εφαπτομενική ή ακτινική.  
**A:** Ακτινική τομή δρυός (*oak*), γνωστή ως «χρυσάλιδα».  
**B:** Ακτινική τομή πλατανιού (*lancewood*), γνωστή ως «δαντέλα».  
**Γ:** Ακτινική τομή οξιάς (*beech*), γνωστή ως «βροχή».  
**Δ:** Εφαπτομενική (χαρακτηριστική) τομή καστανιάς (*chestnut*).

Φυσική στιλπνότητα έχουν τα είδη ξύλου της ερυθρελάτης, του φράξου (κν. δεσποτάκι), του πλατανιού, της ελάτης, της φιλύρας (κν. φλαμούρι), της λεύκης κ.ά.

### **Σκληρότητα**

*Σκληρότητα* είναι ένα φυσικό χαρακτηριστικό που δείχνει πόσο σκληρό ή μαλακό είναι το ξύλο. Όταν χρησιμοποιείται για διαγνωστικούς λόγους, τότε η εκτίμηση της σκληρότητας μπορεί να γίνει κατά προσέγγιση με πίεση του ξύλου με το νύχι μας. Τυπικά, η σκληρότητα (*hardness*) του ξύλου είναι *μηχανική* ιδιότητα και προσδιορίζεται με ειδικές μεθόδους στο εργαστήριο.

### **Βάρος (πυκνότητα)**

Το *βάρος* είναι ιδιότητα σημαντική που επιστημονικά είναι μετρήσιμη ως *πυκνότητα* (*density*), αφού δείχνει την ποσότητα της ξυλώδους μάζας που περικλείεται στη μονάδα του όγκου. Συνήθως μετριέται σε *ξηρή στον αέρα* κατάσταση (υγρασία, 12-15%). Το βάρος αποτελεί επίσης διαγνωστικό (φυσικό) χαρακτηριστικό του ξύλου. Για την αναγνώριση των διαφόρων ειδών χρησιμοποιείται το βάρος του ξύλου σαν βασικό κριτήριο. Η εκτίμηση γίνεται με απλή ανύψωση με το χέρι και απαιτεί σχετική εμπειρία. Βέβαια πρέπει πάντοτε να λαμβάνουμε υπόψη εάν το ξύλο είναι εγκάρδιο ή σομό, καθώς και την περιεκτικότητά του σε υγρασία. Πάντα πρώτη ενέργειά μας πρέπει να είναι η εκτίμηση του βάρους ενός δείγματος.

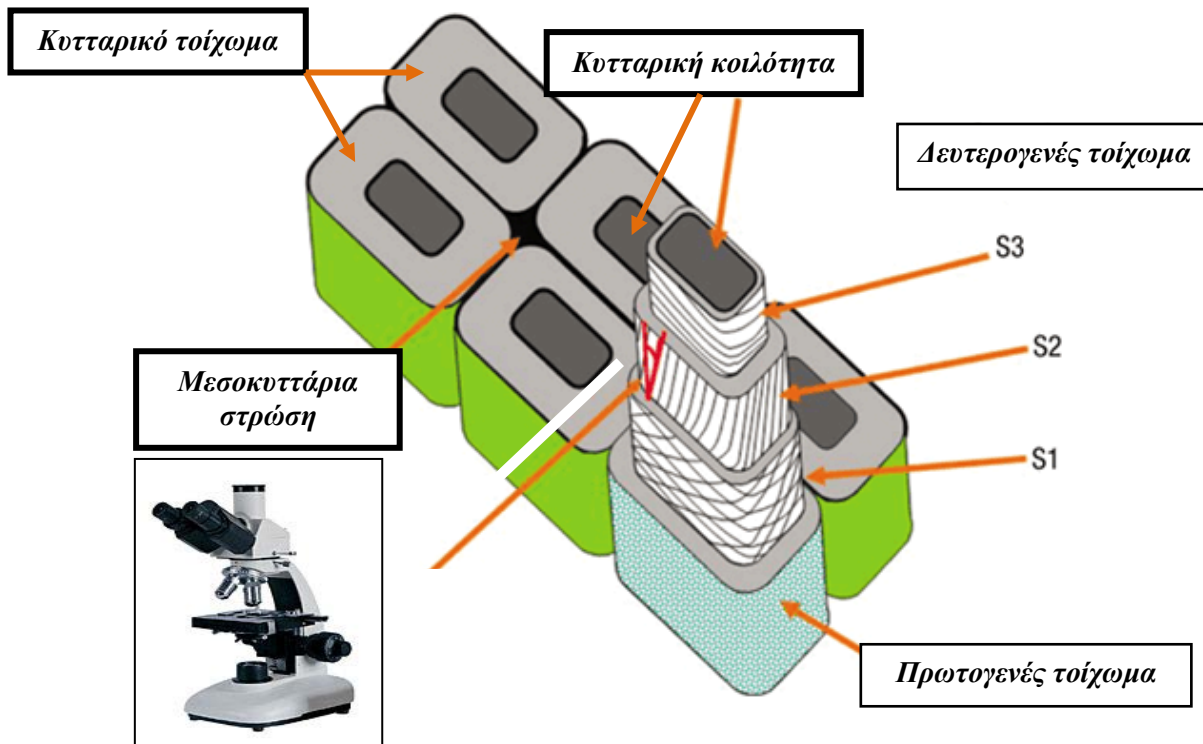
Τα ελληνικά είδη ξύλου έχουν *βάρος* που κυμαίνεται από περ. 0,30 έως 0,90 g/cm<sup>3</sup>, σε υγρασία 12% περίπου. Γενικά, από όλα τα είδη ξύλου παγκοσμίως το ελαφρύτερο ξύλο είναι το *Ochroma lagopus* (Balsa) με πυκνότητα 0,08-0,10 g/cm<sup>3</sup> και το βαρύτερο είδος είναι το Black Ironwood (*Krugiodendron ferreum*) με πυκνότητα 1,36 g/cm<sup>3</sup>. Εξίσου εξαιρετικά βαριά είναι και τα είδη ξύλου: Itin (*Prosopis kuntzei*), African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon*) και το Lignum Vitae (*Guaiaicum officinale*).

Τα είδη ξύλου που η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη της μονάδας (>1 g/cm<sup>3</sup>) βυθίζονται μέσα στο νερό· είναι είδη που είναι πολύ σκληρά «σαν σίδηρο» και λέγονται στο εμπόριο *σιδηρόξυλα* (*iron woods*). Τέτοια σιδηρόξυλα (εκτός από τα προαναφερθέντα) είναι και τα τροπικά είδη Ipé, Snakewood, Verawood, Kingwood, Desert Ironwood, Quebracho, Azobé (Ekki).

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Εάν παρατηρήσουμε το ξύλο στο μικροσκόπιο θα δούμε ότι αποτελείται από μικρές μονάδες που ονομάζονται *κύτταρα*. Τα κύτταρα από τα οποία δομείται το ξύλο λέγονται *ξυλώδη κύτταρα*. Η πρώτη παρατήρηση κυττάρων φελλού (φλοιού δρυός) στο μικροσκόπιο έγινε το 1665 από τον ερευνητή εκείνης της πρώιμης εποχής, Robert Hooke (Αγγλία).

Τα κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους κατά διαφόρους τρόπους και συγκροτούν τους *ιστούς* του ξύλου. Όπως θα δούμε παρακάτω υπάρχουν διάφοροι τύποι κυττάρων. Τα κύτταρα ξύλου κωνοφόρων διαφέρουν ως προς τη γενική μορφολογία από τα κύτταρα των πλατυφύλλων. Τα περισσότερα κύτταρα είναι επιμήκη και έχουν το μεγάλο τους άξονα παράλληλο προς τον άξονα του κορμού, με εξαίρεση τα κύτταρα των ακτίνων που κατευθύνονται από την εντεριώνη προς το φλοιό. Σε κάθε κύτταρο διακρίνεται η *κυτταρική κοιλότητα* και το *κυτταρικό τοίχωμα* (Εικ. 5). Επίσης, τα ξυλώδη κύτταρα συνδέονται μεταξύ τους με τη *μεσοκυττάρια στρώση* (βλ. Εικ. 5).



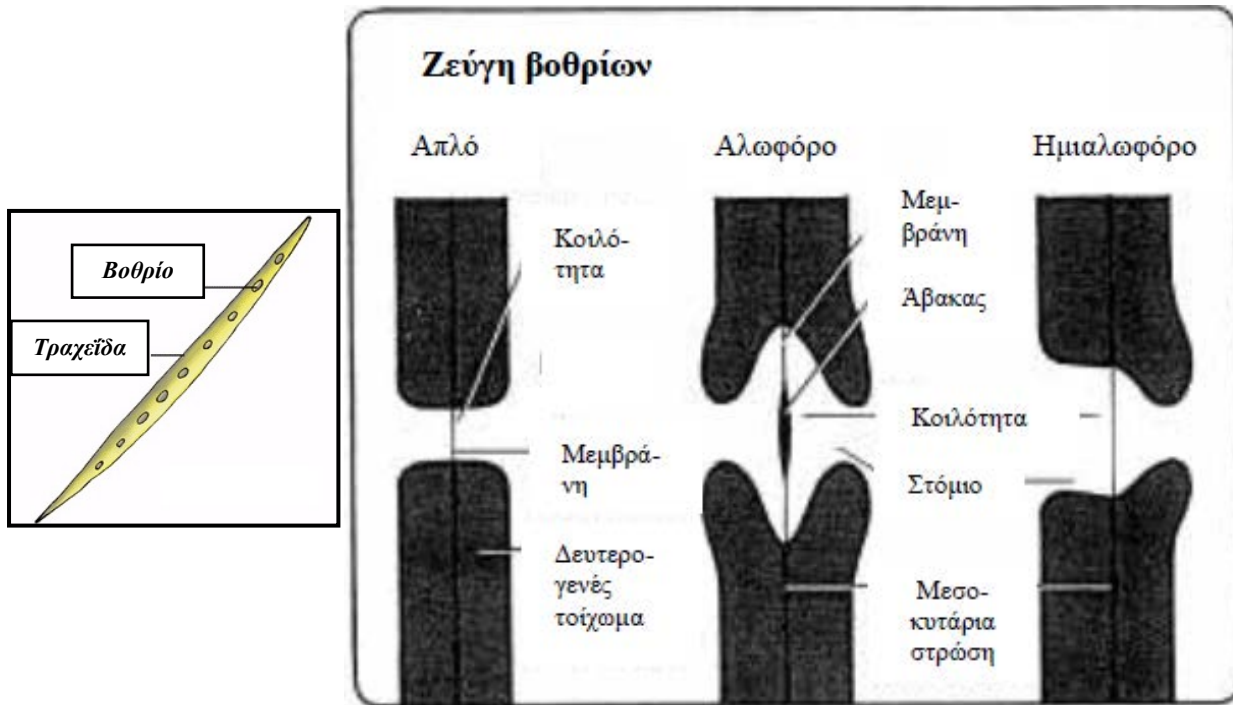
**ΕΙΚ. 5.** Σχηματική παράσταση ξυλώδους κυττάρου, με όλα τα μέρη του, σε εγκάρσια τομή (διακρίνονται και το πρωτογενές & το δευτερογενές τοίχωμα). Η παρατήρηση γίνεται στο απλό ή το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Τα περισσότερα ξυλώδη κύτταρα δεν έχουν *πρωτόπλασμα* και *πυρήνα*, δηλαδή είναι νεκρά (εκτός από τα παρεγχεματικά κύτταρα). Αυτό συμβαίνει, διότι 2-3 βδομάδες μετά από την ημέρα παραγωγής τους από το κάμβιο αρχίζει η βαθμιαία εξαφάνιση του πρωτοπλάσματος και του πυρήνα.

Το κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από το *πρωτογενές τοίχωμα*, το οποίο είναι συνέχεια της μεσοκυττάριας στρώσης, και το *δευτερογενές τοίχωμα* που βρίσκεται προς την κυτταρική κοιλότητα. Το δευτερογενές έχει τρεις στρώσεις: τις στρώσεις S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, και S<sub>3</sub> (Εικ. 5).

Στο δευτερογενές τοίχωμα των ξυλωδών κυττάρων παρατηρούνται *ασυνέχειες* (ή οπές) που λέγονται **βοθρία** (Εικ. 6, *αριστερά*). Τα βοθρία (*pits*) παρατηρούνται σ' όλες τις τομές, είναι όμως περισσότερο ευκρινή σε ακτινικές και εφαπτομενικές τομές. Σε κάθε βοθρίο διακρίνονται τα εξής μέρη: το *στόμιο*, η *κοιλότητα* και η *διαχωριστική μεμβράνη*

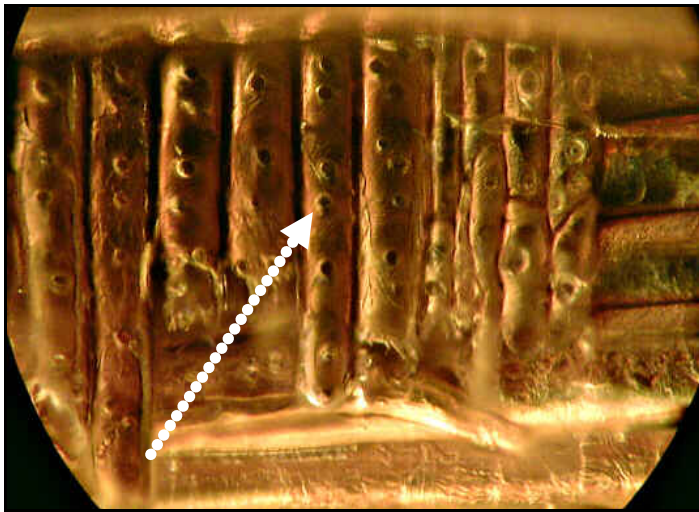
(Εικ. 6). Ανάλογα με τη μορφή της κοιλότητας, τα βοθρία διακρίνονται σε απλά βοθρία, αλωφόρα βοθρία και ημιαλωφόρα βοθρία. Στα απλά, η κοιλότητα έχει σταθερό άνοιγμα, ενώ στα αλωφόρα βοθρία, η κοιλότητα γίνεται στενότερη προς το στόμιο έχοντας έτσι το σχήμα χοάνης.



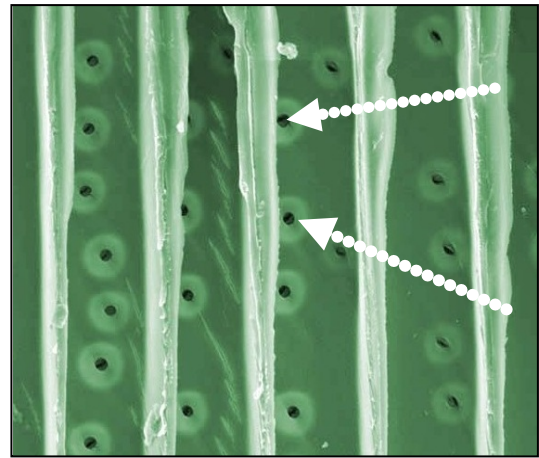
**ΕΙΚ. 6.** Σχηματική απεικόνιση για τα διάφορα ζεύγη βοθρίων και τα μέρη τους. Τύποι βοθρίων (απλό βοθρίο - αλωφόρο βοθρίο - ημιαλωφόρο βοθρίο).

Τα βοθρία εμφανίζονται ανά δύο (σε ζεύγη), δηλ. σε δύο γειτονικά κύτταρα έτσι, ώστε να δημιουργείται μία δίοδος επικοινωνίας μεταξύ των κυττάρων. Τα ζεύγη των βοθρίων αποτελούνται, είτε από όμοια βοθρία (απλά ή αλωφόρα), είτε από απλά και αλωφόρα βοθρία, οπότε ονομάζονται ημιαλωφόρα (Εικ. 6). Τα ημιαλωφόρα βοθρία που εμφανίζονται σε ακτινικές τομές κωνοφόρων μεταξύ αζονικών τραχεϊδών και παρεγχυματικών κυττάρων, έχουν μεγάλη σπουδαιότητα στην αναγνώριση των διαφόρων ειδών ξύλου. Το στόμιο και η κοιλότητα των βοθρίων αντιστοιχούν στο δευτερογενές τοίχωμα των κυττάρων. Η διαχωριστική μεμβράνη (*margo*) αποτελείται από το πρωτογενές τοίχωμα και τη μεσοκυττάρια στρώση. Στα αλωφόρα βοθρία των κωνοφόρων, το κεντρικό τμήμα της μεμβράνης παρουσιάζει μία πάχυνση που ονομάζεται *άβακας* (βλ. Εικ. 6). Στα κωνοφόρα είδη, αλωφόρα βοθρία βρίσκονται τυπικά στις τραχεΐδες, ενώ πολλά απλά βοθρία συναντάμε συχνά στα παρεγχυματικά κύτταρα (βλ. Εικ. 7Α).





I.

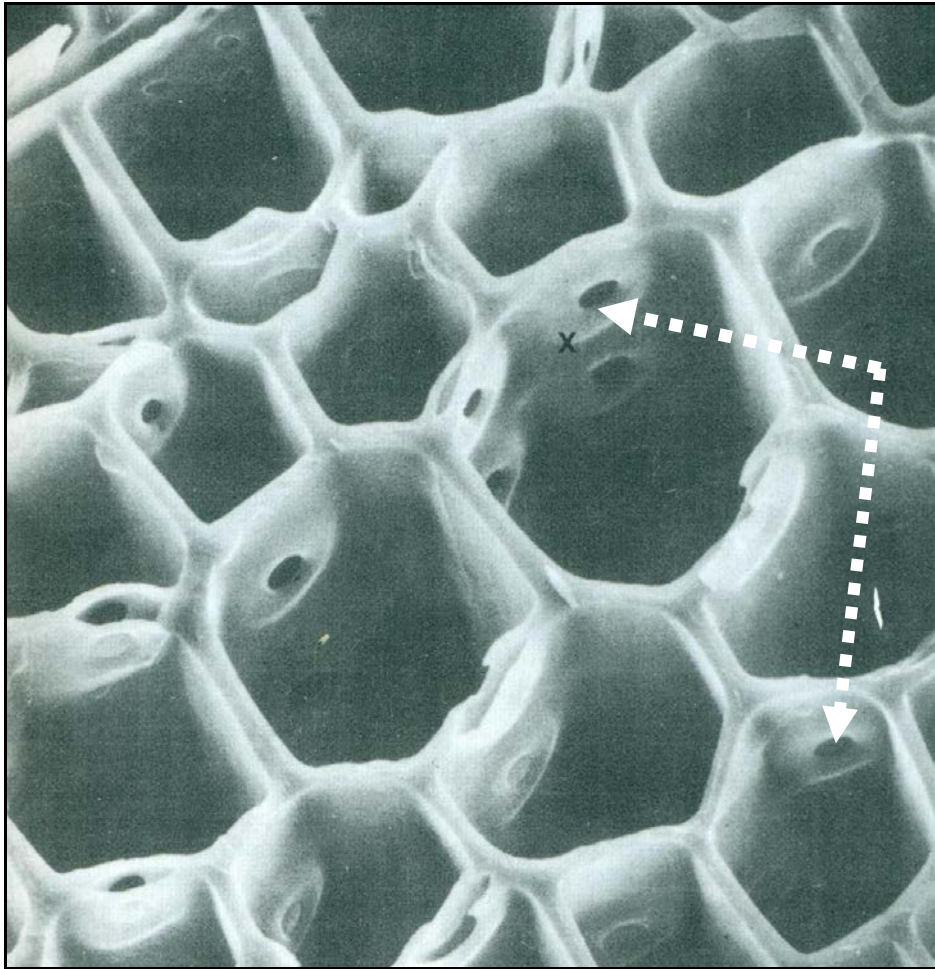


II.

**ΕΙΚ. 7Α.** Μικροσκοπική εμφάνιση διαφόρων τύπων βοθρίων, **I.** Απλά βοθρία σε ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα, **II.** Αποφραγμένα αλωφόρα βοθρία σε ελάτη, (βλ. άβακα).

Στα ζωντανά δένδρα, τα βοθρία διευκολύνουν τη διακίνηση των τροφών, ενώ σε πριστή ξυλεία επηρεάζουν τη διακίνηση υγρασίας ή/και εμποτιστικών διαλυμάτων κατά τη διενέργεια προστατευτικού εμποτισμού. Η διακίνηση γίνεται μέσω των διαχωριστικών μεμβρανών, που είναι διαπερατές. Παρατηρείται, ωστόσο, πολλές φορές *απόφραξη* των βοθρίων με μετακίνηση της μεμβράνης από την κεντρική της θέση προς το στόμιο, οπότε ο άβακας (*torus*) φράζει τη δίοδο επικοινωνίας (βλ. Εικ. 7B, II).

Συνήθως αυτό συμβαίνει σε ξύλο ελάτης και ερυθρελάτης· έτσι, έχουμε *πλήρη απόφραξη*, οπότε και ο εμποτισμός του ξύλου με προστατευτικές ουσίες γίνεται αδύνατος. Αυτή η φραγή των βοθρίων γίνεται, είτε κατά τη μετατροπή του σομού ξύλου σε εγκάρδιο ξύλο, είτε κατά τη βαθμιαία ξήρανση του ξύλου (κάτω από υγρασία 30%).



