

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΑΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΤΟΥΣ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ (ΕΠΙΠΛΑ) ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΩΝ ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ Θ. ΛΥΚΙΔΗΣ
ΔΑΣΟΛΟΓΟΣ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΞΥΛΟΥ M.Sc.

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2008

Η συμβουλευτική επιτροπή για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής ορίσθηκε στην αριθμ. 583/ 28-5-2004 Γενική Συνέλευση Ειδικής Σύθεσης της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος και αποτελείται από τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Αθανάσιο Γρηγορίου που υπέδειξε και το αντικείμενο της μελέτης και τους κ.κ. Ιωάννη Φιλίππου, Καθηγητή και Ιωάννη Μπαρμπούτη, Επίκουρο Καθηγητή, ως μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής.

Η εξεταστική επιτροπή αξιολόγησης και κρίσης της διδακτορικής διατριβής ορίστηκε στην αριθμ. 724/ 03-10-2008 Γενική Συνέλευση Ειδικής Σύθεσης της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος και αποτελούταν από τα παρακάτω μέλη:

Αθανάσιο Γρηγορίου, Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φ. Π.

Ιωάννη Φιλίππου, Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φ. Π.

Ηλία Βουλγαρίδη, Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φ. Π.

Κωνσταντίνο Παναγιώτου, Καθηγητή του Τμήματος Χημικών Μηχανικών Α.Π.Θ.

Βασίλειο Βασιλείου, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φ. Π.

Κωνσταντίνο Πασιαλή, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φ. Π.

Ιωάννη Μπαρμπούτη, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Δασολογίας και Φ. Π.

Η αξιολόγηση – κρίση της διδακτορικής διατριβής έλαβε χώρα την 20/10/2008 και απονεμήθηκε ομόφωνα ο βαθμός «ΑΡΙΣΤΑ»

«Η έγκριση της παρούσας Διδακτορικής Διατριβής από τη Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα»

(Νόμος 5343/32, άρθρο 202, παρ. 2).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ο συγγραφέας επιθυμεί να ευχαριστήσει:

- Τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης, για τη χρηματοδότηση του Έργου
- Τον Σύνδεσμο ΟΤΑ Μείζονος Θεσσαλονίκης και ιδιαίτερα τον Πρόεδρο, Κύριο Ζουρνά Ιωάννη για τη συνεργασία
- Το Δήμο Θεσσαλονίκης και ιδιαίτερα τον Αντιδήμαρχο Καθαριότητας Κύριο Δημητρίου Ευάγγελο για τη βοήθειά του στη δειγματοληψία του ερευνητικού υλικού
- Τον Κύριο Παναγιώτου Κωνσταντίνο, Καθηγητή του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τη βοήθεια στον προσδιορισμό των χρωματικών μεταβλητών κατά την 2^η φάση της έρευνας
- Την Κυρία Σαμαρά Κωνσταντίνη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του τμήματος Χημείας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τη βοήθεια στις αναλύσεις των αποβλήτων
- Την Κυρία Τσατσαρώνη Ευφορία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια και τον Κύριο Ελευθεριάδη Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Χημείας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τη βοήθεια στον προσδιορισμό των χρωματικών μεταβλητών κατά την 3^η φάση της έρευνας
- Τη βιομηχανία παραγωγής μοριοπλακών ΑΚΡΙΤΑΣ και συγκεκριμένα τον Κύριο Παπαϊωάννου Κωνσταντίνο για την προμήθεια ξυλοτεμαχιδίων
- Τη βιομηχανία παραγωγής ινοπλακών ALFA WOOD ΠΙΝΔΟΣ και συγκεκριμένα την Κυρία Δημητριάδου Εύη για την παραχώρηση εξοπλισμού προσδιορισμού του προφίλ πυκνότητας
- Τον επιβλέποντα της Διατριβής Καθηγητή Αθανάσιο Γρηγορίου για την πολύτιμη καθοδήγηση, το αμέριστο ενδιαφέρον και τη μετάδοση γνώσεων και εμπειρίας,
- Τα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, Καθηγητή Ιωάννη Φιλίππου και Επίκουρο Καθηγητή Ιωάννη Μπαρμπούτη για τις συμβουλές και την εν γένει καθοδήγηση
- Την οικογένειά μου για τη στήριξη και την εμπιστοσύνη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	15
2.1 Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ.....	16
2.1.1 ΤΟ ΔΑΣΟΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΤΟΥ.....	16
2.1.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	16
2.1.1.2 ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ.....	17
2.1.2 ΞΥΛΟ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ	18
2.1.2.1 ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΑ.....	19
2.1.2.2 ΙΝΟΠΛΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	21
2.1.2.3 ΚΟΛΛΕΣ ΟΥΡΙΑΣ - ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ	23
2.1.3 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ MDF	24
2.1.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	24
2.1.3.2 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ.....	25
2.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΔΑΣΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ	26
2.2.1 ΜΕΙΩΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ – ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	26
2.2.2 ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	30
2.3 ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ.....	33
2.3.1 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ.....	33
2.3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	35
2.3.2.1 ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΣΕ ΧΩΜΑΤΕΡΕΣ.....	35
2.3.2.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ - ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.....	36
2.3.2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ	37
2.3.2.3.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	37
2.3.2.3.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ	38
2.3.2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ	39
2.3.2.5 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ.....	40
2.3.2.6 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ.....	41
2.3.2.6.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	41
2.3.2.6.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΥΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥΣ	45
2.3.2.6.3 ΑΛΛΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	53

2.4	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΥ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΟΥ ΞΥΛΟΥ.....	56
2.4.1	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ	56
2.4.1.1	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ.....	56
2.4.1.1.1	ΔΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	56
2.4.1.1.2	ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΑ.....	59
2.4.1.1.3	ΤΕΦΡΑ	60
2.4.1.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ.....	61
2.4.1.2.1	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	61
2.4.1.2.2	ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΟΤΗΤΑ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΑΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ	62
2.4.1.2.3	ΟΞΥΤΗΤΑ.....	64
2.4.1.2.4	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	65
2.4.1.2.5	ΧΡΩΜΑ.....	67
2.4.1.2.6	ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ.....	67
2.5	ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ	68
2.5.1.1	ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΟ ΞΥΛΟ	68
2.5.1.2	ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ.....	70
3.	ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	73
4.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	77
4.1	ΥΛΙΚΑ	78
4.1.1	ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ.....	78
4.1.1.1	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΕΣ.....	78
4.1.1.2	ΠΑΛΙΕΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ) ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ.....	78
4.1.1.3	ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ	79
4.1.1.4	ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ - ΠΡΟΣΘΕΤΑ	80
4.1.2	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	81
4.1.2.1	ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ	81
4.1.2.1.1	ΑΝΑΚΤΗΣΗ	81
4.1.2.1.2	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	87
4.1.2.1.3	ΞΗΡΑΝΣΗ.....	87

4.1.2.1.4	ΑΝΑΜΙΞΗ.....	87
4.1.2.1.5	ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ - ΠΡΟΠΙΕΣΗ - ΘΕΡΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ.....	88
4.1.2.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ.....	88
4.1.2.2.1	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	88
4.1.2.2.2	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	88
4.1.2.2.3	ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	88
4.1.2.2.4	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ.....	88
4.1.2.2.5	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΨΔΗ.....	88
4.1.2.2.6	ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	89
4.1.2.2.7	ΟΞΥΤΗΤΑ.....	89
4.1.2.2.8	ΧΡΩΜΑ.....	89
4.1.2.2.9	ΠΡΟΦΙΛ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	89
4.2	ΜΕΘΟΔΟΙ.....	90
4.2.1	1 ^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ	90
4.2.2	2 ^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ	95
4.2.2.1	ΑΝΑΚΤΗΣΕΙΣ	95
4.2.2.2	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ.....	96
4.2.2.2.1	ΞΗΡΑΝΣΗ.....	96
4.2.2.2.2	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	97
4.2.2.2.3	ΑΝΑΜΙΞΗ ΜΕ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ.....	98
4.2.2.2.4	ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ – ΠΡΟΠΙΕΣΗ – ΘΕΡΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ	98
4.2.2.2.5	ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ	100
4.2.2.3	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ.....	100
4.2.2.3.1	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	100
4.2.2.3.2	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ	102
4.2.2.4	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ	111
4.2.3	3 ^Η ΦΑΣΗ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ	112

4.2.3.1	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ.....	116
4.2.3.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ.....	118
4.2.3.2.1	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	118
4.2.3.2.2	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ	125
4.2.3.2.3	ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	129
5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	133
5.1	1 ^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ.....	134
5.2	2 ^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ.....	136
5.2.1	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ.....	136
5.2.1.1	ΥΓΡΑΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ.....	136
5.2.1.2	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ.....	137
5.2.2	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ.....	139
5.2.2.1	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ.....	139
5.2.2.2	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	140
5.2.2.2.1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ	140
5.2.2.2.2	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	143
5.2.2.2.3	ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ.....	144
5.2.2.3	ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	148
5.2.2.3.1	ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ	148
5.2.2.4	ΆΛΛΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	151
5.2.2.4.1	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΨΙΔΗΣ.....	151
5.2.2.4.2	ΧΡΩΜΑ.....	153
5.2.3	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	155
5.2.4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ	156
5.3	3 ^Η ΦΑΣΗ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ.....	157
5.3.1	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΡΧΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	157

5.3.1.1	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	157
5.3.1.2	ΟΞΥΤΗΤΑ.....	158
5.3.1.3	ΕΚΛΥΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ	159
5.3.1.4	ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	161
5.3.2	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ.....	165
5.3.2.1	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ – ΠΡΟΦΙΛ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ.....	167
5.3.2.2	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	171
5.3.2.2.1	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ	171
5.3.2.2.2	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	177
5.3.2.2.3	ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ.....	180
5.3.2.3	ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	185
5.3.2.3.1	ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ	185
5.3.2.4	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ.....	190
5.3.2.5	ΧΡΩΜΑ.....	191
5.3.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	199
6.	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	203
7.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ABSTRACT.....	219
7.1	ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	220
7.2	ABSTRACT.....	222
8.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	225
9.	ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ	247

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται από έντονες αλλαγές και προκλήσεις στις οποίες ο άνθρωπος είναι υποχρεωμένος να ανταποκριθεί. Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει δημιουργήσει τεράστια ώθηση σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Παρόλα αυτά, η σε πολλές περιπτώσεις άναρχη και η απρογραμμάτιστη ανάπτυξη έχει γεννήσει πλήθος προβλημάτων τα οποία στις μέρες μας παρουσιάζονται διογκωμένα και χρήζουν άμεσης και ορθολογικής αντιμετώπισης.

Το φυσικό περιβάλλον δέχτηκε στο παρελθόν και συνεχίζει να δέχεται συστηματικές πιέσεις τις οποίες φαίνεται πλέον να μην είναι σε θέση να αντιμετωπίσει χωρίς εξωτερική βοήθεια. Τα δάση είναι εδώ και εκατοντάδες χρόνια αποδέκτες σημαντικού μέρους αυτής της πίεσης καθώς ο άνθρωπος για διάφορους λόγους περιορίζει τις δασικές εκτάσεις. Η μείωση των δασικών εκτάσεων μεταξύ άλλων οδηγεί στην εξασθένηση της δυνατότητας του περιβάλλοντος να αντιμετωπίσει ένα από τα πιο επίκαιρα προβλήματα που ο σύγχρονος άνθρωπος έχει να αντιμετωπίσει: το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από την άλλη πλευρά σχεδόν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα πέραν του ότι καταναλώνει πρώτες ύλες και ενέργεια, δημιουργεί επίσης κάποιου είδους άχρηστα υπολείμματα. Στις μέρες μας ο βαθμός πλήρωσης των χώρων εναπόθεσης απορριμμάτων είναι οριακά μεγάλος ιδιαίτερα στις μεγαλουπόλεις. Η διαχείριση των απορριμμάτων ξύλου όπως άλλωστε και του συνόλου των απορριμμάτων αποτελεί καθημερινό θέμα προβληματισμού για τις σύγχρονες ανεπτυγμένες κοινωνίες.

Η ανακύκλωση του ξύλου αποτελεί μια ελπιδοφόρα διέξοδο στη διαχείριση των απορριμμάτων αφενός γιατί το απορριφθέν ξύλο αποτελεί μια φθηνή πρώτη ύλη με μεγάλες προοπτικές και αφετέρου γιατί η ανακύκλωση φέρει σημαντικά εμπορικά πλεονεκτήματα καθώς συνάδει με τους κανονισμούς περί μείωσης των απορριμμάτων και ενίσχυσης της ανακύκλωσης. Τα απορρίμματα ξύλου στα οποία περιέχονται μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες αποτελούν πλέον σημαντικό μέρος των αστικών απορριμμάτων καθώς χρησιμοποιούνται με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς στην παραγωγή ξυλοκατασκευών εσωτερικών χώρων.

Στην παρούσα διατριβή μελετώνται οι δυνατότητες ανάκτησης (μέσω υδροθερμικών χειρισμών) υλικών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας και επανάχρησής τους για την κατασκευή νέων (ανακυκλωμένων) ξυλοπλακών.

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

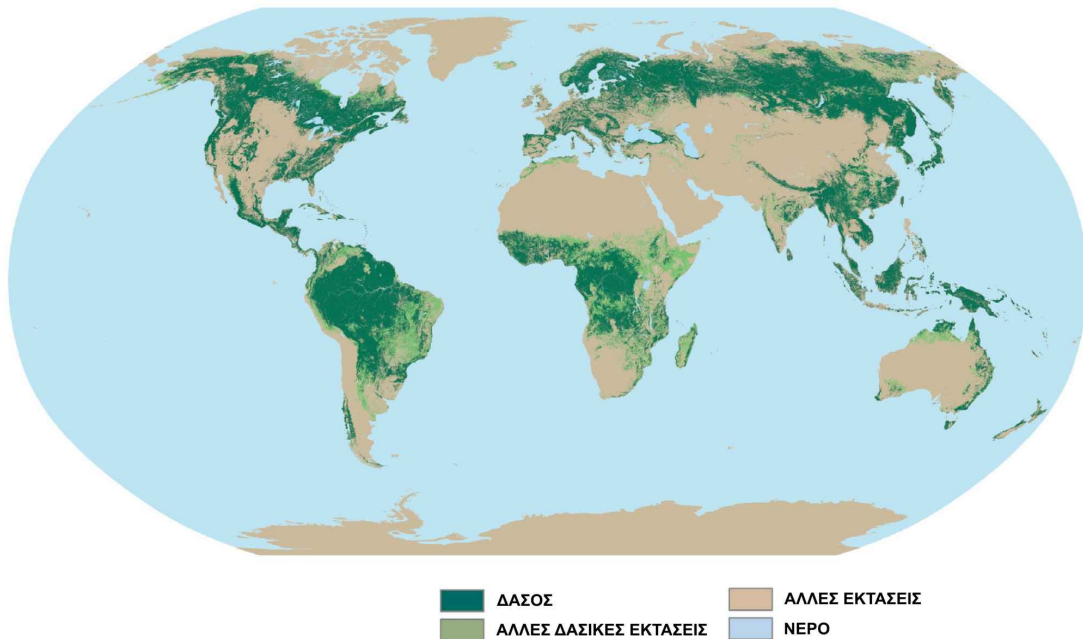
2.1.1 ΤΟ ΔΑΣΟΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΤΟΥ

2.1.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι σχέσεις του ανθρώπου με το δάσος είναι τόσο παλιές όσο και η ιστορία του. Το δάσος αποτέλεσε στο παρελθόν και συνεχίζει να αποτελεί μια ανεκτίμητη πηγή αγαθών και υπηρεσιών που συμβάλλουν στη βελτίωση των συνθηκών ποιότητας ζωής και την οικονομική ανάπτυξη του κοινωνικού συνόλου (Ντάφης 1986, Στεφανίδης 2005).

Ο Ντάφης (1986) ορίζει το δάσος ως την κατάσταση εκείνη στην οποία τα δένδρα και οι θάμνοι συμβιώνουν πάνω σε μια μεγάλη επιφάνεια σε στενή κοινωνική σχέση μεταξύ τους και σε τόση απόσταση, ώστε με τη συγκόμωσή τους να δημιουργούν ένα ξεχωριστό περιβάλλον - το δασογενές περιβάλλον. Σε αυτό μαζί με άλλα είδη από το φυτικό και ζωικό βασίλειο δημιουργούν μια ξεχωριστή βιοκοινότητα η οποία ονομάζεται δασοβιοκοινότητα και την οποία, αν λάβουμε υπόψη και το βιότοπο, την ονομάζουμε δασική βιογεωκοινότητα ή δασικό οικοσύστημα.

Με στοιχεία του 2005, περίπου 30% (3,952 δισεκατομμύρια εκτάρια) των χερσαίων εκτάσεων της γης καλύπτεται από δάση (FAO 2006, Barbu 2006, Scarascia-Mugnozza και Pisanelli 2008).



Εικόνα 1: Τα δάση της υφελίου (FAO, 2006)

2.1.1.2 ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ

Όπως προαναφέρθηκε, το δάσος παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες. Τα προϊόντα που προκύπτουν από το δάσος κυριαρχούνται από τα προϊόντα ξύλου τα οποία διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες (Φιλίππου 1986):

1. Προϊόντα ξύλου στα οποία διατηρείται η φυσική δομή του ξύλου και
2. Προϊόντα τα οποία παράγονται μετά από διάλυση της φυσικής δομής του ξύλου σε ίνες ή σε πολυμερείς και απλές χημικές ενώσεις.

Σε ότι αφορά στην πρώτη κατηγορία, αυτή αποτελείται από δυο υποκατηγορίες: 1) προϊόντα μηχανικής κατεργασίας του ξύλου όπως: στύλοι, πάσσαλοι, στρογγύλη και πριστή ξυλεία, ξυλόφυλλα κ.α. και 2) σύνθετα προϊόντα που παράγονται με συνδυασμό ξύλου και άλλων υλικών (συγκολλητικές ουσίες και άλλα πολυμερή): αντικολλητά, μοριοπλάκες, ινοπλάκες, O.S.B, πηχοσανίδες, επικολλητά και άλλα σύνθετα προϊόντα ξύλου.

Από την άλλη πλευρά, τα προϊόντα της δεύτερης κατηγορίας παράγονται με χημική κυρίως κατεργασία (χημικά προϊόντα) χωρίζονται στις εξής δυο υποκατηγορίες: 1) προϊόντα στα οποία διατηρείται η κυτταρική μορφή του ξύλου όπως: Ξυλοπολτός και χαρτί και 2) προϊόντα με μορφή πολυμερών ή απλών χημικών ενώσεων όπως: Τερεβινθέλαιο, κολοφώνιο, ταννίνες, λίπη, κηροί, ξυλέλαιο, συνθετικό αέριο, άνθρακας, πίσσα κ.α.

Πέρα όμως από τα παραπάνω προϊόντα ξύλου, το δάσος προσφέρει και άλλα προϊόντα τα οποία δεν προέρχονται από το ξύλο (μη ξυλώδη προϊόντα) όπως καρποί, θηράματα, μέλι, μανιτάρια κ.α.

Το δεύτερο μεγάλο μέρος της προσφοράς του δάσους προς τον άνθρωπο είναι οι υπηρεσίες όπως η προστασία των εδαφών, η ρύθμιση του υδατικού ισοζυγίου, η αναψυχή, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

Η αντιδιαβρωτική προστασία που τα δάση παρέχουν στα εδάφη και ο ρυθμιστικός τους ρόλος για το υδατικό ισοζύγιο της περιοχής επιρροής τους αποτελούν δυο από τις βασικότερες υπηρεσίες τους. Η προστασία που τα δέντρα παρέχουν συνίσταται στη συγκράτηση κατακρημνισμάτων από την κόμη τους με αποτέλεσμα τη ρύθμιση των ποσοτήτων νερού που φτάνει στο έδαφος, εμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την ταχεία επιφανειακή ροή του νερού στην οποία οφείλονται φαινόμενα εδαφικής διάβρωσης και πλημμυρών. Ο περιορισμός της επιφανειακής ροής του νερού έχει θετικό αντίκτυπο και στη ρύθμιση του υδατικού ισοζυγίου καθώς το νερό που δεν ρέει ταχέως μεταφέρεται προς τα κατώτερα εδαφικά στρώματα και τελικά εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς.

Μια υπηρεσία του δάσους η οποία είναι χαρακτηριστική της εποχής μας και φαίνεται να καταλαμβάνει κυρίαρχη θέση είναι η αναψυχή (Χατζηστάθης και Ισπικούδης 1995). Αποτελεί πεποίθηση του ανθρώπου ότι το δάσος μπορεί να εξασφαλίσει σωματική και ψυχική υγεία μέσω της ανάπαυσης, της έμπνευσης, της δραστηριοποίησης και της άθλησης.

Το δάσος μπορεί όμως να επηρεάσει και την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και εμμέσως να επιτελέσει καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου. Τα δέντρα έχουν τη δυνατότητα να δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και μέσω της φωτοσύνθεσης να την μετατρέπουν σε βιομάζα. Με αυτή τους τη λειτουργία τα δάση ενεργούν σαν μια τεράστια αποθήκη άνθρακα και ως εκ τούτου παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του ισοζυγίου άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Ντάφης 1986, Καράταγλης 1999, Ραδόγλου 2003). Για το λόγο αυτό η σημασία του δάσους για τη ρύθμιση του φαινόμενου του θερμοκηπίου είναι καθοριστική. Χαρακτηριστικό είναι ότι το σύνολο των δασών παγκοσμίως αποθηκεύει ετησίως 283Gt άνθρακα στη βιομάζα του ενώ αν ληφθεί υπόψη και ο άνθρακας που αποθηκεύεται στα δασικά εδάφη, στα νεκρά δένδρα και στα υπολείμματα υλοτομιών τότε το σύνολο του αποθηκευμένου άνθρακα ξεπερνά τις ποσότητες άνθρακα που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα (FAO 2006).

Σύμφωνα με τον Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών για τα Τρόφιμα και τη Γεωργία (FAO 2006) η λειτουργία των δασών ποσοτικά διακρίνεται σε: 34% για παραγωγή ξύλου, 9% για προστασία του εδάφους, 11% για διατήρηση της βιοποικιλότητας, 4% για κοινωνικές υπηρεσίες, 34% για πολλαπλούς σκοπούς και 8% για άγνωστες λειτουργίες.

2.1.2 ΞΥΛΟ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ

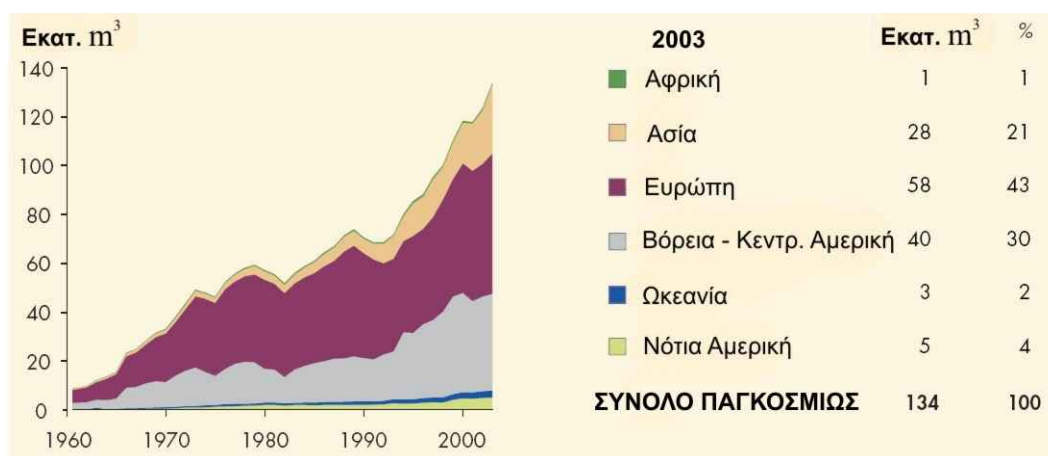
Το ξύλο χρησιμοποιείται από τα χρόνια της αρχαιότητας ως δομική και ενεργειακή πρώτη ύλη (Τσουμής 1986, Γρηγορίου 1996Α). Μια από τις μεγαλύτερες καινοτομίες της ανθρωπότητας ήταν η χρήση της φωτιάς τροφοδοτούμενης από ξύλο για μαγειρική και θέρμανση (Rowell 2005). Το ξύλο ήταν και παραμένει ελκυστικό για πλήθος χρήσεων κυρίως λόγω των παρακάτω προτερημάτων του (Γρηγορίου 1996Α, Matthews 1997):

- Παρουσιάζει υψηλή μηχανική αντοχή σε σχέση με το βάρος του.
- Παρουσιάζει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες και δεν εκπέμπει ραδιενέργεια.
- Παρουσιάζει υψηλή αισθητική αλλά και ποικιλία χρωμάτων και σχεδιάσεων.
- Παρουσιάζει οικολογικό χαρακτήρα καθώς αφενός είναι ένα ανανεώσιμο, βιοαποικοδομήσιμο φυσικό προϊόν και αφετέρου κατεργάζεται με μικρή δαπάνη ενέργειας (σε σχέση με άλλα υλικά όπως τα μέταλλα, το σκυρόδεμα κ.α.) και επομένως παίζει ρόλο στη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Το ξύλο και τα προϊόντα του αποτελούν αποθήκες διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο δεσμεύτηκε από την ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Ο οικολογικός χαρακτήρας του ξύλου περιλαμβάνει και τη δυνατότητα επανάχρησής του, όπως περιγράφεται σε επόμενα κεφάλαια.

Στη διευρυμένη Ευρωπαϊκή Ένωση (EU-25), η βιομηχανία ξύλου αποτελείται από 270.000 επιχειρήσεις, απασχολεί 2,7 εκατομμύρια εργαζόμενους και

παρουσιάζει ετήσιο τζίρο περίπου 170 δισεκατομμύρια Ευρώ (EPF 2005, Van Riet 2006). Για το λόγο αυτό η αειφόρος διαθεσιμότητα πρώτης ύλης ξύλου είναι ζωτικής σημασίας για τις βιοτεχνίες-βιομηχανίες ξύλου.

Από το πλήθος των προϊόντων ξύλου τα οποία είναι διαθέσιμα στις μέρες μας μεγάλη σημασία έχουν αποκτήσει τα σύνθετα προϊόντα ξύλου τύπου ξυλοπλακών (Wood Based Panels) και ιδίως τα συγκολλημένα με σύνθετες συγκολλητικές ουσίες. Στις ξυλοπλάκες αυτές ανήκουν οι μοριοπλάκες, οι ινοπλάκες, τα αντικολλητά, οι πηχοσανίδες, ξυλοπλάκες τύπου OSB, LSL, LVL κ.α.). Τυπικοί αντιπρόσωποι αυτών είναι ξυλοπλάκες του τύπου των μοριοπλακών (particleboards) και των ινοπλακών μέσης πυκνότητας (Medium Density Fiberboards, MDF) τα οποία φαίνεται να έχουν καθιερωθεί σε πολλές εφαρμογές (κυρίως στην επιπλοποιία και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων) και παρουσιάζουν συνεχώς αυξανόμενη παραγωγή (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Παραγωγή σύνθετων προϊόντων ξύλου τύπου ξυλοπλακών από το 1961 ως το 2003 ανά ηπείρους (FAO, 2005)

2.1.2.1 ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΑ

Η μοριοπλάκα ή μοριοσανίδα (particleboard) είναι ένα προϊόν ξύλου με μορφή πλάκας αποτελούμενης από τεμαχίδια ξύλου ή άλλων λιγνινοκυτταρινικών υλών τα οποία αφού αναμιχθούν με κατάλληλη συγκολλητική ουσία συγκολλούνται με συμπίεση σε θερμή πρέσα (Γρηγορίου 1996B, Τσουμής 1999).

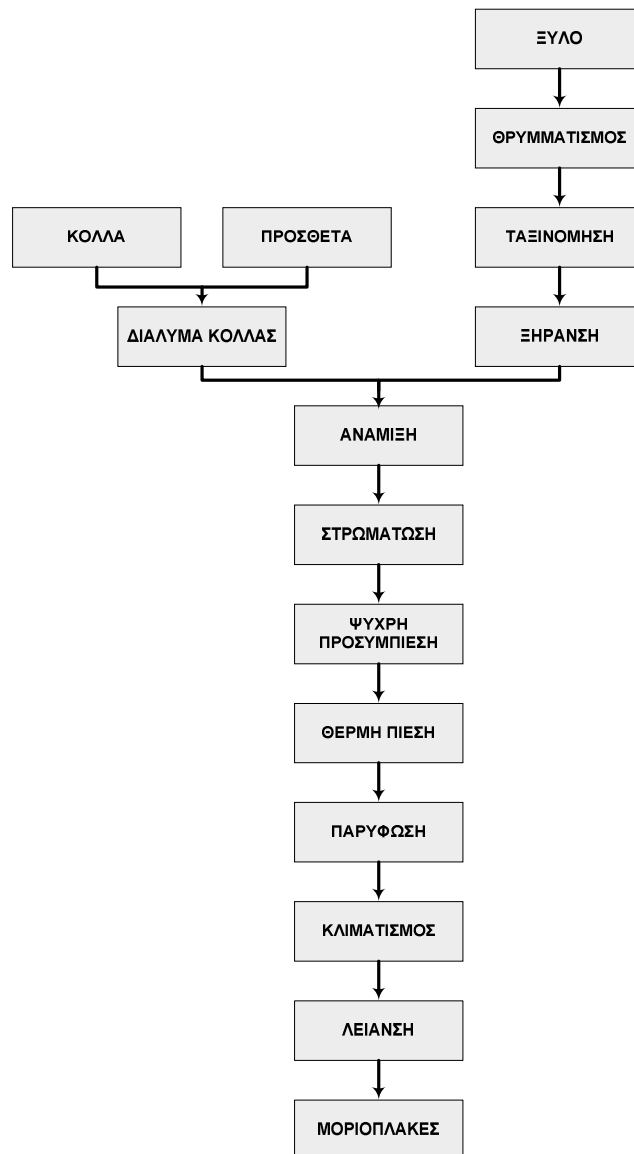
Σε ότι αφορά στις πρώτες ύλες, για την παραγωγή της μοριοπλάκας απαιτούνται ξυλοτεμαχίδια τα οποία μπορούν να προκύψουν από στρογγυλή ξυλεία, ξυλεία θρυμματισμού διαφόρων δασοπονικών ειδών, υπολείμματα άλλων μορφών κατεργασίας ξύλου, αλλά και από εναλλακτικές πηγές όπως υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (Maloney 1993, Γρηγορίου 1996B, Roffael 1997, Youngquist 1999).

Οι μοριοπλάκες παράγονται σε πυκνότητες οι οποίες διακρίνονται σε: μικρή (ως 0,60g/cm³), μέση (από 0,60 ως 0,80g/cm³) και μεγάλη πυκνότητα (πάνω

από $0,80\text{g/cm}^3$). Οι διαστάσεις στις οποίες παράγονται ποικίλλουν σε ότι αφορά το πάχος από 4 ως 120mm, το πλάτος από 1,83 ως 2,20m και το μήκος από 2,20 ως 5,60m. Σε ότι αφορά την κατά πάχος δομή τους, οι μοριοπλάκες διακρίνονται σε: α) απλές, στις οποίες χρησιμοποιούνται ξυλοτεμαχίδια ίδιας γεωμετρίας σε όλο το πάχος της πλάκας, β) τρίστρωμες, στις οποίες σχηματίζονται 3 στρώσεις ξυλοτεμαχιδίων κατά το πάχος και συγκεκριμένα δυο επιφανειακές (αποτελούμενες από ξυλοτεμαχίδια διαστάσεων συνήθως μικρότερων από 1,5mm) και μια μεσαία (αποτελούμενη από ξυλοτεμαχίδια διαστάσεων μεγαλύτερων από 1,5mm), γ) πολύστρωμες, οι οποίες μοιάζουν με τις τρίστρωμες αλλά φέρουν περισσότερες των τριών αλλά πάντα περιττού αριθμού στρώσεις και δ) βαθμιδωτής δομής, οι οποίες φέρουν στις επιφάνειες μικρών και στο μέσο μεγάλων διαστάσεων ξυλοτεμαχίδια, αλλά δεν παρατηρείται σαφής διαμόρφωση σε στρώσεις καθώς παρατηρείται μια βαθμιδωτή αύξηση των διαστάσεων των ξυλοτεμαχιδίων από τις επιφάνειες προς το κέντρο της ξυλοπλάκας.

Οι περισσότεροι συνήθεις μοριοπλάκες είναι μέσης πυκνότητας, τρίστρωμες και βαθμιδωτής δομής και πάχους από 6 ως 40mm. Η Εικόνα 2 αποτελεί μια απλοποιημένη σχηματική παράσταση βιομηχανικής παραγωγής μοριοπλακών (Λυκίδης 2004).

Η μοριοπλάκα διατίθεται στο εμπόριο γυμνή (χωρίς επένδυση) αλλά σε μεγαλύτερο ποσοστό επικαλύπτεται με διάφορες διακοσμητικές επικαλύψεις όπως ξυλόφυλλα, επικαλύψεις από φύλλα χαρτιού εμποτισμένα με θερμοσκληρυνόμενη κόλλα μελαμίνης-φορμαλδεΐδης (φύλλα μελαμίνης), λεπτά φύλλα θερμοπλαστικών πολυμερών (κυρίως πολυβινυλοχλωριδίου, PVC), όπως επίσης και επικαλύψεις από πολλαπλές στρώσεις φύλλων χαρτιού KRAFT εμποτισμένων με ρητίνες φαινόλης-φορμαλδεΐδης (βακελίτες) (Maloney 1993).



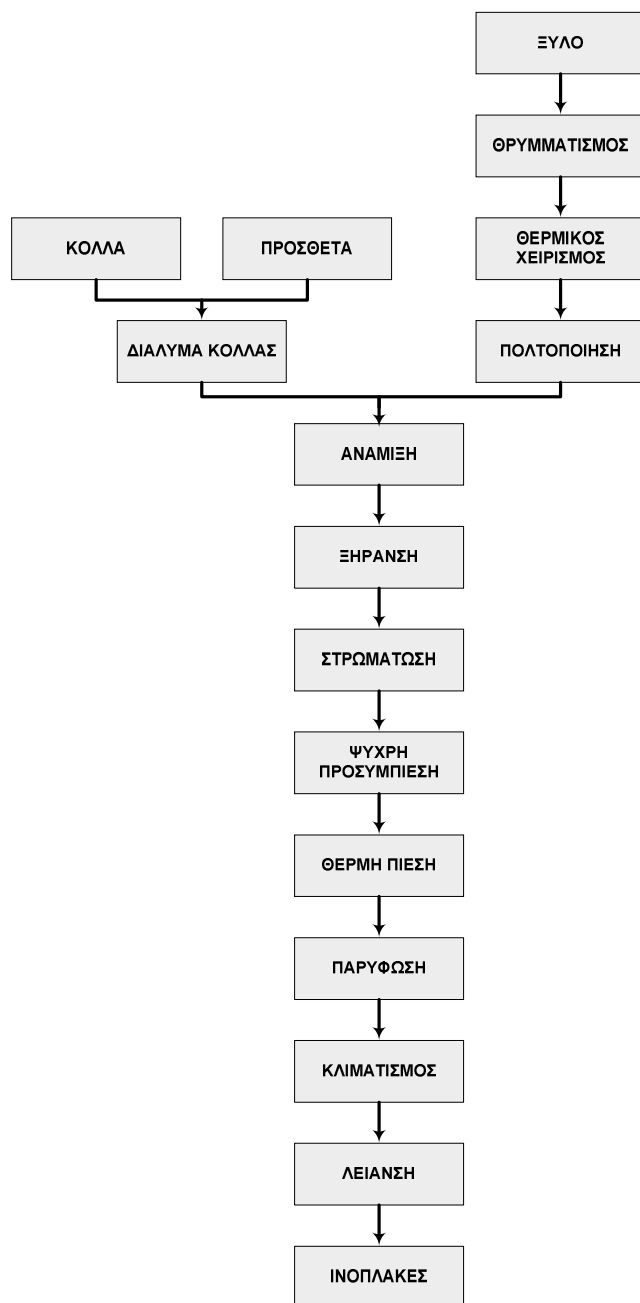
Εικόνα 2: Σχηματική παράσταση των φάσεων παραγωγής μοριοπλάκας (Λυκίδης 2004)

Η μοριοπλάκα αποτελεί, όπως και τα περισσότερα συγκολλημένα προϊόντα ξύλου ένα σχετικά νέο προϊόν η έναρξη της βιομηχανικής παραγωγής του οποίου χρονολογείται το 1941 (Maloney 1993, Γρηγορίου 1996B, Τσουμής 1999). Στα χρόνια που μεσολάβησαν ως τις μέρες μας, αναπτύχθηκε με ταχείς ρυθμούς και πλέον χρησιμοποιείται ευρύτατα σε ποικίλες χρήσεις σημαντικότερες εκ των οποίων είναι η επιπλοποιία και άλλες κατασκευές εσωτερικών χώρων (Maloney 1993).

2.1.2.2 ΙΝΟΠΛΑΚΑ ΜΕΣΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Οι ινοπλάκες (fiberboards) είναι προϊόντα ξύλου με μορφή πλάκας τα οποία παράγονται από ίνες ή συσσωματώματα ινών ξύλου ή άλλων λιγνινοκυτταρινικών πρώτων υλών τα οποία αναμιγνύονται με κατάλληλη συγκολλητική ουσία και συμπιέζονται σε θερμή πρέσα (Γρηγορίου 2005). Οι

ινοπλάκες μέσης πυκνότητας ή MDF (Medium Density Fiberboards) αποτελούν τις πιο διαδεδομένες ινοπλάκες και παράγονται σε πάχη από 4mm ως 50mm, μήκη από 1,83 ως 3,66m και πλάτη από 1,22 ως 1,87m ενώ η πυκνότητά τους κυμαίνεται από 0,60 ως 0,80g/cm³.



Εικόνα 3: Σχηματική παράσταση των φάσεων παραγωγής ινοπλάκας μέσης πυκνότητας

Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας, όπως και η μοριοπλάκα, μπορεί να διατεθεί ως γυμνό προϊόν (χωρίς επένδυση) αλλά συνηθέστερα μετά την επικάλυψή του με διακοσμητικές επικαλύψεις όπως ξυλόφυλλα, επικαλύψεις με φύλλα χαρτιού εμποτισμένα με θερμοσκληρυνόμενη κόλλα μελαμίνης φορμαλδεΰδης (φύλλα μελαμίνης), λεπτά φύλλα θερμοπλαστικών

πολυμερών (κυρίως πολυβινυλοχλωριδίου, PVC), όπως επίσης και με διάφορα επιχρίσματα (νιτροκυτταρίνες, πολυεστέρες, υδατοδιαλυτά επιχρίσματα ακρυλικού τύπου κ.α.) (Γρηγορίου 2005).

Η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 65%) στην επιπλοποιία και γενικά για κατασκευές εσωτερικών χώρων όπου αντικαθιστά σε πολλές περιπτώσεις και με επιτυχία το συμπαγές ξύλο. Υπάρχουν και ειδικές περιπτώσεις κατά τις οποίες η ινοπλάκα μέσης πυκνότητας εμπλουτίζεται κατά την παραγωγή της με κατάλληλα πρόσθετα (κόλλες, ανθυγροσκοπικές ουσίες κ.α.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές εξωτερικών χώρων.

2.1.2.3 ΚΟΛΛΕΣ ΟΥΡΙΑΣ - ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ

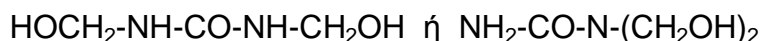
Για την παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας, πέραν των λιγνινοκυτταρινικών πρώτων υλών, απαραίτητο είναι και το σύστημα της συγκολλητικής ουσίας το οποίο σε μεγάλο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής αποτελείται από θερμοσκληρυνόμενη κόλλα ουρίας-φορμαλδεΐδης (UF resin) (Stefke και Dunky 2006). Οι κόλλες ουρίας-φορμαλδεΐδης είναι οι πιο σημαντικές και συνήθως χρησιμοποιούμενες συγκολλητικές ουσίες στην παραγωγή συγκολλημένων προϊόντων ξύλου καθώς τουλάχιστον 90% της παγκόσμιας παραγωγής συγκολλημένων ξυλοπλακών παράγεται με χρήση αυτών (Dunky και Niemz 2002). Λόγω της σπουδαιότητάς τους, οι ως άνω κόλλες έχουν μελετηθεί διεξοδικά τόσο στα ερευνητικά εργαστήρια όσο και στις βιομηχανίες παραγωγής συγκολλητικών ουσιών. Οι κόλλες ουρίας-φορμαλδεΐδης αποτελούν προϊόντα πολυσυμπύκνωσης ουρίας και φορμαλδεΐδης. Η ουρία αντιδρά με την φορμαλδεΐδη με αποτέλεσμα το σχηματισμό μεθυλολικών ενώσεων (Kelly 1970). Στην Εικόνα 4 φαίνονται τα προϊόντα αντίδρασης μεταξύ ουρίας και φορμαλδεΐδης.



ουρία + φορμαλδεΐδη



μονομεθυλολική ουρία



διμεθυλολική ουρία



τριμεθυλολική ουρία

Εικόνα 4: Προϊόντα αντίδρασης μεταξύ ουρίας και φορμαλδεΐδης (Kelly, 1970)

Με παραπέρα αντίδραση, παράλληλα με την αφαίρεση νερού, σχηματίζονται προϊόντα πολυσυμπύκνωσης χαμηλού μοριακού βάρους τα οποία στη συνέχεια συμπυκνώνονται και οδηγούν στη δημιουργία άτηκτων και αδιάλυτων ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους (Pizzi 1983, Pizzi 1994).

Οι κόλλες UF προτιμώνται λόγω του χαμηλού κόστους τους, της ικανοποιητικής -για τα προϊόντα στα οποία χρησιμοποιούνται- αντοχής τους, της μικρής ευφλεκτότητας τους, της απουσίας χρώματος στα σκληρυμένα πολυμερή και την εύκολη προσαρμογή τους σε διάφορες συνθήκες πολυμερισμού (Pizzi 1994). Το σημαντικότερο τους μειονέκτημα από την άλλη πλευρά είναι η υδρόλυση που το νερό και η υγρασία μεμονωμένα ή σε συνδυασμό με θερμότητα προκαλούν στους αμινομεθυλενικούς δεσμούς τους. Η ευαισθησία των συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης και κατ' επέκταση των μοριοπλακών και των ινοπλακών μέσης πυκνότητας στην υγρασία και τη θερμότητα είναι κάτι που έχει ήδη γίνει αντικείμενο εκτεταμένων ερευνών (Freeman και Kreibich 1968, Neusser και Schall 1970, Ginzl 1973, Liir και Kivistö 1981, Kehr και άλλοι 1993A, Kehr και άλλοι 1993B, Michanickl και Boehme 1996, Na και άλλοι 1996, Roffael και Kraft 2004). Αυτός είναι και ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο σύνθετα προϊόντα ξύλου που παράγονται με κόλλες ουρίας-φορμαλδεΐδης (και επομένως οι μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες μέσης πυκνότητας) προορίζονται για χρήση σε εσωτερικούς χώρους (Youngquist 1999).

2.1.3 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ MDF

2.1.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η σημασία των συγκολλημένων προϊόντων ξύλου τύπου μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας μπορεί να προσεγγιστεί από διάφορες οπτικές. Τα ως άνω προϊόντα κατασκευάζονται από ξυλώδεις πρώτες ύλες οι οποίες έχουν προηγουμένως μετατραπεί σε ξυλοτεμαχίδια, ίνες και άλλων μορφών θρυμματισμένο ξύλο. Το γεγονός αυτό καθιστά τα προϊόντα αυτά πλεονεκτικά σε σχέση με το συμπαγές ξύλο καθώς μπορούν να κατασκευαστούν με χρήση υπολειμμάτων άλλων κατεργασιών του ξύλου, όπως για παράδειγμα τα υπολείμματα πρίσης.

Σημαντικό πλεονέκτημα των μοριοπλακών και ινοπλακών είναι επίσης και το μεγάλο εύρος των ξυλωδών πρώτων υλών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή τους. Ήδη έχουν εκπονηθεί αρκετές μελέτες για χρήση εναλλακτικών πρώτων υλών όπως φλοιός, ξύλο χαμηλής ποιότητας από μικρής ηλικίας δέντρα, δασικά και αγροτικά υπολείμματα καλλιεργειών κ.α. στην παραγωγή των εν λόγω προϊόντων (Grigoriou και Passialis 1994, Youngquist κ.α. 1994, Russell 1996, Sauter 1996, Hague 1998, Grigoriou 2000, Grigoriou κ.α. 2000, Bowyer και Stockmann 2001, Barboutis και Philippou 2007). Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την οικολογική πλευρά των μοριοπλακών και ινοπλακών καθώς για την παραγωγή τους το συμπαγές ξύλο μπορεί εν μέρει ή συνολικά να αντικατασταθεί από εν δυνάμει απορρίμματα. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η πίεση προς τα δάση

για κάρπωση ξύλου και επομένως ενδυναμώνεται η προστασία προς τα δασικά οικοσυστήματα και το περιβάλλον γενικά.

Επιπλέον πλεονέκτημα των μοριοπλακών και ινοπλακών σε σχέση με ανταγωνιστικά μη ξυλώδη υλικά είναι το γεγονός ότι για την παραγωγή τους χρησιμοποιείται αναλογικά μικρή ποσότητα από συνθετικές συγκολλητικές ουσίες που προέρχονται από το πετρέλαιο. Σε αυτόν τον τομέα ήδη υπάρχουν ερευνητικά αποτελέσματα για εναλλακτικές λύσεις στην παραγωγή συγκολλητικών ουσιών που δεν είναι πετροχημικής προέλευσης, όπως τα υπολείμματα λιγνίνης που προκύπτουν από την παραγωγή χαρτιού (Shen 1977, Pizzi 1983, Bera κ.α. 1985), τα εκχυλίσματα του φλοιού και του ξύλου διαφόρων φυτικών ειδών (Dunky και Nimz 2002, Zerrenfeld και Grunwald 2005) και άλλες ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

Ένας επιπρόσθετος λόγος για τον οποίο προτιμώνται οι μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες στις διάφορες εφαρμογές είναι ορισμένα χαρακτηριστικά τους όπως η διαθεσιμότητα σε μεγάλες διαστάσεις, οι λείες επιφάνειες, η ομοιομορφία ιδιοτήτων και η απαλλαγή τους από τα σφάλματα του συμπαγούς ξύλου.

2.1.3.2 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ

Οι μοριοπλάκες και ινοπλάκες μέσης πυκνότητας αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των συγκολλημένων προϊόντων ξύλου με παγκόσμια παραγωγή η οποία σύμφωνα με τον FAO το 2003 ξεπέρασε τα 120 εκατομμύρια κυβικά μέτρα και σύμφωνα με τον Πίνακα 1 και τον Scott (1997) παρουσιάζει συνεχώς αυξανόμενες τιμές τα τελευταία χρόνια. Από την ποσότητα αυτή το 74% αποτελείται από μοριοπλάκες και το υπόλοιπο 26% από ινοπλάκες μέσης πυκνότητας.

Πίνακας 1: Παγκόσμια παραγωγή ινοπλακών μέσης πυκνότητας, μοριοπλακών και συνολικής ποσότητας συγκολλημένων ξυλοπλακών (FAOSTAT, 2008)

	Ινοπλάκες μέσης πυκνότητας (m ³)	Μοριοπλάκες (m ³)	Σύνολο συγκολλημένων ξυλοπλακών (m ³)
1966	-	10.956.500	51.099.282
1976	-	34.802.700	95.766.965
1986	-	48.273.040	120.133.227
1996	9.305.300	67.054.856	147.574.156
2003	33.035.419	92.081.498	218.922.289
2006	50.506.093	106.290.120	260.058.048

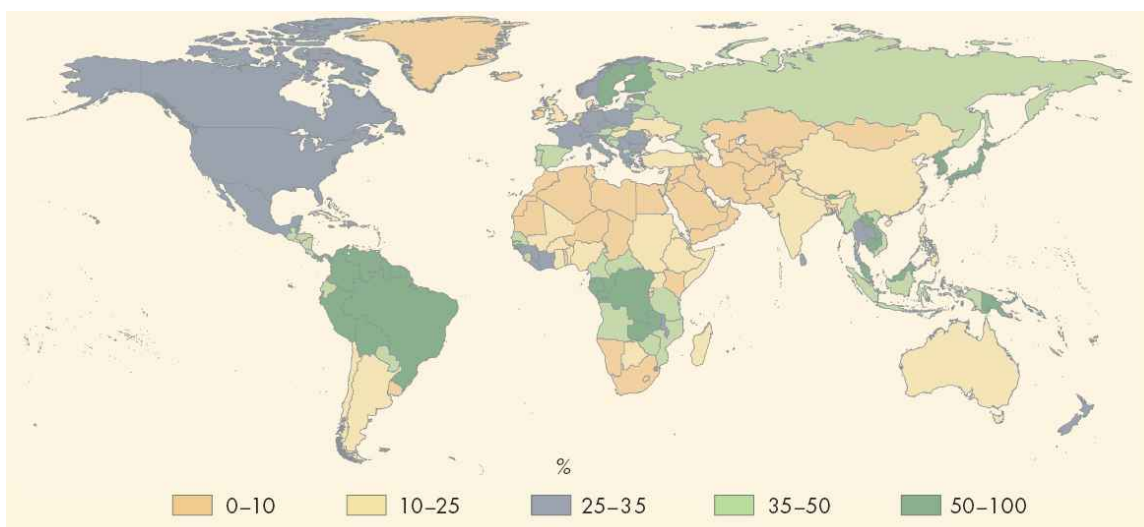
Στην Ευρώπη σύμφωνα με τον Van Riet (2006) υπάρχουν 250 εργοστάσια παραγωγής μοριοπλακών και 60 εργοστάσια παραγωγής ινοπλακών μέσης πυκνότητας τα οποία το 2004 παρήγαγαν 34,3 εκατομμύρια m³ μοριοπλακών και 11,9 εκατομμύρια m³ ινοπλακών μέσης πυκνότητας.

2.2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΔΑΣΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΞΥΛΟΥ

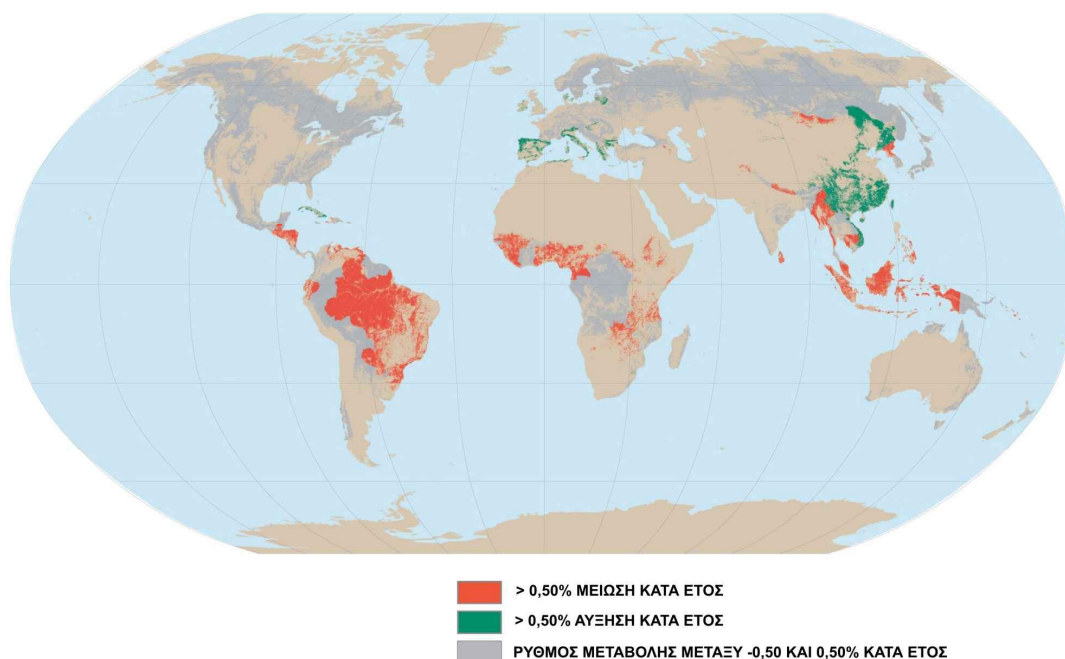
Αποτελεί κοινή διαπίστωση όχι μόνο στην επιστημονική κοινότητα αλλά και στο γενικότερο κοινωνικό σύνολο το γεγονός ότι το φυσικό περιβάλλον του πλανήτη μας δέχεται τα τελευταία χρόνια πολύ ισχυρές πιέσεις οι οποίες συνίστανται μεταξύ άλλων και στη ρύπανση της ατμόσφαιρας, την υποβάθμιση των χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων (με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα αστικά και βιομηχανικά απορρίμματα), τη μόλυνση των υπογείων αποθεμάτων νερού και τη σημαντική ελάττωση της έκτασης των δασών (Διαμαντής, 2002).

2.2.1 ΜΕΙΩΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ – ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η κακώς νοούμενη ανάπτυξη έχει οδηγήσει μεταξύ άλλων και στη μείωση των δασικών εκτάσεων. Είναι γνωστές οι επεμβάσεις στις τροπικές περιοχές της Αφρικής της Νοτιοανατολικής Ασίας και του Αμαζονίου οι οποίες έχουν υψηλά ποσοστά δάσωσης (βλ. Εικόνα 5 και Εικόνα 6). Αποτέλεσμα των επεμβάσεων αυτών ήταν η για κάθε έτος μείωση των δασών (για την περίοδο 2000-2005) ανα 4,3 εκατομμύρια εκτάρια στη Νότια Αμερική και ανα 4 εκατομμύρια εκτάρια στην Αφρική.



Εικόνα 5: Ποσοστά εκτάσεων δασικών οικοσυστημάτων σε σχέση με το σύνολο των χερσαίων εκτάσεων ανά χώρα (FAO, 2005)



Εικόνα 6: Περιοχές με σημαντικές μεταβολές στις δασικές εκτάσεις (FAO, 2005)

Σύμφωνα με τους Scarascia-Mugnozza και Pisanelli (2008) η σημερινή έκταση των δασικών εκτάσεων αποτελεί περίπου το 50% της έκτασης που κάλυπτε πριν 10.000 χρόνια, όταν και ο άνθρωπος ξεκίνησε την εντατική εφαρμογή των καλλιεργειών. Στον παρακάτω Πίνακα παρατίθενται στοιχεία δημοσιευμένα από έκθεση του FAO σχετικά με το μέγεθος και τις μεταβολές των δασικών εκτάσεων από το 1990 ως το 2005.

Πίνακας 2: Μέγεθος και μεταβολή δασικών εκτάσεων (FAO, 2007)

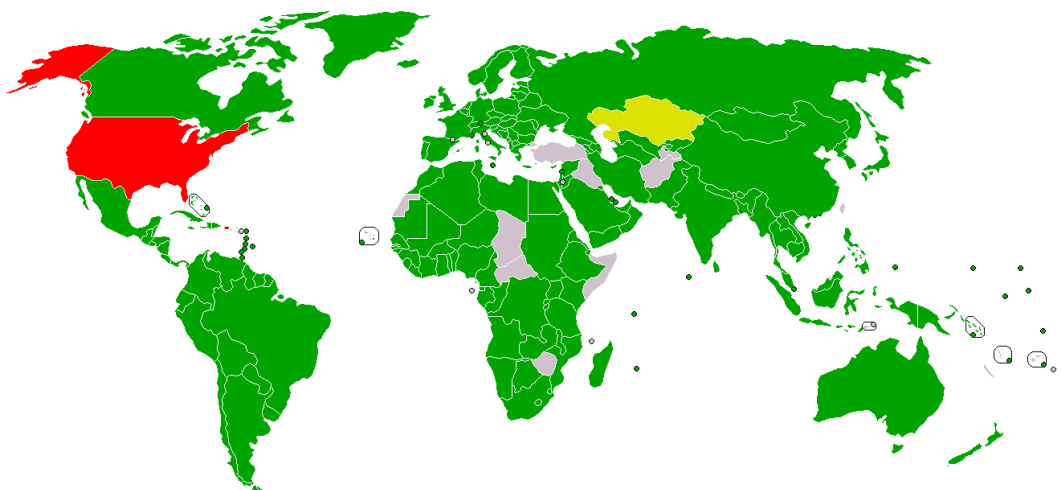
	Επιφάνεια (1000 ha)			Ετήσια Μεταβολή (1000 ha)		Ετήσιος Ρυθμός μεταβολής (%)	
	1990	2000	2005	1990-2000	2000-2005	1990-2000	2000-2005
Ευρώπη	989.320	998.091	1.001.394	877	661	+0,09	+0,07
Γη	4.077.291	3.988.610	3.952.025	-8868	-7317	-0,22	-0,18

Από τα παραπάνω στοιχεία είναι εμφανές ότι αν και στον Ευρωπαϊκό χώρο υπάρχει μικρή αύξηση των δασικών εκτάσεων, σε παγκόσμιο επίπεδο για το χρονικό διάστημα 2000-2005 τα δάση μας μειώθηκαν κατά 0,18% ανά έτος, μείωση η οποία είναι μικρότερη σε σχέση με το 0,22% που αντιστοιχούσε στο χρονικό διάστημα 1990-2000.

Σε ότι αφορά τον Ελληνικό χώρο, οι ρυθμοί αποδάσωσης είναι υψηλοί καθώς από το 1928 μέχρι το 2002 χάθηκε το 41% των δασών μας (Νάσσης 2002).

Παράλληλα με την παραπάνω επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον, τα τελευταία χρόνια είναι έντονα αισθητές οι αλλαγές και στο κλίμα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (Global Warming), αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου, έχει επιφέρει την εμφάνιση όλο και περισσότερων αλλά και εντονότερων φαινομένων όπως κυκλώνες, έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές, τήξη των πάγων των αρκτικών περιοχών κ.α.

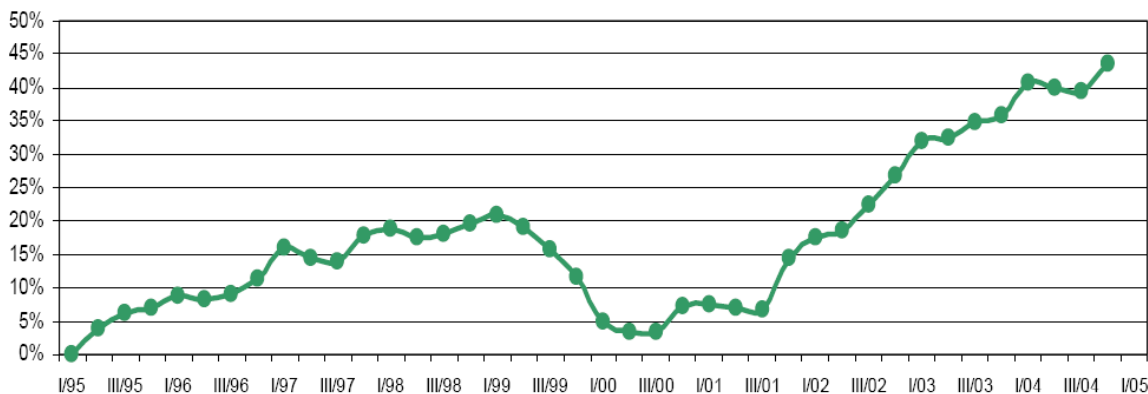
Για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας) αλλά και η πλειοψηφία των υπολοίπων κρατών (βλ. Εικόνα 7) έχει υπογράψει το πρωτόκολλο του Κιότο. Σύμφωνα με αυτό τα κράτη είναι υποχρεωμένα μέχρι το 2010 να μειώσουν τις εκλύσεις αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο) κατά 8% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, <http://unfccc.int>).



Εικόνα 7: Συμμετοχή στο πρωτόκολλο του Κιότο. Με πράσινο χρώμα καταδεικνύονται τα κράτη που έχουν υπογράψει και επικυρώσει τη συνθήκη, με κίτρινο τα κράτη που έχουν υπογράψει αλλά δεν έχουν επικυρώσει, με γκρι τα αναποφάσιστα κράτη και με κόκκινο τα κράτη που δεν έχουν μεν υπογράψει αλλά δεν έχουν διάθεση να επικυρώσουν τη συνθήκη (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008)

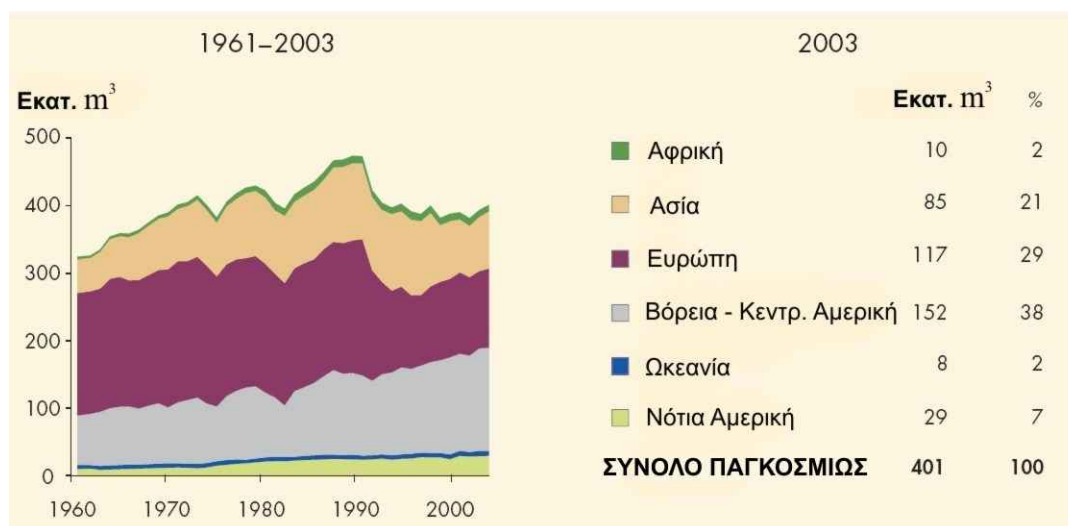
Όπως προαναφέρθηκε, τα δάση μπορούν να βοηθήσουν καθοριστικά την παραπάνω προσπάθεια. Αντίθετα, Η μείωση των δασικών εκτάσεων έχει αρνητικό αντίκτυπο και συμβάλλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Thurgood κ.α. 1995, Διαμαντής 2002, Ραδόγλου 2003, Λυκίδης και Γρηγορίου 2005).

Σημαντική όμως είναι η επίδραση της μείωσης των δασών και στη διαθεσιμότητα και τις τιμές των δασικών προϊόντων (Smith 1996, Wolff 2000, Van Riet 2006). Χαρακτηριστικά στοιχεία της αυξητικής τάσης της τιμής του ξύλου τα τελευταία χρόνια δείχνει το Σχήμα 2 στο οποίο παρουσιάζονται οι έντονες ποσοστιαίες μεταβολές της με βάση το 1^ο τρίμηνο του 1995.



Σχήμα 2: Μεταβολή κόστους ξύλου τα τελευταία 10 έτη (Van Riet, 2006)

Από την άλλη πλευρά, η κατανάλωση πριστής ξυλείας παρουσιάζει γενικά ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια (βλ. Σχήμα 3) σε όλες τις περιοχές της γης, γεγονός που καταδεικνύει ότι υπάρχουν συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε ξύλο και προϊόντα του (Bowyer και Stockmann 2001).

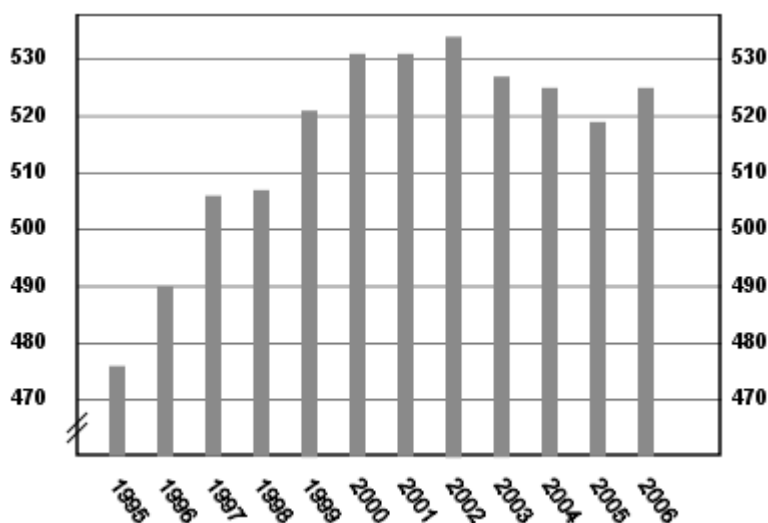


Σχήμα 3: Κατανάλωση πριστής ξυλείας από το 1961 ως το 2003 ανά ηπείρους (FAO, 2005)

2.2.2 ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

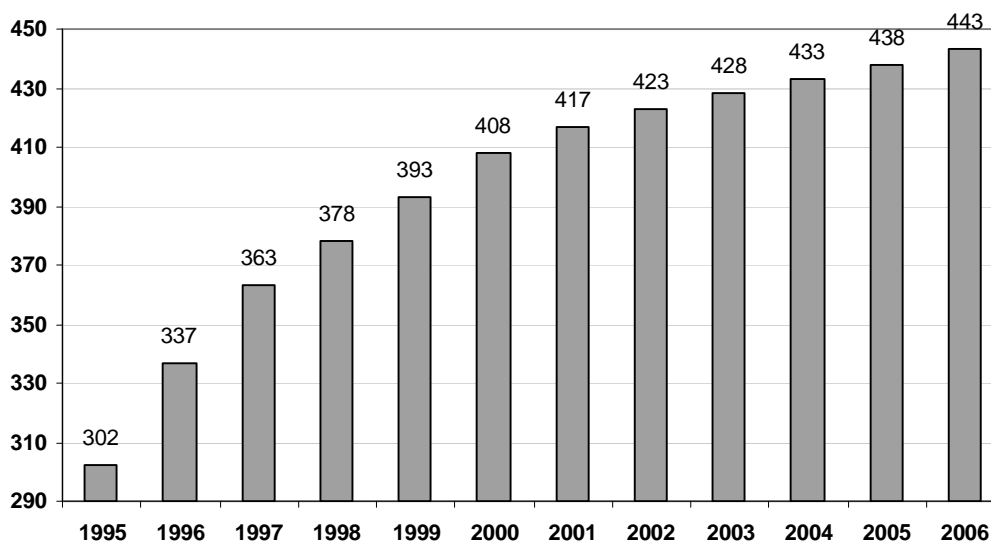
Σύμφωνα με την Thurgood και τους συνεργάτες της (1995) μόνο σε ένα ιδανικό κόσμο δε θα υπήρχαν απορρίμματα. Δυστυχώς όμως ο κόσμος στον οποίο ζούμε δεν είναι ιδανικός. Σχεδόν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα αφενός καταναλώνει πρώτες ύλες και ενέργεια και αφετέρου δημιουργεί κάποιου είδους άχρηστα υπολείμματα.

Από στοιχεία της Eurostat (Σχήμα 4) προκύπτει ότι το βάρος των παραγόμενων δημοτικών απορριμμάτων των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αν και φαίνεται να σταθεροποιείται τα τελευταία 5 χρόνια, παρόλα αυτά είναι υψηλότερο σε σχέση με τα επίπεδα του 1995.



Σχήμα 4: Παραγωγή δημοτικών απορριμμάτων σε Kg ανά άτομο και ανά έτος για την Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 κρατών (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, 2008)

Στην Ελλάδα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, η κατά κεφαλήν παραγωγή δημοτικών απορριμμάτων κάθε έτος παρουσιάζει αύξηση και για το 2006 έφτασε τα 443 Kg/άτομο.



Σχήμα 5: Παραγωγή δημοτικών απορριμμάτων σε Kg ανά άτομο και ανά έτος στην Ελλάδα
(<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, 2008)

Στις Η.Π.Α. σύμφωνα με τον McKeever κ.α. (1995) παρατηρώντας τόσο το συνολικό όσο και το κατά κεφαλή βάρος των παραγόμενων απορριμμάτων διαπιστώνεται αυξητική τάση. Συγκεκριμένα ενώ το 1960 η κατά κεφαλή παραγωγή απορριμμάτων ήταν μικρότερη από 1Kg ημερησίως, το 2000 αυξήθηκε στα περίπου 2Kg. Αντίστοιχα για το 1960 το σύνολο των αστικών απορριμμάτων ήταν περίπου 90 εκατομμύρια τόνοι ετησίως ενώ για το 2000 ξεπέρασε τα 200 εκατομμύρια τόνους.

Στην Ελλάδα το πρόβλημα των οικιακών απορριμμάτων είναι σημαντικό καθώς 3,9 εκατομμύρια τόνοι παράγονται ετησίως. Από αυτά, περίπου το 50% οδηγείται στις περίπου 3000 ανεξέλεγκτες χωματερές. Επεκτείνοντας την έρευνα και στα στερεά απόβλητα (στα οποία συγκαταλέγονται και τα απορρίμματα ξύλου) η κατάσταση δείχνει ακόμα πιο δύσκολη καθώς το μέγεθός τους είναι υπερδιπλάσιο αυτού των οικιακών απορριμμάτων (Καλιαμπάκος και άλλοι 1999). Αποτέλεσμα είναι οι χώροι εναπόθεσης απορριμμάτων να ασφυκτιούν και να μην μπορούν πλέον να «φιλοξενήσουν» τα απορρίμματα. Το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα οξυμμένο στις πόλεις και περισσότερο στις περιπτώσεις χώρων απόθεσης απορριμμάτων οι οποίοι δεν είναι παράλληλα Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.), δηλαδή σε ανεξέλεγκτους ή ημιελεγχόμενους χώρους.

Πίνακας 3: Χώροι διάθεσης απορριμμάτων ανά γεωγραφικό διαμέρισμα στην Ελλάδα
(Σαλονικίδου και άλλοι, 2000)

<i>Γεωγραφικό διαμέρισμα</i>	<i>Αδειοδοτημένοι χώροι</i>	<i>Χώροι μη αδειοδοτημένοι</i>	<i>Σύνολο</i>
Αν. Μακ.-Θρ.	119	176	295
Κεντρ. Μακεδ.	310	265	575
Δυτική Μακεδ.	274	221	495
Ήπειρος	64	510	574
Θεσσαλία	69	359	428
Δυτική Ελλάδα	48	454	502
Στερεά Ελλάδα	175	159	334
Αττική	30	29	59
Πελοπόννησος	101	771	872
Κρήτη	91	476	567
Νήσοι Β. Αιγαίου	107	104	211
Νήσοι Ν. Αιγαίου	158	59	217
Νήσοι Ιονίου	36	204	240
Σύνολο	1582	3787	5369

2.3 ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

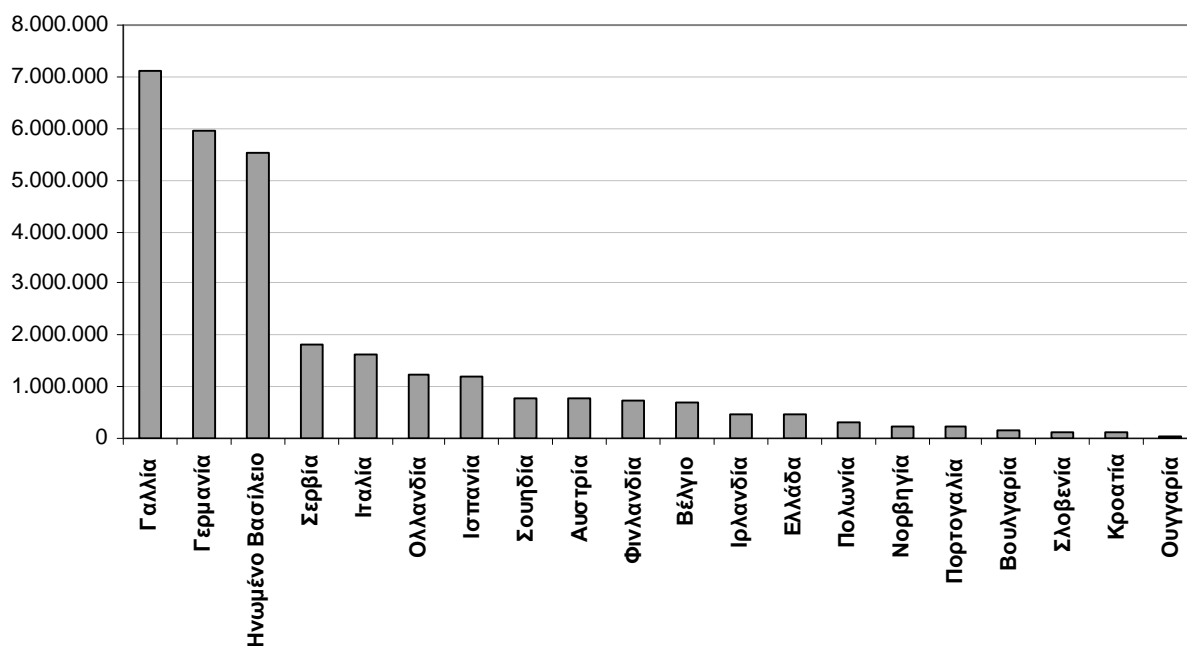
Τα αστικά απορρίμματα περιλαμβάνουν διάφορες κατηγορίες υλικών όπως χαρτί, χαρτόνι, γυαλί, λάστιχα, δέρματα, υφάσματα, πλαστικά, μέταλλα αλλά και ξύλο. Τα απορρίμματα ξύλου που συμπεριλαμβάνονται στα αστικά απορρίμματα αποτελούνται από ξύλινα έπιπλα, ντουλάπες, παλέτες, συσκευασίες, απορριφθείσα πριστή ξυλεία και συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, απορρίμματα από παραγωγικές εγκαταστάσεις και άλλα προϊόντα. Ο Πίνακας 4 περιέχει διάφορες κατηγορίες απορριμμάτων ξύλου κατά τον Jungmeier κ.α. (2005).

Πίνακας 4: Κατηγορίες απορριμμάτων ξύλου (Jungmeier κ.α.,2005).

Ξύλινα υλικά συσκευασίας	Ξύλο κατασκευών και κατεδαφίσεων	Ογκώδη απορρίμματα ξύλου	Απορρίμματα ξύλου από βιομηχανία και εμπόριο
Παλέτες	Στέγες	Έπιπλα	Σιδηροδρομικοί στρωτήρες
Ξύλινες συσκευασίες	Θύρες	Εξοπλισμός κήπων	Στύλοι
Πακέτα μεταφορών	Πλαίσια παραθύρων	Φράχτες	Τύμπανα καλωδίων
Ξύλινα καλύμματα	Ξύλινα πατώματα	Παγκάκια	
	Οικοδομική ξυλεία		
	Ξυλεία μορφοποίησης		

2.3.1 ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

Η πρώτη οργανωμένη προσπάθεια μέτρησης των ποσοτήτων απορριμμάτων ξύλου για κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης πραγματοποιήθηκε πρόσφατα από την Ευρωπαϊκή Δράση E31 (με τίτλο: «Διαχείριση Ανακτημένου Ξύλου») στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Συνεργασίας στο πεδίο της Επιστημονικής και Τεχνικής Έρευνας (COST – European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research). Τα αποτελέσματα της έρευνας δημοσιεύτηκαν από τον Merl και τους συνεργάτες του (2007). Στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται οι ποσότητες απορριμμάτων ξύλου, ενώ ο Πίνακας 5 περιέχει τις ποσότητες απορριμμάτων ξύλου και την αξιοποίησή τους για τις χώρες που συμμετείχαν στην ως άνω Δράση.



