

# ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΕΥΛΟΥ

**Δρ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΝΤΑΝΗΣ**

*PhD, University of Wisconsin-Madison, ΗΠΑ*

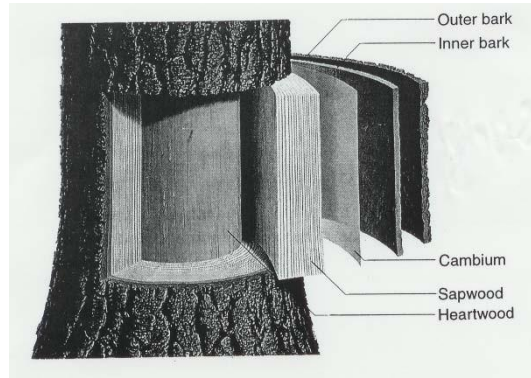
Καθηγητής ΤΕΙ Θεσσαλίας

URL: [www.teilar.gr/~mantanis](http://www.teilar.gr/~mantanis)

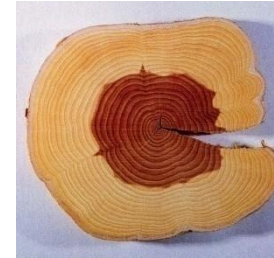
# Επίπεδα μελέτης του ξύλου



Δένδρο



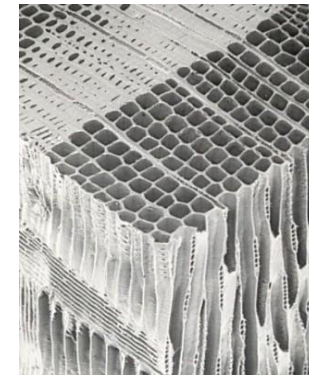
Κορμός



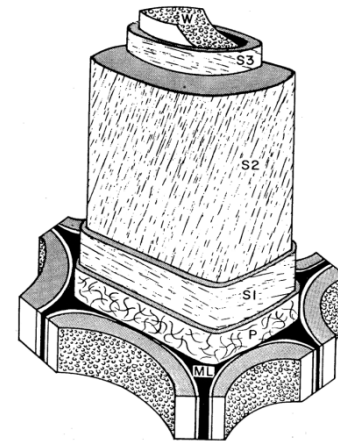
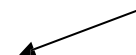
Ζώνες



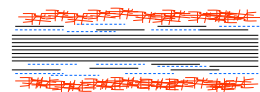
Δακτύλιοι



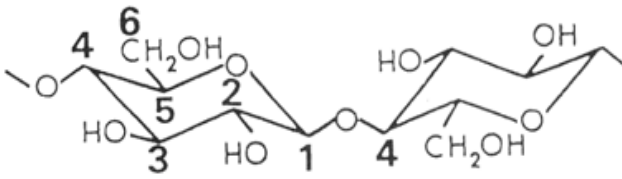
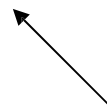
Ξυλώδη  
κύτταρα



Κυτταρικά  
τοιχώματα

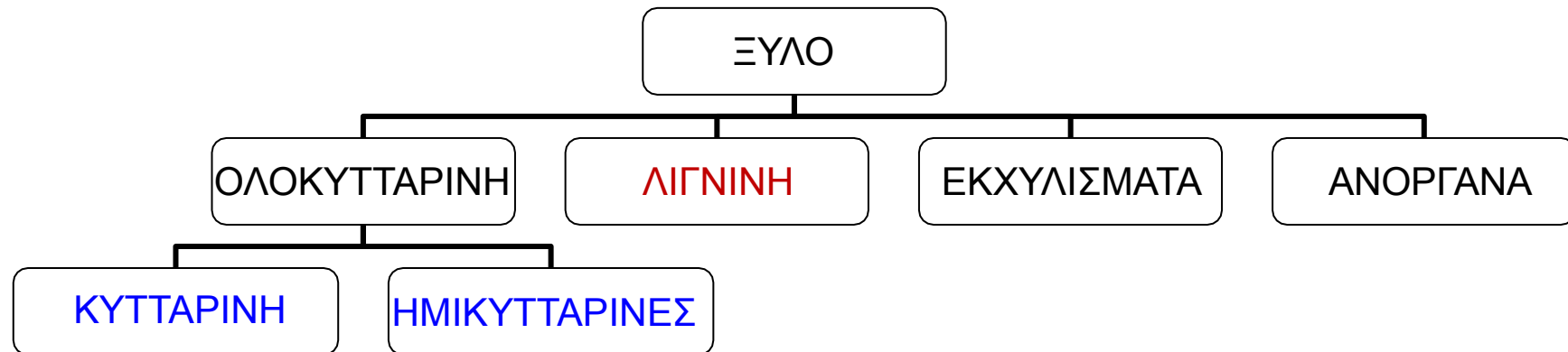


Μικροϊνίδια



Χημικά  
συστατικά

# Χημικά Συστατικά του Ξύλου



Κύρια χημικά συστατικά:

***Δομικά συστατικά:***

**κυτταρίνη, λιγνίνη, ημικυτταρίνες**

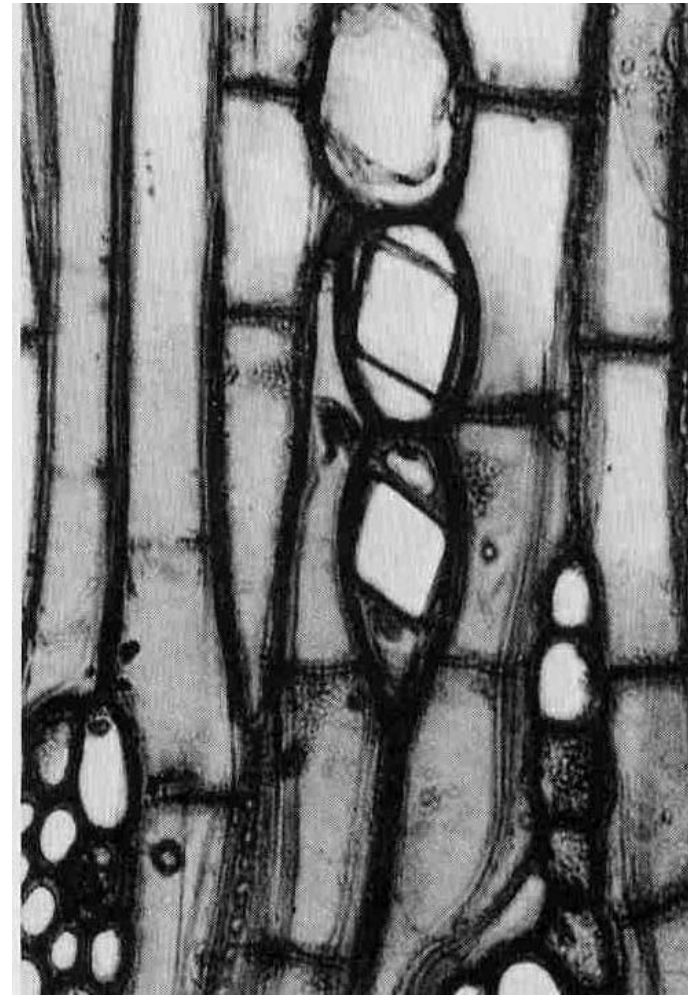
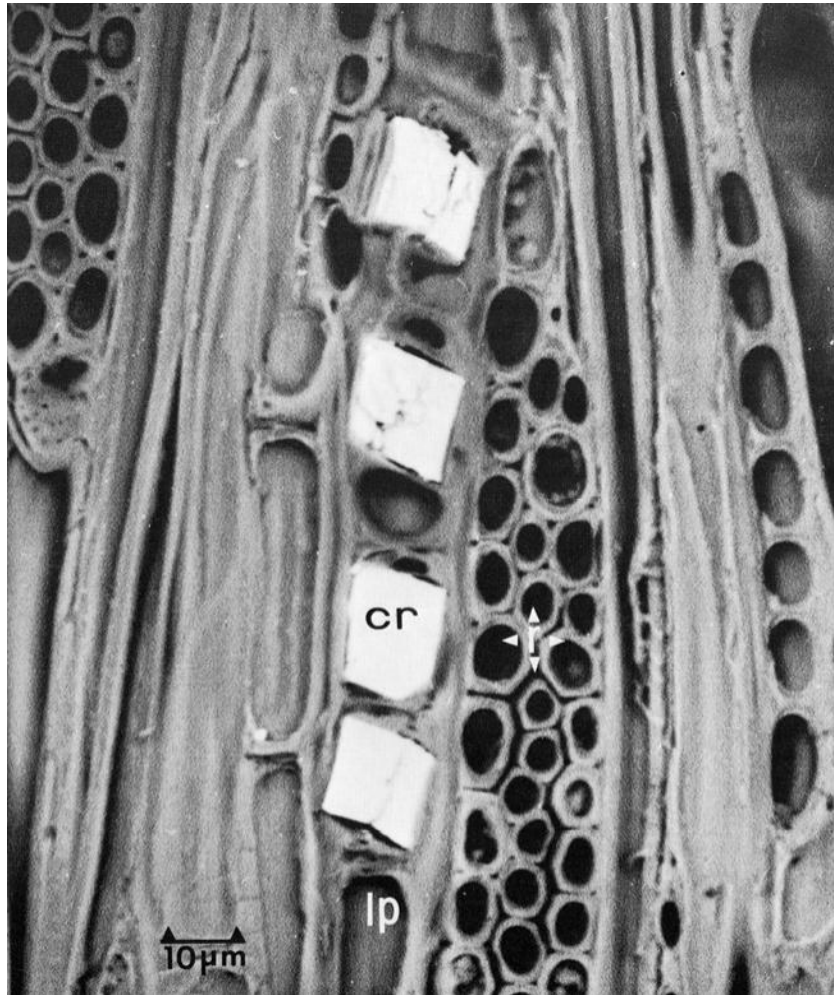
***Μη δομικά συστατικά:***

**εκχυλίσματα**

## Σύμπλοκο (complex)

Το ξύλο ως «ανομοιογενές υλικό» τριών πολύπλοκων πολυμερών ενώσεων (**κυτταρίνης + λιγνίνης + ημικυτταρινών**) που ενώνονται μεταξύ τους με χημικούς δεσμούς, χαρακτηρίζεται ως **λιγνοκυτταρινικό σύμπλοκο**

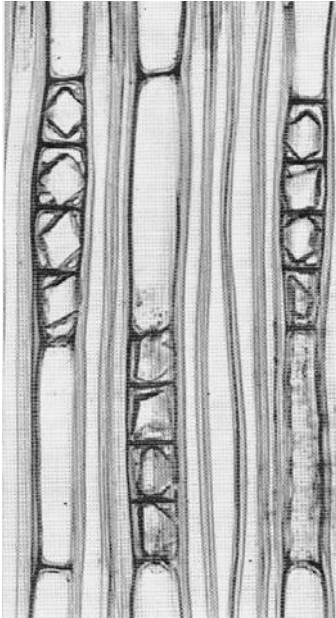
# Κρύσταλλοι σε Αξονικό Παρέγχυμα



(Ref. Côté)



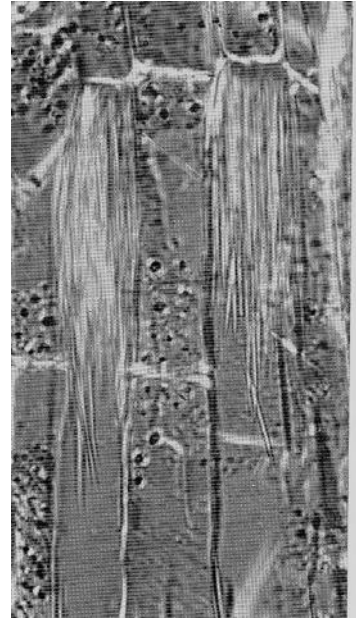
# Τύποι **κρυστάλλων** στο ξύλο



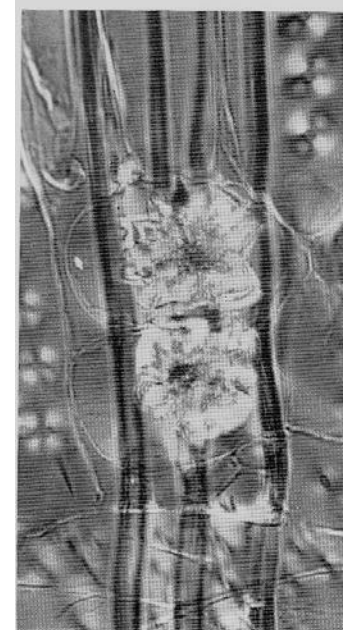
rhomboidal



styloid



raphides



druses

(Kollmann and Cote)

