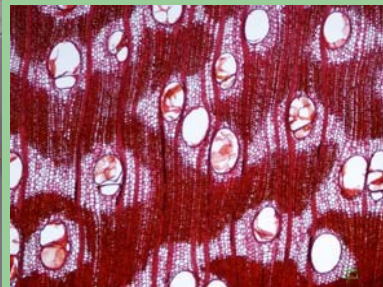




Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
Εργαστήριο Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου

# Ξύλο & ξύλινες κατασκευές



**Γεώργιος Ι. Μαντάνης**  
*PhD, U' Wisconsin-Madison*  
[mantanis@uth.gr](mailto:mantanis@uth.gr)

**Εργ. Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου**  
link: [www.teilar.gr/~mantanis](http://www.teilar.gr/~mantanis)

# Ξύλο: φυσικό υλικό με απεριόριστες δυνατότητες



# **ΞΥΛΟ** (*ξύλωμα, xylem, lignocellulosic complex, wood*)

*Επιστήμες που το μελετούν επισταμένα:*

*Βιολογία*

*Χημεία*

*Επιστήμη υλικών*

*Φυσική*

*Μηχανική*

*Αρχιτεκτονική*

*Συντήρηση υλικών & έργων τέχνης – Αρχαιολογία κ.α.*




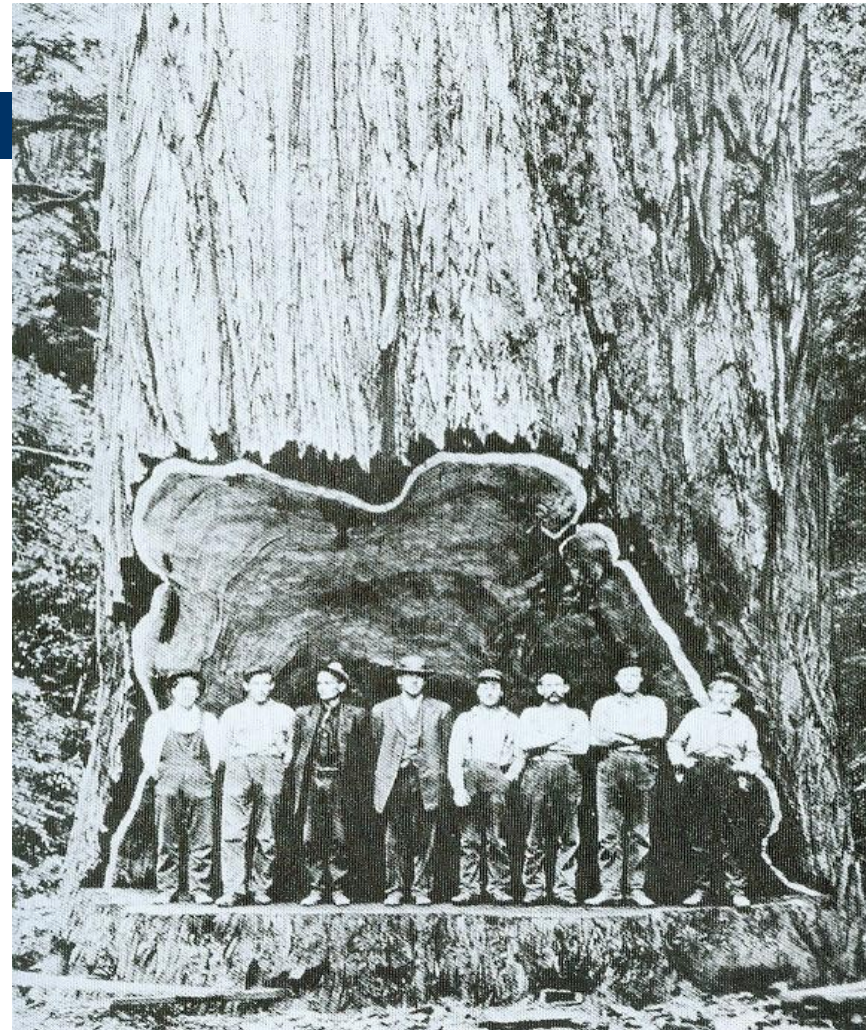
# Το ξύλο, ως υλικό, ήταν και είναι παντού γύρω μας