Σχήμα 6: Ποσότητες απορριμμάτων ξύλου (τόνοι /έτος) σε χώρες της Ευρώπης που συμμετείχαν στη Δράση COST E31 (Merl κ.α., 2007)

Πίνακας 5: Ποσότητες απορριμμάτων ξύλου και αξιοποίησή τους στις χώρες που συμμετείχαν στη Δράση COST E31 (Merl κ.α., 2007)

ΧΩΡΑ	Επανά-Χρηση*	Ανακύ-κλωση	Ενέργεια	Απόθεση	Κομποστο-ποίηση	Άλλα-άγνωστο	ΣΥΝΟΛΟ
	t/έτος	t/έτος	t/έτος	t/έτος	t/έτος	t/έτος	t/έτος
Αυστρία	38.750	310.000	325.500	15.500	77.500	7.750	775.000
Βέλγιο	259.540	191.240	13.660	13.660	68.300	136.600	683.000
Βουλγαρία	1.633	40.825	57.155	8.165	-	55.522	163.300
Γαλλία	-	5.041.000	994.000	1.065.000	-	-	7.100.000
Γερμανία	-	906.224	4.119.742	11.924	47.696	876.414	5.962.000
Ελλάδα	-	-	-	-	-	450.000	450.000
Ην. Βασίλειο	-	885.760	1.550.080	1.217.920	608.960	1.273.280	5.536.000
Ιρλανδία	38.552	318.053	4.819	38.552	9.638	72.285	481.898
Ισπανία	-	960.000	60.000	108.000	60.000	12.000	1.200.000
Ιταλία	112.841	922.070	559.368	17.732	-	-	1.612.011
Κροατία	5.052	15.155	70.723	5.052	2.021	3.031	101.034
Νορβηγία	-	12.300	172.200	4.920	17.220	41.820	248.460
Ολλανδία	-	755.525	459.000	-	-	34.925	1.249.450
Ουγγαρία	1.600	3.200	6.400	16.000	3.200	1.600	32.000

Πολωνία	34.100	9.300	6.200	3.100	-	257.300	310.000
Πορτογαλία	-	28.320	2.360	4.720	-	200.600	236.000
Σερβία	18.100	90.500	434.400	543.000	-	724.000	1.810.000
Σλοβενία	5.375	2.688	72.025	24.725	2.688	-	107.500
Σουηδία	19.600	19.600	705.600	19.600	19.600	-	784.000
Φινλανδία	-	360.624	383.163	7.513	-	-	751.300
ΣΥΝΟΛΟ	535.142	10.872.383	9.996.395	3.125.083	916.822	4.147.127	29.592.953

*: Ως επανάχρηση νοείται η επαναλαμβανόμενη χρήση προϊόντος για τον ίδιο σκοπό δίχως να μεταβληθεί σημαντικά η δομή του

Σε ερευνητική εργασία του ο Falk (1997), όπως επίσης και ο McKeever κ.α. (1995) αναφέρουν ότι για το 1994 το ποσοστό του ξύλου στα αστικά απορρίμματα των Η.Π.Α. είναι 7% το οποίο αντιστοιχεί σε 13,2 εκατομμύρια τόνους. Στις Η.Π.Α. παράγονται ετησίως περίπου 14 εκατομμύρια τόνοι απορριμμάτων ξύλου (Powell 1996).

Κατά τον Rowell και συνεργατών του (1991) είναι απαραίτητο να μειωθούν οι ποσότητες απορριμμάτων που καταλήγουν στις χωματερές και τους χώρους υγειονομικής ταφής.

2.3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Η διαχείριση των απορριμμάτων ξύλου όπως άλλωστε και του συνόλου των απορριμμάτων αποτελεί καθημερινό θέμα προβληματισμού για σύγχρονες ανεπτυγμένες κοινωνίες. Παρακάτω αναλύονται οι σύγχρονες μέθοδοι διαχείρισης των απορριμμάτων ξύλου και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που εμφανίζει η εφαρμογή τους.

2.3.2.1 ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΣΕ ΧΩΜΑΤΕΡΕΣ

Η παλαιότερη μέθοδος διαχείρισης απορριμμάτων ξύλου είναι η εναπόθεση σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων (χωματερές) ενώ στις μέρες μας το μεγαλύτερο μέρος των απορριμμάτων ξύλου διατίθεται για υγειονομική ταφή ή σε μικρό ποσοστό για καύση χωρίς παραγωγή ενέργειας (Riddiough και Kearley 2001).

Η εναπόθεση απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτους ή ημιελεγχόμενους χώρους απόθεσης, οι οποίοι σύμφωνα με τη Σαλονικίδου και τους συνεργάτες της (2000) αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος της σύγχρονης πραγματικότητας στην Ελλάδα (βλ. Πίνακας 3) , δημιουργεί σημαντικά προβλήματα απειλώντας το περιβάλλον, την υγεία και την ποιότητα ζωής μας με διάφορους τρόπους. Οι σημαντικότεροι από αυτούς αναφέρονται παρακάτω:

α) Παραγωγή επικίνδυνων αερίων: Κατά την παραμονή των απορριμμάτων στις χωματερές συμβαίνουν αναερόβιες ζυμώσεις οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή βιοαερίου, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο, και διοξείδιο του άνθρακα, αέρια τα οποία προκαλούν τοπικά μόλυνση του αέρα, εγκυμονούν κινδύνους εκρήξεων και συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

β) Μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων: Χημικά, εντομοκτόνα και άλλες ρυπογόνες και σε πολλές περιπτώσεις τοξικές ενώσεις υπό τη μορφή διασταλαζόντων από τα απορρίμματα υγρών παρασύρονται με έκπλυση προς τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλης ρύπανσης και επιρροή των καλλιεργειών και κτηνοτροφίας στην περιοχή.

γ) Ανεξέλεγκτη καύση απορριμμάτων: Η αυτανάφλεξη του βιοαερίου που παράγεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων ή άλλες αιτίες μπορούν να προκαλέσουν καύση των απορριμμάτων η οποία μπορεί να προκαλέσει σημαντική ρύπανση του αέρα στην περιοχή. Η ρύπανση αυτή συνίσταται στην έκλυση τοξικών αερίων ρύπων όπως χλωριωμένες διβενζο-διοξίνες και φουράνια. Επίσης δημιουργείται σοβαρός κίνδυνος εξάπλωσης της πυρκαγιάς και σε παράπλευρες περιοχές.

δ) Πιθανότητα αυτανάφλεξης των απορριμμάτων και εξάπλωσης της πυρκαγιάς σε γειτονικές περιοχές. Είναι γνωστό ότι μέρος των δασικών πυρκαγιών στη χώρα μας οφείλει την εκδήλωσή του σε αναφλέξεις που προκαλούνται από απορρίμματα (γυάλινες συσκευασίες, πλαστικές συσκευασίες κ.α.)

2.3.2.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ - ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

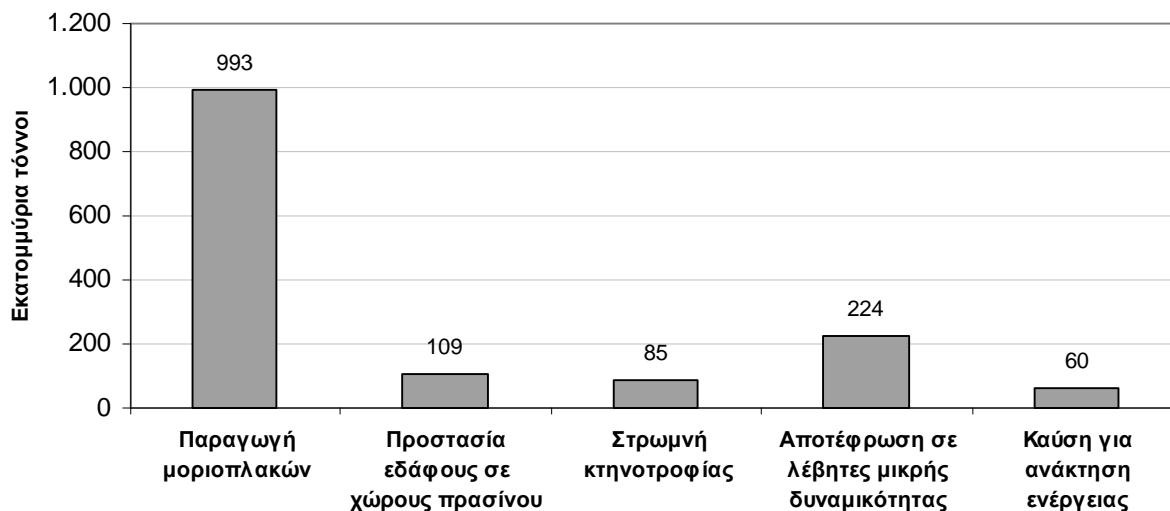
Η ανακύκλωση στις μέρες μας αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο έκφρασης της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης του πολίτη (Βόγκας 1995). Στις μέρες μας, το ξύλο και τα προϊόντα του συνήθως δε θεωρούνται ανακυκλώσιμα υλικά και η ανακύκλωση αποτελεί στη συνείδηση των περισσότερων πολιτών διαδικασία σχετιζόμενη κυρίως με υλικά όπως το γυαλί, τα μέταλλα, το χαρτί αλλά τελευταία και κάποια πολυμερή κυρίως σε μορφή συσκευασιών (McKeever 1996). Παρόλα αυτά, υπολείμματα ξύλου από την πρωτογενή του κατεργασία (πρίση) χρησιμοποιούνται για την παραγωγή και άλλων προϊόντων εδώ και δεκαετίες (Beaudoin 1996, Falk 1997).

Τα απορρίμματα ξύλου είναι στη ουσία μια πρώτη ύλη η οποία βρίσκεται σε μορφή ή/και σε περιοχή στην οποία δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Υπό προϋποθέσεις όμως είναι δυνατό να αποτελέσουν πολύτιμη πρώτη ύλη για παραγωγή πλήθους προϊόντων και έτσι να βοηθήσουν αφενός στη μερική κάλυψη των αναγκών σε «φρέσκο» ξύλο και αφετέρου στον περιορισμό προβλημάτων που τα ίδια προκαλούν κατά την παραμονή τους στις χωματερές (Rowell κ.α. 1991, Rowell κ.α. 1993, Λυκίδης και Γρηγορίου 2005, Irle 2006).

Σε αρκετές χώρες (π.χ. Η.Π.Α.) υπάρχουν ήδη διαμορφωμένοι τομείς της αγοράς και τρόποι επανάχρησης των απορριμμάτων ξύλου.

Η δυνατότητα επανάχρησης των απορριμμάτων ξύλου όπως και το είδος των προϊόντων που θα παραχθούν από αυτά επηρεάζεται από συγκεκριμένους παράγοντες όπως η ποικιλότητα των απορριμμάτων και ο βαθμός επιβάρυνσης τους από ξένες προσμίξεις, η οικονομικότητα της κάθε μεθόδου ανάκτησης αλλά και η διασπορά των πηγών απορριμμάτων ξύλου. Ο Fourcade (2005) σε εργασία του αναφέρει τις ποσότητες ανακτημένου

ξύλου που χρησιμοποιούνται για κάθε μέθοδο επανάχρησής του στο Ηνωμένο Βασίλειο. Λεπτομέρειες παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7: Σύνοψη επιλογών επανάχρησής του ανακτημένου ξύλου στο Ηνωμένο Βασίλειο (εξαιρείται η καύση του στα εργοστάσια παραγωγής μοριοπλακών και η κομποστοποίηση) (Fourcade, 2005)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σημαντικότερες δυνατότητες αξιοποίησης των απορριμμάτων ξύλου με έμφαση στις συγκολλημένες ξυλοπλάκες.

2.3.2.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

2.3.2.3.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Βασικός αντιπρόσωπος των τεχνικών βιολογικής αξιοποίησης των απορριμμάτων ξύλου είναι η κομποστοποίηση, ένα σύστημα αξιοποίησης των οργανικής φύσεως ζυμώσιμων κλασμάτων των απορριμμάτων που αποβλέπει στη βιολογική μετατροπή του βιοαπορρίμματος σε εδαφοβελτιωτικές ουσίες. Το ξύλο λοιπόν των απορριμμάτων ως οργανική ύλη με κύρια χημικά συστατικά την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και τη λιγνίνη αποτελεί μια εναλλακτική πρώτη ύλη για κομποστοποίηση. Απαραίτητη προϋπόθεση της ταχείας βιολογικής αποικοδόμησης των συστατικών του ξύλου με σηπτικούς μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς είναι ο θρυμματισμός ή η πολτοποίηση του. Κατ' αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η πρόσβαση των ένζυμων των μικροοργανισμών στα συστατικά του ξύλου.

Μία ενδιαφέρουσα εναλλακτική πρώτη ύλη για την παραγωγή εδαφοβελτιωτικών είναι οι ξυλοπλάκες παλαιών επίπλων. Σύμφωνα με σχετική έρευνα, οι μοριοπλάκες αποικοδομούνται σε ξυλοτεμαχίδια με τη βοήθεια υδρο-θερμικών μεθόδων και στη συνέχεια χρησιμεύουν ως πρώτη ύλη για κομποστοποίηση. Με δεδομένη την αυξανόμενη δημόσια κριτική

εναντίον της εκμετάλλευσης τεράστιων εδαφικών εκτάσεων για εξόρυξη τύρφης, η οποία οδηγεί στην καταστροφή των σχετικών βιοτόπων, η παραγωγή εδαφοβελτιωτικών από απορρίμματα ξύλου αποτελεί μια ελπιδοφόρα προοπτική αντικατάστασης της τύρφης. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι το εδαφοβελτιωτικό να μην περιέχει φυτοτοξικές ουσίες (Γρηγορίου 2000).

Ο Keener και οι συνεργάτες του (1994) διεξήγαγαν έρευνα για την κομποστοποίηση απορριφθέντων παλετών κατασκευασμένων με ξυλοτεμαχίδια και συγκολλητικές ουσίες ουρίας-φορμαλδεΐδης. Από τα αποτελέσματα της έρευνας αξίζει να μνημονευτεί ότι η παρουσία του αζώτου (κυρίως λόγω της συγκολλητικής ουσίας) περιορίζει τους ρυθμούς κομποστοποίησης. Επίσης σημαντικό είναι και το ότι σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές δεν έχουν διεξαχθεί εκτεταμένες έρευνες σχετικά με την καταλληλότητα κομποστοποιημένων και πολυμερισμένων συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης για χρήση στην καλλιέργεια φυτών.

Έρευνα σχετική με την κομποστοποίηση απορριφθέντων μοριοπλακών και ινοπλακών και τη χρήση του προκύπτοντος λιπάσματος για την καλλιέργεια συγκεκριμένου είδους ιτιάς διεξήγαγε η Wroblecka (2005). Η συγκεκριμένη ερευνήτρια κατέληξε στο συμπέρασμα ότι χρησιμοποιώντας ως άνω λίπασμα από μοριοπλάκες σε αυξημένο ποσοστό (25-50%) προκλήθηκαν αρνητικές συνέπειες στην παραγωγικότητα ιτιάς. Αντίθετα χρησιμοποιώντας λίπασμα από κομποστοποιημένες ινοπλάκες σε ποσοστά 10 ως 50% παρατηρήθηκαν θετικές καλλιεργητικές επιδράσεις.

Σύμφωνα με τον McKeever κ.α. (1995) το 1993 στις Η.Π.Α. περίπου 1,3 εκατομμύρια τόνοι απορριμμάτων ξύλου επαναχρησιμοποιήθηκαν για κομποστοποίηση. Επίσης, ο Kearley κ.α. (2005) αναφέρει ότι μέχρι το 2005 μόλις δυο είναι οι γνωστές επιχειρήσεις που ασχολούνται με την αξιοποίηση απορριφθέντων μοριοπλακών και ινοπλακών για κομποστοποίηση. Συνολικά για την Ευρώπη υπολογίζεται ότι περίπου 260.000m³ απορριμμάτων μοριοπλακών και ινοπλακών χρησιμοποιούνται για κομποστοποίηση. Ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι αφενός το αποτέλεσμα της εν λόγω χρήσης είναι φτωχό και δε δίνει μεγάλα περιθώρια κέρδους στις επιχειρήσεις και αφετέρου ότι η διαδικασία της κομποστοποίησης είναι βραδεία, γεγονός που επίσης δε θεωρείται ιδιαίτερα θετικό.

Μια άλλη αξιολογή προοπτική βιολογικής αξιοποίησης του ξύλου των απορριμμάτων είναι η χρήση του ως θρεπτικού υποστρώματος ανάπτυξης εδώδιμων μανιταριών (Kharazipour και Hüttermann 1997, Kuersten και Militz 2004).

2.3.2.3.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

Σύμφωνα με τον Scott και τους συνεργάτες του (1969), απορρίμματα ξύλου χρησιμοποιήθηκαν σε παλιότερες εποχές ως ζωοτροφή, πρακτική που στις μέρες μας δεν ακολουθείται λόγω δυσκολίας πέψης των δομικών συστατικών του ξύλου. Οι ίδιοι ερευνητές προτείνουν και τρόπους αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού. Ανάλογες αναφορές υπάρχουν και από τους Kuersten και Militz (2004).

2.3.2.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η αξιοποίηση των απορριμμάτων ξύλου στην παραγωγή ενέργειας αφορά απορρίμματα ακατάλληλα για ανακύκλωση, επιβαρυμένα με τοξικές ουσίες ή βαρέα μέταλλα και προτιμάται της υγειονομικής ταφής με την προϋπόθεση ότι προκαλεί μικρότερη ρύπανση στο περιβάλλον. Η απόφαση λοιπόν διαχείρισης των απορριμμάτων ξύλου για παραγωγή ενέργειας ή η υγειονομική ταφή εξαρτάται όχι μόνο από το είδος και ποσοστό της τοξικής επιβάρυνσης με διάφορες ουσίες αλλά και από την επιπλέον ρύπανση που προξενείται κατά την επιλεγμένη διαχείριση. Για το λόγο αυτό το είδος, η τεχνολογία και τα συστήματα καθαρισμού των εγκαταστάσεων καύσης απορριμμάτων ξύλου πρέπει να ρυθμίζονται, ανάλογα με την τοξική επιβάρυνση των απορριμμάτων, έτσι ώστε η συγκέντρωση των παραγομένων υπό μορφή κόνης μικροσωματιδίων και αερίων ρύπων να μην υπερβαίνει συγκεκριμένες οριακές τιμές που έχουν καθορισθεί από σχετικές προδιαγραφές. Ιδιαίτερη προσοχή και κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης απαιτεί η καύση απορριμμάτων ξύλου τα οποία περιέχουν οργανικές ενώσεις χλωρίου όπως είναι π.χ. η πενταχλωροφαινόλη αλλά και ξυλοπλακών επικαλυμμένων με ορισμένα είδη πλαστικών φύλλων π.χ. PVC επειδή κατά την καύση τους εκλύονται μεγάλες ποσότητες αερίων ρύπων χλωρίου (Γρηγορίου 2000).

Ο Falk (1997) αναφέρει ότι για αρκετές δεκαετίες στις ΗΠΑ τα απορρίμματα ξύλου που προέκυπταν από πριστήρια καίγονταν ενώ στις μέρες μας σημαντικό μέρος αυτών χρησιμοποιείται στην παραγωγή νέων προϊόντων με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα σύνθετα προϊόντα (composite products) στα οποία ανήκουν και οι συγκολλημένες ξυλοπλάκες τύπου μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας.

Σε ότι αφορά στα απορρίμματα ξύλου τύπου μοριοπλακών και ινοπλακών δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθούν θερμικά με καύση διότι είναι πολύ πιθανό να φέρουν πολυμερικές επικαλύψεις που περιέχουν χλώριο και συνεπώς πιθανή καύση τους μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό διοξινών (Marutzky και Schriever 1981, Marutzky και Schriever 1988, Digernes και Ophus 1996, Risholm-Sundman και Vestin 2005).

Ειδική μνεία γίνεται από τους Deppe και Jann (1994) σχετικά με την καύση συγκολλημένων προϊόντων ξύλου. Οι εν λόγω συγγραφείς αναφέρουν ότι στην περίπτωση που τα απορρίμματα ξύλου περιέχουν αλογονούχες οργανικές επικαλύψεις είναι απαραίτητη η λήψη εξειδικευμένων μέτρων για τον περιορισμό της μόλυνσης. Επίσης αναφέρουν ότι μετρήθηκαν υψηλές εκλύσεις χλωριωμένων ενώσεων στην περίπτωση που προϊόντα ξύλου επικαλυμμένα με φύλλα πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) κήκαν για παραγωγή ενέργειας. Χαρακτηριστικά αναφέρουν ότι αν απόλυτα ξηρό ξύλο που περιέχει μόλις 1% καθαρού PVC χρησιμοποιηθεί για καύση τότε η συγκέντρωση των καυσαερίων σε υδροχλωρικό οξύ θα ξεπεράσει τα 600mg/m³.

Πέρα όμως από την πιθανότητα σχηματισμού τοξικών ενώσεων, η καύση του ξύλου ισοδυναμεί με την καταστροφή πολύτιμης πρώτης ύλης σε καιρούς που, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το ξύλο ως πρώτη ύλη

παρουσιάζει συνεχώς αυξανόμενες τιμές (Michanicki 1996B, Van Acker και Van Riet 2005).

Τα παραπάνω καταδεικνύουν ότι η θερμική αξιοποίηση απορριμμάτων ξύλου που περιέχουν συγκολλητικές ουσίες και συνθετικές επικαλύψεις εμπεριέχει σημαντικό αριθμό προβλημάτων.

2.3.2.5 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

Υπάρχουν αρκετές και εκτεταμένες έρευνες σχετικές με την επανάχρηση απορριμμάτων ξύλου στην κατασκευή νέων προϊόντων ξύλου. Η βιομηχανία χαρτιού είναι ένας από τους κύριους χρήστες των απορριμμάτων που προκύπτουν από την πρωτογενή κατεργασία του ξύλου στα πριστήρια. (Falk 1997). Η χρήση ανακτημένου ξύλου για την παραγωγή προϊόντων όπως το χαρτί προϋποθέτει εκτεταμένο καθαρισμό και βελτίωση. Αντίθετα, στην περίπτωση που ανακτημένο ξύλο χρησιμοποιείται για την κατασκευή σύνθετων υλικών δεν απαιτείται ανάλογη προετοιμασία (Rowell κ.α. 1991).

Απορρίμματα ξύλου αλλά και άλλων λιγνινοκυτταρινικής φύσης υλικών είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθούν για την κατασκευή σύνθετων προϊόντων από ξύλο και πλαστικά (Wood Fiber – Plastic Composites, WPC). Υπάρχει σχετικό ερευνητικό ενδιαφέρον για τη μίξη σκόνης ξύλου με θερμοπλαστικά πολυμερή και τη μορφοποίησή τους με χρήση εξωθητών (extruders). Ήδη υπάρχουν αρκετοί τύποι τέτοιων σύνθετων προϊόντων τα οποία στη βιβλιογραφία αναφέρονται και ως «ενισχυμένα» πολυμερή. Μόνο η αυτοκινητοβιομηχανία αντιπροσωπεύει μια αγορά της τάξης των 340 εκατομμυρίων κιλών ετησίως. Επίσης σκόνη ξύλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πληρωτικό υλικό στην παραγωγή πολυβινυλοχλωριδίου (PVC). Τέτοιου είδους προϊόντα πλεονεκτούν στο ότι μπορούν να μορφοποιηθούν εύκολα με την εφαρμογή θερμότητας ενώ παράλληλα είναι ελαφρά, και κοστίζουν λιγότερο από τα αμιγή πολυμερικά υλικά. (Rowell κ.α. 1991, Rowell κ.α. 1993, Deaner και Heikkila 1996, Kuersten και Militz 2004).

Μια άλλη μεγάλη ευκαιρία επανάχρησης του απορριφθέντος ξύλου για παραγωγή σύνθετων προϊόντων είναι η ο θρυμματισμός του και η ανάμιξή του με κατάλληλες ποσότητες ανόργανων υλικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μίξη με τσιμέντο. Σχετικές έρευνες υπάρχουν στη βιβλιογραφία (Campbell και Coutts 1980, Moslemi κ.α. 1983, Lee και Short 1989, Blankenhorn κ.α. 1994)

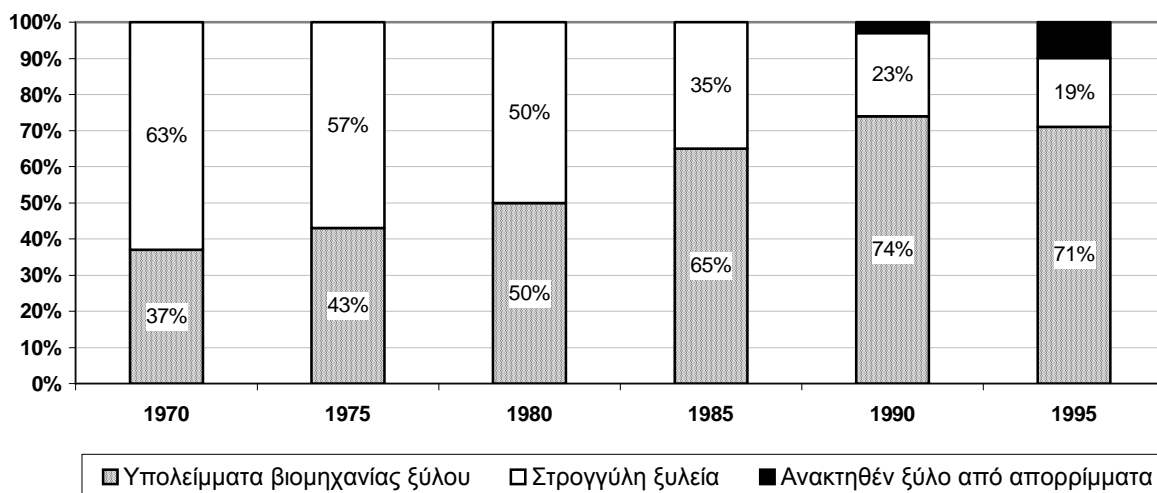
Αναμιγνύοντας σκόνη ξύλου με μίγμα τσιμέντου χαμηλής πυκνότητας μπορεί να παραχθεί ένα δομικό υλικό με σημαντικές μονωτικές ιδιότητες και χαμηλό βάρος (Rowell κ.α. 1993). Ο Qi και συνεργάτες του (2006) ασχολήθηκαν με την επανάχρηση απορριμμάτων ινοπλακών μέσης πυκνότητας στην παραγωγή σύνθετων προϊόντων με τσιμέντο. Οι εν λόγω ερευνητές αναφέρουν ότι παρατηρείται ασυμβατότητα μεταξύ των ανακτηθέντων από τις ινοπλάκες ινών ξύλου και του τσιμέντου.

2.3.2.6 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

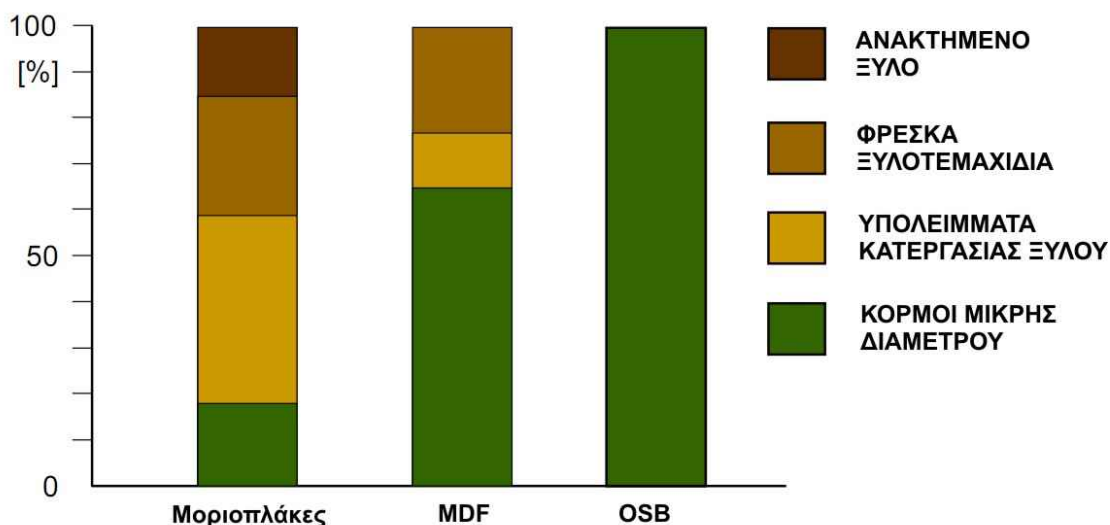
2.3.2.6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι βιομηχανίες συγκολλημένων ξυλοπλακών τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να εντατικοποιήσουν τις προσπάθειές τους σχετικά με την αιφορική διαχείριση των δασών αυξάνοντας τις ποσότητες ανακτημένου ξύλου που χρησιμοποιούν στην παραγωγή των προϊόντων τους (EPF 2002). Για τις βιομηχανίες ξύλου η ανακύκλωση μοριοπλακών και ινοπλακών αντιπροσωπεύει μια διπλή ευκαιρία αφενός γιατί το απορριφθέν ξύλο αποτελεί μια φθηνή πρώτη ύλη με μεγάλες προοπτικές και αφετέρου γιατί η ανακύκλωση φέρει σημαντικά εμπορικά πλεονεκτήματα καθώς συνάδει με τους κανονισμούς περί μείωσης των απορριμμάτων και ενίσχυσης της ανακύκλωσης.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 8 αλλά και στο Σχήμα 9, το ενδιαφέρον της βιομηχανίας μοριοπλακών για ανακύκλωση προϊόντων ξύλου φαίνεται να είναι αυξανόμενο τα τελευταία χρόνια ενώ σύμφωνα με τον Van Riet (2004) συνοδεύεται από επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες ανακύκλωσης.



Σχήμα 8: Μεταβολές στις κατηγορίες πρώτων υλών ξύλου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μοριοπλακών (Franke και Roffael, 1998A)



Σχήμα 9: Πρώτες ύλες για την παραγωγή διαφόρων τύπων συγκολλημένων ξυλοπλακών στη Γερμανία (Fruehwald, 2008)

Το καταναλωτικό κοινό από την πλευρά του, φαίνεται να ασκεί ολοένα και αυξανόμενες πιέσεις προς τις βιομηχανίες ξύλου να εναρμονιστούν με τις τάσεις και τους νέους κανονισμούς αφενός για μείωση των απορριμμάτων και αφετέρου για αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης ξύλου. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από την αξιολόγηση της αγοραστικής συμπεριφοράς των καταναλωτών οι οποίοι σε αυξανόμενα ποσοστά ζητούν προϊόντα που μπορούν εύκολα να ανακυκλωθούν (Michanicki 1996A). Επιπροσθέτως αξίζει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τον McKeever και τους συνεργάτες του (1995) η χρήση ανακτημένου ξύλου από τη βιομηχανία συγκολλημένων προϊόντων ξύλου φαίνεται να είναι αναπόφευκτη.

Παρόλα αυτά η επανάχρηση των απορριμμάτων ξύλου από τις βιομηχανίες ξυλοπλακών δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί ανεξέλεγκτα καθώς υπάρχουν προβλήματα σχετικά με την επιμόλυνση (επιβάρυνση με τοξικές ουσίες) μέρους των απορριμμάτων αυτών και ως εκ τούτου την ασφάλεια και υγιεινή των ανακυκλωμένων ξυλοπλακών. Ο Falk (1997) αναφέρει ότι προϊόντα όπως οι μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα περιθώρια χρήσης επιμολυσμένου ξύλου για την παραγωγή τους.

Σχετικά με τη χρήση ανακτημένου ξύλου στην παραγωγή συγκολλημένων ξυλοπλακών έχει δημοσιευτεί ένα ευρωπαϊκό πρότυπο εθελοντικής εφαρμογής το οποίο εκπονήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Ξυλοπλακών (EPF 2002) και θέτει όρια στα επίπεδα συγκεκριμένων ουσιών που υπάρχουν στα απορρίμματα ξύλου που προορίζονται για χρήση στην παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών. Συγκεκριμένα το πρότυπο απαγορεύει τη χρήση ξύλου για την παραγωγή των ως άνω προϊόντων εφόσον περιέχει επιμολύνσεις με χημικές ουσίες που φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 6: Επιμολυντές και οριακές τιμές τους στο απορριφθέν ξύλο (EPF, 2002)

Στοιχείο/ Ένωση	Οριακές τιμές (mg/Kg ξύλου)
Αρσενικό (As)	25
Κάδμιο (Cd)	50
Χρώμιο (Cr)	25
Χαλκός (Cu)	40
Μόλυβδος (Pb)	90
Υδράργυρος (Hg)	25
Φθόριο (F)	100
Χλώριο (Cl)	1000
Πενταχλωροφαινόλη (PCP)	5
(βενζο(α)πυρένιο)	0,5

Οι παραπάνω οριακές τιμές υιοθετήθηκαν από Ευρωπαϊκό πρότυπο (EN 71-3:1994) το οποίο αναφέρεται στις οριακές τιμές στοιχείων και ουσιών που μπορούν να περιέχονται σε παιδικά παιχνίδια. Σύμφωνα λοιπόν με το προαναφερθέν πρότυπο της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Ξυλοπλακών, τα απορρίμματα ξύλου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις βιομηχανίες μοριοπλακών και ινοπλακών δεν πρέπει να περιέχουν εμποτιστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την αύξηση της βιολογικής αντοχής ξύλου εκτεθειμένου σε εξωτερικούς χώρους (πισσέλαιο, άλατα χαλκού, αρσενικού, χρώμιου κ.λ.π.) (Van Riet και Wijnendaele 2005).

Ανάλογο πρότυπο έχει δημοσιευτεί το 2004 (PAS 104:2004) από την Αγγλική Ινστιτούτο Προτύπων (British Standards Institute). Το ως άνω πρότυπο ορίζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των απορριμμάτων ξύλου που προορίζονται για χρήση στην παραγωγή μοριοπλακών. Τα συγκεκριμένα οριζόμενα χαρακτηριστικά είναι: α) το μέγεθος ξυλοτεμαχιδίων, το οποίο με οπτική εκτίμηση και σε ποσοστό τουλάχιστον 90% πρέπει να έχει διαστάσεις μεταξύ 5 και 50mm, β) η περιεχόμενη υγρασία (δεν πρέπει να υπάρχει ορατή επιφανειακή υγρασία), γ) το χρώμα των ξυλοτεμαχιδίων, το οποίο δεν πρέπει να είναι πολύ σκούρο και δ) η επιμόλυνση των ξυλοτεμαχιδίων, τα οποία πρέπει να είναι σχεδόν απαλλαγμένα από εμποτιστικές προστατευτικές ουσίες και με οπτική εκτίμηση να μην περιέχουν επιμολύνσεις σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5%.

Σύμφωνα με τον Kearley κ.α. (2005) βιομηχανίες μοριοπλακών και ινοπλακών μπορεί να χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες μικρές (αναλογικά) ποσότητες απορριμμάτων ξύλου που φέρουν βαφές, κηλίδες και βερνίκια.

Με βάση τα παραπάνω, τα απορρίμματα που περιέχουν μοριοπλάκες και ινοπλάκες αποτελούν για τη βιομηχανία ξυλοπλακών μια πιθανή λύση στην

αναζήτηση πρώτης ύλης. Ένας από τους λόγους για τους οποίους η βιομηχανία ξυλοπλακών μπορεί να στραφεί προς τέτοια απορρίμματα ξύλου είναι η διαθεσιμότητα τους. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφ. 2.1.3 (σελ. 24), οι μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες χρησιμοποιούνται με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς στην παραγωγή ξυλοκατασκευών εσωτερικών χώρων (έπιπλα, ντουλάπες κ.ά.). Με την αύξηση της παραγωγής τους αυξήθηκαν και οι ποσότητες απορριμμάτων των εν λόγω προϊόντων.

Ο Kearley κ.α. (2005) αναφέρουν ότι το μεγαλύτερο μέρος των απορριφθέντων μοριοπλακών και ινοπλακών προέρχεται από τη βιομηχανία επίπλων, είτε από υπολείμματα παραγωγής, είτε ως τελικά προϊόντα που απορρίφθηκαν με το πέρας της χρήσης τους. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές κατά το 2004, περίπου το 73% του συνόλου των απορριφθέντων μοριοπλακών και ινοπλακών προέρχονται από έπιπλα.

Σύμφωνα με τον Michanicki (1996A) ο μέσος χρόνος χρησιμοποίησης των επίπλων είναι το πολύ 20 χρόνια. Μετά την πάροδο του χρονικού αυτού διαστήματος τα χρησιμοποιημένα έπιπλα χαρακτηρίζονται ως απορρίμματα κάτι που σημαίνει ότι αυτά τα υλικά έχουν εν δυνάμει χάσει την αξία τους (Rowell et al 1991, Rowell et al 1993).

Ένας άλλος λόγος για τον οποίο ενδείκνυται η χρήση των απορριμμάτων μοριοπλακών και ινοπλακών από τη βιομηχανία παραγωγής τέτοιων προϊόντων είναι το γεγονός ότι τα απορρίμματα συγκολλημένων προϊόντων ξύλου εμφανίζουν ιδιαίτερες τεχνικές και οικονομικές δυσκολίες και σε ότι αφορά στην απόρριψή τους καθώς αφενός είναι ογκώδη με αποτέλεσμα να χρειάζονται μεγάλοι χώροι στις χωματερές και αφετέρου σε αρκετές χώρες έχει ήδη απαγορευτεί ή πρόκειται να απαγορευτεί η εναπόθεσή τους σε χωματερές.

Οι προσπάθειες για επανάχρηση απορριμμάτων συγκολλημένων ξυλοπλακών στην παραγωγή νέων εκδηλώθηκαν τη δεκαετία του 1970 καθώς η πρώτη κατοχυρωμένη πατέντα σχετική με ανακύκλωση συγκολλημένων προϊόντων ξύλου κατατέθηκε από τον Sandberg το 1965 και περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφ. 2.3.2.6.2.

Οι βιομηχανίες μοριοπλακών εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιούν απορριφθείσες μοριοπλάκες οι οποίες προκύπτουν είτε από την δική τους παραγωγή είτε από άλλες πηγές (παλιές ξυλοκατασκευές). Το απορριφθέν αυτό υλικό θρυμματίζεται και ξαναπερνάει στη διαδικασία παραγωγής νέων μοριοπλακών. Το αποτέλεσμα της πρακτικής αυτής παρουσιάζει μειονεκτήματα καθώς η γεωμετρία των πρωτογενών ξυλοτεμαχιδίων και κατ' επέκταση η ποιότητα των παραγόμενων μοριοπλακών υποβαθμίζεται. Απόρροια της δυσμενούς αυτής επιρροής τους είναι η τάση των βιομηχανιών να μην τη τα χρησιμοποιούν σε ποσοστό μεγαλύτερο από 5% (Kearley κ.α. 2005).

Οι Czarnecki, Dziurka και Łęcka (2003, 2005) διερεύνησαν τη δυνατότητα χρήσης ξυλοτεμαχιδίων που προκύπτουν από το θρυμματισμό χρησιμοποιημένων μοριοπλακών και ινοπλακών στη μεσαία στρώση νέων (ανακυκλωμένων μοριοπλακών). Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν τυπικές

βιομηχανικές μοριοπλάκες συγκολλημένες με κόλλα ουρίας-φορμαλδεΐδης (γυμνές και επικαλυμμένες με διακοσμητικά φύλλα), μοριοπλάκες συγκολλημένες με κόλλα φαινόλης-φορμαλδεΐδης και ινοπλάκες μέσης πυκνότητας συγκολλημένες με κόλλα ουρίας-φορμαλδεΐδης. Οι τρεις αυτές κατηγορίες απορριφθέντων ξυλοπλακών θρυμματίστηκαν ξεχωριστά και χρησιμοποιήθηκαν σε ποσοστά από 0 ως 60% στη μεσαία στρώση νέων μοριοπλακών. Από την έρευνα, μεταξύ άλλων προέκυψε ότι η χρήση των ως άνω υλικών προκαλεί υποβάθμιση των ιδιοτήτων των νέων (ανακυκλωμένων) μοριοπλακών. Συγκεκριμένα στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται θρυμματισμένες παλιές μοριοπλάκες ουρίας-φορμαλδεΐδης στη μεσαία στρώση νέων, παρατηρείται ελαφρά μείωση του μέτρου θραύσης σε στατική κάμψη από 14,7MPa (χωρίς χρήση απορριμμάτων μοριοπλακών) σε 14,5 MPa όταν υπάρχει συμμετοχή των παλιών μοριοπλακών σε ποσοστό 30% και σε 14,3 MPa όταν το ως άνω ποσοστό είναι 50%. Για τα ίδια ποσοστά συμμετοχής απορριμμάτων μοριοπλακών η μεταβολή της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό είναι από 0,41MPa σε 0,33MPa και 0,30MPa ενώ η κατά πάχος διόγκωση (24h) μειώνεται από 19,3% σε 18,3% και 17,9% αντίστοιχα.

Σχετική πατέντα δημοσιεύθηκε από τον Moeller (1993) στην οποία περιγράφεται μεθοδολογία για την ανακύκλωση προϊόντων ξύλου και απορριμμάτων που περιέχουν ξύλο. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιείται μηχανικός χειρισμός των απορριμμάτων τα οποία ακολούθως επεξεργάζονται για την παραγωγή ημιέτοιμων ή τελικών προϊόντων.

Γενικά οι μέθοδοι ανακύκλωσης που περιλαμβάνουν μόνο μηχανικό χειρισμό των απορριφθέντων προϊόντων ξύλου δημιουργούν προβλήματα στην παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών διότι αφενός τα ανακτημένο υλικό παρουσιάζει υποβαθμισμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα οι ανακυκλωμένες ξυλοπλάκες να παρουσιάζουν υποδεέστερη ποιότητα και αφετέρου οι ανακυκλωμένες ξυλοπλάκες προκαλούν σημαντική φθορά στα μέσα κατεργασίας (Riddiough και Kearley 2001). Για το λόγο αυτό έχουν διαμορφωθεί κάποιες νέες μέθοδοι οι οποίες περιλαμβάνουν υδροθερμικούς χειρισμούς και εμφανίζονται βελτιωμένες σε ότι αφορά στο εν λόγω πρόβλημα.

2.3.2.6.2 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΥΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥΣ

Μέχρι πριν λίγα χρόνια η ανακύκλωση μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας που δεν συνοδεύεται από σημαντικά οικονομικά και τεχνικά μειονεκτήματα φαινόταν ακατόρθωτη. Στις μέρες μας έχουν αναπτυχθεί μεθοδολογίες και σε αρκετές περιπτώσεις έχουν αποκτηθεί σχετικά διπλώματα ευρεσιτεχνίας για μεθόδους ανακύκλωσης των προϊόντων αυτών. Οι σύγχρονες μέθοδοι ανακύκλωσης μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας παρουσιάζουν βελτιωμένα χαρακτηριστικά και έχουν αντιμετωπίσει σε σημαντικό βαθμό προβλήματα που παλιότερα αποτελούσαν τροχοπέδη στον τομέα αυτό.

Βάση για την ανάπτυξη των μεθόδων αυτών ήταν η σύσταση των μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας. Τα προϊόντα αυτά, όπως αναφέρθηκε στο Κεφ. 2.1.2, παράγονται χρησιμοποιώντας ξυλώδεις πρώτες ύλες και κόλλες κυρίως ουρίας-φορμαλδεΐδης. Όπως αναλύθηκε στο Κεφ. 2.1.2.3 (Σελ. 23), οι κόλλες ουρίας-φορμαλδεΐδης υδρολύονται σχετικά εύκολα παρουσία νερού και θερμότητας. Έτσι λοιπόν υπό την επίδραση νερού και θερμότητας είναι δυνατό να υδρολυθεί η συγκολλητική ουσία και να αποκολληθούν (ανακτηθούν) οι ξυλώδεις πρώτες ύλες, οι οποίες και θα είναι έπειτα διαθέσιμες για την παραγωγή νέων (ανακυκλωμένων) ξυλοπλακών.

Λόγω της παραπάνω διαδικασίας ανάκτησης οι εν λόγω μέθοδοι πλεονεκτούν και στο γεγονός ότι η μετά την ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων ή ινών ξύλου η εναπομείνασα σε αυτά συγκολλητική ουσία ενεργοποιείται ξανά και συμβάλλει αφενός στη μείωση της κατανάλωσης νέων συγκολλητικών ουσιών (Nakos και Roffael 1998) και αφετέρου στη μείωση της έκλυσης φορμαλδεΐδης από τις ανακυκλωμένες ξυλοπλάκες (Roffael και Franke 1995, Michanicki 1996A, Λυκίδης 2005).

Ένα άλλο πλεονέκτημα των εν λόγω μεθόδων είναι το ότι λόγω της αποικοδόμησης των παλαιών ξυλοπλακών είναι δυνατή η εύκολη και αποτελεσματική αφαίρεση άλλων υλικών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των διαφόρων κατασκευών, όπως μεταλλικά μέρη (χερούλια, μεντεσέδες κλπ) και άλλα μη ξυλώδη υλικά (πλαστικά, γυαλί κλπ) τα οποία δεν πρέπει να επανέρχονται στην παραγωγή νέων ξυλοπλακών καθώς προκαλούν προβλήματα σχετιζόμενα με τη φθορά μηχανημάτων παραγωγής και κατεργασίας των ανακυκλωμένων ξυλοπλακών.

Παρακάτω αναπτύσσονται οι μεθοδολογίες που εφαρμόζονται ή εφαρμόστηκαν σε βιομηχανική κλίμακα για την ανακύκλωση μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας.

2.3.2.6.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ SANDBERG

Η πρώτη πατέντα σχετική με ανακύκλωση συγκολλημένων προϊόντων ξύλου μέσω υδροθερμικών χειρισμών κατοχυρώθηκε από τον Sandberg (1965). Σε αυτήν περιγράφεται μεθοδολογία με την οποία είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση υπολειμμάτων (κυρίως εξακριδίων που απομένουν μετά από παρύφωση) κατά την παραγωγή μοριοπλακών ή άλλων συγκολλημένων προϊόντων ξύλου. Σύμφωνα με τον ερευνητή, τα υπολείμματα αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ξυλοπλακών αφού από αυτά ανακτηθούν ξυλοτεμαχίδια ή ίνες μετά από άτμιση τους σε πιέσεις μεταξύ 1 και 5 atm και για χρόνους μεταξύ 30min και 4h ανάλογα με τις συνθήκες άτμισης και την κάθε φορά χρησιμοποιούμενη συγκολλητική ουσία. Αμέσως μετά τον υδροθερμικό χειρισμό των υπολειμμάτων και πριν την εξαγωγή τους από το θάλαμο στον οποίο πραγματοποιείται ο υδροθερμικός χειρισμός, ακολουθεί ξήρανση σε ατμοσφαιρικές συνθήκες και έτσι το προκύπτουν υλικό είναι ξηρό και έτοιμο να χρησιμοποιηθεί άμεσα για την παραγωγή μοριοπλακών ή ινοπλακών.

Επίσης είναι δυνατό να προκύψουν συσσωματώματα ξυλοτεμαχιδίων τα οποία εύκολα και με ειδικό χειρισμό μπορούν να διασπαστούν.

2.3.2.6.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ PFLEIDERER

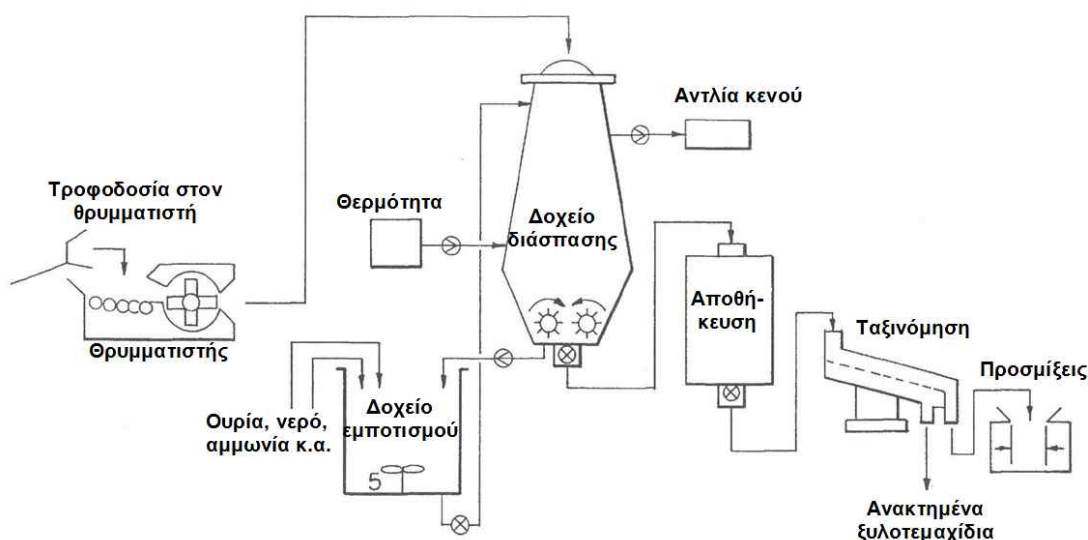
Ανάλογη με την ως άνω πατέντα κατοχυρώθηκε και από την Εταιρεία Pfleiderer Unternehmensverwalt (1994). Σε αυτήν περιγράφεται μέθοδος ανάκτησης των ξυλοτεμαχιδίων με τα οποία παράγονται συγκολλημένα προϊόντα ξύλου και ειδικά αυτά στα οποία η χρησιμοποιούμενη συγκολλητική ουσία είναι τύπου ουρίας-φορμαδεΐδης. Τα αρχικό υλικό (χρησιμοποιημένες ξυλοπλάκες με ή χωρίς επικαλύψεις με πλαστικά φύλλα) θρυμματίζεται σε μικρότερα τεμάχια και έτσι είναι δυνατός ο αποχωρισμός μέσων σύνδεσης (μεταλλικών ή μη). Στο επόμενο στάδιο το υλικό που προέκυψε εκτίθεται σε κεκορεσμένο ατμό και διασπάται στα αρχικά του τεμαχίδια ξύλου τα οποία και μπορούν έπειτα να χρησιμοποιηθούν μαζί με κατάλληλα τροποποιημένη συγκολλητική ουσία για την παραγωγή νέων πλακών. Επίσης περιγράφεται και ένα προαιρετικό στάδιο κατά το οποίο το ανακτημένο υλικό μπορεί να υποστεί καθαρισμό (συνήθως με νερό) για την έκπλυση των υπολειμμάτων συγκολλητικής ουσίας και έτσι το νέο υλικό μπορεί να συγκολληθεί με τη χρησιμοποίηση συγκολλητικών ουσιών που συνήθως χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ξυλοπλακών.

2.3.2.6.2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ W.K.I.

Από τους Boehme και Michanickl (1998) κατοχυρώθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μεθοδολογία της οποίας δικαιούχος είναι το Γερμανικό Ερευνητικό Ινστιτούτο W.K.I. και με την οποία, σύμφωνα με τους ερευνητές, είναι δυνατή η ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων και ινών από απορρίμματα προϊόντων ξύλου, παλιά έπιπλα, υπολείμματα παραγωγής και άλλα προϊόντα ξύλου. Η διαδικασία αναφέρεται ως πολυσταδιακή, χημικοθερμομηχανική μέθοδος.



Εικόνα 8: Πιλοτική γραμμή ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από ξυλοπλάκες με τη μεθοδολογία των Michanickl και Boehme στο Γερμανικό ερευνητικό Ινστιτούτο WKI (<http://www.wki.fraunhofer.de>, 2003)



Εικόνα 9: Ροή σταδίων ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από παλιές μοριοπλάκες με τη μέθοδο W.K.I. (Boehme και Michanickl, 1998)

Σύμφωνα με την εν λόγω μεθοδολογία, αρχικά τα απορρίμματα ξύλου και τα άλλα προϊόντα ξύλου θρυμματίζονται από σπαστήρα για να αποκτήσουν διαστάσεις 10-20cm περίπου. Έπειτα εμποτίζονται με εμποτιστικό ή κορεσμένο διάλυμα και αφήνονται να διογκωθούν μέχρι να απορροφήσουν τουλάχιστο 50% του βάρους τους σε διάλυμα. Το εμποτιστικό υδατικό διάλυμα αποτελείται από ουρία 0,5-3%, αμμωνία 0,1-1% ή σόδα 0,5% ενώ μπορεί να προστίθενται και άλλα συστατικά για να προσδώσουν επιθυμητές ιδιότητες όπως παραφίνες για την μείωση της υγροσκοπικότητας και της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης. Μετά τον εμποτισμό τους, τα προϊόντα ξύλου θερμαίνονται στους 80-120°C μέχρις ότου, υπό την υδρολυτική επίδραση των θερμοκρασιών και του εμποτιστικού διαλύματος, διαλυθούν οι δεσμοί μεταξύ των ινών και των ξυλοτεμαχιδίων. Τα ξυλοτεμαχίδια και οι ίνες που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκ νέου παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών. Σύμφωνα με τους συγκεκριμένους ερευνητές τα ξυλοτεμαχίδια που ανακτώνται δεν έχουν υποστεί καμία ή έχουν υποστεί ελάχιστη ζημιά και μπορούν να συγκολληθούν χωρίς προβλήματα ενώ είναι πιθανό να συμβαίνει επανενεργοποίηση της συγκολλητικής ουσίας που περιείχαν πριν τη διάλυση, κάτι που μπορεί να επιφέρει μείωση της απαιτούμενης συγκολλητικής ουσίας αλλά και μείωση της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης από τις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες.

Οι ίδιοι ερευνητές κατοχύρωσαν πατέντα στην οποία υπάρχει και τροποποίηση της ως άνω μεθόδου για την ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων από απορρίμματα προϊόντων ξύλου (Michanickl και Boehme 2003, Boehme και Michanickl 2003). Σκοπός της τροποποίησης ήταν η βελτίωση της οικονομικότητας εφαρμογής της μεθόδου που παρουσιάστηκε το 1998.

Αποτελέσματα της παραπάνω μεθοδολογίας παρουσιάστηκαν σε εργασίες του Michanicki (1996A, 1996B) ο οποίος αναφέρει ότι ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανική παραγωγή μοριοπλακών σε μίξη με ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας χωρίς να προκαλέσουν αισθητές διαφορές στην ποιότητα τους.

Ο ίδιος ερευνητής σε συνεργασία με τον Boehme (Michanicki 1996B, Michanicki και Boehme 1996) πραγματοποίησε σύγκριση μοριοπλακών του 1964 με ανακυκλωμένες που προέκυψαν από ανάκτηση αυτών. Οι ανακυκλωμένες πλάκες παρουσίασαν καλύτερες μηχανικές αλλά χειρότερες υγροσκοπικές ιδιότητες και μικρότερα ποσοστά περιεχόμενης φορμαλδεΐδης σε σύγκριση με τις αρχικές (μη ανακυκλωμένες). Τα αποτελέσματα όμως αυτών των δυο κατηγοριών μοριοπλακών δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα δεδομένου ότι οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες είχαν κατά $0,090 \text{ g/cm}^3$ μεγαλύτερη πυκνότητα απ' ότι οι μη ανακυκλωμένες.

Σύμφωνα με τον Michanicki (1996A, 1996B) η εν λόγω μεθοδολογία εφαρμόζεται σε 2 εργοστάσια παραγωγής μοριοπλακών. Το μεγαλύτερο από αυτά έχει τη δυνατότητα ετήσιας παραγωγής περίπου 30.000 τόνων ξηρών ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων. Παράλληλα σχεδιάζεται η εγκατάσταση νέων μονάδων ανάκτησης.

Η ως άνω μεθοδολογία των Michanicki και Boehme παρότι φαίνεται αποδοτική σε ότι αφορά στην ποιότητα των ανακυκλωμένων μοριοπλακών, έχει το μειονέκτημα της χημικής επιβάρυνσης με ενώσεις όπως ουρία, αμμωνία και σόδα οι οποίες όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι απαραίτητες για την ανάκτηση των ξυλοτεμαχιδίων. Το πρόβλημα αυτό υπογραμμίστηκε και από τους Riddiough και Kearley (2001).

2.3.2.6.2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ROFFAEL

Ο Roffael (2002) απέκτησε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για υδροθερμική μέθοδο ανακύκλωσης σύνθετων προϊόντων ξύλου. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει θρυμματισμό των απορριφθέντων σύνθετων προϊόντων ξύλου με ταυτόχρονο υδροθερμικό τους χειρισμό σε θερμοκρασίες μεταξύ 50 και 120°C. Παράλληλα με τον υδροθερμικό χειρισμό και με σκοπό την υποβοήθηση της ανάκτησης και τη βελτίωση της ποιότητας των ανακυκλωμένων ξυλοπλακών μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα διαλύματα όπως αραιά οξέα ή αλκάλια. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν διαλύματα τα οποία υποβοηθούν την αποϊνωση του προς ανάκτηση υλικού όπως θειικό νάτριο, διοξειδίο του θείου ή άλλα διαλύματα.

Το θετικό της μεθόδου, κατά τον εφευρέτη της, είναι ότι μπορούν να παραχθούν ίνες από απορριφθείσες μοριοπλάκες με τη θέρμανσή τους σε θερμοκρασίες μεταξύ 150 και 180°C χωρίς να είναι απαραίτητο το στάδιο του εμποτισμού τους. Σύμφωνα με το συγγραφέα βρέθηκε ότι οι παραγόμενες ίνες μετά τη διαδικασία της ανάκτησης φέρουν συγκολλητική ουσία στην επιφάνειά τους με αποτέλεσμα να μειώνεται το ποσοστό συγκολλητικής ουσίας που είναι έπειτα απαραίτητο για την κατασκευή των ανακυκλωμένων ξυλοπλακών. Η μέθοδος προσφέρεται μόνο για την παραγωγή ανακυκλωμένων ινοπλακών καθώς, όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχει

στάδιο αποΐνωσης. Ο Roffael (1998) επίσης κατοχύρωσε μέθοδο κατά την οποία επαναχρησιμοποιείται το διάλυμα που προκύπτει μετά από την παραπάνω διαδικασία χημικο-θερμικής αποΐνωσης μοριοπλακών και ινοπλακών καθώς το εν λόγω διάλυμα (liquor) περιέχει μεταξύ άλλων και συγκολλητική ουσία.

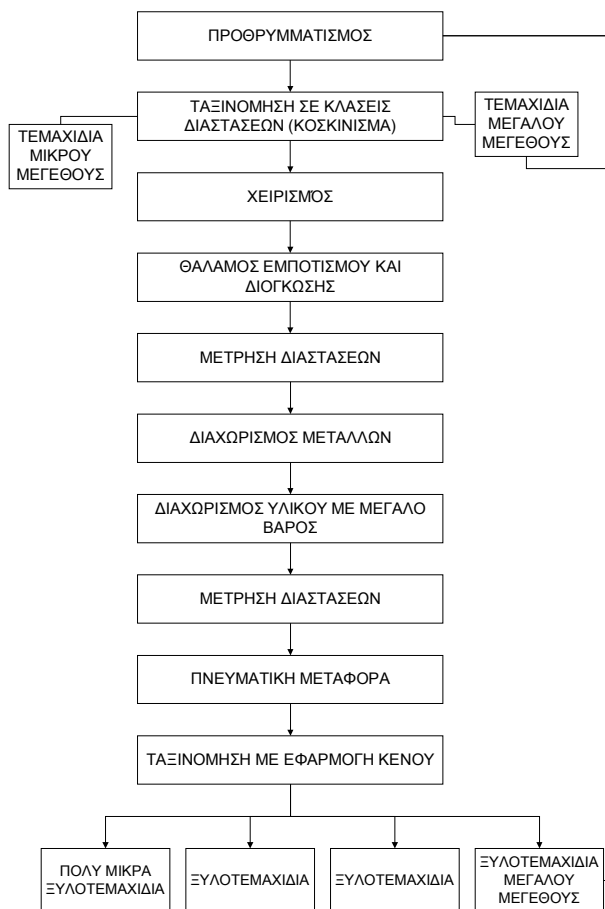
Η Dix και συνεργάτες της (2001A) δημοσίευσαν ερευνητική εργασία βασιζόμενη στην ως άνω μεθοδολογία. Συγκεκριμένα μελέτησαν την πιθανότητα χρήσης απορριφθέντων ινοπλακών μέσης πυκνότητας στην παραγωγή νέων. Απορριφθείσες ξυλοπλάκες τύπου MDF υπεβλήθησαν σε χημικο-θερμο-μηχανικό ή θερμομηχανικό χειρισμό για την ανάκτηση των ινών τους. Με τις ανακτηθείσες ίνες κατασκευάστηκαν εργαστηριακές ινοπλάκες μέσης πυκνότητας σε μίξεις με νέες ίνες. Από την έρευνα φάνηκε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ ινοπλακών μέσης πυκνότητας κατασκευασμένες αμιγώς από νέες ίνες και πλακών από αντικατάσταση σε ποσοστό 50% των νέων ινών από ανακτημένες. Επίσης κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι πλάκες στις οποίες περιέχονται ανακτημένες ίνες εμφανίζουν βελτιωμένες υγροσκοπικές ιδιότητες.

Οι ίδιοι ερευνητές (Dix κ.α. 2001B) διεξήγαγαν ανακτήσεις ινών από μοριοπλάκες και ινοπλάκες με τη μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω. Χρησιμοποιώντας τις ανακτημένες ίνες κατασκευάστηκαν ανακυκλωμένες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας οι οποίες παρουσίασαν -αν και είχαν μεγαλύτερες πυκνότητες- υποδεέστερες μηχανικές ιδιότητες (αντοχή σε κάμψη και αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης), μειωμένη κατά πάχος διόγκωση μετά από εμβάπτιση σε νερό για 2 και 24 ώρες αλλά και μειωμένη περιεχόμενη ελεύθερη φορμαλδεΐδη σε σχέση με τυπικές βιομηχανικές ινοπλάκες.

Πέρα από τις προαναφερθείσες έρευνες, έχουν δημοσιευθεί και άλλες ανάλογες εργασίες που βασίζονται στη μεθοδολογία του Roffael (Roffael κ.α. 2003, Mantanis κ.α. 2004, Athanassiadou κ.α. 2005).

2.3.2.6.2.5 ΜΕΘΟΔΟΣ HESCH

Ευρεσιτεχνία σχετική με την επαναχρησιμοποίηση προϊόντων ξύλου κατοχυρώθηκε από τον Hesch (2002). Η μεθοδολογία που παρουσίασε ο ερευνητής και φαίνεται σχηματικά στην Εικόνα 6 περιλαμβάνει θρυμματισμό των χρησιμοποιημένων υλικών, τα οποία μπορεί πέραν των προϊόντων ξύλου να είναι και άλλα σύνθετα και παρεμφερή υλικά.



Εικόνα 10: Ροή ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων κατά Hesch (Hesch, 2002)

2.3.2.6.2.6 ΜΕΘΟΔΟΣ FIBRESOLVE

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μέθοδος Fibresolve για την επανάχρηση ινοπλακών μέσης πυκνότητας και υπολειμμάτων που προκύπτουν από την παραγωγή αυτών. Τα απορρίμματα αυτά υφίστανται υδροθερμικό χειρισμό – αποϊνώση και οι ανακτημένες ίνες χρησιμοποιούνται στην παραγωγή νέων ινοπλακών μέσης πυκνότητας. Σχετικά με τη συγκεκριμένη μέθοδο υπάρχουν αναφορές από τους Riddiough και Kearley (2001), Riddiough (2002), και τους Kearley και Goroyias (2004).

Τα απορρίμματα ινοπλακών τοποθετούνται σε κατάλληλο αντιδραστήρα (Εικόνα 11, αριστερά) και μετά από μια σειρά υδροθερμικών χειρισμών σε συνδυασμό με ψεκασμό νερού, το προς ανάκτηση υλικό αποϊνώνεται και δημιουργείται ινοπολτός (Εικόνα 11, δεξιά) ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου στην παραγωγή νέων (ανακυκλωμένων) ινοπλακών αλλά και χαρτιού.



Εικόνα 11: Ο αντιδραστήρας ανάκτησης (αριστερά) και ανακτημένες ίνες (δεξιά) με τη διαδικασία Fibresolve (<http://www.envirofibre.co.uk>, 2008)

Μετά από τη διεξαγωγή εργαστηριακών δοκιμών έγινε εφαρμογή της μεθόδου πιλοτικά (Εικόνα 12) σε συνεργασία με βιομηχανία και χρήση ενός αντιδραστήρα με δυνατότητα να παράγει περίπου 560Kg ινών ανά επανάληψη. Οι παραγόμενες ίνες παρουσίαζαν σε ποσοστό 3-10% συσσωματώματα ενώ επιτυχία στην ανάκτηση παρατηρήθηκε σε ινοπλάκες πάχους έως 25mm και σε ινοπλάκες πάχους έως 6mm με επικαλύψεις.



Εικόνα 12: Βιομηχανικός αντιδραστήρας για πιλοτική εφαρμογή της μεθόδου Fibresolve σε βιομηχανία (<http://www.envirofibre.co.uk>, 2008)

Χρησιμοποιώντας τις ανακτημένες ίνες παρήχθησαν νέες ινοπλάκες μέσης πυκνότητας οι οποίες και συγκρίθηκαν με τις αρχικές. Από τη σύγκριση προέκυψε ότι οι ανακυκλωμένες ινοπλάκες παρουσιάζουν βελτιωμένες ιδιότητες σε ότι αφορά στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό το μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη, ενώ υπολείπονται σε σχέση με τις αρχικές ινοπλάκες σε ότι αφορά στην κατά πάχος διόγκωση.

2.3.2.6.3 ΑΛΛΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Ο Alpar κ.α. (2007) διεξήγαγαν έρευνα κατά την οποία εξέθεσαν θρυμματισμένες μοριοπλάκες σε υδροθερμικούς χειρισμούς θερμοκρασίας 100-180°C και διάρκειας 10-20min. Για να προσδιορίσουν τις μεταβολές που συμβαίνουν στα κύτταρα των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων, τα συνέκριναν (με τη βοήθεια μικροσκοπίου) με κύτταρα ξυλοτεμαχιδίων που προέκυψαν από θρυμματισμένες μοριοπλάκες (χωρίς υδροθερμικό χειρισμό). Ένα σημαντικό εύρημα της σύγκρισης ήταν το ότι τα ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια παρουσίασαν μειωμένη παραμόρφωση σε σχέση με τα ξυλοτεμαχίδια από θρυμματισμένες μοριοπλάκες, γεγονός που οι ερευνητές απέδωσαν στον υδροθερμικό χειρισμό.

Οι Franke και Roffael (1998A, 1998B) μελέτησαν την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών στην οξύτητα και την έκλυση φορμαλδεΐδης από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια μοριοπλακών και ινοπλακών. Ως μέτρο σύγκρισης χρησιμοποιήθηκαν ξυλοτεμαχίδια πεύκης χωρίς χειρισμό. Οι υδροθερμικοί χειρισμοί πραγματοποιήθηκαν σε αντιδραστήρα όπου τοποθετήθηκαν τεμαχίδια μοριοπλακών / ινοπλακών και νερό για χρονικά διαστήματα 1, 3, 6 ωρών και σε θερμοκρασίες 140 και 160°C. Ο προσδιορισμός της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης έγινε με τη μέθοδο της φιάλης WKI (EN 717.03). Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η έκλυση φορμαλδεΐδης από τα ανακυκλωμένα ξυλοτεμαχίδια ήταν μεγαλύτερη από ότι από τα ξυλοτεμαχίδια πεύκης και με ρυθμό έκλυσης τόσο μεγαλύτερο όσο μεγαλύτερη ήταν και η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των εν λόγω χειρισμών. Επίσης φάνηκε ότι όσο μεγαλύτερος ήταν ο χρόνος υδροθερμικού χειρισμού, τόσο υψηλότερη ήταν και η τελική οξύτητα των ανακυκλωμένων ξυλοτεμαχιδίων. Ακόμα μελετήθηκε η επίδραση υδροθερμικού χειρισμού σε θερμοκρασία 200°C στην περιεκτικότητα του ξύλου σε πεντόζες (ομάδες των ημικυτταρινών του ξύλου) και σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η περιεκτικότητα σε πεντόζες μειώθηκε από 12% σε 6%, 3,8% και 3,4% περίπου μετά από χειρισμούς διάρκειας 2,4 και 6 ωρών αντίστοιχα.

Ο Λυκίδης (2004) διερεύνησε τις επιπτώσεις των συνθηκών υδροθερμικών χειρισμών με τους οποίους ανακτώνται ξυλοτεμαχίδια μοριοπλάκας στις ιδιότητες των παραγόμενων από αυτά ανακυκλωμένων μοριοπλακών. Επίσης διερεύνησε τις επιπτώσεις στις ιδιότητες μοριοπλακών που προέκυψαν με 2η ανακύκλωση ακολουθώντας ίδια μεθοδολογία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων και παραγωγής πλακών. Κατά την εφαρμοσθείσα μεθοδολογία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων οι μοριοπλάκες δεν υπέστησαν

κανένα θρυμματισμό, ούτε χρησιμοποιήθηκε κανένα εμποτιστικό διάλυμα για την υποβοήθηση της αποικοδόμησης τους. Αρχικά κατασκευάστηκαν εργαστηριακές μοριοπλάκες πάχους 12mm με πρώτες ύλες από βιομηχανία παραγωγής μοριοπλακών (μάρτυρας). Οι πλάκες υπέστησαν υδροθερμικούς χειρισμούς για ανάκτηση των ξυλοτεμαχιδίων σε 4 διαφορετικές συνθήκες πίεσης- θερμοκρασίας –διάρκειας. Οι συνθήκες αυτές ήταν: 2 bar/ 119°C/ 480min, 4 bar/ 140°C/ 120min, 6 bar/ 156°C/ 45min, 8 bar/ 167°C/ 20min. Με τα ξυλοτεμαχίδια που ανακτήθηκαν από τους 4 διαφορετικούς υδροθερμικούς χειρισμούς κατασκευάστηκαν νέες πλάκες (πλάκες 1ης ανακύκλωσης) με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Από κάθε ομάδα διαχωρίστηκαν πλάκες και υπέστησαν εκ νέου τους ίδιους υδροθερμικούς χειρισμούς. Με τα ξυλοτεμαχίδια που ανακτήθηκαν από τις πλάκες αυτές κατασκευάστηκαν (με τις ίδιες πάντα συνθήκες) νέες πλάκες (πλάκες 2ης ανακύκλωσης).

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι σε μερικές περιπτώσεις στο ανακτηθέν υλικό εμφανίζεται περιορισμένος αριθμός συσσωματωμάτων. Η ανακύκλωση μοριοπλακών με ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων μέσω υδροθερμικών χειρισμών επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των ανακυκλωμένων πλακών όσο αφορά τις μηχανικές και υγροσκοπικές ιδιότητες (με εξαίρεση το μέτρο ελαστικότητας). Σημαντική μείωση σε σχέση με το μάρτυρα, παρατηρείται στις τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης που προσδιορίστηκαν στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες. Η υγρασία ισορροπίας των ανακυκλωμένων μοριοπλακών είναι σε μικρό ποσοστό χαμηλότερη σε σχέση με τις μη ανακυκλωμένες μοριοπλάκες. Σύγκριση μεταξύ των μοριοπλακών 1ης και 2ης ανακύκλωσης έδειξε ότι, σε ότι αφορά την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό, την αντοχή σε εξαγωγή βίδας και το μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη, η 2η ανακύκλωση προκαλεί περαιτέρω υποβάθμιση των ιδιοτήτων των πλακών. Ανάλογη είναι και η συμπεριφορά των μοριοπλακών στις υγροσκοπικές ιδιότητες, ενώ όσο αφορά το μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Στο γενικότερο πλαίσιο της επανάχρησης πρώτων υλών ξυλοπλακών, ο Le Fur και οι συνεργάτες του (2004) διεξήγαγαν μια ενδιαφέρουσα έρευνα σχετικά με τις δυνατότητες ανακύκλωσης των υπολειμμάτων εμποτισμένου με μελαμίνη χαρτιού στην κατασκευή συγκολλημένων ξυλοπλακών. Συγκεκριμένα οι ως άνω ερευνητές έλαβαν δείγμα από ξηραμένα, μερικώς πολυμερισμένα υπολείμματα φιλμ μελαμίνης που χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη συγκολλημένων προϊόντων ξύλου τύπου μοριοπλακών, ινοπλακών και αντικολλητών. Τα υπολείμματα αυτά θρυμματίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στη μία περίπτωση αμιγώς ως συγκολλητική ουσία και σε δεύτερη περίπτωση ως πρόσθετο σε συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης στην παραγωγή εργαστηριακών μοριοπλακών. Στα συμπεράσματα της έρευνας αναφέρεται ότι κονιοποιημένα υπολείμματα από φύλλα χαρτιού εμποτισμένα με μελαμίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς σαν συγκολλητική ουσία στην παραγωγή μοριοπλακών και να ικανοποιήσουν τα σχετικά πρότυπα ποιότητας. Επίσης κονιοποιημένα υπολείμματα από επικαλυπτικά φύλλα χαρτιού εμποτισμένα με μελαμίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εν μέρει αντικατάσταση μελαμίνης στη

σύνθεση και προετοιμασία συγκολλητικών ουσιών μελαμίνης-φορμαλδεΐδης κατά την παραγωγή μοριοπλακών.

Ανάλογη εργασία δημοσίευσαν και οι Varga κ.α. (2004) οι οποίοι διεξήγαγαν δοκιμές χρήσης υπολειμμάτων από φύλλα μελαμίνης σε διάφορα ποσοστά με ξυλοτεμαχίδια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μοριοπλακών. Οι άνω ερευνητές διαπίστωσαν ότι η παρουσία θρυμματισμένων φύλλων μελαμίνης σε ποσοστό 5% βελτιώνει την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μοριοπλακών από 0,65 σε 0,86N/mm². Περαιτέρω αύξηση του ποσοστού δεν συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση της εν λόγω ιδιότητας. Αντίστοιχα σε ότι αφορά στο μέτρο θραύσης σε κάμψη, βελτίωση της εν λόγω ιδιότητας με χρήση θρυμματισμένων φύλλων μελαμίνης παρατηρείται σε ποσοστά άνω του 5%. Τέλος, χρησιμοποιώντας θρυμματισμένα φύλλα μελαμίνης σε ποσοστά 5-10% η περιεχόμενη στις παραγόμενες μοριοπλάκες φορμαλδεΐδη αυξάνεται από 2,62 σε 3,35mg/100g και ανέρχεται στα 5,23mg/100g όταν το ποσοστό φτάσει το 20%.

Επίσης κατά τους Varga, Alpar και Nemeth (2005) λόγω του ότι η χρήση απορριφθέντων εμποτισμένων επικαλυπτικών φύλλων στην παραγωγή μοριοπλακών βελτιώνει την αντοχή τους είναι δυνατή η χρήση των επικαλύψεων αυτών στην παραγωγή μοριοπλακών με παράλληλη μείωση του χρησιμοποιούμενου ποσοστού κόλλας χωρίς να υποβαθμίζεται η αντοχή των παραγόμενων μοριοπλακών.

2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΥ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΟΥ ΞΥΛΟΥ

2.4.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Η αξιοποίηση του ξύλου ως πηγή θερμότητας αποτελεί μια από τις παλαιότερες χρήσεις του υλικού αυτού από τον άνθρωπο. Από βιομηχανικής πλευράς η θέρμανση του ξύλου απουσία αέρα, γνωστή ως ξηρή απόσταξη, είναι ο παλαιότερος χημικός χειρισμός του ξύλου από τον οποίο προκύπτει πλήθος χρήσιμων προϊόντων (Nikitin 1966, Τσουμής 1994). Τα τελευταία 50 περίπου χρόνια ο θερμικός χειρισμός του ξύλου θεωρείται μια αποτελεσματική μέθοδος τροποποίησης του ξύλου με στόχο τη βελτίωση ιδιοτήτων του (Runkel και Witt, 1953, Kollmann και Schneider 1963, Kollmann και Fengel, 1965, Noack 1969, Burmester 1973, Burmester 1975, Burmester και Wille 1976, Giebler 1983, Hillis 1984).

Παρόλα αυτά η θέρμανση του ξύλου δεν έχει μόνο πλεονεκτήματα καθώς μπορεί να προκαλέσει χημικές μεταβολές και μόνιμη απώλεια μέρους της αντοχής του (Davis και Thompson 1964, Noack 1969, Rusche 1973, Shafizadeh και Chin 1977, Kotilainen και άλλοι 2000, Kubojima κ.α. 2000, Yildiz κ.α. 2006, Boonstra κ.α. 2007a).

2.4.1.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

2.4.1.1.1 ΔΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τα βασικά δομικά συστατικά του ξύλου είναι η κυτταρίνη, η λιγνίνη και οι ημικυτταρίνες (πολυόζες). Η επίδραση θερμότητας σε αυτά προκαλεί αλλαγές οι οποίες εξαρτώνται όχι μόνο από το ύψος της θερμοκρασίας αλλά και από τη διάρκεια χειρισμού, το βαθμό πολυμερισμού και κρυσταλλικότητας των δομικών συστατικών του ξύλου και την παρουσία άλλων ενώσεων κατά το χειρισμό (Nikitin 1966).

Η θερμική αποικοδόμηση του ξύλου ξεκινά σε θερμοκρασίες σε θερμοκρασίες της τάξης των 100°C αλλά σε αυτά τα επίπεδα συμβαίνει πολύ αργά με αποτέλεσμα να χρειάζονται παρατεταμένα χρονικά διαστήματα χειρισμού ούτως ώστε να συμβούν σημαντικές μεταβολές. Θέρμανση σε θερμοκρασίες άνω των 150°C προκαλεί θερμική αποικοδόμηση στο ξύλο η οποία μπορεί να θεωρηθεί σημαντική.