**ΕΙΚ. 7B.** Εγκάρσια τομή ερυθρελάτης, βλ. εγκάρσια τομή τραχειδων, αλωφόρα βοθρία (X).

### Ανατομικά στοιχεία του ξύλου των κωνοφόρων

Η δομή του ξύλου των κωνοφόρων ειδών είναι σχετικά απλή. Το ξύλο των κωνοφόρων χαρακτηρίζεται από δύο συστήματα ιστών σε σχέση με τον κατά μήκος άξονα του δένδρου: το αξονικό σύστημα και το οριζόντιο σύστημα. Το αξονικό σύστημα αποτελείται από τις αξονικές τραχειίδες και το αξονικό παρέγχυμα, ενώ το οριζόντιο σύστημα δομείται από τις ακτινικές τραχειίδες και το ακτινικό παρέγχυμα το οποίο δομεί τις εντεριώνιες ακτίνες του ξύλου. Τα στοιχεία αυτά δομής διαχωρίζονται σε βασικά στοιχεία που συγκροτούν τον κύριο όγκο του ξύλου που είναι οι αξονικές τραχειίδες και το ακτινικό παρέγχυμα και σε μη βασικά στοιχεία, τα οποία εμφανίζονται μόνο σε ορισμένα είδη ξύλου και είναι οι ακτινικές τραχειίδες, το αξονικό παρέγχυμα και οι ρητινοφόροι αγωγοί.

#### (1) Τραχειίδες

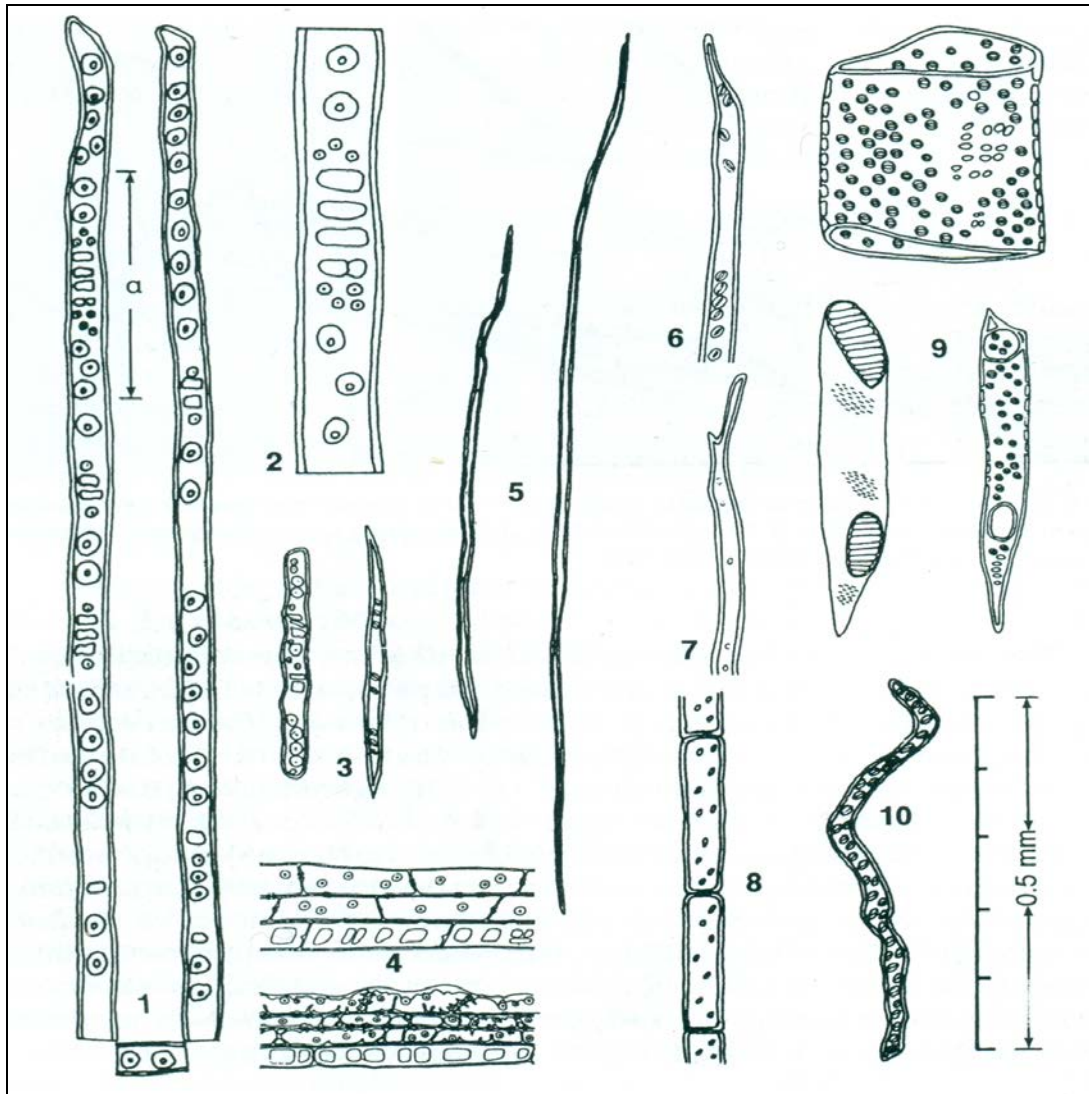
Οι τραχειίδες διακρίνονται σε αξονικές και ακτινικές τραχειίδες. Οι αξονικές τραχειίδες είναι κύτταρα εξειδικευμένα στη μεταφορά υδατοδιαλυτών αλάτων και νερού, και διατάσσονται παράλληλα προς τον κατά μήκος άξονα του κορμού.

Είναι κύτταρα ινόμορφα, επιμήκη, με οξύληκτα άκρα (Εικ. 8-1) και αποτελούν το 90% και περισσότερο του ξύλου των κωνοφόρων. Οι τραχειίδες έχουν τοιχώματα λιγνοποιημένα και φέρουν συνήθως αλωφόρα βοθρία. Το μήκος τους κυμαίνεται από 2 mm μέχρι 5 mm και είναι συνήθως 70-120 φορές μεγαλύτερο της διαμέτρου τους, που συνήθως είναι από 0,02 μέχρι 0,04 mm. Από λειτουργικής άποψης στα κωνοφόρα, οι αξονικές τραχειίδες στα ζωντανά δένδρα είναι αγαγά στοιχεία (δηλ. μεταφέρουν νερό και διαλυτά άλατα), καθώς και στερεωτικά στοιχεία (δηλ. δομούν τον κορμό του δένδρου με στερεωτικό τρόπο). Οι τραχειίδες του πρώιμου ξύλου έχουν λεπτότερα τοιχώματα και είναι μεγαλύτερες από τις τραχειίδες του όψιμου ξύλου. Έχουν επίσης μεγαλύτερα και περισσότερα βοθρία. Οι ακτινικές τραχειίδες βρίσκονται

στις παρυφές των ακτίνων (Εικ. 8-4), έχουν σχήμα περισσότερο ή λιγότερο πρισματικό με το ένα άκρο οξύ και μήκος από 0,1 μέχρι 0,2 mm. Τα αλωφόρα βοθρία τους, που είναι του ίδιου τύπου με αυτά των αζονικών τραχειίδων, έχουν μικρότερο μέγεθος.

## (2) Παρεγχυματικά κύτταρα

Τα παρεγχυματικά κύτταρα συγκροτούν παρεγχυματικούς ιστούς (*παρέγχυμα*), που ανάλογα με την κατεύθυνσή του ως προς τον άξονα του κορμού διακρίνεται σε *αζονικό* και *ακτινικό* παρέγχυμα (Εικ. 8-8). Τα κύτταρα αυτά είναι πολύ μικρά σε σχέση με τις τραχειίδες, έχουν σχήμα ορθογώνιου παρελληλεπίπεδου και φέρουν απλά βοθρία. Το μήκος τους κυμαίνεται από 0,1 μέχρι 0,2 mm περίπου, και το πλάτος τους από 0,01 μέχρι 0,05 mm.



**ΕΙΚ. 8.** Τύποι κυττάρων ξύλου κωνοφόρων και πλατυφύλλων. (1): Αζονική τραχειίδα. (2): Μεγέθυνση του τμήματος (α). (3): Αζονικές τραχειίδες πρώιμου και όψιμου ξύλου. (4): Ακτινικές τραχειίδες. (5): Ίνες δρυός. (6 & 7): Τμήματα ινών (σε μεγέθυνση). (8): Ακτινικό παρέγχυμα (με απλά βοθρία). (9): Μέλη αγγείων, με απλή και κλιμακωτή διάτρηση. (10): Αζονική τραχειίδα πλατύφυλλου (δρυός).

Πηγή: (6)

Το αζονικό παρέγχυμα εμφανίζεται με τη μορφή κατακόρυφων γραμμών ή λωρίδων μεταξύ των αζονικών τραχειδών (Εικ. 13Α). Τα παρεγχυματικά κύτταρα χρησιμεύουν για την αποθήκευση διαφόρων ουσιών (άμυλο, λίπη, ελαιορητίνες, λιπίδια, ταννίνες) και έχουν συνεπώς αποθηκευτικό ρόλο.

Αζονικό παρέγχυμα δεν φέρουν όλα τα κωνοφόρα ξύλα. Σε μερικά είδη, όπως στα είδη πεύκης, ερυθρελάτης και ίταμου απουσιάζουν εντελώς. Σ' άλλα είδη, όπως στο κυπαρίσσι, σεκόγια, τούγια, ελάτη, λάρικα, ψευδοτσούγκα απαντώνται συχνά ή σε ορισμένες περιπτώσεις.

Τα ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα συγκροτούν τις **ακτίνες**, οι οποίες είναι ταινιοειδείς σειρές κυττάρων που εκτείνονται οριζόντια από την εντεριώνη προς το κάμβιο. Οι ακτίνες των κωνοφόρων αποτελούνται από παρεγχυματικά κύτταρα με ακτινική τοποθέτηση και από *ακτινοτραχειίδες*. Όταν οι ακτίνες αποτελούνται αποκλειστικά από ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα, ή μόνο από ακτινοτραχειίδες, ονομάζονται *ομοιοκύτταρες ακτίνες* (Εικ. 9Β). Όταν στο σχηματισμό των ακτίνων συμμετέχουν ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα και ακτινοτραχειίδες, οι ακτίνες ονομάζονται *ετεροκύτταρες ακτίνες* (Εικ. 9Α). Ανάλογα με τον αριθμό των κυττάρων κατά πλάτος, οι ακτίνες στην εφαπτομενική τομή χαρακτηρίζονται ως *μονόσειρες*, *δίσειρες*, *τρίσειρες* ή *πολύσειρες* ακτίνες (Εικ. 9Α, 9Β).

Στα κωνοφόρα, οι μονόσειρες ακτίνες σπάνια αποτελούνται αποκλειστικά από ακτινικές τραχειίδες. Συνήθως αποτελούνται από ακτινικό παρέγχυμα και ακτινικές τραχειίδες. Οι ακτινικές τραχειίδες καταλαμβάνουν μία ή περισσότερες σειρές στα περιθώρια των ακτίνων και σπανιότερα μία σειρά στο μέσο της ακτίνας. Οι *ατρακτοειδείς ακτίνες* που ονομάζονται έτσι από το ατρακτοειδές σχήμα τους σε εφαπτομενική τομή, αποτελούνται από τα ίδια στοιχεία όπως και οι μονόσειρες ακτίνες, αλλά περικλείουν επιπρόσθετα και έναν ή περισσότερους ρητινοφόρους αγωγούς. Το ξύλο κωνοφόρων παρουσιάζει συνήθως μονόσειρες ή δίσειρες ακτίνες, και επιπλέον τα είδη ξύλου που περιέχουν ρητινοφόρους αγωγούς παρουσιάζουν και *ατρακτοειδείς ακτίνες* (βλ. Εικ. 10Β).

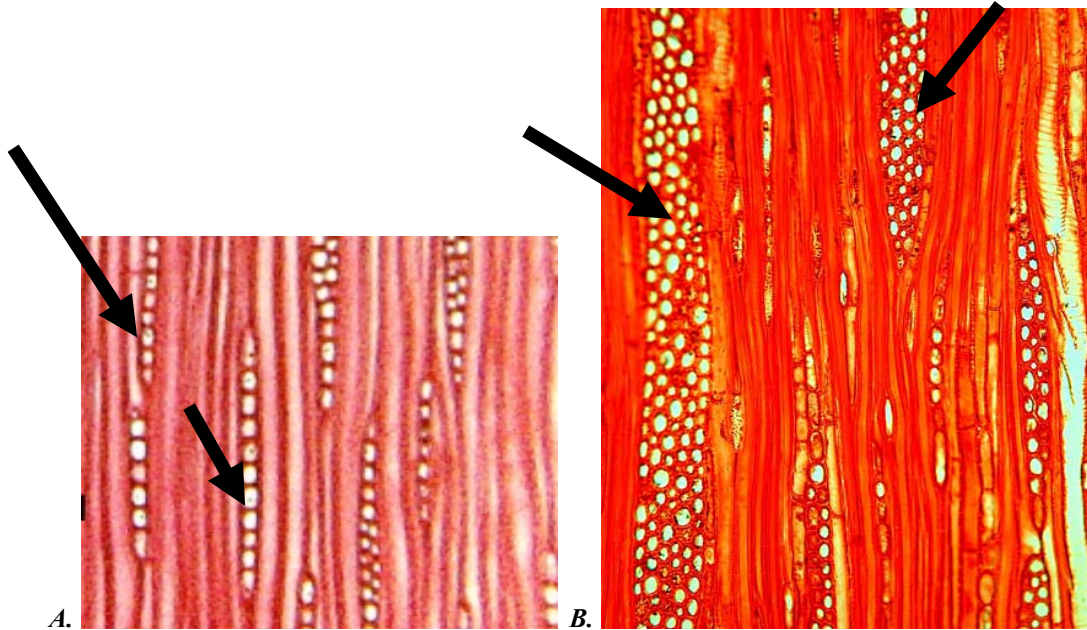
### **Ρητινοφόροι αγωγοί**

Οι ρητινοφόροι αγωγοί (που δεν θεωρούνται ξεχωριστός τύπος κυττάρου των κωνοφόρων αλλά *κενά* ή *κενοί χώροι*) είναι μεσοκυττάριοι αγωγοί που βρίσκονται μεταξύ των κυττάρων του ξύλου ορισμένων ειδών κωνοφόρων (πέυκα, ερυθρελάτη, ψευδοτσούγκα και λάρικα) και περιβάλλονται από λεπτότοιχα παρεγχυματικά κύτταρα (*επιθηλιακά κύτταρα*) από τα οποία εκκρίνεται **ρητίνη** (*ρετσίνι*).

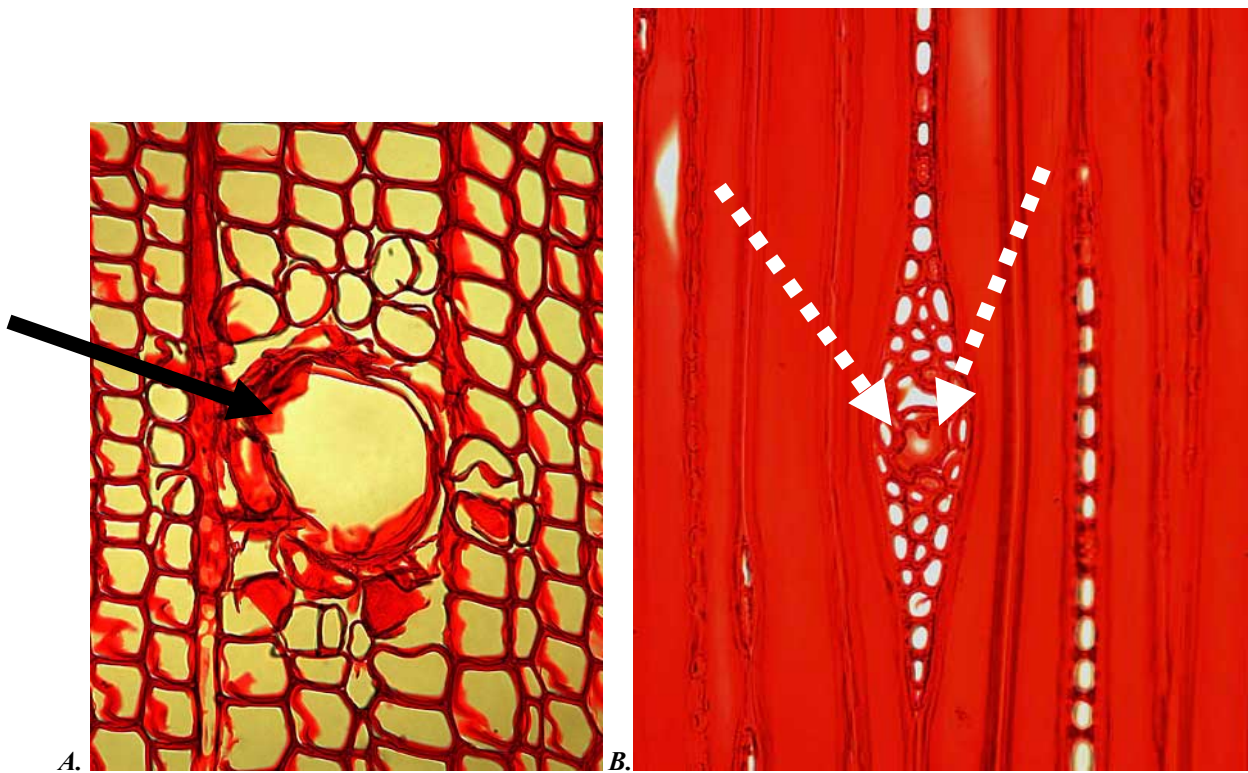
Οι αγωγοί αυτοί διακρίνονται σε *αζονικούς ρητινοφόρους* που βρίσκονται μεταξύ των αζονικών τραχειδών και σε *ακτινικούς ρητινοφόρους* αγωγούς που εγκλείονται ανάμεσα στις ακτίνες (Εικ. 10Α, 10Β). Οι ρητινοφόροι αγωγοί είναι *αγωγά στοιχεία* που μεταφέρουν ρητίνη.

Οι αζονικοί και οι ακτινικοί ρητινοφόροι αγωγοί (*resin canals, resin ducts*) συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα δίκτυο αγωγών μέσα στο ξύλο. Οι αζονικοί έχουν συνήθως μεγαλύτερη διάμετρο από τους ακτινικούς.





**ΕΙΚ. 9.** Μικροσκοπική εμφάνιση των ακτίνων (σημ. εξαρτάται από τις λωρίδες κυττάρων που εμπεριέχονται): **(Α)** Μονόσειρες ακτίνες, **(Β)** Πολύσειρες ακτίνες (βέλη)- (σημ.: η εμφάνιση των ακτίνων είναι στην εφαπτομενική τομή του ξύλου).



**ΕΙΚ. 10.** Ρητινοφόροι αγωγοί. **(Α)** Αξονικός ρητινοφόρος αγωγός (εγκάρσια τομή) με λεπτά επιθηλιακά κύτταρα (βέλος), **(Β)** Ακτινικός ρητινοφόρος αγωγός σε ατρακτοειδή ακτίνα (σε εφαπτομενική τομή).

Το μέγεθος, η διάταξη και ο αριθμός των ρητινοφόρων αγωγών στην εγκάρσια τομή του ξύλου έχει μεγάλη σπουδαιότητα για την αναγνώριση των διαφόρων ειδών ξύλου. Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους διακρίνονται σε κανονικούς και τραυματικούς ρητινοφόρους αγωγούς. Οι κανονικοί σχηματίζονται από το σχίσμο της μεσοκυττάριας στρώσης μίας ομάδας επιμήκων καμβιακών θυγατρικών κυττάρων, τα οποία στη συνέχεια εξελίσσονται σε επιθηλιακά

κύτταρα (σχιζογενείς ρητινοφόροι αγωγοί). Είναι μετακαμβιακοί σχηματισμοί οι οποίοι δεν διακόπτουν τη συνέχεια του καμβίου, ούτε αλλάζουν τη φύση των καμβιακών κυττάρων.

Οι τραυματικοί ρητινοφόροι αγωγοί δημιουργούνται λόγω τραυματισμού του δένδρου, ακόμα και σε είδη που δεν σχηματίζουν κανονικούς ρητινοφόρους αγωγούς. Παράγονται σχιζογενώς όπως οι κανονικοί ρητινοφόροι, και διακρίνονται σε αξονικούς και ακτινικούς (Εικ. 10B). Έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τους κανονικούς και τα επιθηλιακά τους κύτταρα είναι παχύτοιχα (Εικ. 10B, μικρά μαύρα βέλη).

Ο μηχανισμός παραγωγής της ρητίνης (ρετσινιού) δεν είναι απόλυτα γνωστός. Στην Ελλάδα η ρητίνη ορισμένων πευκών (χαλέπιος πεύκη, τραχεία πεύκη) συλλέγεται με τη δημιουργία τομών στον κορμό του δέντρου και σχίση (τραυματισμό) των ρητινοφόρων αγωγών (βλ. ρητίνευση).

