

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΞΥΛΟΥ





# Η ΞΗΡΑΝΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ



# Υγρασία ξύλου

Ξύλο **υγροσκοπικό υλικό** (διογκώνεται-ρικνώνεται)

Ξύλο **ανισότροπο υλικό** (μεταβολή διαστάσεων αξον.-εφαπτομ.-ακτιν.)

- ✓ Η πριστή ξυλεία, όπως και άλλα προϊόντα ξύλου (πχ στύλοι, ξυλόφυλλα), περιέχουν **μεγάλα ποσά υγρασίας** μετά την παραγωγή τους
- ✓ Μεγάλο μέρος της υγρασίας αυτής πρέπει να αποβληθεί βαθμιαία και ομοιόμορφα με **κατάλληλη ξήρανση** ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται η ξυλεία και το περιβάλλον της χρήσης
- ✓ Η **ξήρανση προστατεύει** τα προϊόντα του ξύλου από **ελαττώματα** που προκαλούνται από την ακανόνιστη μεταβολή των διαστάσεων του και την **προσβολή μυκήτων**



# Κύριοι λόγοι ξήρανσης ξυλείας

- ✓ Ελαττώνεται η ρίκνωση –διόγκωση στο χώρο όπου χρησιμοποιείται η ξυλεία και αποφεύγεται η στρέβλωση και η ραγάδωση
- ✓ Αποφεύγεται η προσβολή από μύκητες (χρωστικούς ή σηπτικούς) κατά τη χρήση του (όταν η υγρασία του ξύλου είναι συνήθως λιγότερη από 20% περίπου της αρχικής)
- ✓ Διευκολύνονται κατεργασίες όπως η επιτυχημένη βαφή, στίλβωση, εμποτισμός και συγκόλληση του ξύλου
- ✓ Ελαττώνεται το βάρος του και επομένως οι δαπάνες μεταφοράς
- ✓ Αυξάνεται η μηχανική αντοχή, εφόσον η ξήρανση δεν συνοδεύεται από ελαττώματα (πχ ραγαδώσεις)
- ✓ Αυξάνεται η ικανότητα συγκράτησης καρφιών
- ✓ Θανατώνονται μύκητες και έντομα που τυχόν υπάρχουν μέσα στο ξύλο



# Παράγοντες που επηρεάζουν την ξήρανση

- ✓ η θερμότητα: χρειάζεται για την εξάτμιση της υγρασίας. Όσο **μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία** του αέρα τόσο **ταχύτερος είναι ο ρυθμός κίνησης της υγρασίας** από το εσωτερικό προς την επιφάνεια του ξύλου
- ✓ η σχετική υγρασία: καθορίζει την ξηραντική ικανότητα του αέρα και το ρυθμό εξόδου της υγρασίας από το ξύλο. **Ξηρότερος αέρας** **μεγαλύτερη ξηραντική ικανότητα**
- ✓ η κυκλοφορία του αέρα: χρειάζεται για μεταφορά θερμότητας προς το ξύλο και απομάκρυνση της υγρασίας από την επιφάνεια του



# Κατάλληλη επιθυμητή υγρασία

- ✓ Έπιπλα – εσωτερικοί χώροι: 8 – 9 (7-10)%
- ✓ Κουφώματα: 10 – 12 %
- ✓ Εξωτερικές κατασκευές: 12 – 16 %



# Μέθοδοι ξήρανσης του ξύλου

- ✓ η φυσική: με έκθεση της ξυλείας στο φυσικό περιβάλλον
- ✓ η τεχνητή: σε ειδικούς θαλάμους τεχνητού κλίματος, όπου ελέγχονται οι παράγοντες ξήρανσης (θερμότητα, σχ. υγρασία, κυκλοφορία αέρα)



Υπόστεγο φυσικής ξήρανσης



Θάλαμος τεχνητής ξήρανσης



# Σύγκριση φυσικής και τεχνητής ξήρανσης

- ✓ στη φυσική ξήρανση η **δυνατότητα ελέγχου των παραγόντων ξήρανσης** είναι πολύ περιορισμένη ή δεν υπάρχει
- ✓ στη φυσική ξήρανση **απαιτείται πολύ περισσότερος χρόνος** για την ξήρανση
- ✓ η φυσική ξήρανση **για ορισμένες χρήσεις της ξυλείας** (πχ έπιπλα, πατώματα και άλλες εσωτερικές χρήσεις) και **ορισμένες κατεργασίες** (πχ συγκόλληση) δεν αρκεί και απαιτείται τεχνητή
- ✓ στη φυσική ξήρανση υπάρχει **ακινητοποίηση κεφαλαίων** της βιομηχανίας για πολύ χρόνο



# Σύγκριση φυσικής και τεχνητής ξήρανσης

- ✓ στη τεχνητή ξήρανση, η **υγρασία μπορεί να ρυθμιστεί** σε οποιοδήποτε επιθυμητό επίπεδο, ανεξάρτητα από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες
- ✓ στη τεχνητή ξήρανση, απαιτούνται **δαπανηρές εγκαταστάσεις**, σε αντίθεση με τη φυσική
- ✓ Κίνδυνοι στη φυσική ξήρανση προκύπτουν από την **μακρόχρονη έκθεση της ξυλείας** σε κινδύνους όπως η πυρκαγιά, οι μύκητες και τα έντομα
- ✓ Κίνδυνοι στη τεχνητή ξήρανση προκύπτουν από **κακούς χειρισμούς** που μπορούν να δημιουργήσουν ελαττώματα στο ξύλο ή ακόμα και να το αχρηστεύσουν



# Φυσική ξήρανση

Σημαντικοί παράγοντες στη φυσική ξήρανση είναι:

1. η εκλογή κατάλληλου χώρου (πριστοπλατείας, γηπέδου ξηράνσεως)
2. κατάλληλη τοποθέτηση (στοίβαξη) της ξυλείας
3. ο ρυθμός ξηράνσεως (κλίμα)
4. ο έλεγχος της υγρασίας



# Εκλογή γηπέδου ξήρανσης

Το οποίο πρέπει να είναι **επίπεδο** και επιλέγεται ανάλογα με το **μέγεθος** και τη **θέση** του

- ✓ Το **μέγεθος** πρέπει να είναι αρκετό για τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες (αποθήκευση ξυλείας, κίνηση των μηχανημάτων, κτίρια, κλπ)
- ✓ Η **θέση** του σχετίζεται με την κατάλληλη τοπογραφική του διαμόρφωση, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλός αερισμός χωρίς φυσικά ή τεχνητά εμπόδια και αποστράγγιση, απομάκρυνση βλάστησης – υπολειμμάτων κατεργασίας, επίστρωση σε λασπώδες έδαφος κλπ



# Εκλογή γηπέδου ξήρανσης

Παράδειγμα άριστης κατάστασης επιφανείας γηπέδου (χωρίς ποώδη βλάστηση, λάσπες κλπ)





# Στοιβάξη

Η πριστή ξυλεία τοποθετείται στο γήπεδο ξήρανσης (πρισματοπλατεία του πριστηρίου) σε στοιβάδες οι οποίες συναρμολογούνται και τοποθετούνται (διατάσσονται) με ειδικό συγκεκριμένο τρόπο

- ✓ Διάταξη στοιβάδων
- ✓ Διαστάσεις στοιβάδων
- ✓ Βάθρα
- ✓ Διαχωριστικοί πήχεις
- ✓ Ταξινόμηση- στοιβάξη ξυλείας με άνισο μήκος
- ✓ Απόσταση πριστών
- ✓ Στέγη
- ✓ Προστασία άκρων

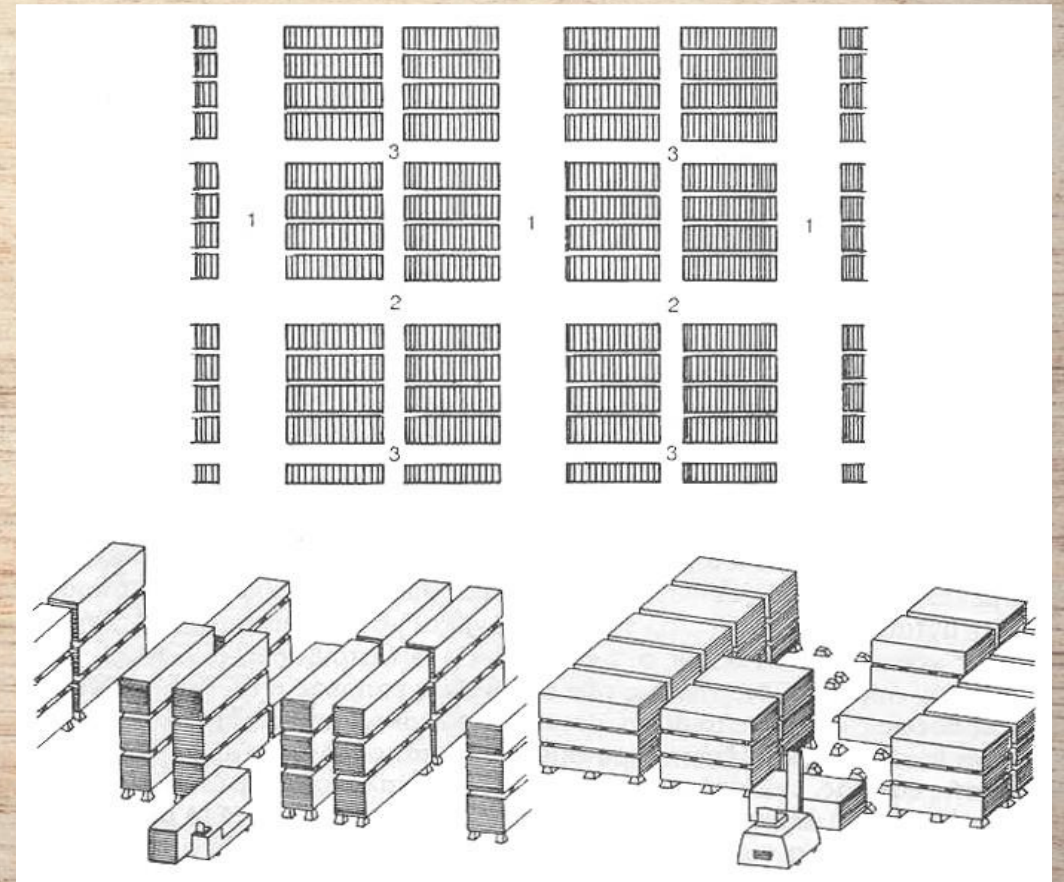




# Στοιβάξη

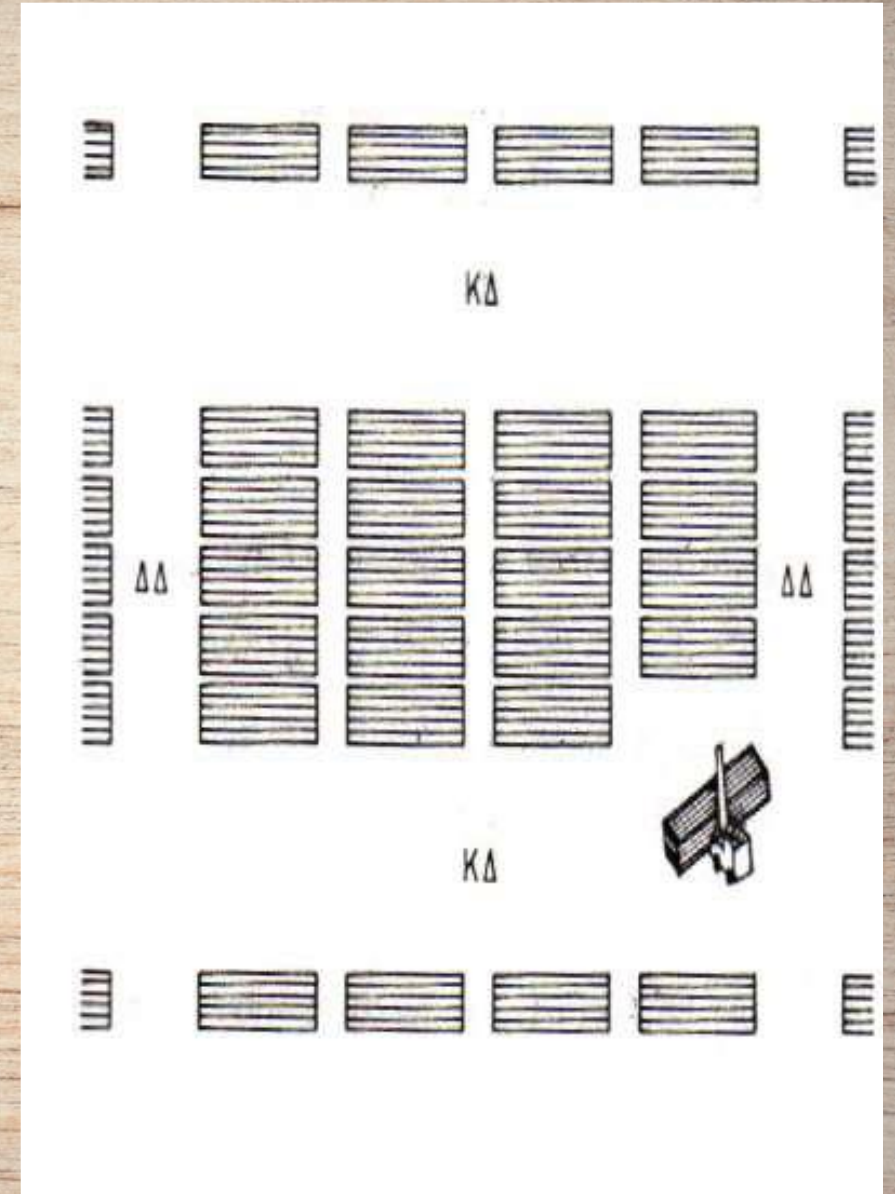
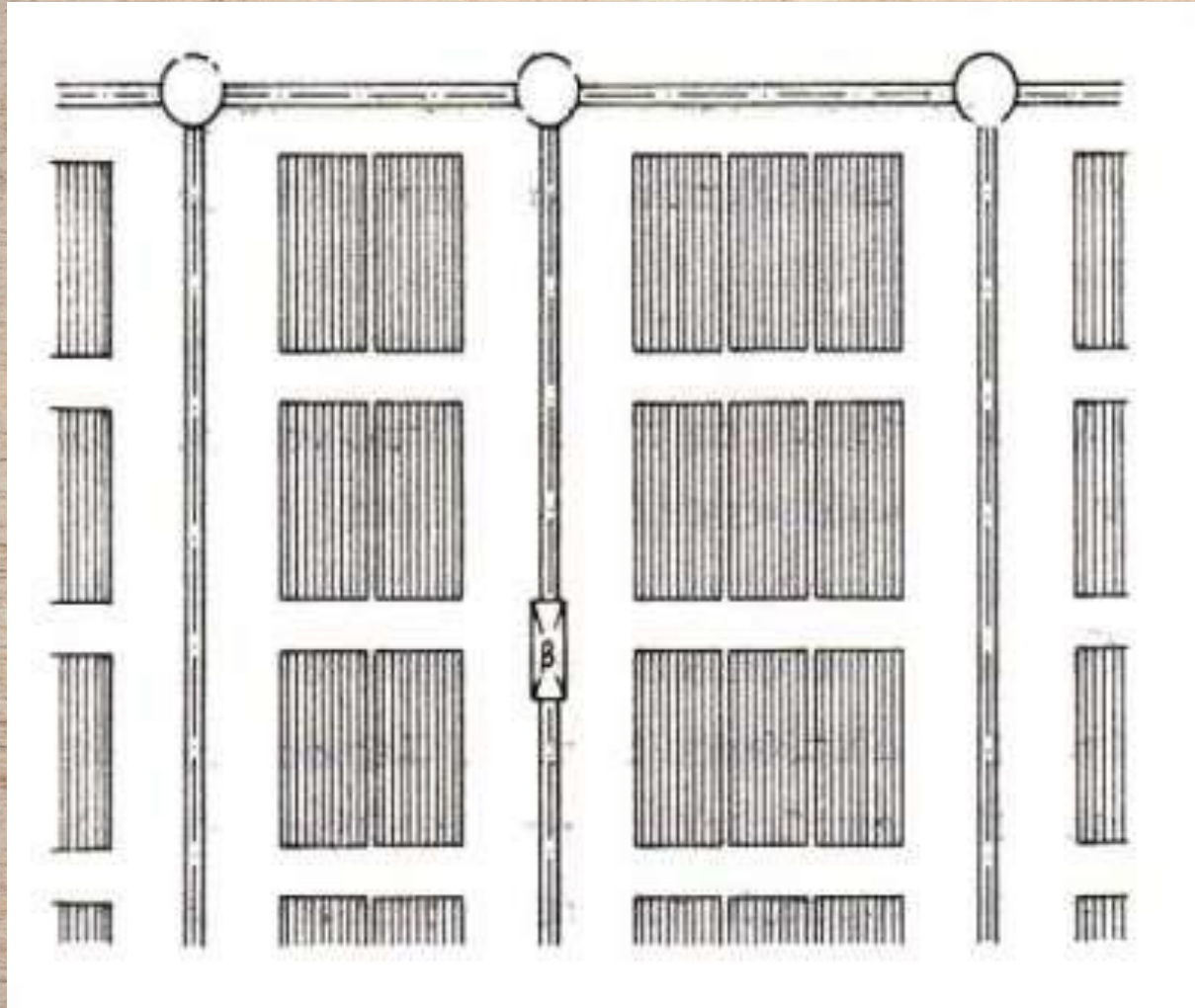
Οι στοιβάδες της πριστής ξυλείας τοποθετούνται σε παράλληλες σειρές με ενδιάμεσους διαδρόμους ποικίλου πλάτους που εξυπηρετούν:

- ✓ το χειρισμό της ξυλείας (στοίβαξη και αποστοίβαξη με ανυψωτικά μηχανήματα)
- ✓ την κυκλοφορία του αέρα
- ✓ χρησιμεύουν ως αντιπυρικές λωρίδες