Από τα δομικά συστατικά του ξύλου τα περισσότερο ευπαθή στην επίδραση θέρμανσης είναι οι ημικυτταρίνες ενώ η λιγνίνη και η κυτταρίνη είναι ανθεκτικότερες (Nikitin 1966, Φιλίππου 1986). Η ως άνω ευαισθησία των ημικυτταρινών αποδίδεται από τον Garrote και τους συνεργάτες του (1999) στην ευαισθησία των ετεροκυκλικών αιθερικών δεσμών οι οποίοι παρουσία ιόντων υδροξωνίου (προερχόμενων από τον αυτοϊονισμό του νερού) διασπώνται σχετικά εύκολα.

Η ευαισθησία που παρουσιάζουν οι ημικυτταρίνες υπό την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών αποτελεί βάση για τη χρήση των ως άνω χειρισμών στην παραγωγή χρήσιμων χημικών προϊόντων (όπως η αιθανόλη) από το ξύλο και τη βιομάζα γενικότερα (Wilson κ.α. 1989).

Σύμφωνα με τον Nikitin (1966) με επίδραση θερμοκρασιών άνω των 120°C η κυτταρίνη αποπολυμερίζεται μέτρια ενώ σε θερμοκρασίες άνω των 240°C προκαλείται τροποποίηση του επαναλαμβανόμενου μονομερούς (γλυκόζης) στο μακρομόριο της. Σε θερμοκρασίες 150°C για 96 ώρες ο βαθμός πολυμερισμού της κυτταρίνης βαμβακιού μειώθηκε από 2000 σε 140. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην κυτταρίνη είναι ιδιαίτερα εκτενής όταν η θέρμανση επιδρά υπό την παρουσία υγρασίας στον αέρα. Σε δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε ξηρές ίνες βισκόζης (προϊόν χημικής τροποποίησης της κυτταρίνης) και σε ξηρό περιβάλλον παρατηρήθηκε ότι με θέρμανση στους 150°C για 4 ώρες προέκυψε μείωση της αντοχής της κατά 4%. Στην περίπτωση έκθεσης της σε ατμοσφαιρικό αέρα η μείωση ήταν της τάξης του 6% και στην περίπτωση που οι ίνες περιείχαν υγρασία 12% η μείωση ήταν 55%.

Ο Φιλίππου (1986) αναφέρει ότι η κυτταρίνη είναι αρκετά ανθεκτική σε θερμοκρασίες 100-120°C και ότι σε θερμοκρασίες 150-160°C αρχίζει να μειώνεται ο βαθμός πολυμερισμού της. Πλήρης διάσπαση της κυτταρίνης συμβαίνει σε θερμοκρασίες άνω των 200°C. Ανάλογες αναφορές υπάρχουν και από τους Boonstra και Tjeerdsma (2006) κατά τους οποίους αφενός πολύ μικρό ποσοστό της κυτταρίνης γίνεται διαλυτό σε θερμοκρασίες κάτω από 200°C και αφετέρου σημαντική διαλυτοποίησή της συμβαίνει σε θερμοκρασίες άνω των 220°C. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στον υψηλό βαθμό κρυσταλλικότητας της κυτταρίνης η οποία παρέχει υψηλή σταθερότητα στις αλυσίδες της κυτταρίνης και την προστατεύει έναντι της υδρόλυσης (Fengel και Wegener 1984). Για την λιγνίνη ο Φιλίππου (1986) αναφέρει επίσης ότι είναι ανθεκτικότερη από τους πολυσακχαρίτες στην επίδραση της θερμότητας. Θέρμανση ως τους 150-160°C δεν της προκαλεί σημαντικές δομικές αλλοιώσεις ενώ στους 170-200°C και ανάλογα με την υγρασία του ξύλου και τον τύπο της η λιγνίνη παρουσιάζει το φαινόμενο της υαλώδους μετάπτωσης στο οποίο το ξύλο πλαστικοποιείται και γίνεται περισσότερο ευκατέργαστο. Η θερμική διάσπαση της λιγνίνης συμβαίνει σε θερμοκρασίες από 200-300°C. Σχετικά με τη συμπεριφορά της λιγνίνης στην επίδραση υδροθερμικών χειρισμών, ο Sundqvist και οι συνεργάτες του (2006) αναφέρουν ότι το μεγαλύτερο μέρος της λιγνίνης που διασπάται φέρει φαινολικές ομάδες.

Ο Burmester (1973) προσδιόρισε την απώλεια βάρους ξύλου δρυός, οξιάς και πεύκης μετά από υδροθερμικό χειρισμό στους 120, 130, 140 και 150 για 15h. Η μεταβολή βάρους στους 120°C ήταν μηδενική για την οξυά και την πεύκη ενώ για την δρύ ήταν 0,4%. Στους 130°C οξιά και πεύκη παρουσίασαν απώλεια βάρους 0,1% και η δρύς 0,5% ενώ στους 150°C το βάρος της οξυάς μειώθηκε κατά 8,4%, της πεύκης κατά 4% και της δρυός κατά 12,7%.

Οι Roffael και Schaller (1971) προσδιόρισαν τις μεταβολές της λευκότητας και του ποσοστού της α-κυτταρίνης σε σχέση με την υγρασία της (7-100%) και τη θερμοκρασία υδροθερμικών χειρισμών στους οποίους υπεβλήθη (8-200°C). Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι αυξανόμενη της υγρασίας του ξύλου και της θερμοκρασίας υδροθερμικού χειρισμού μειώνεται σημαντικά η λευκότητα του ξύλου. Σε ότι αφορά στο ποσοστό της α-κυτταρίνης φαίνεται να μειώνεται περισσότερο όσο η θερμοκρασία των υδροθερμικών χειρισμών αυξάνεται άνω των 140°C.

Οι Kolin και Danon (1997) μετά από τη διεξαγωγή υδροθερμικών χειρισμών σε ξύλο οξιάς και ελάτης προσδιόρισαν τις μεταβολές στην ολοκυτταρίνη. Στο ξύλο οξιάς η ολοκυτταρίνη μειώθηκε από 66,71% σε 66,05% ενώ στο ξύλο ελάτης μειώθηκε από 64,52% σε 62,26%. Αντίστοιχα, η μεταβολές του ποσοστού ολοκυτταρίνης, συμπεριλαμβανομένης και της λιγνίνης ήταν, για το ξύλο οξιάς από 80,16% σε 78,91% και για το ξύλο ελάτης από 71,60% σε 68,58%.

Οι Davis και Thompson (1964) διεξήγαγαν έρευνα σχετική με την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών μικρής διάρκειας στην αντοχή και τη χημική σύσταση του ξύλου. Συγκεκριμένα πραγματοποίησαν υδροθερμικούς χειρισμούς διάρκειας 30 και 120min σε θερμοκρασίες ατμού 126, 138 και 148°C. Οι δοκιμές έγιναν σε 3 διαφορετικά είδη ξύλου: πεύκη, δρύ και ελάτη. Για όλα τα είδη ξύλου που δοκιμάστηκαν, ο υδροθερμικός χειρισμός προκάλεσε μείωση του κλάσματος των υδρογονανθράκων η οποία επηρεάζεται από το είδος του ξύλου αλλά και τις παραμέτρους του υδροθερμικού χειρισμού. Τη μεγαλύτερη μείωση παρουσίασαν οι ημικυτταρίνες ως πιο ευαίσθητες σε τέτοιου είδους χειρισμούς. Η α-κυτταρίνη επίσης δε μειώθηκε σημαντικά λόγω των υδροθερμικών χειρισμών αλλά η μείωσή της ήταν γενικά μεγαλύτερη στους δριμύτερους χειρισμούς (148°C, 120min). Σε ότι αφορά τη λιγνίνη, για όλα τα είδη ξύλου η αύξηση της διάρκειας χειρισμού από 30 σε 120min και η αύξηση θερμοκρασίας από 126 σε 138 και 148°C) προκάλεσε αύξηση του ποσοστού της. Στις χαμηλές θερμοκρασίες και μικρές διάρκειες χειρισμού τα ποσοστά λιγνίνης παρουσίασαν μικρές μεταβολές. Σύγκριση μεταξύ των ειδών ξύλου έδειξε ότι το πιο ευπαθές στους εφαρμοσθέντες χειρισμούς ήταν η δρυς ενώ το πιο ανθεκτικό ήταν η πεύκη.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι υδροθερμικοί χειρισμοί προκαλούν σημαντική μείωση των υδατανθράκων του ξύλου και κυρίως των ημικυτταρινών. Η μείωση αυτή είναι ανάλογη της αύξησης της θερμοκρασίας και του χρόνου χειρισμού. Αντίθετα η α-κυτταρίνη φαίνεται να μην επηρεάστηκε σημαντικά από τους χειρισμούς. Τέλος σε ότι αφορά στη λιγνίνη τα ευρήματα σε κάποιες περιπτώσεις δείχνουν αύξηση του ποσοστού της στο ξύλο μετά από τους υδροθερμικούς χειρισμούς και η αύξηση αυτή είναι ανάλογη της αύξησης της θερμοκρασίας και του χρόνου των χειρισμών. Σε ανάλογα αποτελέσματα έχουν καταλήξει και άλλοι ερευνητές (Garrote και άλλοι 1999, Tjeerdsma και Militz 2005). Το φαινόμενο αυτό έχει αποδοθεί στην αποικοδόμηση των ημικυτταρινών αλλά και των αντιδράσεων πολυσυμπύκνωσης της λιγνίνης (Runkel 1961, Kuerschner και

Melcerova 1965, Tjeerdsma και άλλοι 1998). Οι Tjeerdsma και Militz (2005) αποδίδουν αυτή τη συμπεριφορά της λιγνίνης στην υψηλή της αντιδραστικότητα λόγω της οποίας συμβαίνουν αντιδράσεις αυτό-συμπολυμερισμού (autocondensation) της με αλδεΐδες που παράγονται από την αποικοδόμηση των ημικυτταρινών.

Σημαντικό εύρημα σχετικών ερευνών είναι το ότι με την αποικοδόμηση των ημικυτταρινών και την απελευθέρωση ακετυλομάδων που συμβαίνει κατά τον υδροθερμικό χειρισμό του ξύλου λόγω της παρουσίας νερού, σχηματίζεται οξικό οξύ το οποίο παίζει το ρόλο καταλύτη στη διαδικασία αποπολυμερισμού των υδατανθράκων. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε «αυτοκατάλυση» (Dietrichs κ.α. 1978, Fengel και Wegener 1984, Garrote και άλλοι 1999, Garrote κ.α. 2001, Feng κ.α. 2002, Boonstra και Tjeerdsma 2006).

Σε ότι αφορά στις μεταβολές της χημικής σύστασης των ανακτημένων με τη μέθοδο Fibresolve (βλ. Κεφ. 2.3.2.6.2.6, Σελ. 51) ινών, οι Riddiough και Kearley (2001) παρουσίασαν τα παρακάτω αποτελέσματα (Πίνακας 7).

Πίνακας 7: Σύγκριση χημικών χαρακτηριστικών ινών αυτούσιου ξύλου σε σχέση με ίνες που ανακτήθηκαν με τη μέθοδο Fibresolve (Riddiough και Kearley, 2001)

Συστατικό	Ανακτημένες ίνες	Νέες ίνες
Λιγνίνη (%)	32	32
Εκχυλίσματα (%)	6,22	4-5
Ολοκυτταρίνη (%)	57	65
Κυτταρίνη (%)	40	40
pH	7,6	6-8
Φορμαλδεΐδη (mg/100g)	1,82	1,99

Από τον παραπάνω Πίνακα όσο αφορά στη χημική σύσταση είναι εμφανές ότι οι ανακτημένες ίνες παρουσιάζουν αμετάβλητα ποσοστά λιγνίνης και κυτταρίνης, αλλά υψηλότερα ποσοστά εκχυλισμάτων και χαμηλότερα ποσοστά ολοκυτταρίνης σε σχέση με νέες ίνες. Εμμέσως προκύπτει το συμπέρασμα ότι με τη διαδικασία της ανάκτησης μειώνεται το ποσοστό ημικυτταρινών στις ίνες. Οι ανακτημένες ίνες εμφανίζουν επίσης λίγο μεγαλύτερα ποσοστά φορμαλδεΐδης και κατά μέσο όρο σχεδόν αμετάβλητη οξύτητα.

2.4.1.1.2 ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΑ

Ο Nuoronen και οι συνεργάτες του (2003) αξιολόγησαν μέσω φασματοσκοπίας FTIR την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών θερμοκρασίας 100-180°C στη συμπεριφορά των εκχυλισμάτων ξύλου πεύκης. Λίπη και κηροί του ξύλου πεύκης μετακινήθηκαν κατά τη διάρκεια των υδροθερμικών χειρισμών κατά μήκος των ακτινικών παρεγχυματικών

κυττάρων προς τα όρια του σομφού ξύλου. Σχετικά με τα ως άνω συστατικά, αυτά ανιχνεύτηκαν στο ξύλο που υπεβλήθη υδροθερμικούς χειρισμούς σε θερμοκρασίες από 100 ως 160°C. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες δεν ανιχνεύτηκαν στα όρια του σομφού ξύλου πιθανώς λόγω αποικοδόμησης και εξάτμισης. Σχετικά με τα ρητινικά οξέα της πεύκης μέρος αυτών διέφυγε διαμέσου των ρητινοφόρων αγωγών σε θερμοκρασίες 120-180°C. Σε θερμοκρασίες άνω των 200°C όλα τα ρητινικά οξέα εξαφανίστηκαν από το ξύλο. Ρητινικά οξέα που βρίσκονταν σε ακτινικούς ρητινοφόρους αγωγούς μετακινήθηκαν προς την επιφάνεια του υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου σε θερμοκρασίες 100-180°C και εξαφανίστηκαν από την επιφάνεια του ξύλου σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Οι Yilgor κ.α. (2001) υπέβαλλαν δείγματα ξύλου οξιάς σε υδροθερμικό χειρισμό θερμοκρασίας 80°C για 0, 20 και 100h και έπειτα προσδιόρισαν τις διαφορές στη χημική τους σύσταση. Σε ότι αφορά στις μεταβολές των εκχυλισμάτων φάνηκε ότι αυξανόμενης της διάρκειας του χειρισμού παρατηρείται ελαφρά αύξηση της διαλυτότητας σε αιθανόλη-βενζόλιο, αιθανόλη και θερμό νερό.

Οι Boonstra και Tjeerdsma (2006) αναφέρουν ότι το ποσοστό εκχυλισμάτων υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου είναι υψηλότερο του αρχικού (προ του χειρισμού) και ότι αυξανόμενης της θερμοκρασίας του χειρισμού αυξάνεται το ποσοστό των εκχυλισμάτων. Το γεγονός αυτό το αποδίδουν σε αποπολυμερισμό των υδρογονανθράκων και ιδιαίτερα των ημικυτταρινών.

Οι Kolin και Danon (1997) μετά από τη διεξαγωγή υδροθερμικών χειρισμών σε ξύλο οξιάς και ελάτης προσδιόρισαν τις μεταβολές στα εκχυλίσματα προ και μετά του χειρισμού. Σε ότι αφορά στην οξιά παρατηρήθηκε μείωση των διαλυτών σε αιθανόλη εκχυλισμάτων από 2,16% σε 1,79% και αύξηση των διαλυτών σε θερμό νερό εκχυλισμάτων από 1,96% σε 2,21%. Αντίστοιχα για την ελάτη παρατηρήθηκε ελαφρά αύξηση των διαλυτών σε αιθανόλη εκχυλισμάτων (από 1,11% σε 1,17%) και αύξηση των διαλυτών σε θερμό νερό εκχυλισμάτων από 1,05% σε 1,56%. Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και από έρευνα των Chen και Workman (1980) οι οποίοι υπέβαλλαν ξύλο καρυδιάς σε υδροθερμικό χειρισμό θερμοκρασίας 120°C και διαπίστωσαν μετά το χειρισμό αύξηση της διαλυτότητας του ξύλου σε θερμό νερό.

Συμπερασματικά, από τις παραπάνω αναφορές προκύπτει ότι οι ήπιοι υδροθερμικοί χειρισμοί προκαλούν αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων αλλά και μεμονωμένα αύξηση σε εκχυλίσματα που είναι διαλυτά σε αιθανόλη, νερό και μίγμα αιθανόλης-βενζολίου. Επιπροσθέτως, οι μεταβολές αυτές επηρεάζονται από το είδος του υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου.

2.4.1.1.3 ΤΕΦΡΑ

Οι Yilgor κ.α. (2001) υπέβαλλαν δείγματα ξύλου οξιάς σε υδροθερμικό χειρισμό θερμοκρασίας 80°C για 0, 20 και 100h και έπειτα προσδιόρισαν τις διαφορές στη χημική τους σύσταση. Σε ότι αφορά στις μεταβολές της τέφρας φάνηκε ότι αυξανόμενης της διάρκειας του χειρισμού παρατηρείται ελαφρά

αύξηση του ποσοστού τέφρας. Συγκεκριμένα για 0, 20 και 100h χειρισμού τα ποσοστά τέφρας ήταν 0,41%, 0,45% και 0,52% αντίστοιχα.

2.4.1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ

2.4.1.2.1 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα του υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου είναι η υποβάθμιση των μηχανικών του ιδιοτήτων (Kim κ.α. 1998, Kubojima 2000, Reiterer και Sinn 2002, Unsal και Ayrlimis 2005, Johansson και Morén 2006)

Σύμφωνα με τον Φιλίππου (1986) η θέρμανση του ξύλου ως τους 100°C μειώνει τις μηχανικές του αντοχές χωρίς όμως μονιμότητα της επίδρασης αφού με επαναφορά σε κανονικές συνθήκες ανακτάται η αρχική του αντοχή. Η επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες αρχίζει να γίνεται μόνιμη όταν η θέρμανση γίνεται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 100°C, ανάλογα και με το χρόνο επίδρασης και την υγρασία του ξύλου.

Σε έρευνα των Davis και Thompson (1964) για την οποία έγινε αναφορά στο Κεφ. 2.4.1.1.1 παρατηρήθηκε ότι η σκληρότητα ξύλου πεύκης, δρυός και ελάτης μειώνεται μετά από υδροθερμικούς χειρισμούς και η μείωση είναι εντονότερη όσο αυξάνεται η διάρκεια και η θερμοκρασία των υδροθερμικών χειρισμών.

Ο Mohebbay και οι συνεργάτες του (2008) διεξήγαγαν έρευνα σχετικά με την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών των ινών του ξύλου στις μηχανικές ιδιότητες ινοπλακών μέσης πυκνότητας. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησαν ίνες ξύλου τις οποίες υπέβαλαν σε υδροθερμικούς χειρισμούς θερμοκρασίας 120, 150 και 180°C για χρονικά διαστήματα των 0, 30 και 90min. Έπειτα χρησιμοποίησαν τις τροποποιημένες ίνες για την κατασκευή ινοπλακών μέσης πυκνότητας και διεξήγαγαν ποιοτικό έλεγχο τους για τον προσδιορισμό μηχανικών και άλλων ιδιοτήτων τους. Σε ότι αφορά στις μηχανικές ιδιότητες, από τα αποτελέσματα της έρευνας συνάγεται το συμπέρασμα ότι το μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη και η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό ινοπλακών μέσης πυκνότητας που κατασκευάστηκαν με υδροθερμικά χειρισθείσες ίνες παρουσιάζουν σημαντική μείωση σε σχέση με μη χειρισθείσες ίνες. Επίσης, η αύξηση της θερμοκρασίας χειρισμού υποβαθμίζει περαιτέρω τις ιδιότητες αυτές. Αντίθετα η διάρκεια του χειρισμού δε φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στις ως άνω ιδιότητες.

Ο Hsu και οι συνεργάτες του (1988) διεξήγαγαν εκτεταμένη έρευνα για τη διερεύνηση της επίδρασης υδροθερμικού χειρισμού ξυλοτεμαχιδίων στις ιδιότητες παραγόμενων από αυτά μοριοπλακών. Εφάρμοσαν υδροθερμικούς χειρισμούς ξυλοτεμαχιδίων στους 200°C για 1,2,3,4 και 5min και έλεγξαν τις ιδιότητες των μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν με αυτά. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό και το μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη αυξήθηκαν με χειρισμούς 1,2 και 3min ενώ άρχισαν να μειώνονται με χειρισμούς 4 και 5min. Το μέτρο ελαστικότητας

παρουσίασε αύξηση σε χειρισμούς μέχρι τα 4min. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αποτελέσματα έρευνας του Taylor (1987).

2.4.1.2.2 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΟΤΗΤΑ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΑΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ

Η βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας του ξύλου που έχει υποστεί θερμικό χειρισμό είναι ένα εύρημα στο οποίο κατέληξαν πολλοί ερευνητές (Kollmann και Schneider, 1963, Kollmann και Fengel 1965, Noack 1969, Kubinsky 1971, Burmester 1973, Giebeler 1983, Hillis 1984, Kolin και Danon 1997, Kotilainen και άλλοι 2000, Boonstra και Tjeerdsma 2006, Sundqvist και άλλοι 2006) ενώ ήδη υπάρχουν τυποποιημένες μέθοδοι με τις οποίες παράγεται θερμικά τροποποιημένο ξύλο για χρήσεις σε χώρους υψηλής υγρασίας. Σχετικά διαδεδομένη είναι η διαδικασία παραγωγής υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου γνωστή ως διαδικασία PLATO (Ruyter 1989) και η οποία αποτελείται από δυο στάδια. Στο πρώτο στάδιο (ονομαζόμενο ως «υδροθερμόλυση») πραγματοποιείται υδροθερμικός χειρισμός ο οποίος χαρακτηρίζεται από μερικό αποπολυμερισμό των δομικών συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων του ξύλου. Το δεύτερο στάδιο (επονομαζόμενο «πολυμερισμός») θεωρείται ότι αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από αντιδράσεις πολυμερισμού όπου τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου επαναπολυμερίζονται για να σχηματίζουν ένα νέο πολυμερικό πλέγμα. Η διαδικασία PLATO σύμφωνα με τον Boonstra και τους συνεργάτες του (2007A) βελτιώνει τη διαστασιακή σταθερότητα και τη βιολογική αντοχή του ξύλου με αποτέλεσμα να το καθιστά εφαρμόσιμο σε εξωτερικές χρήσεις. Ανάλογες διαδικασίες υδροθερμικής τροποποίησης ξύλου καταγράφονται και από άλλες επιχειρήσεις όπως το Plato Wood από την Ολλανδία και το New Option Wood από τη Γαλλία (Jones και Enjily 2006).

Από τα χημικά συστατικά του ξύλου τα περισσότερο υγροσκοπικά είναι οι ημικυτταρίνες και έπειτα η κυτταρίνη. Η λιγνίνη είναι το λιγότερο υγροσκοπικό συστατικό (Nikitin 1966, Φιλίππου 1986). Η παρουσία υδροξυλίων (-OH) στα μόρια των ημικυτταρινών και της κυτταρίνης είναι υπεύθυνη για την υγροσκοπικότητά τους. Επομένως μείωση του ποσοστού των ημικυτταρινών στο ξύλο μειώνει την υγροσκοπικότητά του και επομένως βελτιώνει τη διαστασιακή του σταθερότητα (Paul κ.α. 2007). Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφ. 2.4.1.1.1 οι υδροθερμικοί χειρισμοί προκαλούν αποικοδόμηση των ημικυτταρινών σε διαλυτά εκχυλίσματα (Garrote και άλλοι 1999, Tjeerdsma και Militz, 2005, Mohebbly κ.α. 2008) .

Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο οι υδροθερμικοί χειρισμοί μειώνουν την υγροσκοπικότητα του ξύλου είναι το γεγονός της αύξησης των κρυσταλλικών περιοχών στα μικροϊνίδια της κυτταρίνης (Yildiz και Gümüşkaya 2006).

Πέρα από τα παραπάνω, ο θερμικός χειρισμός του ξύλου σε θερμοκρασίες 100-200°C προκαλεί τη δημιουργία δεσμών υδρογόνου που δεσμεύουν τα ελεύθερα υδροξυλικά ώστε να είναι λιγότερο διαθέσιμα για προσρόφηση μορίων νερού.

Η βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας του υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου αντανάκλαται και στα παραγόμενα από αυτό σύνθετα προϊόντα όπως οι μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες. Ο χειρισμός του

ξύλου με ατμό (steam pretreatment) προ της παραγωγής μοριοπλακών, ινοπλακών αλλά και άλλων συγκολλημένων προϊόντων ξύλου έχει αναφερθεί από αρκετούς ερευνητές (Heebink και Hefty 1969, Tomimura και Matsuda 1986, Taylor 1987, Hsu κ.α. 1988, Irle κ.α. 1998, Rowell κ.α. 2000, Sekino κ.α. 2000, Boonstra κ.α. 2006A)

Σε εργασία του Mohebbi και των συνεργατών του (2008) που αναφέρθηκε και παραπάνω προσδιορίστηκε η κατά πάχος διόγκωση ινοπλακών μέσης πυκνότητας οι οποίες κατασκευάστηκαν με ίνες ξύλου που προηγουμένως είχαν υποστεί υδροθερμικό χειρισμό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, αυξανόμενη της θερμοκρασίας υδροθερμικού χειρισμού, μειώνεται σημαντικά η κατά πάχος διόγκωση των παραγόμενων ινοπλακών.

Οι Cai, Wang και Li (1995) με αναφορά τους στον Hsu και τους συνεργάτες του (1988) παρατηρούν ότι θερμικοί χειρισμοί στο ξύλο μπορεί να προκαλέσουν μερική υδρόλυση των ημικυτταρινών με αποτέλεσμα την αύξηση της συμπίεσιμότητας του ξύλου γεγονός το οποίο μειώνει σημαντικά τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων κατά τη διάρκεια της θερμής συμπίεσης για την παραγωγή μοριοπλακών. Οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι μοριοπλάκες κατασκευασμένες από ατμισμένα ξυλοτεμαχίδια και συγκολλημένα με συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης παρουσίασαν πολύ μικρότερη κατά πάχος διόγκωση μετά από εμβάπτιση σε νερό θερμοκρασίας χώρου εργαστηρίου για 24 και 72 ώρες απ' ότι παρουσίασαν απλές (χωρίς χειρισμό ξυλοτεμαχιδίων) μοριοπλάκες.

Οι Rowell, Lange και Davis (2000) αναλύουν τους πιθανούς μηχανισμούς αύξησης της διαστασιακής σταθερότητας μοριοπλακών που παράγονται από ξυλοτεμαχίδια μετά από υδροθερμικούς χειρισμούς. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι η διαστασιακή σταθερότητα αυξάνεται με: 1) αποικοδόμηση των υδροσκοπικών ημικυτταρινών και μετατροπή τους σε σάκχαρα που μπορούν να μετατραπούν σε λιγότερο υδροσκοπικούς πολυσακχαρίτες, 2) αποικοδόμηση των ημικυτταρινών σε ελεύθερα σάκχαρα από τα οποία προκύπτουν φουράνες οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να πολυμεριστούν κατά τη διάρκεια θερμής πίεσης και να σχηματίσουν δεσμούς συγκόλλησης, 3) θερμικό μαλάκωμα της λιγνίνης και τη δημιουργία ενός νέου πλέγματος με μικρότερες εσωτερικές τάσεις στα κυτταρικά τοιχώματα, 4) διάσπαση των ημικυτταρινών και τη μετατροπή τους σε αέριες ενώσεις οι οποίες διαφεύγουν κατά τη θερμή συμπίεση.

Από τους Sekino, Inoue και Irle (1998) η χρησιμοποίηση του ατμού κατά την παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών ταξινομείται σε 3 ομάδες: 1) άτμιση των ξυλοτεμαχιδίων πριν την συμπίεσή τους σε θερμή πρέσα, 2) άτμιση κατά τη θερμή πίεση (Steam injection pressing) και 3) άτμιση μετά την παραγωγή των πλακών. Από τις τρεις αυτές ομάδες χειρισμών, σύμφωνα με τους εν λόγω ερευνητές ως βέλτιστη για την επίτευξη βελτιωμένης διαστασιακής σταθερότητας μοριοπλακών θεωρείται η άτμιση ξυλοτεμαχιδίων πριν την συμπίεσή τους. Οι ίδιοι ερευνητές διεξήγαγαν έρευνα για τη διερεύνηση της επίδρασης υδροθερμικών χειρισμών ξυλοτεμαχιδίων σε διάφορες συνθήκες στις ιδιότητες παραγόμενων μοριοπλακών. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι το μέτρο

θραύσης επηρεάζεται αρνητικά από την επίδραση της θερμοκρασίας ενώ ανάλογη συμπεριφορά παρουσιάζει και η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό.

Μετά από έρευνα (Taylor 1987) κατά την οποία πραγματοποιήθηκε παραγωγή μοριοπλακών από ατμισμένα ξυλοτεμαχίδια και έλεγχος των διαστασιακών μεταβολών τους μετά από εμβάπτιση σε νερό για 24/ 72 ώρες προέκυψε ότι αυτές έδειξαν κατά 50-70% μειωμένη διόγκωση σε σχέση με μοριοπλάκες που παρήχθησαν από ξυλοτεμαχίδια χωρίς χειρισμό. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και κατά τον έλεγχο των διαστασιακών μεταβολών μετά από μεταβολή της σχετικής υγρασίας από 50 σε 90%. Επιπροσθέτως, η βελτίωση της διαστασιακής σταθερότητας φάνηκε να είναι ανάλογη του χρόνου άτμισης.

2.4.1.2.3 ΟΞΥΤΗΤΑ

Σχετικά με την οξύτητα υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου, οι Tjeerdsma και Militz (2005) μετά από σχετική έρευνα αναφέρουν ότι αυτό παρουσιάζει πιο όξινο χαρακτήρα σε σχέση με το μη χειρισθέν ξύλο. Η αύξηση της οξύτητας οφείλεται στο σχηματισμό οξέων που σχηματίζονται λόγω της αποικοδόμησης κυρίως των ημικυτταρινών. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν επίσης ότι η απελευθέρωση οξέων και κατ' επέκταση η μείωση του pH είναι ανάλογα μεγαλύτερη όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και η διάρκεια του υδροθερμικού χειρισμού. Ανάλογες παρατηρήσεις καταγράφηκαν και από τον Sernek (2008) και τους συνεργάτες του κατά τους οποίους η μείωση του pH του ξύλου μετά από την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών οφείλεται στην παρουσία οξικού και φορμικού οξέος.

Οι Kolin και Danon (1997) επίσης διαπίστωσαν μείωση της τιμής του pH ξύλων οξιάς και ελάτης μετά από υδροθερμικό χειρισμό. Σε ότι αφορά στην οξιά, η οξύτητα μειώθηκε από 5,5 σε 5,1 ενώ στην ελάτη από 5,4 σε 4,9. Ο υδροθερμικός χειρισμός πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασίες ως 90°C

Οι Sekino, Inoue και Irie (1998) με υδροθερμικούς χειρισμούς διάρκειας 10min που διεξήγαγαν σε ξυλοτεμαχίδια βρήκαν ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας υδροθερμικού χειρισμού αυξάνεται η οξύτητα του ξύλου.

Αντίθετα με ότι αφορά στις μεταβολές οξύτητας του συμπαγούς (αυτούσιου) ξύλου, ο υδροθερμικός χειρισμός σε συγκολλημένα προϊόντα ξύλου δεν φαίνεται να επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα. Συγκεκριμένα η οξύτητα ανακτημένου ξύλου από συγκολλημένα με ουρία-φορμαλδεΰδη προϊόντα είναι πιθανό να εμφανίζει μικρότερη οξύτητα (μεγαλύτερη τιμή pH) σε σχέση με αμιγή ξυλοτεμαχίδια χωρίς συγκολλητική ουσία. Το γεγονός αυτό έχει παρατηρηθεί από ερευνητές που ασχολήθηκαν με υδροθερμικούς χειρισμούς για ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων και ινών ξύλου από συγκολλημένες ξυλοπλάκες (Michanicki 1996, Dix κ.α. 2001A, Dix κ.α. 2001B, Qi κ.α. 2006) και αποδίδεται στην παρουσία υπολειμμάτων κόλλας ουρίας-φορμαλδεΰδης στις επιφάνειες των ανακτημένων ως άνω υλικών. Τα υπολείμματα αυτά προκύπτουν από την υδροθερμόλυση της συγκολλητικής ουσίας που χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή των αρχικών ξυλοπλάκων. Μάλιστα σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές αλλά και σε έρευνα των Λυκίδη και Γρηγορίου (2004) στα υπολείμματα αυτά (κυρίως στην ουρία) αποδίδεται και

η μειωμένη σε σχέση με τις αρχικές μοριοπλάκες έκλυση φορμαλδεΐδης από υδροθερμικά ανακυκλωμένες μοριοπλάκες.

2.4.1.2.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Η συγκολλητική ικανότητα του ξύλου αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την αξιολόγηση των υδροθερμικών χειρισμών καθώς επηρεάζει σημαντικά την αξιοποίηση του για την παραγωγή συγκολλημένων προϊόντων.

Οι χημικές, φυσικές και δομικές αλλαγές που συμβαίνουν στο υδροθερμικά χειρισθέν ξύλο μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα των συγκολλητικών ουσιών να δημιουργήσουν ανθεκτικούς δεσμούς στην επιφάνεια του ξύλου. Η βελτιωμένη διαστασιακή σταθερότητα του ξύλου που έχει υποβληθεί σε υδροθερμικό χειρισμό (βλ. Κεφ. 2.4.1.2.2, Σελ. 62) εμμέσως βελτιώνει και την ικανότητα της συγκόλλησης αυτού. Αυτό συμβαίνει διότι περιορίζοντας τη ρίκνωση και διόγκωση του ξύλου μειώνονται οι εσωτερικές τάσεις στο ξύλο και έτσι περιορίζονται πιθανές αποκολλήσεις. Παρόλα αυτά οι υδροθερμικοί χειρισμοί μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές μεταβολές που σχετίζονται με τη συγκόλληση. Επιτυχής συγκόλληση προϋποθέτει κατάλληλη διαβροχή της συγκολλητικής ουσίας στη μάζα του ξύλου. Η περιορισμένη υγροσκοπικότητα του ξύλου μπορεί να μεταβάλει την κατανομή της συγκολλητικής ουσίας στην επιφάνεια και τη διείσδυση της στους πόρους του ξύλου. Η ένταση της προσρόφησης νερού των υδατοδιαλυτών συγκολλητικών ουσιών (όπως η ουρία-φορμαλδεΐδη) μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία της σκλήρυνσης της και κατ' επέκταση την ποιότητα της συγκόλλησης. Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι η διαβροχή του ξύλου από το νερό περιορίζεται μετά από υδροθερμικό χειρισμό (Petrisans και άλλοι 2003, Sernek και άλλοι 2004, Follrich και άλλοι 2006, Gerardin και άλλοι 2007) κυρίως γιατί η επιφάνεια του υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου γίνεται πιο υδρόφοβη και λιγότερο πολική. Το γεγονός αυτό εμποδίζει την κατάλληλη διαβροχή του ξύλου με υδατοδιαλυτές συγκολλητικές ουσίες.

Ένας επιπλέον παράγοντας που μεταβάλλεται από την επίδραση υδροθερμικών χειρισμών στο ξύλο και επηρεάζει τη συγκολλητικότητά του είναι η οξύτητα. Η οξύτητα του ξύλου επηρεάζει τη διαδικασία της συγκόλλησης (σκλήρυνσης, πολυμερισμού) καθώς η αλκαλική ή όξινη φύση της επιφάνειας του ξύλου μπορεί να παρέμβει στη σκλήρυνση των συγκολλητικών ουσιών. Μεταβολές του pH στην επιφάνεια του ξύλου είναι δυνατό να επιβραδύνουν ή να επιταχύνουν τη σκλήρυνση των συγκολλητικών ουσιών ανάλογα με τον τύπο της χρησιμοποιούμενης συγκολλητικής ουσίας. Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφ. 2.4.1.2.3 (Σελ. 64) η οξύτητα υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με μη χειρισθέν ξύλο. Η παρουσία οξέων στην οποία οφείλεται η υψηλή οξύτητα του υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου είναι πιθανό να εξουδετερώσει αλκαλικούς σκληρυντές που χρησιμοποιούνται για τη σκλήρυνση συγκολλητικών ουσιών φαινόλης-φορμαλδεΐδης (PF) ή φαινόλης-ρεσορσινόλης-φορμαλδεΐδης (PRF) και κατά συνέπεια να υποβαθμίσουν την ποιότητα των συγκολλητικών δεσμών. Από την άλλη πλευρά, χαμηλές τιμές pH (υψηλή οξύτητα) των επιφανειών ξύλου μπορεί να οδηγήσουν στην επιτάχυνση των χημικών αντιδράσεων των όξινα καταλυόμενων

αμινορρητινών όπως η ουρία-φορμαλδεΐδη (UF) και η μελαμίνη φορμαλδεΐδη (MF) (Pizzi, 1983). Επιπροσθέτως, ο Tohtuuga και οι συνεργάτες του (2000) αναφέρουν ότι το πολυμερές ουρίας-φορμαλδεΐδης που συντέθηκε υπό την επίδραση έντονα όξινων συνθηκών παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα σε σχέση με κόλλες που σκληρύνθηκαν υπό την επίδραση ασθενώς όξινων συνθηκών.

Η συγκολλητική ικανότητα του ξύλου μπορεί να ελεγχθεί μεταξύ άλλων και από την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό συγκολλημένων προϊόντων ξύλου. Η ιδιότητα αυτή παρέχει ενδείξεις σχετικά με το αν η χρησιμοποιούμενη συγκολλητική ουσία είναι συμβατή με το χρησιμοποιούμενο ξύλο. Υποβάθμιση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό πιθανώς συνδέεται με απώλεια συγκολλητική ικανότητας των ξυλοτεμαχιδίων ή ινών ξύλου λόγω μειωμένης διαβροχής και άλλων παραγόντων. Οι υδροθερμικοί χειρισμοί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (Κεφ. 2.4.1.2.2, Σελ. 62) καθιστούν το ξύλο λιγότερο υγροσκοπικό και περιορίζουν τη διαβροχή του (Tjeerdsma και Militz 2005). Οι κόλλες ουρίας-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιούνται σχεδόν καθ' ολοκληρία στην παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας είναι πολικές κόλλες οι οποίες για να σχηματίσουν ικανοποιητικούς δεσμούς με το ξύλο είναι απαραίτητο να το διαβρέξουν επαρκώς (Pizzi 1994). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η προβληματική συγκόλληση και η υποβάθμιση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας (Boonstra και Tjeerdsma 2006). Είναι όμως απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι αυτός δεν είναι ο μοναδικός λόγος για τον οποίο υποβαθμίζεται η εν λόγω μηχανική ιδιότητα καθώς επηρεάζεται επίσης και από τη μείωση της αντοχής του ξύλου λόγω του υδροθερμικού χειρισμού (Κεφ. 2.4.1.2.1, Σελ. 61).

Ο Sakuno και οι συνεργάτες του (1991) μελετώντας τη συγκολλητική ικανότητα προβληματικών σε ότι αφορά τη συγκόλληση ειδών ξύλου διαπίστωσαν ότι μετά από υδροθερμικό χειρισμό η βελτίωση της συγκολλητική ικανότητας ξύλου *Dipterocarpus spp.* με συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης ανήλθε σε 65%. Κατά τους ερευνητές, η βελτίωση οφείλεται αφενός στην αύξηση της ικανότητας διαβροχής του χειρισθέντος ξύλου και αφετέρου στην απομάκρυνση εκχυλισμάτων που επηρεάζουν την οξύτητα και επομένως και τη διαδικασία της συγκόλλησης.

Οι Sernek και άλλοι (2008) αξιολόγησαν τη συγκολλητική ικανότητα υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου μελετώντας ιδιότητες σύνθετου (επικολλητού) ξύλου που κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας υδροθερμικά τροποποιημένη ξυλεία. Από την έρευνα αυτή προέκυψε αρχικά το συμπέρασμα ότι η συγκολλητική ικανότητα υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου εξαρτάται από το είδος της χρησιμοποιούμενης συγκολλητικής ουσίας και συγκεκριμένα η χρήση συγκολλητικών ουσιών μελαμίνης-ουρίας-φορμαλδεΐδης (MUF) επέφερε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με κόλλες φαινόλης-ρεσορσινόλης-φορμαλδεΐδης (PRF). Η συγκολλητική ικανότητα επηρεάζεται επίσης από το είδος του χειρισθέντος ξύλου καθώς είδη όπως η ελάτη δεν παρουσιάζουν ικανοποιητική συγκολλητική ικανότητα μετά από υδροθερμικούς χειρισμούς.

2.4.1.2.5 ΧΡΩΜΑ

Η θέρμανση του ξύλου επιφέρει πέραν των προαναφερθέντων ιδιοτήτων αλλαγή και στο χρώμα του. Το γεγονός αυτό έχει προσδιοριστεί από πλήθος ερευνητών (Brauner και Conway 1964, Davis και Thompson 1964, McGinnes και Rosen 1984, Schmidt, 1986, Hsu κ.α. 1988, Tolvaj και Faix 1996, Voulgaridis κ.α. 1997, Haslett και Dakin 2001, Mitsui κ.α. 2001, Sundqvist κ.α. 2006, Tolvaj κ.α. 2008).

Ερευνητές έχουν προτείνει τη χρήση του χρώματος του ξύλου που έχει υποβληθεί σε υδροθερμικό χειρισμό ως δείκτης του βαθμού υδροθερμικής τροποποίησής του (Bourgois κ.α. 1991, Bekhta και Niemz 2003).

Από τις χρωματικές μεταβλητές αυτή που κατά τον Bourgois κ.α. (1991) καταδεικνύει καλύτερα το βαθμό της υδροθερμικής τροποποίησης του ξύλου είναι η λευκότητα ή, όπως χαρακτηρίζεται κατά το πρότυπο CIE Lab (Ορφανάκος 2004), μεταβλητή L^* (Lightness). Η μεταβλητή αυτή παρουσιάζει μείωση μετά από τον υδροθερμικό χειρισμό του ξύλου (Tolvaj και Faix 1996, Sundqvist κ.α. 2006) και συγκεκριμένα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, την αρχική υγρασία του ξύλου και το χρόνο χειρισμού (Chen και Workman 1980). Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι οι μεταβολές της φωτεινότητας είναι εντονότερες αρχικά (κυρίως μέσα στην πρώτη ώρα του χειρισμού) ενώ είναι πιο ήπιες στις επόμενες ώρες διεξαγωγής του χειρισμού.

2.4.1.2.6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

Θέρμανση του ξύλου σε θερμοκρασίες εύρους 160-260°C βελτιώνει την ικανότητά του να αντιστέκεται έναντι της βιοαποικοδόμησης δηλ. της δράσης των βιολογικών του εχθρών όπως οι μύκητες, τα έντομα κλπ (Kotilainen και άλλοι 2000, Boonstra και Tjeerdsma 2006, Sundqvist και άλλοι 2006). Η βελτίωση της βιολογικής αντοχής του ξύλου αντανακλάται και στα παραγόμενα με αυτό σύνθετα προϊόντα (Paul κ.α. 2007).

Υπάρχουν τρεις θεωρίες σχετικά με την εξήγηση της βελτιωμένης βιολογικής αντοχής υδροθερμικά τροποποιημένου ξύλου (Weiland και Guyonnet 2003). Κατά την πρώτη, η αποικοδόμηση που υφίστανται οι πεντόζες περιορίζουν την πιθανότητα πρωτογενούς προσβολής από μύκητες καθώς αποτελούν βασική διατροφική τους πηγή. Η δεύτερη θεωρία βασίζεται στη φύση της τροποποίησης του ξύλου. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους ως άνω αναφερθέντες ερευνητές, η δικτύωση της φουρφουράλης που παράγεται από τη θερμική αποικοδόμηση του ξύλου με τη λιγνίνη δημιουργεί νέα χημική δομή η οποία είναι λιγότερο ευαίσθητη στην επίδραση των ένζυμων των μυκήτων. Η τρίτη θεωρία βασίζεται στην δημιουργία τοξικών υποπροϊόντων παράλληλα με το σχηματισμό ελευθέρων μορίων. Ο Kamdem και οι συνεργάτες του (2000) ανέλυσαν τα εκχυλίσματα υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου πεύκης στα οποία βρήκαν τοξικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες όπως επίσης και άλλες αρωματικές ενώσεις. Οι συγγραφείς υπέθεσαν ότι τέτοιες ενώσεις μπορεί να δράσουν ως μυκητοκτόνα και ως εκ τούτου να αυξήσουν τη βιολογική αντοχή του ξύλου.

2.5 ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΞΥΛΟΥ

2.5.1.1 ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΟ ΞΥΛΟ

Ο Nikitin (1966) αναφέρει ότι τα βασικά προϊόντα θερμικής αποικοδόμησης της κυτταρίνης είναι άνθρακας, υγρά προϊόντα απόσταξης, πίσσα και αέρια. Τα υγρά περιλαμβάνουν οξικό οξύ, ακετόνη, φορμαλδεΐδη, φορμικό οξύ, φουρφουράλη, υδροξυ-μεθυλ-φουρφουράλη, μεθύλ-φουρφουράλη, φουράνια, μεθύλ-αιθύλ-κετόνη, φαινόλη αλλά και ίχνη από τολουόλιο. Ο ίδιος συγγραφέας υποστηρίζει ότι κατά τη θερμική αποικοδόμηση της λιγνίνης παράγεται μεθανόλη σε ποσοστό το οποίο ποικίλλει ανάλογα με το είδος ξύλου. Σε ότι αφορά στις ημικυτταρίνες, από τη θερμική τους αποικοδόμηση προκύπτει φουρφουράλη, οξικό οξύ και φορμικό οξύ.

Οι Tjeerdsma και Militz (2005) όπως και άλλοι ερευνητές (Kollmann και Fengel 1965, Dietrichs και άλλοι 1978, Bourgois και Guyonnet 1988) αναφέρουν ότι ο θερμικός χειρισμός του ξύλου υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας οδηγεί στο σχηματισμό καρβονικών οξέων, κυρίως οξικού οξέος ως αποτέλεσμα της διάσπασης ακετυλο-ομάδων από τις ημικυτταρίνες. Οι ημικυτταρίνες, ανάλογα με τη συγκέντρωση οξέων και την εφαρμοζόμενη θερμοκρασία, υδρολύονται σε ολιγομερείς και μονομερείς ενώσεις (Klauditz και Stegmann 1955, Bobleter και Binder 1980, Carrasco και Roy 1992). Στη συνέχεια υπό την επίδραση του υδροθερμικού χειρισμού οι μονομερείς μονάδες σακχάρων αφυδατώνονται σχηματίζοντας αλδεΐδες, εκ των οποίων από τις πεντόζες σχηματίζεται φουρφουράλη και από τις εξόζες σχηματίζεται υδροξυ-μεθυλο-φουρφουράλη (Wilson και άλλοι 1989, Kaar και άλλοι 1991, Ellis και Paszner 1994, Garrote και άλλοι 1999).

Το γεγονός ότι ήπιοι υδροθερμικοί χειρισμοί του ξύλου με νερό ή ατμό προκαλούν μετατροπή των ημικυτταρινών σε μίγμα από ολιγομερή και σάκχαρα έχει καταγραφεί από διάφορους ερευνητές (Maloney και άλλοι 1986, Wilson και άλλοι 1989, Garrote και άλλοι 2003). Τα σάκχαρα που προκύπτουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αιθανόλης μέσω ζύμωσης (Garrote και άλλοι 2003).

Σχετικά με την έκλυση φορμαλδεΐδης από το υδροθερμικά χειρισθέν ξύλο, ο Roffael (2006) αναφέρει ότι φορμαλδεΐδη υπάρχει φυσικώς στο ξύλο αλλά μπορεί να σχηματιστεί και από τα βασικά δομικά συστατικά του ξύλου (κυτταρίνη, λιγνίνη, ημικυτταρίνες) όπως επίσης και από τα εκχυλίσματά του ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας (Schäfer και Roffael 2000). Οι Meyer και Boehme (1995) χρησιμοποιώντας τις μεθόδους θαλάμου 1m³ (1m³ chamber) και ανάλυσης αερίων (gas analysis), οι οποίες χρησιμοποιούνται για προσδιορισμό εκλυόμενης φορμαλδεΐδης από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, προσδιόρισαν εκλύσεις φορμαλδεΐδης από συμπαγές ξύλο διαφόρων ειδών. Σε περιπτώσεις θέρμανσης του ξύλου, π.χ. κατά την ξήρασή του ή κατά τη θερμή συμπίεση για την παραγωγή συγκολλημένων

προϊόντων του, το ξύλο εκλύει μεγαλύτερες ποσότητες φορμαλδεΐδης (Marutzky και Roffael 1977).

Οι Bobleter και Binder (1980) όπως επίσης και οι Tjeerdsma και άλλοι (1998) έχουν αποδείξει ότι ο θερμικός χειρισμός του ξύλου οδηγεί στην απομάκρυνση μορίων νερού από τους υδρογονάνθρακες και ως συνέπεια αυτού στο σχηματισμό αλδευδών.

Σχετικά με τα παράγωγά που προκύπτουν από υδροθερμικό χειρισμό του ξύλου, ο Garrote και άλλοι (1999) αναφέρουν ότι οι ημικυτταρίνες μετατρέπονται σε ολιγομερή και μονομερή σάκχαρα, χρήσιμα για διάφορες πρακτικές εφαρμογές (Aoyama και άλλοι 1995, Aoyama 1996). Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι από το μερικό πολυμερισμό της κυτταρίνης και της λιγνίνης μπορεί να παραχθεί φουρφουράλη.

Από τον Sundqvist και τους συνεργάτες του (2006) μετρήθηκαν οι ποσότητες οξικού και φορμικού οξέος που παράγονται από υδροθερμικά χειρισθέν ξύλο σημύδας σε θερμοκρασίες 160, 180 και 200°C και διάρκειες από 1 ως 4h. Σε θερμοκρασίες 160 και 180°C ο σχηματισμός οξικού και φορμικού οξέος είναι ανάλογος της διάρκειας χειρισμού. Στη θερμοκρασία των 200°C το παραγόμενο οξικό και φορμικό οξύ εμφανίζουν μέγιστο σε διάρκεια χειρισμού 2,5h και μικρότερα ποσοστά σε μεγαλύτερες ή μικρότερες διάρκειες. Σε κάθε περίπτωση, τα ποσοστά παραγόμενου οξικού και φορμικού οξέος δεν ξεπερνούν το 0,1% (βάρος οξέος ανά ξηρή μάζα ξύλου) για υδροθερμικούς χειρισμούς διάρκειας 1h. Στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι από την υδρόλυση του ξύλου που έχει υποβληθεί σε υδροθερμικό χειρισμό μπορεί να παραχθούν, εκτός από οξικό και φορμικό οξύ, και άλλα οργανικά οξέα όπως το 4-O-μεθυλογλυκουρονικό και το γαλακτουρονικό οξύ.

Ο Ledig και οι συνεργάτες του (2004) πραγματοποίησαν μετρήσεις σε δείγματα συμπυκνωμάτων ατμού τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε ατμιστήρια πριστής ξυλείας οξιάς. Η θερμοκρασία άτμισης κυμάνθηκε μεταξύ 80 και 130°C ενώ οι διάρκειες χειρισμού μεταξύ 8 και 104h. Ανάμεσα στις ομάδες ενώσεων που ανιχνευτήκαν ήταν φαινόλες, φορμαλδεΐδη, ραμνόζη, ξυλόζη, γλυκόζη, σακχαρόζη, φορμικό οξύ, οξικό οξύ, προπιονικό οξύ, βουτυρικό οξύ, και άλλα οργανικά οξέα.

Στην περίπτωση κατά την οποία η διεξαγωγή υδροθερμικών χειρισμών προϋποθέτει την άμεση επαφή του νερού με το ξύλο (βρασμοί), το χρησιμοποιούμενο νερό μολύνεται από εκχυλίσματα του ξύλου και άλλες ενώσεις που προκύπτουν από την διάσπαση και διάλυση υδατανθράκων, φαινολικών ουσιών, οργανικών οξέων, ημικυτταρινών και ανόργανων ουσιών. Φαινολικές ενώσεις μπορεί να βρεθούν στο χρησιμοποιηθέν νερό λόγω διάλυσης ταννινών και φλαβονοειδών, όπως επίσης και διαλυτών στο νερό θραυσμάτων λιγνίνης τα οποία διαλύθηκαν υπό όξινες συνθήκες (Runkel 1951, Plath και Plath 1955, Kollmann και Fengel 1965, Kubinsky και Ifju 1973, Bujanovic κ.α. 2000).

Η Mayer και οι συνεργάτες της (2007) μελέτησαν τη χημική σύσταση ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιούνται για υδροθερμικό χειρισμό (βρασμό) κορμοτεμαχίων ως προκαταρκτικό στάδιο για την παραγωγή

ξυλοφύλλων. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν αύξηση της οξύτητας του νερού γεγονός που αποδόθηκε στο διαχωρισμό ακετυλομάδων από τις ημικυτταρίνες και την παράλληλη απελευθέρωση οξικού οξέος. Για να εστιάσουν οι ερευνητές στην παρουσία αρωματικών ενώσεων στο χρησιμοποιηθέν νερό, πραγματοποίησαν αναλύσεις με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC). Από τους προσδιορισμούς προέκυψε η παρουσία φλαβονοειδών ενώσεων και φαινολικών οξέων όπως επίσης και πλήθους εκχυλισμάτων ανάλογα με το χειρισθέν είδος ξύλου.

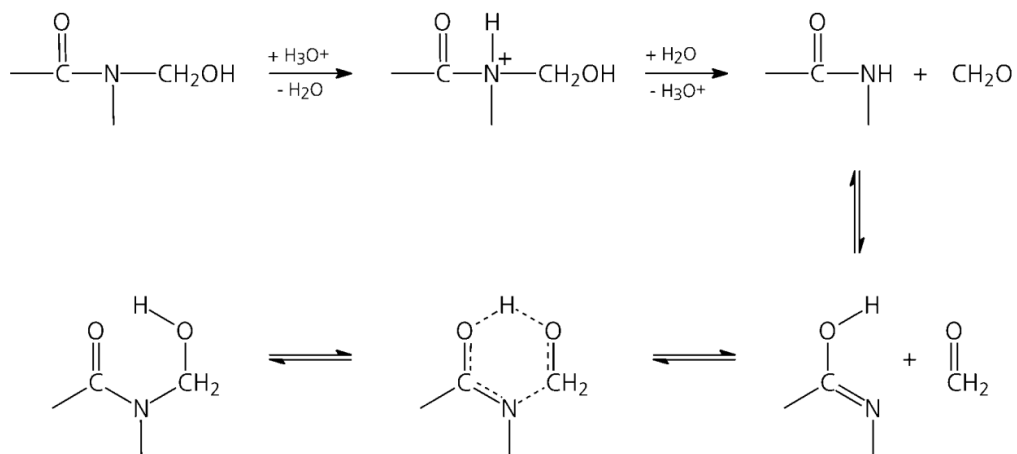
Ο Riddiough (2002) σχετικά με τα παράγωγα που προκύπτουν από τη διαδικασία ανάκτησης ινών μέσω υδροθερμικών χειρισμών (βλ. Κεφ. 2.3.2.6.2, Σελ. 52) αναφέρει ότι το ποσοστό στερεών απόβλητων που περιέχουν είναι ασήμαντο και ως εκ τούτου το διάλυμα που προκύπτει από την ανάκτηση μπορεί να απορρίπτεται χωρίς ιδιαίτερο κίνδυνο.

Τέλος από τον Scott (1997) αναφέρεται ότι από τον υδροθερμικό χειρισμό του ξύλου προκύπτουν αναθυμιάσεις οι οποίες οφείλονται στην αποικοδόμηση των ημικυτταρινών.

2.5.1.2 ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Η ευαισθησία των συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΰδης υπό τη επίδραση θερμότητας, υγρασίας και όξινων συνθηκών έχει αναφερθεί από διάφορους ερευνητές (Ginzel 1971, Ginzel 1973, Brown 1990, Fleischer και Marutzky 2000, Ringena και άλλοι 2006). Υπό την επίδραση των ως άνω παραγόντων το πολυμερές ουρίας-φορμαλδεΰδης αποπολυμερίζεται (υδρολύεται) με ταυτόχρονη παραγωγή φορμαλδεΰδης (Wittman 1962).

Σύμφωνα με τους Fleischer και Marutzky (2000), οι οποίοι μελέτησαν το μηχανισμό απελευθέρωσης φορμαλδεΰδης από κόλλες ουρίας-φορμαλδεΰδης που υπέστησαν αποπολυμερισμό, η απελευθέρωση φορμαλδεΰδης από υδροθερμικά χειρισθείσες κόλλες ουρίας-φορμαλδεΰδης είναι εντονότερη όσο αυξάνεται ο χρόνος χειρισμού και η οξύτητα.



Εικόνα 13: Μηχανισμός απελευθέρωσης φορμαλδεΐδης μέσω διάσπασης υπό την παρουσία όξινου καταλύτη (Fleischer και Marutzky, 2000)

Ο Keener και οι συνεργάτες του (1994) μετά από έρευνα που διεξήγαγαν σχετικά με την αποικοδόμηση παλετών από ξυλοτεμαχίδια συγκολλημένα με κόλλα ουρίας-φορμαλδεΐδης αναφέρουν ότι στα προϊόντα της αποικοδόμησης περιέχονται φορμαλδεΐδη και αμμωνία.

Στα παράγωγα της αποικοδόμησης των συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης συμπεριλαμβάνεται σύμφωνα με τους Roffael και Kraft (2005) και η διμέθυλο-ουρία.

3. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Βασικά κίνητρα για τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας ήταν: 1. Η αξιοποίηση του ξύλου παλιών ξύλινων κατασκευών ώστε να μειωθεί η επιβάρυνση που προκαλούν στο περιβάλλον ως ογκώδη απορρίμματα και 2. Η μείωση της πίεσης στα δάση για απόληψη ξύλου και εξισορρόπηση του ελλείμματος από την επαναχρησιμοποίηση του ξύλου των παλιών ξύλινων κατασκευών.

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η μελέτη των δυνατοτήτων ανάκτησης από παλιά έπιπλα (μέσω υδροθερμικών χειρισμών) υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας και η χρήση τους στην παραγωγή νέων (ανακυκλωμένων) ξυλοπλακών.

Η έρευνα διεξήχθη σε 3 φάσεις:

1η Φάση: προκαταρκτική έρευνα εκτίμησης της επίδρασης των παραμέτρων ανάκτησης στην ποιότητα των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων

2^η Φάση: προσδιορισμός των βέλτιστων συνθηκών ανακύκλωσης μοριοπλακών

3η Φάση: κατασκευή μοριοπλακών με χρήση ανακτημένων πρώτων υλών από παλιές ξυλοπλάκες

Ειδικότερα, αντικείμενο της παρούσας έρευνας ήταν:

- Ο προσδιορισμός των βέλτιστων συνθηκών ανάκτησης υλικών από μοριοπλάκες με υδροθερμικούς χειρισμούς.
- Η εφαρμογή των ως άνω συνθηκών για την ανάκτηση υλικών από χρησιμοποιημένες (παλιές) ξυλοπλάκες και η χρήση των ανακτημένων υλικών στην παραγωγή νέων (ανακυκλωμένων) μοριοπλακών σε μίξεις με βιομηχανικά (φρέσκα) ξυλοτεμαχίδια.
- Η μελέτη της επίδρασης της διαδικασίας ανάκτησης στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των ανακτηθέντων υλικών
- Ο προσδιορισμός της επίδρασης της ποσοστιαίας συμμετοχής των ανακτημένων από παλιές ξυλοπλάκες υλικών σε συνδυασμό με ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας στην ποιότητα των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.
- Ο προσδιορισμός της επίδρασης που η ανακύκλωση επιφέρει στην ποιότητα μοριοπλακών από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια και μοριοπλακών από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια.
- Η διερεύνηση της επικινδυνότητας των αποβλήτων που προκύπτουν από τη διαδικασία της ανάκτησης.

4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 ΥΛΙΚΑ

4.1.1 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

4.1.1.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΕΣ

Για τη διεξαγωγή της 1^{ης} και 2^{ης} φάσης της έρευνας έγινε προμήθεια εμπορικών μοριοπλακών διαστάσεων 3660mm x 1830mm x 18mm και επικαλυμμένων με λευκά φύλλα μελαμίνης. Οι εν λόγω μοριοπλάκες παρήχθησαν σε εργοστάσιο του εξωτερικού ενώ η επένδυσή τους με επικαλυπτικά φύλλα μελαμίνης έγινε στη βιομηχανία ΒΑΛΚΑΝ-ΕΞΠΟΡΤ. Οι ως άνω μοριοπλάκες παρήχθησαν την ίδια μέρα και υπό τις ίδιες συνθήκες παραγωγής κάτι το οποίο κρίθηκε αναγκαίο για να διασφαλιστεί η αντικειμενικότητα των συγκρίσεων μεταξύ των διαφόρων υδροθερμικών χειρισμών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων στις επόμενες φάσεις της έρευνας.

4.1.1.2 ΠΑΛΙΕΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ) ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ

Για τη διεξαγωγή της 3^{ης} φάσης της έρευνας απαιτήθηκαν χρησιμοποιημένες ξυλοπλάκες (μοριοπλάκες και ινοπλάκες μέσης πυκνότητας) οι οποίες διαχωρίστηκαν από χρησιμοποιημένες και παλιές ξυλοκατασκευές (κυρίως έπιπλα). Για το λόγο αυτό, σε συνεργασία με την Αντιδημαρχία Καθαριότητας του Δήμου Θεσσαλονίκης, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία επίπλων και παλαιών ξυλοκατασκευών από το σταθμό μεταφόρτωσης ογκωδών αστικών απορριμμάτων που βρίσκεται στην περιοχή του Φοίνικα Καλαμαριάς (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Η περιοχή δειγματοληψίας παλιών επίπλων και ξυλοκατασκευών

4.1.1.3 ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Η προμήθεια ξυλοτεμαχιδίων έγινε από τη βιομηχανία μορισπλακών ΑΚΡΙΤΑΣ. Τα ξυλοτεμαχίδια φαίνονται στην Εικόνα 15 και προέκυψαν εξ' ολοκλήρου από το θρυμματισμό μη χρησιμοποιηθέντος ξύλου.



Εικόνα 15: Ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή της έρευνας (αριστερά: υλικό μεσαίας στρώσης, δεξιά: υλικό επιφανειακών στρώσεων)

4.1.1.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ - ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Για την παραγωγή των εργαστηριακών μοριοπλακών της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι δύο τύποι συγκολλητικών ουσιών (κόλλες) ουρίας-φορμαλδεΐδης, της εταιρείας BASF (Ludwigshafen, Germany).

- 1) Κατά τη διεξαγωγή της 2^{ης} Φάσης της έρευνας, η κόλλα Kaurit Leim 287 Pulver κατηγορίας E2 αναφορικά με την έκλυση φορμαλδεΐδης κατά το πρότυπο EN312:2003 και
- 2) Κατά τη διεξαγωγή της 3^{ης} Φάσης της έρευνας, η κόλλα Kaurit Leim 390 Pulver κατηγορίας E1 αναφορικά με την έκλυση φορμαλδεΐδης κατά το πρότυπο EN312:2003.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε ώστε η προμήθεια των συγκολλητικών ουσιών να μην απέχει χρονικά από την ημερομηνία παραγωγής των με σκοπό να αποφευχθεί πιθανός πολυμερισμός αυτών κατά διάρκεια της αποθήκευσης. Η συγκολλητική ουσία χρησιμοποιήθηκε υπό μορφή υδατικού διαλύματος συγκέντρωσης 50% κατά βάρος.

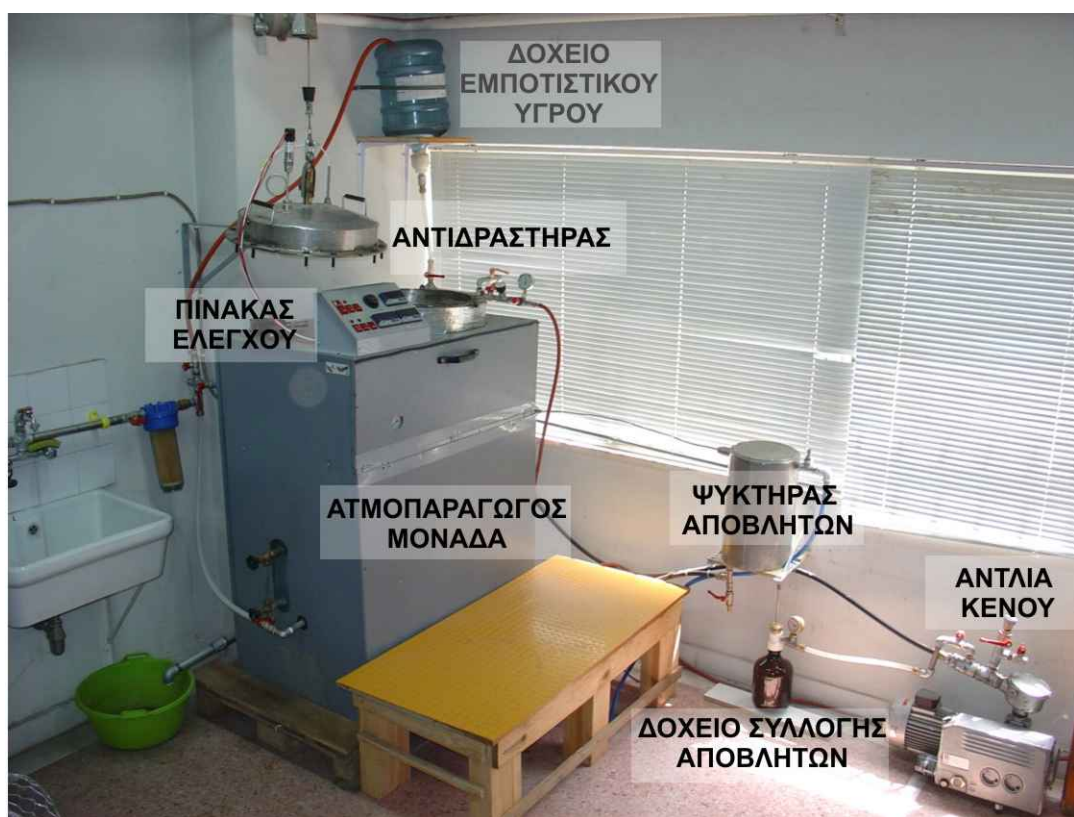
Το μοναδικό πρόσθετο που χρησιμοποιήθηκε στο διάλυμα της συγκολλητικής ουσίας ήταν για την διεξαγωγή της 2^{ης} φάσης της έρευνας χλωριούχο αμμώνιο υπό μορφή υδατικού διαλύματος 20% και για τη διεξαγωγή της 3^{ης} φάσης της έρευνας ένα τυποποιημένο διάλυμα σκληρυντή της BASF, με το όνομα NH-Διάλυμα η κατά βάρος σύσταση του οποίου ήταν: νιτρικό αμμώνιο 40%, ουρία 30%, νερό 30%.

4.1.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

4.1.2.1 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

4.1.2.1.1 ΑΝΑΚΤΗΣΗ

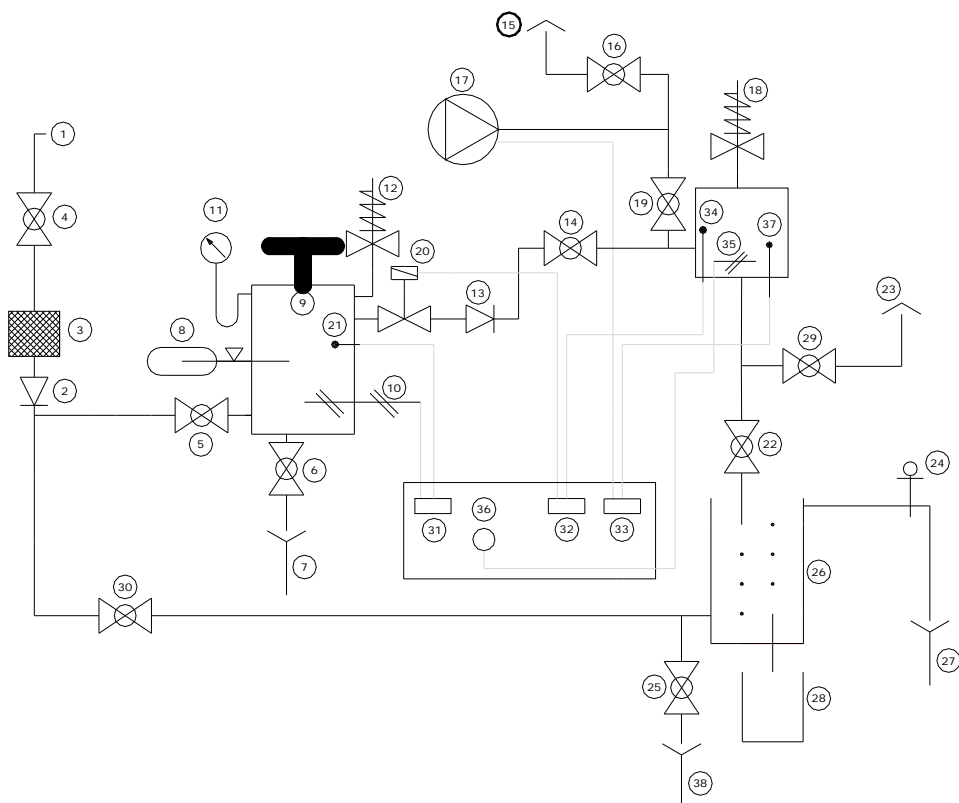
Για την ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων, ινών ξύλου και άλλων πρώτων υλών από τις οποίες κατασκευάζονται οι ξυλοπλάκες τύπου μοριοπλακών και ινοπλακών χρησιμοποιήθηκε πιλοτική διάταξη ανάκτησης (βλ. Εικόνα 16) η οποία έχει τη δυνατότητα διεξαγωγής υδροθερμικού χειρισμού, εμποτισμού, άσκησης κενού και πίεσης σε δοκίμια ξυλοπλακών. Η διάταξη διαθέτει επίσης δυνατότητα ψύξης και συλλογής των αερίων και υγρών αποβλήτων που προκύπτουν μετά τη διαδικασία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων ή ινών από χρησιμοποιημένες ξυλοπλάκες.



Εικόνα 16: Γενική άποψη της πιλοτικής διάταξης ανάκτησης πρώτων υλών από ξυλοπλάκες

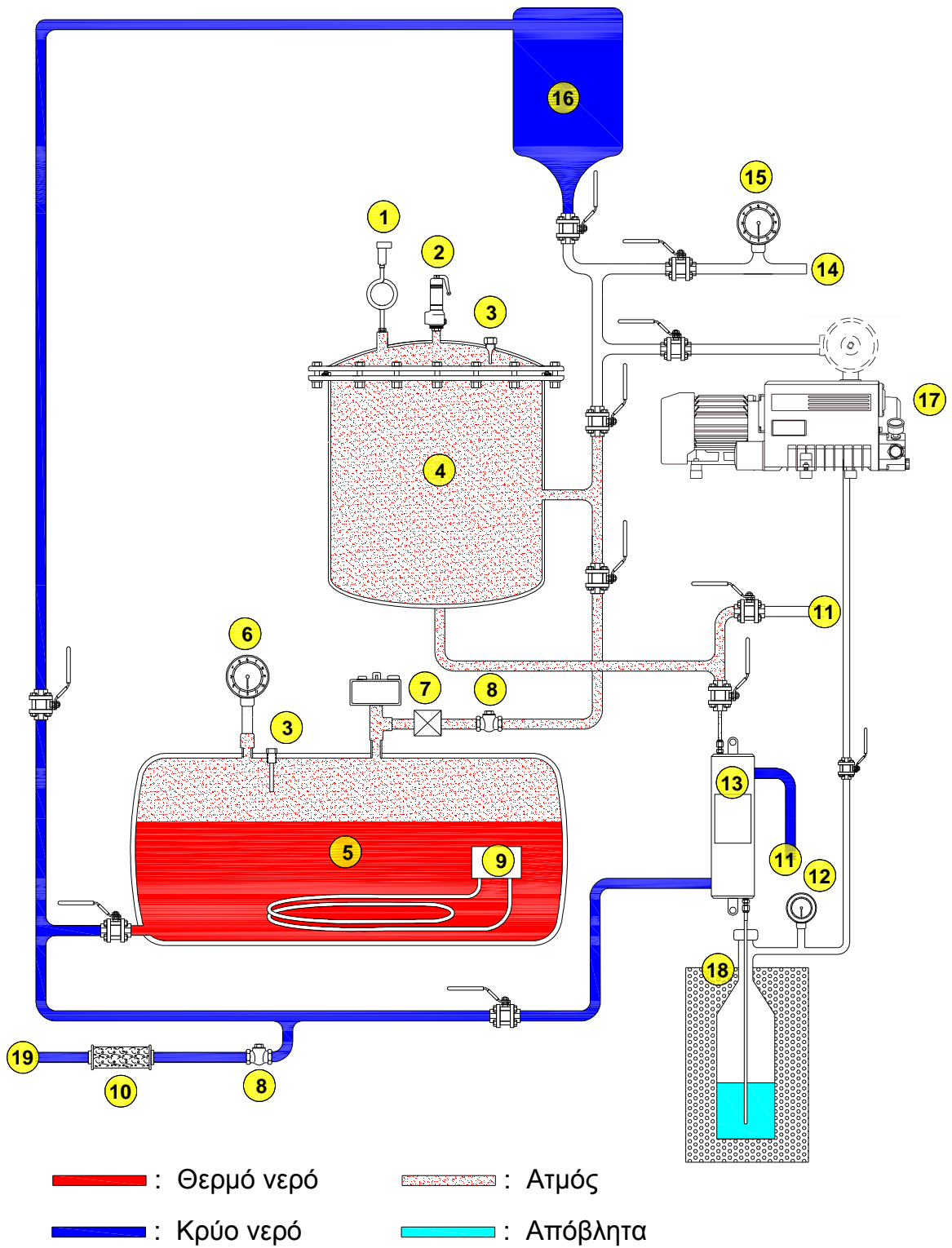
Στην Εικόνα 17 παρουσιάζεται σχέδιο συνδεσμολογίας της πιλοτικής διάταξης ανάκτησης πρώτων υλών σύμφωνα με τα πρότυπα DIN 2429, 2430, 3400, 2425, 2481 (Λέφας 1994).

Στην Εικόνα 18 (σελ. 83) παρουσιάζεται γραφικά η πιλοτική διάταξη ανάκτησης πρώτων υλών.