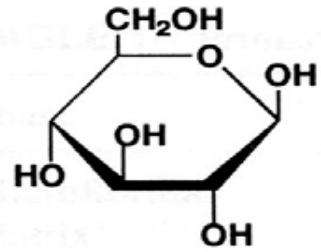
# Εκχυλίσματα

**«Προστατευτικές  
κατά κανόνα  
ουσίες»**

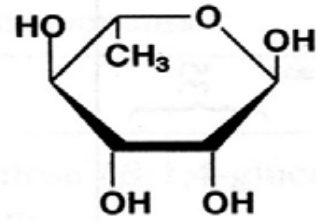
- **Αλιφατικές ενώσεις**
- **Ενώσεις τερπενίων**
- **Φαινολικές ενώσεις**

- **Ρητινικά οξέα**
- Λίπη**
- Κηροί**
- Τερπένια**
- Φλαβανοειδή**
- Λιγνάνες**
- Στιλβένια**
- Ταννίνες**
- Τερεβινθέλαιο**
- Κολοφώνιο**

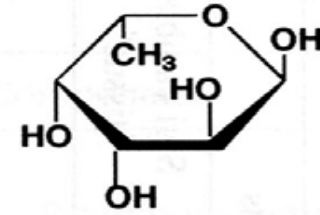




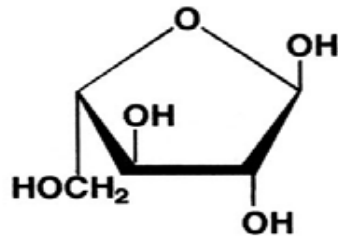
$\beta$ -D-Glucopyranose



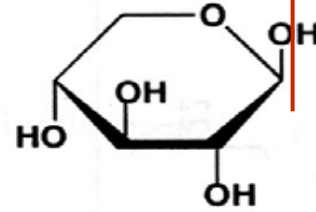
$\alpha$ -L-Rhamnopyranose



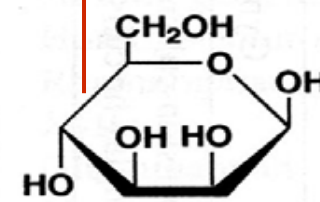
$\alpha$ -L-Fucopyranose



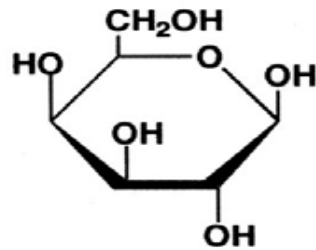
$\alpha$ -L-Arabinofuranose



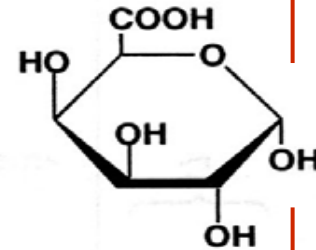
$\beta$ -D-Xylopyranose



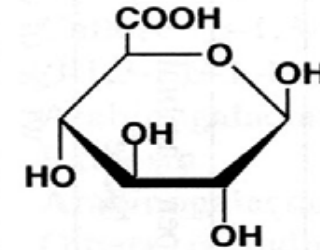
$\beta$ -D-Mannopyranose



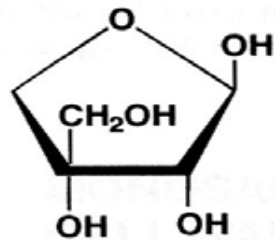
$\beta$ -D-Galactopyranose



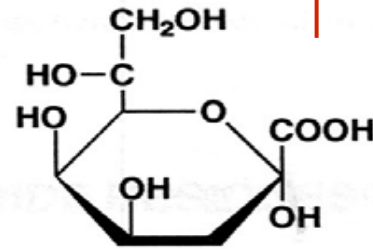
$\alpha$ -D-Galactopyranosyluronic acid



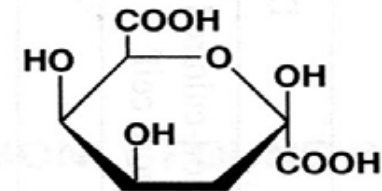
$\beta$ -D-Glucopyranosyluronic acid



$\beta$ -D-Apiofuranose



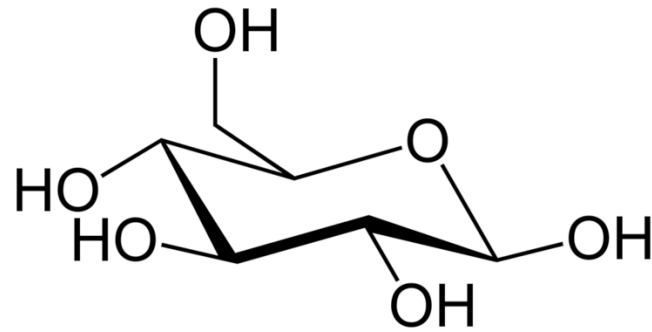
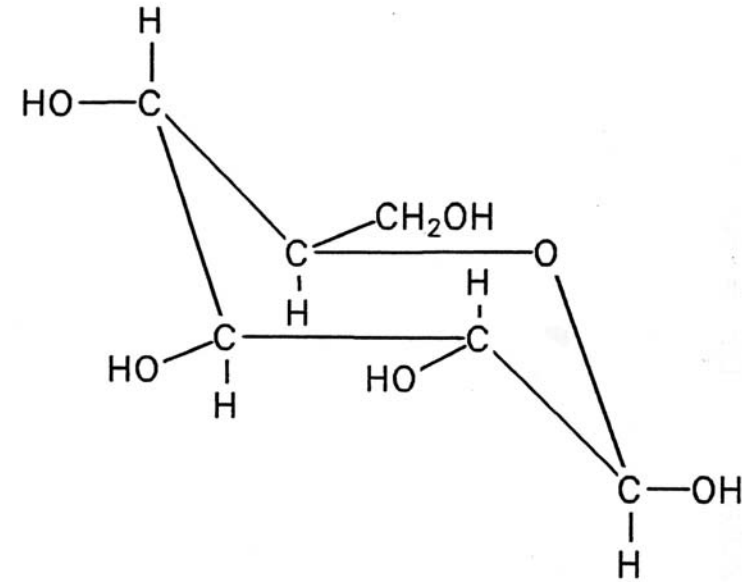
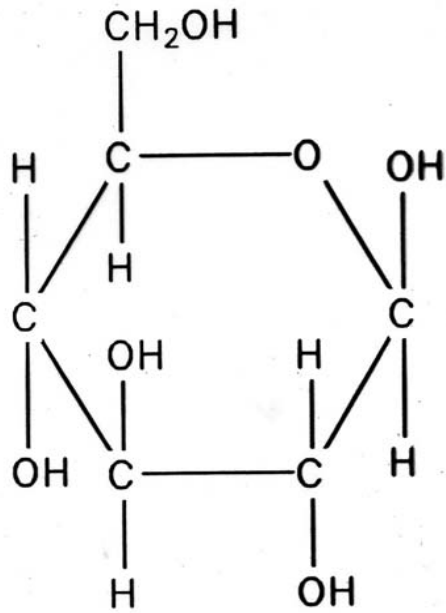
2-keto-3-deoxy-D-manno-2-octulosonic acid (Kdo)



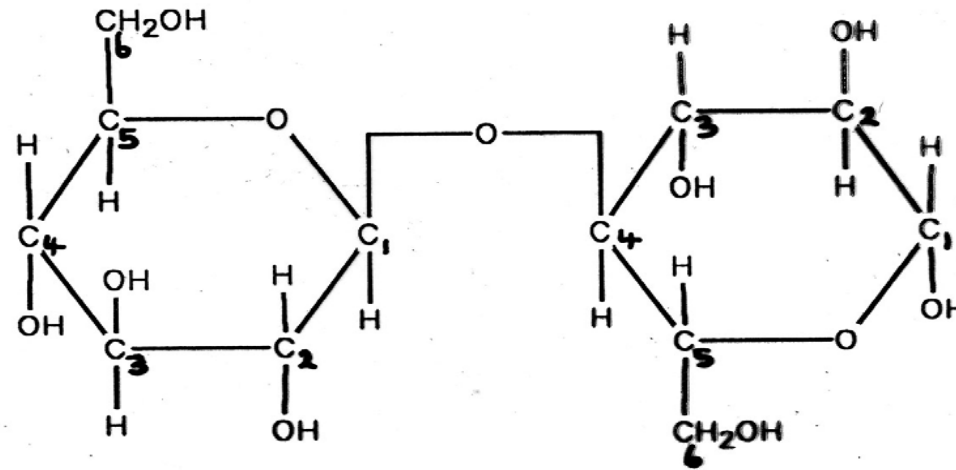
3-deoxy-D-lyxo-2-heptulosaric acid (Dha)



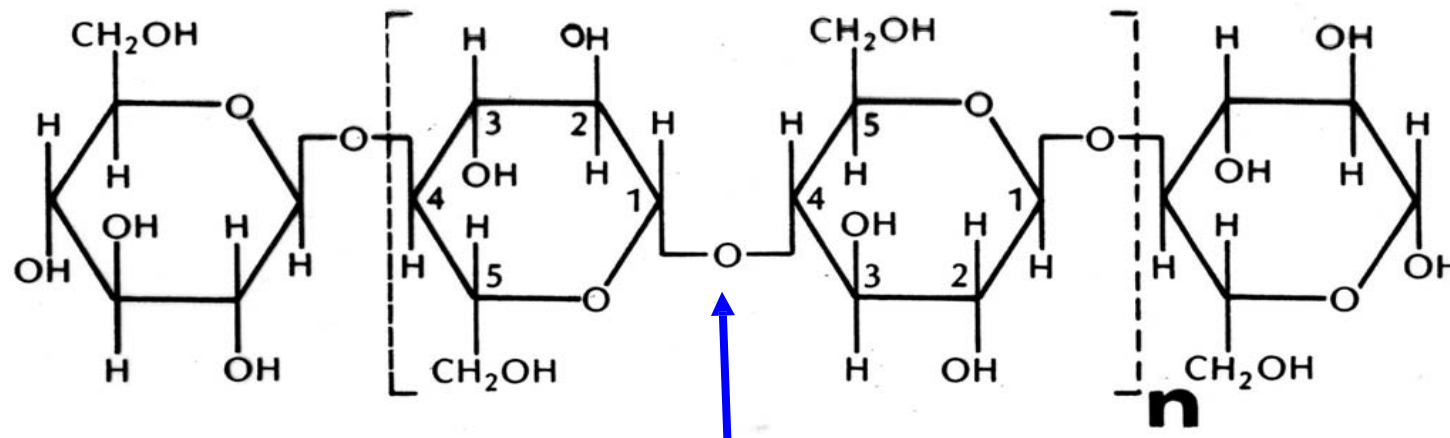
# Γλυκόζη (*glucose*)



# Κελλοβιόζη (μονάδα)

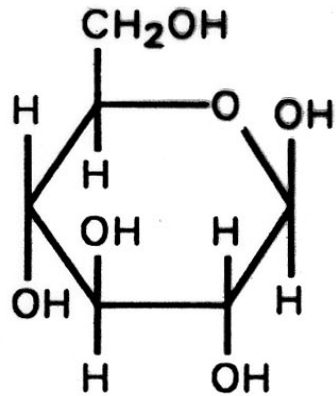


# Κυτταρίνη

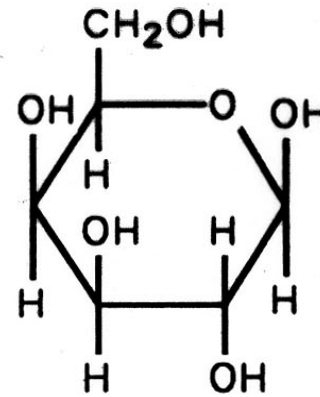


1-4 γλυκοζιτικός δεσμός

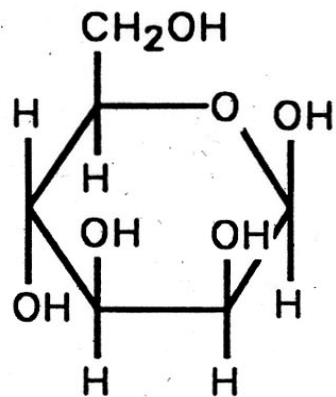
# Ημικυτταρίνες (απλά σάκχαρα)