Ρητινοφόροι αγωγοί εκτός από τα είδη πεύκης (μαύρη, δασική, τραχεία, χαλέπιος, ρόμπολο, κ.α.) απαντώνται και στην ερυθρελάτη, την ψευδοτσούγκα (*Oregon pine*), τη λάρικα (*Larix sp.*).

## Ανατομικά στοιχεία του ξύλου των πλατυφύλλων

Τα ανατομικά στοιχεία (κύτταρα) του ξύλου των πλατυφύλλων ειδών διακρίνονται σε: μέλη αγγείων, ίνες και παρεγχυματικά κύτταρα.

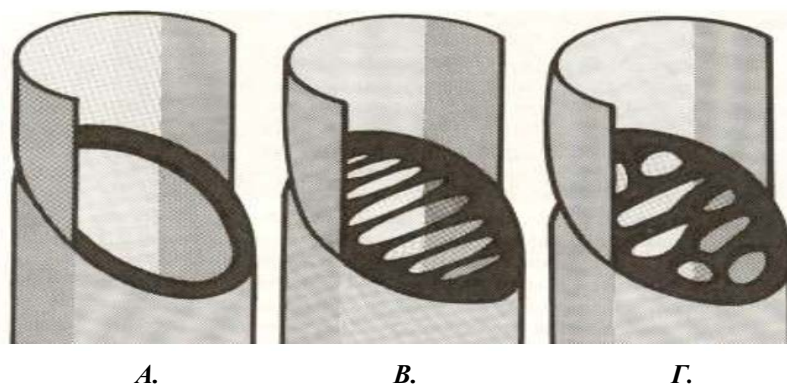
### (1) Μέλη αγγείων

Τα μέλη αγγείων είναι κύτταρα σε μορφή σωλήνα, τα οποία ενώνονται στα άκρα και σχηματίζουν αγωγούς μεγάλου μήκους που ονομάζονται αγγεία (*vessels*). Τα άκρα των μελών αγγείων φέρουν μόνο μια οπή (*απλή διάτρηση*) (Εικ. 11A), ή περισσότερες (*κλιμακωτή ή πολλαπλή διάτρηση*) (Εικ. 11B, 11Γ). Τα μέλη αγγείων έχουν μήκος 0,2-1,3 mm και διάμετρο 0,1-0,5 mm.

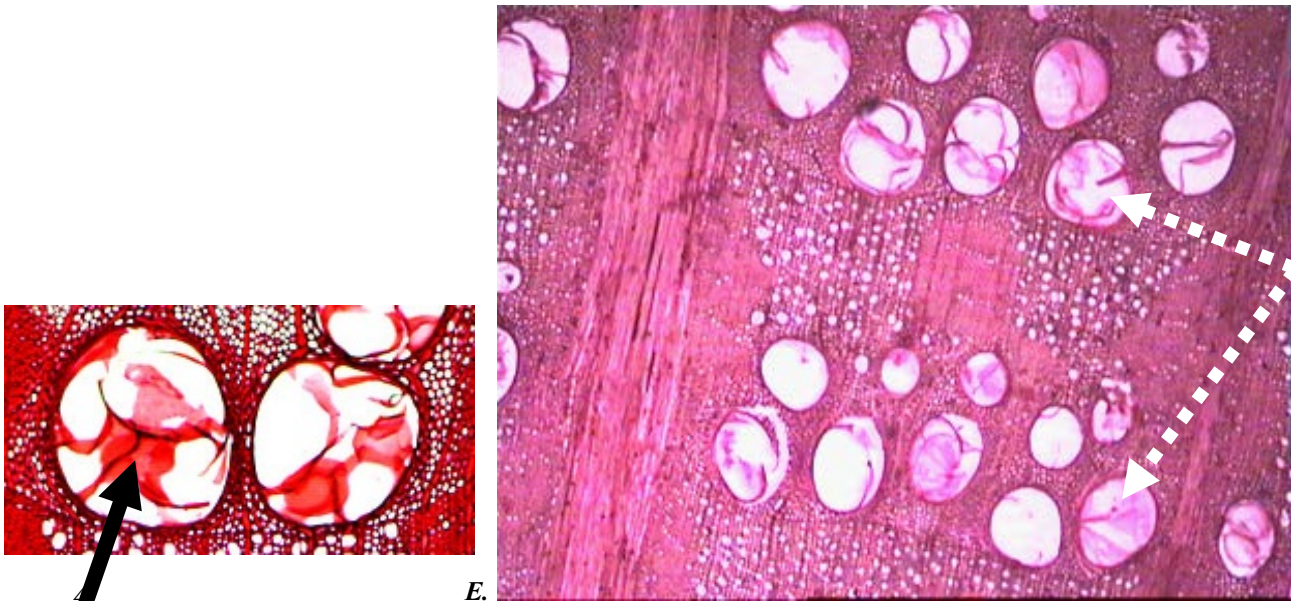
Από λειτουργικής άποψης, τα μέλη αγγείων των πλατυφύλλων είναι κύτταρα που έχουν αγωγική λειτουργία και ρόλο, δηλ. μεταφέρουν θρεπτικές ουσίες και νερό.

Τα δακτυλιόπορα πλατύφυλλα φέρουν στο πρώιμο ξύλο μεγάλα αγγεία – που είναι γνωστά ως πόροι – τα οποία είναι εύκολα ορατά με γυμνό μάτι (Εικ. 12A) σε ορισμένα είδη, βλ. δρύες. Ωστόσο, στα πλατύφυλλα τα περισσότερα είδη ξύλου ανήκουν στα διασπορόπορα είδη (Εικ. 12B), δηλ. φέρουν μικρού μεγέθους πόρους (αγγεία) που διατάσσονται σε μία ομοιόμορφα διασπαρμένη διάταξη στην εγκάρσια τομή, η οποία είναι εύκολα διακριτή.

Στην εσωτερική επιφάνεια των μελών αγγείων σε ορισμένα πλατύφυλλα υπάρχουν σπειροειδείς παχύνσεις, οι οποίες έχουν διαγνωστική αξία για την αναγνώριση των ειδών αυτών. Τα μέλη αγγείων έχουν συνήθως αλωφόρα βοθρία, αν και μερικές φορές έχουν και απλά βοθρία.



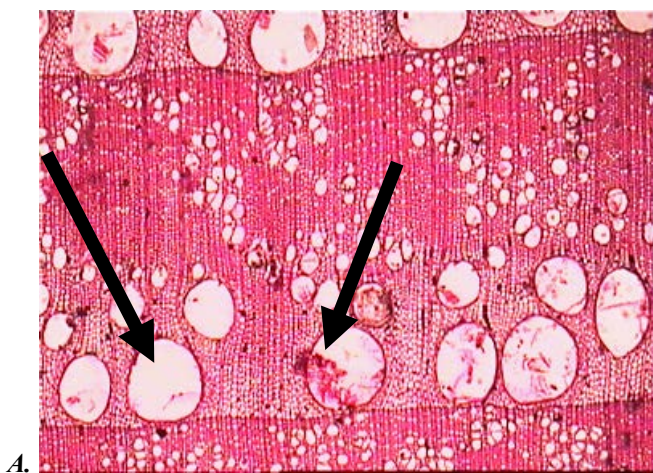


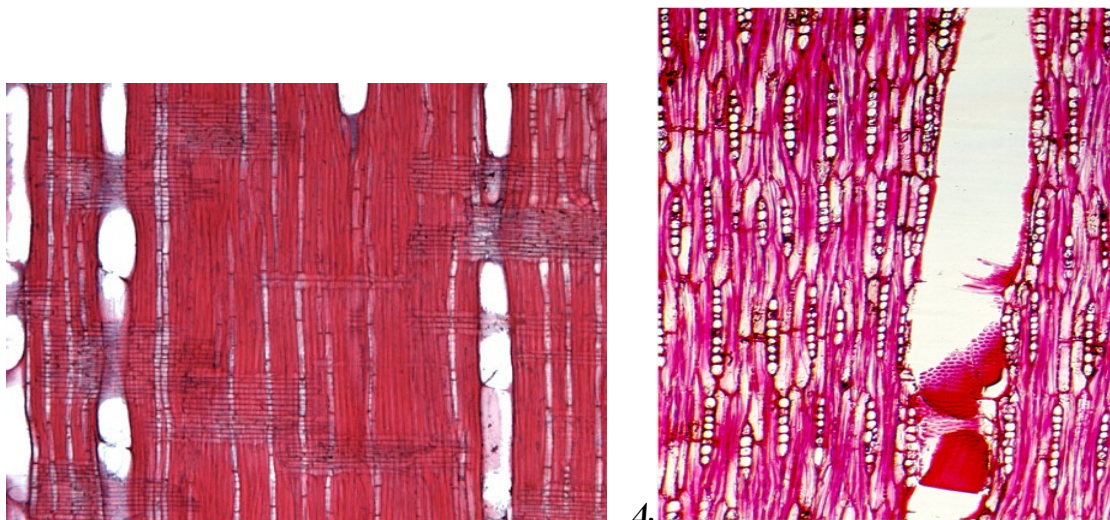


**ΕΙΚ. 11.** Μέλη αγγείων, (Α): με απλή διάτρηση άκρων, (Β): με κλιμακωτή διάτρηση άκρων, και (Γ): με πολλαπλή διάτρηση άκρων. (Δ): Τυλώσεις σε αγγεία, (Ε): Εμφάνιση πολλών τυλώσεων σε πρώιμο ξύλο λευκής δρυός (βέλη).

Όταν τα αγγεία παύουν να είναι αγωγά στοιχεία (κυρίως μετά τη μετατροπή του σομού ξύλου σε εγκάρδιο ξύλο), τότε τα αγγεία αποφράσσονται από διάφορες ουσίες των γειτονικών παρεγχυματικών κυττάρων (άμυλο, ρητίνες). Οι αποφράξεις αυτές λέγονται **τυλώσεις** (*tyloses*) και παρατηρούνται σε λίγα είδη ξύλου, λ.χ. ακακία, μουριά, λευκές δρυές (Εικ. 11Δ, 11Ε).

Η αναλογία των αγγείων στο ξύλο είναι σπουδαίο στοιχείο από πρακτικής άποψης, διότι επηρεάζει όλες τις ιδιότητές του. Αύξηση στην αναλογία των αγγείων μπορεί να οδηγήσει σε ελάττωση της πυκνότητας του ξύλου, εάν τα άλλα χαρακτηριστικά του ξύλου δεν διαφέρουν, διότι αυξάνει το πορώδες του ξύλου και ως εκ τούτου μπορεί να ελαττώσει τις μηχανικές ιδιότητες του ξύλου. Στα πλατύφυλλα, κατά τη διάρκεια του εμποτισμού κάτω από πίεση ή της πολτοποίησης, η διείσδυση του συντηρητικού ή του μέσου πολτοποίησης στο ξύλο λαμβάνει χώρα κυρίως διαμέσου των αγγείων.





**ΕΙΚ. 12.** (Α): Εγκάρσια τομή δακτυλιόπορου είδους, διακρίνονται μέλη αγγείων στο πρώιμο (ως πόροι-δακτύλιοι). (Β): Εγκάρσια εμφάνιση τυπικού διασπορόπορου, με πλήθος πολύ μικρών πόρων (αγγείων). (Γ): Ακτινική τομή πλατύφυλλου ξύλου (φαίνονται: μέλη αγγείων, ίνες, ακτίνες). (Δ): Εφαπτομενική τομή δακτυλιόπορου ξύλου (διακρίνονται: ένα μέλος αγγείου, μονόσειρες ακτίνες, ίνες).

## (2) Ίνες

Οι *ίνες* (*fibres*) είναι πολύ λεπτά κύτταρα, επιμήκη και με κλειστά άκρα. Μοιάζουν με τις αξονικές τραχειίδες του όψιμου ξύλου των κωνοφόρων (Εικ. 8-5). Οι ίνες αποτελούν το 50% και περισσότερο του ξύλου των πλατυφύλλων και συγκροτούν κυρίως *στερεωτικούς* ιστούς. Επιτελούν, συνεπώς, *στερεωτική* αποστολή. Οι διαστάσεις τους είναι: μήκος 1-2 mm και διάμετρος 0,001-0,005 mm. Φέρουν και απλά και αλωφόρα βοθρία.

Η αναλογία των ινών καθορίζει την αξία ενός είδους για πολλές τελικές χρήσεις. Για παράδειγμα, υψηλή αναλογία ινών στο ξύλο είναι απαραίτητη για καλές μηχανικές ιδιότητες του χαρτοπολλτού και του χαρτιού. Γενικά οι ίνες έχουν παχύτερα τοιχώματα από τα παρεγχυματικά κύτταρα και τα αγγεία. Η υψηλότερη αναλογία ινών καθορίζει και το βαθμό καταλληλότητας ενός είδους ξύλου για παραγωγή χαρτοπολλτού και ινοπλακών (*MDF, HDF*).

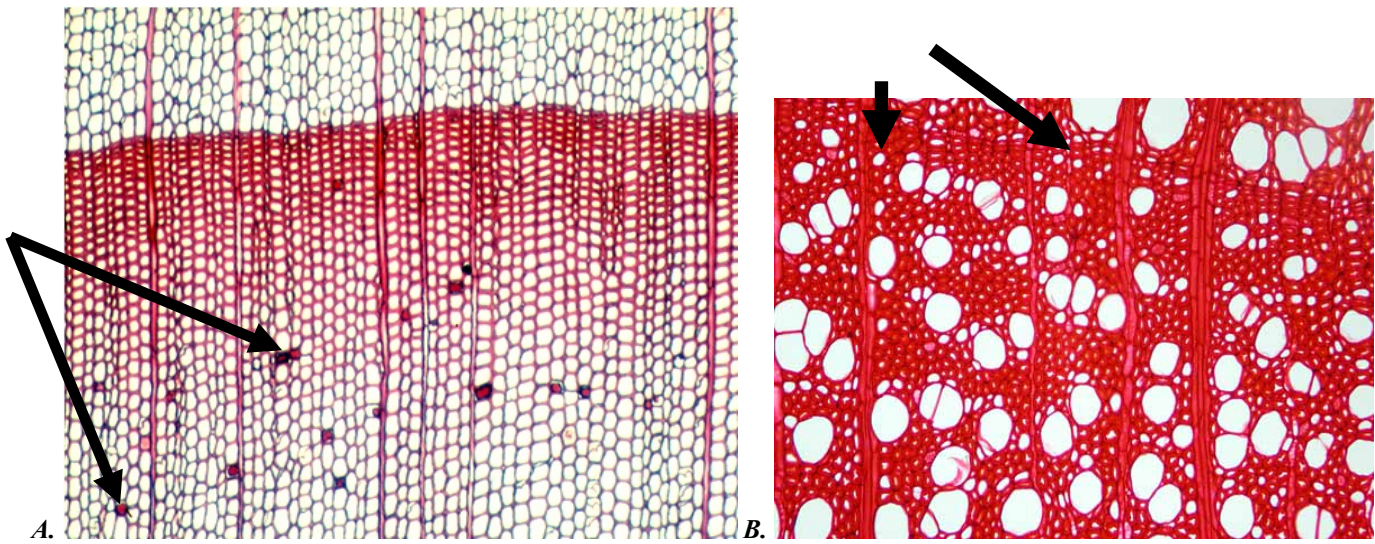
Το μήκος ίνας (*fibre length*) είναι ένα σπουδαίο χαρακτηριστικό του ξύλου που επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες του χαρτιού. Το στοιχείο αυτό αποτελεί καθοριστικό κριτήριο για τη χρησιμοποίηση ειδών ξύλου στην παραγωγή συγκεκριμένων τύπων χαρτιού. Για τους λόγους αυτούς είναι σημαντική η μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν το μήκος ινών, ειδικά στα πλατύφυλλα είδη (βλ. ξυλεία από *δασικές φυτείες -forest plantations-*) και η έρευνα για τις δυνατότητες γενετικής βελτίωσης του χαρακτηριστικού αυτού του ξύλου.

## (3) Παρεγχυματικά κύτταρα

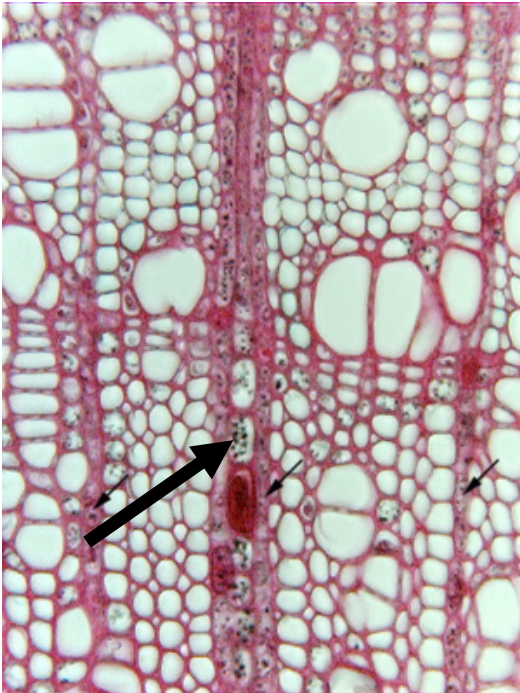
Τα γενικά χαρακτηριστικά τους είναι παρόμοια με αυτά που περιγράψαμε στα παρεγχυματικά κύτταρα των κωνοφόρων. Τα παρεγχυματικά κύτταρα δομούν το *παρέγχυμα*. Ο ρόλος του αξονικού παρεγχύματος είναι *αποθηκευτικός* (Εικ. 13B). Το αξονικό παρέγχυμα είναι άφθονο στα πλατύφυλλα και είτε βρίσκεται κοντά στα αγγεία (*παρατραχειακό παρέγχυμα*), είτε σε αρκετή απόσταση από αυτό (*αποτραχειακό παρέγχυμα*), βλ. Εικ. 13B. Ακριβείς λεπτομέρειες για τους τύπους αξονικού παρεγχύματος δίνονται στις Εικ. Π3.3 και Π3.4.

Το ακτινικό παρέγχυμα συγκροτεί κυρίως τις *ακτίνες* (Εικ. 14A, 14B). Στα πλατύφυλλα ξύλα εμφανίζονται όλων των ειδών οι ακτίνες (*μονόσειρες, δίσειρες, πολύσειρες*) (βλ. Εικ. 13B). Μπορεί ενίοτε να περιέχουν και κρυστάλλους (Εικ. 15B). Οι ακτίνες στα πλατύφυλλα αποτελούν το 5-20% της συνολικής ξυλώδους μάζας του δένδρου. Το αντίστοιχο ποσοστό στα κωνοφόρα είδη είναι περίπου 5-10%.



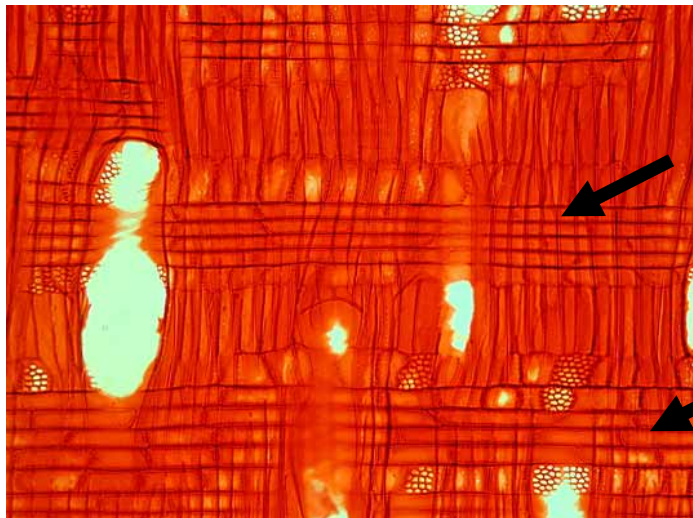


**ΕΙΚ. 13.** Παρεγχυματικά κύτταρα του ξύλου (αξονικό παρέγχυμα):  
 (Α): Αξονικά παρεγχυματικά κύτταρα σε καινοφόρο ξύλο (εγκάρσια τομή),  
 (Β): Αποτραχειακό αξονικό παρέγχυμα σε εγκάρσια τομή ξύλου οξιάς.



14.