## Το ξύλο είναι **οικολογικό & ανανεώσιμο υλικό**

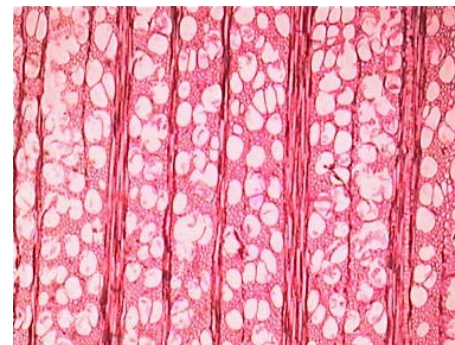
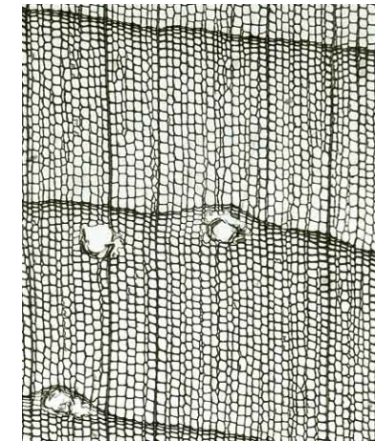
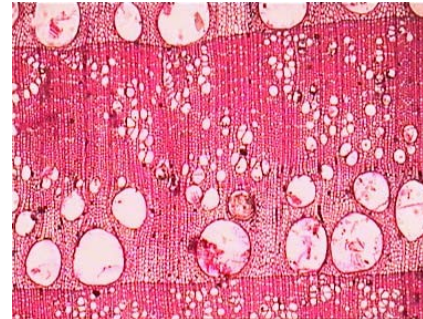
- Το ξύλο «επιτελεί» κύριες λειτουργίες του δένδρου.
- Τα δένδρα χρειάζονται πολλά χρόνια για να δημιουργήσουν την **ξυλώδη ύλη**.
- Ο στόχος της **αιιφορίας** απαιτεί ορθή διαχείριση, διαφορετικά τα δάση κινδυνεύουν από ένα βασικό εχθρό ... 
- Σήμερα τα τροπικά δάση της Γης αφανίζονται.



*Sequoia giganteum*

# Το ξύλο έχει μια χαρακτηριστική δομή

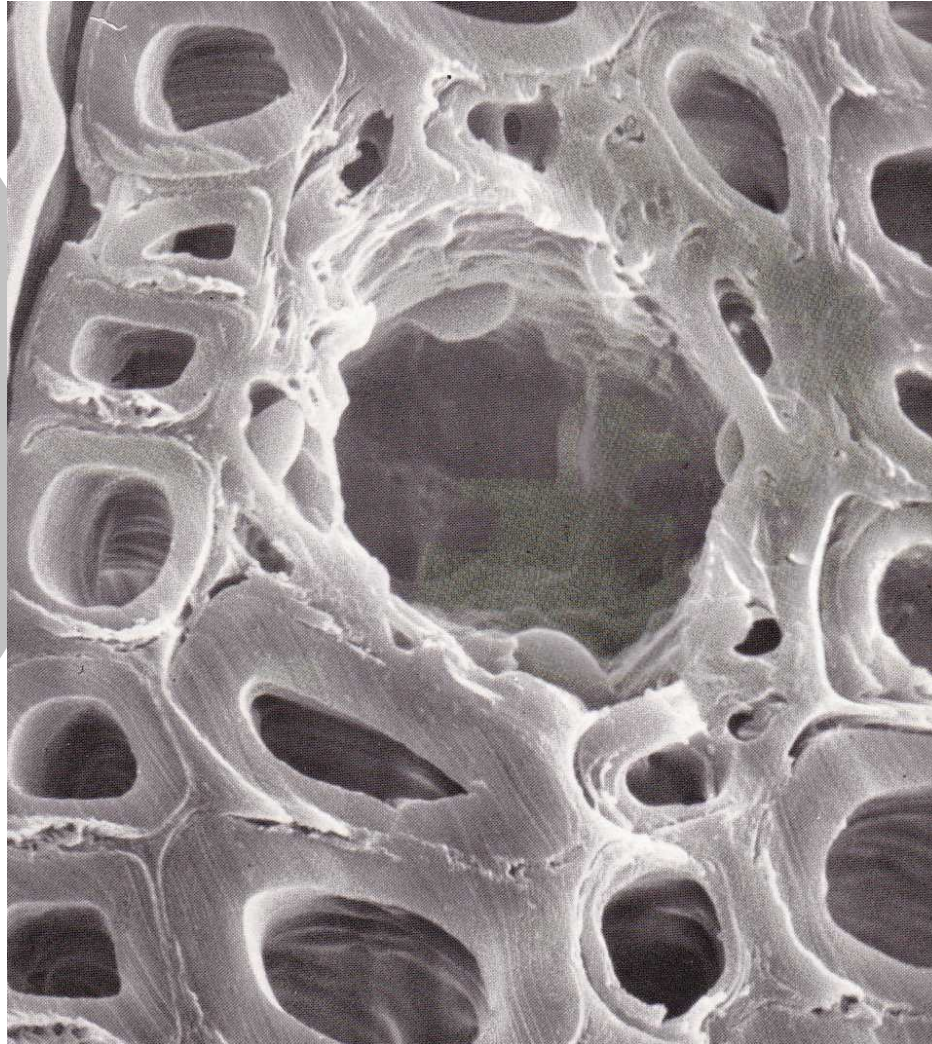
- Στο εμπόριο της Ε.Ε. διακινούνται ~700 διαφορετικά είδη ξύλου
- Κάθε είδος "κρύβει" μια μοναδική δομή & χημική σύνθεση
- Κάθε είδος είναι κατάλληλο για ορισμένες χρήσεις