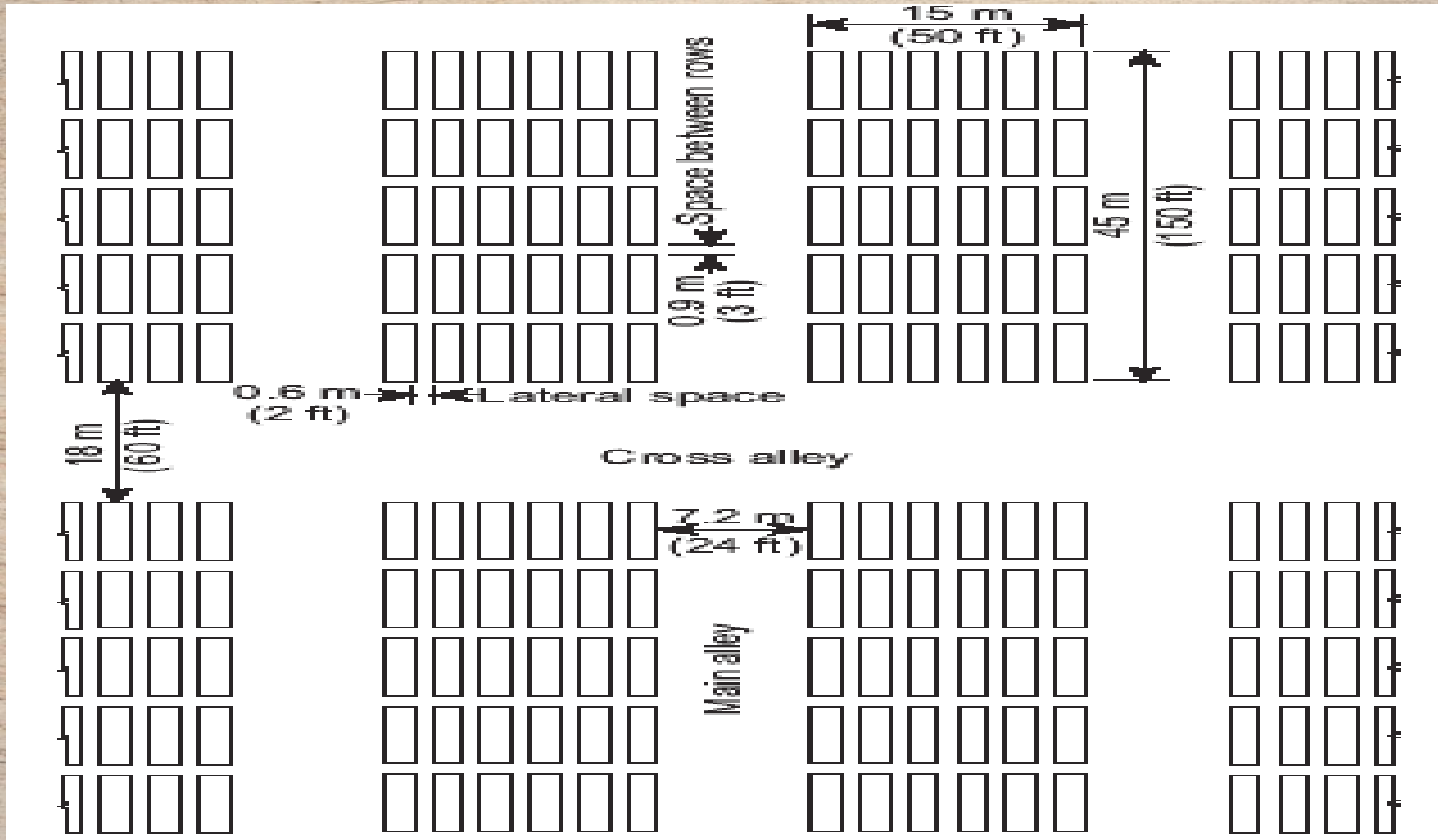


# Διάταξη στοιβάδων και διαδρόμων





# Διάταξη στοιβάδων και διαδρόμων





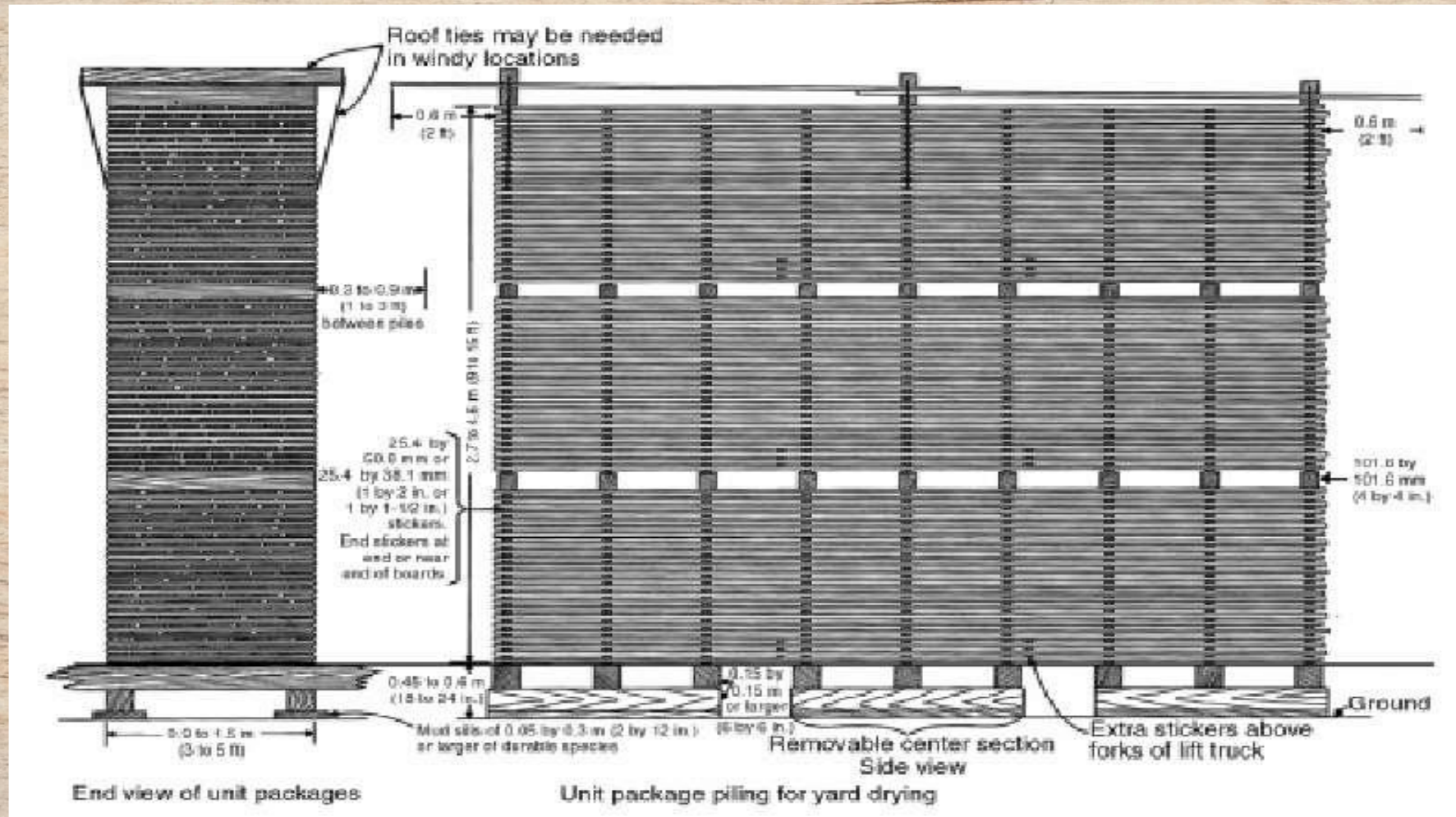
# Διαστάσεις στοιβάδων

- ✓ συνήθως έχουν **πλάτος και ύψος 1 - 1,2 μ.** και τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη στην πρισματοπλατεία
- ✓ γενικά συνίσταται **σχέση ύψους - πλάτους 1:3**
- ✓ **επηρεάζουν την ταχύτητα ξήρανσης** της ξυλείας. Το **πλάτος** επιδρά στην οριζόντια κίνηση του αέρα και το **ύψος** στην κατακόρυφη
- ✓ σε στοιβάδες με μεγάλο πλάτος η καθοδική κίνηση του αέρα **διευκολύνεται με αεραγωγό**



# Διαστάσεις στοιβάδων

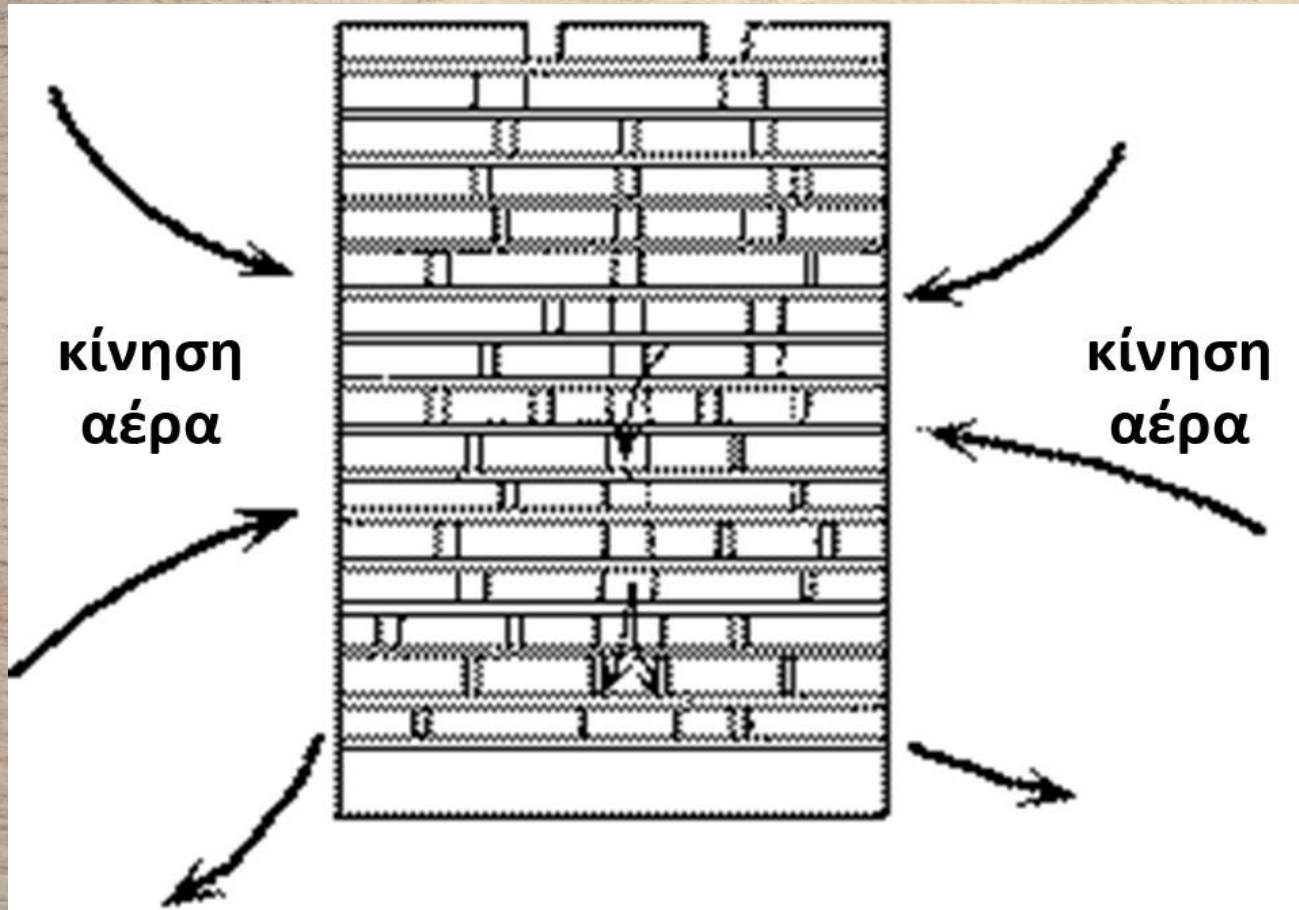
Στοιβάδα από 3 πακέτα. Όψη άκρων πριστων (A) & πλάγια όψη (B)





# Διαστάσεις στοιβάδων

Χοανοειδείς αεραγωγοί σε στοιβάδες πριστής ξυλείας και χονδροί διαχωριστικοί πήχεις βελτιώνουν την κίνηση του αέρα



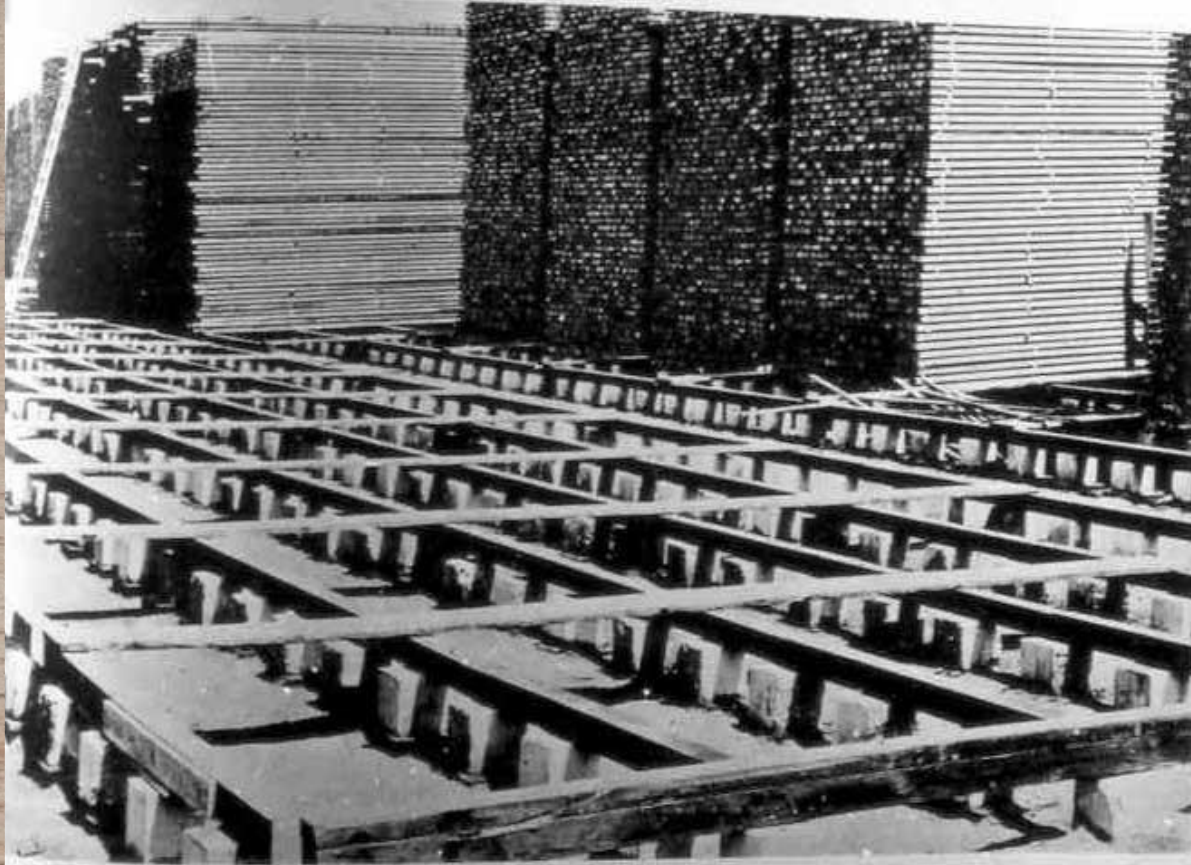


# Βάθρα

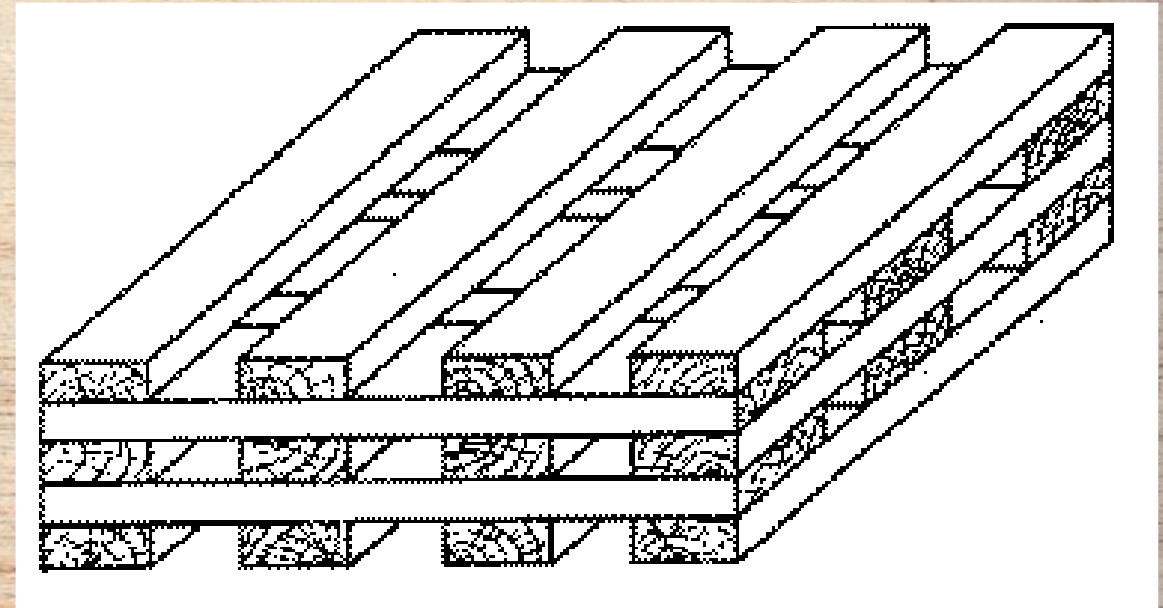
- ✓ Οι στοιβάδες τοποθετούνται σε κατάλληλα, ανθεκτικά βάθρα σε αποστάσεις 0,25 – 1,5 μ. & 30 – 40 εκ. ύψος από το έδαφος
- ✓ **ανθεκτικά μόνιμα** (από οπλισμένο σκυρόδεμα) ή **μεταθετά** (σκυρόδεμα, τούβλα, δοκοί εμποτισμένοι με πισσέλαιο)



# Βάθρα



Στοιίβαξη των στιβάδων  
πάνω σε βάθρα



Βάθρο κατασκευασμένο από  
ξύλινες δοκούς



# Διαχωριστικοί πήχεις

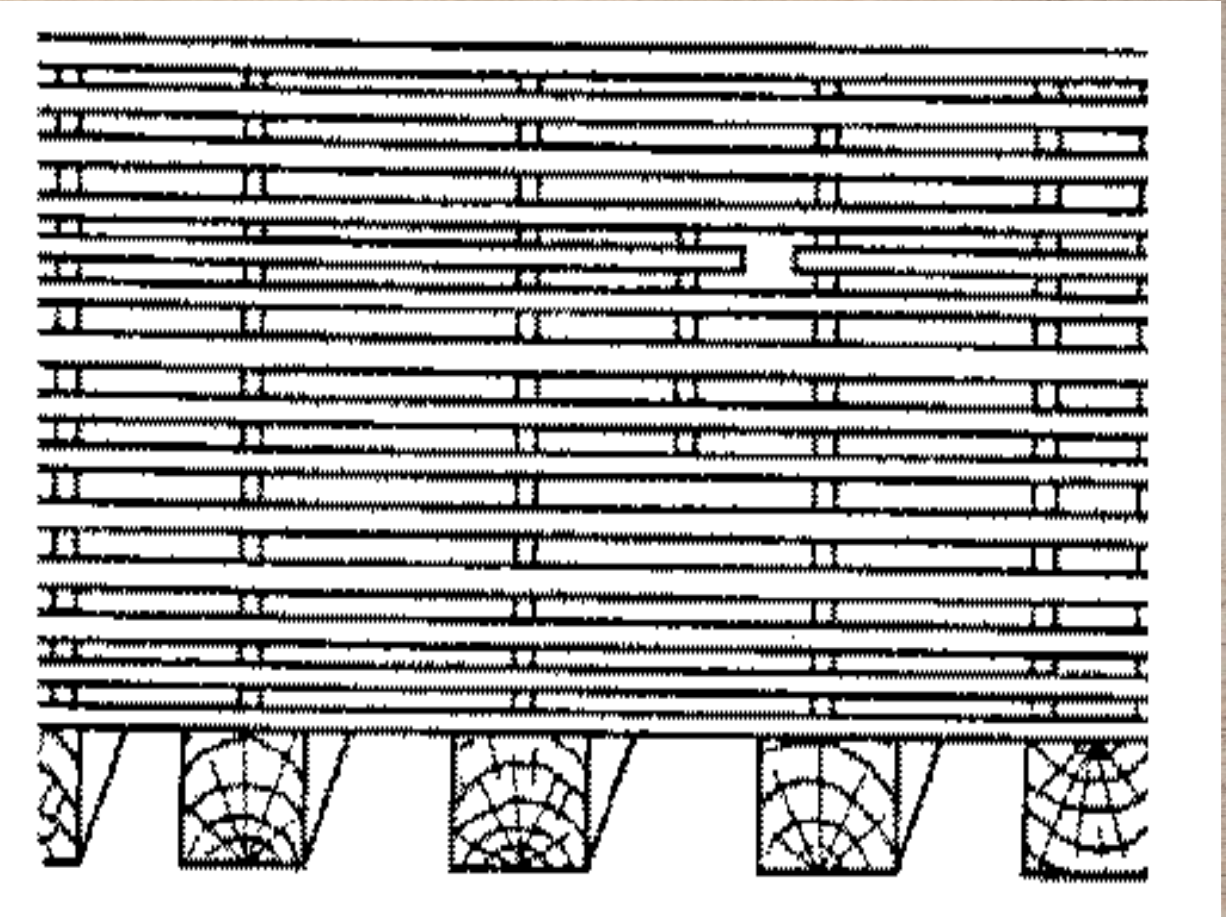
- ✓ Κατά τη στοίβαξη μεταξύ των πριστών ξύλων τοποθετούνται **διαχωριστικοί πήχεις**
- ✓ **Πρισματικά ξυλοτεμάχια** (ελάτης – ερυθρελάτης, χωρίς ελαττώματα, ξηρά στον αέρα) με διατομή 2,5 X 2,5 εκ. ή 1,5 X 2,5 εκ. και με μήκος ίσο με το πλάτος της πριστής
- ✓ Σκοπός: η **διευκόλυνση της κίνησης του αέρα** μεταξύ των πριστών για καλύτερη ξήρανση





# Διαχωριστικοί πήχεις

- ✓ αμέσως μετά την πρίση για αποφυγή μυκητικής προσβολής
- ✓ διατομή – απόσταση πήχων επηρεάζουν τον ρυθμό ξήρανσης
- ✓ σημαντική η κανονική τοποθέτηση πήχων σε κατακόρυφες σειρές για αποφυγή παραμορφώσεων