**ΕΙΚ. 14.** Ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα σε ζωντανό δέντρο σημύδας (birch).

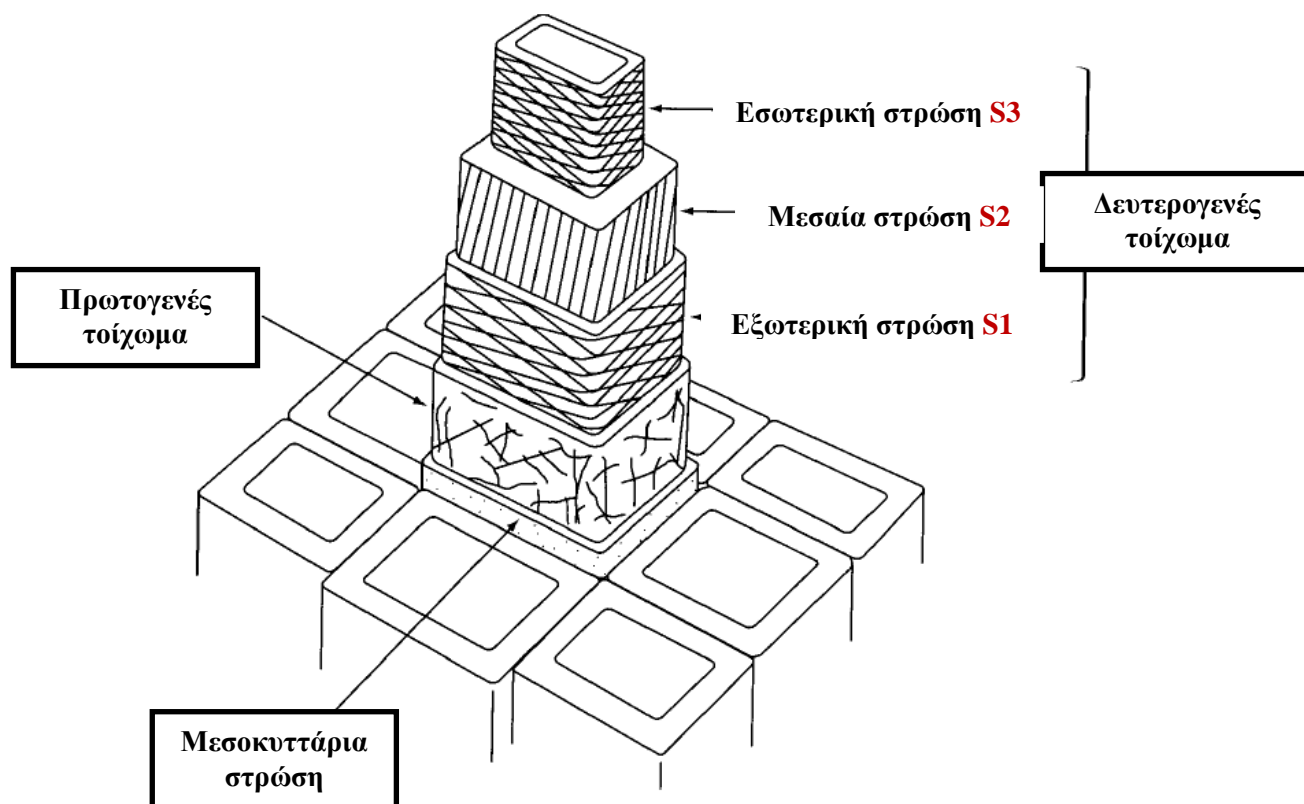


15.

**ΕΙΚ. 15.** Ακτινικά παρεγχυματικά κύτταρα όπως φαίνονται σε ακτινική τομή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΥΠΟΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΔΟΜΗ

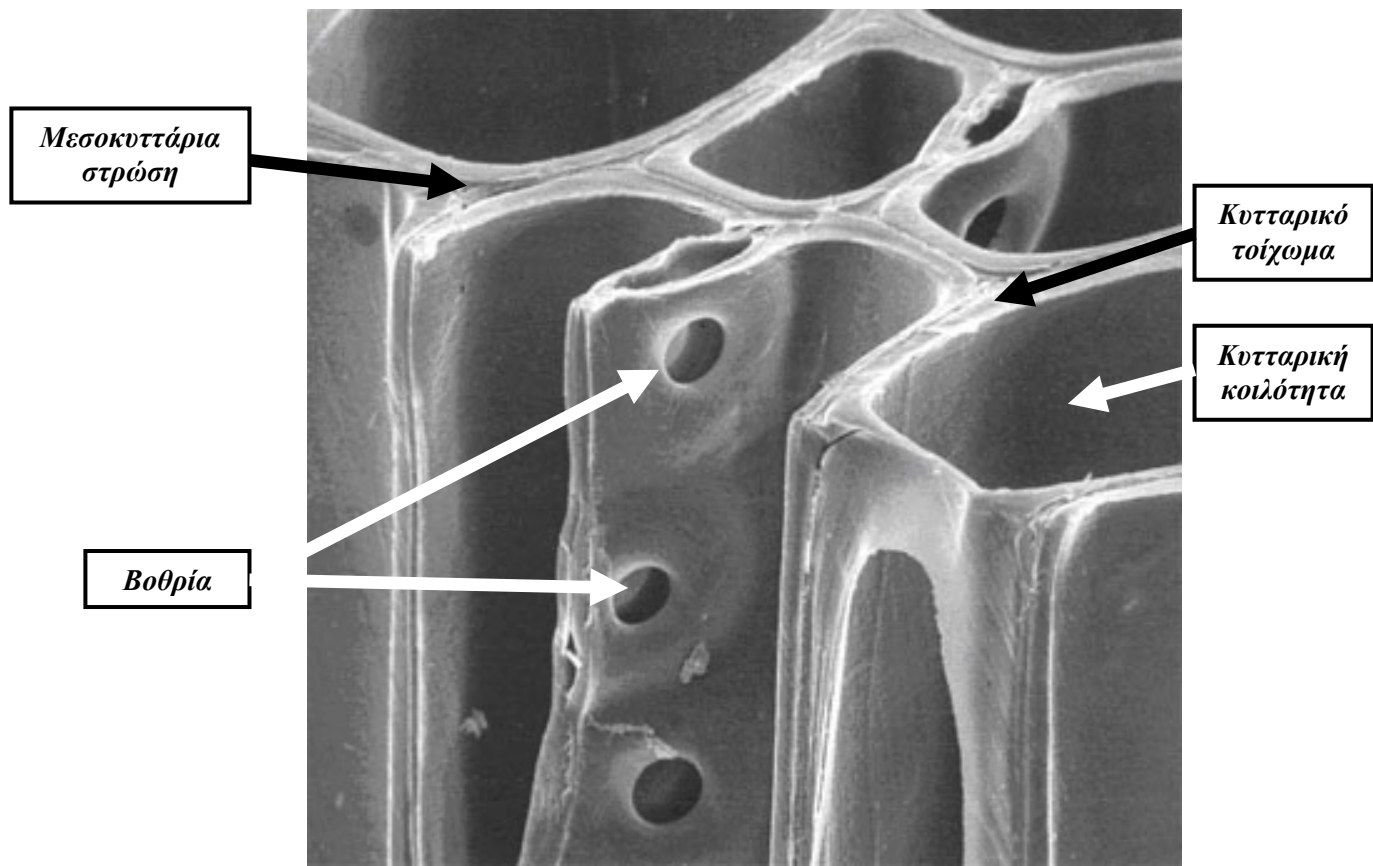
Όσα αναλύθηκαν στο Κεφ. 3 αφορούν τη μελέτη του ξύλου στο *απλό μικροσκόπιο*. Ωστόσο, το ξυλώδες κύτταρο δεν είναι η μικρότερη *δομική μονάδα* του ξύλου. Εμπειριστατωμένη μελέτη του ξύλου με πιο σύγχρονα μέσα, όπως π.χ. το ηλεκτρονικό και το πολωτικό μικροσκόπιο αποκαλύπτει ότι τα κυτταρικά τοιχώματα του ξύλου αποτελούνται από πολύ μικρότερες δομικές μονάδες σε μορφή κυλινδρικών νημάτων, διαμέτρου 100-300 Å (1 Å, μονάδα Angstrom:  $10^{-10}$  m). Οι δομικές αυτές μονάδες, τα *μικροϊνίδια* (*microfibrils*), βρίσκονται στο πρωτογενές και στο δευτερογενές τοίχωμα των ξυλωδών κυττάρων. Η διάταξη των μικροϊνιδίων στο *δευτερογενές τοίχωμα* του ξύλου (*secondary cell wall*) γίνεται σε τρεις στρώσεις: τις  $S_1$ ,  $S_2$ , και  $S_3$ , όπως απεικονίζονται στην Εικ. 16.



ΕΙΚ. 16. Αναλυτική γραφική παράσταση του δευτερογενούς τοιχώματος.

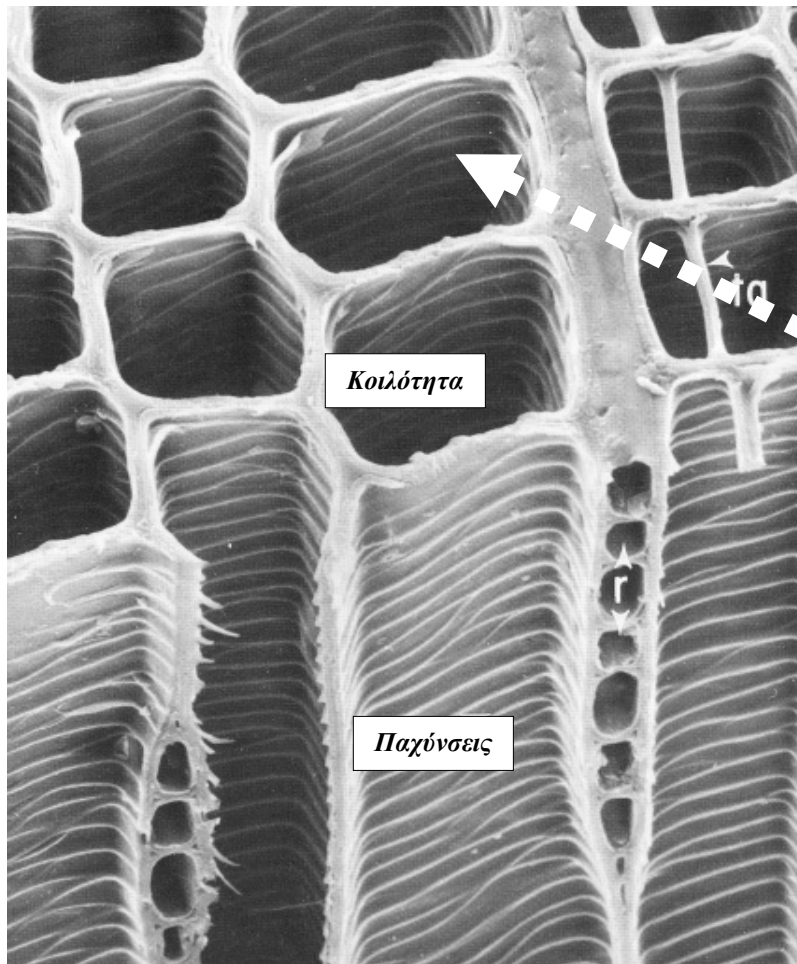
Στις στρώσεις  $S_1$  και  $S_3$ , τα μικροϊνίδια διατάσσονται *σχεδόν κάθετα* προς τον κατά μήκος άξονα του κυττάρου (Εικ. 16). Στη στρώση  $S_2$ , η διάταξη αυτών είναι περίπου *παράλληλη*. Η  $S_2$  στρώση αποτελεί περίπου το 70-80% του δευτερογενούς κυτταρικού τοιχώματος και συγκροτείται από 30-150 υποστρώσεις μικροϊνιδίων. Οι  $S_1$  και  $S_3$  στρώσεις είναι λεπτές και με αραιή διάταξη των μικροϊνιδίων, σε 1-6 υποστρώσεις. Η μεσοκυττάρια στρώση δεν παρουσιάζει μια συγκεκριμένη δομή.

Με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, σε ορισμένα είδη ξύλου διακρίνονται πάνω στη στρώση  $S_3$  *σπειροειδείς παχύνσεις* (*spiral thickenings*) που αποτελούνται από μικροϊνίδια (Εικ. 18Α). Επίσης, διακρίνεται μία άμορφη στρώση χωρίς μικροϊνίδια επάνω στην  $S_3$  ή επάνω στις σπειροειδείς παχύνσεις, η οποία έχει μορφή ογκωμάτων, όταν παρατηρείται από το εσωτερικό της κυτταρικής κοιλότητας. Η στρώση αυτή, γνωστή σαν *κοκκώδης στρώση*, είναι άγνωστης χημικής σύστασης και έχει διαγνωστική σημασία για ορισμένα είδη ξύλου, όπως λ.χ. για τον κέδρο και την οξιά. Επίσης, το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται από *αλυσίδες κυτταρίνης* (*cellulose chains*) που διασταυρώνονται και πλέκονται μεταξύ τους (Εικ. 18Β).

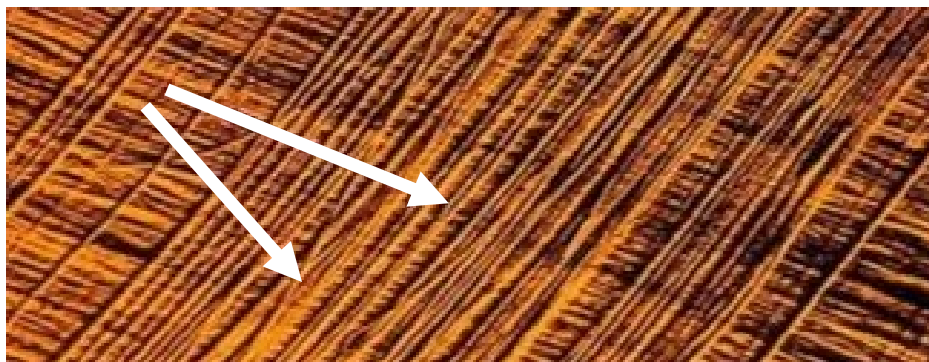


*ΕΙΚ. 17. Κυτταρικό τοίχωμα ξυλώδους κυττάρου στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.*



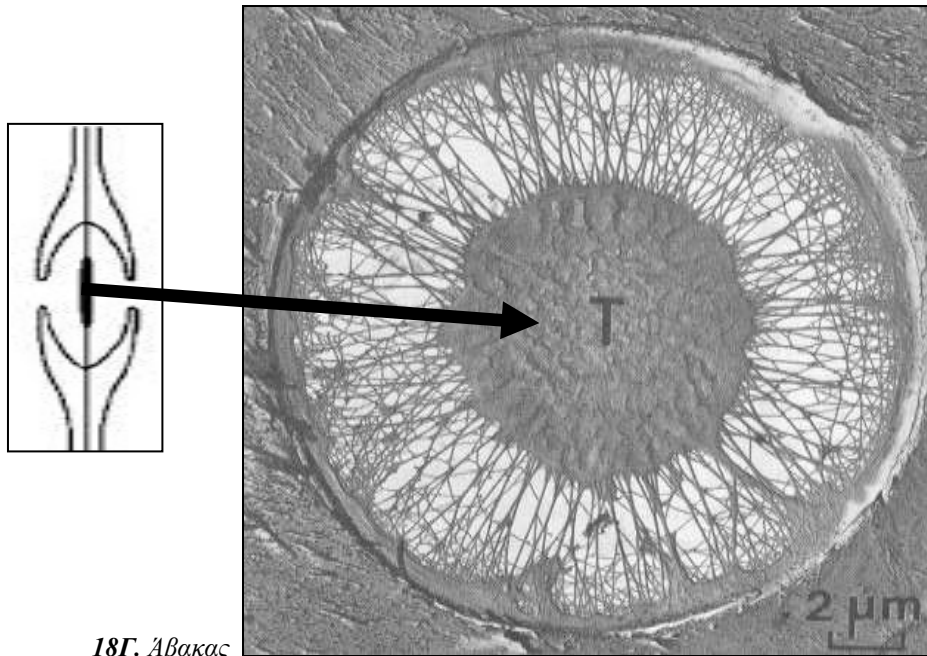


**18A.** Τραχεΐδες με σπειροειδείς παχύνσεις σε ξύλο ψευδοτσούγκας (*Pseudotsuga menz.*)



**18B.** Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Διακρίνονται αλυσίδες κυτταρίνης που διακλαδώνονται μεταξύ τους.





**18Γ. Άβακας**

**ΕΙΚ. 18.** Δομή κυτταρικού τοιχώματος στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο: (A): Μέλη αγγείων, διακρίνονται καθαρά σπειροειδείς παχύνσεις. (B): Υπομικροσκοπική εμφάνιση του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος. (Γ): Μembrάνη αλωφόρου βοθρίου σε κωνοφόρο είδος (T: άβακας).

Η κοκκώδης στρώση όπως και η μεσοκυττάρια στρώση δεξ έχουν μικροϊνίδια. Μικροϊνίδια δημιουργούνται και στις τυλώσεις. Η διάταξη των στρώσεων των μικροϊνιδίων διατηρείται και στα τοιχώματα των βοθρίων. Παρατήρηση με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο δείχνει ότι η μεμβράνη μοιάζει με τροχό ποδηλάτου και ο άβακας (*torus*) φαίνεται να συγκροτείται από μικροϊνίδια και δέσμες μικροϊνιδίων (βλ. Εικ. 18Γ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Το ξύλο (*wood*) ως προϊόν βιολογικών διεργασιών είναι ένα σύνθετο και *ετερογενές υλικό* που αποτελείται από συστατικά τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους στη χημική σύσταση. Το ξύλο αποτελείται από άνθρακα 48-51%, οξυγόνο 43-45%, υδρογόνο 5-7%, άζωτο 0,1-0,3% και ανόργανες ουσίες 0,2-0,6%. Η περιεκτικότητα του ξύλου σε άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο ελάχιστες διαφορές παρουσιάζει στο ξύλο των διαφόρων δασικών ειδών. Αντίθετα, σημαντικές διαφορές υπάρχουν για το άζωτο και τις ανόργανες ουσίες. Η περιεκτικότητα ορισμένων τροπικών ξύλων σε *ανόργανα συστατικά* (*ash*) μπορεί να φτάσει και το 8-10%.

Τα χημικά συστατικά του ξύλου είναι τα ακόλουθα:

- **Υδρογονάνθρακες:** Στην κατηγορία αυτή (*πολυσακχαρίτες*) ανήκουν η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες, το άμυλο και οι πηκτινικές ουσίες. Το συνολικό ποσοστό του ξύλου σε πολυσακχαρίτες είναι 65-75%. Ειδικότερα, η κυτταρίνη απαντάται σε ποσοστό 40-50% σε κωνοφόρα και πλατύφυλλα, οι ημικυτταρίνες σε ποσοστό περίπου 20% στα κωνοφόρα και 15- 35% στα πλατύφυλλα.
- **Φαινολικές ουσίες:** Στην κατηγορία αυτή ανήκει η λιγνίνη, η οποία απαντάται σε ποσοστό 25-35% στα κωνοφόρα και 17-25% στα πλατύφυλλα, καθώς και οι ταννίνες και τα στυλβένια (κατηγορίες εκχυλισμάτων).
- **Τερπένια:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το κολοφάνιο, το τερεβινθέλαιο και τα ρητινικά οξέα.
- **Οξέα:** Στο ξύλο βρίσκονται κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα, κυρίως σε μορφή εστέρων με γλυκερίνη (λίπη, έλαια) ή με πολυαλκοόλες (κηροί). Από τα μη λιπαρά οξέα, σε σχετικά μεγάλη αναλογία (1-5%) υπάρχει στο ξύλο το οξικό οξύ (ενωμένο κυρίως με τις ημικυτταρίνες) και άλλα μονοβασικά και υδροξυβασικά οξέα.
- **Αλκοόλες:** Στην κατηγορία αυτή υπάγονται αλιφατικές αλκοόλες και αρωματικές αλκοόλες, κυρίως στερόλες.
- **Πρωτεΐνες:** Απαντώνται στο κάμβιο και τα παρεγγυματικά κύτταρα, σε ποσοστό συνήθως μικρότερο του 1%.
- **Ανόργανες ουσίες:** Το σύνολο των ανόργανων ενώσεων ονομάζεται *τέφρα* και απομένει ως υπόλειμμα μετά από την πλήρη καύση του ξύλου. Απαντάται σε ποσοστό 0,1 έως 0,5% για δασικά είδη της εύκρατης ζώνης και μέχρι 8% για είδη της τροπικής ζώνης. Η τέφρα του ξύλου περιέχει κυρίως ασβέστιο (Ca), κάλιο (K), μαγνήσιο (Mg), καθώς και νάτριο (Na), μαγγάνιο (Mn), πυρίτιο (Si), κ.ά.

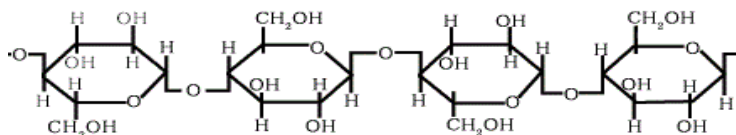
Για τη μελέτη των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων των συστατικών του ξύλου πρέπει να γίνει πρώτα διαχωρισμός των συστατικών αυτών. Για το σκοπό αυτό γίνονται πολύπλοκες χημικές αναλύσεις σε κατάλληλα προετοιμασμένα δείγματα ξύλου (βλ. *χημική τεχνολογία*).

Τα *δομικά συστατικά* του ξύλου, τα συστατικά δηλαδή που συγκροτούν τη δομή του είναι η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και η λιγνίνη, και εξετάζονται παρακάτω:

### Κυτταρίνη

*Κυτταρίνη* είναι η σπουδαιότερη και αφθονότερη οργανική ουσία που υπάρχει στην επιφάνεια του πλανήτη. Απαντάται παντού σε μεγάλες ποσότητες και αποτελεί το σπουδαιότερο συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων του ξύλου. Βρίσκεται στο ξύλο σε ποσοστό 40-45%, ενώ στο βαμβάκι 95-99% (καθαρότερη μορφή κυτταρίνης). Η κυτταρίνη (*cellulose*) είναι πολυσακχαρίτης μακρομοριακής δομής, της οποίας η στοιχειώδης μονάδα δόμησης των μακρομορίων της είναι το μονοσάκχαρο *γλυκόζη*. Η κυτταρίνη διακρίνεται σε κρυσταλλική κυτταρίνη (που σχηματίζει κρυστάλλους) (*crystalline cellulose*) και άμορφη κυτταρίνη (*amorphous cellulose*).