1. Νερό παροχής ύδρευσης	20. Ηλεκτροβαλβίδα ατμού
2. Βαλβίδα αντεπιστροφής	21. Θερμοστοιχείο (PT100)
3. Φίλτρο νερού	22. Δίοδος σφαιρικός κρουνός ατμού
4. Δίοδος σφαιρικός κρουνός	23. Έξοδος προς περιβάλλον
5. Δίοδος σφαιρικός κρουνός	24. Θερμόμετρο (Υδραργυρικό)
6. Δίοδος σφαιρικός κρουνός	25. Δίοδος σφαιρικός κρουνός
7. Έξοδος προς αποχέτευση	26. Εναλλάκτης θερμότητας (Ψυκτήρας)
8. Υαλοδείκτης στάθμης	27. Έξοδος προς αποχέτευση
9. Ατμοπαραγωγός μονάδα	28. Δοχείο συλλογής αποβλήτων
10. Θερμαντικό στοιχείο	29. Δίοδος σφαιρικός κρουνός ατμού
11. Μανόμετρο (τύπου Bourdon)	30. Δίοδος σφαιρικός κρουνός νερού
12. Ασφαλιστικό ελατηρίου	31. Ελεγκτής θερμοκρασίας ατμοπαραγωγού
13. Βαλβίδα αντεπιστροφής ατμού	32. Ελεγκτής θερμοκρασίας αντιδραστήρα
14. Δίοδος σφαιρικός κρουνός ατμού	33. Ελεγκτής πίεσης αντιδραστήρα
15. Έξοδος προς περιβάλλον	34. Θερμοστοιχείο (PT100)
16. Δίοδος σφαιρικός κρουνός	35. Αντιστάσεις προθέρμανσης αντιδραστήρα
17. Αντλία κενού (ελαίου)	36. Αναλογικός θερμοστάτης προθέρμανσης
18. Ασφαλιστικό ελατηρίου	37. Αισθητήριο πίεσης
19. Δίοδος σφαιρικός κρουνός ατμού	38. Έξοδος προς αποχέτευση

Εικόνα 17: Σχέδιο συνδεσμολογίας της πιλοτικής διάταξης ανάκτησης πρώτων υλών



Εικόνα 18: Σχέδιο της πιλοτικής διάταξης ανάκτησης πρώτων υλών

Τμήματα της συσκευής ανάκτησης

1. Αισθητήριο πίεσης	11. Έξοδος προς περιβάλλον
2. Βαλβίδα ασφαλείας	12. Μανόμετρο απόλυτης πίεσης (τύπου bourdon)
3. Θερμοστοιχείο (PT100)	13. Εναλλάκτης θερμότητας (Ψυκτήρας)
4. Αντιδραστήρας	14. Είσοδος πεπιεσμένου αέρα
5. Ατμοπαραγωγός μονάδα	15. Μανόμετρο (τύπου bourdon)
6. Μανόμετρο (τύπου bourdon)	16. Δοχείο εμπροστικού υγρού
7. Πιεσοστάτης ατμοπαραγωγού μονάδας	17. Αντλία κενού (ελαίου)
8. Βαλβίδα αντεπιστροφής ατμού	18. Δοχείο συλλογής αποβλήτων
9. Θερμαντικά στοιχεία ατμοπαραγωγού μονάδας	19. Νερό παροχής ύδρευσης
10. Φίλτρο νερού(τύπου bourdon)	

Η πιλοτική διάταξη ανάκτησης πρώτων υλών ξυλοπλακών αποτελείται από τα εξής μέρη:

Α. Τον **πίνακα ελέγχου** (Εικόνα 19) ο οποίος φέρει τους διακόπτες λειτουργίας και τους ελεγκτές (controllers) της ατμοπαραγωγού μονάδας των θερμαντικών στοιχείων και της πίεσης του αντιδραστήρα. Η μέτρηση και ρύθμιση της θερμοκρασίας στον αντιδραστήρα γίνεται με ανάλυση 0,1°C, ενώ η μέτρηση και ρύθμιση της πίεσης γίνεται με ανάλυση 0,01bar(gauge). Από τον πίνακα ελέγχου ρυθμίζεται και η θερμοκρασία προθέρμανσης του αντιδραστήρα μέσω αναλογικού θερμοστάτη.



Εικόνα 19: Ο πίνακας ελέγχου της πιλοτικής διάταξης ανάκτησης πρώτων υλών ξυλοπλακών

Β. Την **ατμοπαραγωγό μονάδα** (Εικόνα 18, Νο 5) δηλαδή ένα δοχείο πίεσης χωρητικότητας 60 λίτρων, εφοδιασμένο με ηλεκτρικές αντιστάσεις 14KW και θερμομονωμένο με ορυκτοβάμβακα για την μείωση των θερμικών απωλειών. Η ατμοπαραγωγός μονάδα φέρει τα εξής όργανα ελέγχου και μετρήσεων:

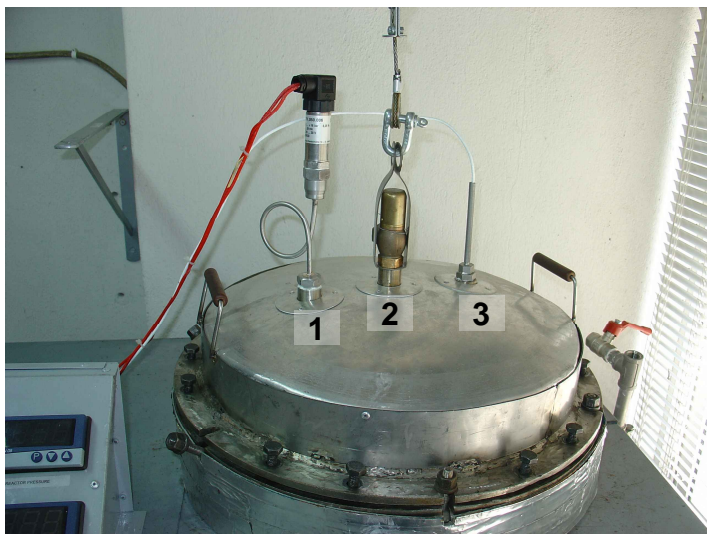
- Αναλογικό μανόμετρο 0-16 bar για τη μέτρηση της πίεσης ατμού

- Θερμοζεύγος συνδεδεμένο με τον ψηφιακό ελεγκτή θερμοκρασίας που βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου για τη ρύθμιση και μέτρηση της θερμοκρασίας ατμού στην μονάδα παραγωγής ατμού
- Ηλεκτρικό πιεσοστάτη λειτουργίας 0-10 bar
- Βαλβίδα ασφαλείας από υψηλές πιέσεις 0-12 bar
- Δείκτη στάθμης νερού με κοχλίες ασφαλείας

Η ατμοπαραγωγός μονάδα παράγει κορεσμένο ατμό θερμοκρασίας 100-170°C και απόλυτης πίεσης 1-8 bar. Ο ατμός διοχετεύεται σε αντιδραστήρα με σκοπό τον υδροθερμικό χειρισμό των ξυλοπλακών.

Γ. Τον **αντιδραστήρα** (Εικόνα 18 Νο 4 και Εικόνα 20). Πρόκειται για κυλινδρικό δοχείο, από ανοξείδωτο μέταλλο, χωρητικότητας 65 λίτρων το οποίο φέρει:

- Σιφώνιο τροφοδοσίας ατμού από την ατμοπαραγωγό μονάδα
- Σιφώνιο εξόδου ατμού προς το περιβάλλον ή προς ψυκτήρα για την συλλογή των αερίων και υγρών αποβλήτων
- Θερμαντικά στοιχεία για την προθέρμανση του σε θερμοκρασία 20-90°C
- Αισθητήρα πίεσης εύρους 0-10 bar με σπειροειδές σιφώνιο για την προστασία του από τις υψηλές θερμοκρασίες του ατμού (Εικόνα 20.1)
- Αισθητήρα θερμοκρασίας (θερμοζεύγος) εύρους 0-800°C (Εικόνα 20.3)
- Διάτρητο ανοξείδωτο κάδο τοποθέτησης του προς χειρισμό υλικού με κυκλικές οπές διαμέτρου 1,4mm (Εικόνα 21)
- Βαλβίδα ασφαλείας του αντιδραστήρα από υψηλές πιέσεις με δυνατότητα ρύθμισης 0-12 bar (Εικόνα 20.2)
- Θερμομόνωση από υαλοβάμβακα για τη μείωση των θερμικών απωλειών



Εικόνα 20: Ο αντιδραστήρας της πιλοτικής διάταξης ανάκτησης πρώτων υλών



Εικόνα 21: Διάτρητος ανοξείδωτος κάδος τοποθέτησης του προς χειρισμό υλικού

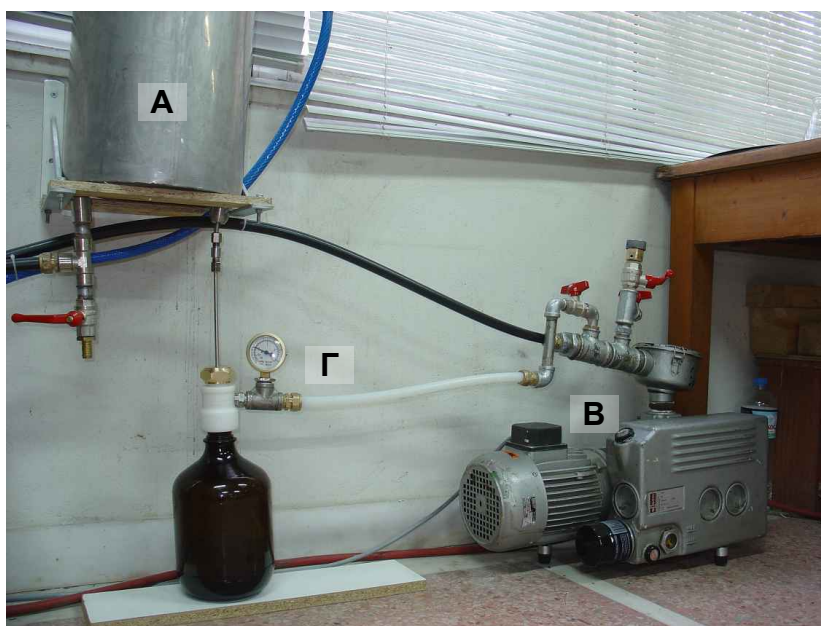
Δ. Το **δοχείο εμποτιστικού υγρού** (Εικόνα 18 Νο 16) το οποίο είναι κατασκευασμένο από πολυερεφθαλικό αιθυλενεστέρα (PET), έχει χωρητικότητα 19l και συνδέεται μέσω διακόπτη με τον αντιδραστήρα.

Ε. Το **σύστημα συλλογής των αποβλήτων** (Εικόνα 22) που προκύπτουν από τη διαδικασία ανάκτησης και το οποίο αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

Τον **ψυκτήρα** αποβλήτων (Εικόνα 18 Νο 13 και Εικόνα 22Α) ο οποίος είναι κυλινδρικός εναλλάκτης θερμότητας κατασκευασμένος από ανοξείδωτο μέταλλο τύπου 316SS. Στο εσωτερικό του υπάρχει ανοξείδωτος σωλήνας 316SS σπειροειδούς μορφής ο οποίος διαρρέεται από το προς ψύξη υλικό, περιβάλλεται εξωτερικά από το μέσο εναλλαγής θερμότητας και καταλήγει στο δοχείο συλλογής. Ως μέσο εναλλαγής θερμότητας χρησιμοποιείται νερό βρύσης.

Την **αντλία κενού** ελαίου με πτερύγια, τύπου Busch RC 0025 (Εικόνα 18 Νο 17 και Εικόνα 22Β), η οποία έχει δυνατότητα παραγωγής κενού ως 20mbar(abs). Η αντλία κενού ελέγχεται από τον πίνακα ελέγχου και συνδέεται με τον αντιδραστήρα για εφαρμογή υποπίεσης κατά τη διαδικασία εμποτισμού των χρησιμοποιημένων ξυλοπλακών και με το δοχείο συλλογής αποβλήτων (βλ. παρακάτω).

Το **δοχείο συλλογής αποβλήτων** (Εικόνα 18 Νο 18 και Εικόνα 22Γ) αποτελείται από σκούρο γυαλί και έχει χωρητικότητα 2,5l. Κατά προτίμηση το δοχείο μπορεί να τοποθετείται σε παγόλουτρο με σκοπό την ψύξη των αποβλήτων σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που μπορούν να επιτευχθούν από το νερό βρύσης. Στο δοχείο συλλογής αποβλήτων μπορεί να εφαρμοστεί ελεγχόμενη (μέσω μετρητή κενού) υποπίεση μέσω της ως άνω αντλίας κενού. Σκοπός αυτού είναι η επαναλήψιμη και ταχύτερη εκκένωση των αποβλήτων από τον αντιδραστήρα και τον ψυκτήρα)



Εικόνα 22: Το τμήμα ψύξης και συλλογής αποβλήτων που προκύπτουν από τη διαδικασία ανάκτησης (Α. Ψυκτήρας, Β. Αντλία κενού, Γ. Δοχείο συλλογής αποβλήτων)

4.1.2.1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Για την ταξινόμηση του υλικού των τεμαχιδίων ξύλου (διαχωρισμός μεσαίας και επιφανειακών στρώσεων) χρησιμοποιήθηκε εργαστηριακό περιστρεφόμενο σύστημα κοσκίνισης τύπου Allgair με κίνηση σε όλα τα επίπεδα και εφοδιασμένο με κόσκινα διαμέτρου 60cm.

4.1.2.1.3 ΞΗΡΑΝΣΗ

Η ξήρανση των υλικών για την παραγωγή εργαστηριακών ξυλοπλακών έγινε σε εργαστηριακό ξηραντήριο διαστάσεων 140 x 100 x 120 cm το οποίο φέρει ηλεκτρικές αντιστάσεις ως θερμαντικά στοιχεία και απαγωγό για τη διακίνηση του αέρα στο εσωτερικό του. Η θερμοκρασία ξήρανσης κυμάνθηκε από 75 ως 85°C. Για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας των υλικών κατά την ξήρανσή τους χρησιμοποιήθηκε αναλυτής υγρασίας που παρουσιάζεται στο Κεφ. 4.1.2.2.4 (σελ. 88).

4.1.2.1.4 ΑΝΑΜΙΞΗ

Η ανάμιξη ξυλοτεμαχιδίων ή/και ινών με το διάλυμα συγκολλητικής ουσίας έγινε σε εργαστηριακό αναμικτήρα τύπου περιστρεφόμενου τύμπανου. Η συσκευή αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο κυλινδρικό δοχείο διαμέτρου 1m και πλάτους 0,5m (χωρητικότητα 0,4m³) το οποίο παίρνει κίνηση από ηλεκτροκινητήρα μέσω ελαστικού ιμάντα.

Η εφαρμογή της συγκολλητικής ουσίας στα ξυλοτεμαχίδια έγινε με τη βοήθεια πνευματικού ψεκαστήρα ο οποίος είναι εφοδιασμένος με δοσομετρητή και ρυθμιστή πίεσης και προσαρμοσμένος κατάλληλα στο εσωτερικό του κυλίνδρου.

4.1.2.1.5 ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ - ΠΡΟΠΙΕΣΗ - ΘΕΡΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

Η στρωμάτωση του υλικού έγινε χειροκίνητα μέσα σε κιβώτιο διαστάσεων 30x35cm κατασκευασμένου από αντικολλητό. Η ψυχρή πίεση (προπίεση) πραγματοποιήθηκε επίσης χειροκίνητα με τη βοήθεια σχετικής διάταξης προπίεσης.

Η θερμή πίεση των μοριοπλακών πραγματοποιήθηκε σε υδραυλική θερμαινόμενη πρέσα τύπου Becker van Hüllen. Οι πλάκες της πρέσας θερμαίνονται με ηλεκτρικές αντιστάσεις σε θερμοκρασίες έως 300°C ενώ η μέγιστη πίεση μπορεί να φτάσει τα 35 Kp/cm².

4.1.2.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

4.1.2.2.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τις κοκκομετρικές αναλύσεις των ξυλοτεμαχιδίων που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή των εργαστηριακών ξυλοπλακών χρησιμοποιήθηκε συσκευή κοκκομετρικής ανάλυσης τύπου Endecotts test sieve shaker εφοδιασμένος με κόσκινα διαμέτρου 200mm.

4.1.2.2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των παραχθέντων ξυλοπλακών (αντοχή σε εφελκυσμό επιφάνειας, αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό, μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη) χρησιμοποιήθηκε μηχανή δοκιμών τύπου Shimatzu UH-300kNA.

4.1.2.2.3 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Για τον προσδιορισμό της κατά πάχος διόγκωσης των ξυλοπλακών μετά από εμβάπτισή τους σε νερό για 24h χρησιμοποιήθηκε σχετική κατασκευή με αναλογικό μικρόμετρο. Η επιφάνεια μέτρησης ήταν κυκλική με διάμετρο 1cm.

4.1.2.2.4 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Οι προσδιορισμοί υγρασίας έγιναν χρησιμοποιώντας φούρνο τύπου Binder, ξηραντήρα με μέσο ξήρανσης silica gel και ζυγό ακριβείας 1mg τύπου COBOS CM-360.

Ο προσδιορισμός περιεχομένης υγρασίας ξυλοτεμαχιδίων κατά την παραγωγή των μοριοπλακών έγινε με τη χρήση αναλυτή υγρασίας τύπου Precisa HA60.

4.1.2.2.5 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ

Για τους προσδιορισμούς περιεχόμενης και εκλυόμενης φορμαλδεΐδης χρησιμοποιήθηκε συσκευή Perforator και φασματοφωτόμετρο τύπου Hitachi U-2000. Οι ζυγίσεις και οι προσδιορισμοί υγρασίας πραγματοποιήθηκαν με τον εξοπλισμό που περιγράφηκε στο Κεφ. 4.1.2.2.4 (Σελ. 88). Οι εκχυλίσεις της φορμαλδεΐδης από τις εργαστηριακές ξυλοπλάκες έγιναν με συσκευή

εκχύλισης τύπου Perforator όπως προβλέπεται στο σχετικό πρότυπο (EN 120).

4.1.2.2.6 ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Για τη μείωση των διαστάσεων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τον προσδιορισμό χημικών συστατικών του ξύλου χρησιμοποιήθηκε εργαστηριακός μύλος τύπου Willey εφοδιασμένος με κόσκινο ανοίγματος 40mesh.

Μετά τη μείωση των διαστάσεων των υλικών με τη χρήση του μύλου και για να απομονωθεί το κλάσμα διαστάσεων που απαιτούνταν σύμφωνα με τα χρησιμοποιηθέντα πρότυπα για την κάθε ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το σύστημα κοκκομετρικής ανάλυσης που παρουσιάστηκε στο Κεφ. 4.1.2.2.1(Σελ. 88). Για τη διεξαγωγή των εκχυλίσεων χρησιμοποιήθηκαν συσκευές εκχύλισης τύπου soxhlet. Το χρησιμοποιηθέν απεσταγμένο νερό παράχθηκε με συσκευή απόσταξης τύπου GFL 2001/2.

Ο προσδιορισμός τέφρας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση κλίβανου αποτέφρωσης τύπου Hegeaus και του ζυγού που παρουσιάστηκε στο Κεφ. 4.1.2.2.4 (Σελ. 88).

Για την εξάτμιση διαλυτών κατά των προσδιορισμό εκχυλισμάτων χρησιμοποιήθηκε συσκευή περιστροφικού εξατμιστή (Rotary evaporator) τύπου Heidolf VV2000.

4.1.2.2.7 ΟΞΥΤΗΤΑ

Για τον προσδιορισμό της οξύτητας χρησιμοποιήθηκε πεχάμετρο τύπου CRISON GLP22 βαθμονομημένο με ρυθμιστικά διαλύματα οξύτητας 4 και 7.

4.1.2.2.8 ΧΡΩΜΑ

Για τον προσδιορισμό των χρωματικών μεταβλητών χρησιμοποιήθηκαν 2 φασματοφωτόμετρα. Το ένα ήταν φορητό τύπου MiniScan XE Plus με κυκλική επιφάνεια μέτρησης διαμέτρου 4mm.

Το δεύτερο χρησιμοποιηθέν φασματοφωτόμετρο ήταν τύπου Macbeth color-eye 3000 με κυκλική επιφάνεια μέτρησης διαμέτρου 20mm.

4.1.2.2.9 ΠΡΟΦΙΛ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Ο προσδιορισμός του προφίλ πυκνότητας των δοκιμίων ξυλοπλακών έγινε με τη βοήθεια αναλυτή προφίλ πυκνότητας τύπου IMAL DPX200 ο οποίος χρησιμοποιεί ακτίνες X για τον εν λόγω προσδιορισμό.

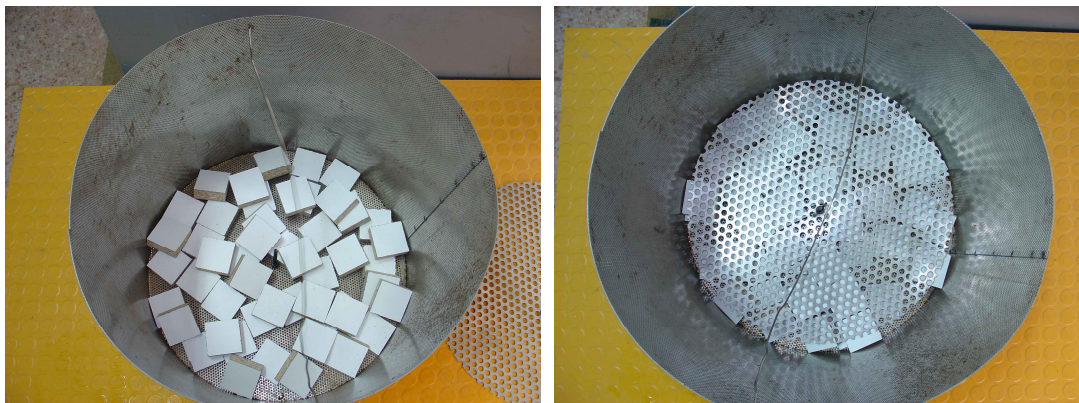
4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα διεξήχθη σε 3 φάσεις. Παρουσίαση των μεθόδων που εφαρμόστηκαν για την διεξαγωγή αυτών αναπτύσσεται ξεχωριστά στα παρακάτω υποκεφάλαια.

4.2.1 1^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ

Η 1^η φάση της έρευνας είχε προκαταρκτικό χαρακτήρα και περιλάμβανε διεξαγωγή δοκιμών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από ξυλοπλάκες με χρήση υδροθερμικών χειρισμών σε διάφορους συνδυασμούς συνθηκών (παραμέτρους). Η αξιολόγηση της επιτυχίας των δοκιμών έγινε με κριτήριο την αναλογία συσσωματωμάτων στο κάθε φορά ανακτηθέν υλικό. Σκοπός της φάσης αυτής ήταν η αδρομερής αξιολόγηση διαφόρων παραμέτρων ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων στην ποιότητα του προκύπτοντος ανακτημένου υλικού. Από την αξιολόγηση προέκυψε σχετικά μικρό πλήθος ικανοποιητικών συνδυασμών οι οποίες αξιολογήθηκαν με λεπτομέρεια στην επόμενη (2^η) φάση όπου και τελικά προσδιορίστηκε ο άριστος συνδυασμός των παραμέτρων ανάκτησης. Αναλυτικότερα η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε ήταν η εξής:

Από τις βιομηχανικές μοριοπλάκες που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4.1.1.1 (Σελ. 78) διαμορφώθηκαν δοκίμια διαστάσεων 50x50mm για να χρησιμοποιηθούν στη διεξαγωγή των δοκιμαστικών ανακτήσεων. Οι εν λόγω μοριοπλάκες χρησιμοποιήθηκαν για να διασφαλιστεί η ομοιογένεια του υλικού με το οποίο έγιναν οι δοκιμαστικές ανακτήσεις και κατά συνέπεια οι όποιες παρατηρηθείσες διαφορές στα ανακτηθέντα υλικά να οφείλονται στη διαδικασία ανάκτησης και όχι σε διαφορές του προς ανάκτηση υλικού. Για κάθε δοκιμαστική ανάκτηση χρησιμοποιήθηκαν περίπου 1500g των ως άνω δειγμάτων. Τα δείγματα τοποθετούνταν στον διάτρητο κάδο όπως φαίνεται στην Εικόνα 23 (αριστερά) και έπειτα καλύπτονταν με διάτρητο ανοξείδωτο δίσκο Εικόνα 23 (δεξιά) με σκοπό την διατήρηση τους κάτω από την επιφάνεια του εμποτιστικού υγρού σε περίπτωση εμποτισμού προ του υδροθερμικού χειρισμού.



Εικόνα 23: Τοποθέτηση δειγμάτων μοριοπλακών στον διάτρητο κάδο

Ακολούθως ο διάτρητος κάδος τοποθετούταν στο εσωτερικό του αντιδραστήρα όπου πραγματοποιούνταν ο εμποτισμός των δειγμάτων με νερό και ακολουθούσε η διαδικασία του υδροθερμικού χειρισμού. Μετά το πέρας του υδροθερμικού χειρισμού το υλικό που προέκυπτε (Εικόνα 24) ζυγιζόταν και προσδιοριζόταν ο βαθμός αποικοδόμησης των δοκιμίων (διάσπασης της συγκολλητικής ουσίας και διαχωρισμός των συγκολληθέντων ξυλοτεμαχιδίων μεταξύ τους).



Εικόνα 24: Το υλικό που προκύπτει μετά τον υδροθερμικό χειρισμό

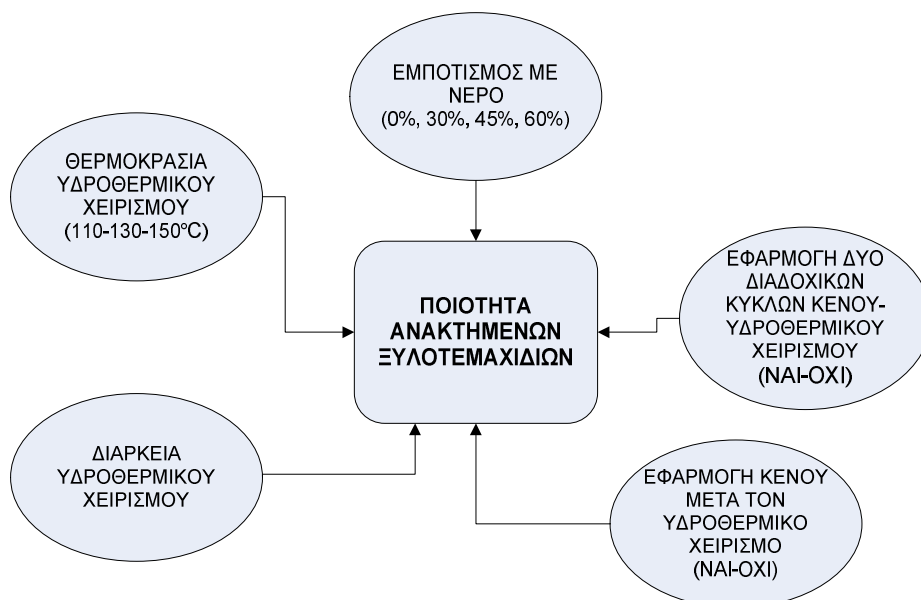
Η αξιολόγηση του βαθμού αποικοδόμησης των δοκιμίων προσδιορίστηκε εμμέσως, τοποθετώντας το ανακτηθέν υλικό, μετά από κάθε υδροθερμικό χειρισμό, σε κόσκινο (βλ. Κεφάλαιο 4.1.2.1.2, Σελ. 87) ανοίγματος 5mm. Μετά από κοσκίνιση διάρκειας 20min, διαχωριζόταν το πλήρως αποικοδομημένο υλικό (ξυλοτεμαχίδια ή/και ίνες ξύλου) από τα πιθανώς υπάρχοντα (λόγω ανεπαρκούς υδρόλυσης της συγκολλητικής ουσίας) συσσωματώματα ξυλοτεμαχιδίων/ινών (Εικόνα 25).



Εικόνα 25: Συσσωματώματα μετά τη διαδικασία του υδροθερμικού χειρισμού

Ως ικανοποιητική αποδιοργάνωση θεωρήθηκε αυτή κατά την οποία το ξηρό βάρος των συσσωματωμάτων (με διαστάσεις $>5\text{mm}$) στη μάζα του ανακτηθέντος υλικού δεν ξεπερνούσε το ποσοστό του 10%. Με το πέρας κάθε υδροθερμικού χειρισμού προσδιοριζόταν, εκτός από το βάρος, και η υγρασία του ανακτηθέντος υλικού.

Παρακάτω (Εικόνα 26) παρουσιάζονται οι παράμετροι που μελετήθηκαν και συνδυαστικά η επίδρασή τους στο ποσοστό συσσωματωμάτων του ανακτηθέντος υλικού το οποίο κατά τη φάση αυτή αποτελούσε το κριτήριο της ποιότητας του ανακτημένου υλικού.



Εικόνα 26: Παράμετροι που μελετήθηκαν ως προς την επίδρασή τους στην ποιότητα των ανακτηθέντων ξυλοτεμαχιδίων

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 26, οι θερμοκρασίες που εφαρμόστηκαν κατά τη διεξαγωγή της 1^{ης} φάσης έρευνας κυμάνθηκαν σε εύρος 110-150°C. Εφαρμογή υψηλότερων θερμοκρασιών απορρίφθηκε λόγω της αποικοδόμησης που επιφέρουν στα δομικά συστατικά του ξύλου και της αρνητικής επίδρασης της ως άνω αποικοδόμησης σε βασικές ιδιότητες των ανακυκλωμένων μοριοπλακών (Λυκίδης 2004). Συγκεκριμένα οι εφαρμοσθείσες θερμοκρασίες ήταν 110, 130 και 150°C. Σε ότι αφορά στον εμποτισμό με νερό προ του υδροθερμικού χειρισμού, δοκιμάστηκαν 4 διαφορετικά ποσοστά εμποτισμού: 0, 30, 45 και 60% αύξηση βάρους του υλικού. Μια άλλη παράμετρος που μελετήθηκε ήταν η άσκηση υποπίεσης 20mbar (απόλυτης πίεσης) μετά τον υδροθερμικό χειρισμό. Τέλος μελετήθηκε η επίδραση που πιθανώς έχει η επανάληψη του υδροθερμικού χειρισμού στους εκάστοτε ως άνω συνδυασμούς συνθηκών. Οι δοκιμές ανάκτησης που συμπεριλαμβάνουν άσκηση υποπίεσης και επανάληψη των υδροθερμικών χειρισμών (2^{ος} κύκλος χειρισμών) πραγματοποιήθηκαν για να αξιολογηθεί η συνδυαστική επίδρασή τους με τις υπόλοιπες μελετηθείσες παραμέτρους ανάκτησης.

Η διάρκεια του υδροθερμικού χειρισμού διαφοροποιούταν για κάθε συνδυασμό των υπολοίπων παραμέτρων. Για να βρεθεί ο εκάστοτε άριστος χρόνος χειρισμού πραγματοποιήθηκαν για κάθε συνδυασμό συνθηκών υδροθερμικοί χειρισμοί σε διάφορα χρονικά διαστήματα και επιλέχθηκε ως βέλτιστος ο ελάχιστος χρόνος που είναι απαραίτητος για να προκύψει το ελάχιστο ποσοστό συσσωματωμάτων στο κάθε φορά ανακτηθέν υλικό.

Συνολικά οι συνδυασμοί συνθηκών που μελετήθηκαν ήταν 48 και παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Συνδυασμοί συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων κατά την 1^η φάση της έρευνας

A/A	ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΝΕΡΟ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΠΙΕΣΗ (°C / bar gauge)	ΤΕΛΙΚΟ ΚΕΝΟ (ΝΑΙ/ΟΧΙ)	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΚΥΚΛΟΥ (ΝΑΙ/ΟΧΙ)
1	0	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ
2	0	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ
3	0	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ
4	0	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ
5	0	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ
6	0	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ
7	0	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ
8	0	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ
9	0	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ
10	0	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ
11	0	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ
12	0	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ
13	60	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ
14	60	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ
15	60	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ
16	60	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ
17	60	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ
18	60	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ
19	60	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ
20	60	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ
21	60	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ
22	60	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ
23	60	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ
24	60	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ
25	30	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ
26	30	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ
27	30	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ
28	30	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ
29	30	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ
30	30	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ
31	30	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ
32	30	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ
33	30	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ
34	30	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ
35	30	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ
36	30	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ
37	45	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ
38	45	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ
39	45	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ
40	45	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ
41	45	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ
42	45	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ
43	45	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ
44	45	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ
45	45	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ
46	45	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ
47	45	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ
48	45	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ

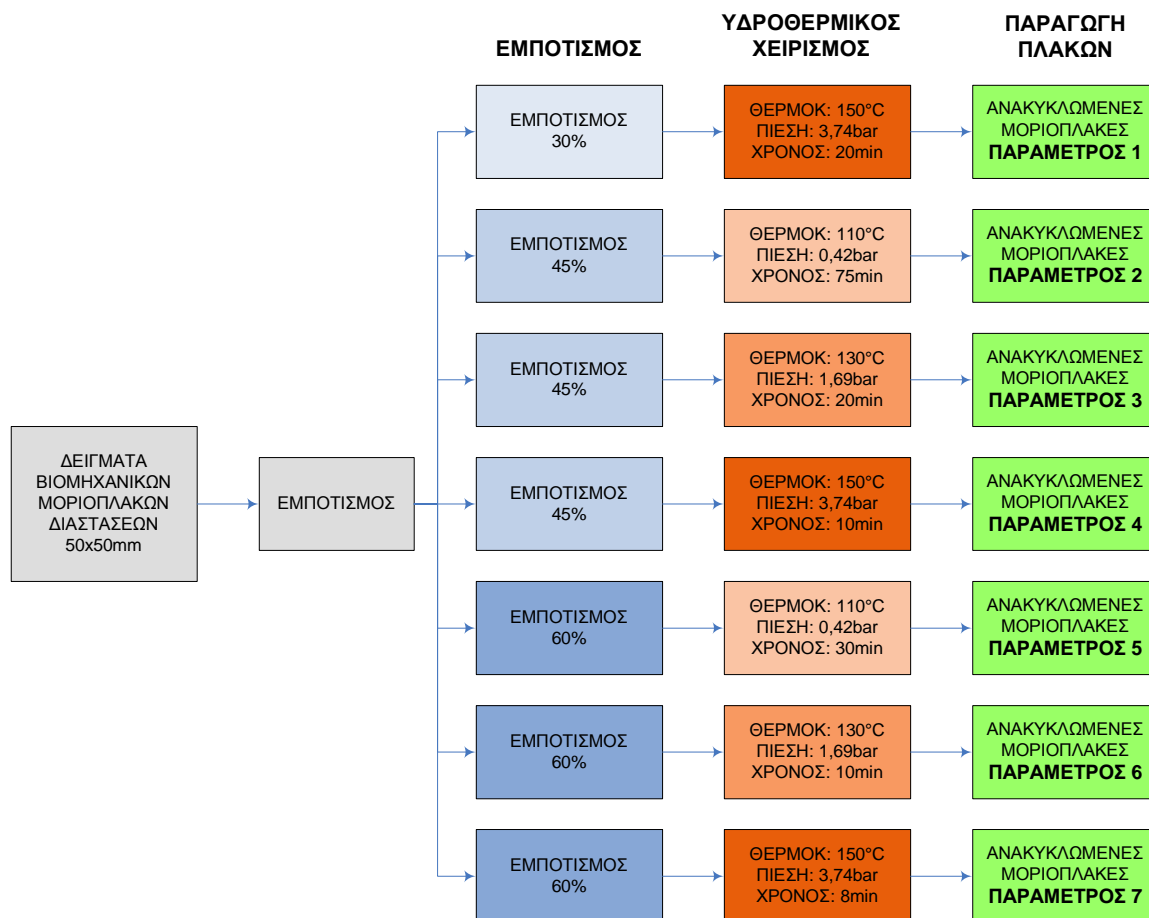
Τα αποτελέσματα της 1^{ης} φάσης της έρευνας παρουσιάζονται στο Κεφ. 5.1, (Σελ. 134).

4.2.2 2^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Μετά το πέρας της 1^{ης} φάσης επιλέχθηκαν 7 ομάδες συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων με κριτήριο την ικανότητα αποικοδόμησης βιομηχανικών μοριοπλακών. Σκοπός της 2^{ης} φάσης ήταν η λεπτομερέστερη σύγκριση των 7 ως άνω ομάδων συνθηκών για να προκύψει η βέλτιστη, η οποία και θα εφαρμοστεί στην 3^η φάση για την ανάκτηση πρώτων υλών από παλιές ξυλοπλάκες χρησιμοποιημένων ξυλοκατασκευών. Για να προσδιοριστεί η βέλτιστη εκ των ως άνω 7 ομάδων συνθηκών κατασκευάστηκαν ανακυκλωμένες εργαστηριακές μοριοπλάκες με ξυλοτεμαχίδια που ανακτήθηκαν από τις βιομηχανικές μοριοπλάκες και αξιολογήθηκε η ποιότητα των 7 τύπων ανακυκλωμένων μοριοπλακών με κριτήρια τις βασικές μηχανικές, υγροσκοπικές και άλλες ιδιότητες (βλ. Κεφ. 4.2.2.3, Σελ. 100). Μετά από στατιστική σύγκριση, προσδιορίστηκε ο τύπος ανακυκλωμένων μοριοπλακών με τις βέλτιστες ιδιότητες και κατ' επέκταση η βέλτιστη μεθοδολογία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων. Στα παρακάτω υποκεφάλαια αναλύονται οι επί μέρους μέθοδοι που εφαρμόστηκαν κατά τη διεξαγωγή της 2^{ης} φάσης της έρευνας.

4.2.2.1 ΑΝΑΚΤΗΣΕΙΣ

Στην Εικόνα 27 παρουσιάζονται οι 7 διαφορετικές ομάδες χειρισμών που εφαρμόστηκαν και οι αντίστοιχοι τύποι (παράμετροι) ανακυκλωμένων μοριοπλακών που κατασκευαστήκαν κατά τη 2^η φάση της έρευνας.



Εικόνα 27: Διάγραμμα μεθοδολογίας παραγωγής ανακυκλωμένων μοριοπλακών κατά τη διεξαγωγή της 2^{ης} φάσης της έρευνας

4.2.2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

Χρησιμοποιώντας τα 7 διαφορετικά υλικά που ανακτήθηκαν, κατασκευάστηκαν εργαστηριακές μοριοπλάκες πάχους 12mm, πυκνότητας 0,68g/cm³, 3 στρώσεων και με αναλογία βάρους επιφανειακών – μεσαίας στρώσης 40:60. Παρακάτω αναλύεται η μεθοδολογία και οι παράμετροι κατασκευής τους.

4.2.2.2.1 ΞΗΡΑΝΣΗ

Μετά τη διαδικασία της ανάκτησης τα ανακτηθέντα υλικά ξηράθηκαν με χρήση του ξηραντηρίου που παρουσιάστηκε στο Κεφ. 4.1.2.1.3, (Σελ. 87) μέχρις υγρασίας 1,5 – 2%. Έπειτα το υλικό για κάθε ομάδα συνθηκών αναμίχθηκε και αποθηκεύτηκε μέχρι την κατασκευή των εργαστηριακών μοριοπλακών σε αεροστεγές δοχείο προς αποφυγή πρόσληψης υγρασίας από το περιβάλλον.

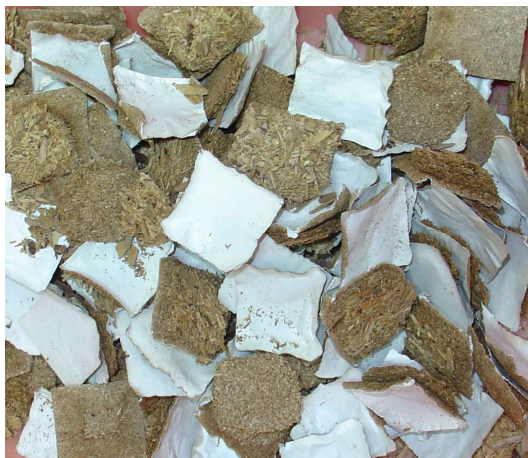
4.2.2.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Για κάθε τύπο ανακτηθέντος υλικού έγινε διαστασιακή ταξινόμηση με βάση τις διαστάσεις με σκοπό να κατασκευαστούν 3 στρώμες ανακυκλωμένες ξυλοπλάκες. Για τις επιφανειακές στρώσεις χρησιμοποιήθηκε υλικό με διαστάσεις έως 1,5mm (Εικόνα 28, δεξιά) ενώ για τη μεσαία στρώση υλικό με διαστάσεις μεγαλύτερες από 1,5mm (Εικόνα 28, αριστερά). Ο διαχωρισμός αυτών έγινε χρησιμοποιώντας το κόσκινο που περιγράφηκε στο Κεφ. 4.1.2.1.2 (Σελ.87).



Εικόνα 28: Ανακτηθέντα ξυλοτεμαχίδια μετά τον υδροθερμικό χειρισμό (αριστερά: υλικό μεσαίας στρώσης, δεξιά: υλικό επιφανειακών στρώσεων)

Κατά τη διεξαγωγή της παραπάνω διαδικασίας διαχωρίστηκαν οι επικαλύψεις μελαμίνης (Εικόνα 29) οι οποίες και δε χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή ξυλοπλακών στην παρούσα φάση της έρευνας για να μην παρεμποδιστεί η κατά το δυνατό αντικειμενικότερη σύγκριση μεταξύ των 7 ομάδων συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων.



Εικόνα 29: Ανακτηθείσες επικαλύψεις κατά τη διεξαγωγή της 2ης φάσης

4.2.2.2.3 ΑΝΑΜΙΞΗ ΜΕ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ

Για την παραγωγή των εργαστηριακών μοριοπλακών χρησιμοποιήθηκε συγκολλητική ουσία σε ποσοστό ανά ξηρή μάζα ξυλοτεμαχιδίων 8% για τη μεσαία στρώση και 12% για τις επιφανειακές στρώσεις. Η συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΐδης (τύπος E2) εφαρμόστηκε ως υδατικό διάλυμα 50% κατά βάρος. Ο σκληρυντής που χρησιμοποιήθηκε ήταν ξηρό χλωριούχο αμμώνιο το οποίο τοποθετήθηκε στο διάλυμα της κόλλας ως υδατικό διάλυμα 20% κατά βάρος. Το διάλυμα σκληρυντή χρησιμοποιήθηκε σε ποσοστό 2% κατά βάρος (ξηρή μάζα σκληρυντή ανά ξηρή μάζα κόλλας) του ως άνω διαλύματος συγκολλητικής ουσίας και η προσθήκη του στο διάλυμα της συγκολλητικής ουσίας πραγματοποιούνταν λίγο πριν τον ψεκασμό της στα ξυλοτεμαχίδια.

Ο συνολικός χρόνος ανάμιξης συγκολλητικής ουσίας και ξυλοτεμαχιδίων ήταν 4 λεπτά. Στα 3 πρώτα λεπτά πραγματοποιήθηκε ο ψεκασμός του μίγματος συγκολλητικής ουσίας και σκληρυντή και στο υπόλοιπο χρονικό διάστημα συνεχίστηκε η ανάμιξη του υλικού για επίτευξη της βέλτιστης δυνατής ομοιογένειας του μίγματος ξυλοτεμαχιδίων – συγκολλητικής ουσίας. Κατά τον ψεκασμό εφαρμόστηκε πίεση αέρα 4bar. Η υγρασία του υλικού μετά την ανάμιξη ήταν κατά μέσο όρο 8-9% για τη μεσαία και 11-12% για τις επιφανειακές στρώσεις.

4.2.2.2.4 ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ – ΠΡΟΠΙΕΣΗ – ΘΕΡΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Η στρωμάτωση του υλικού πραγματοποιήθηκε για όλες τις εργαστηριακές ξυλοπλάκες σε κατάλληλο κιβώτιο διαστάσεων 300x350mm ενώ η προπίεση έγινε χειρονακτικά.

Στην Εικόνα 30 φαίνεται το στρωματωμένο υλικό (mat) προ της θερμής συμπίεσης.



Εικόνα 30: Στρωματωμένο υλικό (mat) πριν το στάδιο της θερμής συμπίεσης

Μετά τη στρωμάτωση του υλικού ακολούθησε το στάδιο της θερμής συμπίεσης. Οι συνθήκες θερμής συμπίεσης ήταν οι εξής:

Θερμοκρασία: 185°C

Μέγιστη πίεση: 25 Kp/cm²

Συνολική διάρκεια: 240 s

Συνθήκες πίεσης:

Τοποθέτηση του υλικού και των οδηγών – κλείσιμο πρέσας	5s
Αύξηση της πίεσης ως το μέγιστο (25 Kp/cm ²)	30s
Διατήρηση της πίεσης στο μέγιστο (25 Kp/cm ²)	150s
Μείωση της πίεσης στα 4 Kp/cm ²	30s
Διατήρηση της πίεσης στα 4 Kp/cm ²	30s
Άνοιγμα πρέσας - εξαγωγή πλάκας	5s

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση των μεταβολών πίεσης σε σχέση με το χρόνο κατά το στάδιο της θερμής συμπίεσης.



Σχήμα 10: Διάγραμμα θερμής πίεσης κατά την κατασκευή των εργαστηριακών μοριοπλακών



Εικόνα 31: Αριστερά: Τοποθέτηση υλικού στην πρέσα, Δεξιά: Κλείσιμο πρέσας

Για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους των μοριοπλακών χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικοί οδηγοί πάχους 12mm. Γενικά ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε κατά την παραγωγή των εργαστηριακών μοριοπλακών έτσι ώστε αυτές να μην εμφανίζουν αποκλίσεις στην πυκνότητά τους προκειμένου να γίνουν διακριτές τυχόν διαφορές που δεν έχουν σχέση με την παραγωγή των πλακών αλλά με τις διαδικασίες ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων στις διάφορες συνθήκες υδροθερμικού χειρισμού.

4.2.2.2.5 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

Μετά την παραγωγή τους οι εργαστηριακές ξυλοπλάκες κλιματίστηκαν μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικές συνθήκες εργαστηρίου δηλ. σχετική υγρασία $60 \pm 5\%$ και θερμοκρασία $20-22^\circ\text{C}$.

4.2.2.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

4.2.2.3.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

4.2.2.3.1.1 ΥΓΡΑΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ

Η υγρασία των ανακτηθέντων υλικών προσδιορίστηκε αμέσως μετά την τη διαδικασία ανάκτησης, και αφού προηγήθηκε ομογενοποίηση του ανακτηθέντος υλικού. Τα δείγματα ζυγίστηκαν σε αναλυτικό ζυγό και τοποθετήθηκαν σε φούρνο θερμοκρασίας $103 \pm 2^\circ\text{C}$ μέχρι σταθερής μάζας. Έπειτα ψύχθηκαν μέχρι η θερμοκρασία τους να φτάσει τους 20°C μέσα σε ξηραντήρα και έπειτα επαναζυγίστηκαν. Η υγρασία τους προσδιορίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

$$Y_r = \frac{m_{r,w} - m_{r,0}}{m_{r,0}} (\%)$$

όπου:

Y_r : Η υγρασία του ανακτηθέντος υλικού (%)

$m_{r,w}$: Η υγρή μάζα του ανακτηθέντος υλικού (g)

$m_{r,0}$: Η ξηρή μάζα του ανακτηθέντος υλικού (g)

Η υγρασία των ανακτηθέντων υλικών προσδιορίστηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την ανάδειξη των βέλτιστων συνθηκών ανάκτησης. Αυτό γιατί αυξανόμενη της υγρασίας του ανακτηθέντος υλικού η διαδικασία ανάκτησης καθίσταται οικονομικά πιο ασύμφορη καθότι το ανακτηθέν υλικό θα πρέπει να ξηραθεί προ της χρήσης του στην παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

4.2.2.3.1.2 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ

Στο ανακτηθέν υλικό που προέκυψε από κάθε μια εκ των 7 ομάδων συνθηκών ανάκτησης υπήρχε ποσοστό συσσωματωμάτων ξυλοτεμαχιδίων τα οποία προφανώς προέκυψαν λόγω ατελούς αποπολυμερισμού της κόλλας. Το ποσοστό τους προσδιορίστηκε ως κατά βάρος ποσοστό επί του ξηρού βάρους των χειρισθέντων παλιών ξυλοπλακών, με σκοπό την σύγκριση μεταξύ των 7 διαφορετικών ομάδων συνθηκών ανάκτησης με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$C_p = \frac{m_{c,0}}{m_{p,0}} (\%)$$

όπου:

C_p : Το ποσοστό συσσωματωμάτων επί του ξηρού βάρους των χειρισθέντων παλιών ξυλοπλακών (%)

$m_{c,0}$: Η ξηρή μάζα των περιεχόμενων στο ανακτηθέν υλικό συσσωματωμάτων (g)

$m_{p,0}$: Η ξηρή μάζα των προς ανάκτηση μοριοπλακών (g)

Τα συσσωματώματα χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή των ανακυκλωμένων ξυλοπλακών και λόγω του ότι είχαν διαστάσεις μεγαλύτερες των 5mm τοποθετήθηκαν μόνο στη μεσαία στρώση αυτών. Προσδιορίστηκε επίσης το κατά βάρος ποσοστό συσσωματωμάτων με βάση το βάρος της μεσαία στρώσης των παραχθέντων ανακυκλωμένων μοριοπλακών, με σκοπό τον προσδιορισμό της επίδρασης που έχουν στις ιδιότητες των ανακυκλωμένων ξυλοπλακών. Ο προσδιορισμός έγινε χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$C_r = \frac{100 \cdot m_{c,0}}{60 \cdot m_{r,0}} (\%)$$

όπου:

C_r : Το ποσοστό των συσσωματωμάτων με βάση το βάρος της μεσαία στρώσης των παραχθέντων ανακυκλωμένων μοριοπλακών (%)

$m_{c,0}$: Η ξηρή μάζα των περιεχόμενων στο ανακτηθέν υλικό συσσωματωμάτων (g)

$m_{r,0}$: Η ξηρή μάζα του ανακτηθέντος υλικού χωρίς επικαλύψεις (g)

60: Ποσοστιαία κατά βάρος αναλογία της μεσαίας στρώσης στη μάζα των εργαστηριακών μοριοπλακών

4.2.2.3.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

Για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των ανακυκλωμένων μοριοπλακών κατασκευάστηκαν 3 εργαστηριακές πλάκες ανά παράμετρο. Όλες οι πλάκες μετά τον κλιματισμό τους παρυφώθηκαν κατά 1,5cm από κάθε πλευρά για την απομάκρυνση των σαθρών άκρων τους.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν για κάθε ιδιότητα με μέσους όρους ενώ επίσης υπολογίστηκαν η τυπική απόκλιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε για όλα τα ζεύγη μέσων όρων, και για όλες τις προσδιορισθείσες ιδιότητες έλεγχος της διαφοράς των μέσων όρων ανεξάρτητων δειγμάτων με τη μέθοδο t (t-test) σε επίπεδο σημαντικότητας (βαθμό στατιστικής ακρίβειας) 95%. Προς τούτο πραγματοποιήθηκε αρχικά έλεγχος ισότητας διακυμάνσεων. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των στατιστικών πακέτων SPSS και Statistica και τα αποτελέσματα επαληθεύτηκαν με κλασσικές μεθόδους στατιστικής ανάλυσης (Φασούλας 1964, Sachs 1974).

4.2.2.3.2.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Ο προσδιορισμός της πυκνότητας έγινε σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 323:1993 και προέκυψε από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε 60 δοκίμια διαστάσεων 50x50mm ανά παράμετρο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν αφού τα δοκίμια κλιματίστηκαν σε σχετική υγρασία 60±5% και θερμοκρασία 20-22°C. Η ακρίβεια των μετρήσεων ήταν 0,01mm για το μήκος, το πλάτος και το πάχος και 0,01g για το βάρος των δοκιμίων.

Ο υπολογισμός της πυκνότητας έγινε με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

$$r = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \quad (\text{g/cm}^3)$$

όπου:

r : Η πυκνότητα (g/cm³)

m: Η μάζα του δοκιμίου (g)

b₁: Το μήκος του δοκιμίου (cm)

b₂: Το πλάτος του δοκιμίου (cm)

t : Το πάχος του δοκιμίου στο κέντρο του (cm)

4.2.2.3.2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

4.2.2.3.2.2.1 ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ

Οι προσδιορισμοί που μέτρου θραύσης και του μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 310:1993. Διαμορφώθηκαν 15 δοκίμια διαστάσεων 290x50mm ανά παράμετρο σύμφωνα με το σχέδιο δειγματοληψίας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 32.

<u>1^η ΠΛΑΚΑ</u>	<u>2^η ΠΛΑΚΑ</u>	<u>3^η ΠΛΑΚΑ</u>
1	7	13
2	8	14
3	9	15
4	10	16
5	11	17
6	12	18

Υπόμνημα

: Δείγμα για προσδιορισμό του μέτρου θραύσης και ελαστ. σε κάμψη

: Δείγμα για προσδιορισμό περιεχόμενης φορμαλδεΐδης

Εικόνα 32: Σχέδιο δειγματοληψίας δοκιμίων για τον προσδιορισμό του μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη

Αφού κλιματίστηκαν σε κανονικό κλίμα (θερμοκρασία 20-22°C και υγρασία 60±5%) μετρήθηκε το πάχος και το πλάτος των δοκιμίων στην κεντρική τους περιοχή (όπου και εφαρμόστηκε το φορτίο κατά τη διεξαγωγή των δοκιμών). Στη συνέχεια έγινε ο υπολογισμός της αντοχής τους σε στατική κάμψη από όπου -με τη χρησιμοποίηση των αντίστοιχων τιμών παραμόρφωσης- προέκυψαν και οι τιμές των μέτρων ελαστικότητας και θραύσης. Η φόρτιση στο δυναμόμετρο έγινε με κεφαλή διαμέτρου 30mm και μήκους 100mm στο κέντρο των δοκιμίων και με σταθερή ταχύτητα τέτοια, ώστε η μέγιστη ένδειξη δύναμης να εμφανιζόταν σε 60±30s από την έναρξη της φόρτισης. Η απόσταση των υποστηριγμάτων ήταν ίση με το εικοσαπλάσιο του μέσου πάχους των δοκιμίων, δηλαδή 225mm. Οι υπολογισμοί έγιναν σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

$$\text{Μέτρο θραύσης: } f_m = \frac{3F_{\max}l_1}{2bt^2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Μέτρο ελαστικότητας: } E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(\alpha_2 - \alpha_1)} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

όπου:

F_{\max} : Η μέγιστη δύναμη σε κάμψη (N),

l_1 : Η απόσταση των υποστηριγμάτων κατά την άσκηση της δύναμης (mm),

b : Το πλάτος του δοκιμίου στην περιοχή φόρτισης (mm)

t : Το πάχος του δοκιμίου στην περιοχή φόρτισης (mm)

F_2 : Η δύναμη που αντιστοιχεί στο 0,4 της F_{\max} (N)

F_1 : Η δύναμη που αντιστοιχεί στο 0,1 της F_{\max} (N)

α_1 : Η παραμόρφωση που παρατηρείται από άσκηση δύναμης F_1 στο δοκίμιο (mm)

α_2 : Η παραμόρφωση που παρατηρείται από άσκηση δύναμης F_2 στο δοκίμιο (mm)

Τα δείγματα 6, 11 και 13 (Εικόνα 32) δε χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη διότι χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση δοκιμίων με σκοπό τον προσδιορισμό του δυναμικού έκλυσης φορμαλδεΐδης με τη διατρητική μέθοδο (Perforator) όπως αυτή περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4.2.2.3.2.6 (Σελ. 108).

4.2.2.3.2.3 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ

Ο προσδιορισμός της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης έγινε σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 319:1993. Επιλέχθηκαν 20 δοκίμια διαστάσεων 50x50mm ανά παράμετρο σύμφωνα με το σχέδιο δειγματοληψίας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 33.

<u>1^η ΠΛΑΚΑ</u>				
1	2	---	3	4
5	6	---	7	8
9	10	---	11	12
13	14	---	15	16
17	18	---	19	20
HCHO				

<u>2^η ΠΛΑΚΑ</u>				
21	22	---	23	24
25	26	---	27	28
29	30	---	31	32
33	34	---	35	36
HCHO				
37	38	---	39	40

<u>3^η ΠΛΑΚΑ</u>				
HCHO				
41	42	---	43	44
45	46	---	47	48
49	50	---	51	52
53	54	---	55	56
57	58	---	59	60

Υπόμνημα

HCHO

: Δείγμα για προσδιορισμό περιεχόμενης φορμαλδεΐδης

: Περιοχή θραύσης μετά τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη

--

: Δοκίμια για προσδιορισμό της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό

Εικόνα 33: Σχέδιο δειγματοληψίας των δοκιμών για προσδιορισμό της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσεως

Πραγματοποιήθηκε λείανση των δοκιμών με γυαλόχαρτο Νο80 για αφαίρεση υλικού πάχους 0,3mm ανά επιφάνεια και έπειτα, με χρήση κατάλληλης θερμοπλαστικής συγκολλητικής ουσίας, συγκόλληση των δοκιμών με κατάλληλα μεταλλικά πλακίδια.

Ακολούθησε κλιματισμός τους μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικό κλίμα (θερμοκρασία 20-22°C και υγρασία 60±5%). Έπειτα χρησιμοποιώντας μηχανή δοκιμών (Κεφ. 4.1.2.2.2, Σελ. 88) μετρήθηκε η αντοχή των δοκιμών σε εγκάρσιο εφελκυσμό.

Η εφαρμογή της δύναμης κατά τη διεξαγωγή της δοκιμής έγινε με σταθερή ταχύτητα τέτοια, ώστε η ένδειξη της μέγιστη δύναμης να εμφανιζόταν σε 60±30s από την έναρξη της φόρτισης. Ο υπολογισμός της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό έγινε σύμφωνα με τον τύπο:

$$S = \frac{F}{A \times B} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

όπου:

S: Η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης (N/mm²)

F: Η μέγιστη δύναμη σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N)

A: Το μήκος του δοκιμίου (mm)

B: το πλάτος του δοκιμίου (mm)

4.2.2.3.2.4 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Ο προσδιορισμός της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων (αντοχή σε επιφανειακή αποκόλληση) πραγματοποιήθηκε με βάση το πρότυπο EN 311:1992. Επιλέχθηκαν 20 δοκίμια διαστάσεων 50x50mm ανά παράμετρο σύμφωνα με το σχέδιο δειγματοληψίας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 34.



Υπόμνημα

HCHO	: Δείγμα για προσδιορισμό περιεχόμενης φορμαλδεΐδης
---	: Περιοχή θραύσης μετά τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη
■	: Δοκίμια για προσδιορισμό της αντοχής σε εγκ.εφελκ. επιφ. στρώσεων

Εικόνα 34: Σχέδιο δειγματοληψίας των δοκιμών για προσδιορισμό της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων

Τα δοκίμια λειάνθηκαν με γυαλόχαρτο Νο80 για αφαίρεση υλικού πάχους 0,3mm ανά επιφάνεια και έπειτα σε κάθε ένα (και στις δυο επιφάνειες) διανοίχθηκε κυκλική εγκοπή διαμέτρου 35,7mm και βάθους 0,3mm. Τα δοκίμια κλιματίστηκαν μέχρι σταθερού βάρους σε κανονικό κλίμα (θερμοκρασία 20-22°C και υγρασία 60±5%). Έπειτα στην κυκλική επιφάνεια συγκολλήθηκαν με χρήση θερμοπλαστικής συγκολλητικής ουσίας κατάλληλα μεταλλικά πλακίδια.

Έπειτα χρησιμοποιώντας μηχανή δοκιμών (Κεφ. 4.1.2.2.2, Σελ. 88) μετρήθηκε η αντοχή των δοκιμών σε εγκάρσιο εφελκυσμό. Κατά τη δοκιμή η ταχύτητα που εφαρμόστηκε ήταν τέτοια ώστε η θραύση να επιτευχθεί σε περίπου 60s από την έναρξη της φόρτισης.

Η αντοχή των επιφανειακών στρώσεων σε εγκάρσιο εφελκυσμό υπολογίστηκε με τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

$$S = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

όπου:

S: Η Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακής στρώσης (N/mm²)

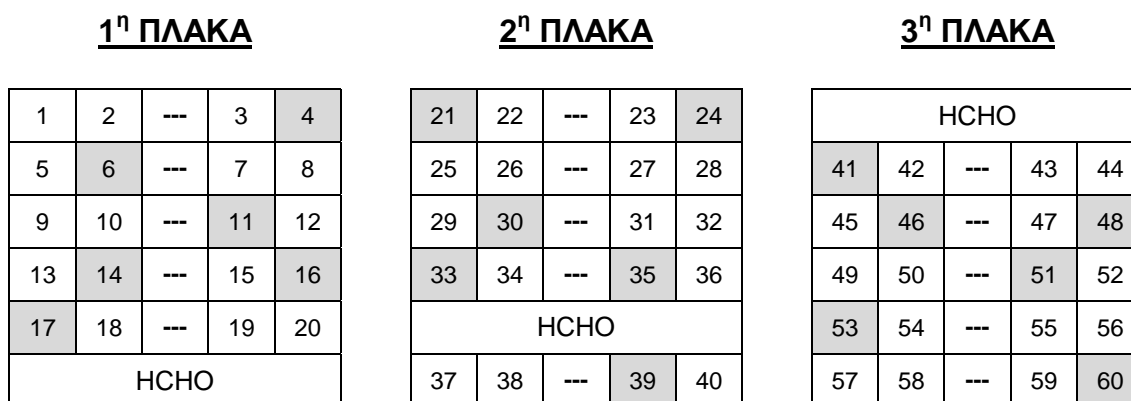
F: Η μέγιστη δύναμη σε εγκάρσιο εφελκυσμό (N)

A: Η επιφάνεια αποκόλλησης (1000mm²)

4.2.2.3.2.5 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

4.2.2.3.2.5.1 ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ

Οι προσδιορισμοί έγιναν σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 317:1993. Λήφθηκαν 20 δοκίμια διαστάσεων 50x50mm ανά παράμετρο σύμφωνα με το σχέδιο δειγματοληψίας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 35.



Υπόμνημα

HCHO	: Δείγμα για προσδιορισμό περιεχόμενης φορμαλδεΐδης
---	: Περιοχή θραύσης μετά τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη
	: Δοκίμια για προσδιορισμό της κατά πάχος διόγκωσης σε νερό

Εικόνα 35: Σχέδιο δειγματοληψίας των δοκιμίων για προσδιορισμό της κατά πάχος διόγκωσης μετά από εμβάπτιση σε νερό

Αφού μετρήθηκε το πάχος στο κέντρο των δοκιμίων με ανάλυση 0,01mm τοποθετήθηκαν σε νερό θερμοκρασίας 20°C για 24h και ακολούθως έγιναν οι ίδιες μετρήσεις από τις οποίες, σε σχέση με τις αρχικές, προέκυψαν τα

ποσοστά αύξησης πάχους (διόγκωσης). Ο μαθηματικός τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της κατά πάχος διόγκωσης ήταν ο εξής:

$$d_{24h} = \frac{d_{24} - d_0}{d_0} 100 (\%)$$

όπου:

d_{24h} : Κατά πάχος διόγκωση (%)

d_0 : Το αρχικό πάχος του δοκιμίου

d_{24} : Το πάχος του δοκιμίου μετά από 24h εμβάπτισης σε νερό,

4.2.2.3.2.5.2 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ

Οι προσδιορισμοί έγιναν σύμφωνα με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 317:1993 στα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της κατά πάχος διόγκωσης μετά από εμβάπτιση σε νερό (Κεφ. 4.2.2.3.2.5.1). Αφού μετρήθηκε η μάζα των δοκιμίων με ανάλυση 0,01g τοποθετήθηκαν σε νερό θερμοκρασίας 20°C για 24h και ακολούθως έγιναν οι ίδιες μετρήσεις από τις οποίες, σε σχέση με τις αρχικές, προέκυψαν τα ποσοστά αύξησης μάζας (προσρόφησης). Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο εξής:

$$\text{Προσρόφηση νερού } w_{24h}(\%) = \frac{W_{24h} - W_0}{W_0} 100$$

όπου:

w_0 : Η αρχική μάζα του δοκιμίου,

w_{24h} : Η μάζα του δοκιμίου μετά από 24h εμβάπτισης σε νερό,

4.2.2.3.2.6 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ

Ο προσδιορισμός έγινε σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 120:1992. Διαμορφώθηκαν 60 δοκίμια διαστάσεων 25x25mm ανά παράμετρο και τα οποία προέκυψαν από τα δείγματα 6, 11 και 13 σύμφωνα με το σχέδιο δειγματοληψίας που φαίνεται στην Εικόνα 32 (Σελ. 103).

Τα δοκίμια μετά τη διαμόρφωσή τους σφραγίστηκαν ερμητικά σε σακούλες πολυαιθυλενίου και αποθηκεύτηκαν στους 10°C μέχρι τη χρησιμοποίησή τους για τη διεξαγωγή των προσδιορισμών. Πριν τη χρησιμοποίησή τους για τους προσδιορισμούς επανακλιματίστηκαν σε συνθήκες θερμοκρασίας εργαστηρίου (20-22°C). Η διαδικασία προσδιορισμού περιλάμβανε τη λήψη 110g δοκιμίων και την εκχύλισή τους με 600ml τολουολίου σε συσκευή

perforator. Στον εκχυλιστήρα τοποθετούνταν 1000ml απεσταγμένου νερού και η εκχύλιση διαρκούσε 2 ώρες μετά το πέρας της οποίας το νερό (και η περιεχόμενη σε αυτό εκχυλισθείσα φορμαλδεΐδη) μεταγγίζονταν σε ογκομετρική φιάλη 2l η οποία αφού κλιματιζόταν στους 20°C πληρωνόταν με νερό μέχρι τη χαραγή. Από το διάλυμα που προέκυπτε λαμβάνονταν 2 δείγματα στα οποία προσδιοριζόταν η συγκέντρωση φορμαλδεΐδης σύμφωνα με το πρότυπο EN120. Παράλληλα έγινε προσδιορισμός της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης και για δείγμα του χρησιμοποιηθέντος απεσταγμένου νερού (Blank).

Ο υπολογισμός της τιμής Perforator έγινε με τη βοήθεια του τύπου:

$$\text{Τιμή Perforator} = \frac{(A_S - A_B) \cdot f \cdot (100 + H) \cdot V}{m_H} \text{ mg/100g ξηρής μοριοπλάκας}$$

όπου:

A_S : Η απορρόφηση του διαλύματος που προέκυψε από την εκχύλιση,

A_B : Η απορρόφηση δείγματος απεσταγμένου ή απιονισμένου νερού (Blank),

f: Η κλίση (σε mg/ml) της χρησιμοποιούμενης πρότυπης καμπύλης

H: Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας της μοριοπλάκας,

V: Ο όγκος της ογκομετρικής φιάλης (2000ml),

m_H : Η μάζα (σε g) των δοκιμίων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκχύλιση

Ακολούθως, έγινε υπολογισμός της τιμής FF, η οποία αποτελεί (σύμφωνα με την προδιαγραφή EN 312:2003) αναγωγή της τιμής Perforator σε ισοδύναμη υγρασία ξυλοπλάκων ίσης με 6,5%. Η τιμή FF ισοδυναμεί με το γινόμενο της τιμής Perforator επί του συντελεστή F, ο υπολογισμός του οποίου έγινε με τη βοήθεια του τύπου:

$$F = -0,133H + 1,86$$

όπου:

H: Το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας των δοκιμίων.

Η διαδικασία προσδιορισμού πραγματοποιήθηκε 2 φορές για κάθε τύπο ξυλοπλάκας και η τιμή της περιεχόμενης φορμαλδεΐδης προέκυψε από τον αριθμητικό μέσο αυτών.

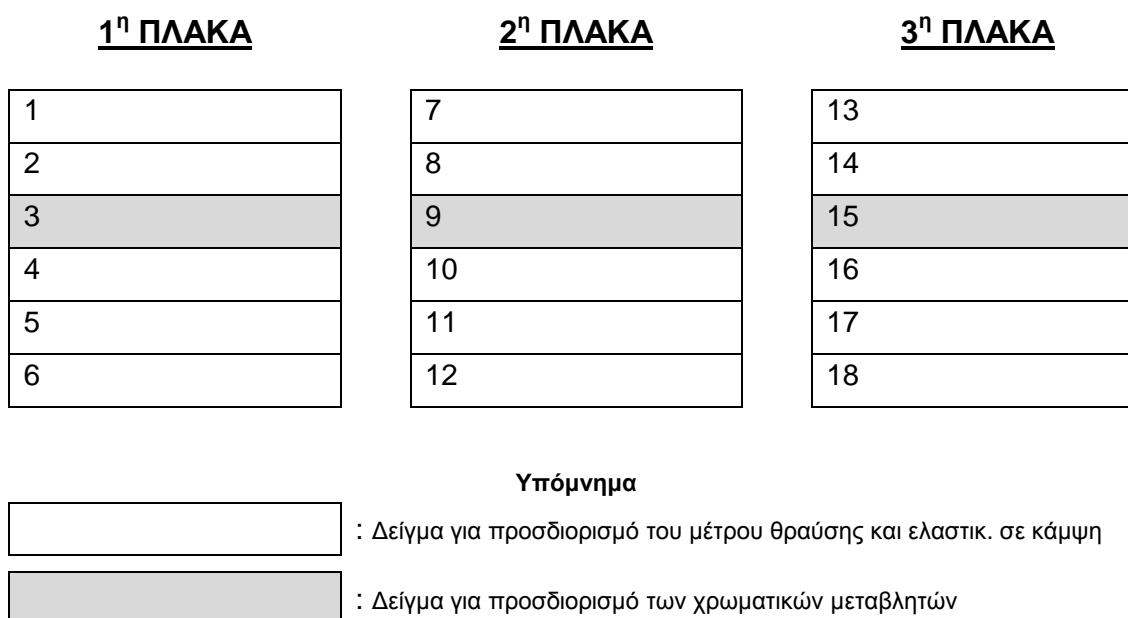
4.2.2.3.2.7 ΧΡΩΜΑ

Για τις εργαστηριακές μοριοπλάκες που προέκυψαν από τη 2^η φάση της έρευνας έγινε προσδιορισμός χρώματος με χρήση του χρωματόμετρου τύπου Miniscan. Προσδιορίστηκε η χρωματική μεταβλητή L^* σύμφωνα με το

σύστημα CIELAB. Η μεταβλητή L^* (άξονας λευκότητας) έχει κλίμακα από 0 ως 100 και αντιπροσωπεύει το βαθμό λευκότητας του χρώματος της υπό εξέταση μοριοπλάκας. Τιμή της μεταβλητής L^* ίση με μηδέν αντιστοιχεί στο απόλυτο μαύρο ενώ όταν είναι ίση με 100 αντιστοιχεί με το απόλυτο λευκό χρώμα (Ορφανάκος 2004).

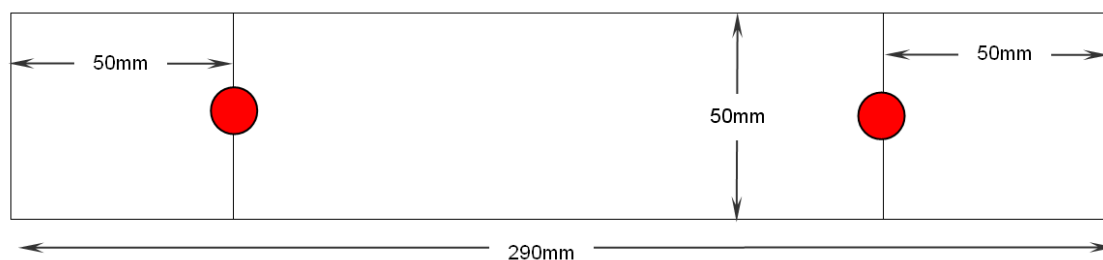
Ο λόγος για τον οποίο έγινε ο προσδιορισμός της ως άνω χρωματικής μεταβλητής ήταν για να φανεί η επίδραση των διαφορετικών ομάδων υδροθερμικών χειρισμών στο βαθμό λευκότητας των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Οι μετρήσεις έγιναν σε δοκίμια που διαμορφώθηκαν για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη (Κεφ. 4.2.2.3.2.2.1, Σελ. 103). Τα δοκίμια που επιλέχθηκαν φαίνονται στο σχέδιο δειγματοληψίας που παρουσιάζεται στην Εικόνα 36.



Εικόνα 36: Σχέδιο δειγματοληψίας των δοκιμίων για προσδιορισμό των χρωματικών μεταβλητών

Τα σημεία στα οποία πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός των χρωματικών μεταβλητών φαίνονται στην Εικόνα 37. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα αντίστοιχα σημεία και για τις δυο (άνω και κάτω) επιφάνειες κάθε χρησιμοποιηθέντος δοκιμίου. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 12 μετρήσεις ανά τύπο εργαστηριακής μοριοπλάκας.



Εικόνα 37: Σημεία (σκιασμένα) μέτρησης χρωματικών μεταβλητών στα δοκίμια προσδιορισμού αντοχής σε κάμψη

4.2.2.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Για να προσεγγιστεί η δυνατότητα εφαρμογής μιας διαδικασίας ανάκτησης στη βιομηχανική πράξη είναι απαραίτητη η εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών της. Επίσης, η ενεργειακή εκτίμηση των 7 διαφορετικών χειρισμών ανάκτησης αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο σύγκρισης τους και επομένως ένα σημαντικό κριτήριο λήψης απόφασης σχετικά με την επιλογή του άριστου χειρισμού και από την άποψη του κόστους εφαρμογής. Για τους λόγους αυτούς πραγματοποιήθηκε αδρομερής προσδιορισμός των ενεργειακών αναγκών για τη διεξαγωγή των 7 διαφορετικών υδροθερμικών χειρισμών.

Για να εκτιμηθούν συγκριτικά οι ενεργειακές ανάγκες των 7 διαφορετικών υδροθερμικών χειρισμών ήταν απαραίτητος ο προσδιορισμός της ενθαλπίας του ατμού που χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των υδροθερμικών χειρισμών. Η ενθαλπία ορίζεται ως το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας και του γινομένου της πίεσης επί τον όγκο του ατμού ενώ υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την ειδική ενθαλπία (ενθαλπία προς μάζα) με τη μάζα του ατμού που καταναλώθηκε.

Η ειδική ενθαλπία προσδιορίστηκε με βάση τα καταστατικά χαρακτηριστικά του ατμού (δηλ. την πίεση και τη θερμοκρασία του) από σχετικούς πίνακες (Πάττας 1978) και για τις συνθήκες των υδροθερμικών χειρισμών της παρούσας έρευνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Καταστατικά χαρακτηριστικά ατμού στις συνθήκες υδροθερμικού χειρισμού κατά τη 2^η φάση της έρευνας.

Θερμοκρασία °C	Πίεση bar (abs) [*]	Ειδική ενθαλπία ατμού KJ/Kg
110	0,41916	2691,31
130	1,68695	2720,44
150	3,74392	2746,41

* : απόλυτη πίεση

Για να προσδιοριστεί η μάζα του ατμού που καταναλώθηκε για κάθε υδροθερμικό χειρισμό πραγματοποιήθηκαν οι χειρισμοί με τον ίδιο τρόπο όπως και κατά την ανάκτηση υλικών αλλά χωρίς τη χρήση δειγμάτων μοριοπλακών. Μετά την πραγματοποίηση των χειρισμών, ο ατμός που χρησιμοποιήθηκε ψύχθηκε με τη βοήθεια του εναλλάκτη θερμότητας σε θερμοκρασία 20°C με αποτέλεσμα να υγροποιηθεί και συλλέχθηκε σε προζυγισμένο γυάλινο δοχείο από το οποίο υπολογίστηκε το καθαρό βάρος του νερού. Για την πλήρη εκκένωση του αντιδραστήρα αλλά και του συστήματος ψύξης εφαρμόστηκε κατά σειρά πίεση 1bar για 5min και έπειτα υποπίεση 400mbar (απόλυτη πίεση) για 30s. Για κάθε ομάδα χειρισμών πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις.

Η ενθαλπία εκφράστηκε σε KWh για κάθε υδροθερμικό χειρισμό και ανάχθηκε στο χρονικό διάστημα που διαρκεί η κάθε ομάδα χειρισμών ανάκτησης.

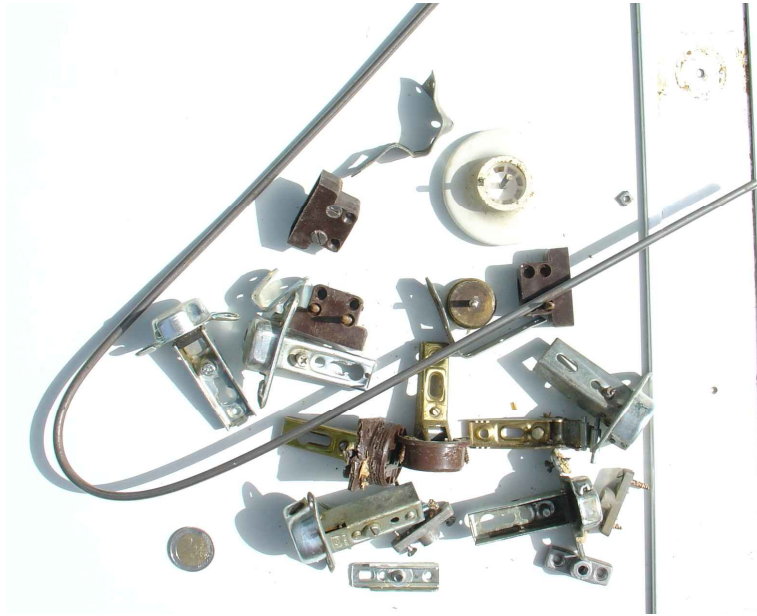
4.2.3 3Η ΦΑΣΗ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ

Για χρονικό διάστημα 45 ημερών και με τυχαία δειγματοληψία ανά 3 ημέρες λαμβάνονταν από το χώρο που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4.1.1.2 (Σελ. 78) παλιά έπιπλα και ξυλοκατασκευές οι οποίες αποθηκεύονταν προσωρινά σε κατάλληλο αποθηκευτικό χώρο που διαμορφώθηκε για τις ανάγκες της έρευνας (Εικόνα 38).



Εικόνα 38: Προσωρινή αποθήκευση των χρησιμοποιημένων ξυλοκατασκευών στο χώρο εναπόθεσης ογκωδών απορριμμάτων του Δήμου Θεσσαλονίκης

Το συνολικό βάρος των ξυλοκατασκευών που αποθηκεύτηκαν ήταν περίπου 800Kg. Με το πέρας της δειγματοληψίας οι ξυλοκατασκευές αποσυναρμολογήθηκαν και απομακρύνθηκαν όλα τα μεταλλικά και άλλα μη ξυλώδη υλικά (Εικόνα 39) που περιείχαν (χερούλια, μεντεσέδες, συνδετικά μέσα κλπ).