Τρόπος τοποθέτησης διαχωριστικών πήχων



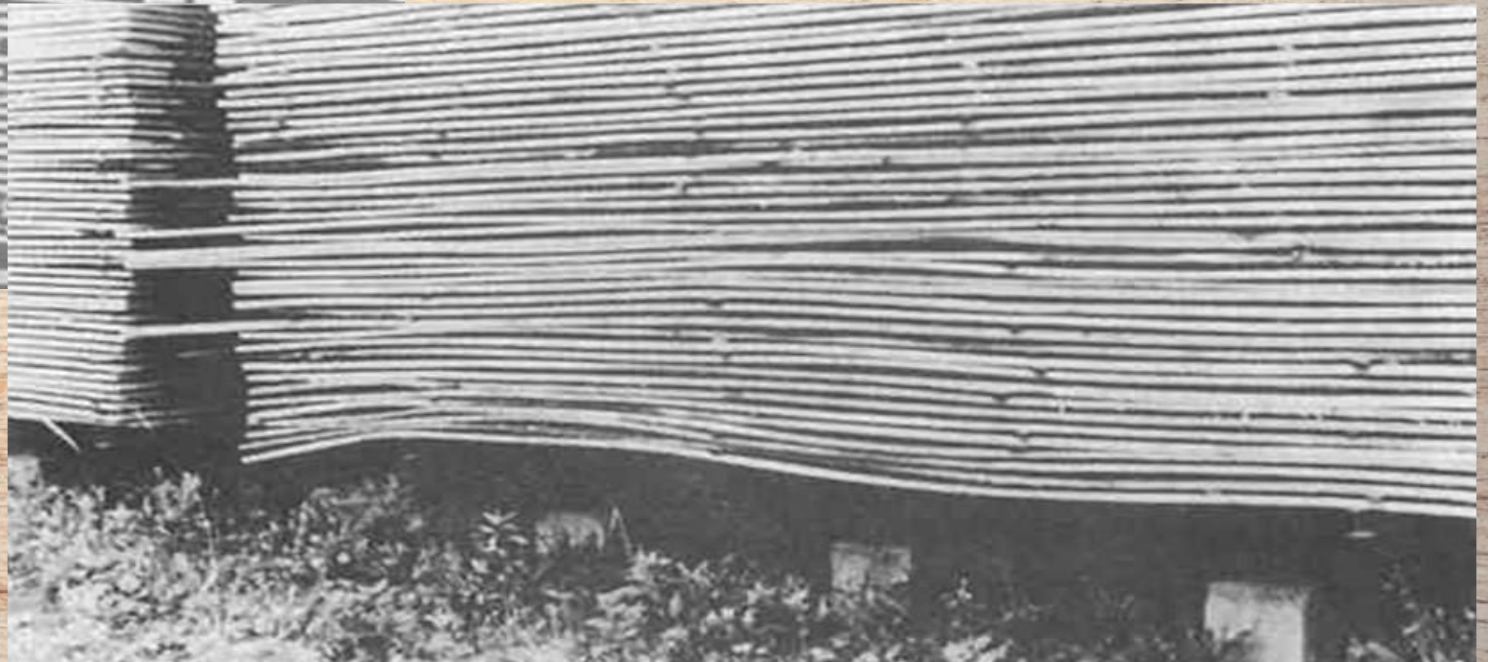
# Διαχωριστικοί πήχεις



Κανονική τοποθέτηση πήχων σε κατακόρυφες σειρές



# Ανομοιόμορφη τοποθέτηση διαχωριστικών πηχέων – κακή στοίβαξη





# Ταξινόμηση στοίβαξη ξυλείας με άνισο μήκος και απόσταση πριστών

Η ξυλεία θα πρέπει:

- ✓ να στοιβάζεται σε **πρισματική μορφή** χωρίς προεξέχοντα άκρα
- ✓ να είναι **ταξινομημένη σε ομάδες** με όμοια συμπεριφορά από άποψη ξήρανσης – δηλ. χωριστά κατά **είδος και πάχος πριστών**
- ✓ να είναι ταξινομημένη σε ομάδες με όμοια το **μήκος, το πλάτος, τη διεύθυνση αυξητικών δακτυλίων** (ακτινική, εφαπτομενική) και την ποιότητα
- ✓ απόσταση 2 – 2,5 εκ. ανάμεσα σε πριστά κάθε στρώσης



# Ταξινόμηση στοίβαξη ξυλείας με άνισο μήκος και απόσταση πριστών

Ξυλεία με άνισο μήκος μπορεί να προκαλέσει προβλήματα γιατί εξέχουν άκρα τα οποία στραβώνουν επειδή δεν υποστηρίζονται.

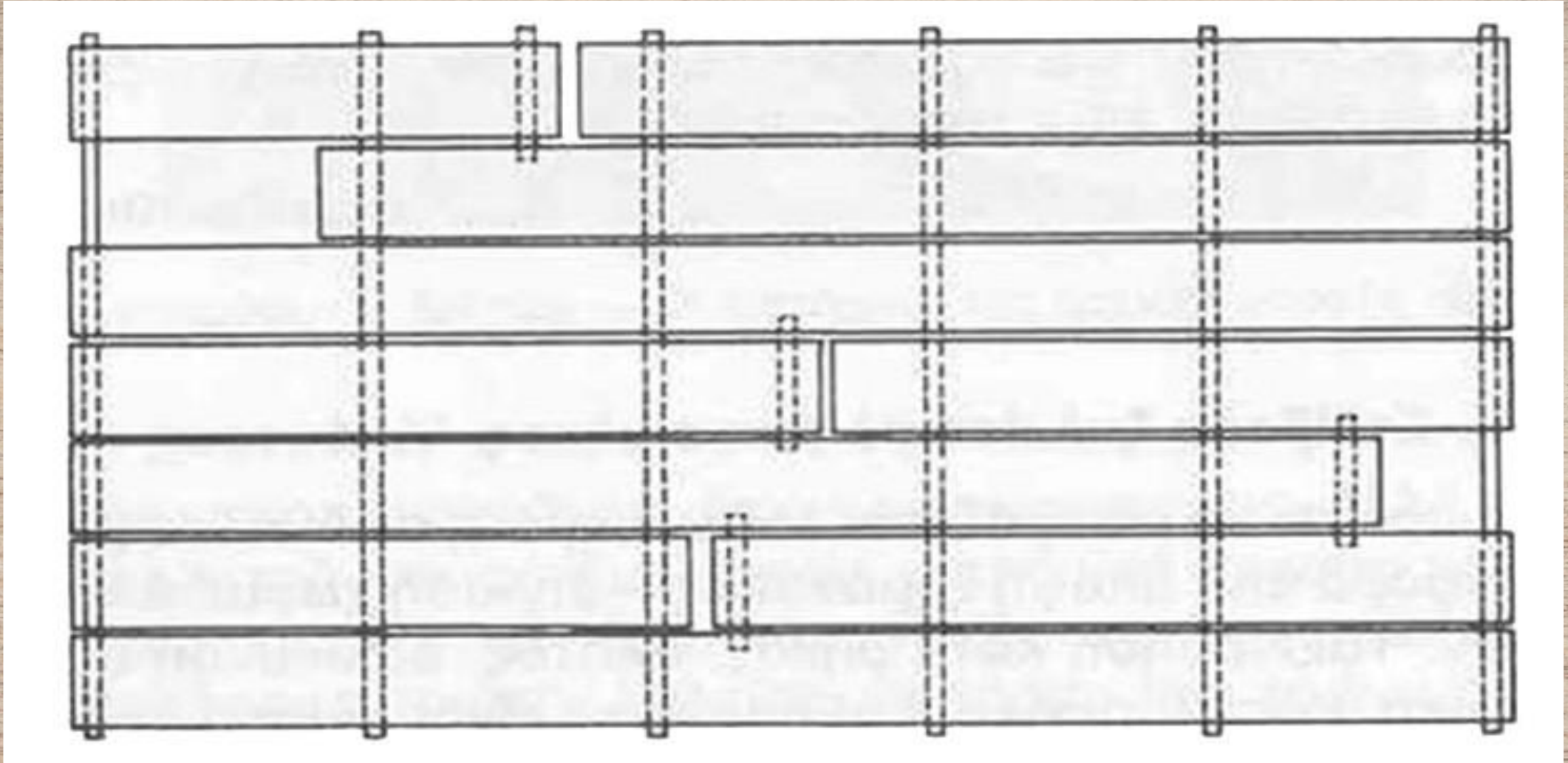
Για αποφυγή του κινδύνου:

- ✓ κατασκευή στοιβάδας έτσι ώστε να έχει το **μήκος του μακρύτερου πριστού**
- ✓ ξυλεία με μικρότερο μήκος **τοποθετείται εναλλάξ** και με τρόπο που οι κενοί χώροι να μένουν μέσα στην στοιβάδα
- ✓ τυχόν **ελεύθερα άκρα** που δεν υποστηρίζονται από τους διαχωριστικούς πήχεις, υποστηρίζονται ιδιαιτέρως
- ✓ η στοιβάδα παίρνει **πρισματική μορφή**





# Ταξινόμηση στοίβαξη ξυλείας με άνισο μήκος και απόσταση πριστών

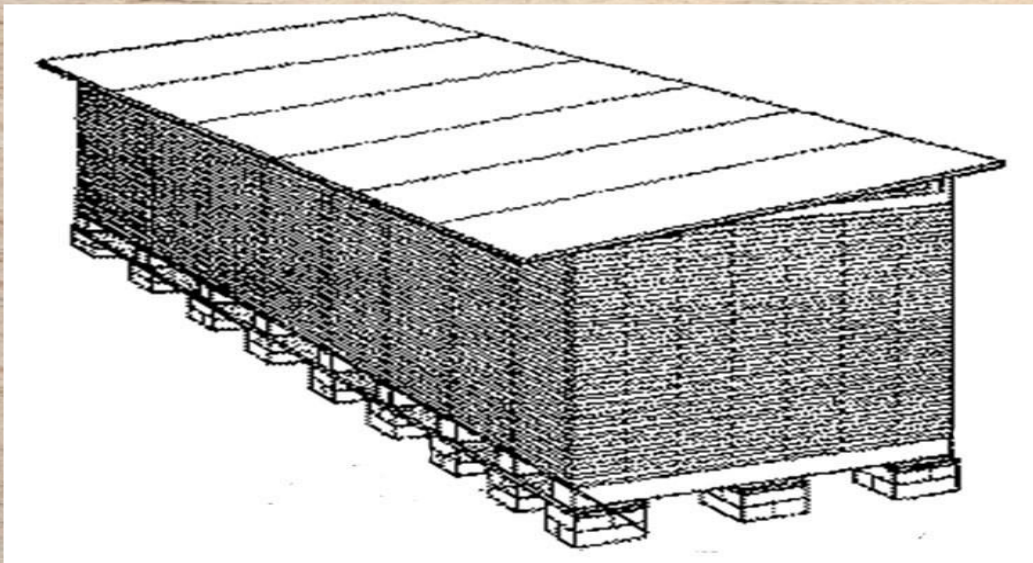


Κάτοψη στρώσης πριστών ώστε να μην εξέχουν τα άκρα



# Στέγη

- ✓ πάνω από την ανώτερη στοιβάδα τοποθετείται στέγη για την προφύλαξη της ξυλείας από την **άμεση επίδραση του ήλιου και της βροχής** (ή χιονιού)
- ✓ η στέγη κατασκευάζεται από διάφορα υλικά (ξύλο, λαμαρίνα κλπ)
- ✓ τοποθετείται με κλίση
- ✓ είναι μακρύτερη από το μήκος της στοιβάδας (εξέχει 30-50 εκ. από τα άκρα)
- ✓ μπορεί να στηρίζεται ώστε να μην παρασύρεται από τον αέρα





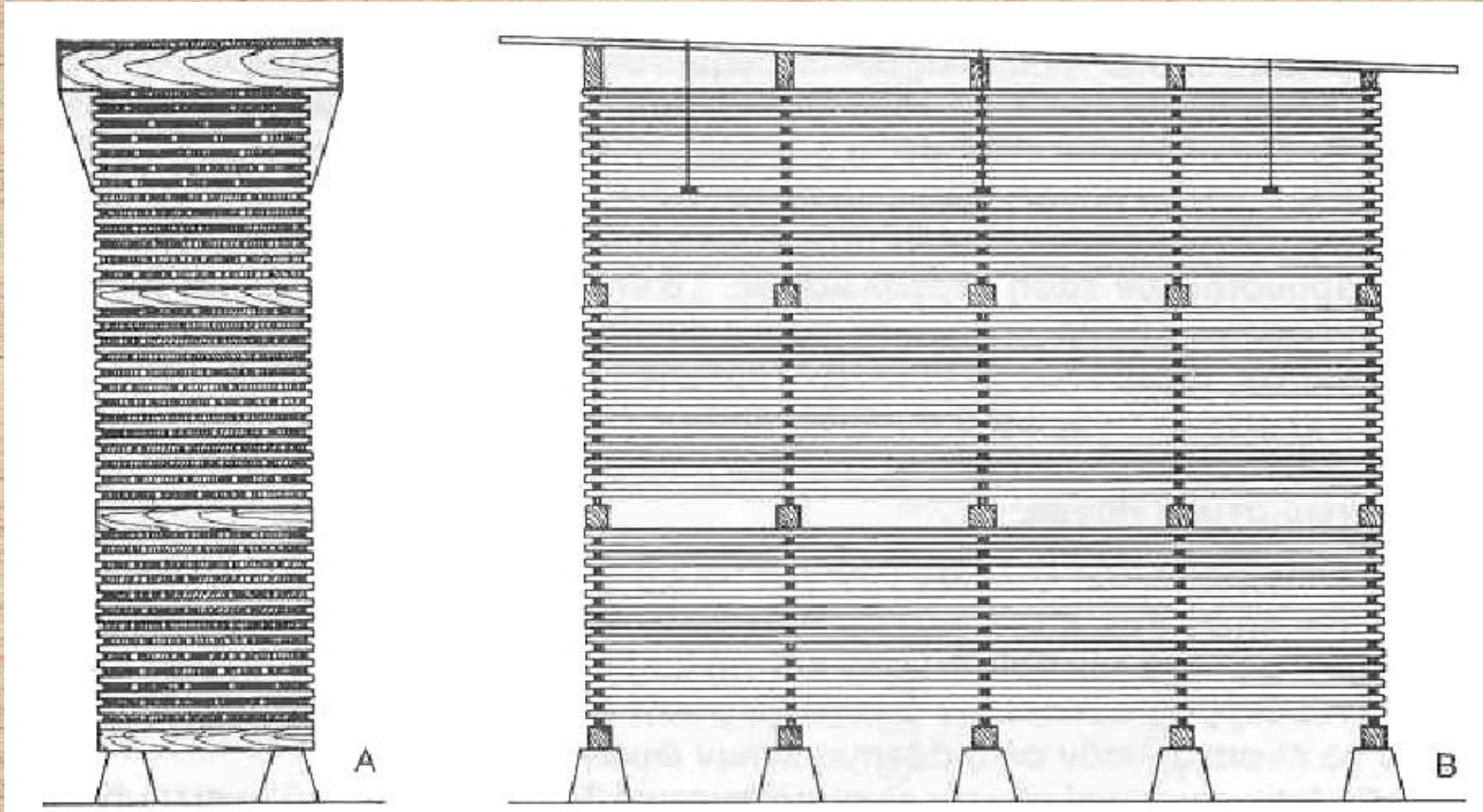
# Στέγη



Στέγαση των στοιβάδων με στέγη και με λαμαρίνα



# Υποδειγματική στοίβαξη πριστής ξυλείας



A. όψη των άκρων των πριστών, B. πλάγια όψη. Διακρίνονται τα βάθρα, οι διαχωριστικοί πήχεις (με κανονική και κατακόρυφη διάταξη) και η στέγη (στηριγμένη)



# Προστασία άκρων

- ✓ η **εξάτμιση της υγρασίας** και η **ρίκνωση** είναι ταχύτερη στα άκρα της ξυλείας, το οποίο **δημιουργεί ραγάδωση των άκρων**

Η ραγάδωση των άκρων είναι δυνατό να αποφευχθεί ή να περιοριστεί:

- ✓ με προφύλαξη τους από την **επίδραση του ήλιου και του αέρα**
- ✓ με **επάλειψη με ουσίες** (πχ παραφίνη, λινέλαιο) που επιβραδύνουν την εξάτμιση της υγρασίας
- ✓ με μεταλλικούς **συνδετήρες** (σε σχήμα S) ή διάτρητα **ελάσματα** που καρφώνονται στα άκρα



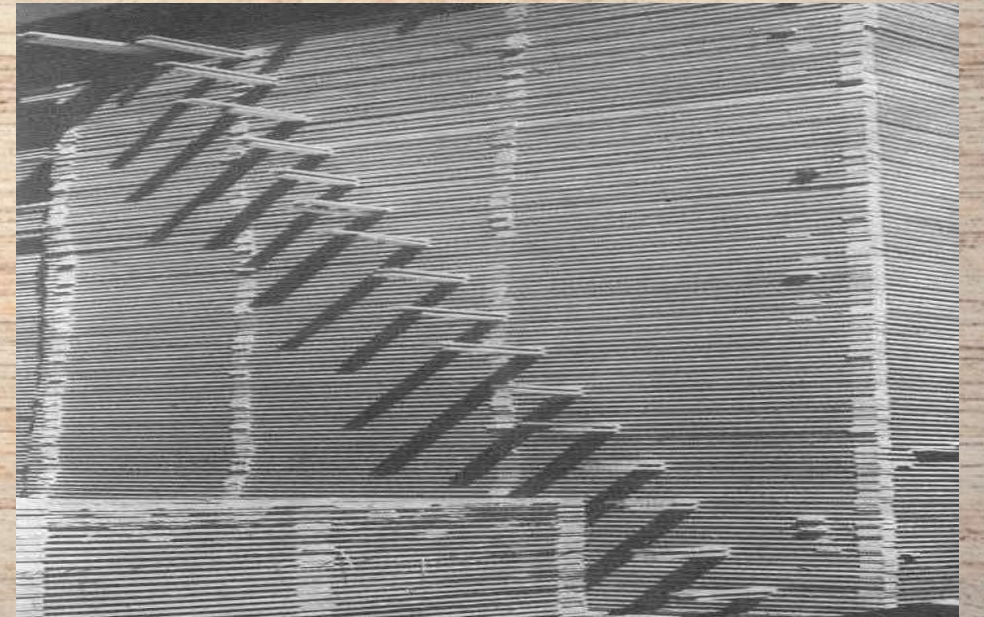
# Προστασία άκρων

- ✓ **ραγάδωση άκρων** (εγκάρσιων τομών) ξυλείας λόγω ταχύτερης εξάτμισης (μεγαλύτερης ρίκνωσης)





# Φυσική ξήρανση





# Φυσική ξήρανση



Τοποθέτηση πριστής ξυλείας για φυσική ξήρανση  
στις εγκαταστάσεις τους Τμήματος ΔΕΞΥΣ



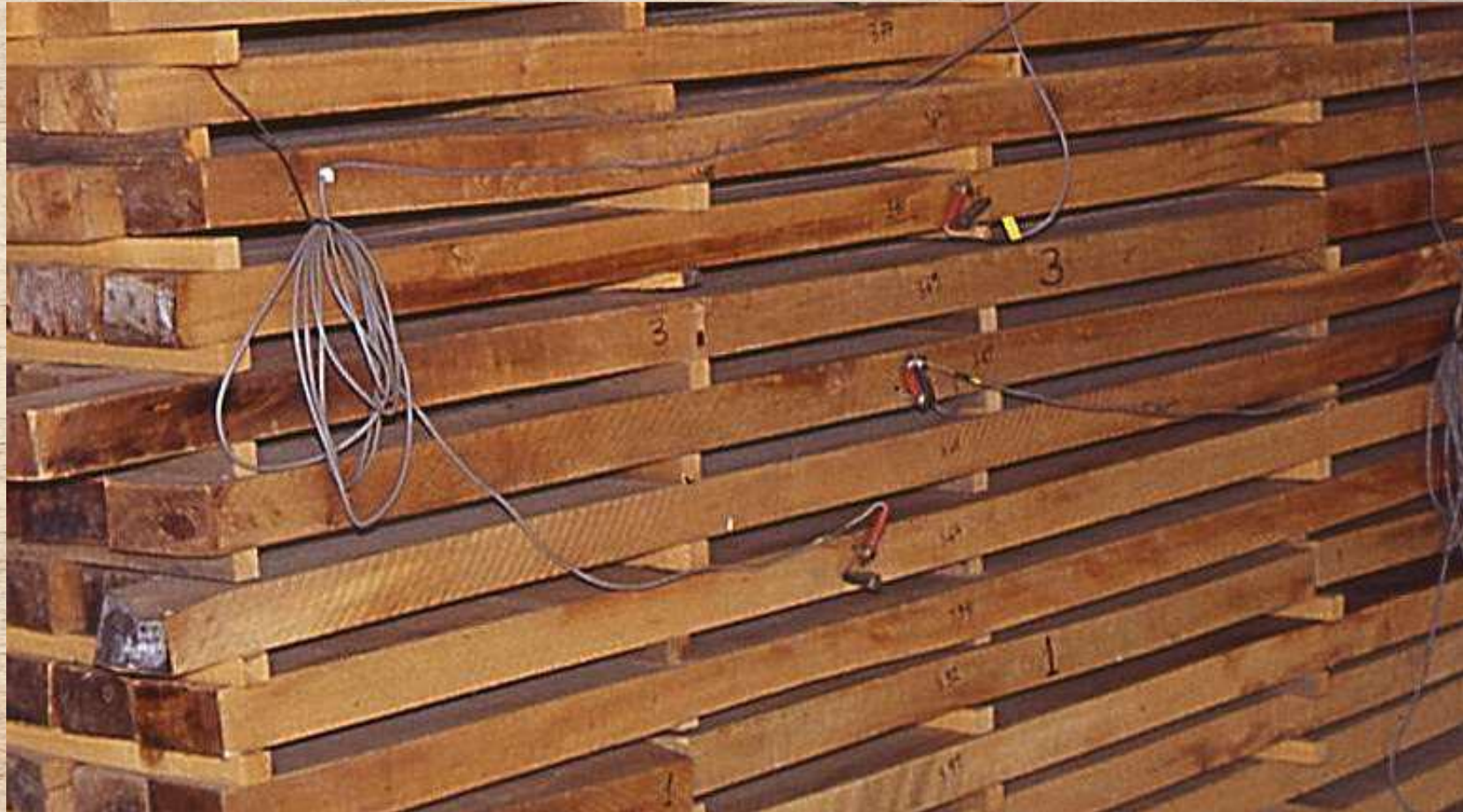
# Παράγοντες ρυθμού φυσικής ξήρανσης

1. Είδος ξυλείας: **κωνοφόρα** και **ελαφρά πλατύφυλλα** ξηραίνονται ταχύτερα και ευκολότερα
2. Πάχος πριστών: συνολικός χρόνος ξήρανσης θεωρείται ανάλογος του τετραγώνου του πάχους των πριστών (πάχος 5εκ. έως 4πλάσιο χρόνο σε σχέση 2,5εκ)
3. Διάταξη αυξ. δακτυλίων: Εφαπτομενική ξηραίνεται ταχύτερα σε σύγκριση με ακτινική (ακτίνες τέμνονται εγκάρσια και διευκολύνουν έξοδο υγρασίας)
4. Αναλογία σομφό-εγκάρδιο: **σομφό ξηραίνεται ταχύτερα** λόγω διαφορετικής δομής
5. Τρόπο στοίβαξης: όπως π.χ. διαστάσεις στοιβάδων, διαχωριστικοί πήχεις, προσανατολισμός στοιβάδων
6. Κλιματικές συνθήκες: η ξήρανση γίνεται **ταχύτερα κατά τη θερινή περίοδο**