Πληροφορίες: *Inside Wood*



**Ρητινοφόρος αγωγός  
και κύτταρα  
τραχειϊδών σε  
εγκάρσια τομή  
ψευδοτσούγκας  
(Oregon pine)**



**Photo: Γ. Μαντάνης (Αυγ. 2012)**

## Το πολυδιάστατο της **εσωτερικής αρχιτεκτονικής** του ξύλου

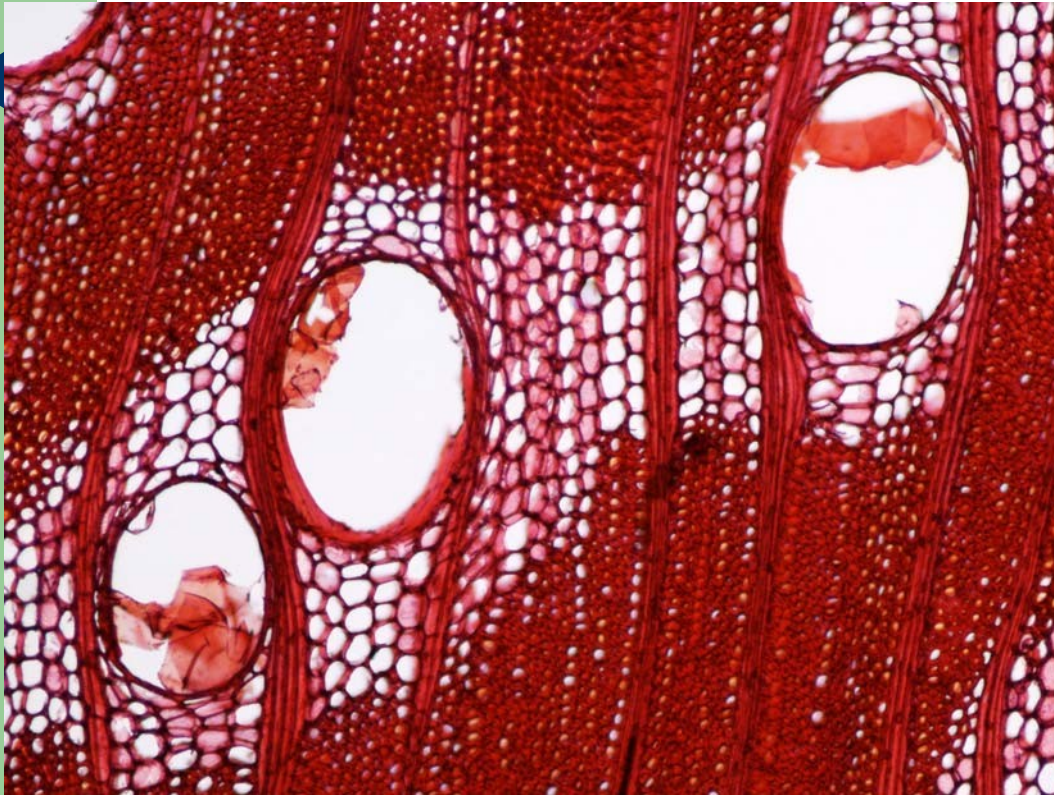


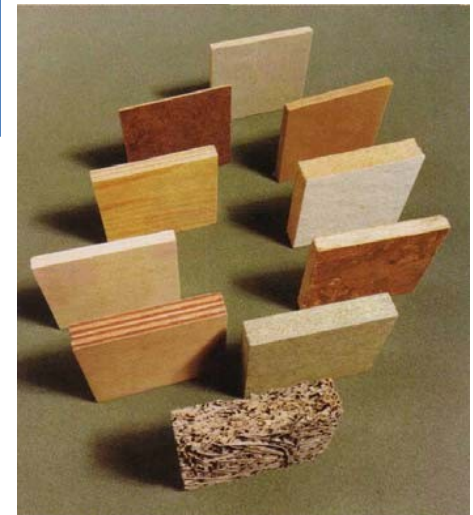
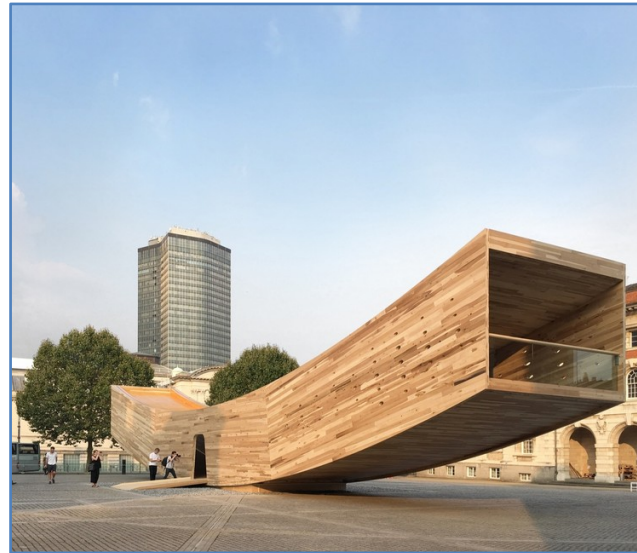
Photo: **Γ. Μαντάνης** (Οκτ. 2013)

*Κύτταρα ξύλου **Iroko**  
(διακρίνονται: μέλη  
αγγείων, δίσειρες &  
τρίσειρες ακτίνες,  
αξονικά παρεγχυματικά  
κύτταρα, θρεπτικά  
