



# Ειδικά θέματα δομικών υλικών

## Ενότητα 2 : Ξύλο

Νικόλαος Οικονόμου, Μαρία Στεφανίδου, Σοφία Μαυρίδου  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

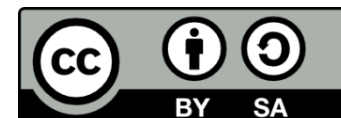


Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Περιεχόμενα ενότητας

1. Γενικά στοιχεία παραγωγής ξύλου
2. Ιδιότητες ξύλου
3. Έλεγχοι ιδιοτήτων ξύλου
4. Εφαρμογές/ χρήσεις ξύλου
5. Προστασία και συντήρηση ξύλινων επιφανειών



# Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με το ξύλο ως δομικό υλικό
- Μελέτη και γνώση βασικών ιδιοτήτων του ξύλου
- Μελέτη και γνώση βασικών ελέγχων ποιότητας του ξύλου
- Εξοικείωση με χρήσεις/ εφαρμογές ξύλου ως δομικού υλικού
- Λήψη μέτρων για την προστασία και συντήρηση ξύλινων επιφανειών



# Γενικά στοιχεία

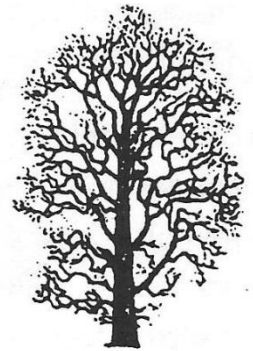
Ξύλο: ένα από τα παλαιότερα δομικά υλικά.

Παλαιότερες ξύλινες κατασκευές, άλλοτε ως οριζόντια και κατακόρυφα διαζώματα ενίσχυαν λιθοδομές και άλλοτε ως διαμπερή πλαίσια όριζαν την εσωτερική περίμετρο ανοιγμάτων λίθινων κτιρίων.

Είναι οργανικό υλικό, προέρχεται από ζώντες οργανισμούς, τα δέντρα.



Κωνοφόρο



Πλατύφυλλο

Πηγή: Κατσαραγάκης Ελ., (2000)



# Γενικά στοιχεία

Πάνω: Ξυλογέφυρα από την  
Ευρυτανία

Κάτω: Κατασκευή πέτρινου  
γεφυριού με υποστήριξη ξύλινου  
σκελετού

Φωτογραφίες που παραχωρήθηκαν ευγενικά  
από τον κ. Αντωνόπουλο Νίκο

(Πηγή: Παυλογεωργάτος Γ., 2012)



# Πρώτες ύλες -1 από 2-

Το υλικό του ξύλου αποτελείται από άπειρες κυτταρικές ίνες κατά την κατεύθυνση του άξονα του δέντρου.

Οι κυτταρικές ίνες είναι τοιχώματα κυττάρων, τα οποία αποτελούνται από μακρομόρια **κυτταρίνης**, σε ποσοστό  $40 \div 50$  % του βάρους του ξηρού ξύλου, ενωμένα σε μακρές αλυσίδες ελικοειδούς μορφής με προσανατολισμό γύρω από τον άξονα των κυττάρων.

Οι ίνες περιβάλλονται από **ημικυτταρίνη** σε ποσοστό  $15 \div 30$  % και συνδέονται μεταξύ τους με μια περίπλοκη χημική ένωση τη **λιγνίνη** σε ποσοστό  $20 \div 35$  %.





# Πρώτες ύλες -2 από 2-

Στις κυτταρικές ίνες οφείλονται οι σχετικά μεγάλες μηχανικές αντοχές του ξύλου και ειδικότερα του εφελκυσμού και στη λιγνίνη η βελτίωση της αντοχής σε θλίψη.

Η λιγνίνη ως υλικό έχει μικρές μηχανικές αντοχές και στη διαφορά αυτή από τις κυτταρικές ίνες, οφείλει το ξύλο τη διαφορετική μηχανική αντοχή παράλληλα και εγκάρσια στις ίνες.

Στο ξηρό ξύλο υπάρχουν πολυσακχαρίτες αλυσιδωτής μορφής σε ποσοστό 20 % περίπου για τη συγκόλληση των τοιχωμάτων των κυττάρων και μικρές ποσότητες ρητίνης, λίπους κ.λ.π. στα τοιχώματα ή στα κοιλώματα των κυττάρων.



# Παραγωγική διαδικασία-1 από 3-

- Η ξυλεία παράγεται από τους κορμούς των δέντρων. Η υλοτομία γίνεται κατά τμήματα δάσους, σε χώρες πλούσιες σε δάση.
- Η κοπή των δέντρων γίνεται οποιαδήποτε εποχή και εκτελείται στο χαμηλότερο σημείο του κορμού. Μετά την κοπή του δέντρου αφαιρούνται η κορυφή και τα μικρά κλαδιά και έπειτα αποκόπτονται τα μεγάλα κλαδιά που μαζί με τον κορμό θα δώσουν τη δομική ξυλεία.
- Στη συνέχεια γίνεται αποφλοιώση και μεταφορά στα εργοστάσια παραγωγής ξυλείας.

Για **στρογγύλη ξυλεία**: οι κορμοί αποφλοιώνονται και εξομαλύνονται επιφανειακά με πέλεκυ ή πριόνι ώστε να αφαιρεθούν τυχόν εξογκώματα.

**Πελεκητή ξυλεία**: οι κορμοί αποφλοιώνονται και πελεκίζονται σε ορθογωνικά τεμάχια με αφαίρεση των τεσσάρων εξωτερικών τμημάτων.

**Πριστή ξυλεία**: οι κορμοί απλά αποφλοιώνονται.



# Παραγωγική διαδικασία -2 από 3-

Εκεί, αφού ολοκληρωθεί ο τεμαχισμός, το ξύλο υποβάλλεται σε ειδικές κατεργασίες, ώστε να εξασφαλιστεί η καλύτερη εφαρμογή των χρήσεών του.

- ✓ Έκπλυση
- ✓ Ξήρανση και
- ✓ Πρίση(κοπή)-μόνο για την πριστή ξυλεία.

**Έκπλυση:** για απομάκρυνση χυμών που περιέχονται στα κύτταρά τους, αποφυγή σήψης καθώς και σκλήρυνση και απόκτηση αντοχής.



# Παραγωγική διαδικασία-3 από 3-

Ξήρανση του ξύλου: απομάκρυνση μέρους της περιεχόμενης υγρασίας, μείωση του βάρους του ξύλου και του κόστους μεταφοράς του, αύξηση των μηχανικών αντοχών του, ελάχιστη μεταβολή των διαστάσεών του και μη προσβολή από μικροοργανισμούς .

Το ποσοστό της υγρασίας, το οποίο επιτρέπεται να παραμείνει στο ξύλο μετά την ξήρανσή του, εξαρτάται από τη χρήση του.

Για εξωτερικά κουφώματα και στέγες πρέπει να κυμαίνεται από  $12 \div 18 \%$   
Για εσωτερικά κουφώματα, παρκέτα με κεντρική θέρμανση από  $8 \div 10 \%$ .

## Μέθοδοι ξήρανσης:

- φυσική,
- τεχνητή και
- χημική.



# Φυσική ξήρανση

Η ξυλεία στοιβάζεται σε αλληπάλληλες οριζόντιες στρώσεις, σε υπαίθριους ή ανοιχτούς στεγασμένους χώρους, σε κάποια απόσταση από το έδαφος και μεταξύ των στρώσεων παρεμβάλλονται πηχάκια, ώστε να επιτυγχάνεται φυσική κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος παρασύρει το εξατμιζόμενο νερό και αποφεύγεται η σήψη στα σημεία επαφής.



# Φυσική ξήρανση

Επίσης, αποφεύγεται η παραμόρφωση των ξύλων.

Ο χρόνος ξήρανσης εξαρτάται, κυρίως, από:

- το είδος του ξύλου,
- το κλίμα, αν είναι ξηρό ή υγρό, όπως και
- τη διάταξη των στρώσεων.