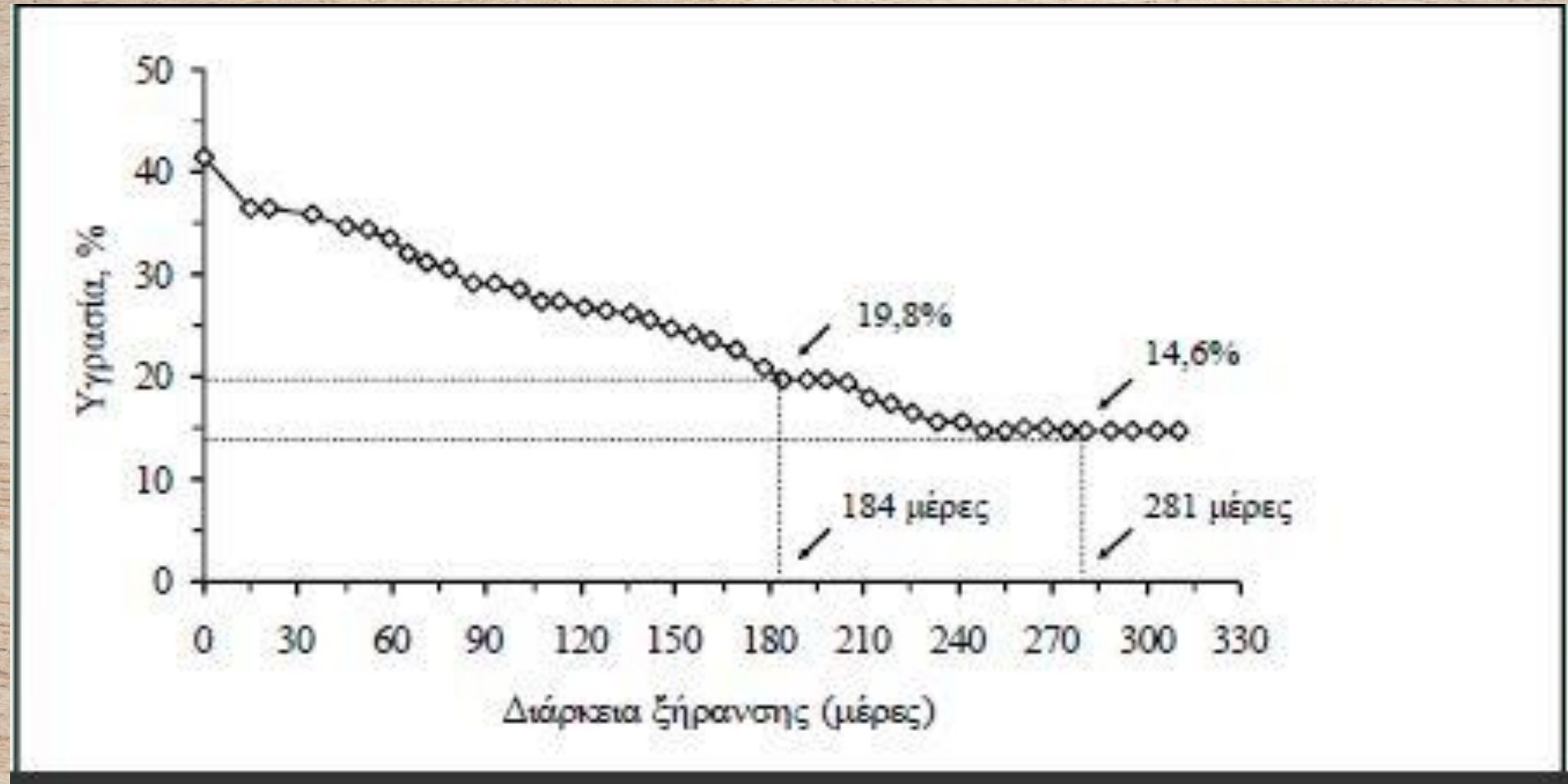
# Έλεγχος της υγρασίας της ξυλείας κατά τη ξήρανση

1. Τοποθέτηση ειδικών ακίδων στην πριστή ξυλεία
2. Σε διάφορα σημεία της στοίβας
3. Καταγραφή υγρασίας ξυλείας, θερμοκρασίας περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας αέρα



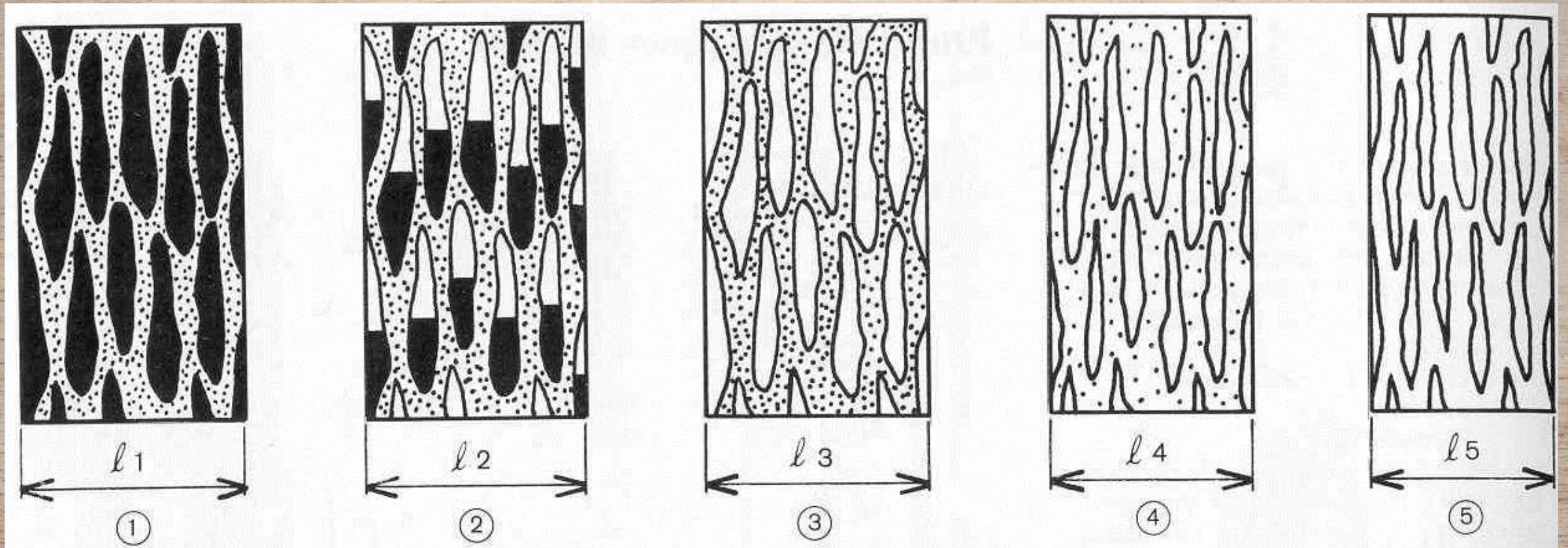


# Πορεία ξήρανσης





# Ο μηχανισμός της ξήρανσης



1. Κορεσμένο με νερό,
2. Υγρασία > σημείου ινοκόρου

3-5. Υγρασία < σημείου ινοκόρου  
(ξύλο με επιθυμητή υγρασία)



# Ενδεικτικοί χρόνοι ξήρανσης

- ✓ η **διάρκεια φυσικής ξήρανσης** στο 20% υγρασίας (το ανώτερο επίπεδο ασφαλείας έναντι προσβολών από μύκητες) χλωρής ξυλείας πχ πάχους 2,5 εκ.
  - της πεύκης είναι 15 - 200 μέρες
  - της λεύκης 50 - 150 μέρες
  - της δρυός 70 - 300 μέρες
- ✓ για **χρήσεις της ξυλείας στην Ελλάδα** απαιτούνται ανάλογα με τη χρήση χαμηλότερα ποσοστά ύγρανσης (πχ 15 - 16%), δηλ. μεγαλύτερη χρονική διάρκεια ξήρανσης



# Μέθοδος τεχνητής ξήρανσης

Υπάρχουν δύο τύποι ξηραντηρίων:

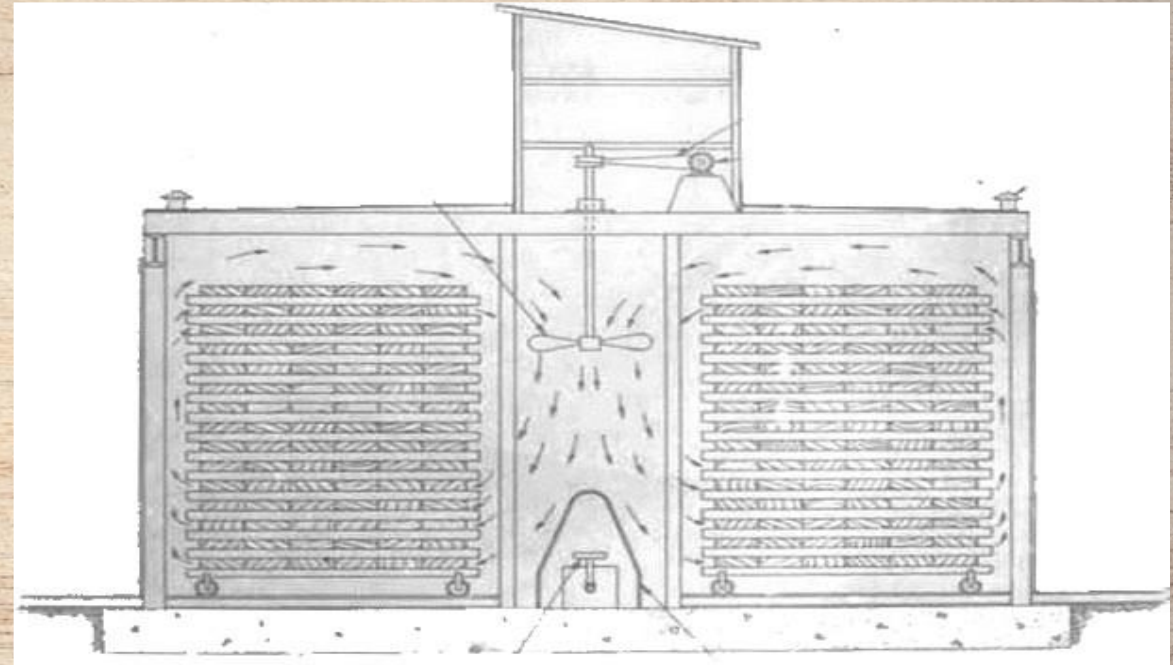
- ✓ τα **ξηραντήρια ενιαίας ξήρανσης**, όπου οι στοιβάδες της πριστής ξυλείας τοποθετούνται στο ξηραντήριο και μένουν αμετακίνητες σε όλη τη διάρκεια της ξήρανσης, Οι παράγοντες ξήρανσης **μεταβάλλονται χρονικά**
- ✓ τα **ξηραντήρια προοδευτικής ξήρανσης**, όπου οι στοιβάδες της πριστής ξυλείας μετακινούνται μέσα στο ξηραντήριο προς την έξοδο. Οι παράγοντες ξήρανσης **μεταβάλλονται τοπικά**, με ειδικά προγράμματα ξήρανσης.



# Θάλαμος ξηραντηρίου



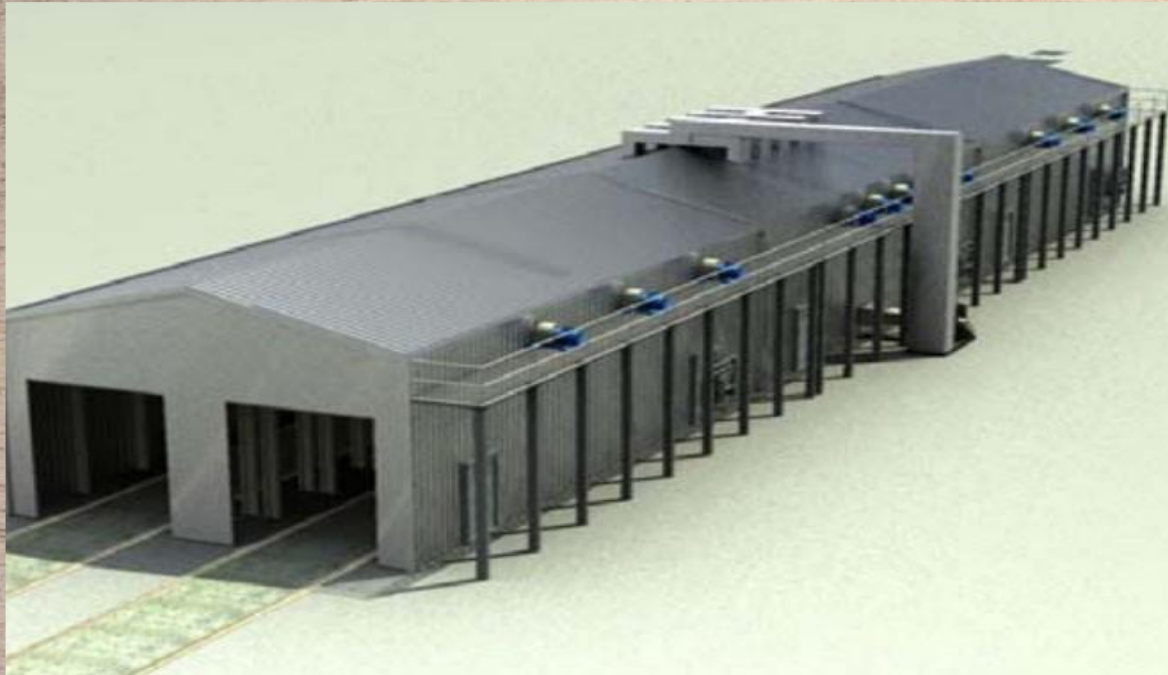
Εσωτερικό θαλάμου ξηραντηρίου  
ενιαίας ξήρανσης



Πρόσοψη θαλάμου ξηραντηρίου  
πριστής ξυλείας



# Μέθοδος τεχνητής ξήρανσης



Ξηραντήριο προοδευτικής ξήρανσης

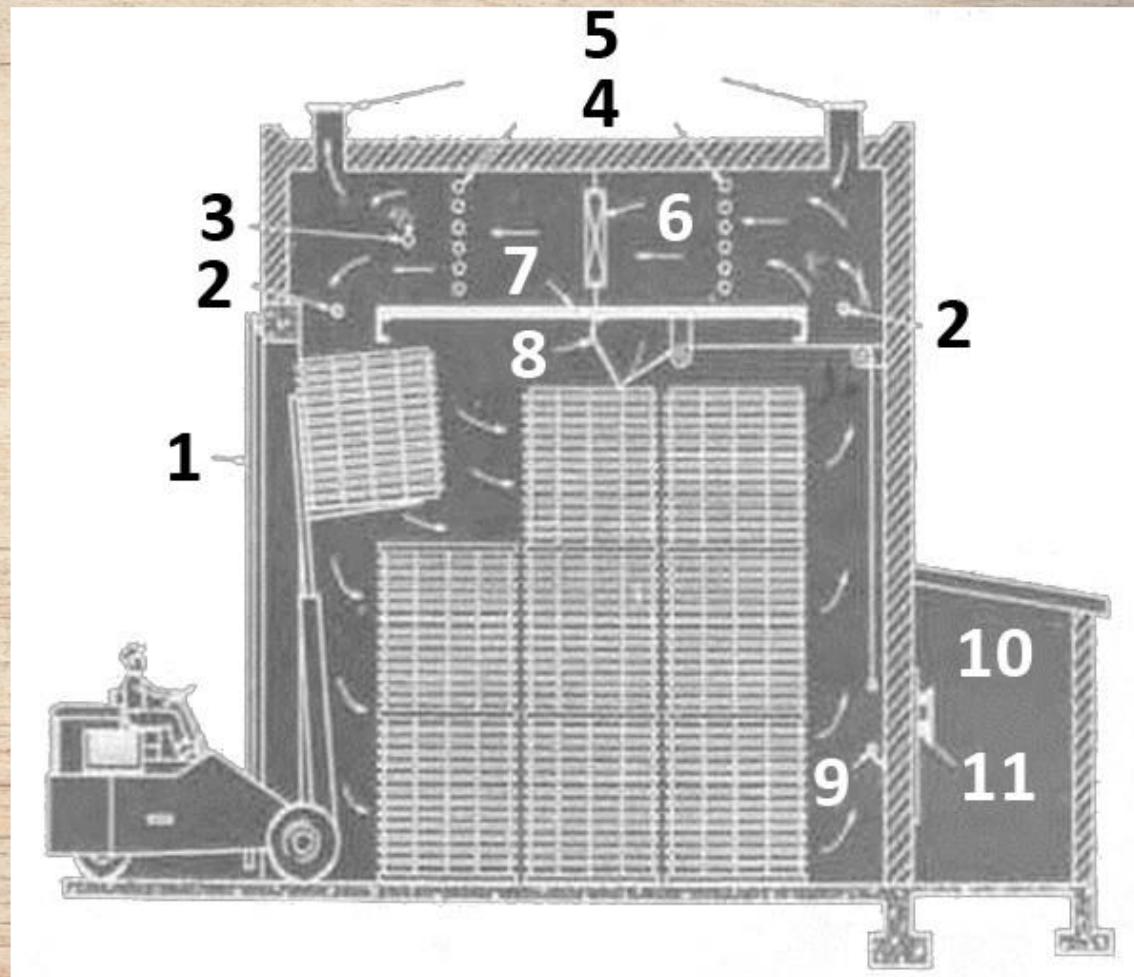


# Τεχνητή ξήρανση

Στοίβαξη στοιβάδων πριστής και εξοπλισμός θαλάμου ξηραντηρίου

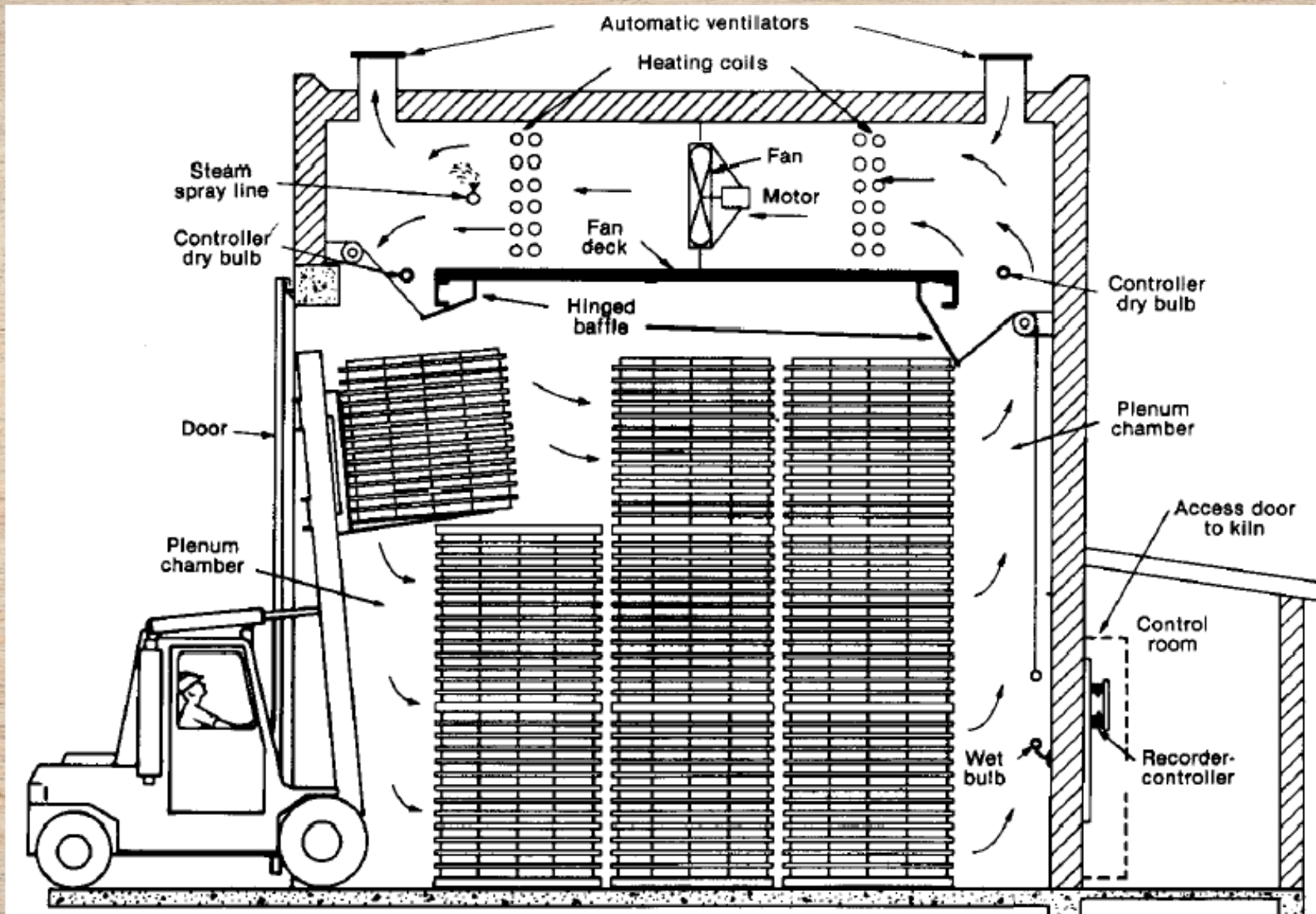
Μηχανική στοίβαξη πακέτων σε ξηραντήριο:

1. θύρα,
2. «ξηρά» θερμομέτρα,
3. σωλήνωση ατμίσεως,
4. σωληνώσεις θερμάνσεως (με ατμό),
5. αυτόματοι εξαερωτές,
6. ανεμιστήρες, 7. ψευδοροφή,
8. διαχώρισμα (ρυθμιζόμενο)
9. «υγρό» θερμομέτρο, 10. γραφείο ελέγχου,
11. όργανο ελέγχου – καταγραφής





# Μέθοδος τεχνητής ξήρανσης



Θάλαμος ξηραντηρίου πριστής ξυλείας



# Έλεγχος της λειτουργίας του ξηραντηρίου





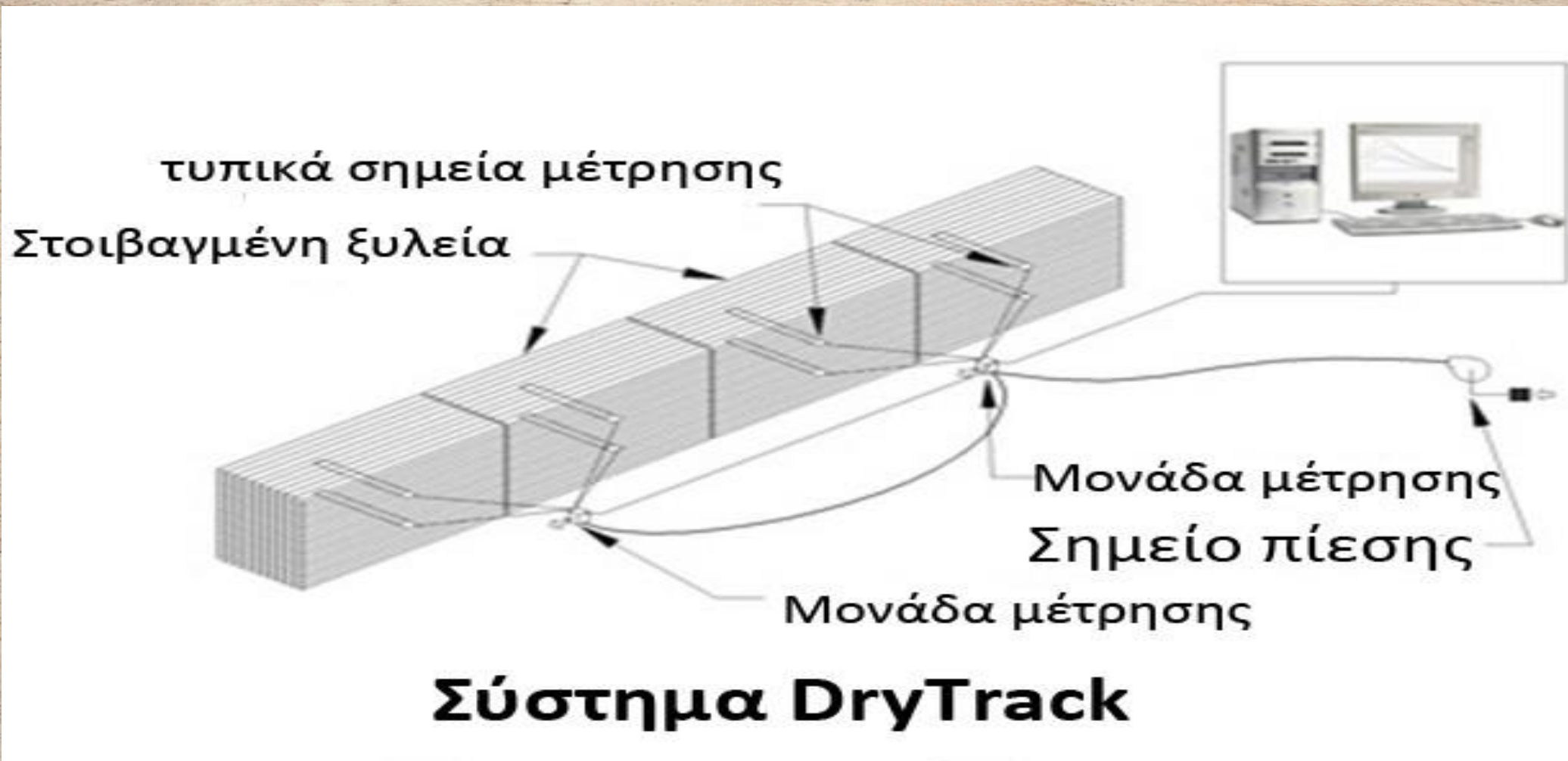
# Παρακολούθηση της υγρασίας του αέρα





# Τεχνητή ξήρανση: Εξοπλισμός

Παρακολούθηση της υγρασίας και των συνθηκών ξήρανσης με Η/Υ





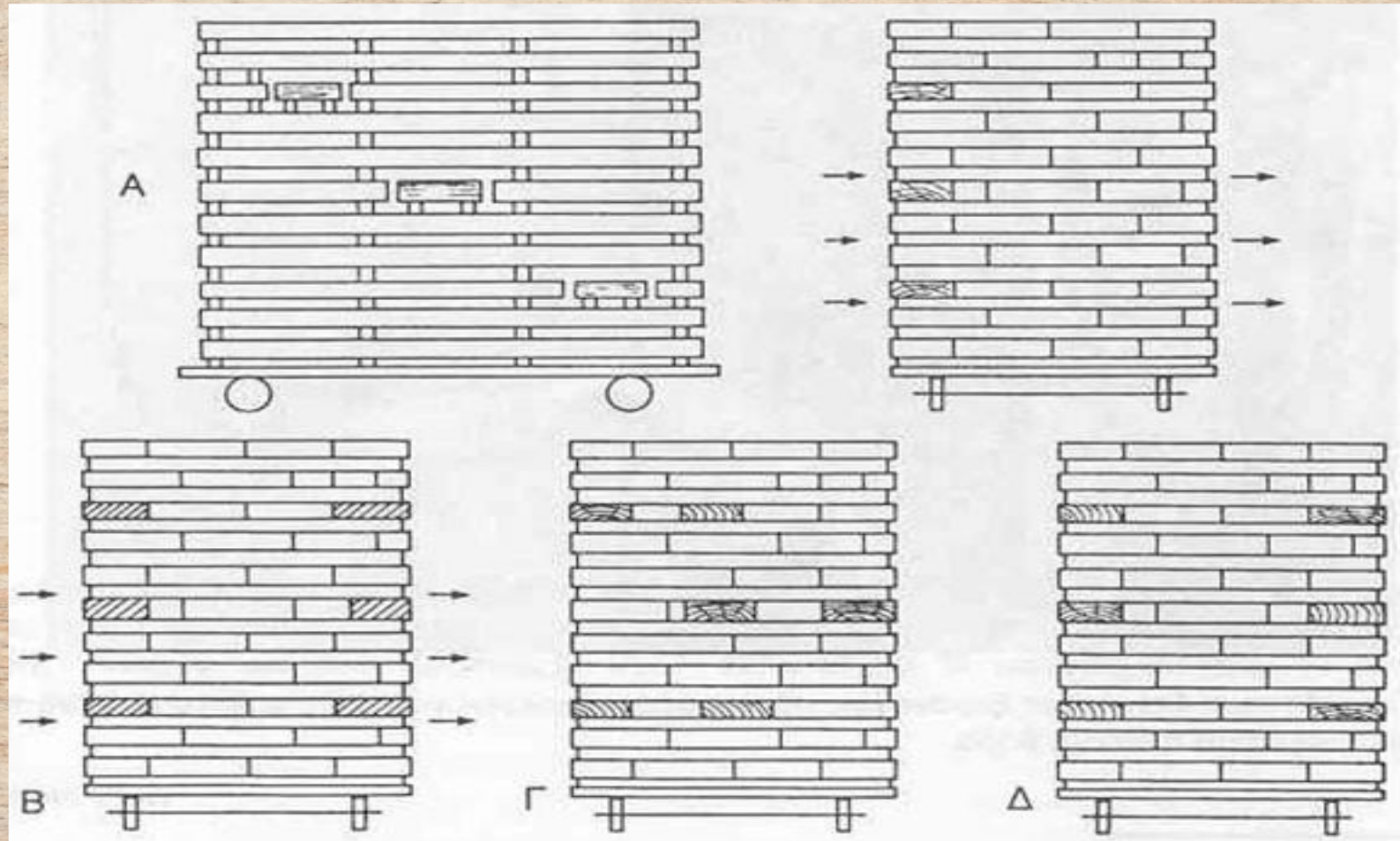
# Έλεγχος υγρασίας πριστής ξυλείας κατά την ξήρανση

- ✓ η παρακολούθηση της υγρασίας της ξυλείας που ξηραίνεται είναι απαραίτητη για τη διακοπή της (όταν κατέβει σε ένα επίπεδο κάτω από 20%) ή τη ενδιάμεση λήψη μέτρων για επιτάχυνση ή επιβράδυνση της ξήρανσης
- ✓ η μέτρηση της υγρασίας αντιπροσωπευτικών ξυλοτεμαχίων γίνεται απ' ευθείας με ηλεκτρικά υγρόμετρα ή εργαστηριακά με την μέθοδο της ζύγισης (με την βοήθεια δοκιμίων με γνωστή αρχική σχετική υγρασία)



# Έλεγχος υγρασίας πριστής ξυλείας κατά την ξήρανση

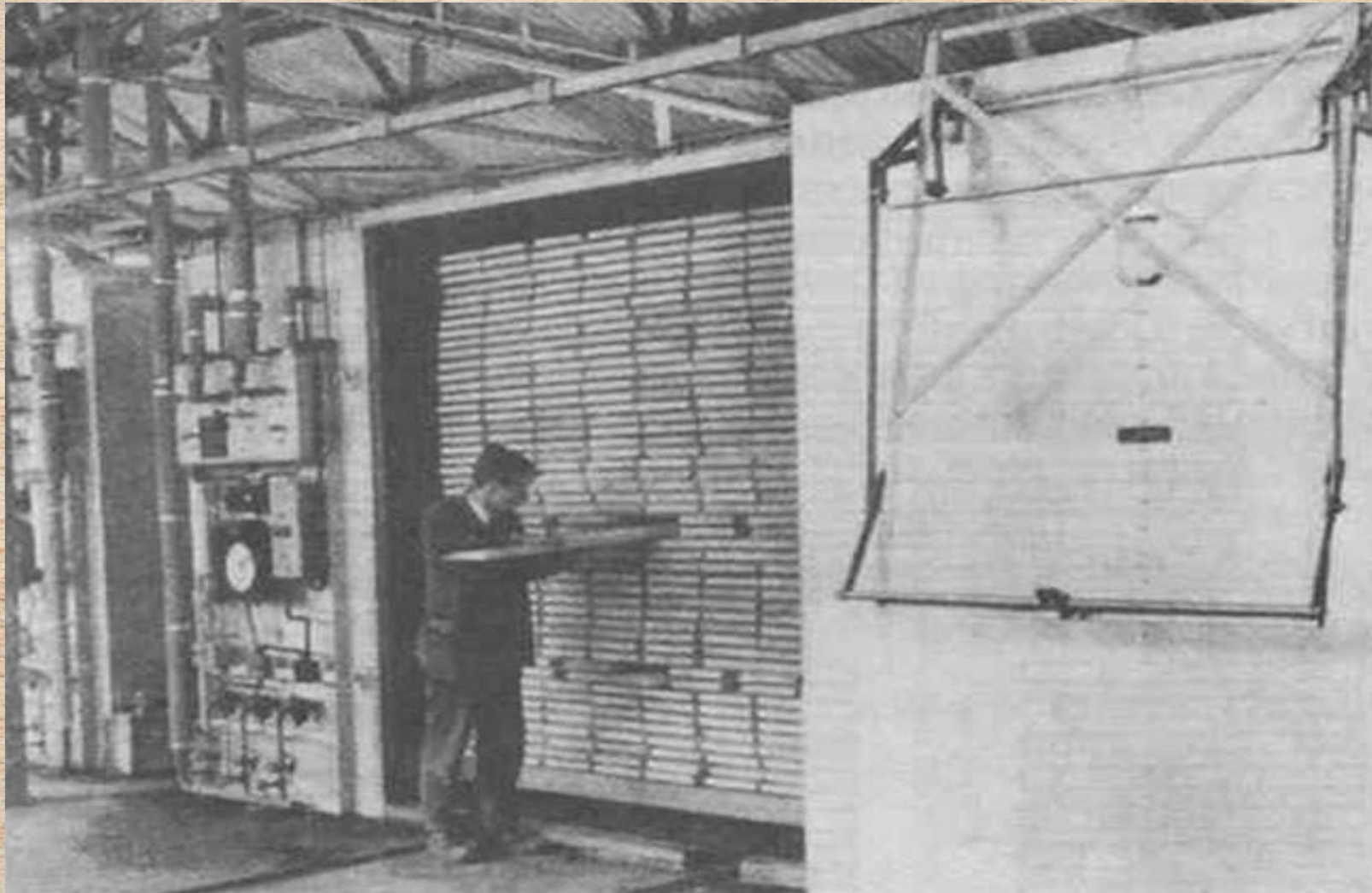
Τοποθέτηση δειγμάτων ξήρανσης για έλεγχο υγρασίας





# Έλεγχος υγρασίας πριστής ξυλείας κατά την ξήρανση

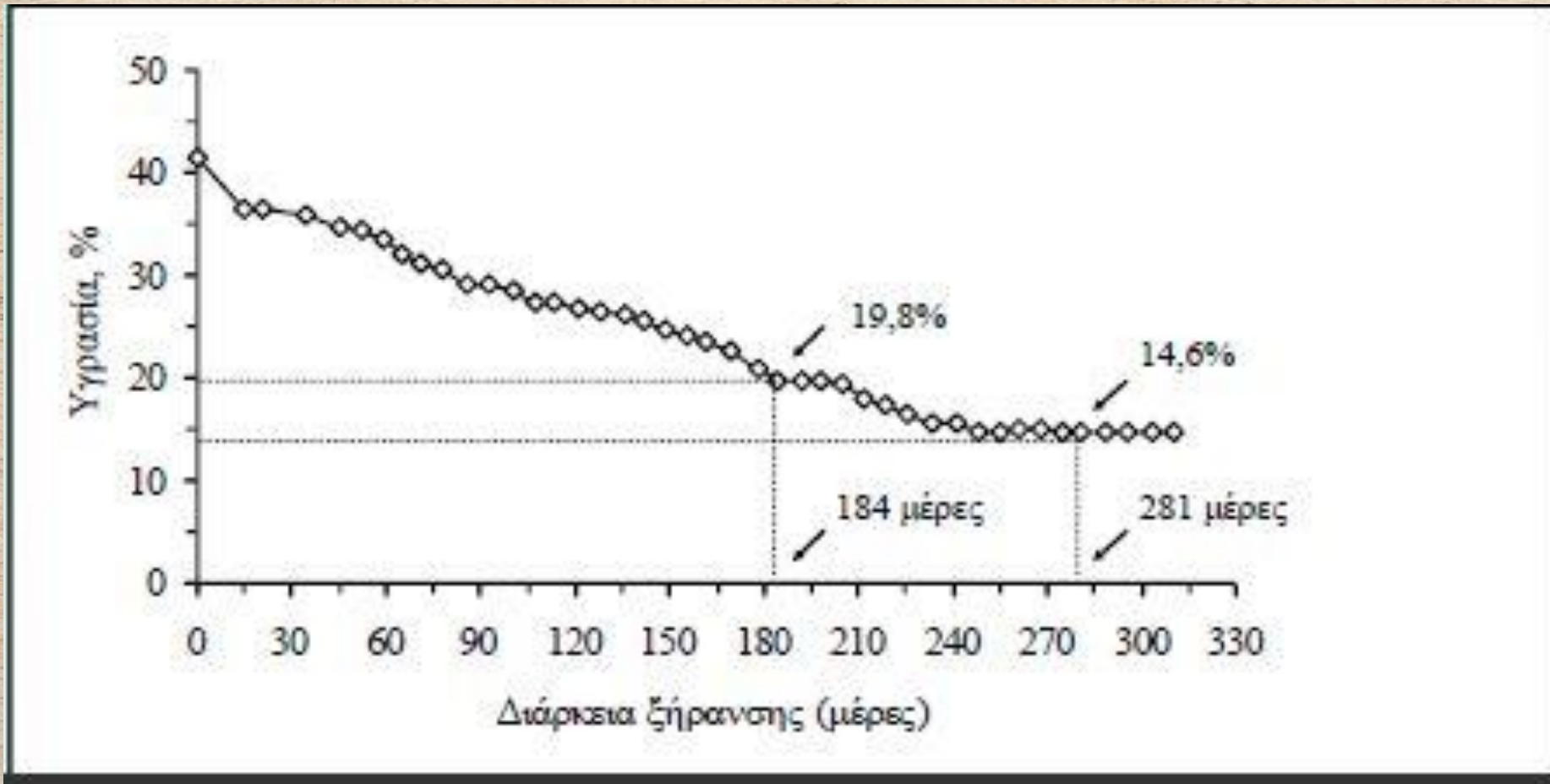
Τοποθέτηση δειγμάτων ξήρανσης σε πλάγια και εγκάρσια όψη





# Πορεία ξήρανσης

Η πορεία ξήρανσης των δειγμάτων ξήρανσης παρακολουθείται με περιοδική ζύγιση τους (π.χ. για φυσική ξήρανση κάθε εβδομάδα και, κατά κανόνα, την ίδια ώρα):





# Τεχνητή ξήρανση

- Θάλαμος ξηραντηρίου





# Προετοιμασία και τοποθέτηση ξυλείας για τεχνητή ξήρανση





# Προετοιμασία και τοποθέτηση ξυλείας για φυσική ξήρανση





# Τεχνητή ξήρανση

- Μεταλλικός θάλαμος ξηραντηρίου και τοποθέτηση πριστής ξυλείας





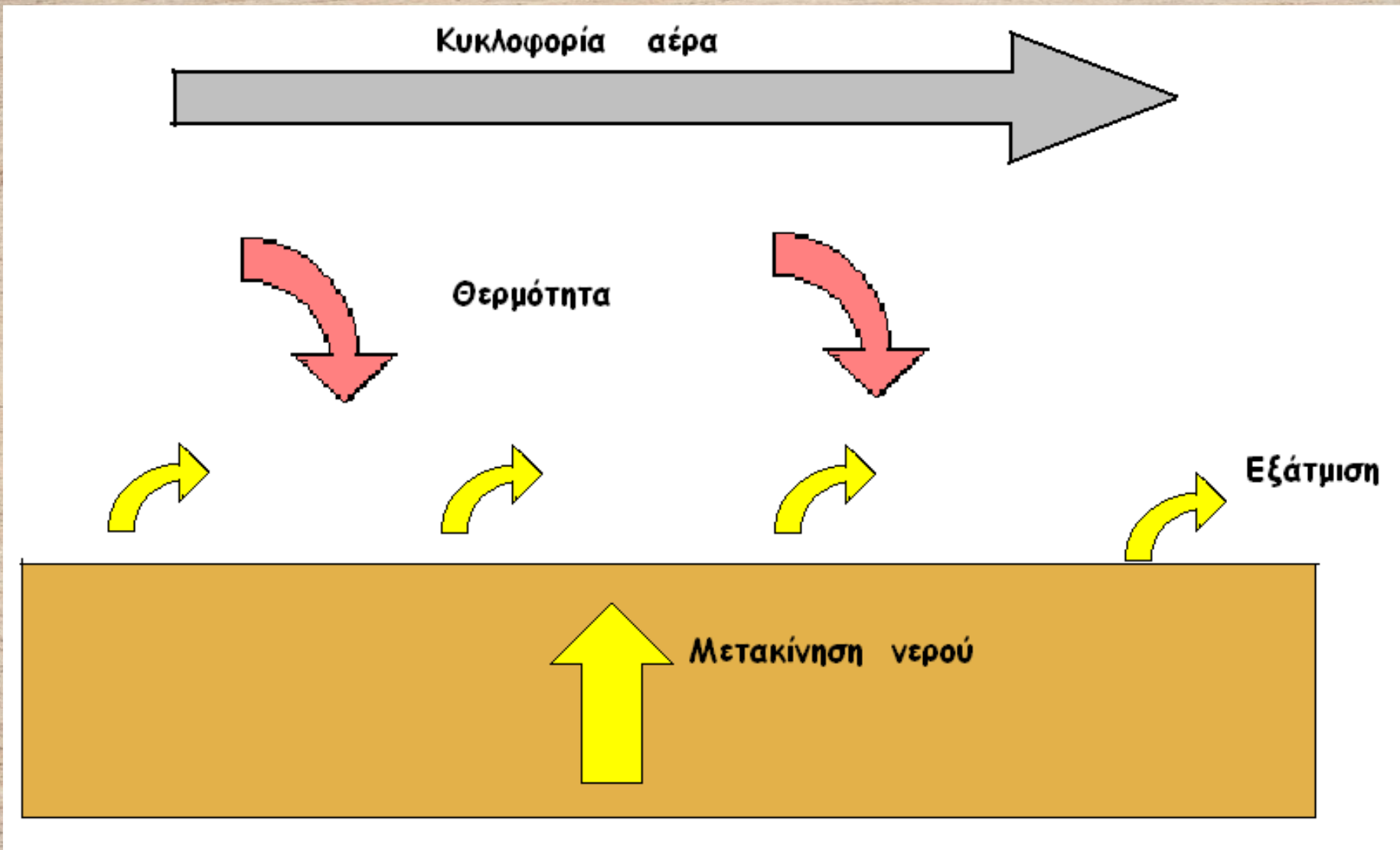
# Τεχνητή ξήρανση

- Θάλαμος ξηραντηρίου





# Κυκλοφορία του αέρα στο θάλαμο ξήρανσης





# Κατάλληλη επιθυμητή υγρασία

- ✓ Έπιπλα – εσωτερικοί χώροι: 8 – 9 (7-10)%
- ✓ Κουφώματα: 10 – 12 %
- ✓ Εξωτερικές κατασκευές: 12 – 16 %



# Προγράμματα ξήρανσης

Τα προγράμματα ξήρανσης είναι ειδικά προγράμματα που καθορίζουν τις συνθήκες του θαλάμου ξήρανσης (θερμοκρασία και σχετική υγρασία).

Οι ρυθμίσεις, στα διάφορα στάδια της ξήρανσης, γίνονται ανάλογα με το είδος, το πάχος και την αρχική υγρασία του ξύλου

Επομένως, ένα πρόγραμμα ξήρανσης εξαρτάται από:

- ✓ Το είδος του ξύλου (κωνοφόρο, πλατύφυλλο)
- ✓ Το πάχος του ξύλου (διαστάσεις ξυλείας)
- ✓ Την αρχική υγρασία (ποσοστό %)
- ✓ Την (επιθυμητή) τελική υγρασία (ποσοστό %)
- ✓ Την ποιότητα ξήρανσης (παρουσία σφαλμάτων)



# Διεξαγωγή ξήρανσης

Πρόγραμμα ξήρανσης: καθορίζει τις συνθήκες θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας ανάλογα με το είδος & αρχική υγρασία του ξύλου

El CTBA establece 12 programas de secado para secaderos convencionales.

## Programa 1

Humedad madera (%)	Temperat. seca °C	Temperat. húmeda °C	Humedad relativa %	H.E.H. %	Gradiente
Verde	30	27,5	82	17,0	-
35	30	27,0	80	16,0	-
30	40	36,5	80	15,0	2,0
28	45	41,0	77	14,0	2,0
25	50	44,0	70	11,5	2,2
22	55	48,0	67	11,0	2,2
20	60	50,0	57	8,5	2,4
18	60	47,5	50	7,5	2,4
15	65	49,0	42	6,0	2,5



# Πηλίκo υγρασίας

Η παρακολούθηση του ρυθμού ξήρανσης γίνεται με το πηλίκo υγρασίας

Εκφράζει τη σχέση:  $\frac{\text{μέση τρέχουσα υγρασία ξύλου}}{\text{υγρασία ισορροπίας του θαλάμου ξήρανσης}}$

- ✓ επηρεάζει την ταχύτητα ξήρανσης (αντιστρόφως ανάλογα)
- ✓ πρέπει να διατηρείται σταθερό όταν η υγρασία της ξυλείας βρίσκεται κάτω του σημείου ινοκόρου
- ✓ **μικρό πηλίκo μεγαλώνει** το χρόνο ξήρανσης (αντιοικονομική) ενώ **μεγάλο πηλίκo ελαττώνει** τον χρόνο αλλά μπορεί να προκαλέσει ελαττώματα

Αν  $Y=32\%$  και  $Y$  ισορροπίας θαλάμου =  $8\%$  τότε Πηλίκo υγρασίας = 4

Αν  $Y=32\%$  και  $Y$  ισορροπίας θαλάμου =  $16\%$  τότε Πηλίκo υγρασίας = 2



# Υγρασία ισορροπίας του ξύλου

Η υγρασία που ισορροπεί ένα ξύλο όταν μείνει εκτεθειμένο σε ένα χώρο για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα

- ✓ Το ξύλο μετά την υλοτομία των δέντρων και διαμόρφωση του κορμού αρχίζει και χάνει υγρασία
- ✓ Η ποσότητα νερού που **συγκρατεί** (εκροφά ή προσροφά) το ξύλο, όταν τοποθετηθεί σε σταθερές συνθήκες (π.χ. με φυσική ξήρανση κάτω από στέγη), εξαρτάται από τη **θερμοκρασία του περιβάλλοντος** και τη **σχετική υγρασία του αέρα**



Για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας κυμαίνεται από **8 % έως 23 %**



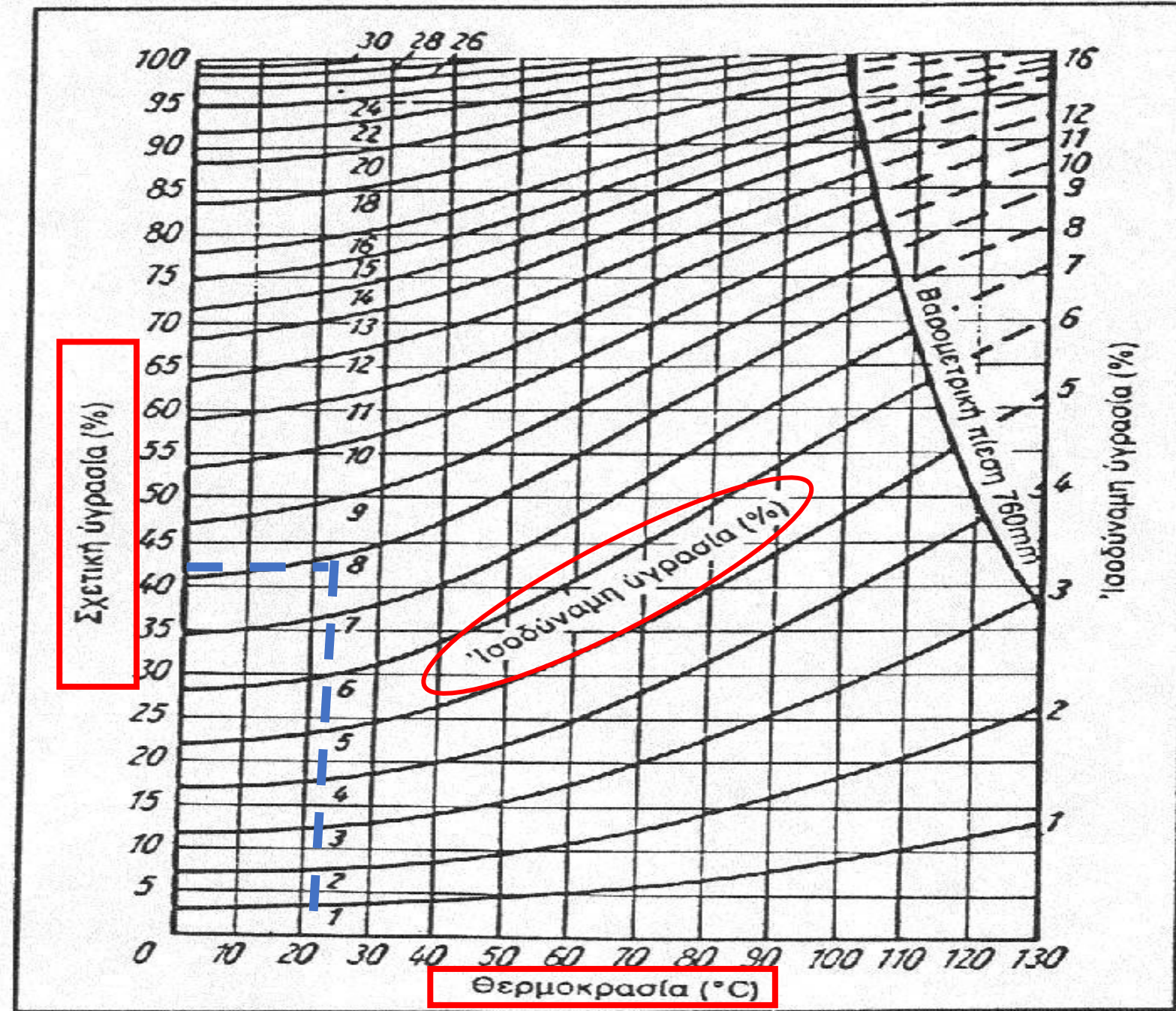
# Υπολογισμός υγρασίας ισορροπίας του ξύλου σε συγκεκριμένη:

- ✓ σχετική υγρασία
- ✓ θερμοκρασία

Εάν:

- ✓ σχετική υγρασία 42%
- ✓ θερμοκρασία 22°C

τότε το ξύλο ισορροπεί σε υγρασία περίπου **8%**





## Πηλίκo υγρασίας

$$\Pi = \frac{\text{Τρέχουσα Υγρασία}}{\text{Ισοδύναμη Υγρασία}} = (2,3,4.....)$$

Π.χ. πηλίκo υγρασίας=3, σημαίνει ότι η τρέχουσα υγρασία ξύλου είναι 36% και οι συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του θαλάμου αντιστοιχούν σε υγρασία ισορροπίας 12%

- ✓ Για πριστή ξυλεία με πάχος έως 3 εκ. και μικρής αξίας συνίσταται οι τιμές του πηλίκου υγρασίας να είναι **3 - 4 για κωνοφόρα** και **2 - 3 για πλατύφυλλα**, ενώ για ξυλεία πάχος έως 3 εκ. και μεγάλης αξίας ακόμα μικρότερο (1,8 - 2,5 και 1,3 - 1,8 αντίστοιχα).



# Φάσεις προγράμματος ξήρανσης

α. προπαρασκευαστικό:

προθέρμανση του ξύλου

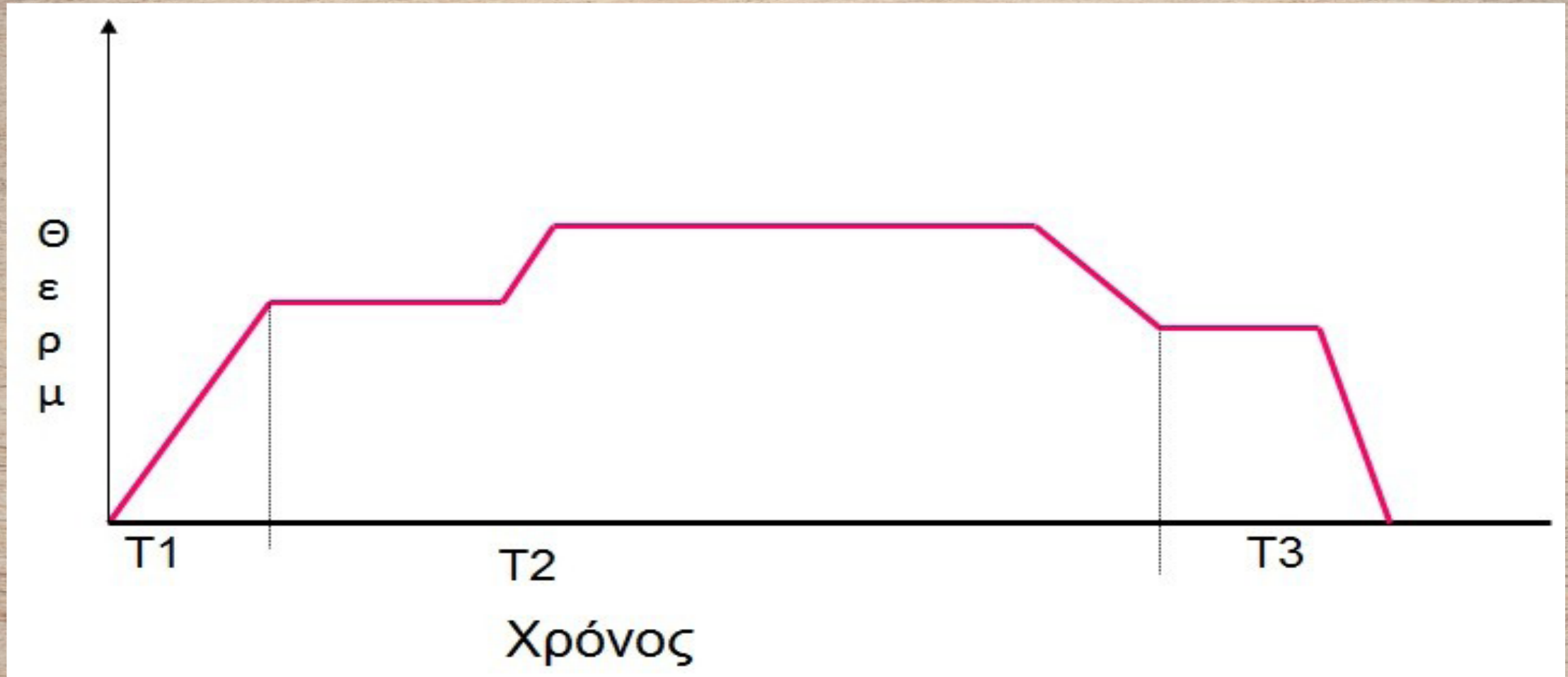
β. ξήρανσης: κύριο μέρος ξήρανσης  
(επιλέγεται ένα πρόγραμμα  
ξήρανσης βάσει πινάκων)

γ. εξομείωσης: εξομείωση της  
υγρασίας των πριστών (λίγο πριν το  
τέλος της ξήρανσης)





# Φάσεις προγράμματος ξήρανσης



T1. προπαρασκευαστικό

T2. ξήρανση

T3. εξομείωση



# Διεξαγωγή ξήρανσης

Πρόγραμμα ξήρανσης: καθορίζει τις συνθήκες θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας ανάλογα με το είδος & αρχική υγρασία του ξύλου

MC	Είδος X		Είδος Ψ		Είδος Z	
	Θερμ.	EMC	Θερμ.	EMC	Θερμ.	EMC
>50 %	45	15,0	-	-	-	-
50-45	45	14,5	-	-	-	-
45-40	45	14,0	-	-	-	-
40-35	45	13,0	-	-	-	-
35-30	45	12,0	-	-	-	-
30-25	48	10,0	50	13,0	-	-
25-23	52	8,5	50	12,5	-	-
23-20	52	8,5	50	11,5	-	-
20-19	58	6,5	54	10,5	55	12,5
19-18	58	6,5	54	10,5	57	11,5
18-17	58	6,5	57	8,5	57	11,5
17-16	58	6,5	57	8,5	59	10,5
16-15	58	6,5	62	6,5	63	8,5
15-14	65	5,0	62	6,5	67	6,5
14-12	65	5,0	68	5,0	70	5,0
Αρχική υγρασία	40 %		16 %		16,3 %	
Τελική υγρασία	12%		10,7 %		12 %	
Διάρκεια	9	ημέρες	7	ημέρες	3	ημέρες



# Προγράμματα ξήρανσης πριστής ξυλείας

Είδος ξύλου	Υγρασία ξύλου, %	Θερμοκρασία, °C		Σχετική υγρασία, %
		Ξηρό θερμόμετρο	Υγρό θερμόμετρο	
Ακακία, σφενδάμι, φτελιά	Χλωρό	35	30,5	70
	60	35	28,5	60
	40	40	31	50
	30	45	32,5	40
	20	50	35	35
	15	60	40,5	30
Δρυς, ευκάλυπτος	Χλωρό	40	37,5	85
	60	40	36,5	80
	40	45	40,5	75
	35	45	39,5	70
	30	45	38,5	65
	25	50	42	60
	20	60	47,5	50
	15	65	48,5	40
Καστανιά, οξυά, φράξος	Χλωρό	40	37,5	85
	60	40	36,5	80
	40	40	53	70
	35	45	37,5	60
	30	45	35	50
	25	50	36,5	40
	20	60	40,5	30
	15	65	44	30



# Προγράμματα ξήρανσης πριστής ξυλείας

Γαύρος, καρυδιά, λεύκη, πλατάνι	Χλωρό	50	47	85
	60	50	46	80
	40	50	45	75
	30	55	47,5	65
	25	60	49	55
	20	70	54,5	45
	15	75	57,5	40
Σημύδα	Χλωρό	50	45	75
	60	50	44	70
	40	50	42	60
	30	55	43,5	50
	25	60	46	45
	20	70	52,5	40
	15	75	57,5	40
	30	65	53,5	55
	20	75	57,5	40
Ελάτη, ερυθρελάτη	Χλωρό	70	65	80
	50	75	67	70
	30	80	68,5	60
	20	90	69	40
Δασική και μαύρη πεύκη	Χλωρό	90	81	70
	50	95	78	50