Ο εμπειρικός τύπος της κυτταρίνης είναι  $(C_6H_{10}O_5)_n$  και προκύπτει από το μόριο της *γλυκόζης* ( $C_6H_{12}O_6$ ) με την αφαίρεση ενός μορίου νερού. Η γλυκόζη είναι μονοσάκχαρο που σχηματίζεται από το  $CO_2$  της ατμόσφαιρας με φωτοσύνθεση. Ο βαθμός πολυμερισμού της κυτταρίνης στο ξύλο εκτιμάται ότι είναι περίπου 8.000.

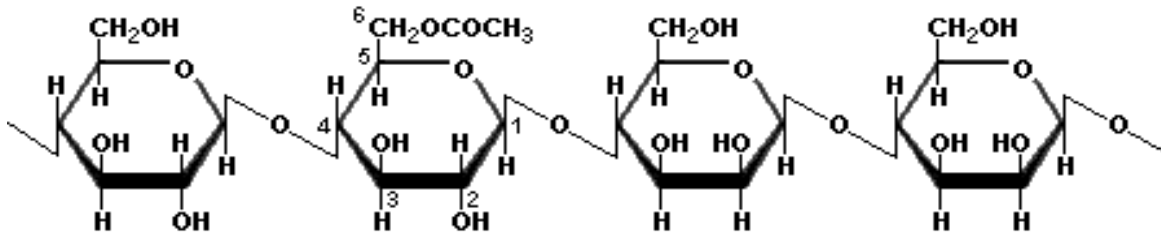


ΕΙΚ. 19α. Μοριακή δομή της κυτταρίνης.

## Ημικυτταρίνες

Οι ημικυτταρίνες διαφέρουν από την κυτταρίνη στο ότι: (α) είναι άμορφες, (β) έχουν μικρότερο βαθμό πολυμερισμού (περίπου: 150-200), (γ) διαλύονται σε αλκαλικά διαλύματα και (δ) υδρολύονται πολύ εύκολα με αραιά διαλύματα οξέων. Οι ημικυτταρίνες απαντώνται στη φύση πάντοτε μαζί με την κυτταρίνη, και ίσως και τη λιγνίνη. Ο όρος ημικυτταρίνες είναι συλλογικός και αναφέρεται σε μίγμα πολυσακχαριτών που έχουν ως βάση τα μονοσάκχαρα της γλυκόζης, της μαννόζης και της ξυλόζης, και σε μικρότερη αναλογία της γαλακτόζης, αραβινόζης και ραμνόζης, κ.α. Οι δύο (2) κύριες κατηγορίες τους είναι: οι *γλυκομαννάνες* και οι *ξυλάνες*.

Οι ημικυτταρίνες (*hemicelluloses*) είναι οι πλέον υδρόφιλες ουσίες του ξύλου. Ο διαχωρισμός τους από την κυτταρίνη βασίζεται στο ότι διαλύονται σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 17,5%, ενώ η κυτταρίνη παραμένει αδιάλυτη.



ΕΙΚ. 19β. Μοριακή δομή των ημικυτταρινών (δομή της γλυκομαννάνης).

## Λιγνίνη

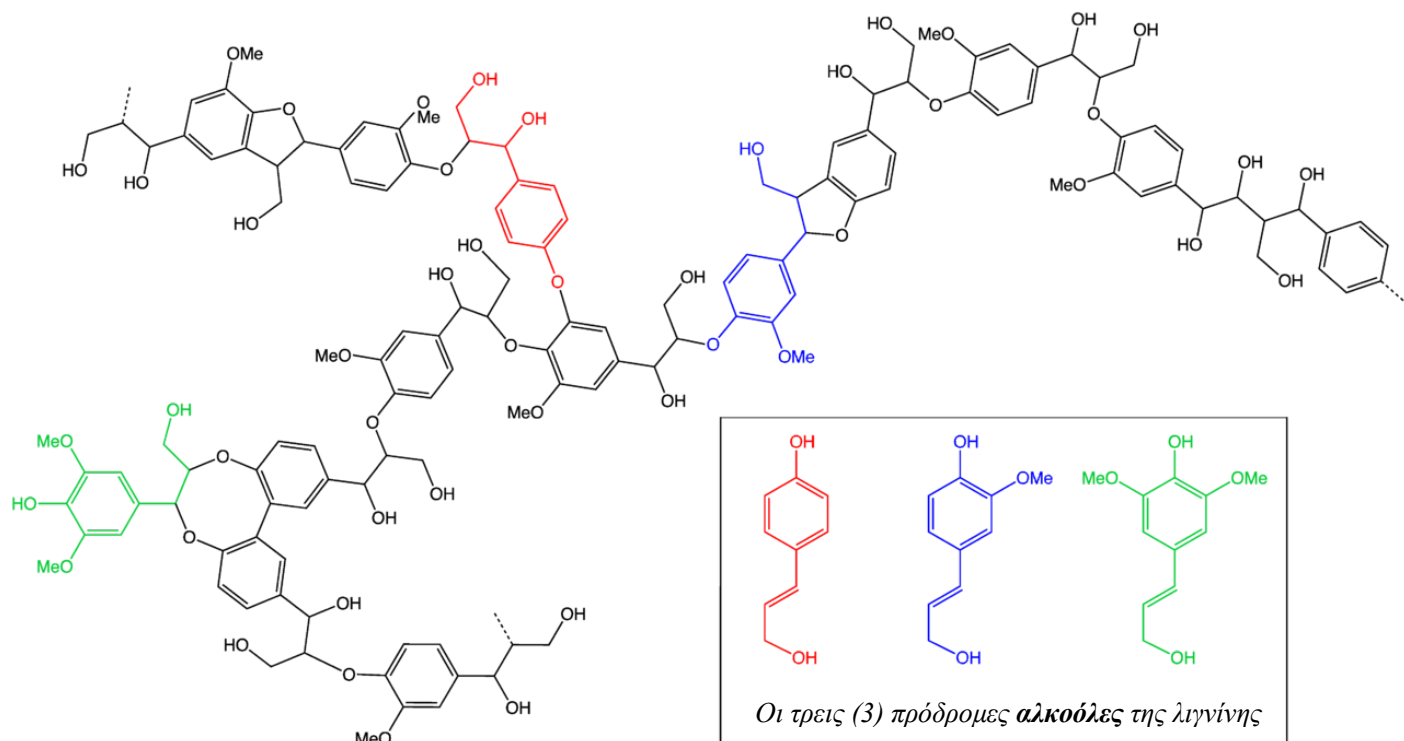
Η *λιγνίνη* είναι ουσία αρωματικής φύσης της οποίας η ακριβής δομή δεν είναι ακόμα γνωστή. Είναι το συστατικό που διακρίνει το ξύλο από τις άλλες κυτταρινικές ουσίες που παράγονται από τη φύση. Η λιγνίνη βρίσκεται πάντοτε μαζί με την κυτταρίνη, ενώ η κυτταρίνη εμφανίζεται και χωρίς τη λιγνίνη, όπως λ.χ. στο βαμβάκι.

Η λιγνίνη (*lignin*) στο ξύλο παίζει το ρόλο της συγκολλητικής ουσίας, είναι η πλέον υδρόφοβη ουσία του και είναι πολύ ανθεκτική. Το ποσοστό της λιγνίνης στο ξύλο ποικίλει από 17-35%. Ο βιολογικός προορισμός της είναι η ενίσχυση της μηχανικής αντοχής των κυτταρικών τοιχωμάτων. Έτσι, τα λιγνοποιημένα κύτταρα μπορούν να παραλληλισθούν με τα πλαστικά που είναι ενισχυμένα με ίνες γυαλιού ή με το μπετόν που περιβάλλει το σκελετό του χάλυβα. Η λιγνίνη συγκεντρώνεται κυρίως στη μεσοκυττάρια στρώση, συγκρατεί τα μικροϊνίδια και βελτιώνει την αντοχή τους σε θλίψη. Η απόθεση της λιγνίνης (*λιγνοποίηση*) συμπληρώνεται μέχρι την πλήρη ανάπτυξη των κυττάρων.

Η λιγνίνη είναι αδιάλυτη στους γνωστούς διαλύτες και δεν υδρολύεται. Οι ιδιότητες αυτές της λιγνίνης εξηγούν γιατί δεν είναι ακόμη γνωστή η ακριβής δομή της.

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχουν χημικοί δεσμοί μεταξύ της λιγνίνης και των πολυσακχαριτών του ξύλου (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες). Το μεγαλύτερο ποσοστό της λιγνίνης βρίσκεται στη μεσοκυττάρια στρώση και το ποσοστό της μειώνεται προοδευτικά προς την κυτταρική κοιλότητα.

Η λιγνίνη στερείται κρυσταλλικότητας, είναι δηλαδή *άμορφο* πολυμερές. Τα μοριακά βάρη της λιγνίνης είναι πολύ μεγάλα (100.000-200.000). Η λιγνίνη είναι πολύ λιγότερο υδρόφιλη από ότι οι πολυσακχαρίτες του ξύλου. Αυτό οφείλεται τόσο στο μικρότερο αριθμό υδροξυλίων (-OH) που περιέχει, όσο και στο ίδιο *φαινολικό* χαρακτήρα της.



**ΕΙΚ. 19γ.** Πιθανή μακρομοριακή δομή της λιγνίνης του ξύλου (βλ. lignin model).

## Εκχυλίσματα

Εκτός από τις παραπάνω οργανικές ουσίες που συγκροτούν τη δομή του ξύλου (δομικά συστατικά), οι ιστοί του ξύλου περιέχουν και χημικές ουσίες (Εικ. 19δ) που **δεν** συμμετέχουν στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων (μη δομικά συστατικά) και συνήθως εκχυλίζονται από το ξύλο με νερό και ουδέτερους διαλύτες και ονομάζονται **εκχυλίσματα**. Τα εκχυλίσματα (*extractives*) αποτίθενται στους κενούς χώρους και τις κυτταρικές κοιλότητες.

Το ποσοστό των εκχυλισμάτων σε είδη ξύλου της εύκρατης ζώνης είναι μικρό, π.χ. 1-5%, και είναι αυξημένο στις ρίζες και στους τραυματικούς ιστούς. Αντίθετα, το ποσοστό των εκχυλισμάτων σε ξύλο ορισμένων τροπικών ειδών μπορεί να φθάσει μέχρι και 20-25%.

Τα σπουδαιότερα εκχυλίσματα είναι τα ακόλουθα: *τερεβινθέλαιο* (κν. νέφτι), *αιθέρια έλαια* (π.χ. καμφορά), *ρητινικά οξέα* (συστατικά του ρετσινιού των κωνοφόρων), *ταννίνες* (δεσφικές ουσίες, βλ. επεξεργασία δερμάτων), *λιπαρά οξέα*, *πρωτεΐνες* (αζωτούχες ενώσεις) και άλλες ενώσεις. Η χημεία των εκχυλισμάτων είναι πολύ περίπλοκη και αποτελεί αντικείμενο ειδικής έρευνας και ανάλυσης (*ενόργανη αναλυτική χημεία, οργανική χημεία, συνθετική χημεία*).

## Κατανομή χημικών συστατικών στα κυτταρικά τοιχώματα

Για τη μελέτη της σύστασης των κυτταρικών τοιχωμάτων και της κατανομής των χημικών συστατικών στα κυτταρικά τοιχώματα, χρησιμοποιούνται μέθοδοι χημικής ανάλυσης του ξύλου μετά από κονιορτοποίησή του και απομάκρυνση των εκχυλισμάτων. Επίσης, χρησιμοποιούνται και σύγχρονες μέθοδοι με χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, χρωματογραφίας, κ.α.

Η μελέτη της χημικής σύστασης των κυτταρικών τοιχωμάτων δεν έχει ολοκληρωθεί. Η *σύνθετη μεσοκυττάρια στρώση* (μεσοκυττάρια στρώση + πρωτογενές τοίχωμα) περιέχει λιγνίνη 70-80%, καθώς και πηκτικτικές ουσίες. Συγκεκριμένα, η μεσοκυττάρια στρώση αποτελείται κυρίως από λιγνίνη και ημικυτταρίνες, χωρίς καθόλου κυτταρίνη. Στο πρωτογενές τοίχωμα των κυτταρικών τοιχωμάτων, ενώ στα αρχικά στάδια εξέλιξης του υπάρχει μόνο κυτταρίνη, στο στάδιο



λιγνοποίησης αποθέτονται σημαντικά ποσά λιγνίνης. Στο πρωτογενές τοίχωμα απαντώνται επίσης και ημικυτταρίνες. Στο δευτερογενές τοίχωμα, η λιγνίνη φθάνει το 15-20% και είναι συγκεντρωμένη μεταξύ των μικροϊνιδίων. Στο δευτερογενές τοίχωμα συγκεντρώνεται κυρίως η κυτταρίνη και σημαντικό ποσοστό ημικυτταρινών.

Μελέτη της κατανομής κυτταρίνης και ημικυτταρινών στα κυτταρικά τοιχώματα κυττάρων δασικής πεύκης, ερυθρελάτης και σημύδας, έδειξε ότι στη σύνθετη μεσοκυττάρια στρώση η κυτταρίνη κατέχει το 40%, και οι ημικυτταρίνες το 60%, ενώ στο δευτερογενές τοίχωμα η κατανομή είναι αντίστροφη.

### **Επίδραση των χημικών συστατικών στις ιδιότητες του ξύλου**

Η χημική σύσταση του ξύλου και η κατανομή των χημικών συστατικών στα κυτταρικά τοιχώματα έχουν μεγάλη επίδραση στις ιδιότητες του ξύλου και ασκούν σημαντικό ρόλο στις τελικές χρήσεις του.

Η κυτταρίνη είναι το χημικό συστατικό του ξύλου που το καθιστά κατάλληλο για παραγωγή χαρτιού και εκατοντάδων άλλων προϊόντων. Στην κυτταρίνη οφείλεται η μεγάλη αντοχή του ξύλου σε εφελκυσμό παράλληλα προς τον κατά μήκος άξονα του κορμού. Αυτό εξηγείται από τη διάταξη των μικροϊνιδίων και των αλυσίδων μορίων κυτταρίνης παράλληλα προς τον άξονα του κυττάρου - και του κορμού κατ' επέκταση - στη στρώση  $S_2$  του δευτερογενούς τοιχώματος.

Η υψηλή αντοχή του ξύλου σε θλίψη, καθώς και η ελαστικότητά του, οφείλονται στην ύπαρξη των ημικυτταρινών και της λιγνίνης στη μεσοκυττάρια στρώση. Τα συστατικά αυτά είναι εκείνα που συνδέουν τα ξυλώδη κύτταρα μεταξύ τους.

Η ιδιότητα του ξύλου να προσλαμβάνει υδρατμούς από την ατμόσφαιρα (υγροσκοπικότητα) οφείλεται στα *ελεύθερα υδροξύλια* ( $\text{OH}^-$ ) των μορίων κυρίως των ημικυτταρινών, και επίσης της *άμορφης κυτταρίνης* που είναι πολύ ευάλωτη στην υγρασία.

Το ξύλο έχει επίσης την ιδιότητα να ρικνώνεται ή να διογκώνεται, αντίστοιχα, κατά την απώλεια ή την πρόσληψη υγρασίας από την ατμόσφαιρα. Σε ξύλο με κανονική δομή (π.χ. πεύκο), η αξονική ρίκνωση είναι 0,4%, η ακτινική 4,5% και η εφαπτομενική 8%. Η διαφορά αυτή οφείλεται στη σχεδόν αξονική διάταξη των μικροϊνιδίων στη στρώση  $S_2$ . Η διάταξη των μικροϊνιδίων στην  $S_1$  και  $S_3$  που είναι σχεδόν κάθετη προς τον άξονα του κυττάρου περιορίζει την ακτινική και εφαπτομενική ρίκνωση και διόγκωση (βλ. Εικ. 16).

Τα εκχυλίσματα, τέλος, επηρεάζουν το χρώμα, την οσμή και την ανθεκτικότητα του ξύλου σε προσβολές από βακτήρια, μύκητες και έντομα. Σε μικρότερο βαθμό επηρεάζουν την υγροσκοπικότητα και την ευφλεκτικότητα του ξύλου. Αρνητικά επηρεάζουν την παραγωγή χαρτοπολτού από το ξύλο, ειδικά για τα είδη κωνοφόρων που περιέχουν πολλή ρητίνη (κν. *ρετσίνι*) κάτι που δεν είναι επιθυμητό και δυσχεραίνει την όλη θερμοχημική διαδικασία πολτοποίησης του ξύλου (*chemical pulping*).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣ

Κάθε απόκλιση από την κανονική δομή του ξύλου, η οποία ταυτόχρονα υποβαθμίζει και την αξία χρήσης του θεωρείται ως *σφάλμα δομής* του ξύλου (*wood defect*).

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα σπουδαιότερα σφάλματα δομής του ξύλου:

### Ξύλο ακανόνιστης δομής

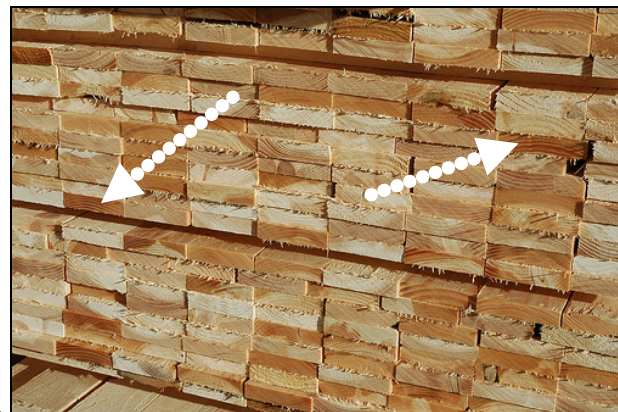
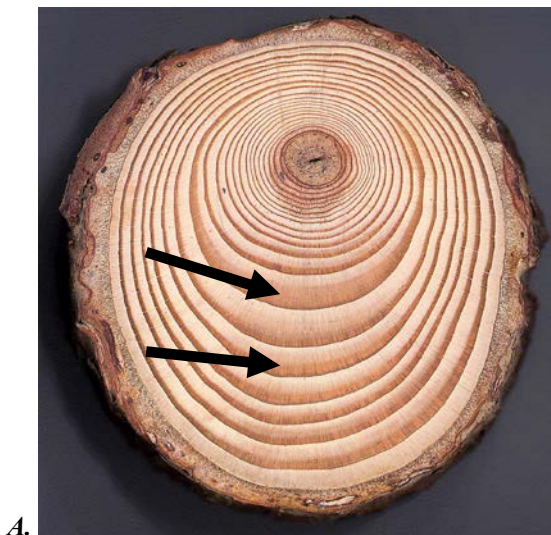
Το *θλιψιγενές ξύλο* και το *εφελκυσμογενές ξύλο* είναι τύποι ξύλου *ακανόνιστης δομής* (*reaction wood*) που δημιουργείται στον κορμό, όταν αυτός αποκλίνει από την τυπική κατακόρυφη θέση, καθώς και στα κλαδιά. Ονομάζεται επίσης και ξύλο *μη τυπικής δομής*.

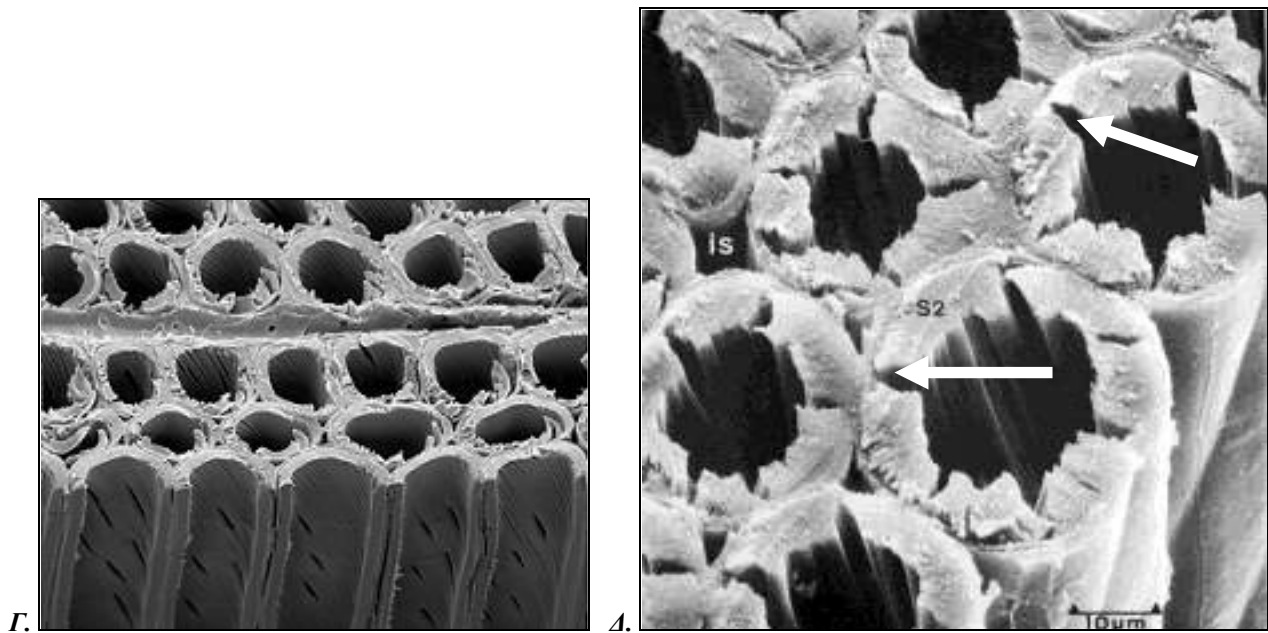
Συνήθως το θλιψιγενές ξύλο δημιουργείται στα κωνοφόρα (Εικ. 20Α, 20Β), ενώ το εφελκυσμογενές στα πλατύφυλλα (Εικ. 22). Οι όροι που δόθηκαν οφείλονται στην παρατήρηση ότι το θλιψιγενές ξύλο παρουσιάζεται συνήθως στην κοίλη πλευρά του υπό κλίση κορμού ή κλαδιού, όπου αναπτύσσονται τάσεις θλίψης. Το εφελκυσμογενές ξύλο παρουσιάζεται συνήθως στην κυρτή πλευρά του υπό κλίση κορμού ή κλαδιού, όπου αναπτύσσονται τάσεις εφελκυσμού.