**Πλεονεκτήματα** : το ξύλο, διατηρεί το αρχικό χρώμα του και αυξάνει τις αντοχές του.

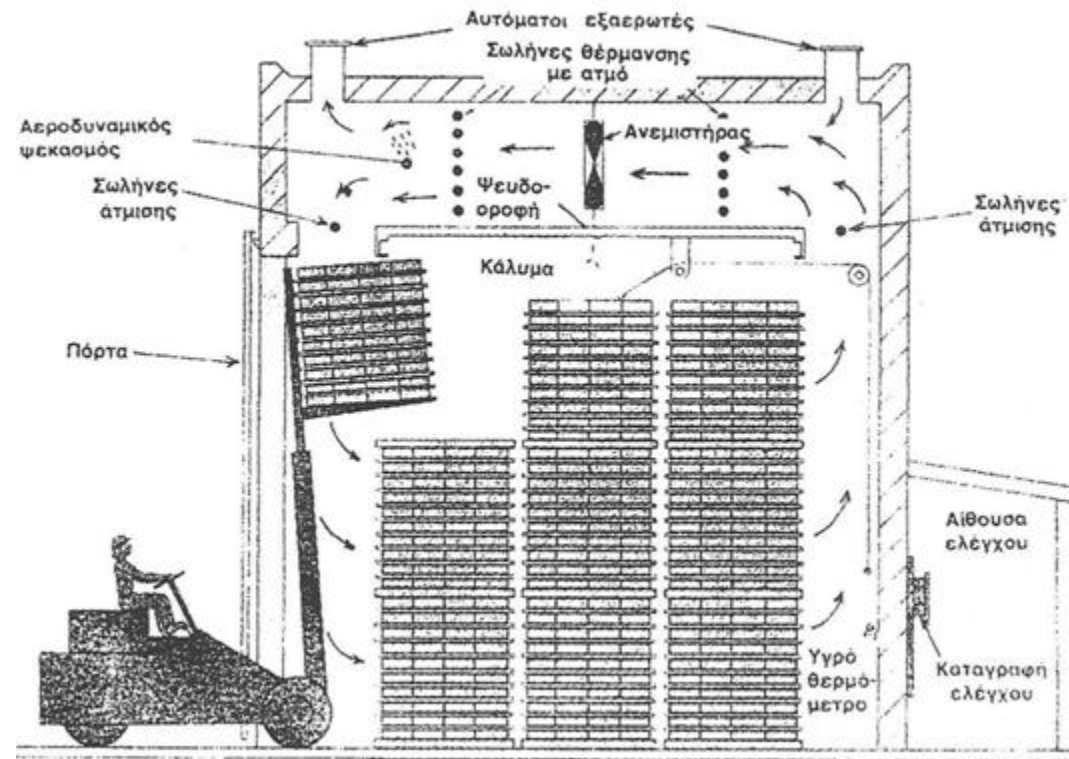
**Μειονεκτήματα**: απαιτούνται μεγάλοι χώροι για τη στοίβαξη των ξύλων, μακρύς χρόνος ξήρανσης, καθώς και η προσβολή του ξύλου από έντομα και μύκητες.



# Τεχνητή ξήρανση -1 από 2-

Η ξυλεία στοιβάζεται μέσα σε ειδικά ξηραντήρια, όπως και στη φυσική ξήρανση.

Η ξήρανση γίνεται με την κυκλοφορία θερμού αέρα ή ατμού ή καπνού, των οποίων ρυθμίζεται η θερμοκρασία και η παροχή.



Τυπικό ξηραντήριο θαλάμου τεχνητού αερισμού  
Πηγή: Σιμόπουλος, 1985.



# Τεχνητή ξήρανση -2 από 2-

Με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο χρόνος ξήρανσης, ελέγχεται αποτελεσματικά η περιεκτικότητα σε υγρασία, η ξήρανση γίνεται ομοιόμορφα και καταστρέφονται οι μύκητες και τα έντομα.

Με την τεχνητή ξήρανση είναι δυνατόν να παρατηρηθούν διάφορα σφάλματα, όπως αποχρωματισμός του ξύλου, αποφλοιώση, συστροφή, ραγάδες, σάπισμα, τα οποία αποφεύγονται όταν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

Διάρκεια (σε ημέρες) τεχνητής ξήρανσης πριστής ξυλείας πλατυφύλλων, τελική υγρασία 8%.

Είδος	Πάχος 25 mm			Πάχος 35 mm			Πάχος 50 mm		
	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ
Λεύκα	4	5	7	6	9	11	7	15	
Σημύδα	5	9	11	9	16	20	14	25	
Οξυά	5	9	12	9	15	20	11	27	
Σφενδάμι	5	8	10	8	12	15	10	22	
Φράξος	5	8	10	8	13	16	10	23	
Καρυδιά	6	14	19	11	23	30	14	40	
Δρυς	6	15	23	11	28	36	14	45	

A: ξυλεία ξηρή στον αέρα,

B: ξυλεία με αρχική υγρασία 30-40%,

Γ: ξυλεία χλωρή (αμέσως μετά την έξοδο από το πριστήριο).

Πηγή: Α. Τριανταφύλλου, (2008)





# Χημική ξήρανση

Εφαρμόζεται στο ξύλο διάλυμα κατάλληλης αβλαβούς χημικής ουσίας, όπως είναι η ουρία.

Η βασική διαφορά της από την τεχνητή ξήρανση είναι ότι η χημική αρχίζει από μέσα προς τα έξω, επειδή η τάση των ατμών του διαλύματος είναι μεγαλύτερη από την τάση των υδρατμών.

Πλεονεκτήματά της σε σχέση με την τεχνητή είναι ότι αποφεύγονται οι τάσεις συστολής και οι ρωγμές, όπως επίσης, ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε δοκίμια ξύλου με μεγάλες εγκάρσιες διατομές.

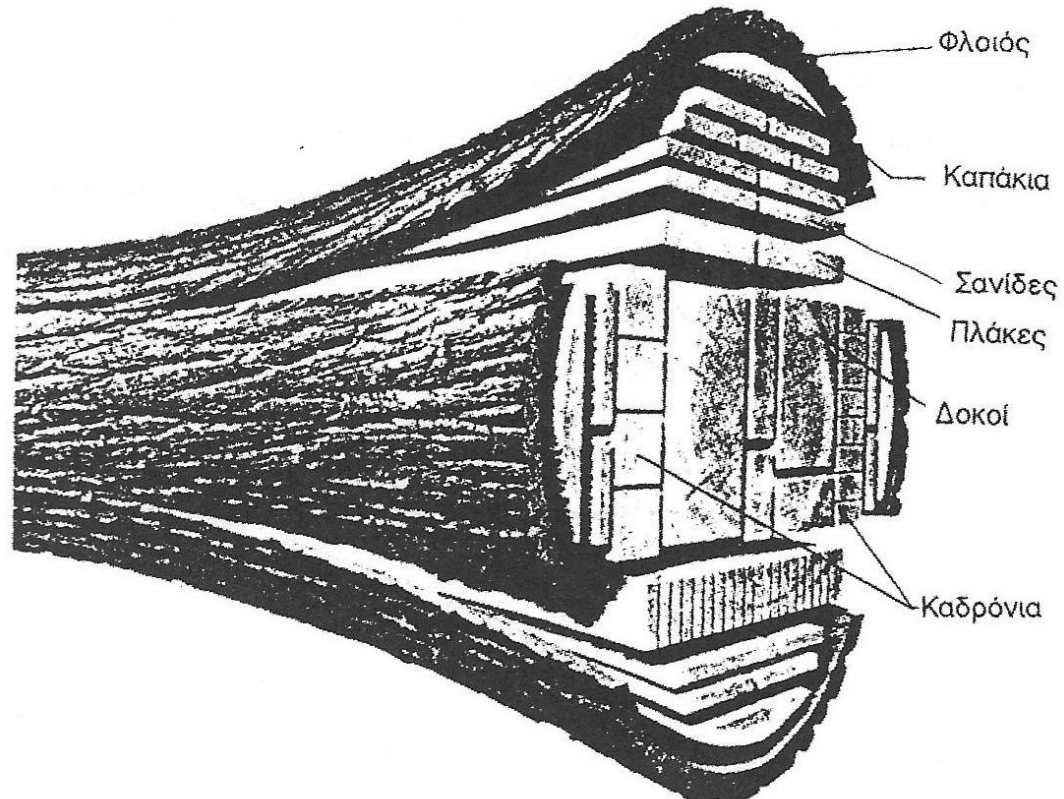


# Πρίση

- Συνήθως προηγείται της έκπλυσης και της ξήρανσης
- Γίνεται σε εργοστάσια με μηχανικά πριόνια

Προϊόντα:

- Δοκοί- ορθογωνική διατομή-
- Καδρόνια:- τετραγωνικής διατομής-
- Πλάκες και σανίδες- ορθογωνική διατομή με πλάτος πολύ μεγαλύτερο από πάχος-



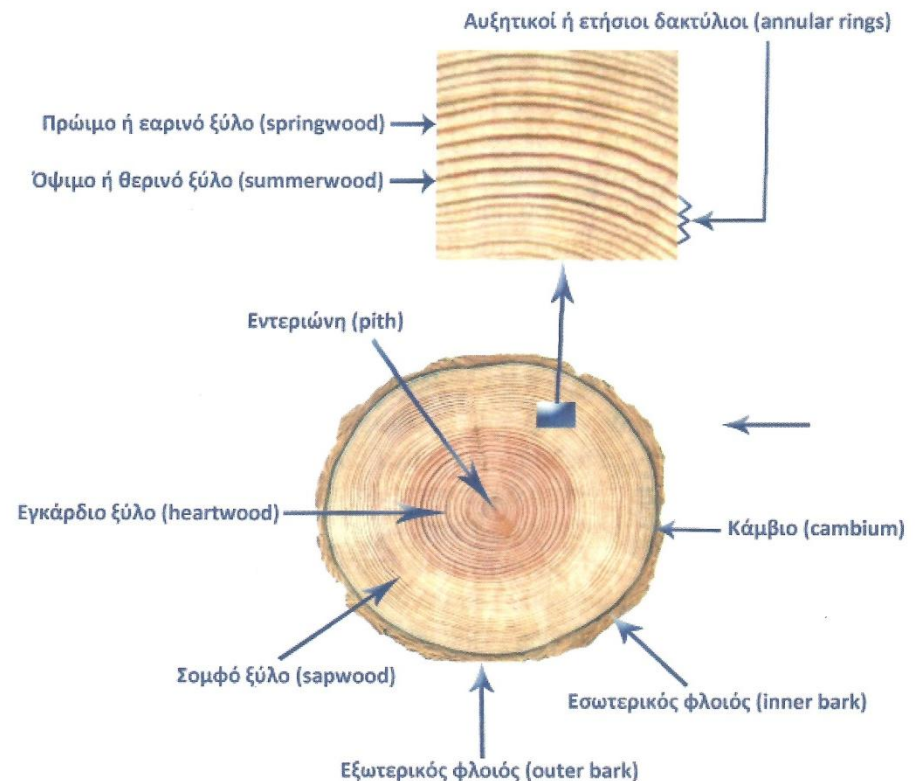
Τύποι πριστής ξυλείας

Πηγή: Α. Τριανταφύλλου, (2008)



# Δομή του ξύλου

1. Εγκάρδιο: ξύλο πρώτων ετών με βαθύτερο χρώμα
2. Σομφό: ξύλο τελευταίων ετών
3. Εντεριώνη: μικρός πυρήνας στο κέντρο του κορμού
4. Εσωτερικός φλοιός
5. Κάμβιο: λεπτός υμένας που επιτρέπει τη διέλευση τροφοδοσίας
6. Εξωτερικός φλοιός



Πηγή: Παυλογεωργάτος Γ.,2012



# Αποθήκευση ξυλείας -1 από 2-

Η ξυλεία πρέπει να αποθηκεύεται ξηρή για να μην αναπτυχθούν μύκητες, σε ξηρούς και επαρκώς αεριζόμενους χώρους αποθήκευσης.