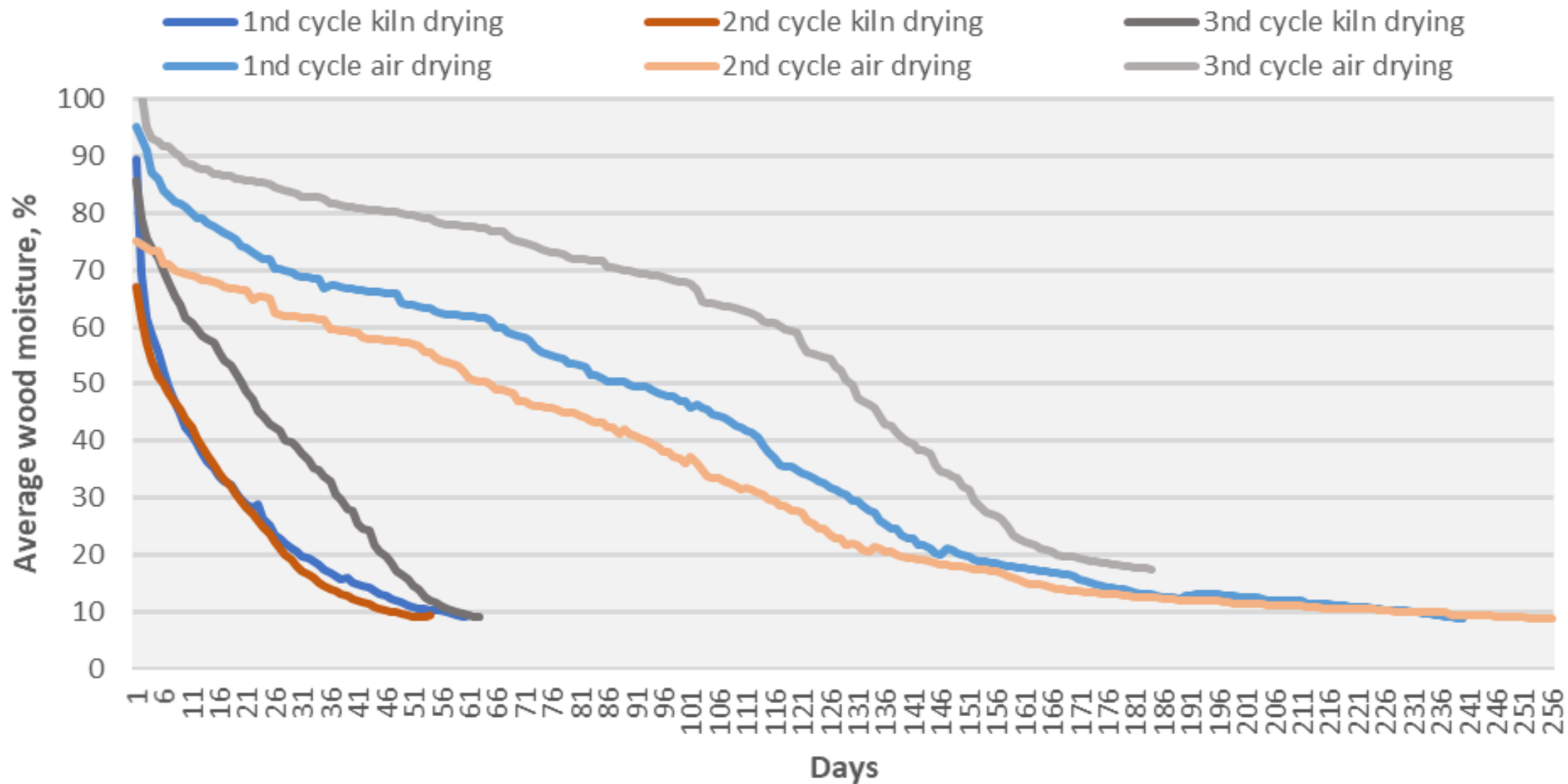
# Προγράμματα ξήρανσης

Nr.	Drying phase	Min duration (h)	Moisture content (%)	Temperature °C	Emc (%)	Drying gradient	Air velocity (m/sec)
1	heating	6	-	45	13,5	-	1,6
2	conditioning	4	-	45	13,5	-	1,6
<b>3</b>	<b>drying</b>	<b>-</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>12,4</b>	<b>2,1</b>	<b>1,4</b>
4	drying	20	32	50	12,0	2,5	1,4
5	drying	20	20,5	55	8,7	2,4	1,4
6	drying	15	9	60	4,3	2,6	1,4
7	conditioning	10	-	60	5,0	-	1,4
8	cooling	-	-	30	-	-	1,4

Nr.	Drying phase	Min duration (h)	Moisture content (%)	Temperature °C	Emc (%)	Drying gradient	Air velocity (m/sec)
1	heating	6	-	45	15	-	1,6
2	conditioning	4	-	45	10	-	1,6
<b>3</b>	<b>drying</b>	<b>-</b>	<b>35</b>	<b>50</b>	<b>8,1</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>
4	drying	20	30	-	-	2,2	1,4
5	drying	20	24	55	7,6	2,1	1,4
6	drying	15	9	60	5,2	2,3	1,4
7	conditioning	10	-	60	4,9	-	1,4
8	cooling	-	-	30	-	-	1,4



# Πορεία ξήρανσης





# Άλλες μέθοδοι ξήρανσης ξυλείας

1. Με ηλιακή ενέργεια
2. Με αφύγρανση ή με συμπύκνωση της υγρασίας
3. Με υψηλές θερμοκρασίες
4. Χημική ξήρανση
5. Με ατμούς οργανικών ουσιών
6. Με βρασμό σε έλαια
7. Με διαλύτες
8. Με υψίσυχο ηλεκτρικό ρεύμα
9. Με κενό
10. Με φυγοκέντρωση



# Ξήρανση με ηλιακή ενέργεια



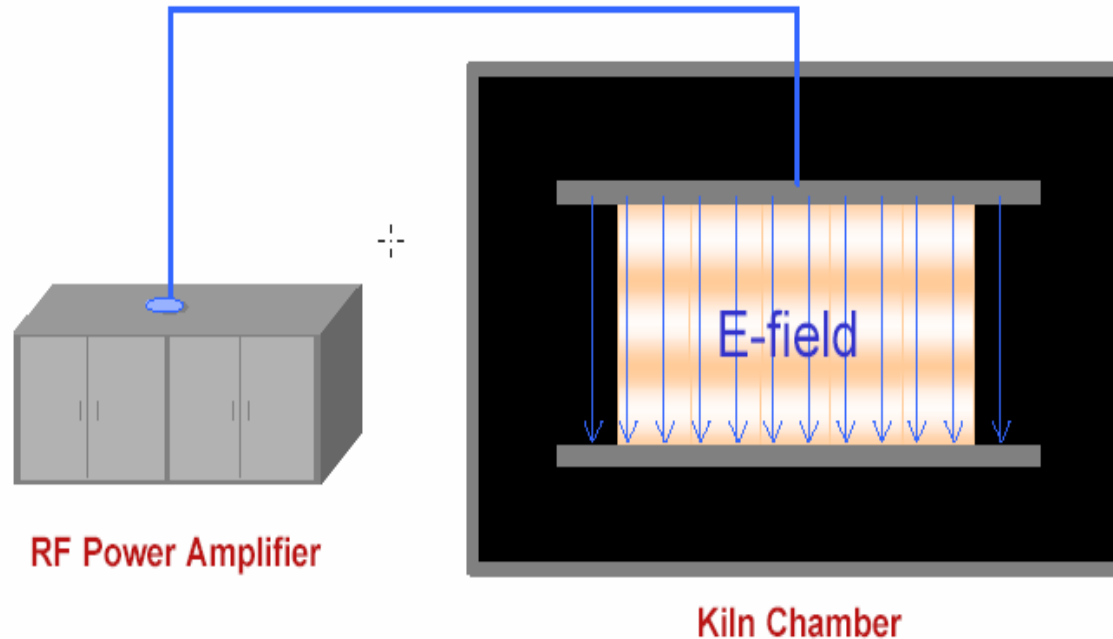


# Ξήρανση με ηλιακή ενέργεια





# Ξηραντήρια με υψίσυχο ηλεκτρικό ρεύμα



- *HeatWave's E-field™ is generated by a RF power amplifier system at a fixed frequency, allowing for absolute power control within the entire confines of the chamber.*





# Ξήρανση σε κενό και υψηλή θερμοκρασία





# Σφάλματα ξήρανσης

Κατά τη διεξαγωγή της ξήρανσης είναι δυνατό να προκύψουν στη ξυλεία διάφορα σφάλματα, λόγω μη τήρησης των κανόνων τεχνολογίας:

- ✓ Ανομοιόμορφη κατανομή υγρασίας μέσα στο ξύλο
- ✓ Ραγάδες (στα άκρα και την επιφάνεια)
- ✓ Κελύφωση (παραμόρφωση πριστού σε μορφή κελύφους)
- ✓ Κυψελίδωση (εσωτερικές ραγάδες)
- ✓ Κατάρρευση
- ✓ Στρεβλώσεις («πετσικάρισμα») και παραμορφώσεις
- ✓ Μεταχρωματισμοί του ξύλου



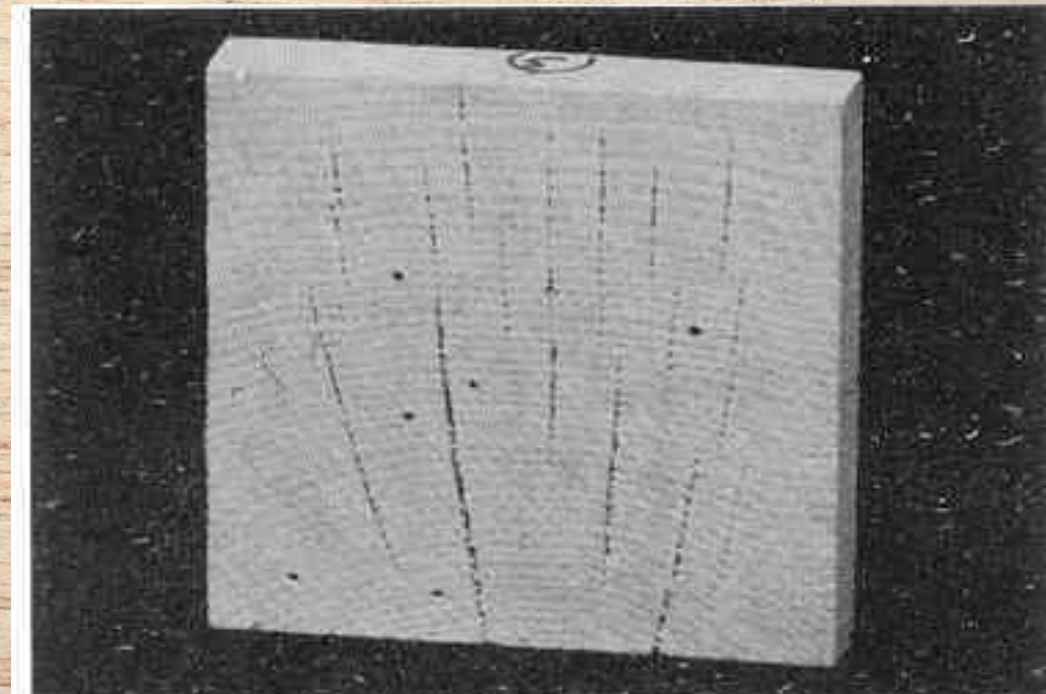
# Σφάλματα ξήρανσης

## Επιφανειακές ραγάδες

- ✓ Κατά **τη φυσική ξήρανση** όταν έρχονται σε άμεση επαφή με ακτίνες του ήλιου
- ✓ Κατά **τη τεχνητή ξήρανση** όταν η σχετική υγρασία του θαλάμου ξήρανσης πέσει κάτω από τα δεδομένα του προγράμματος



Plate 6: Plank of oak showing surface checking, end splitting and end checking





# Σφάλματα ξήρανσης

Ραγαδώσεις των άκρων πριστής ξυλείας

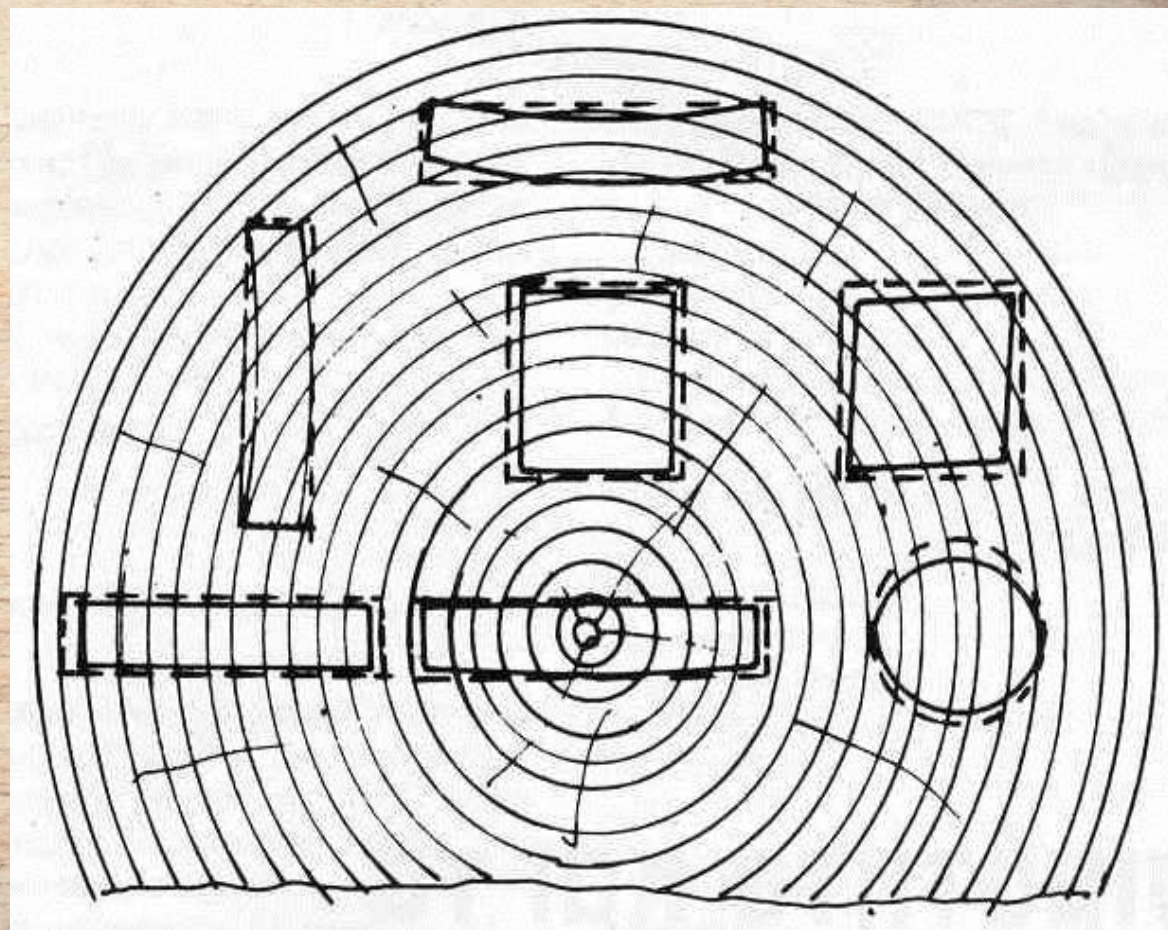
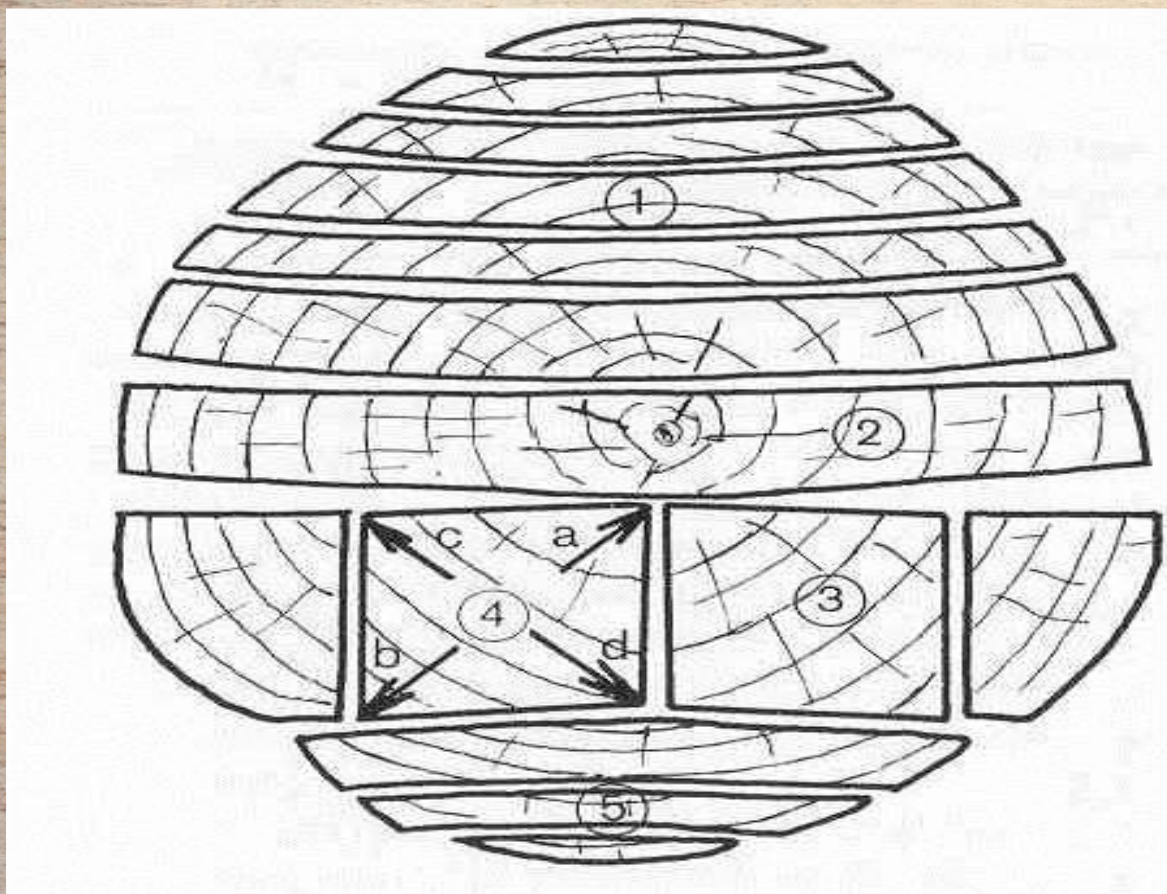




# Σφάλματα ξήρανσης

## Στρεβλώσεις και παραμορφώσεις

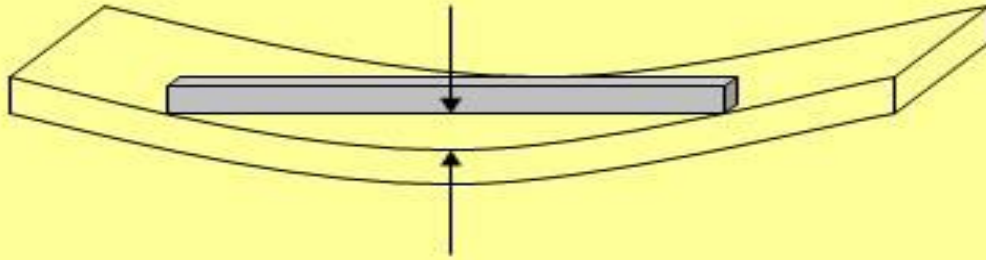
- ✓ Διαφόρων ειδών (π.χ. περιστροφικές, σκαφοειδείς, τοξοειδείς, κ.ά.) μπορούν να προκληθούν από ξήρανση, ιδιαίτερα ειδών με μεγάλη ανισοτροπία