συστατικά - άμυλο,  
κύτταρα ινών,  
λεπτότοιχες τυλώσεις,  
πτερυγιοειδές παρέγχυμα)*



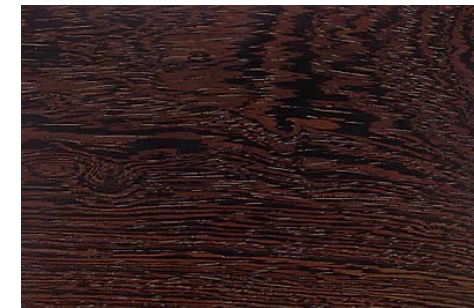
## Ποια προϊόντα προέρχονται από το ξύλο;

- Πριστή ξυλεία
- Πελεκητή ξυλεία
- Προϊόντα χαρτιού
- Έπιπλα
- Εμποτισμένη ξυλεία
- Καυσόξυλα, pellets
- Επικολλητά (glulam)
- Συγκολλημένα (PB, MDF, OSB, Κ/Π)
- Σύνθετα (CLT, LVL, PSL, LSL κ.α.)
- Χημικά προϊόντα
- Εκχυλίσματα, και πολλά άλλα ...



# Τα φυσικά χαρακτηριστικά του ξύλου

- Οσμή
- Σχεδίαση
- Χρώμα
- Πυκνότητα
- Σκληρότητα
- Στιλπνότητα
- κ.ά.





## Τα πλεονεκτήματα του ξύλου

- Είναι οικολογικό υλικό.
- Δεν μολύνει το περιβάλλον.
- Έχει μεγάλη αισθητική αξία γιατί είναι διαθέσιμο σε πολυάριθμους συνδυασμούς χρωμάτων και σχεδιάσεων.
- Είναι θερμομονωτικό υλικό.

## Τα πλεονεκτήματα του ξύλου

- Έχει υψηλή μηχανική αντοχή σε σχέση με το ειδικό βάρος του.
- Δημιουργούμε ξύλινες **αντισεισμικές** δομές.
- Είναι **άριστο δομικό υλικό** με απεριόριστες κατασκευαστικές δυνατότητες.



## Τα μειονεκτήματα του ξύλου

- Είναι **υγροσκοπικό υλικό** δηλ. προσλαμβάνει υγρασία από την ατμόσφαιρα.
- Είναι επίσης **ανισότροπο υλικό**.
- **Προσβάλλεται** από μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς.
- **Καίγεται**.

.....  
**Το κυριότερο: πρέπει να το γνωρίζεις καλά ως υλικό, για να μπορείς να το αξιοποιήσεις σωστά**

## Κατηγορίες ειδών ξύλου

- **ΚΩΝΟΦΟΡΑ είδη**  
-πεύκα, ερυθρελάτη, έλατο, κυπαρίσσι, Oregon pine
- **ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΑ είδη**  
-οξιιά, δρύες, καστανιά, σημύδα, σφενδάμι, λεύκη κ.α.
- **ΤΡΟΠΙΚΑ είδη**  
-iroko, teak, azobé, doussie, bangkirai, sapele κ.α.



## Σπάνια τροπικά είδη

*Dalbergia cearensis*



*Tectona grandis*



*Diospyros celebica*



# ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ





# Ξύλινες κατασκευές



Photo: Γ. Μαντάνης (Νοε. 2011, Πεκίνο)



## Αποδεκτές παραδοχές (του Γ. Μαντάνη)

**Δεν υπάρχει υλικό που να είναι τέλειο.**

**Το ξύλο πρέπει να συνδυάζεται με άλλα υλικά, σε αρκετές κατασκευές.**

**Στην Ελλάδα, το ξύλο είναι ένα *«παρεξηγημένο»* υλικό για πολλούς λόγους.**

Πληροφορίες:

[www.teilar.gr/~mantanis/Technologia-Xylinwn-Kataskevwn.htm](http://www.teilar.gr/~mantanis/Technologia-Xylinwn-Kataskevwn.htm)

## Διαβαθμίσεις επικινδυνότητας για τις ξύλινες κατασκευές

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή προδιαγραφή EN 335-1/2/3 οι ξύλινες κατασκευές, ανάλογα με τις **συνθήκες του περιβάλλοντος** (βλ. κίνδυνοι βιολογικής σήψης και φυσικοχημικής αλλοίωσης) διακρίνονται σε **5 κλάσεις**

**ΚΛΑΣΗ 1:** Κατασκευή **πλήρως προστατευμένη** από τις καιρικές συνθήκες σε ξηρό περιβάλλον και χωρίς κίνδυνο έκθεσης στην υγρασία

- Συνθήκες εσωτερικών χώρων
- Περιεχόμενη υγρασία ξύλου <20%



2



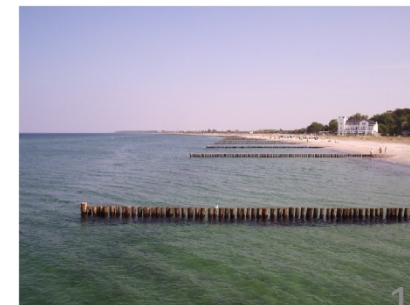
3



4



5



## Διαβαθμίσεις επικινδυνότητας

Κλάση 3.2



Κλάση 4





Σύμφωνα με το πρότυπο EN 350 (2016), τα είδη ξύλου κατατάσσονται σε **5 κλάσεις** βιολογικής αντοχής σε μύκητες - έντομα - τερμίτες.

**ΚΛΑΣΗ 1** (ανθεκτικότητας: >25 έτη)

teak, azobé, padauk, afzelia, makore, κυπαρίσσι, ακακία, jarrah, tali, greenheart, mansonia, okan, ipé, cumaru, **accoya, kebony**

**ΚΛΑΣΗ 2** (ανθεκτικότητας: 15-25 έτη)

λευκή δρυς, albizia, καστανιά, ίταμος, σεκόγια, iroko, sipo, bubinga, jatoba, kempas, western red cedar, dark red meranti

**ΚΛΑΣΗ 3** (ανθεκτικότητας: 10-15 έτη)

λάρικα, oregon pine, καρυδιά, tiama, kosipo, niangon, sapele, ελιά, movingui, grapia, bintangor, πουρνάρι, κόκκινη δρυς

**ΚΛΑΣΗ 4** (ανθεκτικότητας: 5-10 έτη)

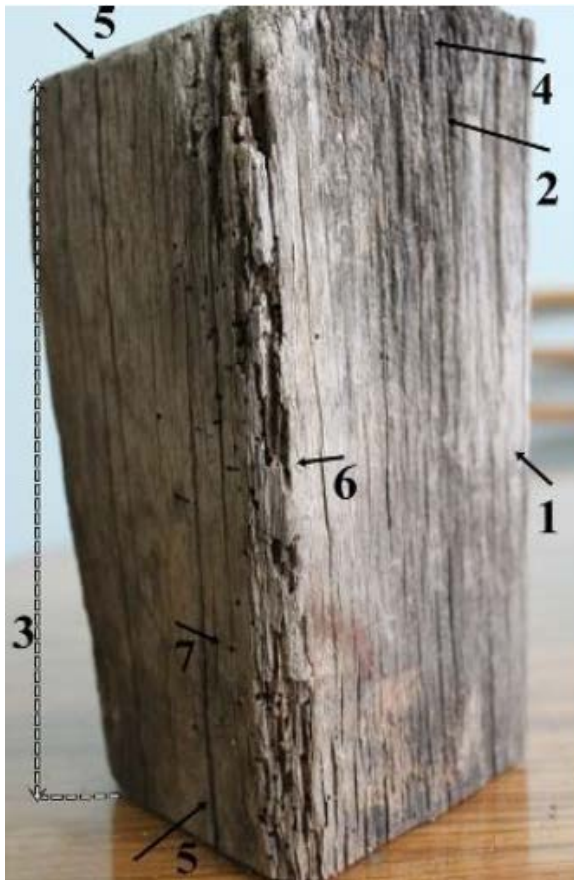
μαύρη πεύκη, δασική πεύκη, έλατο, ερυθρελάτη, φτελιά, κερασιά, limba, yellow & light red meranti, aniegre, okoume, poplar

**ΚΛΑΣΗ 5** (ανθεκτικότητας: <5 έτη)

οξιά, λεύκη, σημύδα, φλαμούρι, κλήθρα, φράξος, ιτιά, ayous, abura, σφενδάμι, πλατάνι, raulownia, σομφό ξύλο των περισσότερων ειδών

## Παραδείγματα από την πράξη (EN 350/2016)

Λ. Δρυς (κλάσης 1-2)



Ερυθρελάτη (κλάσης 4-5)



## Παραδείγματα

# Ξύλινες κατασκευές στη χώρα μας που αντέχουν στο χρόνο

Ξύλινη κολώνα από **λευκή δρυ** στην Ι.Μ. Μεγ. Μετεώρου (~1850), φωτ. Ι. Κακαράς



Σκεπόξυλα **χαλεπίου πεύκης** στο κτίριο WEILER (1835), φωτ. Μιχ. Σκαρβέλης





Σύμφωνα με το πρότυπο EN 338, η δομική ξυλεία που προορίζεται για κατασκευές που θα δεχθούν μηχανικά φορτία, θα πρέπει να είναι πιστοποιημένη ως προς την αντοχή της (MoE, MoR, compression)

**ΞΥΛΕΙΑ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ** (softwoods)

**δασική πεύκη, μαύρη πεύκη, ερυθρελάτη (εισαγωγής), ελληνικό έλατο, Oregon pine, λάρικα κ.α.**

**C18**

χαμηλή κλάση, συνήθως για πελεκητή ξυλεία ερυθρελάτης

**C24**

συνήθως πεύκα εισαγωγής και Oregon pine, μαύρη πεύκη, έλατο

**C27**

Oregon pine – unsorted πεύκο (Λαπωνίας), λάρικα

**C30**

κυρίως από Oregon pine

## **Διαβάθμιση ξυλείας με βάση τη μηχανική αντοχή**

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 338, η δομική ξυλεία που προορίζεται για κατασκευές που θα δεχθούν μηχανικά φορτία, θα πρέπει να είναι πιστοποιημένη ως προς την αντοχή της (MOE, MOR, compression)

### **ΞΥΛΕΙΑ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ** (hardwoods)

**καστανιά, iroko, sipo, niangon, λευκή δρυς, azobé, κ.α.**

#### **D24**

καστανιά

#### **D27**

καστανιά και sipo

#### **D30**

χωρίς σφάλματα καστανιά, iroko και sipo

#### **D36**

iroko καλής ποιότητας, και οπωσδήποτε λευκή δρυς

# Μετρήσεις της μηχανικής αντοχής με πιστοποιημένα όργανα (EN 338)

Μετρήσεις σε ξυλεία *Oregon pine*  
(βλ. πέργκολα)

κλάσης **C24 – C30**





# Μετρήσεις της μηχανικής αντοχής

*Μετρήσεις σε καστανιά (βλ. αναστήλωση παλαιού φρουρίου)*



**D27 - D30**

## Συντήρηση - Τεχνικές προστασίας του ξύλου

1) Κλασική μέθοδος, από τα αρχαία χρόνια, η **εμβάπτιση του ξύλου σε λάδια (έλαια)** κυρίως οικολογικά από φυτικές πρώτες ύλες με στόχο την «υδροφοβία» του ξύλου. Σε πολλούς πολιτισμούς βλ. Αιγύπτιοι, Έλληνες, ήταν ευρέως γνωστή η μέθοδος αυτή. Σήμερα γίνεται με **λινέλαιο**, **σπορέλαια**, υπό χαμηλή πίεση ή/και χωρίς πίεση.

2) Θερμική τροποποίηση του ξύλου ή μέθοδοι με **μισοκάψιμο του ξύλου επιφανειακά**. Η δεύτερη προσέγγιση (μερική απανθράκωση) είναι γνωστή από τα αρχαία χρόνια (βλ. αρχαίοι Έλληνες) για βελτίωση της ρίκνωσης-διόγκωσης και της σκληρότητας του ξύλου. Χρησιμοποιούνταν και στην Αφρική τα παλιά χρόνια, όμως στη Σκανδιναβία και την Ιαπωνία είχε πολύ πετυχημένες εφαρμογές γύρω στο Μεσαίωνα. Σήμερα χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα (ως **θερμική τροποποίηση**) σε όλο τον κόσμο με παρεμφερείς τεχνολογίες γνωστές ως *'Thermowood'*.

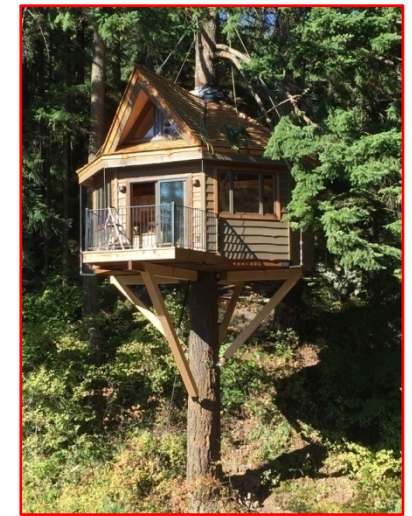
## Συντήρηση - Τεχνικές προστασίας του ξύλου

**3) Γνωστή μέθοδος βαφής** με ελαιοχρώματα ή άλλες χρωστικές ουσίες που βοηθάει στη μείωση της ρίκνωσης και της διόγκωσης του ξύλου. Η μέθοδος αυτή είναι κλασική και χρησιμοποιεί βαφές ή επιχρίσματα ποικίλης προέλευσης. Στην Ελλάδα ήταν/είναι συνηθισμένη με χρήση **λαδομπογιάς** και **τσιγκου** (Zn). Σήμερα ενδεικνυόμενη βαφή σε ξυλεία εξωτερική, για μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι η εφαρμογή **ακρυλικής λάκας εξωτερικής χρήσεως με αλκύδια** στο επιθυμητό χρώμα.

**4) Εμποτισμός** του ξύλου (υπό υψηλή πίεση) με **υδατοδιαλυτά άλατα βορίου – χαλκού - αζόλες**. Ξύλο εμποτισμένο με υδατοδιαλυτά άλατα παρουσιάζει ρίκνωση-διόγκωση, μειωμένη μέχρι το 50%. Τα άλατα αυτά προσδίδουν στο ξύλο ένα ελαφρύ πρασινωπό ή καφέ χρώμα. Το ξύλο αυτό ανήκει στην εμποτισμένη ξυλεία. Καλό είναι **μόνο πεύκα** να χρησιμοποιούνται σε εμποτισμό.



## Προστασία ξύλου (π.χ. δενδρόσπιτο)



*Πρώτη ύλη:* στρογγύλη από ντόπιο πεύκο, ή πριστή από εγκάρδιο πεύκου.

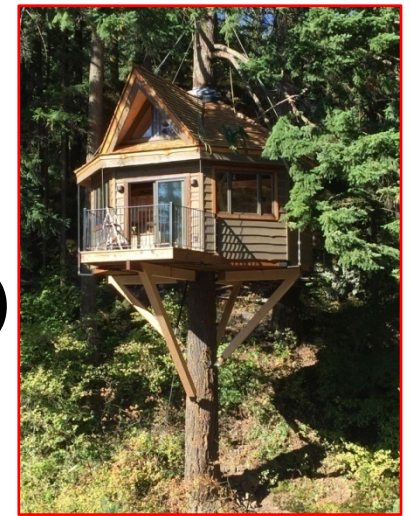
1° Την όλη ξύλινη κατασκευή εσωτερικά την περνάμε με πολλά χέρια **λινέλαιο**, αραιωμένο με νέφτι. Εξωτερικά την περνάμε πάλι με μπόλικο λινέλαιο. Το λινέλαιο εισχωρεί στο ξύλο και δεν επιτρέπει την προσρόφηση νερού, οπότε δεν σαπίζει το ξύλο.

2° Σε στέγη, σκάλα, μπαλκονάκι, αναμιγνύουμε το λινέλαιο με ένα **μυκητοκτόνο** εντομοκτόνο ευρέως φάσματος, ελαιοδιαλυτό (π.χ. Bondex ή Gori) σκούρου χρώματος, για αποτελεσματικότερη προστασία.

3° Σε ξύλινα στοιχεία, εκτεθειμένα στον καιρό (π.χ. στέγη), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε *πεύκο εμποτισμένο* με άλατα βορίου - χαλκού - αζολών, και να τη βάψουμε με ένα ακρυλικό χρώμα εξωτερικής χρήσης για ξύλο (π.χ. Vernilac).

\*Η συντήρηση θα πρέπει να επαναληφθεί στα **2 ή 3 χρόνια**, ξανά.

## Προστασία ξύλινων κεραμιδιών (Κατράμι)



Η πιο γνωστή αρχαία τεχνική. Το **κατράμι** (pine tar) είναι ένα παχύρευστο, ελαιώδες μαύρο υγρό, με έντονη οσμή, το οποίο παράγεται από την καταστρεπτική απόσταξη κορμών (πεύκου) υπό ανοξικές συνθήκες και αποτελείται από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, οξέα και βάσεις.

Χρησιμοποιούνταν σαν συντηρητικό σε ξύλινες κατασκευές βλ. σκάφη και μονωτικό υλικό στις κατοικίες. Είναι γνωστό από ιστορικές πηγές ότι το κατράμι (ή κατράνι) χρησιμοποιούνταν από τον Ιπποκράτη ως φάρμακο, όπως και για πολλές χρήσεις στην ξυλοναυπηγική.

Η καλύτερη διάλυση και εφαρμογή του σε ξύλο γίνεται σε αναλογία **1:1**, είτε με φυσικό τερεβινθέλαιο είτε με **βρασμένο λινέλαιο**. Αυτή την τεχνική μπορούμε να την εφαρμόσουμε π.χ. στα ξύλινα κεραμίδια του δενδρόσπιτου.

***Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!***

***Δρ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης, επιστήμων ξύλου***

***Email: [mantanis@uth.gr](mailto:mantanis@uth.gr)***