Η στοίβαξη των ξύλων πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ο αέρας να κυκλοφορεί ελεύθερα διαμέσου της ξυλείας και να μην προκαλούνται στρεβλώσεις. Επίσης, αυτά να τοποθετούνται σε όχι άμεση επαφή με το έδαφος.

Όχι αποθήκευση βρεγμένων σε κλειστό χώρο.



# Αποθήκευση ξυλείας -2 από 2-

Για το λόγο αυτό η μαλακή ξυλεία στοιβάζεται πάντοτε σε όρθια θέση ή με κλίση.

Η σκληρή ξυλεία είναι δυνατόν να στοιβαχτεί και οριζόντια πάνω σε ξύλινες σχάρες. Η αποθήκευση επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του ξύλου.



Πηγή: <http://www.embertech.gr/ksiransi-ksilias>



# Είδη ξυλείας

## Φυσική ξυλεία

- Μαλακή (Κωνοφόρα-πεύκη, ελάτη, κυπαρίσσι- ή βελονοφόρα)
- Σκληρή (Πλατύφυλλα-δρυς, οξιά, καστανιά, φτελιά, λεύκα)

## Τεχνητή ξυλεία

α. **Στρογγυλή ξυλεία.** Περιλαμβάνει ολόκληρους κορμούς δέντρων από τους οποίους έχουν αφαιρεθεί ο φλοιός και χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή ιστών και στύλων, σε υπόγειες δομικές κατασκευές για υποστηλώσεις αποφράξεων και υλικό υποστήριξης, όπως και στην κατασκευή δοκίδων πατωμάτων.

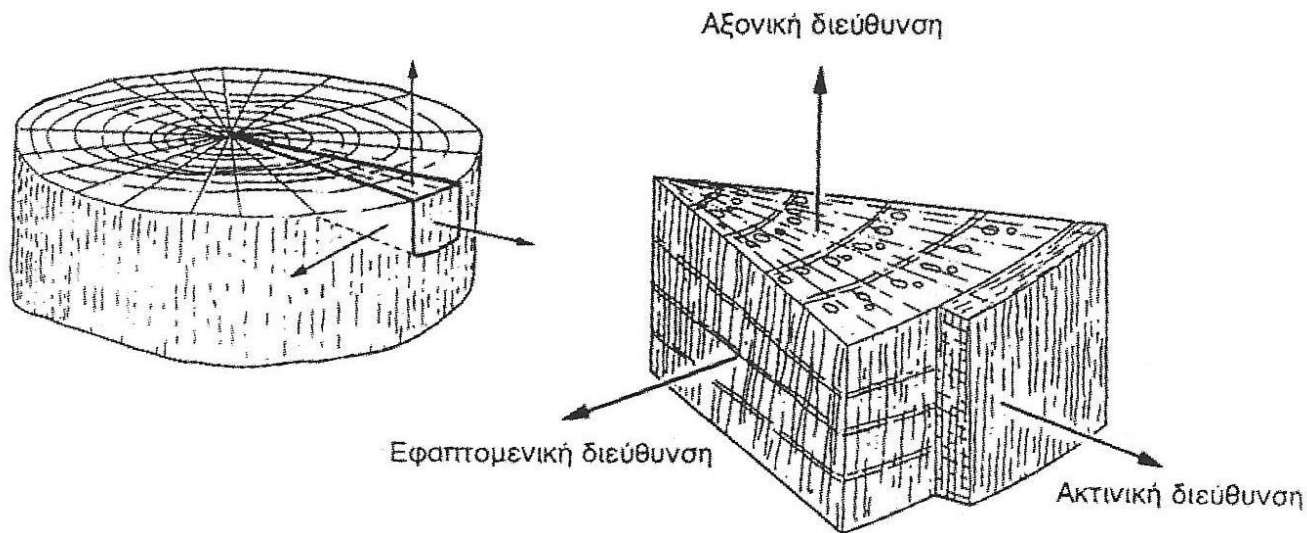
β. **Πελεκητή ξυλεία.** Αποτελείται από κορμούς που είναι ορθογωνισμένοι στοιχειωδώς. Χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή τοίχων και κεκλιμένων επιπέδων για τη δημιουργία ξυλότυπων στέγης, δοκών, πατωμάτων κ.λ.π.

γ. **Πριστή ξυλεία.** Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της τεχνητής ξυλείας.



# Κατευθύνσεις του ξύλου

Υλικό με δομή διαφορετική σε τρεις βασικές διευθύνσεις



Πηγή: Α. Τριανταφύλλου, 2008



# Πλεονεκτήματα ξύλου

- Ελαφρύ υλικό για τα φορτία που μεταφέρει και τις αντοχές που αναπτύσσει
- Κατεργάζεται εύκολα και δεν απαιτείται ιδιαίτερος εξοπλισμός
- Αποτελεί θερμομονωτικό υλικό
- Καλές ακουστικές ιδιότητες
- Παρουσιάζει ποικιλομορφία, με πολλαπλές αισθητικές λύσεις, αίσθηση ζεστασιάς στην αφή και όραση)
- Περιβαλλοντικά αποδεκτό υλικό: απαιτεί λίγη ενέργεια για την μετατροπή του σε χρήσιμη ξυλεία
- Δεν οξειδώνεται
- Ανανεώσιμη πρώτη ύλη- φιλικό προς το περιβάλλον (βιοαποικοδομήσιμο υλικό)





# Μειονεκτήματα ξύλου

- Υγροσκοπικό υλικό (αυξομειώνονται οι διαστάσεις του)
- Εύφλεκτο υλικό- αν και υπάρχουν ειδικές κατεργασίες με ουσίες εμπότισης και επάλειψης
- Μη ανθεκτικό στο χρόνο και απαιτεί προστασία από κλιματολογικούς και βιολογικούς παράγοντες
- Ανισότροπο υλικό άρα μεταβλητές δομή και ιδιότητες
- Χαμηλό ποσοστό αξιοποίησης παραγόμενου από τα δάση όγκου (μη αξιοποίηση φλοιού, κλαδιών, δέντρα κατώτερης ποιότητας)



# Ιδιότητες ξύλου -1 από 2-

- **Αντοχή σε κρούση** (εξαρτάται από είδος ξύλου)
- **Κόπωση** (άνεμος--↓ αντοχής και ανθεκτικότητας)

Μεταβολή ιδιοτήτων ανάλογα με:

Είδος φόρτισης και αριθμός επαναλήψεων

- **Size effect** (μεγαλύτερη αντοχή σε μικρότερης διάστασης δοκίμια, καθώς ↓ όγκος τόσο ↓ εστίες χαμηλής αντοχής)
- **Μέτρο ελαστικότητας** (σονόμετρο- μέτρηση απαιτούμενου χρόνου διέλευσης ήχου στο δοκίμιο ξύλου, χρήση πυκνότητας ξύλου και ταχύτητας διάδοσης ηχητικού σήματος)
- **Πυκνότητα=f(υγρασίας)**
- **Αντοχή σε κάμψη**
- **Αντοχή σε θλίψη**
- **Υγρασία**



# Ιδιότητες ξύλου -2 από 2-

Το ξύλο έχει την ιδιότητα να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον. Η υγρασία αυτή προσλαμβάνεται είτε σε υγρή μορφή (επαφή με νερό) ή σε μορφή υδρατμών από την ατμόσφαιρα. Η ιδιότητα αυτή του ξύλου ονομάζεται υγροσκοπικότητα. Πρόκειται για σημαντική ιδιότητα του ξύλου, γιατί η υγρασία που συγκρατεί το ξύλο επηρεάζει καθοριστικά τις άλλες ιδιότητές του.