Τα αίτια που δημιουργούν το θλιψιγενές και εφελκυσμογενές ξύλο δεν είναι ακριβώς γνωστά.

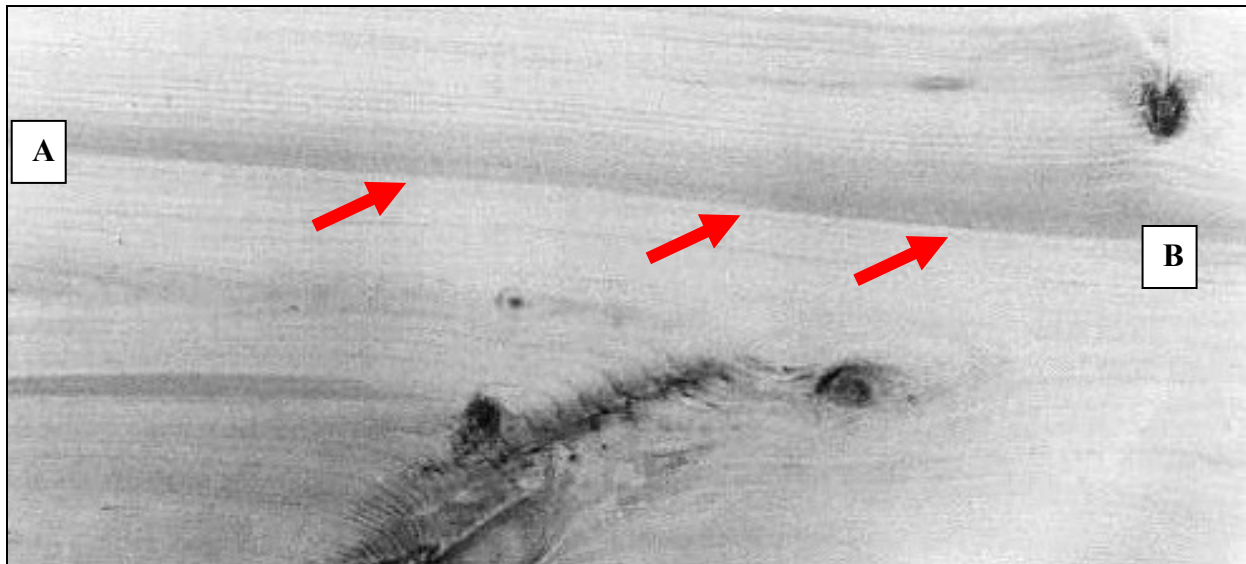
Το *θλιψιγενές ξύλο* (*compression wood*) παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά σε σύγκριση με το ξύλο τυπικής δομής:

- ✚ Είναι ερυθρό, δηλ. είναι σκοτεινότερο του ξύλου που το περιβάλλει (Εικ. 20Α).
- ✚ Έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και μικρότερη μηχανική αντοχή.
- ✚ Είναι πιθανό να προκαλέσει απότομη θραύση του πριστού ξύλου σε κατασκευές υπό φόρτιση (βλ. Εικ. 21).
- ✚ Η κατά μήκος ρίκνωση είναι πολύ μεγαλύτερη και μπορεί να φθάσει το 10% σε σχέση με το κανονικό ξύλο που έχει 0,1-0,6%.
- ✚ Οι τραχειίδες του θλιψιγενούς ξύλου είναι μικρότερου μήκους των κανονικών και τα τοιχώματά τους είναι πολύ μεγάλου πάχους και φέρουν ραγαδώσεις (βλ. Εικ. 20Δ).
- ✚ Έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιγνίνη και μικρότερη σε κυτταρίνη (μόνο 30%).





**EIK. 20.** Θλιψιγενές ξύλο (*compression wood*) σε κωνοφόρα είδη:  
 (A): Μακροσκοπική εμφάνιση θλιψιγενούς ξύλου σε ελάτη (έντονα ερυθρό- βέλη).  
 (B): Εμφάνιση στρώμας ερυθρελάτης (με κοκκινωπό χρώμα - θλιψιγενές ξύλο).  
 (C): Τυπική μικροσκοπική εμφάνιση κυτταρικών τοιχωμάτων σε θλιψιγενές ξύλο.  
 (D): Τραχειίδες θλιψιγενούς ξύλου σε είδος πεύκης, χωρίς στρώση S3 (βλ. ρήξεις).



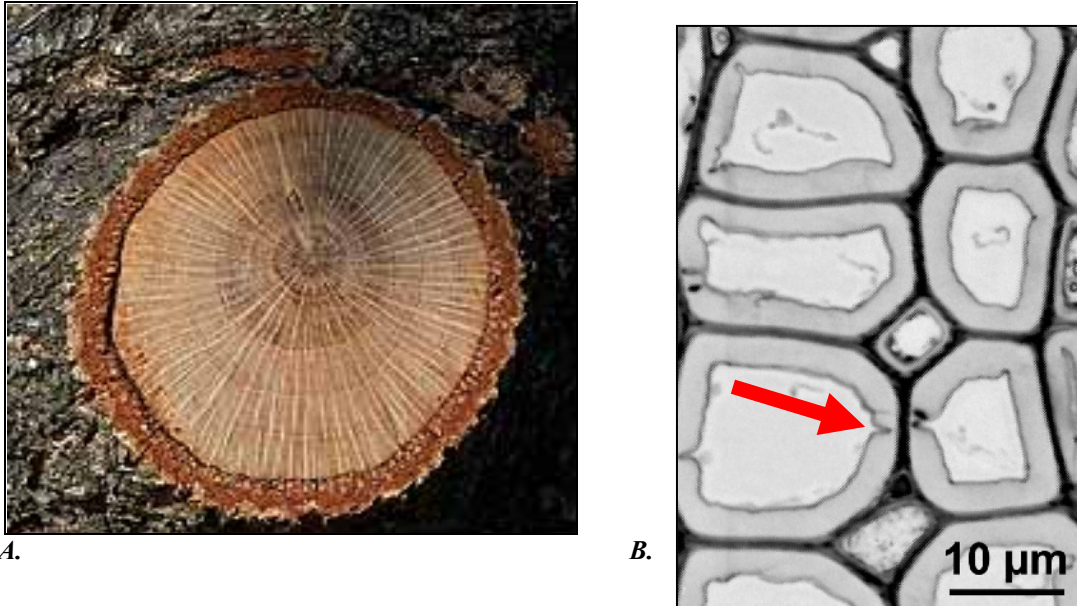
**EIK. 21.** Θλιψιγενές ξύλο σε πριστό πεύκης (βλ. γραμμή A-B).

Το εφελκυσμογενές ξύλο (*tension wood*) έχει τα εξής χαρακτηριστικά σε σχέση με το κανονικό ξύλο:

- Έχει χρώμα ανοικτότερο του ξύλου που το περιβάλλει και δίνει την εντύπωση στυλβωμένης επιφάνειας.
- Έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, ενώ η μηχανική αντοχή του είναι άλλοτε μικρότερη και άλλοτε μεγαλύτερη του κανονικού ξύλου.
- Η κατεργασία του με μηχανήματα και η είσοδος καρφιών είναι δύσκολη, ενώ η εμφάνιση της πριστής επιφάνειας είναι τραχιά.

- Η κατά μήκος ρίκνωση είναι μεγαλύτερη του κανονικού και φθάνει μέχρι 1,5%.
- Οι ίνες του είναι σε μεγαλύτερη ποσοτική αναλογία, τα τοιχώματά του είναι παχύτερα και εμφανίζουν στη στρώση S<sub>2</sub> του δευτερογενούς τοιχώματος, μία ζελατινώδη στρώση G (*gelatinous fibres*)
- Εμφανίζεται στην πλευρά, όπου οι αυξητικοί δακτύλιοι είναι πλατύτεροι, ενώ πάντοτε η εντεριώνη παρουσιάζει έκκεντρη θέση.
- Έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κυτταρίνη (περίπου 55-60%).

Οι παραπάνω λόγοι αποδεικνύουν πόσο σοβαρά *σφάλματα δομής* είναι το θλιψιγενές ξύλο και το εφελκυσμογενές ξύλο. Κατασκευές από τέτοιο ξύλο είναι επικίνδυνες από άποψη αντοχής και εμφανίζουν τάσεις *στρεβλώσεων* και *ραγαδώσεων* (Εικ. 21).



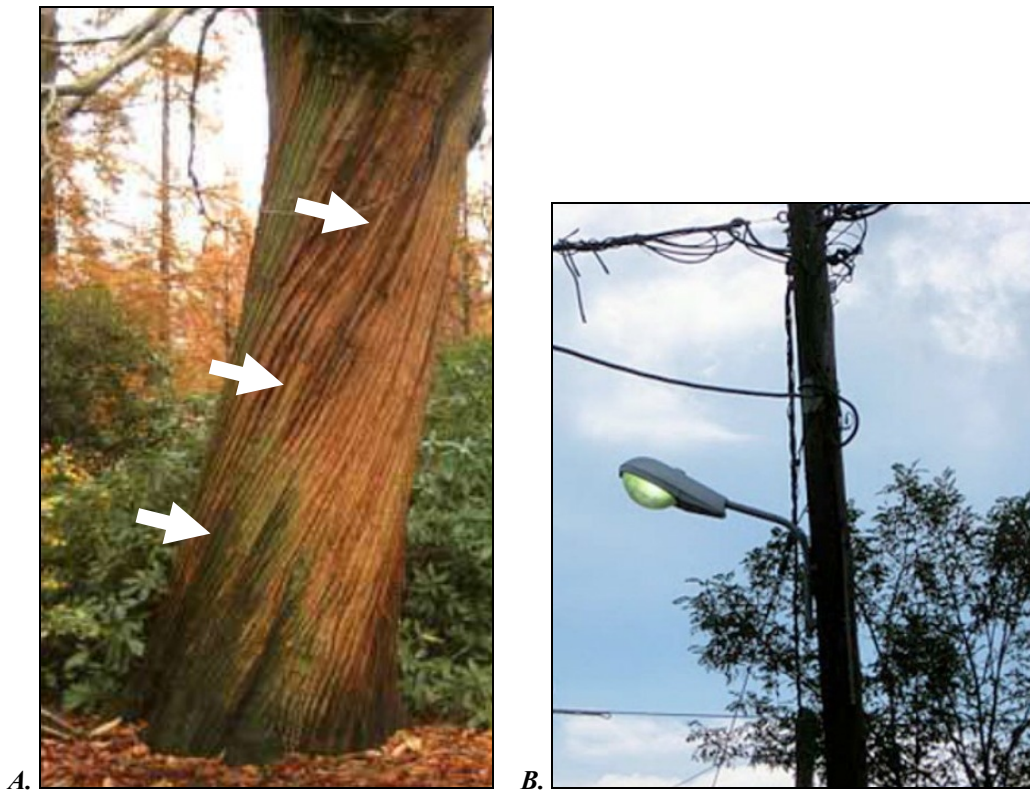
**ΕΙΚ. 22.** Εφελκυσμογενές ξύλο (*tension wood*) σε πλατύφυλλα είδη.  
 (A): Εφελκυσμογενές ξύλο σε στρογγύλη δρυός, σε μακροσκοπική εμφάνιση.  
 (B): Φάση λιγνοποίησης σε τοιχώματα εφελκυσμογενούς ξύλου (λεύκης).

### Στρεψοΐνια

Η *στρεψοΐνια* (*spiral grain*) είναι ένα σημαντικό σφάλμα του ξύλου κατά το οποίο οι ίνες αντί της κανονικής κατακόρυφης διάταξης ακολουθούν μια σπειροειδή διάταξη γύρω από τον άξονα του κορμού. Στους κορμούς των δένδρων ξεχωρίζει από τις *σπειροειδείς ραγαδώσεις* (Εικ. 23A).

Το σφάλμα της στρεψοΐνιας ελαττώνει πολύ τη μηχανική αντοχή του ξύλου και προκαλεί *ραγάδωση* και *στρέβλωση*. Στο πριστό ξύλο, η στρεψοΐνια διαπιστώνεται κατά τη σχίση ή από τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, τα οποία ακολουθούν λοξή διαδρομή. Ο υπολογισμός της γίνεται με μέτρηση της απόκλισης των ινών από τον επιμήκη άξονα του πριστού και εκφράζεται επί τοις εκατό του μήκους (βλ. Εικ. 24 & τύπο 1 παρακάτω).

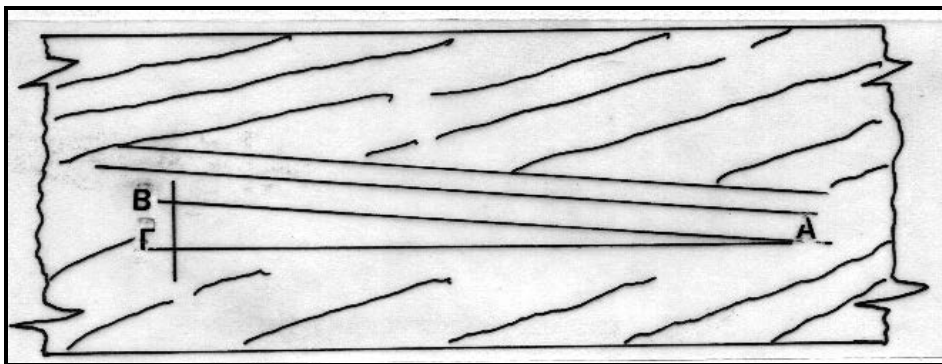




**ΕΙΚ. 23.** *A) Στρεψοΐνια σε ιστάμενο κορμό καστανιάς. B) Εμποτισμένοι στύλοι ηλεκτρισμού (βλ. κορμό πεύκης: στον οποίο συχνά διακρίνουμε σφάλμα στρεψοΐνιας).*

- Μέτρηση στρεψοΐνιας (βλ. Εικ. 24):

$$\text{Στρεψοΐνια} = \frac{\text{ΒΓ}}{\text{ΑΓ}} \times 100 (\%) \quad (1)$$



**ΕΙΚ. 24.** *Σχηματική παράσταση για τον υπολογισμό της στρεψοΐνιας.*

Για την εύρεση της κατεύθυνσης των ινών χρησιμοποιείται ειδικός χαράκτης, ο οποίος σύρεται ελεύθερα πάνω στην επιφάνεια του πριστού.

Όταν η κατεργασία του ξύλου δεν γίνεται παράλληλα προς την κατεύθυνση των ινών, τότε προκαλείται στρεψοΐνια με τεχνητό τρόπο και η επίδραση πάνω στις ιδιότητες του ξύλου είναι ανάλογη. Το σφάλμα αυτό λέγεται *λοξοΐνια* και είναι αναπόφευκτο κατά την πρίση ισχυρά κωνικόμορφων κορμοτεμαχίων.

Η ακριβής αιτία που προκαλεί τη στρεψοϊνία δεν είναι σήμερα γνωστή. Η κληρονομικότητα πρέπει να παίζει σημαντικό ρόλο. Η αιτία της στρεψοϊνίας έχει αποδοθεί επίσης στην στροφική δράση των ανέμων, στην περιστροφή της Γης και στην κίνηση του ήλιου.

### Αποκλίσεις από την κανονική μορφή του δένδρου

Από την επίδραση παραγόντων του περιβάλλοντος (άνεμος, χιόνι, κατολισθήσεις, παγετοί, ξηρασία) είναι δυνατό το δένδρο να αναπτυχθεί υπό κλίση, να καμφθεί ή να διχαλωθεί. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε απόκλιση από την τυπική κανονική μορφή του δένδρου κατά την οποία ο κορμός είναι κατακόρυφος με μορφή που πλησιάζει προς την κυλινδρική και με κυκλική διατομή.

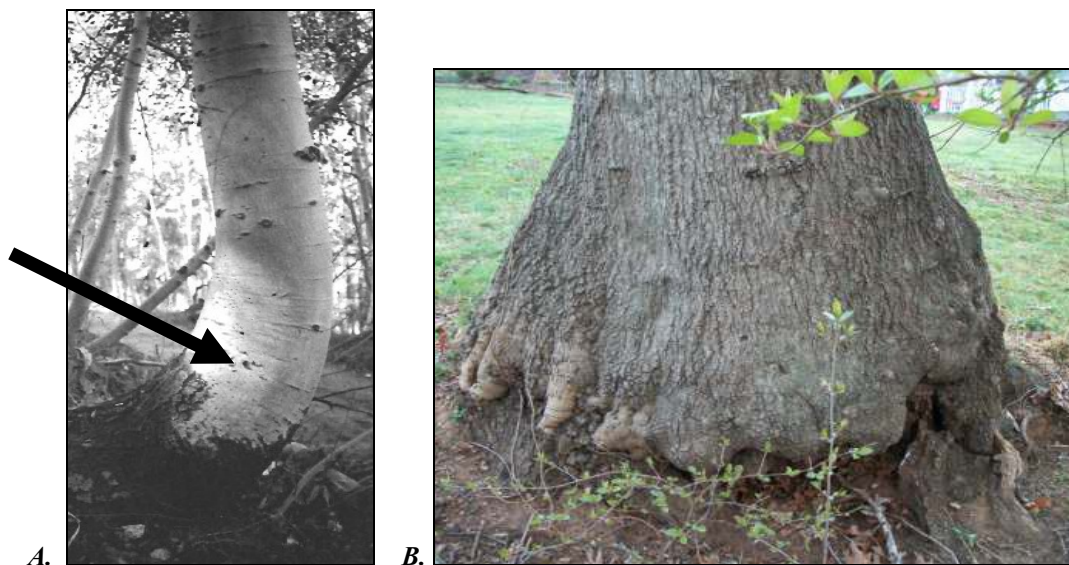
Η **κωνικομορφία** είναι μία περίπτωση τέτοιας ακανονιστίας, η οποία εκτιμάται με την ελάττωση της διαμέτρου του κορμού σε σχέση με το ύψος του. Αυτή επηρεάζεται από το μικροπεριβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται το δένδρο. Επηρεάζεται επίσης και από την αύξηση του χώρου ανάπτυξης του δένδρου ή από τη δημιουργία πολύ κλειστών συστάδων. Οι συχνές κλαδεύσεις περιορίζουν την κωνικομορφία.

Ένα άλλο συχνό σφάλμα είναι η **γονατοειδής βάση** (Εικ. 25Α) που μπορεί να προέρχεται από μετακίνηση του εδάφους ή τον άνεμο. Τυπικά απαντάται σε εδάφη που έχουν ισχυρή κλίση (λ.χ. απότομες πλαγιές) και στα ελληνικά είδη ελάτης, πεύκης και λεύκης (σπανιότερα).

Στην ίδια κατηγορία σφαλμάτων αναφέρεται και η **διόγκωση βάσης** (Εικ. 25Β) του κορμού λόγω των ισχυρών τάσεων που δέχεται ο κορμός στη βάση του (συχνά σε δρύες και ελιές).

Σε ότι αφορά τη διατομή του κορμού, θεωρείται ως σφάλμα κάθε απόκλιση από την κυκλική διατομή. Τέτοιες αποκλίσεις οφείλονται στις επιδράσεις του περιβάλλοντος ή προέρχονται από κληρονομική αιτία. Οι πιο συνηθισμένες αποκλίσεις είναι η **ωοειδής**, η **ελλειψοειδής**, η **ακανόνιστη έκκεντρη διατομή** (Εικ. 26Δ) και η **κυματοειδής διατομή** (Εικ. 26Γ).

Τα παραπάνω σφάλματα όταν εμφανίζονται αυξάνουν το ποσοστό φθοράς στην κατεργασία του ξύλου, μειώνουν τη μηχανική αντοχή του ξύλου και προκαλούν στρεβλώσεις.



ΕΙΚ. 25. Α) Γονατοειδής βάση, και Β) Διόγκωση βάσης του κορμού.