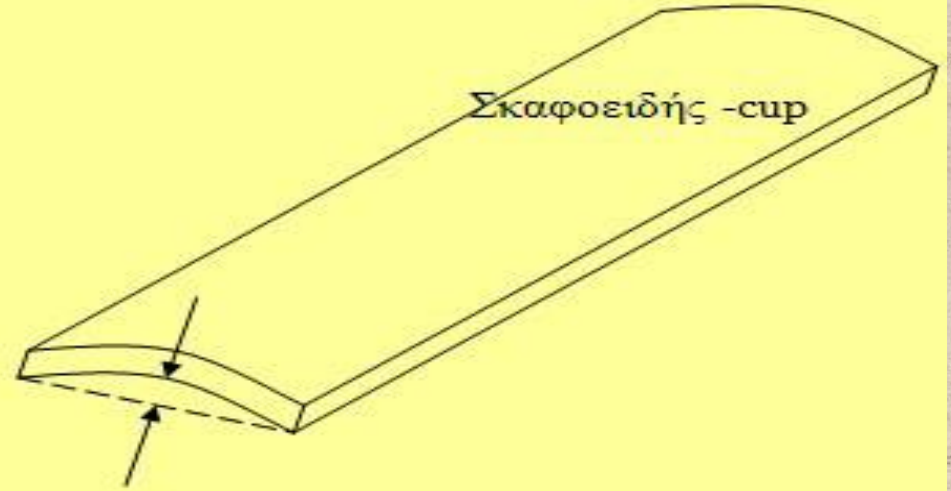


# Σφάλματα ξήρανσης

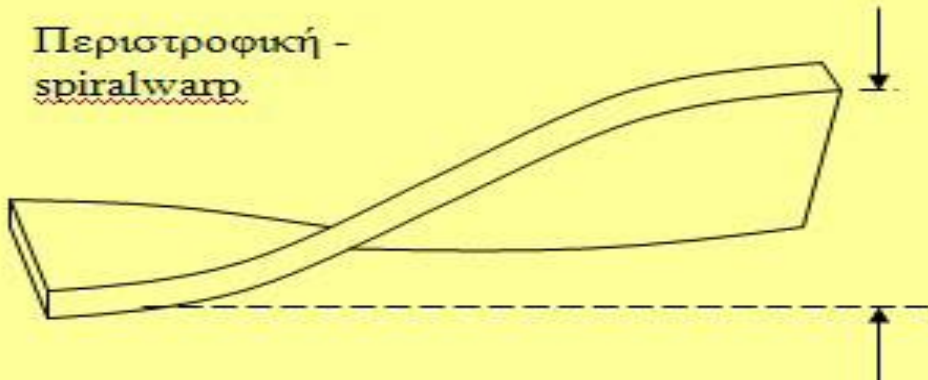
Τοξοειδής - bow



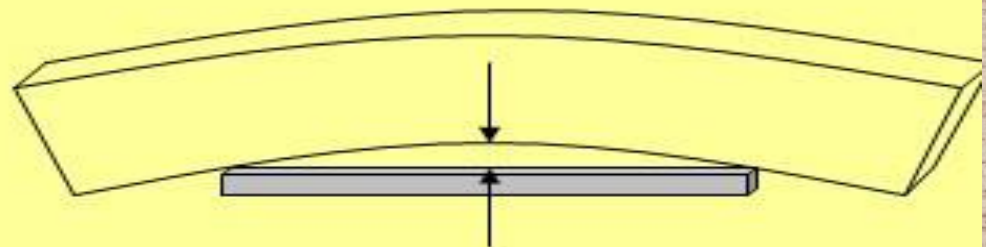
Σκαφοειδής - cup



Περιστροφική -  
spiralwarp



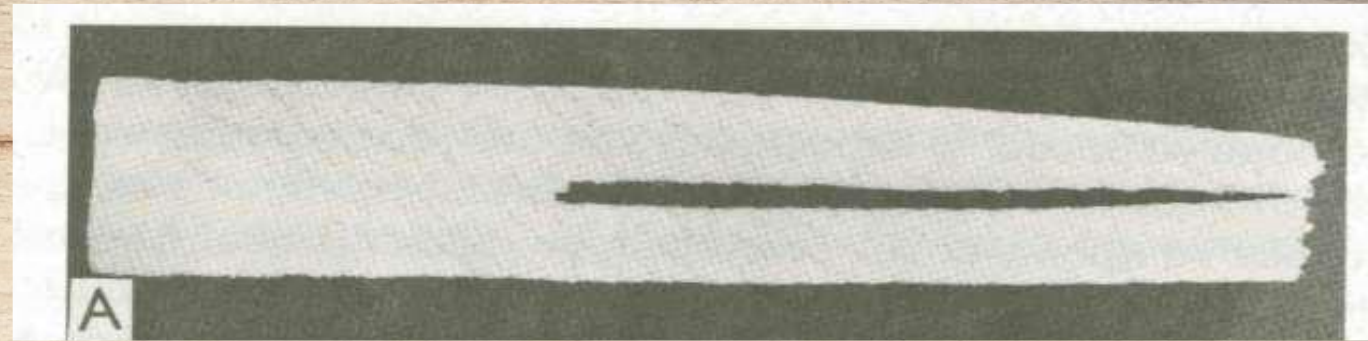
Βακτηριοειδής - crook



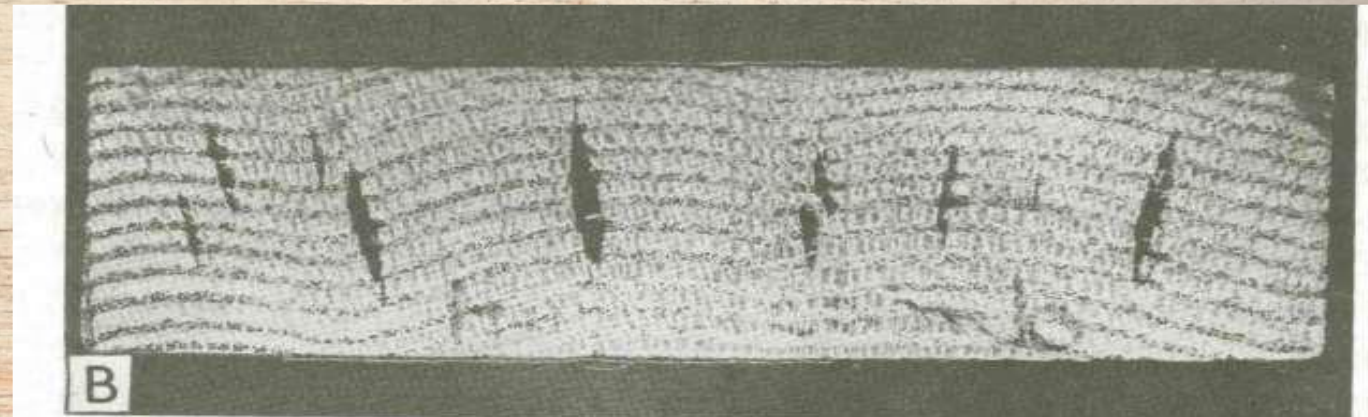


# Σφάλματα ξήρανσης

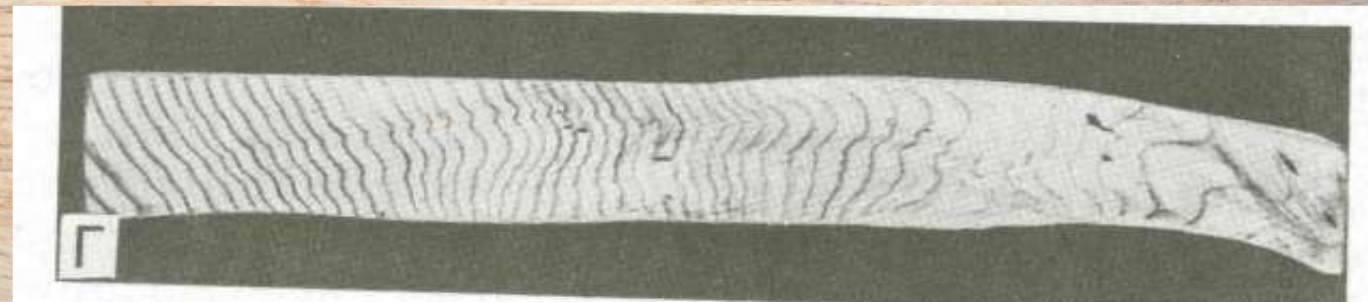
✓ *Κελύφωση*: εμφανίζεται συνήθως μετά την κατεργασία της ξυλείας



✓ *Κυψελίδωση*: εσωτερικές ραγάδες



✓ *Κατάρρευση*

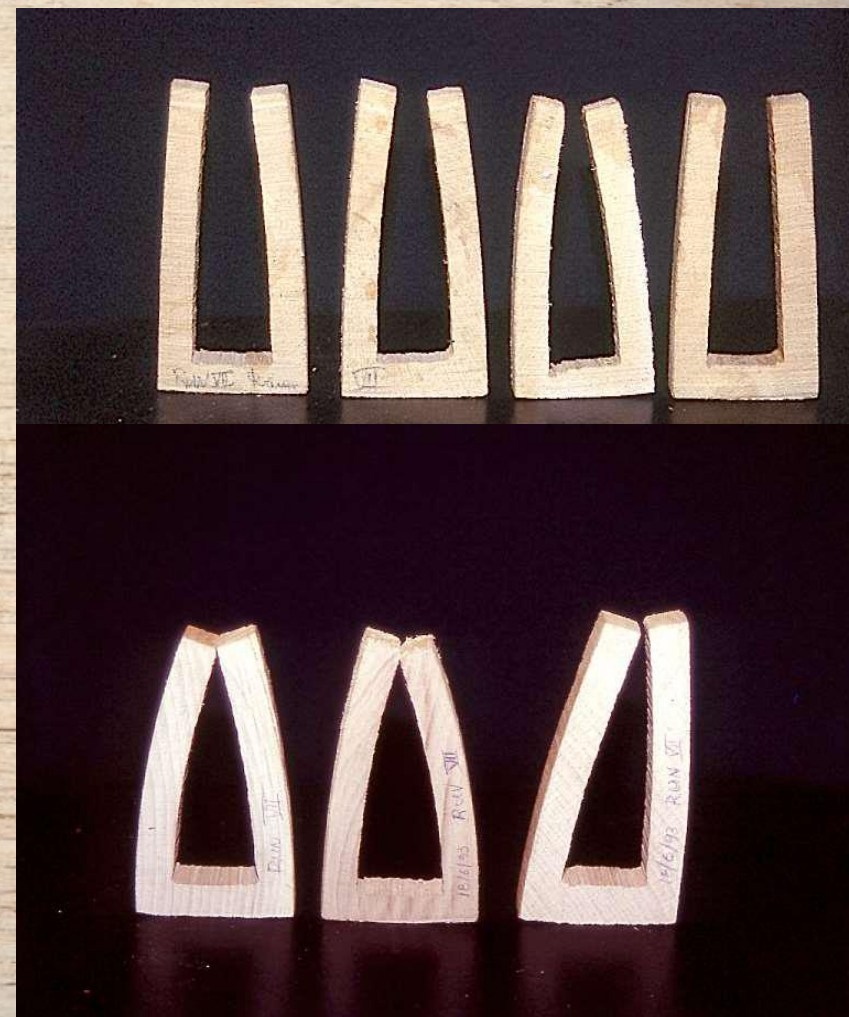
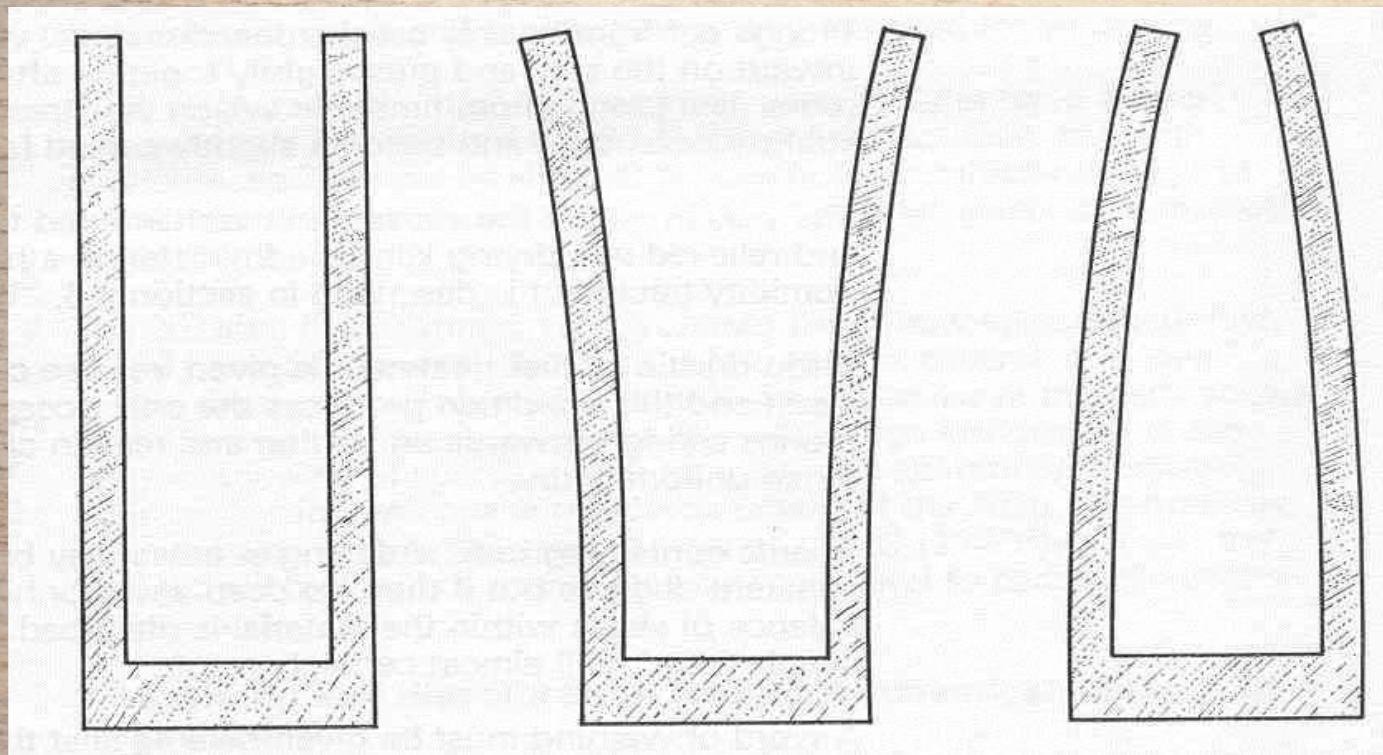




# Σφάλματα ξήρανσης

## Κελύφωση

- ✓ παραμόρφωση σε μορφή κελύφους, μπορεί να προκύψει εξαιτίας της απότομης ρίκνωσης στην επιφάνεια των πριστών





# Σφάλματα ξήρανσης

## Κυψελίδωση

- ✓ ραγάδες στο εσωτερικό του ξύλου (δεν φαίνονται εξωτερικά), προκύπτουν από ξήρανση υγρού ξύλου, γιατί η εξωτερική στρώση των πριστών ρικνώνεται συντομότερα και λιγότερο από τις εσωτερικές στρώσεις.

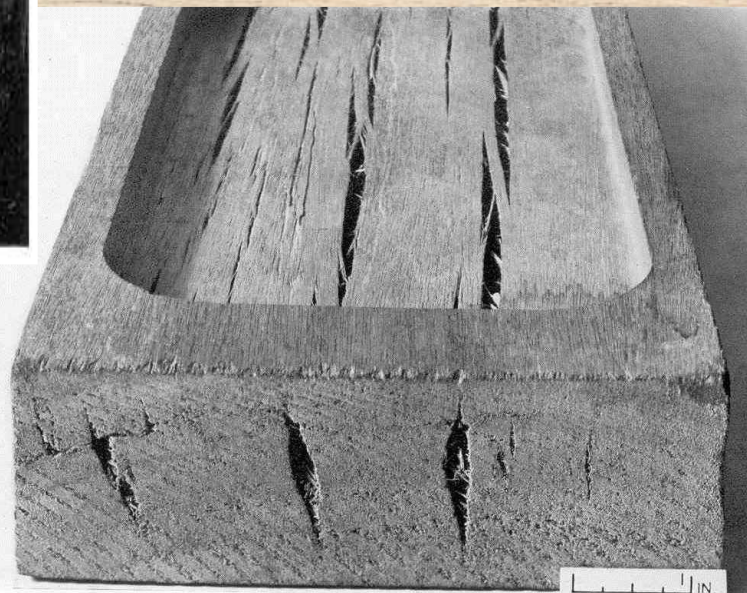
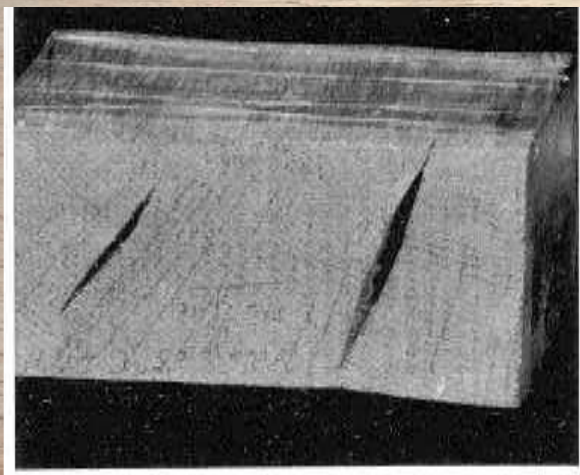


Plate 7 Honeycombing in yellow seraya

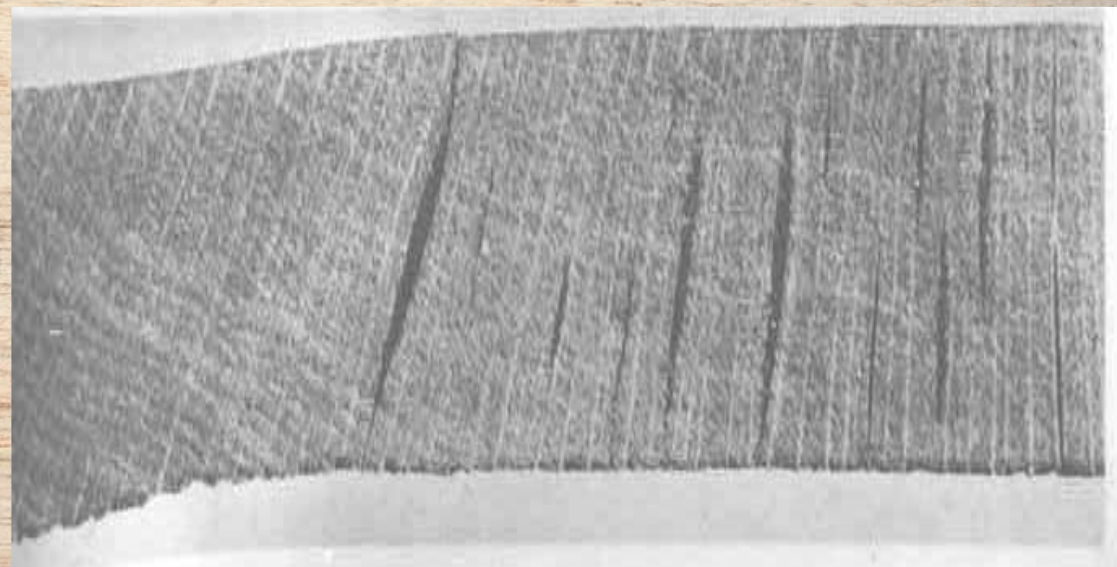
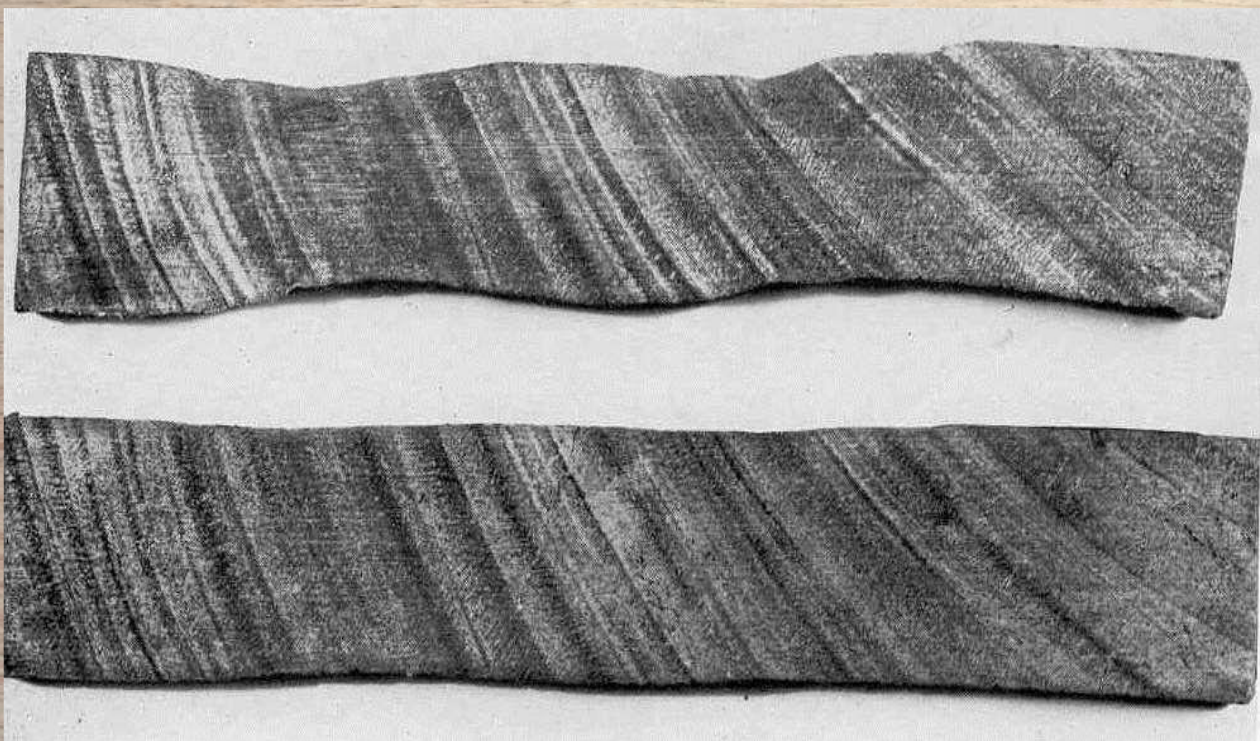




# Σφάλματα ξήρανσης

## Κατάρρευση

- ✓ των κυττάρων του ξύλου, που προκαλεί εσωτερικές ρωγμές και ανώμαλες επιφάνειες, προκύπτει από την πολύ γρήγορη έξοδο της υγρασίας του ξύλου, ιδιαίτερα σε είδη ευαίσθητα









# Σφάλματα ξήρανσης

## Μεταχρωματισμοί





# Σφάλματα ξήρανσης

## ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΞΥΛΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Εργαστήριο Μεταρρύθμισης Ξύλου  
 Γεωργική Σχολή Αιτωλικού  
 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