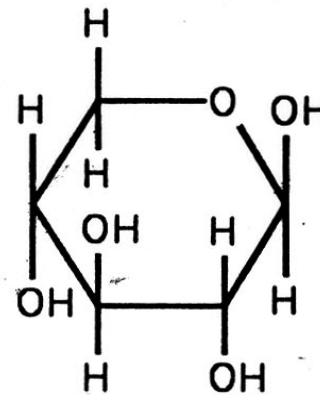
Γλυκόζη



Γαλακτόζη



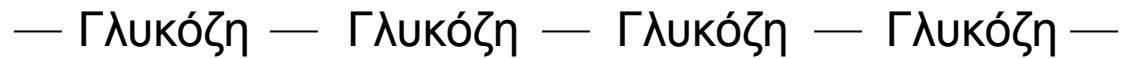
Μαννόζη



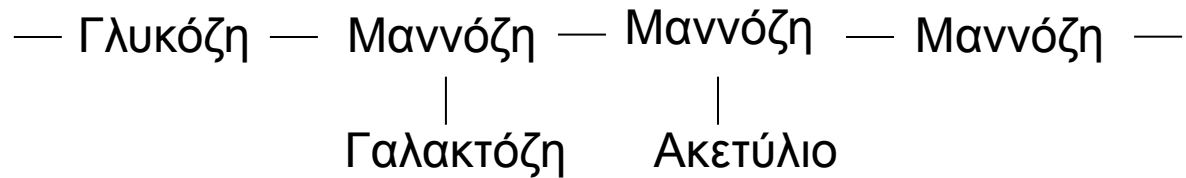
Ξυλόζη

# Χημική δομή **κυτταρίνης & ημικυτταρινών**

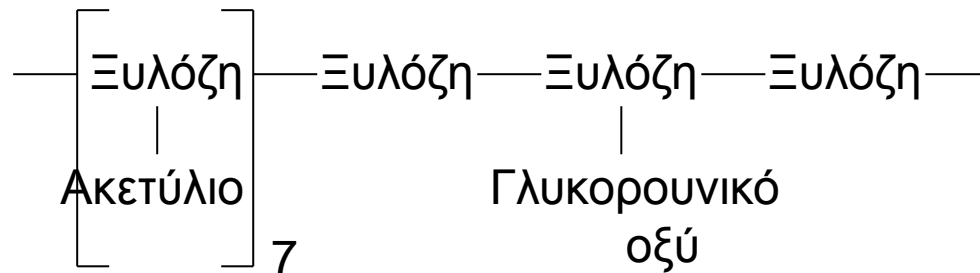
## **Κυτταρίνη**



## **Ημικυτταρίνη Κωνοφόρων (π.χ. Γλυκομαννάνη)**

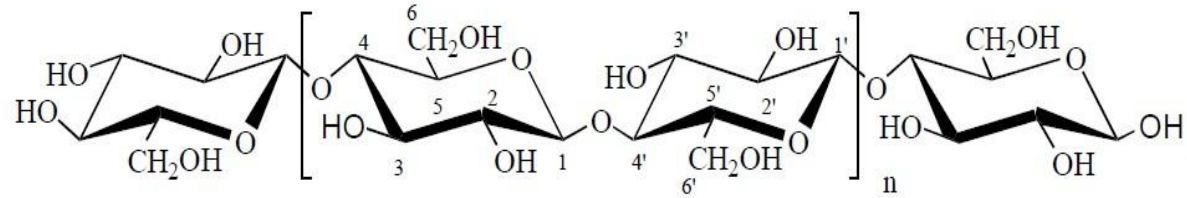


## **Ημικυτταρίνη Πλατυφύλλων (π.χ. Ξυλάνη)**

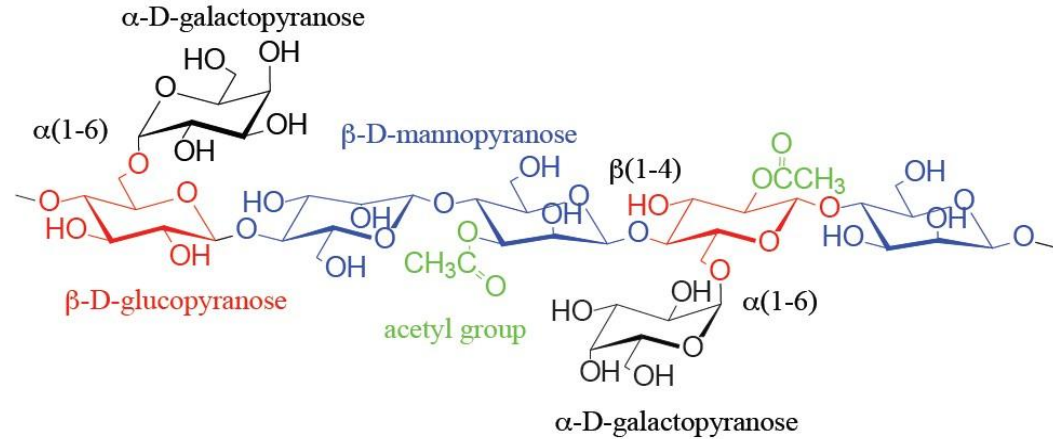


# Χημική δομή κυτταρίνης & ημικυτταρινών

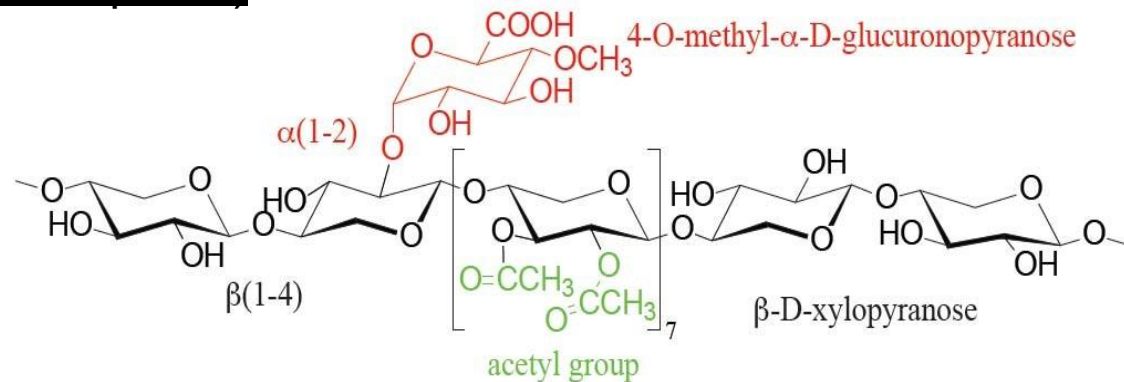
## Κυτταρίνη



## Ημικυτταρίνες (κωνοφόρα)



## Ημικυτταρίνες (πλατύφυλλα)



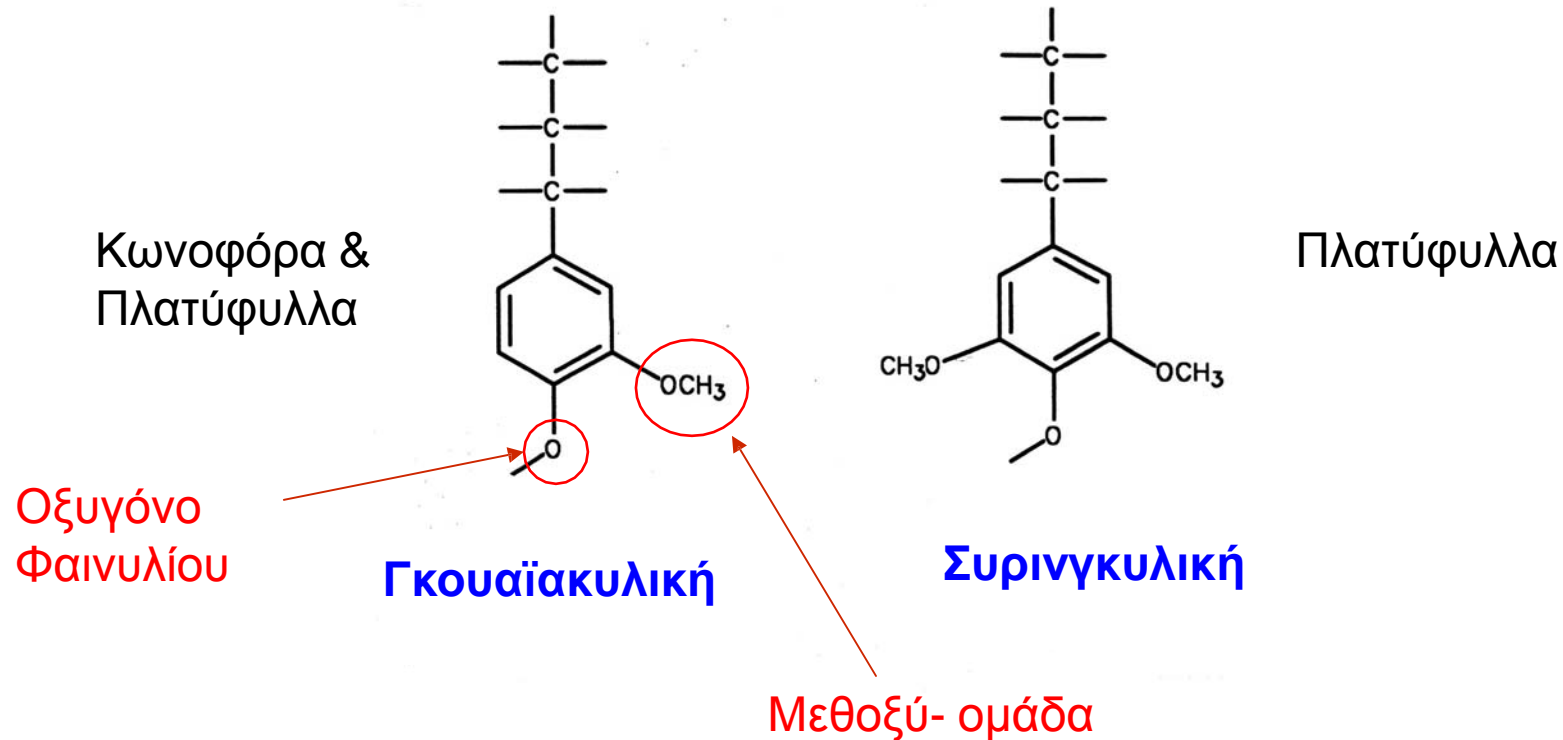


## Σύγκριση Ημικυτταρινών με τη Κυτταρίνη

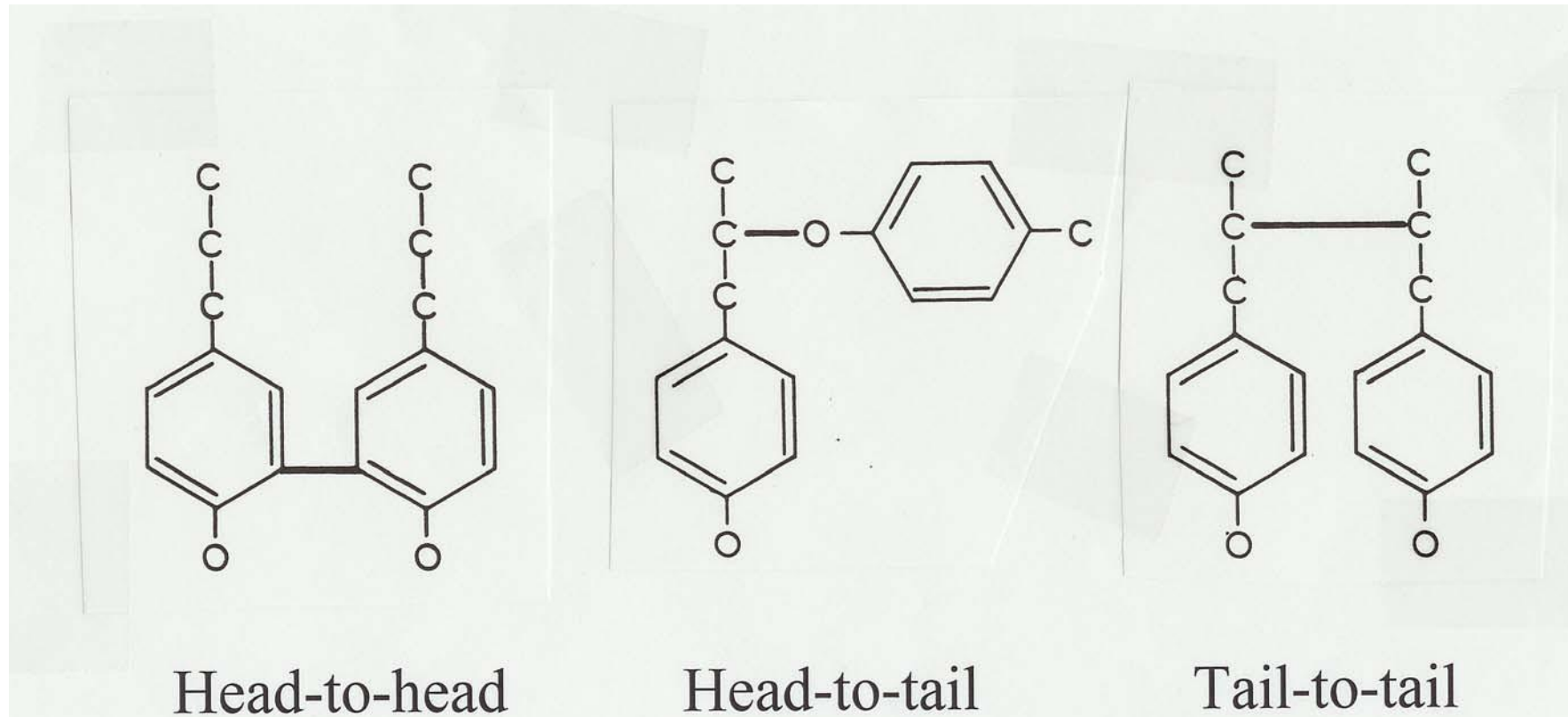
- Διαθέτουν επιπλέον μονάδες σακχάρων
- Με χαμηλό βαθμό πολυμερισμού (150-200)
- Επιπλέον χημικές μονάδες (ακετυλικές, κ.α)
