

Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου

Εργαστήριο Επιστήμης & Τεχνολογίας Ξύλου

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

«ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ MENZ HOLZ»

Τεχνολογικές Ιδιότητες και Χαρακτηριστικά



του **ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ Θ. ΚΟΛΟΚΥΘΑ**

Επιβλέποντες καθηγητές:

Δρ. Γεώργιος Ι. Μαντάνης
Καθηγητής

ΜΑΙΟΣ 2016 - ΚΑΡΔΙΤΣΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

«Εγώ, ο Κολοκύθας Κωνσταντίνος δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο: «Τροποποιημένη ξυλεία MENZ HOLZ τεχνολογικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά » είναι δική μου, και βεβαιώνω ότι:

- Σε όσες περιπτώσεις έχω συμβουλευτεί δημοσιευόμενη εργασία τρίτων, αυτό επισημάνεται με σχετική αναφορά στα επίμαχα σημεία και στη βιβλιογραφία,
- Σε όσες περιπτώσεις μεταφέρω λόγια τρίτων, αυτό επισημαίνεται με σχετική αναφορά στα επίμαχα σημεία· με εξαίρεση τέτοιες περιπτώσεις, το υπόλοιπο κείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί δική μου δουλειά,
- Αναφέρω ρητά όλες τις πηγές βοήθειας που χρησιμοποίησα, και
- Σε περιπτώσεις που τμήματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας έγιναν από κοινού με τρίτους, αναφέρω ρητά ποια είναι η δική μου συνεισφορά και ποια των τρίτων.

Τέλος, γνωρίζω πως η λογοκλοπή αποτελεί σοβαρότατο, ακαδημαϊκό και ποινικό αδίκημα και είμαι ενήμερος για την επέλευση των νομικών και λοιπών συνεπειών».

Καρδίτσα, 9-05-2016

(υπογραφή)

Κωνσταντίνος Θ. Κολοκύθας

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΚΕΦ. 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦ. 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ	4
2.1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	4
2.1.1. Πυκνότητα.....	4
2.1.2. Ρίκνωση Και Διόγκωση.....	6
2.1.3. Υγροσκοπικότητα	7
2.1.4. Μηχανικές Ιδιότητες	8
2.2. Φυσική Διάρκεια.....	12
ΚΕΦ. 3. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΙΔΕΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	14
3.1. ΘΕΡΜΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ	15
3.1.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ	16
3.1.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΕΡΜΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	17
3.1.3. ΘΕΡΜΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	19
ΚΕΦ.4. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ MENZHOLZ	20
4.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	22
4.2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	24
ΚΕΦ.5. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	26
ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΦΥΤΙΚΑ ΕΛΑΙΑ	31
ΚΕΦ.6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	33
6.1. ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (DINS2182/1976).....	34
6.2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ – (ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ) (DIN S2186/1978) .	35
6.2 . ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (DIN S2185/1976)	37
6.3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ BRINELL (ASTMD1037)..	38
6.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ 24 ΩΡΕΣ (DIN S2184/1979)	39
6.5. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΞΥΛΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟ ΈΔΑΦΟΣ	40
6.6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΓΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ	42
6.7. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ.....	44
ΚΕΦ.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	45
7.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΞΗΡΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	45
7.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ (ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ).....	48
7.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ	50
7.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ BRINELL	52
7.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ 24 ΩΡΕΣ	54
7.6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΞΥΛΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΟ ΈΔΑΦΟΣ	56
7.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΓΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΧΩΡΟ	58
7.8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	60
ΚΕΦ.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	67

Πρόλογος

Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας που εκπονείτε κατά το 8ο εξάμηνο σπουδών, συγγράφτηκε η παρούσα εργασία με χαρακτηριστικό τίτλο την « Μελέτη των τεχνολογικών ιδιοτήτων της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας MenzHolz OHT Wood στις ελληνικές συνθήκες ».

Στην εργασία παρουσιάστηκε η ελληνική σχετική βιβλιογραφία με γωνιακό αντικείμενο το τροποποιημένο ξύλο και ειδικότερα τα είδη των τροποποιημένων ξύλων και ιδιοτήτων τους στις ελληνικές συνθήκες. Ακόμα καταγράφηκαν ξενόγλωσσες ερευνητικές διατριβές με αντικείμενο την διερεύνηση των γνωρισμάτων της τροποποιημένης OHT ξυλείας. Τέλος έγινε πειραματική μελέτη στα εργαστήρια του ΤΕΙ ΣΤΕΞ στην Καρδίτσα, εξετάζοντας την τροποποιημένη αυτή ξυλεία για της μηχανικές της ιδιότητες, για την συμπεριφορά της στις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα αλλά και την επίδραση που έχουν πάνω της οι βιοτικοί παράγοντες υποβάθμισης του ξύλου όπως τα ξυλοφάγα έντομα και μύκητες.

Σκοπός της εργασίας είναι η συγκέντρωση αποτελεσμάτων των πειραματικών μεθόδων διερεύνησης της OHT ξυλείας και η διατύπωση τεκμηριωμένων απόψεων για το μέλλον της στην Ελλάδα.

Σ' αυτό το σημείο αισθάνομαι την ανάγκη, κρίνοντας το ηθικό, να αποδώσω θερμές ευχαριστίες στους καθηγητές του Τμήματος Σχεδιασμού Ξύλου και Επίπλου οι όποιοι βοήθησαν στην διαδικασία εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γεώργιο Μαντάνη για την συνεχή καθοδήγηση του στην πτυχιακή εργασία, και τις συμβουλές του. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Αικατερίνη Ράμμου για την βοήθεια της στο πειραματικό σκέλος της εργασίας καθώς και τον κύριο Γεράσιμο Μπόθο για την βοήθεια του στην κατεργασία της ξυλείας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρία MenzHolz για τη άμεση ανταπόκριση της σε ότι χρειάστηκα, τον επαγγελματισμό τους και την αποστολή της ξυλείας για την πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας.

Καρδίτσα Μάιος 2016
Κολοκύθας Κωνσταντίνος

ΚΕΦ. 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ξύλο αποτελεί ένα πολύτιμο υλικό που βρίσκεται στη φύση και είναι στη διαθεσιμότητα του ανθρώπου ανέκαθεν. Είναι ένα προϊόν φυσικής διεργασίας και από την σκοπιά της βιοσύνθεσης του αποτελεί ένα λιγνοκυτταρινικό σύμπλοκο που μοιάζει ανομοιογενές αλλά αντ' αυτού, συμπεριφέρεται σαν ένα ομοιογενές υλικό. Στην αρχαιότητα διάφοροι πολιτισμοί είχαν αντιληφθεί τις δυνατότητες βελτιστοποίησης του ξύλου σαν υλικό χωρίς όμως να κατανοούν την αίτια. Λόγου χάριν, οι Βίκινγκς είχαν αντιληφθεί τη σπουδαιότητα του ξύλου και βρήκαν τρόπους να το βελτιώσουν ως υλικό, χρησιμοποιώντας την θερμότητα. Στη σημερινή εποχή, όπου η επιστήμη έχει κάνει άλματα προόδου, ο τομέας του ξύλου ασχολείται σε επιστημονικό επίπεδο με την τροποποίηση του ξύλου με στόχο τη δημιουργία προϊόντων ξύλου φιλικά προς το περιβάλλον με άριστες ιδιότητες και σεβασμό προς το περιβάλλον (Μαντάνης Γ. 2004).

Το ξύλο είναι μια ανανεώσιμη πρώτη υλη με σημαντικά πλεονεκτήματα σε αντίθεση με άλλες ορυκτές πρώτες ύλες (πετρέλαιο, μεταλλεύματα κ.α.) που εξαντλούνται συνεχώς σε όλο τον κόσμο. Βασικά πλεονεκτήματα του είναι :

- ✓ Άριστο δομικό υλικό
- ✓ Μεγάλη αισθητική αξία
- ✓ 'Ζεστό' υλικό
- ✓ Μεγάλη μηχανική αντοχή σε σχέση με το βάρος του.
- ✓ Μονωτικό υλικό στη θερμότητα και στον ηλεκτρισμό
- ✓ Δεν οξειδώνεται.
- ✓ Η κατεργασία του είναι σχετικά εύκολη
- ✓ Δεν ρυπαίνει το περιβάλλον.

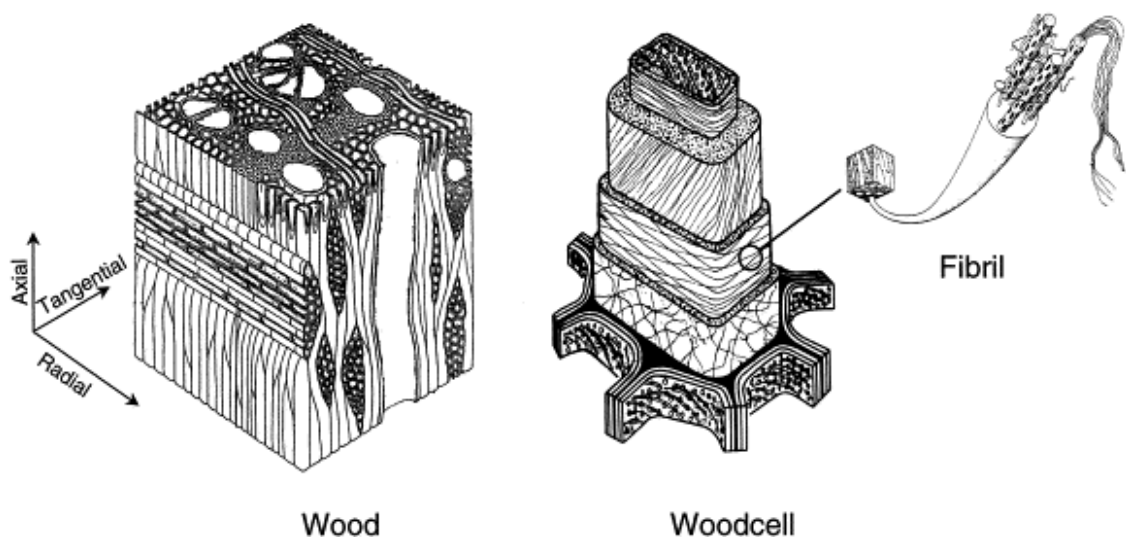
Ωστόσο το ξύλο έχει και αυτό μειονεκτήματα όπως όλα τα υλικά , βασικά εκ των οποίων είναι τα εξής :

- ✗ Είναι υγροσκοπικό υλικό
- ✗ Είναι ανισόρροπο υλικό
- ✗ Καίγεται σχετικά εύκολα.
- ✗ Προσβάλλεται από μύκητες, έντομα

ΚΕΦ. 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

Από τα μειονεκτήματα του ξύλου, κρίνεται αναγκαία και επιτακτική η σωστή χρήση του, γεγονός που προϋποθέτει γνώση των τεχνολογικών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών του (Εικόνα 2.0).

Με βάση τις ανάγκες της έρευνας και του πειράματος μας χρειάστηκε να εξετάσουμε τις φυσικές, μηχανικές, χημικές ιδιότητες του ξύλου καθώς επίσης και την φυσική ανθεκτικότητα και τη συμπεριφορά του ξύλου στις μηχανικές κατεργασίες. (Μαντάνης Γ. 2004).



Εικόνα 2.0 Μικροδομή του ξύλου (<http://aerospaceengineeringblog.com/>)

2.1. Φυσικές Ιδιότητες

Με τον όρο φυσική ιδιότητα προσδιορίζεται το χαρακτηριστικό γενικό γνώρισμα ενός σώματος στη φυσική του συμπεριφορά (Μαντάνης Γ. 2004).

2.1.1. Πυκνότητα

Αποτελεί την σπουδαιότερη φυσική ιδιότητα του ξύλου όπου είναι δείκτης ποιότητας της μηχανικής αντοχής του. Είναι το μετρό μάζας που περιέχεται σε ορισμένο όγκο και εκφράζεται με το πηλίκο της μάζας δια του όγκου. Η πυκνότητα

και το ειδικό βάρος εκφράζονται με τον ίδιο αριθμό και οι μονάδες της είναι g/cm^3 ή kg/m^3 . Η πυκνότητα στο ξύλο διακρίνεται σε τρεις μορφές:

1. **Ξηρή Πυκνότητα:** Το πηλίκο : ξηρό βάρος προς ξηρό όγκο όταν το ποσοστό υγρασίας είναι 0% (= ξηρή κατάσταση).

$$\rho_o = \frac{W_o}{V_o}$$

Όπου: ρ_o = ξηρή πυκνότητα (g/cm^3)
 W_o = ξηρό βάρος (g)
 V_o = ξηρός όγκος (cm^3)

2. **Βασική Πυκνότητα:** Το πηλίκο : ξηρού βάρους προς το χλωρό όγκο. Χλωρός όγκος ή μέγιστος όγκος είναι ο όγκος του ξύλου σε κατάσταση πλήρους διόγκωσης, δηλαδή ο όγκος του ξύλου με υγρασία στο σημείο ινοκόρου (περίπου 30% υγρασία).

$$R = \frac{W_o}{V_{max}}$$

Όπου: R =βασική πυκνότητα (g/cm^3)
 W_o = ξηρό βάρος (g)
 V_{max} =χλωρός (μέγιστος) όγκος (cm^3)

3. **Φαινομενική Πυκνότητα:** Η πυκνότητα του ξύλου πολλές φορές για πρακτικούς λόγους υπολογίζεται με βάση το βάρος και τον όγκο του σε κάποια συγκεκριμένη υγρασία (συνήθως 12% ή 15%).

$$R_x = \frac{W_x}{V_x}$$

Όπου: R_x =φαινομενική πυκνότητα (g/cm^3)
 W_x =βάρος σε X υγρασία (g)
 V_x =όγκος σε X υγρασία (cm^3)

Εύρος Της Πυκνότητας Και Κατηγορίες: Η ξηρή πυκνότητα των διαφόρων ειδών ξύλου ποικίλλει από $0,10 \text{ g/cm}^3$ μέχρι $1,30 \text{ g/cm}^3$. Η πυκνότητα των ελληνικών ειδών ξύλου κυμαίνεται από $0,30 \text{ g/cm}^3$ έως $0,90 \text{ g/cm}^3$.

Τα ελαφρά	(0,30 - 0,45 g/cm ³)
Τα μέτρια	(0,45 - 0,65 g/cm ³)
Τα βαριά	(0,65 – 0,80 g/cm ³)
Τα πολύ βαριά	(0,80 – 1,00 g/cm ³)

2.1.2. Ρίκνωση Και Διόγκωση

Είναι η αυξομείωση των διαστάσεων του ξύλου ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας του. Οι διαστάσεις μεταβάλλονται ανάλογα με την διεύθυνση των ινών του.

- 1. Ρίκνωση:** Η ελάττωση, μείωση των διαστάσεων του ξύλου όταν αποβάλλει υγρασία κάτω από το σημείο ινοκόρου (30%). Στη μεταβολή αυτή, έχουμε αντίστοιχα, μείωση των διαστάσεων του ξύλου και στις τρεις κατευθύνσεις του (αξονική, ακτινική, εφαπτομενική κατεύθυνση).

$$p = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\%$$

Όπου: **p**= ρίκνωση, επί τοις εκατό της χλωρής διάστασης (%)
L₁=χλωρή διάσταση (cm)
L₂=ξηρή διάσταση (cm)

- 2. Διόγκωση:** Το ξύλο αυξάνει τις διαστάσεις του, όταν η υγρασία του αυξάνεται από μία χαμηλή υγρασία (ή υγρασία 0%) μέχρι το σημείο ινοκόρου. Για μεταβολές της υγρασίας πάνω από το σημείο ινοκόρου, δεν παρατηρούνται μεταβολές στις διαστάσεις του ξύλου.

$$\delta = \frac{L_1 - L_2}{L_2} \times 100\%$$

Όπου: **δ**= διόγκωση, επί τοις εκατό της ξηρής διάστασης (%)
L₁=χλωρή διάσταση (cm)
L₂=ξηρή διάσταση (cm)

Ανισοτροπία Στην Ρίκνωση-Διόγκωση: Η ρίκνωση και διόγκωση δεν είναι ίδιες στις τρεις (3) αυξητικές κατευθύνσεις του ξύλου. Οι μεγαλύτερες μεταβολές στις διαστάσεις παρατηρούνται στην εφαπτομενική κατεύθυνση. Η ακτινική ρίκνωση και

διόγκωση είναι σημαντικά μικρότερη (περίπου 40-60%) της εφαιτομενικής. Η κατά μήκος του άξονα (αξονική ρίκνωση και διόγκωση) είναι αμελητέα, που από πρακτικής άποψης δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη.

Μεγίστη εφαιτομενική	6-12%.
Μεγίστη ακτινική	2,5-7%
Μεγίστη αξονική	0,1-0,6%

Πρακτική Σημασία Ρίκνωσης Και Διόγκωσης: Είναι η βασική αιτία για πολλά σφάλματα που γίνονται σε κατασκευές ξύλου και έπιπλα λόγω της ανομοιόμορφης κατανομής της υγρασίας μέσα στο ξύλο, τους αδέξιους χειρισμούς κατά την τεχνητή ξήρανση του όπως επίσης της παρουσίας ξύλου ανώμαλης δομής. Τα σφάλματα αυτά είναι κυρίως:

1. Στρεβλώσεις
2. Ραγαδώσεις ακρών και επιφάνειας
3. Εσωτερικές ραγαδώσεις (κυψελίδωση)
4. Εσωτερικές τάσεις
5. Κατάρρευση (πλήρη μεταβολή εξωτερικής μορφής)

2.1.3. Υγροσκοπικότητα

Είναι η ιδιότητα που έχει το ξύλο να προσλαμβάνει υγρασία από το περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στην χημική σύνθεση του ξύλου καθώς και στις υγροσκοπικές ουσίες που περιλαμβάνει (κυτταρίνη ημικυτταρίνες, πηκτινικές ουσίες). Συμπληρωματικά, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για την ξήρανση, τον εμποτισμό, την παραγωγή επίπλων και ξυλοκατασκευών.

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

$$Y = \frac{W_x - W_o}{W_o} \times 100\%$$

Y=υγρασία του ξύλου (%)
 Όπου: W_x=αρχικό βάρος ή ‘υγρό’ βάρος(g)
 W_o=απόλυτα ξηρό βάρος (g)

2.1.4. Μηχανικές Ιδιότητες

Είναι το μέτρο της μηχανικής αντοχής του ξύλου, δηλαδή της αντίστασής του σε εξωτερικές δυνάμεις, που τείνουν να το παραμορφώσουν όπως κάποια δύναμη ή φορτίο, εσωτερικές τάσεις ή τάσεις που δημιουργούνται. Το ξύλο ως υλικό είναι ανισότροπο και ανομοιογενές συνεπώς έχει διαφορετικές μηχανικές αντοχές στις διάφορες κατευθύνσεις του (Μαντάνης Γ. 2004).

Οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου επηρεάζονται από τους εξής παράγοντες:

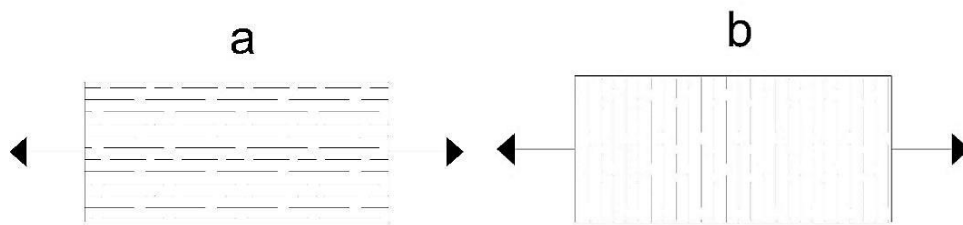
- Υγρασία: Μείωση της υγρασίας του ξύλου κάτω από το σημείο ισοκόρου, αυξάνει την μηχανική αντοχή του. Η σχέση τους δηλαδή είναι αντιστρόφως ανάλογη.
- Πυκνότητα: Η πυκνότητα αποτελεί τον καλύτερο δείκτη ποιότητας και μηχανικής αντοχής του ξύλου. Μεγάλη πυκνότητα σημαίνει μεγάλη μηχανική αντοχή.
- Θερμοκρασία: 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, στρεψοϊνία, ραγάδες, 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%.

Οι μηχανικές αντοχές του ξύλου αναφέρονται παρακάτω:

➤ 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

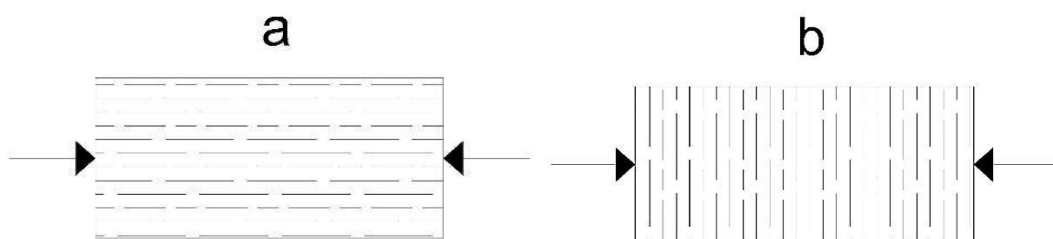
διακρίνουμε τον αξονικό και τον εγκάρσιο εφελκυσμό. Το ξύλο έχει αντοχή σε αξονικό εφελκυσμό 30-50 φορές μεγαλύτερη από την αντοχή του σε εγκάρσιο εφελκυσμό (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Δοκίμιο ξύλου σε αξονικό εφελκυσμό (a) και εγκάρσιο εφελκυσμό (b).

➤ Αντοχή σε θλίψη

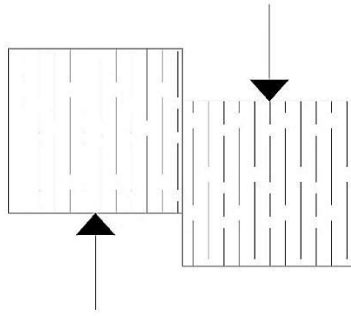
Όταν το ξύλο βρίσκεται κάτω από τάσεις θλίψης, οι δυνάμεις που ενεργούν πάνω του τείνουν να το συνθλίβουν, δηλαδή οι δυνάμεις ενεργούν αντίθετα από ότι στον εφελκυσμό. Ανάλογα με την κατεύθυνση διακρίνουμε την αξονική και την εγκάρσια θλίψη (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2 Δοκίμιο ξύλου σε αξονική θλίψη (a) και εγκάρσια θλίψη (b).

➤ 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 (Εικόνα 2. 3).

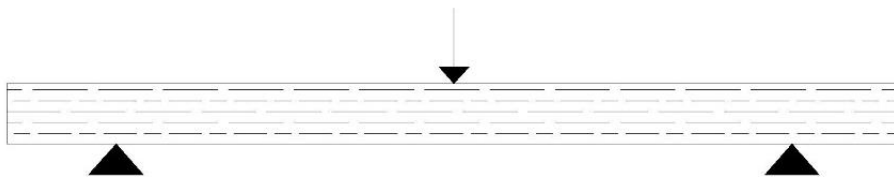


Εικόνα 2.3 Δοκίμιο ξύλου κάτω από τάσεις διάτμησης.

➤ Αντοχή σε κάμψη

Το ξύλο στις περισσότερες κατασκευές του φορτίζεται κυρίως με δυνάμεις που προκαλούν κάμψη. Για το λόγο αυτό η αντοχή σε κάμψη, και ειδικότερα σε στατική κάμψη είναι η σπουδαιότερη μηχανική ιδιότητά του.

Η αντοχή σε κάμψη εκτιμάται με το μέτρο θραύσης (ΜΘ), το οποίο δείχνει τις μέγιστες τάσεις των ινών των εξωτερικών πλευρών του ξύλου, όταν η δοκός θραύεται με την επίδραση φορτίου που ασκείται σιγά σιγά και για μικρό χρονικό διάστημα (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4 Φόρτιση σανίδας ξύλου σε στατική κάμψη.

➤ Ελαστικότητα

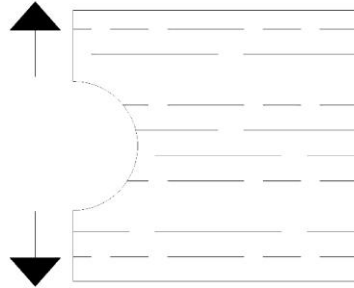
Από άποψη ελαστικότητας, το ξύλο έχει μεγαλύτερη ελαστικότητα από άλλα υλικά ίδιας χρήσης, δηλαδή κάμπτεται περισσότερο κάτω από ορισμένο φορτίο. Ωστόσο, αν ληφθεί υπόψη η πυκνότητά του, το ξύλο κατέχει ενδιάμεση θέση ανάμεσα στα υλικά. Η ελαστικότητα μετριέται με το μέτρο ελαστικότητας (ΜΕ), που προσδιορίζεται από στατικές ή δυναμικές δοκιμές αντοχής.

➤ Αντοχή σε κρούση

Η αντοχή σε κρούση αναφέρεται σε απότομη (δυναμική) φόρτιση και έχει σημασία για ορισμένες χρήσεις του ξύλου, όπου το ξύλο παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή σε δυναμικά φορτία παρά σε στατικά.

➤ Αντοχή σε σχίση

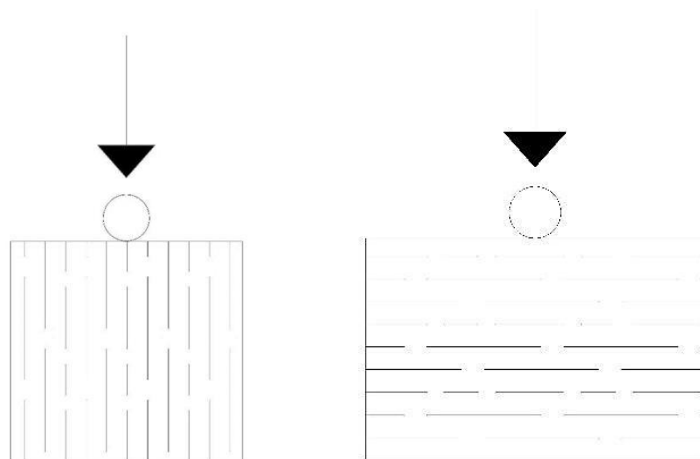
Το ξύλο δοκιμάζεται σε αντοχή σε σχίση όταν οι εξωτερικές δυνάμεις δρουν πάνω του με μορφή σφήνας. Το ξύλο έχει πολύ μικρή αξονική αντοχή σε σχίση, δηλαδή σχίζεται εύκολα (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5 Αντοχή σε σχίση.

➤ Σκληρότητα

Ως σκληρότητα του ξύλου νοείται η αντίστασή του στην είσοδο ξένων σωμάτων στη μάζα του (Εικόνα 2.6). Η αντίσταση αυτή είναι 1,2 με 2 φορές μεγαλύτερη στην αξονική διεύθυνση (αξονική σκληρότητα) από ότι στην εγκάρσια διεύθυνση (εγκάρσια σκληρότητα).



Εικόνα 2.6 Αντοχή σε σκληρότητα.

2.2. Φυσική Διάρκεια

Φυσική διάρκεια ή ανθεκτικότητα του ξύλου ορίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο το ξύλο, χωρίς να του έχει γίνει κάποιου είδους τροποποίηση, μπορεί να μείνει εκτεθειμένο στις εξωτερικές συνθήκες (π.χ. ήλιο, βροχή και μικροοργανισμοί) χωρίς αυτό να αλλοιωθεί (Εικόνα 2.7). Η φυσική διάρκεια του ξύλου εξαρτάται ακόμα και από τις συνθήκες χρήσης όπως σε κατασκευές του υπαίθρου, κατασκευές σε επαφή με το έδαφος, σε εσωτερικούς χώρους και σε επαφή με το νερό ή την θάλασσα.

Ο κυριότερος συντελεστής για την φυσική αντοχή του ξύλου είναι η ποσότητα και το είδος των εκχυλισμάτων που περιέχονται σε αυτό. Τα εκχυλίσματα είναι μη δομικά μείγματα ποικίλων χημικών ενώσεων, που προσδίδουν πολλά από τα πιθανά χαρακτηριστικά ενός ξύλου και συνήθως δρουν προστατευτικά στο ξύλο και επιδρούν στη φυσική του διάρκεια. Συνήθως προσδίδουν στο ξύλο ένα σκούρο χρώμα και κατά κανόνα τα ξύλα με πιο σκούρο χρώμα έχουν και μεγαλύτερη φυσική διάρκεια.

Η χημική σύσταση του ξύλου, η οποία ποικίλει από είδος σε είδος αλλά και στο είδος μεταξύ σομού και εγκάρδιου, διαφοροποιεί την συμπεριφορά του ξύλου στις προσβολές μικροοργανισμών. Μεταξύ των ειδών ξύλου υπάρχουν μεγάλες διαφορές ως προς την ανθεκτικότητα δηλαδή το χρόνο τον οποίο το ξύλο διατηρεί τη αξία του (Μαντάνης Γ. 2004).

Με βάση τη φυσική διάρκεια του εγκάρδιου ξύλου τα είδη διακρίνονται σε :

- Πολύ ανθεκτικά (διάρκεια>25 χρόνια)
- Ανθεκτικά (διάρκεια 15-25 χρόνια)
- Μέτρια ανθεκτικά (διάρκεια 10-15 χρόνια)
- Ελάχιστα ανθεκτικά (διάρκεια 5-10 χρόνια)
- Μη ανθεκτικά (διάρκεια<5 χρόνια)

Η φυσική διάρκεια του ξύλου εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:



Εικόνα 2.7 Φυσική αλλοίωση του ξύλου (greekarchitects.gr)

Κλιματικούς Παράγοντες: Το ξύλο όντας εκτεθειμένο, για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε εξωτερικές συνθήκες επηρεάζεται από τους κλιματικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η βροχή, το χιόνι, ο αέρας και η ηλιακή ακτινοβολία. Οι παράγοντες αυτοί προκαλούν την αλλοίωση και το φαινόμενο της γήρανσης του ξύλου, το οποίο μακροχρόνια περιλαμβάνει μεταβολή του χρώματος, ραβδώσεις, στρεβλώσεις, επιφανειακή διάβρωση του ξύλου.

Η συνεχόμενη ρίκνωση και διόγκωση του ξύλου στην επιφάνεια προκαλεί αποκόλληση των αυξητικών δακτυλίων, ραγαδώσεις των κυτταρικών τοιχωμάτων κ.α.

Η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί μικροραγάδες στα κυτταρικά τοιχώματα, καταστροφή στις μεμβράνες των βοθρίων καθώς και μεγάλες χρωματικές αλλαγές στην επιφάνεια του ξύλου.

Η υψηλή θερμοκρασία υποβοηθά το νερό ως παράγοντα αλλοίωσης ενισχύοντας την ρίκνωση και διόγκωση του επιφανειακού ξύλου

Η μακροχρόνια γήρανση του ξύλου απομακρύνει συνεχώς επιφανειακά στρώματα ξύλου με πολύ αργό ρυθμό.

Μηχανικούς Παράγοντες: Το ξύλο που χρησιμοποιείται σε κατασκευές, όπου δέχεται μηχανικές φορτίσεις, υφίσταται σταδιακή αλλοίωση. Αυτή η αλλοίωση

εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος της φόρτισης, από το είδος του ξύλου και την περιεκτικότητά του σε υγρασία. Μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές φορτίσεις παρουσιάζει η εγκάρσια επιφάνεια του ξύλου, μικρότερη η ακτινική και ακόμα μικρότερη η εφαπτομενική.

Χημικούς Παράγοντες: Το ξύλο παρουσιάζει σημαντική αντοχή σε χημικά διαλύματα μικρής πυκνότητας και χαμηλής θερμοκρασίας. Με την επίδραση των χημικών ουσιών, είναι δυνατό να παρατηρηθεί μείωση της μηχανικής αντοχής του ξύλου.

Θερμότητα: Το ξύλο λόγω της χημικής του σύστασης υφίσταται χημική αποσύνθεση κάτω από την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών. Οι συνέπειες για το ξύλο και την κατασκευή εξαρτώνται από την διάρκεια της επίδρασης, τον τρόπο θέρμανσης, το είδος και τις διαστάσεις του ξύλου και μπορεί να είναι η απώλεια βάρους, η ελάττωση της μηχανικής αντοχής, μαλάκυνση κ.α.

ΚΕΦ. 3. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΙΔΕΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Για πολλά χρόνια οι βιομηχανίες του ξύλου προσπαθούσαν με διάφορες τεχνικές να επεκτείνουν την διάρκεια ζωής αυτού του υλικού. Το ξύλο, βασική πρώτη ύλη για την παράγωγή πολλών κατασκευών, παρουσιάζει αξιόλογα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα τα οποία βασίζονται στη χημική του σύνθεση. Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων οι ερευνητές κατέφυγαν σε πολλές προσπάθειες που όμως δεν απέφεραν σημαντικά αποτελέσματα καθώς οι τρόποι αυτοί (επικάλυψη με βερνίκια, ελαιοχρώματα και εμποτισμός) υστερούσαν σε κάποιους τομείς. Έχουν το μειονέκτημα ότι κατά πλειοψηφία τους βασίζονται σε χημικές τοξικές ουσίες. Έτσι τα προβλήματα που πρόεκυπταν όπως αυξημένη τοξικότητα, δυσκολία ανακύκλωσης, περιορισμένη σταθερότητα και αντοχή στο χρόνο οδήγησαν τους επιστήμονες στην αναζήτηση νέων ιδεών (Παπαδόπουλος Α., Καραστεργίου Σ., Νταλός Γ., Μαντάνης Γ. 2004).

Η καινοτόμα ιδέα για την πραγματοποίηση παράγωγης ενός προϊόντος ξύλου με βελτιωμένες ιδιότητες και χωρίς χρήση χημικών τοξικών ουσιών με μεγάλη φυσική διάρκεια ήταν η εξής. Να γίνει μεταβολή του ξύλου σε μοριακή δομή.

Μεταβαλλόντας το ξύλο σε μοριακό επίπεδο ταυτόχρονα μεταβάλλονται και οι ιδιότητες του. Το ξύλο μεταβάλλεται μόνο μικροσκοπικά, μακροσκοπικά δηλαδή στην όψη παραμένει ίδιο σαν τελικό προϊόν. Η μασίφ ξυλεία αποκτά βελτιωμένες ιδιότητες και ανθεκτικότητα με την τροποποίηση της χημικής σύστασης του ξύλου με χρήση θερμότητας ή και ακίνδυνων χημικών ενώσεων. Τα βασικά μειονεκτήματα του ξύλου που αφορούν την υγροσκοπικότητα, ρίκνωση διόγκωση, διαστασιακή σταθερότητα και σχετικά μικρή αντοχή σε μικροοργανισμούς μπορούν να περιοριστούν σε σημαντικό βαθμό με την χημική μεταβολή της δομής του ξύλου μοριακά. Η κυτταρίνη και οι ημικυτταρίνες, δομικά στοιχεία του ξύλου, διαθέτουν ένα μεγάλο αριθμό ελεύθερων υδροξυλίων (-OH) στα όποια οφείλεται και η υγροσκοπικότητα του ξύλου (Ιωάννης Φ). Για να επιτευχτεί αυτή η αλλαγή σε μοριακό επίπεδο στο ξύλο αναπτύχθηκαν τρεις μέθοδοι τροποποίησης οι όποιοι είναι οι εξής:

1. Χημική τροποποίηση
2. Θερμική τροποποίηση
3. Ενζυματική τροποποίηση

3.1. Θερμική Τροποποίηση

Η θερμοκρασία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου, προκαλεί αποικοδόμηση των δομικών συστατικών σε άπλες μονομερείς ενώσεις. Το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι σπουδαιότεροι των οποίων είναι το ύψος της θερμοκρασίας και η επίδραση της, η υγρασία του ξύλου, η παρουσία καταλύτη και τέλος το είδος και οι διαστάσεις του ξύλου (Εικόνα 3.1).

Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 100°C βαθμών η επίδραση στις φυσικές μηχανικές ιδιότητες είναι περισσότερο ή λιγότερο μόνιμη ανάλογα με το ύψος και την διάρκεια της θερμοκρασίας. Οι μόνιμες μεταβολές στις ιδιότητες του ξύλου είναι αποτέλεσμα χημικών αλλοιώσεων των πολυμερών συστατικών του (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λιγνίνη).

Στις θερμοκρασίες μέχρι των 100°C βαθμών αυτά τα στοιχεία παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα. Σε θερμοκρασία 120-140°C η κυτταρίνη και οι ημικυτταρίνες αρχίζουν να αποικοδομούνται ενώ η λιγνίνη είναι περισσότερο

ανθεκτική. Στη σταδιακή αποικοδόμηση - κατακερματισμό της κυτταρίνης και των ημικυτταρίνων είναι βασισμένη και η ιδέα της θερμικής τροποποίησης του ξύλου καθώς τα δομικά συστατικά αυτά του ξύλου περιέχουν μεγάλες ποσότητες ελευθέρων υδροξυλίων (-OH) τα οποία είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνα για τα δυο βασικά μειονεκτήματα του ξύλου : περιορισμένη διαστασιακή σταθερότητα και σχετικά χαμηλή ανθεκτικότητα σε βιολογικούς μικροοργανισμούς (Ιωάννης Φ. 2014).



Εικόνα 3.1 Θερμικά τροποποιημένη ξυλεία (popularwoodworking.com)

3.1.1. Χαρακτηρίστηκα θερμικά τροποποιημένης ξυλείας

Η ξυλεία που έχει υποστεί θερμική τροποποίηση κατά τη διάρκεια της οποίας το υλικό ξυλώδους ύλης (κυτταρικά τοιχώματα) έχει αλλάξει σε μοριακό επίπεδο, με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιώνονται οι ιδιότητες της ξυλείας έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγαλύτερη φυσική διάρκεια
- Μειωμένη υγροσκοπικότητα
- Αυξημένη διαστασιακή σταθερότητα
- Αλλαγή χρώματος σε πιο καφέ
- Μεγαλύτερη αντίσταση στους μύκητες και τα ξυλοφάγα έντομα
- Καλύτερες ακουστικές ιδιότητες
- Μικρότερη θερμική αγωγιμότητα
- Υψηλότερη ευθραυστότητα

Οι βελτιωμένες ιδιότητες της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας εξαρτώνται από την τεχνολογία που εφαρμόζεται και βέβαια με την τελική εφαρμογή του παραγόμενου προϊόντος (Σιατίτσα Θ.2010).

3.1.2. Μέθοδοι θερμικά τροποποιημένης ξυλείας σε βιομηχανικό επίπεδο.

Τα πρόσφατα χρόνια η θερμική τροποποίηση του ξύλου έχει πραγματοποιηθεί επιτυχώς σε βιομηχανικό επίπεδο στην Ευρώπη χρησιμοποιώντας ατμό, άζωτο ή φυτικά ελαία ως μέσα μεταφοράς της θερμότητας και αποκλεισμού του οξυγόνου (Σιατίτσα Θ.2010) (Manoj Kumar Dubey 2010). Οι μέθοδοι θερμικής (Εικόνα 3.2) τροποποίησης που έχουν σήμερα φτάσει σε βιομηχανικό (εμπορικό) επίπεδο είναι οι εξής:

- MenzHolz OHT – Γερμανία : Ξεκίνησε στην Γερμανία, και βασίζεται στη χρήση καυτού ελαίου (λαδιού) και υψηλής θερμοκρασίας.
- ThermoWood – Φινλανδία : Η τεχνολογία ξεκίνησε από την Φινλανδία, βασίστηκε στη χρήση ατμού, χωρίς τη χρήση χημικών με αποτέλεσμα να δημιουργήσει βελτιωμένο ξύλο φιλικό προς το περιβάλλον.
- PlatoWood – Ολλανδία: Η τεχνολογία αυτή εφαρμόστηκε στην Ολλανδία, βασίστηκε στη χρήση ατμού σε μικρότερες θερμοκρασίες (150-180°C), επηρεάζοντας λιγότερο τις μηχανικές του ιδιότητες.
- Retification process - Γαλλία: Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε στη Γαλλία, είναι κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, και βιομηχανοποιήθηκε το 1997. Είναι μια αναφορά στον τομέα της οικολογικής συντήρησης του ξύλου, χωρίς τη χρησιμοποίηση οποιουδήποτε χημικού, μόνο με τη θερμότητα, το ξύλο γίνεται πιο σταθερό, εξαιρετικά ανθεκτικό και 100% οικολογικό.
- WTT –Δανία



Εικόνα 3.2 Θάλαμος θερμικής τροποποίησης (silvapros.eu)

Οι διαφορές που διακρίνονται μεταξύ των τεχνολογιών από τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η θερμική τροποποίηση είναι (Πινάκας 3.1) :

- Παρουσία ή απουσία οξυγόνου στον υψηλής θερμοκρασίας κλίβανο.
- Χρήση ή μη από αέρια προϊόντα.
- Χρήση ατμού (υγρασία νερού) με αποτέλεσμα να συμβάλει στις δομικές μεταβολές του ξύλου.
- Κενό αέρα, ή προσρόφηση π.χ. ελαίου που γίνεται σε όλη τη μάζα του ξύλου.
- Χρήση ελαίων (φυτικά έλαια) με ίση μεταφορά θερμότητας στο ξύλο.

Μέθοδος τροποποίησης	Μέσο	Θερμοκρασία τροποποίησης	Κύρια Σταδία	Αναφορά	Προστιθέμενη αξία (Euro/m ³)
Oil-heat treatment Germany	Έλαιο	180-220	Τροποποίηση του ξύλου με (10-12% περιεχομένη υγρασία) με φυτικά έλαια σε κλειστό θάλαμο.	(Sailer et al. 2000a)	65-95
Thermo wood Finland	Ατμός	150-240	Ξήρανση του ξύλου σε κλίβανο, μετά ακολουθείται η τροποποίηση και τέλος ψύξη και κλιματισμός.	(Syrjanen and Kangas 2000)	-
Retification process France	N ₂	200-240	Τροποποίηση του ξύλου σε (12% περιεχομένη υγρασία) σε περιορισμένα όρια οξυγόνου.	(Militz 2002)	150-160
Plato process Netherlands	Ατμός ή αέρας	170-190	Υδροθερμόλυση, ένα ενδιάμεσο στάδιο ξήρανσης και σκλήρυνση.	(Militz 2002)	100

Πινάκας 3.1 Διαφορές θερμικά τροποποιημένης ξυλείας.

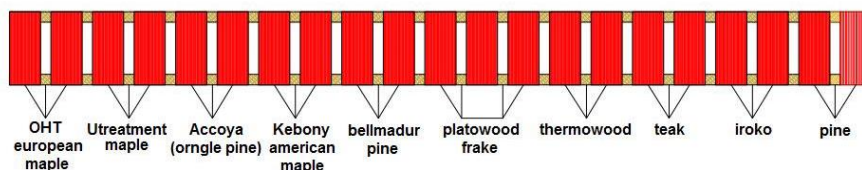
3.1.3. Θερμικά Τροποποιημένη Ξυλεία Στην Ελλάδα

Η παράγωγή θερμικά τροποποιημένης ξυλείας στην Ευρώπη αυξάνεται συνεχώς καθώς είναι προϊόν συναγόμενο με καλές ιδιότητες και ενδείκνυται για πληθώρα εφαρμογών με κυριότερο χαρακτηριστικό ότι είναι φιλικό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Η χρήση του θερμικά τροποποιημένου ξύλου στη χώρα μας όπως είναι φυσικό χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε πατώματα εξωτερικού χώρου, πισινές, παράλιες, έπιπλα κήπου, κουφώματα (υπό δόκιμη) καθώς και επικαλύψεις κτιρίων. Η χρήση της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας τις περισσότερες φορές συνοδεύεται με επιτυχία δηλαδή μεγάλη φυσική διάρκεια του ξύλου και χωρίς εμφάνιση προβλημάτων και άλλοτε παρουσιάζει πρόβλημα στις ιδιαιτερότητες των κλιματικών συνθηκών στην Ελλάδα. Η χρήση τροποποιημένης ξυλείας στην χώρα μας βρίσκεται σε δοκιμαστικό στάδιο, παράδειγμα (Εικόνα 3.3) και (Εικόνα 3.4) καθώς γίνονται πειράματα στο Τμήμα Σχεδιασμού Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου του Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Παράρτημα Καρδίτσας ώστε να διαπιστωθεί η καταλληλότητα της στις ελληνικές συνθήκες. Διάρκεια δοκίμων συνήθως 4-5 έτη για να κριθεί η καταλληλότητα του προϊόντος.



Εικόνα 3.3 Πειραματική διερεύνηση τροποποιημένων ξύλων στο ΣΤΕΞ



Εικόνα 3.4 Τροποποιημένα δείγματα ξύλου κατασκευής Εικόνας 3.3

ΚΕΦ.4. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΞΥΛΕΙΑ MENZHOLZ



Ερυθρελάτη OHT

Φλαμουριά OHT

Σφενδάμι OHT

Εικόνα 4.1 Δείγματα ξυλείας MenzHolz

Η MenzHolz είναι τεχνολογία παραγωγής η οποία αναπτύχθηκε στη Γερμανία. Ο Stamm (1964) ήταν ο πρώτος που έκανε συστηματικές προσπάθειες να αυξηθεί η αντίσταση του ξύλου ενάντια στην καταστροφή του από μύκητες και ξυλοφάγα έντομα μέσα σε ένα καυτό λουτρό ελαίου. Ο Buro (1955) μελέτησε τη θερμική επεξεργασία του ξύλου στις διαφορετικές αεριώδεις ατμόσφαιρες και σε λουτρά ελαίου. Και άλλες διαδικασίες θερμικής επεξεργασίας του ξύλου ακολούθησαν στα επόμενα έτη (Schneider 1963, Burmester 1973).

Το ενδιαφέρον επικεντρώθηκε συχνά στα χαρακτηριστικά της ξήρανσης (Schneider 1973) και στις χημικές αλλαγές του κατεργαζόμενου θερμικά ξύλου (Sandermann, Augustin 1963, Kollman, Fengel 1965, Topf 1971, Tjeerdsma et al. 1998) καθώς επίσης στην ρίκνωση και την διόγκωση (Kollmann και Schneider 1963) και τις άλλες μηχανικές ιδιότητες (Schneider 1971, Rusche 1973). Ο Burmester (1973) ανακάλυψε τα βελτιωμένα χαρακτηριστικά του τροποποιημένου ξύλου στην εφαρμογή μιας θερμικής επεξεργασίας υπό πίεση. Αυτή η διαδικασία αναπτύχθηκε περαιτέρω από τον Geibeler (1983). Στις περισσότερες διαδικασίες θερμικής τροποποίησης του ξύλου, γίνεται αναφορά στη βελτιωμένη διαστασιακή σταθερότητα και την αυξανόμενη αντίσταση στους μύκητες, επίσης στις αρνητικές

αλλαγές στα χαρακτηριστικά του ξύλου και κυρίως στις μειωμένες μηχανικές αντοχές. Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας αυξάνουν την ευθραυστότητα και το σχηματισμό των ραγάδων. Η έκκριση των ρητινικών συστατικών και η χαμηλή προστασία έναντι της υπερϊώδους ακτινοβολίας (UV) του θερμικά τροποποιημένου ξύλου αποδεικνύονται επίσης προβληματικές κατά τη διάρκεια της πρακτικής χρήσης του ξύλου (Andreas O.Rapp and Michael Sailer) .

Στόχος της διαδικασίας MenzHolz είναι να βελτιώσει μερικώς αυτά τα κρίσιμα χαρακτηριστικά θερμαίνοντας το ξύλο μέσα σε καυτό έλαιο. Τα σημεία βρασμού πολλών φυσικών ελαίων και ρητινών είναι υψηλότερα από τη θερμοκρασία που απαιτείται για τη θερμική επεξεργασία του ξύλου. Οι βελτιώσεις στα διάφορα χαρακτηριστικά του ξύλου είναι συγκριτικά καλύτερες από τις τεχνολογίες θερμικής τροποποίησης σε μια αεριώδη ατμόσφαιρα, λόγω της συμπεριφοράς των ελαίων με την από κοινού επίδραση της θερμότητας (Εικόνα 4.1).

Ιδιότητες και χαρακτηριστικά

- Η αντοχή σε αξονική θλίψη παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά τιμών σε σχέση με άλλες κατηγορίες θερμικής τροποποίησης.
- Σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους τροποποίησης που χρησιμοποιούν ατμό η παραγόμενη ξυλεία από MenzHolz δεν παρουσιάζει μειωμένη ελαστικότητα σε δόκιμες κάμψης.
- Όπως όλα τα θερμικά τροποποιημένα προϊόντα έτσι και αυτό έχει χαρακτηριστική οσμή. Και μπορεί να χαρακτηρίσει ως περιορισμός για την χρήση του σε εσωτερικούς χώρους (αν και αυτή η οσμή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα εξατμίζεται).
- Η δυνατότητα βαψίματος ακόμα και με ακρυλικά χρώματα που βασίζονται στο νερό είναι εξαιρετική.
- Το χρώμα MenzHolz είναι ανοιχτό καφέ όταν τροποποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες ενώ όταν το ξύλο τροποποιείται στις υψηλότερες θερμοκρασίες γίνεται σκοτεινό καφέ.
- Η δυνατότητα συγκόλλησης της επεξεργασμένης ξυλείας είναι εξαιρετική μόνο η ξυλεία που περιέχει μεγάλα ποσοστά ελαίου απαιτεί να γίνεται με αρκετά ισχυρές κόλλες ώστε να υπάρξουν τα καλύτερα αποτελέσματα.

- Η λήψη ελαίου ποικίλει ανάλογα με την πυκνότητα του σομφού και του εγκάρδιου ξύλου. Η ελάχιστη συγκράτηση ελαίου είναι 20 έως 60 Kg/m³. Αν επιδιώκεται υψηλή βιολογική διάρκεια καθώς και εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής χρησιμοποιούνται χαμηλές θερμοκρασίες αλλά με υψηλότερες συγκρατήσεις ελαίου. Με την εφαρμογή πίεσης στη διαδικασία μπορεί εύκολα να καθοριστεί η πρόσληψη ελαίου.

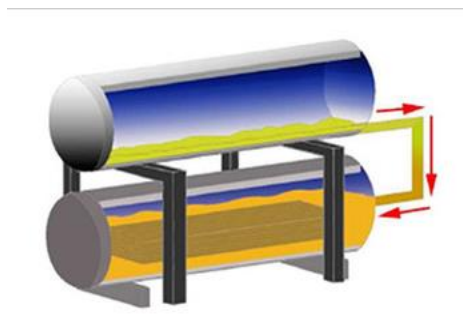
Πλεονεκτήματα

- ✓ 100% οικολογική τροποποιημένη σε φυτικά ελαία απαλλαγμένο 100% από χημικές ουσίες.
- ✓ Εξαιρετική βιολογική αντοχή σε μύκητες και ξυλοφάγα έντομα.
- ✓ Εξαιρετικά μεγάλη διάρκεια ζωής ανήκει στη κλάση 1 (DIN EN 350).
- ✓ Εξαιρετική βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας διόγκωσης – ρίκνωσης μέχρι 68%.
- ✓ Τροποποίηση στην καθολική διάμετρο του ξύλου
- ✓ Απαλή επιφάνεια
- ✓ Ιδανική θερμοκρασία για επαφή με τις πατούσες του ανθρώπινου ποδιού
- ✓ Κομψό σκούρο καφέ χρώμα
- ✓ Συμβολή στη μείωση εξαφάνισης τροπικών δασών

4.1. Τεχνολογία Παραγωγής

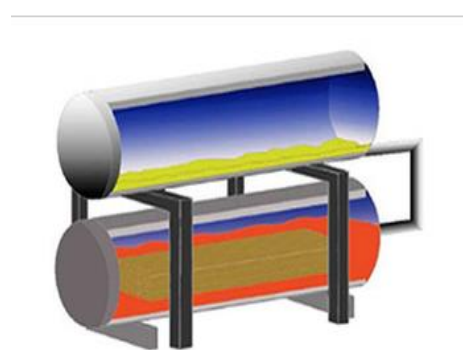
Η τεχνολογία παράγωγης ξυλείας MenzHolz OHT είναι μια διαδικασία μερικής πυρόλυσης, αποκλείεται το οξυγόνο από τον θάλαμο στον οποίο πραγματοποιείται η τροποποίηση. Η διαδικασία αυτή μπορεί να χωριστεί σε τρεις φάσεις: (στάδιο προθέρμανσης, στάδιο τροποποίησης και στάδιο κλιματισμού.)

Στάδιο προθέρμανσης: αυτό είναι το πρώτο στάδιο όπου αρχίζει η διαδικασία προθέρμανσης των φυτικών ελαίων. Όταν αυτά αποκτήσουν την απαιτούμενη θερμοκρασία θα απελευθερωθούν από την μονάδα στην οποία βρίσκονται και θα εκκριθούν στη μονάδα την οποία βρίσκεται η ξυλεία ακριβώς από κάτω (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 Στάδιο προθέρμανσης

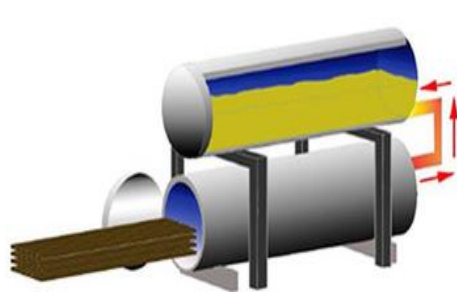
Στάδιο τροποποίησης: μετά το στάδιο προθέρμανσης επέρχεται το στάδιο τροποποίησης όπου τα φυτικά ελαία που έχουν εκκριθεί από την πάνω μονάδα στη κάτω μονάδα όπου βρίσκεται η ξυλεία (και εδώ διακρίνεται ο βασικός ρόλος τους καθώς στην όλη διαδικασία λειτουργούν ως το μέσο μεταφοράς της θερμότητας λόγω της υψηλής θερμικής αγωγιμότητάς τους και αποκλεισμού του οξυγόνου από την μονάδα). Τότε δημιουργείται μια κατάσταση μερικής πυρόλυσης. Έτσι αρχίζει το στάδιο της τροποποίησης, όπου η ξυλεία θερμαίνεται αργά και προσεκτικά σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μέχρι να φτάσει τη θερμοκρασία στόχου. Η θερμική τροποποίηση διεξάγεται κανονικά σε θερμοκρασίες 210 βαθμών Κέλσιου με 220°C όμως η κύρια παράμετρος που ρυθμίζει την θερμότητα είναι μεταβλητή λόγω των ειδών ξύλου των διαστάσεων τους και την επιθυμητή ένταση επεξεργασίας (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3 Στάδιο τροποποίησης

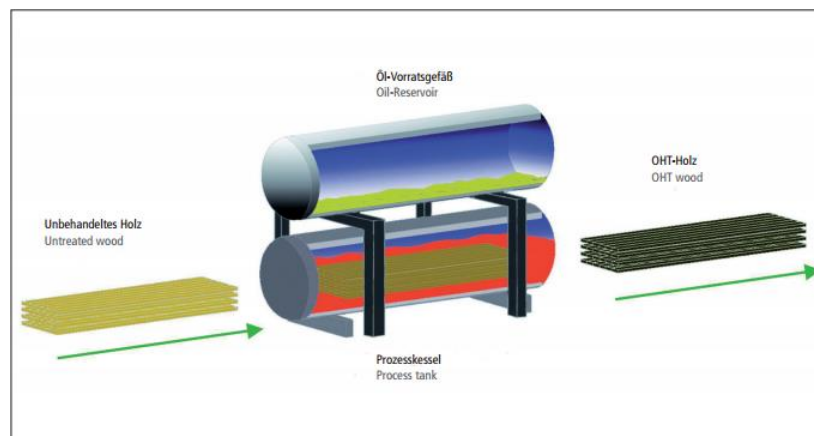
Στάδιο κλιματισμού: στο τελευταίο στάδιο αφού έχει γίνει η θερμική τροποποίηση της ξυλείας το έλαιο που απομένει στην μονάδα τροποποίησης αντλείται ξανά προς την μονάδα την οποία ήταν εξ αρχής. Τέλος γίνεται ο κλιματισμός του ξύλου ώστε να έρθει σε κατάσταση ισορροπίας. Έπειτα στο προϊόν τοποθετηθείτε το σήμα της

εταιρείας όπου ενημερώνει το καταναλωτή για την διασφάλιση ποιότητας και αυθεντικότητας (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Στάδιο κλιματισμού

Μια πλήρης διαδικασία OHT (προθέρμανση , τροποποίηση και κλιματισμός) διαρκεί από 20 έως 40 ώρες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε παρτίδας (είδος ξύλου ,διαστάσεις και επιθυμητή ένταση επεξεργασίας) (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.5 Η ροή τροποποίησης του OHT

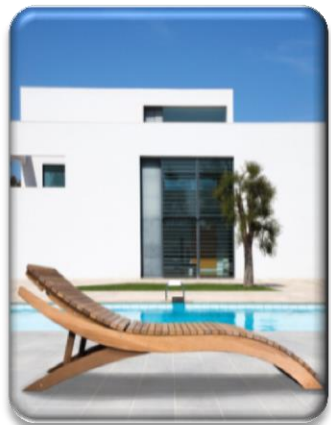
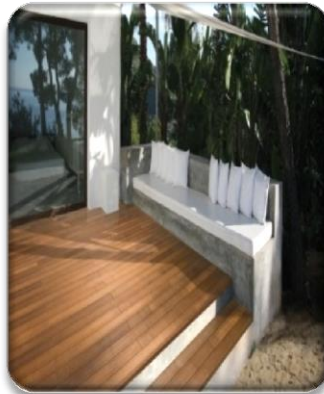
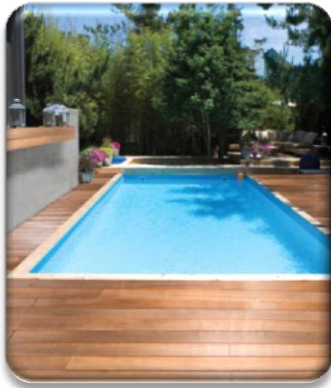
4.2. Εφαρμογές

Προτεινόμενες χρήσεις της ξυλείας MenzHolz OHT αποτελούν οι κατασκευές που έχουν εφαρμογή σε εξωτερικές συνθήκες και η φυσική διάρκεια του ξύλου αποτελεί πρόβλημα. Τέτοιες χρήσεις είναι :

- Επενδύσεις
- Πέργκολες
- Εξωτερικές ξυλοκατασκευές
- Έπιπλα κήπου
- Γέφυρες
- Παιδικές χάρες

- Περιφράξεις
- Ηχομονώσεις

Στο παρακάτω πινάκα παρουσιάζονται μερικές κατασκευές από την τροποποιημένη ξυλεία OHT MenzHolz .



Πινάκας 4.1 Κατασκευές από ξυλεία MenzHolz
(http://www.pletscherzaun.ch/menz/pdf/katalog_menzholz.pdf).

ΚΕΦ.5. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σε ερευνά των J.Y.Wang και P.A. Cooper, η όποια δημοσιεύτηκε σε ηλεκτρονικό περιοδικό στις 12 Οκτώβριου του 2005, αναφέρεται η επίδραση του τύπου ελαίου, της θερμοκρασίας και του χρόνου τροποποίησης στις υγροσκοπικές ιδιότητες του θερμικά τροποποιημένου ξύλου με καυτό έλαιο. Η ξυλεία που χρησιμοποιήθηκε στην ερευνά ήταν λευκή ερυθρελάτη. Στην ερευνά αυτή χρησιμοποιήθηκαν τρεις τύποι διαφορετικών ελαίων, το φοινικέλαιο, το σογιέλαιο και το slack wax ένα είδος παραφίνης.

Αυτά τα ελαία έχουν διαφορετική χημική σύνθεση με κύρια διάφορα τον βαθμό κορεσμού σε χημικούς δεσμούς. Το σογιέλαιο είναι ιδιαίτερα ακόρεστο και υγρό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, το φοινικέλαιο είναι υψηλό σε κορεσμένα λιπαρά οξέα μεταξύ των φυτικών ελαίων και είναι ημιστερεό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ το Slack wax αποτελείται από μεγάλη ευθύγραμμη αλυσίδα υδρογονανθράκων με εξαιρετική ιδιότητα φραγμού του νερού με σημείο τήξης τους 50-70°C. Τα ελαία εκτός του ότι είναι άριστα μέσα μεταφορά της θερμότητας, είναι και πιθανοί φορείς για άλλες ουσίες που πιθανών να υπάρχουν στην σύνθεση τους, με αποτέλεσμα την περεταίρω ενίσχυση της τροποποίησης.

Στην ερευνά αυτή πραγματοποιήθηκε επίσης εκχύλιση με χλωροφθόρμιο μεταξύ των ελαίων που χρησιμοποιήθηκαν, εκτός του slack wax λόγω της δυσκολίας της χημικής του σύστασης, ώστε να φάνει η επίδραση της απουσίας των ελαίων σε τι βαθμό επηρεάζει η απουσία τους την υγροσκοπικότητα του ξύλου.

Τα συμπεράσματα της έρευνας ήταν ότι μετά τη θερμική τροποποίηση του ξύλου με καυτό έλαιο μειώνετε η απορροφητικότητα της υγρασίας και βελτιώνεται η διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου σε ποσοστό 50 % μετά τη τροποποίηση στους 220°C για 4 ώρες. Το Slack wax ήταν καλύτερο από το φοινικέλαιο και το σογιέλαιο στην βελτίωση των υγροσκοπικών επιδόσεων του τροποποιημένου ξύλου με θερμοκρασία επεξεργασίας τους 220°C με τις τέσσερις ώρες τροποποίησης ως χρόνο να είναι καλύτερα από τις δυο. Η απορρόφηση νερού στα τροποποιημένα δείγματα στους 100°C και 160°C ήταν όμοια. Στα τροποποιημένα δείγματα με υψηλότερες θερμοκρασίες τροποποίησης, βελτιώθηκε η διαστασιακή σταθερότητα και μειώθηκε η υγροσκοπικότητα σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι στις χαμηλότερες θερμοκρασίες τροποποίησης. Η εκχύλιση με χλωροφθόρμιο στα θερμικά

επεξεργασμένα ξύλα, έδειξε ότι τα δείγματα με φοινικέλαιο ανέκτησαν πολύ περισσότερο τη υγροσκοπικότητα από ότι με το σογιέλαιο, καθώς το σογιέλαιο σχηματίζει αδιάλυτες αντιδράσεις στο ξύλο κατά τη διάρκεια της θερμικής τροποποίησης. Όμως και τα δυο ήταν ακόμη ικανά να παραμείνουν αποθητικά στη υγρασία. Παρατηρήθηκε αύξηση του πορώδους ξύλου μετά τη εκχύλιση, ενώ η ακτινική και η εφαπτοπενική ρίκνωση διόγκωση παρέμεινε στο 40%, δηλαδή κοντά στα δείγματα πριν την εκχύλιση. Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν ότι οι χημικές αντιδράσεις στο ξύλο είναι αποτέλεσμα από τη θερμική τροποποίηση και ως συνέπεια έχουν τη βελτίωση των ιδιοτήτων στην διαστασιακή σταθερότητα, ενώ το έλαιο μειώνει το ρυθμό απορροφητικότητας του νερού (J.Y.Wang - P.A. Cooper 2005).

Σε ερευνά του Behzad Bazayag που δημοσιεύτηκε στο bioresources, γίνεται αναφορά της αντίστασης στην φυσική φθορά και στις φυσικές ιδιότητες του θερμικά τροποποιημένου, με καυτό έλαιο, ξύλου Λεύκης. Το έλαιο που χρησιμοποιήθηκε ως μέσο στην ερευνά ήταν το λινέλαιο, καθώς αναφέρεται ότι προσφέρει ισομερή και γρήγορη μεταφορά της θερμοκρασίας στο ξύλο. Επίσης, αναγνωρίζεται η βέλτιστη τάση πολυμερισμού του. Επιπρόσθετα μπορεί να βελτιώσει τις φυσικές και βιολογικές ιδιότητες στο ξύλο . Αυτοί οι παράγοντες είναι σημαντικοί για την θερμική τροποποίηση του ξύλου με καυτό έλαιο (Rapp and Sailer 2001). Στην αναφορά αυτή ερευνήθηκε η αντίσταση στην φθορά του ξύλου εναντία σε δύο μύκητες, στον (*Coriolus versicolor*) και στον (*Coniophora putea*). Τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες τροποποίησης (190°C, 205°C, 220°C) και δυο επίπεδα χρόνου (4,5 και 6 ώρες) χρησιμοποιήθηκαν στη θερμική επεξεργασία του ξύλου. Η απώλεια μάζας των τροποποιημένων δειγμάτων που εκτέθηκαν στους δυο μύκητες ήταν σημαντικά χαμηλότερη από ότι των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες δηλαδή από των δειγμάτων μασίφ ξυλείας. Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας μετά τη θερμική τροποποίηση κατά 20,5% περίπου. Η αντίσταση στη φθορά και η διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου Λεύκης, αυξήθηκε σημαντικά μαζί με την αύξηση της θερμοκρασίας τροποποίησης, αλλά ο χρόνος δεν φάνηκε να έχει ιδιαίτερα σημαντικές επιπτώσεις σε αυτές τις ιδιότητες. Η μέθοδος της θερμικής τροποποίησης με καυτό έλαιο τέλος, είναι κατάλληλη για την βελτίωση της αντοχής

στην φυσική φθορά του ξύλου Λεύκης, καθώς μείωσε την απώλεια μάζας σε ποσοστά 71% και 77% εναντία στο (*Coriolus versicolor*) και (*Coniophora putea*) αντίστοιχα, αλλά και για στην βελτίωση των διαστασιακών μεταβολών του τροποποιημένου ξύλου.

Συμπερασματικά, η ερευνά έδειξε ότι η διαδικασία θερμικής τροποποίησης με χρήση ελαίου μπορεί να βελτιώσει σημαντικά φυσικές ιδιότητες του ξύλου όπως την μείωση του σημείου ινοκόρου, την ογκομετρική συρρίκνωση καθώς και την αύξηση της αντοχής στη φυσική φθορά του ξύλου εναντία στους βιοτικούς παράγοντες υποβάθμισης, τους μύκητες που καταστρέφουν το ξύλο. Ωστόσο σύμφωνα με το Φινλανδικό κριτήριο φαίνεται ότι η θερμική τροποποίηση του ξύλου με καυτό έλαιο στο ξύλο Λεύκης δεν έχει αρκετή αντίσταση για χρήσεις σε επαφή με το έδαφος. Η ογκομετρική συρρίκνωση ήταν αντιστρόφως ανάλογη προς τη θερμοκρασία τροποποίησης. Αυτή η ερευνά ακόμη έδειξε ότι όταν το ξύλο λεύκης υποβλήθηκε στην υψηλότερη θερμοκρασία, αυτό έγινε πιο ανθεκτικό εναντία στους μύκητες (*Coriolus versicolor*) και (*Coniophora putea*). Τέλος, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση χρόνου από 4,5 σε 6 ώρες θερμικής τροποποίησης, δεν έχει σημαντικές επιπτώσεις όσον αφορά τις φυσικές ιδιότητες και την ανθεκτικότητα της Λεύκης. Η υψηλή θερμοκρασία έχει σημαντικές συνέπειες όχι μόνο στις φυσικές ιδιότητες άλλα και τη βιολογική αντίσταση.

Σε δημοσίευση των Andreas O.Rapp και Michael Sailer στο State of Art του Αμβούργου, γίνεται αναφορά για την θερμική τροποποίηση του ξύλου στην Γερμανία, αναφέροντας την μέθοδο θερμικής τροποποίησης με χρήση ελαίου και τις ιδιότητες της που καταγράφονται. Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιήθηκαν δυο είδη ξύλου, το πεύκο και η ερυθρελάτη, τροποποιημένα σε θερμοκρασίες των 180°C, 200°C και 220°C για 4,5 ώρες με φυτικό έλαιο το λινέλαιο.

Για την και βιολογική ανθεκτικότητα του ξύλου, έγινε τεστ ενάντια στον μύκητα *Coniophora puteana* σύμφωνα με το πρότυπο DIN EN 113 (1996). Το μη θερμικά επεξεργασμένο ξύλο από ερυθρελάτη έδειξε απώλεια μάζας 48% και του πεύκου 40%. Αντίστοιχα η μείωση της μάζας στα τροποποιημένα δείγματα ήταν 5,5% για το Πεύκο και 11% για την ερυθρελάτη.

Για τις μηχανικές ιδιότητες του μέτρου θραύσης (MOR) και μέτρου ελαστικότητας (MOE), χρησιμοποιήθηκαν δείγματα ξύλου διαστάσεων 10x10x150mm ξυλείας πεύκου (*Pinus Sylvestris*). Η μεγαλύτερη τιμή του μέτρου ελαστικότητας άνω των 11,000 N/mm² επιτευχθεί στους 200°C θερμοκρασία τροποποίησης. Στο μέτρο ελαστικότητας, δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες επιπτώσεις κατά την θερμική τροποποίηση συγκριτικά με το μη τροποποιημένο ξύλο.

Το μετρό θραύσης (MOR) της ξυλείας που τροποποιήθηκε στους 200°C, ήταν στο 70% από αυτό του μη θερμικά επεξεργασμένου ξύλου. Η αντοχή σε κάμψη είναι η πιο κρίσιμη τιμή για όλα τα είδη θερμικής τροποποίησης, γιατί το ξύλο γίνεται πιο εύθραυστο.

Σε αναφορά του Milkos Bak και του Robert Nemeth, με τίτλο θερμική τροποποίηση με καυτό έλαιο, πραγματοποιείται ερευνά για την διερεύνηση του βαθμού που η συγκεκριμένη μέθοδος επηρεάζει τα σημαντικά χαρακτηριστικά του ξύλου. Οι ιδιότητες που ερευνήθηκαν ήταν το μέτρο θραύσης, η αντοχή σε κάμψη, η αντοχή σε αξονική θλίψη, η διαστασιακή σταθερότητα και η χρωματική σταθερότητα ενάντια στην ηλιακή ακτινοβολία. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δύο είδη ξύλου, τρεις χρονικές διάρκειες τροποποίησης, δύο θερμοκρασίες τροποποίησης και τρία διαφορετικά ελαία. Τα αποτελέσματα της αντοχής σε αξονική θλίψη στο ξύλο ακακίας στους 160°C τροποποίησης ήταν η αύξηση κατά 5-15%, ενώ στους 200°C προκλήθηκε μείωση κατά 5-10% ανάλογα με το έλαιο που χρησιμοποιήθηκε. Ο χρόνος τροποποίησης δεν είχε κάποια ξεκάθαρη επίπτωση στο είδος ξύλου. Στο ξύλο λεύκας, αυξάνοντας τη θερμοκρασία και το χρόνο τροποποίησης αυτό είχε ως αποτέλεσμα τις υψηλότερες τιμές θλίψης κατά 15-25%. Στο ξύλο ακακίας αυξάνοντας το χρόνο της θερμικής επεξεργασίας αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάλογη μείωση των τιμών του μέτρου ελαστικότητας. Στο ξύλο λεύκας παρατηρήθηκε μείωση στα ποιο εντατικά προγράμματα τροποποιησάσης, σε αντίθεση με άλλες ηπιότερες παραμέτρους επεξεργασίας, που έδειξε μια μικρή αύξηση. Στο ξύλο ακακίας ο μέσος ορός τιμών κάμψης μειώθηκε κατά 45%-70%, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροποποίησης. Στο ξύλο λεύκας, ο μέσος ορός των τιμών μειώθηκε κατά 10-15% ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροποποίησης. Ως συνέπεια της τροποποίησης το ξύλο γίνεται πιο εύθραυστο.

Σε έρευνα του Manoj Kumar Dubey το 2010 με θέμα οι Βελτιώσεις σταθερότητας, ανθεκτικότητας και μηχανικές ιδιότητες του Πεύκου Ζηλανδίας με τη μέθοδο θερμικής τροποποίησης σε καυτό έλαιο εξετάζετε το συγκεκριμένο είδος ξύλου που χαρακτηρίζεται από χαμηλή διαστασιακή σταθερότητα και μικρή φυσική διάρκεια. Εξετάζεται η σταθερότητα των διαστάσεων, η ανθεκτικότητα του και οι μηχανικές ιδιότητες μετά από θερμική επεξεργασία με θερμοκρασίες 160°C-210°C σε έλαιο λιναρόσπορου. Το θερμικά τροποποιημένο ξύλο απέκτησε ένα πιο ομοιόμορφο σκούρο χρώμα, η υγροσκοπηκότητα μειώθηκε κατά 30%, η διαστασιακή σταθερότητα βελτιώθηκε μέχρι 60% και η ανθεκτικότητα στους μύκητες αυξήθηκε έως 36%, όλα αυτά ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροποποίησης. Ωστόσο οι μηχανικές αντοχές του θερμικά τροποποιημένου ξύλου μειώθηκαν σε σχέση με τα μη επεξεργασμένα δείγματα. Σύντομες δόκιμες στη προσαρμογή καιρικών συνθηκών έδειξαν ότι το τροποποιημένο ξύλο διατηρεί καλύτερα το χρώμα του συγκριτικά με το μη επεξεργασμένο καθώς επίσης και τη διαστασιακή σταθερότητα. Στα κυτταρικά τοιχώματα του τροποποιημένου ξύλου δεν παρατηρήθηκαν διακριτές δομικές αλλαγές ακόμη και στην μεγαλύτερη καταπόνηση των 210°C για 6 ώρες τροποποίησης. Η τροποποίηση είχε ως αποτέλεσμα τον κατακερματισμό των ημικυτταρίνων σε ποσοστό 70% των όποιων πιστεύεται ότι ευθύνονται για τις μεταβολές στις ιδιότητες του ξύλου. Οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 160°C , 180°C και 210°C και οι χρονικές διάρκειες επεξεργασίας ήταν μία, τρεις και έξι ώρες. Τα μη θερμικά τροποποιημένα δείγματα είχαν σκληρότητα 2,4KN ενώ στα θερμικά τροποποιημένα δείγματα η σκληρότητα μειώθηκε με την αύξηση της θερμοκρασίας, εκτός των 160°C, όπου δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή. Η εφαπτομενική σκληρότητα ήταν καλύτερη από την ακτινική και για τα τροποποιημένα αλλά και τα μη δειγματα ξύλου. Η τροποποίηση στους 160°C είχε αποτέλεσμα αύξηση της σκληρότητας κατά 4,3% σε σχέση με τα μη τροποποιημένα δείγματα. Ωστόσο ο μέσος ορός για τους 180°C και 210°C για την εφαπτομενική σκληρότητα, μειώθηκε κατά 3,8% και 11,3% αντίστοιχα. Στην ακτινική σκληρότητα υπήρξε μείωση και στις τρεις θερμοκρασίες από 2,3% μέχρι και 11,3%, ανάλογα με την θερμοκρασία επεξεργασίας. Στους 210°C, η σκληρότητα μειώθηκε ακτινικά και εφαπτομενικά κατά 11,3%. Το χρώμα του ξύλου παρατηρήθηκε πιο ομοιόμορφο και πιο καφέ με την αύξηση της θερμοκρασίας τροποποίησης. Το τροποποιημένο ξύλο έγινε

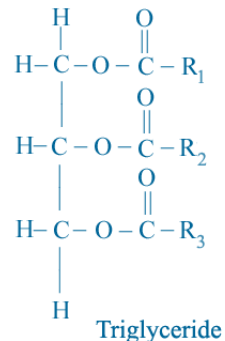
λιγότερο υγροσκοπικό και περισσότερο διαστασιακά σταθερό. Η διαστασιακή σταθερότητα εφαπτομενικά ήταν καλύτερη από την ακτινική, αλλά οι διαφορές μειωθήκαν στις υψηλότερες θερμοκρασίες. Η αντοχή του τροποποιημένου ξύλου ενάντια στους μύκητες βελτιώθηκε κατά 8% με 30%, ανάλογα με τη θερμοκρασία τροποποίησης με το καλύτερο αποτέλεσμα να είναι στους 210°C. Η αποδόμηση των ημικυτταρίνων συμβάλει στη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας και βιολογικής ανθεκτικότητας. Η δύναμη του ξύλου μειώθηκε 19% με 40%, ανάλογα τη θερμοκρασία διεργασίας. Το μετρό θραύσης (MOR) στους 160°C και στους 180°C μειώθηκε κατά 20%, ενώ στους 210°C μειώθηκε απότομα μέχρι και 40%. Ομοίως και η σκληρότητα του ξύλου στα τροποποιημένα δείγματα μειώθηκε κατά 5% έως 11% στους 180°C και 210°C αντίστοιχα. Αντίθετα, η ακαμψία του ξύλου γενικά δεν άλλαξε, αλλά υπήρξαν και περιπτώσεις που αυξήθηκε μέχρι και 12%. Οι αλλαγές στις ιδιότητες του ξύλου οφείλονται κυρίως στην χημική του ξύλου σε υψηλές θερμοκρασίες. Η αποδόμηση των ημικυτταρίνων οδήγησε στη μεγάλη βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας και της βιολογικής ανθεκτικότητας. Η μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων, ιδιαίτερα στους 210°C οφείλεται στην αποδόμηση της κυτταρίνης 5% και 75% των ημικυτταρίνων.

Ανακεφαλαιώνοντας η θερμική τροποποίηση του Πεύκου Ζηλανδίας με καυτό έλαιο είχε ως αποτέλεσμα τον μεταχρωματισμό του ξύλου σε σκοτεινότερους χρωματικούς τόνους, την αυξημένη διαστασιακή σταθερότητα και την βελτίωση της βιολογικής ανθεκτικότητας. Εν τούτης, οι μηχανικές ιδιότητες γενικά μειωθήκαν. Οι χημικές αλλαγές και κυρίως ο κατακερματισμός των ημικυτταρίνων, θεωρείται η αιτία των αλλαγών στις ιδιότητες του ξύλου.

Μέσο Μεταφοράς Θερμότητας - Φυτικά Ελαία

Τα φυτικά ελαία είναι μείγμα τριγλυκεριδίων, που σε θερμοκρασία δωματίου είναι συνήθως σε υγρή μορφή και συλλέγονται από διάφορα μέρη ενός φυτού όπως τους σπόρους ή τους καρπούς. Η αξία και οι χρήσεις των φυτικών ελαίων εξαρτώνται σημαντικά από την σύνθεση των λιπαρών οξέων τους, ιδιαίτερα το μήκος της αλυσίδας άνθρακα, το βαθμό κορεσμού, τη φύση και τη θέση των λειτουργικών ομάδων τους. Οι ιδιότητες των τριγλυκεριδίων καθορίζονται από κάθε λιπαρό οξύ. Τα λιπαρά οξέα ορίζονται από δυο αριθμούς : ο πρώτος δηλώνει το συνολικό αριθμό των ατόμων άνθρακα στα λιπαρά οξέα και ο δεύτερος είναι ο

αριθμός των δίπλων δεσμών. Για παράδειγμα ελαϊκό οξύ 18:1 υποδηλώνει δεκαοκτώ άτομα άνθρακα και ένα διπλό δεσμό (Jieying Wang University of Toronto). Όσο λιγότεροι οι διπλοί οι δεσμοί τόσο καλύτερα αξιολογείται η ποιότητα ελαίου (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1 Χημικό μοντέλο τριγλυκεριδίου.

Τα φυτικά ελαία χρησιμοποιούνται στην μέθοδο της θερμικής τροποποίησης MenzHolz του ξύλου, παραδείγματος χάριν έλαιο από σπόρους ελαιοκάμβης, από λιναρόσπορο, από ηλίανθο κ.α. Το έλαιο προσφέρει γρήγορη και ισομερή μεταφορά της θερμότητας στο ξύλο, παρέχοντας τις ίδιες συνθήκες θερμότητας σε ολόκληρο το θάλαμο τροποποίησης. Ακόμα, αποκλείει το οξυγόνο από το ξύλο, έχει μεγαλύτερο σημείο βρασμού από τις θερμοκρασίες τροποποίησης του ξύλου και είναι μία πιθανή πηγή ουσιών που κατά την τροποποίηση επιδρούν ευεργετικά στο ξύλο (Manoj Kumar Dubey 2010).

Το σημείο αεριοποίησης και η τάση στον πολυμερισμό είναι σημαντικά για την ξήρανση του ελαίου στο ξύλο και για την σταθερότητα της αντίστοιχης ομάδας ελαίου. Η δυνατότητα του ελαίου να αντιστέκεται στη θέρμανση σε μια ελάχιστη θερμοκρασία 230°C είναι μια προϋπόθεση. Το χρώμα του ελαίου αλλάζει κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας, γίνεται πιο σκούρο επειδή τα πτητικά συστατικά εξατμίζονται. Το σημείο βρασμού πολλών φυσικών ελαίων είναι υψηλότερο από τη θερμοκρασία που απαιτείται για τη θερμική τροποποίηση του ξύλου. Οι βελτιώσεις στα διάφορα χαρακτηριστικά του ξύλου είναι συγκριτικά καλύτερες από τις τεχνολογίες θερμικής τροποποίησης σε μια αερώδη ατμόσφαιρα.

ΚΕΦ.6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε τροποποιημένη ξυλεία από ευρωπαϊκό σφενδάμι τύπου MenzHolz OHT και ξυλεία της ίδιας προέλευσης χωρίς καμία τροποποίηση η οποία χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (Εικόνα 6.1). Τα πειράματα (κοπή δειγμάτων, μετρήσεις, ιδιότητες κ.τ.λ.) πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, ΤΕΙ Θεσσαλίας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων έγιναν συγκρίσεις ανάμεσα στους μάρτυρες και στην χημικώς τροποποιημένη ξυλεία.



Εικόνα 6.1: Αρχικά δείγματα πειράματος

6.1. Ξηρή Πυκνότητα (DINS2182/1976)

Για τη μέτρηση της ξηρής πυκνότητας χρησιμοποιήθηκαν εξήντα δείγματα διαστάσεων 2x2x1cm. Τα τριάντα από αυτά ήταν δείγματα ξύλου σφενδαμιού και τα υπόλοιπα τριάντα ήταν δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου MenzHolz (Εικόνα 6.2).



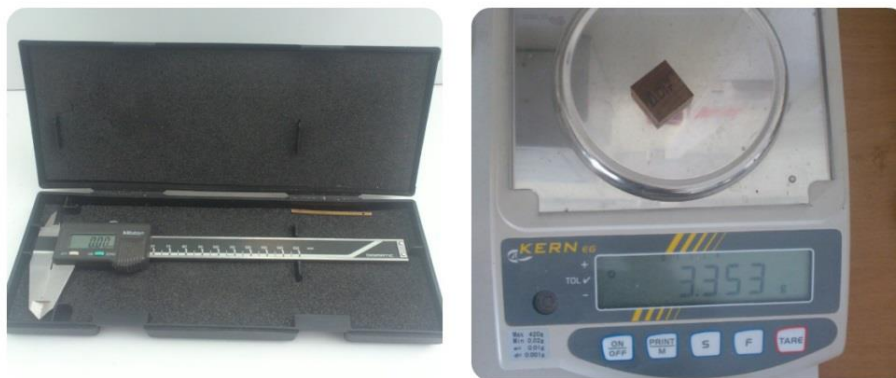
Εικόνα 6.2 : Δείγματα ξηρής πυκνότητας.

Αφού κλιματίστηκαν για 48 ώρες σε κανονικές συνθήκες 20°C και 65% σχετική υγρασία στην συνέχεια τα δείγματα αυτά τοποθετήθηκαν σε κλίβανο για 6 ώρες σε θερμοκρασία 103±2°C (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3 : Κλίβανος.

Στη συνέχεια ζυγίστηκε το βάρος τους σε ζυγό ακριβείας και μετρήθηκαν οι διαστάσεις τους (μήκος, πλάτος, πάχος) με ηλεκτρονικό παχύμετρο, ώστε να υπολογιστεί η ξηρή τους πυκνότητα (Εικόνα 6.4).



Εικόνα 6.4 : Ηλεκτρονικό παχύμετρο και ζυγός ακριβείας.

Ο υπολογισμός της πυκνότητας έγινε σύμφωνα με το μαθηματικό τύπο:

$$\rho_o = \frac{W_o}{V_o}$$

Όπου: ρ_o =ξηρή πυκνότητα (g/cm³)

W_o = ξηρό βάρος (g)

V_o = ξηρός όγκος (cm³)

6.2. Αντοχή Σε Κάμψη – (Μέτρο Ελαστικότητας Και Μέτρο Θραύσης) (DIN S2186/1978)

Για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη έγινε λήψη 36 δοκιμίων. Τα δεκαοκτώ από αυτά ήταν δείγματα ξύλου σφενδαμιού και τα υπόλοιπα δεκαοκτώ ήταν δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου MenzHolz. Το πλάτος των δοκιμίων ήταν 20mm, ενώ το μήκος ήταν ίσο με το δεκαπενταπλάσιο του πάχους του αυξανόμενο κατά 3x20mm (Εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.5 : Μέτρηση δοκιμίων κάμψης.

Πριν την δοκιμή έγινε κλιματισμός των δοκιμίων σε κανονικό κλίμα, ακολούθησε η μέτρηση του πάχους και του πλάτους των δοκιμίων στο μέσο του μήκους τους με ηλεκτρονικό παχύμετρο (Εικόνα 6.6).



Εικόνα 6.6 : Θάλαμος κλιματισμού.

Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στη μηχανή αντοχής για την εκτέλεση του πειράματος. Η φόρτιση του δοκιμίου έγινε στο μέσο του μήκους με σταθερή ταχύτητα, τέτοια ώστε η συνολική διάρκεια του πειράματος να κυμαίνεται $(60 \pm 30)s$ (Εικόνα 6.7).



Εικόνα 6.7: Φόρτιση δοκιμίου.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν και οι τιμές που απαιτούνται για τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας. Μετά την θραύση όλων των δοκιμίων προσδιορίστηκε ο μέσος όρος (M.O) το μέγιστο (Max) και το ελάχιστο (Min), ενώ το μέτρο θραύσης σ (N/mm^2) υπολογίστηκε από το τύπο:

$$\sigma = \frac{3F_{max}l}{2bh^2}$$

όπου, F_{max} : το φορτίο θραύσης σε N

l : η απόσταση των μέσων των υποστηρίγμάτων σε mm.

b : πλάτος δοκιμίου σε mm.

h: πάχος δοκιμίου σε mm.

Το μέτρο ελαστικότητας E (N/mm²) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4bh^3(Q_2 - Q_1)}$$

όπου, l : η απόσταση των μέσων των υποστηρίγμάτων σε mm.

b : πλάτος δοκιμίου σε mm.

h : πάχος δοκιμίου σε mm.

F₂-F₁: η μεταβολή της δύναμης στο ευθύγραμμο τμήμα του διαγράμματος δύναμης – παραμόρφωσης σε N. Το F₁ πρέπει περίπου να φτάνει το 10% και το F₂ περίπου το 30% του φορτίου θραύσης.

a₂-a₁: η μεταβολή του βέλους κάμψης που αντιστοιχεί στη μεταβολή του φορτίου (F₁-F₂).

6.2. Αντοχή Σε Αξονική Θλίψη (DIN S2185/1976)

Για τον προσδιορισμό της αντοχής σε αξονική θλίψη χρησιμοποιήθηκαν εξήντα τυχαίας επιλογής δείγματα απαλλαγμένα σφαλμάτων, διαστάσεων 15x15x40mm. Τα τριάντα από αυτά ήταν δείγματα ξύλου σφενδαμιού και τα υπόλοιπα τριάντα ήταν δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου MenzHolz.

Πριν την δοκιμή έγινε κλιματισμός των δοκιμίων σε κανονικό κλίμα και ακολούθησε η μέτρηση του πάχους και του πλάτους των δοκιμίων στο μέσο του μήκους τους.

Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στη μηχανή αντοχής (Εικόνα 6.8) για την εκτέλεση του πειράματος. Η φόρτιση του δοκιμίου έγινε με σταθερή ταχύτητα, τέτοια ώστε η συνολική διάρκεια του πειράματος να κυμαίνεται (60±30)s.



Εικόνα 6.8 : Φόρτιση δόκιμου.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν οι τιμές της μέγιστης δύναμης που απαιτήθηκε για την υποχώρηση των δοκιμίων σε αξονική θλίψη. Οι τιμές της αντοχής των δοκιμίων σε αξονική θλίψη υπολογίστηκαν με βάση τον τύπο:

$$C = \frac{F_{max}}{A}$$

όπου, F_{max} : το μέγιστο φορτίο σε N

A: διατομή δείγματος σε mm^2

6.3. Αντοχή Σε Εφαπτομενική Σκληρότητα Με Τη Μέθοδο BRINELL (ASTMD1037)

Για τον προσδιορισμό της αντοχής σε σκληρότητα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 24 δείγματα, πάχους 35mm, μήκος 80mm και πλάτος 50mm. Τα 12 από αυτά ήταν δείγματα ξύλου σφενδαμιού και τα υπόλοιπα 12 ήταν δείγματα τροποποιημένης ξυλείας ίδιας προέλευσης τύπου MenzHolz OHT.

Πριν την δοκιμή έγινε κλιματισμός των δοκιμίων σε κανονικό κλίμα για 48 ώρες. Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν σε επίπεδη επιφάνεια σε μια μηχανή δοκιμών και στην πάνω επιφάνειά τους έγινε φόρτιση με σφαιρική κεφαλή διαμέτρου 10mm. Η σκληρότητα αντιπροσωπεύεται από τη δύναμη (σε N) που απαιτείτε ώστε η σφαιρική κεφαλή εισέλθει κατά το ήμισυ της στη μάζα του ξύλου. Η ταχύτητα μετακίνησης της κεφαλής ήταν σταθερή 6mm/min (Εικόνα 6.9).



Εικόνα 6.9 : Φόρτιση δόκιμου.

Ο μαθηματικός τύπος για τον υπολογισμό της σκληρότητας είναι:

$$HB = \frac{2F}{g\pi D[\sqrt{D^2 - d^2}]}]$$

όπου:

HB: Η σκληρότητα Brinell (Kg/mm²)

F: Η εφαρμοσθείσα δύναμη (1000N)

g: Η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s²)

D: Η διάμετρος της μεταλλικής σφαίρας (12mm)

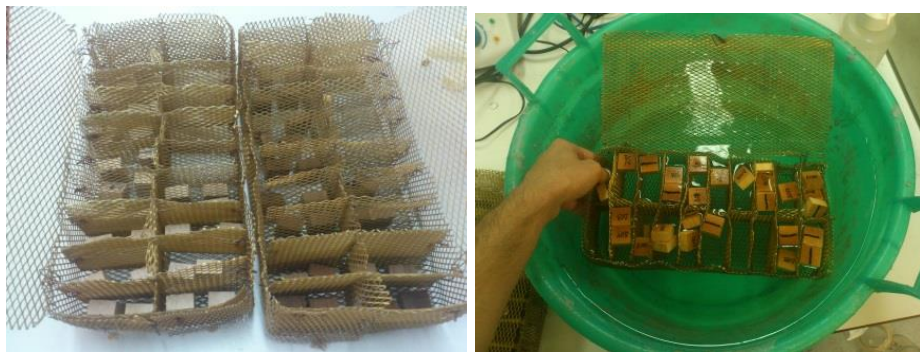
π: 3,14

d: Η διάμετρος του αποτυπώματος (mm)

6.4. Προσδιορισμός Διόγκωσης Μετά Από Εμβάπτιση Σε Νερό 24 Ώρες (DIN S2184/1979)

Για τον προσδιορισμό της διόγκωσης έγινε λήψη τριάντα δοκιμίων διαστάσεων 20X20x10mm ξύλου σφενδαμιού και τριάντα δοκιμίων διαστάσεων 20X20x10mm θερμικά τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου MenzHolz. Μετά την λήψη των δοκιμίων έγινε κλιματισμός (20±2°C θερμοκρασία και 65±5% υγρασία). Πριν την εμβάπτιση των δοκιμίων έγινε μέτρηση των δυο διαστάσεων ακτινικής και εφαπτομενικής κατεύθυνσης σε 0% υγρασία στο μέσο του κάθε δοκιμίου με ακρίβεια 0,01mm η οποία χρησιμοποιήθηκε μετά από 4 μέρες για τον υπολογισμό της διόγκωσης.

Η εμβάπτιση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε μέσα σε δοχείο με νερό, το οποίο είχε θερμοκρασία 20°C ±1°C και επαρκή απόσταση μεταξύ των δοκιμίων και των τοιχωμάτων. Επίσης η άνω πλευρά του δοκιμίου πρέπει να απέχει απόσταση τουλάχιστον 25±5mm από την επιφάνεια του νερού (Εικόνα 6.10).



Εικόνα 6.10 : Εμβάπτιση δοκιμίων.

Μετά την παρέλευση καθορισμένης διάρκειας παραμονής στο νερό 48 ωρών (πλήρως κορεσμένα με νερό), τα δοκίμια εξάγονται από το νερό, απομακρύνεται η περίσσεια νερού και μετριοούνται οι διαστάσεις τους. Η διόγκωση υπολογίστηκε με τον παρακάτω τύπο:

$$p = \frac{L1 - L2}{L1} \times \%$$

6.5. Ανθεκτικότητα Ξύλου Μετά Από Επαφή Με Το Έδαφος

Για την ανθεκτικότητα του ξύλου μετά από επαφή από το έδαφος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 10 δείγματα εκ των οποίων πέντε θερμικά επεξεργασμένης ξυλείας σφενδαμιού και πέντε μη τροποποιημένης ξυλείας ιδίου είδους. Τα δείγματα είχαν διαστάσεις 2,5 εκατοστά πάχος, 2,5 ύψος και 36 εκατοστά μήκος και τοποθετηθήκαν κατά το ήμισυ στο έδαφος.

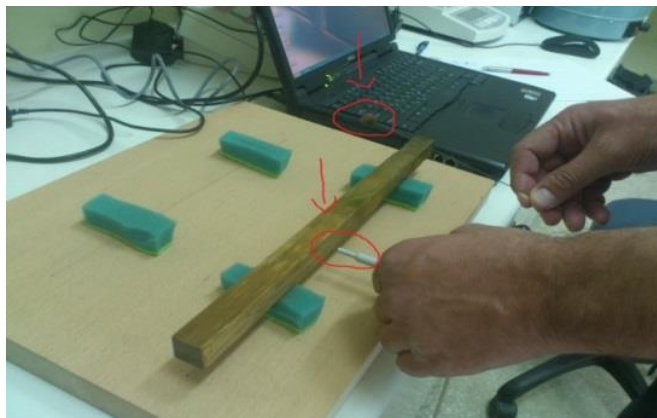
Η αντοχή του ξύλου εκτιμήθηκε με το μέτρο ελαστικότητας, καθότι μύκητες υγρασία και ήλιος συμβάλουν στην υποβάθμιση του μέτρου αυτού. Για την μέτρηση της ελαστικότητας χρησιμοποιήθηκε η εργαστηριακή συσκευή του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου GrindoSonic (Εικόνα 6.11). Η συσκευή αυτή εκτιμά το μετρό ελαστικότητας χωρίς την καταστροφή των δειγμάτων του ξύλου όπως συμβαίνει συνήθως με το μετρό θραύσης που χρησιμοποιείται συνήθως. Το μέτρο θραύσης είναι μια καταστρεπτική μέθοδος και αποτελεί εμπόδιο στη συλλογή δεδομένων για μεγάλο χρονικό διάστημα αφού θα έπρεπε να καταστραφούν τα δείγματα.



Εικόνα 6.11: Συσκευή GrindoSonic.

Περιγραφή μέτρησης

Η μέτρηση γίνεται με την βοήθεια δυο εργαλείων που διαθέτει η συσκευή GrindoSonic την βελόνα και την ράβδο. Αφού τοποθετηθεί το κάθε δείγμα στα υποστηρίγματα τοποθετούμε την βελόνα στο $1/3$ του μήκους του δοκιμίου με σημείο μηδέν το τέλος του πρώτου υποστηρίγματος και στη συνέχεια πραγματοποιείται χτύπημα με την ράβδο το δοκίμιο στο σημείο που βρίσκεται η βελόνα (Εικόνα 6.12). Την στιγμή του χτυπήματος της ράβδου εμφανίζεται στην οθόνη της συσκευής GrindoSonic η τιμή που χρειάζεται για την καταγραφή των δεδομένων.



Εικόνα 6.12: Μέθοδος μέτρησης στη συσκευή GrindoSonic.

Τέλος αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία μέτρησης των τιμών του μέτρου ελαστικότητας των δειγμάτων αυτά τοποθετούνται κατά το ήμισυ στο έδαφος στον πειραματικό χώρο του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου (Εικόνα 6.13) .



Εικόνα 6.13 πειραματικός χώρος τοποθέτησης δειγμάτων στο έδαφος.

6.6. Δημιουργία Πειραματικών Κατασκευών Για Εξωτερικό Χώρο

Για τις ανάγκες της πτυχιακής εργασίας και τη διαπίστωση της συμπεριφοράς της θερμικά επεξεργασμένης ξυλείας MenzHolz στις ελληνικές συνθήκες δημιουργήθηκαν δυο κατασκευές η μια από την θερμικά τροποποιημένη ξυλεία σφενδαμιού ενώ η άλλη από δασική ξυλεία σφενδαμιού. Οι κατασκευές φαίνονται στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 6.14) .

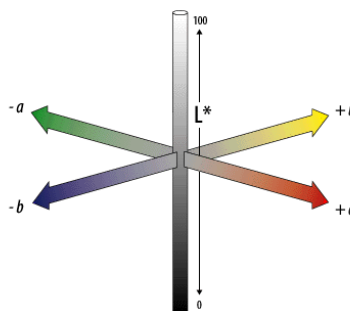
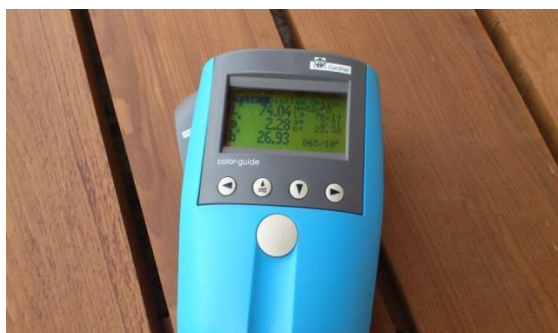




Εικόνα 6.14 Κατασκευές πειράματος.

Στο πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του χρώματος για την ομοιομορφία του χρώματος των δυο κατασκευών αλλά και την ικανότητα του χρώματος να παραμένει σταθερό στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι κατασκευές τοποθετήθηκαν για πρώτη φορά στις 11/2/2014 στην είσοδο του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

Μετρήθηκαν οι τρεις χρωματικές μεταβλητές ($L^*a^*.b^*$) με ένα ειδικό ηλεκτρονικό μηχάνημα, το χρωματόμετρο (Εικόνα 6.15). Η μεταβλητή L^* έχει κλίμακα από 0 έως 100 και αντιπροσωπεύει την λευκότητα του χρώματος. Τιμή της μεταβλητής L ίση με μηδέν αντιστοιχεί στο απόλυτο μαύρο, ενώ όταν είναι ίση με εκατό αντιστοιχεί με το απόλυτο λευκό χρώμα. Η μεταβλητή a^* έχει κλίμακα από -100 έως +100 και δείχνει πόσο κόκκινο (θετικές τιμές) ή πόσο πράσινο (αρνητικές τιμές) είναι το χρώμα. Τέλος, η μεταβλητή b^* ή αλλιώς βαθμός κιτρινίσματος έχει κλίμακα από -100 έως +100 και δείχνει πόσο κίτρινο (θετικές τιμές) ή πόσο μπλε (αρνητικές τιμές) είναι το χρώμα.



Εικόνα 6.15 Αριστερά το χρωματόμετρο και δεξιά οι μεταβλητές ($L^*a^*.b^*$).

Οι συνολικές μεταβολές αποχρώσεων (ΔE^*) υπολογίζονται από τον μαθηματικό τύπο :

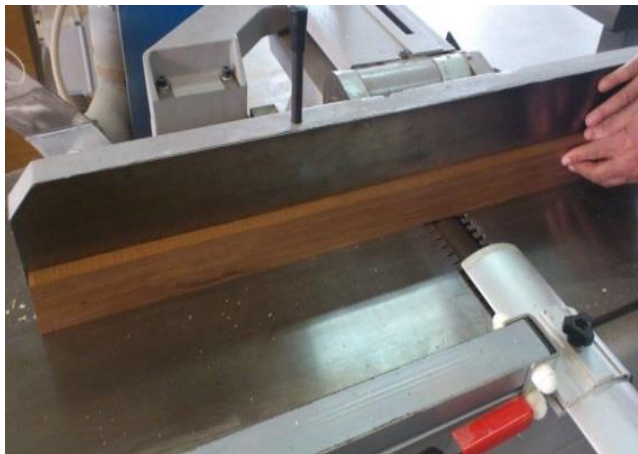
$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

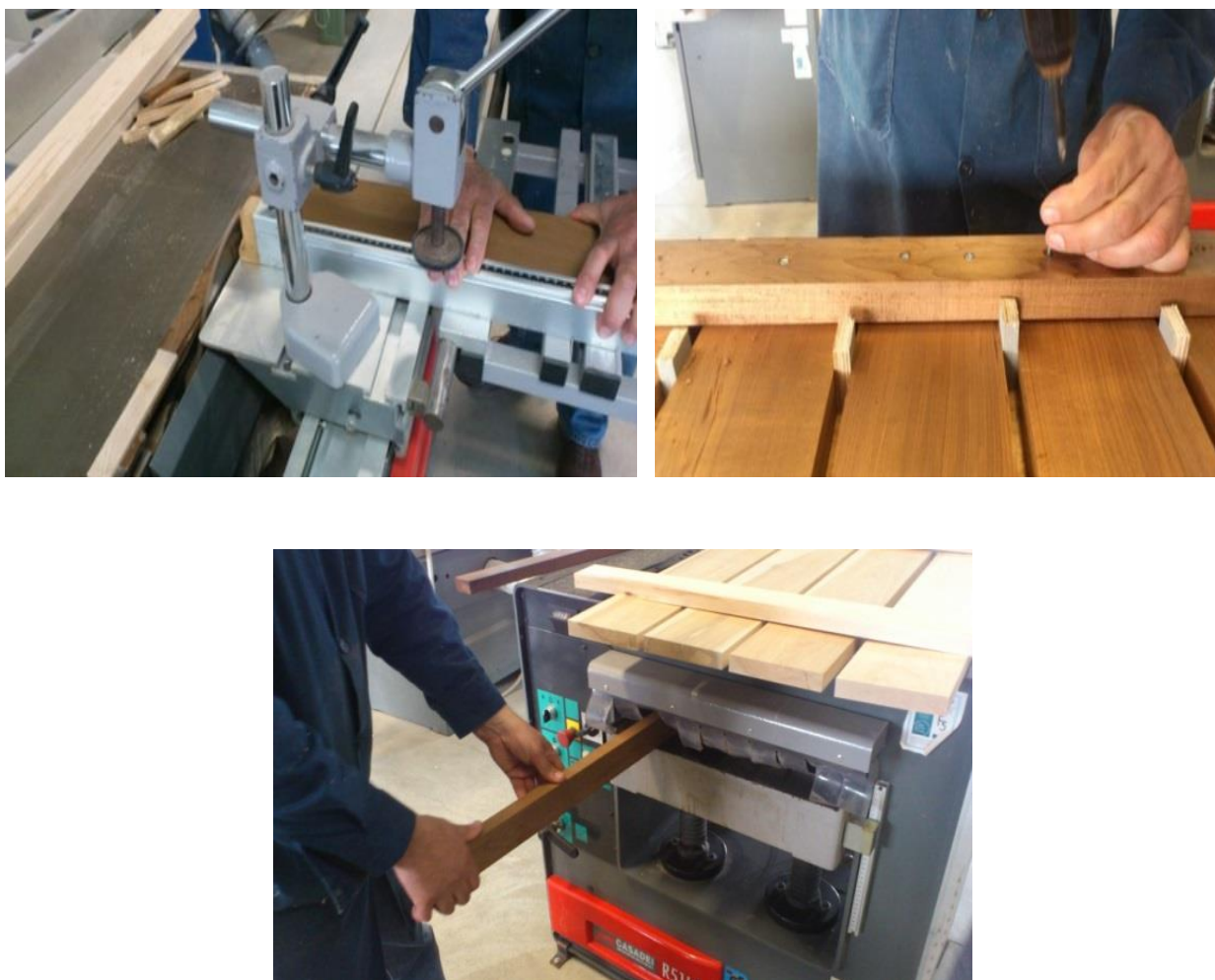
Όπου, ΔL^* , Δa^* και Δb^* : οι μεταβολές (πριν και μετά τον χειρισμό) των χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* και b^* αντίστοιχα.

Συμφώνα με τον παραπάνω τύπο, χαμηλές τιμές του ΔE^* αντιστοιχούν σε μικρές διαφορές αποχρώσεων.

6.7. Συμπεριφορά της τροποποιημένης ξυλείας στην μηχανική κατεργασία

Στα πλαίσια του πειραματικού σταδίου της πτυχιακής εργασίας χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν διαφορές κατεργασίες προκειμένου τα αρχικά δείγματα της ξυλείας να διαμορφωθούν κατάλληλα στις απαραίτητες διαστάσεις. Η διαμόρφωση των δοκιμίων και η κατεργασία αυτών πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του κ. Γεράσιμου Μπόθου υπεύθυνου εργαστηριακού εξοπλισμού των μηχανημάτων κατεργασίας του ξύλου του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου. Πραγματοποιήθηκαν οι εξής διεργασίες κοπή, πλάνισμα και διάτρηση που φαίνονται και στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 6.16).





Εικόνα 6.16 Μηχανικές κατεργασίες του ξύλου (κοπή ,πλάνισμα και διάτρηση).

ΚΕΦ.7. Αποτελέσματα

7.1. Αποτελέσματα Ξηρής Πυκνότητας

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.1 και 7.2) για τον προσδιορισμό της ξηρής πυκνότητας παρατηρείται πως τα δείγματα ξύλου σφενταμιού έχουν ελαφρώς μεγαλύτερη πυκνότητα από τα δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενταμιού τύπου MenzHolz.

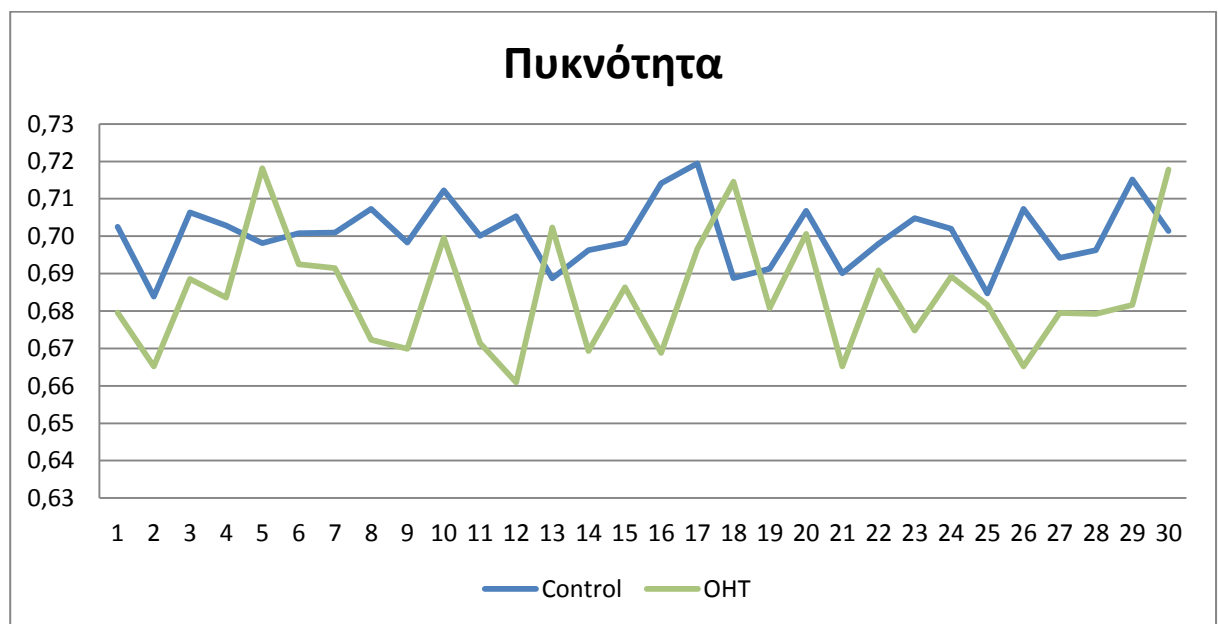
C	Διαστάσεις (cm)			Μάζα σε (gr)	Όγκος σε (cm ³)	Πυκνότητα (gr/cm ³)
A/A	Εφαπτομενική	Ακτινική	Αξονική			
MAX	2,09	2,12	1,20	3,67	5,28	0,72
MIN	2,06	2,10	1,13	3,41	4,91	0,68
M.O	2,08	2,11	1,16	3,55	5,07	0,70
Sd	0,01	0,01	0,02	0,07	0,09	0,01

Πινάκας 7.1 (ξηρή πυκνότητα Control).

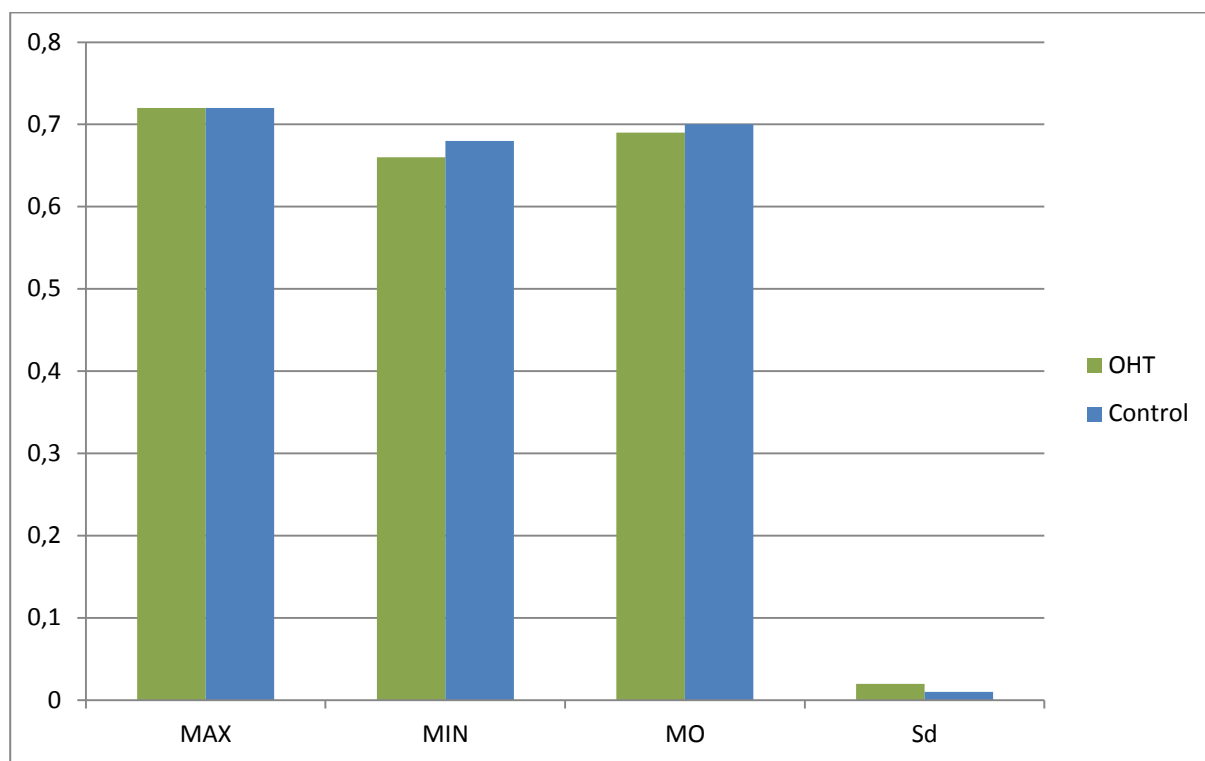
T	Διαστάσεις (cm)			Μάζα σε (gr)	Όγκος σε (cm ³)	Πυκνότητα (gr/cm ³)
A/A	Εφαπτομενική	Ακτινική	Αξονική			
MAX	2,10	2,15	1,13	3,63	5,06	0,72
MIN	2,09	2,13	1,06	3,20	4,73	0,66
M.O	2,09	2,14	1,08	3,31	4,84	0,69
Sd	0,01	0,01	0,02	0,08	0,09	0,02

Πινάκας 7.2 (ξηρή πυκνότητα MenzHolz).

Στα παρακάτω διαγράμματα της ξηρής πυκνότητας φαίνονται οι διακυμάνσεις τιμών πυκνότητας όλων των δόκιμων συγκριτικά καθώς και οι συνολικές τιμές τους.



Διάγραμμα δοκιμίων ξηρής πυκνότητας



Διάγραμμα δοκιμίων ξηρής πυκνότητας συνολικές τιμές.

Η μέση ξηρή πυκνότητα στο ξύλο σφενταμιού ήταν **0,70 gr/cm³** ενώ αντίθετα στην ξυλεία σφενταμιού τύπου OHT βρέθηκε να είναι ελάχιστα μικρότερη και ήταν **0,69 gr/cm³**.

7.2. Αποτελέσματα Αντοχής Σε Κάμψη (Μέτρο Ελαστικότητας Και Μέτρο Θραύσης)

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.3 και 7.4) για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη παρατηρείται πως τα δείγματα ξύλου σφενδαμιού έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη και μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας από τα δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου OHT.

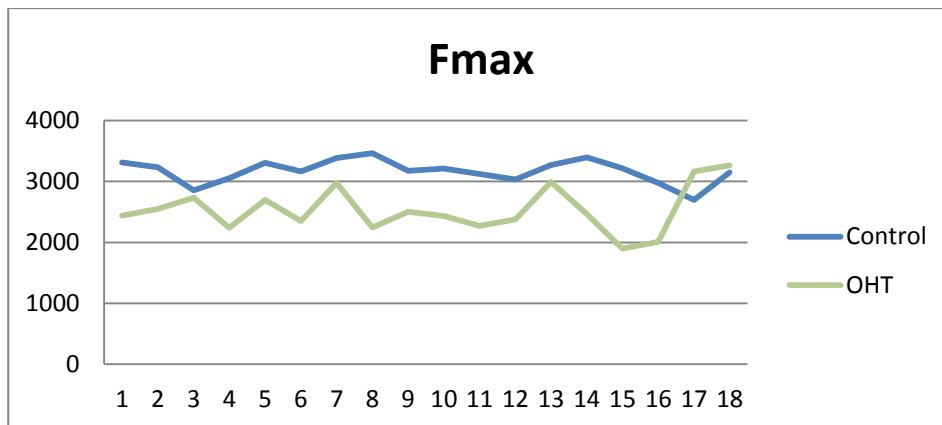
C	Διαστάσεις (mm)		Μέγιστη δύναμη	Αντοχή σε κάμψη $\sigma = 3FI / 2bh^2$ (N/mm ²)	Μέτρο ελαστικότητας $E = l^3 \cdot \Delta F / 4bh^3 \cdot \Delta l$ (N/mm ²)
A/A	Πλάτος (b)	Πάχος (h)			
MAX	21,70	21,73	3461,76	157,48	16390,65
MIN	21,31	21,26	2696,14	122,82	12797,26
M.O	21,42	21,52	3166,73	143,67	14878,01
Sd	0,08	0,11	193,44	8,42	1072,91

Πινάκας 7.3 (Αντοχή σε κάμψη Control).

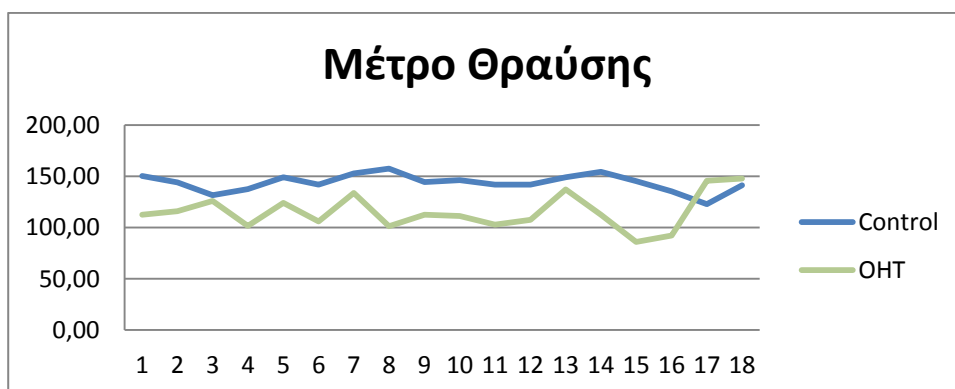
T	Διαστάσεις (mm)		Μέγιστη δύναμη	Αντοχή σε κάμψη $\sigma = 3FI / 2bh^2$ (N/mm ²)	Μέτρο ελαστικότητας $E = l^3 \cdot \Delta F / 4bh^3 \cdot \Delta l$ (N/mm ²)
A/A	Πλάτος (b)	Πάχος (h)			
MAX	21,53	21,64	3261,93	147,64	15232,59
MIN	21,27	21,34	1896,33	86,07	11141,26
M.O	21,34	21,52	2533,50	115,33	13146,49
Sd	0,06	0,09	375,86	17,30	1314,37

Πινάκας 7.4 (Αντοχή σε κάμψη MenzHolz).

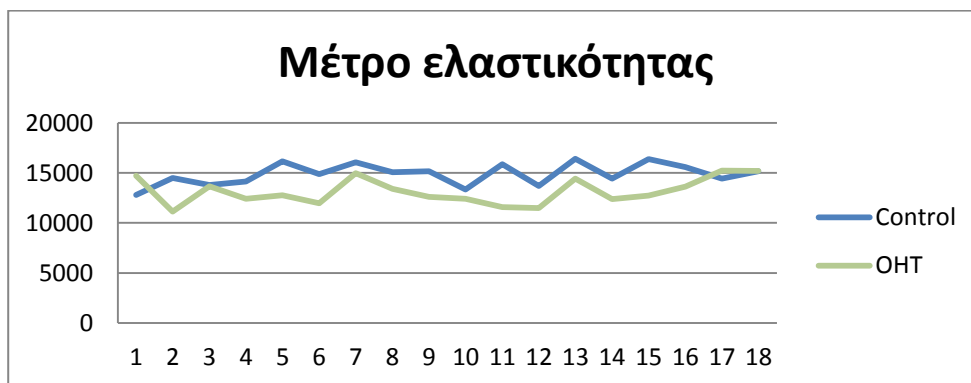
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται συγκριτικά οι διακυμάνσεις των τιμών όλων των δοκιμών σε μεγίστη δύναμη, μέτρου θραύσεως αλλά και του μέτρου ελαστικότητας.



Διάγραμμα δοκιμών Fmax.



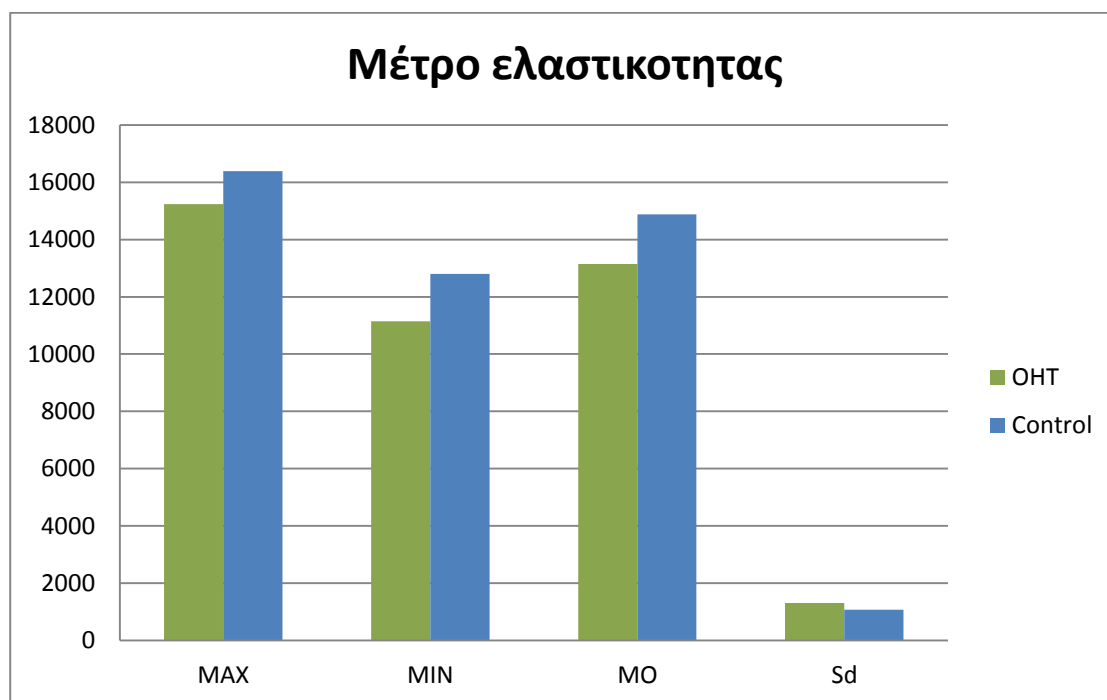
Διάγραμμα δοκιμών Θραύσης.



Διάγραμμα δοκιμών μέτρου ελαστικότητας.

Η αντοχή του μέτρου θραύσεως στο ξύλο σφενταμιού ήταν **143,67N/mm²** ενώ αντίθετα στην ξυλεία σφενδαμιού τύπου MenzHolz βρέθηκε να είναι περίπου 20% μικρότερο **115,33 N/mm²**. Αντίστοιχα το μέτρο ελαστικότητας στο ξύλο σφενδαμιού ήταν **14878,01 N/mm²** ενώ στην ξυλεία σφενδαμιού τύπου MenzHolz βρέθηκε να είναι μικρότερο **13146,49 N/mm²** περίπου μειωμένο κατά 11,5%. Στο

παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται συγκριτικά οι συνολικές τιμές των δοκιμίων στο μετρό ελαστικότητας.



Διάγραμμα δοκιμίων μέτρου ελαστικότητας συνολικές τιμές.

7.3. Αποτελέσματα Αντοχής Σε Αξονική Θλίψη

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.5 και 7.6) για τον προσδιορισμό της αντοχής σε αξονική θλίψη παρατηρείται πως τα δείγματα ξύλου σφενδαμιού έχουν μικρότερη αντοχή σε θλίψη από τα δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου OHT.

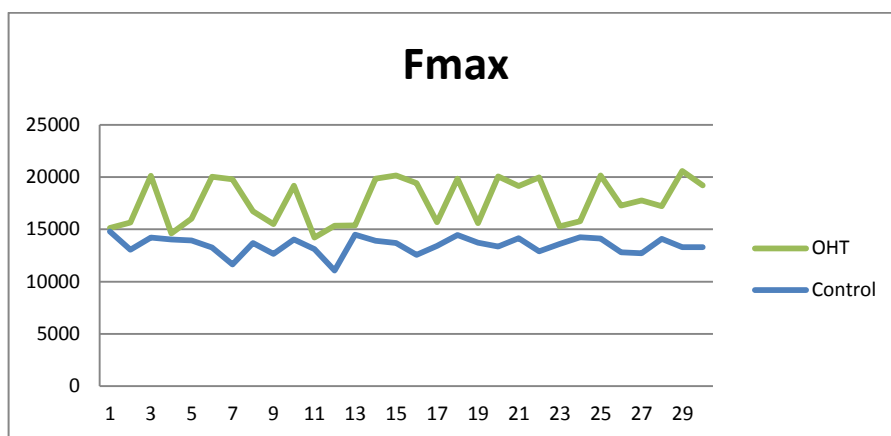
C	Διαστάσεις (mm)		Μέγιστη δύναμη Fmax (N)	Αντοχή σε Θλίψη $\sigma = F/a\beta$ (N/mm ²)
A/A	Πλάτος	Μήκος		
MAX	15,18	15,15	14787	65,1
MIN	14,96	14,90	11052	48,4
M.O	15,07	15,01	13480	59,60
Sd	0,06	0,06	829	3,7

Πινάκας 7.5 (Αντοχή σε Αξ. θλίψη Control).

T	Διαστάσεις (mm)		Μέγιστη δύναμη Fmax (N)	Αντοχή σε Θλίψη $\sigma = F/a\beta$ (N/mm ²)
A/A	Πλάτος	Μήκος		
MAX	15,14	15,15	20587	90,05
MIN	14,94	14,96	14217	63,27
M.O	15,05	15,05	17693	78,02
Sd	0,06	0,07	2165	8,98

Πινάκας 7.6 (Αντοχή σε Αξ. Θλίψη MenzHolz).

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται συγκριτικά οι διακυμάνσεις των τιμών όλων των δοκιμών σε μέγιστη δύναμη και αξονική θλίψη.

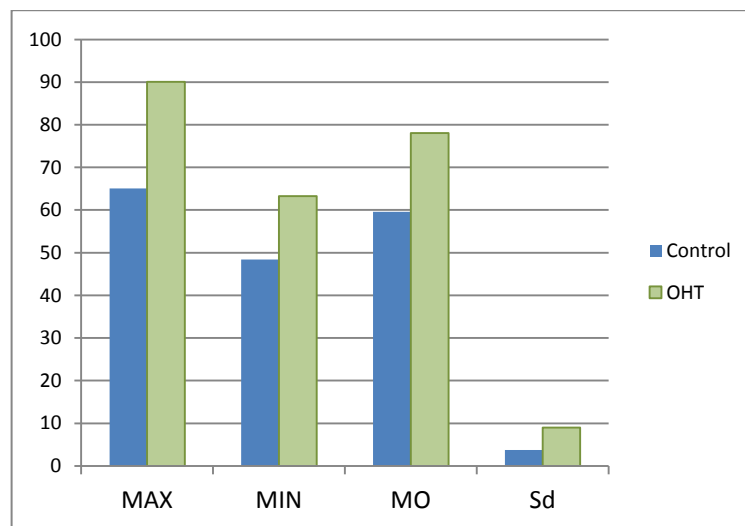


Διάγραμμα δοκιμών Fmax.



Διάγραμμα δοκιμών αξ. Θλίψης.

Η αντοχή σε αξονική θλίψη στο ξύλο σφενδαμιού ήταν **59,60N/mm²** ενώ αντίθετα στην ξυλεία σφενδαμιού τύπου OHT βρέθηκε να είναι περίπου 23,5% μεγαλύτερη και ήταν **78,02N/mm²**. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται συγκριτικά οι συνολικές τιμές των δειγμάτων σε αξονική θλίψη.



Διάγραμμα δοκιμών συνολικών τιμών αξ. Θλίψης.

7.4. Αποτελέσματα Αντοχής Σε Σκληρότητα Με Τη Μέθοδο Brinell

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.7 και 7.7) για τον προσδιορισμό της σκληρότητας παρατηρείται πως τα δείγματα ξύλου σφενδαμιού έχουν μεγαλύτερη σκληρότητα συγκριτικά με τα δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου MenzHolz.

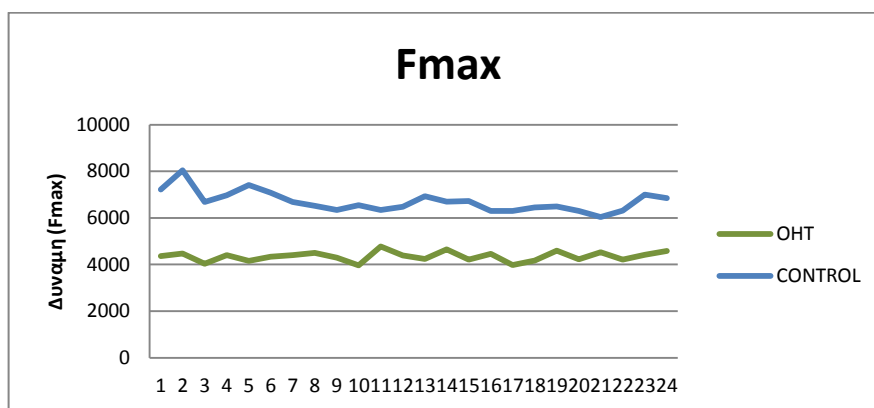
A/A (C)	Fmax (N/mm ²)	HB (Kg/mm ²)	Παρατηρήσεις
MAX	4775	5,93	ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ 6mm/min
MIN	3971	4,46	
M.O	4348	4,94	
Sd	208	0,33	

Πίνακας 7.7 (Αντοχή σε σκληρότητα Control).

A/A (T)	Fmax (N/mm ²)	HB (Kg/mm ²)	Παρατηρήσεις
MAX	8050	3,52	ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ 6mm/min
MIN	6043	2,93	
M.O	6697	3,21	
Sd	444	0,15	

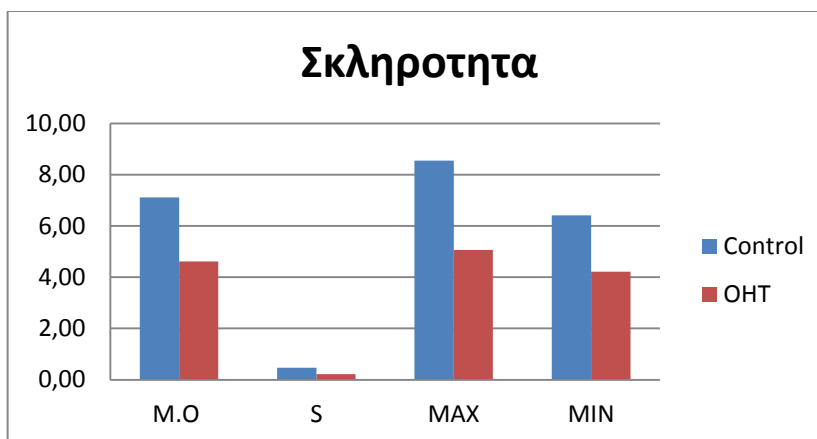
Πινάκας 7.8 (Αντοχή σε σκληρότητα OHT).

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται συγκριτικά οι διακυμάνσεις των τιμών όλων των δοκιμών στη μέγιστη δύναμη σκληρότητας.



Διάγραμμα Fmax σκληρότητας

Η αντοχή σε σκληρότητα στο ξύλο σφενδαμιού ήταν **4,94** (Kg/mm²) ενώ αντίθετα στην ξυλεία σφενδαμιού τύπου OHT βρέθηκε να είναι μικρότερη **3,21** (Kg/mm²) μειωμένη κατά 35% περίπου. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται συγκριτικά οι συνολικές τιμές σκληρότητας των όλων δοκιμών.



Διάγραμμα HB (Kg/mm²).

7.5. Αποτελέσματα Προσδιορισμού Διόγκωσης Μετά Από Εμβάπτιση Σε Νερό 24 Ώρες

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.9 και 7.10) για τον προσδιορισμό της διόγκωσης μετά από εμβάπτιση στο νερό για 24 ώρες παρατηρείται πως τα δείγματα ξύλου σφενδαμιού έχουν μεγαλύτερη ακτινική και εφαπτομενική διόγκωση σε αντίθεση από τα δείγματα τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου OHT.

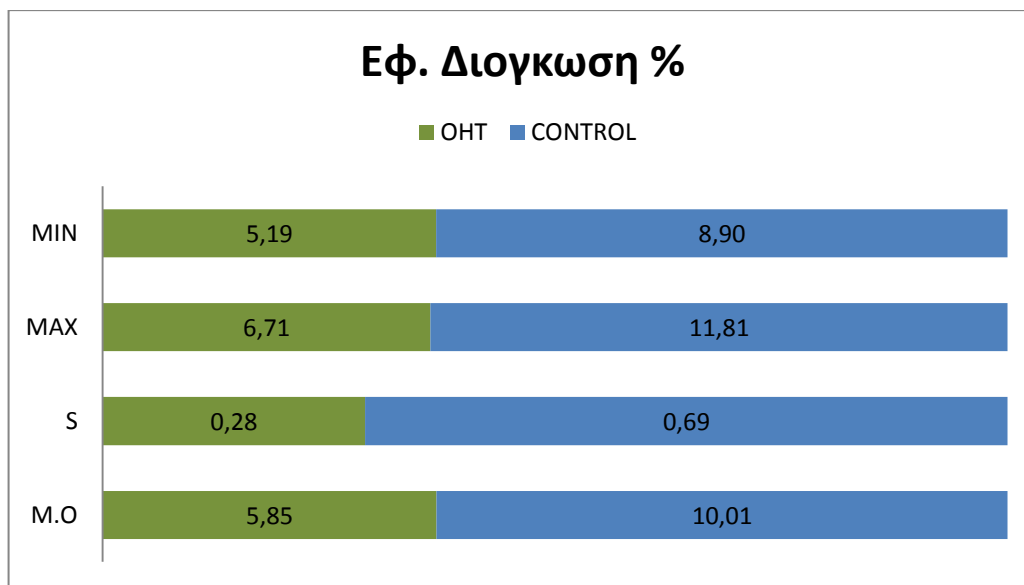
C	Εφαπτομενική	Ακτινική	Εφαπτομενική	Ακτινική	Εφ	Ακτ
A/A	0%	0%	w%	w%	Διόγκωση	Διόγκωση
					%	%
MAX	20,93	21,23	23,00	22,36	11,81	6,02
MIN	20,55	20,99	22,68	22,10	8,90	4,86
M.O	20,79	21,10	22,87	22,25	10,01	5,41
Sd	0,10	0,07	0,10	0,08	0,69	0,27

Πινάκας 7.9 (Διόγκωση Control).

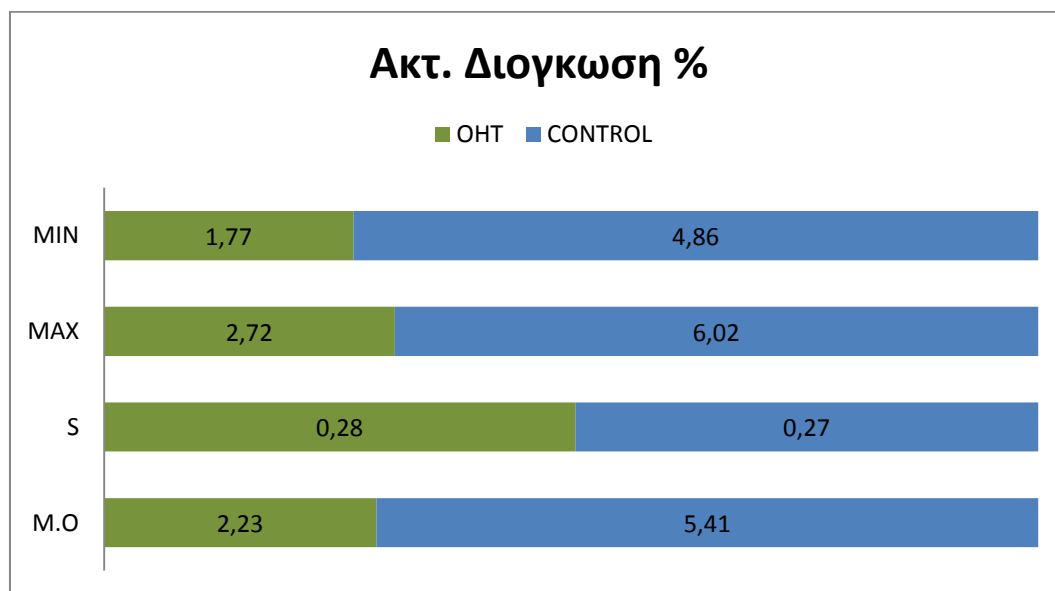
T	Εφαπτομενική	Ακτινική	Εφαπτομενική	Ακτινική	Εφ	Ακτ
A/A	0%	0%	w%	w%	Διόγκωση	Διόγκωση
					%	%
MAX	20,99	21,47	22,27	21,93	6,71	2,72
MIN	20,87	21,30	22,04	21,75	5,19	1,77
M.O	20,91	21,39	22,13	21,86	5,85	2,33
Sd	0,03	0,05	0,05	0,04	0,28	0,28

Πινάκας 7.10 (Διόγκωση OHT).

Στα παρακάτω διαγράμματα εφαπτομενικής και ακτινικής διόγκωσης φαίνονται συγκριτικά οι συνολικές τιμές όλων των δοκιμίων θερμικά επεξεργασμένης ξυλείας αλλά και μη τροποποιημένης ξυλείας.



Συγκριτικό διάγραμμα εφ. διόγκωσης Control και OHT.



Συγκριτικό διάγραμμα ακτ. διόγκωσης Control και OHT.

Στην μη τροποποιημένη ξυλεία η εφαπτομενική διόγκωση ήταν **10,01%** και η ακτινική **5,41%**. Στη τροποποιημένη ξυλεία αντίστοιχα η εφαπτομενική διόγκωση ήταν **5,85%** και η ακτινική **2,33%**. Παρατηρείται μείωση της υγροσκοπικότητας του ξύλου εφαπτομενικά περίπου 42% και ακτινικά 57%.

7.6. Αποτελέσματα Ανθεκτικότητας Ξύλου Μετά Από Επαφή Με Το Έδαφος

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.11 και 7.12) για τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας του ξύλου μετά από επαφή με το έδαφος παρατηρείται πως τα δείγματα ξύλου σφενδαμιού έχουν μείωση του μέτρου ελαστικότητας περίπου 15% μετά στο χρονικό διάστημα 31/5/2014 μέχρι 2/10/2014.

A/A	31/5/2014	GS	E.MOD (N/mm ²)
C			
MAX		672,80	13,500
MIN		646,70	12,670
M.O		657,96	13,160
Sd		9,46	0,34

Πινάκας 7.11 (Ανθεκτικότητα μετά από επαφή με το έδαφος Control).

A/A	2/10/2014	GS	E.MOD (N/mm ²)
C			
MAX		589,70	11,950
MIN		540,90	10,000
M.O		572,30	11,180
Sd		18,49	0,72

Πινάκας 7.12 (Ανθεκτικότητα μετά από επαφή με το έδαφος Control).

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.13 και 7.14) για τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας του ξύλου μετά από επαφή με το έδαφος παρατηρείται πως τα θερμικά τροποποιημένα δείγματα ξύλου σφενταμιού έχουν μείωση του μέτρου ελαστικότητας περίπου 20% στο χρονικό διάστημα 31/5/2014 μέχρι 2/10/2014.

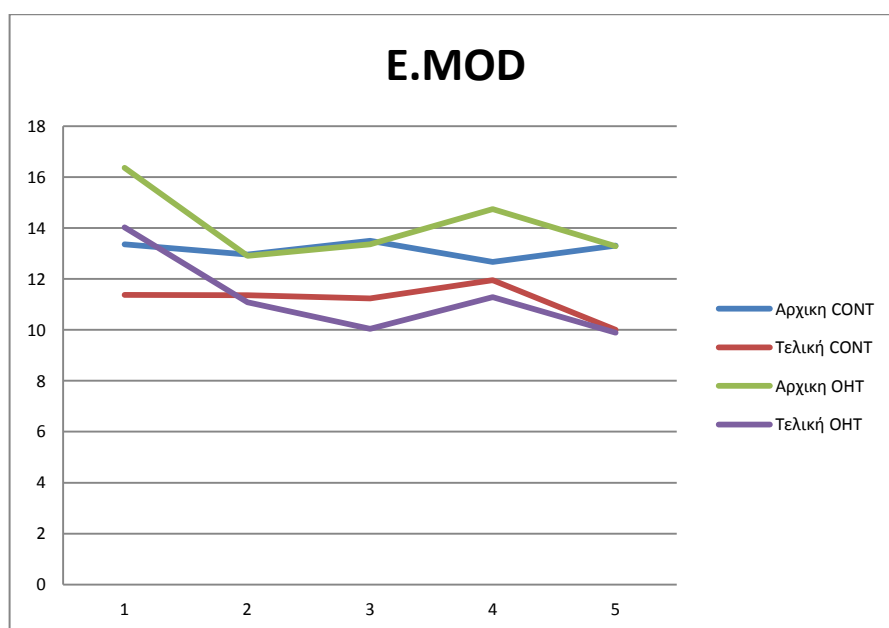
A/A	31/5/2014	GS	E.MOD (N/mm ²)
T			
MAX		773,40	16,360
MIN		689,10	12,910
M.O		721,16	14,130
Sd		33,85	1,43

Πινάκας 7.13 (Ανθεκτικότητα μετά από επαφή με το έδαφος OHT).

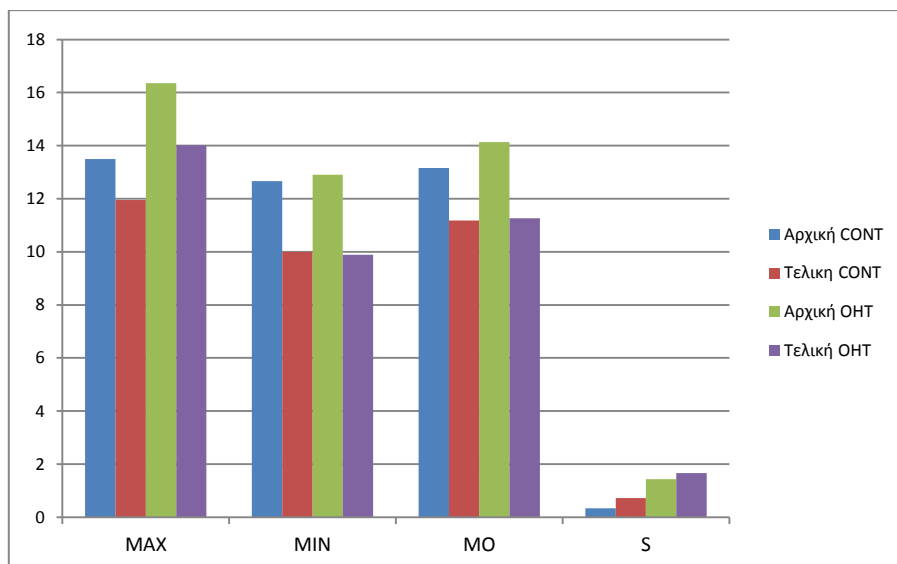
A/A	2/10/2014	GS	E.MOD (N/mm ²)
T			
MAX		715,10	14,020
MIN		560,20	9,890
M.O		612,62	11,260
Sd		60,15	1,66

Πινάκας 7.14 (Ανθεκτικότητα μετά από επαφή με το έδαφος ΟΗΤ).

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται συγκριτικά οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας (E.MOD) εκτιμώμενο στη εργαστηριακή συσκευή Grindosonic καθώς και οι συνολικές τιμές όλων των δοκιμών θερμικά τροποποιημένης ξυλείας MenzHolz αλλά και της μη θερμικά επεξεργασμένης ξυλείας και στις δυο μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αρχική και τελική.



Διάγραμμα τιμών μέτρου Ελαστικότητας (E.MOD) των δειγμάτων σε επαφή με το έδαφος.



Διάγραμμα τιμών (MAX, MIN, M.O, S) μέτρου Ελαστικότητας (E.MOD) των δειγμάτων σε επαφή με το έδαφος.

7.7. Αποτελέσματα Πειραματικών Κατασκευών Για Εξωτερικό Χώρο

Μετά το πέρας τριών μηνών έγινε σύγκριση των αρχικών μετρήσεων με τις μετρήσεις της εξής ημερομηνίας 13/5/2014 . Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.15 και 7.16) για τον προσδιορισμό του χρώματος της ξυλείας σφενδαμιού παρατηρείται μεγάλη ανομοιομορφία του χρώματος την περίοδο 11/2/2014 ενώ παρατηρείται μεγαλύτερη ομοιομορφία την περίοδο 13/5/2014.

C	Πριν το χειρισμό			Μετά το χειρισμό			11/2/2014
A/A	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
MAX	75,53	5,01	26,23	80,74	4,59	26,93	115,84
MIN	65,67	1,21	19,81	70,06	-0,93	20,22	0,81
M.O	70,88	3,40	23,18	75,75	2,07	24,11	33,41
S	4,04	1,63	4,69	4,69	2,27	2,95	55,20

Πινάκας 7.15 χρωματικών μεταβολών (CIE Lab) Control.

C	Πριν το χειρισμό			Μετά το χειρισμό			13/5/2014
A/A	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
MAX	69,40	6,25	9,09	70,27	6,36	11,75	21,63
MIN	63,04	4,72	5,05	60,11	3,13	6,64	2,14
M.O	66,08	5,41	7,13	64,76	4,86	9,63	11,25
S	2,62	0,65	1,71	4,22	1,33	2,32	8,09

Πινάκας 7.16 χρωματικών μεταβολών (CIE Lab) Control.

Συγκρίνοντας τους δύο πίνακες (7.17 και 7.18) για τον προσδιορισμό του χρώματος της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού παρατηρείται μεγαλύτερη ομοιομορφία του χρώματος στο ξύλο την περίοδο 11/2/2014 ενώ παρατηρείται ακόμη μεγαλύτερη ομοιομορφία την περίοδο 13/5/2014.

T	Πριν το χειρισμό			Μετά το χειρισμό			11/2/2014
A/A	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
MAX	40,38	11,55	22,32	38,03	6,34	21,26	9,02
MIN	36,72	5,03	13,88	34,98	4,96	17,74	0,39
M.O	38,71	6,76	19,40	37,19	5,78	19,16	9,02
S	1,48	2,70	3,41	1,27	0,60	1,32	12,60

Πινάκας 7.17 χρωματικών μεταβολών (CIE Lab) ΟΗΤ.

T	Πριν το χειρισμό			Μετά το χειρισμό			13/5/2014
A/A	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
MAX	56,5	2,44	10,8	54,1	2,18	9,34	17,08
MIN	48,7	0,91	8,22	48,3	1,42	8,22	0,05
M.O	52,9	1,59	9,34	50,0	1,77	8,87	4,96
S	3,31	0,67	1,23	2,10	0,31	0,46	7,02

Πινάκας 7.18 χρωματικών μεταβολών (CIE Lab) ΟΗΤ.

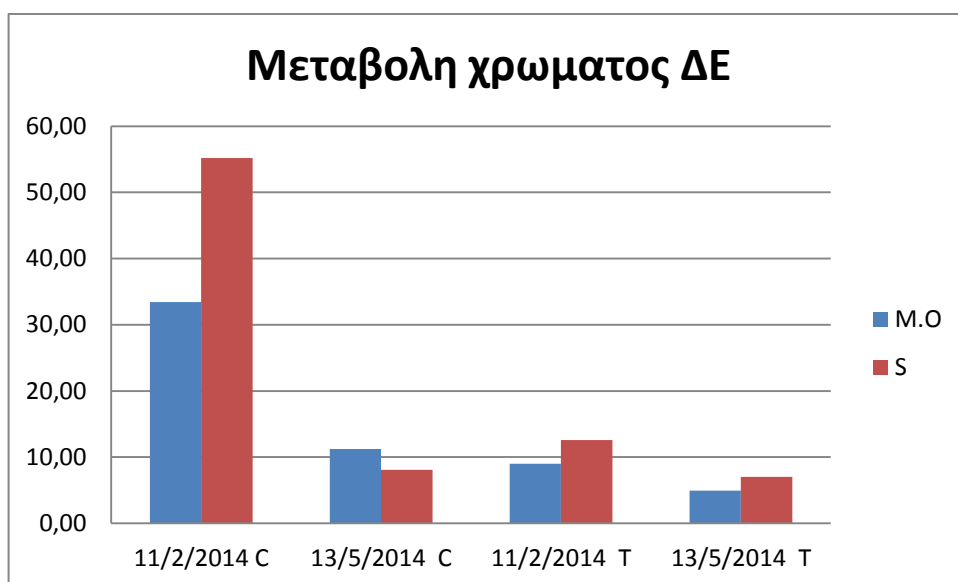
Συγκρίνοντας τους παραπάνω πίνακες καθώς και τις εικόνες παρατηρείται ότι το χρώμα των δυο κατασκευών κατασκευασμένες η μια από θερμικά επεξεργασμένη ξυλεία MenzHolz και η άλλη από μη θερμικά επεξεργασμένη ξυλεία σφενδαμιού το χρώμα και των δυο μετατράπηκε σε γκρι σε σχέση με τα αρχικά τους χρώματα (Εικόνα 7.1).





Εικόνα 7.1 : Κατασκευές στις 11/2/2014 και 13/5/2014.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται συγκριτικά οι συνολικές τιμές και μεταβολές χρώματος όλων των δοκιμίων θερμικά τροποποιημένης ξυλείας αλλά και μη τροποποιημένης ξυλείας.



Διάγραμμα συνολικών τιμών διακύμανσης χρωματικών μεταβολών.

7.8. Αποτελέσματα Συμπεριφοράς της τροποποιημένης ξυλείας στην μηχανική κατεργασία

Τα αποτελέσματα της μηχανικής συμπεριφοράς διαπιστώθηκαν με τη βοήθεια και εκτίμηση του κ. Γερασίμου Μπόθου υπεύθυνο εργαστηριακού εξοπλισμού μηχανημάτων κατεργασίας του ξύλου του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, ΤΕΙ Θεσσαλίας έπειτα από την βοήθεια του στην κατεργασία της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας καθώς και της μη επεξεργασμένης ξυλείας

είδος σφενδαμιού για την τελική διαμόρφωση των δοκιμίων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα στη συνεχεία.

Παρατηρήθηκαν διαφορές κατά την διάρκεια της μηχανικής επεξεργασίας ανάμεσα στην ξυλεία σφενδαμιού που τροποποιήθηκε θερμικά με χρήση φυτικών ελαίων MenzHolz σε σύγκριση με την μη τροποποιημένη ξυλεία. Σύμφωνα με τον κύριο Μπόθο η ξυλεία σφενδαμιού γενικά έχει άριστη μηχανική συμπεριφορά. Όσον όμως αφορά τις διαφορές μεταξύ της τροποποιημένης ξυλείας και της μη επεξεργασμένης σύμφωνα με τον κ. Μπόθο η δεύτερη είχε πολύ καλή συμπεριφορά στην πλάνη αλλά η πρώτη ήταν πολύ καλύτερη μετά το πλάνισμα καθώς δημιουργούνταν καλύτερη επιφάνεια. Στα μηχανήματα (ταινιοπρίονα, δισκοπρίονο και ξεχονδρηστήρα) η τροποποιημένη ξυλεία είχε καλύτερη κατεργάσιμη συμπεριφορά καθώς τα κοπτικά μέσα επιβαρυνθήκαν αρκετά στην μη τροποποιημένη ξυλεία πράγμα το οποίο διαπιστωνόταν από τον θόρυβο που δημιουργούνταν κατά την διάρκεια της μηχανικής επεξεργασίας της ξυλείας. Επιπρόσθετα όσον αφορά στην κατεργασία της ξυλείας κατά την διάρκεια διάτρησης η ξυλεία σφενδαμιού χρειάστηκε προτρύπημα λόγω της σκληρότητας. Τα κοπτικά μέσα στη διάτρηση της μη θερμικά επεξεργασμένης ξυλείας καταπονηθήκαν περισσότερο σε σύγκριση με την θερμικά τροποποιημένη ξυλεία σφενδαμιού. Ωστόσο παρατηρήθηκε ότι στην τροποποιημένη το κοπτικό μέσο ζεσταινόταν θερμαινόταν πιο γρήγορα αλλά η διάτρηση ήταν πιο εύκολη. Πιθανός λόγος σύμφωνα με το κ. Γεράσιμο Μπόθο στον οποίο οφείλεται η συμπεριφορά αυτή, ότι η τροποποιημένη ξυλεία διατρίζεται πιο εύκολα από την μη τροποποιημένη αλλά το κοπτικό μέσο θερμαίνεται πιο γρήγορα στη κατεργασία της τροποποιημένης αυτό πιθανώς να οφείλεται στη παρουσία των ελαίων καθώς κατά της διάρκεια της διάτρησης παρατηρήθηκε καπνός αλλά και μυρωδιά καμένου ελαίου.

ΚΕΦ.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την διεκπεραίωση του πειράματος μου, που έλαβε χώρα στο Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, ΤΕΙ Θεσσαλίας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών όσον αφορά τις τεχνολογικές ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά της τροποποιημένης ξυλείας τύπου MenzHolz OHT σε σύγκριση με

την φυσική ξυλεία σφενδαμιού βάση των κλιματικών συνθηκών που υφίστανται στην Ελλάδα, μπορούμε να προβούμε στα εξής συμπεράσματα:

- Η τροποποιημένη ξυλεία σφενδαμιού τύπου MenzHolz OHT έχει μικρότερη ξηρή πυκνότητα συγκριτικά με τη ξυλεία σφενδαμιού που δεν έχει υποστεί κάποια επεξεργασία αλλά δεν παρατηρήθηκε μεγάλη διάφορα μεταξύ των τιμών.
- Η διόγκωση της τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου OHT είναι σημαντικά μικρότερη συγκριτικά με τη ξυλεία σφενδαμιού που δεν έχει υποστεί κάποια επεξεργασία. Αυτό δείχνει ότι η ξυλεία μετά την τροποποίηση αποκτά μεγαλύτερη διαστασιακή σταθερότητα
- Η τροποποιημένη ξυλεία σφενδαμιού τύπου MenzHolz OHT είχε μικρή μείωση στο μετρό ελαστικότητας συγκριτικά με ξυλεία σφενδαμιού που δεν έχει υποστεί κάποια επεξεργασία. Η διαφορά στο μέτρο θραύσεως ήταν επίσης μικρή συγκριτικά με την μη θερμικά επεξεργασμένη ξυλεία.
- Η αντοχή σε θλίψη μετρήθηκε πολύ μεγαλύτερη στην τροποποιημένη ξυλεία σφενδαμιού τύπου MenzHolz OHT σε σχέση με τη ξυλεία σφενδαμιού που δεν έχει υποστεί κάποια επεξεργασία αλλά παρατηρήθηκε σε αυτήν μεγάλη διακύμανση τιμών. Στην τροποποιημένη ξυλεία, εμφανώς μειώθηκε η αντοχή σε σκληρότητα.
- Η μηχανική επεξεργασία στη θερμικά τροποποιημένη ξυλεία ήταν καλύτερη σχεδόν σε όλες τις μηχανικές διεργασίες εξαιρουμένου ενός προβλήματος που παρουσιάστηκε στη διάτρηση, γρήγορη θέρμανση του κοπτικού κατά τα άλλα δεν καταπονήθηκαν τα κοπτικά μέσα, ενώ παρουσίαζε και καλύτερη επιφάνεια σε όλες τις κατεργασίες.
- Οι αλλοιώσεις μετά από επαφή με το έδαφος ήταν περίπου ίδιες στην τροποποιημένη ξυλεία σφενδαμιού OHT σε σχέση με την μη θερμικά επεξεργασμένη ξυλεία. Αυτό ίσως εξηγείται από την παρουσία των έντονων ραγδώσεων σε αριθμό βάθος και μέγεθος.



Εικόνα 8.1 Δείγματα σε επαφή με το έδαφος αλλοιώσεις – δείγμα MenzHolz.

- Οι χρωματικές μεταβολές ήταν εντονότερες αρχικά στην ξυλεία σφενταμιού που δεν έχει υποστεί κάποια επεξεργασία συγκριτικά με την θερμικά τροποποιημένη ξυλεία σφενταμιού τύπου ΟΗΤ. Αντίθετα το επόμενο χρονικό διάστημα η χρωματική μεταβολή του χρώματος στην ηλιακή ακτινοβολία, η έκθεση στις καιρικές συνθήκες δεν παρουσίασε μεγάλη αντοχή, χάθηκε το αρχικό χρώμα και έγινε γκρι σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Οι κατασκευές που τοποθετήθηκαν στο Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου εκτέθηκαν στις εξωτερικές συνθήκες παρουσίασαν μια εικόνα προσομοίωσης των αντοχών τους στο ηπειρωτικό κλίμα της περιοχής. Αρχικά διαπιστώθηκε ότι η ξυλεία σφενδαμιού αναμενόμενα παρουσίασε έντονα προβλήματα σε σύντομο χρονικό διάστημα αλλοιώθηκε, παρουσίασε προσβολή από μύκητα, στρέβλωσε και σχημάτισε ραγιδώσεις. Ωστόσο εντύπωση προκάλεσε η θερμικά επεξεργασμένη ξυλεία τύπου ΟΗΤ καθώς αν και παρουσιάστηκε διαστασιακά σταθερή, δεν στρέβλωσε και δεν παρουσίασε προσβολή από κάποιο είδος μύκητα σχημάτισε πολλές και έντονες ραγιδώσεις σε αριθμό και μέγεθος. Επίσης η χρωματική σταθερότητα έδειξε ευπάθεια στην ηλιακή ακτινοβολία. Στις παρακάτω εικόνες φανερώνονται τα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι κατασκευές (Εικόνα 8.2) και (Εικόνα 8.3).

Συνοψίζοντας ο απολογισμός των πειραμάτων παρουσιάστηκε κατά κύριο λόγο σύμφωνα με την ανασκόπηση βιβλιογραφίας και τις έρευνες που αναφέρονται σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι τεχνολογικές ιδιότητες της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου ΟΗΤ παρουσιάστηκαν βελτιωμένες, το ξύλο έγινε λιγότερο υγροσκοπικό και περισσότερο διαστασιακά σταθερό. Οι τιμές των μηχανικών αντοχών μειώθηκαν κατά κύριο λόγο ενώ υπήρξε αύξηση της αντοχής σε αξονική θλίψη. Το μετρό θραύσης και το μέτρο ελαστικότητας παρουσίασαν μικρή μείωση συγκριτικά με την μη θερμικά επεξεργασμένη ξυλεία σφενταμιού. Η αντοχή σε σκληρότητα παρουσίασε την μεγαλύτερη μείωση από τις μηχανικές δόκιμες. Τέλος η φυσική διάρκεια της θερμικά τροποποιημένης ξυλείας σφενδαμιού τύπου ΟΗΤ δεν φανέρωσε μεγάλη αντοχή στο ηπειρώτικο κλίμα της Ελλάδος που επικρατεί στη περιοχή της Καρδίτσας με αποτέλεσμα την δημιουργία αρκετών προβλημάτων σε σύντομο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 8.2 Control Deck σφάλματα.



Εικόνα 8.3 MenzHolz Deck σφάλματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

Κακαράς, Ι. (2005). «Τεχνολογία Ξύλου II.». Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, Τ.Ε.Ι. Λάρισας.

Μαντάνης Γ. (2004). «Εισαγωγή στη δομή ξύλου». Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας. Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

Μαντάνης Γ.(2004).«Εισαγωγή στις ιδιότητες ξύλου». Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας. Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

Μαντάνης Γ.(2004). «Προϊόντα χημικής τεχνολογίας ξύλου». Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας. Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

Νταλός Γ. (2001). «Τεχνολογίας ποιοτικού ελέγχου ξύλου». Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας . Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

Σιατίτσα Θ.(2010). «Μελέτη των υφιστάμενων τεχνολογιών θερμικής τροποποίησης του ξύλου στην Ευρώπη». ΤΕΙ Θεσσαλίας. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου.

Ιωάννης Α.Φιλιππου.(2014).«Χημεία και χημική τεχνολογία του ξύλου». Εκδόσεις Γιαχούδη.

Παπαδόπουλος Α., Καραστεργίου Σ., Νταλός Γ., Μαντάνης Γ. (2004).«Θερμική τροποποίηση του ξύλου: Μια νέα τεχνική για ξύλο με βελτιωμένες ιδιότητες». Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα –Τεύχος 1

Διεθνή:

Andreas O.Rapp and Michael Sailer. «Heat treatment of wood in Germany-state of the art». Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Germany.

Behzad Bazyar (2012). «Decay Resistance and Physical Properties of oil heat treated aspen wood».

J.Y. Wang and P.A. Cooper.(2005). «Effect of oil type ,temperature and time on moisture properties of hot oi-treated wood».

Miklos Bak and Robert Nemeth.(2012). «Modification of wood by oil heat treatment».

Manoj Kumar Dubey.(2010). «Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiate pine wood after heat-treatment in a vegetable oil». University of Canterbury.

Jieying Wang. «Thermal Modification of Wood». A presentation Supervised by Dr. P. Cooper. University of Toronto.

Πηγές Internet:

http://www.scheiffeleschmiederer.de/images/stories/tey/downloads/menz_outdoorparkett.pdf

http://www.pletscherzaun.ch/menz/pdf/katalog_menzholz.pdf

www.menzholz.de : MHD Menz Holz Design GmbH, email: info@menzholz.de

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού ξηρής πυκνότητας DIN S2182/1976

Δοκίμιο	Πάχος (mm)	Υλικό : CONTROL wood				Πυκνότητα
		Πλάτος (mm)	Μήκος (mm)	Όγκος (cm ³)	Μάζα (g)	
1	11,55	20,99	20,55	4,98	3,50	0,70
2	11,97	21,11	20,89	5,28	3,61	0,68
3	11,61	21,2	20,88	5,14	3,63	0,71
4	11,27	21,04	20,7	4,91	3,45	0,70
5	11,66	21,2	20,86	5,16	3,60	0,70
6	11,87	21,19	20,65	5,19	3,64	0,70
7	11,65	21,08	20,68	5,08	3,56	0,70
8	11,52	21,23	20,87	5,1	3,61	0,71
9	11,42	21,03	20,69	4,97	3,47	0,70
10	11,49	21,14	20,75	5,04	3,59	0,71
11	11,51	21,16	20,76	5,06	3,54	0,70
12	11,34	21,09	20,69	4,95	3,49	0,71
13	11,49	21,04	20,84	5,04	3,47	0,69
14	11,52	21,04	20,8	5,05	3,51	0,70
15	11,6	21,03	20,9	5,1	3,56	0,70
16	11,52	21,16	20,91	5,1	3,64	0,71
17	11,54	21,19	20,86	5,1	3,67	0,72
18	11,4	21,02	20,78	4,98	3,43	0,69
19	11,47	20,99	20,73	4,99	3,45	0,69
20	11,51	21,15	20,75	5,05	3,57	0,71
21	11,71	21,02	20,84	5,13	3,54	0,69
22	11,47	21,07	20,75	5,01	3,50	0,70
23	11,72	21,17	20,93	5,19	3,66	0,71
24	11,58	21,15	20,88	5,11	3,59	0,70
25	11,57	21,11	20,93	5,11	3,50	0,68
26	11,45	21,01	20,57	4,95	3,50	0,71
27	11,29	21,04	20,68	4,91	3,41	0,69
28	11,58	21,15	20,76	5,08	3,54	0,70
29	11,5	21,15	20,81	5,06	3,62	0,72
30	11,73	21,15	20,86	5,18	3,63	0,70
M.O	11,55	21,10	20,79	5,1	3,55	0,70
S	0,15	0,07	0,10	0,09	0,07	0,01
MAX	11,97	21,23	20,93	5,3	3,67	0,72
MIN	11,27	20,99	20,55	4,9	3,41	0,68

Υλικό : MenzHolz OHT wood						
Δοκίμιο	Πάχος (mm)	Πλάτος (mm)	Μήκος (mm)	Όγκος (cm ³)	Μάζα (g)	Πυκνότητα
1	10,84	21,38	20,89	4,84	3,29	0,68
2	11,02	21,41	20,90	4,93	3,28	0,67
3	10,68	21,34	20,90	4,76	3,28	0,69
4	10,74	21,30	20,91	4,78	3,27	0,68
5	10,63	21,34	20,87	4,73	3,40	0,72
6	10,64	21,32	20,88	4,74	3,28	0,69
7	10,94	21,41	20,87	4,89	3,38	0,69
8	11,11	21,44	20,92	4,98	3,35	0,67
9	10,75	21,44	20,92	4,82	3,23	0,67
10	10,70	21,36	20,89	4,77	3,34	0,70
11	11,25	21,38	20,93	5,03	3,38	0,67
12	10,79	21,46	20,91	4,84	3,20	0,66
13	10,67	21,41	20,88	4,77	3,35	0,70
14	10,97	21,43	20,91	4,92	3,29	0,67
15	10,71	21,32	20,93	4,78	3,28	0,69
16	10,79	21,33	20,92	4,81	3,22	0,67
17	10,67	21,47	20,93	4,79	3,34	0,70
18	10,62	21,32	20,89	4,73	3,38	0,71
19	10,87	21,36	20,94	4,86	3,31	0,68
20	10,69	21,40	20,90	4,78	3,35	0,70
21	10,82	21,37	20,87	4,83	3,21	0,66
22	10,72	21,33	20,89	4,78	3,30	0,69
23	10,74	21,43	20,99	4,83	3,26	0,67
24	10,73	21,33	20,92	4,79	3,30	0,69
25	11,19	21,38	20,91	5	3,41	0,68
26	10,86	21,47	20,89	4,87	3,24	0,67
27	10,77	21,35	20,93	4,81	3,27	0,68
28	10,64	21,42	20,93	4,77	3,24	0,68
29	10,93	21,41	20,94	4,9	3,34	0,68
30	11,27	21,47	20,90	5,06	3,63	0,72
M.O	10,83	21,39	20,91	4,84	3,31	0,68
S	0,18	0,05	0,03	0,09	0,08	0,02
MAX	11,27	21,47	20,99	5,06	3,63	0,72
MIN	10,62	21,3	20,87	4,73	3,2	0,66

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού αντοχής σε κάμψη DIN S218/1978

Υλικό: CONTROL wood

Nr	b	h	l	Fmax	σ	f10	f30	Δf	a10	a30	Δα	E (N/mm ²)
1	21,46	21,49	300	3312,01	150,38	341,2	1023,6	682,4	1	2,69	1,69	12797,26
2	21,4	21,73	300	3231,23	143,90	323,12	969,37	646,25	0,9	2,27	1,37	14500,76
3	21,4	21,36	300	2851,54	131,42	285,15	855,46	570,31	0,98	2,32	1,34	13775,03
4	21,48	21,58	300	3054,43	137,41	305,44	916,33	610,89	0,92	2,27	1,35	14149,61
5	21,42	21,6	300	3306,51	148,89	330,65	991,95	661,3	0,87	2,15	1,28	16155,17
6	21,44	21,65	300	3164,45	141,70	316,45	949,34	632,89	0,97	2,29	1,32	14875,09
7	21,33	21,62	300	3384,73	152,77	338,47	1015,42	676,95	0,94	2,26	1,32	16059,37
8	21,4	21,5	300	3461,76	157,48	346,18	1038,53	692,35	1,05	2,51	1,46	15050,38
9	21,43	21,48	300	3174,23	144,46	317,42	952,27	634,85	1,02	2,35	1,33	15170,44
10	21,43	21,48	300	3212,35	146,20	321,23	963,7	642,47	1	2,53	1,53	13345,66
11	21,42	21,49	300	3120,33	141,95	312,03	936,1	624,07	0,95	2,2	1,25	15852,52
12	21,31	21,26	300	3034,33	141,76	303,43	910,3	606,87	1,02	2,48	1,46	13701,67
13	21,42	21,47	300	3268,72	148,97	326,87	980,62	653,75	1,01	2,28	1,27	16390,65
14	21,37	21,52	300	3393,16	154,29	339,32	1017,95	678,63	0,99	2,48	1,49	14435,08
15	21,7	21,43	300	3213,86	145,12	321,39	964,16	642,77	1,01	2,25	1,24	16383,68
16	21,33	21,53	300	2973,66	135,34	297,37	892,1	594,73	0,9	2,11	1,21	15585,3
17	21,45	21,46	300	2696,14	122,82	269,61	808,84	539,23	0,92	2,11	1,19	14428,27
18	21,37	21,67	300	3147,78	141,15	314,78	944,33	629,55	1,03	2,32	1,29	15148,27
M.O	21,42	21,52		3166,73	143,67							14878,01
(S)	0,08	0,11		193,44	8,42							1072,91
MAX	21,70	21,73		3461,76	157,48							16390,65
MIN	21,31	21,26		2696,14	122,82							12797,26

Υλικό: MenzHolz wood

Nr	b	h	l	Fmax	σ	f10	f30	Δf	a10	a30	Δα	E (N/mm ²)
1	21,27	21,43	300	2439,29	112,37	243,93	731,79	487,86	0,85	1,92	1,07	14702,16
2	21,36	21,53	300	2550,97	115,94	255,1	765,29	510,19	1,25	2,7	1,45	11141,26
3	21,28	21,44	300	2735,05	125,82	273,5	820,51	547,01	0,91	2,2	1,29	13647,82
4	21,31	21,57	300	2240,31	101,68	224,03	672,09	448,06	0,8	1,94	1,14	12405,13
5	21,32	21,43	300	2697,99	124,00	269,8	809,4	539,6	1,03	2,39	1,36	12763,89
6	21,34	21,63	300	2351,78	106,00	235,18	705,53	470,35	0,95	2,18	1,23	11952,42
7	21,36	21,64	300	2974,67	133,82	297,47	892,4	594,93	0,89	2,13	1,24	14961,49
8	21,41	21,59	300	2246,2	101,28	224,62	673,86	449,24	0,84	1,89	1,05	13403,50
9	21,37	21,63	300	2501,15	112,57	250,12	750,35	500,23	0,9	2,14	1,24	12591,51
10	21,31	21,5	300	2432,7	111,13	243,27	729,81	486,54	0,84	2,09	1,25	12405,48
11	21,33	21,61	300	2272,85	102,68	227,28	681,85	454,57	0,97	2,2	1,23	11588,95
12	21,31	21,61	300	2376,7	107,47	237,67	713,01	475,34	1,04	2,34	1,3	11476,70
13	21,31	21,46	300	2989,26	137,07	298,93	896,78	597,85	0,95	2,28	1,33	14406,94
14	21,33	21,48	300	2463,09	112,62	246,31	738,93	492,62	0,94	2,21	1,27	12385,64
15	21,33	21,56	300	1896,33	86,07	189,63	568,9	379,27	0,78	1,72	0,94	12740,52
16	21,53	21,34	300	2007,55	92,14	200,76	602,27	401,51	0,79	1,74	0,95	13634,82
17	21,36	21,4	300	3165,1	145,60	316,51	949,53	633,02	0,93	2,27	1,34	15232,59
18	21,33	21,59	300	3261,93	147,64	326,19	978,58	652,39	1,06	2,41	1,35	15195,97
M.O	21,34	21,52		2533,50	115,33							13146,49
(S)	0,06	0,09		375,86	115,49							1314,37
MAX	21,53	21,64		3261,93	115,47							15232,59
MIN	21,27	21,34		1896,33	114,89							11141,26

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού διόγκωσης DIN S2184/1979

Υλικό : CONTROL wood						
Δοκίμιο	Εφαπτομενική 0%	Ακτινική 0%	Εφαπτομενική w%	Ακτινική w%	Εφ. Διόγκωση %	Ακτ. Διόγκωση %
1	20,55	20,99	22,76	22,17	10,75	5,62
2	20,89	21,11	22,79	22,24	9,10	5,35
3	20,88	21,20	22,98	22,31	10,06	5,24
4	20,70	21,04	22,8	22,12	10,14	5,13
5	20,86	21,20	22,89	22,23	9,73	4,86
6	20,65	21,19	22,92	22,24	10,99	4,96
7	20,68	21,08	22,93	22,35	10,88	6,02
8	20,87	21,23	22,98	22,35	10,11	5,28
9	20,69	21,03	22,77	22,24	10,05	5,75
10	20,75	21,14	23,00	22,36	10,84	5,77
11	20,76	21,16	22,90	22,3	10,31	5,39
12	20,69	21,09	22,81	22,24	10,25	5,45
13	20,84	21,04	22,70	22,18	8,93	5,42
14	20,80	21,04	22,68	22,14	9,04	5,23
15	20,90	21,03	22,76	22,25	8,90	5,80
16	20,91	21,16	22,98	22,33	9,90	5,53
17	20,86	21,19	22,94	22,34	9,97	5,43
18	20,78	21,02	22,71	22,1	9,29	5,14
19	20,73	20,99	22,76	22,11	9,79	5,34
20	20,75	21,15	22,98	22,31	10,75	5,48
21	20,84	21,02	22,73	22,11	9,07	5,19
22	20,75	21,07	22,92	22,12	10,46	4,98
23	20,93	21,17	22,96	22,27	9,70	5,20
24	20,88	21,15	22,91	22,3	9,72	5,44
25	20,93	21,11	22,86	22,32	9,22	5,73
26	20,57	21,01	23	22,16	11,81	5,47
27	20,68	21,04	22,86	22,25	10,54	5,75
28C	20,76	21,15	22,87	22,3	10,16	5,44
29	20,81	21,15	22,87	22,33	9,90	5,58
30	20,86	21,15	22,96	22,29	10,07	5,39
M.O	20,79	21,10	22,87	22,25	10,01	5,41
S	0,10	0,07	0,10	0,08	0,69	0,27
MAX	20,93	21,23	23	22,36	11,81	6,02
MIN	20,55	20,99	22,68	22,1	8,90	4,86

		Υλικό: MenzHolz wood				
Δοκίμιο	Εφαπτομενική 0%	Ακτινική 0%	Εφαπτομενική w%	Ακτινική w%	Εφ. Διόγκωση %	Ακτ. Διόγκωση %
1	20,89	21,38	22,10	21,89	5,79	2,39
2	20,90	21,41	22,18	21,85	6,12	2,06
3	20,90	21,34	22,14	21,87	5,93	2,48
4	20,91	21,30	22,13	21,78	5,83	2,25
5	20,87	21,34	22,27	21,92	6,71	2,72
6	20,88	21,32	22,12	21,83	5,94	2,39
7	20,87	21,41	22,13	21,92	6,04	2,38
8	20,92	21,44	22,12	21,82	5,74	1,77
9	20,92	21,44	22,15	21,87	5,88	2,01
10	20,89	21,36	22,17	21,87	6,13	2,39
11	20,93	21,38	22,20	21,87	6,07	2,29
12	20,91	21,46	22,12	21,85	5,79	1,82
13	20,88	21,41	22,16	21,84	6,13	2,01
14	20,91	21,43	22,20	21,85	6,17	1,96
15	20,93	21,32	22,11	21,75	5,64	2,02
16	20,92	21,33	22,09	21,86	5,59	2,48
17	20,93	21,47	22,08	21,90	5,49	2,00
18	20,89	21,32	22,05	21,9	5,55	2,72
19	20,94	21,36	22,15	21,86	5,78	2,34
20	20,90	21,40	22,04	21,91	5,45	2,38
21	20,87	21,37	22,14	21,83	6,09	2,15
22	20,89	21,33	22,15	21,83	6,03	2,34
23	20,99	21,43	22,08	21,88	5,19	2,10
24	20,92	21,33	22,13	21,91	5,78	2,72
25	20,91	21,38	22,14	21,90	5,88	2,43
26	20,89	21,47	22,14	21,85	5,98	1,77
27	20,93	21,35	22,11	21,84	5,64	2,30
28	20,93	21,42	22,12	21,93	5,69	2,38
29	20,94	21,41	22,12	21,82	5,64	1,91
30	20,90	21,47	22,13	21,87	5,89	1,86
M.O	20,91	21,39	22,13	21,86	5,85	2,23
S	0,03	0,05	0,05	0,04	0,28	0,28
MAX	20,99	21,47	22,27	21,93	6,71	2,72
MIN	20,87	21,3	22,04	21,75	5,19	1,77

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού αντοχής σε θλίψη DIN S2185/1976

Υλικό : Control wood				
Δοκίμιο	Πλάτος (mm)	Πάχος (mm)	Fmax (N)	ΑΞ θλίψη (N/mm ²)
1	15,13	15,01	14787	65,1
2	15,09	15,03	13046	57,5
3	15,11	15,01	14209	62,7
4	15,10	15,07	14029	61,7
5	15,13	14,93	13949	61,8
6	15,11	14,99	13271	58,6
7	15,05	15,00	11646	51,6
8	15,18	14,98	13682	60,2
9	15,05	15,04	12646	55,9
10	15,10	14,96	14042	62,2
11	15,11	15,01	13109	57,8
12	15,18	15,04	11052	48,4
13	15,06	15,07	14507	63,9
14	15,03	15,05	13911	61,5
15	15,07	14,90	13704	61,0
16	14,99	15,07	12567	55,6
17	15,01	15,05	13409	59,4
18	15,09	14,97	14464	64,0
19	15,07	14,99	13728	60,8
20	15,02	14,91	13365	59,7
21	15,00	15,01	14155	62,9
22	15,02	15,05	12905	57,1
23	15,01	15,09	13597	60,0
24	15,05	15,02	14257	63,1
25	15,11	14,94	14136	62,6
26	15,10	14,94	12809	56,8
27	14,96	15,05	12714	56,5
28	15,13	15,03	14106	62,0
29	15	15,15	13299	58,5
30	15,05	15,04	13309	58,8
M.O	15,07	15,01	13480	59,6
s	0,06	0,06	829	3,7
MAX	15,18	15,15	14787	65,1
MIN	14,96	14,90	11052	48,4

Υλικό : MenzHolz wood				
Δοκίμιο	Πλάτος (mm)	Πάχος (mm)	Fmax (N)	Αντ σε θλίψη (N/mm ²)
1	15,01	14,97	15138	67,4
2	15,07	14,99	15668	69,4
3	15,11	15,12	20132	88,1
4	15,02	14,97	14606	65,0
5	15,01	14,99	16009	71,2
6	15,09	15,13	20046	87,8
7	15,12	15,11	19796	86,7
8	14,96	14,98	16722	74,6
9	15,01	14,97	15493	69,0
10	15,11	15,12	19186	84,0
11	14,99	14,99	14217	63,3
12	15,00	14,99	15362	68,3
13	15,00	14,98	15383	68,5
14	15,07	15,12	19844	87,1
15	15,1	15,13	20141	88,2
16	15,08	15,11	19409	85,2
17	15,01	14,96	15689	69,9
18	15,11	15,15	19863	86,8
19	14,99	14,98	15591	69,4
20	15,06	15,15	20076	88,0
21	15,14	15,1	19140	83,7
22	15,11	15,11	19980	87,5
23	15,00	14,97	15290	68,1
24	15,01	14,96	15790	70,3
25	15,09	15,1	20147	88,4
26	15,09	15,1	17269	75,8
27	15,09	15,09	17777	78,1
28	14,94	14,97	17226	77,0
29	15,12	15,12	20587	90,1
30	15,12	15,11	19198	84,0
M.O	15,05	15,05	17693	78,02
s	0,06	0,07	2165	8,98
MAX	15,14	15,15	20587	90,05
MIN	14,94	14,96	14217	63,27

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού σκληρότητας με τη μέθοδο Brinell
ASTM D1037

Υλικό : CONTROL wood			
Δοκίμιο	Δ. σφαίρας (D)	Δύναμη (F)	Σκληρότητα (HB) (Kg/mm ²)
1,1	10	7219,47	7,66
1,2	10	8050,49	8,55
2,1	10	6684	7,10
2,2	10	6970	7,40
3,1	10	7414	7,87
3,2	10	7082	7,52
4,1	10	6682	7,09
4,2	10	6519	6,92
5,1	10	6336	6,73
5,2	10	6546	6,95
6,1	10	6339	6,73
6,2	10	6476	6,88
7,1	10	6934	7,36
7,2	10	6694	7,11
8,1	10	6730	7,14
8,2	10	6307	6,70
9,1	10	6295	6,68
9,2	10	6452	6,85
10,1	10	6495	6,89
10,2	10	6298	6,69
11,1	10	6043	6,42
11,2	10	6314	6,70
12,1	10	7003	7,43
12,2	10	6845	7,27
M.O		6697	7,11
(s)		444	0,47
Max		8050	8,55
Min		6043	6,42

Υλικό : MenzHolz wood			
Δοκίμιο	Δ. σφαίρας (D)	Δύναμη (F)	Σκληρότητα (HB) (Kg/mm ²)
1,1	10	4358	4,63
1,2	10	4468	4,74
2,1	10	4038	4,29
2,2	10	4399	4,67
3,1	10	4159	4,42
3,2	10	4338	4,61
4,1	10	4398	4,67
4,2	10	4498	4,77
5,1	10	4293	4,56
5,2	10	3971	4,21
6,1	10	4775	5,07
6,2	10	4397	4,67
7,1	10	4235	4,50
7,2	10	4656	4,94
8,1	10	4212	4,47
8,2	10	4459	4,73
9,1	10	3975	4,22
9,2	10	4177	4,43
10,1	10	4594	4,88
10,2	10	4225	4,49
11,1	10	4523	4,80
11,2	10	4213	4,47
12,1	10	4417	4,69
12,2	10	4580	4,86
M.O		4348	4,62
(s)		208	0,22
Max		4775	5,07
Min		3971	4,21

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού μεταχρωματισμών CIE Lab

Υλικό : CONTROL wood							
11/2/2014	Πριν το χειρισμό			Μετά τον χειρισμό			
Δοκίμιο	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
1	71,16	5,01	26,23	70,06	4,59	25,74	0,81
2	65,67	1,21	23,52	80,74	-0,93	23,56	115,84
3	75,53	3,27	19,81	78,15	2,35	20,22	3,94
4	71,15	4,12	23,14	74,04	2,28	26,93	13,05
M.O	70,88	3,40	23,18	75,75	2,07	24,11	33,41
(S)	4,04	1,63	2,63	4,69	2,27	2,95	55,20
MAX	75,53	5,01	26,23	80,74	4,59	26,93	115,84
MIN	65,67	1,21	19,81	70,06	-0,93	20,22	0,81

Υλικό : CONTOL wood							
13/5/2014	Πριν το χειρισμό			Μετά τον χειρισμό			
Δοκίμιο	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
1	69,4	6,25	5,05	70,27	4,89	8,99	9,06505
2	63,04	4,72	6,65	65,08	5,06	6,64	2,13865
3	65,59	5,14	7,72	63,58	3,13	11,75	12,16055
4	66,3	5,52	9,09	60,11	6,36	11,15	21,63265
M.O	66,08	5,41	7,13	64,76	4,86	9,63	11,25
(S)	2,62	0,65	1,71	4,22	1,33	2,32	8,09
MAX	69,4	6,25	9,09	70,27	6,36	11,75	21,63
MIN	63,04	4,72	5,05	60,11	3,13	6,64	2,14

Υλικό : MenzHolz wood							
11/2/2014	Πριν το χειρισμό			Μετά τον χειρισμό			
Δοκίμιο	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
1	37,94	5,92	19,76	37,49	6,34	19,12	0,39
2	39,9	5,03	22,32	38,03	6,17	17,74	12,89
3	40,38	11,55	13,88	37,42	6,1	18,42	29,54
4	36,72	5,82	18,98	34,98	5,35	19,26	1,66
5	38,62	5,46	22,06	38,02	4,96	21,26	0,62
M.O	38,71	6,76	19,4	37,19	5,78	19,16	9,02
(s)	1,48	2,70	3,41	1,27	0,60	1,32	12,60
MAX	40,38	11,55	22,32	38,03	6,34	21,26	29,54
MIN	36,72	5,03	13,88	34,98	4,96	17,74	0,39

Υλικό : MenzHolz wood							
13/5/2014	Πριν το χειρισμό			Μετά τον χειρισμό			
Δοκίμιο	L	a	b	L	a	b	ΔΕ
1	56,85	0,91	10,78	54,21	1,42	9,13	4,98
2	55,23	0,92	10,53	49,87	2,18	8,57	17,08
3	51,99	2,44	8,22	50,7	1,86	9,34	1,63
4	48,27	1,73	8,28	48,53	1,88	8,22	0,05
5	52,1	1,94	8,91	50,71	1,5	9,08	1,08
M.O	52,89	1,59	9,34	50,80	1,77	8,87	4,96
(S)	3,31	0,67	1,23	2,10	0,31	0,46	7,02
MAX	56,85	2,44	10,78	54,21	2,18	9,34	17,08
MIN	48,27	0,91	8,22	48,53	1,42	8,22	0,05

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ.

Πρωτόκολλο προσδιορισμού αντοχής σε επαφή με το έδαφος Grindosonic

Υλικό: CONTROL wood		
Δοκίμιο	GS	E.MOD (N/mm ²)
1	672,8	13,360
2	657,9	12,960
3	654,6	13,500
4	646,7	12,670
5	657,8	13,310
MAX	672,80	13,500
MIN	646,70	12,670
MO	657,96	13,160
S	9,46	0,34



Υλικό: CONTROL wood		
Δοκίμιο	GS	E.MOD (N/mm ²)
1	579,8	11,370
2	574,6	11,360
3	576,5	11,230
4	589,7	11,950
5	540,9	10,000
MAX	589,70	11,950
MIN	540,90	10,000
MO	572,30	11,180
S	18,49	0,72

Υλικό: MenzHolz wood		
Δοκίμιο	GS	E.MOD (N/mm ²)
1	715,1	14,020
2	620,1	11,090
3	577,4	10,040
4	610,3	11,280
5	560,2	9,890
MAX	715,10	14,02
MIN	560,20	9,89
MO	616,62	11,26
S	60,15	1,66



Υλικό: MenzHolz wood		
Δοκίμιο	GS	E.MOD (N/mm ²)
1	773,4	16,360
2	689,1	12,910
3	711,5	13,360
4	734,3	14,740
5	697,5	13,280
MAX	773,40	16,360
MIN	689,10	12,910
MO	721,16	14,130
S	33,85	1,43