Υγρασία του ξύλου (Υ) ορίζεται ουσιαστικά το βάρος του νερού που περιέχεται (περικλείεται) στο ξύλο και εκφράζεται ως ποσοστό επί του απόλυτα ξηρού βάρους του ξύλου:

$$Y = \frac{(W_x - W_o)}{W_o} * 100 :$$

όπου: Υ = Υγρασία του ξύλου (%)

$W_x$  = Αρχικό βάρος ή 'υγρό' βάρος (g)

$W_o$  = Απόλυτα ξηρό βάρος (g)



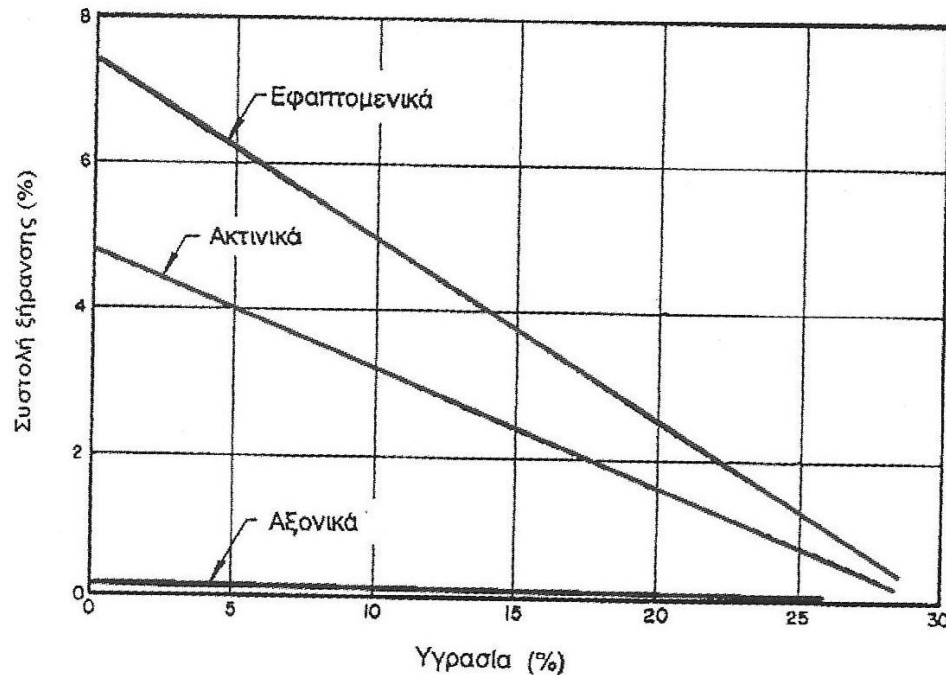
# Ρίκνωση- διόγκωση ξύλου

- Η υγροσκοπικότητα του ξύλου αποτελεί σημαντική ιδιότητα και σχετίζεται με τη ρίκνωση, τη διόγκωση και τις άλλες ιδιότητες και αποτελεί βασικό μειονέκτημα του ξύλου.
- Επηρεάζεται από όμοιους παράγοντες όπως και οι παραπάνω ιδιότητες και εμφανίζει ανισοτροπία στις διάφορες αυξητικές κατευθύνσεις του ξύλου.
- Ρίκνωση ονομάζεται η ελάττωση των διαστάσεων του ξύλου όταν η υγρασία του πέφτει κάτω από το σημείο ινοκόρου ενώ διόγκωση ονομάζεται η αύξηση των διαστάσεών του όταν η υγρασία αυξάνεται μέχρι το σημείο ινοκόρου.
- Για μεταβολές της υγρασίας πάνω από το σημείο ινοκόρου, δηλαδή μέσα στις κυτταρικές κοιλότητες του ξύλου, δεν παρατηρούνται μεταβολές στις διαστάσεις του ξύλου.



# Παράγοντες που επηρεάζουν τη ρίκνωση και διόγκωση του ξύλου -1 από 3-

**Υγρασία :** Το μέγεθος της ρίκνωσης ή διόγκωσης του ξύλου είναι ανάλογο με την υγρασία που αποβάλλεται ή προσλαμβάνεται . Η σχέση αυτή είναι σχεδόν ευθύγραμμη. Η σχέση της ρίκνωσης-διόγκωσης με την υγρασία επηρεάζεται και από την πυκνότητα του ξύλου.



Πηγή: Α. Τριανταφύλλου, 2008



# Παράγοντες που επηρεάζουν τη ρίκνωση και διόγκωση του ξύλου -2 από 3-

**Πυκνότητα:** η ρίκνωση ή διόγκωση αυξάνονται ανάλογα, όταν αυξάνεται και η πυκνότητα του ξύλου. Δηλαδή ξύλα με μεγάλη πυκνότητα ρικνώνονται και διογκώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό.

Η επίδραση της πυκνότητας εξηγείται απλά από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ξυλώδους ύλης και το μεγαλύτερο πάχος κυτταρικών τοιχωμάτων σε ξύλα με μεγάλη πυκνότητα και αντιστρόφως.

Πρακτικά, όταν προσλαμβάνεται ή αποβάλλεται υγρασία, οι κυτταρικές κοιλότητες μένουν σχεδόν αμετάβλητες.



# Παράγοντες που επηρεάζουν τη ρίκνωση και διόγκωση του ξύλου -3 από 3-

**Δομή:** η δομή του ξύλου είναι η κύρια αιτία διαφορετικής συμπεριφοράς της ρίκνωσης-διόγκωσης του ξύλου στις τρεις κατευθύνσεις του (ανισοτροπία). Διαφορές δομής στο ξύλο (λ.χ. τύποι ξυλωδών κυττάρων, πάχος τοιχωμάτων, ποσοστό όψιμου/πρώιμου ξύλου, πορώδες του ξύλου) μπορεί να επηρεάζουν τις ιδιότητες αυτές και σε ορισμένα είδη ξύλου ενδεχομένως και με περίπλοκο τρόπο.

**Εκχυλίσματα (αλειφατικές ενώσεις-λιπαρά οξέα και εστέρες, υδρογονάνθρακες βιολογικής προέλευσης, με μητρική ένωση το ισοπρένιο):** υψηλή περιεκτικότητα σε εκχυλίσματα συντελεί σε μείωση της ρίκνωση-διόγκωσης. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι τα εκχυλίσματα είναι γενικά είναι ουσίες υδρόφοβες και καταλαμβάνουν μέρος των κενών χώρων του ξύλου. Απομάκρυνσή τους με εκχύλιση προκαλεί σημαντική αύξηση της ρίκνωση και διόγκωσης του ξύλου.

**Χημική σύσταση:** η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη (που έχει θετική επίδραση) και σε λιγνίνη (που έχει περιοριστική δράση). Απομάκρυνση της λιγνίνης με χημικό τρόπο προκαλεί την αύξηση της ρίκνωσης και της διόγκωσης του ξύλου.



# Θερμοαγωγιμότητα του ξύλου

Υλικό	Πυκνότητα g/cm <sup>3</sup>	Ειδική θερμότητα Kcal/Kg °C	Θερμοαγωγιμότητα Kcal/m h °C
Ξύλο πεύκης	0,50	0,60	0,104
Ξύλο δρυός	0,70	0,50	0,149
Ξύλο μπάλα	0,16	0,70	0,045
Ινοπλάκες μονωτικές	0,24	0,60	0,052
Ξυλοκάρβουνο	0,40	0,24	0,074
Μάρμαρο	2,60	0,21	2,232
Πλαστικά αφρώδη	0,20	0,30	0,030
Πλίνθοι κοινοί	1,75	0,22	0,625
Πλάκες τσιμεντάσβεστου	1,40	0,20	0,521
Σκυρόδεμα ελαφρύ	1,40	0,23	0,887
Γυαλί	2,50	0,20	0,818
Σίδηρος	7,87	0,11	69,05
Αλουμίνιο	2,70	0,22	203,88





# Παράγοντες επίδρασης στις μηχανικές ιδιότητες ξύλου

**Υγρασία:** Μείωση της υγρασίας του ξύλου κάτω από το σημείο ισοκόρου, αυξάνει την μηχανική αντοχή του. Η σχέση τους δηλαδή είναι αντιστρόφως ανάλογη.

**Πυκνότητα:** Η πυκνότητα αποτελεί τον καλύτερο δείκτη ποιότητας και μηχανικής αντοχής του ξύλου. Μεγάλη πυκνότητα σημαίνει μεγάλη μηχανική αντοχή.

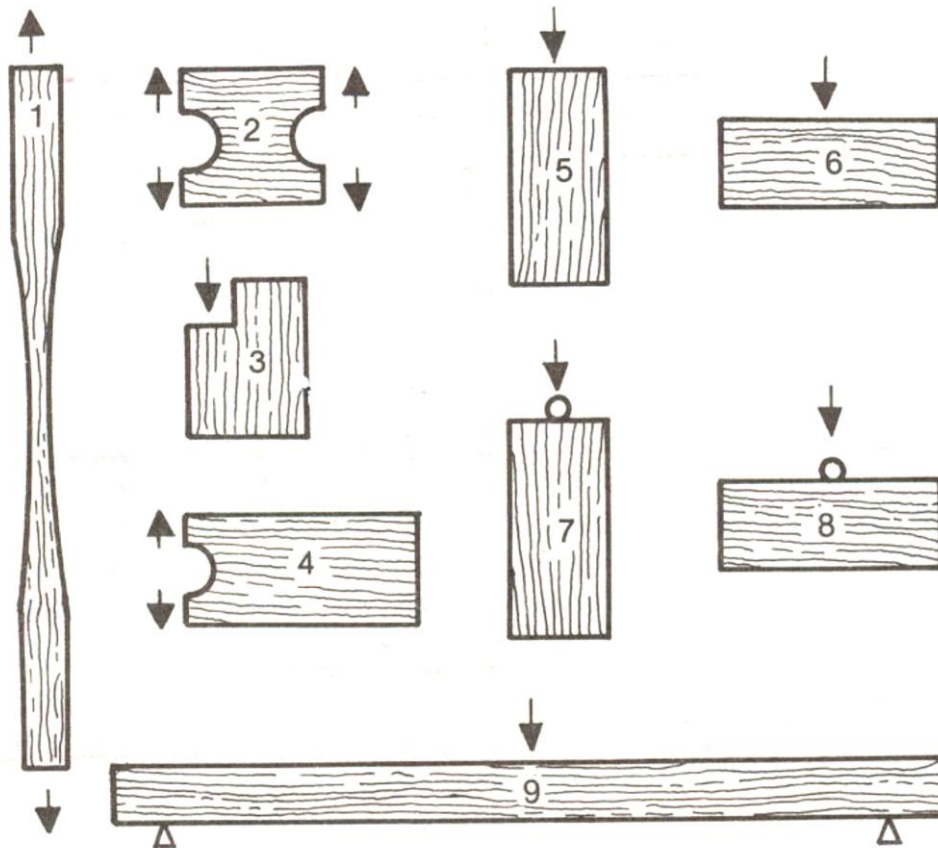
**Θερμοκρασία:** Η μηχανική αντοχή ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Μεγάλες θερμοκρασίες είναι δυνατό να προκαλέσουν (χημική) αλλοίωση του ξύλου και να ελαττώσουν την αντοχή του σημαντικά.