Εικόνα 39: Διαχωρισθέντα από τις ξυλοκατασκευές μεταλλικά εξαρτήματα

Μετά την αποσυναρμολόγηση των ξυλοκατασκευών προέκυψαν ξυλοπλάκες τύπου μοριοπλακών και σε μικρότερο ποσοστό ινοπλακών. Οι μοριοπλάκες διέφεραν (πέραν των πιθανών διαφορών τους στις παραμέτρους παραγωγής τους) ως προς την επικάλυψη που έφεραν (Εικόνα 40).



Εικόνα 40: Διαχωρισθείσες ξυλοπλάκες από παλιές ξυλοκατασκευές

Συγκεκριμένα μετά από ταξινόμηση και ζύγιση των τύπων μοριοπλακών με κριτήριο την επικάλυψή τους προέκυψαν τα κλάσματα που φαίνονται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 11: Τύποι μοριοπλακών (με κριτήριο την επικάλυψη) που διαχωρίστηκαν από τις παλιές ξυλοκατασκευές

Οι ξυλοπλάκες τεμαχίστηκαν σε δείγματα 50x50mm (Εικόνα 41), τα οποία αναμίχθηκαν διατηρώντας την κατά βάρος αναλογία που φαίνεται στο Σχήμα 11 και αποθηκεύτηκαν (Εικόνα 42).



Εικόνα 41: Δείγματα 50x50mm χρησιμοποιημένων μοριοπλακών (αριστερά: γυμνές, κέντρο: επικαλυμμένες με ξυλόφυλλα, δεξιά: επικαλυμμένες με φιλμ μελαμίνης)



Εικόνα 42: Αναμειχθέντα δείγματα μοριοπλακών από παλιές ξυλοκατασκευές

Χρησιμοποιώντας τη βέλτιστη μεθοδολογία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων που προέκυψε κατά τη διεξαγωγή της 2^{ης} φάσης της έρευνας, ανακτήθηκαν πρώτες ύλες από τις ως άνω μοριοπλάκες (Εικόνα 43).



Εικόνα 43: Δείγματα μοριοπλακών μετά τη διαδικασία ανάκτησης

Το ανακτηθέν υλικό που προέκυψε από τις ξυλοπλάκες των παλιών ξυλοκατασκευών περιείχε ξυλοτεμαχίδια και επικαλύψεις (φύλλα μελαμίνης και ξυλόφυλλα). Οι επικαλύψεις διαχωρίστηκαν με κόσκινο από τα ξυλοτεμαχίδια και έπειτα θρυμματίστηκαν (Εικόνα 44) για να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή ανακυκλωμένων ξυλοπλακών.

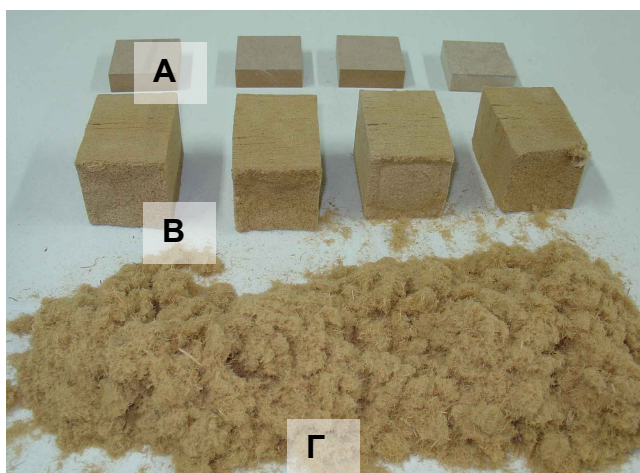


Εικόνα 44: Ανακτημένες επικαλύψεις πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) τον θρυμματισμό τους

Ο θρυμματισμός των ανακτημένων επικαλύψεων πραγματοποιήθηκε με κατάλληλο εργαστηριακό θρυμματιστή ρυθμισμένο ούτως ώστε η

κοκκομετρική σύσταση του θρυμματισμένου υλικού να προσεγγίζει αυτή της μεσαίας στρώσης των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων.

Για τις ανάγκες της έρευνας πραγματοποιήθηκε (ακολουθώντας την ως άνω περιγραφείσα μεθοδολογία) και ανάκτηση ινών από απορρίμματα γυμνών ινοπλάκων. Μετά τη διαδικασία του υδροθερμικού χειρισμού, οι ινοπλάκες εμφάνισαν έντονη διόγκωση αλλά δεν παρατηρήθηκε αποδιοργάνωση σε ίνες. Για να επιτευχθεί η αποδιοργάνωση σε επιμέρους ίνες τα δείγματα διογκωμένων ινοπλάκων υπέστησαν χειρονακτική μηχανική αποτριβή. Στην Εικόνα 45 παρουσιάζονται τα δείγματα ινοπλάκων πριν τη διαδικασία ανάκτησης, μετά τον υδροθερμικό χειρισμό και μετά την αποτριβή.



Εικόνα 45: Ινοπλάκες πριν τη διαδικασία ανάκτησης (Α) μετά τον υδροθερμικό χειρισμό (Β) και μετά την χειρονακτική αποτριβή (Γ)

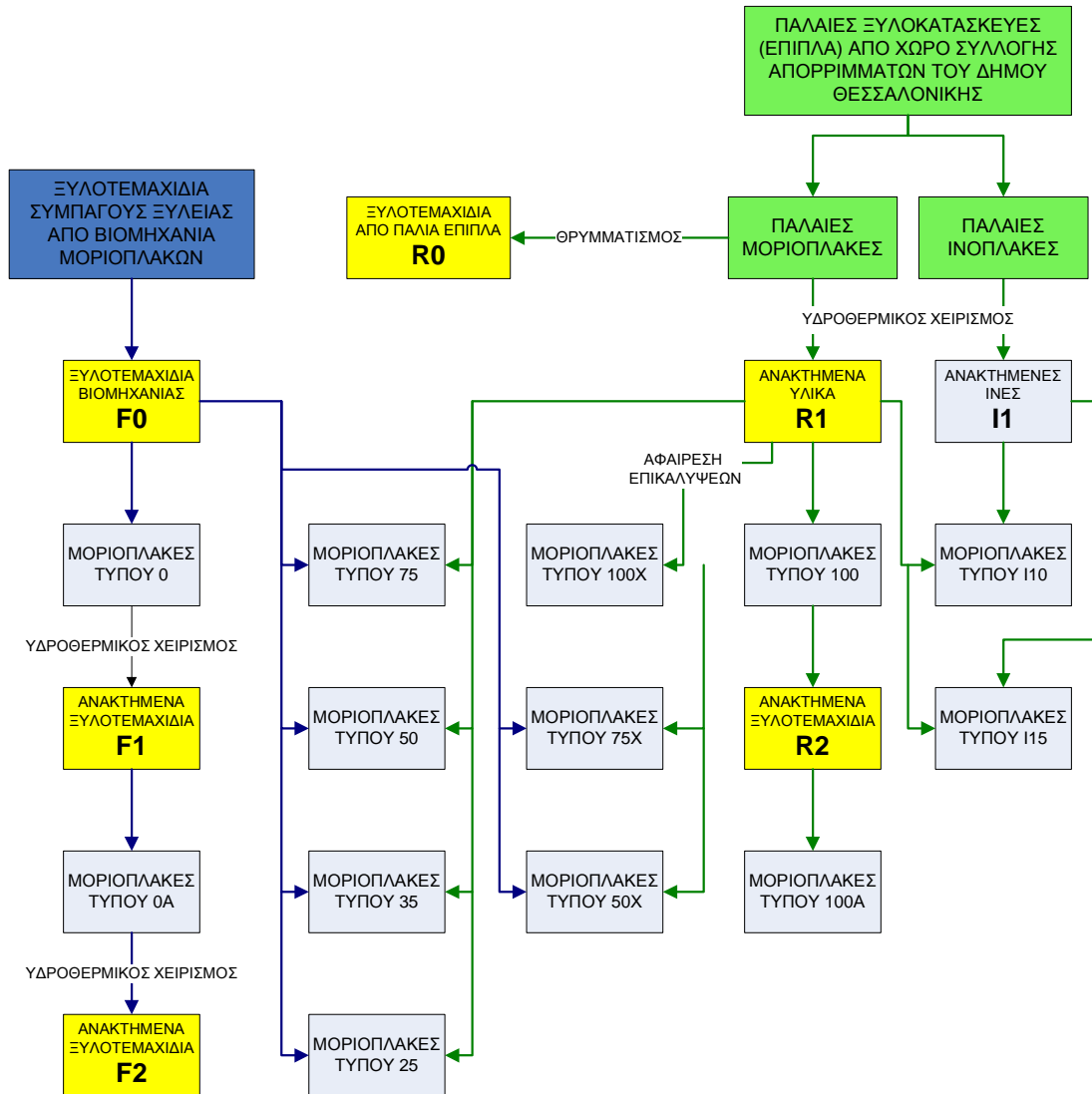
4.2.3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΠΛΑΚΩΝ

Χρησιμοποιώντας τα ως άνω ανακτηθέντα υλικά όπως επίσης και το υλικό βιομηχανίας (βλ. Κεφ. 4.1.1.3, Σελ. 79) και με την ίδια μεθοδολογία που περιγράφηκε στην 2^η φάση (Κεφ. 4.2.2.2) κατασκευάστηκαν εργαστηριακές ξυλοπλάκες διαφόρων αναμίξεων σύμφωνα με τον παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 10: Τύποι εργαστηριακών ξυλοπλακών που παρήχθησαν κατά την 3^η φάση της έρευνας

Κωδικός	Τύπος
100	Μοριοπλάκες από 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια για όλες τις στρώσεις και με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση*
100X	Μοριοπλάκες από 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια χωρίς επικαλύψεις για όλες τις στρώσεις
75	Μοριοπλάκες από 75% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 25% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
75X	Μοριοπλάκες από 75% ανακτημένα (χωρίς επικαλύψεις) και 25% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
50	Μοριοπλάκες από 50% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 50% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
50X	Μοριοπλάκες από 50% ανακτημένα (χωρίς επικαλύψεις) και 50% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
35	Μοριοπλάκες από 35% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 65% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
25	Μοριοπλάκες από 25% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 75% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
0	Μοριοπλάκες από 100% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
0A	Ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της παραμέτρου 0
100A	Ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της παραμέτρου 100
I10	Μοριοπλάκες από επιφανειακή στρώση 10% ανακτημένων ινών και 90% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων και μεσαία στρώση από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια (με θρυμματισμένες επικαλύψεις)
I15	Μοριοπλάκες από επιφανειακή στρώση 15% ανακτημένων ινών και 85% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων και μεσαία στρώση από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια (με θρυμματισμένες επικαλύψεις)

*: Όπου χρησιμοποιήθηκαν οι ανακτημένες επικαλύψεις, αυτές τοποθετήθηκαν στη μεσαία στρώση των εργαστηριακών ξυλοπλακών και σε ποσοστό 4,9% (ξηρή μάζα επικαλύψεων ανά ξηρή μάζα ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων) το οποίο προσδιορίστηκε ως μέσος όρος μετά από μετρήσεις στο ανακτημένο υλικό.



Εικόνα 46: Διάγραμμα υλικών και τύποι παραχθέντων εργαστηριακών μοριοπλακών κατά την 3^η Φάση της έρευνας

4.2.3.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

4.2.3.2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Κατά τη διεξαγωγή της 3^{ης} φάσης έρευνας (βλ. Κεφ. 4.2.3) και με σκοπό την ερμηνεία των μηχανικών και υγροσκοπικών ιδιοτήτων των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν πραγματοποιήθηκε έλεγχος ιδιοτήτων των διαφόρων τύπων ξυλοτεμαχιδίων που χρησιμοποιήθηκαν. Οι τύποι ξυλοτεμαχιδίων φαίνονται στην Εικόνα 46 και παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 11: Τύποι υλικών που ελέγχθηκαν ποιοτικώς κατά τη διεξαγωγή της 3ης φάσης της έρευνας

Κωδικός	Τύπος
F0	Ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας
F1	Ξυλοτεμαχίδια που ανακτήθηκαν μετά τον υδροθερμικό χειρισμό των μοριοπλακών που παρήχθησαν από το υλικό τύπου F0
F2	Ξυλοτεμαχίδια που ανακτήθηκαν μετά τον υδροθερμικό χειρισμό των μοριοπλακών που παρήχθησαν από το υλικό τύπου F1
R0	Ξυλοτεμαχίδια που προέκυψαν από το θρυμματισμό μοριοπλακών παλιών ξυλοκατασκευών (έπιπλα)
R1	Ξυλοτεμαχίδια και επικαλύψεις που ανακτήθηκαν από μοριοπλάκες παλιών ξυλοκατασκευών (έπιπλα)
R2	Ξυλοτεμαχίδια και επικαλύψεις που ανακτήθηκαν μετά τον υδροθερμικό χειρισμό των μοριοπλακών που παρήχθησαν από το υλικό τύπου R1

Πριν τη διεξαγωγή των αναλύσεων για κάθε έναν από τους παραπάνω τύπους υλικών έγινε ανάμιξη ξυλοτεμαχιδίων μεσαίας και επιφανειακής στρώσης σε αναλογία μάζας 60:40 αντίστοιχα ούτως ώστε να διατηρηθεί η ίδια αναλογία που εφαρμόστηκε για την κατασκευή των εργαστηριακών ξυλοπλακών. Από τα υλικά που φαίνονται στον παραπάνω Πίνακα και όπως παρουσιάστηκε και στην Εικόνα 46 αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή εργαστηριακών μοριοπλακών ήταν οι τύποι F0, F1 και R1 και I1. Τα υπόλοιπα υλικά ελέγχθηκαν για συγκριτικούς σκοπούς αλλά και για να αξιολογηθεί η επίδραση των υδροθερμικών χειρισμών σε αυτά.

4.2.3.2.1.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η κοκκομετρική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τους τύπους υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών κατά τη διεξαγωγή της 3^{ης} φάσης έρευνας (Κωδικοί F0, F1, R1 και R2). Χρησιμοποιήθηκαν 3 δείγματα των 150g περίπου από κάθε ένα εκ των ως άνω υλικών. Η δειγματοληψία ήταν αντιπροσωπευτική του κάθε υλικού και πραγματοποιήθηκε μετά την ξήρασή του σε υγρασία $3,5 \pm 0,5\%$. Τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν άνοιγμα 4mm, 2mm και 1mm και τα προκύπτοντα κλάσματα ήταν τα εξής 4: $\kappa > 4\text{mm}$, $4\text{mm} < \kappa < 2\text{mm}$, $2\text{mm} < \kappa < 1\text{mm}$, $\kappa < 1\text{mm}$. Η διάρκεια κοσκίνισης ήταν 20 λεπτά της ώρας για όλους τους προσδιορισμούς.

4.2.3.2.1.2 ΟΞΥΤΗΤΑ

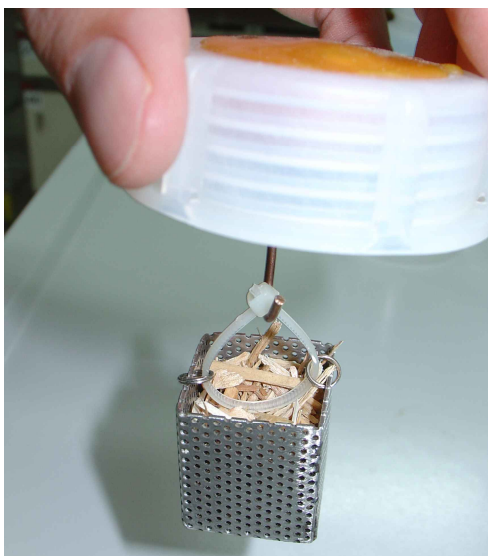
Η οξύτητα προσδιορίστηκε με τη μέθοδο της «ένυδρης» τιμής του pH (Sandermann και Rothkamm 1959). Χρησιμοποιήθηκαν 2g ξύλου διαστάσεων $180 < \kappa < 250\text{mm}$ τα οποία αναμίχθηκαν με 20ml απεσταγμένο

νερό. Στο διάλυμα που προέκυψε έγινε προσδιορισμός του pH μετά από 5 και 10min ανάμιξης. Έπειτα πραγματοποιήθηκε νέα ανάμιξη 2g ξύλου με 20ml απεσταγμένου νερού του οποίου το pH ρυθμίστηκε με τη βοήθεια οξικού οξέος στην τιμή pH που προέκυψε από τον 1^ο προσδιορισμό. Αν προέκυπτε διαφορά στο pH του νέου διαλύματος σε σχέση με το προηγούμενο, τότε η διαδικασία επαναλαμβάνονταν μέχρις ότου 2 συνεχόμενες μετρήσεις δεν είχαν πλέον διαφορές. Η τιμή του pH σε αυτή την περίπτωση ήταν και η ζητούμενη για το υπό μέτρηση υλικό.

4.2.3.2.1.3 ΕΚΛΥΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ

Ο προσδιορισμός της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης πραγματοποιήθηκε στα 6 ως άνω (βλ. Κεφ. 4.2.3.2.1, Πίνακας 11) διαφορετικά υλικά με τη μέθοδο της φιάλης σύμφωνα με το πρότυπο EN 717.03:1997. Για την τοποθέτηση του υλικού χρησιμοποιήθηκαν ειδικοί μεταλλικοί κλωβοί από ανοξείδωτη διάτρητη (με οπές διαμέτρου 1mm) λαμαρίνα. Κατάλληλη ποσότητα του κάθε υλικού ζυγίστηκε με ακρίβεια 0,001mg μέσα στους κλωβούς και αφού σταθεροποιήθηκε στο πώμα (Εικόνα 47) τοποθετήθηκε σε φιάλη πολυαιθυλενίου 0,5L (Εικόνα 48). Στο εσωτερικό της φιάλης τοποθετήθηκαν 50ml απεσταγμένου νερού. Η φιάλη έκλεισε ερμητικά και τοποθετήθηκε για 3 ώρες σε κλίβανο στους $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Στο νερό που υπήρχε στις φιάλες έγινε μετά τις 3 ώρες προσδιορισμός της συγκέντρωσης φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο που αναφέρθηκε στο Κεφ. 4.2.2.3.2.6 (Σελ.108).

Η μεθοδολογία αυτή αν και με βάση το πρότυπο EN 717.03:1997 αφορά συγκολλημένα προϊόντα ξύλου, έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες έρευνες και για τον προσδιορισμό εκλυόμενης φορμαλδεΐδης από ξυλοτεμαχίδια ή άλλες πρώτες ύλες για την παραγωγή συγκολλημένων προϊόντων ξύλου (Schäfer και Roffael 1996, Schäfer και Roffael 2000, Hennecke και Roffael 2005).



Εικόνα 47: Μεταλλικός κλωβός με το υλικό σταθεροποιημένος στο κάτω μέρος πώματος



Εικόνα 48: Εισαγωγή του κλωβού με το υπό μέτρηση υλικό στο εσωτερικό φιάλης από πολυαιθυλένιο

Η τιμή Flask υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω μαθηματικού τύπου:

$$\text{Τιμή Flask} = \frac{(A_S - A_B) \times f \times 50 \times (100 + H)}{m_H} \text{ mg/100g ξηρών ξυλοτεμαχιδίων}$$

όπου:

A_S : Η απορρόφηση του διαλύματος που προέκυψε από την εκχύλιση,

A_B : Η απορρόφηση δείγματος απεσταγμένου ή απιονισμένου νερού (Blank),

f : Η κλίση (σε mg/ml) της χρησιμοποιούμενης πρότυπης καμπύλης

H : Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας του υλικού,

m_H : Η μάζα (σε g) του υλικού που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση

Για τον προσδιορισμό της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης χρησιμοποιήθηκαν ξυλοτεμαχίδια που προορίζονταν για τη μεσαία στρώση των εργαστηριακών πλακών για να έχουν διαστάσεις μεγαλύτερες από τη διάμετρο οπών των χρησιμοποιηθέντων κλωβών (1mm). Πραγματοποιήθηκαν 2 μετρήσεις ανά υλικό και από αυτές υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

4.2.3.2.1.4 ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τα χημικά συστατικά προσδιορίστηκαν για όλους τους τύπους υλικών.

Για όλα τα εξετασθέντα υλικά πραγματοποιήθηκε θρυμματισμός σε μύλο τύπου Willey με ιδιαίτερη προσοχή ούτως ώστε να μην θερμανθούν λόγω των αναπτυσσόμενων τριβών. Έπειτα, χρησιμοποιώντας τη συσκευή κοκκομετρικής ανάλυσης διαχωρίστηκαν τα κλάσματα διαστάσεων $180\mu\text{m} < \kappa < 250\mu\text{m}$ και $250\mu\text{m} < \kappa < 420\mu\text{m}$ τα οποία και αποθηκεύτηκαν σε ερμητικά κλειστά δοχεία.

4.2.3.2.1.4.1 ΤΕΦΡΑ

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης τέφρας έγινε ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφεται στο πρότυπο ASTM D1102-84. Η τέφρα εκφράστηκε σε % ποσοστό ανά ξηρή μάζα ξυλόσκονης χρησιμοποιώντας τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

$$\text{ΤΕΦΡΑ, \%} = \frac{W_1}{W_2} \times 100 (\%)$$

όπου:

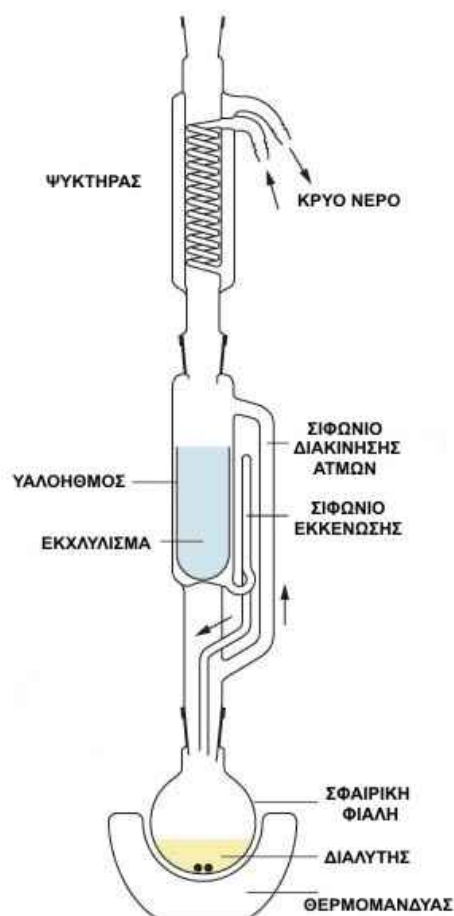
W_1 : Η μάζα της τέφρας

W_2 : Η ξηρή μάζα του δείγματος ξυλόσκονης

Πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις ανά υλικό και από αυτές υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις.

4.2.3.2.1.4.2 ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΣΕ ΜΙΓΜΑ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ-ΤΟΛΟΥΟΛΙΟΥ

Ο προσδιορισμός της διαλυτότητας σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου έγινε με βάση το πρότυπο ASTM D1107-96 χρησιμοποιώντας συσκευή εκχύλισης Soxhlet (Εικόνα 49).



Εικόνα 49: Συσκευή εκχύλισης τύπου Soxhlet

Τα διαλυτά σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου εκχυλίσματα του ξύλου υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του παρακάτω μαθηματικού τύπου:

$$\text{Εκχυλίσματα διαλυτά σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου, \%} = \frac{W_2}{W_1 \times P} \times 100$$

όπου:

W_1 : Η μάζα του αρχικού δείγματος

W_2 : Η μάζα του ξηρού εκχυλίσματος

P : Αναλογία ξηρού ξύλου στο αρχικό δείγμα

Πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλήψεις ανά είδος υλικού και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

4.2.3.2.1.4.3 ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΧΛΩΡΟΜΕΘΑΝΙΟ

Ο προσδιορισμός της διαλυτότητας σε διχλωρομεθάνιο έγινε με βάση το πρότυπο ASTM D1108-96. και υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω μαθηματικού τύπου:

$$\text{Εκχυλίσματα διαλυτά σε διχλωρομεθάνιο, \%} = \frac{W_2}{W_1 \times P} \times 100$$

όπου:

W_1 : Η μάζα του αρχικού δείγματος

W_2 : Η μάζα του ξηρού εκχυλίσματος

P : Αναλογία ξηρού ξύλου στο αρχικό δείγμα

Πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλήψεις ανά είδος υλικού και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

4.2.3.2.1.4.4 ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ

Ο προσδιορισμός του συνόλου των εκχυλισμάτων έγινε έμμεσα με την παραγωγή ξύλου ελεύθερου εκχυλισμάτων και η οποία έγινε με βάση το πρότυπο ASTM D1105-96. Το σύνολο των εκχυλισμάτων του ξύλου υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω μαθηματικού τύπου:

$$\text{Σύνολο των εκχυλισμάτων, \%} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

όπου:

W_1 : Η μάζα του αρχικού δείγματος ξυλόσκονης απαλλαγμένου από υγρασία

W_2 : Η μάζα του δείγματος ξυλόσκονης απαλλαγμένου από εκχυλίσματα και υγρασία

Πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλήψεις ανά είδος υλικού και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

4.2.3.2.1.4.5 ΟΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ

Ο προσδιορισμός της ολοκυτταρίνης έγινε ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφεται από τους Wise κ.α. (1946), Seifert (1960), Fengel και Wegener (1976).

Η μεθοδολογία στηρίζεται στον προς απολιγνίνωση χειρισμό ξυλόσκονης ελεύθερης εκχυλισμάτων με διάλυμα NaClO_2 , σε $\text{pH} \sim 4$, για 5h, σε υδατόλουτρο ρυθμισμένο σε θερμοκρασία 70°C προκειμένου να απομακρυνθεί η λιγνίνη. Για τον προσδιορισμό χρησιμοποιήθηκε ξυλόσκονη

απόλυτα ξηρή (atro), απαλλαγμένη εκχυλισμάτων και με διαστάσεις μεταξύ 180 και 250μm.

Ανά 1g atro ξυλόσκονης επέδρασαν 10 ml διαλύματος NaClO₂ (25%) 0,75ml παγόμορφο οξικό οξύ (glacial acetic acid) σε θερμοκρασία 70° C για συνολικά 5 ώρες. Μετά το πέρας του χειρισμού το δείγμα εκπλύθηκε με ψυχρό νερό έως όπου απομακρυνθεί πλήρως το Cl₂ και τοποθετήθηκε για ξήρανση σε ξηραντήρα (dessicator). Μετά την ξήρανση το δείγμα ζυγίστηκε και το ποσοστό της ολοκυτταρίνης (atro) ανάχθηκε στη μάζα (atro) του αρχικού δείγματος της απαλλαγμένης από εκχυλίσματα ξυλόσκονης. Η διαδικασία στο δείγμα της ολοκυτταρίνης που προέκυψε μετά τις εκπλύσεις επαναλήφθηκε μέχρι σταθερής μάζας.

Πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλήψεις ανά είδος υλικού και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

4.2.3.2.1.4.6 ΛΙΓΝΙΝΗ

Ο προσδιορισμός της λιγνίνης έγινε ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφεται στο πρότυπο ASTM D1106-96 και το ποσοστό της υπολογίστηκε με τη βοήθεια του παρακάτω μαθηματικού τύπου:

$$\text{Λιγνίνη, \%} = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

όπου:

W₁: Η ξηρή μάζα του αρχικού δείγματος ξυλόσκονης

W₂: Η ξηρή μάζα της λιγνίνης

Πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλήψεις ανά είδος υλικού και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

4.2.3.2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των ανακυκλωμένων μοριοπλακών χρησιμοποιήθηκαν 3 εργαστηριακές πλάκες ανά παράμετρο. Όλες οι πλάκες μετά τον κλιματισμό τους παρυφώθηκαν κατά 1,5cm από κάθε πλευρά για την απομάκρυνση των σαθρών άκρων τους.

4.2.3.2.2.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ – ΠΡΟΦΙΛ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Η πυκνότητα των ανακυκλωμένων εργαστηριακών μοριοπλακών προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που εφαρμόστηκε στη 2^η φάση (Κεφ. 4.2.2.3.2.1, Σελ. 102).

Ο προσδιορισμός του προφίλ πυκνότητας στη διεύθυνση του πάχους των πλακών πραγματοποιήθηκε (Εικόνα 50) στα δοκίμια διαστάσεων 50x50mm που στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης (Σελ. 104) και της αντοχής των επιφανειακών στρώσεων σε εφελκυσμό (Σελ.106).



Εικόνα 50: Τοποθέτηση δοκιμίων για προσδιορισμό του προφίλ πυκνότητας

4.2.3.2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι μηχανικές ιδιότητες των εργαστηριακών μοριοπλακών προσδιορίστηκαν με τη διαδικασία και τα πρότυπα που αναφέρθηκαν κατά τον προσδιορισμό των αντίστοιχων ιδιοτήτων των πλακών στη 2^η φάση. Συγκεκριμένα, το μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο Κεφ. 4.2.2.3.2.2.1 (Σελ. 103), η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο Κεφ.4.2.2.3.2.3 (Σελ.104) και η αντοχή επιφανειακών στρώσεων σε εφελκυσμό προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο Κεφ.4.2.2.3.2.4 (Σελ.106). Στην Εικόνα 51 φαίνονται τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη των εργαστηριακών πλακών.



Εικόνα 51: Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη κατά τη διεξαγωγή της Γ' φάσης της έρευνας

4.2.3.2.2.3 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι υγροσκοπικές ιδιότητες των εργαστηριακών μοριοπλακών προσδιορίστηκαν με τη διαδικασία και τα πρότυπα που αναφέρθηκαν κατά τον προσδιορισμό των αντίστοιχων ιδιοτήτων των πλακών στη 2^η φάση. Συγκεκριμένα, η κατά πάχος διόγκωση μετά από εμβάπτιση σε νερό προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο Κεφ.4.2.2.3.2.5.1 (Σελ.107) και η προσρόφηση νερού προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο Κεφ.4.2.2.3.2.5.2 (Σελ.108).

4.2.3.2.2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ

Το δυναμικό έκλυσης φορμαλδεΐδης προσδιορίστηκε με τη διαδικασία που εφαρμόστηκε στη 2^η φάση (Κεφ. 4.2.2.3.2.6, Σελ. 108). Ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε για τις παραμέτρους 100, 100X, 50 ,0 0A και 100A.

4.2.3.2.2.5 ΧΡΩΜΑ

Για τις μοριοπλάκες της 3^{ης} φάσης έγινε προσδιορισμός χρώματος για τις παραμέτρους 100, 50 ,0 0A και 100A. Η επιλογή των παραμέτρων αυτών έγινε αφενός για να συγκριθούν οι μεταβολές αποχρώσεων στις εργαστηριακές ξυλοπλάκες που παράγονται με 100% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας, με 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια και με μίξη 50-50 των υλικών αυτών και αφετέρου για να προσδιοριστούν οι μεταβολές αποχρώσεων που συμβαίνουν στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες σε σύγκριση με τις αρχικές (είτε αυτές παρήχθησαν από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας είτε από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια).



Εικόνα 52: Τοποθέτηση δοκιμίου για προσδιορισμό των χρωματικών μεταβλητών

Ο προσδιορισμός του χρώματος των εργαστηριακών μοριοπλάκων έγινε με βάση το σύστημα μέτρησης χρωματικών μεταβλητών CIELAB βασιζόμενο σε μια πηγή φωτός D65. Προσδιορίστηκαν (Εικόνα 52) οι τρεις χρωματικές παράμετροι L^* , a^* και b^* σύμφωνα με το σύστημα CIELAB. Η μεταβλητή L^* έχει κλίμακα από 0 ως 100 και αντιπροσωπεύει τη λευκότητα του χρώματος της υπό εξέταση μοριοπλάκας (βαθμός λευκότητας). Τιμή της μεταβλητής L^* ίση με μηδέν αντιστοιχεί στο απόλυτο μαύρο ενώ όταν είναι ίση με 100 αντιστοιχεί με το απόλυτο λευκό χρώμα. Η μεταβλητή a^* έχει κλίμακα από -100 ως +100 και δείχνει πόσο κόκκινο (θετικές τιμές) ή πόσο πράσινο (αρνητικές τιμές) είναι το χρώμα (βαθμός ερυθρότητας). Τέλος, η μεταβλητή b^* ή αλλιώς βαθμός κιτρινίσματος έχει κλίμακα από -100 ως +100 και δείχνει πόσο κίτρινο (θετικές τιμές) ή πόσο μπλε (αρνητικές τιμές) είναι το χρώμα. (Ορφανάκος 2004).

Οι συνολικές μεταβολές αποχρώσεων (ΔE^*) υπολογίστηκαν 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 το χειρισμό) των χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* και b^* αντίστοιχα για τις εν συγκρίσει ξυλοπλάκες

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο, χαμηλές τιμές του ΔE^* αντιστοιχούν σε μικρές διαφορές αποχρώσεων (Oltean και άλλοι, 2008).

4.2.3.2.3 ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Για να προσδιοριστούν συστατικά των παραγόμενων υγρών αποβλήτων από τη διαδικασία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων – ινών εφαρμόστηκε η εξής μεθοδολογία: Πραγματοποιήθηκαν 3 χειρισμοί ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από παλιές μοριοπλάκες μάζας περίπου 2Kg σε αναλογία κατά βάρος ίδια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στις προηγούμενες φάσεις της έρευνας δηλ. γυμνές μοριοπλάκες 22%, επικαλυμμένες με φιλμ μελαμίνης μοριοπλάκες 42%, επικαλυμμένες με διακοσμητικά ξυλόφυλλα μοριοπλάκες 36%. Οι συνθήκες ανάκτησης ήταν αυτές που από τη 2^η φάση της έρευνας απεδείχθησαν οι βέλτιστες, δηλ. 150°C για 10min μετά από εμποτισμό κατά 45% με νερό. Μετά το πέρας των χειρισμών ο ατμός και τα προϊόντα της θερμικής αποικοδόμησης κόλλας και πιθανώς και ξύλου μεταφέρθηκαν διαμέσου του ψυκτήρα (θερμοκρασία ψύξης 21,5°C) σε προζυγισμένο γυάλινο δοχείο συλλογής το οποίο ήταν τοποθετημένο σε παγόλουτρο (Εικόνα 53). Η μετάγγιση των αποβλήτων έγινε αρχικά με εφαρμογή πίεσης ύψους 2bar(gauge) για 2 min στον αντιδραστήρα και έπειτα με τη βοήθεια υποπίεσης 600mbar(abs) για 5min για την πλήρη εκκένωση του αντιδραστήρα. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε και χωρίς την τοποθέτηση δοκιμίων μοριοπλακών στον αντιδραστήρα με σκοπό να προκύψει τυφλό (blank) δείγμα για σύγκριση.



Εικόνα 53: Συλλογή προϊόντων αποικοδόμησης της κόλλας και των ξυλοτεμαχιδίων που προκύπτουν από τη διαδικασία ανάκτησης

Στα διαλύματα που προέκυψαν έγινε προσδιορισμός των ιοντικών συστατικών με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας (IC). Σε ότι αφορά στη στατική φάση συστήματος ιοντικής χρωματογραφίας, τα χαρακτηριστικά των στηλών που χρησιμοποιήθηκαν στην ιοντική χρωματογραφία παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακας 12).

Πίνακας 12: Χαρακτηριστικά στηλών που χρησιμοποιήθηκαν στην ιοντική χρωματογραφία

Όνομασία στήλης	Διαστάσεις	Υλικό πλήρωσης	Μέγεθος Σωματιδίων	Λειτουργική ομάδα	Εφαρμογή
ALL-SEP™ Anion Column	100 x 4,6 mm	Ανιονανταλλακτική κόλλα μεθυλακρυλικής βάσης	7 μm	Τεταρτοταγείς αμινοομάδες	Προσδιορισμός ανιόντων
Universal Cation	100 x 4,6 mm	Κατιονανταλλακτική κόλλα πολυστυρενοδιβινυλοβενζολίου	7 μm	Βάσεις του σουλφονικού οξέος	Προσδιορισμός κατιόντων

Σχετικά με την κινητή φάση συστήματος ιοντικής χρωματογραφίας, το εκλουστικό διάλυμα που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των ανιόντων είναι μίγμα φθαλικού οξέος με ένυδρο οξείδιο του λιθίου, 4 mM. Το αντίστοιχο εκλουστικό που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του αμμωνίου είναι διάλυμα Methane Sulfonic Acid, 3 mM. Ως διαλύτης για την παρασκευή των εκλουστικών και των προτύπων διαλυμάτων των ιόντων χρησιμοποιήθηκε υπερκάθαρο νερό τύπου Millipore και αγωγιμότητας $15,7 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$.

Ο αγωγιμομετρικός ανιχνευτής που χρησιμοποιήθηκε (CDD-6A) είναι σχεδιασμένος να ανιχνεύει την ειδική αγωγιμότητα και να την μετατρέπει σε δυναμικό εξόδου. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 13) δίνονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά του.

Πίνακας 13: Ειδικά χαρακτηριστικά του αγωγιμομετρικού ανιχνευτή CDD-6A

Όγκος κυψελίδας	0.25 μL
Σταθερά κυψελίδας	25 cm⁻¹
Μετρούμενη ευαισθησία	0.1 ~ 5120 μS/cm
Εύρος βέλτιστης λειτουργικής θερμοκρασίας	10°C ~ 35°C

Ο Πίνακας 14 περιέχει τις συνθήκες κατά τον προσδιορισμό των ιόντων. Οι χρόνοι συγκράτησης των προσδιοριζόμενων ιόντων είναι 4.873min για τα νιτρικά, 8.423min για τα θειικά και 3.138min για τα αμμωνιακά.

Πίνακας 14: Χρωματογραφικές συνθήκες που επικρατούν κατά τον προσδιορισμό των ιόντων

	Ανιόντα	Αμμώνιο
Κινητή φάση	Φθαλικό οξύ με υδροξείδιο του λιθίου (4 mM)	MSA (3 mM)
pH κινητής φάσης	4,2	
Ροή εκλουστικού	1 ml/min	1 ml/min
Θερμοκρασία φούρνου	35°C	35°C
Πίεση	770-810 psi	
Ευαισθησία ανιχνευτή	0,1 $\mu\text{S/cm}$	0,1 $\mu\text{S/cm}$

Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε με μικτά διαλύματα ιόντων.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 1^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ

Τα αποτελέσματα της 1ης φάσης (βλ. Κεφ. 4.2.1, Σελ. 90) στην οποία μελετήθηκε η συνδυασμένη επίδραση των συνθηκών ανάκτησης στο ποσοστό συσσωματωμάτων των ανακτηθέντων ξυλοτεμαχιδίων δείχνονται στον Πίνακα 15.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα αξιολόγησης συνδυασμών συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων κατά τη διεξαγωγή της 1^{ης} φάσης της έρευνας

A/A	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΝΕΡΟ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΠΙΕΣΗ (°C / bar gauge)	ΤΕΛΙΚΟ ΚΕΝΟ (ΝΑΙ/ΟΧΙ)	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΚΥΚΛΟΥ (ΝΑΙ/ΟΧΙ)	ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ (min)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΩΝ (%)
1	0	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-	>10
2	0	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-	>10
3	0	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-	>10
4	0	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
5	0	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
6	0	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
7	0	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
8	0	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
9	0	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
10	0	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
11	0	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
12	0	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
13	60	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ	30	<10
14	60	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ	10	<10
15	60	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ	8	<10
16	60	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
17	60	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
18	60	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
19	60	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
20	60	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
21	60	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
22	60	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
23	60	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
24	60	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
25	30	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-	>10
26	30	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ	-	>10
27	30	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ	20	<10
28	30	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
29	30	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
30	30	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
31	30	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
32	30	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
33	30	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
34	30	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
35	30	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
36	30	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10

(Συνέχεια στην επόμενη σελίδα)

(Συνέχεια από την προηγούμενη σελίδα)

A/A	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΝΕΡΟ (%)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΠΙΕΣΗ (°C / bar gauge)	ΤΕΛΙΚΟ ΚΕΝΟ (ΝΑΙ/ΟΧΙ)	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΚΥΚΛΟΥ (ΝΑΙ/ΟΧΙ)	ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ (min)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΩΝ (%)
37	45	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΟΧΙ	75	<10
38	45	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΟΧΙ	20	<10
39	45	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΟΧΙ	10	<10
40	45	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
41	45	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
42	45	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΟΧΙ	-	>10
43	45	110 / 0,42	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
44	45	130 / 1,69	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
45	45	150 / 3,74	ΝΑΙ	ΝΑΙ	-	>10
46	45	110 / 0,42	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
47	45	130 / 1,69	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10
48	45	150 / 3,74	ΟΧΙ	ΝΑΙ	-	>10

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι οι πλεονεκτικότεροι συνδυασμοί συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων (ποσοστό εμποτισμού/ θερμοκρασία/ διάρκεια) από τις οποίες προέκυψε ποσοστό συσσωματωμάτων (ξηρή μάζα συσσωματωμάτων ανά ξηρή μάζα μοριοπλακών) κάτω από 10% ήταν οι εξής: 27 (30%/ 150°C/ 20min), 37 (45%/ 110°C/ 75min), 38 (45%/ 130°C/ 20min), 39 (45%/ 150°C/ 10min), 13 (60%/ 110°C/ 30min), 14 (60%/ 130°C/ 10min) και 15 (60%/ 150°C/ 8min). Οι 7 ανωτέρω ομάδες συνθηκών ανάκτησης χρησιμοποιήθηκαν στην επόμενη φάση της έρευνας που αποσκοπούσε στην μετά από περαιτέρω αξιολόγηση εξεύρεση της άριστης από αυτές.

5.2 2^Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Στο Κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα αξιολόγησης των επτά ομάδων συνθηκών ανάκτησης που προέκυψαν από την 1^η φάση. Η αξιολόγηση αφορά στις ιδιότητες των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων, των ανακυκλωμένων μοριοπλακών και το μέγεθος της καταναλωθείσας για την ανάκτηση ενέργειας.

5.2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ

5.2.1.1 ΥΓΡΑΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ

Στον Πίνακα 16 παρατίθενται οι υγρασίες των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων για κάθε μια από τις ομάδες συνθηκών που επιλέχθηκαν στην 1^η φάση.

Πίνακας 16: Υγρασίες των ανακτημένων υλικών για τις 7 ομάδες συνθηκών ανάκτησης (2^η Φάση)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΝΑΚΤΗΘΕΝΤΟΣ ΥΛΙΚΟΥ (%)
1 (27) [*]	30%/ 150°C/ 20min	37,5
2 (37)	45%/ 110°C/ 75min	69,4
3 (38)	45%/ 130°C/ 20min	68,8
4 (39)	45%/ 150°C/ 10min	70,3
5 (13)	60%/ 110°C/ 30min	85,6
6 (14)	60%/ 130°C/ 10min	83,8
7 (15)	60%/ 150°C/ 8min	83,6

Ο Πίνακας 16 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό εμποτισμού προ του υδροθερμικού χειρισμού των δοκιμίων μοριοπλακών επηρεάζει αποφασιστικά την τελική υγρασία του ανακτημένου υλικού. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερο το ποσοστό εμποτισμού, τόσο μεγαλύτερη και η υγρασία του ανακτημένου υλικού.

^{*} : Αφορά τον A/A στον Πίνακα 15

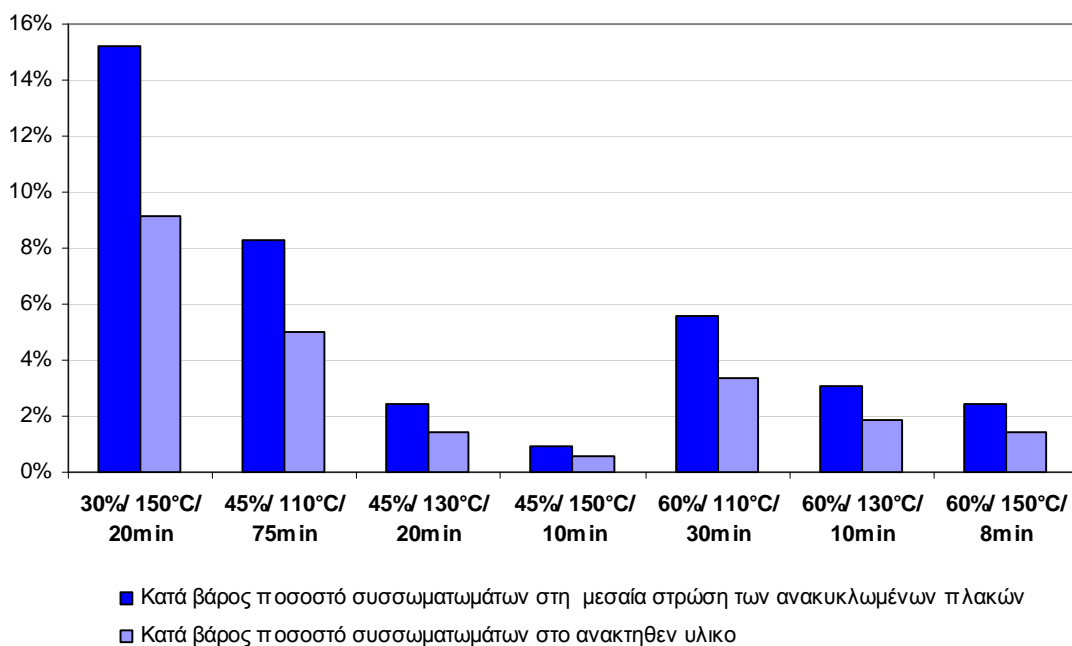
5.2.1.2 ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΑ



Εικόνα 54: Συσσωματώματα (>5mm) που προέκυψαν μετά από ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων μοριοπλάκας

Πίνακας 17: Ποσοστά συσσωματωμάτων (2η φάση)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΩΝ (Στο σύνολο του ανακτηθέντος υλικού) (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΩΝ (Στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων πλακών) (%)
1	30%/ 150°C/ 20min	9,14%	15,23%
2	45%/ 110°C/ 75min	4,97%	8,29%
3	45%/ 130°C/ 20min	1,45%	2,41%
4	45%/ 150°C/ 10min	0,57%	0,95%
5	60%/ 110°C/ 30min	3,34%	5,56%
6	60%/ 130°C/ 10min	1,84%	3,07%
7	60%/ 150°C/ 8min	1,46%	2,44%



Σχήμα 12: Ποσοστά συσσωματωμάτων στα ανακτηθέντα υλικά (2η φάση)

Στην Εικόνα 54 φαίνονται συσσωματώματα σε ανακτημένο υλικό. Ο Πίνακας 17 και το Σχήμα 12 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία χειρισμού των εμποτισθέντων μοριοπλακών τόσο μικρότερο είναι και το ποσοστό συσσωματωμάτων που εμφανίζονται στο ανακτηθέν υλικό.

Το χαμηλότερο ποσοστό συσσωματωμάτων, όπως αυτό ορίστηκε στο Κεφ. 4.2.2.3.1.2 (Σελ. 101), εμφανίστηκε στις ομάδες συνθηκών 3 (45%/ 130°C/ 20min), 4 (45%/ 150°C/ 10min) και 7 (60%/ 150°C/ 8min).

5.2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Οι ιδιότητες των ανακυκλωμένων μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν από τα ανακτηθέντα υλικά με την εφαρμογή των 7 ομάδων συνθηκών ανάκτησης παρουσιάζονται στη συνέχεια.

5.2.2.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Ο Πίνακας 18 περιέχει τους μέσους όρους παχών και πυκνοτήτων όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμίων) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 19 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων πυκνοτήτων των 7 τύπων ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 18: Πυκνότητες των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Παράμετρος	Στατιστικά στοιχεία	ΠΑΧΟΣ (mm)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (g/cm ³)
1 30%/ 150°C/ 20min	M.O.	11,84	0,69
	(s)	0,0621	0,0352
	Max	12,00	0,78
	Min	11,73	0,61
	N	60	60
2 45%/ 110°C/ 75min	M.O.	11,89	0,68
	(s)	0,0398	0,0326
	Max	11,98	0,76
	Min	11,79	0,60
	N	60	60
3 45%/ 130°C/ 20min	M.O.	11,79	0,70
	(s)	0,1320	0,0283
	Max	11,96	0,75
	Min	11,55	0,63
	N	60	60
4 45%/ 150°C/ 10min	M.O.	11,76	0,69
	(s)	0,1317	0,0286
	Max	11,92	0,74
	Min	11,51	0,64
	N	60	60
5 60%/ 110°C/ 30min	M.O.	11,80	0,69
	(s)	0,1408	0,0284
	Max	11,97	0,76
	Min	11,51	0,64
	N	60	60
6 60%/ 130°C/ 10min	M.O.	11,85	0,69
	(s)	0,0424	0,0249
	Max	11,95	0,75
	Min	11,78	0,63
	N	60	60
7 60%/ 150°C/ 8min	M.O.	11,85	0,69
	(s)	0,0381	0,0349
	Max	11,96	0,77
	Min	11,78	0,61
	N	60	60

Πίνακας 19: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών πυκνοτήτων των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		-	-	-	-	-	-
2			•	-	-	-	-
3				-	-	-	-
4					-	-	-
5						-	-
6							-
7							

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Ο Πίνακας 18 και ο Πίνακας 19 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι πυκνότητες των κατασκευασμένων εργαστηριακών μοριοπλακών παρουσίασαν συνολικά εύρος μεταξύ 0,68 και 0,70g/cm³ και (εξαιρουμένων του ζεύγους παραμέτρων 2 και 3) δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό αποτελεί ορθή βάση για την αντικειμενική σύγκριση μεταξύ των ιδιοτήτων των ανακυκλωμένων μοριοπλακών και ως εκ τούτου ανάδειξη της βέλτιστης ομάδας συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων.

5.2.2.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

5.2.2.2.1 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ

Ο Πίνακας 20 περιέχει τους μέσους όρους αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμών) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 21 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των 7 τύπων ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 20: Αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Παράμετρος	Στατιστικά στοιχεία	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ (N/mm ²)
1 30%/ 150°C/ 20min	M.O.	0,38
	(s)	0,1078
	Max	0,50
	Min	0,16
	N	18
2 45%/ 110°C/ 75min	M.O.	0,43
	(s)	0,0578
	Max	0,57
	Min	0,35
	N	18
3 45%/ 130°C/ 20min	M.O.	0,53
	(s)	0,0443
	Max	0,61
	Min	0,45
	N	18
4 45%/ 150°C/ 10min	M.O.	0,54
	(s)	0,0317
	Max	0,58
	Min	0,45
	N	18
5 60%/ 110°C/ 30min	M.O.	0,54
	(s)	0,0677
	Max	0,69
	Min	0,41
	N	18
6 60%/ 130°C/ 10min	M.O.	0,46
	(s)	0,0508
	Max	0,52
	Min	0,34
	N	18
7 60%/ 150°C/ 8min	M.O.	0,54
	(s)	0,0692
	Max	0,64
	Min	0,38
	N	18

Πίνακας 21: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		•	•	•	•	•	•
2			•	•	•	-	•
3				-	-	•	-
4					-	•	-
5						•	-
6							•
7							

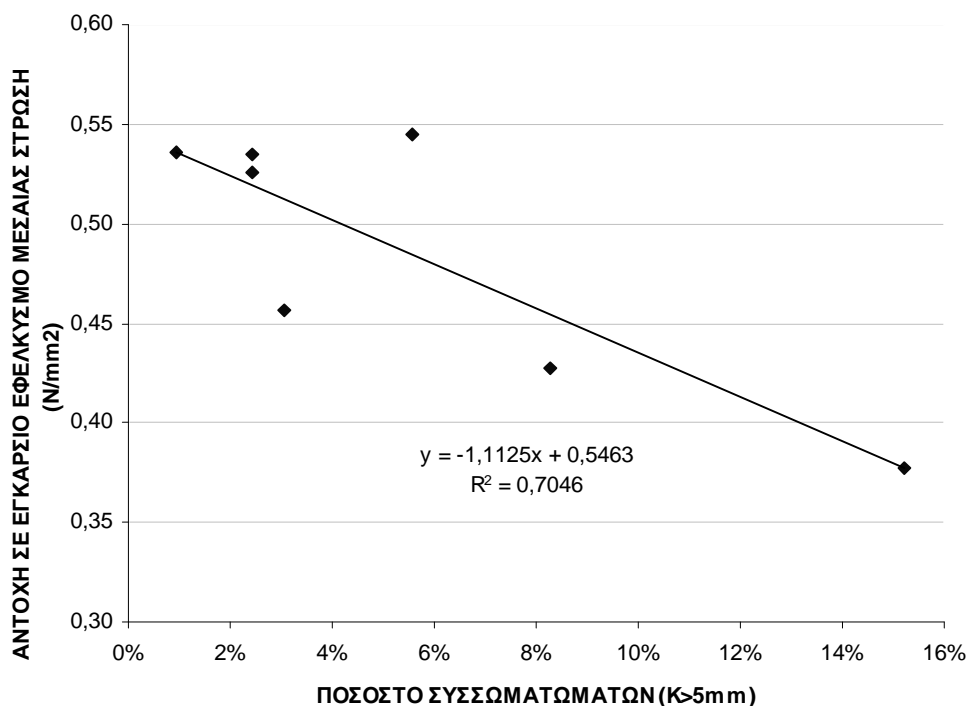
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Από τους Πίνακες 20 και 21 προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι παράμετροι (ομάδες συνθηκών) που εμφάνισαν τη μεγαλύτερη αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης ήταν οι 3, 4, 5 και 7 με στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες παράμετροι παρουσίασαν σημαντικά μικρότερη αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης.

Επίσης από τα παραπάνω ευρήματα είναι γενικά εμφανές ότι αυξανόμενου του ποσοστού εμποτισμού προ του υδροθερμικού χειρισμού πάνω από 30% αυξάνεται σημαντικά η αντοχή των ανακυκλωμένων μοριοπλακών σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης.

Η βελτίωση της ως άνω ιδιότητας σε υδροθερμικά ανακυκλωμένες μοριοπλάκες, όπου η διαδικασία ανακύκλωσης περιλαμβάνει εμποτισμό των μοριοπλακών με νερό) έχει διαπιστωθεί και σε άλλες εργασίες (Michanicki 1996B, Michanicki και Boehme 1996).

Επίσης, αντιπαραβολή των Πινάκων 17 και 20 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με εξαίρεση την παράμετρο 5 η αύξηση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης οφείλεται μεταξύ άλλων και στη μείωση του ποσοστού συσσωματωμάτων που είναι παρόντα στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων εργαστηριακών μοριοπλακών.



Σχήμα 13: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση και της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των ανακυκλωμένων μοριοπλακών

Επιπλέον, το Σχήμα 13 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, παρόλο που το πλήθος των τιμών για τις συσχετίσεις ήταν σχετικά μικρό, προκύπτει ικανοποιητική

συσχέτιση $R^2=0,70$ του ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων μοριοπλακών με την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό των εν λόγω μοριοπλακών.

5.2.2.2.2 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Ο Πίνακας 22 περιέχει τους μέσους όρους αντοχής σε εφελκυσμό των επιφανειακών στρώσεων όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμίων) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 23 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων αντοχής σε εφελκυσμό των επιφανειακών στρώσεων των 7 τύπων ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 22: Αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Παράμετρος	Στατιστικά στοιχεία	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΑΝΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (N/mm ²)	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΚΑΤΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (N/mm ²)	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (N/mm ²)
1 30%/ 150°C/ 20min	M.O.	0,79	0,95	0,87
	(s)	0,1454	0,1798	0,1626
	Max	1,04	1,26	1,15
	Min	0,59	0,61	0,60
2 45%/ 110°C/ 75min	M.O.	0,83	0,97	0,90
	(s)	0,1225	0,0798	0,1012
	Max	1,00	1,10	1,05
	Min	0,57	0,81	0,69
3 45%/ 130°C/ 20min	M.O.	0,91	1,05	0,98
	(s)	0,1110	0,0963	0,1036
	Max	1,11	1,23	1,17
	Min	0,65	0,84	0,75
4 45%/ 150°C/ 10min	M.O.	0,92	1,06	0,99
	(s)	0,1209	0,1265	0,1237
	Max	1,15	1,28	1,21
	Min	0,65	0,82	0,73
5 60%/ 110°C/ 30min	M.O.	0,67	0,74	0,70
	(s)	0,0492	0,0945	0,0718
	Max	0,79	1,00	0,89
	Min	0,60	0,56	0,58
6 60%/ 130°C/ 10min	M.O.	0,94	0,96	0,95
	(s)	0,0889	0,0968	0,0928
	Max	1,10	1,18	1,14
	Min	0,74	0,80	0,77
7 60%/ 150°C/ 8min	M.O.	0,98	1,05	1,02
	(s)	0,1117	0,1279	0,1198
	Max	1,26	1,30	1,28
	Min	0,82	0,88	0,85
	N	18	18	18

Πίνακας 23: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών αντοχής σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		-	•	•	•	-	•
2			-	•	•	-	•
3				-	•	•	-
4					•	•	-
5						•	•
6							•
7							

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Τα αποτελέσματα που δείχνονται στους Πίνακες 22 και 23 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι παράμετροι που εμφάνισαν τη μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων ήταν οι 3, 4 και 7 με στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες παράμετροι παρουσίασαν σημαντικά μικρότερη αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων.

5.2.2.2.3 ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ

Ο Πίνακας 24 περιέχει τους μέσους όρους των μέτρων θραύσης και ελαστικότητας σε στατική κάμψη όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμίων) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 25 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων του μέτρου θραύσης σε στατική κάμψη και ο Πίνακας 26 τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων του μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη των 7 τύπων ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 24: Τιμές μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Παράμετρος	Στατιστικά στοιχεία	fm ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (N/mm ²)	Em ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (N/mm ²)
1 30%/ 150°C/ 20min	M.O.	13,53	2686,87
	(s)	1,6152	251,8562
	Max	17,80	3065,13
	Min	10,66	2110,86
	N	15	15
2 45%/ 110°C/ 75min	M.O.	12,95	2248,11
	(s)	1,1778	192,4666
	Max	14,82	2627,51
	Min	10,35	1990,90
	N	15	15
3 45%/ 130°C/ 20min	M.O.	13,46	2339,86
	(s)	1,5316	144,2660
	Max	16,49	2555,65
	Min	10,86	1997,60
	N	15	15
4 45%/ 150°C/ 10min	M.O.	14,16	2534,59
	(s)	1,4300	281,1056
	Max	16,37	3139,64
	Min	11,60	2129,35
	N	15	15
5 60%/ 110°C/ 30min	M.O.	9,21	1782,57
	(s)	0,9425	147,1284
	Max	11,52	2122,79
	Min	10,66	2110,86
	N	15	15
6 60%/ 130°C/ 10min	M.O.	12,83	2343,57
	(s)	1,3255	161,6308
	Max	15,64	2576,99
	Min	10,50	1969,94
	N	15	15
7 60%/ 150°C/ 8min	M.O.	13,92	2448,21
	(s)	1,3424	164,0429
	Max	15,69	2703,98
	Min	10,99	2179,94
	N	15	15

Πίνακας 25: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών μέτρου θραύσης των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		-	-	-	•	-	-
2			-	•	•	-	-
3				-	•	-	-
4					•	•	-
5						•	•
6							•
7							

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Τα αποτελέσματα των Πινάκων 24 και 25 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι παράμετροι που εμφάνισαν το μεγαλύτερο μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη ήταν οι 1, 3, 4 και 7 με στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες παράμετροι παρουσίασαν σημαντικά μικρότερο μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη.

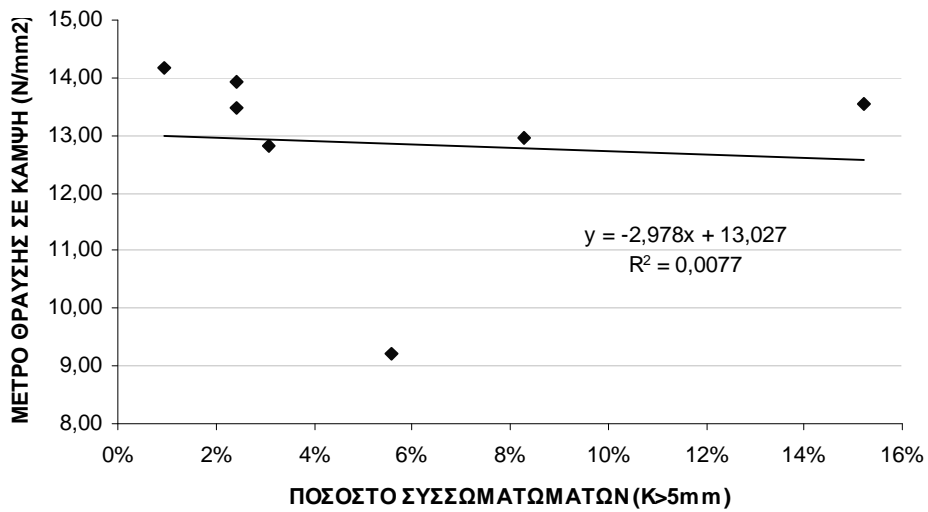
Πίνακας 26: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών μέτρου ελαστικότητας των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		•	•	•	•	•	•
2			-	•	•	-	•
3				•	•	-	-
4					•	•	-
5						•	•
6							-
7							

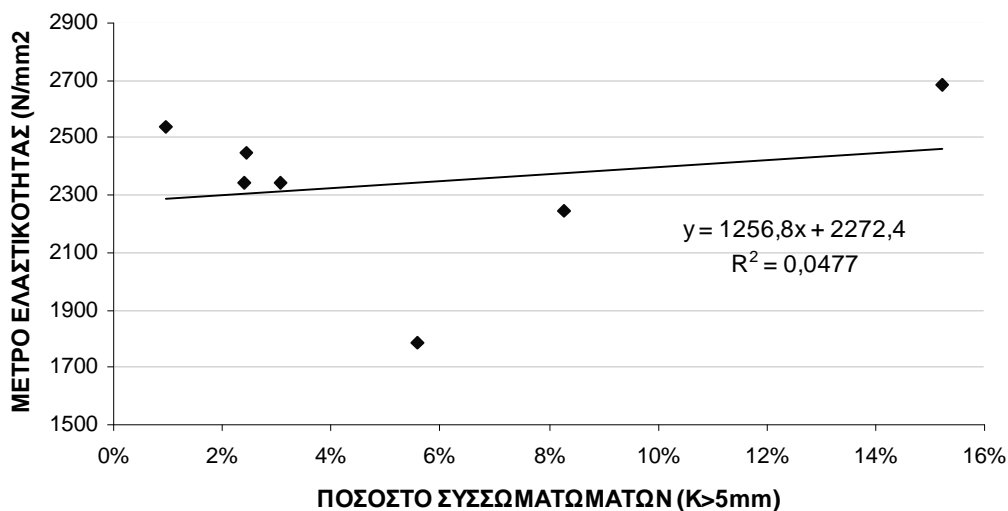
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Επίσης σύμφωνα με τους Πίνακες 24 και 26 η παράμετρος 1 παρουσίασε το μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη με στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με τις υπόλοιπες παραμέτρους. Οι παράμετροι 4 και 7 έπονται μετά την 1^η όσο αφορά την εν λόγω ιδιότητα. Οι παράμετροι 4 και 7 δεν παρουσίασαν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι μεταβολές του μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη γενικά ακολουθούν τις μεταβολές του μέτρου θραύσης σε στατική κάμψη.



Σχήμα 14: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση και του μέτρου θραύσης σε κάμψη των ανακυκλωμένων μοριοπλακών



Σχήμα 15: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση και του μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη των ανακυκλωμένων μοριοπλακών

Το Σχήμα 14 και το Σχήμα 15 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι, παρόλο που το πλήθος των τιμών για τις συσχετίσεις ήταν σχετικά μικρό, προκύπτει ασθενής συσχέτιση του ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση με το μέτρο θραύσης ($R^2=0,0077$) και το μέτρο ελαστικότητας ($R^2=0,0477$) σε στατική κάμψη των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

5.2.2.3 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

5.2.2.3.1 ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ

Ο Πίνακας 27 περιέχει τους μέσους όρους της κατά πάχος διόγκωσης και προσρόφησης νερού μετά από εμβάπτιση σε νερό για 24h όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμών) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 28 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων της κατά πάχος διόγκωσης και ο Πίνακας 29 τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων της προσρόφησης μετά από εμβάπτιση σε νερό για 24h των 7 τύπων ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 27: Κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση μετά από εμβάπτιση σε νερό των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Παράμετρος	Στατιστικά στοιχεία	ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ (%)	ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (%)
1 30%/ 150°C/ 20min	M.O.	21,80	80,05
	(s)	0,0260	0,0561
	Max	28,55	91,43
	Min	17,22	69,78
	N	18	18
2 45%/ 110°C/ 75min	M.O.	20,83	84,39
	(s)	0,0106	0,0679
	Max	22,20	99,50
	Min	18,66	74,01
	N	18	18
3 45%/ 130°C/ 20min	M.O.	20,30	81,44
	(s)	0,0124	0,0404
	Max	22,47	87,45
	Min	17,71	73,30
	N	18	18
4 45%/ 150°C/ 10min	M.O.	19,64	79,77
	(s)	0,0152	0,0410
	Max	22,59	88,16
	Min	16,50	71,68
	N	18	18
5 60%/ 110°C/ 30min	M.O.	23,99	86,32
	(s)	0,0156	0,0462
	Max	26,65	94,56
	Min	21,34	79,73
	N	18	18
6 60%/ 130°C/ 10min	M.O.	19,86	83,13
	(s)	0,0134	0,0454
	Max	22,34	91,83
	Min	17,85	72,49
	N	18	18
7 60%/ 150°C/ 8min	M.O.	19,37	79,90
	(s)	0,0180	0,0432
	Max	22,51	87,22
	Min	16,92	70,23
	N	18	18

Πίνακας 28: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών κατά πάχος διόγκωσης σε νερό των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		-	•	•	•	•	•
2			-	•	•	-	•
3				-	•	-	-
4					•	-	-
5						•	•
6							-
7							

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Πινάκων 27 και 28 οι παράμετροι που εμφάνισαν τη μικρότερη κατά πάχος διόγκωση μετά από εμβάπτιση σε νερό ήταν οι 3, 4, 6, και 7 με στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες παράμετροι παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές της εν λόγω ιδιότητας.

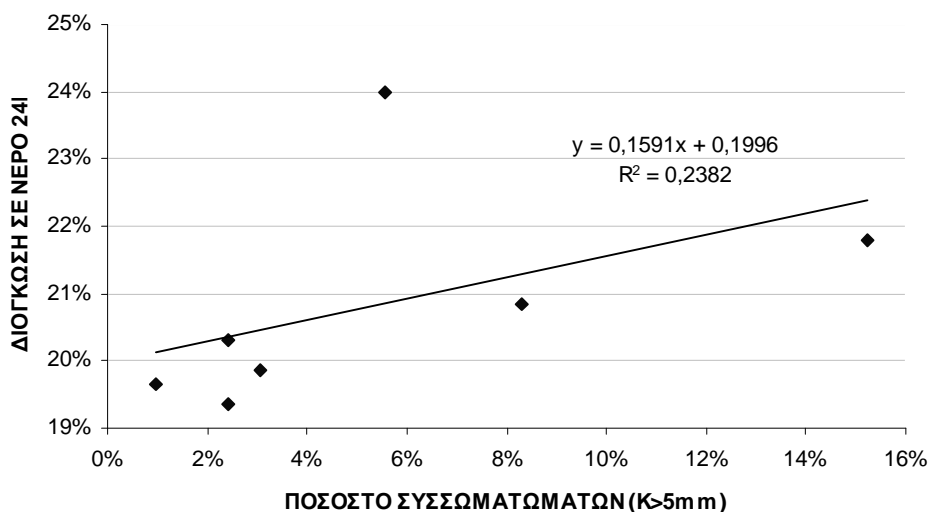
Πίνακας 29: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών προσρόφησης νερού των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		•	-	-	•	-	-
2			-	•	-	-	•
3				-	•	-	-
4					•	•	-
5						-	•
6							-
7							

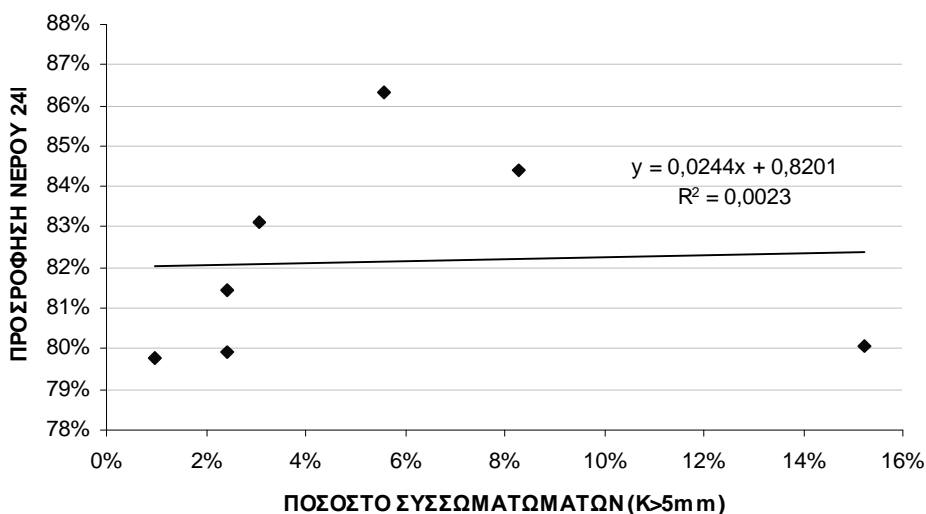
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Από τους Πίνακες 27 και 29 προκύπτει ότι οι παράμετροι που εμφάνισαν τη μικρότερη προσρόφηση μετά από εμβάπτιση σε νερό ήταν οι 1, 3, 4 και 7 με στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες παράμετροι παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές της εν λόγω ιδιότητας.

Γενικά οι τάσεις που παρατηρήθηκαν στην προσρόφηση νερού από τις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες συμβαδίζουν με τις αντίστοιχες που εμφάνισαν στην κατά πάχος διόγκωση.



Σχήμα 16: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση και της κατά πάχος διόγκωσης σε νερό των ανακυκλωμένων μοριοπλακών



Σχήμα 17: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση και της προσρόφησης νερού (24h) των ανακυκλωμένων μοριοπλακών

Το Σχήμα 16 και το Σχήμα 17 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι, παρόλο που το πλήθος των τιμών για τις συσχετίσεις ήταν σχετικά μικρό, προκύπτει ασθενής συσχέτιση του ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση με την κατά πάχος διόγκωση ($R^2=0,2382$) και την προσρόφηση νερού ($R^2=0,0023$) των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

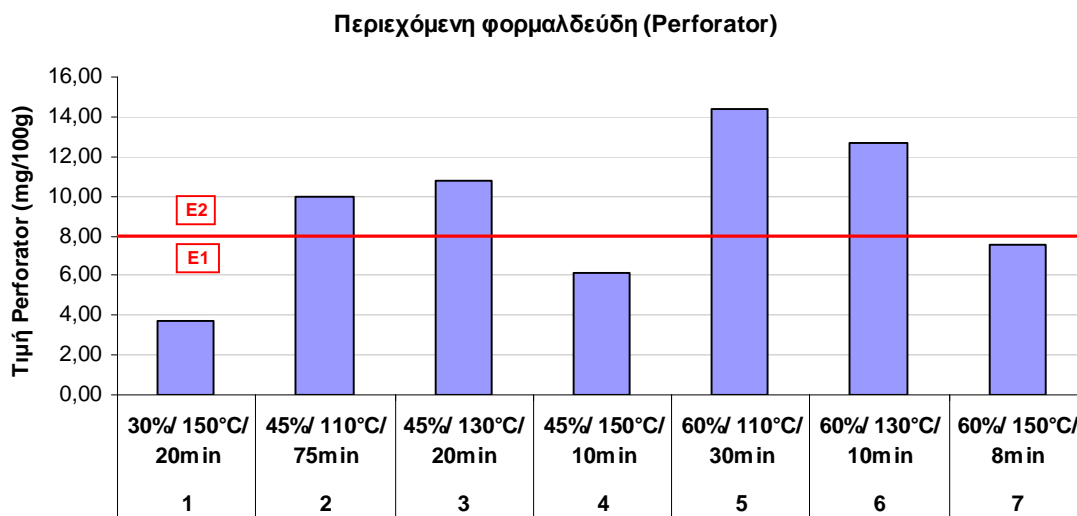
5.2.2.4 ΑΛΛΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

5.2.2.4.1 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ

Ο Πίνακας 30 περιέχει τις τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας ενώ στο Σχήμα 18 αναπαρίστανται οι ως άνω τιμές σε σύγκριση με την κατά EN312 κατηγοριοποίηση των μοριοπλακών με βάση τα επίπεδα περιεχόμενης φορμαλδεΐδης.

Πίνακας 30: Τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης (perforator) των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	Δείγμα	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ						
		1	2	3	4	5	6	7
		30%/ 150°C/ 20min	45%/ 110°C/ 75min	45%/ 130°C/ 20min	45%/ 150°C/ 10min	60%/ 110°C/ 30min	60%/ 130°C/ 10min	60%/ 150°C/ 8min
Τιμή Perforator (mg/100g)	1	3,4	9,4	10,3	5,5	15,2	12,3	7,7
	2	3,5	9,8	9,7	6,3	14,1	13,2	7,2
	M.O.	3,5	9,6	10,0	5,9	14,7	12,8	7,4
FF (6,5%)	1	3,7	9,7	11,1	5,7	14,9	12,2	7,8
	2	3,7	10,1	10,4	6,6	13,9	13,1	7,3
	M.O.	3,7	9,9	10,7	6,2	14,4	12,6	7,6



Σχήμα 18: Τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης (perforator) των εργαστηριακών μοριοπλάκων (2^η Φάση)

Ο Πίνακας 30 και το Σχήμα 18 οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι παράμετροι που παρουσίασαν τις μικρότερες τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης ήταν οι 1, 4, και 7.

Είναι επίσης άξιο αναφοράς το γεγονός ότι για τις παραμέτρους 1, 4 και 7 ενώ για την κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκε, όπως αναφέρθηκε στο Κεφ. 4.1.1.4 (Σελ. 80), κόλλα ουρίας-φορμαλδεΐδης κατηγορίας E2, οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες παρουσίασαν τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης οι οποίες τις κατατάσσουν στην κατηγορία E1 με βάση το πρότυπο EN312. Το γεγονός των μειωμένων τιμών περιεχομένης φορμαλδεΐδης σε υδροθερμικά ανακυκλωμένες μοριοπλάκες έχει διαπιστωθεί και σε άλλες έρευνες (Roffael και Franke 1995, Michanicki 1996A και 1996B, Dix κ.α. 2001A και 2001B, Λυκίδης 2004, Qi κ.α. 2006). Η εξήγηση έγκειται στην παρουσία στα ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια υπολειμμάτων ουρίας και άλλων παραγώγων της αποικοδόμησης συγκολλητικών ουσιών ουρίας-φορμαλδεΐδης όπως η διμέθυλο-ουρία (Roffael και Kraft 2005) όπως αναφέρθηκε και στο Κεφ. 2.5.1.2 (Σελ. 71). Η ουρία και παράγωγα της αποικοδόμησής της ενεργοποιούνται κατά την παραγωγή των ανακυκλωμένων μοριοπλάκων και ενεργούν ως δεσμευτές (catchers) της περίσσειας φορμαλδεΐδης. Είναι πιθανόν οι υψηλές θερμοκρασίες (150°C) των παραμέτρων υδροθερμικών χειρισμών 1, 4 και 7 να ευνοούν την ενεργοποίηση της ουρίας ως δεσμευτή σε σύγκριση με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες των άλλων παραμέτρων καθώς προκαλούν εντονότερη αποικοδόμηση της συγκολλητικής ουσίας και επομένως παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας δεσμευτών της φορμαλδεΐδης.