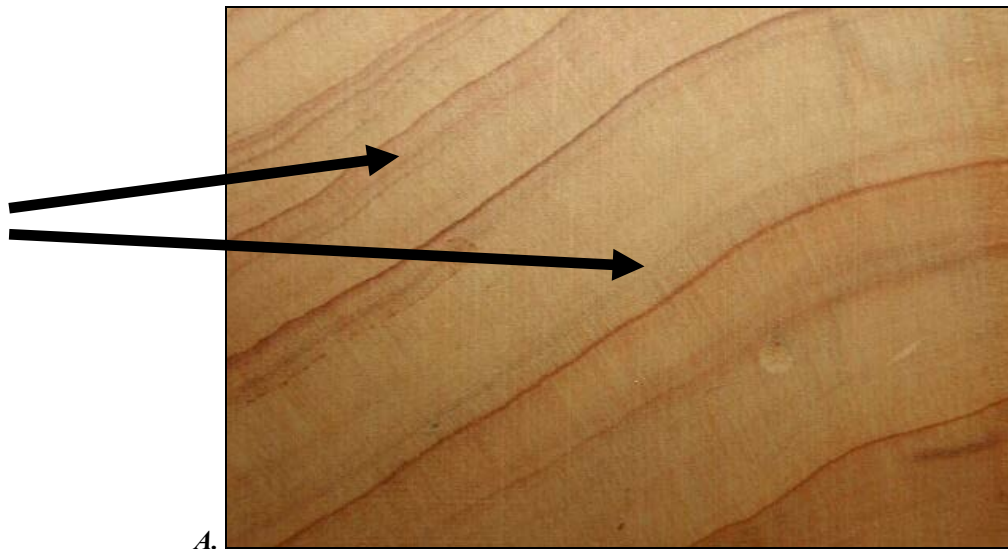
**ΕΙΚ. 26.** (Α): Κανονική στρογγυλή διατομή σε κορμό κωνοφόρου (πέυκου).  
 (Β): Ακανόνιστη διατομή κορμού σε ακακία. (Γ): Κυματοειδής διατομή κορμού γαύρου.  
 (Δ): Έκκεντρη διατομή κορμού σε ελάτη (*Abies* sp).

### Ακανονιστίες αυξητικών δακτυλίων

Κάθε απόκλιση των αυξητικών δακτυλίων από την κυκλική διάταξη αποτελεί σφάλμα. Τυπικά σφάλματα αυτής της κατηγορίας είναι: (α) οι ψευδείς δακτύλιοι, (β) οι οδοντωτοί δακτύλιοι, και (γ) οι ασυνεχείς δακτύλιοι.

**Ψευδείς δακτύλιοι** είναι η περίπτωση κατά την οποία μέσα στο εύρος ενός αυξητικού δακτυλίου αναπτύσσονται δύο ή και περισσότεροι δακτύλιοι (βλ. Εικ. 27Α).





A.



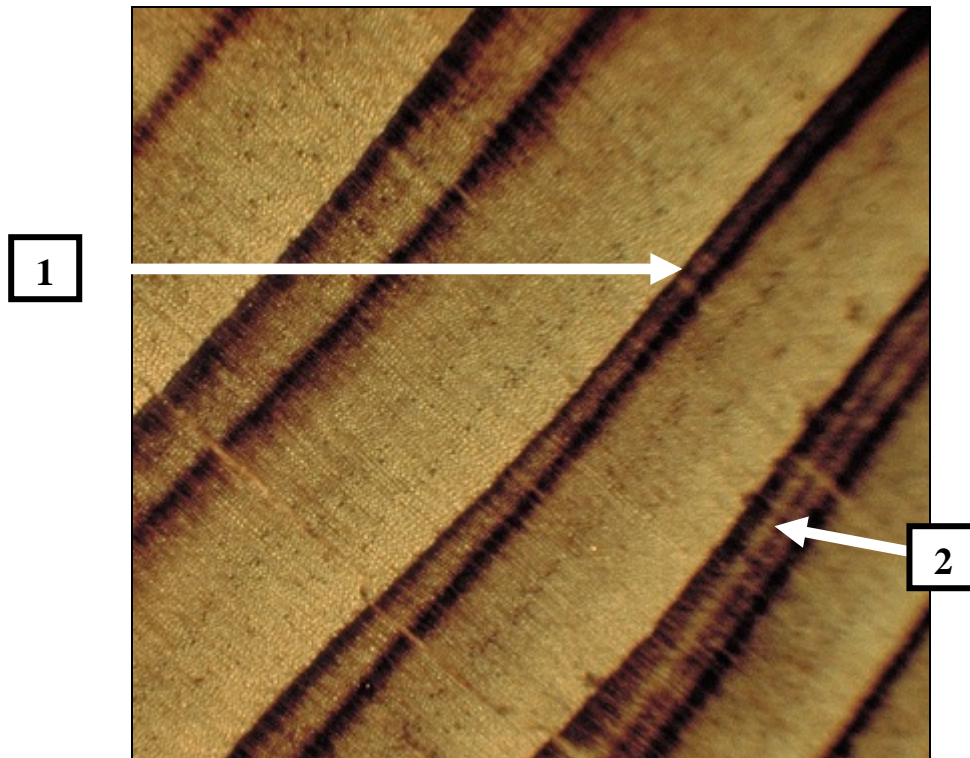
B.

**ΕΙΚ. 27. (Α):** Ψευδείς αυξητικοί δακτύλιοι σε άρκευθο (*Juniperus sp.*).  
**(Β):** Οδοντωτοί δακτύλιοι σε κόκκινη ερυθρελάτη (*red spruce*).

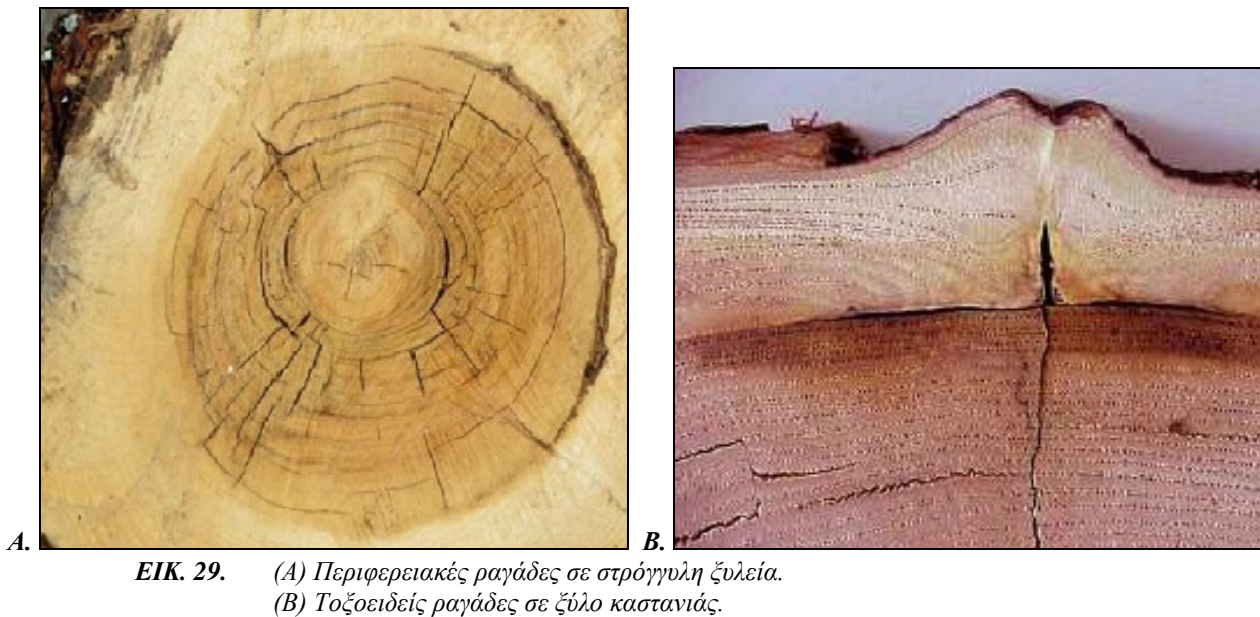
Ο σχηματισμός των ψευδών δακτυλίων (*false rings*) οφείλεται στην εναλλαγή περιόδων ανομβρίας και βροχοπτώσεων στην ίδια αυξητική περίοδο. Επίσης, δημιουργούνται με την καταστροφή του φυλλώματος από παγετούς και έντομα και την επαναβλάστηση στην ίδια αυξητική περίοδο. Διακρίνονται από τους κανονικούς αυξητικούς δακτύλιους, γιατί έχουν ασαφή όρια και περιέχονται στο εύρος ενός κανονικού δακτυλίου.

Οι **οδοντωτοί δακτύλιοι** (Εικ. 27B) (*indented rings*) εμφανίζονται κυρίως στην ερυθρελάτη (*Picea sp.*). Ξύλο με οδοντωτούς δακτυλίους έχει, γενικά, εξαιρετικές ακουστικές ιδιότητες και χρησιμοποιείται στην κατασκευή μουσικών οργάνων (βιολί, μπουζούκι, κ.ά.).

**Ασυνεχείς δακτύλιοι** (*discontinuous rings*) είναι εκείνοι που δεν συνεχίζονται πλήρως γύρω από την εντεριόνη (βλ. Εικ. 28). Αυτό προκαλείται συνήθως από πιθανό τοπικό τραυματισμό του καμβίου ή αναστολή της λειτουργίας του για κάποιο λόγο.



*ΕΙΚ. 28. Ασυνεχής αυξητικός δακτύλιος (θέση 1) και ψευδής αυξητικός δακτύλιος (θέση 2) σε ξύλο κυπαρισσιού.*



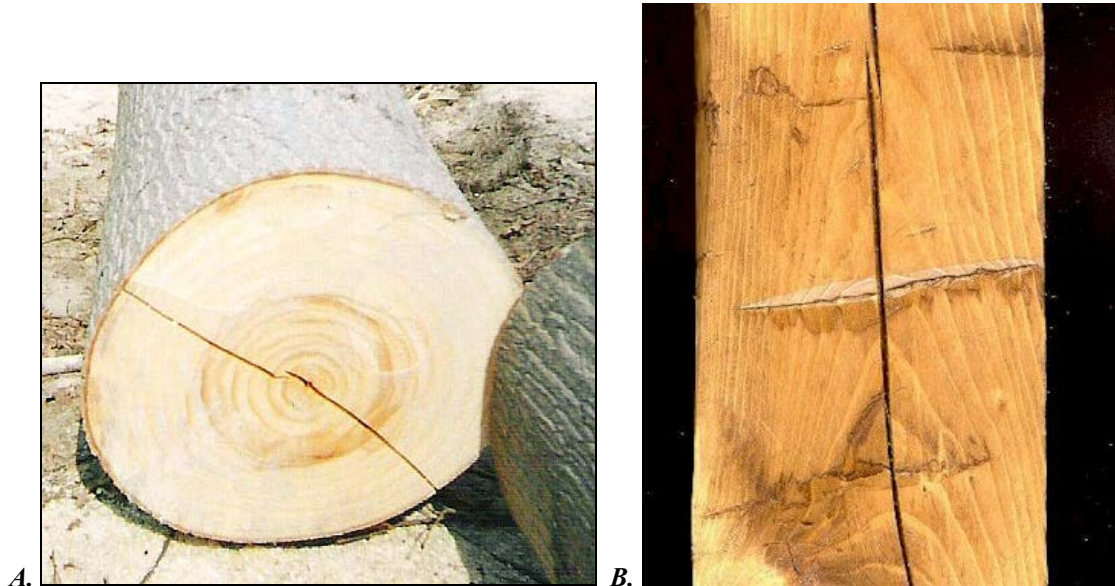
*ΕΙΚ. 29. (Α) Περιφερειακές ραγάδες σε στρόγγυλη ξυλεία.  
(Β) Τοξοειδείς ραγάδες σε ξύλο καστανιάς.*

Οι περιπτώσεις των ακανονιστιών στους αυξητικούς δακτυλίους δεν υποβαθμίζουν σημαντικά την αξία χρήσης του ξύλου και από την άποψη αυτή δεν χαρακτηρίζονται σαν σοβαρά σφάλματα δομής (π.χ. οδοντωτοί δακτύλιοι).



## Ραγάδες

Όταν υπάρχει διακοπή της συνέχειας των ιστών του ξύλου δημιουργούνται **ραγάδες**. Αυτές έχουν τη μορφή «σχισμών». Οι ραγάδες διακρίνονται σε θλιψιγενείς, τοξοειδείς, περιφερειακές, διαμετρικές και αστεροειδείς. Είναι συνήθως ορατές εύκολα. Μπορεί όμως και να δημιουργούνται κατά τη ρίψη, μετά την υλοτομία των δέντρων (Εικ. 30Α). Θλιψιγενείς ραγάδες δημιουργούνται εγκάρσια στους αυξητικούς δακτυλίους από κάμψη των δέντρων λόγω επίδρασης διαφόρων φορτίων (π.χ. χιόνι, άνεμος). *Περιφερειακές* ή *τοξοειδείς* ραγάδες (Εικ. 29Α, 29Β) δημιουργούνται εξαιτίας αυξητικών τάσεων μεταξύ αυξητικών δακτυλίων ή μέσα στον αυξητικό δακτύλιο και ακολουθούν παράλληλη διαδρομή με αυτούς. Ο αποχωρισμός των ιστών του ξύλου είναι μερικός (τοξοειδείς ραγάδες) ή σε ολόκληρη την περιφέρεια (περιφερειακές ραγάδες). *Διαμετρικές* (Εικ. 30Β), ή *αστεροειδείς* ραγάδες δημιουργούνται από αυξητικές τάσεις στην οριζόντια διεύθυνση εντεριώνης-φλοιού, συνήθως στη βάση του κορμού. Οι ραγάδες αποτελούν πολύ σημαντικό σφάλμα διότι μειώνουν την μηχανική αντοχή του ξύλου, και επίσης καθιστούν δύσκολη ή προβληματική την κατεργασία του με μηχανικά μέσα.



**ΕΙΚ. 30.** *A) Εμφάνιση ραγάδας σε εγκάρσια τομή στρογγυλής ξυλείας λεύκης (αμέσως μετά την υλοτομία), και B) Διαμετρική ραγάδα σε πριστό δρύος.*

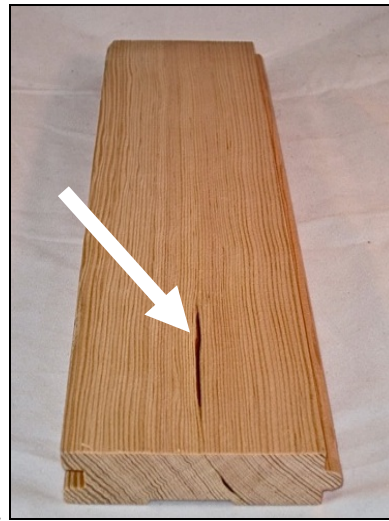
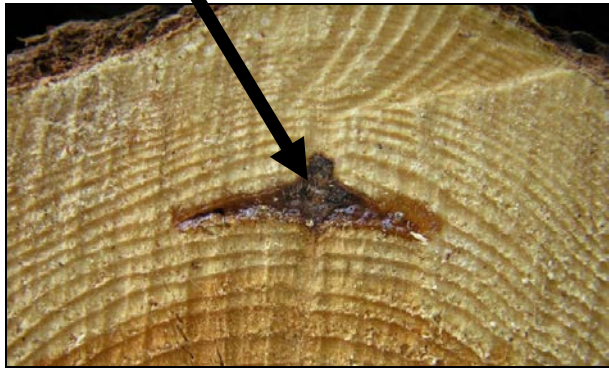
## Ρητινοθύλακες

Οι *ρητινοθύλακες* είναι επιμήκη (φακοειδή) ανοίγματα στα όρια συνήθως των αυξητικών δακτυλίων που είναι γεμάτα με ρητίνη (*ρετσίνι*). Αιτία σχηματισμού τους φαίνεται να είναι πιθανοί κραδασμοί ή κάμψη του δένδρου, που οδηγεί σε θραύση των αγωγών και τη συγχώνευσή τους σε ένα θύλακα (ρετςινιού). Το σφάλμα αυτό παρατηρείται σε κωνοφόρα (κυρίως στα πεύκα και στην ερυθρελάτη), που φέρουν ρητινοφόρους αγωγούς (Εικ. 31Α, 31Β).

## Σφάλματα από τραυματισμό δένδρων

Τραυματισμός του ζωντανού δένδρου είναι δυνατό να προέλθει από πολλούς εξωτερικούς παράγοντες. Τα δένδρα στην προσπάθειά τους να επουλώσουν την πληγή, αντιδρούν και παράγουν ξύλο με ανώμαλη δομή (*τραυματικό* ή *επουλωτικό ξύλο*). Συγκεκριμένα, δημιουργείται ένας επουλωτικός ιστός από λεπτότοιχα παρεγχυματικά κύτταρα με ακανόνιστο σχήμα και μέγεθος.

Κατά τη διεργασία αυτή είναι δυνατό να κλεισθεί μέσα στον κορμό ένα τμήμα του φλοιού και να έχουμε *έγκλεισμα φλοιού*. Επίσης είναι πιθανό αλλά σπανιότερα να έχουμε και *έγκλεισμένο σομφό* (Εικ. 32) ακανόνιστα μέσα στο εγκάρδιο ξύλο του κορμού.



**ΕΙΚ. 31.** Ρητινοθύλακες σε ξύλο κωνοφόρων ειδών: (Α) Μεγάλου μεγέθους ρητινοθύλακας σε στρογγυλή ξυλεία πεύκου. (Β) Ρητινοθύλακας σε πριστό Oregon pine (ψευδοτσούγκας) στην ακτινική τομή του (βλ. παρκέτο με ισόβενια νερά).



**ΕΙΚ. 32.** Εγκλεισμένο σομφό σε κορμοτεμάχιο λευκής δρυός.

Ορισμένα αίτια δημιουργίας του τραυματικού ξύλου είναι τα ακόλουθα. Η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει καύση του φλοιού σε νεαρά και λεπτόφλοια δένδρα. Οι παγετοί μπορεί να προκαλέσουν είτε παγοεγκάρδιο, είτε παγοραγάδες στο κάτω μέρος του κορμού. Το παγοεγκάρδιο είναι συνηθισμένο σε πλατύφυλλα είδη, ειδικά στην οξιά (Εικ. 33Α). Οι παγοραγάδες είναι ακτινικές ραγάδες και προκαλούνται από τη δημιουργία τάσεων λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας σομφού και εγκάρδιου ξύλου (Εικ. 33Β).





A.



B.

**ΕΙΚ. 33.** (A): Παγοεγκάρδιο σε κορμούς οξιάς. (B): Παγοραγάδα σε κορμό δέντρου.

**Τραυματικά σφάλματα** προκαλούνται από κεραυνούς, πυρκαγιές, χαλάζι και προσβολές εντόμων και ζώων. Κατά τη διάρκεια υλοτομικών εργασιών, ειδικά σε επιλογικές υλοτομίες με ρίψη και μετατόπιση προκαλούνται σοβαροί τραυματισμοί στα δέντρα. Για τα ελληνικά δεδομένα, επειδή στα δάση μας κυριαρχούν οι επιλογικές υλοτομίες και η μεταφορά του ξύλου από το υλοτόμιο στους χώρους συγκέντρωσης γίνεται με ζώα κατά τους θερινούς μήνες, οι τραυματισμοί ειδικά των νεαρών δένδρων είναι σοβαροί. Σοβαροί επίσης τραυματισμοί γίνονται στα δάση μας κατά τη διάνοιξη και συντήρηση των δασικών δρόμων από τη ρίψη των εκχωμάτων και κυρίως των βράχων προς τα κατάντη. Σ' αυτό συμβάλλουν και οι μεγάλες κλίσεις των ορεινών εδαφών μας. Επίσης, μείωση των ζημιών θα μπορούσε να γίνει και με τη διάνοιξη στενότερων δασικών δρόμων.

### Μεταχρωματισμοί του ξύλου

Κάθε αλλαγή του φυσιολογικού χρώματος του ξύλου των ζωντανών δέντρων θεωρείται σαν **χρωματικό σφάλμα** (*discolouration*). Ορισμένα από αυτά οφείλονται σε προσβολή βακτηρίων ή μυκήτων, σε δημιουργία επουλωτικού ιστού, σε έκκριση ρητίνης και άλλων εκχυλισμάτων, ενώ για άλλους μεταχρωματισμούς του ξύλου δεν έχουν δοθεί ερμηνείες ή εξηγήσεις.

Μία σημαντική χρωματική ανωμαλία είναι το **ερυθρό εγκάρδιο** της οξιάς (Εικ. 34A). Το φαινόμενο δεν έχει εξηγηθεί απόλυτα. Στην Εικ. 34A παρατηρούμε κοκκινωπό εγκάρδιο, το οποίο έχει *ακανόνιστο* σχήμα. Κατά μία άποψη αποδίδεται στην είσοδο αέρα από σπασμένα κλαδιά και στην πτώση της υγρασίας κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο. Το ερυθρό εγκάρδιο της οξιάς εμποτίζεται δύσκολα, διότι έχει προκληθεί σε αυτό φραγή των αγγείων.

Το κοκκινωπό εγκάρδιο της οξιάς αντιμετωπίζεται εύκολα με τη λεγόμενη **άτμιση** (*steaming*) του ξύλου σε θερμές-υγρές συνθήκες, που έχει ως αποτέλεσμα τόσο τη δραματική άμβλυνση των αντιαισθητικών χρωματικών ανωμαλιών, όσο και την ποιοτική βελτίωση του ξύλου της οξιάς. Μετά την άτμιση, η ατμισμένη οξιά αποκτά ως ξυλεία ένα ομοιόμορφο *ροζέ* χρωματισμό. Στο εμπόριο υπάρχει όμως και *μη ατμισμένη* οξιά, η οποία έχει ανοιχτότερο λευκωπό χρώμα.

Μεταχρωματισμός του κεντρικού τμήματος κορμών, όπως λ.χ. λεύκης ή ελάτης, μπορεί να προκαλείται από προσβολή βακτηρίων, η οποία έχει σαν συνέπεια τη δημιουργία του *υγρού εγκάρδιου*. Το υγρό εγκάρδιο έχει χρώμα σκούρο τερφινό αμέσως μετά την υλοτομία, το οποίο και διατηρείται σε μικρότερη ένταση μετά την ξήρανσή του (Εικ. 34B).



**ΕΙΚ. 34Α.** Ερυθρό (ακανόνιστο) εγκάρδιο σε κορμό οξιάς (*Fagus sylvatica*).



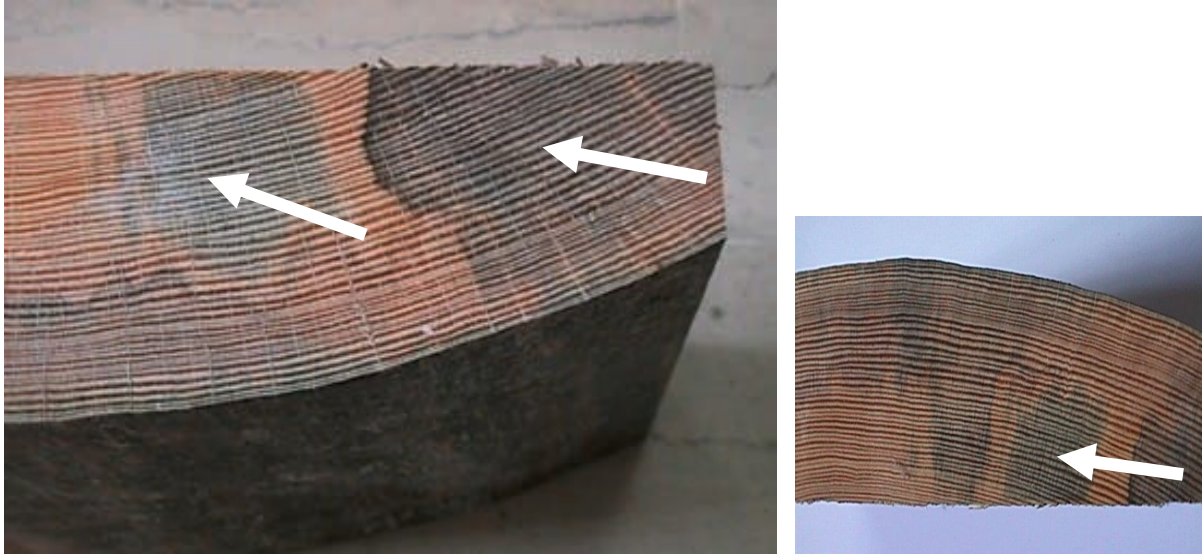
**ΕΙΚ. 34B.** Υγρό εγκάρδιο σε στρογγυλή ξυλεία ελάτης (*Abies sp.*)

Τα αίτια δημιουργίας του υγρού εγκάρδιου δεν έχουν ακόμα εξακριβωθεί.

Μία άλλη περίπτωση χρωματιστού εγκάρδιου είναι το *ορφνό εγκάρδιο* του φράξου. Ο σχηματισμός του δεν έχει εξηγηθεί. Παράγοντες που ευνοούν το σχηματισμό του είναι η υψηλή υγρασία εδάφους, καθώς και πιθανά τραύματα στο φλοιό.

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση μεταχρωματισμού ξύλου που παρατηρείται κυρίως στο σομό ξύλο των κωνοφόρων, και κυρίως της μαύρης και δασικής πεύκης, είναι η *κβάνωση* (Εικ. 34Γ) που προκαλείται από προσβολή *μυκήτων κβανόχρωσης* του γένους *Ceratocystis*. Τα δένδρα προσβάλλονται αμέσως μετά την υλοτόμησή τους και κατά την πρίση του ξύλου προτού να γίνει η ξήρανση, εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες περιεχόμενης υγρασίας (πάνω από

30%), οξυγόνου και θερμοκρασίας (23-30°C). Το προσβεβλημένο ξύλο γίνεται κυανότεφο έως κυανόμαυρο. Το κυανωμένο ξύλο πεύκης αποκλείεται από τις σπουδαιότερες χρήσεις του, όπως λ.χ. έπιπλα, ξυλεπενδύσεις και παρκέτα. Η χρήση του περιορίζεται σε κατασκευές όπου χρησιμοποιείται φθινό ξύλο. Εκτός από αυτό, οι κατασκευαστές και καταναλωτές δεν προτιμούν την κυανωμένη ξυλεία πεύκης, γιατί θεωρούν ότι το ξύλο είναι σάπιο και δεν έχει αντοχή. Στην πραγματικότητα, η κυάνωση (*bluestain*) δεν επηρεάζει σημαντικά τις τεχνικές ιδιότητες του ξύλου. Μετά την πρίση, η προσβολή των πριστών αποφεύγεται αν γίνει τεχνητή ξήρανση ή εμβάπτιση σε μυκητοκτόνο διάλυμα και στη συνέχεια ξήρανση με φυσικό τρόπο.



**ΕΙΚ. 34Γ.** Δοκίμια ξύλου μαύρης πεύκης με εκτεταμένη κυάνωση («μαύρες κηλίδες»).

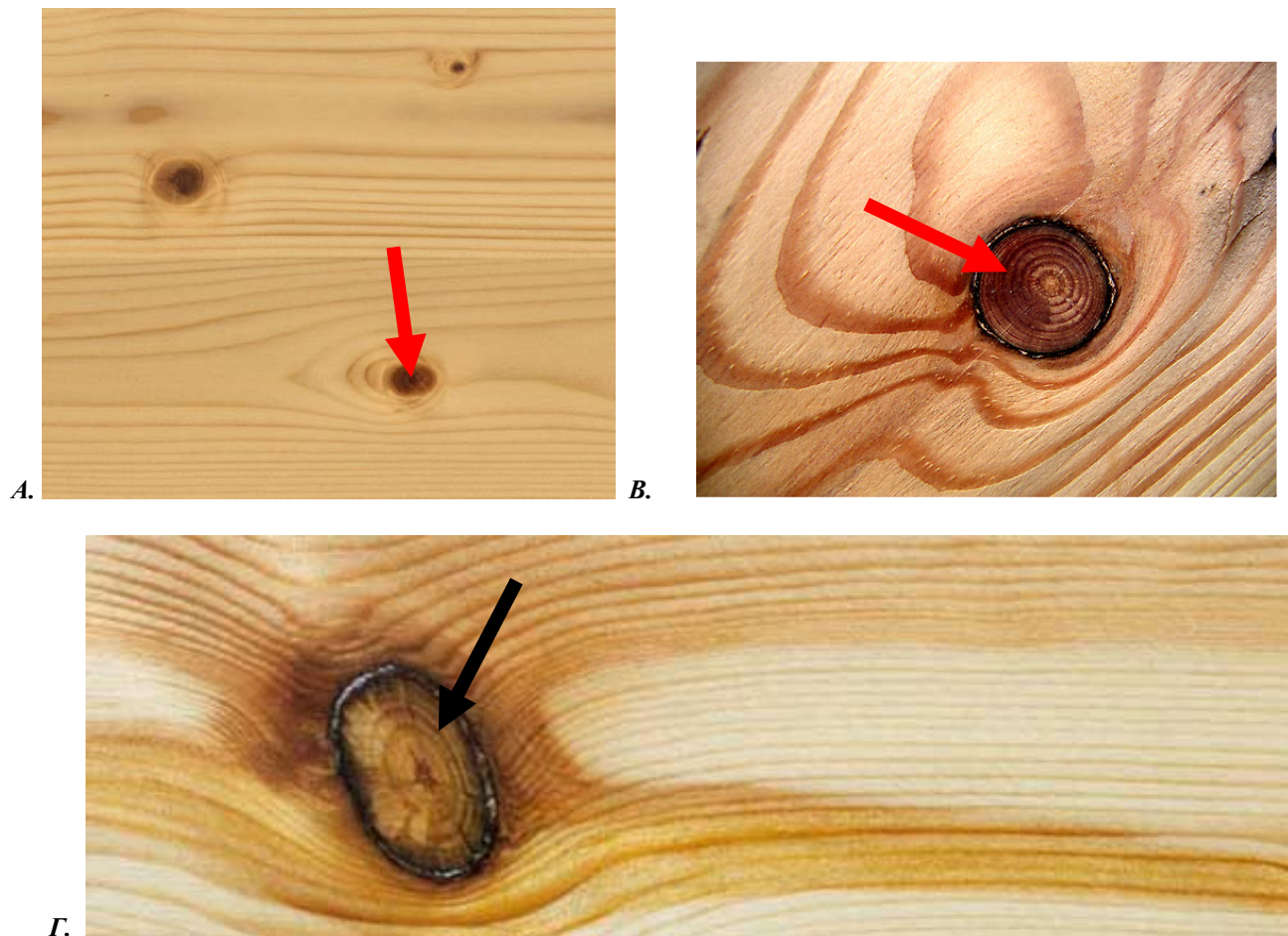
Μεταχρωματισμός του ξύλου παρατηρείται και στον επουλωτικό ιστό που δημιουργείται κατά τον τραυματισμό δένδρου ή την προσβολή του από μύκητες ή έντομα.

### **Ρόζοι και εντεριώνη**

Σαν σφάλματα δομής του ξύλου θεωρούνται τόσο οι *ρόζοι* (*knots*), όσο και η *εντεριώνη* (*pith*) του, παρόλο που και τα δύο αποτελούν χαρακτηριστικά που υπάρχουν ή δημιουργούνται κατά την ομαλή ανάπτυξη του δένδρου με τελείως φυσικό τρόπο.

Κατά την κατά πάχος αύξηση του κορμού, τα κατώτερα τμήματα των κλαδιών «κλείνονται μέσα» στον κορμό και δημιουργούν τους ρόζους. Τους διακρίνουμε σε: *σύμφυτους ρόζους* (Εικ. 35Α) που συνήθως δεν είναι πρόβλημα, οι οποίοι συναυξάνονται με τον κορμό και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του, και σε *χαλαρούς ή ξερούς ρόζους* που περιέχονται μέσα στον κορμό σαν *ζένα σώματα* (Εικ. 35Β, 35Γ), δημιουργούν πολλά προβλήματα τόσο κατά την πρίση και την κοπή, όσο και στις τελικές χρήσεις ή διεργασίες (πλάνισμα, ξεχόνδρισμα, κόλλημα, φινίρισμα). Οι ξεροί ρόζοι μειώνουν πολύ την όλη ποιότητα και αντοχή της ξυλείας.





**ΕΙΚ. 35.** Τυπική εμφάνιση ρόζων σε πριστή ξυλεία. (Α): Σύμφυτος ρόζος  
(Β): Χαλαρός ή ξερός ρόζος και (Γ): Πριστό πεύκου με κατά μήκος τομή ξερού ρόζου.

Οι *σύμφυτοι ρόζοι* είναι τα ζωντανά κλαδιά που ενσωματώνονται στον κύριο κορμό με συνεχόμενους αυξητικούς μανδύες. Οι *χαλαροί ρόζοι* είναι τα (ξερά) νεαρά κλαδιά που σαν *ξένα σώματα* περικλείονται από τον κορμό και *πέφτουν* από τη θέση τους μετά την πρίση και την ξήρανση των πριστών. Οι ρόζοι αυτοί είναι πιθανό να είναι *σάπιοι* (Εικ. 35Γ).

Οι ρόζοι θεωρούνται πολύ σοβαρό σφάλμα, διότι προκαλούν σημαντική μείωση της μηχανικής αντοχής του ξύλου. Η παρουσία τους δημιουργεί αποκλίσεις από την ευθυμία (Εικ. 36), ενώ οι ίδιοι περιλαμβάνουν ξύλο θλιψιγενές ή εφελκυσμογενές. Προκαλούν ακόμα προβλήματα κατά την ξήρανση του ξύλου, τη μηχανική κατεργασία και τη συγκόλληση του ξύλου.





**ΕΙΚ. 36.** Δημιουργία ραγάδων σε πριστό εξαιτίας της παρουσίας ξηρού ρόζου (σημ.: ο ρόζος δημιουργεί και την απόκλιση από την ευθυΐνια).

Οι ρόζοι αποτελούν το κυριότερο κριτήριο για την ποιοτική ταξινόμηση της ξυλείας σε ποιότητες. Η εργασία αυτή γίνεται είτε οπτικά, είτε με ειδικές μηχανές οι οποίες υπολογίζουν τη μηχανική αντοχή των πριστών και ανάλογα τα κατατάσσουν σε κλάσεις αντοχής π.χ. C18, C22, C24, κατά το πρότυπο EN 338 (βλ. Εικ. 37Α). Μέγιστη σημασία έχουν ιδίως:  $\alpha$ ) το μέγεθος των ρόζων,  $\beta$ ) η απόσταση μεταξύ τους και  $\gamma$ ) το ποσοστό της επιφάνειας που καλύπτουν σε εγκάρσια τομή του πριστού (ποσοστό ροζοβρίθειας) κ.α.

Οι συνθήκες αύξησης των δένδρων επηρεάζουν το είδος, το μέγεθος και τον αριθμό των ρόζων. Συνεπώς, με διάφορους δασοκομικούς χειρισμούς, όπως λ.χ. κλάδευση των δένδρων είναι δυνατό μέχρι ενός ορίου να ελέγχεται η ροζοβρίθεια. Η ρύθμιση της απόστασης των φωτόφιλων ειδών, έτσι ώστε να σκιάζονται τα κατώτερα κλαδιά, έχει σαν αποτέλεσμα την ξήρανση και τη βαθμιαία πτώση τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις συνιστάται και η κλάδευση των δένδρων (Εικ. 37Β) για παραγωγή άρροζου ξύλου («καθαρό» ξύλο).



A.



B.

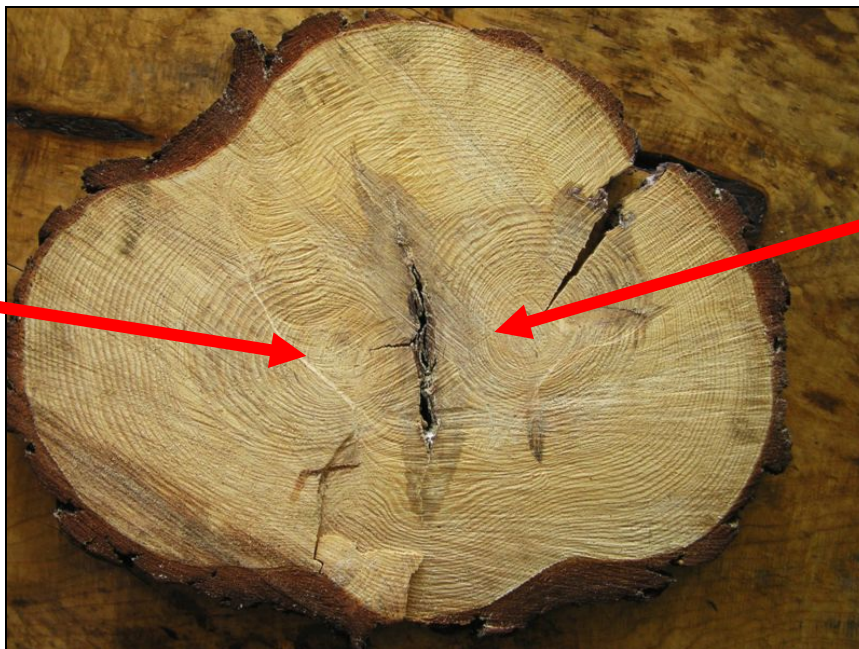
**ΕΙΚ. 37.** (Α): Ποιοτική ταξινόμηση ξυλείας (οπτική), με βάση αριθμό/επιφάνεια ρόζων κ.α.  
(Β): Περιοδική κλάδευση των δένδρων, για παραγωγή άρροζου «καθαρού» ξύλου.

Τέλος, η *εντεριώνη* θεωρείται σφάλμα, διότι έχει διαφορετική δομή. Η παρουσία της σε ξυλεία κατασκευών συνοδεύεται συνήθως με την παρουσία ρόζων και ραγάδων και συνεπάγεται τη μείωση της μηχανικής αντοχής του ξύλου (Εικ. 38Α).



**ΕΙΚ. 38.** Κατά μήκος τομή εντεριώνης σε πριστό οξιάς (ακατάλληλο).

Μία άλλη ακανονιστία που παρατηρείται, είναι όταν ο κορμός έχει δύο ή περισσότερες εντεριώνες, και ονομάζεται *διπυρήνωση* (Εικ. 39), ή *πολυπυρήνωση*. Αυτή προκαλείται από την ενσωμάτωση κλαδιών μέσα στον κορμό και από τη φύτευση δύο φυτάρια στον ίδιο λάκκο, οπότε πάλι τα φυτάρια σιγά-σιγά ενσωματώνονται, και αναπτύσσονται μαζί σε έναν κορμό.



**ΕΙΚ. 39.** Διπυρήνωση (δηλ. δύο εντεριώνες) σε ξυλεία πεύκης (*Pinus sp.*).

Η έκκεντρη τοποθέτηση της εντεριώνας (Εικ. 40) εμφανίζεται στην απόκλιση από την τυπική κυκλική διατομή και δημιουργεί προς την μία πλευρά στενότερους αυξητικούς δακτυλίους. Το σφάλμα αυτό προέρχεται από απόκλιση του κορμού από την κατακόρυφη θέση, καθώς και από την μονόπλευρη ανάπτυξη της κόμης. Η παρουσία αυτής πολλές φορές συνοδεύεται με ξύλο ακανόνιστης δομής και αποκλίσεις από την ευθυμία.



**ΕΙΚ. 40.** Έκκεντρη θέση της εντεριώνας σε κορμό δρυός.

----- ΤΕΛΟΣ -----



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Α. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Αδαμόπουλος Σ. (2013). Δομή Ξύλου (θεωρία και εργαστηριακές ασκήσεις). Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, Καρδίτσα (Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας).
2. Κακαράς Ι. (2001). Δομή & Ιδιότητες του Ξύλου. Μέρος Α - Στοιχεία δομής του ξύλου & CD (Το ξύλο ως υλικό). Διδακτικές σημειώσεις Τμήματος Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, Καρδίτσα (Τ.Ε.Ι. Λάρισας).
3. Μαντάνης Γ. (2003). Δομή & Ιδιότητες του Ξύλου. Μέρος Α. Δομή και Μέρος Β. Ιδιότητες. Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, Παράρτημα Καρδίτσας, Τ.Ε.Ι. Λάρισας.
4. Μπιρμπίλης Δ. (2011). Σημειώσεις εργαστηρίου «Δομή Ξύλου». Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, Καρδίτσα (Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας).
5. Φιλίππου Ι. (2014). Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
6. Τσουμής Γ. (2009). Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου. Τόμος Α. Δομή και Ιδιότητες. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.

### **Β. ΠΗΓΕΣ INTERNET**

7. Ιστοσελίδα του μαθήματος «Δομή Ξύλου»: <http://users.teilar.gr/~mantanis/Domi.htm>
8. Ιστοσελίδα: [www.wood-database.com](http://www.wood-database.com)
9. Ιστοσελίδα: <http://www.woodanatomy.ch>
10. Ιστοσελίδα: [http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/web/lab/webchap15wood/chapter\\_15.htm](http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/web/lab/webchap15wood/chapter_15.htm)
11. Ιστοσελίδα: [http://www.roser-swiss.com/en-furniere-holzarten\\_a-z.html](http://www.roser-swiss.com/en-furniere-holzarten_a-z.html)
12. Ιστοσελίδα: <http://users.teilar.gr/~mantanis/Edu.htm>
13. Ιστοσελίδα: <https://e-class.teilar.gr/courses/FURN112/>
14. Ιστοσελίδα: [http://www.wfdt.teilar.gr/material/Lessons/shmeiwseis\\_domis.pdf](http://www.wfdt.teilar.gr/material/Lessons/shmeiwseis_domis.pdf)
15. Ιστοσελίδα: <http://insidewood.lib.ncsu.edu>
16. Ιστοσελίδα: [http://www.fria.gr/woodtech/tools/paraskevopoulou\\_low\\_res.pdf](http://www.fria.gr/woodtech/tools/paraskevopoulou_low_res.pdf)
17. Ιστοσελίδα: <http://delta-intkey.com/wood/en/index.htm>
18. Ιστοσελίδα: [http://www.decospan.com/en/Wood\\_veneer/Wood\\_species](http://www.decospan.com/en/Wood_veneer/Wood_species)
19. Πτυχιακή εργασία Σ. Περιστεράκη: <http://users.teilar.gr/~mantanis/Edu.files/Peristeraki.pdf>
20. Ιστοσελίδα: <https://info.frim.gov.my/woodid/Identification.cfm>