- Είναι διακλαδιζόμενα πολυμερή
- Πολύ λιγότερο κρυσταλλικές ενώσεις

**Λιγνίνη:** 3-D βασικό πολυμερές του ξύλου, τρισδιάστατο, αποτελούμενο από τρεις μονάδες **φαινυλοπροπανίων** (*phenylpropane units*), που διαφέρει σημαντικά στα κωνοφόρα και τα πλατύφυλλα ξύλα. Δομούν τη μεσοκυττάρια στρώση στα ξυλώδη κύτταρα, και είναι η «**φυσική συγκολλητική ουσία**» του ξύλου. Βρίσκονται πάντα μαζί με την κυτταρίνη, και ποτέ δεν βρίσκεται μόνη της στη φύση. Στα κωνοφόρα ξύλα απαντάται σε ποσοστό 30%±4%, και στα πλατύφυλλα ξύλα της εύκρατης ζώνης σε ποσοστό 20%±3%.

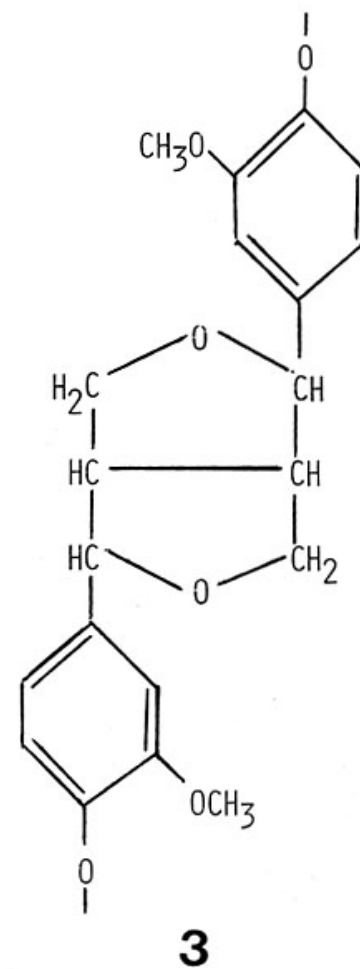
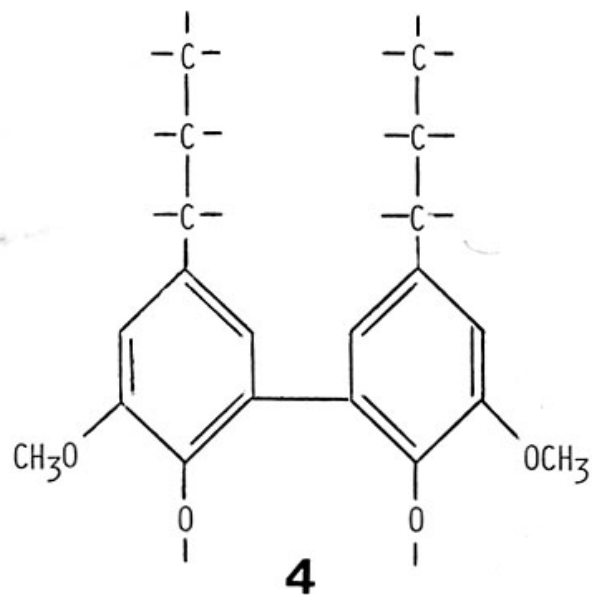
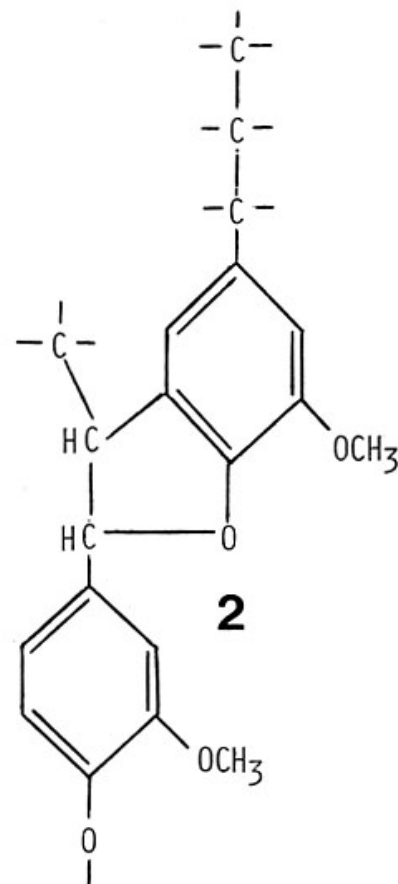
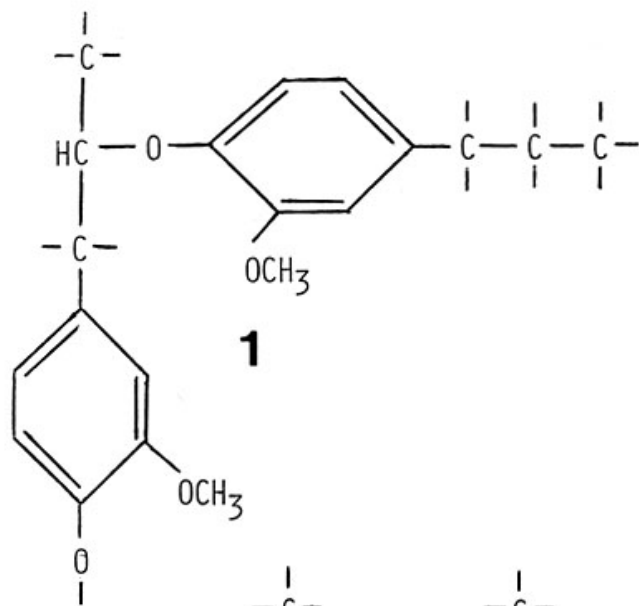
### ΦΑΙΝΥΛΟΠΡΟΠΑΝΙΑ



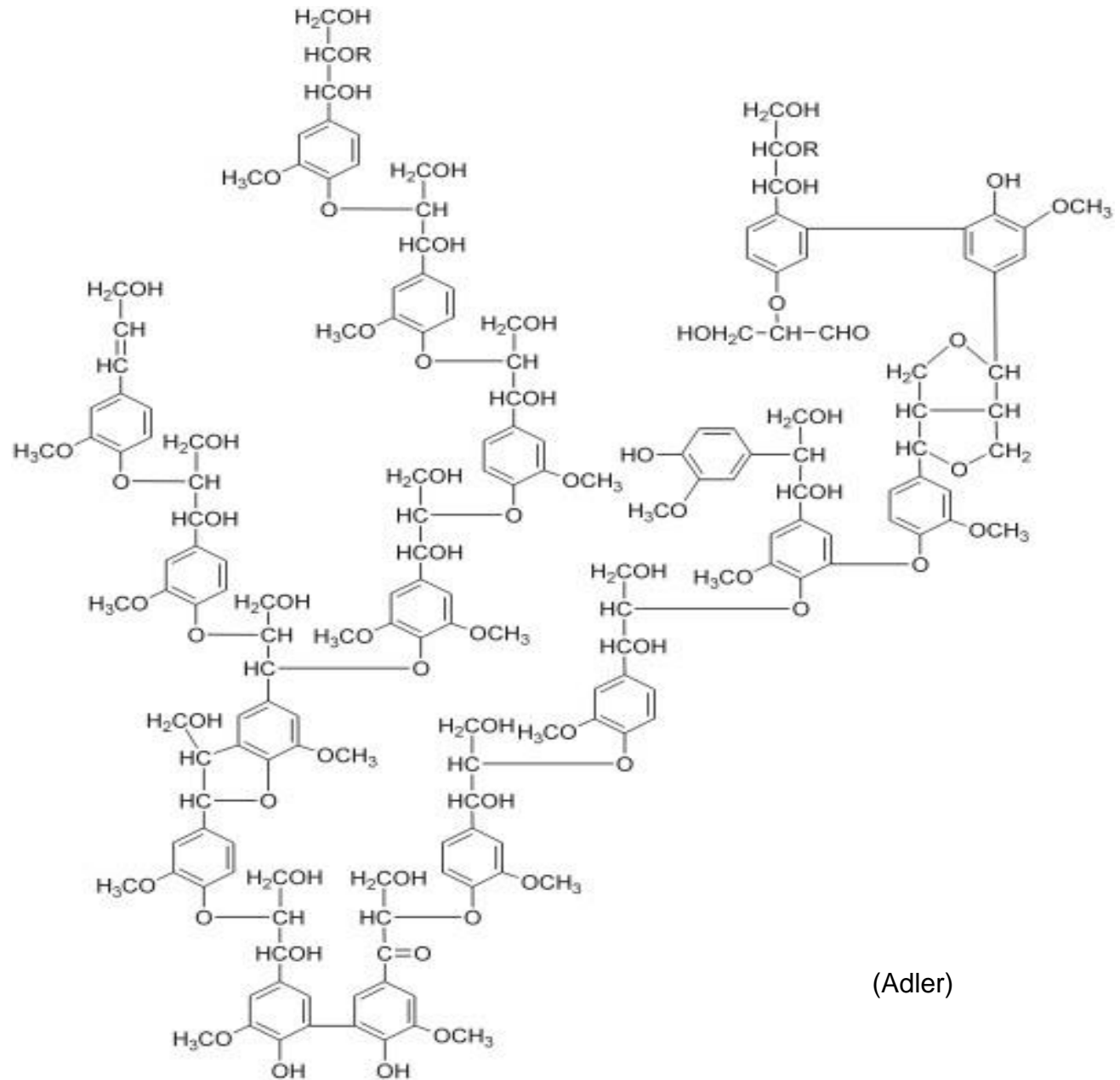
# Χημικοί δεσμοί στο μακρομόριο της **Λιγνίνης**



# Χημικοί δεσμοί στο μακρομόριο της Λιγνίνης

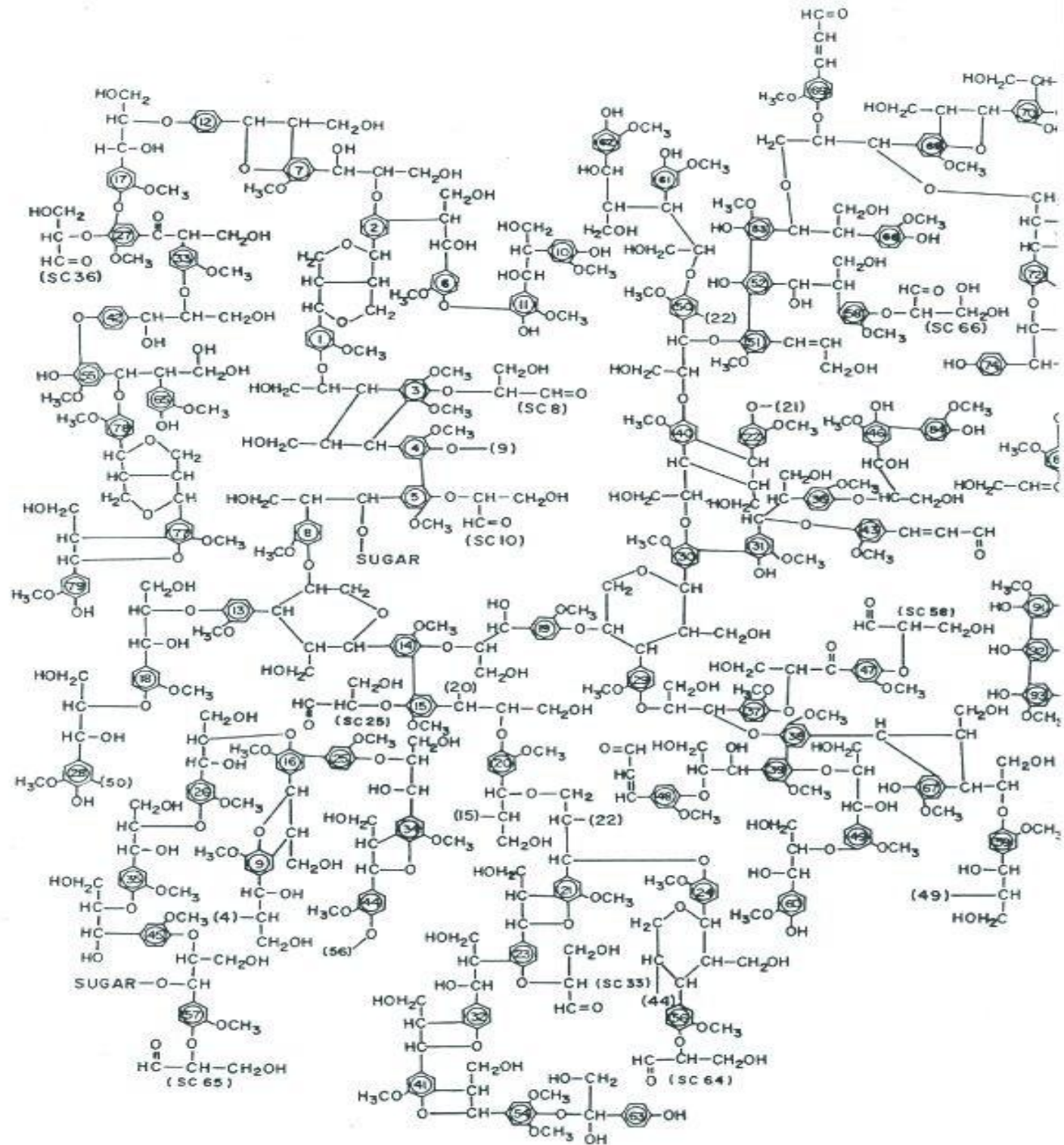


# \* Μοντέλο Λιγνίνης



(Adler)

# Μοντέλο Λιγνίνης





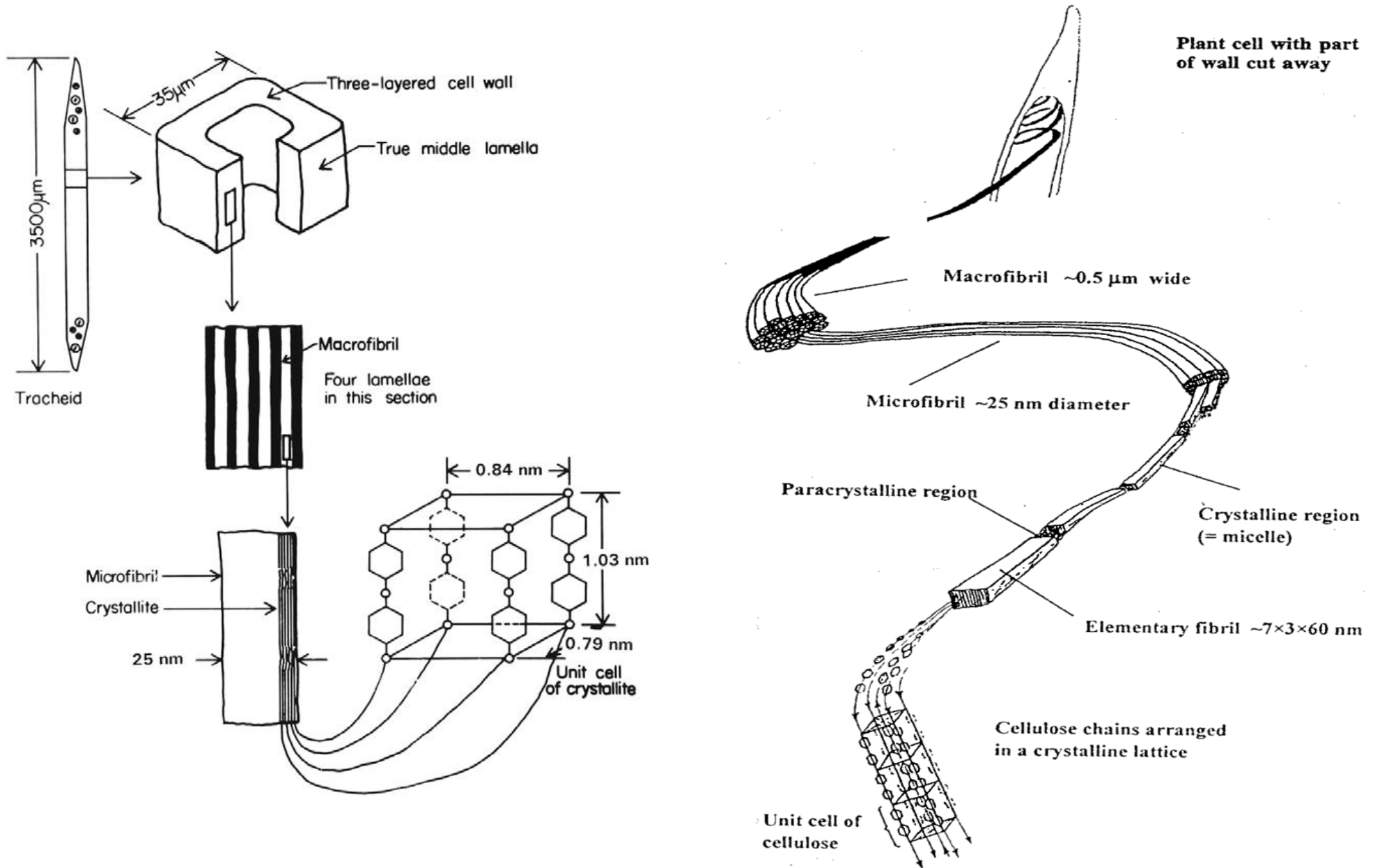
## Περιγραφή **πολυμερών** του ξύλου

<i>Πολυμερές:</i>	<b><i>Κυτταρίνη</i></b>	<b><i>Ημικυτταρίνες</i></b>	<b><i>Λιγνίνη</i></b>
<b><i>Μονάδα δόμησης</i></b>	Γλυκόζη	Γλυκόζη, Μαννόζη Ξυλόζη κ.α.	Φαινυλοπροπάνιο
<b><i>Σχήμα</i></b>	Γραμμική	Διακλαδισμένες (πλευρικά μέρη)	Τρισδιάστατη
<b><i>Διάταξη</i></b>	Κρυσταλλική	Άμορφες & Ημικρυσταλλικές	Άμορφη
<b><i>Ποσοστό (%)</i></b>	45-50	20-35	20-35
<b><i>Βαθμός Πολυμερισμού</i></b>	10,000	150-200	πολύ μεγάλος

## Χημική Σύσταση του Ξύλου

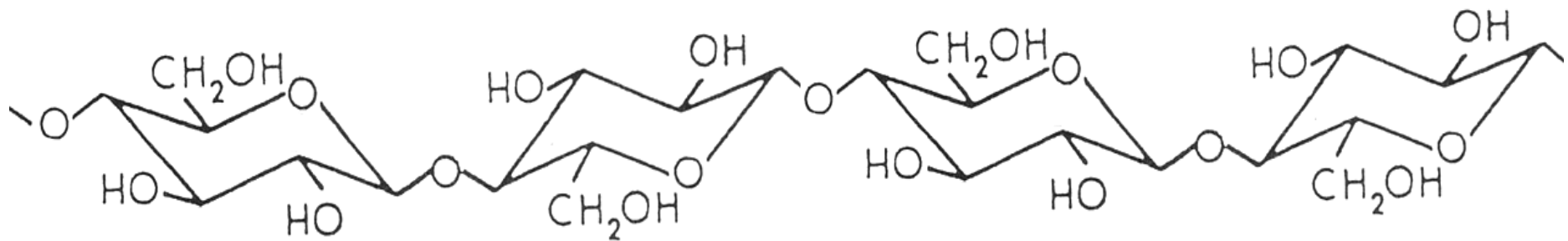
	<b>Κωνοφόρα (Softwoods)</b>	<b>Πλατύφυλλα (Hardwoods)</b>
Κυτταρίνη	45-50%	45-50%
Ημικυτταρίνες	18-25%	25-35%
Λιγνίνη	25-35%	20-25%

# \* Μελέτη σε επίπεδο Μικρο- & Νανο- κλίμακας

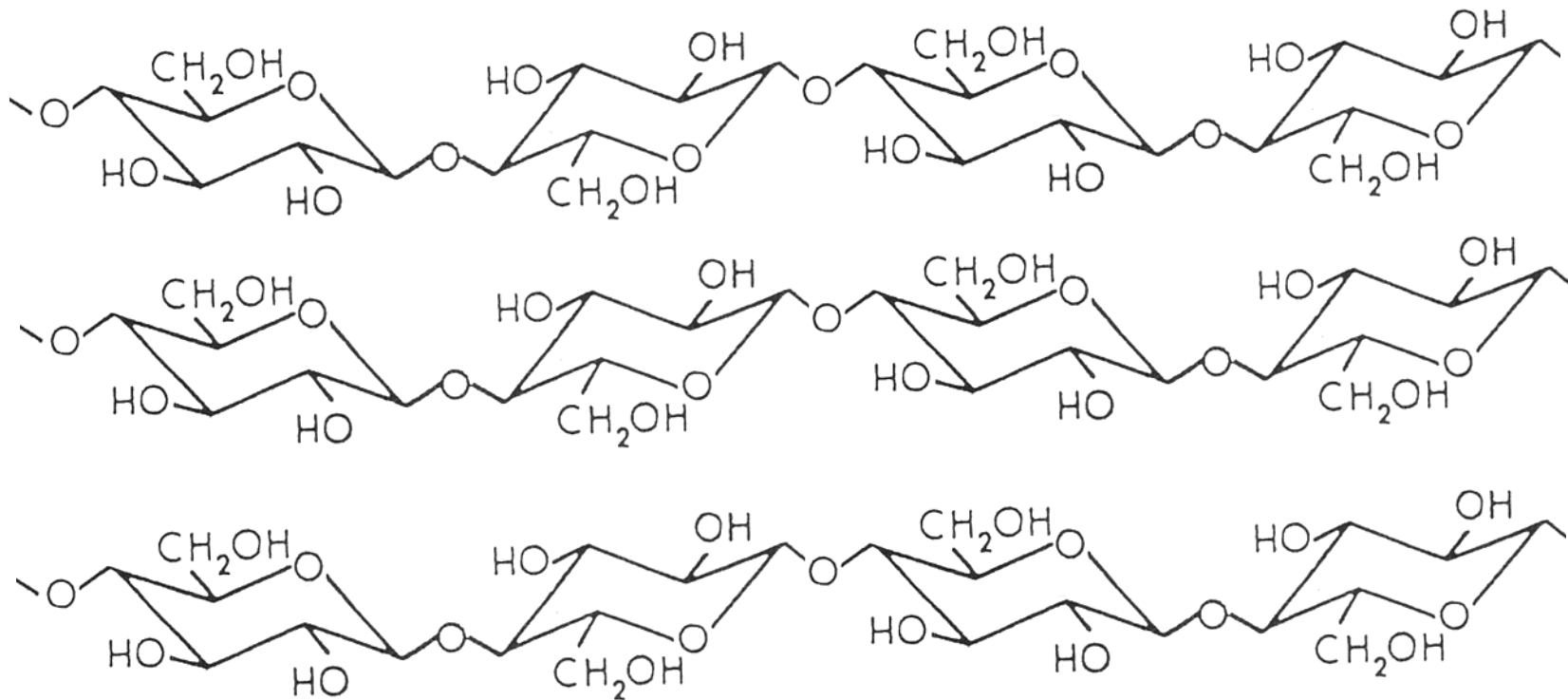


# Κυτταρίνη (*chair*)

--- Γλυκόζη ----- Γλυκόζη ----- Γλυκόζη ----- Γλυκόζη ---



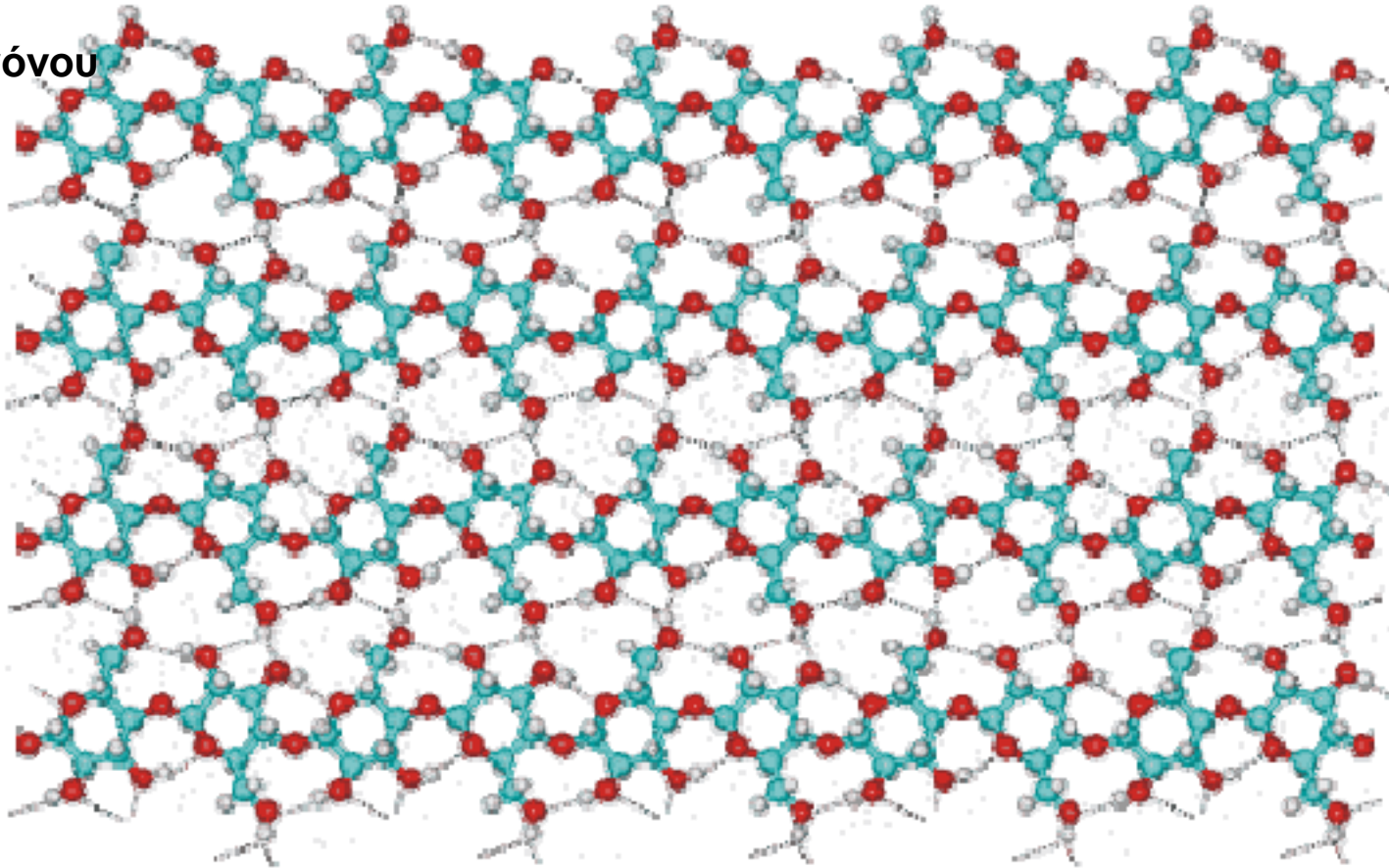
# Κυτταρίνη



# Κυτταρίνη

Μεταξύ-μορίων

Δεσμοί Υδρογόνου



Ομοιοπολικοί δεσμοί



Εντός-μορίων Δεσμοί Υδρογόνου





# Υπομικροσκοπική δομή (Μικροϊνίδια)

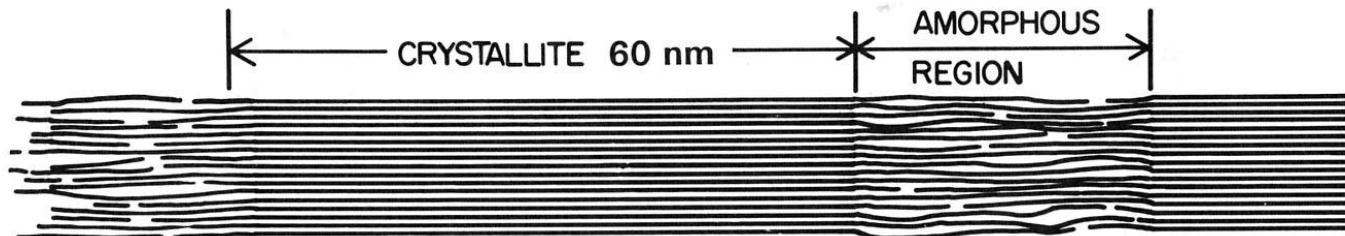
**CROSS-SECTION**



**LENGTHWISE-SECTION**

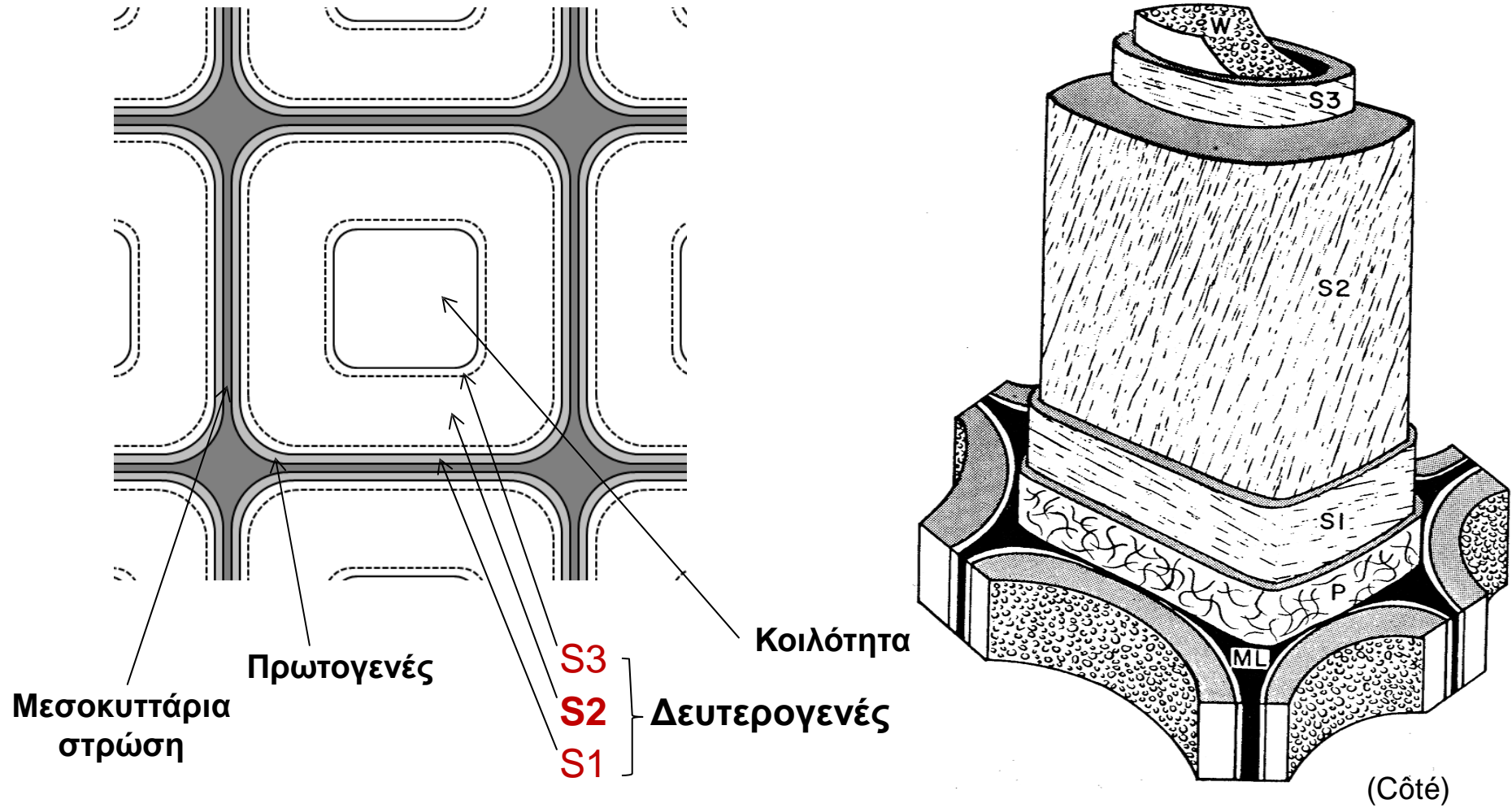


- Cellulose chains
- - - Hemicellulose chains
- ⊞ Lignin



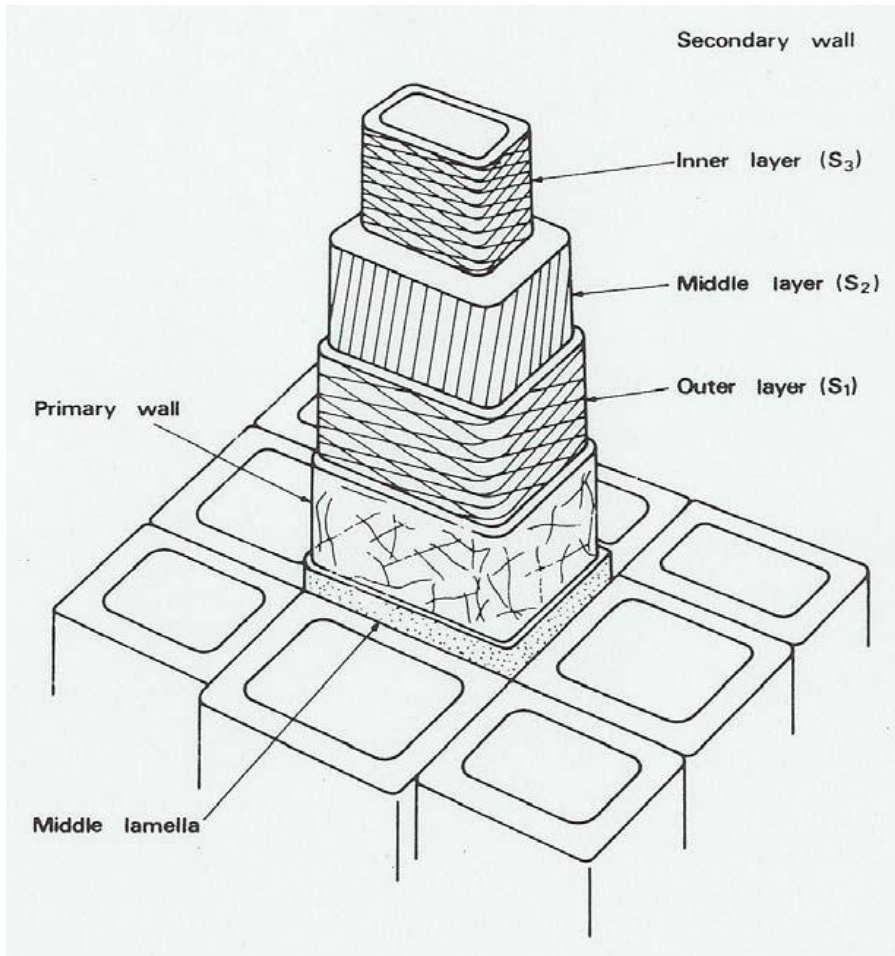


# Κυτταρικό Τοίχωμα (cell wall)





# Στρώσεις κυτταρικού τοιχώματος

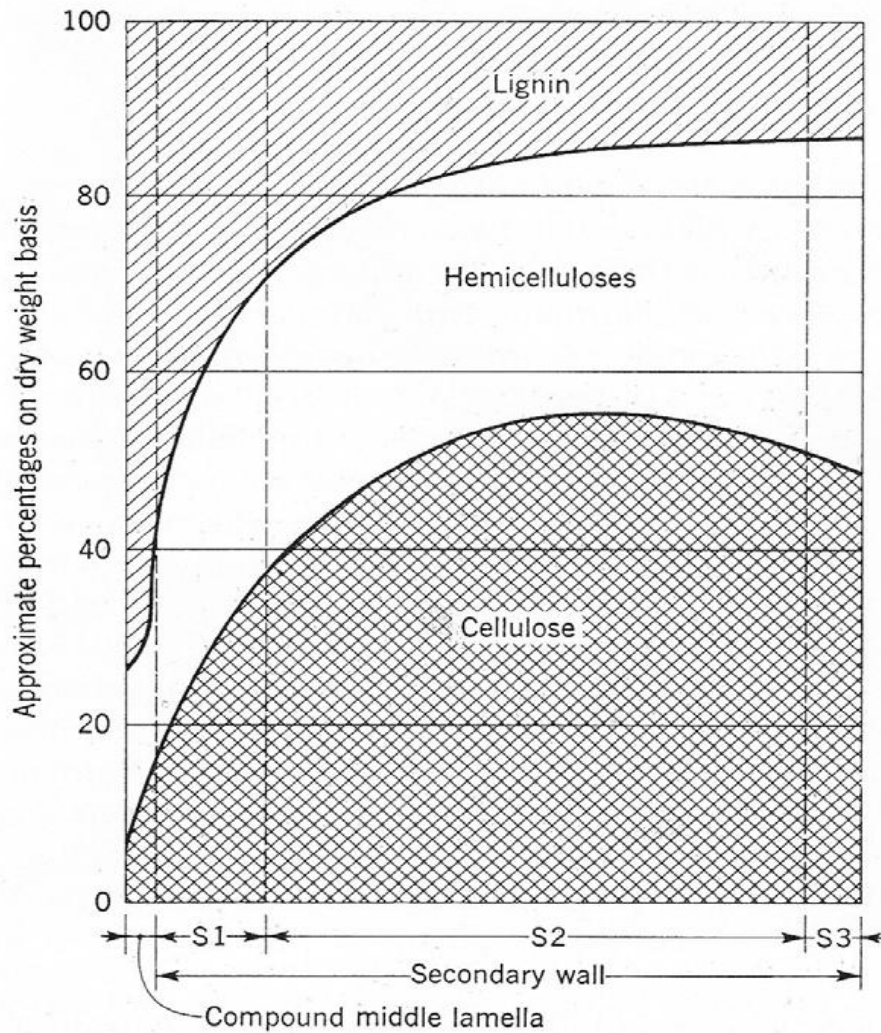


Στρώση	Αριθ. Μικροϊν.	%	Γωνία $\theta$	Σπειροειδ.	Διάταξη
<b>TML</b>	---	ΠΟΙΚΙΛΛΕΙ	---	---	καμία
<b>P</b>	---	5	---	---	μικρή
<b>S1</b>	4-6	7	50-70°	S + Z	μέτρια
<b>S2</b>	30-150	85	10-30°	Z	π. υψηλή
<b>S3</b>	2-4	3	60-90°	S + Z	μέτρια

(Princes Risborough Laboratory)

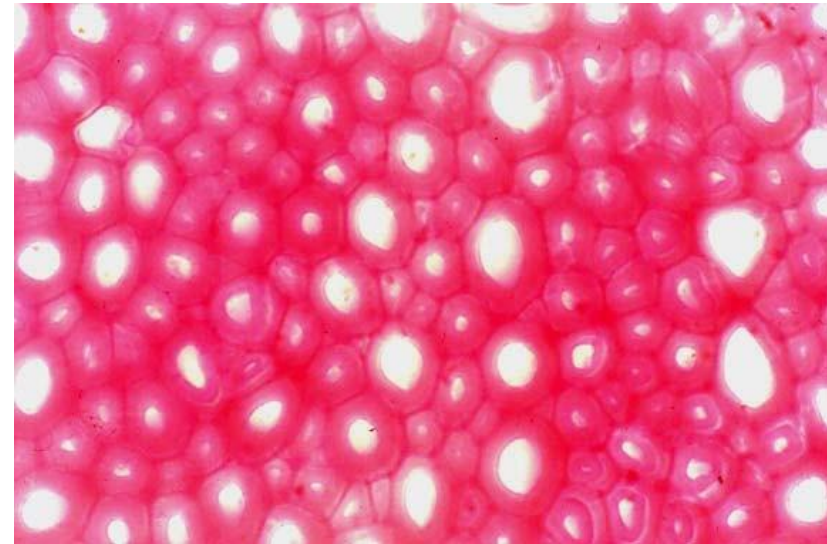


# Κατανομή πολυμερών στο **κυτταρικό τοίχωμα**



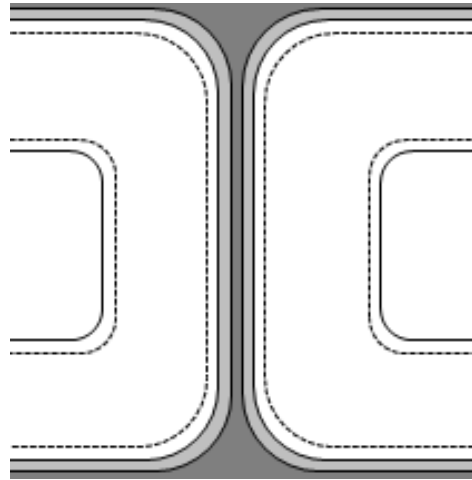
**Κατανομή των πολυμερών του ξύλου  
στα κυτταρικά τοιχώματα**

(Panshin & de Zeeuw)

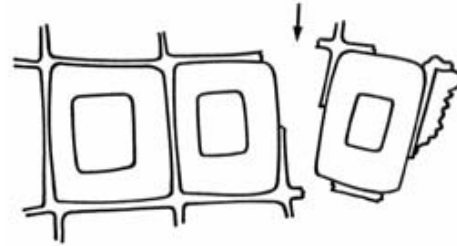


**Κατανομή της λιγνίνης στο κυτταρικό  
τοιχώμα (σκουρότερο → περισσότερη λ.)**

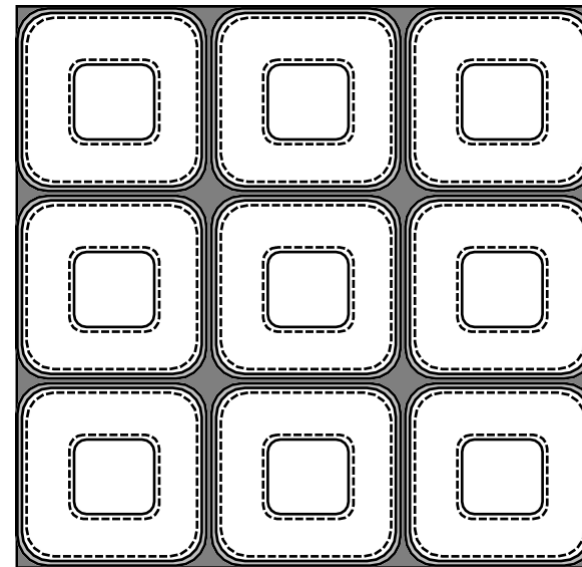
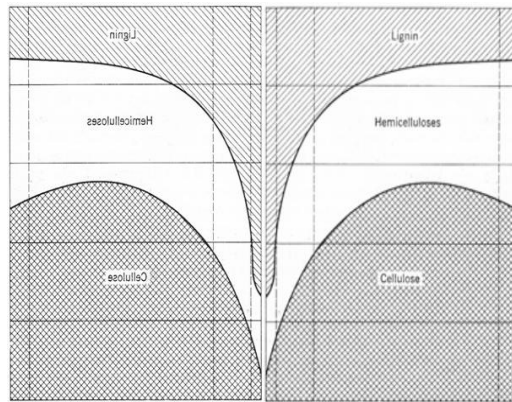
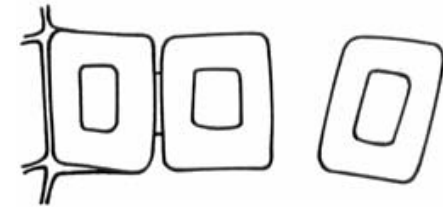
# Κατανομή λιγνίνης – επηρεάζεται η πολτοποίηση;



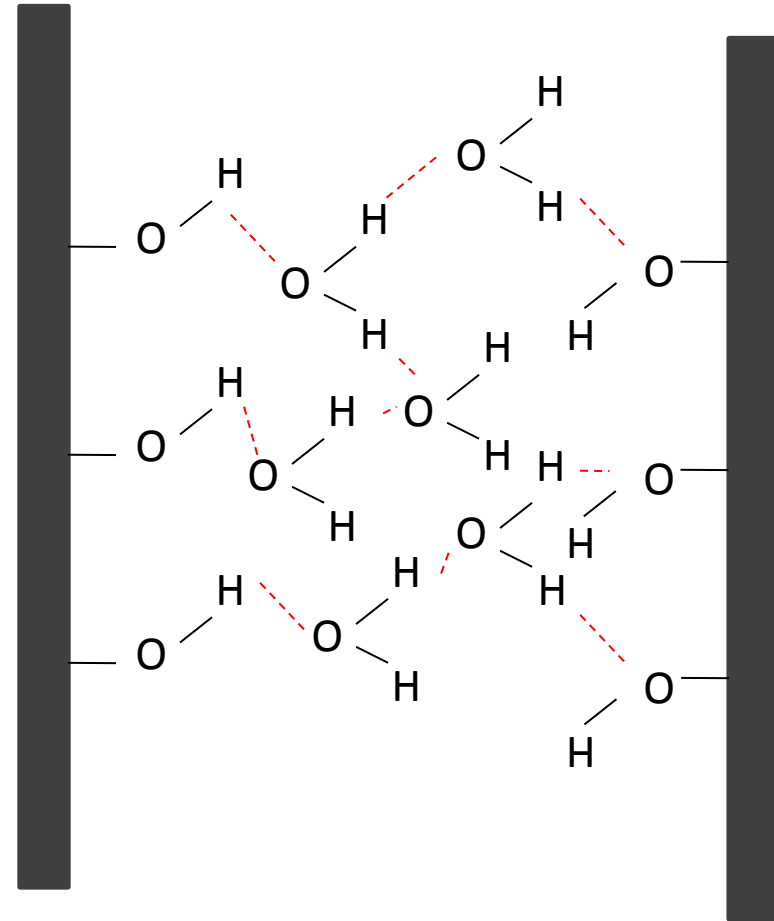
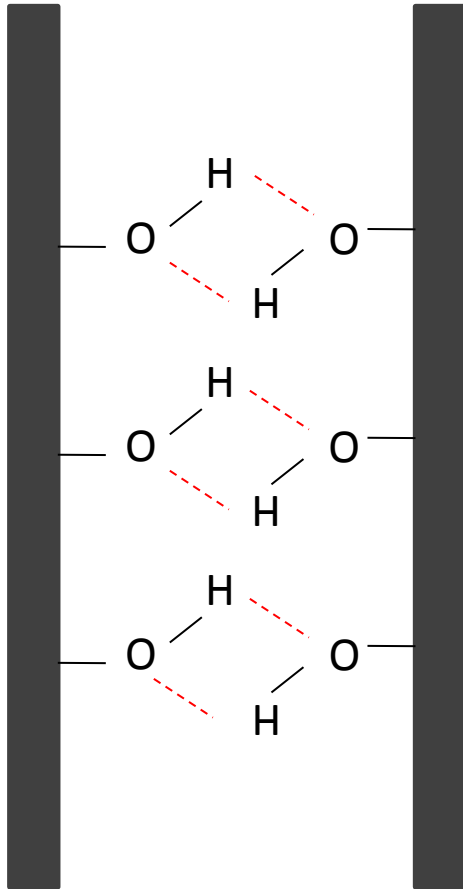
Μηχανική Πολτοποίηση



Χημική Πολτοποίηση

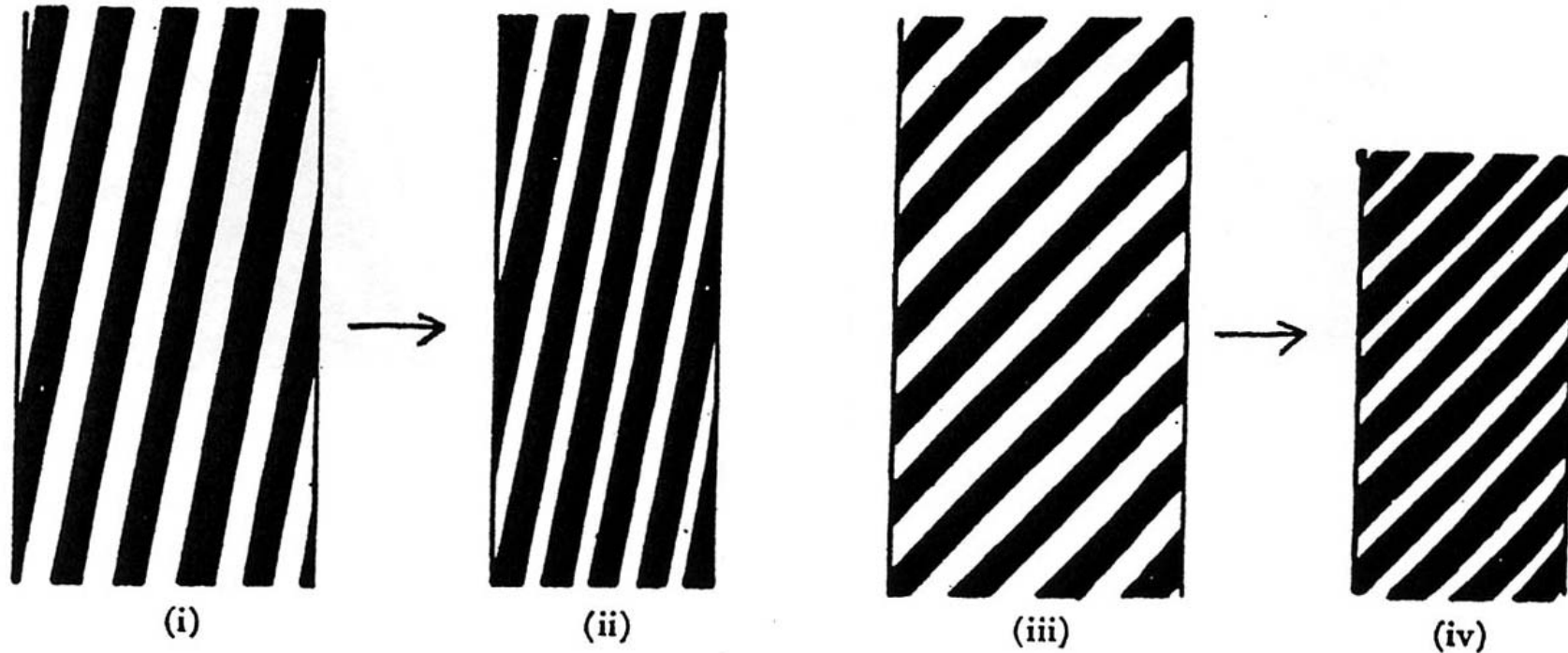


# Διόγκωση του ξύλου σε νερό



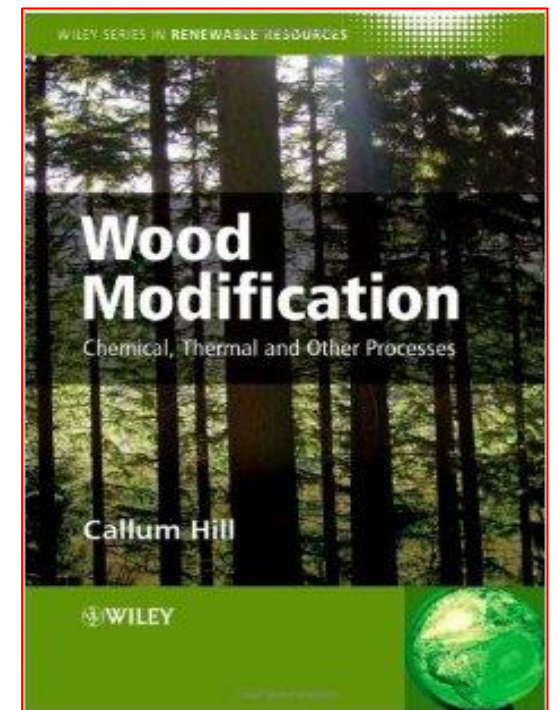
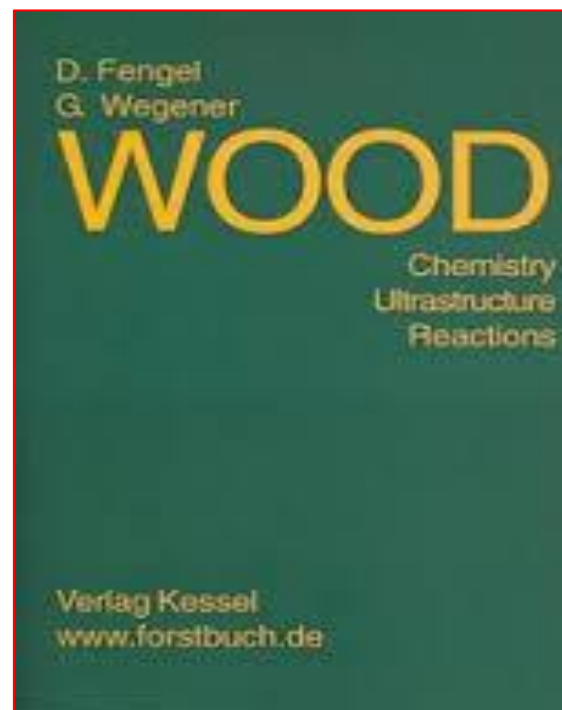
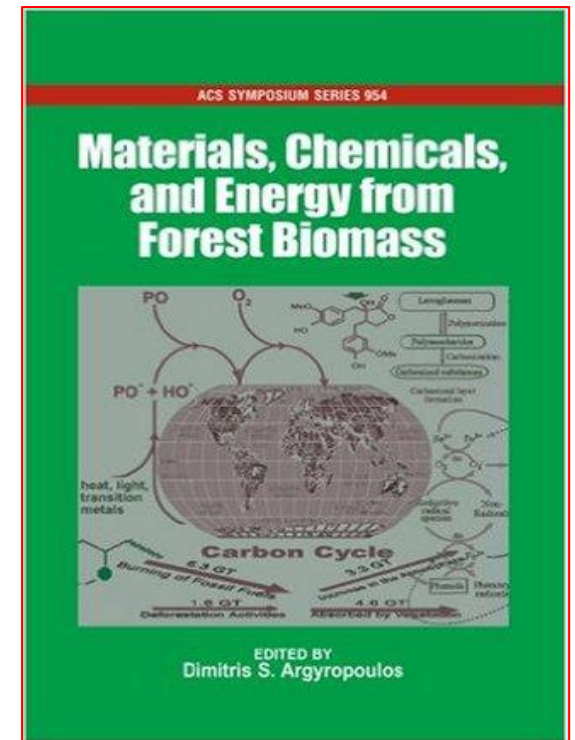
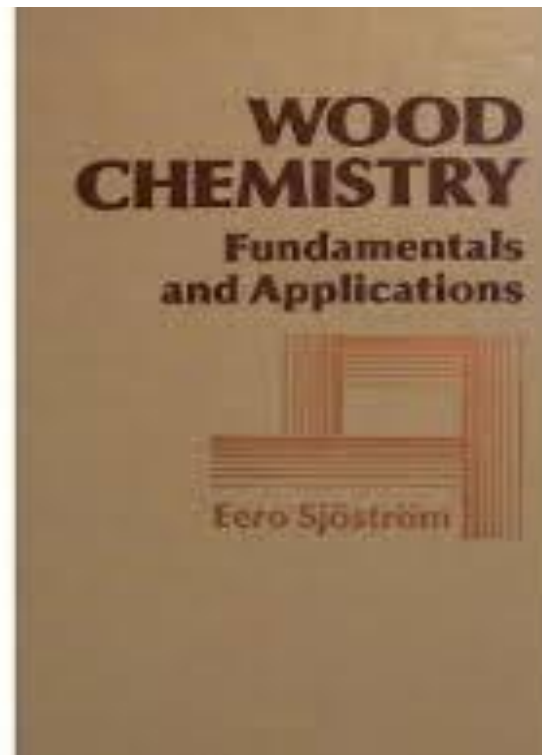
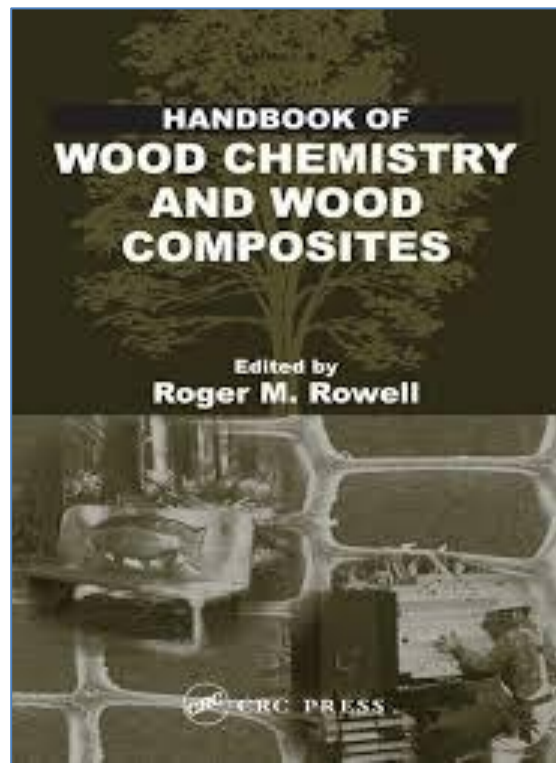


# Γωνία Μικροϊνιδίων (MFA)



$S_2\theta$  : μικρή γωνία συνήθως.  
Οδηγεί σε αμελητέα αξονική ρίκνωση

$S_2\theta$  : μεγάλη γωνία σπανιότερα.  
Οδηγεί σε μεγάλη αξονική ρίκνωση



# *«Προϊόντα Χημικής Τεχνολογίας Ξύλου»*

διδάσκων: Καθηγητής Γ. Μαντάνης, ΤΕΙ Θεσσαλίας

Ιστοσελίδα:

[www.teilar.gr/~mantanis/Ximiki.htm](http://www.teilar.gr/~mantanis/Ximiki.htm)

Greek Wood Scientists:

[www.teilar.gr/~mantanis/Greek-Wood-Scientists.pdf](http://www.teilar.gr/~mantanis/Greek-Wood-Scientists.pdf)