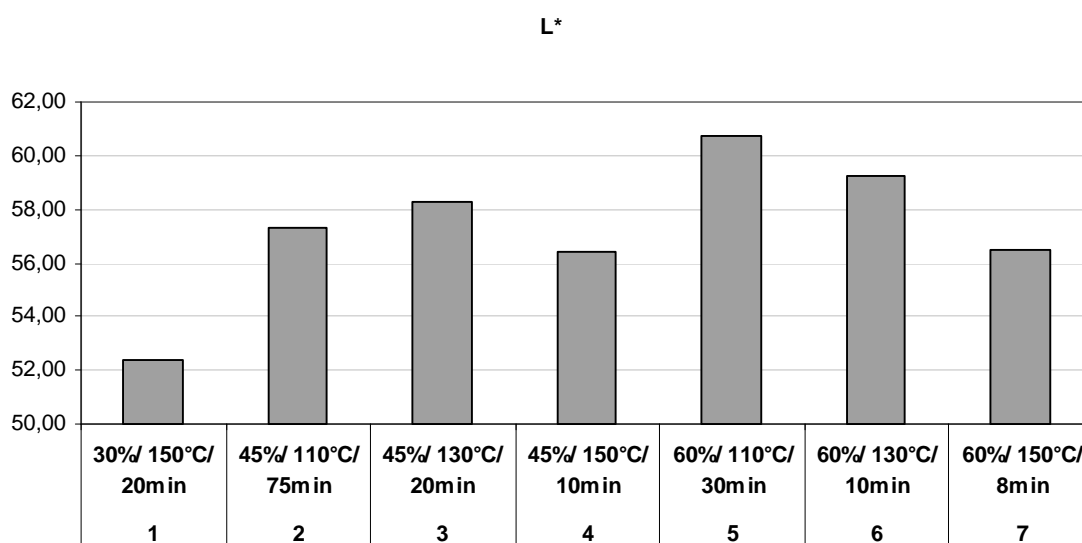
5.2.2.4.2 ΧΡΩΜΑ

Ο Πίνακας 31 περιέχει τις τιμές της χρωματικής μεταβλητής L* (βαθμός λευκότητας) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 2^η φάση της έρευνας.

Πίνακας 31: Τιμές χρωματικής μεταβλητής L* στο σύστημα CIE LAB των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Παράμετρος	Στατιστικά στοιχεία	L*
1 30%/ 150°C/ 20min	M.O.	52,388
	(s)	50,140
	Max	55,270
	Min	1,17922
	N	48
2 45%/ 110°C/ 75min	M.O.	57,293
	(s)	52,680
	Max	59,900
	Min	1,36537
	N	48
3 45%/ 130°C/ 20min	M.O.	58,247
	(s)	55,680
	Max	61,010
	Min	1,35182
	N	48
4 45%/ 150°C/ 10min	M.O.	56,399
	(s)	52,920
	Max	58,870
	Min	1,38250
	N	48
5 60%/ 110°C/ 30min	M.O.	60,720
	(s)	58,490
	Max	65,830
	Min	1,66620
	N	48
6 60%/ 130°C/ 10min	M.O.	59,250
	(s)	57,010
	Max	61,930
	Min	1,37898
	N	48
7 60%/ 150°C/ 8min	M.O.	56,466
	(s)	53,240
	Max	59,490
	Min	1,38767
	N	48

L*: Οι τιμές της μεταβλητής L* (βαθμός λευκότητας) κυμαίνονται από 0 (απόλυτο μαύρο) έως 100 (απόλυτο λευκό)



Σχήμα 19: Τιμές της χρωματικής μεταβλητής L* των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

Πίνακας 32: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της χρωματικής μεταβλητής L* των εργαστηριακών μοριοπλακών (2^η Φάση)

	1	2	3	4	5	6	7
1		•	•	•	•	•	•
2			•	•	•	•	•
3				•	•	•	•
4					•	•	-
5						•	•
6							•
7							

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Από το Σχήμα 19 προκύπτει ότι από τους 7 τύπους ανακυκλωμένων μοριοπλακών η παράμετρος 5 παρουσίασε τη μεγαλύτερη (με στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους) λευκότητα (τιμή της χρωματικής παραμέτρου L*: 60,72). Ακολούθησαν κατά σειρά οι παράμετροι 6, 3, 2, 7, 4 και 1. Επιπροσθέτως, οι παράμετροι 4 και 7 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά στην εν λόγω χρωματική μεταβλητή (Πίνακας 32). Επιπροσθέτως, αυξανόμενες θερμοκρασίες υδροθερμικού χειρισμού προσδίδουν στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες (με εξαίρεση την παράμετρο 2) μειωμένη λευκότητα δηλ. πιο σκούρο χρωματισμό, γεγονός το οποίο συμφωνεί με

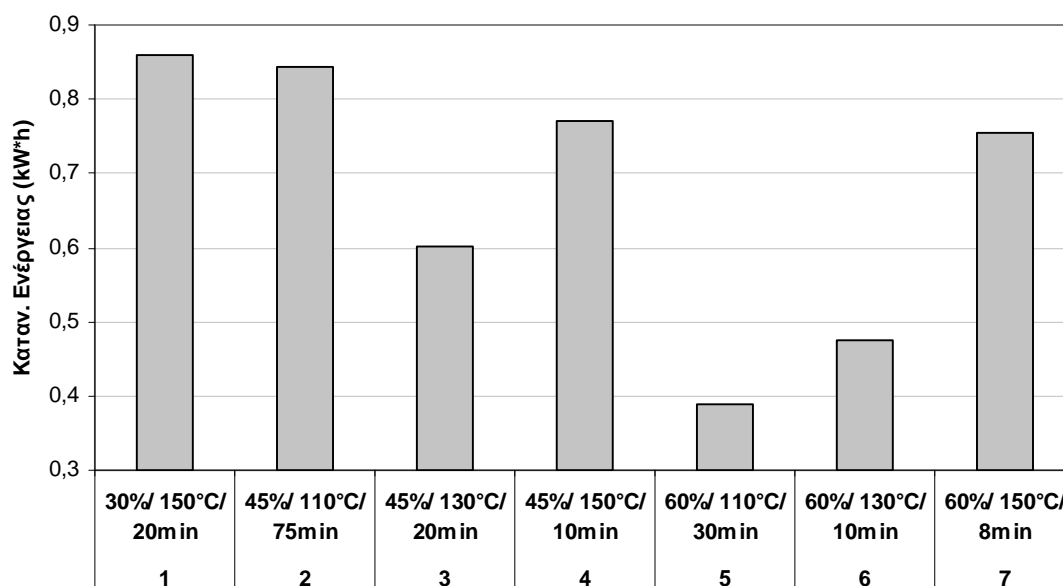
αποτελέσματα των Roffael και Schaller (1971) που αναφέρθηκαν στο Κεφ. 2.4.1.1.1.

5.2.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο Πίνακας 33 και το Σχήμα 20 περιέχουν τις τιμές της καταναλωθείσας ενέργειας για την ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων με τις 7 εξετασθείσες ομάδες συνθηκών.

Πίνακας 33: Καταναλωθείσα ενέργεια για τη διεξαγωγή των 7 διαφορετικών υδροθερμικών χειρισμών

ΠΑΡΑ-ΜΕΤΡΟΣ	Θερμοκρασία (°C)	Χρόνος χειρισμού (s)	Ειδική Ενθαλπία Ατμού (kJ/kg)	Μάζα ατμού (kg)	Ενθαλπία Ατμού kJ (kW*s)	Καταναλ. Ενέργεια (kW*h)
1	150	1200	2746,41	1,127	3094,29	0,8595
2	110	4500	2691,31	1,128	3036,69	0,8435
3	130	1200	2720,44	0,797	2168,19	0,6023
4	150	600	2746,41	1,012	2779,37	0,7720
5	110	1800	2691,31	0,519	1395,89	0,3877
6	130	600	2720,44	0,630	1712,97	0,4758
7	150	420	2746,41	0,988	2714,37	0,7540



Σχήμα 20: Καταναλωθείσα ενέργεια για τη διεξαγωγή των 7 διαφορετικών υδροθερμικών χειρισμών

Τα αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας πραγματοποιείται κατά τη διεξαγωγή της ανάκτησης στις συνθήκες 60%/ 110°C/ 30min (παράμετρος 5) ενώ ακολουθούν οι παράμετροι 6, 3, 4 και 7.

5.2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Από την ως άνω ανάλυση των αποτελεσμάτων (Σελ. 136-156) προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι βέλτιστες (μεταξύ αυτών που δοκιμάστηκαν στην παρούσα έρευνα) συνθήκες υδροθερμικού χειρισμού προς ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων από μοριοπλάκες ήταν αυτές που αντιστοιχούσαν στην παράμετρο 4, δηλαδή: 45%/ 150°C/ 10min. Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε η εν λόγω ομάδα συνθηκών είναι οι ακόλουθοι:

Στις συνθήκες της παραμέτρου 4 (45%/ 150°C/ 10min) τα ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια περιέχουν το ελάχιστο ποσοστό συσσωματωμάτων σε σχέση με τις υπόλοιπες εξετασθείσες στην 1^η και 2^η φάση ομάδες παραμέτρων. Σε ότι αφορά στις ιδιότητες των ανακυκλωμένων με τις ως άνω συνθήκες ανάκτησης μοριοπλακών, παρατηρήθηκε ότι οι μοριοπλάκες τύπου 4 παρουσίασαν μαζί με τις 3, 5 και 7 τη μεγαλύτερη αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης. Σε ότι αφορά στην αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων η παράμετρος 4 (μαζί με τις 3 και 7) επίσης παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές. Σχετικά με το μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη η παράμετρος 4 (μαζί με τις 1, 3 και 7) εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές ενώ στο μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη η παράμετρος 4 παρουσίασε μετά την 1 και μαζί με την 7 τις υψηλότερες τιμές. Στις υγροσκοπικές ιδιότητες, η παράμετρος 4 εμφάνισε πολύ καλή συμπεριφορά μαζί με τις παραμέτρους 3, 6 και 7. Επίσης οι εργαστηριακές πλάκες παραμέτρου 4 εμφάνισαν τη 2^η καλύτερη (μετά την παράμετρο 1) συμπεριφορά σε ότι αφορά στην ιδιότητα της περιεχόμενης φορμαλδεΐδης. Πέρα όμως από τα πλεονεκτήματα που η παράμετρος 4 εμφάνισε σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους, υπήρχαν και ιδιότητες στις οποίες δεν παρουσίασε τόσο ικανοποιητικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, σε ότι αφορά στη λευκότητα του χρώματός της η παράμετρος 4, μαζί με την 7, κατατάχθηκε στην 5^η θέση μετά από τις παραμέτρους 5, 6, 3 και 2. Τέλος, η παράμετρος 4, μαζί με την 7, παρουσίασε την 4^η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας μετά από τις παραμέτρους 5, 6 και 3. Παρόλα αυτά, η παράμετρος 4 κρίθηκε ως βέλτιστη καθώς υπερτερούσε σε σύγκριση με τις άλλες 6 όσο αφορά γενικώς την ποιότητα του ανακτημένου υλικού και των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

5.3 3Η ΦΑΣΗ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ

Με βάση τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά τη διεξαγωγή της 2^{ης} φάσης της έρευνας (Κεφ. 4.2.1-4.2.2, Σελ. 134-156) οι βέλτιστες (μεταξύ αυτών που δοκιμάστηκαν στην παρούσα έρευνα) συνθήκες υδροθερμικού χειρισμού προς ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων από μοριοπλάκες ήταν αυτές που αντιστοιχούσαν στον τύπο μοριοπλακών 4, δηλαδή: 45%/ 150°C/ 10min. Οι συνθήκες αυτές εφαρμόστηκαν στην 3^η φάση της έρευνας για την ανάκτηση υλικού από παλιές μοριοπλάκες και την παραγωγή των διαφόρων τύπων εργαστηριακών μοριοπλακών σύμφωνα με το Κεφ. 4.2.3 (Σελ. 112).

5.3.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΡΧΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι ιδιότητες αναφέρονται στους τύπους υλικών F0, F1, F2, R0, R1 και R2 (Βλ. Πίνακα 11, Σελ. 119).

5.3.1.1 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ο Πίνακας 34 περιέχει τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της μεσαίας στρώσης ενώ ο Πίνακας 35 περιέχει τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τις επιφανειακές στρώσεις των εργαστηριακών μοριοπλακών.

Πίνακας 34: Κοκκομετρική ανάλυση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της μεσαίας στρώσης των ερευνητικών μοριοπλακών (3^η Φάση)

ΜΕΣΑΙΑ ΣΤΡΩΣΗ					
		F0	F1	R1	R2
K>4	M.O.*	4,13%	4,88%	5,66%	4,87%
	s	0,0043	0,0049	0,0028	0,0129
4>K>2	M.O.	29,18%	38,91%	48,81%	50,52%
	s	0,0176	0,0328	0,0108	0,0345
2>K>1	M.O.	50,64%	48,87%	39,25%	39,09%
	s	0,0128	0,029	0,0055	0,0389
K<1	M.O.	16,07%	7,45%	6,31%	5,66%
	s	0,0085	0,0093	0,005	0,009

*: Μέσος όρος τριών επαναλήψεων

Πίνακας 35: Κοκκομετρική ανάλυση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των επιφανειακών στρώσεων των ερευνητικών μοριοπλακών (3^η Φάση)

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ					
		F0	F1	R1	R2
K>1	M.O.*	5,00%	18,52%	21,63%	19,89%
	s	0,0009	0,0325	0,0063	0,1989
1>K>0,5	M.O.	60,92%	54,29%	50,64%	49,01%
	s	0,0156	0,0291	0,0054	0,4901
0,5>K>0,25	M.O.	28,21%	22,22%	19,60%	21,51%
	s	0,0114	0,0157	0,0078	0,2151
K<0,25	M.O.	5,91%	5,12%	8,16%	9,65%
	s	0,0060	0,0072	0,004	0,0965

*: Μέσος όρος τριών επαναλήψεων

Από τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης συνάγεται ότι το υλικό ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας (F0) παρουσιάζει μεγαλύτερα ποσοστά στο κλάσμα $2 > k > 1 \text{ mm}$ και μικρότερα στο $4 > k > 2 \text{ mm}$ σε σύγκριση με το υλικό που ανακτήθηκε από παλιές ξυλοπλάκες (R0). Σε ότι αφορά στο υλικό των επιφανειακών στρώσεων το υλικό βιομηχανίας έχει μεγαλύτερα ποσοστά στο κλάσμα $1 > k > 0,5 \text{ mm}$ και μικρότερα στο κλάσμα $k > 1$ και $k < 0,25 \text{ mm}$.

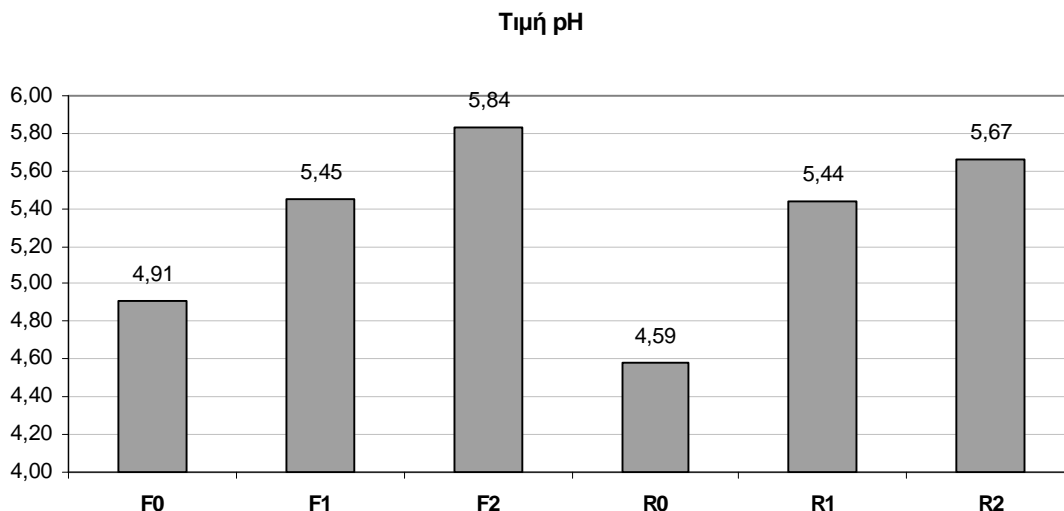
5.3.1.2 ΟΞΥΤΗΤΑ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τον προσδιορισμό οξύτητας των χρησιμοποιούμενων (για την 3^η φάση της έρευνας) υλικών παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα και στο Σχήμα 21.

Πίνακας 36: Τιμές οξύτητας των υλικών της έρευνας (3^η Φάση)

	ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ					
	F0	F1	F2	R0	R1	R2
Τιμή pH	4,91*	5,45	5,84	4,59	5,44	5,67

*: Μέσος όρος τριών επαναλήψεων



Σχήμα 21: Τιμές οξύτητας των υλικών της έρευνας (3^η Φάση)

Από τα παραπάνω (Πίνακας 36 και Σχήμα 21) προκύπτει το συμπέρασμα ότι γενικά η διαδικασία της ανάκτησης οδηγεί στη μείωση της οξύτητας του ανακτηθέντος υλικού. Το εύρημα αυτό δε συμφωνεί με αποτελέσματα ερευνών σύμφωνα με τις οποίες η οξύτητα υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου απουσία συγκολλητικής ουσίας είναι υψηλότερη σε σχέση με μη χειρισθέν ξύλο. Η ως άνω διαφοροποίηση πιθανόν να οφείλεται στην υδρόλυση που λαμβάνει χώρα στη συγκολλητική ουσία κατά τη διαδικασία της ανάκτησης και η οποία προσδίδει περισσότερο αλκαλικό χαρακτήρα στα ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια κάτι το οποίο έχει παρατηρηθεί, όπως αναφέρεται και στο Κεφ. 2.4.1.2.3 (Σελ. 64), και από άλλους ερευνητές (Michanicki 1996, Dix κ.α. 2001A, Dix κ.α. 2001B, Riddiough και Kearley, 2001, Qi κ.α. 2006). Η αύξηση του pH λόγω της παρουσίας συγκολλητικής ουσίας στις επιφάνειες των ξυλοτεμαχιδίων προφανώς επικαλύπτει τη μείωση του pH που προκαλείται στο ξύλο των τεμαχιδίων από τον υδροθερμικό χειρισμό αυτών.

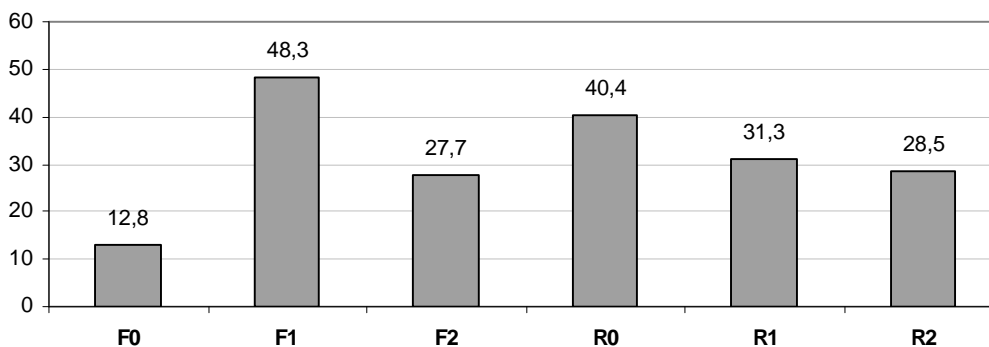
5.3.1.3 ΕΚΛΥΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ

Ο Πίνακας 37 και το Σχήμα 22 παρουσιάζουν τις τιμές εκλυόμενης από τα υλικά της έρευνας φορμαλδεΐδης.

Πίνακας 37: Τιμές εκλυόμενης φορμαλδεΐδης από τα υλικά της έρευνας (3^η Φάση)

	Δείγμα	ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ					
		F0	F1	F2	R0	R1	R2
Τιμή FLASK - Fv (mg/kg)	1	12,5	54,8	30,7	41,4	32,6	28,8
	2	13,2	41,7	24,7	39,3	29,9	28,2
	M.O.	12,8	48,3	27,7	40,4	31,3	28,5

Τιμή FLASK - Fv (mg/kg)

Σχήμα 22: Τιμές εκλυόμενης φορμαλδεΐδης από τα υλικά της έρευνας (3^η Φάση)

Τα αποτελέσματα που δείχνονται στον Πίνακα 37 και το Σχήμα 22 οδηγούν στα εξής συμπεράσματα:

Σε ότι αφορά στο υλικό των παλιών μοριοπλακών (R0), παρατηρείται μείωση της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης στα ανακτημένα με υδροθερμικούς χειρισμούς ξυλοτεμαχίδια με την αύξηση των ανακτήσεων (R1 και R2). Το γεγονός αυτό εξηγείται από την παρουσία υπολειμμάτων ουρίας που αποτελεί συστατικό της συγκολλητικής ουσίας ουρίας-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιήθηκε στην παραγωγή των προς ανακύκλωση μοριοπλακών. Το γεγονός αυτό έχει επισημανθεί και από άλλους ερευνητές (Michanicki 1996A και 1996B, Dix κ.α. 2001A, Dix κ.α. 2001B, Riddiough και Kearley, 2001, Λυκίδης 2004, Qi κ.α. 2006). Ένας επιπλέον πιθανός λόγος για τον οποίο τα ανακτημένα από παλιές ξυλοπλάκες ξυλοτεμαχίδια παρουσιάζουν μειωμένα επίπεδα εκλυόμενης φορμαλδεΐδης είναι ότι κατά τον υδροθερμικό χειρισμό η φορμαλδεΐδη πιθανώς δεσμεύεται από τον χρησιμοποιούμενο ατμό και απομακρύνεται με τα απόβλητα της ανάκτησης.

Σχετικά με τα ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας (F0), αυτά προ της παραγωγής μοριοπλακών παρουσίασαν πολύ χαμηλά επίπεδα εκλυόμενης φορμαλδεΐδης η παρουσία της οποίας στο αυτούσιο ξύλο έχει σχολιαστεί όπως αναφέρθηκε και στο Κεφ. 2.5.1.1 (Σελ. 68) από τον Roffael (2006). Τα

ξυλοτεμαχίδια 1^{ης} ανάκτησης (τύπος F1) λόγω της παρουσίας υπολειμμάτων συγκολλητικής ουσίας παρουσίασαν μεγαλύτερα επίπεδα εκλυόμενης φορμαλδεΐδης σε σχέση με τα αρχικά ξυλοτεμαχίδια ενώ τα ξυλοτεμαχίδια 2^{ης} ανάκτησης (τύπος F2) για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο παρουσίασαν σε σχέση με τα F1 λιγότερη εκλυόμενη φορμαλδεΐδη.

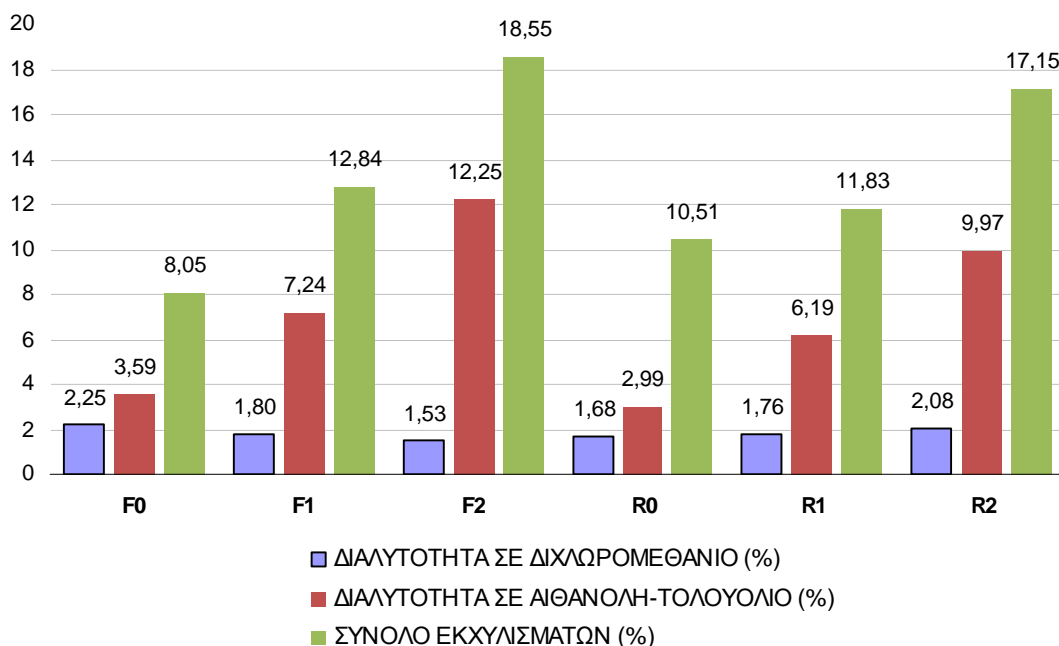
5.3.1.4 ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Πίνακας 38: Ανάλυση βασικών χημικών συστατικών των υλικών της έρευνας

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΟΣ ΥΛΙΚΟΥ					
	F0	F1	F2	R0	R1	R2
ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΧΛΩΡΟΜΕΘΑΝΙΟ (%)	2,25	1,80	1,53	1,68	1,76	2,08
ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΙΘΑΝΟΛΗ-ΤΟΛΟΥΟΛΙΟ (%)	3,59	7,24	12,25	2,99	6,19	9,97
ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ (%)	8,05	12,84	18,55	10,51	11,83	17,15
ΟΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ (%)	78,53	71,60	65,28	73,99	69,59	65,78
ΛΙΓΝΙΝΗ (%)	23,70	22,51	21,01	24,50	24,95	23,96
ΤΕΦΡΑ (%)	0,72	0,89	1,00	1,43	1,21	1,13

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 38 αλλά και στο Σχήμα 23, τόσο στο υλικό βιομηχανίας όσο και στα απορρίμματα μοριοπλακών, η διαδικασία 1^{ης} και 2^{ης} ανάκτησης επέφερε αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων και ειδικότερα αύξηση της διαλυτότητας σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου. Για όλα τα εξετασθέντα υλικά οι μεταβολές της διαλυτότητας σε διχλωρομεθάνιο δεν ήταν τόσο μεγάλες όσο για το σύνολο των εκχυλισμάτων. Συγκεκριμένα για τα ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας (F0) η διαδικασία της 1^{ης} ανάκτησης επέφερε αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων από 8,05% σε 12,84% (αύξηση κατά 59,5%) και της 2^{ης} ανάκτησης από 12,84% σε 18,55% (αύξηση κατά 44,5%). Για τα ξυλοτεμαχίδια που προέκυψαν από απορρίμματα μοριοπλακών (R0) η διαδικασία της 1^{ης} ανάκτησης επέφερε αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων από 10,51% σε 11,83% (αύξηση κατά 12,6%) και της 2^{ης} ανάκτησης από 11,83% σε 17,15% (αύξηση κατά 45%). Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με αποτελέσματα έρευνας των Boonstra και Tjeerdsma (2006) σχετικής με χημικές μεταβολές στη σύσταση υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου. Συμφωνία παρατηρείται επίσης και με αποτελέσματα έρευνας των Riddiough και Kearley (2001) σε υδροθερμικά ανακτημένες ίνες.

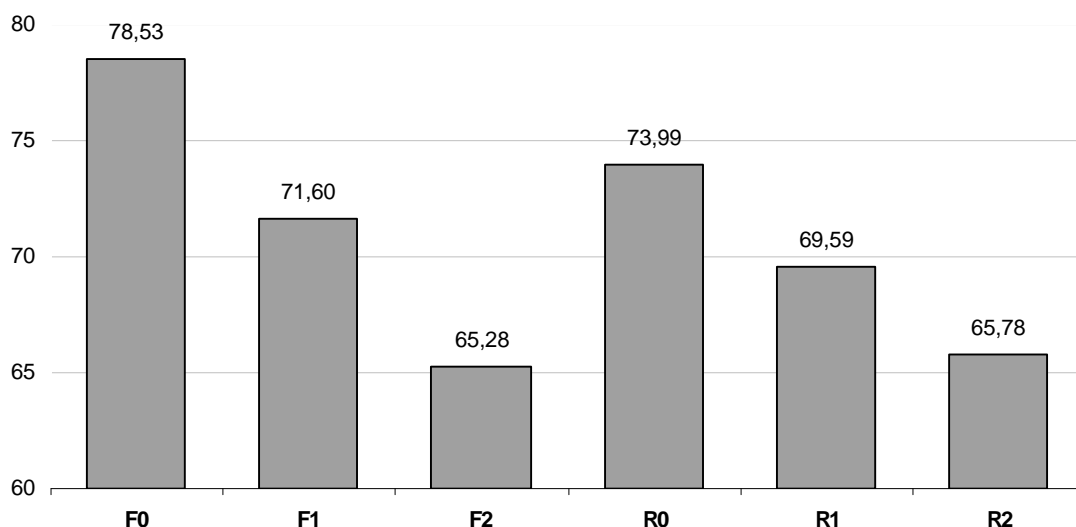
Η αύξηση των εκχυλισμάτων αποδίδεται από τους Boonstra και Tjeerdsma (2006) σε αποπολυμερισμό και απομάκρυνση των υδατανθράκων και ιδιαίτερα των ημικυτταρινών οπότε επαυξάνεται αριθμητικά το ποσοστό των εκχυλισμάτων.



Σχήμα 23: Ποσοστιαία αναλογία εκχυλισμάτων στα υλικά της έρευνας

Από τον Πίνακα 38 και το Σχήμα 24 προκύπτει ότι τόσο για τα ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας όσο και για τα ανακτημένα από απορρίμματα μοριοπλακών ξυλοτεμαχίδια οι υδροθερμικοί χειρισμοί ανάκτησης προκαλούν μείωση της ολοκυτταρίνης στο ξύλο. Συγκεκριμένα, για το υλικό βιομηχανίας (F0) η πρώτη ανάκτηση επέφερε μεταβολή της ολοκυτταρίνης από 78,53% σε 71,60% (μείωση κατά 8,8%) ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της ολοκυτταρίνης από 71,60% σε 65,28% (επίσης μείωση κατά 8,8%). Στο υλικό που προέκυψε από απορρίμματα μοριοπλακών (R0) η 1^η ανάκτηση προκάλεσε μεταβολή της ολοκυτταρίνης από 73,99% σε 69,59% (μείωση κατά 5,9%) ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της ολοκυτταρίνης από 69,59% σε 65,78% (μείωση κατά 5,5%). Τα αποτελέσματα αυτά συμβαδίζουν με αποτελέσματα ερευνών των Davis και Thompson (1964), Riddiough και Kearley (2001) και Boonstra και Tjeerdsma (2006) σχετικών με χημικές μεταβολές στη σύσταση υδροθερμικά χειρισθέντος ξύλου.

ΟΛΟΚΥΤΤΑΡΙΝΗ ΣΤΟ ΞΥΛΟ (%)

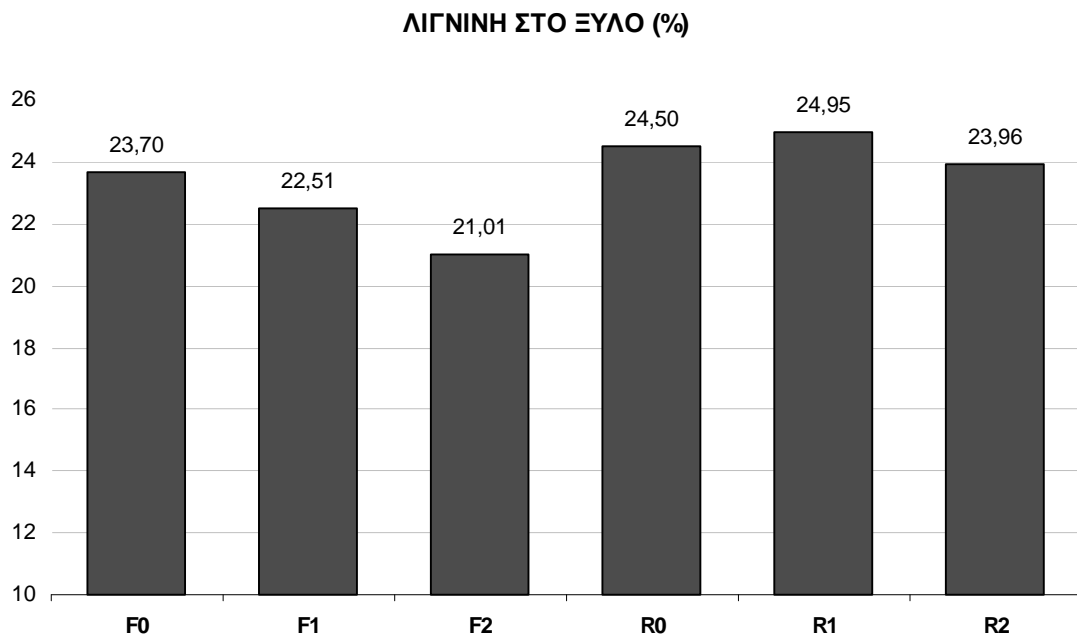


Σχήμα 24: Ποσοστιαία αναλογία ολοκυτταρίνης στο ξύλο των υλικών της έρευνας

Η μείωση της ολοκυτταρίνης στο ξύλο των χρησιμοποιηθέντων υλικών προφανώς οφείλεται σε αποικοδόμηση κυρίως των ημικυτταρινών καθώς όπως έχει αναφερθεί στο Κεφ. 2.4.1.1.1 (Σελ. 56) αφενός οι ημικυτταρίνες είναι τα πιο ευαίσθητα συστατικά του ξύλου και αφετέρου η κυτταρίνη είναι πιο ανθεκτική στους εφαρμοσθέντες υδροθερμικούς χειρισμούς. Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με αποτελέσματα ανάλογων ερευνών που αναφέρθηκαν στο Κεφ. 2.4.1.1.1.

Από τον Πίνακα 38 και το Σχήμα 25 προκύπτει ότι οι υδροθερμικοί χειρισμοί που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση προκαλούν πολύ μικρές μεταβολές στη λιγνίνη. Συγκεκριμένα, για το υλικό βιομηχανίας η πρώτη ανάκτηση επέφερε μεταβολή της λιγνίνης από 23,70% σε 22,51% (μείωση κατά 5%) ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μεταβολή της λιγνίνης από 22,51% σε 21,01% (επίσης μείωση κατά 6,7%). Στο υλικό που προέκυψε από απορρίμματα μοριοπλακών η 1^η ανάκτηση προκάλεσε μεταβολή της λιγνίνης από 24,50% σε 24,95% (αύξηση κατά 1,8%) ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της λιγνίνης από 24,95% σε 23,96% (μείωση κατά 4%).

Οι μικρές μεταβολές του ποσοστού λιγνίνης σε υδροθερμικά χειρισθέν ξύλο έχει διαπιστωθεί και από τους Davis και Thompson (1964), όπως επίσης και από τους Riddiough και Kearley (2001), Boonstra και Tjeerdsma (2006).



Σχήμα 25: Ποσοστιαία αναλογία λιγνίνης στο ξύλο των υλικών της έρευνας

Σε ότι αφορά στα ποσοστά της περιεχόμενης τέφρας στα εξετασθέντα υλικά από τον Πίνακα 38 προκύπτει ότι αυτά δε φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από τη διαδικασία ανάκτησης. Τα αποτελέσματα Πίνακα 38 σχετικά με τα ποσοστά τέφρας γενικά συμφωνούν με ευρήματα των Yilgor κ.α. (2001) από εργασία τους που αναφέρθηκε στο Κεφ. 2.4.1.1.3 (Σελ. 60).

5.3.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Στο παρόν Κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα αξιολόγησης των ιδιοτήτων των εργαστηριακών ξυλοπλακών που κατασκευάστηκαν στην 3^η φάση της έρευνας. Στον Πίνακα 39Α περιέχονται οι τύποι των εργαστηριακών πλακών και στον Πίνακα 39Β οι μέσοι όροι των ιδιοτήτων τους.

Πίνακας 39Α: Τύποι εργαστηριακών ξυλοπλακών που παρήχθησαν κατά την 3^η φάση της έρευνας

Κωδικός	Τύπος
100	Μοριοπλάκες από 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια για όλες τις στρώσεις και με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση
100X	Μοριοπλάκες από 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια χωρίς επικαλύψεις για όλες τις στρώσεις
75	Μοριοπλάκες από 75% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 25% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
75X	Μοριοπλάκες από 75% ανακτημένα (χωρίς επικαλύψεις) και 25% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
50	Μοριοπλάκες από 50% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 50% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
50X	Μοριοπλάκες από 50% ανακτημένα (χωρίς επικαλύψεις) και 50% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
35	Μοριοπλάκες από 35% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 65% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
25	Μοριοπλάκες από 25% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 75% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
0	Μοριοπλάκες από 100% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
0A	Ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της παραμέτρου 0
100A	Ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της παραμέτρου 100
I10	Μοριοπλάκες από επιφανειακή στρώση 10% ανακτημένων ινών και 90% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων και μεσαία στρώση από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια (με θρυμματισμένες επικαλύψεις)
I15	Μοριοπλάκες από επιφανειακή στρώση 15% ανακτημένων ινών και 85% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων και μεσαία στρώση από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια (με θρυμματισμένες επικαλύψεις)

Πίνακας 39B: Συγκεντρωτικός Πίνακας μέσων όρων ιδιοτήτων των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΤΥΠΟΣ												
	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
Μέση Πυκνότητα (g/cm ³)	0,677	0,677	0,676	0,678	0,673	0,671	0,678	0,667	0,681	0,674	0,676	0,678	0,678
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (N/mm ²)	0,671	0,742	0,744	0,772	0,788	0,820	0,570	0,436	0,731	0,749	0,778	0,656	0,701
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (N/mm ²)	1,45	1,49	1,55	1,45	1,48	1,58	1,47	1,17	1,58	1,46	1,48	1,43	1,47
ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ (N/mm ²)	15,35	15,35	15,07	15,08	15,13	15,06	14,75	12,32	14,72	15,29	15,10	15,13	15,05
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ (N/mm ²)	2829	2695	2717	2237	2277	2334	3067	3171	2743	2571	2369	2747	2844
ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ 24H (%)	21,61	20,91	21,31	22,21	22,38	22,86	29,11	31,13	22,19	23,65	25,15	26,06	24,21
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ 24H (%)	79,70	80,21	82,18	83,88	84,24	84,89	90,11	88,91	78,32	83,61	84,36	85,91	85,81
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ FF (mg/100g)	3,2	-	4,1	-	-	6,2	2,5	2,0	3,1	-	-	-	-

5.3.2.1 ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ – ΠΡΟΦΙΛ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Στον παρακάτω Πίνακα περιέχονται οι τιμές μέσης, ελάχιστης και μέγιστης πυκνότητας των εργαστηριακών πλακών της 3^{ης} φάσης. Ο Πίνακας 41 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων πυκνοτήτων και το Σχήμα 26 ενδεικτικά τα προφίλ πυκνότητας που προέκυψαν από 10 μετρήσεις κατά παράμετρο των εργαστηριακών πλακών.

Πίνακας 40: Τιμές μέσης ελάχιστης και μέγιστης πυκνότητας των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

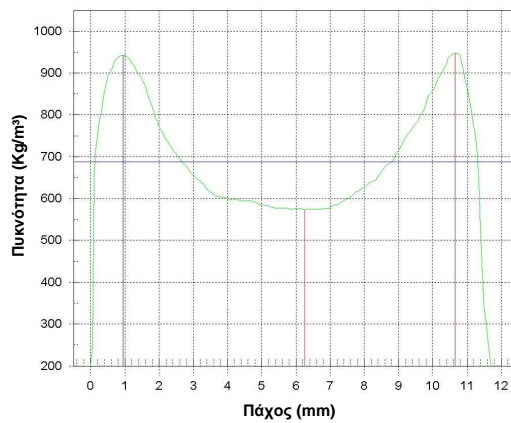
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
Μέση Πυκνότητα (g/cm³)	M.O.	0,677	0,677	0,676	0,678	0,673	0,671	0,678	0,667	0,681	0,674	0,676	0,678	0,678
	(s)	0,0357	0,0325	0,0310	0,0364	0,0212	0,0279	0,0268	0,0282	0,0271	0,0312	0,0320	0,0322	0,0329
	Max	0,752	0,747	0,745	0,745	0,729	0,729	0,736	0,727	0,740	0,728	0,748	0,733	0,751
	Min	0,609	0,597	0,610	0,602	0,603	0,622	0,608	0,597	0,614	0,600	0,604	0,598	0,594
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Ελάχιστη Πυκνότητα (g/cm³)	M.O.	0,538	0,543	0,546	0,550	0,559	0,555	0,535	0,530	0,532	0,542	0,544	0,539	0,542
	(s)	0,0330	0,0297	0,0226	0,0308	0,0192	0,0232	0,0244	0,0218	0,0214	0,0228	0,0275	0,0318	0,0295
	Max	0,623	0,593	0,599	0,608	0,597	0,599	0,586	0,564	0,596	0,583	0,602	0,593	0,601
	Min	0,483	0,486	0,504	0,478	0,490	0,510	0,478	0,479	0,498	0,497	0,485	0,440	0,480
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Μέγιστη Πυκνότητα* (g/cm³)	M.O.	0,925	0,921	0,908	0,908	0,880	0,890	0,956	0,917	0,955	0,921	0,898	0,921	0,935
	(s)	0,0525	0,0440	0,0392	0,0438	0,0288	0,0352	0,0313	0,0341	0,0377	0,0416	0,0408	0,0528	0,0452
	Max	1,009	1,007	0,985	0,980	0,950	0,954	1,017	0,982	1,029	0,990	0,975	0,984	1,013
	Min	0,811	0,829	0,826	0,811	0,793	0,822	0,900	0,823	0,837	0,822	0,799	0,713	0,813
	N	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

*: Μέσος όρος άνω και κάτω επιφάνειας

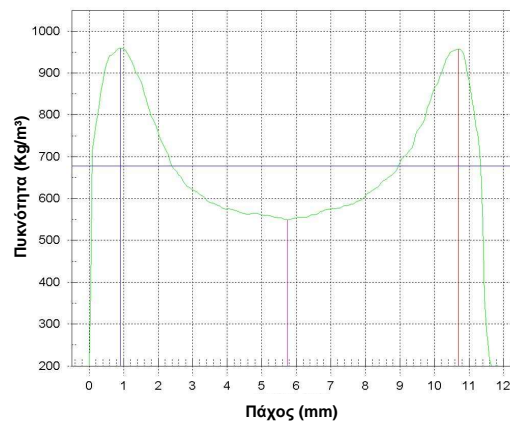
Πίνακας 41: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών πυκνοτήτων των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	115	110
100		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35					-	-	-	●	-	-	-	-	-
25						-	-	-	-	-	-	-	-
0							-	-	-	-	-	-	-
0A								●	-	-	-	-	-
100A									●	-	-	-	●
100X										-	-	-	-
75X											-	-	-
50X												-	-
115													-
110													

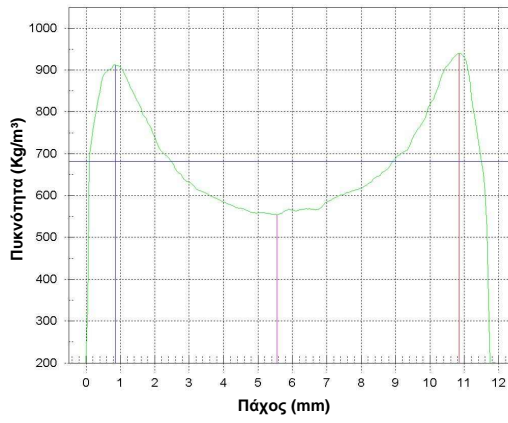
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%



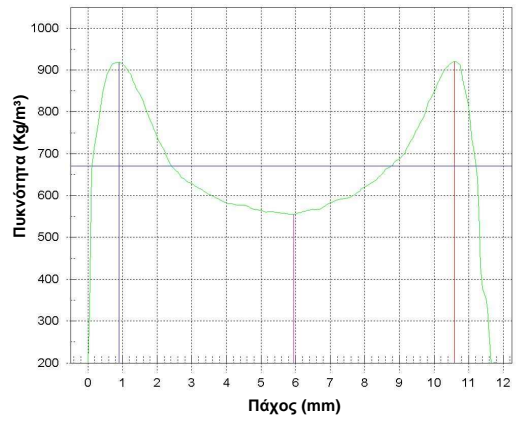
100



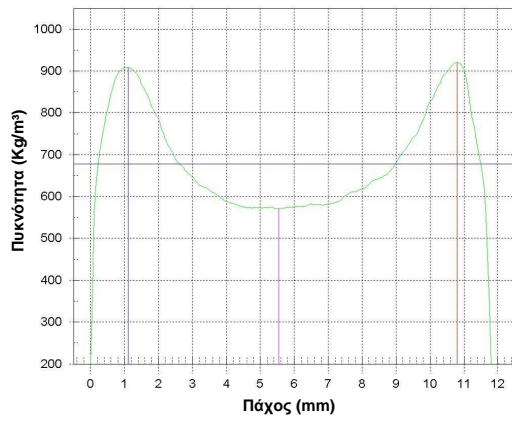
100X



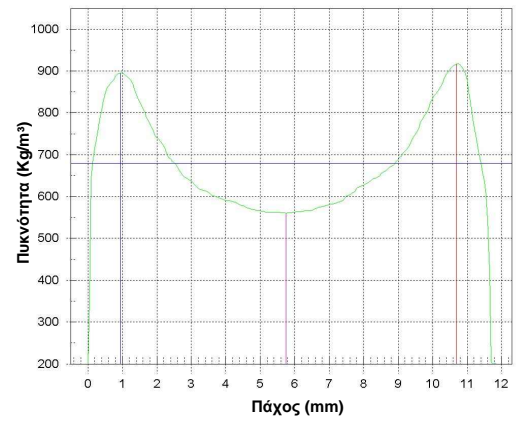
75



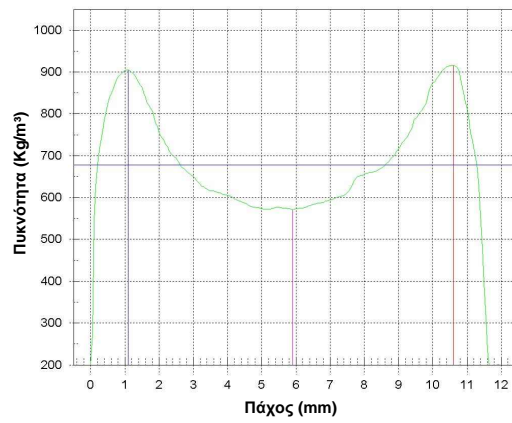
75X



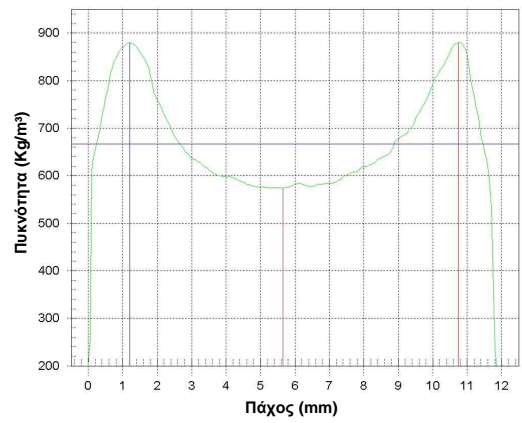
50



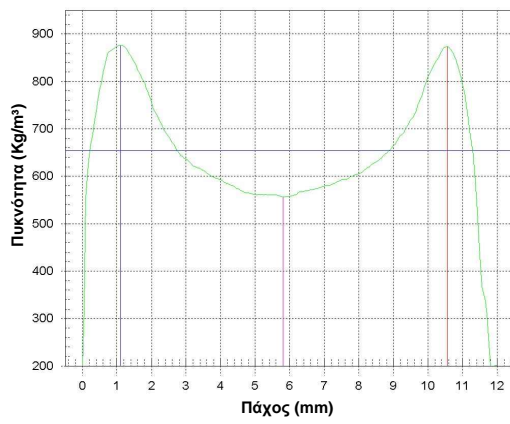
50X



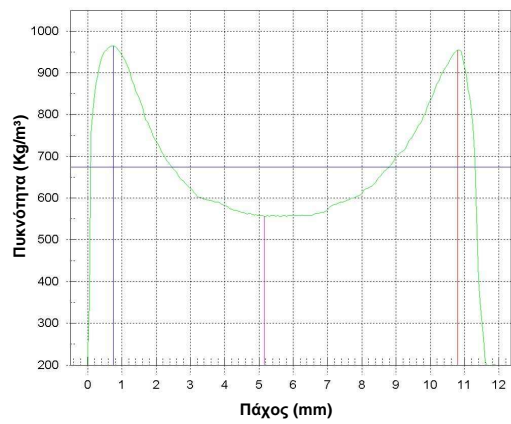
35



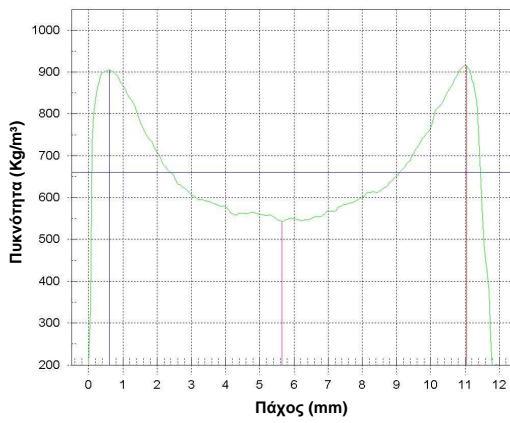
25



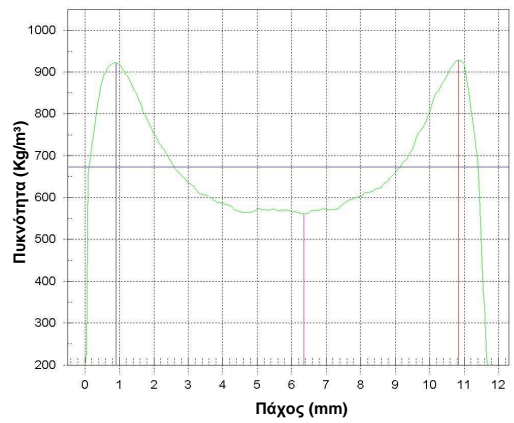
0



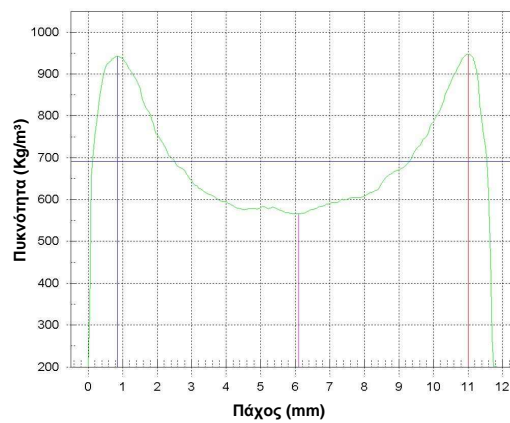
0A



100A



I10



I15

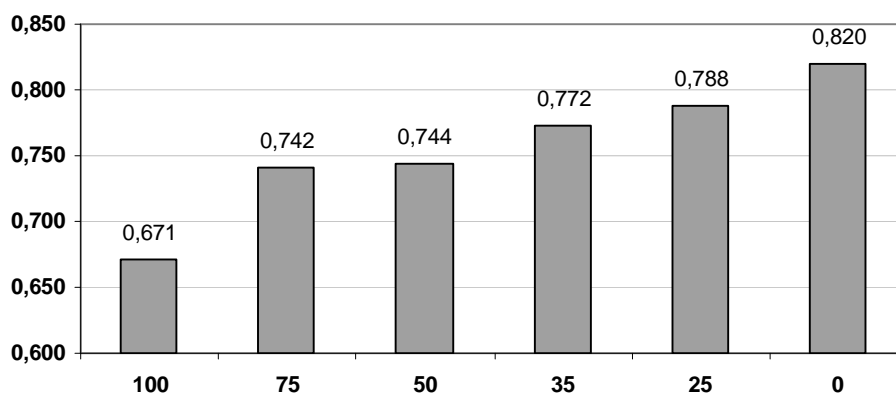
Σχήμα 26: Προφίλ πυκνότητας των εργαστηριακών μοριοπλακών

Πίνακας 43: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
100		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-
75			-	-	-	•	•	•	-	-	-	•	-
50				-	-	•	•	•	-	-	-	•	-
35					-	-	•	•	-	-	-	•	•
25						-	•	•	•	-	-	•	•
0							•	•	•	•	-	•	•
0A								•	•	•	•	•	•
100A									•	•	•	•	•
100X										•	-	•	-
75X											-	•	-
50X												•	•
I15													-
I10													

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (N/m²)



Σχήμα 27: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης εργαστηριακών μοριοπλακών

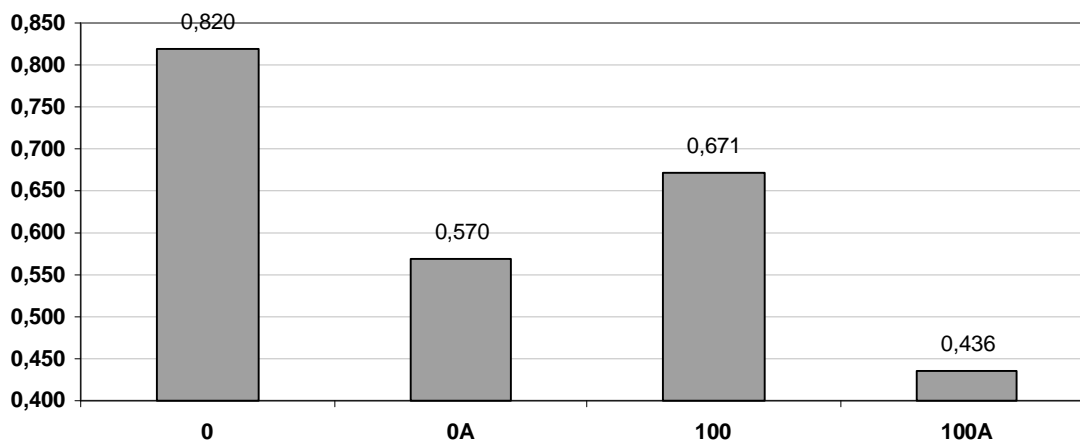
Από το Σχήμα 27 προκύπτει το συμπέρασμα ότι αυξανόμενου του ποσοστού ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων (συμπεριλαμβανομένων των επικαλύψεων) στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες μειώνεται η αντοχή αυτών σε εγκάρσιο

εφελκυσμό μεσαίας στρώσης. Συγκεκριμένα, αντικατάσταση των βιομηχανικών από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια σε ποσοστό 25%, 35%, 50%, 75% και 100% προκαλεί αντίστοιχα ποσοστιαία μείωση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό κατά 3,82%, 5,78%, 9,26%, 9,53% και 18,16% αντίστοιχα. Λαμβάνοντας υπόψη και τη στατιστική ανάλυση (Πίνακας 43) προκύπτει ότι η αντικατάσταση βιομηχανικού από ανακτημένο υλικό σε ποσοστό ως 35% δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές στην εν λόγω ιδιότητα.

Η παρατηρηθείσα μείωση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των εργαστηριακών πλακών όσο αυξάνεται το ποσοστό σε αυτές του ανακτημένου από παλιές μοριοπλάκες υλικού, έχει παρατηρηθεί και από άλλους ερευνητές (Michanicki 1996A) και προφανώς οφείλεται στην καταπόνηση που το εν λόγω υλικό έχει υποστεί τόσο κατά την παραγωγή των πλακών (ξήρανση-θέρμανση-συμπύεση) όσο και κατά την ανάκτηση του (υδροθερμικός χειρισμός-ξήρανση). Αποτέλεσμα της καταπόνησης αυτής είναι μεταβολές στην δομή των κυττάρων του ξύλου που μπορούν να επιφέρουν μείωση της αντοχής τους και κατά συνέπεια μείωση της αντοχής του ξύλου (Alpar κ.α. 2007).

Το ανακτημένο υλικό προφανώς μειονεκτεί από την άποψη ότι φέρει στην επιφάνειά των ξυλοτεμαχιδίων κατά θέσεις αποσκληρυμμένη παλαιά κόλλα ουρίας-φορμαλδεΰδης η οποία εμποδίζει την άμεση επαφή της νέας κόλλας με την επιφάνεια του ξύλου των τεμαχιδίων προκειμένου να δημιουργηθούν ισχυροί δεσμοί συγκόλλησης.

Επιπροσθέτως, όπως περιγράφηκε στο Κεφ. 5.3.1.2 (Σελ. 158) το ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό (R1) παρουσίασε αυξημένη σε σχέση με το υλικό βιομηχανίας τιμή pH. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η μείωση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό που φαίνεται στο Σχήμα 27 μπορεί να οφείλεται και στην ποιότητα των συγκολλήσεων που πραγματοποιούνται με το εν λόγω υλικό καθώς αυξημένες τιμές pH οδηγούν στην μείωση της ταχύτητας πολυμερισμού της κόλλας (Pizzi 1983) επιφέροντας έτσι (με δεδομένο ότι στην παρούσα έρευνα η διάρκεια της θερμής συμπίεσης ήταν σταθερή για όλες τις εργαστηριακές πλάκες) υποβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων συγκολλήσεων.

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (N/mm²)


Σχήμα 28: Επίδραση της ανακύκλωσης στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης εργαστηριακών μοριοπλάκων

Από το Σχήμα 28 προκύπτει ότι οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες τύπου 0A και 100A παρουσιάζουν σημαντικά υποδεέστερη αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό σε σύγκριση με τις αρχικές μοριοπλάκες (τύπου 0 και 100 αντίστοιχα). Συγκεκριμένα οι μοριοπλάκες τύπου 0A παρουσιάζουν σε σχέση με τον τύπο 0 υποβάθμιση της εν λόγω ιδιότητας κατά 30,5% ενώ οι μοριοπλάκες τύπου 100A υποβάθμιση σε σχέση με τον τύπο 100 υποβάθμιση κατά 35% και η μεταβολές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 43). Το εύρημα αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατή η χρήση σε ποσοστό 100% ανακτημένων υλικών (τύπου F1 ή R1) για την παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλάκων καθώς έτσι προκαλείται σημαντική υποβάθμιση της αντοχής τους σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης.

δεν είναι δυνατή η διατήρηση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των μοριοπλάκων 2^{ης} ανακύκλωσης χωρίς τη χρήση νέων ξυλοτεμαχιδίων στην κατασκευή τους.

Η υποδεέστερη αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό των ανακυκλωμένων σε σύγκριση με τις αρχικές μοριοπλάκες πιθανώς να οφείλεται (όπως έχει αναφερθεί και στο σχολιασμό για το Σχήμα 27) στην επιπλέον καταπόνηση που έχει υποστεί το ανακτημένο σε σχέση με το νέο υλικό και η οποία συνίσταται τόσο στη διαδικασία της παραγωγής των πλακών όσο και στη διαδικασία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από αυτές.

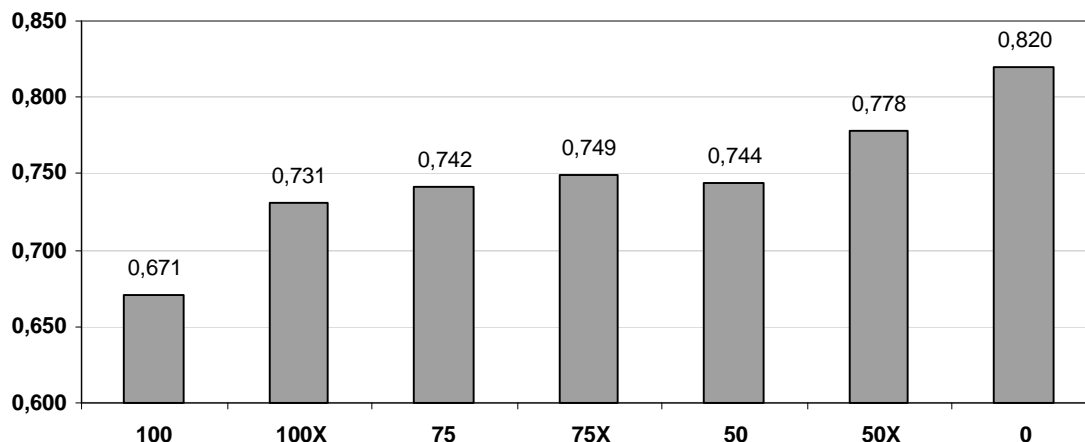
Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο παρατηρήθηκε υποδεέστερη αντοχή στις ανακυκλωμένες πλάκες πιθανώς να είναι οι αυξημένες τιμές pH που παρουσίασαν τα χρησιμοποιηθέντα για την παραγωγή τους ξυλοτεμαχίδια. Συγκεκριμένα από το Κεφ. 5.3.1.2 (Σελ. 158) προκύπτει ότι τα υλικά F1 και

R2 παρουσίασαν υψηλότερες τιμές pH από τα F0 και R1 αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό, όπως σχολιάστηκε και παραπάνω μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας συγκόλλησης των ανακυκλωμένων μοριοπλακών και επομένως μείωση της αντοχής τους σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης.



Σχήμα 29: Επίδραση της αναλογίας σε ανακτημένες ίνες των επιφανειακών στρώσεων στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης εργαστηριακών μοριοπλακών

Από το παραπάνω Σχήμα αλλά και αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης (Πίνακας 43) προκύπτει ότι η αντικατάσταση υδροθερμικά ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων στις επιφανειακές στρώσεις από ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10 και 15% δεν προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ (N/mm²)


Σχήμα 30: Επίδραση της παρουσίας θρυμματισμένων επικαλύψεων στη μεσαία στρώση στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης εργαστηριακών μοριοπλακών

Σε ότι αφορά στην επίδραση των θρυμματισμένων επικαλύψεων, από το Σχήμα 30 προκύπτει ότι όταν για την παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών χρησιμοποιείται 100% ανακτημένο υλικό, η παρουσία σε αυτό θρυμματισμένων επικαλύψεων προκαλεί, σε σύγκριση με μοριοπλάκες χωρίς επικαλύψεις, στατιστικά σημαντική υποβάθμιση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης (σύγκριση παραμέτρων 100 και 100X). Αντίθετα όταν το ποσοστό συμμετοχής ανακτημένου υλικού είναι 50 και 75% η παρουσία επικαλύψεων δεν προκαλεί στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην εν λόγω ιδιότητα (σύγκριση παραμέτρων 75 με 75X και 50 με 50X). Τα ως άνω αποτελέσματα δε συμφωνούν με ευρήματα των Varga κ.α. (2004) οι οποίοι (βλ. Κεφ. 2.3.2.6.3) αναφέρουν ότι συμμετοχή θρυμματισμένων φύλλων μελαμίνης σε ποσοστό 5% βελτιώνει την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μοριοπλακών.

Ένα ακόμα συμπέρασμα που προκύπτει από το ίδιο Σχήμα είναι ότι παρόντων των επικαλύψεων στη μεσαία στρώση ανακυκλωμένων μοριοπλακών της παραμέτρου 50 παρατηρούνται σε σχέση με μοριοπλάκες από βιομηχανικό υλικό σημαντικές διαφορές της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης. Απομακρύνοντας όμως τις επικαλύψεις από τη μεσαία στρώση (παραμέτρος 50X) δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές σε σχέση με μοριοπλάκες από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια. Αυτό σημαίνει ότι το ανακτημένο υλικό, εφόσον από αυτό απομακρυνθούν οι επικαλύψεις που τυχόν φέρουν παλαιές μοριοπλάκες, μπορεί να αντικαταστήσει κατά 50% αυτούσιο ξύλο ξυλοτεμαχιδίων της βιομηχανίας χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό των παραγόμενων μοριοπλακών.

5.3.2.2.2 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Ο Πίνακας 44 περιέχει τους μέσους όρους αντοχής σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμών) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 3^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 45 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

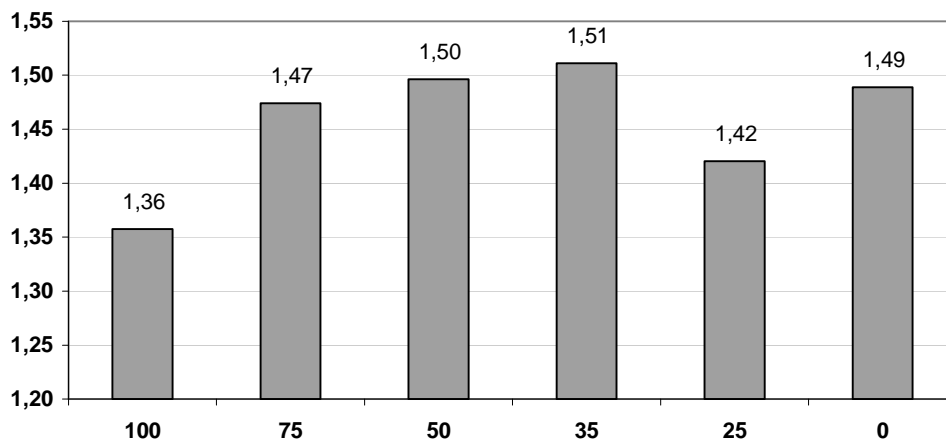
Πίνακας 44: Τιμές αντοχής σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10	
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (N/mm ²)	M.O.	1,45	1,49	1,55	1,45	1,48	1,58	1,47	1,17	1,58	1,46	1,48	1,43	1,47
	(s)	0,2173	0,1543	0,1989	0,1640	0,1434	0,1590	0,1673	0,1298	0,1856	0,1440	0,1819	0,1296	0,1590
	Max	1,79	1,82	1,91	1,72	1,70	1,85	1,77	1,38	1,95	1,82	1,90	1,61	1,77
	Min	1,13	1,17	1,10	1,19	1,05	1,24	1,14	0,89	1,22	1,21	1,23	1,17	1,06
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Πίνακας 45: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών αντοχής σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
100		•	•	•	•	•	-	•	•	•	•	-	-
75			-	-	-	-	•	•	-	-	-	•	-
50				-	-	-	•	•	-	-	-	•	•
35					•	-	•	•	-	-	-	•	•
25						-	-	•	-	•	•	-	-
0							•	•	-	-	-	•	•
0A								•	-	•	•	-	-
100A									•	•	•	•	•
100X										•	•	•	-
75X											-	•	•
50X												•	•
I15													-
I10													

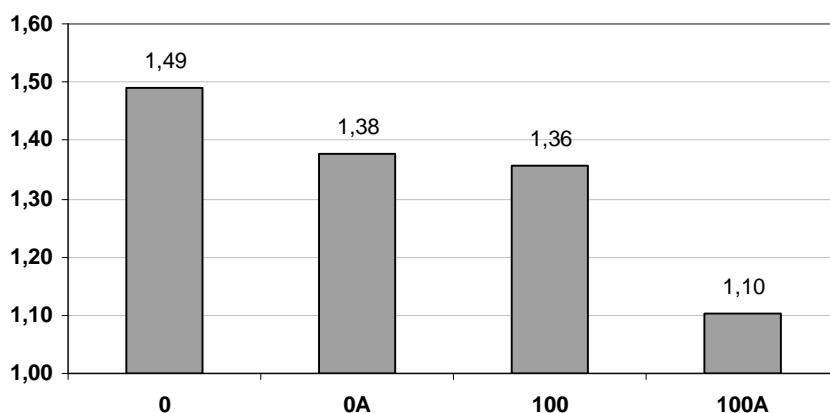
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (N/mm^2)


Σχήμα 31: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό στην αντοχή σε εφέλκυσμό των επιφανειακών στρώσεων εργαστηριακών μοριοπλακών

Μελετώντας τις τιμές της εν λόγω ιδιότητας (Πίνακας 44) και σε συνδυασμό με το Σχήμα 31 και τη σχετική στατιστική ανάλυση (Πίνακας 45) προκύπτει ότι αντικατάσταση του υλικού βιομηχανίας επιφανειακών στρώσεων από ανακτημένο υλικό (συμπεριλαμβανομένων των επικαλύψεων) σε ποσοστό έως 75% δε μεταβάλλει σημαντικά την αντοχή σε αποκόλληση επιφανειακών στρώσεων των ανακυκλωμένων μοριοπλακών. Αντίθετα, στην περίπτωση αμιγούς χρήσης ανακτημένου υλικού (τύπος 100) για την κατασκευή των ανακυκλωμένων μοριοπλακών, παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές της αντοχής σε αποκόλλησης επιφανειακών στρώσεων σε σχέση με μοριοπλάκες από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια.

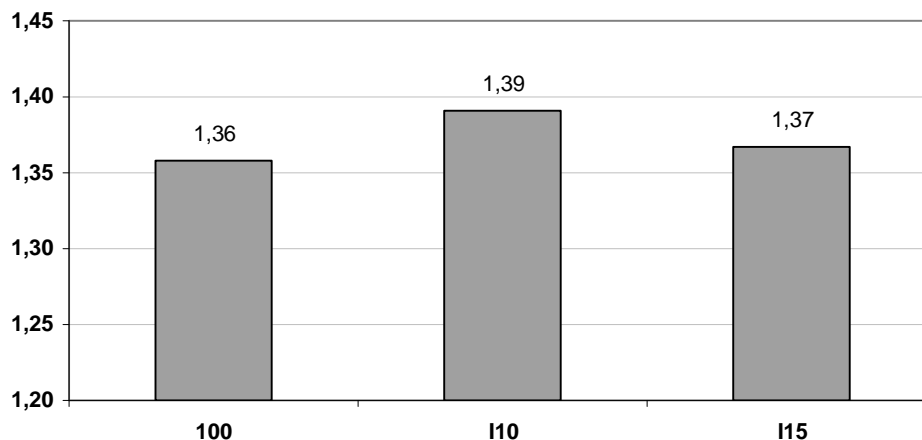
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ
(N/mm²)



Σχήμα 32: Επίδραση της ανακύκλωσης στην αντοχή σε εφέλκυσμό των επιφανειακών στρώσεων εργαστηριακών μοριοπλακών

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα (Πίνακας 44 και Πίνακας 45), η 1^η ανακύκλωση μοριοπλακών από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια επιφέρει σημαντικές μεταβολές (μείωση) στην αντοχή σε αποκόλληση επιφανειακών στρώσεων μεταξύ αρχικών και ανακυκλωμένων πλακών. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και στην περίπτωση των ανακτημένων από παλιές ξυλοκατασκευές ξυλοτεμαχιδίων (2^η ανακύκλωση). Επίσης είναι αντιληπτό ότι η υποβάθμιση της εν λόγω ιδιότητας είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση των ανακτημένων από παλιές κατασκευές ξυλοτεμαχιδίων (μείωση κατά 19,1%) από ότι στην περίπτωση βιομηχανικών ξυλοτεμαχιδίων (μείωση κατά 7,4%) γεγονός που προφανώς οφείλεται στην μεγαλύτερες καταπονήσεις (μηχανικές και θερμικές) που τα ξυλοτεμαχίδια από παλιές μοριοπλάκες τόσο κατά την παραγωγή των πλακών όσο και κατά την ανάκτηση αυτών έχουν υποστεί. Οι καταπονήσεις αυτές (όπως προαναφέρθηκε) συνίστανται σε μηχανική και θερμική επιβάρυνση τόσο κατά την αρχική παραγωγή των πλακών (ξήρανση-θέρμανση-συμπίεση ξυλοτεμαχιδίων) όσο και κατά την ανάκτηση του υλικού τους (υδροθερμικός χειρισμός-ξήρανση).

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (N/mm²)



Σχήμα 33: Επίδραση της αναλογίας σε ανακτημένες ίνες των επιφανειακών στρώσεων στην αντοχή σε εφέλκυσμό των επιφανειακών στρώσεων εργαστηριακών μοριοπλακών

Από το παραπάνω Σχήμα και σε συνδυασμό με τη στατιστική ανάλυση (Πίνακας 45) προκύπτει ότι η αντικατάσταση υδροθερμικά ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων στις επιφανειακές στρώσεις από ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10 και 15% δεν προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της αντοχής αποκόλληση επιφανειακών στρώσεων των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

5.3.2.2.3 ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ

Στον Πίνακα 46 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι αντοχής του μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμίων) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 3^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 47 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων του μέτρου θραύσης και ο Πίνακας 48 του μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη των ως άνω ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 46: Τιμές μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ (N/mm²)	M.O.	15,35	15,35	15,07	15,08	15,13	15,06	14,75	12,32	14,72	15,29	15,10	15,13	15,05
	(s)	2,068	2,142	1,434	1,210	1,226	1,597	1,340	0,982	1,543	1,588	2,065	1,826	2,344
	Max	18,37	19,59	17,51	16,55	16,82	17,69	17,01	13,97	17,11	17,51	18,84	18,95	19,45
	Min	10,57	11,52	13,01	12,00	12,03	11,73	12,09	9,70	10,89	11,94	12,39	11,56	11,25
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ (N/mm²)	M.O.	2829	2695	2717	2237	2277	2334	3067	3171	2743	2571	2369	2747	2844
	(s)	339,76	321,16	225,74	200,60	127,66	185,26	215,61	228,23	204,30	238,70	219,52	263,11	318,16
	Max	3363	3130	3214	2560	2475	2627	3487	3568	3112	2946	2808	3173	3261
	Min	2089	1944	2350	1904	2026	1977	2697	2598	2395	2166	2050	2274	2244
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Πίνακας 47: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών μέτρου θραύσης σε στατική κάμψη των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
100		-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
75			-	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
50				-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
35					-	-	-	●	-	-	-	-	-
25						-	-	●	-	-	-	-	-
0							-	●	-	-	-	-	-
0A								●	-	-	-	-	-
100A									●	●	●	●	●
100X										-	-	-	-
75X											-	-	-
50X												-	-
I15													-
I10													

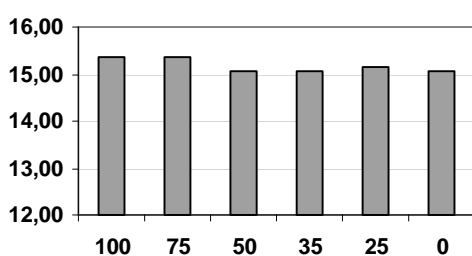
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Πίνακας 48: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

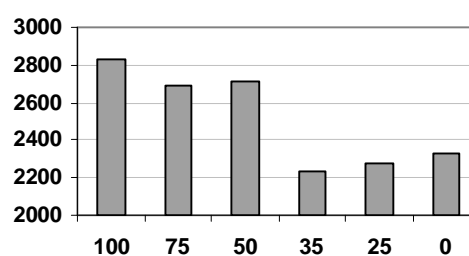
	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	115	110
100		-	-	●	●	●	●	●	-	●	●	-	-
75			-	●	●	●	●	●	-	-	●	-	-
50				●	●	●	●	●	-	-	●	-	-
35					-	-	●	●	●	●	-	●	●
25						-	●	●	●	●	-	●	●
0							●	●	●	●	-	●	●
0A								-	●	●	●	●	●
100A									●	●	●	●	●
100X										-	●	-	-
75X											●	-	●
50X												●	●
115													-
110													

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

fm ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (N/mm²)



Em ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (N/mm²)

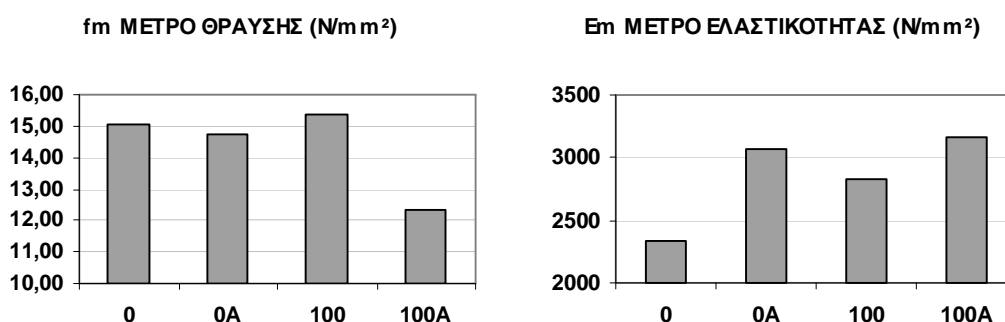


Σχήμα 34: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό στο μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη εργαστηριακών μοριοπλακών

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρείται αύξηση του μέτρου θραύσης σε κάμψη ανακυκλωμένων μοριοπλακών όσο αυξάνεται η περιεκτικότητά τους σε ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό. Όμως από τη στατιστική ανάλυση των μέσων όρων για την εν λόγω ιδιότητα (Πίνακας 47) αποδεικνύεται ότι οι διαφορές αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές και

επομένως η χρήση ανακτημένου υλικού σε οποιαδήποτε αναλογία στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες δε μεταβάλλει σημαντικά το μέτρο θραύσης σε κάμψη.