**Σφάλματα δομής:** Η παρουσία σφαλμάτων στο ξύλο προκαλεί μείωση της μηχανικής του αντοχής. Μεγαλύτερη μείωση προκαλούν σφάλματα όπως λ.χ. ρόζοι, στρεψοΐνια, ραγάδες και θλιψιγενές και εφελκυσμογενές ξύλο. Προσβολή του ξύλου από μύκητες ή έντομα έχει επίσης δυσμενή επίδραση.

**Διάρκεια φόρτισης.** Η διάρκεια φόρτισης έχει σημαντική (αντιστρόφως ανάλογη) επίδραση στη μηχανική αντοχή του ξύλου, δηλαδή λ.χ. στο μέγεθος του φορτίου που μπορεί να βαστάξει μία ξύλινη κατασκευή. Μόνιμη φόρτιση ελαττώνει την αντοχή του σε ποσοστό 50-75%.



# Μορφές φόρτισης του ξύλου



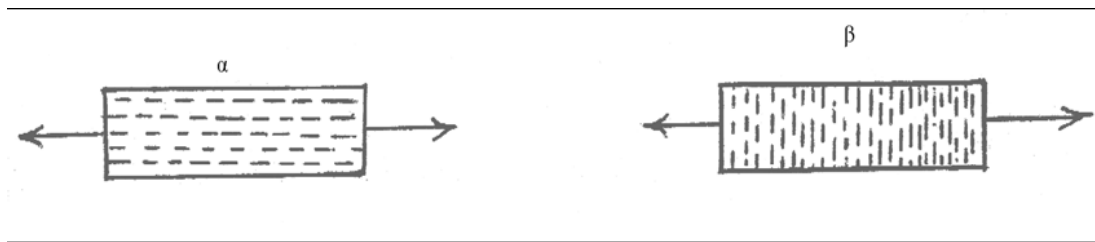
Σχηματική παράσταση δειγμάτων ξύλου και μηχανικών τάσεων  
(1): Αξονικός εφελκυσμός, (2): Εγκάρσιος εφελκυσμός, (3): Διάτμηση, (4): Σχίση, (5): Αξονική θλίψη, (6): Εγκάρσια θλίψη, (7): Αξονική σκληρότητα, (8): Εγκάρσια σκληρότητα και (9): Στατική κάμψη.

Πηγή: Κατσαραγάκης Ελ., 2000



# Αντοχή σε εφελκυσμό

Το ξύλο βρίσκεται σε τάσεις εφελκυσμού, όταν οι δυνάμεις που ενεργούν πάνω του, τείνουν να το απομακρύνουν (επιμηκύνουν). Ανάλογα με την κατεύθυνση διακρίνουμε τον αξονικό και τον εγκάρσιο εφελκυσμό. Το ξύλο έχει αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό 30-50 φορές μεγαλύτερη από την αντοχή του σε εγκάρσιο εφελκυσμό.



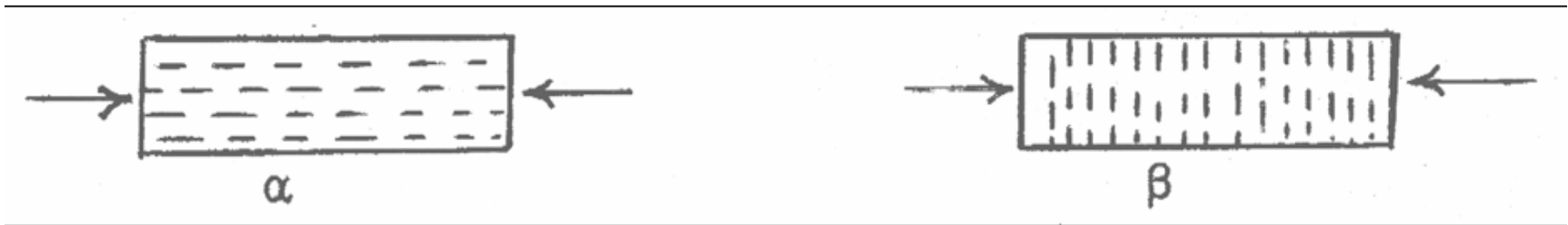
Πηγή: Κατσαραγάκης ΕΛ., 2000

Δοκίμιο ξύλου σε αξονικό εφελκυσμό (α) και εγκάρσιο εφελκυσμό (β)



# Αντοχή σε θλίψη -1 από 2-

Όταν το ξύλο βρίσκεται κάτω από τάσεις θλίψης, οι δυνάμεις που ενεργούν πάνω του τείνουν να το συνθλίψουν, δηλαδή οι δυνάμεις ενεργούν αντίθετα από ότι στον εφελκυσμό. Ανάλογα με την κατεύθυνση διακρίνουμε την αξονική και την εγκάρσια θλίψη.

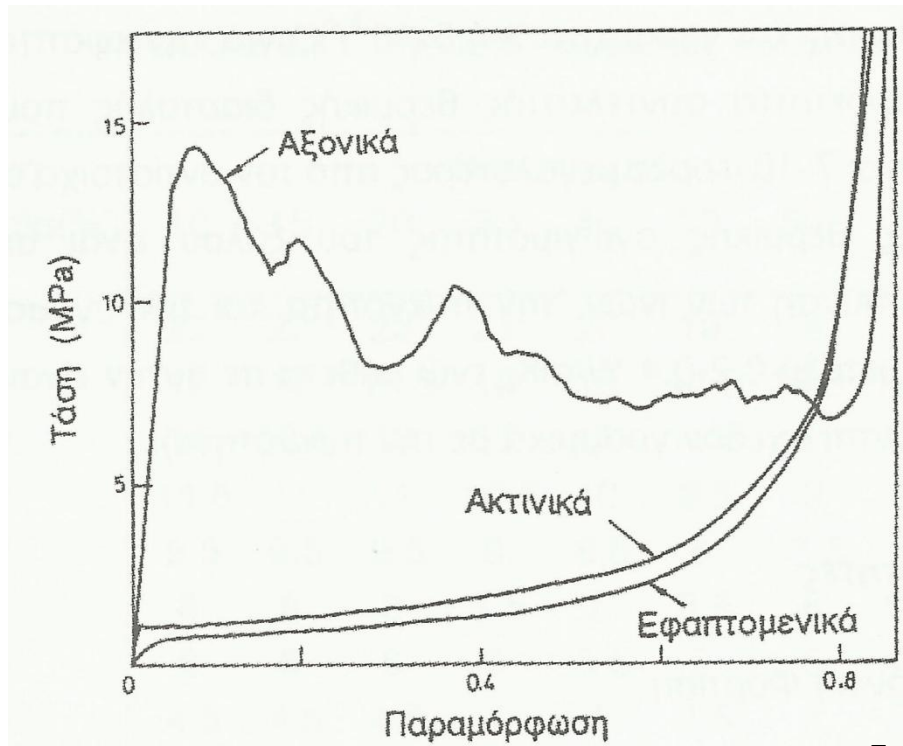


Πηγή: Κατσαραγάκης Ελ., 2000

Δοκίμιο ξύλου σε αξονική θλίψη (α) και εγκάρσια θλίψη (β)



# Αντοχή σε θλίψη -2 από 2-



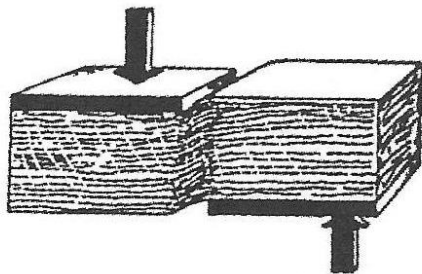
Πηγή: Α. Τριανταφύλλου, 2008

Τυπικές καμπύλες τάσης-παραμόρφωσης ξύλου σε θλίψη

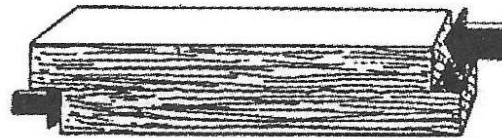
# Αντοχή σε διάτμηση

Το ξύλο βρίσκεται σε τάσεις διάτμησης, όταν οι δυνάμεις τείνουν να προκαλέσουν ολίσθηση του μέρους του σώματος που φορτίζεται, σε παράπλευρο μέρος του ίδιου σώματος.

Διακρίνεται σε αξονική, εγκάρσια, λοξή και κυλιόμενη διάτμηση



(α)



(β)

Πηγή: Τριανταφύλλου, 2008

Διατμητική αστοχία ξύλου (α) κάθετα και (β) παράλληλα στις ίνες



# Τυπικές μηχανικές ιδιότητες ξύλου

Είδος ξύλου	Μέτρο ελαστικότητας (GPa)	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Εφελκυστική αντοχή από κάμψη (MPa)
Έλατο	9.6	33	66
Πεύκο	10.0	47	83
Δρυς	10.1	52	97
Καστανιά	8.2	44	79
Οξυά	12.6	56	118

Πηγή: Τριανταφύλλου, 2008



# Προδιαγραφές

Οι ελληνικές προδιαγραφές βασίζονται στον Ευρωκώδικα 5 (EN 1995) όπου παρουσιάζονται οι απαιτήσεις για τις ξύλινες κατασκευές.

Αυτός αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους κανονιστικά κείμενα:

- EN 1995-1-1 Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτήρια
- EN 1995-1-2 Γενικοί κανόνες – Δομικός Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς
- EN 1995-2 Γέφυρες

Κάθε ξύλο ανάλογα με την ποιότητά του έχει διαφορετικούς συντελεστές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αντοχών του.





# Προδιαγραφές- έλεγχος πυκνότητας ξύλου

Πρόχειρη εκτίμηση της πυκνότητας (μέθοδος Paul) DIN 52183

Αντιπροσωπευτικό δείγμα 1x1x10cm

Διαίρεση μήκους σε 10 ίσα μέρη ανά 1cm

Εμβάπτιση όρθιου δοκιμίου σε δοχείο με νερό.

Η σχέση του τμήματος που παραμένει στο νερό προς το συνολικό του μήκος τη στιγμή της εμβάπτισης δίνει την πυκνότητα

Μη εφαρμόσιμη μέθοδος σε:

- πολύ βαριά ξύλα (τροπικά με πυκνότητα  $>1\text{gr/cm}^3$ )

ή

- που περιέχουν πολύ υγρασία



# Υγρασία (Προδιαγραφή: DIN 52184)

Άμεσος και έμμεσος προσδιορισμός της υγρασίας

**Άμεσος:** ξήρανση και ζύγιση

(Σχέση= αρχικό βάρος- τελικό βάρος (μετά ξήρανση)/  
τελικό βάρος)

Χρόνος ξήρανσης, εξαρτάται από:

- Είδος ξύλου, - Αριθμός δοκιμίων στο φούρνο, -Αερισμός  
Ζύγισμα αφού εξισωθεί η θερμοκρασία του με τη θερμοκρασία  
περιβάλλοντος (θερμό δοκίμιο-θερμός αέρας-ελαφρύτερος  
πάνω από τη ζυγαριά-βάρος μικρότερο από το πραγματικό)  
Έμμεσος: μέτρηση κάποιας ιδιότητας που σχετίζεται με την  
υγρασία

**Αύξηση της υγρασίας οδηγεί σε μείωση των μηχανικών  
αντοχών**



# Υγρασία (Προδιαγραφή: DIN 52184)



Πηγή: Εργαστήριο Δομικών υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ

## Τυχαία δοκίμια ξύλου

# Μέτρηση της πυκνότητας του ξύλου



A. Μέθοδος Paul

B. Διαίρεση βάρους/  
όγκο



Πηγή: Εργαστήριο Δομικών υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ

Ειδικά θέματα δομικών υλικών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

# Αντοχή σε κάμψη



## Τυχαία δοκίμια ξύλου

Πηγή: Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής των Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ



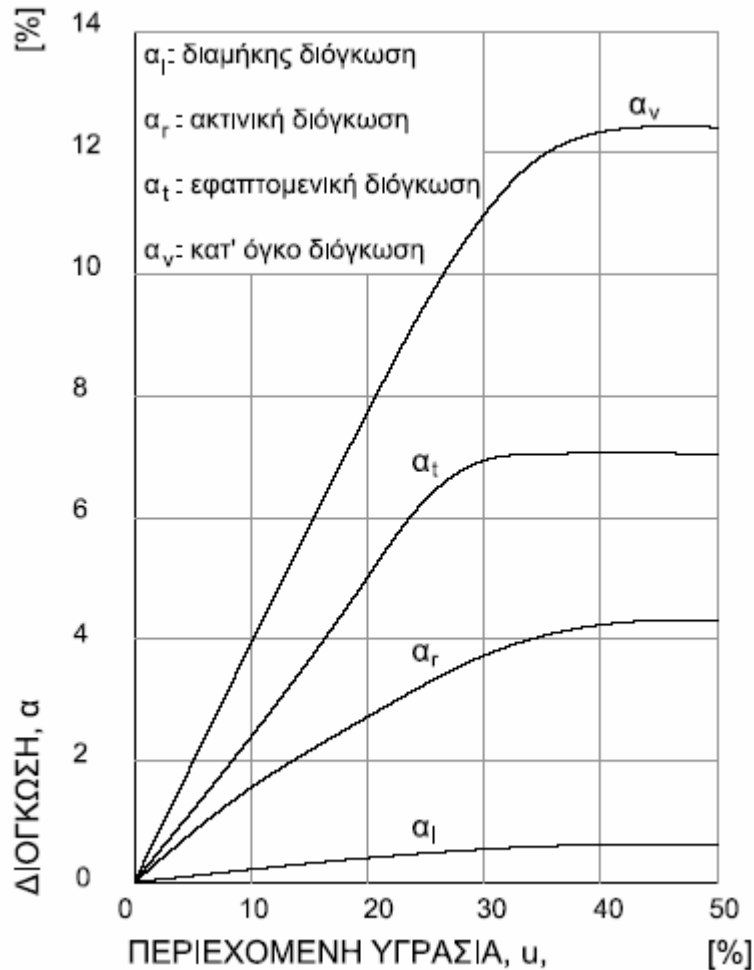
# Αντοχή σε θλίψη



Τυχαία δοκίμια ξύλου

Πηγή: Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής των Υλικών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ

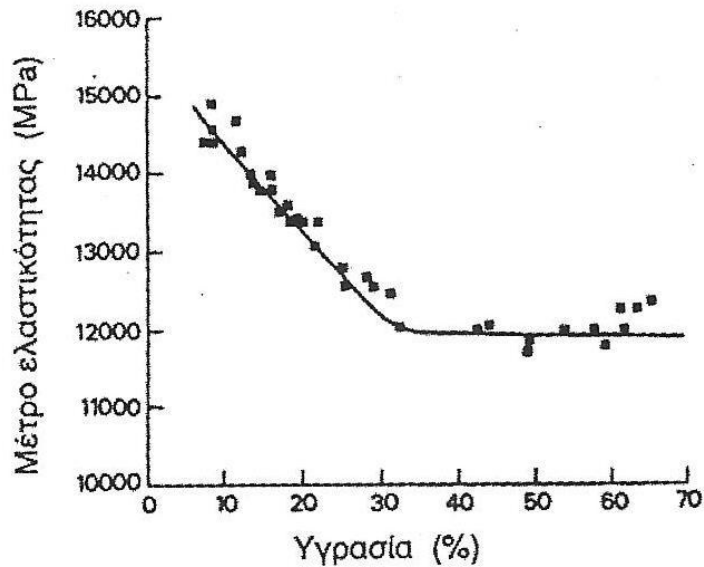
# Μεταβολή όγκου ξύλου με υγρασία



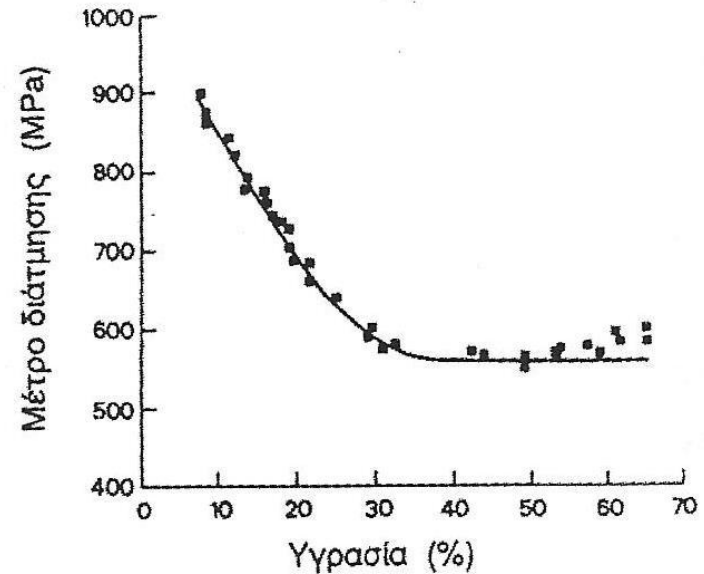
Πηγή: Κατσαραγάκης Ελ., (2000)



# Υγρασία και ιδιότητες ξύλου -1 από 2-



(α)



(β)

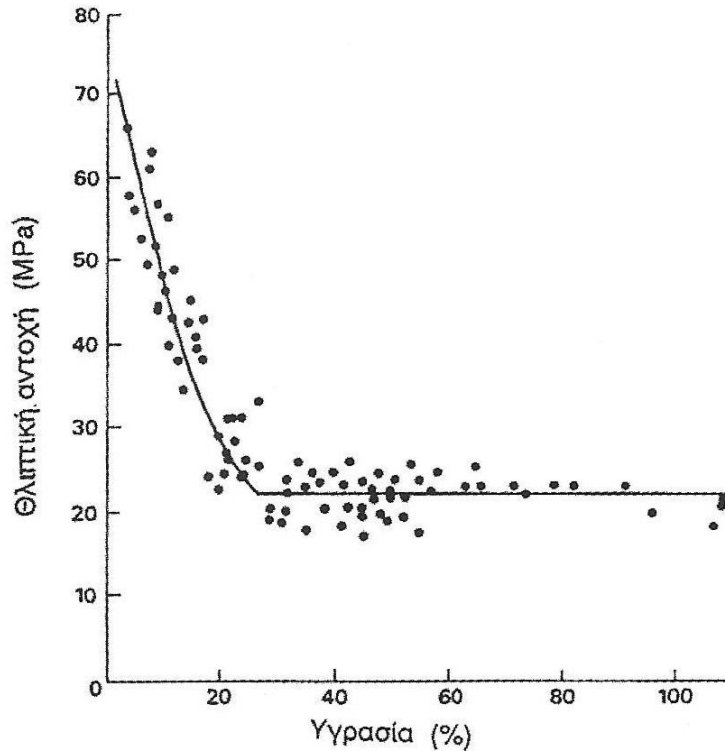
Επίδραση της υγρασίας του ξύλου στα μέτρα  
(α) ελαστικότητας και (β) διάτμησης

Πηγή: Τριανταφύλλου, 2008





# Υγρασία και ιδιότητες ξύλου -2 από 2-



Πηγή: Τριανταφύλλου, 2008

Επίδραση της υγρασίας στη θλιπτική αντοχή αξονικά φορτισμένου ξύλου



# Ελαττώματα του ξύλου -1 από 4-

Αίτια:

- Σφάλματα δομής
- Αλλοιώσεις λόγω χημικής σύνθεσης
- Κωνικομορφία: τάση των κορμών να έχουν έντονα κωνικό σχήμα
- Διόγκωση βάσης κορμού
- Απόκλιση διατομής από το κυκλικό σχήμα-λόγω ανέμου-
- Στρεψοϊνία:μορφή, όταν η ανάπτυξη του κορμού γίνεται ελικοειδώς- λόγω ανέμου, κίνησης ήλιου. Στρέβλωση- πετσικάρισμα.



# Ελαττώματα του ξύλου -2 από 4-

**Ρόζοι:** τα εσωτερικά των βάσεων των κλαδιών του δέντρου που εμφανίζονται στον κορμό υπό γωνία και διακόπτουν τη συνέχεια των ινών.

**Λούποι-φύτρες:** εξογκώματα του κορμού του δέντρου λόγω του ίδιου βάρους ή της παραμόρφωσης του κορμού σε ορισμένη θέση, η οποία οφείλεται σε κάμψη του δέντρου ή σε μηχανικές καταπονήσεις με αποτέλεσμα την καμπύλωση των ινών. Οι λούποι διακόπτουν την ευθυγραμμία των ινών και μειώνουν την αντοχή των ξύλων. Εμφανίζονται σπάνια στην οικοδομική ξυλεία και συχνά στην ξυλεία επιπλοποιίας.



# Ελαττώματα του ξύλου -3 από 4-

**Ρωγμές:** εσωτερικές και διακρίνονται σε ακτινικές, από την καρδιά προς το σομφό και εφαπτομενικές-λόγω καταπονήσεων από ισχυρούς ανέμους και διάτμηση- που σχηματίζονται στα όρια των δακτυλίων. Οι πρώτες οφείλονται στον παγετό, στον καύσωνα και στη γήρανση και δημιουργούνται με το διαχωρισμό των ινών λόγω διαστολής ή συστολής των υγρών του δέντρου.

**Καμπύλες ίνες:** καμπύλωση ινών λόγω επίδρασης του ανέμου και μεταβολής της υγρασίας και ανάπτυξη σπειροειδών ή ακανόνιστων ή στριφνών ίνες.

Η ποιότητα του ξύλου, με εξαίρεση τη σκληρή ξυλεία επιπλοποιίας, καθορίζεται από την ευθύγραμμη διάταξη των ινών.



# Ελαττώματα του ξύλου -4 από 4-

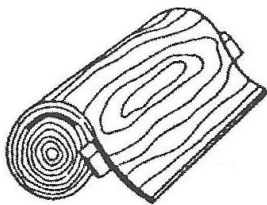
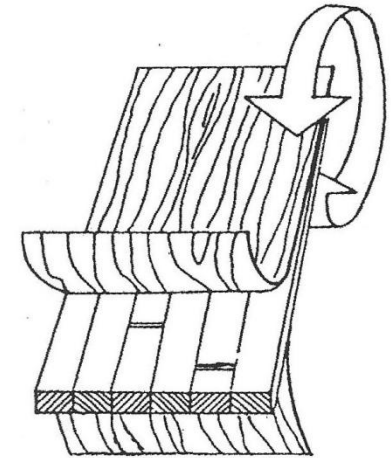
**Έκκεντρη καρδιά:** ανομοιόμορφη ανάπτυξη του κορμού γύρω από το κέντρο. Οφείλεται στο κεκλιμένο έδαφος, στην επίδραση του ανέμου ή στη θέση του δέντρου, π.χ. στην άκρη του δάσους. Η έκκεντρη καρδιά καθιστά το ξύλο δύσκολο στην επεξεργασία και με αυξημένες φθορές.

**Θύλακες ρητίνης:** συσσωματώματα ρητίνης σε σχήματα λεπτής επιφανειακής γραμμής ή ζώνης ή βαθέων θυλάκων, τα οποία βρίσκονται στα όρια των δακτυλίων του σομφού και μειώνουν την αντοχή του ξύλου. Επίσης, επιδρούν αρνητικά στην εμφάνιση του ξύλου και προκαλούν κηλίδωση κατά τη βαφή.

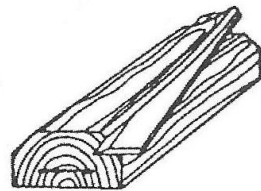


# Είδη τεχνητής ξυλείας

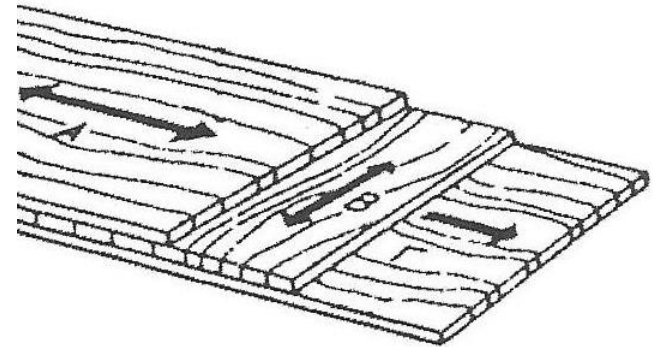
- φύλλα από συμπαγές ξύλο (καπλαμάς)
- αντικολλητά φύλλα (κόντρα πλακέ): 0,5-5mm (κάτω δεξιά εικόνα)
- ινοσανίδες (MDF): ίνες ξύλου+κόλλα
- πηχόπλακες
- Μοριοσανίδες (NOVOPAN, OSB, HERACLITH): μικρά τεμάχια ξύλου, κλαδιά, περισσεύματα με κόλλα



(α)



(β)

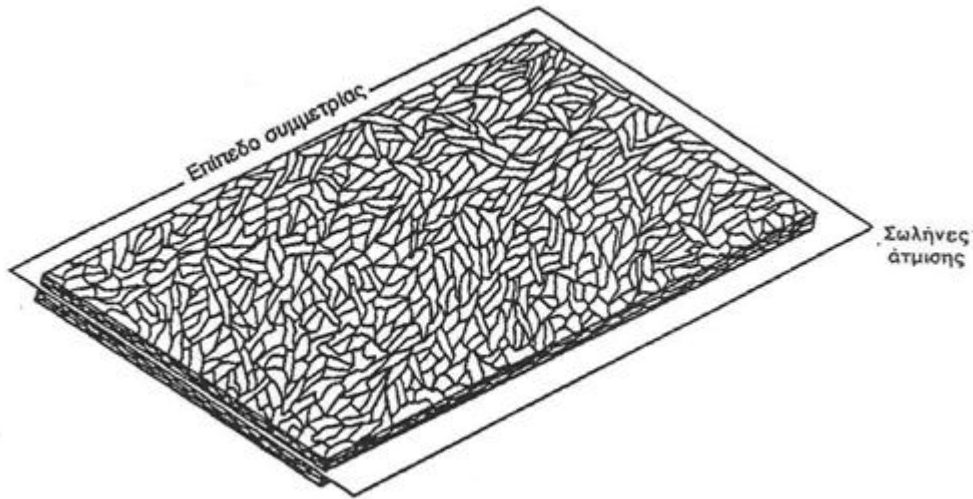


Κοπή κορμού σε λεπτά φύλλα με (α) περιστροφή και (β) αποκοπή.

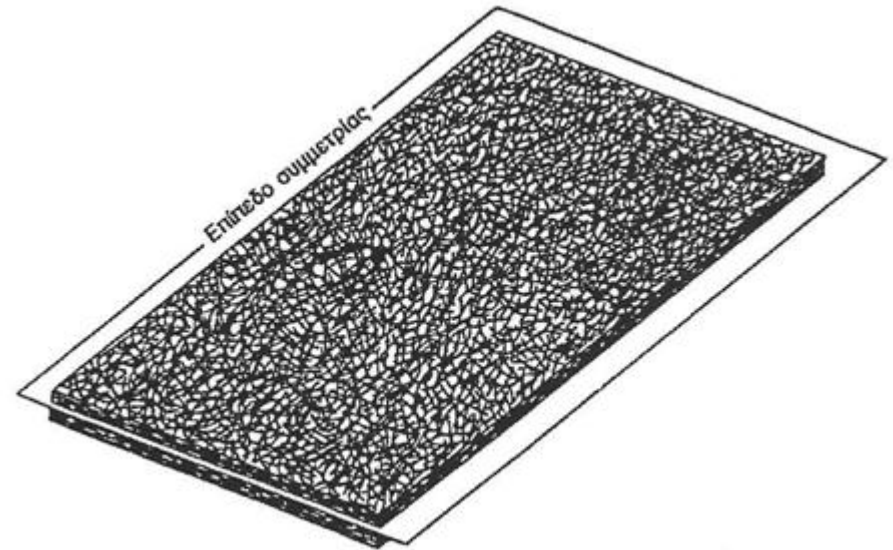
Πηγή: Τριανταφύλλου, 2008



# Μοριοσανίδες- ινοσανίδες



Μοριοσανίδα

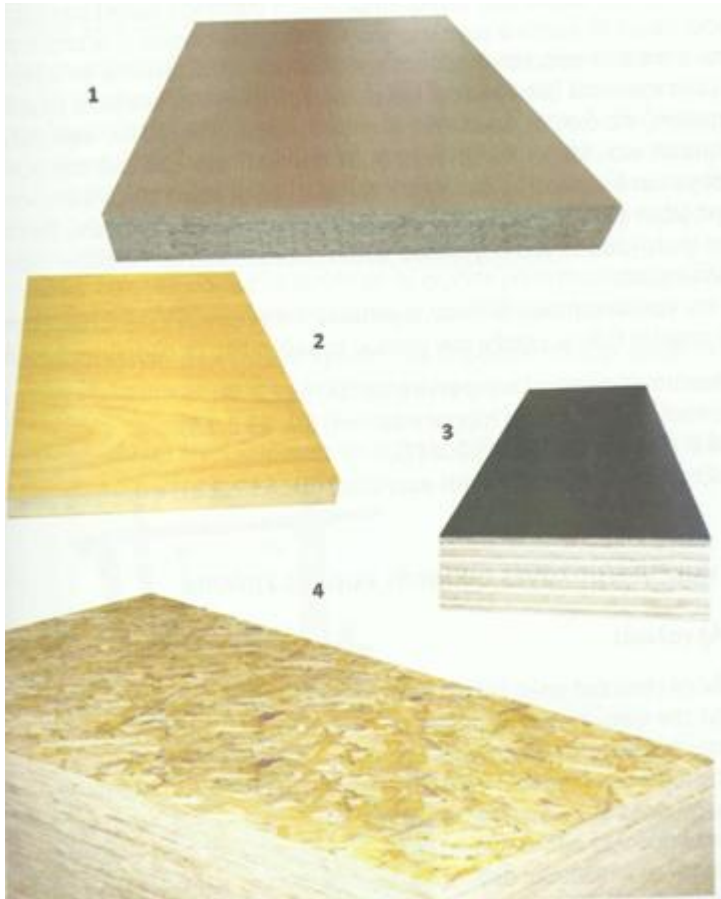


Ινοσανίδα

Πηγή: Τριανταφύλλου, 2008



# Σύνθετα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου



1. Μοριόπλακα (κν. Νοβοπάν)
2. Ινόπλακα μέσης πυκνότητας (MDF)
3. Αντικολλητό (κν. κόντρα πλακέ)
4. Ξυλοπλάκες με προσανατολισμένη διάταξη (OSB)

Πηγή: Παυλογεωργάτος Γ., 2012





# Χρήσεις -1 από 2-



Πηγή: Wooden roof structure.jpg

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wooden\\_roof\\_structure.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wooden_roof_structure.jpg)

By Riisipuuro, CC BY SA

- Στέγες
- Κουφώματα
- Δάπεδα
- Κλίμακες



Πηγή: Loretto Chapel.jpg

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Loretto\\_Chapel.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Loretto_Chapel.jpg)

CC BY SA



# Χρήσεις -2 από 2-



Πηγή: Wood-framed house.jpg

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wood-framed\\_house.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wood-framed_house.jpg)

By Jaksmata, CC BY SA



Πηγή: Wooden Bridge,

<http://www.flickr.com/photos/wwarby/4085728651/>

By William Warby, CC BY

- Ξύλινες γέφυρες
- Στρωτήρες σιδηροδρομικών γραμμών
- Πάσσαλοι θεμελίων
- Κιγκλιδώματα
- Υποστηρίξεις- Ικριώματα- Ξυλότυποι
- Φέρον οργανισμός



# Καταλληλότητα ξύλου στα έργα

Είδος έργου	Ξύλο
Στέγες	Έλατο
Κουφώματα	Έλατο, πεύκο, δρυς
Δάπεδα	Πεύκο, οξυά, δρυς, καστανιά, πιτς-πάιν
Σκάλες	Πεύκο, πιτς-πάιν
Γέφυρες	Δρυς, καστανιά, Σουηδικό πεύκο, φτελιά
Στρωτήρες σιδηροδρόμων	Λάρτσινο, οξυά, δρυς
Πάσσαλοι θεμελίων	Λάρτσινο, οξυά, δρυς, καστανιά
Υποστηρίξεις μεταλλείων	Πεύκο, δρυς, καστανιά
Βοηθητικά ικριώματα	Έλατο, πεύκο
Ξυλότυποι	Έλατο



# Προσβολή ξύλου

Οι κύριοι παράγοντες που είναι πιθανό να προσβάλουν την οικοδομική ξυλεία υποβαθμίζοντας την αντοχή, την υγιεινή και την αισθητική της είναι οι ακόλουθοι:

- Βακτήρια
- Θαλάσσιοι οργανισμοί
- Κλιματικοί παράγοντες
- Μηχανικοί παράγοντες
- Χημικοί παράγοντες
- Θερμότητα (αύξηση θερμοκρασίας, δυσμενής για ιδιότητες ξύλου)
- Βιολογικοί παράγοντες (Μύκητες-Έντομα (σαράκια)): παράσιτα που τρέφονται από τους χυμούς των δέντρων και αργότερα από το ίδιο ξύλο (κυτταρίνη, λιγνίνη)-> σήψη. Τα σαράκια μειώνουν την εμφάνιση και την αντοχή του ξύλου.



# Προστασία ξύλου

Η προστασία των ξύλων επιτυγχάνεται γενικά με τις ακόλουθες μεθόδους:

- ✓ εμποτισμό με λινέλαιο
- ✓ χρωματισμό με ελαιοχρώματα
- ✓ επάλειψη με πίσσα
- ✓ τέλεια ξήρανση
- ✓ σωστή αποθήκευση σε ξηρούς και επαρκώς αεριζόμενους χώρους
- ✓ χρήση αντισηπτικών ουσιών (π.χ. κρεόζωτο, μεταλλικά άλατα)
- ✓ επάλειψη με άκαυστα υλικά (π.χ. χρώματα φωτιάς)
- ✓ επένδυση με λεπτά μεταλλικά φύλλα των εκτιθέμενων σε πυρκαγιά ξύλινων μελών
- ✓ εμποτισμό με διαλύματα αλάτων (π.χ. θειικό και φωσφορικό αμμώνιο)
- ✓ πλήρης βύθιση σε νερό- εχθρός των μυκήτων-



# Αποκατάσταση φθορών ξύλου

## -1 από 2-

- Εντοπισμός βλαβών
- Εκτίμηση του βάθους της αποσάθρωσης με ένα αιχμηρό αντικείμενο (π.χ. μυτερό κατσαβίδι).
- Ξύσιμο των επιφανειών για εντοπισμό της προσβολής και αν το καρδιάξυλο είναι υγιές.
- Εντοπισμός του εύρους, του είδους της προσβολής και της μείωσης της διατομής ► απόφαση για απαιτούμενες ενέργειες.



# Αποκατάσταση φθορών ξύλου

## -2 από 2-

- Αποκατάσταση : ανάλογα με τον βαθμό καταστροφής
- Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει συνεργασία με τον στατικό ο οποίος θα υπολογίσει την επάρκεια της αδυνατισμένης διατομής, και έτσι συνολικά θα αποφασισθεί το μέγεθος της επέμβασης.
- ολική καταστροφή ► το ξύλο πρέπει να αντικατασταθεί.
- μερική καταστροφή ► εξυγίανση του ξύλου, με καθαρισμό των σαθρών τμημάτων και (εφ' όσον η φέρουσα ικανότητα του έχει μειωθεί) με ανάλογη ενίσχυση.



# Αναφορές/πηγές για περαιτέρω μελέτη

Τριανταφύλλου Α. Χ, (2008), Δομικά υλικά, Πάτρα-8η έκδοση, ISBN 960-92177-1-0.

<http://www.embertech.gr/ksiransi-ksilias>

<http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=153&la=1&catid=129&artid=408>

Σιμόπουλος, 1985, Για να καταλάβεις το ξύλο, Εκδόσεις «Ξύλο-έπιπλο», Αθήνα.

<http://www.progresscom.gr/gr/kataskeves.html>

Τσακανίκα-Θεοχάρη Ε., & Ζάννης Κ., «EN 1995-1-1 ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ», ΑΘΗΝΑ, Φεβρουάριος 2010.

Βουλγαρίδης Η., (1998), Προστασία και συντήρηση ξύλινων κατασκευών, Μνημείο και Περιβάλλον, Τεύχος 4.

Τσουμής Γ.Θ., (1983), Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου, Τόμος Α- Δομή και Ιδιότητες, Θεσσαλονίκη, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ





# Αναφορές/πηγές για περαιτέρω μελέτη

Bulian F. & Graystone I.A., (2009), Industrial wood coatings: Theory and practice, Amsterdam, Elsevier.

Κατσαραγάκης Ελ., (2000), Ξύλινες Κατασκευές, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, ISBN 960-254-556-9.

Ευρωκώδικας 5: ξύλινες κατασκευές

Παυλογεωργάτος Γ., (2012) Ξύλο: είδη ξύλου, χρήσεις, δομή, ιδιότητες, απειλές, προστασία. Τα υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς, Εκδόσεις Προπομπός.





# Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Σοφία Μαυρίδου  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2012-2013



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