Σχετικά με το μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη, ομοίως με το μέτρο θραύσης, παρουσιάζεται τάση αύξησης όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των εργαστηριακών μοριοπλακών σε ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό. Από τη στατιστική ανάλυση για την εν λόγω ιδιότητα (Πίνακας 48) φαίνεται ότι αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια παλιών μοριοπλακών σε ποσοστό έως και 35% δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές αλλαγές στο μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη. Αντικατάσταση όμως σε μεγαλύτερα ποσοστά προκαλεί στατιστικά σημαντική βελτίωση της εν λόγω ιδιότητας. Το αυξημένο μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη που εμφανίζουν οι πλάκες από ανακτημένο υλικό έχει διαπιστωθεί και από τους Michanicki και Boehme (1996). Ομοίως ο Hsu και οι συνεργάτες του (1988) βρήκαν ότι με υδροθερμικούς χειρισμούς μικρής διάρκειας το μέτρο ελαστικότητας του ξύλου σε στατική κάμψη μπορεί να αυξηθεί.

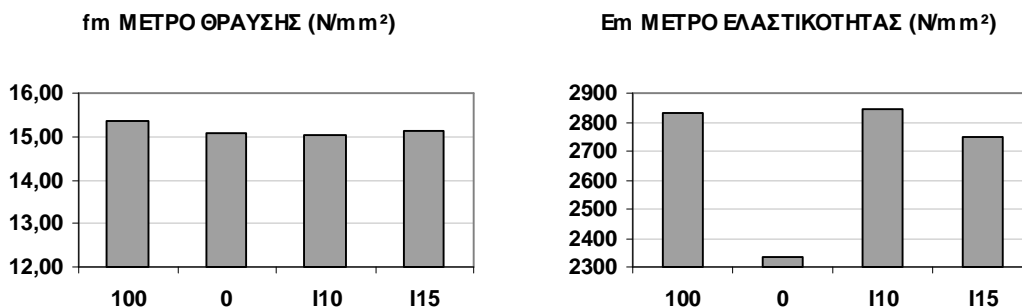


Σχήμα 35: Επίδραση της ανακύκλωσης στο μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη εργαστηριακών μοριοπλακών

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 35 η ανακύκλωση μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας (0A) προκαλεί μικρή μείωση του μέτρου θραύσης σε κάμψη χωρίς όμως αυτή να είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας 47). Αντίστοιχα σε ότι αφορά τις μοριοπλάκες που προέκυψαν από ανακύκλωση μοριοπλακών τύπου 100 (δηλ. τύπος 100A) αυτές παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο μέτρο θραύσης σε κάμψη κατά τη 2^η ανακύκλωση. Συγκεκριμένα η μείωση ήταν από 15,35 σε 12,32N/mm² (μείωση κατά 19,7%).

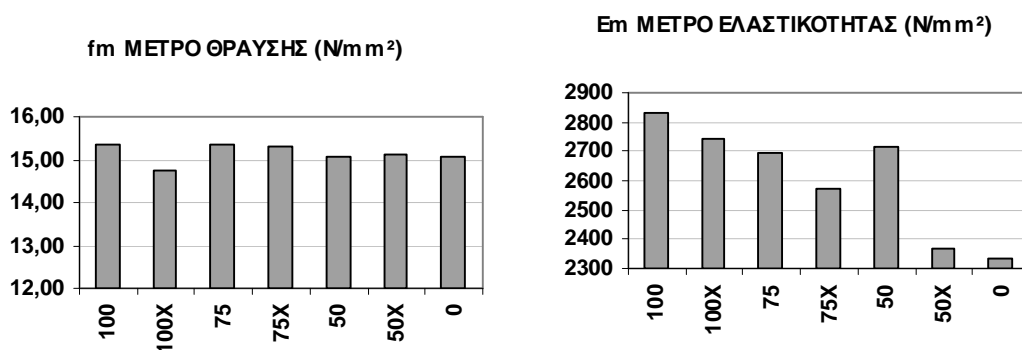
Σε ότι αφορά στο μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη οι τύποι 0A και 100A παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές από τους τύπους 0 και 100 αντίστοιχα (στατιστικά σημαντικές). Συγκεκριμένα ο τύπος 0A παρουσίασε αύξηση του μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη (σε σχέση με τον τύπο 0) κατά

31,4% ενώ ο τύπος 100Α παρουσίασε (σε σχέση με τον τύπο 100) αύξηση κατά 12,1%



Σχήμα 36: Επίδραση της αναλογίας σε ανακτημένες ίνες των επιφανειακών στρώσεων στο μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη εργαστηριακών μοριοπλακών

Από το Σχήμα 36 φαίνεται ότι η αντικατάσταση των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων των επιφανειακών στρώσεων των ανακυκλωμένων πλακών (τύπος 100) με ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10 και 15% (I10, I15) προκαλεί μικρή μείωση του μέτρου θραύσης σε κάμψη χωρίς όμως αυτή να είναι στατιστικά σημαντική (βλ. Πίνακας 47). Ανάλογη είναι η επίδραση των ανακτημένων ινών και στο μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη καθώς οι μεταβολές που προκαλεί δεν είναι στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 48). Επομένως με την αντικατάσταση επιφανειακών στρώσεων (σε μοριοπλάκες τύπου 100) σε ποσοστό έως και 15% από ανακτημένες ίνες δε προκαλούνται στατιστικά σημαντικές μεταβολές του μέτρου θραύσης και του μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη. Σύγκριση των παραμέτρων I10 και I15 με την 0 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αντικατάσταση στις επιφανειακές στρώσεις ανακτημένου υλικού παλιών μοριοπλακών από ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10% και 15% δεν προκαλεί σε σχέση με βιομηχανικές μοριοπλάκες σημαντική διαφοροποίηση στο μέτρο θραύσης σε κάμψη ενώ αντίθετα το μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη αυξάνεται σημαντικά.



Σχήμα 37: Επίδραση της παρουσίας θρυμματισμένων επικαλύψεων στη μεσαία στρώση στο μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη εργαστηριακών μοριοπλακών

Ο Πίνακας 46 και το Σχήμα 37 παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την επίδραση του ποσοστού αντικατάστασης ανακτημένου υλικού από θρυμματισμένες επικαλύψεις στη μεσαία στρώση ανακυκλωμένων μοριοπλακών στο μέτρο θραύσης και το μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη. Σύμφωνα με τον Πίνακα 47 η επίδραση των επικαλύψεων στο μέτρο θραύσης σε κάμψη δεν είναι σημαντική καθώς δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των τύπων 100-100X, 75-75X και 50-50X. Τα ως άνω αποτελέσματα συμφωνούν με ευρήματα των Varga κ.α. (2004) οι οποίοι (βλ. Κεφ. 2.3.2.6.3). Αντίστοιχα ο Πίνακας 48 δείχνει ότι η παρουσία των επικαλύψεων για τους τύπους 100 και 75 δεν προκαλεί στατιστικά σημαντική μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη σε σύγκριση με τους τύπους 100X και 75X. Αντίθετα στον τύπο 50, όπου υπάρχει αντικατάσταση βιομηχανικών ξυλοτεμαχιδίων κατά 50% από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια, η συμμετοχή σε αυτά θρυμματισμένων επικαλύψεων προκαλεί σημαντική αύξηση του μέτρου ελαστικότητας από 2369 σε 2717N/mm². (αύξηση κατά 14,7%) (σύγκριση μεταξύ 50 και 50X).

5.3.2.3 ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

5.3.2.3.1 ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ

Στον Πίνακα 49 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι κατά πάχος διόγκωσης και προσρόφησης νερού όπως επίσης και σχετικά στατιστικά στοιχεία (τυπική απόκλιση, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή και αριθμός δοκιμών) των εργαστηριακών μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν στη 3^η φάση της έρευνας. Επίσης, ο Πίνακας 50 περιέχει τις στατιστικές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων όρων της κατά πάχος διόγκωσης και ο Πίνακας 51 της προσρόφησης νερού των ως άνω ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Πίνακας 49: Τιμές κατά πάχος διόγκωσης και προσρόφησης νερού των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ 24Η (%)	M.O.	21,61	20,91	21,31	22,21	22,38	22,86	29,11	31,13	22,19	23,65	25,15	26,06	24,21
	(s)	0,015	0,012	0,019	0,018	0,014	0,021	0,023	0,027	0,018	0,021	0,019	0,025	0,020
	Max	24,66	23,48	24,60	25,15	25,76	27,51	32,26	36,59	26,61	27,50	28,55	31,19	27,55
	Min	18,79	18,91	17,31	19,08	20,66	18,70	24,77	26,75	18,64	19,91	22,70	22,72	20,73
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ 24Η (%)	M.O.	79,70	80,21	82,18	83,88	84,24	84,89	90,11	88,91	78,32	83,61	84,36	85,91	85,81
	(s)	0,044	0,057	0,060	0,035	0,036	0,041	0,039	0,038	0,038	0,050	0,050	0,059	0,040
	Max	89,36	93,87	93,88	88,15	91,51	91,06	96,39	96,62	84,74	95,28	94,22	100,1	94,15
	Min	73,38	68,93	74,13	78,19	78,39	77,06	83,96	78,91	71,21	77,31	75,05	78,54	78,76
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Πίνακας 50: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών κατά πάχος διόγκωσης των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

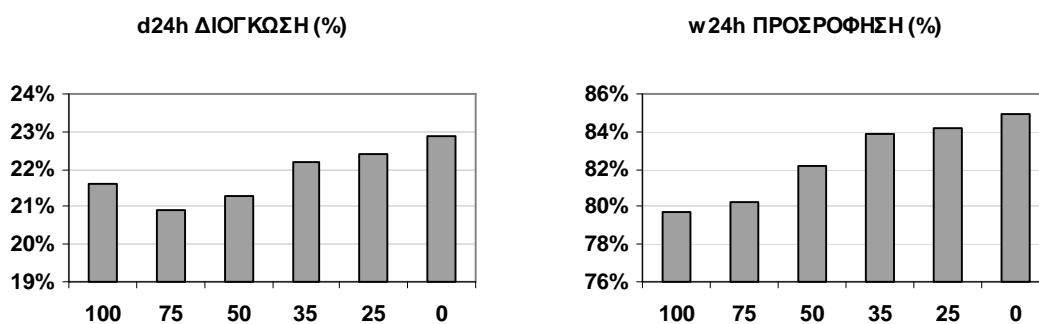
	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
100		-	-	-	-	•	•	•	-	•	•	•	•
75			-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
50				-	-	•	•	•	-	•	•	•	•
35					-	-	•	•	-	•	•	•	•
25						-	•	•	-	•	•	•	•
0							•	•	-	-	•	•	•
0A								•	•	•	•	•	•
100A									•	•	•	•	•
100X										•	•	•	•
75X											•	•	-
50X												-	-
I15													•
I10													

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Πίνακας 51: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών προσρόφησης νερού των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	75	50	35	25	0	0A	100A	100X	75X	50X	I15	I10
100		-	-	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•
75			-	•	•	•	•	•	-	•	•	•	•
50				-	-	-	•	•	•	-	-	•	•
35					-	-	•	•	•	-	-	-	-
25						-	•	•	•	-	-	-	-
0							•	•	•	-	-	-	-
0A								-	•	•	•	•	•
100A									•	•	•	•	•
100X										•	•	•	•
75X											-	-	-
50X												-	-
I15													-
I10													

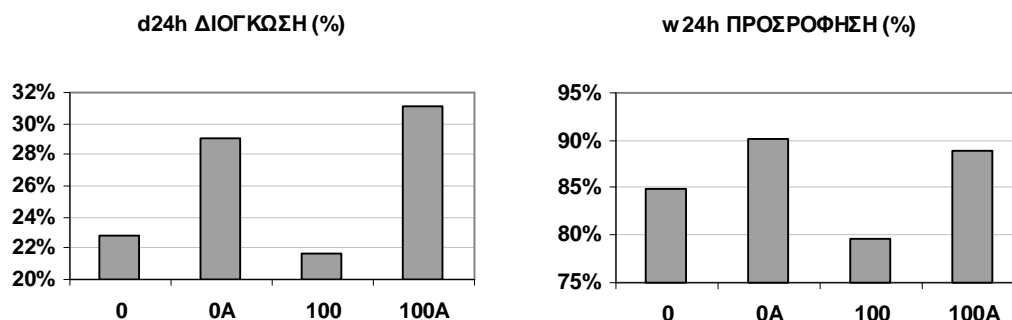
- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%



Σχήμα 38: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό στην κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση νερού μετά από εμβάπτιση σε νερό των εργαστηριακών μοριοπλακών

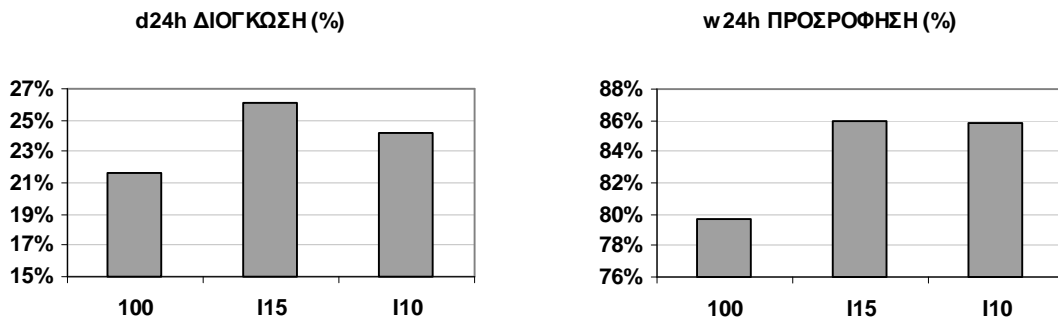
Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι σε ότι αφορά στην κατά πάχος διόγκωση των εργαστηριακών μοριοπλακών, η αντικατάσταση σε ποσοστό μέχρι 35% των ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια δεν προκαλεί στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και για την προσρόφηση νερού για ποσοστό συμμετοχής των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων έως 50%.

Αντικατάσταση των βιομηχανικών ξυλοτεμαχιδίων από ανακτημένα σε ποσοστό άνω του 35% επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση (μείωση) της κατά πάχος διόγκωσης των εργαστηριακών μοριοπλακών. Αντίστοιχα, αντικατάσταση σε ποσοστό άνω του 50% επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση της προσρόφησης νερού από τις εργαστηριακές μοριοπλάκες.



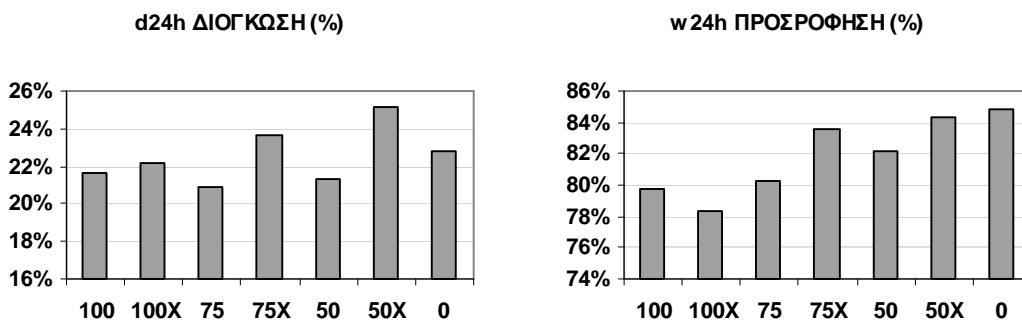
Σχήμα 39: Επίδραση της ανακύκλωσης στην κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση νερού μετά από εμβάπτιση σε νερό εργαστηριακών μοριοπλακών

Από τα παραπάνω Σχήματα και σε συνδυασμό με τα στοιχεία που περιέχουν ο Πίνακας 50 και ο Πίνακας 51 προκύπτει το συμπέρασμα ότι τόσο η 1^η ανακύκλωση των βιομηχανικών μοριοπλακών (σύγκριση μεταξύ 0 και 0A) όσο και η 2^η ανακύκλωση των μοριοπλακών από παλιά έπιπλα (σύγκριση μεταξύ 100 και 100A) υποβαθμίζει σημαντικά (αυξάνει) τόσο την κατά πάχος διόγκωση όσο και την προσρόφηση νερού των εργαστηριακών μοριοπλακών. Το γεγονός αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης (βλ. Σχήμα 28). Προφανώς μετά την 1^η και 2^η ανακύκλωση τα ξυλοτεμαχίδια υποβαθμίζονται για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν στο Κεφ. 5.3.2.2.1 (Σελ. 171). Αυτό συνεπάγεται μειωμένη αντοχή συγκόλλησης και οδηγεί σε αύξηση της κατά πάχος διόγκωσης και της προσρόφησης νερού των μοριοπλακών.



Σχήμα 40: Επίδραση της αναλογίας σε ανακτημένες ίνες των επιφανειακών στρώσεων στην κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση νερού μετά από εμβάπτιση σε νερό εργαστηριακών μοριοπλακών

Από τα ανωτέρω Σχήματα και σε συνδυασμό με τα στοιχεία που περιέχουν ο Πίνακας 50 και ο Πίνακας 51 προκύπτει το συμπέρασμα ότι η παρουσία ανακτημένων ινών σε ποσοστό 10 και 15% στα ξυλοτεμαχίδια επιφανειακής στρώσης υποβαθμίζει (αυξάνει) σημαντικά τόσο την κατά πάχος διόγκωση όσο και την προσρόφηση νερού των εργαστηριακών μοριοπλακών.



Σχήμα 41: Επίδραση της παρουσίας θρυμματισμένων επικαλύψεων στη μεσαία στρώση στην κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση νερού μετά από εμβάπτιση σε νερό εργαστηριακών μοριοπλακών

Από τα ανωτέρω Σχήματα και σε συνδυασμό με τα στοιχεία που περιέχουν ο Πίνακας 50 και ο Πίνακας 51 προκύπτει ότι η παρουσία θρυμματισμένων επικαλύψεων στο ανακτημένο υλικό υποβαθμίζει σημαντικά τόσο την κατά πάχος διόγκωση όσο και την προσρόφηση νερού των εργαστηριακών μοριοπλακών όταν το ποσοστό ανακτημένου υλικού σε αυτές φτάνει μέχρι 75%. Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται αμιγώς ανακτημένο υλικό για την κατασκευή των μοριοπλακών (Παράμετρος 100) δεν παρατηρείται στατιστικά

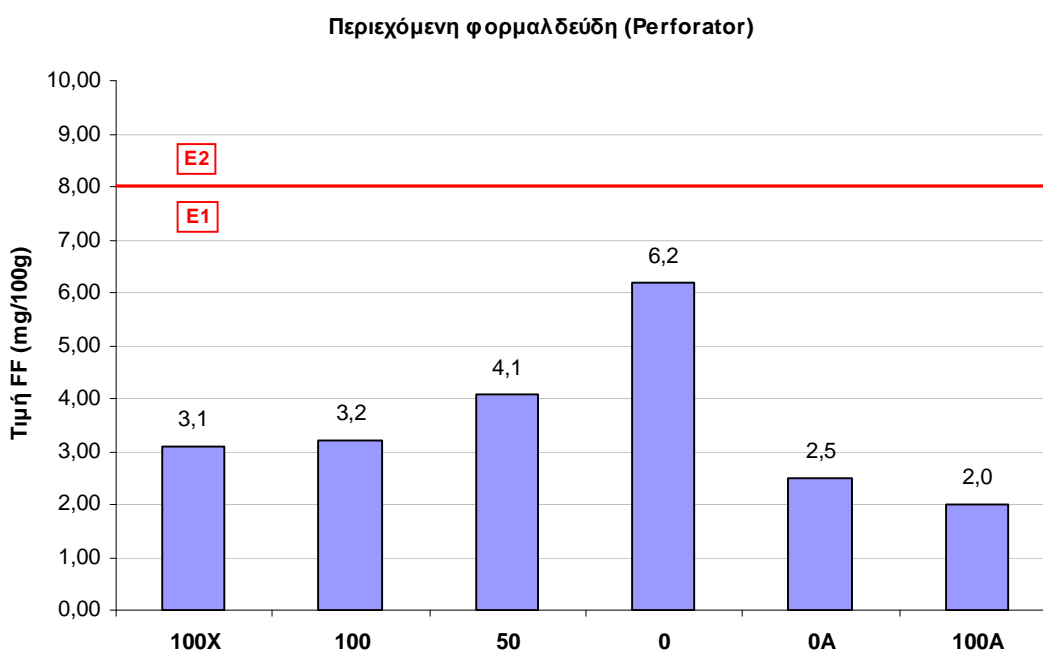
σημαντική διαφορά στις εν λόγω ιδιότητες εάν χρησιμοποιηθούν στη μεσαία στρώση οι θρυμματισμένες επικαλύψεις.

5.3.2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΚΛΥΣΗΣ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗΣ

Ο Πίνακας 52 περιέχει τις τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης των εργαστηριακών μοριοπλακών που ελέγχθηκαν στην 3^η φάση της έρευνας ενώ στο Σχήμα 42 αναπαρίστανται οι ως άνω τιμές σε σύγκριση με την κατά EN312 κατηγοριοποίηση των μοριοπλακών με βάση τα επίπεδα περιεχόμενης φορμαλδεΐδης.

Πίνακας 52: Τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	Δείγμα	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ					
		100X	100	50	0	0A	100A
Τιμή Perforator (mg/100g)	1	2,9	2,9	3,8	6,9	2,0	1,8
	2	3,2	3,4	4,3	6,4	2,4	2,0
	M.O.	3,0	3,1	4,0	6,7	2,2	1,9
FF (6,5%) (mg/100g)	1	2,9	2,9	3,8	6,4	2,3	1,9
	2	3,2	3,5	4,3	6,0	2,7	2,1
	M.O.	3,1	3,2	4,1	6,2	2,5	2,0



Σχήμα 42: Τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

Από τα παραπάνω ευρήματα προκύπτει ότι αυξανόμενης της ποσοστιαίας συμμετοχής ανακτημένου υλικού από παλαιές μοριοπλάκες σε εργαστηριακές μοριοπλάκες κατασκευασμένες σε μίξη με υλικό βιομηχανίας η περιεχόμενη φορμαλδεΐδη μειώνεται σημαντικά. Συγκεκριμένα η χρήση ανακτημένου υλικού σε ποσοστό 50% μειώνει την περιεχόμενη φορμαλδεΐδη κατά 34% ενώ η πλήρης αντικατάσταση βιομηχανικού από ανακτημένο υλικό επιφέρει βελτίωση της ίδιας ιδιότητας κατά 48%.

Το γεγονός αυτό προφανώς οφείλεται, όπως σχολιάστηκε και στο Κεφ. 5.2.2.4.1 (Σελ. 151), στην παρουσία παραγώγων όπως ουρία και διμέθυλο-ουρία τα οποία σχηματίζονται από την αποικοδόμηση της συγκολλητικής ουσίας ουρίας-φορμαλδεΐδης που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των προς ανακύκλωση μοριοπλακών (Roffael και Kraft 2005). Τα παράγωγα αυτά ενεργοποιούνται κατά την παραγωγή των ανακυκλωμένων μοριοπλακών και ενεργούν ως δεσμευτές (catchers) της περίσσειας φορμαλδεΐδης. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών των Roffael και Franke (1995), Michanickl (1996A, 1996B), Dix κ.α. (2001A), Dix κ.α. (2001B), Λυκίδη (2004), Qi κ.α. (2006).

Σε ότι αφορά στην επίδραση των θρυμματισμένων επικαλύψεων, η παρουσία τους στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων εργαστηριακών μοριοπλακών επιφέρει μικρή αύξηση από 3,1 σε 3,2mg/100g (περίπου 4%) στην περιεχόμενη φορμαλδεΐδη. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με αποτελέσματα εργασίας των Varga κ.α. (2004) που αναφέρθηκαν στο Κεφ. 2.3.2.6.3.

Ο Πίνακας 52 και το Σχήμα 42 οδηγούν επίσης στο συμπέρασμα ότι οι εργαστηριακές μοριοπλάκες 2^{ης} ανακύκλωσης (τύπος 100A) από παλιές μοριοπλάκες παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα περιεχόμενης φορμαλδεΐδης από αυτές της 1^{ης} ανακύκλωσης (τύπος 100). Παρόμοια τάση ισχύει και για τις μοριοπλάκες 1^{ης} ανακύκλωσης από υλικό βιομηχανίας (σύγκριση τύπων 0 και 0A). Συγκεκριμένα η μείωση για τις μοριοπλάκες από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας είναι 59,9% και για τις μοριοπλάκες από ξυλοτεμαχίδια παλιών μοριοπλακών είναι 38,1%.

5.3.2.5 ΧΡΩΜΑ

Στον παρακάτω Πίνακα παρατίθενται οι τιμές των χρωματικών μεταβλητών L*, a*, και b* των εργαστηριακών μοριοπλακών τύπου 100, 50, 0, 0A και 100A ενώ ο Πίνακας 56, ο Πίνακας 57 και ο Πίνακας 58 παρουσιάζουν τις στατιστικές διαφορές των εξετασθέντων τύπων μοριοπλακών για τις τρεις χρωματικές μεταβλητές. Ο Πίνακας 54 περιέχει τις μεταβολές αποχρώσεων των εργαστηριακών μοριοπλακών σε σχέση με την παράμετρο O ενώ ο Πίνακας 55 τις μεταβολές αποχρώσεων μεταξύ των τύπων 100 και 100A.

Πίνακας 53: Τιμές χρωματικών μεταβλητών L*, a* και b* των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

		100	50	0	0A	100A
L*	M.O.	55,89	57,23	58,88	51,11	51,45
	MAX	57,04	57,97	60,76	51,77	52,48
	MIN	54,92	55,30	55,97	49,99	50,01
	s	0,5465	0,6548	1,1028	0,4754	0,4925
	n	24	24	24	24	24
a*	M.O.	7,62	7,61	7,21	8,98	9,09
	MAX	8,36	8,56	8,30	9,93	9,81
	MIN	4,46	7,03	6,39	8,45	8,51
	s	0,7758	0,3888	0,5005	0,3929	0,3353
	n	24	24	24	24	24
b*	M.O.	25,29	24,99	24,49	26,15	26,15
	MAX	26,24	25,77	26,02	27,41	27,21
	MIN	24,17	23,97	23,51	25,07	24,81
	s	0,6089	0,5238	0,5735	0,5780	0,5675
	n	24	24	24	24	24

Πίνακας 54: Μεταβολές αποχρώσεων εργαστηριακών μοριοπλακών σε σχέση με μοριοπλάκες τύπου 0

ΤΥΠΟΣ	0	50	100	0A
ΔΕ*	0,00	1,87	3,28	8,16
n	24	24	24	24

Πίνακας 55: Μεταβολές αποχρώσεων εργαστηριακών μοριοπλακών τύπου 100 σε σχέση με μοριοπλάκες τύπου 100A

ΤΥΠΟΣ	100	100A
ΔΕ*	0,00	4,81
n	24	24

Πίνακας 56: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της χρωματικής μεταβλητής L* των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	50	0	0A	100A
100		•	•	•	•
50			•	•	•
0				•	•
0A					-
100A					

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Πίνακας 57: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της χρωματικής μεταβλητής a* των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

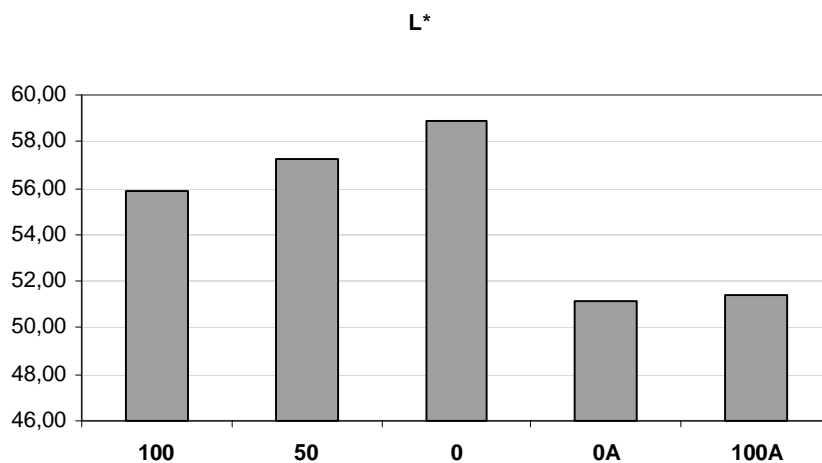
	100	50	0	0A	100A
100		-	•	•	•
50			•	•	•
0				•	•
0A					-
100A					

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

Πίνακας 58: Στατιστική σύγκριση των μέσων όρων των τιμών της χρωματικής μεταβλητής b* των εργαστηριακών μοριοπλακών (3^η Φάση)

	100	50	0	0A	100A
100		-	•	•	•
50			•	•	•
0				•	•
0A					-
100A					

- : Μη σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%
- : Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο στατιστικής ασφάλειας 95%

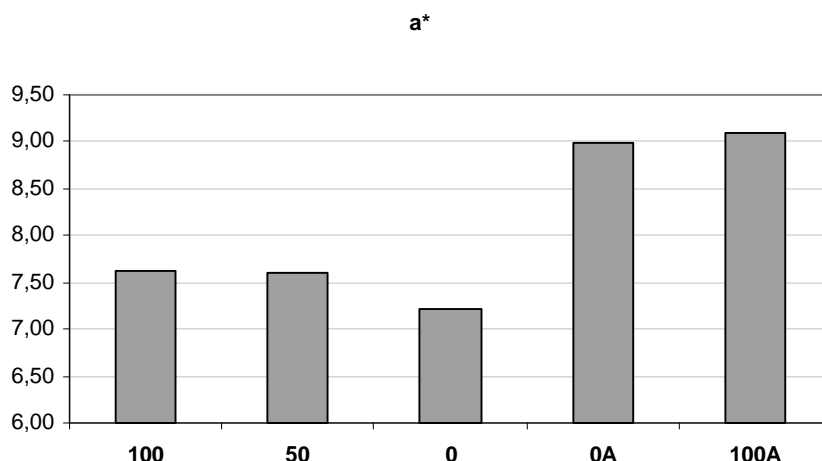


Σχήμα 43: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό και της ανακύκλωσης στην χρωματική μεταβλητή L* (λευκότητα) των εργαστηριακών μοριοπλακών

Όπως δείχνεται στο Σχήμα 43 η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας (μάρτυρας) κατά 50% και 100% από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει μείωση της λευκότητας των μοριοπλακών (χρωματική μεταβλητή L*) από 58,88 (τιμή μάρτυρα) σε 57,23 και 55,89 αντίστοιχα. Η στατιστική σύγκριση των παραπάνω τιμών (Πίνακας 56) δείχνει σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Επιπροσθέτως η ανακύκλωση μοριοπλακών τόσο από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας (0 και 0A) όσο και από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό (100 και 100A) προκαλεί μείωση της λευκότητας καθώς η χρωματική μεταβλητή L* μειώνεται στην περίπτωση του υλικού βιομηχανίας από 58,88 σε 51,11 και στην περίπτωση των ανακτημένου από παλιές μοριοπλάκες υλικού από 55,89 σε 51,45 με τις εν λόγω τιμές να παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με αποτελέσματα ερευνών των Chen και Workman (1980), Tolvaj και Faix (1996), Sundqvist κ.α. (2006) καθώς οι εν λόγω ερευνητές έχουν επίσης προσδιορίσει ανάλογες μεταβολές σε υδροθερμικά χειρισθέν ξύλο.

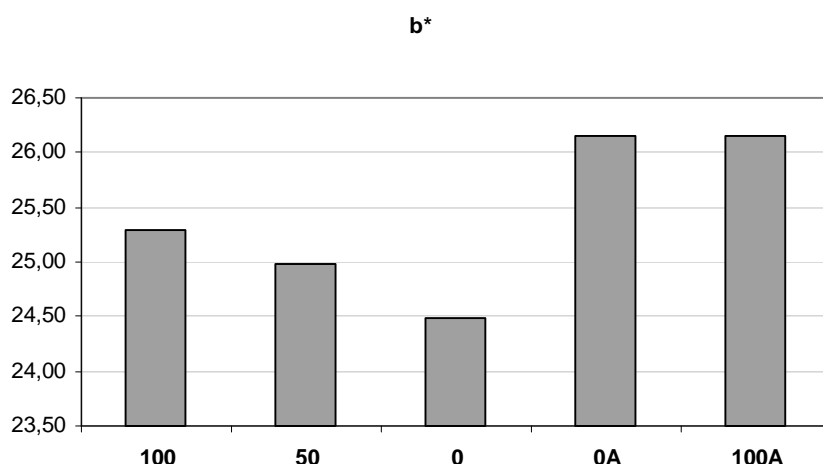


Σχήμα 44: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό και της ανακύκλωσης στην χρωματική μεταβλητή a^* των εργαστηριακών μοριοπλακών

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 44 προκύπτει ότι η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας (μάρτυρας) κατά 50% και 100% από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει αύξηση της χρωματικής μεταβλητής a^* (έντασης του κόκκινου χρώματος) από 7,12 (τιμή μάρτυρα) σε 7,61 και 7,62 αντίστοιχα. Η στατιστική σύγκριση των παραπάνω τιμών (Πίνακας 57) δείχνει σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Σύγκριση των εργαστηριακών μοριοπλακών τύπου 50 και 100 δείχνει ότι η διαφορά της χρωματικής μεταβλητής a^* δεν είναι σημαντική.

Επιπροσθέτως η ανακύκλωση μοριοπλακών τόσο από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας όσο και από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό προκαλεί αύξηση της χρωματικής μεταβλητής a^* στην περίπτωση του υλικού βιομηχανίας από 7,21 σε 8,98 (τύποι 0 και 0A) και στην περίπτωση των ανακτημένου από παλιές μοριοπλάκες υλικού από 7,62 σε 9,09 (τύποι 100 και 100A) με τις εν λόγω τιμές να παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τέλος, σύγκριση των μοριοπλακών 0A και 100A δείχνει ότι δεν υπάρχουν μεταξύ τους σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά στη χρωματική μεταβλητή a^* .

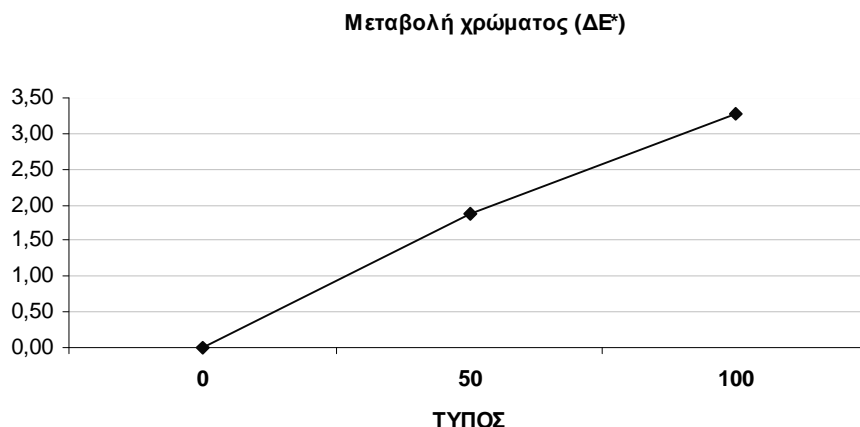


Σχήμα 45: Επίδραση της περιεκτικότητας σε ανακτημένο υλικό και της ανακύκλωσης στην χρωματική μεταβλητή b^* των εργαστηριακών μοριοπλακών

Από το Σχήμα 45 προκύπτει ότι η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας (μάρτυρας) κατά 50% και 100% από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει αύξηση της χρωματικής μεταβλητής b^* (δηλαδή του βαθμού κιτρινίσματος) από 24,49 (τιμή μάρτυρα) σε 24,99 και 25,29 αντίστοιχα (τύποι 0, 50 και 100). Η στατιστική σύγκριση των παραπάνω τιμών (Πίνακας 58) δείχνει σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Σύγκριση των εργαστηριακών μοριοπλακών 50 και 100 δείχνει ότι η διαφορά της χρωματικής μεταβλητής b^* δεν είναι σημαντική.

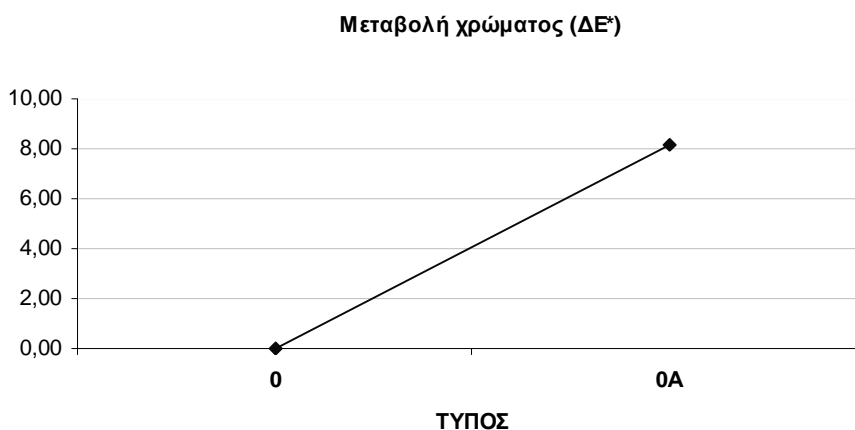
Επιπροσθέτως η ανακύκλωση μοριοπλακών τόσο από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας όσο και από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό προκαλεί αύξηση της έντασης του κίτρινου χρώματος (χρωματικής μεταβλητής b^*) στην περίπτωση του υλικού βιομηχανίας από 24,49 σε 26,15 (τύποι 0 και 0A) και στην περίπτωση των ανακτημένου από παλιές μοριοπλάκες υλικού από 25,29 σε 26,15 (τύποι 100 και 100A) με τις εν λόγω τιμές να παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Τέλος, σύγκριση των μοριοπλακών 0A και 100A δείχνει ότι δεν υπάρχουν μεταξύ τους σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά στη χρωματική μεταβλητή b^* .



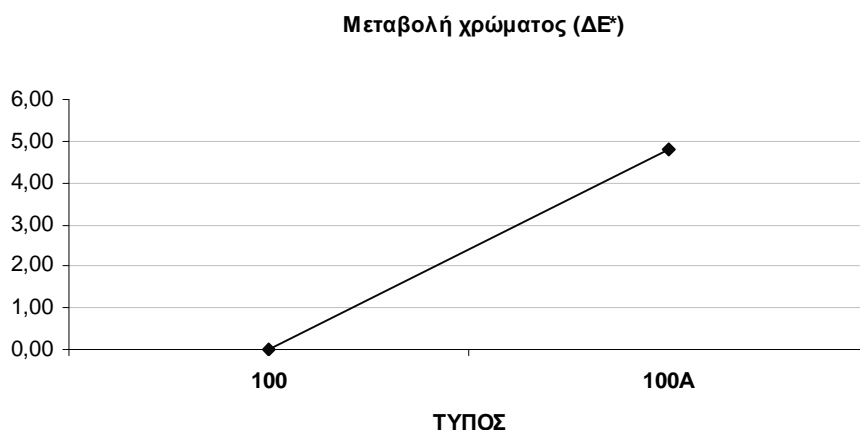
Σχήμα 46: Επίδραση του ποσοστού χρήσης ξυλοτεμαχιδίων ανακτημένων από απορρίμματα μοριοπλάκων στις μεταβολές αποχρώσεων των ανακυκλωμένων μοριοπλάκων

Από το Σχήμα 46 προκύπτει το συμπέρασμα ότι η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας κατά 50% (τύπος μοριοπλάκας: 50) και 100% (τύπος μοριοπλάκας: 100) από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει μεταβολές αποχρώσεων (τιμή ΔE^*) στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες (σε σχέση με τον τύπο 0) κατά 1,87 και 3,28 αντίστοιχα.



Σχήμα 47: Επίδραση της ανακύκλωσης στις μεταβολές αποχρώσεων μοριοπλάκων από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια

Από το Σχήμα 47 προκύπτει το συμπέρασμα ότι η 1^η ανακύκλωση μοριοπλακών από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας επιφέρει μεταβολές αποχρώσεων (τιμή ΔE^*) κατά 8,16.



Σχήμα 48: Επίδραση της ανακύκλωσης στις μεταβολές αποχρώσεων μοριοπλακών από ξυλοτεμαχίδια απορριμμάτων

Από το Σχήμα 48 προκύπτει το συμπέρασμα ότι η 2^η ανακύκλωση μοριοπλακών από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει μεταβολές αποχρώσεων (τιμή ΔE^*) κατά 4,81.

Σύμφωνα με τους Sundqvist και Moren (2002) τιμές ΔE^* μεγαλύτερες από 2-3 μονάδες είναι αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι. Με βάση τη διαπίστωση αυτή, η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες ξυλοτεμαχίδια σε ποσοστό 50% δεν προκαλεί αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι διαφορές αποχρώσεων (σύγκριση τύπων 0 και 50). Αντίθετα αντιληπτές χρωματικές διαφορές συμβαίνουν όταν το υλικό βιομηχανίας αντικατασταθεί σε ποσοστό 100% από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό (σύγκριση τύπων 0 και 100), όπως επίσης και στις περιπτώσεις ανακύκλωσης των μοριοπλακών τύπου 0 (σύγκριση 0 και 0A) και τύπου 100 (σύγκριση τύπων 100 και 100A).

5.3.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ο Πίνακας 59 περιέχει τα αποτελέσματα του προσδιορισμού των ιοντικών συστατικών του δείγματος αποβλήτων που προκύπτουν κατά την ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων από παλιές μοριοπλάκες με τον υδροθερμικό χειρισμό που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 59: Προσδιορισθέντα ιόντα στο δείγμα αποβλήτων από την ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων από παλιές μοριοπλάκες και σύγκριση με ισχύοντα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό και τη διάθεση στο Νομό Θεσσαλονίκης

	Blank	Δείγμα	Διαφορά	Ανώτατο επιτρεπτό όριο διάθεσης στο πόσιμο νερό	Ανώτατο επιτρεπτό όριο διάθεσης στο Θερμαϊκό κόλπο ²⁾	Ανώτατο επιτρεπτό όριο διάθεσης στον Αξιό ποταμό ³⁾
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Cl ⁻ Χλώριο	0,529	4,371	3,842	250 ¹⁾	-	-
NO ₃ ⁻ Νιτρώδη	0,098	0,289	0,191	50 ¹⁾	50	15
SO ₄ ²⁻ Θειικά	0,214	1,538	1,324	250 ¹⁾	-	-
Na ⁺ Νάτριο	0,268	2,489	2,221	200 ¹⁾	-	-
NH ₄ ⁺ Αμμώνιο	4,236	31,673	27,437	0,5 ¹⁾	40	10
K ⁺ Κάλιο	0,112	0,782	0,670	12 ⁴⁾	-	-
Mg ²⁺ Μαγνήσιο	0,162	0,823	0,661	50 ⁴⁾	-	-
Ca ²⁺ Ασβέστιο	0,745	5,056	4,311	-	-	-

¹⁾ Σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης

²⁾ Σύμφωνα με την 15549/11-7-83 απόφαση του Νομάρχη Θεσσαλονίκης

³⁾ Σύμφωνα με την ΔΥ/22374/91/11-1-1994 απόφαση του Νομάρχη Θεσσαλονίκης

⁴⁾ Σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση Α5/288/23.1.1986 (ΦΕΚ 53/Β/20.2.1986)

Από τον ως άνω Πίνακα προκύπτει παρουσία στα απόβλητα των εξής ιόντων: χλώριο, νιτρώδη, θειικά, νάτριο, αμμώνιο, κάλιο, μαγνήσιο και ασβέστιο. Από τη σύγκριση των συγκεντρώσεων που βρέθηκαν στο υπό εξέταση δείγμα με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό προκύπτει ότι με εξαίρεση τα ιόντα αμμωνίου η συγκέντρωση των υπολοίπων ιόντων δεν υπερβαίνει τις ως άνω οριακές τιμές. Σε ότι αφορά τα ιόντα αμμωνίου, η συγκέντρωσή τους στα απόβλητα της διαδικασίας ανάκτησης φαίνεται να είναι αρκετά υψηλότερη από το ισχύον όριο σχετικά με το πόσιμο νερό.

Τα ιόντα νατρίου, καλίου, μαγνησίου και ασβεστίου προφανώς προκύπτουν από το νερό που χρησιμοποιήθηκε για τον εμποτισμό των μοριοπλακών κατά τη διαδικασία της ανάκτησης. Τα απόβλητα περιείχαν επίσης σε μικρότερο ποσοστό νιτρικά ιόντα. Σε ότι αφορά στα ιόντα χλωρίου, νιτρώδη και θειικά, αυτά πιθανώς να προέρχονται εν μέρει από το νερό του εμποτισμού αλλά κυρίως από τους καταλύτες που χρησιμοποιούνται για τη σκλήρυνση συγκολλητικών ουσιών κατά την παραγωγή των χρησιμοποιηθέντων παλιών μοριοπλακών. Τέλος, τα ιόντα αμμωνίου προφανώς προέρχονται από τους ως άνω καταλύτες καθώς η πιθανότητα παρουσίας τους στο πόσιμο νερό είναι περιορισμένη.

Από τον Πίνακα 59 προκύπτει ότι με βάση τους προσδιορισμούς που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα είναι δυνατή η πιθανή απόρριψη τους σε επιφανειακά ύδατα αρκεί αυτή να πραγματοποιηθεί σε μεγάλη διάλυση και διατήρηση των συγκεντρώσεων κάτω από τα ισχύοντα όρια.

6. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα απορρίμματα ξύλου που περιέχουν μοριοπλάκες και οι ινοπλάκες αποτελούν πλέον σημαντικό μέρος των αστικών απορριμμάτων καθώς χρησιμοποιούνται με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς στην παραγωγή ξυλοκατασκευών εσωτερικών χώρων ενώ η διαχείριση τους ήδη προβληματίζει τις σύγχρονες ανεπτυγμένες κοινωνίες. Υπό προϋποθέσεις όμως είναι δυνατό να αποτελέσουν πολύτιμη πρώτη ύλη για παραγωγή νέων ξυλοπλακών και έτσι να βοηθήσουν αφενός στη μερική κάλυψη των αυξημένων αναγκών σε ξύλο και αφετέρου στον περιορισμό προβλημάτων που τα ίδια προκαλούν ως απορρίμματα.

Η ανακύκλωση στις μέρες μας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεθόδους διαχείρισης της εν λόγω κατηγορίας απορριμμάτων ξύλου. Οι παλιότερες μέθοδοι ανακύκλωσης μοριοπλακών και ινοπλακών παρουσίαζαν προβλήματα τα οποία σε μεγάλο βαθμό έχουν αντιμετωπιστεί από νέες μεθόδους που περιλαμβάνουν υδροθερμικούς χειρισμούς.

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η μελέτη των δυνατοτήτων ανακύκλωσης υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας στην κατασκευή νέων.

Η έρευνα διεξήχθη σε 3 φάσεις:

1Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΩΝ

Στην 1^η φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε αδρομερής αξιολόγηση διαφόρων συνδυασμών συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από βιομηχανικές μοριοπλάκες με κριτήριο την ποιότητα του ανακτηθέντος υλικού. Από τη διεξαγωγή της προέκυψε ότι οι πλεονεκτικότεροι από τους δοκιμασθέντες συνδυασμούς των συνθηκών ανάκτησης (ποσοστό εμποτισμού με νερό/ θερμοκρασία/ διάρκεια) ξυλοτεμαχιδίων ήταν οι εξής: 1 (30%/ 150°C/ 20min), 2 (45%/ 110°C/ 75min), 3 (45%/ 130°C/ 20min), 4 (45%/ 150°C/ 10min), 5 (60%/ 110°C/ 30min), 6 (60%/ 130°C/ 10min) και 7 (60%/ 150°C/ 8min). Οι 7 ανωτέρω ομάδες συνθηκών ανάκτησης (παράμετροι) χρησιμοποιήθηκαν στη 2^η φάση της έρευνας που αποσκοπούσε στην μετά από αξιολόγηση εξεύρεση της άριστης από αυτές.

2Η ΦΑΣΗ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

Στη 2^η φάση της έρευνας ανακτήθηκαν ξυλοτεμαχίδια από βιομηχανικές μοριοπλάκες με εφαρμογή των 7 ομάδων συνθηκών ανάκτησης που επιλέχθηκαν κατά την 1^η φάση. Για το σκοπό αυτό παρήχθησαν ανακυκλωμένες εργαστηριακές μοριοπλάκες πάχους 12mm, πυκνότητας 0,68g/cm³, 3 στρώσεων και με αναλογία βάρους επιφανειακών – μεσαίας στρώσης 40:60. Χρησιμοποιήθηκε συγκολλητική ουσία ουρίας-φορμαλδεΰδης σε ποσοστό ανά ξηρή μάζα ξυλοτεμαχιδίων 8% για τη μεσαία στρώση και 12% για τις επιφανειακές στρώσεις. Με την εφαρμογή των ως

άνω 7 διαφορετικών ομάδων συνθηκών ανάκτησης μετρήθηκε το ποσοστό των συσσωματωμάτων στο ανακτηθέν υλικό που προέκυψε και έγινε λεπτομερής έλεγχος μηχανικών (αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης, αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων, μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη), υγροσκοπικών (κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση νερού) και άλλων (περιεχόμενη φορμαλδεΐδη, χρώμα) ιδιοτήτων για τις κατασκευασθείσες ανακυκλωμένες μοριοπλάκες. Επιπροσθέτως υπολογίστηκε θεωρητικά η καταναλωθείσα ενέργεια κατά εφαρμογή των 7 διαφορετικών συνθηκών ανακτήσεων. Από τον παραπάνω έλεγχο προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Το ποσοστό εμποτισμού με νερό των δοκιμών μοριοπλακών προ του υδροθερμικού χειρισμού επηρεάζει αποφασιστικά την τελική υγρασία του ανακτημένου υλικού. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό εμποτισμού, τόσο μεγαλύτερη είναι και η υγρασία του ανακτημένου υλικού.
- Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία υδροθερμικού χειρισμού των εμποτισθέντων μοριοπλακών τόσο μικρότερο είναι και το ποσοστό συσσωματωμάτων που εμφανίζονται στο ανακτηθέν υλικό.
- Το χαμηλότερα ποσοστά συσσωματωμάτων εμφανίστηκαν στις ομάδες συνθηκών 45%/ 130°C/ 20min, 45%/ 150°C/ 10min και 60%/ 150°C/ 8min
- Οι ομάδες συνθηκών που προσέδωσαν στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες τη μεγαλύτερη αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης ήταν οι 3, 4, 5 και 7 με στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.
- Ο εμποτισμός με νερό των προς ανακύκλωση μοριοπλακών προ του υδροθερμικού τους χειρισμού σε ποσοστό άνω του 30% μπορεί να χαρακτηριστεί ευεργετικός ως προς την επίδρασή του στην αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.
- Η αύξηση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης οφείλεται μεταξύ άλλων και στη μείωση του ποσοστού συσσωματωμάτων που είναι παρόντα στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων εργαστηριακών μοριοπλακών καθώς προκύπτει ικανοποιητική συσχέτιση του ποσοστού συσσωματωμάτων στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων μοριοπλακών με την αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό των εν λόγω μοριοπλακών.
- Οι ομάδες συνθηκών που προσέδωσαν στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες τη μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων ήταν οι 3, 4 και 7.
- Οι ομάδες συνθηκών που προσέδωσαν στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες το μεγαλύτερο μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη ήταν οι 1, 4, 7 και 3.

- Οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της ομάδας συνθηκών 1 παρουσίασαν το μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες των ομάδων συνθηκών 4 και 7 οι οποίες έπονται σε ότι αφορά την εν λόγω ιδιότητα. Οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες που προέκυψαν από την εφαρμογή των ομάδων συνθηκών 4 και 7 δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσο αφορά το μέτρο ελαστικότητας.
- Οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες των συνθηκών 7, 4 6 και 3 εμφάνισαν τη μικρότερη κατά πάχος διόγκωση σε νερό.
- Οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες των συνθηκών 4, 7, 1 και 3 εμφάνισαν τη μικρότερη προσρόφηση νερού.
- Οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες των ομάδων συνθηκών που παρουσίασαν τις μικρότερες τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης ήταν οι 1, 4, και 7 οι οποίες, παρόλο που στην κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκε κόλλα ουρίας-φορμαλδεΐδης κατηγορίας E2, παρουσίασαν τιμές περιεχόμενης φορμαλδεΐδης και οι οποίες τις κατατάσσουν στην κατηγορία E1 με βάση το πρότυπο EN312.
- Από τους 7 τύπους ανακυκλωμένων μοριοπλακών οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της ομάδας συνθηκών 5 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη λευκότητα. Ακολούθησαν κατά σειρά οι παράμετροι 6, 3, 2, 7, 4 και 1 Επιπροσθέτως, οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες των ομάδων συνθηκών 4 και 7 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά στην εν λόγω χρωματική μεταβλητή.
- Τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας απαίτησε κατά τη διεξαγωγή της ανάκτησης η ομάδα συνθηκών 5 (60%/ 110°C/ 30min) ενώ ακολούθησαν οι παράμετροι 3, 6, 4 και 7.
- Λαμβάνοντας υπόψη στο σύνολό τους τα αποτελέσματα της 2^{ης} φάσης της έρευνας προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι βέλτιστες (μεταξύ αυτών που δοκιμάστηκαν στην παρούσα έρευνα) συνθήκες υδροθερμικού χειρισμού προς ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων από μοριοπλάκες ήταν αυτές που αντιστοιχούσαν στην ομάδα συνθηκών 4, δηλαδή: 45%/ 150°C/ 10min.

3Η ΦΑΣΗ: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΑΠΟ ΠΑΛΙΕΣ ΞΥΛΟΠΛΑΚΕΣ

Κατά τη διεξαγωγή της 3^{ης} φάσης της έρευνας πραγματοποιήθηκε (εφαρμόζοντας τη βέλτιστη επιλεγείσα μεθοδολογία υδροθερμικού χειρισμού που προέκυψε από τη 2^η φάση) ανάκτηση υλικών από παλιές (χρησιμοποιημένες) μοριοπλάκες και ανάκτηση ινών από απορρίμματα γυμνών ινοπλακών τύπου MDF. Το υλικό που ανακτήθηκε από τις μοριοπλάκες των παλιών ξυλοκατασκευών περιείχε ξυλοτεμαχίδια και επικαλύψεις (φύλλα μελαμίνης και ξυλόφυλλα). Οι επικαλύψεις διαχωρίστηκαν από τα ξυλοτεμαχίδια μετά τον υδροθερμικό χειρισμό και

έπειτα θρυμματίστηκαν για να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή ανακυκλωμένων ξυλοπλάκων.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των ανακτημένων υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή της 3^{ης} φάσης προσδιορίστηκαν ορισμένα χαρακτηριστικά-ιδιότητές του όπως κοκκομετρική ανάλυση, οξύτητα, εκλυόμενη φορμαλδεΐδη, συνολικά εκχυλίσματα, διαλυτότητα σε διχλωρομεθάνιο, διαλυτότητα σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου, ολοκυτταρίνη, λιγνίνη, τέφρα.

Χρησιμοποιώντας τα ως άνω ανακτηθέντα υλικά όπως επίσης και ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας κατασκευάστηκαν εργαστηριακές ξυλοπλάκες σε διάφορες μίξεις με τα ίδια χαρακτηριστικά που είχαν οι κατασκευασμένες στη 2^η φάση μοριοπλάκες. Οι τύποι εργαστηριακών μοριοπλάκων που κατασκευάστηκαν περιέχονται στον παρακάτω Πίνακα:

Κωδικός	Τύπος
100	Μοριοπλάκες από 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια για όλες τις στρώσεις και με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση
100X	Μοριοπλάκες από 100% ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια χωρίς επικαλύψεις για όλες τις στρώσεις
75	Μοριοπλάκες από 75% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 25% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
75X	Μοριοπλάκες από 75% ανακτημένα (χωρίς επικαλύψεις) και 25% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
50	Μοριοπλάκες από 50% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 50% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
50X	Μοριοπλάκες από 50% ανακτημένα (χωρίς επικαλύψεις) και 50% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
35	Μοριοπλάκες από 35% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 65% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
25	Μοριοπλάκες από 25% ανακτημένα (με θρυμματισμένες επικαλύψεις μόνο στη μεσαία στρώση) και 75% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
0	Μοριοπλάκες από 100% ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας για όλες τις στρώσεις
0A	Ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της παραμέτρου 0
100A	Ανακυκλωμένες μοριοπλάκες της παραμέτρου 100
I10	Μοριοπλάκες από επιφανειακή στρώση 10% ανακτημένων ινών και 90% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων και μεσαία στρώση από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια (με θρυμματισμένες επικαλύψεις)
I15	Μοριοπλάκες από επιφανειακή στρώση 15% ανακτημένων ινών και 85% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων και μεσαία στρώση από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια (με θρυμματισμένες επικαλύψεις)

Για ποιοτική αξιολόγηση των εργαστηριακών μοριοπλακών πραγματοποιήθηκε έλεγχος μηχανικών (αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης, αντοχή σε εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων, μέτρο θραύσης και μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη), υγροσκοπικών (κατά πάχος διόγκωση και προσρόφηση νερού) και άλλων (περιεχόμενη φορμαλδεΐδη, χρώμα) ιδιοτήτων. Επιπροσθέτως για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των παραγόμενων, από τη διαδικασία ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων – ινών, υγρών αποβλήτων έγινε προσδιορισμός των ιοντικών συστατικών με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την 3^η φάση οδήγησαν στα εξής συμπεράσματα:

A. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

- η διαδικασία της ανάκτησης οδηγεί στη μείωση της **οξύτητας** του ανακτηθέντος υλικού η οποία προφανώς οφείλεται στην υδρόλυση που λαμβάνει χώρα στη συγκολλητική ουσία κατά τη διαδικασία της ανάκτησης και η οποία προσδίδει περισσότερο αλκαλικό χαρακτήρα στα ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια.
- Σε ότι αφορά το υλικό των παλιών μοριοπλακών, παρατηρείται μείωση της **εκλυόμενης φορμαλδεΐδης** στα ανακτημένα με υδροθερμικούς χειρισμούς ξυλοτεμαχίδια με την αύξηση του αριθμού των ανακτήσεων.
- Σχετικά με τα ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας, ενώ προ της παραγωγής μοριοπλακών παρουσίασαν πολύ χαμηλά επίπεδα **εκλυόμενης φορμαλδεΐδης** (σε επίπεδα που μπορεί να παρουσιάσει το συμπαγές ξύλο) μετά την 1^η ανάκτηση λόγω της παρουσίας υπολειμμάτων συγκολλητικής ουσίας παρουσίασαν μεγαλύτερα επίπεδα εκλυόμενης φορμαλδεΐδης ενώ μετά τη 2^η ανάκτηση παρουσίασαν (σε σχέση με την 1^η) χαμηλότερα ποσοστά εκλυόμενης φορμαλδεΐδης.
- Τόσο στο υλικό βιομηχανίας όσο και στα απορρίμματα μοριοπλακών, η διαδικασία της 1^{ης} και 2^{ης} ανάκτησης αντίστοιχα επέφερε αύξηση του συνόλου των **εκχυλισμάτων** και ειδικότερα αύξηση της διαλυτότητας σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου. Για τα ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας η διαδικασία της 1^{ης} ανάκτησης επέφερε αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων κατά 59,5% και της 2^{ης} ανάκτησης αύξηση κατά 44,5%. Για τα ξυλοτεμαχίδια που προέκυψαν από απορρίμματα μοριοπλακών η διαδικασία της 1^{ης} ανάκτησης επέφερε αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων κατά 12,6% και της 2^{ης} ανάκτησης αύξηση κατά 45%.
- Για όλα τα εξετασθέντα υλικά οι μεταβολές της **διαλυτότητας σε διχλωρομεθάνιο** δεν ήταν τόσο μεγάλες όσο ήταν για το σύνολο των εκχυλισμάτων.
- Τόσο για τα ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας όσο και για τα ανακτημένα από απορρίμματα μοριοπλακών ξυλοτεμαχίδια οι υδροθερμικοί

χειρισμοί ανάκτησης προκαλούν μείωση της **ολοκυτταρίνης** στο ξύλο. Συγκεκριμένα, για το υλικό βιομηχανίας η 1^η ανάκτηση επέφερε μεταβολή της ολοκυτταρίνης μείωση κατά 8,8% ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της ολοκυτταρίνης επίσης κατά 8,8%. Στο υλικό που προέκυψε από απορρίμματα μοριοπλακών η 1^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της ολοκυτταρίνης κατά 5,9% ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της ολοκυτταρίνης κατά 5,5%.

- Οι υδροθερμικοί χειρισμοί που εφαρμόστηκαν για τις ανακτήσεις υλικών προκάλεσαν πολύ μικρές μεταβολές στα περιεχόμενα ποσοστά της **λιγνίνης**. Συγκεκριμένα, για το υλικό βιομηχανίας η 1^η ανάκτηση επέφερε μείωση της λιγνίνης κατά 5% ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της λιγνίνης κατά 6,7%. Στο υλικό που προέκυψε από απορρίμματα μοριοπλακών η 1^η ανάκτηση προκάλεσε αύξηση της λιγνίνης κατά 1,8% ενώ η 2^η ανάκτηση προκάλεσε μείωση της λιγνίνης κατά 4%.
- Σε ότι αφορά τα ποσοστά της περιεχόμενης **τέφρας** στα εξετασθέντα υλικά προέκυψε ότι αυτά δε φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από τη διαδικασία ανάκτησης.

B. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ

- Οι κατασκευασμένες εργαστηριακές μοριοπλάκες είχαν κατά μέσο όρο την ίδια μέση πυκνότητα και κατά πάχος μεταβλητότητα πυκνότητας (προφίλ πυκνότητας) μεταξύ τους.
- Αυξανόμενου του ποσοστού ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων (συμπεριλαμβανομένων των επικαλύψεων) στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες μειώνεται η αντοχή αυτών σε **εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης**. Συγκεκριμένα, αντικατάσταση των βιομηχανικών από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια σε ποσοστό από 25% έως 100% προκαλεί αντίστοιχα ποσοστιαία μείωση της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό από 3,82% έως 18,16% αντίστοιχα.
- Η αντικατάσταση βιομηχανικού από ανακτημένο υλικό σε ποσοστό ως 35% δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές στην εν λόγω ιδιότητα.
- Οι ανακυκλωμένες μοριοπλάκες τύπου 0A (1^η ανακύκλωση από υλικό βιομηχανίας) και 100A (2^η ανακύκλωση από υλικό παλιών μοριοπλακών) παρουσιάζουν σημαντικά υποδεέστερη αντοχή σε **εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης** σε σύγκριση με τις αρχικές μοριοπλάκες (τύπου 0 και 100 αντίστοιχα). Συγκεκριμένα οι μοριοπλάκες τύπου 0A παρουσιάζουν σε σχέση με τον τύπο 0 υποβάθμιση της εν λόγω ιδιότητας κατά 30,5% ενώ οι μοριοπλάκες τύπου 100A υποβάθμιση σε σχέση με τον τύπο 100 υποβάθμιση κατά 35% και οι μεταβολές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές. Το εύρημα αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατή η χρήση σε ποσοστό 100% ανακτημένων υλικών (τύπου F1 ή R1) για την παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών καθώς έτσι

προκαλείται σημαντική υποβάθμιση της αντοχής τους σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης.

- η αντικατάσταση υδροθερμικά ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων στις επιφανειακές στρώσεις από ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10 και 15% δεν προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της αντοχής σε **εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης** των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.
- Σε ότι αφορά την επίδραση των θρυμματισμένων επικαλύψεων προέκυψε ότι όταν για την παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών χρησιμοποιείται 100% ανακτημένο υλικό, η παρουσία σε αυτό θρυμματισμένων επικαλύψεων προκαλεί, σε σύγκριση με μοριοπλάκες από ανακτημένο υλικό χωρίς επικαλύψεις, στατιστικά σημαντική υποβάθμιση της αντοχής σε **εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης**. Αντίθετα όταν το ποσοστό συμμετοχής του ανακτημένου υλικού είναι 50 και 75% (το υπόλοιπο είναι μη ανακτημένο υλικό βιομηχανίας) η παρουσία επικαλύψεων δεν προκαλεί στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην εν λόγω ιδιότητα.
- Η συμμετοχή των επικαλύψεων στη μεσαία στρώση ανακυκλωμένων μοριοπλακών όπου το ανακτημένο υλικό συμμετέχει κατά 50% προκαλεί σε σχέση με μοριοπλάκες από βιομηχανικό υλικό σημαντικές διαφορές της **αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό μεσαίας στρώσης**. Απομακρύνοντας όμως τις επικαλύψεις από τη μεσαία στρώση δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές των ανακυκλωμένων μοριοπλακών σε σχέση με μοριοπλάκες κατασκευασμένες κατά 100% με βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια. Αυτό σημαίνει ότι το ανακτημένο υλικό, εφόσον από αυτό απομακρυνθούν οι επικαλύψεις που τυχόν φέρουν παλαιές μοριοπλάκες, μπορεί να αντικαταστήσει κατά 50% αυτούσιο ξύλο ξυλοτεμαχιδίων της βιομηχανίας χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά η αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό των παραγόμενων μοριοπλακών.
- Αντικατάσταση του υλικού βιομηχανίας των επιφανειακών στρώσεων από ανακτημένο υλικό (συμπεριλαμβανομένων των επικαλύψεων) σε ποσοστό έως 75% δε μεταβάλλει σημαντικά την **αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων** των ανακυκλωμένων μοριοπλακών. Αντίθετα, στην περίπτωση αμιγούς χρήσης ανακτημένου υλικού (τύπος 100) για την κατασκευή των ανακυκλωμένων μοριοπλακών, παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές της αντοχής σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων σε σχέση με μοριοπλάκες από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια.
- Η 1^η ανακύκλωση μοριοπλακών από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια επιφέρει σημαντικές μεταβολές (μείωση) στην **αντοχή σε εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων** μεταξύ αρχικών και ανακυκλωμένων πλακών. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και στην περίπτωση των ανακτημένων από παλιές ξυλοκατασκευές ξυλοτεμαχιδίων (2^η ανακύκλωση). Η υποβάθμιση της εν λόγω

ιδιότητας είναι μεγαλύτερη στην 2^η περίπτωση των ανακτημένων από παλιές ξυλοκατασκευές ξυλοτεμαχιδίων (μείωση κατά 19,1%) από ότι στην 1^η περίπτωση βιομηχανικών ξυλοτεμαχιδίων (μείωση κατά 7,4%).

- Η αντικατάσταση υδροθερμικά ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων στις επιφανειακές στρώσεις από ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10 και 15% δεν προκαλεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση της **αντοχής εγκάρσιο εφελκυσμό επιφανειακών στρώσεων** των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.
- Η χρήση ανακτημένου υλικού σε οποιαδήποτε αναλογία με υλικό βιομηχανίας στις ανακυκλωμένες μοριοπλάκες δε μεταβάλλει σημαντικά το **μέτρο θραύσης σε στατική κάμψη**.
- Αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια παλιών μοριοπλακών σε ποσοστό έως και 35% δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές αλλαγές στο **μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη**. Αντικατάσταση όμως σε μεγαλύτερα ποσοστά προκαλεί στατιστικά σημαντική βελτίωση της εν λόγω ιδιότητας.
- Η ανακύκλωση μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας δεν προκαλεί σημαντική μείωση του **μέτρου θραύσης σε στατική κάμψη**. Αντίστοιχα σε ότι αφορά τις μοριοπλάκες που προέκυψαν από ανακύκλωση παλιών μοριοπλακών τύπου 100 αυτές παρουσίασαν σημαντικά μικρότερο μέτρο θραύσης σε κάμψη κατά τη 2^η ανακύκλωση.
- Σε ότι αφορά το **μέτρο ελαστικότητας σε στατική κάμψη** οι τύποι 0A και 100A παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές από τους τύπους 0 και 100 αντίστοιχα (στατιστικά σημαντικές). Συγκεκριμένα ο τύπος 0A παρουσίασε αύξηση του μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη (σε σχέση με τον τύπο 0) κατά 31,4% ενώ ο τύπος 100A παρουσίασε (σε σχέση με τον τύπο 100) αύξηση κατά 12,1%
- Η αντικατάσταση σε ποσοστό έως 15% ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων από ανακτημένες ίνες MDF στις επιφανειακές στρώσεις ανακυκλωμένων μοριοπλακών δεν προκαλεί σημαντική μείωση του **μέτρου θραύσης και μέτρου ελαστικότητας σε κάμψη**. Επίσης η αντικατάσταση στις επιφανειακές στρώσεις ανακτημένου υλικού παλιών μοριοπλακών από ανακτημένες ίνες σε ποσοστό 10% και 15% δεν προκαλεί σε σχέση με βιομηχανικές μοριοπλάκες σημαντική διαφοροποίηση στο μέτρο θραύσης σε κάμψη ενώ για το μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη επιφέρει σημαντική αύξηση.
- Σχετικά με την επίδραση του ποσοστού αντικατάστασης ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων από θρυμματισμένες επικαλύψεις στη μεσαία στρώση ανακυκλωμένων μοριοπλακών επί του **μέτρου θραύσης σε στατική κάμψη** δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές της εν λόγω ιδιότητας όταν χρησιμοποιούνται οι επικαλύψεις. Αντίστοιχα, η συμμετοχή των επικαλύψεων για τους τύπους 100 και 75 δεν προκαλεί στατιστικά

σημαντική μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας σε στατική κάμψη. Αντίθετα στον τύπο 50, δηλαδή όταν υπάρχει αντικατάσταση βιομηχανικών ξυλοτεμαχιδίων κατά 50% από ανακτημένα, η παρουσία σε αυτά θρυμματισμένων επικαλύψεων προκαλεί σημαντική αύξηση του μέτρου ελαστικότητας κατά 14,7%.

- Σε ότι αφορά την **κατά πάχος διόγκωση** των εργαστηριακών μοριοπλακών, η αντικατάσταση σε ποσοστό μέχρι 35% των ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια δεν προκαλεί στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και για την **προσρόφηση νερού** για ποσοστό συμμετοχής των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων έως 50%. Αντικατάσταση όμως των βιομηχανικών ξυλοτεμαχιδίων από ανακτημένα σε ποσοστό άνω του 35% επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση (μείωση) της κατά πάχος διόγκωσης των εργαστηριακών μοριοπλακών. Αντίστοιχα, αντικατάσταση σε ποσοστό άνω του 50% επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση της προσρόφησης νερού από τις εργαστηριακές μοριοπλάκες.
- Τόσο η 1^η ανακύκλωση των βιομηχανικών μοριοπλακών όσο και η 2^η ανακύκλωση των μοριοπλακών από παλιά έπιπλα υποβαθμίζει σημαντικά (αυξάνει) τόσο την **κατά πάχος διόγκωση** όσο και την **προσρόφηση νερού** των εργαστηριακών μοριοπλακών.
- Η παρουσία ανακτημένων ινών σε ποσοστό 10 και 15% στα ξυλοτεμαχίδια επιφανειακής στρώσης υποβαθμίζει (αυξάνει) σημαντικά τόσο την **κατά πάχος διόγκωση** όσο και την **προσρόφηση νερού** των εργαστηριακών μοριοπλακών.
- Η παρουσία θρυμματισμένων επικαλύψεων στο ανακτημένο υλικό υποβαθμίζει σημαντικά τόσο την **κατά πάχος διόγκωση** όσο και την **προσρόφηση νερού** των εργαστηριακών μοριοπλακών όταν το ποσοστό ανακτημένου υλικού σε αυτές φτάνει μέχρι 75%. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται αμιγώς ανακτημένο υλικό για την κατασκευή των μοριοπλακών δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στις εν λόγω ιδιότητες εάν χρησιμοποιηθούν στη μεσαία στρώση οι θρυμματισμένες επικαλύψεις.
- Αυξανόμενη της ποσοστιαίας συμμετοχής ανακτημένου υλικού από παλαιές μοριοπλάκες σε εργαστηριακές μοριοπλάκες κατασκευασμένες σε μίξη με υλικό βιομηχανίας η **περιεχόμενη φορμαλδεΐδη** μειώνεται σημαντικά. Συγκεκριμένα η χρήση ανακτημένου υλικού σε ποσοστό 50% μειώνει την περιεχόμενη φορμαλδεΐδη κατά 34% ενώ η πλήρης αντικατάσταση βιομηχανικού από ανακτημένο υλικό επιφέρει βελτίωση της ίδιας ιδιότητας κατά 48%.
- Σε ότι αφορά στην επίδραση των θρυμματισμένων επικαλύψεων, η παρουσία τους στη μεσαία στρώση των ανακυκλωμένων εργαστηριακών μοριοπλακών επιφέρει μικρή αύξηση (περίπου 4%) στην **περιεχόμενη φορμαλδεΐδη**.

- Οι εργαστηριακές μοριοπλάκες 2^{ης} ανακύκλωσης από παλιές μοριοπλάκες παρουσιάζουν χαμηλότερα επίπεδα **περιεχόμενης φορμαλδεΐδης** από αυτές της 1^{ης} ανακύκλωσης. Παρόμοια τάση ισχύει και για τις μοριοπλάκες 1^{ης} ανακύκλωσης από υλικό βιομηχανίας. Συγκεκριμένα η μείωση για τις μοριοπλάκες από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας είναι 59,9% και για τις μοριοπλάκες από ξυλοτεμαχίδια παλιών μοριοπλακών είναι 38,1%.
- Η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας κατά 50% και 100% από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει σημαντική μείωση της **λευκότητας** των μοριοπλακών
- Η ανακύκλωση μοριοπλακών τόσο από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας (0 και 0A) όσο και από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό (100 και 100A) προκαλεί σημαντική μείωση της **λευκότητας**.
- Η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας κατά 50% και 100% από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει σημαντική αύξηση της χρωματικής **μεταβλητής a*** (**βαθμού ερυθρότητας**). Σύγκριση των εργαστηριακών μοριοπλακών τύπου 50 και 100 δείχνει ότι η διαφορά της χρωματικής μεταβλητής a* δεν είναι σημαντική.
- Η ανακύκλωση μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν τόσο από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας όσο και από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό προκαλεί σημαντική αύξηση της **χρωματικής μεταβλητής a***.
- Η αντικατάσταση των ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας κατά 50% και 100% από ξυλοτεμαχίδια ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες επιφέρει σημαντική αύξηση της **χρωματικής μεταβλητής b*** (**βαθμού κιτρινίσματος**). Σύγκριση μεταξύ των εργαστηριακών μοριοπλακών 50 και 100 δείχνει ότι η διαφορά της χρωματικής μεταβλητής b* δεν είναι σημαντική.
- Η ανακύκλωση μοριοπλακών που κατασκευάστηκαν τόσο από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας όσο και από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό προκαλεί σημαντική αύξηση του **βαθμού κιτρινίσματος (χρωματικής μεταβλητής b*)** στην περίπτωση του υλικού βιομηχανίας όσο και στην περίπτωση των ανακτημένου από παλιές μοριοπλάκες υλικού.
- Η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες ξυλοτεμαχίδια σε ποσοστό έως 50% δεν προκαλεί **αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι διαφορές αποχρώσεων**. Αντίθετα αντιληπτές χρωματικές διαφορές συμβαίνουν όταν το υλικό βιομηχανίας αντικατασταθεί σε ποσοστό 100% από ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό, όπως επίσης και στις περιπτώσεις ανακύκλωσης των μοριοπλακών κατασκευασμένων αμιγώς από ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας και

μοριοπλακών κατασκευασμένων αμιγώς από ξυλοτεμαχίδια από παλιές μοριοπλάκες.

- Σε ότι αφορά τα **απόβλητα** που προκύπτουν κατά τη διαδικασία ανάκτησης οι σχετικές μετρήσεις έδειξαν υψηλή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου η οποία είναι υψηλότερη από τα ισχύοντα όρια για το πόσιμο νερό αλλά με βάση τους προσδιορισμούς που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα είναι δυνατή η υπό προϋποθέσεις απόρριψη τους σε επιφανειακά ύδατα.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι υπάρχουν δυνατότητες ανακύκλωσης υλικών από χρησιμοποιημένες μοριοπλάκες καθώς σε ποσοστό ως 35% (και υπό προϋποθέσεις ως 50%) δεν προκαλούν αρνητικές μεταβολές στην ποιότητα των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δίδουν κίνητρα για περαιτέρω διερεύνηση των ακολούθων θεμάτων:

- Την περαιτέρω διερεύνηση των αιτίων της υποβάθμισης της ποιότητας του ανακτημένου υλικού σε σύγκριση με το αρχικό.
- Την σε βάθος διερεύνηση της επίδρασης της οξύτητας των ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων στην ποιότητα των συγκολλήσεων που πραγματοποιούνται κατά την παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών.
- Τη χρησιμοποίηση στην παραγωγή ανακυκλωμένων μοριοπλακών εκτός της ουρίας-φορμαλδεΐδης και άλλων συνθετικών συγκολλητικών ουσιών όπως π.χ. η ουρία-μελαμίνη-φορμαλδεΐδη, η φαινόλη-φορμαλδεΐδη, το PMDI αλλά και κόλλες ταννινών από εκχυλίσματα φλοιού διαφόρων δασικών δένδρων.
- Την πλήρη ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των αποβλήτων που προκύπτουν από τη διαδικασία της ανακύκλωσης όπως επίσης και τις δυνατότητες αξιοποίησης αυτών ούτως ώστε να αποφευχθεί η απόρριψή τους.

Πίνακας 60: Επίδραση της ανακύκλωσης στην ποιότητα των εργαστηριακών πλακών

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	100% ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΑΠΟ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ	100% ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ ΑΠΟ ΞΥΛΟΤΕΜΑΧΙΔΙΑ ΠΑΛΑΙΩΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΩΝ
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ		
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ		
ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ	-	
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ		
ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ		
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ		
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΦΟΡΜΑΛΔΕΪΔΗ		



: Στατιστικά σημαντική βελτίωση της ιδιότητας




: Στατιστικά σημαντική υποβάθμιση της ιδιότητας



: Στατιστικά μη σημαντική επίδραση στην ιδιότητα

Πίνακας 61: Επίδραση του ποσοστού αντικατάστασης ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες ξυλοτεμαχίδια στην ποιότητα των εργαστηριακών πλακών

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	35% (ΜΕ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΣΤΗ ΜΕΣΑΙΑ ΣΤΡΩΣΗ)	50% (ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΙΣ ΣΤΗ ΜΕΣΑΙΑ ΣΤΡΩΣΗ)
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ	-	-
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	-	-
ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ	-	-
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ	-	-
ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ	-	
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	-	-







: Στατιστικά σημαντική βελτίωση της ιδιότητας



: Στατιστικά σημαντική υποβάθμιση της ιδιότητας

- : Στατιστικά μη σημαντική επίδραση στην ιδιότητα

Πίνακας 62: Επίδραση στην ποιότητα των εργαστηριακών πλακών της αντικατάστασης ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων παλιών μοριοπλακών από ανακτημένες ίνες στις επιφανειακές στρώσεις

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	10% ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΕΣ ΙΝΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ	15% ΑΝΑΚΤΗΜΕΝΕΣ ΙΝΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΕΣΑΙΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ	-	-
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΓΚΑΡΣΙΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	-	-
ΜΕΤΡΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ	-	-
ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΚΑΜΨΗ	-	-
ΚΑΤΑ ΠΑΧΟΣ ΔΙΟΓΚΩΣΗ ΣΕ ΝΕΡΟ		
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ		



: Στατιστικά σημαντική βελτίωση της ιδιότητας



: Στατιστικά σημαντική υποβάθμιση της ιδιότητας



: Στατιστικά μη σημαντική επίδραση στην ιδιότητα

7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ABSTRACT

7.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα απορρίμματα μοριοπλακών και ινοπλακών αποτελούν στις μέρες μας σημαντικό μέρος των αστικών απορριμμάτων καθώς χρησιμοποιούνται με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς στην παραγωγή ξυλοκατασκευών εσωτερικών χώρων. Η διαχείρισή των απορριμμάτων τους ήδη προβληματίζει τις σύγχρονες ανεπτυγμένες κοινωνίες. Παρόλα αυτά, μέσω της ανακύκλωσης είναι δυνατό να αποτελέσουν πολύτιμη πρώτη ύλη για παραγωγή νέων ξυλοπλακών και έτσι να βοηθήσουν αφενός στη μερική κάλυψη των αυξημένων αναγκών σε ξύλο και αφετέρου στον περιορισμό προβλημάτων που τα ίδια προκαλούν ως απορρίμματα. Οι σύγχρονες μέθοδοι ανακύκλωσης μοριοπλακών και ινοπλακών περιλαμβάνουν υδροθερμικούς χειρισμούς και έχουν σε μεγάλο βαθμό αντιμετωπίσει προβλήματα προγενέστερων μεθόδων.

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η μελέτη των δυνατοτήτων ανάκτησης (μέσω υδροθερμικών χειρισμών) υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μοριοπλακών και ινοπλακών μέσης πυκνότητας και η χρήση τους στην παραγωγή νέων (ανακυκλωμένων) ξυλοπλακών.

Η έρευνα διεξήχθη σε 3 φάσεις, εκ των οποίων οι πρώτες δύο αποσκοπούσαν στην ανεύρεση των βέλτιστων συνθηκών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων από βιομηχανικές μοριοπλάκες. Συγκεκριμένα, στην 1^η φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε αδρομερής εκτίμηση διαφόρων συνδυασμών συνθηκών ανάκτησης με κριτήριο την ποιότητα του ανακτηθέντος υλικού. Από τη διεξαγωγή της 1^{ης} φάσης προέκυψαν 7 ομάδες συνθηκών με βάση τις οποίες στη 2^η φάση παρήχθησαν ανακυκλωμένες μοριοπλάκες στις οποίες έγινε λεπτομερής έλεγχος ιδιοτήτων. Οι βέλτιστες συνθήκες ανάκτησης που τελικά προέκυψαν από τη 2^η φάση περιλαμβάνουν εμπλοτισμό των μοριοπλακών με νερό σε ποσοστό 45% και υδροθερμικό χειρισμό διάρκειας 10min με κορεσμένο ατμό θερμοκρασίας 150°C. Οι συνθήκες αυτές εφαρμόστηκαν στην 3^η φάση της έρευνας για ανακτήσεις υλικών από μοριοπλάκες και ινοπλάκες και χρήση αυτών στην κατασκευή νέων (ανακυκλωμένων) μοριοπλακών. Συγκεκριμένα ανακτήθηκαν ξυλοτεμαχίδια και επικαλύψεις (πλαστικά φύλλα και ξυλόφυλλα) από παλιές μοριοπλάκες όπως επίσης και ίνες από παλιές ινοπλάκες ξύλινων κατασκευών. Χρησιμοποιώντας τα ως άνω υλικά σε συνδυασμό με ξυλοτεμαχίδια βιομηχανίας σε διάφορες μίξεις κατασκευάστηκαν 13 διαφορετικοί τύποι μοριοπλακών προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του ποσοστού συμμετοχής ανακτημένου από παλιές μοριοπλάκες υλικού (με και χωρίς τις ανακτηθείσες επικαλύψεις) στην ποιότητα των μοριοπλακών. Μελετήθηκε επίσης η επίδραση του ποσοστού συμμετοχής ανακτημένων ινών από παλιές ινοπλάκες στις επιφανειακές στρώσεις μοριοπλακών. Τέλος μελετήθηκε η επίδραση της ανακύκλωσης μοριοπλακών από βιομηχανικά ξυλοτεμαχίδια (100%) και μοριοπλακών από ανακτημένα ξυλοτεμαχίδια παλαιών ξύλινων κατασκευών στην ποιότητα των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Από τα αποτελέσματα της 3^{ης} φάσης της έρευνας προέκυψε ότι η ανάκτηση ξυλοτεμαχιδίων με υδροθερμικούς χειρισμούς επιφέρει σε αυτά μείωση της οξύτητας και της εκλυόμενης φορμαλδεΐδης, προκαλεί αύξηση του συνόλου των εκχυλισμάτων και ειδικότερα αύξηση της διαλυτότητας σε μίγμα αιθανόλης-τολουολίου, ενώ δε φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά το ποσοστό της τέφρας. Επίσης όσο αφορά τα χημικά δομικά συστατικά του ξύλου, οι υδροθερμικοί χειρισμοί ανάκτησης προκαλούν μείωση του ποσοστού της ολοκυτταρίνης αλλά πολύ μικρές μεταβολές της λιγνίνης του ξύλου.

Σε ότι αφορά τις ιδιότητες των πλακών, η συμμετοχή ανακτημένων από παλαιές μοριοπλάκες ξυλοτεμαχιδίων (συμπεριλαμβανομένων των ανακτημένων επικαλύψεων -μετα από θρυμματισμό τους- στη μεσαία στρώση) σε ποσοστό έως 35% δεν παρουσιάζει σημαντικές επιπτώσεις στις κύριες ιδιότητες των ανακυκλωμένων πλακών. Παρομοίως, η συμμετοχή ανακτημένων από παλαιές μοριοπλάκες ξυλοτεμαχιδίων (μετά την αφαίρεση των ανακτημένων επικαλύψεων) σε ποσοστό έως 50% δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Αυξανόμενη της ποσοστιαίας συμμετοχής ανακτημένου υλικού από παλαιές μοριοπλάκες σε εργαστηριακές μοριοπλάκες κατασκευασμένες σε μίξη με υλικό βιομηχανίας η περιεχόμενη φορμαλδεΐδη μειώνεται σημαντικά. Η αύξηση του αριθμού των ανακτήσεων επιφέρει μείωση της περιεχόμενης στις πλάκες φορμαλδεΐδης. Επιπλέον, οι μοριοπλάκες της 1^{ης} ανακύκλωσης (για την περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε 100% υλικό βιομηχανίας) και 2^{ης} ανακύκλωσης (για την περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε 100% ανακτημένο από παλιές μοριοπλάκες υλικό) παρουσιάζουν, με εξαίρεση το μέτρο ελαστικότητας σε κάμψη, σημαντικά υποβαθμισμένη ποιότητα σε σχέση με τις ιδιότητες των αρχικών πλακών. Επιπροσθέτως, η αντικατάσταση των υδροθερμικά ανακτημένων ξυλοτεμαχιδίων στις επιφανειακές στρώσεις από ανακτημένες ίνες (MDF) σε ποσοστό 10 και 15% δεν προκαλεί σημαντική μεταβολή στις μηχανικές αλλά υποβαθμίζει σημαντικά τις υγροσκοπικές ιδιότητες των ανακυκλωμένων μοριοπλακών.

Σε ότι αφορά τις μεταβολές χρώματος, η αντικατάσταση ξυλοτεμαχιδίων βιομηχανίας από ανακτημένα από παλιές μοριοπλάκες ξυλοτεμαχίδια σε ποσοστό ως 50% δεν προκαλεί αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι διαφορές αποχρώσεων. Τέλος, σε ότι αφορά τα απόβλητα που προκύπτουν κατά τη διαδικασία ανάκτησης προσδιορίστηκε υψηλή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου η οποία είναι υψηλότερη από τα ισχύοντα όρια για το πόσιμο νερό. Όμως είναι δυνατή (όσο αφορά τα προσδιορισθέντα συστατικά) η υπό προϋποθέσεις απόρριψη των αποβλήτων σε επιφανειακά νερά. Οι τιμές των υπόλοιπων ιόντων που προσδιορίστηκαν στα απόβλητα (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) δεν υπερβαίνουν τις ανώτερες επιτρεπτές τιμές σχετικών προδιαγραφών.

7.2 ABSTRACT

The particleboard and fibreboard waste constitutes in our days an important part of urban waste stream because they are used in increasing amounts for the production of interior wood constructions. The management of such waste already troubles the modern societies. Nevertheless, via recycling it is possible this waste material to constitute a valuable resource for the production of new wood based panels thus helping on one part in the partial satisfaction of increased needs for wood and on the other part in the restriction of problems caused by these materials when they are landfilled. The modern particleboard and fibreboard recycling processes include hydrothermal treatments and to a large extent have dealt with problems involved in previous related recovery methods.

The aim of the present thesis was to study the possibility of applying hydrothermal treatments for the recovery of raw materials used in the production of particleboards and medium density fibreboards and their reuse in the production of new (recycled) boards.

The research was carried out in 3 phases, the first two of which aimed at finding out the optimal conditions for recovery of wood particles from industrial particleboards. In particular, the 1st phase of research was carried out in order to roughly estimate the efficiency of various recovery conditions using as criterion the quality of the recovered material. From the 1st phase 7, groups of recovery conditions arised, which were applied in the 2nd phase. In this phase, recycled particleboards were produced from the recovered materials and their properties were evaluated. The optimal recovery conditions that finally resulted included particleboard impregnation with water (45% retention) and 10min hydrothermal treatment with saturated steam at a temperature of 150°C. These conditions were applied in the 3rd phase of research for the recovery of raw materials from particleboards and fibreboards derived from old wooden constructions and their utilization in the production of new (recycled) particleboards. Particularly, wood particles and coverings (plastic coverings and veneers) from old particleboards as well as fibres from old medium density fibreboards were recovered. Using the above materials in various combinations with fresh wood particles, 13 different types of particleboards were produced. The properties of the produced boards were determined in order to study the effect that the participation of recovered material (with and without the recovered coverings) has on the quality of the boards. Also studied was the effect of the participation of recovered fibres, when used in the surface layers in mixture with recovered particles, on the quality of the boards. Finally, also studied was the effect of recycling on the quality of particleboards made on one hand of 100% fresh wood particles and on the other hand of 100% recovered material from old particleboards.

The results of the 3rd research phase show that the wood particle recovery with hydrothermal treatments caused a reduction of their acidity and

formaldehyde emission, an increase of the total extract content and more specifically an increase of ethanol-toluene solubility, while it does not appear to considerably influence the ash content. Regarding the chemical structural components of wood, the hydrothermal treatments caused a reduction of holocellulose and minor alteration of lignin content.

In regard to the board properties, the participation of old particleboard recovered material (including the crushed recovered coverings in the core layer) up to 35% do not have substantial influence on the main properties of the recycled boards. Similarly, percentages of old particleboard recovered material (after removing of recovered coverings) up to 50% do not negatively influence the quality of the recycled particleboards.

By increasing the participation amounts of old particleboard recovered material in laboratory particleboards (manufactured by fresh material), a considerable decrease of board formaldehyde content occurred. Repeated recycling procedure caused a further reduction of boards formaldehyde content.

Moreover, both recycled boards made with 100% fresh material and recycled boards made with 100% recovered material from old particleboards presented, with the exception of the modulus of elasticity in bending, considerably downgraded quality compared to the properties of initial boards.

In addition, the replacement of hydrothermally recovered wood particles in the surface layers by recovered fibres in a proportion of 10 and 15% does not cause important change in mechanical but considerably downgrades the hygroscopic properties of the recycled particleboards.

Regarding colour changes, the replacement of fresh wood particles by old particleboard recovered material in rates up to 50% did not cause colour differences perceptible by the human eye. Finally, concerning the waste generated during the applied recovery process it was found out that it contains high concentration of ammonium ions which seems to exceed the current marginal values for tap water in Greece. However, it could, under terms, be possible (regarding the determined constituents) to reject the waste in surface waters. The values of the other ions detected in the waste (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) did not exceed the marginal values of related Greek standards.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alpar T., Hatano Y. and T. Shibusawa, 2007. Hydrolysis of the Adhesives and Reconditioning of Compressed Wood-Cells During Recycling of Particleboard and Fiberboard by Hydrothermal Process. In Proceedings of: 3rd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood, Strategies Reaching a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Klagenfurt, Austria. University Studio Press, pp. 309-315
2. Aoyama M., 1996. Steaming treatment of bamboo grass. II. Characterization of solubilized hemicellulose and enzymatic digestibility of water-extracted residue. *Cellulose Chemistry Technology* 30, pp. 385-393
3. Aoyama M., Seki K. and N. Saito 1995. Solubilization of bamboo grass xylan by steaming treatment. *Holzforschung* 49, pp. 193-196
4. ASTM Standard D1102-84 (reapproved 2001). Standard test Method for Ash in Wood. Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Vol. 04.10: Wood. American Society for Testing and Materials
5. ASTM Standard D1105-96 (reapproved 2001). Standard test Method for Preparation of Extractive Free Wood. Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Vol. 04.10: Wood. American Society for Testing and Materials
6. ASTM Standard D1106-96 (reapproved 2001). Standard test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood. Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Vol. 04.10: Wood. American Society for Testing and Materials
7. ASTM Standard D1107-96 (reapproved 2001). Standard test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood. Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Vol. 04.10: Wood. American Society for Testing and Materials
8. ASTM Standard D1108-96 (reapproved 2001). Standard test Method for Dichloromethane Solubles in Wood. Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Vol. 04.10: Wood. American Society for Testing and Materials
9. Athanassiadou E., Roffael E. and G. Mantanis, 2005. Medium Density Fiberboards (MDF) from Recycled Fibres. In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 248-261
10. Barbu M., 2006. Wood processing industry at the beginning of the new millennium. In proceedings of: Wood Resources and Panel Properties, COST Action E44-E49 Conference, 12-13 June 2006, Valencia, Spain, pp. 231-245

11. Barboutis J. and J. Philippou, 2007. Evergreen Mediterranean hardwoods as particleboard raw material. *Building and Environment*, Volume 42, Issue 3, pp. 1183-1187
12. Beaudoin R., 1996. Reclaiming the Urban Forest. In proceedings of: *The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications*, Forest Products Society, September 1996, Madison, Wisconsin, USA, pp. 49-52
13. Bekhta P. and P. Niemz, 2003. Effect of high temperature on the change in colour, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung* 57, pp. 539–546
14. Bera, S., Pillai, C. and K. Satyanarayana, 1985. Lignin in Spent Liquor as a Source of Polymeric Resin/Adhesive. *Journal of Scientific and Industrial Research* 44(11), pp. 599-606
15. Blankenhorn, P. Labosky Jr., M. DiCola and L.R. Stover, 1994. Compressive strength of hardwood–cement composites, *Forest Products Journal* 44(4), pp. 59–62
16. Bobleter O. and H. Binder, 1980. Dynamischer hydrothermalmer Abbau von Holz. *Holzforschung* 34, pp. 48–51
17. Boehme C., Michanickl A., 1998. Process for recovering chips and fibers from residues of timber-derived materials, old pieces of furniture, production residues, waste and other timber containing materials. Patent No: US5804035, EP 0697941
18. Boonstra M. and B. Tjeerdsma, 2006. Chemical analysis of heat treated softwoods. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64, pp. 204-211
19. Boonstra M., Pizzi A., Zomers F., Ohlmeyer M. and W. Paul, 2006. The effects of a two stage heat treatment process on the properties of particleboard. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64, pp. 157-164
20. Boonstra M., Van Acker J. and E. Kegel, 2007A. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science* 64, pp. 679–690
21. Bourgois J. And R. Guyonnet, 1988. Characterization and analysis of torrefied wood. *Wood Science and Technology* 22, pp. 143–155
22. Bowyer J. and V. Stockmann, 2001. Agricultural Residues, An Exciting Bio-Based Raw Material for the Global Panels Industry. *Forest Products Journal*, Vol. 51, No 1, pp. 10-21
23. Brauner A. and E. Conway, 1964. Steaming Walnut for Color. *Forest Products Journal* 14, pp. 525-527
24. Brown S., 1990. Hydrolysis and Durability of Urea Formaldehyde Foam Insulation. *Polymer Degradation and Stability* 27, pp. 121-143
25. Bujanovic B., Danon G. and B. Kolin, 2000. Investigations of the composition of beech wood steaming effluents. *Drevarsky Vyskum* 45, pp. 1–8

26. Burmester A. and W. Wille, 1976. Quellungsverminderung von Holz in Teilbereichen der relativen Luft-feuchtigkeit. Holz als Roh- und Werkstoff 34, pp. 87–90
27. Burmester A., 1973. Einfluss einer Wärme-Druck-Behandlung halbtrockenen Holzes auf seine Formbeständigkeit. Holz als Roh- und Werkstoff 31, pp. 237–243
28. Burmester A., 1975. Zur Dimensionsstabilisierung von Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 33, pp. 333–335
29. Cai L., Wang F. and J. Li, 1995. Optimum steam pretreating technique of chips for manufacturing of particleboards. Holz als Roh- und Werkstoff 53, pp. 21-23
30. Campbell M. and R. Coutts, 1980. Wood fiber–reinforced cement composites, Journal of Material Science 15 , pp. 1620–1970
31. Carrasco F. and C. Roy 1992. Kinetic study of dilute-acid prehydrolysis of xylan-containing biomass. Wood Science and Technology 26, pp. 189–208
32. Chen P. and E. Workman, 1980: Effect of Steaming on Some Physical and Chemical Properties of Black Walnut Heartwood. Wood and Fiber, 11(4), pp. 218-227
33. Czarnecki R., Dziurka D. and J. Łęcka, 2003. The Use Of Recycled Boards As The Substitute For Particles In The Centre Layer Of Particleboards. Electronic Journal Of Polish Agricultural Universities, Volume 6, Issue 2
34. Czarnecki R., Dziurka D. and J. Łęcka, 2005. The Use Of Recycled Boards As The Substitute For Particles In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 304-310
35. Davis W. and W. Thompson, 1964. Influence of Thermal Treatments of Short Duration on the Toughness and Chemical Composition of Wood. Forest Products Journal , Vol. 14, pp. 350-356
36. Deaner M. and K. Heikkila, 1996. Waste Wood Fiber-Plastic Composites in Window Applications. In proceedings of: The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications, Forest Products Society, September 1996, Madison, Wisconsin, USA, pp. 57-59
37. Deppe H. and O. Jann, 1994. Recycling of waste wood in Germany. In Proceedings of: 28th International Particleboard/ Composite Materials Symposium. Pullman, Washington, USA, pp. 231-241
38. Dietrichs H., Sinner H. and J. Puls, 1978. Potential of steaming hardwoods and straw for feed and food production. Holzforschung 32, pp. 193–199
39. Digernes V., Ophus E., 1996. Life cycle assessment of a UF resin for particleboard. Proceedings of the 3rd Eurowood symposium, Braunschweig, Germany

40. Dix B., Schafer M. and E. Roffael, 2001A. Using fibers from waste fiberboards pulped by a thermo-chemical process to produce medium density fiberboard (MDF), Holz als Roh und Werkstoff 59(4), pp. 276
41. Dix B., Schafer M. and E. Roffael, 2001B. Using fibers from waste particleboard and fiberboards pulped by a chemo-thermo-mechanical process to produce medium density fiberboard (MDF), Holz als Roh und Werkstoff 59(4), pp. 299–300
42. Dunky M. and P. Niemz, 2002. Holzwerkstoffe und Leime. Technologie und Einflussfaktoren, Springer-Verlag Berlin
43. Ellis S. and L. Paszner, 1994. Activated selfbonding of wood and agricultural residues. Holzforschung 48, pp. 82–90
44. EN 120:1992. Wood-based panels - Determination of formaldehyde content. Extraction method called the perforator method
45. EN 310:1993. Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength
46. EN 311:1992. Particleboards. Surface soundness of particleboards
47. EN 312:2003. Particleboards – Specifications
48. EN 317:1993. Particleboards and Fibreboards - Determination of swelling in thickness after immersion in water
49. EN 319:1993. Particleboards and Fibreboards - Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board
50. EN 323:1993. Wood-based panels - Determination of density
51. EN 71-3:1994. Safety of toys - Part 3: Migration of certain elements
52. EN 717.03: 1997. Wood-based panels – Determination of formaldehyde release – Part 3: Formaldehyde release by the flask method
53. European Panel Federation, 2002. EPF Standard for Delivery Conditions of Recycled Wood. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.europanel.org/pdf/Environment_WoodRecycling_Standard_1.pdf
54. European Panel Federation, 2005. EPF Annual Report 2004-2005, Brussels, June 2005
55. Falk B., 1997. Wood Recycling, Opportunities for the Woodwaste Resource. Forest Products Journal, Vol. 47, No 6, pp. 17-22
56. FAOSTAT, 2008. <http://faostat.fao.org>
57. Feng Z., Alén R. and K. Niemelä, 2002. Formation of aliphatic carboxylic acids during Soda-AQ pulping of Kenaf bark. Holzforschung 56, pp. 388–394
58. Fengel D. and G. Wegener, 1976. Holzchemisches Praktikum. Institut fuer Holzforschung. Muenchen

59. Fengel D. and G. Wegener, 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter & Co, Berlin New York
60. Fleischer O., Marutzky R., 2000. Hydrolyse von Harnstoff-Formaldehyd-Harzen: Auflösung des Spangefüges in Holzwerkstoffen durch hydrolytischen Abbau der Leimfuge. Holz als Roh- und Werkstoff 58, pp. 295-300
61. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005. Trends In Wood Products 1961– 2003, Rome, FAO
62. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. Global Forest Resources Assessment 2005, Progress towards sustainable forest management, Rome, FAO
63. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007. State of the World's Forests, Rome, FAO
64. Fourcade T., 2005. The Waste and Resources Action Programme - Growing Wood Recycling in the U.K., In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 142-149
65. Franke R., Roffael E., 1998A. Zum Recycling von Span- und MDF-Platten, Teil 1: Über die Hydrolyseresistenz von ausgehärteten Harnstoff-Formaldehydharzen (UF-Harzen) in Span- und mitteldichten Faserplatten (MDF). Holz als Roh- und Werkstoff 56, pp. 79-82
66. Franke R., Roffael E., 1998B. Zum Recycling von Span- und MDF-Platten. Teil 2: Einfluß der thermischen Behandlung von zerkleinerten UF-gebundenen Span- und MDF-Platten sowie Kiefernspänen auf die Formaldehyd- und Ammoniakabgabe. Holz als Roh- und Werkstoff 56, pp. 381-385
67. Freeman H. and R. Kreibich, 1968. Estimating Durability of Wood Adhesives in Vitro. Forest Products Journal Vol.18, No 7, pp. 39-43
68. Frühwald A., 2008. Recovered Wood in Germany - Problem or Success - ?. Enhanced durability focussing on differences in end-use related requirements. COST E37 Workshop, Heraklion/Greece 22.04. 2008
69. Garrote G., Dominguez H. and J. Parajó, 2001. Study on the deacetylation of hemicelluloses during the hydrothermal processing of Eucalyptus wood. Holz als Roh- und Werkstoff 59, pp. 53–59
70. Garrote G., Dominiguez H., and J. Parajó, 1999. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. Holz als Roh- und Werkstoff 57, pp. 191–202
71. Garrote G., Eugenio M. E., Diaz M. J., Ariza J. and F. Lopez, 2003. Hydrothermal and pulp processing of Eucalyptus, Bioresource Technology Volume 88, Issue 1, pp. 61-68

72. Gerardin P., Petric M., Petrisans M., Lambert J. and J. Ehrhardt, 2007. Evolution of wood surface free energy after heat treatment. *Polymer Degradation and Stability* 92, pp. 653–657
73. Giebeler E., 1983. Dimensionsstabilisierung von Holz durch eine Feuchte/Wärme/Druck-Behandlung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 41, pp. 87–94
74. Ginzel W., 1971. Zum chemisch-hydrolytischen Abbau von Harnstoff-Formaldehydharz in Spanplatten nach dreijähriger Bewitterung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 29, pp. 301-305
75. Ginzel W., 1973. Zur Frage der Hydrolyse harnstoffharzgebundener Holzspanplatten. *Holz als Roh- und Werkstoff* 31, pp. 18-24
76. Grigoriou A. and C. Passialis, 1994. Verwendung von Astholz der Obstbaumplantagen für die Herstellung von Spanplatten (Utilization of branch-wood from fruit tree plantations for particleboard production). *Holz als Roh- und Werkstoff* 52, pp. 126-130
77. Grigoriou A., 2000. Straw-wood composites bonded with various adhesive systems. *Wood Science and Technology* 34, pp. 355-365
78. Grigoriou A., Pasialis C. and E. Voulgaridis, 2000. Experimental particleboards from Kenaf plantations grown in Greece. *Holz als Roh- und Werkstoff* 58, pp. 309-314
79. Hague J., McLauchlin A. and R. Quinney, 1998. Agri-Materials for Panel Products: A Technical Assessment of their Viability. *Proceedings of the 32nd International Particleboard/ Composite Materials Symposium*. Pullman, Washington, pp. 151-159
80. Haslett A., Davy B., Dakin M. and R. Bates, 1999: Effects of Pressure Drying and Pressure Steaming on Warp and Stiffness of Radiata Pine Lumber. *Forest Products Journal*, Vol. 49, No 6, pp. 67-71
81. Heebing B. and F. Hefty, 1969. Treatments to Reduce Thickness Swelling of Phenolic-Bonded Particleboard. *Forest Products Journal* 19(11), pp. 17-26
82. Hennecke U. and E. Roffael, 2005. Charakterisierung einiger auswaschbarer stoffe in thermomechanisch gewonnenen holzstoffen der buche. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63, pp. 408-413
83. Hesch R., 2002. Method and apparatus for breaking down used materials into reusable components, particularly for recycling wood products, used furniture, automobile composite materials and similar products. Patent No: US2002170989
84. Hillis W., 1984. High temperature and chemical effects on wood stability. Part 1, General considerations. *Wood Science and Technology* 18, pp. 281–293
85. Hsu W., Schwald W., Schwald J. and J. Shields, 1988. Chemical and physical changes required for producing dimensionally stable wood-

- based composites. Part 1: Steam pretreatment. *Wood Science and Technology* 22, pp. 281-289
86. <http://unfccc.int>
 87. <http://www.envirofibre.co.uk>
 88. <http://www.wki.fraunhofer.de>
 89. Irle M., Adcock T. And N. Sekino, 1998. The Rheological Behaviour and Dimensional Stability of Steam Pre-treated Particles. Proceedings of the 2nd Panel Products Symposium. Llandudno, Wales, UK, pp. 24-29
 90. Irle M., Belloncle C. and B. Caron, 2006. The effects of sample preparation on observed metal content of recovered wood. In proceedings of: Wood Resources and Panel Properties, COST Action E44-E49 Conference, 12-13 June 2006, Valencia, Spain, pp. 45-48
 91. Johansson D. and T. Morén, 2006. The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 64, pp. 104-110
 92. Jones D. and V. Enjily, 2006. The Potential for Modified Materials in the Panel Products Industry – Properties and Availability. In proceedings of: Wood Resources and Panel Properties, COST Action E44-E49 Conference, 12-13 June 2006, Valencia, Spain, pp. 23-30
 93. Jungmeier G., Holzmann M., Enziger P. and J. Spitzer, 2005. Recovered wood management in Austria – Amounts, qualities, treatment, utilization. In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 75-93
 94. Kaar W., Cool L., Merriman M. and D. Brink, 1991. The complete analysis of wood polysaccharides using HPLC. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 11, pp. 447-463
 95. Kamdem D., Pizzi A. and M. Triboulot, 2000. Heat-Treated Timber: Potentially Toxic Byproducts Presence and Extent of Wood Cell Wall Degradation. *Holz als Roh- und Werkstoff* 58, pp. 253–257
 96. Kearley V. and G. Goroyias, 2004. Wood Panel Recycling at a Semi-Industrial Scale. Proceedings of the 8th Panel Products Symposium, Llandudno, Wales, UK. pp. 7-18
 97. Kearley V., Brown M. and J. Bonigut, 2005. Management options for treated wood waste and wood panel waste. In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 111-141
 98. Keener H., Dick W., Marrug C. and R. Hansen, 1994. Composting Spend Press-Molded, Wood Fiber Pallets Bonded with Urea-Formaldehyde: A

Pilot Scale Evaluation. Compost Science and Utilization, Vol.2, No 3, pp. 73-82

99. Kehr E., G. Riehl, E. Roffael and B. Dix, 1993(B). Feuchtebeständigkeit und Hydrolyseresistenz von Holz-zu-Holz-Bindungen in Spanplatten, hergestellt mit formaldehydarmen modifizierten Harnstoff-Formaldehydharzen unter Einsatz verschiedener Härtungsbeschleunigersysteme. Teil 2: Herstellung und Eigenschaften von mit unmodifizierten Harnstoff-Formaldehydharzen (UF-Harze) hergestellten Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 51, pp. 365-372
100. Kehr E., M. Scheithauer and E. Hoferichter, 1993(A). Feuchtebeständigkeit und Hydrolyseresistenz von Holz-zu-Holz-Bindungen in Spanplatten, hergestellt mit formaldehydarmen modifizierten Harnstoff-Formaldehydharzen unter Einsatz verschiedener Härtungsbeschleunigersysteme. Teil 1: Eigenschaften von unmodifizierten und modifizierten Harnstoff-Formaldehydharzen (UF-Harze). Holz als Roh- und Werkstoff 51, pp. 197-207
101. Kelly M. W., 1970. Formaldehyde odor and release in particleboard. Proceedings of the Washington State University Particleboard Symposium, No 4. Pullman, Washington WSU
102. Kharazipour A., Hüttermann A., 1997. Biologische Verfahren zum Rezyklisieren von Holzwerkstoffen. Recyclingkonzepte in der Holzwerkstoffindustrie. Pachnicke, Göttingen.
103. Klauditz W. and G. Stegmann, 1955. Beiträge zur Kenntnis des Ablaufes und der Wirkung thermischer Reaktionen bei der Bildung von Holzwerkstoffen. Holz als Roh- und Werkstoff 13, pp. 434–440
104. Kolin B. and G. Danon, 1997. Temperature as a factor of reduction of hygroexpansion and increase of dimensional stability of wood. In Proceedings of: The 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology, Belgrade, Serbia/Yugoslavia, Vol. 1, pp. 347-351
105. Kollmann F. and A. Schneider, 1963. Über das Sorptionsverhalten wärmebehandelter Hölzer. Holz als Roh- und Werkstoff 21, pp. 77–85
106. Kollmann F. and D. Fengel, 1965. Änderungen der chemischen Zusammensetzung von Holz durch thermische Behandlung. Holz als Roh- und Werkstoff 23, pp. 461–468
107. Kotilainen R., Toivanen T. and R. Alen, 2000. FTIR Monitoring of Chemical Changes in Softwood during heating. Journal of Wood Chemistry and Technology, 20(3), pp. 307-320
108. Kubinsky E. and G. Ifju, 1973. Influence of steaming on the properties of red oak. Part I. Structural and chemical changes. Wood Science 6, pp. 87–94
109. Kubinsky E., 1971. Influence of steaming on the properties of Quercus rubra L. wood. Holzforschung 25, pp. 78-83

110. Kubojima Y., Okano T. and M. Ohta, 2000. Bending strength and toughness of heat-treated wood. *Journal of Wood Science* 46, pp. 8–15
111. Kuerschner K. and A. Melcerova, 1965. Ueber die chemischen Veraenderungen des Buchenholzes bei thermischer Behandlung. *Holzforschung* 19, pp. 161-171
112. Kuersten E. and H. Militz, 2004. Possibilities for the use of the different types of wood residues as raw material. In *Proceedings of: European COST E31 Conference: Management of Recovered Wood. Recycling, Bioenergy and other Options*. Thessaloniki, Greece. University Studio Press, pp. 190-203
113. Le Fur X., Galhac M., Zanetti M. and A. Pizzi, 2004. Recycling melamine-impregnated paper waste as board adhesives. *Holz als Roh- und Werkstoff* 62, pp. 419-423
114. Ledig S., Slavik I., Broege M. And N. Mollekopf, 2004. Characterization of effluent from direct and indirect steaming of beech timber. *Holz als Roh- und Werkstoff* 62, pp. 346-348
115. Lee A. and P. Short, 1989. Pretreating hardwood for cement-bonded excelsior board, *Forest Products Journal* 39(10), pp. 68–70
116. Liiri O. and A. Kivistö, 1981. Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit von Spanplatten. *Holz als Roh- und Werkstoff* 39, pp. 249-252
117. Maloney M., Chapman T. and A. Baker, 1986. An engineering analysis of the production of xyloses by dilute acid hydrolysis of hard wood hemicelluloses. *Biotechnology Progress* 52, pp. 192–202
118. Maloney T., 1993. *Modern Particleboard and dry process Fiberboard manufacturing*. Updated Edition, Miller Freeman Inc
119. Mantanis G. Athanassiadou E., Coutinho A. and P. Nakos, 2004. A New Recycling Process for Waste Panels. In *Proceedings of: European COST E31 Conference: Management of Recovered Wood. Recycling, Bioenergy and other Options*. Thessaloniki, Greece. University Studio Press, pp. 204-210
120. Marutzky R. and E. Roffael, 1977. Über die Abspaltung von Formaldehyd bei der thermischen Behandlung von Holzspänen. *Holzforschung* 31, pp. 8–12
121. Marutzky R. and E. Schriever, 1986. Emissionen bei der Verbrennung von Holzspanplattenresten. *Holz als Roh- und Werkstoff* 44, pp. 185-191
122. Marutzky R. and E. Schriever, 1988. Emissionsanforderungen an mit Spanplattenresten betriebene Feuerungsanlagen und Möglichkeiten der Einhaltung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 46, pp. 383-388
123. Matthews B., 1997. The Use of Reclaimed Timber. In *Proceedings of: The 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology*, Belgrade, Serbia/Yugoslavia, Vol. 1, pp. 548-554

124. Mayer I., Koch G. and J. Puls, 2007. Chemical investigations on boiling processwaters in face veneer production. *Holz als Roh- und Werkstoff* 65, pp. 315-320
125. McGinnes A. and H. Rosen, 1984: Macroscopic and Microscopic Analyses of Colour Changes of Wood Pressure Steam – Dried Above Atmospheric Pressure. *Wood and Fiber Science*, 16(1), pp. 48-56
126. McKeever D., 1996. Resource Potential of Solid Wood Waste in the United States., In proceedings of: *The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications*, Forest Products Society, September 1996, Madison, Wisconsin, USA, pp. 13-20
127. McKeever D., Youngquist J. and B. English, 1995. Sources and availability of recovered wood and fiber for composite products. *Proceedings of the 29th International Particleboard/ Composite Materials Symposium*. Washington State University pp. 197-214
128. Merl A., Humar M., Okstad T., Picardo V., Ribeiro A. and F. Steierer, 2007. Amounts of Recovered Wood in COST E31 Countries and Europe. In *Proceedings of: 3rd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood, Strategies Reaching a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe*. Klagenfurt, Austria. University Studio Press, pp. 79-116
129. Meyer B. and C. Boehme, 1995. Massivholz und Formaldehyd. *Holz als Roh- und Werkstoff* 53, pp. 135
130. Michanickl A. and C. Boehme, 1996. Wiedergewinnung von Spänen und Fasern aus Holzwerkstoffen. *Soderdruck aus HK Holz- und Kunststoffverarbeitung* 4/96, pp. 50-55
131. Michanickl A., 1996A. The Material Utilization of Products Made from Wood-based panels. *Proceedings of the 3rd Eurowood Symposium*, Braunschweig, Germany. pp. 1-5
132. Michanickl A., 1996B. Recovery of Fibers and Particles from Wood-Based Products. In proceedings of: *The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications*, Forest Products Society, September 1996, Madison, Wisconsin, USA, pp. 115-119
133. Michanickl A., Boehme C., 2003. Method for recovering chips and fibers of bonded wood materials involves passing of steam through a vessel with such materials which have been soaked with a heated impregnation solution. Patent No: DE10144793, WO03026859
134. Mitsui K., Takada H., Sugiyama M. and R. Hasegawa, 2001. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment: Part 1. Effect of treatment conditions on the change in colour. *Holzforschung* 55, pp. 601–605
135. Moeller A., 1993. Flat or curved semi-finished or finished wood products for packing industry-comprises thin scale like elements of waste wood or

wood shavings laid in overlapping parallel rows where contacting areas are glued. Patent No: DE4201201

136. Mohebbi B, Ilbeighi F. and S. Kazemi-Najafi, 2008. Influence of hydrothermal modification of fibers on some physical and mechanical properties of medium density fiberboard (MDF). *Holz als Roh- und Werkstoff* 66, pp. 213-218
137. Moslemi A., Garcia J. and A. Hofstrand, 1983. Effect of various treatments and additives on wood–Portland cement–water system, *Wood and Fiber Science* 15(2), pp. 164–176
138. Na J., Ronze D. and A. Zoulalian, 1996. Characterization of hydrolytic degradation of U-F joints through apparent diffusivity. *Wood and Fiber Science*, 28(4), pp. 411-421
139. Nakos P. and E. Roffael, 1998. Recycling of Old Wood- and Composite Wood Based Particles. In *Proceedings of: 2nd Panel Products Symposium*. Llandudno, Wales, UK
140. Neusser H. and W. Schall, 1970. Versuche zur Erfassung von Hydrolyseerscheinungen in Spanplatten. *Holzforschung und Holzverwertung* 22(6), pp. 116-120
141. Nikitin N., 1966. *The Chemistry of Cellulose and Wood*. Academy of Sciences of the USSR, Institute of High Molecular Compounds. Translated by J. Schmorak, Israel Program for Scientific Translations
142. Noack D., 1969. Über die Heisswasserbehandlung von Rotbuchenholz im Temperaturbereich von 100 bis 180 °C. *Holzforsch Holzverwert* 21(5), pp. 118–124
143. Nuopponen M., Vuorinen T., Jämsä S. and P. Viitaniemi, 2003. The effects of a heat treatment on the behaviour of extractives in softwood studied by FTIR spectroscopic methods. *Wood Science and Technology* 37, pp. 109-115
144. Oltean L, Teischinger A. και C. Hansmann, 2008. Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure. *Holz Als Roh- und Werkstoff* 66: 51–56
145. PAS 104:2004. Wood recycling in the panelboard manufacturing industry. Specification for quality and guidance for good practice for the supply of post consumer wood for consumption in the manufacture of panelboard products
146. Paul W., Ohlmeyer M. and H. Leithoff, 2007. Thermal modification of OSB-strands by a one-step heat pre-treatment – Influence of temperature on weight loss, hygroscopicity and improved fungal resistance. *Holz als Roh- und Werkstoff* 65, pp. 57-63
147. Petrissans M., Gerardin P., El Bakali I. and M. Serraj, 2003. Wettability of Heat-Treated Wood. *Holzforschung* 57, pp. 301–307

148. Pfleiderer Unternehmensverwalt, 1994. Method of recycling wood materials. Patent No: EP0581039, DE4224629
149. Pfleiderer Unternehmensverwalt, 1994. Method of recycling wood materials. Patent No: EP0581039, DE4224629
150. Pizzi A., 1983. Wood adhesives. Chemistry and Technology. Marcel Dekker, Inc.
151. Pizzi A., 1989. Wood Adhesives, Chemistry and Technology, Volume 2. Marcel Dekker, Inc
152. Pizzi A., 1994. Advanced wood adhesives technology. Marcel Dekker, Inc.
153. Plath E. and L. Plath, 1955. Papierchromatographische Untersuchungen an Dämpfkondensaten von Rotbuche. Holz als Roh- und Werkstoff 13, pp. 226–237
154. Powell J., 1996. What's Driving Wood and Fiber Recycling? In proceedings of: The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications, Forest Products Society, September 1996, Madison, Wisconsin, USA, pp. 3-5
155. Qi H. Cooper P. and H. Wan, 2006. Effect of carbon dioxide injection on production of wood cement composites from waste medium density fiberboard (MDF). Waste management 26, pp. 509-515
156. Reiterer A. and G. Sinn, 2002. Fracture behaviour of modified spruce wood: a study using linear and nonlinear fracture mechanics. Holzforschung 56, pp. 191–198
157. Riddiough S. and V. Kearley, 2001. Wood-Based Panels: Real Potential for Recycling Success. Proceedings of the 5th Panel Products Symposium, Llandudno, Wales, UK. pp. 321-327
158. Riddiough S., 2002. Wood Panel Recycling: An Introduction to the Fibresolve Process. Proceedings of the 6th Panel Products Symposium, Llandudno, Wales, UK. pp.159-166
159. Ringena O., Janzon P., Pfizenmayer G., Schulte M. and R. Lehnen, 2006. Estimating the hydrolytic durability of cured wood adhesives by measuring formaldehyde liberation and structural stability. Holz als Roh- und Werkstoff 64, pp. 321-326
160. Risholm-Sundman M. and E. Vestin, 2005. Emissions during combustion of particleboard and glued veneer. Holz als Roh- und Werkstoff 63, pp. 179-185
161. Roffael E. and R. Franke, 1995. On Recycling of Wood-Based Panels. In Proceedings of: IUFRO XX World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland (www.metla.fi/iufro/iufro95abs/d5pap69.htm)
162. Roffael E. and K. Schaller, 1971. Einfluss thermischer Behandlung auf Cellulose. Holz als Roh- und Werkstoff 29, pp. 275-278

163. Roffael E. and R. Kraft, 2004. Zum thermohydrolytischen Abbau von UF-Harzen in Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 62, pp. 155-156
164. Roffael E., 1996. Process for the fabrication of chipboards and fibreboards. Patent No: EP0700762, DE4428119
165. Roffael E., 1997. Raw materials for panel products. In Proceedings of:1st European Panel Products Symposium, Llandudno, Wales, pp. 113
166. Roffael E., 1998. Waste liquor derived from chemical thermal pulping of particleboards and fibreboards containing bonding agents. Patent No: US5705542
167. Roffael E., 2002. Method for use of recycled lignocellulosic composite materials. Patent No: US2002153107
168. Roffael E., Athanassiadou E. and G. Mantanis, 2002. Recycling of particle- and fibreboards using the extruder technique. In Proceeding of: Umweltschutz in der Holzwerkstoffindustrie. 21-22 March 2002, Goettingen, Germany, pp. 56-65
169. Roffael, E. and R. Kraft, 2005. Zur quantitativen Bestimmung von Harnstoff mittels Indophenolmethode (Berthelot-Reaktion). Holz als Roh- und Werkstoff 63, pp. 309-310
170. Rowell R., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press
171. Rowell R., Lange S., and M. Davis, 2000. Steam Stabilization of Aspen Fiberboards. Proceedings of 5th Pacific Bio-Based Composites Symposium, Canberra Australia
172. Rowell R., Spelter H., Arola R., Davis P., Friberg T., Hemingway R., Rials T., Luneke D., Narayan R., Simonsen J. and D. White, 1993. Opportunities for composites from recycled wastewood-based resources: a problem analysis and research plan. Forest Products Journal, Vol. 43, No 1, pp. 55-63
173. Rowell R., Youngquist J., McNatt D., 1991. Composites from Recycled Materials. Proceedings of the 25th International Particleboard/ Composite Materials Symposium, Washington State University, pp. 301-314
174. Runkel R. and H. Witt, 1953. Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 11, pp. 457-461
175. Runkel R., 1951. Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 9, pp. 41-53
176. Runkel R., 1951. Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 9, pp. 260-270

177. Rusche H., 1973. Thermal degradation of wood at temperatures up to 200°C. Part 1: strength properties of dried wood after heat treatment. Holz als Roh- und Werkstoff 31, pp. 273–281
178. Russell C., 1996. The Straw Resource: A New Fiber Basket? Proceedings of the 30th International Particleboard/ Composite Materials Symposium. Pullman, Washington, pp. 183-189
179. Ruyter H., 1989. European patent Appl. No. 89-203170.9
180. Sachs L., 1974. Angewandte Statistik, Planung und Auswertung Methoden und Modelle. Springer-Verlag
181. Sakuno T., Moredo C. and T. Kawada, 1991. Effects of Short Time Autoclave Treatment on the Gluability of Resinous Apitong (Dipterocarpus spp.). In Proceedings of: Adhesives and Bonded Wood Products. Forest Products Society, 19-21 November 1991, Seattle, Washington
182. Sandberg G., 1965. Verfahren zur Wiedergewinnung von Spanmaterial aus mit ausgehärteten Bindermitteln durchsetzten Abfällen, Sägespänen, Müll usw., zur Herstellung von Spanplatten und ähnlichen geleimten oder gepreßten Erzeugnissen. Patent No: DE1201045
183. Sandermann W. and M. Rothkamm, 1959. Ueber die Bestimmung der pH Werte von Handelshoelzern und deren Beteutung fuer die Praxis. Holz als Roh- und Werkstoff 17, pp. 433-440
184. Sauter S., 1996. Developing Composites From Wheat Straw. Proceedings of the 30th International Particleboard/ Composite Materials Symposium. Pullman, Washington, pp. 197-214
185. Scarascia-Mugnozza G. and A. Pisanelli, 2008. Multifunctional forestry, global change and the impact on mobilizing wood resources. In proceedings of: A European Wood Processing Strategy: Future Resources Matching Products and Innovations, COST Action E44 Conference, 30 May, 2-3 June 2008, Milan, Italy, pp. 1-9
186. Schäfer M., and E. Roffael, 1996. Einfluß der Lagerung von Industrierestholz der Kiefer und Fichte auf seine Eignung für die Herstellung von Spanplatten und mitteldichten Faserplatten (MDF) Teil 3: Untersuchungen zur Veränderung von verleimungsrelevanten Eigenschaften der Späne und Fasern aus Hackschnitzeln des Wintereinschlags. Holz als Roh- und Werkstoff 54, pp. 341-348
187. Schäfer M., and E. Roffael, 2000. On the formaldehyde release of wood. Holz als Roh- und Werkstoff 58, pp. 259–264
188. Schmidt K., 1986. Untersuchungen über die Ursachen der Verfärbungen von Eichenholz bei der technische Trocknung. Holzforschung und Holzverwertung 38(2) pp. 25-36
189. Scott K., 1997. A Novel Approach to Lignocellulosic Utilization for Energy, Chemicals and Composite Panels, In proceedings of: 34th International

- Particleboard/ Composite Materials Symposium. Pullman, Washington, USA, pp. 81-85
190. Scott R., Millett M. and G. Hajny, 1969. Wood Wastes for Animal Feeding. *Forest Products Journal*, Vol.19, No 4, pp. 14-18
 191. Seifert K., 1960. *Angewandte Chemie und Physikochemie der Holztechnik*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig
 192. Sekino N., Inoue M. and H. Yamauchi, 2000. Dimensional stabilities and mechanical properties of three layered particleboards with steam pretreated face strands. In proceedings of: 5th Pacific rim Bio-Based Composites Symposium, 10-13 December 2000, Canberra, Australia, pp. 471-477
 193. Sekino N., Inoue M. and M. Irle, 1998. The Bond Quality of Steam Pre-Treated Particles. Proceedings of the 2nd Panel Products Symposium. Llandudno, Wales, UK, pp. 30-38
 194. Sernek M., Kamke FA, Glasser W, 2004. Comparative analysis of inactivated wood surface. *Holzforschung* 58, pp. 22–31
 195. Sernek M., Boonstra M., Pizzi A., Despres A. and P. Gérardin 2008. Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. *Holz als Roh- und Werkstoff* 66, pp. 173-180
 196. Shafizadeh F. and P. Chin, 1977. Thermal Deterioration of Wood. *Wood Technology: Chemical Aspects*, ACS Symposium Series 4, American Chemical Society
 197. Shen, K., 1977. Spent Sulphite Liquor Binder for Exterior Waferboard. *Forest Products Journal*, 27(5), pp. 32-38
 198. Smith D., 1996. Utilization of Urban Wood in the Manufacture of Particleboard and MDF. In proceedings of: *The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications*, Forest Products Society, September 1996, Madison, Wisconsin, USA, pp. 53-56
 199. Stefke B. and M. Dunky, 2006. Catalytic Influence of Wood on the Hardening Behavior of Formaldehyde-Based Resin Adhesives Used for Wood-Based Panels. *Journal of Adhesion Science and Technology*, Vol. 20, No 8, pp. 761-785
 200. Sundqvist B. and T. Moren, 2002. The influence of wood polymers and extractives on wood colour induced by hydrothermal treatment. *Holz als Roh- und Werkstoff* 60, pp. 375-376
 201. Sundqvist B., Karlsson O. and U. Westermarck, 2006. Determination of formic-acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness. *Wood Science and Technology* 40, pp. 549-561
 202. Taylor J., 1987. Commercial Aspects of Producing Dimensionally stable Wood Composites. Proceedings of the 21st International Particleboard/ Composite Materials Symposium. Pullman, Washington

203. Thurgood M., 1995. Η ανακύκλωση ως μέρος μιας Ολοκληρωμένης Στρατηγικής Διαχείρισης των Απορριμμάτων. Μετάφραση από Βόγκα Π. στο βιβλίο του: Ανακύκλωση και καθαρότερη παραγωγή. Διεθνής Οργάνωση Βιοπολιτικής
204. Tjeerdsma B. and H. Militz 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63, pp. 102–111
205. Tjeerdsma B., Boonstra M., Pizzi A., Tekely P. And H. Militz, 1998. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. *Holz als Roh- und Werkstoff* 56, pp. 149–153
206. Tohmura S., Hse C. and M. Higuchi, 2000. Formaldehyde emission and high-temperature stability of cured urea-formaldehyde resins. *Journal of Wood Science* 46, pp. 303-309
207. Tolvaj L. and O. Faix, 1996: Modification of wood color by steaming. Proceedings of the 2nd International Conference on the Development of Wood Science/ Technology and Forestry, April 10-12 1996, Sopron, Hungary
208. Tolvaj L. Molnar S. and R. Nemeth, 2008. The effect of Steaming Parameters on Colour Change of some hardwoods. In proceedings of: A European Wood Processing Strategy: Future Resources Matching Products and Innovations, COST Action E44 Conference, 30 May, 2-3 June 2008, Milan, Italy, pp. 65-72
209. Tomimura Y. and T. Matsuda, 1986. Particleboard made of Steamed Flakes. *Mokuzai Gakkaishi* Vol. 32, No 3, pp. 170-175
210. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008. Kyoto Protocol, Status of Ratification. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf
211. Unsal O. and N. Ayrilmis, 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum. *Holz als Roh- und Werkstoff* 51, pp. 405–409
212. Van Acker J. and C. Van Riet, 2005. Recovered wood for wood -based panels. Joint Workshop COST action E31/E37, Antibes, 09 -10 February 2005
213. Van Riet C. and K. Wijnendaele, 2005. Wood Recycling into Wood Based Panels. In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 239-247
214. Van Riet C., 2004. Sustainable use of wood for products and energy: Conflict or opportunity? The situation of the European wood-based panel industry. In Proceedings of: European COST E31 Conference:

- Management of Recovered Wood. Recycling, Bioenergy and other Options. Thessaloniki, Greece. University Studio Press, pp. 52-66
215. Van Riet C., 2006. Competition for wood resources – Impact on wood based panels. In proceedings of: Wood Resources and Panel Properties, COST Action E44-E49 Conference, 12-13 June 2006, Valencia, Spain, pp. 1-8
 216. Varga M., Alpar T. and G. Nemeth, 2004. General Waste Handling and Recycling in Particleboard Production. Management of Environmental Quality, Vol. 15, No 5, pp. 509-520
 217. Varga M., Alpar T. and G. Nemeth, 2005. Global waste handling and reuse in particle board production. Proceedings of: The 2nd European Conference on Hardwood, University of West Hungary, Sopron
 218. Voulgaridis E., Passialis C. and A. Grigoriou, 1997: Effect of Steaming on Properties and Air-Drying of Oak Wood (*Quercus conferta* Kit). Proceedings of the 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/ Technology, Volume 1, pp. 363-369
 219. Weiland J. and R. Guyonnet, 2003. Study of Chemical Modifications and Fungi Degradation of Thermally Modified Wood Using DRIFT-Spectroscopy. Holz als Roh- und Werkstoff 61, pp. 216–220
 220. Wilson J., Deschatelets L. and N. Nishikawa, 1989. Comparative fermentability of enzymatic and acid hydrolysates of steam-pretreated aspenwood hemicellulose by *Pichia stipitis* CBS 5776. Applied Microbiology and Biotechnology, 31, pp. 592-596
 221. Wise L., Murphy M. and A. D'Addieco, 1946. Pap. Trade J. 122, No2
 222. Wittmann O., 1962. Die nachträgliche Formaldehydabspaltung bei Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 20, pp. 221-224
 223. Wolff S., Siempelkamp G., 2000. Post-consumer wood waste as raw material for particleboard and MDF. Proceedings of the 5th Pacific Bio-Based Composites Symposium. Canberra, Australia pp. 572-574
 224. Wroblecka H., 2005. Studies on the Application of Compost made of Particle boards Waste and Dry-Formed Fiberboards Waste in Cultivation of *salix purpurea* L. Willow. In Proceedings of: 2nd European COST E31 Conference, Management of Recovered Wood. Strategies Towards a Higher Technical, Economical and Environmental Standard in Europe. Bordeaux, France. University Studio Press, pp. 287-295
 225. Yildiz S. and E. Gümüşkaya, 2006. The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. Build Environment 42, pp. 62–67
 226. Yildiz S., Gezer E. and U. Yildiz, 2006. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. Building and Environment 41, pp. 1762–1766

227. Yilgor N., Unsal O. and S. Kartal, 2001. Physical, Mechanical and Chemical Properties of Steamed Beech Wood. *Forest Products Journal* 51, No 11/12, pp. 89-93
228. Youngquist J., 1999. Wood-based Composites and Panel Products. *Wood handbook—Wood as an engineering material*. Forest Products Laboratory. United States Department of Agriculture (USDA)
229. Youngquist J., English B., Scharmer R., Chow P. and S. Shook, 1994. Literature Review on Use of Nonwood Plant Fibers for Building Materials and Panels. General Technical Report FPL-GTR-80, Forest Products Laboratory, Forest Service, United States Department of Agriculture
230. Zeppenfeld G. and D. Grunwald, 2005. *Klebstoffe in der Holz- und Moebelindustrie*. 2. Auflage DRW-Verlag
231. Βόγκας Π., 1995. Οργάνωση, Διαχείριση, Μάρκετινγκ και Επικοινωνία σε ένα Ολοκληρωμένο Σύστημα Ανάκτησης και Ανακύκλωσης Υλικών. Ανακύκλωση και καθαρότερη παραγωγή. Διεθνής Οργάνωση Βιοπολιτικής
232. Γρηγορίου Α., 1986. Έκλυση Φορμαλδεΐδης από Μοριοπλάκες Εγχώριας Παραγωγής και Εισαγόμενες Ινοπλάκες Μέσης Πυκνότητας. *Τεχνικά Χρονικά –Γ, Τόμος 6, Τεύχος 1*
233. Γρηγορίου Α., 1996Α. Η οικολογική σημασία των προϊόντων ξύλου. Επιστημονική Επετηρίδα του τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Τόμος 39/2, Σελ. 703-714
234. Γρηγορίου Α., 1996Β. Τεχνολογία Συγκολλημένων Προϊόντων Ξύλου. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο
235. Γρηγορίου Α., 2000. Νέα σύνθετα προϊόντα ξύλου. Τεχνολογία παραγωγής, ιδιότητες, χρήσεις, νέες τάσεις. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο.
236. Γρηγορίου Α., 2002. Εργαστηριακές Σημειώσεις στη Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο
237. Γρηγορίου Α., 2005. MDF, Ινοπλάκα Μέσης Πυκνότητας. Τεχνολογία και ιδιότητες. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο
238. Διαμαντής Σ., 2002. Ολοκληρωμένη προσέγγιση στην προστασία των δασών και δασικών οικοσυστημάτων. 10^ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο: «Έρευνα, Προστασία και Διαχείριση Χερσαίων Οικοσυστημάτων, Περιαστικών Δασών και Αστικού Πρασίνου», Σελ. 41-54.

239. Καλιαμπάκος Δ. και Α. Μαυροπούλου, 1999. Διαχείριση στερεών αποβλήτων: Η επιστήμη συναντά την κοινωνία και την πολιτική. Πυρφόρος, περιοδική έκδοση του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου, τεύχος 2, σελ. 5-7
240. Καρατάγλης Σ., 1999. Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of text.
241. Λέφας Κ., 1994. Θεωρία και τεχνική του υδρατμού. Τόμος Α: Έννοιες – Σχεδιασμοί. Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
242. Λυκίδης Χ., 2004. Μελέτη της επίδρασης υδροθερμικών χειρισμών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων στις ιδιότητες ανακυκλωμένων μοριοπλακών. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Τομέας Συγκομιδής και Τεχνολογίας Δασικών προϊόντων
243. Λυκίδης, Χ. και Α. Γρηγορίου, 2005. Η ανακύκλωση των ξύλινων κατασκευών και η σημασία της στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Πρακτικά διημερίδας της Ένωσης Νέων Θεσσαλονίκης και του Α΄ Δημοτικού Διαμερίσματος Θεσσαλονίκης με τίτλο: «Περιβάλλον και σύγχρονος τρόπος ζωής», Κέντρο Ιστορίας Θεσσαλονίκης, 15-16 Απριλίου 2005. Σελ. 68-76
244. Νάσσης Α., 2002. Η ανεκτίμητη αξία του δάσους. Πανεπιστημιούπολη. Περιοδική έκδοση του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Τεύχος 9, Σελ. 30-31.
245. Ντάφης Σ., 1986. Δασική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη
246. Ορφανάκος Β., 2004. Χρωματομετρία. Βασικές Αρχές. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.
247. Πάπτας Κ., 1978. Θερμοδυναμική. Εισαγωγή στα θεμελιώδη και στις τεχνικές εφαρμογές. Μεταφρασμένο στην ελληνική γλώσσα. Πρωτότυπο από τον Baehr H., Springer-Verlag
248. Ραδόγλου Κ., 2003. Ο ρόλος των δασών στον περιορισμό των κλιματικών αλλαγών. 11^ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο: «Δασική πολιτική – Πρεμνοφυή δάση – Προστασία φυσικού περιβάλλοντος», Σελ. 187-196.
249. Σαλονικίδου Α., Καραγιαννίδης Α. και Ν. Μουσιόπουλος, 2000. Καταγραφή χώρων απόθεσης των δημοτικών απορριμμάτων στο Νομό Θεσσαλονίκης. Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονικές Εκδόσεις ΤΕΕ, IV, Τεύχος 1-2, Σελ. 17-29
250. Στεφανίδης Π., 2005. Η επίδραση της δασικής βλάστησης και ορεινών υδρονομικών έργων στην απορροή, στη διάβρωση του εδάφους και στις πλημμύρες. Πρακτικά του 12^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου με θέμα: «Δάσος και Νερό, Προστασία του Φυσικού Περιβάλλοντος», 2-5 Οκτωβρίου, Δράμα, Σελ. 19-26
251. Τσουμής Γ., 1994. Επιστήμη και Τεχνολογία του ξύλου, Τόμος α΄: Δομή και ιδιότητες, Υπηρεσία δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

252. Τσουμής Γ., 1999. Επιστήμη και Τεχνολογία του ξύλου, Τόμος β': Βιομηχανική αξιοποίηση, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
253. Φασούλας Α., 1964. Στοιχεία Πειραματικής Στατιστικής. Θεσσαλονίκη
254. Φιλίππου Ι., 1986. Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη
255. Χατζηστάθης Α. και Ι. Ισπικούδης, 1995. Προστασία της Φύσης και Αρχιτεκτονική του Τοπίου. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη

**9. ΣΥΝΤΟΜΟ
ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ
ΣΗΜΕΙΩΜΑ
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ**

ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

- Ημερομηνία γεννήσεως : 18 Μαρτίου 1976
- Αριθμός Ταυτότητας: Π 098662, Α' Τμήμα Ασφάλειας Θεσσαλονίκης
- Διεύθυνση κατοικίας : Μητροπολίτου Ιωσήφ 23, Καλαμαριά ΤΚ 55133, Θεσσαλονίκη
- Τηλέφωνα επικοινωνίας : 231 0992322, 694 8608636
- E-mail : bablyk@for.auth.gr
- Εκπληρωμένες στρατιωτικές υποχρεώσεις

ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

- 2001: Πτυχίο Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος (5ετούς φοίτησης), Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Βαθμός Πτυχίου: 7,25 (Λίαν καλώς).
- 2004: Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Εξειδίκευσης Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος (2ετούς φοίτησης). Τίτλος: «Χημική και μηχανική κατεργασία του ξύλου και των προϊόντων του». Τίτλος μεταπτυχιακής διατριβής: «Μελέτη της επίδρασης υδροθερμικών χειρισμών ανάκτησης ξυλοτεμαχιδίων στις ιδιότητες ανακυκλωμένων μοριοπλακών». Βαθμός Πτυχίου: 9,67 (Άριστα).
- Από 2004: Υποψήφιος Διδάκτορας στο Εργαστήριο Δασικής Τεχνολογίας (Τομέας Συγκομιδής και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων) της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Τίτλος Διδακτορικής Διατριβής: «Ανακύκλωση πρώτων υλών ξυλοπλακών μετά την ανάκτησή τους από παλιές ξύλινες κατασκευές (έπιπλα) με χρήση υδροθερμικών χειρισμών».

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ - ΠΡΟΫΠΗΡΕΣΙΑ

- Ερευνητικό Πρόγραμμα του Α.Π.Θ. με κωδικό έργου 20050 και με τίτλο: «Αξιολόγηση και ποιοτική κατάταξη συγκολλημένων προϊόντων ξύλου τύπου μοριοπλακών επικολλημένων με πλαστικά φύλλα μελαμίνης προερχομένων από τρεις διαφορετικούς προμηθευτές» με επιστημονικά υπεύθυνο τον Δρ. Αθανάσιο Γρηγορίου, Καθηγητή Α.Π.Θ (14/07/2000 – 14/09/2000, Διάρκεια Σύμβασης: 2 μήνες).
- Πρακτική εξάσκηση στην Ξυλοβιομηχανία ΒΑΛΚΑΝ – ΕΞΠΟΡΤ στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος «Πρακτική άσκηση φοιτητών Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος» με επιστημονικά υπεύθυνο τον Δρ. Ιωάννη Φιλίππου, Καθηγητή Α.Π.Θ. και σύνταξη σχετικής γραπτής εργασίας με τίτλο «Τεχνολογία Παραγωγής Ξυλοβιομηχανίας» (01/11/2000 – 31/12/2000, Διάρκεια Σύμβασης: 3 μήνες).
- Ερευνητικό Πρόγραμμα του Τ.Ε.Ι. Λάρισας με τίτλο «Αναμόρφωση προγραμμάτων προπτυχιακών σπουδών» με επιστημονικά υπεύθυνο τον

Δρ. Βύρων Τάντο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Λάρισας (01/06/2003 – 31/12/2004, διάρκεια σύμβασης: 18 μήνες).

- Συμβάσεις με το Α.Π.Θ. για την επικουρία μελών ΔΕΠ του Εργαστηρίου Δασικής Τεχνολογίας στην άσκηση φοιτητών, διεξαγωγή εργαστηρίων, εποπτεία εξετάσεων και διόρθωση γραπτών (03/09/2004 – 31/12/2004, 01/12/2005 – 31/03/2006, συνολική διάρκεια συμβάσεων: 8 μήνες).
- Ερευνητής στο Έργο με τίτλο «Ανακύκλωση πρώτων υλών ξυλοπλακών μετά την ανάκτηση τους από παλιές ξύλινες κατασκευές (έπιπλα) με χρήση υδροθερμικών χειρισμών» στα πλαίσια του Προγράμματος Ενίσχυσης Ερευνητικού Δυναμικού (Π.ΕΝ.Ε.Δ.) της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ανάπτυξης – Μέτρο 8.3 – Δράση 8.3.1, Χρηματοδοτούμενο από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης, με Ανάδοχο Φορέα το Α.Π.Θ., συγχρηματοδότη τον Οργανισμό Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) Μείζονος Θεσσαλονίκης και επιστημονικά υπεύθυνο τον Δρ. Αθανάσιο Γρηγορίου, Καθηγητή Α.Π.Θ. (14/11/2005 – 14/11/2008, Διάρκεια Σύμβασης: 36 μήνες).
- Ερευνητικό Πρόγραμμα του Α.Π.Θ. με κωδικό έργου 82273 και με τίτλο: «Κοπή Ξύλου με LASER» με χρηματοδότηση από το ΕΛΚΕΔΕ και επιστημονικά υπεύθυνο τον Δρ. Ιωάννη Φιλίππου, Καθηγητή Α.Π.Θ. (01/01/2007 – 15/04/2007, Διάρκεια Σύμβασης: 4,5 μήνες).
- Κατασκευή και οργάνωση και εξοπλισμού ανακύκλωσης συγκολλημένων προϊόντων ξύλου στο Εργαστήριο Δασικής Τεχνολογίας (Α.Π.Θ.).
- Συμμετοχή στην επίβλεψη διπλωματικών διατριβών και εκπαίδευση προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών στη χρήση εξοπλισμού του Εργαστηρίου Δασικής Τεχνολογίας (Α.Π.Θ.).
- Μελετητής του Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε., Αρ.Μητρώου 18464, κατηγορίες μελετών 24 και 27 (τάξη Α).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

- Από το 2001: Διδασκαλία του εργαστηριακού μέρους των μαθημάτων "Χημεία και χημική τεχνολογία ξύλου", "Τεχνολογία ξύλου" και "Συγκόλληση και συγκολλητικές ουσίες ξύλου" στους προπτυχιακούς φοιτητές της Σχολής Δασολογίας και Φ.Π.
- Από το 2002: Εργαστηριακός συνεργάτης στο τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου, του Τεχνολογικού Ιδρύματος Λάρισας (Παράρτημα Καρδίτσας), διδασκαλία των μαθημάτων "Τεχνολογία Ξύλου Ι", "Τεχνολογία Ξύλου ΙΙ", "Τεχνολογία Ξύλου ΙΙΙ" και "Ποιοτικός Έλεγχος Πρώτων Υλών Επίπλων" καθώς και δημιουργία αντίστοιχου εκπαιδευτικού υλικού.
- Νοέμβριος 2002, Μάιος 2003, Ιούνιος 2003: Εξεταστής πιστοποίησης στην ειδικότητα «Ειδικός Σχεδίασης Επίπλου» του Πολιτιστικού Ι.Ε.Κ. Θεσσαλονίκης.

- Φεβρουάριος 2003 – Ιούνιος 2003 : Εκπαιδευτής του μαθήματος «Γενικές αρχές συντήρησης ξύλου και ξυλόγλυπτου» (Θεωρία και Εργαστήρια) της ειδικότητας «Τεχνικός συντήρησης και αποκατάστασης έργων ζωγραφικής» του Πολιτιστικού Ι.Ε.Κ. Θεσσαλονίκης καθώς και δημιουργία αντίστοιχου εκπαιδευτικού υλικού.
- Μάιος, Ιούνιος, Νοέμβριος 2005: Εκπαιδευτής θεωρητικού και πρακτικού μέρους σε σεμινάρια του Κ.Ε.Κ. ΕΛΚΕΔΕ Κέντρου τεχνολογίας και σχεδιασμού Α.Ε. στα πλαίσια του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα – Μέτρο 8.2 – Δράση 8.2.4/2 και με τίτλο «Ανάπτυξη και διαχείριση νέων προϊόντων – ιδέες και στρατηγικές στο χώρο του επίπλου» (Σύνολο: 50 Ώρες) καθώς και δημιουργία αντίστοιχου εκπαιδευτικού υλικού.

ΞΕΝΕΣ ΓΛΩΣΣΕΣ

- Αγγλικά : Πολύ καλό επίπεδο : Κρατικό Πιστοποιητικό Γλωσσομάθειας, επίπεδο Γ1, Lower Certificate of Cambridge University

ΕΙΔΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Παρακολούθηση πανεπιστημιακών μαθημάτων: 1) Ενόργανης χημικής ανάλυσης με έμφαση στη φασματομετρία και τις φασματοφωτομετρικές ογκομετρήσεις (Τμήμα Χημικών Α.Π.Θ.), 2) Αντοχής υλικών και δομικών στοιχείων (Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.).
- Συμμετοχή σε εκπαιδευτικό σεμινάριο σχετικό με τις μεθόδους προσδιορισμού εκλύσεων από συγκολλημένα προϊόντα ξύλου (University of Hamburg, Department of Wood Science).
- Συμμετοχή σε διοργανωθέντα από την Επιτροπή Ερευνών του Α.Π.Θ. σεμινάρια 100 ωρών σε θέματα ερευνητικής μεθοδολογίας, διοίκησης της έρευνας και της καινοτομίας, αποτίμησης της τεχνολογίας, εκμετάλλευσης της E&T γνώσης και ενσωμάτωσης της στη διαδικασία της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης.
- Άριστο επίπεδο χρήσης προγραμμάτων Microsoft (Word, Excel, Power Point) και στατιστικών πακέτων (SPSS, Statistica).
- Άριστο επίπεδο σύνταξης ιστοσελίδων σε γλώσσα HTML και χρησιμοποίηση προγραμμάτων σύνταξης ιστοσελίδων (Front Page).
- Άριστο επίπεδο χρήσης σχεδιαστικών προγραμμάτων (AutoCAD, Corel, Adobe Photoshop).

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ – ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

- **Λυκίδης, Χ. Θ.** και Α. Θ. Γρηγορίου, 2003. Αξιολόγηση της ποιότητας ξυλοπλακών τύπου O.S.B. της ελληνικής αγοράς, Πρακτικά του 11ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου. Αρχαία Ολυμπία, 30 Σεπτεμβρίου – 3 Οκτωβρίου 2003. Σελ. 170-177.

- **Lykidis, C.**, Grigoriou, A., 2004. The influence of steam-recovering conditions on the quality of recycled particle boards. In Proceedings of "Management of Recovered Wood Recycling, Bio Energy and other Options". Thessaloniki, 22-24 April 2004, pp. 317-326.
- **Λυκίδης, Χ. Θ.** και Α. Θ. Γρηγορίου, 2005. Η ανακύκλωση των ξύλινων κατασκευών και η σημασία της στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Πρακτικά διημερίδας της Ένωσης Νέων Θεσσαλονίκης και του Α΄ Δημοτικού Διαμερίσματος Θεσσαλονίκης με τίτλο: «Περιβάλλον και σύγχρονος τρόπος ζωής», Κέντρο Ιστορίας Θεσσαλονίκης, 15-16 Απριλίου 2005. Σελ. 68-76.
- **Λυκίδης, Χ. Θ.** και Α. Θ. Γρηγορίου, 2005. Αξιολόγηση της ποιότητας ξυλοπλακών τύπου O.S.B. της ελληνικής αγοράς. Τεχνικά Χρονικά, Επιστημονική Έκδοση του Τ.Ε.Ε. Σειρά V, Θέματα Χημικού Μηχανικού και Μηχανικού Μεταλλείων-Μεταλλουργού Τεύχος 1-2. Σελ. 19-29.
- **Lykidis, C.**, Goulounis N. and A. Grigoriou, 2006. Dimensional stability performance of OSB circulating at the Greek market. In Proceedings of "Wood Resources and Panel Properties", Conference co-organised by COST Actions E44-E49. Valencia, 12-14 April 2006, pp. 169-177.
- **Lykidis, C.** and A. Grigoriou, 2007. Formaldehyde emission of hydrothermally recycled particleboards. Conference organised by COST Action E49. Braunschweig, 28-29 November 2007.
- **Λυκίδης Χ.**, 2007. Κατεργασία και κοπή του ξύλου με ακτίνες LASER. «Ο Επιπλοξυλουργός», Εφημερίδα της συντεχνίας επιπλοποιών και ξυλουργών καταστηματαρχών Αθηνών και προαστίων, Αριθμός φύλλου 54, Νοέμβριος – Δεκέμβριος 2007, Σελ. 16.
- **Lykidis, C.** and A. Grigoriou, 2008. Hydrothermal recycling of waste, and performance of the recycled, wooden particle-boards. Waste Management 28, pp. 57–63.
- Φιλίππου Ι. και **Χ. Λυκίδης**, 2008. Εφαρμογή τεχνολογιών LASER στην κατεργασία του ξύλου. InterWood World, Τεύχος 2, Ιούνιος 2008, Σελ. 58-63

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

- Μέλος της Ευρωπαϊκής Συνεργασίας στο πεδίο της Επιστημονικής και Τεχνικής Έρευνας (COST –European Cooperation in the field of scientific and technical research), Ευρωπαϊκή Ένωση. Τομέας: Δασολογίας και Δασικών προϊόντων, Δράσεις: E31-Διαχείριση ανακτημένου ξύλου, E49-Διαδικασίες και απόδοση ξυλοπλακών.
- Μέλος της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας.
- Μέλος του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.
- Μέλος του Ευρωπαϊκού Ιδρύματος Επιστημών (European Science Foundation).

- Μέλος του Δικτύου Ερευνητών Διαχείρισης Περιβάλλοντος.
- Κριτής επιστημονικών δημοσιεύσεων για το περιοδικό Building and Environment, εκδόσεις Elsevier (2007 Impact Factor: 0.852)
- Κριτής επιστημονικών δημοσιεύσεων για το περιοδικό Annals of Forest Science, εκδόσεις EDP Sciences (2007 Impact Factor: 1.591)

ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ

- 2008: Απονομή υποτροφίας αριστείας και καινοτομίας από την Επιτροπή Ερευνών του Α.Π.Θ.

Γ' ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ



ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Το έργο χρηματοδοτήθηκε:

- § 75% της Δημόσιας Δαπάνης από την Ευρωπαϊκή Ένωση – Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
- § 25% της Δημόσιας Δαπάνης από το Ελληνικό Δημόσιο – Υπουργείο Ανάπτυξης – Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας
- § και από τον Ιδιωτικό Τομέα

στο πλαίσιο του Μέτρου 8.3 του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα - Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης