



**Δ.Π.Μ.Σ. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**



***ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ***

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



ΨΗΜΜΕΝΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΛΟΓΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Κ. ΠΑΠΑΣΠΥΡΙΔΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2009

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα :

- τον επιβλέποντα κ. Κωνσταντίνο Παπασπυρίδη, Καθηγητή της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. για την ανάθεση του ενδιαφέροντος θέματος, και την καθοδήγηση που μου παρείχε στα στάδια της υλοποίησης. Επίσης τον ευχαριστώ για την υπομονή και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.
- την Δρ. Ματίνα Βουγιούκα για την άριστη συνεργασία, την πολύπλευρη βοήθεια και την ουσιαστική παροχή οδηγιών καθ' όλη την διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας.
- Το εκπαιδευτικό προσωπικό του Τεχνολογικού Ιδρύματος Πειραιά : τον Καθηγητή κ. Χαράλαμπο Μπούσια, τον Καθηγητή Εφαρμογών κ. Νικόλαο Κόκλα, τον Καθηγητή κ. Αθανάσιο Πέππα, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αντώνιο Πριμέντα, για τις διευκρινιστικές και εύστοχες παρατηρήσεις τους
- τους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση που μου έδειξαν

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	σελ i
Περιεχόμενα.....	σελ ii
Περίληψη.....	σελ vi

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Ο ΚΛΑΔΟΣ ΤΗΣ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

1.1 Η κλωστοϋφαντουργία κατά την πάροδο των αιώνων.....	σελ 1
1.2 Ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας στην Ελλάδα.....	σελ 4
1.3 Παραγωγή συνθετικών ινών.....	σελ 9
1.3.1 Εξώθηση τήγματος.....	σελ 10
1.3.2 Εξώθηση με εξάτμιση του διαλύτη.....	σελ 12
1.3.3 Υγρή εξώθηση.....	σελ 14
1.4 Τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και η εφαρμογή τους σήμερα.....	σελ 16
1.4.1 Αθλητισμός – Sporttech.....	σελ 19
1.4.2 Προστασία – Protech.....	σελ 20
1.4.3 Μεταφορά – Mobiltech.....	σελ 21
1.4.4 Συσκευασία – Packtech.....	σελ 23
1.4.5 Οικιακός εξοπλισμός.....	σελ 24
1.4.6 Ιατρική – υγιεινή.....	σελ 25
1.4.7 Περιβάλλον και βιομηχανία.....	σελ 26
1.4.8 Γεωφάσματα – Geotech.....	σελ 26
1.4.9 Κατασκευές – Buildtech.....	σελ 28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 Ταξινόμηση υφασμάτων βάση διαφόρων παραγόντων.....	σελ 31
2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υφασμάτων και των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....	σελ 33
2.3 Αναγνώριση – ταυτοποίηση των ινών.....	σελ 35
2.3.1 Αντίδραση στην θερμότητα.....	σελ 36
2.3.2 Μικροσκοπική παρατήρηση.....	σελ 37
2.3.2.1 Παρατήρηση κατά μήκος των ινών.....	σελ 37
2.3.2.2 Εγκάρσια παρατήρηση.....	σελ 37
2.3.3 Ανάλυση στοιχείων.....	σελ 38
2.3.3.1 Ανίχνευση αζώτου.....	σελ 39
2.3.3.2 Ανίχνευση χλωρίου.....	σελ 39
2.3.4 Δοκιμές διαλυτότητας.....	σελ 40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

3.1 Αέριες εκπομπές.....	σελ 43
3.2 Υγρά απόβλητα.....	σελ 45
3.2.1 Τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βαφείων – φινιριστηρίων.....	σελ 48
3.3 Τεχνικές διαχείρισης και επεξεργασίας στερεών αποβλήτων βαφείων – φινιριστηρίων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....	σελ 51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΛΩ- ΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

4.1 Η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων σαν μια προοπτική συστημάτων.....σελ	52
4.2 Ανάγκη για ανακύκλωση.....σελ	57
4.3 Στατιστικά στοιχεία για την ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....σελ	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΛΩΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

5.1 Η βιομηχανία διαχείρισης/ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων.....σελ	61
5.2 Η διαδικασία διαλογής.....σελ	65
5.3 Το μοντέλο «πυραμίδα».....σελ	68
5.3.1 Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που εξάγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες (≈48%).....σελ	71
5.3.2 Είδη που μετατρέπονται σε νέα προϊόντα (≈29%).....σελ	73
5.3.3 Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για στίλβωση και σκούπισμα (≈17%).....σελ	74
5.3.4 Απόρριψη σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων και καύση για ανάκτηση ενέργειας (< 7%).....σελ	75
5.3.5 «Διαμάντια» (≈ 1-2%).....σελ	76
5.4 Η κοινωνική διάρθρωση του τομέα της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....σελ	77
5.4.1 Οι εμπλεκόμενοι συντελεστές στην ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....σελ	77
5.4.2 Ο καταναλωτής και η εξατομικευμένη καταναλωτική του συμπεριφορά.....σελ	79
5.4.3 Οι εταιρίες και οι οργανισμοί που εμπλέκονται με την ανακύκλωση.....σελ	81
5.4.4 Πολιτιστικές πτυχές που αφορούν την ανακύκλωση.....σελ	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΚΛΩΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

6.1 Ιστορική αναδρομή.....σελ	86
6.2 Η ευθύνη των κατασκευαστών, κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....σελ	87
6.3 Η επικρατούσα κατάσταση στην Γερμανία.....σελ	88
6.4 Τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....σελ	89
6.5 Βασικές μέθοδοι για τον σχεδιασμό.....σελ	90
6.6 Παραδείγματα σχεδίασης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, τα οποία είναι εύκολο να ανακυκλωθούν.....σελ	93
6.6.1 Ο σχεδιασμός των απλών πολυμερών.....σελ	93
6.6.2 Υλικά τα οποία διαχωρίζονται εύκολα.....σελ	97
6.6.3 Παραγωγή προϊόντων απαλλαγμένη από απορρίμματα, βασιζόμενη στην ανάπτυξη κύκλων για τα υλικά.....σελ	100
6.7 Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.....σελ	102
6.7.1 Τα συνθετικά βιοδιασπώμενα πολυμερή.....σελ	106
6.7.2 Εφαρμογές των βιοδιασπώμενων πολυμερών.....σελ	108
6.7.2.1 Ιατρικές εφαρμογές.....σελ	109
6.7.2.2 Προϊόντα περιορισμένου χρόνου χρήσης.....σελ	110

6.7.2.3 Αγροτικά προϊόντα.....σελ	111
6.7.2.4 Ύφασμα-ίνες.....σελ	112
6.7.2.5 Αυτοκινητοβιομηχανία.....σελ	114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΑΠΗΤΩΝ

7.1 Διαχείριση ταπήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες – Μια δέσμευση για την αιεφορία.....σελ	116
7.2 Η ανακύκλωση ταπήτων στα πρώτα στάδιά της.....σελ	118
7.3 Δημιουργώντας μια νέα βιομηχανία ροής υλικών.....σελ	122
7.4 Προγραμματισμός συστημάτων για την ανακύκλωση ταπήτων.....σελ	124
7.5 Υπολογισμός των ποσοτήτων ταπήτων που προορίζονται για ανακύκλωση.....σελ	125
7.6 Αρχικά σχέδια συλλογής.....σελ	128
7.6.1 Αποκομιδή βασισόμενη στους λιανοπωλητές.....σελ	128
7.6.2 Διαχωρισμός από το σύνολο των απορριμμάτων.....σελ	129
7.6.3 Απομάκρυνση από εμπορικούς-επαγγελματικούς χώρους.....σελ	129
7.7 Εναλλακτικές δομές για την διαλογή και σταθεροποίηση των ταπήτων.....σελ	130
7.7.1 Ανάλυση τεχνολογικών επιλογών συσκευασίας ταπήτων.....σελ	130
7.7.2 Ανάλυση τεχνολογικών επιλογών διαλογής-ταξινόμησης ταπήτων που προορίζονται για ανακύκλωση.....σελ	133
7.7.3 Κόστη εγκαταστάσεων και εργατικού δυναμικού.....σελ	134
7.8 Τεχνολογίες ανακύκλωσης ταπήτων.....σελ	135
7.9 Ταξινόμηση ταπήτων βάση της αναγνώρισης υφαντικών ινών.....σελ	138
7.10 Μείωση μεγέθους.....σελ	140
7.11 Μηχανικός διαχωρισμός τμημάτων των ταπήτων.....σελ	142
7.12 Ανάκτηση του νάυλον από τους τάπητες, μέσω διάλυσης-επανακαταβύθισης.....σελ	143
7.13 Αποπολυμερισμός του νάυλον.....σελ	145
7.14 Διαδικασία ανάτηξης.....σελ	146
7.15 Χρήση ινών ως μέσο ενίσχυσης σε σύνθετα πολυμερικής μήτρας.....σελ	153

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

8.1 Ανάκτηση μη υφασμένων ινών από μαλλί, για τον καθαρισμό νερού.....σελ	155
8.2 Σύνθετα προϊόντα προερχόμενα από την επεξεργασία των μετα-καταναλωτικών ταπήτων.....σελ	156
8.3 Σύνθετα από ανακυκλωμένο τάπητα.....σελ	157
8.4 Σύνθετα ενισχυμένα με ίνες ξύλου.....σελ	159
8.5 Προϊόντα από ενισχυμένο μετα-καταναλωτικό τάπητα.....σελ	163
8.6 Χρησιμοποίηση ινών ταπήτων για την ενίσχυση σκυροδέματος και εδάφους.....σελ	166
8.6.1 Ενίσχυση σκυροδέματος με ίνες.....σελ	167
8.6.2 Ενίσχυση του σκυροδέματος με ανακυκλωμένες ίνες.....σελ	169
8.6.3 Ενίσχυση εδάφους με ίνες.....σελ	174
8.6.4 Ενίσχυση εδάφους με ανακυκλωμένες ίνες.....σελ	175

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	σελ 183
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	σελ 187

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

Περίληψη

Τα στερεά απορρίμματα αποτελούν ένα μεγάλο σύγχρονο πολιτιστικό πρόβλημα αλλά και μια σημαντική ετήσια ανανεώσιμη πηγή αγαθών, που δεν μπορεί ούτε πρέπει να αφήνει την επιστημονική κοινότητα αδιάφορη. Μόνο στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης παράγονται κάθε χρόνο περίπου 1,6 δις τόνοι απορριμμάτων, με αποτέλεσμα να τίθεται ένα μεγάλο πρόβλημα, η διάθεσή τους.

Στο ρεύμα των απορριμμάτων, είτε αστικών είτε μη αστικών, περιλαμβάνεται και μια σημαντική ποσότητα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Αυτά προέρχονται κυρίως από είδη ρουχισμού, από είδη οικιακής επίπλωσης, από λάστιχα αυτοκινήτων, χαλιά, υποδήματα, κληνοσκεπή κ.α. Το 1997 στις ΗΠΑ υπολογίστηκε ότι απορρίφθηκαν 8,2 εκατομμύρια τόνοι κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Σημαντικές ποσότητες τέτοιων προϊόντων ανακτώνται σε χώρες του εξωτερικού για επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση. Το 1997 υπολογίστηκε ότι ανακτήθηκαν για εξαγωγή ή επεξεργασία, το 12,9% των συνολικά χρησιμοποιούμενων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στις ΗΠΑ.

Υπάρχουν πολλοί επιτακτικοί λόγοι για τους οποίους θα πρέπει να στραφούμε στην ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων που προέρχονται από τα προϊόντα ύφανσης και τις υφαντουργικές διαδικασίες. Η ανακύκλωση ανάλογων προϊόντων θα έχει ως επακόλουθο την διατήρηση των φυσικών πόρων και την μείωση των απαιτούμενων χώρων εναπόθεσης απορριμμάτων. Ειδικότερα μπορούμε να εξασφαλίσουμε τη μείωση των αναγκών σε απαιτούμενη ενέργεια αλλά και την ελαχιστοποίηση των οικονομικών απαιτήσεων από την μη παραγωγή πρώτων υλών. Ο κλάδος της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, παρουσιάζει εξαιρετικά μεγάλο ενδιαφέρον, λόγω της συνεχόμενα αυξανόμενης περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης που παρουσιάζουν οι κοινωνίες, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Βάσει των ανωτέρω, το κύριο αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Ειδικότερα, με την εργασία αυτή επιχειρείται μια περιεκτική συλλογή βιβλιογραφικών στοιχείων σε διεθνές και εθνικό επίπεδο, δεδομένου ότι στη χώρα μας δεν έχουν γίνει μέχρι στιγμής οργανωμένες προσπάθειες για την ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Παρουσιάζονται

στατιστικά στοιχεία, αναλύονται τεχνικές-τεχνολογίες ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και διερευνώνται περιπτώσεις εφαρμογών.

Ελπίδα αποτελεί το γεγονός ότι αυτή η έρευνα ίσως λειτουργήσει ως εφαλτήριο για να συνεχιστεί η προσπάθεια της μελέτης αυτού του, επίκαιρου όσο ποτέ θέματος, από ερευνητές και φορείς. Να υπάρξει ένα διαχειριστικό σχέδιο που θα αποτρέπει την αλόγιστη διάθεση αυτών των προϊόντων σε χώρους απόρριψης απορριμμάτων αλλά θα τα αξιοποιεί, συνεισφέροντας στην διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Αθήνα 2009

Ψημμένος Νικόλαος
Περιβαλλοντολόγος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ο ΚΛΑΔΟΣ ΤΗΣ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

1.1. Η κλωστοϋφαντουργία κατά την πάροδο των αιώνων

Τα υφαντουργικά προϊόντα, είναι από τα σπουδαιότερα προϊόντα της ανθρώπινης δεξιότητας εδώ και τουλάχιστον 8000 χρόνια. Τα παλαιότερα υφαντουργικά προϊόντα είναι λινά, από το Τσατάλ Χιουγιούκ, της Ανατολίας (περίπου 6500 π.Χ). Τα πρώτα αντίστοιχα βορειοευρωπαϊκά εμφανίζονται μετά το 3500 π.Χ. Στην Κίνα ύφαιναν μετάξι από το 2700 π.Χ ενώ ευρήματα υφαντουργικών προϊόντα υπάρχουν από το 1000 π.Χ.

Ο πρώτος όρθιος αργαλειός εμφανίστηκε στην Αίγυπτο το 1200 π.Χ. Η γοργή τεχνολογική εξέλιξη από το 300 μ.Χ έως το 1000 μΧ, οδήγησε στη δημιουργία του μηχανοκίνητου αργαλειού για τα μεταξωτά και του βασικού χειροκίνητου αργαλειού για τα μάλλινα υφάσματα. Κατά τον 16^ο αιώνα στη Δυτική Ευρώπη, ο αργαλειός ήταν ήδη ένας πολύπλοκος μηχανισμός, παρόλο που η κίνησή του γινόταν χειροκίνητα. Αναλυτικότερα, σημαντικά γεγονότα που παρατηρήθηκαν κατά την πάροδο των ετών στον τομέα της υφαντουργίας είναι:

- Το 1621, η εφεύρεση του αργαλειού για κορδέλες (Ολλανδία)
- Το 1733, η εφεύρεση ιπτάμενης σαΐτας (John Kay)
- Το 1765, η εισαγωγή μηχανικού αργαλειού, που μπορούσε να κινηθεί με άλογα, υδατοτροχούς ή ατμομηχανές (Edmund Cartwright)
- Το 1725, η εφεύρεση μηχανισμού για την ξεχωριστή κίνηση των νημάτων στημονιού (Basile Bouchon)
- Το 1745, η ανακάλυψη μηχανισμού με τον οποίο αυτοματοποιήθηκαν οι βασικές κινήσεις για το σχηματισμό του ανοίγματος του στημονιού (Vancancon)

- Το 1804, η ανακάλυψη μηχανισμού Ζακαρ με τον οποίο υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων σχεδίων (Charles Marie Jacquard)
- Το 1888, η αυτόματη υφαντική μηχανή (Northrop)

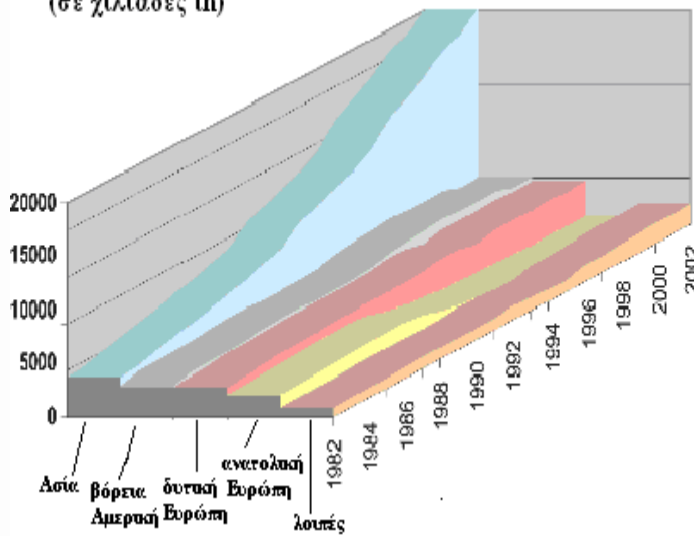
Με την πάροδο των χρόνων η υφαντουργία ήταν στενά συνδεδεμένη με τον τομέα της κλωστικής. Έτσι καθιερώθηκε ο όρος κλωστοϋφαντουργία. Η ανάπτυξη των υφαντουργικών μηχανών είχε άμεση εξάρτηση και ακολουθούσε την ανάπτυξη των νηματουργικών μηχανών. Σήμερα, οι τελευταίες μηχανικές και ηλεκτρονικές εξελίξεις δίνουν την δυνατότητα παραγωγής υφασμάτων με πολύπλοκα σχέδια σε υψηλές ταχύτητες [3]. Ο Πίνακας 1, δείχνει τη συνολική παραγωγή των κυριότερων κλωστοϋφαντουργικών ινών για το έτος 2003.

Πίνακας 1. Παγκόσμια παραγωγή των κυριότερων ινών (σε χιλιάδες τόνους) με στοιχεία του 2003, (CIRFS,2004) [5].

<i>Ίνα</i>	<i>Ποσότητα (1000 t)</i>	<i>Ποσοστό</i>
Βαμβάκι	20.420	35%
Μαλλί	1.231	2%
Κυτταρινικές	2.847	5%
PET	22.299	38%
Πολυαμίδη	3.987	7%
Ακρυλικό	2.638	5%
Ολεφίνες	4.304	7%
Άλλες	420	1%

Στο Σχήμα 1, αποτυπώνονται λεπτομέρειες για την παραγωγή συνθετικών ινών ανά ήπειρο. Βάσει του διαγράμματος προκύπτει ότι η Ασία αποτελεί την κύρια παραγωγική δύναμη σε συνθετικές ίνες από το 1982 έως το 2002, με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό παραγωγής. Σημαντικές παραγωγικές περιοχές είναι επίσης η Βόρεια Αμερική, η Δυτική και Ανατολική Ευρώπη.

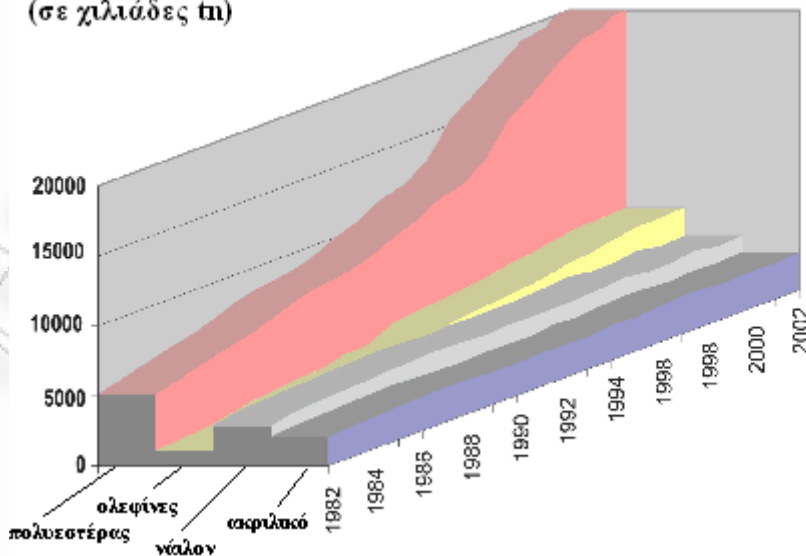
**Παγκόσμια παραγωγή συνθετικών ινών ανά περιοχή
(σε χιλιάδες τν)**



Σχήμα 1 . Παγκόσμια παραγωγή συνθετικών ινών από το έτος 1982 έως 2002

Το Σχήμα 2, περιλαμβάνει στοιχεία για την παγκόσμια παραγωγή συνθετικών ινών ανά τύπο πολυμερούς για την περίοδο από το 1982 έως το 2002. Από τα στοιχεία προκύπτει ότι σε όλο αυτό το διάστημα οι πολυεστερικές ίνες είναι οι κατ' εξοχήν παραγόμενες συνθετικές ίνες με συνεχή άνοδο στη ζήτηση. Από την άλλη πλευρά, η παραγωγή ινών από πολυολεφίνες γνωρίζει μια μικρότερη αυξητική πορεία, ενώ οι ακρυλικές και πολυαμιδικές ίνες παραμένουν σταθερές [4].

**Παγκόσμια παραγωγή συνθετικών ινών ανα τύπο ίνας
(σε χιλιάδες τν)**



Σχήμα 2. Παγκόσμια παραγωγή συνθετικών ινών ανά τύπο ίνας από το έτος 1982 έως 2002

Συγκρίνοντας τις φυσικές με τις συνθετικές ίνες, η παραγωγή των τελευταίων αυξάνεται αλματωδώς, με κυρίαρχα τα πολυεστερικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Αλλά τι γίνεται με το μέλλον; Το 1989, τα 5.200 εκατομμύρια πληθυσμού του κόσμου χρησιμοποιούσαν ο καθένας κατά μέσο όρο 8,2 kg ινών και η μέση ποσότητα ινών που καταναλώνονταν σε μερικές χώρες ήταν κατά πολύ υψηλότερη. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν 26 kg και περίπου 17 kg για κάθε άτομο στη Δυτική Ευρώπη. Το έτος 2000 υπήρχαν 6.000 εκατομμύρια άτομα στον κόσμο. Αν η κατανάλωση ινών ανά άτομο παραμείνει σταθερή, τότε απαιτούνται 50 εκατομμύρια τόνοι ινών ανά έτος. Αυτό αντιστοιχεί σε αύξηση 19 % σε σχέση με την παραγωγή του 1989. Μια μέτρια αύξηση της κατανάλωσης ανά άτομο στα 9 kg θα σήμαινε απαίτηση 54 εκατομμυρίων τόνων ινών ετησίως. Τα στοιχεία αυτά οδηγούν σε ερωτήματα τα οποία θα απαντηθούν με την πάροδο του χρόνου [3]:

- Πως θα παραχθούν οι επιπλέον ποσότητες ινών;
- Θα συνεχιστεί η αύξηση της απόδοσης σε βαμβάκι της καλλιεργούμενης γης;
- Θα αυξηθούν οι εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή φυσικών ινών εις βάρος των εκτάσεων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφής; Η αύξηση της παραγωγής τεχνητών ινών θα καλύψει το κενό;

Η εξέλιξη αυτή του κλάδου της κλωστοϋφαντουργίας, η οποία οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην ανάπτυξη εξοπλισμού και στους υψηλούς ρυθμούς ύφανσης (π.χ. 5000 m/min), συνοδεύεται και με την εξέλιξη της ανακύκλωσης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, μέσα στο ευρύτερο πνεύμα της προστασίας του περιβάλλοντος και της αναχρησιμοποίησης των υλικών. Η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αποτελεί ίσως μια εν μέρει λύση για όλα τα ερωτήματα που τέθηκαν ανωτέρω.

1.2. Ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας στην Ελλάδα

Η Ελληνική Κλωστοϋφαντουργία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της εγχώριας βιομηχανίας, αντιπροσωπεύοντας το 28 % της απασχόλησης στη μεταποίηση, το 16 % του ΑΕΠ και το 25 % της βιομηχανικής παραγωγής, ενώ αξιοποιεί το βαμβάκι που αποτελεί εθνικό προϊόν και εξασφαλίζει εισόδημα σε χιλιάδες αγρότες (Ε.Σ.Υ.Ε, 2004). Σε παλαιότερες απογραφές που διεξήγαγε η ΕΣΥΕ το 1978 και 1984, παρατηρείται μια μείωση του αριθμού των μονάδων (παραγωγικών και μη), στους κλάδους της κλωστοϋφαντουργίας και του έτοιμου ενδύματος. Όπως προκύπτει και από τον Πίνακα 2, ο κλάδος της κλωστοϋφαντουργίας δέχτηκε μια μείωση το 1984, σε σχέση με το 1978 της τάξης του 7,9%

(ΕΣΥΕ, 1985) [6,7]. Όσον αφορά το μέγεθος των μονάδων από άποψη απασχολούμενου προσωπικού, κατά το ίδιο διάστημα, παρατηρούμε μια μείωση γύρω στο 6,8 % στις μονάδες με λιγότερα από 20 άτομα, ενώ στις μονάδες που απασχολούσαν περισσότερα από 20 άτομα, η μείωση ήταν σχεδόν διπλάσια και αγγίζοντας το 16,1 %.

Πίνακας 2. Οι Κλωστοϋφαντουργικές μονάδες στην Ελλάδα κατά μέγεθος και ιπποδύναμη [6]

	1978			1984		
	Σύνολο	<20	>20	Σύνολο	<20	>20
Μονάδες	5049	4473	576	4652	4169	483
Άτομα	78378	17826	60552	65548	15841	49707
Ιπποδύναμη	497133	61166	435967	567820	87170	480650
Άτομα/μονάδα	15,5	4,0	105,1	14	3,8	102,9
Ίπποι/μονάδα	98,5	13,7	756,9	122	20,9	995,1

Πίνακας 3. Απογραφές βιομηχανίας-βιοτεχνίας 1978-1984, ΕΣΥΕ [6]

	1978		1984	
	Μονάδες	%	Μονάδες	%
Εριοβιομηχανία	1294	25,6	939	20,2
Βαμβακουργία	680	13,5	808	17,4
Βιομηχανία τεχνητών και συνθετικών ινών	310	6,1	288	6,2
Βιομηχανία λινού	16	0,3	18	0,4
Πλεκτική	1996	39,5	1802	38,7
Βαφεία-φινιριστήρια-τυποβαφεία	395	7,8	323	6,9
Κλωστοβιομηχανία-δαντελλοποιία	124	2,6	180	3,9
Λοιπές υφαντικές βιομηχανίες	234	4,6	294	6,3
Σύνολο κλωστοϋφαντουργίας	5049	100	4652	100

Οι εξελίξεις αυτές, όσο παλιά και αν είναι τα στοιχεία αυτά, δείχνουν ότι ο κλάδος προχώρησε σε κάποιο εκσυγχρονισμό. Δηλαδή ενώ η απασχόληση ανά παραγωγική μονάδα μειώθηκε κατά 1,4 άτομα, η ιπποδύναμη αυξήθηκε κατά 28,9 ίππους/μονάδα, που σημαίνει ότι ο κλάδος έκανε ένα βήμα προς την μετεξέλιξη του από έντασης εργασίας σε ένταση κεφαλαίου. Αυτό που παρατηρείται από αυτά τα στοιχεία είναι ότι ο κλάδος κυρίως αποτελείται από μονάδες που απασχολούν λιγότερα από 20 άτομα (μέσος όρος απασχόλησης

περίπου 4 άτομα/μονάδα) και που καταλαμβάνουν περίπου το 90% του συνόλου των μονάδων. Στις μονάδες αυτές η μείωση της απασχόλησης ήταν μικρότερη από ότι στις μονάδες με περισσότερα από 20 άτομα. (-11,1 % και 17,9 % αντίστοιχα). [6]

Σήμερα βάσει της Στατιστικής Ταξινόμησης των Κλάδων Οικονομικής Δραστηριότητας (Σ.Τ.Α.Κ.Ο.Δ., 2004) της Ε.Σ.Υ.Ε., ο κλάδος της παραγωγής κλωστοϋφαντουργικών υλών και προϊόντων υποδιαιρείται σε επτά επιμέρους υποκλάδους:

- **Προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβακερών ινών**
- **Προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών ερίου για την κατασκευή εριονήματος καρντέ.**
- **Υφαντήρια**
- **Φινίρισμα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων**
- **Κατασκευή έτοιμων κλωστοϋφαντουργικών ειδών, εκτός από ενδύματα**
- **Κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών ειδών**
- **Κατασκευή πλεκτών ειδών και ειδών πλέξης κροσέ**
- **Κατασκευή πλεκτών υφασμάτων και υφασμάτων πλέξης κροσέ**

Εξετάζοντας επίσης την κατανομή των μονάδων της κλωστοϋφαντουργίας, ο μεγαλύτερος αριθμός μονάδων συγκεντρώνεται στον υποκλάδο των πλεκτών (περίπου το 40 %). Ο δεύτερος σε συγκέντρωση μονάδων υποκλάδος είναι αυτός της εριοβιομηχανίας όπου όμως υπάρχει σαφής μείωση του μεταξύ των ετών 1978-1984 περίπου 5,4 %. Μείωση του αριθμού των μονάδων τους παρουσιάζουν επίσης οι υποκλάδοι συνθετικών ινών και τα βαφεία-τυποβαφεία, φινιριστήρια. [6].

Ειδικότερα, η βιομηχανία τελικής επεξεργασίας υφάνσιμων υλών που αντιπροσωπεύεται από τον κλάδο των βαφείων – φινιριστηρίων, αποτελεί τμήμα της υφαντουργίας με ιδιαίτερη σημασία, καθώς μέσω των επεξεργασιών που υφίστανται τα νήματα και υφάσματα προσδίδονται σε αυτά οι επιθυμητές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, όπως χρώμα, απαλότητα, αντοχή, κ.λπ. Οι πιο πολλές μονάδες του κλάδου ασχολούνται αποκλειστικά με την επεξεργασία υφάνσιμων υλών παρέχοντας υπηρεσίες προς τρίτους, οι οποίοι είναι κυρίως τα κλωστήρια και υφαντήρια. Οι σημαντικότεροι πελάτες του κλάδου είναι βιομηχανίες ή βιοτεχνίες που χρησιμοποιούν τα επεξεργασμένα υφάσματα για την παραγωγή ετοιμών ενδυμάτων, εσωρούχων, χαλιών, κ.λπ. Ακόμα, υπάρχουν και βαφεία-φινιριστήρια που

λειτουργούν στα πλαίσια καθετοποιημένων μονάδων και περιλαμβάνουν παραγωγικές διαδικασίες από την ύφανση μέχρι τα έτοιμα ενδύματα.

Στην Ελλάδα, στον κλάδο των βαφείων-φινιριστηρίων, υπάρχουν προοπτικές εξέλιξης των μεγάλων μονάδων, τουλάχιστον, ή και μικρότερων μονάδων ακόμα, εφόσον υιοθετήσουν πολιτική διαρκών επενδύσεων σε νέα τεχνολογία εξοπλισμού και σε νέες τεχνικές παραγωγής με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, τη μείωση του λειτουργικού κόστους καθώς και την επέκταση της εξαγωγικής τους δραστηριότητας σε Ευρωπαϊκές ή γειτονικές χώρες. Αντίθετα, μονάδες χωρίς εξειδίκευση και χωρίς δυνατότητα αξιόλογων επενδύσεων σε νέο εξοπλισμό θα καλύπτουν μόνο ανάγκες της εγχώριας αγοράς και για προϊόντα χαμηλότερης ποιότητας, οπότε το μερίδιό τους αναμένεται σταδιακά να συρρικνωθεί καθώς δεν θα μπορούν να είναι ανταγωνιστικές τόσο από πλευράς κόστους παραγωγής όσο και ποιότητας.

Η εγχώρια αγορά των βαφείων-φινιριστηρίων εκτιμάται ότι κατά το 1997 ξεπέρασε τα 40 δισεκατομμύρια δραχμές και αντιστοιχούσε στην επεξεργασία 105 περίπου χιλιάδων τόνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Κατά το 1995, το 70 % περίπου του συνόλου της αγοράς αυτής αφορούσε στην επεξεργασία πλεκτών υφασμάτων, το 25 % την επεξεργασία υφασμένων υφασμάτων και το υπόλοιπο 5 % την επεξεργασία νημάτων. Ως εκ τούτου, ο κλάδος εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την πορεία της βιομηχανικής παραγωγής στους κλάδους της πλεκτικής υφασμάτων και της υφαντουργίας.

Η κατανάλωση και η παραγωγή του κλάδου των βαφείων-φινιριστηρίων συνδέονται στενά με την εξέλιξη της κλωστοϋφαντουργικής παραγωγής. Η ραγδαία πτώση της παραγωγής στην κλωστοϋφαντουργία συμπαρέσυρε και τη βιομηχανική παραγωγή των βαφείων φινιριστηρίων. Η συνεχής πτώση, από το 1990, της βιομηχανικής παραγωγής στον κλάδο σταμάτησε το 1995, και ακολούθησε μικρή αύξηση κατά τα επόμενα έτη.

Ο κλάδος των βαφείων φινιριστηρίων παρουσιάζει χαμηλό σχετικά βαθμό συγκέντρωσης, ενώ δεν υπάρχουν επιχειρήσεις με μερίδια αγοράς μεγαλύτερα του 15 %. Οι δεκαπέντε μεγαλύτερες από άποψη απασχόλησης επιχειρήσεις είχαν κατά το 1994 το 55-60 % της αγοράς. Οι κυριότεροι λόγοι αυτής της κατάτμησης της αγοράς θα πρέπει να αναζητηθούν στην ύπαρξη εύκολα υπερκεράσιμων εμποδίων εισόδου, στην ευκολία των μεγάλων πελατών τους για καθετοποίηση προς τα πίσω, στην επιδείνωση των συνθηκών ζήτησης και στη μη

ύπαρξη πλεονεκτήματος, λόγω μεγέθους των μονάδων, στις διαπραγματεύσεις με πελάτες και προμηθευτές.

Η δυναμική του ανταγωνισμού στον κλάδο των βαφείων φινιριστηρίων στο μέλλον θα εξαρτηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό από την πορεία εκσυγχρονισμού στην οποία βρίσκεται συνολικά ολόκληρη η Ελληνική Κλωστοϋφαντουργία. Η αλληλεπίδραση που υπάρχει μεταξύ των ευρύτερου κλάδου της κλωστοϋφαντουργίας και του κλάδου των βαφείων φινιριστηρίων είναι τέτοιας μορφής, ώστε ουσιαστικά η πορεία τους να είναι αλληλένδετη. Η ανάπτυξη στενής συνεργασίας και τελικά η διαμόρφωση λειτουργικών δικτύων μεταξύ των επιχειρήσεων της νηματοργίας, της υφαντουργίας, των βαφείων φινιριστηρίων και του ετοιμού ενδύματος αποτελούν την πλέον ενδεδειγμένη λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμποδίζουν την ουσιαστική ανασυγκρότηση της κλωστοϋφαντουργικής βιομηχανίας στη χώρα μας. (Πηγή: Ιδρύματος Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών, 1998).

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4) παρουσιάζονται οι κλάδοι της κλωστοϋφαντουργικής βιομηχανίας στην Ελλάδα και τα κύρια στάδια παραγωγικής διαδικασίας και δραστηριοτήτων που διέπουν τον εκάστοτε κλάδο. [6,7,8]

Πίνακας 4. Κλάδοι κλωστοϋφαντουργικής βιομηχανίας στην Ελλάδα [6,7,8]

Κλάδοι κλωστοϋφαντουργικής βιομηχανίας στην Ελλάδα	Κύρια στάδια παραγωγικής διαδικασίας και δραστηριότητες
Προπαρασκευή και νηματοποίηση βαμβκερών ινών	Κλωστήριο, Μερσέρισμα, Λεύκανση, Βαφή, Στέγνωμα, Τύλιγμα, Φινίρισμα
Προπαρασκευή και νηματοποίηση ινών ερίου για την κατασκευή εριονήματος	Πλύσιμο Καρβονισμός, Νεροτριβή, Λεύκανση, Βαφή, Φινίρισμα
Υφαντήρια βαμβακερών νημάτων	Ξάσιμο, κλώσιμο, Κολλάρισμα, Ύφανση και πλέξιμο
Φινιριστήρια	λεύκανση, βαφή, τυποβαφή, στέγνωμα, επεξεργασία με ατμό, συρρίκνωση, μαντάρισμα, σανφορισμός, μερσερισμός επεξεργασία δερμάτινων υφασμάτων πλισάρισμα
Κατασκευή έτοιμων κλωστοϋφαντουργικών ειδών, εκτός από ενδύματα	κατασκευή έτοιμων ειδών συμπεριλαμβανομένων των πλεκτών εν γένει υφασμάτων, κατασκευή έτοιμων ειδών επίπλωσης
Κατασκευή άλλων κλωστοϋφαντουργικών	μονάδες που ασχολούνται με τον τομέα της

ειδών	ταπητουργίας (επεξεργασία και κατασκευή)
Κατασκευή πλεκτών υφασμάτων και υφασμάτων πλέξης κροσέ	μονάδες κατασκευής πλεκτών υφασμάτων και υφασμάτων πλέξης κροσέ, που διαθέτουν τα προϊόντα τους για διάφορες χρήσεις είτε σε μεταποιητικές διαδικασίες
Κατασκευή πλεκτών ειδών και ειδών πλέξης κροσέ	μονάδες του τομέα της καλτσοποιίας, του τομέα κατασκευής πλεκτών πουλόβερ, ζακετών και παρόμοιων ειδών απλής πλέξης

1.3 Παραγωγή συνθετικών ινών

Η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στηρίζεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην αξιοποίηση συνθετικών ινών. Τα προϊόντα που χρησιμοποιούν συνθετικές πλέον ίνες είναι αρκετά (π.χ. τάπητες). Οι λόγοι για τους οποίους οι συνθετικές ίνες είναι τόσο δημοφιλείς είναι το χαμηλό κόστος παραγωγής των ινών, οι ιδιότητές τους που τις καθιστούν λειτουργικές, και η μαζική παραγωγή τους σε ελάχιστο χρόνο. Λόγω του ότι πρέπει να καταναλώνονται όσο το δυνατόν λιγότερες πρώτες ύλες για την παραγωγή ινών, η κατηγορία των συνθετικών ινών μπορεί να ικανοποιήσει αυτή την απαίτηση. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των μεθόδων παραγωγής συνθετικών ινών, που προορίζονται για την κατασκευή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και κατά τη μορφοποίηση συνθετικών ινών, προερχόμενες από μεταχειρισμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.

Όλες οι συνθετικές ίνες παράγονται από πολυμερή, τα οποία είναι στερεά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και συνήθως είναι σε μορφή κυλινδρικών σωματιδίων διαμέτρου ίσως 1-2 mm και μήκους 2-3mm.

Ένα πολυμερές μπορεί να μετατραπεί σε ίνα με μια από τις τρεις κύριες μεθόδους. Το πρώτο σημαντικό βήμα κάθε τεχνικής παραγωγής ινών είναι η αλλαγή φάσης του πολυμερούς από στερεή σε υγρή, είτε με τήξη, είτε με διάλυση σε κατάλληλο διαλύτη. Το υγρό μπορεί να συμπιεστεί και να διέλθει μέσω λεπτών οπών και κατόπιν να αφηθεί για να σκληρύνει, για να διαμορφωθεί η ίνα. Οι συνεχείς ίνες μπορούν στη συνέχεια να περιελιχθούν σε μπομπίνες. Οι διαθέσιμες μέθοδοι είναι οι εξής:

- 1) Αν το πολυμερές τήκεται χωρίς να αποικοδομείται τότε υποβάλλεται σε τήξη, εξωθείται και στερεοποιείται με ψύξη. Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή και σαν εξώθηση τήγματος.
- 2) Αν το πολυμερές διαλύεται σε πτητικό διαλύτη, παρασκευάζεται διάλυμα, εξωθείται και αφαιρείται ο διαλύτης με εξάτμιση. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως εξώθηση με εξάτμιση του διαλύτη.
- 3) Αν το πολυμερές διαλύεται σε ένα μη πτητικό διαλύτη, το διάλυμα μπορεί να εξωθηθεί σε ένα άλλο υγρό, το οποίο δεν είναι διαλύτης του πολυμερούς. Κανονικά αυτό το υγρό είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα του διαλύτη. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως υγρή εξώθηση. Μια παραλλαγή της είναι όταν το πολυμερές δεν είναι εύκολα διαλυτό. Τότε μετατρέπεται σε διαλυτό παράγωγο και εξωθείται σε ένα μπάνιο, το οποίο ταυτόχρονα συμπυκνώνει το παράγωγο του πολυμερούς και αναγεννά το ίδιο το πολυμερές.

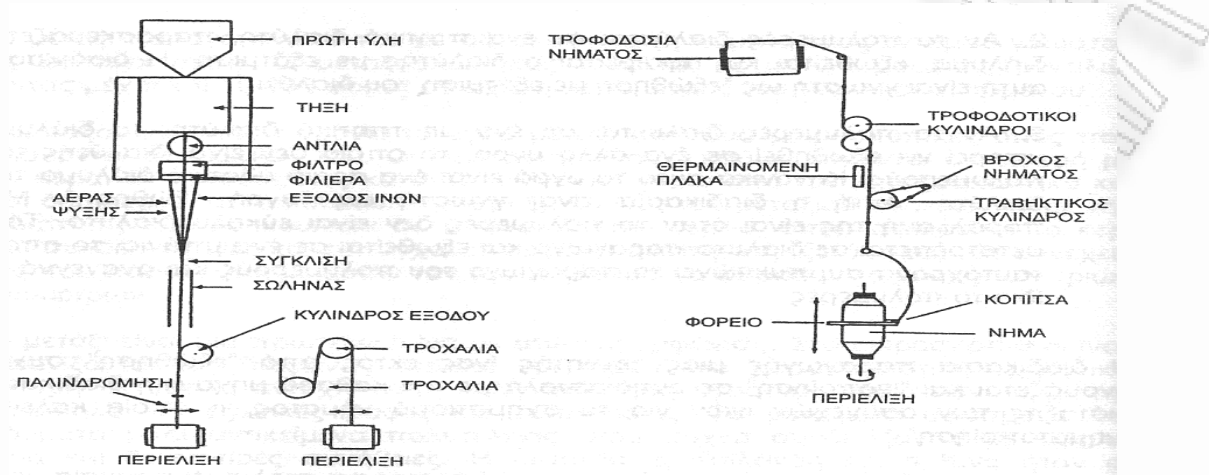
Η διαδικασία παραγωγής μιας συνθετικής ίνας εκτός από εξώθηση συχνά ονομάζεται και ινοποίηση σε αντιδιαστολή με την καθαρά μηχανική διαδικασία διάταξης των ασυνεχών ινών για το σχηματισμό νήματος, η οποία καλείται νηματοποίηση.

Τα μακρομόρια στις εξωθημένες ίνες φαίνονται να είναι προσανατολισμένα τυχαία μέσα στην ίνα. Προκειμένου να έχει η ίνα συνεκτικότητα και ουσιαστικά χαμηλή επιμήκυνση στη θραύση, οι πολυμερικές αλυσίδες πρέπει να διαταχθούν κατά μήκος του άξονα της ίνας. Επομένως απαιτείται μια περαιτέρω επεξεργασία που είναι γνωστή ως προσανατολισμός. Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχήμα 3), η περιφερειακή ταχύτητα του κυλίνδρου εξόδου θα είναι μέχρι πέντε φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα των τροφοδοτικών κυλίνδρων. Έτσι οι ίνες επιμηκώνονται μέχρι πέντε φορές σε σχέση με το κανονικό τους μήκος. Αυτό αυξάνει και μειώνει την επιμήκυνση στη θραύση. Για μερικές ίνες, ο προσανατολισμός ακολουθεί αμέσως μετά την εξώθηση και για άλλες αποτελεί μια εντελώς ξεχωριστή διαδικασία [9].

1.3.1 Εξώθηση τήγματος

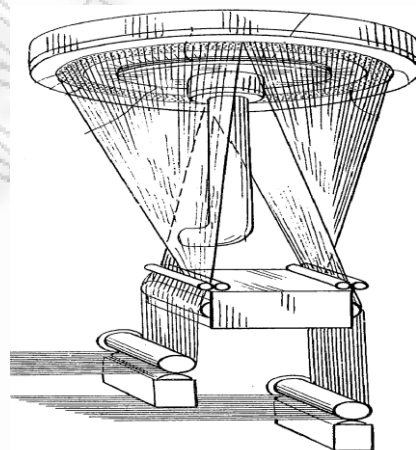
Πρόκειται για την απλούστερη διαδικασία παραγωγής ινών. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή του πολυεστέρα, πολυαμιδίου και πολυπροπυλενίου. Το πολυμερές τήκεται και εξωθείται μέσα από τις οπές μιας φιλιέρας, η οποία είναι μια μικρή μεταλλική πλάκα με

διανοιγμένες λεπτές οπές διαμέτρου 0,5 mm. Το πολυμερές σε κατάσταση τήξης περνά μέσα από τις οπές της φιλιέρας και προβάλλει μέσα σε ένα ρεύμα κρύου αέρα, το οποίο προκαλεί την στερεοποίησή του. Η στερεοποιημένη δέσμη των συνεχών ινών περνά γύρω από έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο και κατόπιν προωθείται στη διάταξη συλλογής.



Σχήμα 3 : Διαγραμματική παρουσίαση της εξώθησης τήγματος *Τράβηγμα νήματος*

Οι ίνες δεν είναι ακόμη κατάλληλες για χρήση γιατί τα μακρομόρια δεν έχουν υψηλό βαθμό προσανατολισμού κατά μήκος του άξονα της ίνας. Για τον προσανατολισμό, η ίνα υφίσταται τράβηγμα και επιμηκύνεται, σε θερμοκρασία χαμηλότερη του σημείου τήγματος αλλά ικανή ώστε να βρίσκεται στην ιξωδοελαστική περιοχή κατάσταση και όχι σε κατάσταση τήγματος. Το ανωτέρω σχήμα δείχνει έναν από τους πολλούς τρόπους τραβήγματος των ινών. Η περιφερειακή ταχύτητα του τραβηχτικού κυλίνδρου είναι πολλές φορές μεγαλύτερη από αυτή των τροφοδοτικών κυλίνδρων και ο λόγος των ταχυτήτων είναι γνωστός ως λόγος τραβήγματος.



Σχήμα 4 : Εξώθηση πολυαμιδικών ινών από μια φιλιέρα [10]

Τα σημαντικά χαρακτηριστικά της εξώθησης τήγματος είναι:

1. Συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών. Τα περισσότερα πολυμερή παραγωγής ινών εξωθούνται στους 250-280°C. Το πολυμερές πρέπει να είναι σταθερό στη θερμοκρασία αυτή, αλλιώς θα παράγονται κατεστραμμένες ίνες.
2. Οι ταχύτητες εξώθησης μπορεί να είναι υψηλές. Μπορεί να φθάνουν τα 1000 m min⁻¹ ή και περισσότερο.
3. Από μια φιλιέρα μπορεί να παραχθεί μόνο ένας μικρός αριθμός συνεχών ινών. Οι συνεχείς ίνες πρέπει να ψυχθούν ταχύτατα μετά την εξώθηση για να στερεοποιηθούν. Η υψηλή ταχύτητα και οι μικρές φιλιέρες καθιστούν την διαδικασία συμφέρουσα οικονομικά για τα νήματα συνεχών ινών. Στην περίπτωση ασυνεχών ινών θα πρέπει να συνδυαστεί ένας μεγάλος αριθμός από φιλιέρες πριν το τράβηγμα και το κόψιμο.
4. Δεν χρησιμοποιούνται διαλύτες για το πολυμερές. Συνεπώς δεν χρειάζονται δαπανηρές και δύσκολες διαδικασίες ανάκτησης του διαλύτη.

Οι ίνες εξώθησης τήγματος παράγονται πλέον σε πολύ υψηλές ταχύτητες (2000-4000 m min⁻¹). Στις ταχύτητες αυτές, το αεροδυναμικό φορτίο στις εξωθούμενες ίνες είναι πολύ μεγάλο και οι κύλινδροι εξόδου επιβάλλουν στις ίνες σημαντική τάση. Αυτό από μόνο του έχει αποτέλεσμα τον προσανατολισμό των μορίων στις ίνες και επομένως τα νήματα που παράγονται σε τέτοιες υψηλές ταχύτητες ονομάζονται μερικώς προσανατολισμένα (partially oriented yarn). [9,11]

1.3.2 Εξώθηση με εξάτμιση του διαλύτη

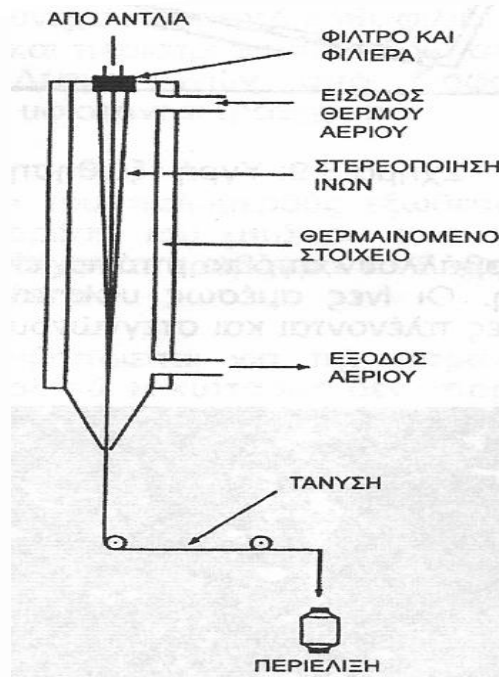
Η εξώθηση με εξάτμιση του διαλύτη είναι λιγότερο χρησιμοποιούμενη από τις κύριες τεχνικές παραγωγής ινών. Χρησιμοποιείται για την οξική κυτταρίνη και μερικές ακρυλικές ίνες. Το διάλυμα του πολυμερούς εξωθείται μέσα από μια φιλιέρα σε ένα ρεύμα ζεστού αέρα, έτσι ώστε να εξατμιστεί ταχέως ο διαλύτης από τις συνεχείς ίνες. Οι ίνες κινούνται μέσα στο ρεύμα του ζεστού αέρα σε μήκος 5-6 m μέχρι ένα περιστρεφόμενο κύλινδρο και κατόπιν τροφοδοτούνται σε μια διάταξη περιέλιξης.

Ο προφανής περιορισμός της παραγωγικής αυτής μεθόδου είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο αν υπάρχει πτητικός διαλύτης του πολυμερούς. Οι ίνες διοξικής

κυτταρίνης παράγονται χρησιμοποιώντας ως διαλύτη την ακετόνη, ενώ οι ίνες τριοξικής κυτταρίνης παράγονται από ένα διάλυμα σε διχλωρομεθάνιο. Και οι δυο αυτοί διαλύτες έχουν χαμηλό σημείο ζέσεως και εξατμίζονται εύκολα.

Μερικές ακρυλικές ίνες κατασκευάζονται με τη μέθοδο εξώθησης με εξάτμιση του διαλύτη. Ο μόνος κατάλληλος διαλύτης, το διμεθυλφορμαμίδιο, δεν είναι ιδιαίτερα πτητικός. Ο αέρας στον οποίο θα παραχθούν οι ίνες θα πρέπει να έχει θερμοκρασία 130-200°C. Οι ίνες της οξικής κυτταρίνης έχουν επαρκή προσανατολισμό των μορίων μετά την εξώθησή τους. Για τον λόγο αυτό, οι ίνες της οξικής κυτταρίνης υφίστανται τράβηγμα. Οι ακρυλικές ίνες υφίστανται τράβηγμα σε μια ξεχωριστή διαδικασία, με τον ίδιο τρόπο, όπως οι ίνες εξώθησης τήγματος. Άλλες σημαντικές παρατηρήσεις στην εξώθηση με εξάτμιση του διαλύτη είναι :

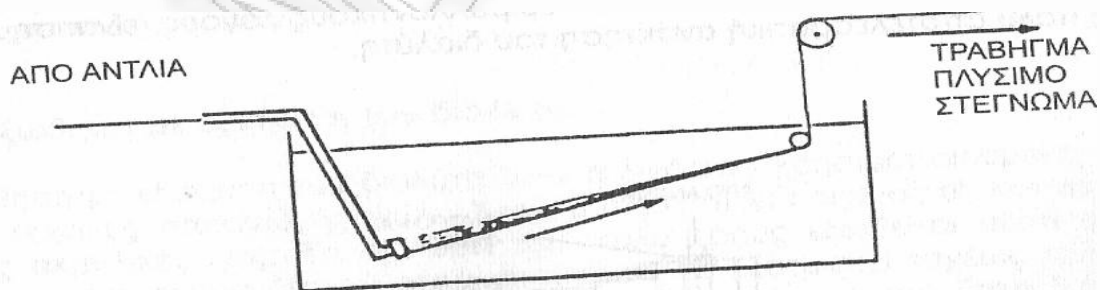
- 1) Οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται είναι πολύ χαμηλότερες από ότι στην εξώθηση τήγματος. Επομένως, αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν το πολυμερές αποικοδομείται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες.
- 2) Οι ταχύτητες παραγωγής είναι αρκετά υψηλές (500-1000 m min⁻¹).
- 3) Από μια κεφαλή παραγωγής μπορεί να παραχθεί μόνο μια μικρή ποσότητα ινών. Οι συνεχείς ίνες πρέπει να είναι σε ικανή απόσταση μεταξύ τους, ώστε να επιτρέπουν την εξάτμιση του διαλύτη, χωρίς να κολλούν οι ίνες μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτόν, η διαδικασία αυτή είναι περισσότερο οικονομική για ένα νήμα συνεχών ινών.
- 4) Οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται είναι ακριβοί, τοξικοί, εύφλεκτοι και εν δυνάμει εκρηκτικοί όταν αναμιγνύονται με τον αέρα. Απαιτούνται περίπου 3-6 kg διαλύτη ανά kg παραγόμενων ινών. Τόσο από οικονομικούς, όσο και από περιβαλλοντικούς λόγους, είναι σημαντική η πολύ αποτελεσματική ανάκτηση του διαλύτη [9,11,13].



Σχήμα 5 : Εξώθηση με εξάτμιση του διαλύτη

1.3.3 Υγρή εξώθηση

Η υγρή εξώθηση χρησιμοποιείται για την παραγωγή μερικών ακρυλικών ινών, όπως για τη βισκόζη. Το διάλυμα του πολυμερούς εξωθείται οριζοντίως μέσω μιας φιλιέρας σε ένα μπάνιο υγρού που δεν διαλύει το πολυμερές. Το στερεοποιημένο πολυμερές έλκεται από τη φιλιέρα με ελεγχόμενη ταχύτητα. Ο διαλύτης διαχέεται στο μπάνιο από την επιφάνεια της ίνας και το υγρό του μπάνιου διαχέεται μέσα στις συνεχείς ίνες.



Σχήμα 6 : Υγρή εξώθηση

Όταν οι συνεχείς ίνες προβάλλουν από το μάνιο, είναι σε ιδιαίτερα διογκωμένη και πλαστική κατάσταση. Οι ίνες αμέσως υφίστανται τράβηγμα μεταξύ των κυλίνδρων. Κατόπιν οι ίνες πλένονται και στεγνώνουν σε μια συνεχή διαδικασία παραγωγής.

Στα ακρυλικά, το διάλυμα του πολυμερούς εξωθείται σε ένα αραιό υδατικό διάλυμα του διαλύτη. Η δράση του μάνιου είναι αποκλειστικά πηκτική. Οι συνεχείς ίνες βγαίνουν και δέχονται τράβηγμα 4-5 φορές μέσα σε ατμό. Τελικά οι ίνες πλένονται και στεγνώνουν.

Το πολυμερές που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της βισκόζης είναι κυτταρίνη σε μορφή ξυλοπολτού. Η κυτταρίνη δεν μπορεί να διαλυθεί σε κάποιον κοινό διαλύτη. Για να παραχθεί διαλυτή μορφή, προστίθεται διθειάνθρακας, ο οποίος αντιδρά με την κυτταρίνη. Κατόπιν, το προϊόν της αντίδρασης διαλύεται σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (καυστική σόδα). Το διάλυμα που ονομάζεται βισκόζη, εξωθείται σε ένα μάνιο, το οποίο εξουδετερώνει το υδροξείδιο του νατρίου και η κυτταρίνη αναγεννάται με αντιστροφή της αντίδρασης με τον διθειάνθρακα.

Οι ίνες υφίστανται τράβηγμα και συνήθως κόβονται σε ασυνεχείς ίνες πριν από μια εκτεταμένη διαδικασία πλυσίματος για την απομάκρυνση όλων των χημικών. Η διαδικασία παραγωγής της βισκόζης είναι περισσότερο περίπλοκη μέθοδος παραγωγής ινών. Κατά την παραγωγική διαδικασία υπεισέρχονται πολλές παράμετροι, οπότε οι διαφοροποιήσεις των συνθηκών εξώθησης μπορούν να δώσουν μια μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων των ινών. Μπορούν να παραχθούν ίνες βισκόζης με ιδιότητες σαν αυτές του βαμβακιού (modal, με κυμάτωση ή σε μορφή διογκωμένων συνεχών ινών (για μεγαλύτερο όγκο). Τα υπόλοιπα σημαντικά σημεία στην υγρή εξώθηση είναι:

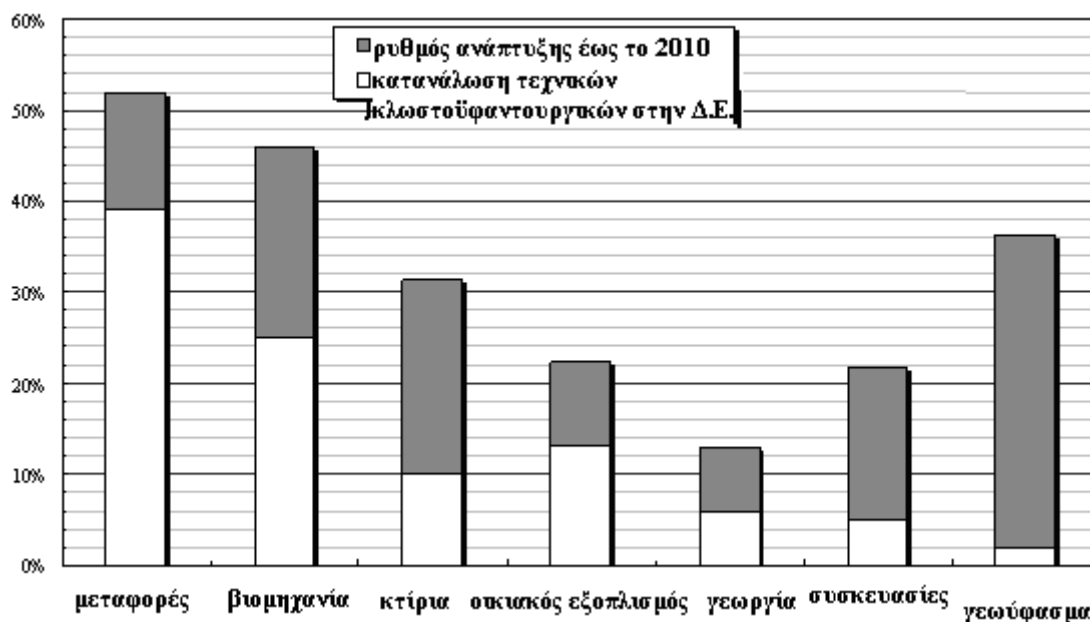
- 1) Δεν περιλαμβάνονται διαδικασίες με υψηλές θερμοκρασίες
- 2) Οι ταχύτητες παραγωγής είναι ιδιαίτερα χαμηλές ($30-80 \text{ m, min}^{-1}$), συγκρινόμενες με τις ταχύτητες άλλων διαδικασιών παραγωγής ινών.
- 3) Μπορούν να χρησιμοποιηθούν φιλιέρες με μεγάλο αριθμό οπών, λόγω της υγρής καταβύθισης στο μάνιο εξώθησης. Χρησιμοποιούνται φιλιέρες διαμέτρου $7,5 \text{ cm}$ με 20.000 οπές και φιλιέρες ορθογωνικής διατομής με 167.000 οπές. Αυτό καθιστά τη μέθοδο οικονομική.
- 4) Οι διαλύτες για τις ακρυλικές ίνες είναι ακριβοί και είναι σημαντική η αποτελεσματική ανάκτηση και ο καθαρισμός τους. Στην παραγωγή της βισκόζης, το

υδροξείδιο του νατρίου και το θειικό οξύ είναι σχετικά φθηνά και δεν επιχειρείται ανάκτηση.

Οι συνθετικές ίνες μπορούν τροποποιηθούν σε κάθε φάση κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας (με πρόσθετα, όπως βαφή ή αντιγυαλιστικά/θαμβωτικά υλικά) ή αμέσως μετά (τράβηγμα, κατσάρωμα ή εφαρμογή φινιριστικών), έτσι ώστε να είναι κατάλληλες για το τελικό προϊόν. Οι ίνες μπορούν να δημιουργηθούν έτσι, ούτως ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος που πρόκειται τελικά να παραχθεί από αυτές. Αν κατασκευαστούν μια φορά και ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις μιας δεδομένης εφαρμογής, τα χαρακτηριστικά των ινών μπορούν να αναπαραχθούν κατόπιν από παρτίδα σε παρτίδα πανομοιότυπα. Εναλλακτικά, αν δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα με τροποποίηση ενός είδους τεχνητής ίνας, αναμιγνύονται διαφορετικά είδη ινών για να δώσουν τις απαιτούμενες ιδιότητες [9,11-13],

1.4 Τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και η εφαρμογή τους σήμερα

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούσαν πάντοτε, ένα σημαντικό στοιχείο των εσωτερικών χώρων των ανθρώπινων κατοικιών συμπεριλαμβανομένων όλων των τύπων κτηρίων, όπως γραφεία, ξενοδοχεία νοσοκομεία, καθώς επίσης και των συστημάτων μεταφορών, όπως τα αυτοκίνητα, τα λεωφορεία, οι επιβατικές αμαξοστοιχίες, τα κρουαζιερόπλοια και τα αεροπλάνα. Βάση της χρηστικότητάς τους, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα εξυπηρετούν τρεις βασικούς σκοπούς: τη διακόσμηση, την άνεση και την ασφάλεια. Ενώ η ζήτηση για αυτές τις βασικές χρήσεις είναι απίθανο να μειωθεί στο μέλλον, οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις των κατασκευών, η προστασία του περιβάλλοντος και ο σύγχρονος τρόπος διαβίωσης, παρέχουν σημαντική δυνατότητα για την ανάπτυξη κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων από την άποψη των εφαρμογών, της πολυπλοκότητας και της λειτουργικότητας. Συνεπώς, τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αναμένονται να αυξηθούν γρηγορότερα από οποιοδήποτε άλλο σχετικό τομέα της κλωστοϋφαντουργίας, με ρυθμό ανάπτυξης που να φθάνει ακόμη και το 35 % μέσα σε πέντε έτη (2005-2010) (Σχήμα 7) [46].



Σχήμα 7 : Συγκριτικές τιμές για την κατανάλωση τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων ανά κλάδο, στην Δυτική Ευρώπη, την πενταετία 2005-2010.

Με την πάροδο των ετών η βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας εξελίσσεται. Από τις πιο πρόσφατες καινοτόμες εφαρμογές είναι τα **τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα**. Ίνες και νήματα, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προηγμένων πολυ-λειτουργικών υφασμάτων με θαυμαστές ιδιότητες. Για παράδειγμα, ορισμένα είναι αντιμικροβιακά, απορροφούν την επικίνδυνη για τον άνθρωπο υπεριώδη ακτινοβολία και ακόμα, έχουν την ικανότητα αυτο-καθαρισμού. Η αξιοποίησή τους σε μια ευρύτατη ποικιλία εφαρμογών, από είδη ένδυσης και οικιακού εξοπλισμού έως υφάσματα εξωτερικών χώρων κερδίζει συνεχώς έδαφος [14,15].

Οι πρόσθετες ιδιότητες οφείλονται, προφανώς, στις νέες μορφές ινών και νημάτων, οι οποίες εξελίχθηκαν στα ερευνητικά εργαστήρια και κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται ήδη με σχετική επιτυχία σε εμπορικές εφαρμογές. Η νανοτεχνολογία παίζει ένα καθοριστικό ρόλο στην κατασκευή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Νανοδομημένα υφάσματα εφαρμόζονται στην επιφάνεια υφασμάτων με κατάλληλη επεξεργασία είτε ενσωματώνονται στη μάζα συνθετικών ινών, στο στάδιο της ινοποίησης. Σαν παράδειγμα νανοτεχνολογίας για την παραγωγή ινών και νημάτων με εγγενώς αντιμικροβιακή δράση, είναι η χρήση νανοδομημένων οξειδίου του πυριτίου που περιέχουν άργυρο, στοιχείο γνωστό για τις αντιμικροβιακές του ιδιότητες. Αυτά μπορούν να ενσωματωθούν σε πολυμερικές μήτρες, με σκοπό την ελεγχόμενη αποδέσμευσή τους. Επίσης, αντιμικροβιακές ιδιότητες αναπτύχθηκαν

και σε άλλα πολυμερή, στα οποία ενσωματώθηκε μια οργανική αντιμικροβιακή ένωση (Triclosan), πριν χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ινών και νημάτων.

Μάλιστα, οι ερευνητές διαπίστωσαν πως μεταβάλλοντας την ποσότητα του εγκλεισμένου συστατικού και το βαθμό τάνυσης (τεντώματος) της ίνας, μπορούν να ελέγξουν το βαθμό αποδέσμευσης, άρα και τη δραστικότητα των νημάτων, από τα οποία κατασκευάζονται υφάσματα ικανά να προστατεύουν το χρήστη από τους μικροοργανισμούς. Όλες αυτές οι τεχνικές χρησιμοποιούνται στην ιατρική, όπου η αντιμικροβιακή δράση αποτελεί αναγκαιότητα όχι μόνο για τους ασθενείς αλλά και για το προσωπικό.

Για να επιτευχθεί το ίδιο αποτέλεσμα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα από φυσικές ίνες, όπως το βαμβάκι, έχουν γίνει επιτυχημένες δοκιμές βάσει της μεθόδου της επιφανειακής απόθεσης αντιμικροβιακών σωματιδίων, με απλή υγρή επεξεργασία κατά το φινίρισμα. Για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα και η δραστικότητα του υλικού στη μακρόχρονη χρήση, αφού το ζητούμενο είναι η ανάπτυξη αντιμικροβιακής δράσης σε ρούχα, κάλτσες και προϊόντα εξειδικευμένης φροντίδας, τα νανοσωματίδια συνδυάστηκαν κατάλληλα συνδυαστικά υλικά, τα οποία παίζουν το ρόλο της «γέφυρας» με το υλικό του υποστρώματος.

Ένα δεύτερο παράδειγμα τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι αυτά που παρουσιάζουν ιδιότητες αυτο-καθαρισμού. Δηλαδή έπειτα από παρατεταμένη χρήση τα ρούχα, τα σεντόνια ή άλλα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που χρησιμοποιούμε να διατηρούνται καθαρά. Ο πιο αποδοτικός καθαριστής της φύσης είναι το τιτάνιο, επειδή εμφανίζει ισχυρή φωτοκαταλυτική δράση. Δηλαδή, διασπά οργανικές ενώσεις και λεκέδες, όταν εκτεθεί σε υπεριώδη ακτινοβολία. Έτσι, για την κατασκευή ινών (άρα και υφασμάτων) με ιδιότητες αυτο-καθαρισμού αναπτύχθηκαν από ερευνητές διαλύματα οξειδίου του τιτανίου, στα οποία εμβαπτίσθηκαν, υπό κατάλληλες συνθήκες κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Συγκριτικοί έλεγχοι μεταξύ των απλών και των επεξεργασμένων υφασμάτων με τιτάνιο, απέδειξαν την ικανότητα των δεύτερων να διασπούν λεκέδες, το οποίο έχει ως απόρροια και την αντιμικροβιακή δράση [14,15].

Οι έρευνες, στο πλαίσιο των οποίων συνδυάζονται διαφορετικές επιστημονικές περιοχές και τεχνολογικοί κλάδοι (νανοεπιστήμες, βιοτεχνολογία, βιοπληροφορική, κ.λπ.) αναμένεται να δώσουν διαφοροποιημένα προϊόντα και υλικά, με πολύ χρήσιμες ιδιότητες και υψηλή

προστιθέμενη αξία, ενώ διασφαλίζουν μηδαμινό περιβαλλοντικό κόστος και κατανάλωση ενέργειας.

Σημαντικές εφαρμογές των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι στους τομείς του αθλητισμού, της ατομικής προστασίας, των μεταφορών και της συσκευασίας.

1.4.1 Αθλητισμός – Sporttech

Στις εφαρμογές των υφασμάτων για σπορ και λοιπές δραστηριότητες συγκαταλέγονται καλύμματα βάρκας, πετονιές, σκοινιά και υφάσματα για αερόστατα, αλεξίπτωτα, σκηνές, υπνόσακοι και τεχνητό γρασίδι έως υψηλής απόδοσης σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μπαστουινιών του γκολφ, ροπάλων, σκελετών ποδηλάτων και ρακετών του τένις. Ένας αριθμός υψηλής ποιότητας εφαρμογών σε σπορ, όπως το σκι, η ιστιοπλοΐα και το γκολφ, αποτελούν ήδη σημαντικά πεδία ανάπτυξης για νέες ίνες και υλικά υψηλής απόδοσης πριν αυτά κυκλοφορήσουν σε ευρύτερες καταναλωτικές αγορές ή άλλες βιομηχανικές εφαρμογές. Στους τομείς της ανάπτυξης προϊόντων στον τομέα της τεχνολογίας των σπορ συγκαταλέγονται τα εξής:

- Ελαφρύτερα υφάσματα. Η μείωση του βάρους χωρίς μείωση της απόδοσης αποτελεί έναν τομέα συνεχούς έρευνας.
- Λεπτότερες, μαλακότερες ίνες με υψηλή θερμική απόδοση για τους υπνόσακους.
- Περισσότερο άκαμπτα, αλλά πιο ανθεκτικά υφάσματα για μέσα ναυσιπλοΐας.
- Υφάσματα με υψηλότερη αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Υφάσματα με μειωμένα επίπεδα τριβής.
- Πορώδεις αδιάβροχες επενδύσεις για τέντες.



Εικόνα 1 : Εφαρμογή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών, στον αθλητισμό

1.4.2 Προστασία – Protech

Η προστασία από τη θερμότητα, τη φωτιά, το νερό και το επικίνδυνο περιβάλλον επιτυγχάνεται με την κατάλληλη χρήση των τεχνητών υφασμάτων με ίνες υψηλής απόδοσης. Ανάλογα με τη χρήση, απαιτείται χημική αντοχή, αντίσταση στη θερμότητα, ανθεκτικότητα, απορρόφηση της υγρασίας, άνεση, αντοχή στο σκίσιμο κ.λ.π. Η σπουδαιότητα της υψηλής απόδοσης του προστατευτικού ρουχισμού είναι περισσότερο έντονη σε περιπτώσεις φωτιάς. Ο πυρίμαχος ρουχισμός πληροί ολοένα και υψηλότερα κριτήρια, καθώς αυξάνεται η γνώση σχετικά με πιθανούς κινδύνους και η χρήση καινοτόμων τεχνικών. Τα νήματα από αρωματικά πολυαμίδια, όπως Kevlar, είναι νήματα που δεν καίγονται, αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες για κάποιο χρονικό διάστημα και έχει αποδειχτεί ότι έχουν εξαιρετική αντοχή στα αλκαλικά μέσα. Ο τομέας αυτός, επίσης, περιλαμβάνει προστατευτικό εξοπλισμό για διάφορα επαγγέλματα, όπως συγκολλητές, εργαζομένους στη θαλάσσια εξόρυξη πετρελαίου, αστυνομικούς, πιλότους, μοτοσικλετιστές, οδηγούς αγώνων και ειδικό εξοπλισμό όπως αλεξίσφαιρα γιλέκα. Οι κύριοι τομείς τελικής χρήσης περιλαμβάνουν:

- Ειδική προστασία
- Χημική προστασία
- Πυρανθεκτικότητα
- Ανθεκτικότητα σε σκισίματα
- Προστασία σε εξωτερικούς χώρους
- Υψηλή ορατότητα

Στον τομέα Protech υπάρχει ένα μεγάλο φάσμα υφασμάτων υλικών, τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν βάσει της κυρίας λειτουργίας τους. Τα υλικά ποικίλουν από ίνες, νήματα, πλεκτές και μη ίνες έως εξειδικευμένες επικαλύψεις και μεμβράνες και παρέχουν [16]:

- Προστασία κατά του σκισίματος και της απόξεσης.
- Αντιβαλιστική προστασία και αντίσταση στη σύγκρουση με κύματα.
- Πυροπροστασία και προστασία από την ακραία θερμότητα.
- Προστασία από επικίνδυνη σκόνη και μικροσωματίδια.
- Προστασία από αέρια και χημικά.
- Πυρηνική, βιολογική και χημική προστασία.
- Προστασία από εξαιρετικά χαμηλή θερμοκρασία.
- Υψηλή ορατότητα.
- Αντιστατικές ιδιότητες



Εικόνα 2 : Εφαρμογή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών αναφορικά με την προστασία

1.4.3 Μεταφορά – Mobiltech

Ο τομέας αυτός περιλαμβάνει υφάσματα που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα, φορτηγά, τρένα και αεροσκάφη. Τα προϊόντα ποικίλουν από μοκέτες, επενδύσεις φορτηγών και καθίσματα έως υλικά κατασκευής ζωνών, νήματα ελαστικών και σύνθετα υλικά για σκελετούς ατράκτου αεροσκαφών. Υπάρχουν ακόμη αρκετές ευκαιρίες ανάπτυξης στις

τελικές χρήσεις στην αυτοκινητοβιομηχανία, συμπεριλαμβανομένων των νέων εφαρμογών αερόσακων, της αντικατάστασης του αφρού από μη υφαντές ίνες, των σύνθετων υλικών και των φίλτρων αέρα εντός των οχημάτων. Η πλειοψηφία των υφασμάτων αερόσακων είναι επικαλυμμένα με ελαστομερές υλικό, όπως το νεοπρένιο ή η σιλικόνη, προκειμένου να λειτουργούν ως θερμομονωτικά.

Τα υψηλής ποιότητας υλικά επίπλωσης παίζουν σημαντικό ρόλο στα οχήματα δημόσιας χρήσης (λεωφορεία, πούλμαν, τραμ και τρένα). Στον τομέα αεροπλοΐας εφαρμόζονται ακόμη περισσότερα και αυστηρότερα κριτήρια απόδοσης και ασφάλειας στα υφάσματα επίπλωσης και άλλων εξαρτημάτων. Τα σύνθετα υλικά χρησιμοποιούνται ευρέως στο ναυτιλιακό τομέα, κυρίως με βάση τα υαλονήματα, για την κατασκευή σκελετών πλοίων. Ο ναυτιλιακός τομέας αποτελεί επίσης τον κύριο πελάτη της βιομηχανίας σκοινιού και σπάγκου. [16,18]



Εικόνα 3 : Εφαρμογή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών, στις μεταφορές

Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην αυτοκινητοβιομηχανία παίζει το μειωμένο βάρος του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου εξαρτήματος και η δυνατότητα ανακύκλωσης τους. Κινήσεις προς αυτή την κατεύθυνση επισφραγίστηκαν με τη θέσπιση νομοθεσίας από την Ευρωπαϊκή Ένωση, που ήδη εφαρμόζεται από το 2006. Οι συγκεκριμένοι νόμοι έχουν οδηγήσει στην αύξηση της χρησιμοποίησης φυσικών ινών που είναι ενισχυμένες με πλαστικό, προϊόντα που βρίσκουν πολλαπλές εφαρμογές στην αυτοκίνηση. Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία (2006) ήδη προβλέπει ότι το 80 % ενός οχήματος πρέπει να επαναχρησιμοποιείται ή να ανακυκλώνεται ενώ μελλοντικά, μέχρι το 2015 αυτό το ποσοστό θα πρέπει να ανέλθει στο 85 %. Επίσης στην

Ιαπωνία ανάλογοι νόμοι προέβλεπαν την ανάκτηση ενός οχήματος σε ποσοστό 88 % μέχρι το 2005, ενώ συμπεριλαμβανομένου και τον εξαρτημάτων που οδηγούνται στην αποτέφρωση το ποσοστό για τα οχήματα θα πρέπει να ανέρχεται σε 95 % μέχρι το 2015 [46].

1.4.4 Συσκευασία – Packtech

Οι συσκευασίες αποτελούν μια καθιερωμένη εφαρμογή για τα υφάσματα. Ο τομέας αυτός περιλαμβάνει αφενός βαριά υφαντά υφάσματα που χρησιμοποιούνται σε τσάντες, σε σάκους κ.α. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν τα ελαφριά μη υφαντά υφάσματα που χρησιμοποιούνται σε ανθεκτικά χαρτιά, τα σακουλάκια τσαγιού, τα πλεκτά δίχτυα για φρούτα και οι απορροφητικές επιφάνειες για φρέσκα προϊόντα. Η χρήση υφασμάτων υλικών στις συσκευασίες είναι ακόμη περιορισμένη σε όγκο ωστόσο, προβλέπεται ότι η ζήτηση θα αυξηθεί με πρωτοφανή ρυθμό εξαιτίας:

- των αυξημένων πραγματικών εισοδημάτων και των δαπανών των καταναλωτών,
- του τρόπου ζωής των καταναλωτών που ευνοεί την άνεση και την συσκευασία
- της αλλαγής της νομοθεσίας για την αποτροπή της μόλυνσης των τροφίμων



Εικόνα 4 : Εφαρμογή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών, στις συσκευασίες

Επιπλέον εφαρμογές των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αφορούν τα παρακάτω πεδία: οικιακός εξοπλισμός, ιατρική και υγιεινή, περιβάλλον και βιομηχανία. [16]

1.4.5 Οικιακός εξοπλισμός

Όπως έχει παρατηρηθεί κατά το έτος 2000, η μεγαλύτερη κατανάλωση σε τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά αντιστοιχεί σε προϊόντα του οικιακού εξοπλισμού. Τα οικιακά τεχνικά υφάσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην άνεση, στη διακόσμηση και στην προστασία πολλών οικιακών επιφανειών, επίπλων και καλυμμάτων. Εδώ συγκαταλέγεται και το παραγέμισμα με ινώδες υλικό σε κλινοσκεπάσματα, μαξιλάρια, υπνόσακους και επενδύσεις επίπλων. Η ζήτηση για τα προϊόντα αυτής της κατηγορίας σχετίζεται επίσης με τη διακύμανση της οικοδομικής και κατασκευαστικής δραστηριότητας. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται πολύ λίγες αλλαγές στην παραγωγή των οικιακών υφασμάτων. Τα κλινοσκεπάσματα συνεχίζουν να κυριαρχούν στην αγορά και ακολουθούν τα προϊόντα παραγεμίματος, ενώ τα υφάσματα για το μπάνιο και το τραπέζι καταλαμβάνουν μόνο ένα πολύ μικρό μέρος της αγοράς. Ενώ οι βασικές λειτουργίες παραμένουν ίδιες, οι αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών και οι απαιτήσεις ρύθμισης των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας έχουν κάνει ήδη αυτά τα προϊόντα περισσότερο πολύπλοκα και πολυλειτουργικά. Στις εφαρμογές των οικιακών υφασμάτων συγκαταλέγονται:

- Τραπεζομάντιλα, κουρτίνες, καθίσματα
- Πληρωτικά ινώδη υλικά για έπιπλα και στρώματα.
- Υφάσματα καθαριότητας και κουζίνας.
- Κάθε ύφασμα στο εσωτερικό των κτιρίων και στα μέσα μεταφοράς.
- Χαλιά και κάθε είδους καλύμματα καθισμάτων.
- Κλινοσκεπάσματα.
- Τέντες, πρόστεγα, περσίδες, κουρτίνες.

Τα υφάσματα οικιακού εξοπλισμού κατασκευάζονται πλέον από ποικιλία λειτουργικών υλικών, συμπεριλαμβανομένων των ελαστικών υφασμάτων, των θερμικά προσαρμόσιμων κλινοσκεπασμάτων, των φιλικών προς το περιβάλλον υφασμάτων, των αντιμικροβιακών υφασμάτων, των προστατευτικών από την υπεριώδη ακτινοβολία υφασμάτων, της προστατευτικής επεξεργασίας κατά του μεταχρωματισμού, των φλογεπιβραδυντικών υλικών και των τεχνολογιών με συμπυκνωμένα αρώματα [17].

1.4.6 Ιατρική – υγιεινή

Τα τεχνικά υφάσματα βρίσκουν ήδη πολλές εφαρμογές στον τομέα της ατομικής υγιεινής και της ιατρικής πρακτικής. Η χρήση τους βασίζεται σε έναν αριθμό τυπικών βασικών ιδιοτήτων όπως το μικρό βάρος ανά μονάδα επιφάνειας, η απαλότητα, η ευκαμψία, η απορροφητικότητα, η ικανότητα διήθησης, κλπ. Στις παραδοσιακές εφαρμογές συγκαταλέγονται τα προϊόντα ατομικής υγιεινής και περιποίησης, οι πάνες, τα σφουγγάρια, τα κλινოსκεπάσματα και τα καλύμματα αλλά και οι μάσκες κλπ. Ο συνδυασμός υφασμάτων με σύνθετα υλικά, όπως οι μεμβράνες, ο αφρός και τα αυτοκόλλητα, με σκοπό τη δημιουργία δομών για τη θεραπεία τραυμάτων και για τα προϊόντα υγειονομικής περίθαλψης, αποτελεί έναν από τους αναπτυσσόμενους τομείς. Αυτή η αυξανόμενη χρήση υφασμάτων σε σύνθετες εφαρμογές θα προσφέρει σημαντική αύξηση του όγκου κατανάλωσης ινών. Στις κατηγορίες των ιατρικών υφασμάτων συγκαταλέγονται τα εμφυτεύσιμα και μη εμφυτεύσιμα υλικά, οι εξωσωματικές συσκευές και προϊόντα περίθαλψης και υγιεινής. Τα προϊόντα αυτά:

- παρέχουν νέες θεραπευτικές επιλογές (εμφυτεύματα με βάση τα υφάσματα έναντι δυσεύρετων οργάνων από δότες, τεχνητοί ιστοί, κλειδώσεις και σύνδεσμοι),
- επιταχύνουν την ανάρρωση κατόπιν ιατρικής θεραπείας (καινοτόμοι επίδεσμοι τραυμάτων, ελαφριά/πορώδη ορθωτικά και προσθετικά υλικά),
- βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των ασθενών με χρόνιες παθήσεις (λειτουργικός ρουχισμός).[15,17]



Εικόνα 5 : Εφαρμογή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών, στην ιατρική

1.4.7 Περιβάλλον και βιομηχανία

Η βιομηχανία είναι ένας τομέας με εξαιρετικά ποικίλες εφαρμογές, όσον αφορά τα προϊόντα, τις λειτουργίες και τις τελικές χρήσεις, που κυμαίνονται από ελαφρά μη υφασμένα, πλεκτά δίχτυα, βούρτσες έως βαρέως τύπου επικαλυμμένους κυλιόμενους ιμάντες. Τα τεχνητά υφάσματα κρατούν τα ηνία στην αλλαγή της βιομηχανίας με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, διαχωρίζοντας και καθαρίζοντας βιομηχανικά προϊόντα, καθαρίζοντας αέρια και απόβλητα, μεταφέροντας υλικά κατά τις διαδοχικές φάσεις της βιομηχανικής επεξεργασίας και ενεργώντας ως υποστρώματα για λειαντικά φύλλα και άλλα επικαλυμμένα προϊόντα. Τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται συχνά σε αυτούς τους τομείς έχουν ένα ευρύ φάσμα προδιαγραφών, εκ των οποίων οι περισσότερες είναι πολύ περισσότερο απαιτητικές, όσον αφορά την τεχνική απόδοση και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, απ' ό,τι τα παραδοσιακά υλικά και υφάσματα. Στην κατηγορία των τεχνικών βιομηχανικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, παρατηρείται η ταχεία ανάπτυξη της χρήσης σύνθετων υλικών, σκυροδέματος με ενίσχυση ινών, καθώς επίσης και η ραγδαία αντικατάσταση των παραδοσιακών οικοδομικών υλικών από τα υφασμάτινα προϊόντα συνθετικών υλικών.

Περιβαλλοντικά ζητήματα και ζητήματα ασφάλειας σχετίζονται συχνά με τη χρήση σχεδόν όλων των τεχνητών υφασμάτων, ξεκινώντας από τους άμεσους τομείς εφαρμογής τους και την άμεση επίδρασή τους στη χρήση της ενέργειας και του νερού, στην αποτροπή τραυματισμών, στη μείωση και τη διαχείριση των αποβλήτων της μόλυνσης και του θορύβου. Επιπλέον, η περιβαλλοντική μέριμνα και οι αρχές της αειφορίας επεκτείνονται στον κύκλο ζωής των υφασμάτων αυτών καθαυτών, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής τους και της διάθεσης αλλά και της ανακύκλωσής τους, μετά την ολοκλήρωση της περιόδου χρησιμότητάς τους.

Τέλος τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα μπορεί να χρησιμοποιούνται σαν γεωυφάσματα ή σαν υφάσματα για κατασκευές.[17]

1.4.8 Γεωυφάσματα – Geotech

Σαν γεωυφάσματα ορίζονται όλα τα υφαντά, μη υφαντά και πλεκτά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε ένα εύρος εφαρμογών συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής κτιρίων,

γεφυρών, φραγμάτων, σιδηροδρομικών γραμμών και δρόμων, καθώς και αναχωμάτων, διανοίξεων, παραχωμάτων και υποθαλάσσιων παραλιακών μηχανικών έργων. Παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη αγορά είναι περιορισμένη, αναμένεται ισχυρή ανάπτυξη καθώς τα γεωφάσματα εφαρμόζονται ολοένα και περισσότερο. Οι κύριες λειτουργίες των γεωφασμάτων συνήθως είναι:

- προστασία: το γέμισμα και η προστασία των μεμβρανών από τρύπες ή σκισίματα από αιχμηρές πέτρες ή άλλες πιέσεις. Τα γεωφάσματα μπορούν επίσης να παραγεμιστούν με πολυμερή ή ανόργανα υλικά στεγανοποίησης, όπως ο αργιλώδης μπετονίτης, ούτως ώστε να επιτευχθούν εύκαμπτα φράγματα κατά της υγρασίας.
- ενίσχυση: η ενδυνάμωση των υπόγειων κατωφερειών, των κλίσεων και των τοίχων για την αποτροπή της μετακίνησης, της διολίσθησης και της κατάρρευσης, κατανέμοντας τα μηχανικά φορτία.
- σταθεροποίηση: μια στενά σχετιζόμενη λειτουργία που περιλαμβάνει την πιο επιφανειακή κατανομή των φορτίων και την αποτροπή της διάβρωσης και των ρωγμών στα αναχώματα, των σιδηροδρομικών γραμμών, των οδών και άλλων επιφανειών.
- διαχωρισμός: ο διαχωρισμός δύο διπλανών αλλά ανόμοιων υλικών για την αποτροπή της ανάμιξης και της καθίζησης, π.χ. χαλίκι και έδαφος, υγειονομική ταφή αποβλήτων και υπέδαφος.
- αποστράγγιση: ο διαχωρισμός του νερού από τα στέρεα σωματίδια και η μετέπειτα απομάκρυνσή του μέσω κλωστοϋφαντουργικών ινών και επενδύσεων.

Οι διαπερατές επενδύσεις που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με γεωμεμβράνες σε εφαρμογές υγειονομικής ταφής αποβλήτων μπορούν επίσης να επιτρέψουν τον εξαερισμό και την απομάκρυνση των βιοαποικοδομήσιμων προϊόντων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και τη συλλογή διασταλαζόντων υδάτων. Οι επιλεγμένες ίνες και τα νήματα για τις γεωφασματικές εφαρμογές είναι συνήθως συνθετικά πολυμερή που παρέχουν μακροχρόνια σταθερότητα ενάντια στη μηχανική, χημική και βιολογική φθορά. Οι πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται σε μορφή κομμένων και μη ινών, μονόκλωνων και πολύκλωνων νημάτων, καθώς και ασυνεχών ινών.



Εικόνα 6 : Εφαρμογή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών, ως γεωυφάσματα

Το πολυπροπυλένιο και ο πολυεστέρας είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται περισσότερο, και σε πολύ μικρότερο βαθμό το πολυαμίδιο και το πολυαιθυλένιο. Το πολυαιθυλένιο χρησιμοποιείται όπου απαιτείται ευκαμψία ή σταθερότητα χαμηλής θερμοκρασίας στην επίδραση διασταλαζόντων χημικών ουσιών. Ωστόσο, σε συγκεκριμένες απαιτήσεις για βιοαποικοδόμηση ή όπου η τοπική διαθεσιμότητα και το κόστος των υλικών το επιτρέπουν μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι φυσικές ίνες, όπως η γιούτα. Υπάρχουν επίσης σημαντικές ευκαιρίες για τη χρήση ανακυκλωμένων υφασμάτων υλικών και άλλων πολυμερών σε γεωυφασματικές εφαρμογές.

1.4.9 Κατασκευές – Buildtech

Ο τομέας των κατασκευών καλύπτει κάθε ύφασμα και σύνθετο υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή μόνιμων ή προσωρινών κτιριακών κατασκευών, καθώς και οικοδομημάτων, όπως φράγματα, γέφυρες, αγωγοί και δρόμοι. Χάρη στα χαρακτηριστικά καλύτερης απόδοσης που διαθέτουν, όσον αφορά το λόγο της αντοχής/βάρους, την ανθεκτικότητα, την ευκαμψία, τις ιδιότητες μόνωσης και απορρόφησης, και την αντίσταση στη φωτιά και τη θερμότητα, είναι σε θέση να αντικαταστήσουν τα συμβατικά υλικά κατασκευής, όπως ο

χάλυβας, το ξύλο και το πλαστικό. Ανάμεσα στα παραδείγματα καινοτόμων χρήσεων των υφασμάτων συγκαταλέγονται:

- Ελαφριές στέγες και αδιάβροχες μεμβράνες, καθώς και πορώδεις επενδύσεις.
- Μονώσεις θερμότητας και ήχου.
- Τοίχοι και μεσοτοιχίες πυρασφάλειας.
- Εύκαμπτες και ανθεκτικές σωληνώσεις και συστήματα καναλιών.
- Ενίσχυση τοίχου και οροφής, προσόψεις και σοβάτισμα εσωτερικών επιφανειών.
- Ενίσχυση και σφυρηλάτηση σκυροδέματος.

Σε αρκετές εφαρμογές, τα υφάσματα χρησιμοποιούνται επίσης σε μόνιμα κτίρια και οικοδομήματα, προσδίδοντας σε αυτά μια σειρά εξειδικευμένων λειτουργιών, όπως η ενίσχυση, η στεγανοποίηση, η μόνωση και η πυροπροστασία. Τα τελικά προϊόντα επιτυγχάνουν εξαιρετικά αποτελέσματα προστασίας, μέσω μιας λειτουργικής τελικής επεξεργασίας ή επικάλυψης, με την οποία παρέχουν προστασία έναντι ποικίλων ριζικών επιδράσεων. Στα συνήθη λειτουργικά υφάσματα με ιδιότητες προστασίας συγκαταλέγονται τα πρόστεγα, οι μουσαμάδες και τα προσωρινά υφάσματα προστασίας.

Τα πρόστεγα είναι αρχιτεκτονικές προεξοχές με μία στέγη σαν οικοδόμημα που παρέχει προστασία από τις καιρικές συνθήκες και τον ήλιο. Τα υφάσματα των πρόστεγων πρέπει να πληρούν πολύ υψηλά κριτήρια σε διαφορετικούς τομείς. Ο καταναλωτής αναμένει την καλύτερη απόδοση αναφορικά με τη σταθερότητα υπεριώδους ακτινοβολίας, την αντίσταση υδρόλυσης και την αντοχή στο χρόνο, τη μη αλλοίωση των χρωμάτων από το φως, την απώθηση του νερού, την κατακράτηση χρώματος, την αντίσταση έναντι στη μούχλα και την ευκαμψία. Οι απαιτήσεις απόδοσης ποικίλουν από υφάσματα πολυεστέρα με επικάλυψη πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) ή με επικάλυψη ακριλικού έως μεμβράνες υψηλών προδιαγραφών, πιθανώς χρησιμοποιώντας επιχρισμένο γυαλί πολυτετραφθοροαιθυλενίου (PTFE) με επιπλέον λάκα φθοριωμένου υδρογονάνθρακα. Στους μουσαμάδες το βαμβάκι έχει επίσης αντικατασταθεί από πολυεστέρα υψηλής ανθεκτικότητας με επικάλυψη PVC.

Στα τεχνητά υφάσματα με ιδιότητες φράγματος περιλαμβάνονται τα υποστρώματα στέγης και οι ενισχύσεις τοίχου και οροφής. Τα υποστρώματα στέγης είναι σχεδιασμένα για την προστασία της επικάλυψης της στέγης και του οικοδομήματος από τη διείσδυση της υγρασίας. Η αγορά μοιράζεται σε τσόχες, αλουμινοφύλλα και μη πλεκτές επικαλύψεις (κυρίως πολυπροπυλενίου, πολυεστέρα και υαλονημάτων). Οι κύριες τεχνικές απαιτήσεις των

υποστρωμάτων στέγης είναι η επιβράδυνση στη μετάδοση της φωτιάς, η διαπερατότητα νερού σε συνδυασμό με τη διαπερατότητα αέρα, η αντοχή κατά του σχισίματος, η αντοχή κατά της υπερϊώδους ακτινοβολίας και η αντίσταση έναντι στη μούχλα.

Τα τεχνικά υφάσματα χρησιμοποιούνται και σαν ενισχύσεις τοίχου και οροφής. Οι στρώσεις ινών υφάσματος χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στις ενισχύσεις σκυροδέματος εσωτερικού και εξωτερικού χώρου για την ενδυνάμωση τοίχων, οροφών και προσόψεων για την αξιόπιστη αντίσταση στις ρωγμές. Τα πλέγματα υαλονήματος χρησιμοποιούνται συχνά κατά την αρχική κατασκευή ενός κτιρίου για αποκατάσταση επιφανειών με ρωγμές. Τα υλικά ενίσχυσης πρέπει να πληρούν υψηλές απαιτήσεις, όσον αφορά την αντοχή στον εφελκυσμό και την ελαστικότητα. Επιπλέον, το υλικό πρέπει να είναι αντιπυρικό, με αλκαλική αντοχή σε συνδυασμό με υψηλού βαθμού σταθερότητα. Η σταθερότητα αυτή επιτυγχάνεται με την εφαρμογή του σωστού συγκολλητικού (πολυμερές). Μη υφαντές επικαλύψεις όπως το γυαλί και ο πολυεστέρας (σε μορφή ινών) χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε ασφαλικές στέγες και σχετίζονται με τα αδιάβροχα προϊόντα. Τα πορώδη φράγματα υγρασίας για τοίχους είναι μία ακόμη εφαρμογή υπό ανάπτυξη για μη πλεκτές επικαλύψεις. Ωστόσο, οι πολυολεφίνες χρησιμοποιούνται συχνότερα σε αυτήν την περίπτωση, καθώς οι απαιτήσεις αντοχής και ανθεκτικότητας στη θερμότητα είναι χαμηλότερες [19,20].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

2.1 Ταξινόμηση υφασμάτων βάσει διαφόρων παραγόντων

Τα υφάσματα που παράγονται από τον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας αλλά και γενικότερα τα περισσότερα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, είναι στην ουσία μια δομή διασταυρωμένων οριζόντιων νημάτων με άλλα διατεταγμένα σε κάθετη διεύθυνση, με πάντα προκαθορισμένο τρόπο διασταύρωσης. Τα κάθετα νήματα ονομάζονται στημόνια ενώ τα οριζόντια ονομάζονται υφάδια. Τα παραγόμενα υφάσματα μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους:

A. Σύμφωνα με την πρώτη ύλη : Υφάσματα που κατασκευάζονται από νήματα τύπου βαμβακιού, μαλλιού, μεταξιού κτλ., καθώς και από σύμμεικτα νήματα.

B. Σύμφωνα με τον προορισμό τους :

- i. Καλοκαιρινά ή χειμερινά ενδύματα και προϊόντα.
- ii. Ανδρικά, γυναικεία, παιδικά ενδύματα και προϊόντα
- iii. Είδη ιματισμού (εσώρουχα, κλινοσκεπάσματα)
- iv. Για τεχνικούς σκοπούς (π.χ ιμάντες, πυροσβεστικοί σωλήνες κ.α.)
- v. Για διακοσμητικούς σκοπούς (π.χ. επιπλόπανα)
- vi. Για είδη οικιακής χρήσης (π.χ. πετσέτες)
- vii. Υλικά συσκευασίας (σάκκοι)

Γ. Ανάλογα με το τελικό φάρδος :

- i. Μονόφαρδα (πλάτος μέχρι 1.10-1.20 μ)
- ii. Διπλόφαρδα (πλάτος μεγαλύτερο από 1.20μ)

Δ. Ανάλογα με το βάρος :

- i. Ελαφριά υφάσματα
- ii. Μεσαίου βάρους
- iii. Βαριά υφάσματα

Ε. Ανάλογα με το πάχος :

- i. Λεπτά υφάσματα
- ii. Μεσαίου πάχους.
- iii. Χοντρά υφάσματα

ΣΤ. Ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους :

- i. Απλά υφάσματα. Αποτελούνται από δυο στοιχεία (μια σειρά στημονίων και μια σειρά υφαδίων).
- ii. Σύνθετα υφάσματα. Αποτελούνται από περισσότερα από δυο στοιχεία. Αυτά είναι :
 - 1. Διπλής όψεως υφάσματα.
 - 2. Σωληνοειδή υφάσματα.
 - 3. σωληνοειδή εναλλασσόμενα.
 - 4. Διπλά
- iii. Ειδικά υφάσματα (π.χ. βελούδα)

Ζ. Ανάλογα με τον μηχανισμό σχηματισμού ανοίγματος:

- i. Έκκεντρα, 5-7 τελάρα
- ii. Ρατιέρα, 12-24 τελλάρα
- iii. Ζακάρ (υφάσματα με πολύ σύνθετη επανάληψη στο στημόνι και στο υφάδι)

Η. Ανάλογα με τις διαδικασίες βαφής και φινιρίσματος (π.χ. χνουδιασμένα, ξυρισμένα, τυποβαμμένα, εμπριμέ, κ.α.)

Θ. Ανάλογα με την εμφάνιση (π.χ. μπουκλέ, γκοφρέ, σατινέ, κρυσταλλιζέ κ.α.)

I. Ανάλογα με το σύστημα κλωστηρίωσης των νημάτων που τα αποτελούν :

- i. Καρντέ (Carde) υφάσματα.
- ii. Πεννιέ (Pegnie) υφάσματα.
- iii. Σεμιπεννιέ (Semiregnie) υφάσματα.

Η ανωτέρω ταξινόμηση μπορεί να φανεί χρήσιμη στα πρωταρχικά στάδια της ανακύκλωσης αλλά και στα μετέπειτα, όπου θα πρέπει να γίνεται αυστηρή επιλογή του τύπου του κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος που θέλουμε να ανακυκλώσουμε. Ο τύπος ενός υφάσματος που επιθυμούμε να ανακυκλώσουμε μας οδηγεί αντίστοιχα και στην απόκτηση κατάλληλου κεφαλαιουχικού εξοπλισμού. Για παράδειγμα, άλλο τύπο μηχανήματος τεμαχισμού υφασμάτων θα επιλέξουμε αν ανακυκλώνουμε λεπτά υφάσματα και άλλο τύπο θα επιλέξουμε αν η ανακυκλωτική διαδικασία περιλαμβάνει χοντρά υφάσματα. Οι διαφορές των μηχανημάτων επικεντρώνονται στον τύπο και αριθμό των λεπίδων τεμαχισμού [9,21].

2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υφασμάτων και των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ιδιαίτερα τα υφάσματα έχουν ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Ανάλογα με την επιλεγόμενη παραγωγική διαδικασία και των χρησιμοποιούμενων συστατικών που κατασκευάζεται ένα ύφασμα, αποκτά και συγκεκριμένες ποιοτικές ιδιότητες.

- Εκατοστιαία αναλογία ινών (σύνθεση)
- Δομή ύφανσης
- Λεπτότητα νημάτων στημονιού και υφαδιού
- Αριθμός νημάτων στημονιού και υφαδιού ανά cm
- Βάρος υφάσματος, πλάτος
- Πάχος υφάσματος
- Απορροφητικότητα
- Αντοχή στον εφελκυσμό ή στην επιμήκυνση
- Αντοχή στο χνούδιασμα (pilling)

- Αντοχή χρωμάτων στο φως, στο πλύσιμο, στο νερό, στον ιδρώτα, στην τριβή, στην ξηρή κάθαρση κ.α.
- Αντοχή στην φωτιά
- Αντοχή στην τριβή
- Αντοχή στο τσαλάκωμα
- Αντοχή στο σχίσιμο
- Αντοχή στην διαξονική πίεση
- Μεταβολή των διαστάσεων
- Γλίστρημα ραφής και αντοχή ραφής
- Ελαστικότητα
- Συμπεριφορά στον στατικό ηλεκτρισμό
- Διαπερατότητα στον αέρα, στο νερό, ή στο λάδι
- Μεταβολή χαρακτηριστικών σε επαφή με το νερό
- Τύποι νημάτων στημονιού και υφιδιού
- Αριθμός στρίψεων στα νήματα
- Χρωματοστοιχεία
- Επεξεργασίες φινιρίσματος

Οι περισσότερες αν όχι όλες οι ανωτέρω ιδιότητες είναι χρήσιμες για τον τρόπο που μπορεί ένα κλωστοϋφαντουργικό προϊόν να ανακυκλωθεί. Οι ιδιότητες αυτές μπορούν να ληφθούν υπόψη για την επιλογή της τεχνολογίας ανακύκλωσης, τον τρόπο διαλογής και ταξινόμησής τους, ενώ έμμεσα καθορίζεται και η μετέπειτα χρήση των ανακυκλωμένων προϊόντων. Τα ανακυκλωμένα προϊόντα που θα παραχθούν ενδεχομένως να συνεχίζουν να φέρουν ακόμη κάποιες από τις ιδιότητες των αρχικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που εισήχθησαν στο ρεύμα της ανακύκλωσης. Σαν παράδειγμα απλής ανακυκλωτικής διαδικασίας μπορούμε να λάβουμε τη μετατροπή βαμβακερών υφασμάτων μέσω του τεμαχισμού σε στουπιά. Τα προϋπάρχοντα βαμβακερά υφάσματα έχουν σαν χαρακτηριστικό τον υψηλό βαθμό απορροφητικότητας υγρών, ιδιότητα που συνεχίζουν να διατηρούν και όταν μετατραπούν σε στουπιά (π.χ. βιομηχανικής χρήσης). Άλλες βέβαια ιδιότητες χάνονται παντελώς μέσω των χημικών και μηχανικών διαδικασιών επεξεργασίας και μετατροπής ενός κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος σε ένα νέο.

Κάθε κλωστοϋφαντουργικό προϊόν επιβάλλεται να φέρει πληροφορίες για το υλικό από το οποίο αποτελείται αλλά και την ποσοστιαία σύσταση των υλικών που ενδεχομένως να

συμμετέχουν. Οι μονάδες διαλογής και ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων δίνουν ιδιαίτερη σημασία στο υλικό κατασκευής και επιλέγουν αν θα πρέπει να ακολουθηθεί πρωτογενής, δευτερογενής, τριτογενής ή τεταρτογενής ανακύκλωση. Αυτό επιτελείται μέσω αναλύσεων κόστους-οφέλους, και βέβαια στηριζόμενοι για ποιες μελλοντικές χρήσεις προορίζονται τα ανακυκλωμένα προϊόντα. Ο ακόλουθος πίνακας (πίνακας 5) παρουσιάζει τα κυριότερα υλικά κατασκευής κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [9].

Πίνακας 5. Πληροφορίες ετικετών που φέρουν τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για το υλικό σύστασης [9]

<i>Αγγλική ονομασία</i>	<i>Ελληνική ονομασία</i>	<i>Συντομογραφία</i>	<i>Εμπορική ονομασία</i>
Cotton	Βαμβάκι	Co	
Wool	Μαλλί	W	
Linen	Λινό	Li	
Silk	Μετάξι	Si	
Viscose	Βισκόζη	Vi	
Acetat	Οξείκη κυτταρίνη		
Polyamid	Πολυαμίδιο	PA	Nylon, perlon
Polyester	Πολυεστέρας	PES	Diolen, trevira
Polyacril	Πολυακρυλικό	PAC	Acrilan, Dralon, Orlon
Polychlorid	Πολυβινυλοχλωρίδιο	PVC	Rhonil, Dynel
Polyurethane	Πολυουρεθάνη	PU	Lycra, Dorlastan
Polypropylen	Πολυπροπυλένιο	PP	Melacron

2.3 Αναγνώριση – ταυτοποίηση των ινών

Σε εξειδικευμένες περιπτώσεις κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ακριβώς τι είδος ινών περιέχει ένα δείγμα. Η γνώση της σύστασης βοηθάει στον τρόπο χρήσης του προϊόντος, αλλά μπορεί να δώσει κατευθύνσεις και κατά την συμπλήρωση του κύκλου ζωής του. Όταν δεν υπάρχουν στοιχεία για την σύσταση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, εκτελούνται διάφορες δοκιμές. Οι επόμενες δοκιμές εφαρμόζονται σε δείγματα που περιέχουν μόνο ένα είδος ινών και συγκεκριμένα οργανικών. Δεν υπάρχει μια μοναδική τεχνική που μπορεί να παράσχει σαφή αναγνώριση ενός δείγματος και κανονικά είναι απαραίτητο να διενεργηθεί μια σειρά ελέγχων σε μια λογική ακολουθία.

Στις κοινές ίνες αυτές οι δοκιμές είναι σχετικά απλές, εκμεταλλευόμενοι τις διαφορές της δομής και των ιδιοτήτων μεταξύ των διαφορετικών ειδών των ινών.

Το στάδιο της αναγνώρισης και ταυτοποίησης των ινών είναι εξαιρετικά χρήσιμο και στην ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Αναγνωρίζοντας τον τύπο της ίνας μπορούμε να οδηγήσουμε τα προς ανακύκλωση προϊόντα σε εναλλακτικούς τρόπους επεξεργασίας, ενώ ταυτόχρονα επιλέγεται και η ακολουθούμενη τεχνολογία. Ασφαλώς μέσω της ταυτοποίησης καθορίζεται και η τύχη των ανακυκλωμένων υλικών, για την εκ νέου κατασκευή προϊόντων.

2.3.1 Αντίδραση στην θερμότητα

Αυτή η δοκιμή είναι μια προκαταρκτική δοκιμή ταξινόμησης, η οποία κατατάσσει το δείγμα σε γενικές κατηγορίες. Οι δοκιμές που θα ακολουθήσουν εξαρτώνται από τα αποτελέσματα αυτής της δομικής. Η θερμότητα παρέχεται από μια θερμαντική (μη φωτιστική) φλόγα αερίου. Η δοκιμή χωρίζεται σε δυο τμήματα.

Προσέγγιση στην φλόγα.

Καθορίζει αν η ίνα είναι θερμοπλαστική ή μη θερμοπλαστική. Το δείγμα προετοιμάζεται και φέρεται κοντά (αλλά όχι πάνω στη φλόγα). Αν η ίνα συρρικνώνεται ή τήκεται καταλήγοντας σε μια σταγόνα, είναι θερμοπλαστική. Αν όχι είναι μη θερμοπλαστική.

Τοποθέτηση στη φλόγα.

Καταγράφεται η συμπεριφορά της ίνας: Αν καίγεται ή όχι. Αν ναι πως καίγεται και τι είδους είναι η στάχτη που ενδεχομένως παράγεται. Πως μοιάζει η μυρωδιά; Η σημειούμενη συμπεριφορά επιτρέπει την κατάταξη και τη λήψη απόφασης για το ποια πρόκειται να είναι η επόμενη δοκιμή [9,21].

Πίνακας 6. Συμπεριφορά ινών κατά την καύση [9]

	<i>Συμπεριφορά</i>	<i>Κατάταξη</i>	<i>Επόμενη δοκιμή</i>
Μη θερμοπλαστική	Καίγεται γρήγορα. Λεπτή στάχτη. Μυρωδιά καμένου χαρτιού	Κυτταρινική	Μικροσκοπική
	Καίγεται αργά με ακανόνιστη φλόγα. Μαύρη στάχτη και διογκωμένη	Πρωτεϊνική	Μικροσκοπική
Θερμοπλαστική	Τήκεται αποικοδομούμενη ή καιόμενη	Τροποποιημένη κυτταρίνη ή συνθετική	Ανάλυση στοιχείων

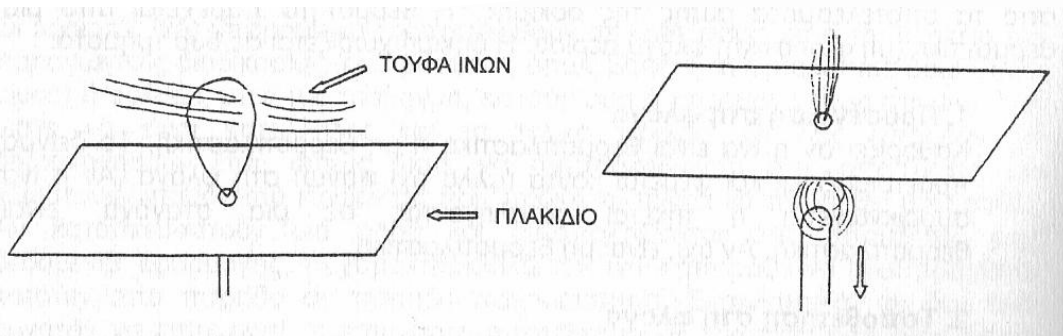
2.3.2 Μικροσκοπική παρατήρηση

2.3.2.1 Παρατήρηση κατά μήκος των ινών

Πάνω σε ένα πλακίδιο μικροσκοπικής παρατήρησης τοποθετούνται λίγες και καλά εξατομικευμένες ίνες. Προστίθεται ένα κατάλληλο υγρό (υγρή παραφίνη) και τοποθετείται η καλυπτρίδα. Χρησιμοποιώντας ένα μικροσκόπιο μπορεί να παρατηρηθεί η όψη της ίνας.

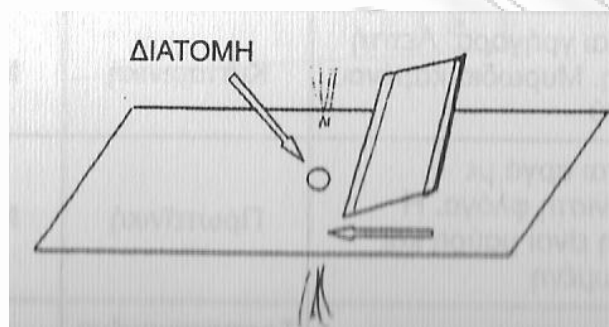
2.3.2.2 Εγκάρσια παρατήρηση

Δεν είναι πάντα απαραίτητη αλλά μπορεί να προσδώσει χρήσιμες επιπρόσθετες πληροφορίες. Ο πλέον κατάλληλος τρόπος προετοιμασίας των διατομών των ινών είναι με τη χρήση της μεθόδου του πλακιδίου. Χρησιμοποιείται μια λεπτή χαλύβδινη πλάκα με μια μικρή τρύπα. Η διαδικασία απεικονίζεται παρακάτω.



A. Μέσα από την οπή περνά μια διπλή κλωστή ραφής έτσι ώστε να σχηματίζεται ένα βρόχο. Μέσα από το βρόχο περνά μια τούφα ινών

B. Ο βρόχος έλκεται από τη μια πλευρά, έτσι ώστε οι ίνες να γεμίσουν την οπή.



Γ. Η τούφα κόβεται με προσοχή και από τις δυο πλευρές της πλάκας χρησιμοποιώντας ένα ξυραφάκι.

Σχήμα 8 (Α,Β,Γ) : Απεικόνιση της διαδικασίας μεθόδου του πλακιδίου

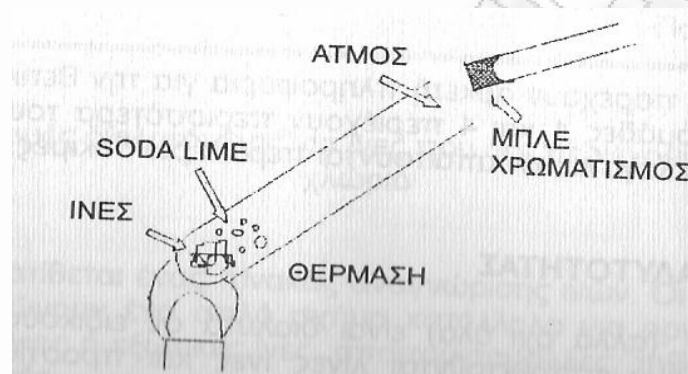
Πάνω στην επιφάνεια των διατομών τοποθετείται μια σταγόνα συνδετικού μέσου (π.χ. δεκανίου). Κατόπιν η παρατήρηση των διατομών γίνεται χρησιμοποιώντας μικροσκόπιο με μεγέθυνση 100 φορές.

2.3.3 Ανάλυση στοιχείων

Οι ίνες που αναγνωρίζονται ως θερμοπλαστικές κατά τη δοκιμή αντίδρασης στη θερμότητα και τη φλόγα, υφίστανται δοκιμή για την παρουσία αζώτου και χλωρίου στη χημική δομή τους.

2.3.3.1 Ανίχνευση αζώτου

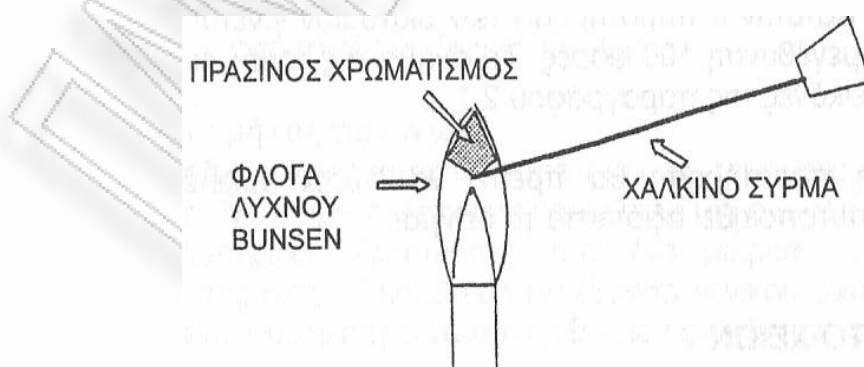
Μερικές ίνες τοποθετούνται σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και καλύπτονται με soda lime. Ο σωλήνας κατόπιν θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία χρησιμοποιώντας φλόγα αερίου μέχρι την πλήρη αποικοδόμηση της ίνας. Η soda lime, εξασφαλίζει ότι το άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία και τα όποια όξινα συστατικά απορροφώνται. Η αμμωνία ανιχνεύεται στο προκύπτον αέριο με τη βοήθεια του χρώματος του χάρτη βάμματος ηλιοτροπίου από κόκκινο σε μπλε.



Σχήμα 9 : Δοκιμή ανίχνευσης αζώτου

2.3.3.2 Ανίχνευση χλωρίου

Μια δέσμη ιών που στηρίζεται σε ένα σύρμα από καθαρό χαλκό προσάγεται σε μια φλόγα αερίου. Η υψηλή θερμοκρασία αποικοδομεί τις ίνες και ιονίζει τα προϊόντα που προκύπτουν. Η παρουσία χλωρίου ανιχνεύεται από την πράσινη χρώση φλόγας.



Σχήμα 10 : Δοκιμή παρουσίας χλωρίου

Οι ίνες μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άζωτο και χλώριο:

1. Μονό άζωτο : πολυαμίδια και πολυακρυλικό
2. Μονό χλώριο : χλωρίδια
3. Χλώριο και άζωτο : τροποποιημένο ακρυλικό (modacrylic)
4. Ούτε άζωτο, ούτε χλώριο: οξική κυτταρίνη, πολυεστέρας, πολυπροπυλένιο.

Οι ομάδες 2 και 3 παρέχουν αρκετές πληροφορίες κατά την διαδικασία της ταυτοποίησης και αναγνωρίζονται σχετικά εύκολα, οι ομάδες 1 και 4 περιέχουν περισσότερα του ενός είδους ινών η κάθε μια, για το λόγο αυτό απαιτούνται περαιτέρω δοκιμές.

2.3.4 Δοκιμές διαλυτότητας

Πολλά είδη ινών είναι διαλυτά σε ειδικούς διαλύτες. Σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετούνται λίγες ίνες και προστίθενται λίγα κυβικά εκατοστά του αντιδραστηρίου. Αν οι ίνες είναι διαλυτές χρησιμοποιείται το επόμενο αντιδραστήριο στη σειρά με νέο δείγμα, ώσπου να βρεθεί ένα στο οποίο να διαλύονται οι ίνες. Συνήθως είναι προφανές το αν έχει διαλυθεί το δείγμα. Αν όχι τότε λίγες σταγόνες του αντιδραστηρίου αραιώνονται σε νερό. Αν η ίνα έχει διαλυθεί τότε καθιζάνει στερεό πολυμερές. Είναι σημαντικό τα αντιδραστήρια να χρησιμοποιούνται με σειρά, γιατί κάποιες ίνες είναι διαλυτές σε περισσότερα του ενός αντιδραστήρια. Τα αντιδραστήρια χρησιμοποιούνται συνήθως σε θερμοκρασία δωματίου.

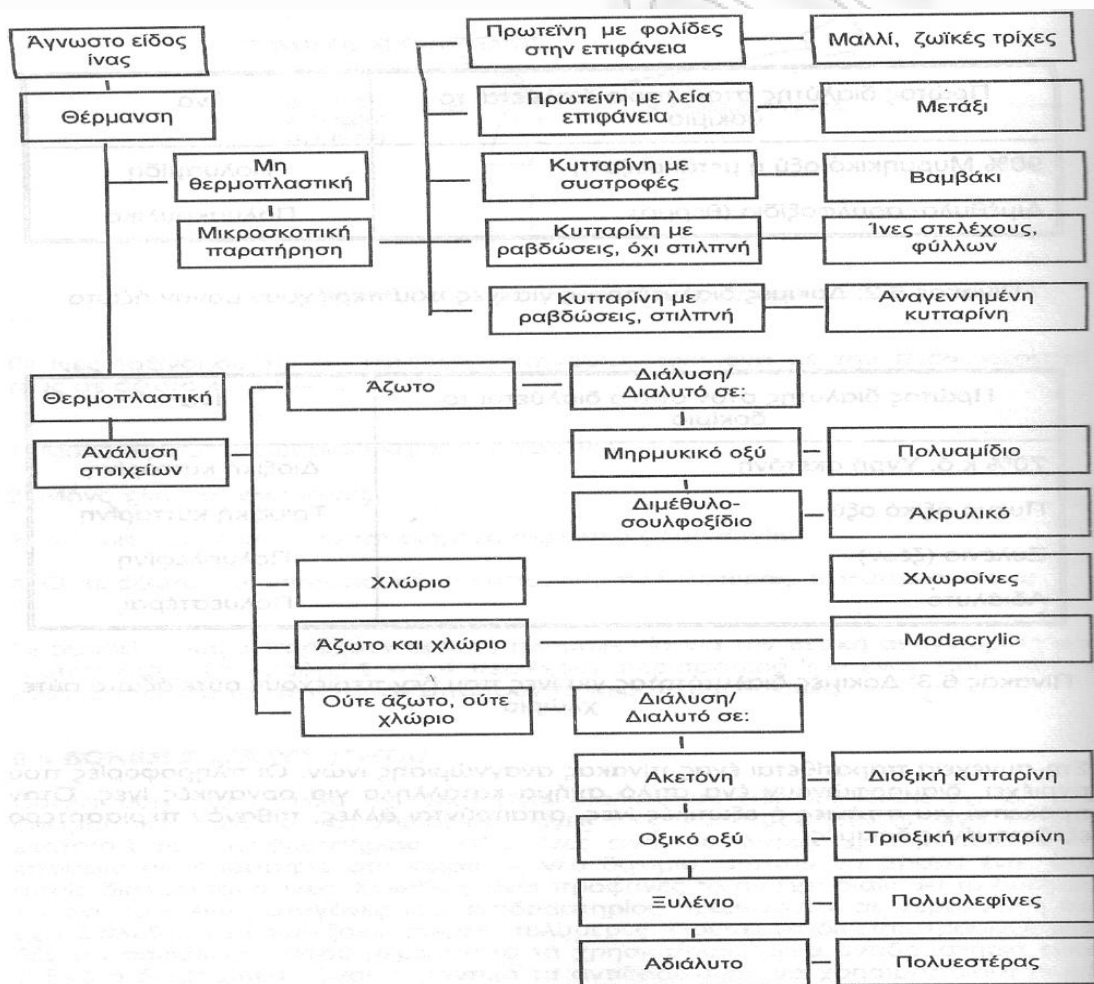
Πίνακας 7. Δοκιμές διαλυτότητας για ίνες που περιέχουν μόνο άζωτο[9]

<i>Πρώτος διαλύτης στον οποίο διαλύεται το δείγμα</i>	<i>Ίνα</i>
90% μυρμηκικό οξύ ή m-κρεζόλη	Πολυαμίδιο
Διμέθυλοσουλφοξείδιο (εν θερμώ)	Πολυακρυλικό

Πίνακας 8. Δοκιμές διαλυτότητας για ίνες που δεν περιέχουν ούτε άζωτο, ούτε χλώριο [9]

Πρώτος διαλύτης στον οποίο διαλύεται το δείγμα	Ίνα
70% υγρή ακετόνη	Διοξική κυτταρίνη
Πυκνό οξικό οξύ	Τριοξική κυτταρίνη
Ξυλένιο	Πολυολεφίνη
Αδιάλυτο	Πολυεστέρας

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα σχήμα (Σχήμα 11) αναγνώρισης των ινών. Οι πληροφορίες που περιέχει, διαμορφώνουν ένα απλό σχήμα κατάλληλο για οργανικές ίνες. Όταν πρόκειται για σπάνιες ή εξωτικές ίνες, απαιτούνται άλλες, πιθανόν περισσότερο εξεζητημένες δοκιμές. [9]



Σχήμα 11: Διάγραμμα ροής αναγνώρισης υλικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΥΡΙΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΚΛΩΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η βιομηχανία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αποτελεί έναν κλάδο, ο οποίος παράγει αρκετά απόβλητα, μέσω της παραγωγικής διαδικασίας. Λόγω της πολυπλοκότητας των διεργασιών επεξεργασίας πρώτων υλών, υπέρογκες ποσότητες χημικών και νερού χρησιμοποιούνται. Ο όγκος των αποβλήτων, πρέπει να ελαχιστοποιείται όσο είναι δυνατόν από τον εν λόγω κλάδο, και ένας από τους πιο αποδοτικούς τρόπους είναι η ίδια η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Μέσω της ανακύκλωσης δεν απαιτείται η δημιουργία νέων πρώτων υλών. Ο μεγαλύτερος όγκος εκπομπών, και υγρών αποβλήτων, στον κλωστοϋφαντουργικό τομέα παράγεται από τα βαφεία-φινιριστήρια, για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμο, να γίνει μια αναφορά στα παραπροϊόντα που προκύπτουν από αυτό το στάδιο [22-24].

Συνοπτικά, η παραγωγή των υφασμάτων περιλαμβάνει διαδικασίες όπως το ξαίσιμο, το κλώσιμο της πρώτης ύλης, το κολλάρισμα, την ύφανση και το πλέξιμο.

Η επεξεργασία του υφάσματος περιλαμβάνει διάφορα στάδια που ποικίλουν κατά περίπτωση, μεταξύ των οποίων είναι το αποκολλάρισμα, τη διαβροχή-πλύση, την λεύκανση, τη βαφή, την τυποβαφή και το φινίρισμα. Σε ένα βαφείο-φινιριστήριο λαμβάνουν χώρα όλες οι παραπάνω επεξεργασίες ή ορισμένες από αυτές, ενώ ανάλογα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος ή για ειδικούς τύπους υφασμάτων εφαρμόζονται πρόσθετες επεξεργασίες όπως ο μερσερισμός, το κρεπάρισμα, κ.λ.π.

Για τις βαφές των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων χρησιμοποιούνται οργανικά χρώματα φυτικής προέλευσης, συνθετικές βαφές, χρώματα μεταλλικής ή ανόργανης προέλευσης καθώς και βοηθητικά υλικά.

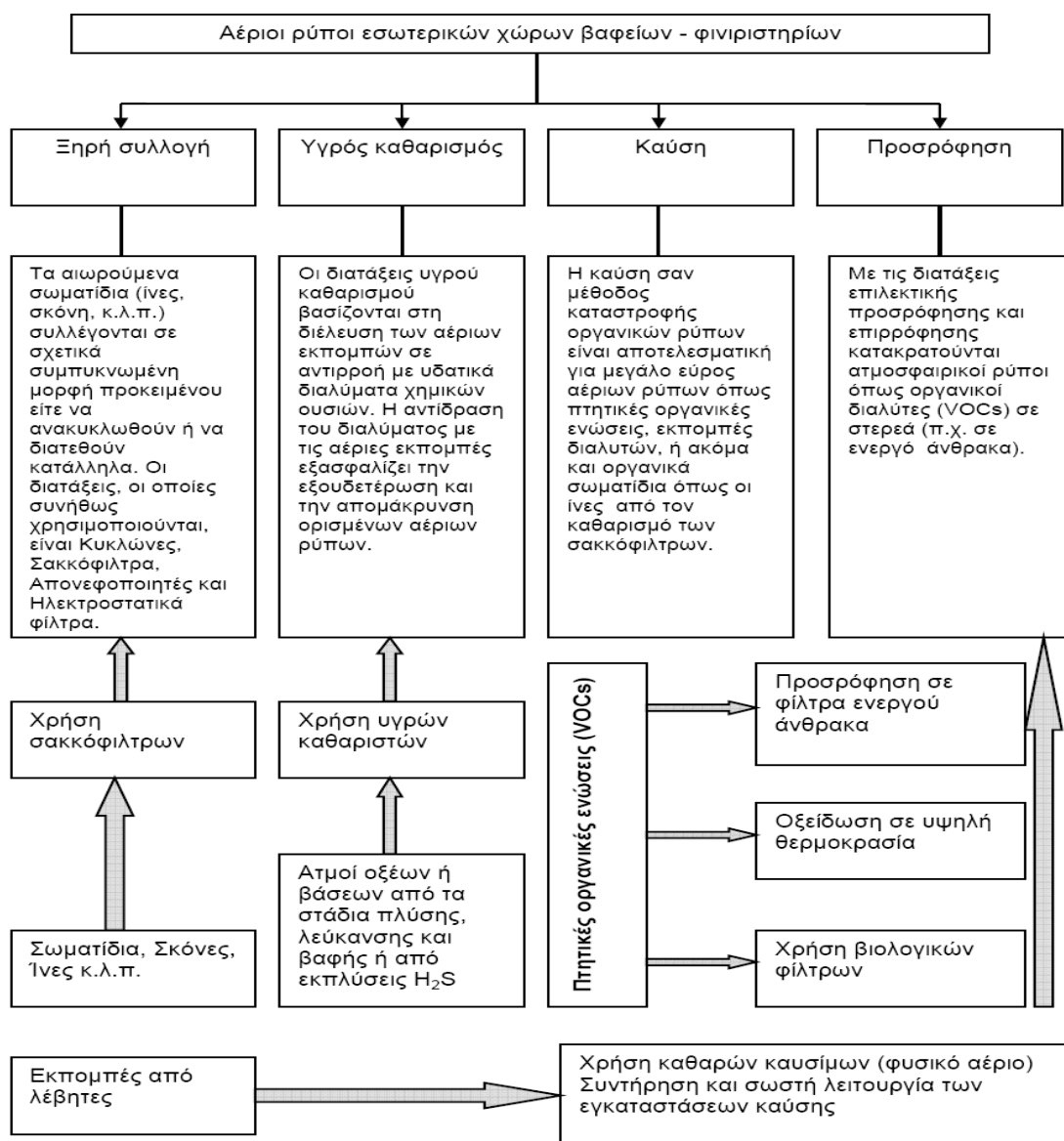
3.1 Αέριες εκπομπές

Οι αέριες εκπομπές στο χώρο παραγωγής των βαφείων-φινιριστηρίων περιλαμβάνουν:

- **Εκπομπές πτητικών υδρογονανθράκων (VOCs)** κατά την επεξεργασία με βοηθητικές ύλες που περιέχουν πτητικές οργανικές ουσίες, όπως πλαστικοποιητές ή άλλες ουσίες που γίνονται πτητικές ή διασπώνται σε πτητικές ενώσεις κάτω από υψηλές θερμοκρασίες. Τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας που παράγουν πτητικές οργανικές ενώσεις, είναι το θερμομόρφωση των συνθετικών, η στίλβωση, το στέγνωμα, η τυποβαφή και οι διαδικασίες του φινιρίσματος με οργανικές βοηθητικές ύλες σε υψηλή θερμοκρασία όπως επεξεργασία με ρητίνες, πλαστικοποίηση.
- **Εκπομπές όξινων αερίων**, όπως υδρόθειο, τα οποία παράγονται κατά το καρμπονάρισμα του μαλλιού και κατά τη βαφή με χρήση χρωμάτων θείου.
- **Ατμοί οξέων και βάσεων** εκλύονται κατά τις παραγωγικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν τα αντίστοιχα χημικά και εκτελούνται σε υψηλές θερμοκρασίες από 50-100 °C, όπως πλύσιμο, αποκολλάρισμα, λεύκανση, μερσερισμός, κ.λπ.
- **Εκπομπές διοξειδίου του χλωρίου** κατά τη λεύκανση με χρήση χλωριώδους νατρίου.
- **Εκπομπές διαλυτών, οι οποίοι** απελευθερώνονται σε περιπτώσεις χρήσης οργανικών διαλυτών όπως κατά το στεγνό καθάρισμα και κατά τις εκπλύσεις των μηχανών τυποβαφής με διαλύτες.
- **Σκόνες και ίνες, οι οποίες** παράγονται κατά τις ξηρές επεξεργασίες του νήματος καθώς και κατά το φινίρισμα των υφασμάτων με μηχανικά μέσα για τη δημιουργία χνουδωτής επιφάνειας ή κατά το ξύρισμα των χαλιών.

- Σκόνης από χρωστικές ουσίες και βοηθητικές ύλες, οι οποίες παράγονται στους χώρους αποθήκευσης και παρασκευής των αντίστοιχων υδατικών διαλυμάτων όταν οι χημικές ύλες είναι σε κοκκώδη μορφή.

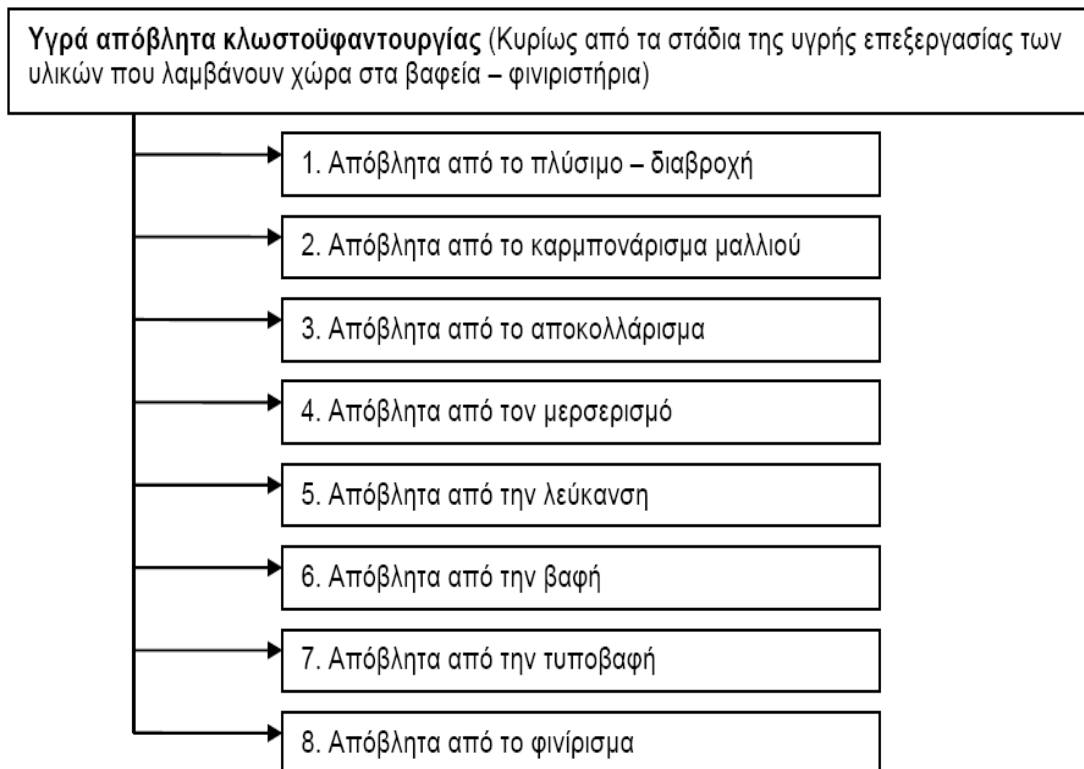
Επίσης σημαντικές αέριες εκπομπές στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο προέρχονται από την καύση υγρών ή αερίων καυσίμων στους αμολέβητες των μονάδων με κύριες αέριες εκπομπές ως ακολούθως ανάλογα του χρησιμοποιούμενου καυσίμου που είναι συνήθως πετρέλαιο μαζούτ 1500 με περιεκτικότητα 1,5 % σε θείο καθώς και υγραέριο. Το ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 12) αποτυπώνει τις κύριες εκπομπές από τα βαφεία-φινιριστήρια. [23]



Σχήμα 12 : Εκπομπές του τομέα των βαφείων-φινιριστηρίων.

3.2 Υγρά απόβλητα

Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα της κλωστοϋφαντουργίας προέρχονται κυρίως από τα στάδια της υγρής επεξεργασίας του υλικού που λαμβάνουν χώρα στα βαφεία - φινιριστήρια. Η ποσότητα και ποιότητα των υγρών αποβλήτων διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την εφαρμοζόμενη παραγωγική διαδικασία και τις χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες. Η κατανάλωση νερού και τα χαρακτηριστικά των παραγόμενων υγρών αποβλήτων κατά τα στάδια επεξεργασίας παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω. Η διακύμανση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, παρουσιάζει μεγάλο εύρος τιμών, λόγω των διαφορετικών τεχνολογιών βαφής, και των διαφορετικών τύπων χρωστικών ουσιών. Επίσης οι λειτουργικές συνθήκες που εφαρμόζονται ποικίλουν.



Σχήμα 13: Υγρά απόβλητα βαφείων – φινιριστηρίων

Πλύσιμο-διαβροχή

Σ' αυτό το στάδιο παράγονται πολύ μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων από τα νερά της πλύσης που περιέχουν απορρυπαντικά, σημαντικό οργανικό φορτίο και αιωρούμενα στερεά (SS) καθώς και σχετικά υψηλό pH. Τα χαρακτηριστικά τους διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την πρώτη ύλη, την χρησιμοποιούμενη τεχνική και το είδος απορρυπαντικών. Στον

ακόλουθο πίνακα αποτυπώνονται τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων κατά την πλύση για διάφορες πρώτες ύλες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Καρμπονάρισμα μαλλιού

Σε αυτό το στάδιο παράγονται σημαντικές ποσότητες υγρών αποβλήτων ($17 - 135 \text{ m}^3/\text{tn}$ προϊόντος), μέτριας συγκέντρωσης σε οργανικό φορτίο ($\text{BOD}_5 : 15 - 100 \text{ mg/L}$), υψηλής συγκέντρωσης σε ολικά στερεά ($100 - 10.000 \text{ mg/L}$) και χαμηλό pH λόγω της παρουσίας θειικού οξέος.

Αποκολλάρισμα

Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων του αποκολλαρίσματος εξαρτώνται άμεσα από το είδος της χρησιμοποιούμενης κόλλας και την εφαρμοζόμενη μέθοδο αποκολλαρίσματος, ενζυμική ή με χρήση οξέος. Εν γένει, τα απόβλητα περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο και ολικά στερεά ($\text{BOD}_5 : 200 - 5.200 \text{ mg/L}$ ή 50 g/kg για άμυλο και 14 g/kg για συνθετικά κολλαριστικά, $\text{COD} : 3.500 - 23.000 \text{ mg/L}$ ή 92 g/kg , $\text{TS} : 400 - 4.000 \text{ mg/L}$ ή 89 g/kg για άμυλο και 5 g/kg για συνθετικά, $\text{pH} : 6 - 8$, ποσότητα $2,5 - 21 \text{ m}^3/\text{tn}$ προϊόντος). [22,23]

Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων κατά την πλύση για διάφορες πρώτες ύλες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. [23]

Πρώτη ύλη	BOD_5 (mg/l)	BOD_5 (g/kg)	COD (g/kg)	Ολικά στερεά (mg/l)	pH	Ποσότητα (m^3/tn)
Βαμβακερά	100 - 2.900	23	94	2.200 - 17.400	10 - 13	2,5 - 43
Μάλλινα	1.000 - 10.000	47	113	1.000 - 30.000	9 - 11	46 - 100
Rayon	2.800	14	86	3.300	8 - 9	17 - 33
Acetate	2.000	-	-	2.000	9 - 10	25 - 83
Nylon	1.300	-	-	1.800	10 - 11	50 - 67
Ακρυλικά	2.100	14	86	1.800	9 - 10	50 - 67
Πολυεστερικά	500 - 800	14	86	600 - 1.400	8 - 10	25 - 42

Πηγή: Environmental Assessment of the Canadian Textile Industry, 1989 Environmental Assessment of Textiles, Danish EPA, 1997

Μερσερισμός

Τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων του μερσερισμού εξαρτώνται από την ποσότητα της χρησιμοποιούμενης καυστικής σόδας και το βαθμό ανακύκλωσης του διαλύματος που εφαρμόζεται. Εν γένει τα απόβλητα περιέχουν μέτριο οργανικό φορτίο, υψηλό φορτίο ολικών στερεών και υψηλό pH λόγω της παρουσίας καυστικής σόδας. Τυπικό εύρος τιμών BOD_5 : $45 - 65 \text{ mg/L}$, TS : $300 - 18.000 \text{ mg/L}$, pH : $5 - 9,5$, ποσότητα $23 - 95 \text{ m}^3/\text{tn}$ προϊόντος.

Λεύκανση

Τα υγρά απόβλητα της λεύκανσης, μαζί με το ξέπλυμα που ακολουθεί, είναι σημαντικά σε όγκο και περιέχουν υπολείμματα λευκαντικού υγρού, οργανικό φορτίο και διαλυμένα στερεά. Ακόμα μπορεί να σχηματιστούν οργανικές ενώσεις του χλωρίου λόγω της χρήσης ενώσεων του χλωρίου σε συγκεντρώσεις 10 - 80 mg/L ή 0,3 g/kg προϊόντος. Η διακύμανση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων της λεύκανσης παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα (πίνακας 10).

Πίνακας 10. Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων της λεύκανσης για διάφορες πρώτες ύλες [23]

Πρώτη ύλη	BOD (mg/l)	BOD (g/kg)	COD (mg/l)	Ολικά στερεά (mg/l)	pH	Ποσότητα (m ³ /tn)
Βαμβακερά	100-1.700	5-15	3.500-13.500	800-15.000	8-12	2,5-125
Μάλλινα	400	1,5	-	900	6	2,5-25
Acetate	700	2	-	800-1.000	7-9	33,5-50

Πηγή: Environmental Assessment of the Canadian Textile Industry, 1989

Βαφή

Τα υγρά απόβλητα από το στάδιο της βαφής είναι κυρίως τα υγρά πλύσης μετά τη βαφή. Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων εξαρτώνται άμεσα από την πρώτη ύλη, τον τύπο της χρωστικής ουσίας και βοηθητικών υλών, τις λειτουργικές συνθήκες, την εφαρμοζόμενη μέθοδο βαφής και τον τύπο των βαφικών μηχανών.

Στον πίνακα 11 δίνονται τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων βαφής για διάφορους τύπους πρώτης ύλης. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι τα απόβλητα βαφής περιέχουν υψηλό οργανικό φορτίο και ολικά διαλυμένα στερεά, μεγάλο εύρος διακύμανσης του pH και του υδραυλικού φορτίου. Οι βαφές χρωμίου ή όξινης βαφές που περιέχουν χρώμιο (~50 - 250 mg/L) καταλήγουν στα υγρά απόβλητα.

Πίνακας 11. Χαρακτηριστικά των αποβλήτων βαφής για διάφορους τύπους πρώτης ύλης [23]

Πρώτη ύλη	BOD (mg/l)	BOD (g/kg)	Ολικά στερεά (mg/l)	pH	Ποσότητα (m ³ /tn προϊόντος)	Ολικά στερεά (kg/tn)
Βαμβακερά	60-10.000	2-80	10-800	1 - 12	8,5-300	35
Μάλλινα	400-3.000	9-34	2.000-10.000	5 - 8	16,7-25	-
Rayon	2.800	2-50	3.500	8 - 9	16,7-33,5	-
Acetate	2.000	5-100	2.000	9 - 10	33,5-50	30-200
Nylon	400		600	8 - 9	16,7-33,5	20-35
Ακρυλικά	200-2.000	2-50	800-2.000	1 - 4	16,7-33,5	6-9
Πολυεστερικά	500-27.000	30-600	300-3.000	6- 9	16,7-33,5	30-200

Πηγή: Environmental Assessment of the Canadian Textile Industry, 1989, Textile Effluents, EEC Guide, 1980

Τυποβαφή

Υγρά απόβλητα στην τυποβαφή παράγονται κυρίως κατά τις εκπλύσεις των μητρών τυποβαφής με απορρυπαντικά και διαλύτες, καθώς και από πλύσεις δοχείων βαφών, σωληνώσεων, δαπέδων κ.λ.π. Τυπικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων της τυποβαφής είναι BOD: 600 - 1800 mg/L ή 55 g/kg, COD: 50 g/kg, ολικά στερεά: 1 200 – 3 600 mg/L και pH: 4,5 - 8, ενώ η ποσότητα των υγρών ανέρχεται σε 30 - 50 m³/tn υφάσματος για χρήση χρωστικών τυποβαφής.

Φινίρισμα

Η παραγωγή υγρών αποβλήτων κατά το φινίρισμα δεν είναι συνεχής, καθώς αποτελείται από αποχετεύσεις των λουτρών του φινιρίσματος που περιέχουν υπολείμματα χημικών διαλυμάτων ανάλογα με τις εφαρμοζόμενες διαδικασίες φινιρίσματος, καθώς και από εκπλύσεις κάδων. Βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνουν διακύμανση των ποιοτικών χαρακτηριστικών (για τα βαμβακερά υφάσματα: BOD: 20 – 500 mg/L, ολικά στερεά: 40 – 1.700 mg/L και pH: 6 - 8 και για συνθετικά: BOD: 2– 80 kg/tn, ολικά στερεά: 3 - 100 kg/tn). Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων για τα συνθετικά υφάσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12. Χαρακτηριστικά των αποβλήτων για τα συνθετικά υφάσματα [23]

Πρώτη ύλη	BOD		Ολικά στερεά		Ποσότητα
	mg/l	kg/tn	mg/l	kg/tn	m ³ /tn
Rayon	1.500-5000	20	250-25.000	3-100	4-12
Acetate	1.600-10.000	40	100-4.000	3-100	25-40
Nylon	200-300	10	60-3.300	3-100	30-50
Ακρυλικά	1.100-1.500	60	55-1.500	3-100	40-55
Πολυεστερικά	80-600	2-80	120-1.000	3-100	10-25

Πηγή: Textile Effluents, EEC Guide, 1980.

3.2.1 Τεχνικές επεξεργασίας υγρών αποβλήτων βαφείων – φινιριστηρίων

Τα υγρά απόβλητα των βαφείων - φινιριστηρίων παράγονται σε σημαντικές ποσότητες. Η αλκαλικότητά τους είναι υψηλή, είναι έντονα χρωματισμένα και εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου και διαλυμένων στερεών. Ακόμα παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις τόσο ως προς την παροχή όσο και ως προς τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά, ενώ τέλος μπορεί να περιέχουν και τοξικές ή επικίνδυνες ουσίες. Από έρευνα στη διεθνή

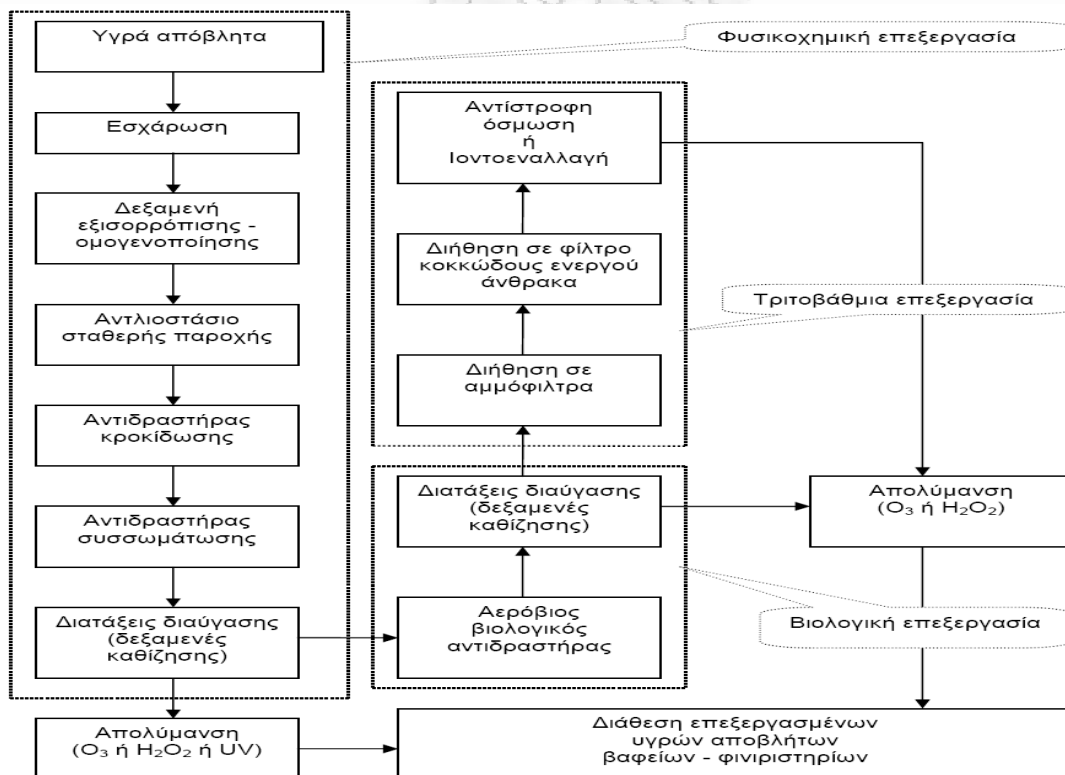
βιβλιογραφία προκύπτει ένας σημαντικός αριθμός οργανικών και άλλων τοξικών και επικίνδυνων ουσιών (ναφθαλίνη, φαινόλες, τολουόλιο, τετραχλωροαιθυλένιο, χλωροφόρμιο, τριχλωροαιθυλένιο, αιθυλοβενζόλιο και διχλωροβενζόλιο) στα υγρά απόβλητα βαφείων - φινιριστηρίων. Επίσης εντοπίστηκε αρσενικό (As) και βαρέα μέταλλα (Cr, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni και Hg) προερχόμενα κυρίως από τις χρησιμοποιούμενες βαφές. Οι τεχνικές για ολοκληρωμένη πρόληψη και περιορισμό της ρύπανσης από τη λειτουργία των βαφείων – φινιριστηρίων εστιάζονται σε τεχνικές που αφορούν στην καλύτερη διαχείριση του νερού κατά την παραγωγική διαδικασία, στη μείωση της παραγωγής υγρών αποβλήτων και του ρυπαντικού τους φορτίου, στην βελτίωση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών και σε τεχνικές μείωσης των αέριων εκπομπών. Στον ακόλουθο πίνακα (πίνακας 13) διαφαίνονται ορισμένες από τις τεχνικές αντιμετώπισης των αποβλήτων και των εκπομπών στην κλωστοϋφαντουργία.

Η μέγιστη ποσότητα ρύπων που επιτρέπεται στα απόβλητα, κατά την έξοδό τους από τα όρια του εργοστασίου, είναι συνάρτηση του χαρακτηρισμού του αποδέκτη προς τον οποίο κατευθύνονται και καθορίζεται στην Απόφαση Περιβαλλοντικών Όρων. Ο αποδέκτης μπορεί να είναι το αποχετευτικό δίκτυο της πόλης ή της βιομηχανικής περιοχής, ή και επιφανειακά νερά. Οι διατάξεις και οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων των βαφείων – φινιριστηρίων πρέπει να περιλαμβάνουν διατάξεις φυσικοχημικής, βιολογικής και τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Η φυσικοχημική επεξεργασία θεωρείται ότι έχει απόδοση όσον αφορά απομάκρυνση των στερεών ως SS μικρότερη του 95 %, απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων ως BOD μικρότερη του 35 %.

Πίνακας 13. Τεχνικές αντιμετώπισης των αποβλήτων και των εκπομπών στην κλωστοϋφαντουργία [23]

Διεργασία	Τεχνική	Αποδέκτης
Επεξεργασία υγρών αποβλήτων	Εσχαρισμός, εξισορρόπηση - ομογενοποίηση, φυσικοχημική και βιολογική επεξεργασία, απολύμανση, σταθεροποίηση και αφυδάτωση των ιζημάτων. Τριτογενής επεξεργασία αναλόγως των απαιτήσεων διατήρησης ποιότητας του ενδιάμεσου και τελικού αποδέκτη και ιδίως για την τήρηση των ορίων σε διαλυμένα στερεά. Απολύμανση. Απόδοση Μείωση BOD ₅ έως 92%, COD έως 85%, SS έως 90%, Χρώματος έως 90%.	Επιφανειακά και υπόγεια ύδατα
Αντιμετώπιση αέριων εκπομπών (Συνιστάται σε όλες αλλά ιδιαίτερα στις μεγάλες μονάδες)	Επιλογή χρήσης καθαρών καυσίμων στους λέβητες όπως αέριο, πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και τακτική συντήρηση λεβήτων. Μείωση των εκπομπών των VOC με χρήση φίλτρων ενεργού άνθρακα ή με καύση ή με βιολογικό φίλτρο. Μείωση των ινών, σωματιδίων και σκόνης με χρήση σακκόφίλτρων.	Ατμόσφαιρα
Διαχείριση στερεών αποβλήτων	Χωριστή συλλογή και διάθεση των υπολειμμάτων χρωμάτων και παστών τυποβαφής.	Χώρος υποδοχής βιομηχανικών αποβλήτων

Ένα τυπικό σύστημα για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων βαφείων-φινιριστηρίων του κλωστοϋφαντουργικού κλάδου, περιλαμβάνει τις ακόλουθες διεργασίες: i) διατάξεις εσχάρωσης, οι οποίες εξασφαλίζουν κατακράτηση των στερεών σωματιδίων ii) δεξαμενή εξισορρόπησης-ομογενοποίησης της ροής, εφοδιασμένη με σύστημα παροχής αέρα και ανάδευσης, για ρύθμιση του pH, iii) Αντλιοστάσιο σταθερής παροχής από την δεξαμενή εξισορρόπησης προς την περαιτέρω επεξεργασία, iv) αντιδραστήρα κροκίδωσης αιωρούμενων (SS) και διαλυτών (DS) ενώσεων που διασφαλίζει υδραυλικό χρόνο παραμονής των αποβλήτων $t > 3$ min, v) αντιδραστήρα συσσωμάτωσης, που διασφαλίζει υδραυλικό χρόνο παραμονής των αποβλήτων $t > 12$ min, vi) διατάξεις διαύγασης αιωρημάτων, αποτελούμενη από στατικούς διαυγαστήρες ή διατάξεις επίπλευσης, vii) διήθηση σε αμμόφιτρο για περαιτέρω απομάκρυνση των στερεών, viii) διέλευση από φίλτρο κοκκώδους ενεργού άνθρακα για περαιτέρω αφαίρεση του χρώματος και των οργανικών, ix) απολύμανση με όζον (O_3) ή υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), x) διεργασίες αφαίρεσης διαλυτών αλάτων (χλωριούχο νάτριο, σόδα, κ.λ.π.), όπως η αντίστροφη όσμωση και η ιονανταλλαγή με ρητίνες. Στο Σχήμα 14 που ακολουθεί αναφέρονται συνοπτικά οι διεργασίες αντιμετώπισης της ρύπανσης από τα απόβλητα των βαφείων – φινιριστηρίων. [23]



Σχήμα 14 : Διεργασίες αντιμετώπισης της ρύπανσης από τα απόβλητα των βαφείων – φινιριστηρίων.

3.3 Τεχνικές διαχείρισης και επεξεργασίας στερεών αποβλήτων βαφείων – φινιριστηρίων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Η παραγωγή στερεών αποβλήτων σε μονάδες βαφείων - φινιριστηρίων από τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας είναι περιορισμένες σε ποσότητα. Τα κύρια παραγόμενα στερεά είναι διάφορα απορρίμματα από τους χώρους εργασίας και γραφείων, υπολείμματα υφασμάτων, νημάτων και κλωστών, πλαστικές μπομπίνες υφασμάτων καθώς και υλικά συσκευασίας πρώτων και βοηθητικών υλών τα οποία περιλαμβάνουν και υπολείμματα χρωστικών και διαλυτών. Σημαντική όμως ποσότητα στερεών αποβλήτων αποτελούν τα ιζήματα που προέρχονται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

Τα άχρηστα υλικά των βαφείων-φινιριστηρίων παρόμοιας σύστασης με τα αστικά απορρίμματα, όπως τα υπολείμματα από την καθαριότητα των χώρων, τα υλικά συσκευασίας από χαρτί και πλαστικό και τα υπολείμματα των υφασμάτων, δεν απαιτούν ιδιαίτερη επεξεργασία και μπορούν να διατεθούν σε οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) που λειτουργούν με άδεια. Τα στερεά βιομηχανικά απόβλητα των βαφείων - φινιριστηρίων απαιτούν εξουδετέρωση των επικίνδυνων και τοξικών ουσιών, χημική ή βιολογική σταθεροποίηση και διάθεση σε οργανωμένους χώρους υποδοχής στερεών βιομηχανικών αποβλήτων που λειτουργούν με νόμιμη άδεια. Οι διατάξεις εξουδετέρωσης των στερεών αποβλήτων που συνήθως χρησιμοποιούνται στα βαφεία - φινιριστήρια περιλαμβάνουν χημική, αερόβια ή αναερόβια βιολογική σταθεροποίηση των ιζημάτων που προέρχονται από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, ενώ σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται διατάξεις θερμικής επεξεργασίας (αποτεφρωτικοί κλίβανοι).

Η συμβατική διαχείριση και διάθεση των στερεών απορριμμάτων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, σε χώρους ΧΥΤΑ, μπορεί να αντικατασταθεί εν μέρει από την ανακύκλωση. Μέσω της ανακύκλωσης μπορεί να εξοικονομηθεί ενέργεια, πρώτες ύλες και να παρέχεται ταυτόχρονη προστασία στο φυσικό περιβάλλον [22,23].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

4.1 Η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων σαν μια προοπτική συστημάτων

Η παγκόσμια παραγωγή ινών αυξάνεται με σταθερούς ρυθμούς τις τελευταίες δεκαετίες. Το 2004 υπερέβη τους 64 εκατομμύρια τόνους. Η αύξηση στην απαιτούμενη ποσότητα ινών και η γενικότερη μεγιστοποίηση της κατανάλωσης οφείλεται στην παγκόσμια πληθυσμιακή αύξηση και στην γενικότερη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου [2].

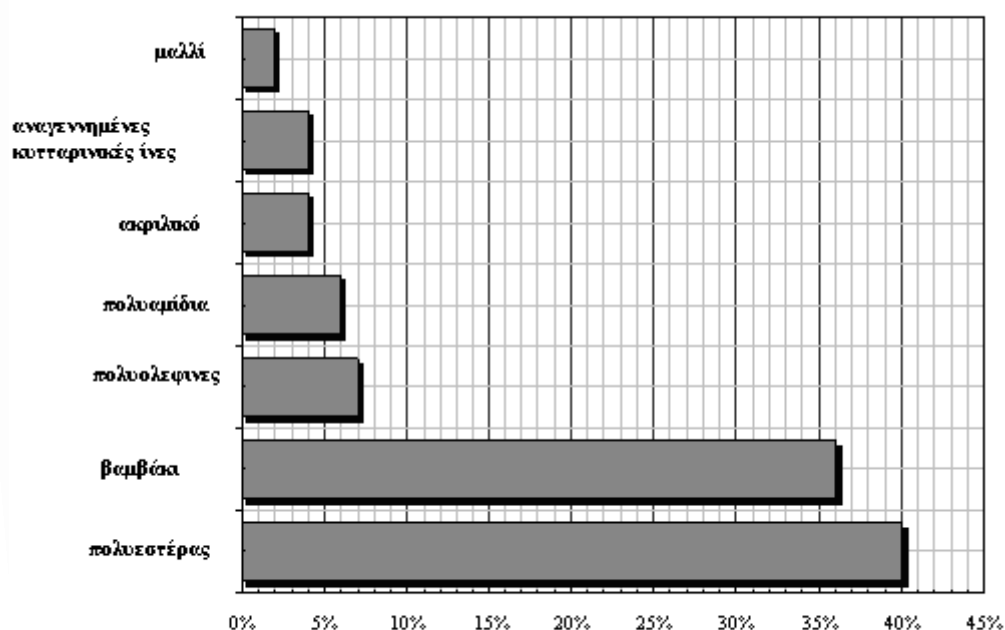
Συγκεκριμένα, οι εφαρμογές των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων ανήκουν στις ακόλουθες τρεις ευρείες κατηγορίες: ενδυμασία (65%), οικιακή χρήση-επίπλωση (18%), και βιομηχανικές εφαρμογές-τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά (17%). Στο ακόλουθο σχήμα αποτυπώνονται οι τρεις ευρείες κατηγορίες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.



Σχήμα 15 : Οι τρεις ευρείες κατηγορίες χρήσης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Η χρήση των περισσότερων προϊόντων που περιέχουν υφαντικές ίνες μπορεί να λάβει τρεις μορφές : Μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμη (π.χ. προϊόντα μιας χρήσης), μεσοπρόθεσμη, όπως είναι η χρήση των ειδών ενδυμασίας, των ταπήτων, και του εσωτερικού χώρου των αυτοκινήτων, ενώ λιγότερα είναι αυτά που η χρήση τους μπορεί να χαρακτηριστεί ως μακροπρόθεσμη, έχοντας διάρκεια χρήσης αρκετά χρόνια. Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μόνο, κατά το έτος 2003, παρήχθησαν περίπου 10 εκατομμύρια τόνοι υφαντικών αποβλήτων αποτελώντας το 4,5 % κατά βάρος των συνολικών δημοτικών στερεών αποβλήτων που ανέρχονται σε 236 εκατομμύρια τόνους το χρόνο. Σύμφωνα με την ίδια πηγή στοιχείων, το 55 % των δημοτικών στερεών αποβλήτων αποτίθεται σε χώρους ΧΥΤΑ, 14 % αποτεφρώνεται σε εγκαταστάσεις με σκοπό την ενεργειακή αξιοποίηση, και το 31 % ανακτάται.

Το μεγαλύτερο μέρος των υφαντουργικών απορριμμάτων αποτελείται από φυσικά και συνθετικά πολυμερικά υλικά, όπως το βαμβάκι, ο πολυεστέρας, τα πολυαμίδια, και το πολυπροπυλένιο. Στο Σχήμα αποτυπώνονται με ποσοστά τα κυριότερα χρησιμοποιούμενα πολυμερικά υλικά που καταλήγουν στα απορρίμματα.

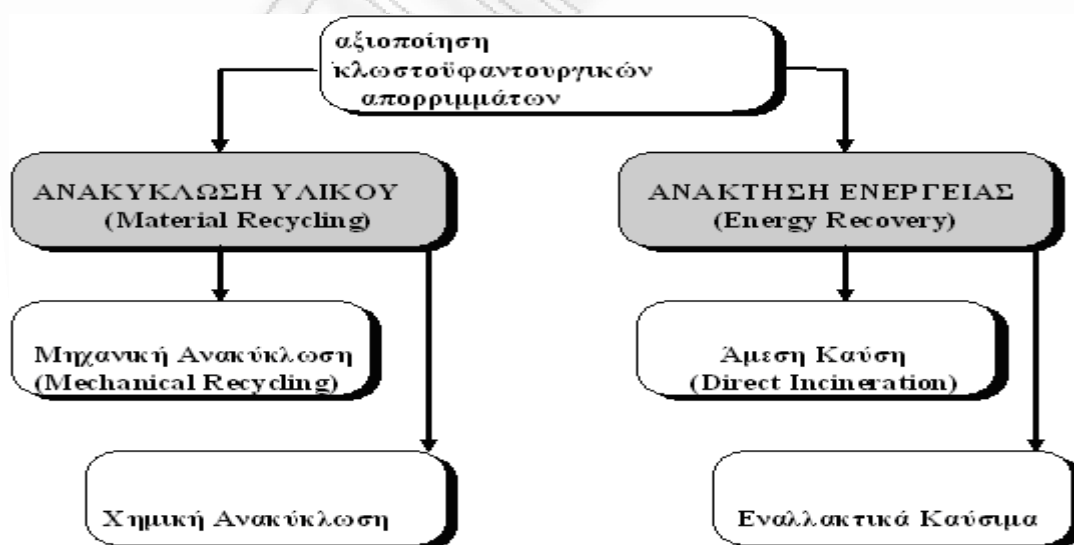


Σχήμα 16: Φυσικά και συνθετικά υλικά που καταλήγουν στα απορρίμματα

Η πρωταρχική πηγή της πρώτης ύλης για τα συνθετικά πολυμερή είναι το πετρέλαιο. Ακόμη και για τα φυσικά ανανεώσιμα πολυμερή, όπως το βαμβάκι, η παραγωγή τους και η

κατεργασία τους απαιτεί ενέργεια και χημικές ουσίες που είναι βασισμένες στους μη ανανεώσιμους πόρους. Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου μπορούν να διαρκέσουν τουλάχιστον μερικά εκατοντάδες έτη βάσει του ποσοστού τρέχουσας κατανάλωσης πετρελαίου και των άλλων μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Είναι ευθύνη μας να συντηρήσουμε αυτούς τους πόρους προς όφελος των μελλοντικών γενεών.

Η ανάκτηση από το ρεύμα αποβλήτων περιλαμβάνει την επαναχρησιμοποίηση ενός προϊόντος, διατηρώντας την αρχική μορφή του. Αυτό αποτελεί μια κοινή πρακτική για τα ενδύματα. Μια άλλη θεώρηση, αυτή της ανακύκλωσης είναι η μετατροπή των απορριμμάτων σε ένα προϊόν. Χαρακτηριστικά, οι τεχνολογίες ανακύκλωσης διαίρονται σε πρωτογενείς, δευτερογενείς, τριτογενείς, και τεταρτογενείς. Η πρωτογενής ανακύκλωση περιλαμβάνει την ανακύκλωση ενός προϊόντος μέσω επανεπεξεργασίας στην αρχική του μορφή. Η δευτερογενής ανακύκλωση περιλαμβάνει την επανεπεξεργασία ενός πλαστικού προϊόντος σε ένα νέο, το οποίο πιθανώς να έχει ένα χαμηλότερο επίπεδο φυσικών, μηχανικών ή χημικών ιδιοτήτων. Η τριτογενής ανακύκλωση περιλαμβάνει διαδικασίες, όπως η πυρόλυση και η υδρόλυση, κατά τις οποίες μετατρέπονται τα πλαστικά απόβλητα σε βασικές χημικές ουσίες ή καύσιμα. Η τεταρτογενής ανακύκλωση αναφέρεται στην καύση υφαντουργικών στερεών απορριμμάτων χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που παράγεται. Και οι τέσσερις αναφερόμενες προσεγγίσεις μπορούν να εφαρμοστούν στην ανακύκλωση υφαντικών ινών. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται οι εναλλακτικοί τρόποι εκμετάλλευσης των κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων.



Σχήμα 17 : Εναλλακτικοί τρόποι εκμετάλλευσης κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων.

Στην παρούσα περίοδο, το γενικό ποσοστό ανάκτησης για τα ινώδη υφασμάτινα απορρίμματα είναι αρκετά χαμηλό, χαρακτηριστικά για τις ΗΠΑ είναι περίπου 15 %. Αρκετές επιχειρήσεις έχουν επιτύχει αρκετά στην ανακύκλωση ινών, ενώ άλλες επιχειρήσεις, που είχαν κάνει επενδύσεις σε εγκαταστάσεις που ξεπερνούσαν τα 100 εκατομμύρια δολάρια δεν βρίσκονται πλέον σε λειτουργία λόγω της έλλειψης απόδοσης κερδών.

Οι προσπάθειες για ανακύκλωση υλικών συνεχίζονται και εντείνονται, ωστόσο η κυρίαρχη μέθοδος διάθεσης στερεών αποβλήτων στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη είναι η υγειονομική ταφή. Υπάρχουν διάφορα μειονεκτήματα που συνδέονται με αυτήν την πρακτική σχετικά με τα ινώδη υφαντικά απόβλητα. Αρχικά για την διάθεση των απορριμμάτων σε τέτοιους χώρους θα πρέπει να καταβάλλεται ένα αντίτιμο. Δεύτερον, λόγω της αυξανόμενης περιβαλλοντικής ανησυχίας παρατηρείται η τάση για την απαγόρευση της διάθεσης των πολυμερών στους χώρους υγειονομικής ταφής. Τρίτον, το να απορρίπτονται πολυμερή σε χώρους υγειονομικής ταφής είναι απώλεια ενέργειας και πρώτων υλών.

Εξετάζοντας όλα τα παραπάνω, η ανακύκλωση αποτελεί μια προφανής επιλογή όταν έχουμε να κάνουμε με απορρίμματα υφαντουργικών ινών. Ωστόσο, η ανακύκλωση σαν διεργασία αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις. Για παράδειγμα, στην ανακύκλωση απαιτείται κάποια διεργασία π.χ. μηχανική, χημική ή βιολογική για να μετατρέψουμε τα απορρίμματα μας σε νέα προϊόντα. Αυτό συνεπάγεται την κατανάλωση συγκεκριμένου ποσού ενέργειας, την χρήση πρόσθετων πρώτων υλών, και όλα αυτά ακολουθούμενα από τις παραγόμενες εκλύσεις ρύπων που επιφορτίζουν τον ατμόσφαιρα, τους υδατικούς πόρους και τα εδάφη.

Κρίσιμη πρόκληση επίσης για τις τεχνολογίες ανακύκλωσης, είναι ότι το ανακυκλωμένο προϊόν θα πρέπει να διατεθεί σε κάποια ήδη διαθέσιμη αγορά για να πωληθεί. Ερωτήματα που προκύπτουν σε αυτό το στάδιο είναι κατά πόσο υπάρχει ζήτηση για αγορά του συγκεκριμένου ανακυκλωμένου προϊόντος; Αν είναι το κόστος υψηλό και αν η τιμή του είναι ανταγωνιστική με άλλα προϊόντα που προορίζονται για την ίδια χρήση. Η επόμενη πρόκληση αφορά στη διαθεσιμότητα των απορριμμάτων που υποβάλλονται σε επεξεργασία για την παραγωγή νέων προϊόντων. Και τέλος θα πρέπει να υπάρχει συνεχής και συνεπής τροφοδότηση του ανακυκλωμένου προϊόντος σε ίδια πάντα τιμή.

Απόρροια των προκλήσεων αυτών είναι η πιθανότητα η διαδικασία της ανακύκλωσης να καταναλώνει περισσότερο πετρέλαιο από ότι εξοικονομεί, και να προκαλεί περισσότερη

ζημιιά στο περιβάλλον λόγω των εκπομπών, να παράγει ένα προϊόν που είναι πάρα πολύ ακριβό για μια αργά αναπτυσσόμενη αγορά, και να μην έχει τον επαρκή εφοδιασμό σε πρώτες ύλες για να παράγει ανακυκλώσιμα προϊόντα. Ένα τέτοιο σενάριο πρόκειται προφανώς να απορριφθεί. Αντίθετα, το ιδανικό σχέδιο ανακύκλωσης πιθανόν να αποτελεί μια πρακτική διαδικασία, η οποία θα εξασφαλίζει μέτρια περιβαλλοντικά κέρδη και κόστη. Επομένως, για να αξιολογηθεί η δυνατότητα πραγματοποίησης μιας διαδικασίας ανακύκλωσης, θα πρέπει να τεθούν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Η ενεργειακή εξοικονόμηση και η επιτελούμενη ρύπανση από τη διαδικασία ανακύκλωσης, ξεπερνά τις εναλλακτικές λύσεις παραγωγής προϊόντων από παρθένα υλικά;
- Τα ανακυκλωμένα προϊόντα δημιουργούν μια βιώσιμη αγορά, έχοντας ανταγωνιστικό κόστος;

Δεν είναι εύκολο να απαντηθούν οι ανωτέρω ερωτήσεις λόγω του ότι επίκειται το αίσθημα της αβεβαιότητας σε αρκετά θέματα. Ωστόσο υπάρχουν μερικά υπολογιστικά περιβαλλοντικά εργαλεία που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία αξιολόγησης, όπως η ανάλυση κύκλου της ζωής (life-cycle analysis), η ανάλυση κόστους/οφέλους (cost/benefit), και η μέθοδος της εξαρτημένης αξιολόγησης (contingent valuation method CVM). [2,25,26]

Συνοψίζοντας, αξίζει να τονισθεί ότι η ανακύκλωση δεν είναι πάντα η προτιμώμενη ή βιώσιμη προσέγγιση, ειδικά όταν εξετάζουμε την περιβαλλοντική επίδραση και την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων. Οι προτιμήσεις των επιχειρήσεων είναι διαρκώς μεταβαλλόμενες και σε συνάρτηση πολλών παραγόντων. Παραδείγματος χάριν, μια άνοδος στην τιμή του πετρελαίου μπορεί να ευνοήσει την ανάκτηση των πλαστικών. Η ζήτηση στην αγορά για ορισμένα προϊόντα τότε θα μεταβληθεί, ενώ πολλές φορές και η νομοθεσία μπορεί να θέσει περιορισμούς στις επιλογές των επιχειρήσεων. Ακόμη και χωρίς αυτούς τους εξωτερικούς παράγοντες που είναι εξαιρετικά απρόβλεπτοι, η ανακύκλωση δύναται να υπερτερεί έναντι άλλων εναλλακτικών επιλογών παραγωγής υλικών και να παρουσιάσει αυξημένη αποδοχή. Το κλειδί για να επιτευχθεί αυτό είναι η διαθεσιμότητα καλύτερων τεχνολογιών που είναι καθαρότερες, περισσότερο ενεργειακά αποδοτικές, και λιγότερο ακριβές. Η ανάπτυξη καλύτερων τεχνολογιών απαιτεί επιστημονική γνώση, πόρους και χρόνο. Απαιτεί μια στενή συνεργασία του δημόσιου και ιδιωτικού ακαδημαϊκού κόσμου.

Εξετάζοντας την ποικιλομορφία των ινωδών αποβλήτων και των δομών, πολλές τεχνολογίες θα πρέπει να λειτουργήσουν σε αρμονία σε μια ενιαία βιομηχανία προκειμένου να έχουμε τα βέλτιστα αποτελέσματα στην ανάκτηση των ινωδών απορριμμάτων. Στην παρούσα διπλωματική γίνεται μια προσπάθεια για την παρουσίαση διαφόρων ελπιδοφόρων τεχνολογιών και ιδεών για την ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

4.2 Ανάγκη για ανακύκλωση

Η σύγχρονη κοινωνία, στην οποία διαβιούμε, έχει σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα την απόρριψη αρκετών χρησιμοποιημένων προϊόντων, πράγμα που έρχεται σε αντίφαση με την κοινή ομολογία ότι οι φυσικοί πόροι απειλούνται. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής που υιοθετούμε κάνει την κατάσταση ακόμη πιο περίπλοκη. Όπως γίνεται κατανοητό η υπόθεση της ανακύκλωσης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και των ειδών ρουχισμού επιδρά με αρκετές οντότητες συμβάλλοντας έτσι σημαντικά, στη κοινωνική ευθύνη του σύγχρονου πολιτισμού.

Με την ανακύκλωση, οι επιχειρήσεις μπορούν να πραγματοποιήσουν μεγαλύτερα κέρδη λόγω του ότι αποφεύγουν τις δαπάνες που συνδέονται με τη διάθεση των απορριμμάτων σε χώρους υγειονομικής ταφής. Συγχρόνως συμβάλλουν στην έννοια της προστασίας του περιβάλλοντος, στην ανάπτυξη της απασχόλησης, στις δωρεές με φιλανθρωπικό χαρακτήρα, στην ανακούφιση περιοχών που έχουν πληγεί από καταστροφές, και στην μεταφορά χρησιμοποιημένου υαλισμού στις περιοχές του κόσμου όπου ο υαλισμός απαιτείται.

Λόγω του ότι τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι σχεδόν 100 % ανακυκλώσιμα, τίποτα στη βιομηχανία των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμασίας δεν θα πρέπει να οδηγείται στα σκουπίδια. Το 2003, είχε προβλεφθεί ότι θα υπήρχε μια αύξηση 3-5 % στην κατανάλωση παγκόσμιων υφαντικών ινών, η οποία είναι ίση με 2 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο. Αυτή η αύξηση αποτελεί όμως μια δίκοπη λεπίδα. Από τη μια, αναπτύσσεται η οικονομία (προσθέτοντας 10-20 νέα εργοστάσια για να μπορέσει να ικανοποιήσει την ζήτηση της παγκόσμιας αγοράς), ενώ από την άλλη αυξάνεται και η διάθεση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμάτων σε χωματερές και χώρους υγειονομικής ταφής.

Ο δυτικός τρόπος ζωής που επιλέγουν να ακολουθούν οι περισσότερες κοινωνίες σήμερα, συνεισφέρει σημαντικά στην δημιουργία απορριμμάτων που απαιτούν ασφαλή διάθεση. Πέρα από το ότι συνηθίζεται να καταναλώνονται ολοένα και περισσότερα προϊόντα, ο τρόπος με τον οποίο συσκευάζονται, επιτείνει το πρόβλημα της συσσώρευσης απορριμμάτων. Δεδομένου ότι η ικανότητα συσσώρευσης των απορριμμάτων στους χώρους υγειονομικής ταφής είναι περιορισμένη, το κόστος της απόρριψης συνεχώς θα αυξάνεται. Αυτά τα αυξανόμενα κόστη αποτελούν ανησυχία για τις περισσότερες επιχειρήσεις δεδομένου ότι επιδιώκουν τρόπους για να μειώσουν τα γενικά έξοδά τους.

Για να αναλυθεί η έννοια της υπερκατανάλωσης θα πρέπει να αναλυθεί η έννοια της επικρατούμενης και διαρκώς μεταβαλλόμενης μόδας. Η μεταστροφή της μόδας τροφοδοτεί την τάση για αλλαγή, η οποία δημιουργεί την απαίτηση για την τρέχουσα αντικατάσταση των προϊόντων με κάτι που είναι νέο και φρέσκο. Επιπλέον, η μόδα άρχισε να εφαρμόζεται πέρα από την ενδυμασία και στην βιομηχανία επίπλωσης σπιτιών. Κατά συνέπεια, τα μοντέρνα αγαθά συμβάλλουν στην αυξημένη κατανάλωση σε ένα υψηλότερο επίπεδο από ότι πραγματικά έχουμε ανάγκη. Όμως χωρίς την έννοια της μόδας, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, τα είδη ενδυμασίας, και οι βιομηχανίες επίπλωσης σπιτιών θα βρισκότουσαν σε δυσμενή θέση μιας ο χώρος είναι ήδη εξαιρετικά ανταγωνιστικός. Οι επιχειρήσεις ενδυμασίας στις ΗΠΑ αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο έχουν καθιερώσει εποχιακές μεταβολές στη μόδα οι οποίες προσελκύουν το καταναλωτικό ενδιαφέρον υποκινώντας τις πωλήσεις και τα κέρδη.

Καθώς οι καταναλωτές θα συνεχίζουν να αγοράζουν, τα απορρίμματα θα συνεχίσουν να δημιουργούνται, περιπλέκοντας περαιτέρω το πρόβλημα της διάθεσης των απορριπτόμενων συσκευασιών, ειδών ενδυμασίας και ειδών επίπλωσης σπιτιών. Τα ενδύματα στη σημερινή αγορά είναι διαφορετικά από εκείνα των προηγούμενων δεκαετιών, όχι μόνο στο σχέδιο αλλά και στην περιεκτικότητα σε ίνες.

Μετά την είσοδο των συνθετικών ινών στην αγορά, κατά τον 20ο αιώνα, η ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων έγινε πιο σύνθετη για δύο ευδιάκριτους λόγους: α) η δύναμη των ινών αυξήθηκε καθιστώντας δυσκολότερο τον τεμαχισμό ή το «άνοιγμα» τους και β) ο συνδυασμός των διαφόρων τύπων ινών δημιούργησε δυσκολίες στην ταξινόμηση και στον διαχωρισμό τους.

Εν τούτοις, η βιομηχανία ανακύκλωσης θα πρέπει να αντιμετωπίσει όλα αυτά τα προβλήματα που η βιομηχανία μόδας έχει παράγει.

4.3 Στατιστικά στοιχεία για την ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Ο κλάδος της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ειδών ενδυμασίας ασχολείται με την δυνατότητα ανακύκλωσης ενός προϊόντος και την μείωση των απορριμμάτων στην πηγή. Το ενδιαφέρον λοιπόν συγκεντρώνεται στις διεργασίες πριν φτάσει ένα προϊόν στον καταναλωτή αλλά και μετέπειτα. Σύμφωνα με την EPA (Environmental Protection Agency), το κατά κεφαλήν καθημερινό ποσοστό διάθεσης στερεών απορριμμάτων το 2003 στις ΗΠΑ ήταν περίπου 4,3 λίβρες (1950 g), ενώ το 1960 ήταν μόλις 2,7λίβρες (1224 g).

Στις περισσότερες μελέτες τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα σπάνια αποτελούν μια ευδιάκριτη κατηγορία των στερεών αποβλήτων, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ακριβή δεδομένα διαχείρισης. Ωστόσο ο οργανισμός Fiber Economics Bureau (FEB) σε αναφορά του (2004), γνωστοποιεί ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση υφαντικών ινών στις ΗΠΑ είναι 83,9 λίβρες (38056 g) με πάνω από 40 λίβρες (18143 g) κατά κεφαλήν να απορρίπτονται το χρόνο. Μια πρόσφατη έκθεση δείχνει ότι η Κίνα έχει ξεπεράσει τα προαναφερόμενα νούμερα των ΗΠΑ, γεγονός που κατατάσσει την Κίνα τον υπ' αριθμό ένα καταναλωτή των υφαντικών ινών στον κόσμο. Αυτή η έκθεση επισημαίνει ότι η Κίνα θα συνεχίσει να είναι πρώτη στην κατανάλωση υφαντικών ινών για τα επόμενα δέκα έτη (<http://Bharattextile.com>).

Είναι γεγονός πλέον ότι η ανακύκλωση είναι οικονομικά ευεργετική, παρόλα αυτά ένα μεγάλο μέρος του απορριπτόμενου ιματισμού και των υφαντουργικών αποβλήτων στις ΗΠΑ αποτυγχάνει να φθάσει στην ανακυκλωτική αλυσίδα. Η αμερικανική κλωστοϋφαντουργική βιομηχανία ανακύκλωσης επεξεργάζεται ετησίως περίπου 10 λίβρες (4535 g) ανά άτομο ή 2,5 δις λίβρες συνολικά (1133 δις γραμμάρια) των απορριμμάτων. Αυτά τα ποσά αντιπροσωπεύουν περίπου μόνο το 30 % των συνολικών ετήσιων υφαντουργικών απορριμμάτων, που προκύπτουν μετά από την χρήση των καταναλωτών. Για παράδειγμα, αν και υπάρχουν αρκετές καθιερωμένες χρήσεις για τα απορρίμματα που προκύπτουν από τις

βιομηχανίες τζιν, οι βιομηχανίες αυτές εμμένουν στο να διαθέτουν κάτι περισσότερο από 70 εκατομμύρια λίβρες (31751 εκατομμύρια γραμμάρια) τζιν ετησίως στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων. Επιπλέον, αναλύσεις των δημοτικών στερεών αποβλήτων, στην Αμερική, δείχνουν ότι τα υφαντικά απορρίμματα συμβάλλουν περίπου στην κάλυψη του 4,5% των χώρων διάθεσης απορριμμάτων.

Σύμφωνα με την E.P.A. (2003), αυτό ισούται με 4 εκατομμύρια τόνους κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων τα οποία οδηγούνται απευθείας στους χώρους διάθεσης αποβλήτων, κάθε έτος. Ενώ αυτή η ποσότητα μπορεί να μην φαίνεται εκ πρώτης όψεως σαν μια μεγάλη ποσότητα, μπορεί να θεωρεί όμως όταν σχεδόν 100 % αυτών των απορριμμάτων είναι πλήρως ανακυκλώσιμα. Εν γνώσει αυτού, το Αμερικανικό ινστιτούτο κατασκευαστών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (American Textile Manufacturers Institute) προώθησε ένα πρόγραμμα το λεγόμενο E³ (Encouraging Environmental Excellence) για να ωθήσει τις βιομηχανίες στο να ανακτήσουν τα απορρίμματά τους που έτσι και αλλιώς κατέληγαν στους Χ.Υ.Τ.Α. Τα κίνητρα που δόθηκαν στις βιομηχανίες ήταν οικονομικά και η απήχηση του προγράμματος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί υψηλή [2, 25-27].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ

ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

5.1 Η βιομηχανία διαχείρισης/ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων

Η βιομηχανία ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι μια από τις παλαιότερες και πιο καθιερωμένες βιομηχανίες στον κόσμο, όμως λίγοι αντιλαμβάνονται την ύπαρξη αυτής της βιομηχανίας, και των πολυάριθμων συντελεστών που την απαρτίζουν. Σε όλο τον κόσμο, τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και προϊόντα ενδυμασίας σώζονται και τίθενται σε νέες χρήσεις. Αυτή η «κρυφή βιομηχανία» όπως χαρακτηρίστηκε αποτελείται από περισσότερες από 500 επιχειρήσεις που είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν πάνω από 1.250.000 τόνους κλωστοϋφαντουργικών αποβλήτων ετησίως. (Council for Textile Recycling, 1997).

Επιπλέον, η κλωστοϋφαντουργική ανακυκλωτική βιομηχανία είναι σε θέση να επεξεργάζεται το 93 % των απορριμμάτων, χωρίς την παραγωγή οποιονδήποτε νέων επικίνδυνων αποβλήτων ή επιβλαβών υποπροϊόντων. Το Συμβούλιο για την ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (Council of Textile Recycling) έχει δείξει ότι ουσιαστικά όλα τα υφαντουργικά προϊόντα μετά τη χρήση τους μπορούν να αξιοποιηθούν και να εισαχθούν σε ποικίλες αγορές. Ακόμα κι έτσι, η βιομηχανία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων συνεχίζει να ψάχνει για νέα βιώσιμα προϊόντα, που να έχουν αυξημένη χρηστική αξία και να κατασκευάζονται από ήδη χρησιμοποιημένες ίνες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Τα προς ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικά υλικά μπορούν να διαχωριστούν σε αυτά που δεν φτάνουν ποτέ στον καταναλωτή (προ-καταναλωτικά απορρίμματα) και σε αυτά που προκύπτει μετά από την χρήση του καταναλωτή (μετα-καταναλωτικά απορρίμματα). Με την ανακύκλωση, αφαιρούμε τα απορρίμματα από το ρεύμα του συνόλου των στερεών απορριμμάτων και είτε τα ανατροφοδοτούμε πίσω στην αγορά, είτε τα μετατρέπουμε για να είναι κατάλληλα για βιομηχανική χρήση, είτε τα επεξεργαζόμαστε και τα διαθέτουμε προς τον τελικό καταναλωτή. Τα προ-καταναλωτικά απόβλητα αποτελούνται από υλικά παραπροϊόντων από κλωστοϋφαντουργικές βιομηχανίες, βιομηχανίες υφασμάτων και βαμβακιού. Τα υλικά αυτά επαναχρησιμοποιούνται με διάφορες μορφές στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην αεροναυπηγική, στο κτίσιμο κτηρίων, στην επιπλοποιία, στην κατασκευή στρωμάτων, στην υφαντουργική δραστηριότητα χονδροειδών νημάτων, στις επιπλώσεις σπιτιών, στη δημιουργία χαρτιού, στην κατασκευή ενδυμάτων και σε άλλες βιομηχανίες. Σαν μετα-καταναλωτικά απορρίμματα ορίζονται όσα απορρίμματα προκύπτουν μετά την χρήση των καταναλωτών, τα οποία μπορούν να έχουν οποιαδήποτε μορφή ενδυμάτων ή ειδών, που χρησιμοποιούνται στο νοικοκυριό και είναι κατασκευασμένα από κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Ο ιδιοκτήτης-καταναλωτής δεν λαμβάνει χρησιμότητα πλέον από τα προϊόντα και αποφασίζει να τα απορρίψει είτε επειδή φθείρονται, είτε επειδή είναι κατεστραμμένα, ενώ μπορεί να θεωρούνται ξεπερασμένα και να έχουν «βγει» εκτός μόδας. Αρκετές φορές παραχωρούνται σε φιλανθρωπίες ή δωρίζονται σε φίλους και άλλα οικογενειακά πρόσωπα, άλλα βέβαια οδηγούνται στα σκουπίδια με τελικό προορισμό του δημόσιους χώρους υγειονομικής ταφής.

Η βιομηχανία ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων έχει πάμπολλους εμπλεκόμενους φορείς. Περιλαμβάνει τους καταναλωτές, τους φορείς χάραξης πολιτικής, τους νομοθέτες, τους υπεύθυνους διαχείρισης στερεών αποβλήτων, μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς, και τις κερδοσκοπικές επιχειρήσεις λιανικού εμπορίου. Οι επιχειρήσεις που περισυλλέγουν τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα τα συγκεντρώνουν, τα ταξινομούν, τα επεξεργάζονται και τα εξάγουν, σε διάφορες αγορές. Όσον αφορά τα μετα-καταναλωτικά απορρίμματα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμασίας, οι επιχειρήσεις συλλογής αυτών των απορριμμάτων είναι μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα από γενιά σε γενιά.

Οι επιχειρηματίες που εισέρχονται και επενδύουν στην ανακύκλωση υφαντικών ινών, το κάνουν επειδή θεωρούν ότι χρειάζεται επένδυση χαμηλού κόστους, και φαίνεται σχετικά

εύκολη διαδικασία. Οι περισσότεροι που επιχειρούν κάτι τέτοιο αδυνατούν να κατανοήσουν ότι, αυτός ο κλάδος επιχειρήσεων είναι ιδιαίτερα εξαρτημένος από τις παγκόσμιες επαφές που αναπτύσσονται, και ότι χρειάζονται αρκετά χρόνια μέχρι να βρεθούν διαθέσιμες αγορές για να διαθέσουν τα προϊόντα τους. Χαρακτηριστικές είναι οι μαρτυρίες επενδυτών, που μεταφέρει ο J . M . Hawley: «Κάποιος είπε ότι έχει σπαταλήσει περισσότερο από ένα χρόνο μακριά από την οικογένειά του για αναπτύξει σχέσεις και να αναζητήσει νέες αγορές στην Αφρική, στην Ασία και στην Λατινική Αμερική. Τώρα που αυτές οι επιχειρησιακές επαφές έχουν καθιερωθεί, μπορούν να περάσουν στους απογόνους που θα αναλάβουν την επιχείρηση σύντομα». «Κάποιος άλλος από μια επιχείρηση ανακύκλωσης ιματισμού, ανέφερε ότι η σύναψη επαφών στην Αφρική είναι ιδιαίτερα δύσκολη υπόθεση. Αλλά μόλις γίνουν αυτές οι επαφές, ο δεσμός που αναπτύσσεται είναι πολύ ισχυρός και διέπεται από σεβασμό». Ένας άλλος επενδυτής στην ανακύκλωση ιματισμού, από την Ευρώπη, που δραστηριοποιείται παγκοσμίως δήλωσε: «Το να αγοράζεις και να πουλάς είδη ρουχισμού στην Αφρική είναι μια επιχείρηση που αναπτύσσεται υπογείως. Οι μεσίτες που ασχολούνται στην Αφρική με τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι ουσιαστικά πλουσιότεροι από πολλούς από τους πολίτες που είναι καταναλωτές του χρησιμοποιημένου ιματισμού. Οι μεσίτες λοιπόν θα πρέπει να κρύβουν τον πλούτο τους προκειμένου να διατηρηθεί η αξιοπιστία τους στις σχέσεις τους με τους πολίτες. Ένας από τους αγοραστές μας στην Αφρική έχει ένα όμορφο ξύλινο και επιχρυσωμένο γραφείο όπου βρίσκεται πραγματικά σε υπόγειο. Έτσι όταν πηγαίνουμε στην Αφρική να συνάψουμε συμφωνίες συνοδευόμαστε κρυφά στο υπόγειο». [2]



Εικόνα 7 : Η αναχρησιμοποίηση ενδυμάτων είναι ιδιαίτερα δημοφιλής πρακτική στην Αφρικανική Ήπειρο.

Οι καταναλωτές διαθέτουν τα είδη ενδυμασίας που έχει φθαρεί, που είναι εκτός μόδας, ή που το μέγεθος τους είναι λάθος στις φιλανθρωπικές οργανώσεις. Οι φιλανθρωπικές οργανώσεις διαχωρίζουν τα ενδύματα, επιλέγουν τα προϊόντα που μπορούν να διατεθούν για πώληση, και τα υπόλοιπα πωλούνται σαν κουρέλια σε ειδικούς προμηθευτές για μερικά cent το κάθε κιλό. Η τιμή ανά κιλό του χρησιμοποιημένου υματισμού εξαρτάται από την τρέχουσα τιμή εμπορίου, και συχνά κυμαίνεται από 6-9 cent το κιλό. Αφού συγκεντρωθούν τα χρησιμοποιημένα είδη υματισμού μεταφέρονται με φορτηγά στις επιχειρήσεις αποδέκτες.

Οι εταιρίες ανακύκλωσης βρίσκονται συχνά στα μεγάλα αστικά κέντρα επειδή είναι επιτακτική ανάγκη να περιοριστούν οι δαπάνες των μεταφορών στο ελάχιστο. Έχει διαπιστωθεί ότι οι δαπάνες για τα μεταφορικά και το κόστος διαλογής μπορούν να είναι τα κυριότερα κριτήρια για να χαρακτηριστεί μια επιχείρηση κερδοφόρα. Ο υπερβολικός όγκος υματισμού που συγκεντρώνεται από τις οργανώσεις φιλανθρωπίας μεταφέρεται έπειτα σε μεγάλες αποθήκες ανακύκλωσης, όπου σωρεύονται. Η διαδικασία διαλογής και ταξινόμησης είναι αυτή που ακολουθεί.

Ανάλογα με την τρέχουσα οικονομική κατάσταση, που συνδέεται πρωτίστως από τη διαθεσιμότητα υλικών, τις τρέχουσες τιμές προστιθεμένης αξίας των αγορών, και την τρέχουσα τιμή των χρησιμοποιημένων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, εξαρτάται αν οι επιχειρήσεις που διαχωρίζουν και ταξινομούν τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα επιτυγχάνουν κέρδη δύσκολα ή εύκολα. Αν και ο κύριος στόχος για αυτές τις μικρές επιχειρήσεις είναι να έχουν κέρδη, οι ιδιοκτήτες των επιχειρήσεων συνεισφέρουν ταυτόχρονα σε περιβαλλοντικά προβλήματα, κάνοντας τους να υπερηφανεύονται για τη συμβολή τους στη μείωση των στερεών αποβλήτων. Οι ιδιοκτήτες αυτών των επιχειρήσεων συνεχίζουν να ψάχνουν, να αναπτύσσουν τρόπους ανακύκλωσης και να αναζητούν νέες αγορές για τα μεταχειρισμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, όχι μόνο για να αυξήσουν τα κέρδη των επιχειρήσεών τους, αλλά και για να συνεχίσουν να αυξάνουν το ποσοστό των προ-καταναλωτικών και μετα-καταναλωτικών υφαντικών αγαθών που εκτρέπονται από το ρεύμα των στερεών απορριμμάτων που οδηγείται στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων. Πολλές από τις επιχειρήσεις ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στις ΗΠΑ είναι τρίτης ή τέταρτης γενεάς. Δεδομένου ότι σε αυτού του είδους τις επιχειρήσεις αναπτύσσεται ανταγωνισμός, που όλο και αυξάνεται, ενώ τα περιθώρια του κέρδους στενεύουν, οι νεότερες γενεές έχουν επιλέξει στρατηγικές διαφορετικές από αυτές των γονιών τους.

Σήμερα υπάρχουν πολλές αγορές, στις οποίες μπορούν να διατεθούν χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και είδη ρουχισμού. Αυτό σημαίνει ότι και οι εταιρίες διαλογής και ανακύκλωσης έπρεπε να εξελιχτούν με την πάροδο των ετών ταυτόχρονα με τις νεοεμφανιζόμενες αγορές, για να καλύψουν τις απαιτήσεις που παρουσιάζονταν.

Ένα θέμα που συζητήθηκε πρόσφατα σε μια ετήσια συνάντηση των μελών της Ένωσης Δευτερογενών Υλικών και Ανακυκλωμένων Κλωστοϋφαντουργικών Προϊόντων (SMART, Secondary Materials and Recycled Textiles) ήταν η ανάγκη της εισαγωγής των πιστοποιητικών περιβαλλοντικής διαχείρισης σε εταιρίες που ασχολούνται με την διαλογή και την υφαντουργική ανακύκλωση. Έτσι οι εμπλεκόμενες επιχειρήσεις θα έπρεπε να αποκτήσουν για παράδειγμα κάποιο πιστοποιητικό ISO 9000, για να μπορούν να λειτουργούν υπό κοινούς όρους, παγκοσμίως. Έπειτα από λίγο χρονικό διάστημα αναφέρθηκε στον τύπο (Daily News) ότι ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) συμφώνησε να παρέχει κανόνες για τα μεταχειρισμένα, υποβαθμισμένα και ελαττωματικά προϊόντα ενδυμασίας γεγονός που θα παρείχε οφέλη στους προμηθευτές και τους καταναλωτές, βοηθώντας να κλείσει το χάσμα στο παγκόσμιο εμπόριο (SMART, 2004). Στην έκθεση που ανακοινώθηκε λίγο αργότερα διευκρινίστηκε, ότι τα χρησιμοποιημένα είδη ιματισμού δεν πρέπει να σημαίνουν είδη κατώτερης ποιότητας. Η πιστοποίηση ISO θα παρέχει την διασφάλιση της ποιότητας στα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Πολλές αμερικανικές επιχειρήσεις αναγνωρίζουν την σημασία ύπαρξης αυτού του πιστοποιητικού, ειδικά λαμβάνοντας υπόψη τον ανταγωνισμό από τις ευρωπαϊκές επιχειρήσεις, που έχουν ήδη αρχίσει να υιοθετούν την πρακτική αυτή [2,28].

5.2 Η διαδικασία διαλογής

Από το σύνολο των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που αποτελεί μια ενιαία μάζα θα αφαιρεθούν πρώτα τα βαριά στοιχεία, όπως τα παλτά, τα καλύμματα, τα κλινοστρωμνή (π.χ. κουβέρτες) και οι τάπητες. Η διαλογή και η ταξινόμηση των στοιχείων ιματισμού ακολουθεί τον διαχωρισμό για παράδειγμα, των παντελονιών από τις μπλούζες και από τα φορέματα. Καθώς η διαδικασία προχωρά, τα είδη ομαδοποιούνται και διαχωρίζονται σε περαιτέρω κατηγορίες. Παραδείγματος χάριν, μόλις γίνει η διαλογή όλων των παντελονιών, ταξινομούνται περαιτέρω βασιζόμενοι στο αν είναι γυναικεία ή ανδρικά. Μια άλλη

ταξινόμηση αφού γίνει διαλογή είναι ο προορισμός. Υφάσματα τα οποία είναι μάλλινα αποστέλλονται σε περιοχές με ψυχρότερα κλίματα, ενώ υφάσματα βαμβακερά και λινά οδηγούνται σε πιο θερμά κλίματα. Μια ακόμη ταξινόμηση είναι σε τι κατάσταση βρίσκονται τα προς ανακύκλωση είδη. Για παράδειγμα, είδη σκισμένα ή ενδύματα με ελλείποντα κουμπιά, αποχρωματισμένα και με άλλα ελαττώματα αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία. Μια πιο προχωρημένη ταξινόμηση για τα είδη ενδυμασίας είναι βάσει της μάρκας και βάσει του στυλ. Για παράδειγμα είδη από γνωστές εταιρίες και οίκους μόδας (π.χ. Levi's, Diesel, Tommy Hilfiger κ.α.) αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία, αφού διατίθενται πιο εύκολα σε αγορές παράγοντας μεγαλύτερα κέρδη μιας και η ζήτησή τους είναι αυξημένη. Ανάλογα προϊόντα καλούνται στην βιομηχανία ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ιδιαίτερα στην βιομηχανία ανακύκλωσης ιματισμού «διαμάντια», όνομα που προκύπτει λόγω της διαδικασίας εύρεσής τους, της σπανιότητας αλλά και της αυξημένης τους αξίας.



Εικόνα 8 : Αυτοματοποιημένη χειροδιαλογή με ταινιόδρομους στην Γερμανία



Εικόνα 9 : Απλοποιημένη χειροδιαλογή

Καθώς γίνεται η ταξινόμηση των ανακυκλωμένων αγαθών, υπάρχει μια παράλληλη βαθμολόγηση, ανάλογα με κάποια κριτήρια, συνήθως ποιότητας. Εδώ μπορεί να εφαρμοστεί και η τεχνική της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Εξειδικευμένα άτομα ψηφίζουν βάσει μιας κλίμακας, συνήθως από το 1 έως 10, ορισμένα κριτήρια. Θα πρέπει να οριστεί αρχικά ότι η βέλτιστη τιμή είναι το 1 ή το 10 αντίστοιχα. Προϊόντα που συγκεντρώνουν υψηλό ή χαμηλό άθροισμα βάσει της βαθμολόγησης ταξινομούνται ανάλογα. Κάθε κατηγορία ταξινομημένων προϊόντων, βάσει της βαθμολογίας που έχει συγκεντρώσει, είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε σε ποια περίπου αγορά μπορεί να διοχετευθεί. Για παράδειγμα, αν στην κλίμακα βαθμονόμησης έχουμε θέσει το 10 ως βέλτιστη λύση, τότε αν η παρτίδα έχει συγκεντρώσει υψηλή βαθμολογία, μπορεί να διοχετευθεί σε απαιτητικές αγορές. Συχνά ο τρόπος βαθμολόγησης και βέβαια τα άτομα που επιλέγονται γι' αυτή την διαδικασία καθορίζουν την τύχη μιας παρτίδας, συνεπώς είναι σημαντικό να επιλέγονται καταρτισμένα άτομα και να εφαρμόζονται κοινές διαδικασίες.

Η ποιότητα διαλογής και ταξινόμησης των προϊόντων είναι η πτυχή που κάνει τη διαφορά ανάμεσα στις διάφορες επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον τομέα. Μια από τις μεγαλύτερες επιχειρήσεις διαλογής στην Αμερική, που συγκεκριμένα στεγάζεται στο Τέξας, επεξεργάζεται πάνω από 5000 τόνους ανά έτος, μετα-καταναλωτικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Οι περισσότεροι διαλογείς κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ιματισμού, θα πρέπει να εκπαιδεύουν τους υπαλλήλους για να κάνουν την δύσκολη δουλειά της διαλογής. Δεδομένου ότι η πείρα αυξάνεται, οι υπάλληλοι επιδίδονται σε πιο εξειδικευμένες διεργασίες διαλογής, ταξινόμησης και λεπτομερούς βαθμολόγησης των ανακυκλώσιμων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Οι περισσότεροι έμπειροι διαλογείς μπορούν με την αφή και μόνο να καταλάβουν κάθε είδος υφάσματος. Ενώ αρκετές επιχειρήσεις διαλογής και ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων απασχολούν εξειδικευμένο προσωπικό το οποίο εξετάζει τις τρέχουσες τάσεις μόδας για να προβλέψει σε ποιες αγορές θα διαθέσει τα προϊόντα μετά την διαλογή.

Η κατηγορία των αγαθών που είναι σκισμένα ή λεκιασμένα και γενικότερα φθαρμένα χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα αγορών, για διάφορες εφαρμογές. Μόλις γίνει η διαλογή και η ταξινόμηση, τα αγαθά συμπιέζονται σε μεγάλα δέματα (συνήθως 200-500κιλών), περιτυλίγονται, και αποθηκεύονται έως ότου να υπάρξει μια παραγγελία από

κάποιον άμεσα ενδιαφερόμενο ή μεσίτη. Ένας ακόμη παράγοντας που είναι σημαντικός είναι οι σχέσεις που συνάπτονται και το κλίμα που αναπτύσσεται μεταξύ των εξαγωγέων και των εισαγωγέων. Οι εμπορικοί νόμοι των εμπλεκόμενων χωρών, για τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, άλλες φορές μπορούν να διευκολύνουν τις συναλλαγές και άλλες να δημιουργήσουν ανυπέρβλητα εμπόδια.



Εικόνα 10 : Δέματα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, μετά την διαδικασία διαλογής



Εικόνα 11 : Πρέσα συμπίεσης και συσκευασίας κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

5.3 Το μοντέλο «πυραμίδα»

Το μοντέλο πυραμίδα (Σχήμα 18) αντιπροσωπεύει τις κατηγορίες των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με βάση την ταξινόμηση που προκύπτει κατά την διαδικασία της διαλογής από τον

κύριο όγκο των απορριμμάτων που οδηγείται για ανακύκλωση. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες :

Προϊόντα που εξάγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Η αμέσως επόμενη κατηγορία είναι τα είδη που μετατρέπονται σε νέα προϊόντα μέσω της «ανακύκλωσης ανοίγματος του υφάσματος» και του επανασχεδιασμού του. «Η ανακύκλωση ανοίγματος του υφάσματος» είναι ή χημική ή μηχανική διαδικασία κατά την οποία το ύφασμα μετατρέπεται στην αρχική ινώδη μορφή του. Μηχανικά αυτό περιλαμβάνει την κοπή, τον τεμαχισμό, και το λανάρισμα (ξεμπέρδεμα) των ινών-κλωστών, και την μετέπειτα επεξεργασία τους. Η χημική επεξεργασία περιλαμβάνει μεθόδους όπως την ενζυματική, την θερμική, την γλυκολητική, και αυτή της μεθανόλυσης (methanolysis). Μόλις τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα διασπαστούν σε ίνες μπορούν να υποβληθούν σε περαιτέρω επεξεργασία για τη δημιουργία νέων προϊόντων.

Μια άλλη κατηγορία του μοντέλου «πυραμίδα» είναι τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πανιών για στίλβωση και σκούπισμα. Τα είδη αυτά δημιουργούνται από τον τεμαχισμό ρούχων ή άλλων υφαντουργικών προϊόντων.

Επόμενη κατηγορία του μοντέλου είναι τα υλικά που απορρίπτονται στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων ή οδηγούνται για αποτέφρωση για την ανάκτηση ενέργειας.

Τέλος υπάρχει και η κατηγορία των προϊόντων που αναφέρονται ως «διαμάντια». Όπως προαναφέρθηκε το όνομα προκύπτει λόγω της διαδικασίας εύρεσής τους αλλά και της αυξημένης τους αξίας. Στο μοντέλο «πυραμίδα» ο όγκος των προϊόντων είναι αντιστρόφως ανάλογος με την αξία. Για παράδειγμα, τα εξαγόμενα μεταχειρισμένα είδη ιματισμού και κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι η μεγαλύτερη κατηγορία από πλευράς όγκου όμως διατίθενται στις αγορές σε πολύ χαμηλή τιμή, περίπου 0,80-1,20 €/ κιλό. Ενώ για παράδειγμα προϊόντα που κατατάσσονται στην κατηγορία «διαμάντια» μπορούν να ανέρχονται πολλές φορές σε εκατοντάδες ευρώ, ανά τεμάχιο, ανάλογα με την συλλεκτική τους αξία.



Σχήμα 18 : Απεικόνιση του μοντέλου «πυραμίδα»

Στον ακόλουθο πίνακα (πίνακας 14), διαφαίνεται πως κατανέμεται ο όγκος των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που οδηγούνται προς ανακύκλωση, βάσει του μοντέλου «πυραμίδα», ενώ παράλληλα παρουσιάζεται η συσχέτιση με την αξία των προϊόντων. [2]

Πίνακας 14. Κατανομή όγκου κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και η αντιπροσωπευτική τους αξία. [2]

Κατηγορίες προϊόντων βάση του μοντέλου «πυραμίδα»	Κύριος Όγκος κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων	Υπολογιζόμενη αξία
Προϊόντα που εξάγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες	≈ 48%	η τιμή διάθεσης ποικίλει παγκοσμίως, πωλούνται με βάση το βάρος
Είδη που μετατρέπονται σε νέα προϊόντα	≈ 29%	0,80-1,20 €/ κιλό
Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για στίλβωση και σκούπισμα	≈ 17%	1,20 – 1,60 €/ κιλό
Απόρριψη σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων και καύση για ανάκτηση ενέργειας	< 7%	η τιμή διάθεσης ποικίλει βάση της τοποθεσίας, πωλούνται με βάση το βάρος
«Διαμάντια»	≈ 1-2%	Υψηλή αξία ανά προϊόν

5.3.1 Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που εξάγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες (≈ 48%)

Ο μεγαλύτερος όγκος των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που οδηγείται προς ανακύκλωση είναι αυτός των μεταχειρισμένων ρούχων. Τα αγαθά αυτά, πρωτίστως εξάγονται στις αναπτυσσόμενες χώρες ή παρέχονται σαν φιλανθρωπίες σε ομάδες ανθρώπων που χρειάζονται βοήθεια (π.χ. σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών). Σε κάθε αναπτυσσόμενη χώρα διατίθενται μεταχειρισμένα είδη ιματισμού. Οι Αμερικανικές εξαγωγές στην Αφρικανική Ήπειρο, ανέρχονται στα 47,47 εκατομμύρια €.

Μια από τις κύριες περιοχές εξαγωγής στην οποία εξάγουν οι ΗΠΑ, είναι Ουγκάντα. Εκεί μια ντόπια γυναίκα μπορεί να αγοράσει μια μεταχειρισμένη μπλούζα επώνυμων σχεδιαστών με 0,90 € (Packer, 2002). Τα χρησιμοποιημένα είδη ιματισμού που προέρχονται από τον δυτικό κόσμο, αποτελούν για τους κατοίκους των αναπτυσσόμενων χωρών ίσως την μόνη πηγή, οικονομικά προσιτού ιματισμού. Σε αρκετές από αυτές τις χώρες τα επίπεδα εισοδήματος των πολιτών είναι τόσο χαμηλά που μετά βίας επαρκούν για τρόφιμα και καθαρό νερό.

Εντούτοις, μερικοί υποστηρίζουν ότι οι εξαγωγές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και κυρίως ιματισμού, σε αυτά τα έθνη, έχουν απειλήσει τον παραδοσιακό τρόπο ντυσίματος για πολλούς γηγενείς πολιτισμούς μεταλλάσσοντας την πολιτιστική τους ταυτότητα. Συγχρόνως οι εισαγωγές προϊόντων, που προέρχονται από τον δυτικό κόσμο, μπορούν να απειλήσουν τις ήδη υπάρχουσες μικρές βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμασίας, εκείνων των χωρών. Ενώ αυτό είναι βεβαίως ένα ζήτημα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τις εξαγωγές, τα μεταχειρισμένα είδη ιματισμού λόγω των προσιτών τιμών, αποτελούν πολύτιμα προϊόντα για το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού που ζει σε μη προνομιούχες περιοχές.



Εικόνα 12 : Εξαγωγή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στην Ουγκάντα

Βέβαια δεν εξάγονται όλα τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά είδη στις φτωχότερες χώρες. Για παράδειγμα εξαγωγές γίνονται πρόσφατα, σε μια καινούργια αγορά, στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα που είναι μια από τις πλουσιότερες χώρες. Τα χρησιμοποιημένα κυρίως ενδύματα που φτάνουν στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, δεν προορίζονται για τον τοπικό πληθυσμό αλλά, για τον κόσμο που έχει μεταναστεύσει για εργασία, από το Μπανγκλαντές, το Πακιστάν και την Ινδονησία, επειδή η αμοιβή αυτών των εργαζομένων δεν τους επιτρέπει να αγοράσουν γνωστά προϊόντα σχεδιαστών που προσφέρονται στα τοπικά καταστήματα.

Τα τελευταία χρόνια, οι επιχειρηματίες που διευθύνουν την διαλογή των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων έχουν συνειδητοποιήσει ότι προκειμένου να παραμείνει βιώσιμη, η επιχείρησή τους, θα πρέπει οι κατηγορίες των ειδών τους να περιέχουν περισσότερο ραφινάρισμένα και προσεγμένα προϊόντα, για να ικανοποιούνται οι εν λόγω αγορές. Οι περισσότερες τέτοιες επιχειρήσεις συνεργάζονται με μηχανικούς κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, κατασκευάζοντας νέα προϊόντα από τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Νέες αγορές προκύπτουν στην πορεία, οι οποίες προσφέρονται στο να υιοθετήσουν μεταχειρισμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Παραδείγματος χάριν, το μαλλί σαν υλικό κατασκευής προϊόντων έχει λάβει ένα ανανεωμένο ενδιαφέρον, επειδή η ευρωπαϊκή νομοθεσία έχει τροποποιηθεί αναφορικά με την

ευφλεκτότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την επίπλωση αλλά και τον εξωτερικό ιματισμό. Έτσι προωθούνται υλικά που δεν είναι εύφλεκτα. Μια καλή πρακτική για την αύξηση της αντοχής ενός υφάσματος στην φωτιά, είναι η αύξηση της περιεκτικότητας σε μαλλί. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη ζήτηση σε μαλλί, που μπορεί να καλυφθεί εμμέσως από την ανακύκλωση. Αυτομάτως λοιπόν, αυξάνονται οι τιμές των μάλλινων προϊόντων που προορίζονται για ανακύκλωση. Μόλις ταξινομηθούν, τα αγαθά συμπιέζονται στα μεγάλα δέματα (συνήθως 600 - 1000 λίβρες), τυλίγονται, και αποθηκεύονται έως ότου παραλαμβάνεται μια παραγγελία (συχνά από έναν μεσίτη). [2,25,28]

5.3.2 Είδη που μετατρέπονται σε νέα προϊόντα (≈ 29%).

Τα είδη των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που μετατρέπονται σε νέα προϊόντα μπορούν να διακριθούν σε δυο κατηγορίες. Η μια κατηγορία περιλαμβάνει τα είδη που είναι κακής ποιότητας, κουρελιασμένα ή φθαρμένα υφάσματα, είδη ιματισμού και χαλιά. Αυτά οδηγούνται σε μηχανική επεξεργασία που περιλαμβάνει την κοπή, τον τεμαχισμό, και το λανάρισμα (ξεμπέρδεμα) των ινών-κλωστών, και την μετέπειτα επεξεργασία τους. Οι ίνες αφού διαχωριστούν επαναχρησιμοποιούνται σε προϊόντα αυξημένης αξίας. Για παράδειγμα ανακυκλωμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα χρησιμοποιούνται για γέμισμα (π.χ. στρωμάτων, μαξιλαριών κτλ.), στην αυτοκινητοβιομηχανία (κατασκευή των καθισμάτων), ως υποστρώματα στην κατασκευή χαλιών, σαν οικοδομικά υλικά όπως η μόνωση τοίχων και σκεπών, και σαν τελειώματα (π.χ. κρόσσια) στα κλινοστρωμνή. Η πλειοψηφία των προϊόντων που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία αποτελείται από ακατάλληλα προς επαναχρησιμοποίηση προϊόντα (π.χ. ενδύματα), λεκιασμένα ή σκισμένα. Σαν ένα παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, η περίπτωση μιας εταιρίας διαλογής και ανακύκλωσης, η οποία διέθετε τα 100 % βαμβακερά προϊόντα, αφού τα διαχώριζε σε ίνες, σε μια από τις μεγαλύτερες εταιρίες κατασκευής σάκων πυγμαχίας. Η κατασκευή των σάκων επιτυγχάνονταν με ανάμιξη των βαμβακερών ινών με άμμο.

Ένας τεράστιος αριθμός προϊόντων γίνεται από τις επανεπεξεργασμένες ίνες βαμβακερών ειδών, επειδή ένα μεγάλο μέρος αυτών δημιουργούν νέα νήματα, με τα οποία κατασκευάζονται νέα βαμβακερά και μη προϊόντα. Οι χρήσεις και οι εφαρμογές ποικίλουν. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εσωτερική επένδυση ενδυμάτων, για είδη οικιακής χρήσης, για την ταπετσαρία-επένδυση επίπλων, σαν υλικά μόνωσης, σαν υλικά ηχομόνωσης

των αυτοκινητικών, για την κατασκευή ταπήτων των αυτοκινήτων και για την κατασκευή παιχνιδιών (λούτρινα προϊόντα). Οι παραγωγοί νέων νημάτων στην Ιταλία στην πόλη Prato για παράδειγμα, επεξεργάζονται τα πουλόβερ που είναι κατασκευασμένα από ίνες κασμίρ, δημιουργούν νέες ίνες και το τελικό προϊόν είναι πολυτελείς κουβέρτες από κασμίρ.

Αυτή η διαδικασία συνιστά μια οικονομικά και περιβαλλοντικά σωστή πρακτική χρησιμοποιώντας πολύτιμες ίνες που ειδάλλως θα χάνονταν στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων. Όσο περίεργο και αν φαίνεται, τα πιο άχρηστα και φθαρμένα μετακαταναλωτικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα συχνά ανταποκρίνονται στις υψηλές προδιαγραφές που θέτουν οι τελικές βιομηχανίες χρήσης (π.χ. αυτοκινητοβιομηχανίες, αεροναυπηγικές κατασκευαστικές εταιρίες), που τα χρησιμοποιούν για την δημιουργία νέων προϊόντων.

Η δεύτερη κατηγορία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που μετατρέπονται σε νέα προϊόντα είναι αυτά που προκύπτουν από τον πραγματικό επανασχεδιασμό χρησιμοποιημένων ειδών. Προϋπόθεση σε αυτή την κατηγορία είναι τα είδη να είναι σε καλή κατάσταση. Οι σύγχρονες τάσεις της μόδας των επανασχεδιασμένων προϊόντων καθορίζονται από ομάδες νέων σχεδιαστών οι οποίοι προσαρμόζουν τα μεταχειρισμένα ενδύματα και τα υφαντικά είδη για την παραγωγή νέων προϊόντων. Οι αποδέκτες αυτών των ειδών είναι επώνυμες αλυσίδες εκλεκτής ποιότητας ματισμού, που προσανατολίζονται κυρίως στην προσέλκυση νεότερων καταναλωτών.

5.3.3 Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για στίλβωση και σκούπισμα (≈ 17%).

Είδη ματισμού από τα οποία οι καταναλωτές δεν λαμβάνουν πλέον την χρηστική τους αξία και κατά κάποιο τρόπο έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους, μπορούν να μετατραπούν σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για σκούπισμα ή στίλβωση με εφαρμογές στη βιομηχανία. Οι μπλούζες (κυρίως t-shirts) αποτελούν την πρωταρχική πηγή γι' αυτήν την κατηγορία, επειδή η βαμβακερή ίνα αποτελεί ένα ιδανικά απορροφητικό και γυαλιστικό ύφασμα. Μεγάλες ποσότητες τέτοιων κουρελιών μπορούν να πουληθούν σε αυτοκινητοβιομηχανίες. Μια ακόμη εταιρία πουλάει τέτοια παλιά υφάσματα σε μια κατασκευάστρια εταιρία πλυντηρίων, η οποία τα χρησιμοποιεί για δοκιμαστικές πλύσεις καθώς εξελίσσει τα μηχανήματα της.

Επιπλέον τα βαμβακερά υφάσματα και μερικά συνθετικά (κυρίως ολεφίνες), λόγω της άριστα οργανοφιλικής τους ιδιότητας, κόβονται σε πολύ μικρά κομμάτια (π.χ. στουπιά) εξυπηρετώντας τις βιομηχανίες στον καθαρισμό κηλίδων ελαίων που προκύπτουν από την χρήση του εξοπλισμού. Ανάλογα προϊόντα επιβάλλονται να χρησιμοποιούνται στις εταιρίες που ασχολούνται με την τυποποίηση ελαίων και στην βιομηχανία διύλισης πετρελαίου. Μια άλλη χρήση των ελαιοφιλικών «κουρελιών» είναι η εφαρμογή τους σε θαλάσσιες διαρροές πετρελαίου-κηλίδες οι οποίες καθαρίζονται κυρίως με τέτοια είδη χρησιμοποιημένων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

5.3.4 Απόρριψη σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων και καύση για ανάκτηση ενέργειας (< 7%)

Αυτή η κατηγορία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων περιλαμβάνει δυο υποομάδες που έχουν διαφορετική τύχη η κάθε μια. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει προϊόντα τα οποία δεν μπορούν να διατεθούν σε καμία αγορά, συνεπώς αναγκαστικά θα πρέπει να διατεθούν στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων (π.χ. Χ.Υ.Τ.Α.). Στις περισσότερες χώρες η διάθεση απορριμμάτων στους ΧΥΤΑ περιλαμβάνει κάποιο κόστος ανά μονάδα βάρους, συνεπώς οι εταιρίες διαλογής κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων προσπαθούν να ελαχιστοποιούν όσο γίνεται τα απορρίμματα τους, γεγονός που έχει οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει προϊόντα υφαντουργικής προέλευσης που κατευθύνονται για καύση και παραγωγή ενέργειας. Στις ΗΠΑ, αρκετά προγράμματα είχαν εφαρμοστεί σε πιλοτικό στάδιο για την αξιοποίηση των κλωστοϋφαντουργικών ινών για τη ενεργειακή παραγωγή. Αν και τα αποτελέσματα των εκπομπών των αποτεφρωμένων υφαντουργικών προϊόντων ήταν κάτι παραπάνω από ενθαρρυντικά, η συνεχόμενη τροφοδοτική διαδικασία των συστημάτων αποτέφρωσης, με πρώτη ύλη, σε πολλές βορειοαμερικανικές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας δεν είναι εφικτή. Η αποτέφρωση των χρησιμοποιημένων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, ως πηγή εναλλακτικού καυσίμου, είναι πιο συνηθισμένη στην Ευρώπη απ' ότι στις ΗΠΑ.

5.3.5 «Διαμάντια» (≈ 1-2%).

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν είδη γνωστών εταιριών και οίκων μόδας. Το χαρακτηριστικό αυτών των προϊόντων είναι ότι διατίθενται πιο εύκολα σε αγορές επιφέροντας μεγαλύτερα κέρδη λόγω αυξημένης ζήτησης. Η κατηγορία των «διαμαντιών» προέκυψε κυρίως από την βιομηχανία ανακύκλωσης ιματισμού. Δεν είναι λίγα τα παραδείγματα ειδών ιματισμού τα οποία καταλήγουν στα κέντρα διαλογής και έχουν υψηλή αξία. Τον Μαΐου του 2001, ένας ανώνυμος πωλητής διέθεσε σε δημοπρασία στο διαδίκτυο ένα τζιν παντελόνι της Levi's που χρονολογούνταν περίπου 100 χρόνια. Η τιμή εκκίνησης ήταν 25.000 δολάρια και η τελική τιμή πώλησής του ήταν 43.532 δολάρια. Το συγκεκριμένο προϊόν βρέθηκε θαμμένο μέσα στη λάσπη ενός παλιού μεταλλείου στη Νεβάδα, σε αρκετά καλή κατάσταση. Η εταιρία της Levi's Strauss & η Co, κέρδισε την δημοπρασία και απέκτησε το τζιν, το οποίο αποτελεί έκθεμα και θεωρείται ίσως το παλαιότερο που κατέχει η εταιρία (Lynn Downey, υπεύθυνος ιστορικός της Levi's, 2001). Το παράδειγμα αυτό αποτελεί μια από τις υψηλότερες συναλλαγές που έχει επιτευχθεί στην ανακύκλωση ειδών ιματισμού και κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Το περιστατικό αυτό τόνωσε το ενδιαφέρον ιδιοκτητών κέντρων διαλογής, για την εύρεση νέων ειδών που ανήκουν στην κατηγορία των «διαμαντιών». Άλλες μαρτυρίες ιδιοκτητών κέντρων διαλογής εξιστορούν ότι, ένα ζευγάρι τζιν διατέθηκε προς 18.000 δολάρια στο Παρίσι, ενώ ένα ακόμη ζευγάρι Levi's πουλήθηκε για 11.000 στην ίδια την εταιρία.

Στην εν λόγω κατηγορία ανήκουν περίπου το 1 % του συνολικού όγκου των αγαθών που συνιστούν το κύριο ρεύμα υφαντουργικών προϊόντων που οδηγούνται προς ανακύκλωση, όμως σε αυτό το μικρό ποσοστό οφείλονται και τα μεγαλύτερα κέρδη, για τα κέντρα διαλογής. Όταν εντοπιστούν «διαμάντια», τότε αυτά δεν ξεχωρίζουν από το υπόλοιπο σύνολο των ειδών. Όμως μετά από ειδική επεξεργασία, καθαρισμό και φροντίδα, δείχνουν σαν καινούρια. Οι κατηγορίες «διαμαντιών» στις Ηνωμένες Πολιτείες περιλαμβάνουν διάφορα είδη ιματισμού, ενώ πολλοί από τους αποδέκτες-πελάτες είναι γνωστοί σχεδιαστές ή πλούσια άτομα. Ο Ralph Lauren και η Donna Karan είναι μερικοί από τους αγοραστές που διαθέτουν μάλιστα και συλλογές εκλεκτής ποιότητας μεταχειρισμένων ειδών, προερχόμενα κυρίως από κέντρα διαλογής. Άλλοι πελάτες «διαμαντιών» απλά αγοράζουν τα προϊόντα από τα κέντρα διαλογής και τα μεταπουλούν σε οίκους μόδας ή στο διαδίκτυο.

Τα «διαμάντια» μπορούν να διατεθούν σε αρκετές από τις παγκόσμιες αγορές και η ζήτηση σε όλες τις χώρες είναι υψηλή. Τα αμερικάνικα χρησιμοποιημένα αγαθά διακινούνται πιο

εύκολα, εμφανίζουν αυξημένη ζήτηση στην Ιαπωνία, η οποία είναι ο μεγαλύτερος εισαγωγέας των χρησιμοποιημένων αμερικανικών «διαμαντιών» μάρκες όπως Harley Davidson, Ralph Lauren Polo, Tommy Hilfiger είναι αυτές που σημειώνουν τις μεγαλύτερες πωλήσεις. Επίσης μετά από την τρομοκρατική τραγωδία της 11^{ης} Σεπτεμβρίου 2001, οι πωλήσεις των μεταχειρισμένων αμερικανικών αγαθών παρουσίασαν αυξανόμενο ενδιαφέρον στην παγκόσμια αγορά, με τα τζιν να αποτελούν την σταθερή προτίμηση των πελατών.

Για την διαλογή των «διαμαντιών» είναι επιβεβλημένη η γνώση και η εμπειρία. Οι διαλογείς θα πρέπει να ξεχωρίζουν ένα προϊόν υψηλής αξίας από την υπόλοιπη μάζα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, θα πρέπει να γνωρίζουν ιδιότητες των εταιριών και των υφασμάτων που χρησιμοποιούν. Η εκπαίδευση σε αυτό τον τομέα αποτελεί κρίσιμο χαρακτηριστικό για την βιωσιμότητα της επιχείρησης.

Δεν είναι λίγες οι οργανώσεις και οι εταιρίες που ασχολούνται με την πώληση μεταχειρισμένων ειδών υφαντουργικής προέλευσης. Στην Αμερική, πολλοί ιδιοκτήτες καταστημάτων εκλεκτής ποιότητας, είναι μέλη της N.A.R.T. (National Association of Resales and Thrift) που ιδρύθηκε το 1984 και εδρεύει στο Σικάγο. Η ένωση διαθέτει πάνω από 1000 μέλη και ασχολείται με θέματα μεταπώλησης μεταχειρισμένων ειδών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων υψηλής ποιότητας. Ένα ακόμη παράδειγμα αποτελεί η T.R.A.I.D. (Textiles Recycling for Aid and Development) είναι μια από τις πιο γνωστές οργανώσεις φιλανθρωπικού χαρακτήρα η οποία χρηματοδοτείται από την πώληση άριστης ποιότητας υφαντουργικών προϊόντων και κυρίως ρουχισμού. [2]

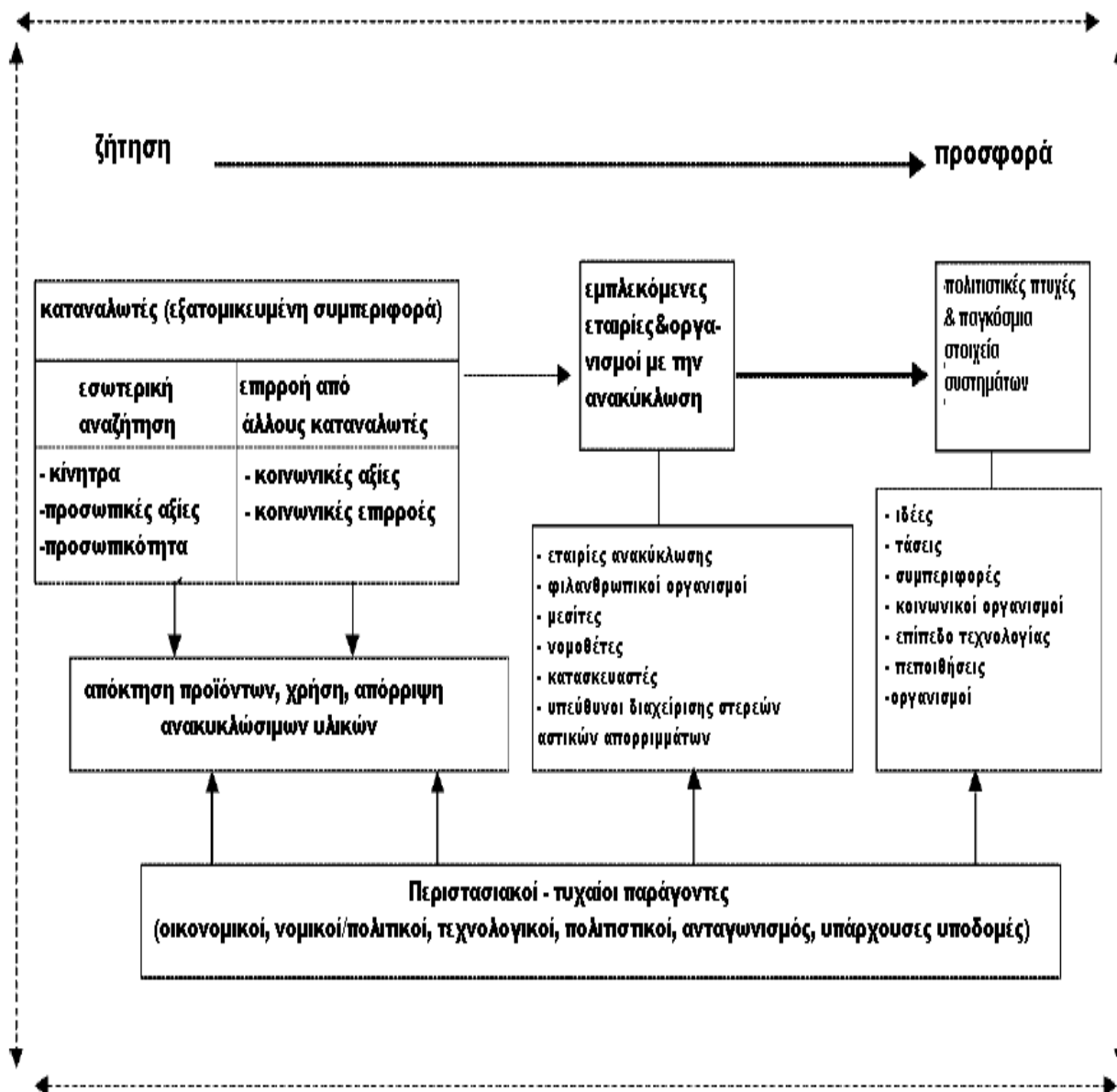
5.4 Η κοινωνική διάρθρωση του τομέα της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

5.4.1 Οι εμπλεκόμενοι συντελεστές στην ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Όπως έχει παρουσιαστεί, η βιομηχανία ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων παρουσιάζεται σαν μια αλυσίδα διαφόρων δραστηριοτήτων αποτελούμενη από πολυάριθμους συντελεστές που λειτουργούν μέσα σε ένα κοινωνικό-πολιτιστικό σύστημα που επηρεάζει τάσεις και συμπεριφορές. Κάθε ένας από αυτούς τους συντελεστές λειτουργεί μέσα σε ένα

μικρότερο πολιτιστικό σύστημα το οποίο συνδέει τις συμπεριφορές με τις πράξεις του. Χωρίς αυτή την άμεση επαφή των συντελεστών που συνιστούν το σύστημα, η αλυσίδα σπάει και αποτυγχάνουν όλες οι συναλλαγές.

Όπως είχε τονίσει ο Elliott (1995), προκειμένου να πραγματοποιηθεί πρόοδος στον τομέα της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, όλα τα συμβαλλόμενα μέρη πρέπει να λειτουργούν με κοινή λογική για το πώς θα επιτευχθούν οι επιμέρους στόχοι. Ο Hamilton (1997) υπερτόνισε ότι, αν το κύριο μέρος της έρευνας βασίζεται σε παραδείγματα που εστιάζουν μόνο σε ένα ή σε μερικά επίπεδα ανάλυσης, τότε το σύνολο των γνώσεων για ένα ενιαίο σύστημα είναι ελλιπές. Λαμβάνοντας υπόψιν την θεωρία του Hamilton (1997) και εφαρμόζοντας την στην ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, προτείνεται ένα απλουστευμένο σύστημα σύναψης σχέσεων και ενεργειών μεταξύ των συντελεστών που εμπλέκονται στην αλυσίδα της ανακύκλωσης (Σχήμα 19). Για την πληρέστερη κατανόηση θα πρέπει να γίνει διάκριση του συστήματος σε τρία βασικά στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο είναι ο καταναλωτής, που επιδρά με την εξατομικευμένη καταναλωτική του συμπεριφορά, στην ανακύκλωση. Το δεύτερο στοιχείο είναι οι εμπλεκόμενες με την ανακύκλωση επιχειρήσεις και οργανώσεις. Το τρίτο στοιχείο αφορά πολιτιστικά θέματα, παγκόσμιου χαρακτήρα. Και τα τρία αυτά στοιχεία αλληλεπιδρούν μεταξύ δημιουργώντας ένα περίπλοκο πλέγμα σχέσεων και αλληλεξαρτήσεων.



Σχήμα 19: Το κοινωνικό πρότυπο συστημάτων στην ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

5.4.2 Ο καταναλωτής και η εξατομικευμένη καταναλωτική του συμπεριφορά

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία του συστήματος ανακύκλωσης θα πρέπει να εστιάσουμε στη μεμονωμένη καταναλωτική ιδεολογία. Αυτή είναι που καθορίζει τη συμπεριφορά των καταναλωτών απέναντι στην έννοια της ανακύκλωσης.

Εκτεταμένη έρευνα για την σχέση που συνδέει την κατανάλωση με την κλωστοϋφαντουργική ανακύκλωση δεν έχει γίνει μέχρι στιγμής. Ο Shim (1995) σε μια από τις ερευνητικές του εργασίες εξέτασε τη σχέση μεταξύ των καταναλωτικών συνηθειών, σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, βάση των περιβαλλοντικών παραγόντων, και των μεθόδων απόρριψής τους. Η μελέτη του Kim (1997) και των συναδέλφων του, εξέτασε εάν και κατά πόσο οι γενικότερες περιβαλλοντικές ανησυχίες των καταναλωτών επηρεάζονται από τις διαφημίσεις της μόδας.

Οι καταναλωτές, ως άτομα, βάσει της ιδιοσυγκρασίας τους και των συμπεριφορών τους παίζουν καθοριστικό ρόλο στον τομέα της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Τα συμπεράσματα από μελέτες που έγιναν, αποκάλυψαν ότι πολλοί καταναλωτές έχουν θετική στάση απέναντι στην έννοια της προστασίας του περιβάλλοντος, όμως όταν φτάνει η στιγμή για να διαθέσουν τα είδη ματισμού τους στην ανακύκλωση ή στα απορρίμματα τότε σκέφτονται τις χρηματικές μονάδες που διέθεσαν για την απόκτησή τους. Συνεπώς το οικονομικό όφελος προηγείται συχνά από τις περιβαλλοντικές ευαισθησίες. Συνεπώς χρειάζεται μια συναισθηματική υπέρβαση για να μπορέσει ο καταναλωτής να αποχωριστεί τα προσωπικά του υπάρχοντα, όσο και αν δεν λαμβάνει την χρηστική τους αξία πλέον. Κάποιοι καταναλωτές ενώ ξεκαθαρίζουν τα υπάρχοντά τους και τα συγκεντρώνουν με σκοπό την ανακύκλωση, συχνά χρειάζονται αρκετές εβδομάδες μέχρι να πάρουν την απόφαση για την τελική διάθεσή τους. Ο McCracken (1988), εξήγησε ότι οι καταναλωτές χρειάζεται να κάνουν «μια προσπάθεια για να ξεπεράσουν το γεγονός ότι κάποτε είχαν επενδύσει χρήματα για το αγαθό που πρόκειται να πετάξουν. Αν και πολλοί καταναλωτές έχουν αναπτύξει πρακτικές οικιακής ανακύκλωσης, στα ίδια τους τα σπίτια (π.χ. μετατρέποντας τα είδη ματισμού σε πανιά για οικιακή χρήση) λίγοι μπορούν να συλλάβουν την ιδέα ότι αυτά τα είδη μπορούν να ανακυκλωθούν διαφορετικά. Ο περισσότερος κόσμος συνδέει την ανακύκλωση κατά κύριο λόγο με την αναχρησιμοποίηση και τις δωρεές για φιλανθρωπικό σκοπό. Ακόμα και αν αυτό συνιστά μια βιώσιμη επιλογή διάθεσης για πολλά χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά είδη, παραμένει να είναι μια περιορισμένη λύση για τον όγκο των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που θα έπρεπε να ανακυκλώνονται.

Οι καταναλωτές δεν πρέπει να ξεπεράσουν μόνο τον εαυτό τους και τους προσωπικούς φραγμούς. Για να διαθέσουν ορισμένα είδη οι καταναλωτές στην ανακύκλωση, θα πρέπει να υπερνικήσουν την επιρροή που δέχονται από τους υπόλοιπους καταναλωτές, είτε αυτούς που βρίσκονται το κοντινό περιβάλλον είτε αυτούς που βρίσκονται σε ευρεία κλίμακα. Οι περισσότεροι Αμερικανοί ζουν σε μια υπερκαταναλωτική κοινωνία, όπου η αξία ενός ατόμου

πολλές φορές ορίζεται από τα ενδύματα που φορούν. Αυτή η αντίληψη αντιπαρέρχεται στη δημόσια πίεση για μείωση της υπερκαταναλωτικής μανίας και στην υιοθέτηση ενός φιλοπεριβαλλοντικού τρόπου ζωής. Οι περισσότεροι Αμερικανοί καταναλωτές ακολουθούν τα τελευταία βήματα τις μόδας, παρά το γεγονός ότι οι ντουλάπες τους είναι υπερκορεσμένες, αγοράζοντας συνεχώς νέα αγαθά. Μονόδρομη λύση για να δικαιολογήσουν αυτή την συμπεριφορά τους είναι να δώσουν ορισμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και κυρίως είδη ιματισμού που είναι ελαφρώς έξω από την επικρατούσα μόδα, στις φιλανθρωπικές οργανώσεις. Κατά αυτόν τον τρόπο, η όρεξη των καταναλωτών για τη μόδα ικανοποιείται και η ενοχή τους για τον υπερκαταναλωτισμό σβήνει.

5.4.3 Οι εταιρίες και οι οργανισμοί που εμπλέκονται με την ανακύκλωση

Ένα άλλο στοιχείο του κοινωνικού προτύπου συστημάτων στην ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι οι ίδιες οι εταιρίες και οι οργανισμοί που εμπλέκονται με την ανακύκλωση. Τέτοιοι συντελεστές είναι οι διάφορες κερδοσκοπικές και μη κερδοσκοπικές επιχειρήσεις που καθορίζουν τις διαδικασίες κλωστοϋφαντουργικής ανακύκλωσης. Περίπου 200 επιχειρήσεις εμπλέκονται κατά κύριο λόγο στο επίπεδο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας και ανακύκλωσης. Επιπροσθέτως 150 επιχειρήσεις ασχολούνται με την δευτεροβάθμια επεξεργασία. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται και οι εξαγωγείς χρησιμοποιημένων προϊόντων, οι κατασκευαστές πανιών για στίλβωση και γυάλισμα, οι κατασκευαστές ινών και υφασμάτων είναι επίσης μέρος του πολύπλευρου είδους της βιομηχανίας [2].

Αν και αυτές οι επιχειρήσεις ομολογουμένως είχαν αποκτήσει φήμη για τα φιλανθρωπικά προγράμματα που είχαν εξελίξει, πρόσφατα έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν και άλλες δραστηριότητες. Πολλές από αυτές τις εταιρίες επεκτείνουν τη βάση των προμηθευτών τους, συνάπτοντας συνεργασίες με τοπικούς δήμους. Έτσι δήμοι και επιχειρήσεις εφαρμόζουν από κοινού προγράμματα συλλογής και αποκομιδής με κάδους (Εικόνα 13) για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.



Εικόνα 13 : Κάδος συλλογής κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στην Αγγλία

Επιπλέον, αυξημένος ανταγωνισμός έχει προκύψει από το γεγονός ότι κερδοσκοπικές και μη κερδοσκοπικές επιχειρήσεις μάχονται για την απόκτηση μεταχειρισμένων προϊόντων ή για την διάθεσή τους σε ίδιες αγορές.

Άλλοι συντελεστές του συστήματος που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση είναι οι φορείς χάραξης πολιτικής σε επίπεδο τοπικό, κρατικό, ή ομοσπονδιακό. Αυτοί οι συντελεστές είναι υπεύθυνοι για την χάραξη της υιοθετούμενης πολιτικής, της θέσπισης της ισχύουσας νομοθεσίας εκείνης που είτε υποστηρίζει, είτε υποθάλπει την υφαντουργική ανακύκλωση. Πολλοί εμπορικοί νόμοι, παραδείγματος χάριν, απαγορεύουν το εμπόριο και τις εξαγωγές σε ορισμένες χώρες. Για παράδειγμα, πρόσφατες διαπραγματεύσεις πραγματοποιήθηκαν μεταξύ του Αμερικανικού τμήματος εμπορίου και της Τανζανικής κυβέρνησης για τις εξαγωγές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων από τις ΗΠΑ. Μερικοί από τους όρους που προέβλεπε η Τανζανική πλευρά ήταν (i) η απαίτηση των πιστοποιητικών απολύμανσης, (ii) απαγόρευση στα χρησιμοποιημένα είδη εσωρούχων, καλτσών (γυναικείων και ανδρικών), και νυχτικών, (iii) απαίτηση ότι τα δέματα δεν θα πρέπει να υπερβούν 50 κιλά, (iv) απαίτηση για την ύπαρξη πιστοποιητικών υγείας το οποίο θα αποδεικνύει ότι η χώρα προέλευσης είναι απαλλαγμένη από μεταδοτικές ασθένειες, (v) πιστοποίηση ότι τα ενδύματα είναι χρησιμοποιημένα, και (vi) δειγματοληπτικό έλεγχο των παρτίδων που θα παραληφθούν. Οι οπαδοί του υπερπροστατευτισμού αναφέρουν λοιπόν έναν μακροσκελή κατάλογο ανησυχιών, συμπεριλαμβανομένων της εισβολής επιβλαβών εντόμων, μικροοργανισμών και της ύπαρξης

επικίνδυνων χημικών ουσιών. Το γεγονός όμως παραμένει το ίδιο, πολλοί άνθρωποι στα αναπτυσσόμενα έθνη, ακόμη και εκείνοι που εργάζονται στις βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμασίας, δεν μπορούν να αντέξουν οικονομικά την αγορά ιματισμού που παράγεται από αυτά τα έθνη. Οι γηγενείς βιομηχανίες στις αναπτυσσόμενες χώρες κατασκευάζουν προϊόντα τα οποία προορίζονται για κατανάλωση στο δυτικό κόσμο. Παρόλα αυτά, οι πολίτες αυτών των χωρών είναι ευγνώμονες που είναι ικανοί να αγοράσουν τα χρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που εισάγονται από τα αναπτυγμένα έθνη.

Ακόμα και αν οι εμπορικές πολιτικές απαγορεύουν την εξαγωγή ή την εισαγωγή ορισμένων στοιχείων, οι βιομηχανίες ανακύκλωσης βρίσκουν ακόμα τους τρόπους να συνεχιστεί το εμπόριο στην παγκόσμια αγορά, διατηρώντας τις εμπορικές πολιτικές. Ο J.M Hawley αναφέρει ότι στην Ινδία έχει αναπτυχθεί μια σημαντική βιομηχανία κατασκευής μάλλινων καλυμμάτων η οποία χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη χρησιμοποιημένα είδη μάλλινου ιματισμού. Εμπορικοί νόμοι μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και της Ινδίας δεν επιτρέπουν την εξαγωγή μάλλινου ιματισμού από τις ΗΠΑ. Για να καλυφθεί η ανάγκη της ζήτησης σε πρώτες ύλες στην Ινδία, θα πρέπει ο χρησιμοποιημένος μάλλινος ιματισμός στις Ηνωμένες Πολιτείες να σταλεί πρώτα για τεμαχισμό. Έτσι τα ενδύματα μετατρέπονται σε κομμάτια μάλλινου υφάσματος, τα οποία δεματοποιούνται πιο εύκολα και αποστέλλονται στην Ινδία. Οι ινδικοί κατασκευαστές έπειτα επεξεργάζονται τις μικρές ίνες φτιάχνοντας νέες, που καταλήγουν στην κατασκευή των καλυμμάτων και των ταπήτων.

5.4.4 Πολιτιστικές πτυχές που αφορούν την ανακύκλωση

Το τρίτο στοιχείο για την κατανόηση του κοινωνικού προτύπου συστημάτων στην ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, αφορά την δομή του υλικού κόσμου, και τις κοινωνικές και πολιτιστικές θέσεις κάθε χώρας. Ο πολιτισμός και η κουλτούρα κάθε χώρας αποτελεί ένα αναπόσπαστο τμήμα της ανθρώπινης ύπαρξης και συχνά είναι αρκετά δύσκολο για να αλλάξουν οι πεποιθήσεις και οι τάσεις. Ένα μεγάλο μέρος που αφορά την τρίτη κατηγορία, είναι οι ιδέες και οι συμπεριφορές που εφαρμόζουν οι πολίτες, ο τρόπος κοινωνικής οργάνωσης, το επίπεδο τεχνολογίας, οι πεποιθήσεις, και οι θεσμικές υποχρεώσεις των κοινωνιών.

Όλα τα ανωτέρω είναι οι καθοριστικοί παράγοντες οι οποίοι κρίνουν την επιτυχία της ανακύκλωσης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Σε μια εποχή στην οποία η ζήτηση σε ανακυκλωμένα υφαντουργικά προϊόντα, είναι ίσως η υψηλότερη, παρουσιάζεται ένα περίπλοκο πρόβλημα, δεδομένου ότι δεν υπάρχει επαρκής εφοδιασμός με ακατέργαστα υφαντουργικά προϊόντα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο πολιτιστικό ήθος που αντιτίθεται στην καταναλωτική συμπεριφορά, στα δημοτικά προγράμματα διαχείρισης στερεών απορριμμάτων, ή στις φιλανθρωπικές οργανώσεις. Παραδείγματος χάριν, οι καταναλωτές έχουν ενθαρρυνθεί από το κοινωνικό, οικονομικό, ή πολιτικό περιβάλλον τους για να ανακυκλώνουν άλλα υλικά, όπως γυαλί, αλουμίνιο, και πλαστικά. Εντούτοις, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν σπάνια μια σαφώς διαχωρισμένη κατηγορία, η οποία εξετάζεται από τα δημοτικά προγράμματα ανακύκλωσης.

Ο Shim (1995) με τις μελέτες του έδειξε, ότι ακόμα κι αν οι καταναλωτές έχουν ισχυρές περιβαλλοντικές, πεποιθήσεις και συμπεριφορές απέναντι στην ανακύκλωση απορριμμάτων, αυτό δεν αποτελεί δείκτη ότι θα έχουν θετική στάση και για την ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ενδυμασίας.

Στα περισσότερα κράτη, οι πολιτικές και τα προγράμματα μείωσης των απορριμμάτων στηρίζονται στην εθελοντική συνεισφορά των πολιτών. Για τις ΗΠΑ, οι εθνικές στατιστικές καταγραφές, αποκαλύπτουν ότι τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν ένα σημαντικό μερίδιο των αμερικανικών απορριμμάτων που διατίθενται στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων (περίπου 4-8 %), παρόλα αυτά τα περισσότερα κράτη δεν θεωρούν τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ως μια ξεχωριστή κατηγορία απορριμμάτων που χρήζει διαχείρισης. Συχνά αυτό που χρειάζεται για να μεταπείσουμε την κοινή γνώμη και τους υπεύθυνους για την διαχείριση των απορριμμάτων, είναι ένα καλό μάρκετινγκ. Αυτή η πρακτική θεωρείται, σαν το κλειδί για την αλλαγή της σκέψης πολλών πολιτισμών, έτσι ώστε τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα να μπορούν να μετατραπούν σε εμπορεύσιμα ανακυκλωμένα απορρίμματα.

Αρκετές μαρτυρίες καταναλωτών αποκάλυψαν ότι, πολλοί καταναλωτές δεν γνωρίζουν τις επιλογές που έχουν για να διαθέσουν τα άχρηστα για αυτούς πλέον, είδη ενδυμασίας και υφαντουργικών προϊόντων. Πολύ λιγότεροι ακόμη καταναλωτές γνώριζαν την ύπαρξη κέντρων διαλογής και ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, ενώ οι περισσότεροι συνδέουν αποκλειστικά την ανακύκλωση με την αναχρησιμοποίηση και την φιλανθρωπία.

Από τις μαρτυρίες προκύπτει ότι ο καταναλωτής χρειάζεται καθοδήγηση και εκπαίδευση και αυτό επιτυγχάνεται μόνο με συλλογικές προσπάθειες και κατάλληλο μάρκετινγκ.

Ανά τον κόσμο, οι διάφοροι πολιτισμοί ξεχωρίζουν μεταξύ τους βάση των ενδιαφερόντων των πολιτών, βάση των αξιών, των συμπεριφορών και της τεχνολογικής πολυπλοκότητας που έχουν αναπτύξει. Συνεπώς η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων θα πρέπει να εξετάζεται με διαφορετικό τρόπο για κάθε χώρα. Παραδείγματος χάριν για τις ΗΠΑ, η περιβαλλοντική ανησυχία των πολιτών κρίνεται υψηλή, όμως οι Αμερικανοί, βάση των συνηθειών τους είναι ίσως οι μεγαλύτεροι καταναλωτές ενδυμασίας και υφαντουργικών προϊόντων στον κόσμο. Το καταναλωτικό πρότυπο των Αμερικανών φανερώνει ομολογουμένως αυξημένη ποσότητα, αλλά όχι απαραίτητα υψηλή ποιότητα καταναλωτικών αγαθών. Σε αντίθεση οι Ευρωπαίοι τείνουν να καταναλώνουν αγαθά υψηλότερης ποιότητας, δίνοντας λιγότερη βάση στην ποσότητα.

Τέλος περιστασιακοί και αστάθμητοι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν όλο το σύστημα της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, που περιγράφηκε παραπάνω. Μερικοί από αυτούς μπορεί να είναι οικονομικοί, νομικοί-πολιτικοί, τεχνολογικοί, πολιτιστικοί κ.α. [2,25,28,32]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

6.1 Ιστορική αναδρομή

Εδώ και αιώνες, ο τομέας των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων έχει αναπτυχθεί για να εξυπηρετεί ιδιαίτερους σκοπούς. Αρχικά, τα εν λόγω προϊόντα χρησιμοποιήθηκαν για να προστατεύουν τους χρήστες τους από το κρύο, τη θερμότητα, το φως, για να συντηρήσουν τη σεμνότητα αλλά, βαθμιαία, πλέον χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν την προσωπικότητα, τον πλούτο, ή το ενδιαφέρον για τη μόδα. Εντός του τελευταίου αιώνα, τα διαθέσιμα μέσα για την κατασκευή υφαντικών ινών και υφασμάτων έχουν φτάσει αδιαμφισβήτητα σε ένα υψηλότερο επίπεδο, αν συγκρίνουμε τις τεχνικές και τα υλικά ύφανσης που χρησιμοποιούνταν μερικούς αιώνες ή ακόμη και χιλιετίες πριν. Σήμερα, η βιομηχανοποιημένη κοινωνία μας χρησιμοποιεί τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για ένα ευρύ φάσμα σκοπών εκτός από την κατασκευή ενδυμάτων. Εδώ και αιώνες, οι υφαντικές ίνες των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που συμπλήρωναν τον κύκλο ζωής τους, επαναχρησιμοποιούνταν σε νέα υφαντικά προϊόντα. Αυτή η πρακτική αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο ανακύκλωσης ορισμένων προϊόντων.

Η φυσική παραγωγή υφαντουργικών ινών ήταν και θα παραμείνει περιορισμένη, ενώ οι άνθρωποι προσπαθούν ανέκαθεν να ελέγξουν την κατανάλωσή τους. Αυτό συνέβαινε ειδικά στις εποχές πριν την εκβιομηχάνιση του κλάδου. Μια από τις πρώτες διεργασίες ανακύκλωσης υφαντουργικών ινών που παρατηρήθηκαν, ήταν η διάθεση σκισμένων υφασμάτων για την παραγωγή χαρτιού. Από το 105 μ.Χ., οι

Κινέζοι ήταν σε θέση να μετατρέπουν κουρέλια σε χαρτί. Τον 15 και τους 16ο αιώνες, είχαν εδραιωθεί πλέον κοινές πρακτικές ανακύκλωσης των υφαντουργικών ινών. Σε περιόδους έλλειψης πρώτων υλών υφαντικών ινών, η ανακύκλωση ήταν η μόνη διαθέσιμη λύση. Τα υφαντουργικά απορρίμματα θεωρούνταν από τότε ως μια πολύτιμη πηγή ακατέργαστων υλικών. Όμως, μιας και η διαθεσιμότητα σε χρησιμοποιημένες ίνες ήταν περιορισμένη, λόγω του ότι οι εφαρμογές και η κατανάλωση ήταν περιορισμένες, δεν είχε αναπτυχθεί το ενδιαφέρον για τον σχεδιασμό κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που θα ήταν εύκολο να ανακυκλωθούν. Όσο και αν έχουν περάσει τα χρόνια, ακόμη συνεχίζουν να σχεδιάζονται προϊόντα χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα ανακύκλωσής τους.

Μολονότι η σύγχρονη κοινωνία μας τείνει να ξεφορτώνεται τα προϊόντα μετά το τέλος της χρηστικής τους αξίας μαζί με όλα τα άλλα οικιακά απορρίμματα, η ανακύκλωση παραμένει μια αναγκαιότητα. Οι τρόποι ανακύκλωσης των υφαντουργικών προϊόντων πρέπει να αναπτυχθούν, παράλληλα με την τεχνική πρόοδο που θα σημειώσει η βιομηχανία κλωστοϋφαντουργίας, στην προσπάθειά της να καλύψει την αυξανόμενη ζήτηση. Οι φυσικοί πόροι είναι περιορισμένοι για την παράγωγή νέων συνθετικών ινών, ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται συνεχώς και είναι σαφές ότι η υφαντουργική ανακύκλωση πρέπει να μείνει στο προσκήνιο.

6.2 Η ευθύνη των κατασκευαστών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Οι κατασκευαστές υφαντουργικών προϊόντων φέρουν ευθύνη για τα προϊόντα που διατίθενται στις αγορές, και για το αν έπειτα μπορούν να ενταχθούν σε μια ανακυκλωτική διαδικασία. Βέβαια η υπάρχουσα νομοθεσία για την ανακύκλωση, με την οποία θα πρέπει να είναι σύμφωνοι οι κατασκευαστές, διαφέρει από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα στην Γερμανία υπάρχει διάταξη νόμου που ορίζει την ανάλυση του κύκλου ζωής των υλικών (life cycle assessment) από το 1996, ενώ το ίδιο ορίζεται και για ανάλυση του κύκλου ζωής των αυτοκινήτων από το 2002. Βάσει αυτών των νόμων αποδίδεται ιδιαίτερη σημασία στα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται ένα προϊόν, δεσμεύοντας τους παραγωγούς στο να στραφούν σε φιλικές προς το περιβάλλον πρώτες ύλες. Σε παγκόσμια κλίμακα, μπορούμε να

διακρίνουμε ότι άλλες κυβερνήσεις δίνουν λιγότερο ή περισσότερο έμφαση σε τέτοιους νομικούς κανονισμούς. Οι υψηλά αναπτυγμένες χώρες θα πρέπει να έχουν την πρωτοπορία σε τέτοια θέματα. Τι θα πρέπει να κάνουν λοιπόν οι κατασκευαστές για να διαθέτουν στις αγορές περιβαλλοντικά υπεύθυνα προϊόντα; Συγκεκριμένα για την κλωστοϋφαντουργική βιομηχανία οι κατασκευαστές,

- θα πρέπει να εξελίξουν και να κατασκευάζουν υφαντουργικά προϊόντα που, στο τέλος της ζωής, θα μπορούν να ανακυκλωθούν ή θα μπορούν να διατεθούν σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων με ένα φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο
- θα πρέπει να έχουν λάβει υπόψη τους την κείμενη νομοθεσία
- θα πρέπει να προσπαθούν όσο το δυνατόν, να χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη, επαναχρησιμοποιημένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και απορρίμματα
- και τέλος μετά τον κύκλο ζωής του προϊόντος, ο καταναλωτής να έχει την δυνατότητα να το επιστέψει στον αρχικό κατασκευαστή.

6.3 Η επικρατούσα κατάσταση στην Γερμανία

Οι σχεδιαστές προϊόντων φέρουν την ευθύνη για την κατασκευή προϊόντων, που θα ελαχιστοποιούν τα τελικά απορρίμματα. Αυτό είναι κάτι το οποίο εφαρμόζεται εδώ και πολύ καιρό από τους Γερμανούς κατασκευαστές υφαντουργικών προϊόντων. Τόσο στην βιομηχανία ιματισμού, όσο και στις επιχειρήσεις επεξεργασίας και φινιρίσματος κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, τα απορρίμματα που προκύπτουν από την παραγωγή είναι προκαθορισμένα και πολλά από αυτά είναι κατάλληλα για να επαναχρησιμοποιηθούν. Άλλες γερμανικές επιχειρήσεις μεσαίου μεγέθους διαθέτουν συστήματα υψηλής απόδοσης που μπορούν να λαμβάνουν, να ταξινομούν και να επαναχρησιμοποιούν κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που προέρχονται από οικιακή χρήση. Ένας συμβατικός τρόπος για να επαναχρησιμοποιηθούν οι ίνες από τα απορρίμματα υφαντουργικών προϊόντων, είναι η κατασκευή νέων ινών που δεν προορίζονται για ύφανση. Μηχανήματα τελευταίας τεχνολογίας μπορούν να επεξεργάζονται τα χρησιμοποιημένα είδη ιματισμού και να τα μετατρέπουν σε αξιοποιήσιμες μορφές υφασμάτων, αφαιρώντας με αυτοματοποιήσεις τα μη

υφαντουργικά στοιχεία (π.χ. κουμπιά, φερμουάρ κ.τ.λ.). Και ενώ ο εξοπλισμός θα συνεχίσει να εξελίσσεται, ήδη υπάρχουν οι βασικές προϋποθέσεις για την αξιοποίηση μεταχειρισμένων ινών [2].

6.4 Τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Όσον αφορά τα βιομηχανικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, που συμπληρώνουν τον κύκλο ζωής τους, συμπεριλαμβανομένων κυρίως των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, τα συστήματα ανακύκλωσης που έχουν αναπτυχθεί, δεν είναι γενικά ακόμα ικανοποιητικά. Ένας από τους λόγους είναι ότι υπάρχουν ελάχιστοι τομείς στους οποίους μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Εντούτοις, εάν είχαν σχεδιαστεί με τρόπο τέτοιο ώστε να ανακυκλωθούν εύκολα, τότε θα μιλάγαμε για μεγαλύτερα ποσοστά αξιοποίησης. Οι κύριοι τομείς τελικής χρήσης των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων περιλαμβάνουν την:

- Ειδική προστασία
- Χημική προστασία
- Πυρανθεκτικότητα και προστασία από φωτιά/φλόγα
- Ανθεκτικότητα σε σκισίματα
- Προστασία σε εξωτερικούς χώρους

Τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα χαρακτηρίζονται από:

- μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση (4 % μεγαλύτερη από την ζήτηση για ιματισμό)
- εφαρμογή σε νέους τομείς, νέα προϊόντα και νέους πελάτες
- σύνθετα υλικά: συνδυασμοί με μη υφαντουργικά προϊόντα για να ενισχυθεί η λειτουργικότητά τους (εσωτερική επένδυση οχημάτων, μονωτικά υλικά)
- ρυπαντικούς παράγοντες, οι οποίοι οφείλονται κατά τη διάρκεια της ζωής τους από μη υφαντουργικά συστατικά. (π.χ. φίλτρα, υλικά συσκευασίας κ.α.).

Τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, σύμφωνα με τις ιδιαίτερες χρήσεις που προορίζονται, θα πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να καθίστανται ανακυκλώσιμα. Τα ακόλουθα βήματα θα ήταν απαραίτητα προς αυτή την κατεύθυνση:

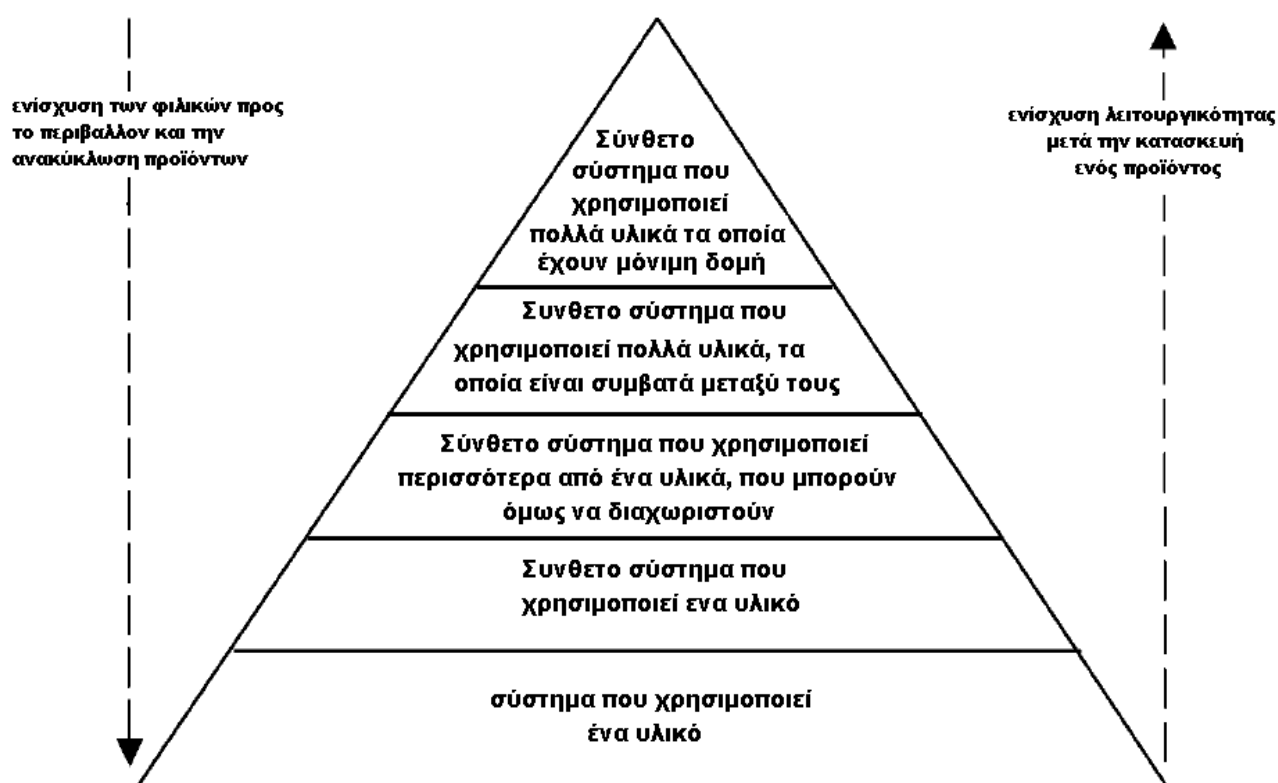
- Προκαταβολική συνεργασία των κατασκευαστών με άλλες βιομηχανικές επιχειρήσεις που συμμετέχουν στην κατασκευή των τεχνικών προϊόντων, και προ πάντων συνεργασία με τους τελικούς αγοραστές.
- Ανάπτυξη στρατηγικών για την επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων ή την ασφαλή τους απόρριψη.
- Ύπαρξη σχεδίου, το οποίο θα λαμβάνει υπόψη το πώς ένα προϊόν, που θα ανακυκλωθεί, μπορεί να επαναπωληθεί. [2,16,17,]

6.5 Βασικές μέθοδοι για τον σχεδιασμό

Μια μεγάλη πρόκληση που προκύπτει κατά τον σχεδιασμό των προϊόντων είναι τα ίδια τα προϊόντα να μπορούν να χαρακτηριστούν φιλικά προς το περιβάλλον. Τα απορρίμματα θα πρέπει να αποφεύγονται και κατά την παραγωγική διαδικασία αλλά και κατά την διάθεση τους μετά την χρήση τους, από τους καταναλωτές προϊόντων. Επιπλέον επιλεγόμενα υποκατάστατα υλικά και ουσίες που χρησιμοποιούνται θα πρέπει, στο τέλος του κύκλου ζωής των προϊόντων, να μπορούν να ενταχθούν στην ανακυκλωτική διαδικασία. Αυτό ισχύει για την παραγωγή συμβατικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ιδιαίτερα, για τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.

Γενικά, ο σχεδιαστής είναι εκείνος που αποφασίζει σχετικά με τη δομή ενός προϊόντος και ποια είναι τα καλύτερα υλικά για την κατασκευή του. Φυσικά, θα πρέπει να λάβει υπόψη και τον προϋπολογισμό κατασκευής. Η λειτουργικότητα του προϊόντος επιτυγχάνεται πάλι βάσει του συνδυασμού των υλικών που θα επιλεχθούν. Τα κατάλληλα υλικά για την κατασκευή των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων μπορούν να είναι υφαντουργικές ίνες αλλά και μη υφαντουργικά υλικά, όπως αφροί, φιλμ, και τα πλαστικά υλικά. Τα υφαντουργικά υλικά, ανάλογα με τη

διαδικασία παραγωγής που θα επιλεγεί, μπορούν να χάσουν μερικώς ή εξ ολοκλήρου ορισμένες από τις ιδιότητές τους. Τα υλικά που επιλέγονται καθορίζουν με την σειρά τους την παραγωγική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί, ενώ καθορίζουν συγχρόνως και τον τρόπο με τον οποίο θα ανακυκλωθεί το προϊόν. Τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πληθώρα συστημάτων. Το Σχήμα 20, φανερώνει τις αρχές των συστημάτων των υλικών. Αποτυπώνει δηλαδή πως τα διαθέσιμα υλικά βάσει των ιδιοτήτων τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή πλήρως λειτουργικών αλλά και συνάμα εύκολα ανακυκλώσιμων προϊόντων.



Σχήμα 20 : Αρχές συστημάτων των υλικών για το σχεδιασμό προϊόντων

Τα προϊόντα τα οποία κατασκευάζονται από μόνο ένα υλικό αποτελούν φιλική προς το περιβάλλον λύση ενώ διευκολύνουν και την διαδικασία της ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης. Σε αυτά τα προϊόντα δεν απαραίτητο να διασπάσουμε την δομή τους, για να τα εντάξουμε στην διαδικασία της ανακύκλωσης. Βέβαια το να προτιμάμε την κατασκευή προϊόντων από ένα μόνο υλικό πολλές φορές υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί:

- όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες εξειδικευμένων υλικών
- όταν το χρησιμοποιούμενο υλικό είναι ακριβό,
- όταν για την επίτευξη της λειτουργικότητας του προϊόντος απαιτείται η χρήση πολλών στρωμάτων από το ίδιο υλικό (πολυστρωματικά σύνθετα προϊόντα φτιαγμένα από ένα υλικό) [2].

Οι συνδυασμοί διαφορετικών ειδών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που γίνονται από το ίδιο πολυμερές σώμα (π.χ. υλικό ινών PP ή φιλμ PP ή επίστρωση) αποτελούν τα σύνθετα συστήματα που χρησιμοποιούν ένα υλικό, Μιας και σε αυτά τα συστήματα χρησιμοποιείται ένα μόνο υλικό, θεωρούνται ότι διευκολύνουν την ανακύκλωση. Αν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος δεν μπορούν να επιτευχθούν από την χρήση ενός μόνο υλικού, τότε στο προϊόν που θα κατασκευαστεί, θα πρέπει να εισάγουμε και άλλα υλικά, οδηγούμεστε συνεπώς σε ένα σύνθετο σύστημα που χρησιμοποιεί περισσότερα από ένα υλικά, τα οποία όμως μπορούν να διαχωριστούν. Τα συστήματα τα οποία περιέχουν εύκολα διαχωρίσιμα υλικά πρέπει να αποσυντεθούν πριν από την ανακύκλωση, διαδικασία η οποία μπορεί να γίνει είτε με το χέρι είτε από μηχανήματα. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα στα μη κλωστοϋφαντουργικά λειτουργικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε ένα υφαντουργικό προϊόν (π.χ. μεταλλικό φερμουάρ), και στα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.

Διαδικασίες όπως η χρήση κόλλας, το ράψιμο και η ελασματοποίηση είναι αποτέλεσμα δημιουργίας σύνθετων, τα οποία δεν μπορούν να διαχωριστούν. Όσον αφορά την πλήρη επαναχρησιμοποίηση τέτοιων υλικών, θα πρέπει να οδηγούνται όλα μαζί στην ανακυκλωτική διαδικασία, για να επιτυγχάνεται ενιαία επεξεργασία. Πλέον ο τρόπος επεξεργασίας και ανακύκλωσης, αποκτά μεγάλη σημασία, αφού το δευτερογενές ακατέργαστο υλικό μπορεί να εισαχθεί σε αγορές. Διάφορες χρησιμοποιημένες υφαντουργικές ίνες σε ανάμειξη, είναι ένα ακόμη παράδειγμα για το πώς μπορούν τα σύνθετα συστήματα που αποτελούνται από περισσότερα του ενός υλικά, να χρησιμοποιηθούν. Η συμπίεση, κλωστοϋφαντουργικών ινών, όπως πραγματοποιείται και στην ανακύκλωση των πλαστικών υλικών, είναι μια άλλη οδός χρήσης. Το συσσωμάτωμα βέβαια διαφόρων ινών που προκύπτει, αντιμετωπίζει αρκετά προβλήματα όσον αφορά την διάθεση και πώληση σε αγορές.

Εάν σε ένα σύνθετο σύστημα, χρησιμοποιούνται πολλά υλικά τα οποία δεν μπορούν να διαχωριστούν, τότε μπορούμε να τα εκμεταλλευτούμε σαν εναλλακτικά καύσιμα ή σαν ακατέργαστα υλικά. Από όλα αυτά προκύπτει ότι, τα υφαντουργικά προϊόντα τα οποία σχεδιάζονται για να ανακυκλώνονται εύκολα, θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από την δυνατότητα αποσύνθεσης στα αρχικά τους υλικά κατασκευής και στην δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους ή ασφαλούς διάθεσής τους [2.,27]

6.6 Παραδείγματα σχεδίασης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, τα οποία είναι εύκολο να ανακυκλωθούν.

Διάφορες επιλογές πιθανών οδών, παρουσιάζονται για τον σχεδιασμό κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Αυτές εξαρτώνται από την τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας που επικρατεί ενώ οι σχεδιαστές στρέφονται στα προϊόντα που είναι εύκολο και χρήσιμα να ανακυκλωθούν. Ο σχεδιασμός των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αποκτά όλο και περισσότερη σημασία τα τελευταία χρόνια, με σκοπό την εκμετάλλευσή και ανακύκλωσή τους αφού χρησιμοποιηθούν από τον καταναλωτή. Για την σωστή διαδικασία της ανακυκλωτικής διαδικασίας θα πρέπει να υπάρχει συνεργασία όσων δραστηριοποιούνται στις οριζόντιες και κάθετες αλυσίδες παραγωγής και διανομής προϊόντων.

Αυτό σημαίνει την παράλληλη δημιουργία νέων επιχειρήσεων οι οποίες θα είναι υπεύθυνες για την αποκομιδή των απορριμμάτων κατά το τέλος της ζωής των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [2].

6.6.1 Ο σχεδιασμός των απλών πολυμερών.

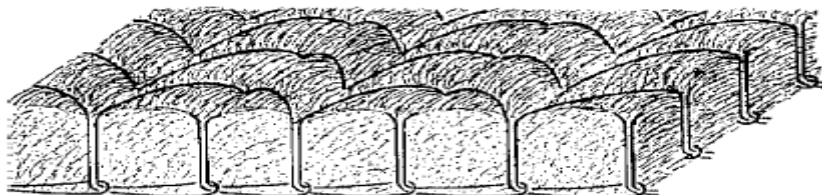
Πολλά προϊόντα από τα συνθετικά πολυμερή, όπως οι πολυεστέρες, τα πολυαμίδια, ή οι πολυολεφίνες (πχ. πολυπροπυλένιο), μπορούν να ανακυκλωθούν με επανεπεξεργασία τρόπο έτσι ώστε το κάθε ένα να διατηρήσει την χημική δομή, ή εναλλακτικά να υποστούν μια ανασυγκρότηση της δομής τους. Με αυτό τον

αποτελεσματικό τρόπο μπορούμε να ανακυκλώνουμε πρώτες ύλες και πολυμερή όλων των συστατικών τα οποία μπορούν να συνιστούν ένα σύνθετο (composite).

Ένα γνωστό παράδειγμα διαδικασίας για την ανακύκλωση ενός απλού πολυμερούς είναι η κατασκευή πολυεστερικών ινών από μπουκάλια συσκευασίας ποτών που είναι φτιαγμένα από πολυεστέρα, πολυ(τερεφθαλικό αιθυλεστέρα) (PET). Με αυτή την διαδικασία προκύπτει ένας κύκλος ανατροφοδότησης υλικών για την παραγωγή νέων προϊόντων. Εκτός από τα μη υφαντά μηχανικά πλεγμένα πολυεστερικά προϊόντα (spunbond), τα περισσότερα μη υφαντά γεωυφάσματα είναι ενιαία συστήματα απλών πολυμερών. Η κατασκευή τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και η κατασκευή ενιαίων συστημάτων απλών πολυμερών ακολουθεί τις αρχές συστημάτων των υλικών για το σχεδιασμό προϊόντων που απεικονίζονται στο σχήμα 16. Ένα ακόμη υλικό από το οποίο μπορεί να προκύψει κυκλική διαδικασία ανατροφοδότησης υλικών για την παραγωγή νέων προϊόντων, είναι το καραβόπανο. Μια Γερμανική εταιρία στηρίχτηκε στην ανακύκλωση καραβόπανου, για να κατασκευάσει κουκούλες προστασίας αυτοκινήτων, οι οποίες χρησιμοποιούνταν από βιομηχανίες αυτοκινήτων [2,27].

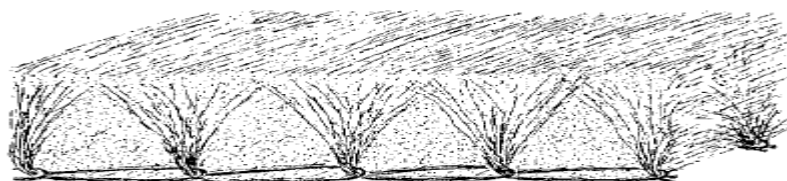
Οι προηγούμενες κατασκευές κουκούλων προστασίας χρησιμοποιούσαν ένα υφασμένο πολυεστερικό ύφασμα επενδυμένο με πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC). Τα σκοινιά και τα υπόλοιπα περιφερειακά εξαρτήματα πρόσδεσης της κουκούλας στα οχήματα κατασκευάζονταν από πολυαμίδιο. Με την παράλληλη προώθηση άλλων οικολογικών προϊόντων, οι κουκούλες προστασίας άρχισαν να κατασκευάζονται από άλλα υλικά αντί του μείγματος των υλικών που προαναφέρθηκε. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ένα ανακυκλώσιμο υλικό κατασκευασμένο από 100% πολυολεφίνη. Οι οικολογικές κουκούλες προστασίας μπορούν να ανακυκλωθούν εύκολα μιας και κατασκευάζονται από ένα τύπο υλικού ο οποίος πλέκεται (*Maliwatt*, κατασκευασμένο από 100% ίνες πολυπροπυλενίου) (σχήμα 21), μια επίστρωση πολυολεφίνης, ενώ τα λοιπά περιφερειακά στοιχεία αποτελούνται από πολυπροπυλένιο. Η δυνατότητα χρησιμοποίησής των συγκεκριμένων κουκούλων προστασίας εφαρμόστηκε σε περίπου 2000 οχήματα κατά τα πρώτα στάδια παραγωγής. Επίσης τα καραβόπανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετές φορές, διαμορφώνοντας έναν κύκλο ανατροφοδότησης υλικών, με την προϋπόθεση ότι μετά την χρήση τους επιστρέφονται στον κατασκευαστή για την παραγωγή νέων

προϊόντων. Τα επιστρεφόμενα καραβόπανα αφού καθαριστούν, κοπούν και συμπιεστούν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συσσωματώματα για επίστρωση, στην κατασκευή ενισχυμένων καραβόπανων. Ενώ τα επιστρεφόμενα καραβόπανα μπορούν μέσω της ανακύκλωσης να καλύψουν, μέχρι το 15% της συνολικής ζήτησης των αγορών.

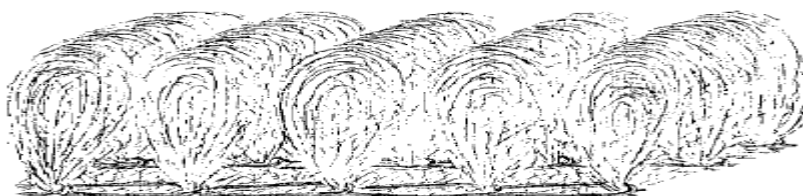


Σχήμα 21 : Δομή μη υφασμένου τύπου Maliwatt, (κατασκευασμένο από 100% περιπλεγμένες ίνες πολυπροπυλενίου)

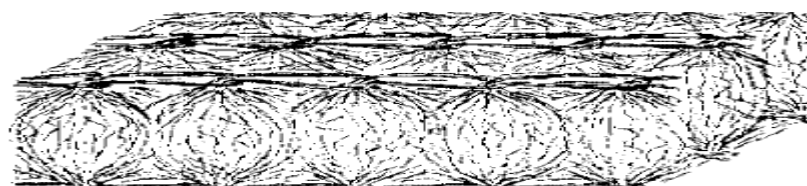
Άλλα παραδείγματα σχεδιασμού που σκοπεύουν στην κατασκευή προϊόντων που ανακυκλώνονται εύκολα, είναι τα καθίσματα μηχανοκίνητων οχημάτων. Τα παραδείγματα υλικών που παράγονται είναι μη υφασμένα υλικά και δημιουργούνται από μια πλέξη διαφόρων υλικών. Τύποι των δομών αυτών των μη υφασμένων προϊόντων είναι οι ακόλουθοι : Malivlies, Kunit και Multiknit που φαίνονται στο σχήμα22.



Τύπος Malivlies



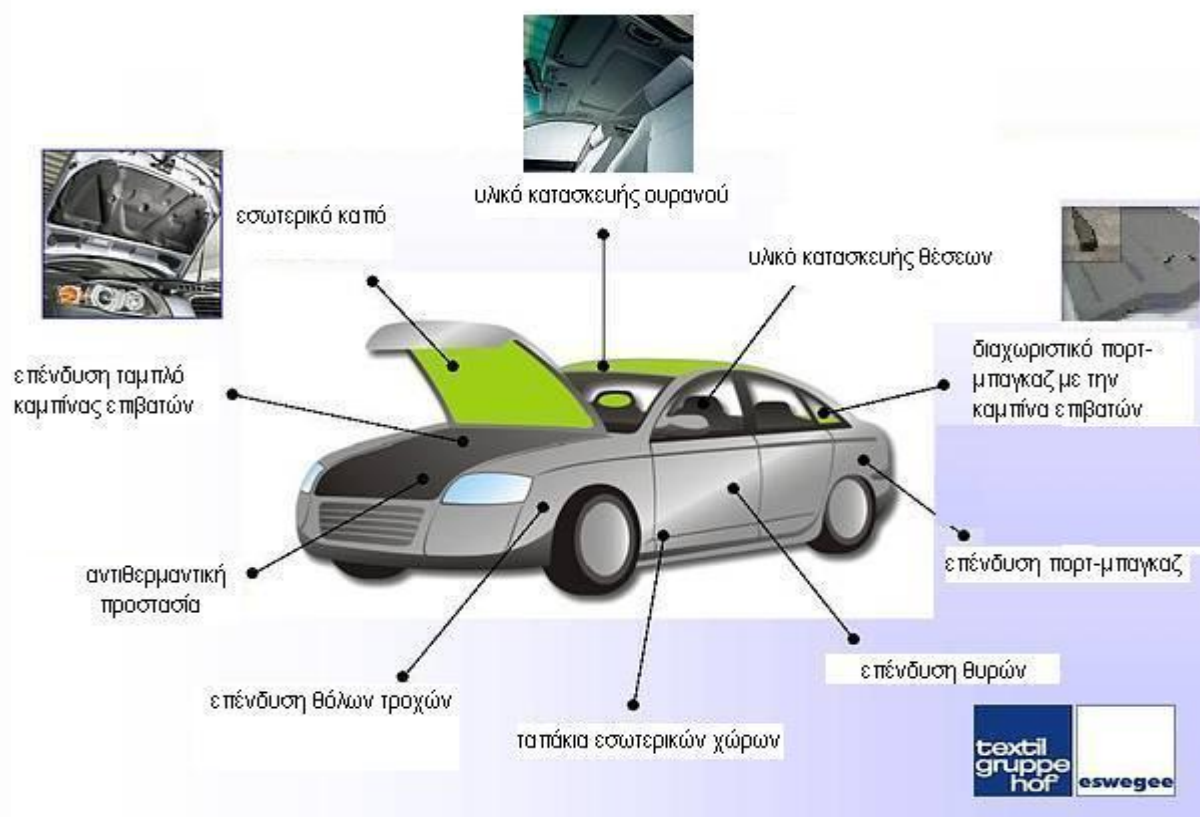
Τύπος Kunit



Τύπος Multiknit

Σχήμα 22 : Τύποι μη υφασμένων (non woven) υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καθισμάτων σε οχήματα.

Τέτοιοι τύποι υλικών χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετά χρόνια σε διάφορα σημεία του εσωτερικού εξοπλισμού των οχημάτων (σχήμα 23), ενώ νέοι τύποι παρόμοιων υλικών συνεχώς εξελίσσονται και αναμένεται να εφαρμοστούν στο μέλλον. Σαν παράδειγμα εφαρμογής τα εν λόγω υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα των λεπτών στρώσεων αφρού πολουρεθάνης (PUR), κυρίως στα καθίσματα αλλά και σε άλλους τομείς κατασκευής ανταλλακτικών τα οποία πρέπει να είναι μαλακά στην αφή (π.χ. ταμπλό αυτοκινήτου). Τα συμβατικά υλικά καθισμάτων που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα συνθέτων, τα οποία δεν μπορούν να διαχωριστούν και να ανακυκλωθούν ξεχωριστά. Αυτό το είδος των συνθέτων, τα οποία κατασκευάζονται με τη βοήθεια της θερμικής ελασματοποίησης αποτελούνται από ένα διακοσμητικό υλικό εξωτερικής επένδυσης, εσωτερικά έχουν αφρό πολουρεθάνης (PUR) και ένα λεπτό υφαντικό κατώτατο στρώμα. Όλα αυτά πρέπει να αντικατασταθούν από, μια δομή που θα διαχωρίζεται εύκολα και θα ανακυκλώνεται πλήρως. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα σύνθετο σύστημα υλικών τα οποία θα ταιριάζουν περισσότερο μεταξύ τους.



Σχήμα 23 : Βιομηχανικές εφαρμογές μη-υφασμένων υλικών στον τομέα της αυτοκίνησης

Για τον λόγο αυτό, οι βιομηχανίες κατασκευής μηχανημάτων έχουν αναπτύξει την διαδικασία Caliweb, στην οποία χρησιμοποιείται μη υφασμένο τύπου Multiknit (σχήμα 18) αντί του αφρού και το πάχος αυτού του στρώματος ποικίλει από 3 mm έως 8 mm. Οι ίνες στον εν λόγω σχηματισμό είναι ενσωματωμένες σε δύο παγιδευμένες επιφάνειες. Αυτή η δομή είναι τόσο καλή όσο και ο αντικατεστημένος αφρός. Διακοσμητικά στοιχεία μπορούν να προστεθούν στον σχηματισμό, μέσω θερμοευαίσθητης συγκόλλησης. Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας χρησιμοποιούνται εγκαταστάσεις ελασματοποίησης, τύπου flat-bed. Οι τύποι μη υφασμένων υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καθισμάτων, συγκρινόμενοι με τα σύνθετα που είναι βασισμένα στον αφρό της πολυουρεθάνης (PUR), εμφανίζουν βελτιωμένα στοιχεία όσον αφορά την διαπερατότητα του αέρα και την αποφυγή συγκράτησης υγρασίας. Συνεπώς δημιουργούνται ποιοτικότερα και πιο άνετα καθίσματα.

Στοχεύοντας στην κατασκευή προϊόντων που ανακυκλώνονται εύκολα και τηρώντας τις ευρωπαϊκές οδηγίες για τα οχήματα που φτάνουν στο τέλος της χρήσης τους, μπορούμε να έχουμε ολοκληρωμένες πολιτικές για τον σχεδιασμό προϊόντων. Το σύστημα που περιγράφηκε ανωτέρω επιτρέπει την παραγωγή σύνθετων που χρησιμοποιούν είτε ένα είτε περισσότερα υλικά, ή ακόμη και την κατασκευή απλών πολυμερών. Με όλες αυτές τις πρακτικές μπορούν να κατασκευαστούν αξιοποιήσιμες ίνες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς περιορισμούς. Οι αξιοποιήσιμες ίνες μπορούν να έχουν μήκη μεταξύ 23 mm και 29 mm, έτσι ώστε να είναι κατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση. Οι αξιοποιήσιμες ίνες που περιλαμβάνονται στον τύπο μη υφασμένων υλικών Multiknit ανέρχονται περίπου στο 20% και μπορούν να ανακτηθούν μέσω της ανακύκλωσης [2,29,30].

6.6.2 Υλικά τα οποία διαχωρίζονται εύκολα

Πολλά προϊόντα καθημερινής χρήσης, όπως για παράδειγμα τα έπιπλα οικιακής χρήσης και η εσωτερική επένδυση των οχημάτων περιέχουν κλωστοϋφαντουργικά και μη-υφαντικά στοιχεία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τέτοια σύνθετα συστήματα αποτελούμενα από πολλά υλικά μπορούν να χωριστούν εύκολα και ως εκ τούτου να

προκύψουν οικονομικά οφέλη από την επαναχρησιμοποίησή τους. Τα υλικά, εντούτοις, τα οποία διαχωρίζονται θα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε καλή κατάσταση.

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ειδών επίπλωσης σπιτιού είναι πολυάριθμα. Συνήθως τέτοια προϊόντα κατασκευάζονται από πλαστικά υλικά, ξύλο, αφρό πολυουρεθάνης (PUR), μέταλλο, και κλωστοϋφαντουργικά στοιχεία. Αν διαχωριστεί κάθε ένα από όλα αυτά τα υλικά τότε είναι πλήρως επαναχρησιμοποιήσιμα.

Τα συστατικά των πλαστικών υλικών κόβονται, συμπιέζονται και μετατρέπονται πάλι σε πλαστικά προϊόντα, κυρίως με τη διαδικασία έγχυσης (injection moulding process). Αυτή η διαδικασία είναι επίσης χρήσιμη και για τα υλικά γεμίσματος μαξιλαριών, των οποίων ο σχεδιασμός τους δεν τα καθιστά αξιοποιήσιμα, μιας και οι ίνες που περιέχουν δεν είναι αρκετά μακριές ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ύφανση. Στην περίπτωση βέβαια που τα υλικά γεμίσματος, αποτελούνται από συνθετικές ίνες τότε κάποιος μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτά τα υλικά σε υψηλό βαθμό.

Το ξύλο σαν υλικό απαντάται πολύ συχνά στον τομέα της επιπλοπαραγωγής. Η ανακύκλωση των ξύλινων τμημάτων με τη βοήθεια διαχωρισμού σε ίνες και την μετέπειτα συμπίεσή τους σε σανίδες μπορεί να αυξηθεί σημαντικά. Το ξύλο είναι ένα πολύτιμο υλικό και ειδικά αν είναι σε καλή κατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Εκτός από τα ξύλινα τμήματα που απαρτίζονται τα έπιπλα, χρησιμοποιούνται και διάφορες συνθετικές ρητίνες, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως στοιχείο του σκελετού του επίπλου. Η καύση αυτών των ρητινών, είναι ίσως ο πιο οικονομικά αποδοτικός τρόπος εκμετάλλευσής τους.

Ο αφρός πολυουρεθάνης που χρησιμοποιείται ως κύριο υλικό στην κατασκευή επίπλων μπορεί να τεμαχιστεί σε μικρότερα στελέχη-μόρια και να χρησιμοποιηθεί με ποικίλους τρόπους:

- γεμίζοντας μαξιλάρια, ή ακόμη μπορεί να αποτελέσει συστατικό προστασίας κατά την συσκευασία προϊόντων,

- κατασκευάζοντας ένα άλλο σώμα, αποτελούμενο από παλιά στελέχη πολυουρεθάνης τα οποία θα συνδέονται με νέο αφρό,
- συνδυάζοντας στελέχη του αφρού με ανακυκλωμένες ίνες και ειδικότερα θερμοευαίσθητες συνδεδεμένες ίνες, μπορούμε να κατασκευάσουμε χαλιά, ή ακόμη υλικά ηχοπροστασίας (μέσω θερμικής σταθεροποίησης) για την καμπίνα των επιβατών των αυτοκινήτων,

Στα έπιπλα χρησιμοποιούνται μη υφασμένες ίνες, οι οποίες συνδέονται με διάφορους τρόπους. Αυτές οι ίνες χρησιμοποιούνται και στην κατασκευή ταπετσαριών ή καλυμμάτων των επίπλων. Οι μη υφασμένες ίνες χρησιμοποιούνται και σε σημεία των επίπλων υποεπιφανειακά. Συνήθως οι περισσότερες μη ορατές ίνες είναι στην ουσία φτιαγμένες από άλλες ίνες που αξιοποιήθηκαν. Ωστόσο αυτές οι ίνες συγκεντρώνουν ελάχιστο ενδιαφέρον όσον αφορά την ανακύκλωση. Από την άλλη, ογκώδη μη υφασμένα στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως καλύμματα των επίπλων εστιάζουν το ενδιαφέρον για ανακύκλωση.

Γενικά, αυτά κατασκευάζονται από τις λευκές αρχικές ίνες, και μετατρέπονται σε αξιοποιήσιμες ίνες. Αυτά τα υλικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για να δημιουργήσουμε εκ νέου νέα μη υφασμένα προϊόντα.

Πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί, διάφορα ερευνητικά προγράμματα για τον διαχωρισμό των υλικών των σύνθετων, με σκοπό την δημιουργία υφασμάτων, κατάλληλα για έπιπλα. Αυτά τα προγράμματα στοχεύουν στην παραγωγή υφασμάτων με το ελάχιστο κόστος. Τα σύνθετα που παράγονται για τη βιομηχανία επίπλων, έχουν ως χαρακτηριστικό γνώρισμά την μεγάλη τους αντοχή στο χρόνο, χωρίς να χαλάει η ποιότητά τους. Η αντίσταση που παρουσιάζουν απέναντι στον παράγοντα φθορά οφείλεται κυρίως στην δομή τους. Επιπλέον κατασκευάζονται σύνθετα, τα οποία κάνουν πιο λειτουργική την καθημερινή ζωή των καταναλωτών, (όπως ο τύπος Velcro).

Με την ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων επίπλωσης επιτυγχάνεται και η δημιουργία νέων υφασμάτων τα οποία φέρουν διάφορα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα θερμοπροστασίας. Η διαδικασία για την κατασκευή θερμοπροστατευτικών υφασμάτων είναι απλή. Αρχικά διαχωρίζονται οι υφαντικές

ίνες από ένα ύφασμα που έχει χαμηλό σημείο τήξης. Για τον διαχωρισμό των ινών χρησιμοποιείται μια ειδική οδοντωτή βελόνα. Μόλις γίνει ο διαχωρισμός των ινών μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε σε ένα άλλο έτοιμο ύφασμα. Στο δεύτερο έτοιμο ύφασμα μπορούμε να πλέξουμε με αραιό σχηματισμό τις αρχικά διαχωρισμένες ίνες. Το αποτέλεσμα της πλέξης των ινών είναι η απόκτηση θερμοανθεκτικής συμπεριφοράς του δευτέρου υφάσματος. Ανάλογα με το πόσο αραιή ή πυκνή είναι η πλέξη μπορούμε να προσδώσουμε μειωμένη ή αυξημένη θερμοανθεκτική συμπεριφορά στο δεύτερο ύφασμα. Ένας τέτοιος τύπος υφάσματος που περιέχει και τα δυο είδη ινών, είναι εύκολο να ανακυκλωθεί, λόγω των διαφορετικών θερμικών ιδιοτήτων των δυο ινών [2,32, 33].

6.6.3 Παραγωγή προϊόντων απαλλαγμένη από απορρίμματα, βασιζόμενη στην ανάπτυξη κύκλων για τα υλικά.

Όλοι οι παραγωγοί θα πρέπει να προσπαθήσουν να επιτύχουν, η παραγωγική διαδικασία τους να μην παράγει απορρίμματα. Σε πολλές βιομηχανίες, όπως η μεταλλουργία ή η παραγωγή πλαστικών υλικών, αυτό είναι σχετικά εύκολο, και ήδη εφαρμόζεται. Όσον αφορά την κατασκευή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων υπάρχουν ποικίλες λύσεις για την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων. Η πιο γνωστή είναι η παραγωγή αξιοποιήσιμων ινών από απορρίμματα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, όπου επαναχρησιμοποιούνται για την παραγωγή νέων υφαντουργικών και μη, προϊόντων.

Μια δυσκολότερη πρόκληση αποτελεί η κατασκευή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, τα οποία συνδυάζονται και με άλλους τύπους κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων ή μη-υφαντικών υλικών προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις για λειτουργικότητα. Και σε αυτή την περίπτωση, το σχέδιο της παραγωγικής διαδικασίας θα πρέπει να κινείται με γνώμονα την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων ή την επαναχρησιμοποίησή τους. Ο τομέας των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, είναι ένα παράδειγμα παραγωγικής διαδικασίας, ο οποίος αντιμετωπίζει περίπλοκα θέματα για την ανακύκλωση. Πιο συγκεκριμένα τέτοια κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα χρησιμοποιούνται στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Η παραγωγή ανάλογων προϊόντων είναι υψηλή, ενώ και τα

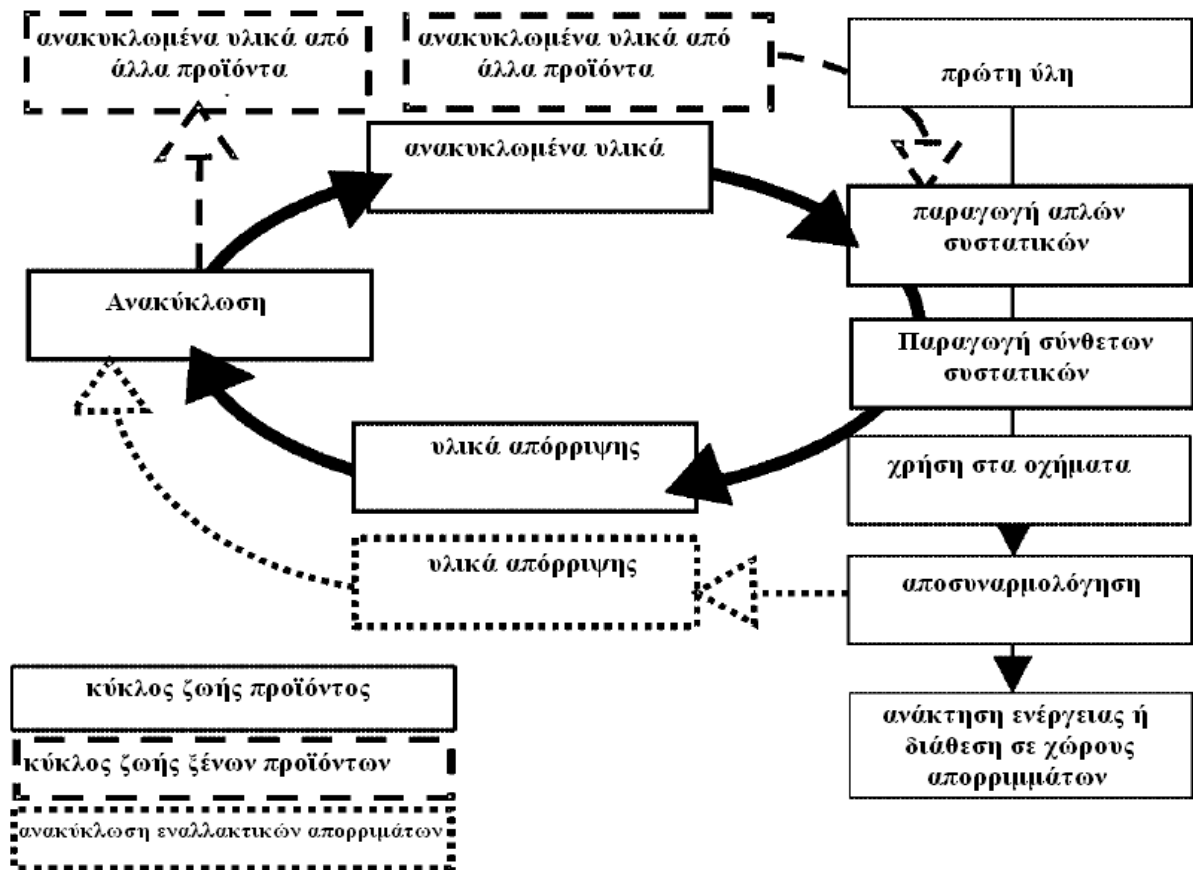
μελλοντικά ποσοστά κρίνονται αυξητικά. Οι παραγωγοί λοιπόν στοχεύουν σε χαμηλού κόστους διαδικασίες παραγωγής με την ελάχιστη κατανάλωση πρώτων υλών. Στα οχήματα, η χρήση των υφαντικών συστατικών χρησιμοποιείται για μια σειρά εφαρμογών επένδυσης του εσωτερικού, ενώ κατασκευάζονται και εξαρτήματα με εξειδικευμένες λειτουργίες.

Η οδηγία της ΕΕ καθορίζει το ποσοστό που θα πρέπει να ανακυκλώνεται από τα οχήματα που φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους, υποκινώντας κατά συνέπεια την οικονομική χρήση των πόρων. Σε αντίθεση με τα μεταλλικά και πλαστικά υλικά, τα υφαντουργικά συστατικά, τα οποία απαντώνται στα οχήματα που έφτασαν στο τέλος της ζωής τους, δεν είναι ακόμα κατάλληλα να επαναχρησιμοποιηθούν, λόγω ποιοτικών και οικονομικών παραγόντων. Το ποσοστό αυτών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας είναι μόλις 3%. Σαν υπολείμματα, μπορούν να χρησιμεύσουν στην παραγωγή ενέργειας ή σαν πρώτες ύλες.

Οι νόμοι υπογραμμίζουν ότι θα πρέπει να δημιουργηθούν ολοκληρωμένες πολιτικές παραγωγής προϊόντων με οικονομία στην κατανάλωση πόρων καθώς επίσης και με μεγαλύτερη πιθανή χρήση των ανακυκλωμένων υλικών. Η έρευνα και η ανάπτυξη παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες στους προμηθευτές των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που εφοδιάζουν τις αυτοκινητοβιομηχανίες, για τον σχεδιασμό προϊόντων που ανακυκλώνονται εύκολα.

Στο σχήμα 24, παρουσιάζονται τρόποι με τους οποίους μπορούν να σχηματιστούν κύκλοι για την επαναχρησιμοποίηση υλικών, στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Οι καινοτόμες υφαντικές λύσεις προκύπτουν μέσω συνεργασιών διαφόρων επιχειρήσεων. Η συνεχόμενη ροή υλικών συνεπάγεται μειωμένες δαπάνες για νέα υλικά, ελαχιστοποίηση της διάθεσης αποβλήτων και δημιουργία λειτουργικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται στην αυτοκίνηση, λόγω του υψηλού ποσοστού των ανακυκλωμένων υλικών. Η δημιουργία κύκλων για τα υλικά βασίζεται στην ανάπτυξη ενός συστήματος απαλλαγμένο από απορρίμματα. Η αποδοτικότητα αυτών των κύκλων εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από τον επιλεγόμενο σχεδιασμό των προϊόντων και τα χρησιμοποιούμενα υλικά. Οι σχεδιαστές θα περιορίζονται πάντα από τους διαθέσιμους προϋπολογισμούς, από τους περιορισμούς των αγορών, και από την στροφή σε φιλικά προς το περιβάλλον

προϊόντα. Η κλωστοϋφαντουργική ανακύκλωση θα συνεχίσει να αναπτύσσεται και τα εύκολα προς ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα θα κυριαρχήσουν στις αγορές [2,31].



Σχήμα 24 : Σχηματική αναπαράσταση κύκλων για την επαναχρησιμοποίηση υλικών, στις αυτοκινητοβιομηχανίες

6.7 Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους

Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος ενός υλικού ή ενός προϊόντος, ως μέρος της σχεδίασης για το περιβάλλον και της αειφόρου ανάπτυξης, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την τεχνική της Αξιολόγησης του Κύκλου Ζωής του προϊόντος ή του υλικού (Life Cycle Assessment- LCA). Η αξιολόγηση του αντίκτυπου του κύκλου ζωής αναφέρεται στη σημασία των πιθανών περιβαλλοντικών συνεπειών χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της καταγραφής δεδομένων του κύκλου ζωής.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν κάνει την εμφάνισή τους νέα πολυμερικά υλικά τα οποία διαθέτουν την ιδιότητα της διάσπασης στο περιβάλλον σε σύντομο χρονικό διάστημα, εμφανίζοντας θετικά αποτελέσματα λόγω του μικρού κύκλου ζωής τους. Τα λεγόμενα βιοδιασπώμενα ή βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή (biodegradable polymers) έκαναν την εμφάνισή τους στην αγορά πριν περίπου 40 χρόνια. Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή, εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, αποτελούν μια πιθανή λύση στη ρύπανση του περιβάλλοντος, στον περιορισμό των κλιματικών αλλαγών που επιτελούνται και στο πρόβλημα της διαχείρισης των αποβλήτων που είναι απόρροια των παραδοσιακών πλαστικών, καθώς και στο πρόβλημα της εξάρτησης από το πετρέλαιο.

Γενικεύοντας λίγο το πρόβλημα των απορριμμάτων, πέρα από τα κλωστοϋφαντουργικά απορρίμματα, θεωρητικά, τα περισσότερα θερμοπλαστικά που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές είναι δυνατό να ανακυκλωθούν. Όμως σήμερα δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα η ανακύκλωση ορισμένων πλαστικών, εξαιτίας της ποικιλίας φυσικών και χημικών ιδιοτήτων που διαθέτουν και της πολυπλοκότητας της διαδικασίας που προκύπτει από αυτήν. Από τα έξι είδη πλαστικών που χρησιμοποιούνται περισσότερο, μόνο δύο διαθέτουν ικανοποιητικές δυνατότητες ανακύκλωσης, το PET και το HDPE. Η εκμετάλλευση φυσικών πρώτων υλών προκειμένου να δημιουργηθούν υλικά που θα αντικαταστήσουν σε ορισμένες εφαρμογές τα πλαστικά, αποτελεί μια λύση που αξίζει να δοκιμαστεί και να υλοποιηθεί σε όλους τους τομείς ακόμη και στην κλωστοϋφαντουργία. Τα βιοδιασπώμενα πλαστικά που προέρχονται από φυσικές, ανανεώσιμες πρώτες ύλες, όπως το άμυλο, προσφέρουν μια λύση στην παγκόσμια εξάρτηση από το πετρέλαιο, αλλά και στην έλλειψή του, που έχει αρχίσει ήδη να γίνεται αισθητή.

Η βιοδιάσπαση των πλαστικών πολυμερών δεν εξαρτάται μόνο από την πρώτη ύλη παραγωγής τους, αλλά και από τη χημική δομή τους. Για το λόγο αυτό τα βιοδιασπώμενα πλαστικά μπορεί να προέρχονται από φυσικά ή από συνθετικά πολυμερή. Τα «περιβαλλοντικά διασπώμενα πολυμερή» χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το μηχανισμό διάσπασής τους, οι οποίες είναι οι εξής:

- Βιοδιασπώμενα
- Κομποστοποιήσιμα
- Υδρο-βιοδιασπώμενα
- Φωτο-διασπώμενα
- Φωτο-βιοδιασπώμενα
- Βιοδιαβρώσιμα

Πρακτικά, τα βιοδιασπώμενα πολυμερή δεν πρόκειται αντικαταστήσουν τα συνθετικά πλαστικά, παρά μόνο σε συγκεκριμένες εφαρμογές, κυρίως μιας χρήσεως ή σύντομης διάρκειας. Προκειμένου να θεωρείται ένα πολυμερές βιοδιασπώμενο, θα πρέπει να καθορίζεται εκ των προτέρων ο χρόνος βιοδιάσπασής του. Ο βαθμός βιοδιάσπασης μετριέται με πιστοποιημένα τεστ και υπολογίζεται από την ποσότητα του άνθρακα που προκύπτει από τη βιοδιάσπαση, ενώ η τοξικότητα των προϊόντων της βιοδιάσπασης υπολογίζεται από δοκιμές τοξικότητας που χρησιμοποιούν φυτά και ζώα ευαίσθητα σε τοξικές ουσίες. Ο ρυθμός βιοδιάσπασης εξαρτάται άμεσα από τη γεωμετρία του προϊόντος, από την επιφάνειά του ανά όγκο και το πορώδες του. Για παράδειγμα οι μεμβράνες διασπώνται γρηγορότερα από ότι τα πιάτα και οι συσκευασίες φαγητού.

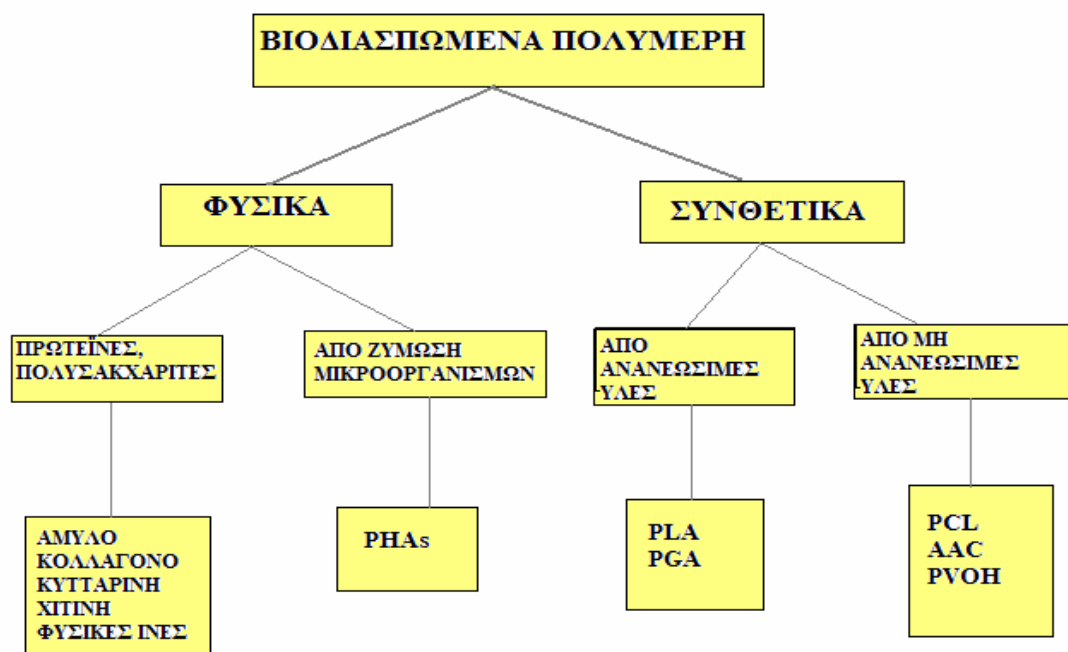
Τα πρώτα βιοδιασπώμενα πολυμερή δημιουργήθηκαν στα εργαστήρια τη δεκαετία του 1920, την εποχή όμως εκείνη οι ιδιότητες που παρουσίαζαν, δηλαδή η σταδιακή απώλεια μηχανικών ιδιοτήτων, μοριακού βάρους και μάζας, αποτελούσαν μειονέκτημα. Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή άρχισαν να προκαλούν το ενδιαφέρον της αγοράς με την κρίση πετρελαίου το 1973. Εμφανίστηκαν στην αγορά τη δεκαετία του 1960 και οι πρώτες εφαρμογές αφορούσαν στην ιατρική και συγκεκριμένα στον τομέα των εμφυτευμάτων και των βιο-απορροφήσιμων ραμμάτων και φαρμάκων. Η ιδιότητά τους να βιοδιασπώνται από τον οργανισμό δημιούργησε τη δυνατότητα νέων εφαρμογών που πλεονεκτούσαν έναντι των ήδη γνωστών και διαδεδομένων μεθόδων. Το πολυγαλακτικό οξύ ή PLA άρχισε να χρησιμοποιείται σε ιατρικές εφαρμογές τη δεκαετία του 1970 όταν εγκρίθηκε για πρώτη φορά η χρήση ραμμάτων από βιοδιασπώμενα πολυμερή από την αγορά στη Βόρεια Αμερική. Έχοντας ως πρώτη ύλη υλικά όπως το πολυγαλακτικό και το πολυγλυκολικό οξύ ή PGA, η νέα αυτή γενιά ραμμάτων μονοπώλησε την αγορά φτάνοντας σε ποσοστό το 95% των συνολικών πωλήσεων.

Τη δεκαετία του 1980 εταιρίες παραγωγής πλαστικών στη Βόρεια Αμερική άρχισαν να κατασκευάζουν την πρώτη γενιά βιοδιασπώμενων πολυμερών. Η πρώτη γενιά βιοδιασπώμενων πλαστικών περιλάμβανε στη σύνθεσή της μια ποσότητα φυσικού πολυμερούς, άμυλο για παράδειγμα, σε ποσοστό 5-20 %, σε συνδυασμό με κάποιο συνθετικό πλαστικό, PE ή PP. Τα συμβατικά πλαστικά με προσθήκες αμύλου δεν θεωρούνται βιοδιασπώμενα. Η ποσότητα του φυσικού πολυμερούς διασπάται από τους μικροοργανισμούς και ενώ φαινομενικά η βιοδιάσπαση έχει ολοκληρωθεί, το συνθετικό πλαστικό παραμένει σε μορφή μικρότερων τμημάτων, που όμως συνεχίζουν να ρυπαίνουν το περιβάλλον. Η βιοδιάσπαση δεν ήταν χαρακτηριστικό αυτής της γενιάς πλαστικών, αν και εσφαλμένα υιοθέτησαν αυτόν τον όρο, δημιουργώντας μια διαφορετική και όχι την πρέπουσα εικόνα για τα βιοδιασπώμενα πολυμερή. Προϊόντα που προέκυψαν από αυτή τη γενιά πλαστικών ήταν κυρίως προϊόντα μιας χρήσεως, όπως σακούλες απορριμμάτων.

Στην επόμενη γενιά βιοδιασπώμενων πολυμερών, αυξήθηκε το ποσοστό του φυσικού πολυμερούς προκειμένου να βελτιωθούν οι μηχανικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Το ποσοστό του φυσικού πολυμερούς που συμμετείχε στη σύνθεση του τελικού προϊόντος έφτανε το 50-80 % του συνόλου. Παρόλα αυτά το ποσοστό του συνθετικού πλαστικού παρέμενε υψηλό. Η τρίτη γενιά βιοδιασπώμενων πολυμερών δημιούργησε πραγματικά βιοδιασπώμενα πλαστικά. Προκειμένου να βελτιωθούν κάποιες ιδιότητες των πολυμερών αυτών, τα βιοδιασπώμενα πολυμερή υπόκεινται σε μετατροπές και επεξεργασίες, σύμφωνες πάντα με τους κανονισμούς καταλληλότητας. Στο σχήμα 25, παρουσιάζεται η διάκριση των βιοδιασπώμενων πολυμερών σε φυσικά και συνθετικά.

Πέρα από τα παρθένα βιοδιασπώμενα πολυμερή, άρχισαν να κατασκευάζονται και πλήρως βιοδιασπώμενα σύνθετα ή βιοσύνθετα. Αυτά προκύπτουν από την αντικατάσταση της πετροχημικής ρητίνης από ρητίνες φυσικής προέλευσης και/ή την αντικατάσταση των ινών από φυσικές ίνες, φυτικής κυρίως προέλευσης. Τα σύνθετα που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό είναι πλήρως βιοδιασπώμενα. Η μήτρα των βιοσύνθετων είναι κάποιο βιοδιασπώμενο πολυμερές (θερμοπλαστικό άμυλο, PHBV, PGA, PLA, AAC) το οποίο αντικαθιστά κοινά πλαστικά όπως το PP και το PE. Ως ίνες στα βιοσύνθετα χρησιμοποιούνται φυσικές ίνες φυτικής προέλευσης (βαμβάκι, ίνες μπαμπού, κάνναβης, λινού), ζωικής και πετροχημικής προέλευσης. Τα

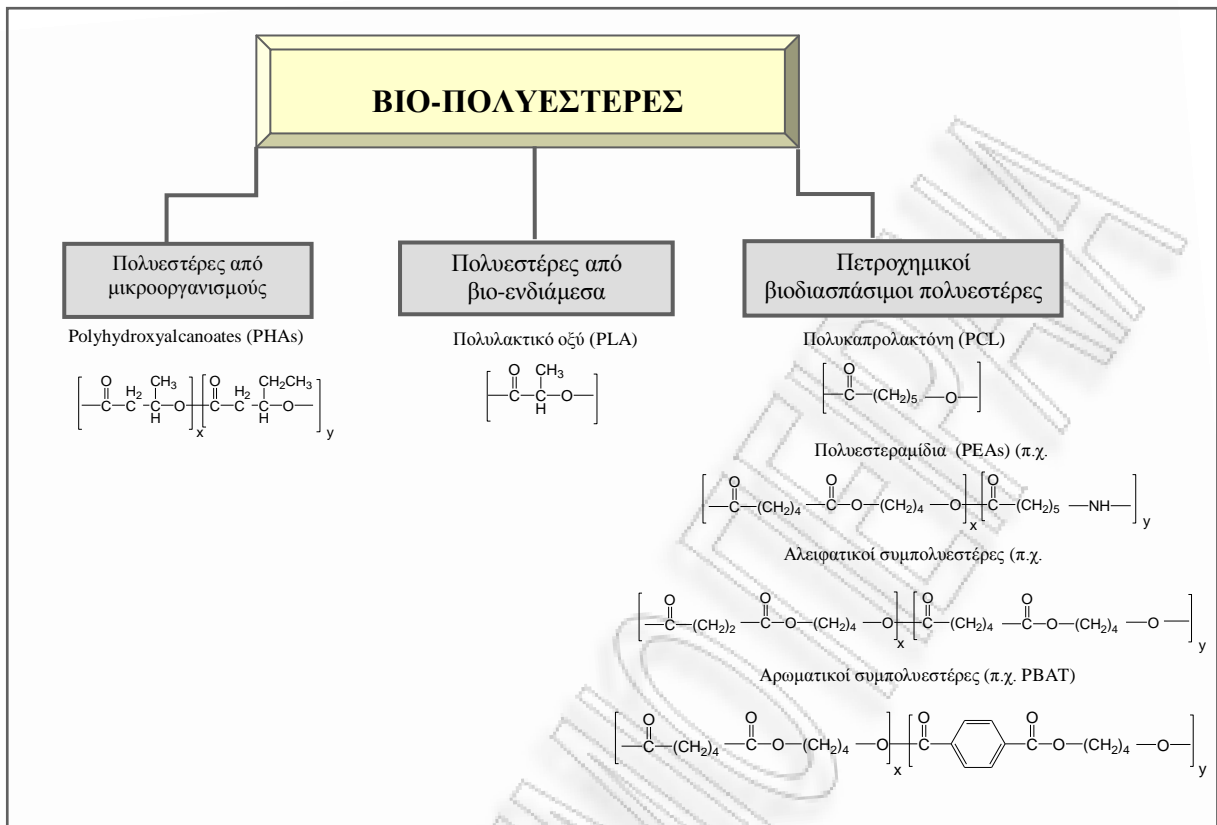
βιοσύνθετα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της αειφόρου ανάπτυξης από την παραγωγή έως και την απόρριψή τους. [31]



Σχήμα 25 : Διάκριση των βιοδιασπώμενων πολυμερών

6.7.1 Τα συνθετικά βιοδιασπώμενα πολυμερή

Η πλειοψηφία των βιοδιασπώμενων πολυμερών ανήκουν στην κατηγορία των πολυεστέρων. Οι βιοδιασπώμενοι πολυεστέρες ανήκουν σε μια κατηγορία πολυμερών που χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη μιας ομάδας εστέρα (RCOOR') στη μονομερική τους μονάδα.



Σχήμα 26: Τύποι βιο-πολυεστέρων και εμπορικά διαθέσιμα παραδείγματα.

Τα συνθετικά βιοδιασπώμενα πολυμερή από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, χρησιμοποιούνται σε έναν βαθμό και στον τομέα της κλωστοϋφαντουργίας. Αυτά είναι πλαστικά τα οποία παράγονται από ανεξάντλητες πρώτες ύλες αλλά μέσω χημικών διεργασιών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν πολυμερή από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, οι οποίες προκύπτουν μέσω μικροβιακής δράσης, με κυριότερο εκπρόσωπο το πολυγαλακτικό οξύ (PLA). Τα συνθετικά βιοδιασπώμενα πλαστικά από πετροχημικές πρώτες ύλες προέρχονται από το πετρέλαιο, έχοντας όμως την ιδιότητα της πλήρους βιοδιάσπασης. Συνθετικά βιοδιασπώμενα πλαστικά πετροχημικής προέλευσης είναι η πολυκαπρολακτόνη (PCL), η πολυβινυλική αλκοόλη ή PVOH, οι αλειφατικοί αρωματικοί πολυεστέρες AAC και άλλα. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι το πολυγλυκολικό οξύ ή PGA, το οποίο είναι βιοδιασπώμενο θερμοπλαστικό πολυμερές και ο πιο απλός γραμμικός αλειφατικός πολυεστέρας. Προκύπτει από το γλυκολικό οξύ με πολυμερισμό, ενώ διασπάται με φυσικό τρόπο αφήνοντας τελικά προϊόντα που δεν είναι τοξικά στο περιβάλλον. Το PLA θεωρείται συνθετικό πολυμερές γιατί δεν απαντάται στη φύση, αν και το μονομερές από το οποίο προέρχεται, το γαλακτικό οξύ, υπάρχει στη φύση και κυρίως στο άμυλο των φυτών αλλά και στο μυϊκό ιστό των οργανισμών ως προϊόν μεταβολισμού της

γλυκόζης. Η πολυβινυλική αλκοόλη (PVOH/ PVA) αποτελεί ένα βιοδιασπώμενο υδατοδιαλυτό πολυμερές αφού το μεγαλύτερο ποσοστό βιοδιάσπασης πραγματοποιείται μέσω υδρόλυσης. Η πολυκαπρολακτόνη ή αλλιώς το PCL είναι ένα βιοδιασπώμενο θερμοπλαστικό πολυμερές του οποίου οι πρώτες ύλες προέρχονται από το πετρέλαιο. Αν και δεν παράγεται από ανανεώσιμες πηγές είναι πλήρως βιοδιασπώμενο. Οι AAC (αλειφατικοί αρωματικοί συμπολυεστέρες) είναι πλήρως βιοδιασπώμενοι πολυεστέρες που προέρχονται από πετροχημικές πρώτες ύλες.

6.7.2 Εφαρμογές των βιοδιασπώμενων πολυμερών

Αρχικά, οι εφαρμογές των βιοδιασπώμενων πολυμερών παρέμεναν περιορισμένες εξαιτίας της υψηλής τιμής τους. Σήμερα, η τιμή τους είναι ανταγωνιστική με αυτής των κοινών πλαστικών, για το λόγο αυτό οι εφαρμογές τους έχουν επεκταθεί σε αρκετούς τομείς, και μάλιστα ευρείας κατανάλωσης. Ενδεικτικά, η τιμή μίγματος αμύλου και συνθετικού βιοδιασπώμενου πολυμερούς το 2006 έφτανε τα 1,25 – 4 ευρώ/κιλό όταν η τιμή του PET ήταν 0,5 - 1,25 ευρώ/κιλό. Γενικά, τα βιοδιασπώμενα πλαστικά είναι κατάλληλα για εφαρμογές των οποίων καλύπτουν τις απαιτήσεις, ενώ επιπρόσθετα προσφέρουν περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, μειώνουν τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας και γενικά μειώνουν τις επιπτώσεις σε περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο, σε σχέση με άλλα πλαστικά υλικά.

Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε τομείς όπως η ιατρική, τα γεωργικά προϊόντα, σε προϊόντα μιας χρήσης, όπως οι συσκευασίες, στην υφαντουργία και στην αυτοκινητοβιομηχανία. Πιο αναλυτικά, η αγορά των βιοδιασπώμενων πολυμερών περιλαμβάνει:

- Ιατρικά/οδοντιατρικά εμφυτεύματα
- Μεταφορά φαρμάκου στον οργανισμό
- Αποκατάσταση ιστών
- Αγροτικά προϊόντα, μεμβράνες
- Προϊόντα φαγητού μιας χρήσεως, πλαστικά ποτήρια/πιάτα, σακούλες
- Συσκευασίες τροφίμων
- Προστατευτικά αφρώδη υλικά για συσκευασίες

- Σακούλες σκουπιδιών/νοσοκομείου
- Προϊόντα προσωπικής υγιεινής μιας χρήσεως
- Υφάσματα, ρουχισμό
- Αυτοκινητοβιομηχανία

Με την ανάπτυξη διαφόρων ειδών υλικών με διαφορετικές δομές, ιδιότητες και μηχανισμούς βιοδιάσπασης, αναπτύσσεται ένα μεγάλο εύρος πιθανών εφαρμογών. Ανάμεσα σε αυτές τις εφαρμογές περιλαμβάνονται και εφαρμογές των οποίων η ανακύκλωση δεν είναι εφικτή, επομένως η βιοδιάσπαση είναι συμφέρουσα, όπως για παράδειγμα κάποιες συσκευασίες τροφίμων [31].

6.7.2.1 Ιατρικές εφαρμογές

Η εφαρμογή βιοδιασπώμενων πολυμερών στην Ιατρική συνοδεύεται από πολλά πλεονεκτήματα σε πλήθος εφαρμογών. Σε εφαρμογές όπως εμφυτεύματα, μοσχεύματα, διανομή φαρμάκου στον οργανισμό και αποκατάσταση ιστών, τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι συμβατά με τον οργανισμό (βιοσυμβατά) και να μην προκαλούν παρενέργειες. Σε πολλές περιπτώσεις η βιοδιάσπαση των υλικών αυτών και η απορρόφησή τους από τον οργανισμό θεωρείται σημαντικό πλεονέκτημα αφού απαλλάσσει τον ασθενή από επιπλέον χειρουργικές επεμβάσεις αφαίρεσής τους και επιπλέον ωφελεί στην αποκατάσταση καταγμάτων, σε σχέση με άλλα υλικά όπως τα μεταλλικά εμφυτεύματα. Ορισμένοι αλειφατικοί πολυεστέρες (PGA, PLA, PCL) και τα συμπολυμερή τους έχουν χρησιμοποιηθεί σε ιατρικές εφαρμογές.



Εικόνα 14 : Εφαρμογές βιοδιασπώμενων πολυμερών στην ιατρική

6.7.2.2 Προϊόντα περιορισμένου χρόνου χρήσης

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των βιοδιασπώμενων πολυμερών είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα της βιοδιάσπασης κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ιδιότητα αυτή παρουσιάζεται χρήσιμη σε εφαρμογές προϊόντων περιορισμένου χρόνου χρήσης, όπου τα προϊόντα χρησιμοποιούνται για ένα μικρό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια απορρίπτονται, τα οποία αν είναι κατασκευασμένα από συνθετικό πλαστικό, θα παραμείνουν στο περιβάλλον για πάρα πολλά χρόνια. Ένα κλασικό παράδειγμα προϊόντος είναι οι πλαστικές σακούλες και οι σακούλες απορριμμάτων. Οι σακούλες απορριμμάτων από βιοδιασπώμενα πλαστικά έχουν το πλεονέκτημα ότι αυξάνουν το βαθμό βιοδιάσπασης των οργανικών απορριμμάτων τα οποία περιέχουν, σε περιβάλλον βιοδιάσπασης και δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με επιπλέον απορρίμματα. Τα βιοδιασπώμενα προϊόντα μιας χρήσης, αφού ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους, βιοδιασπώνται με μια από τις υπάρχουσες μεθόδους διαχείρισης απορριμμάτων και μετά από ένα χρονικό διάστημα επιστρέφουν στο περιβάλλον ως CO₂ και νερό. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές περιορισμένου χρόνου χρήσης είναι οι εξής:

- Φιάλες νερού και γάλακτος μιας χρήσης
- Σκεύη φαγητού
- Συσκευασίες φαγητού (για ζεστό και κρύο)
- Σακούλες σκουπιδιών/για ψώνια
- Είδη προσωπικής υγιεινής

Τα πλαστικά από άμυλο είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων κυρίως εξαιτίας του χαμηλού του κόστους (το 2004 ένα κιλό стоίχιζε περίπου 1-4 ευρώ το κιλό). Από θερμοπλαστικό άμυλο παράγονται προϊόντα κυρίως σε μορφή μεμβράνης, όπως συσκευασίες φαγητού, σακούλες σούπερ-μάρκετ. Επιπλέον, το θερμοπλαστικό άμυλο μορφοποιείται σε αφρώδη προϊόντα και συσκευασίες φαγητού οι οποίες θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν το αφρώδες PS

σε πολλές εφαρμογές, διατηρώντας τις επιθυμητές ιδιότητες του PS. Τα PHA χρησιμοποιούνται επίσης σε εφαρμογές περιορισμένου χρόνου χρήσης, στη συσκευασία τροφίμων (μπουκάλια, μεμβράνες), σε είδη ατομικής υγιεινής μιας χρήσεως αλλά και προϊόντα.



Εικόνα 15 : Εφαρμογές βιοδιασπώμενων πολυμερών στις συσκευασίες

6.7.2.3 Αγροτικά προϊόντα

Τα βιοδιασπώμενα πολυμερή βρίσκουν εφαρμογή και στον αγροτικό τομέα, σε εφαρμογές που σχετίζονται με τη γεωργία, την καλλιέργεια και τη διαχείριση των φυσικών απορριμμάτων. Η προστασία των φυτών από τα καιρικά φαινόμενα, η ελεγχόμενη απελευθέρωση παρασιτοκτόνων, η συγκράτηση της υγρασίας στο έδαφος, η μεταφορά νερού και η συσκευασία είναι κάποιες από τις εφαρμογές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν βιοδιασπώμενα υλικά. Τα υλικά θα πρέπει να συνδυάζουν ιδιότητες όπως η μηχανική αντοχή, η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, η διαπερατότητα σε οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Οι μεμβράνες από βιοδιασπώμενα πλαστικά χρησιμοποιούνται στον τομέα της γεωργίας με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιούνται οι μεμβράνες από LDPE μέχρι σήμερα, για παράδειγμα στα θερμοκήπια. Τοποθετούνται με τη βοήθεια γεωργικών μηχανημάτων πριν ή κατά τη διάρκεια της σποράς, ενώ μετά τη συγκομιδή θάβονται στο χώμα και διασπώνται. Ο κύριος στόχος των μεμβρανών αυτών είναι να εμποδίσουν την ανάπτυξη ανεπιθύμητων φυτών στην καλλιεργημένη γη, να βοηθήσουν στην ανάπτυξη του φυτού και συγχρόνως να συγκρατούν το έδαφος. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η

χρήση λιπασμάτων ή άλλων τοξικών φυτοφαρμάκων, ενώ συγχρόνως δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με επιπλέον απόβλητα, αντίθετα ωφελούν κάνοντας το έδαφος περισσότερο εύφορο μετά τη διάσπασή τους. Κατάλληλα υλικά για την εφαρμογή αυτή αποτελούν θερμοπλαστικά από άμυλο και AAC όπως το Ecoflex και το Eastar-bio.

Στον αγροτικό τομέα χρησιμοποιούνται επίσης βιοδιασπώμενες γλάστρες, που τοποθετούνται στο χώμα μαζί με το φυτό που θα φυτευτεί στον κήπο, οι γλάστρες διασπώνται και το φυτό συνεχίζει να αναπτύσσεται. Πλαστικές βιοδιασπώμενες σακούλες χρησιμοποιούνται και για τη συγκομιδή φύλλων και άλλων οργανικών αποβλήτων με τη διαφορά ότι διασπώνται μαζί με το περιεχόμενό τους. Ο χρόνος ζωής των γεωφασμάτων και των γεωμεμβρανών ποικίλει από 6 μήνες έως και 10 χρόνια. Υλικά όπως το άμυλο, το PLA, το PCL, οι AAC και η PVOH χρησιμοποιούνται στον αγροτικό τομέα. [31]



Εικόνα 16: Εφαρμογές βιοδιασπώμενων πολυμερών στην γεωργία

6.7.2.4 Ύφασμα – ίνες

Στην κλωστοϋφαντουργία αρχικά, οι ίνες που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο είχαν φυτική προέλευση, προερχόμενες από φυσικά πολυμερή. Αργότερα, οι συνθετικές ίνες αντικατέστησαν σε μεγάλο ποσοστό τις φυσικές. Σήμερα, οι βιοδιασπώμενες ίνες από αλειφατικούς πολυεστέρες καλούνται να γεφυρώσουν το χάσμα που δημιουργήθηκε μεταξύ των φυσικών και των συνθετικών ινών, τόσο ως

προς τις ιδιότητες όσο και ως προς την τιμή, αφού φαίνεται πως τοποθετούνται κάπου ενδιάμεσα. Οι ίνες από βιοδιασπώμενα πολυμερή έχουν αρχίσει να γίνονται εμπορικά διαθέσιμες τα τελευταία χρόνια σε υποκλάδους όπως της υφαντουργίας, της ταπητουργίας, και των υφασμάτων ρουχισμού. Από PLA κατασκευάζονται ίνες όπως οι ίνες Lactron, INGEO και EcoPLA.

Η INGEO, η οικολογική ίνα της εταιρίας Nature Works που κατασκευάζεται από καλαμπόκι κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος στο χώρο της υφαντουργίας. Ήδη χρησιμοποιείται σε υφάσματα επιπλώσεων και κουρτίνες, σε ρουχισμό, ενώ τον τελευταίο καιρό φαίνεται να κατακτά και το χώρο της υψηλής ραπτικής, προσελκύοντας το ενδιαφέρον μεγάλων εταιριών όπως της Diesel και άλλων γνωστών σχεδιαστών. Φτιαγμένη από τον βιοδιασπώμενο πολυεστέρα PLA, η INGEO έχει ιδιότητες οι οποίες μοιάζουν με πολυεστέρα, παρουσιάζει όμως περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συνθετικές αλλά και σε σχέση με πολλές φυσικές ίνες. Έχει μεγαλύτερη σταθερότητα ως προς τις διαστάσεις, μεγαλύτερη αντοχή, προστατεύει περισσότερο από τις υπεριώδεις ακτίνες σε σχέση με άλλες συνθετικές ίνες, αφήνει το δέρμα να «αναπνέει» και, ιδιαίτερα αν αναμειχθεί με βαμβάκι ή μαλλί, είναι εξαιρετικά απορροφητική στην υγρασία και στον ιδρώτα. Το μόνο της μειονέκτημα είναι ότι δεν απορροφά καλά τις βαφές, περιορίζοντας την ευελιξία των κατασκευαστών στα χρώματα και τη σταθερότητά τους [31, 35 36].



Εικόνα 17 : Εφαρμογές βιοδιασπώμενων πολυμερών στην κλωστοϋφαντουργία

6.7.2.5 Αυτοκινητοβιομηχανία

Βιοδιασπώμενα πολυμερή χρησιμοποιούνται γενικά στον τομέα μεταφορών και στην αυτοκινητοβιομηχανία, κυρίως σε εσωτερικά μέρη του αυτοκινήτου, με σκοπό να αντικαταστήσουν τμήματα που κατασκευάζονται από πετροχημικά πλαστικά. Τα βιοπλαστικά αυτά είναι υψηλής αντοχής, θερμικής αντίστασης και ελαφρύτερα. Το γεγονός αυτό τα καθιστά φιλικά προς το περιβάλλον, τη στιγμή που εξοικονομούν ενέργεια κατά τη χρήση τους - συγκεκριμένα καταναλώνουν 30% λιγότερη- ενώ απαιτείται μικρότερη ποσότητα υλικού για την κατασκευή τους. Είναι τρεις φορές πιο αποτελεσματικά σε σχέση με άλλα πλαστικά ως προς την απορρόφηση ενέργειας. Περιέχουν άμυλο και είναι ουδέτερα ως προς την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα.

Η εταιρία ελαστικών Goodyear έχει αντικαταστήσει σε ορισμένα από τα ελαστικά της ένα τμήμα άνθρακα με βιοπλαστικό Mater-Bi, με αποτέλεσμα να έχουν καλύτερη

οδική συμπεριφορά σε σχέση με τα κοινά ελαστικά.. Η χαμηλή πυκνότητα των φυσικών πολυμερών προσφέρει το πλεονέκτημα του χαμηλού βάρους και της εξοικονόμησης καυσίμων κατά τη διάρκεια χρήσης τους ενώ οι μηχανικές τους ιδιότητες προσφέρουν ίδια αν όχι καλύτερη λειτουργικότητα.

Συγχρόνως, τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι πολλά από τη χρήση βιοδιασπώμενων πολυμερών στη θέση των πετροχημικών στην αυτοκινητοβιομηχανία, όπως η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά την παραγωγή τους, η μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την παραγωγή και χρήση τους και το γεγονός ότι μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους είναι σε θέση να βιοδιασπαστούν στο περιβάλλον χωρίς να αφήνουν τοξικά απόβλητα [30,31].



Εικόνα 18 : Εφαρμογές βιοδιασπώμενων πολυμερών στην αυτοκινητοβιομηχανία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

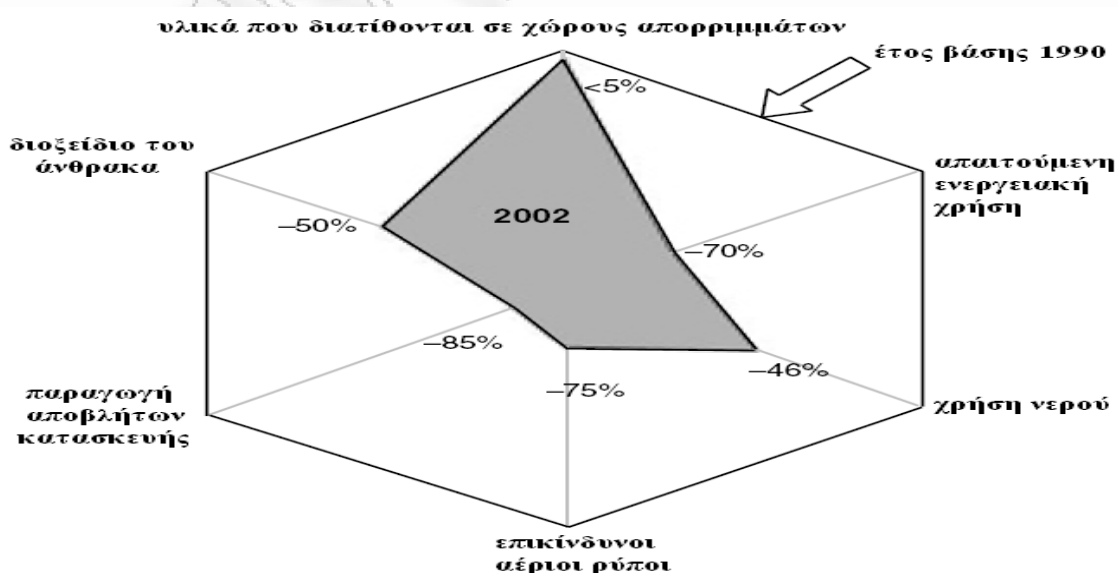
ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΑΠΗΤΩΝ

7.1 Διαχείριση ταπήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες – Μια δέσμευση για την αειφορία

Η βιομηχανία ταπήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες παράγει το 45 % του συνόλου όλων των ταπήτων που διακινούνται παγκοσμίως. Είναι μια βιομηχανία ύψους επενδύσεων άνω των 12 δισεκατομμυρίων δολαρίων στο επίπεδο της ύφανσης, που παράγει σχεδόν 1,5 δισεκατομμύριο τετραγωνικά μέτρα προϊόντων ταπήτων το χρόνο. Το 2003 υπολογίζεται ότι πάνω από δύο εκατομμύρια τόνοι ταπήτων εστάλησαν στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων στις ΗΠΑ. Αυτό αντιπροσωπεύει την σπατάλη πάνω από δεκατρία τρισεκατομμύρια BTU ενέργειας, αρκετή ενέργεια για να ηλεκτροδοτήσει περισσότερα από 100.000 σπίτια για ένα έτος. Για να ανακτηθεί η ενέργεια και η αξία των πρώτων υλών που βρίσκονται ενσωματωμένα στο ρεύμα αυτών των απορριμμάτων απαιτείται η ανάπτυξη τεχνολογιών και αγορών για την επαναχρησιμοποίηση τέτοιων πόρων. Οι τιμές του ακατέργαστου πετρελαίου και του φυσικού αερίου έχουν καθιερώσει νέες υψηλές τιμές και δεν αναμένεται να επιστρέψουν σε προγενέστερα επίπεδα. Καθώς η Κίνα και η Ινδία συνεχίζουν να αναπτύσσονται με ρυθμούς που δεν υποστηρίζονται από τις δικές τους βασικές υποδομές, η απαίτηση για τους παγκόσμιους πόρους κλιμακώνεται. Αυτοί οι παράγοντες θα διευκολύνουν την κίνηση για ανάκτηση των πόρων συμπεριλαμβανομένου κάθε τετραγωνικού μέτρου τάπητα, που κυκλοφορεί στην αγορά.

Ο τάπητας, όπως και τα περισσότερα εκλεπτυσμένα προϊόντα, είναι ένα πολυσύνθετο σύστημα που περιλαμβάνει πολλά στοιχεία. Η διάρκεια ζωής ενός τάπητα στο χρόνο, είναι η σφραγίδα ενός ποιοτικού τάπητα, η οποία όμως συμβάλλει σήμερα στη δυσκολία που συνδέεται για την αποσύνθεση και την αποκατάσταση του. Η βιομηχανία ταπήτων στις ΗΠΑ έχει μια καθιερωμένη και καλά αναγνωρισμένη ιστορία αναφορικά με την περιβαλλοντική διαχείριση. Ο βαθύτερος στόχος του ιδρύματος C.R.I. (Carpet and Rug Institute) είναι να θεωρηθεί ο τάπητας ένα παγκοσμίως αειφορικά βιώσιμο προϊόν. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει η βιομηχανία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων να κινείται με άξονα την αειφορία.

Έχοντας ως έτος αναφοράς το 1990, η βιομηχανία ταπήτων έχει κάνει σημαντική πρόοδο για την μείωση του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος. Σε μια βάση ανά τετραγωνικό μέτρο, η ταπητοβιομηχανία έχει επιτύχει εξαιρετικές μειώσεις σε πέντε από τις συνολικά έξι κύριες κατηγορίες που αφορούν την παραγωγή. Οι κατηγορίες που σχετίζονται με την παραγωγή είναι: οι επικίνδυνοι αέριοι ρύποι (HAPS), η χρήση νερού, η απαιτούμενη ενεργειακή χρήση, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η παραγωγή αποβλήτων κατασκευής, και τα υλικά που διατίθενται σε χώρους απορριμμάτων (μετα-καταναλωτικά υλικά). Το σχήμα 27, αποτυπώνει τις μειώσεις για κάθε μια κατηγορία.



Σχήμα 27: Η μείωση του περιβαλλοντικού οικολογικού αποτυπώματος από το 1990 και μετά.

Εάν κάποιος συγκρίνει την περιοχή που καθορίζεται από την καμπύλη απόδοσης του 2002 με αυτή του έτους αναφοράς του 1990, υπάρχει μια μείωση περίπου 80% στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Αξιοσημείωτο στο παραπάνω διάγραμμα είναι ότι η μόνη κατηγορία που δεν έχει καταγράψει σημαντική πρόοδο, είναι αυτή της απόρριψης παλαιών ταπήτων που καταλήγουν στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων (<5%). Όλες αυτές οι καταγραφές έγιναν ενώ η παραγωγή ταπήτων από το 1990 μέχρι το 2002 αυξήθηκε κατά 47 %. Στόχος μέχρι το 2012 είναι να ελαχιστοποιηθεί ακόμη περισσότερο το ποσοστό ανά κατηγορία δίνοντας περισσότερο έμφαση στα ήδη μικρά ποσοστά μείωσης (π.χ. 5 %), με σκοπό την βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η βιομηχανία αμερικανικών ταπήτων βελτιώνει τα επίπεδα που θέτει το πρωτόκολλο του Κιότο για τη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Αυτή η περιβαλλοντική πρωτοβουλία, που δεν έχει επικυρωθεί από τις ΗΠΑ, επιτρέπει στις επιχειρήσεις να διατηρούν επίπεδα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα όπως αυτά ορίζονταν το 1990.

Δεδομένου ότι τα περισσότερα τμήματα ταπήτων προέρχονται από ακατέργαστο πετρέλαιο, η επόμενη κατηγορία στην οποία θα πρέπει να εστιάσουμε την προσοχή μας είναι η ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για να βελτιωθούν περισσότερο οι περιβαλλοντικές επιδόσεις. Με πάνω από 2 εκατομμύρια τόνους παλαιών ταπήτων να οδηγούνται στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων ανά έτος και με αυξητική τάση περίπου 2 ως 3 % το χρόνο, υπάρχει τεράστια ποσότητα διαθέσιμης πρώτης ύλης (CRI, 2003) [2].

7.2 Η ανακύκλωση ταπήτων στα πρώτα στάδιά της

Ιδιαίτερες προσπάθειες έγιναν από τους παραγωγούς ινών κατά τη δεκαετία του '90 για την ανάπτυξη της τεχνολογίας αποκατάστασης και ανακύκλωσης των ινών νάυλον. Αμερικάνικες εταιρίες όπως η Honeywell και η D.S.M. στράφηκαν στην ανακύκλωση νάυλον 6, ενώ η Dupont (πλέον Invista) και η Monsanto (πλέον Solutia) στράφηκαν στο νάυλον 6.6. Αυτές οι προσπάθειες οδήγησαν στην κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία, για το νάυλον. Αυτή η τεχνολογία περιλάμβανε χημική ανακύκλωση (αποπολυμερισμό) για την παραγωγή μονομερών που θα

μπορούσαν να αναδημιουργήσουν ίνες για την κατασκευή νέων ταπήτων, είτε απευθείας, είτε αναμιγνύοντας τα με παρθένο πολυμερές. Και η εταιρία Monsanto και η Dupont επένδυσαν σε πειραματικές εγκαταστάσεις διαφορετικής κλίμακας. Ωστόσο, για οικονομικούς λόγους και έλλειψη ενδιαφέροντος από την αγορά εκείνη τη στιγμή, καμία εταιρία δεν επέλεξε να ακολουθήσει την τεχνολογία πέρα από το πειραματικό στάδιο.

Η Honeywell συνεργάστηκε με την D.S.M. καταφέροντας να χτίσουν παγκοσμίου φήμης εγκαταστάσεις ανακύκλωσης νάυλον, που στεγάζονται στην Georgia των ΗΠΑ. Οι εγκαταστάσεις σχεδιάστηκαν για να παραγάγουν 45 εκατομμύρια κιλά ετησίως, ανακτημένης καπρολακτάμης (caprolactam) προερχόμενης από το χρησιμοποιημένο νάυλον 6, που συνιστά υλικό κατασκευής ταπήτων. Οι συνεργαζόμενες εταιρίες, σε συνεργασία με την πολιτεία της Georgia, επένδυσαν περίπου 120 εκατομμύρια δολάρια σε αυτό το εγχείρημα. Δυστυχώς, το εγχείρημα συνοδεύτηκε από ποικίλα προβλήματα, συμπεριλαμβανομένων, τη δραματική μείωση της τιμής του παρθένου υλικού καπρολακτάμης στην παγκόσμια αγορά, διαφόρων δυσκολιών εφαρμοσμένης μηχανικής στις ίδιες τις εγκαταστάσεις και οικονομικών ζητημάτων. Το αποτέλεσμα όλων αυτών των προβλημάτων ήταν οι εγκαταστάσεις να κλείσουν τον Αύγουστο του 2001. Αυτό συνετέλεσε σαν μια σημαντική απώλεια δυνατότητας ανακύκλωσης των μετα-καταναλωτικών τάπητων στις ΗΠΑ.

Στο ίδιο χρονικό διάστημα, η εταιρία Polyamid 2000 ανήγγειλε τα σχέδια κατασκευής εγκαταστάσεων για την ανακύκλωση ταπήτων στο Premnitz, της Γερμανίας. Η επένδυση θα ανερχόταν στα 200 εκατομμύρια δολάρια και θα είχε ως σκοπό επίσης την παροχή θέσεων εργασίας σε αυτήν την περιοχή. Τάπητες θα συλλέγονταν από όλη την Ευρώπη και θα στελνόταν στο Premnitz όπου θα ταξινομούταν κατά τύπο. Το νάυλον 6 επρόκειτο να αποπολυμεριστεί και να μετατραπεί σε καθαρή καπρολακτάμη, που θα πωλούνταν σαν μονομερές ή θα επαναπολυμεριζόταν. Το νάυλον 6.6 επρόκειτο να διαχωριζόταν μηχανικά και να χρησιμοποιούνταν σε εφαρμογές μορφοποίησης-καλουπιών. Το πολυπροπυλένιο μετατρεπόταν σε ρητίνη προς πώληση. Όλα τα άλλα υλικά στέλνονταν στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων, εντός των εγκαταστάσεων, για την μετέπειτα ενεργειακή τους εκμετάλλευση. Συγκεκριμένα αξιοποιούνταν για να παράγουν ενέργεια και ατμό χαμηλής πίεσης που χρησιμοποιούνταν στα διάφορα τμήματα επεξεργασίας των

εγκαταστάσεων. Οι πιέσεις για την επιστροφή του κεφαλαιουχικού κόστους ήταν μηδαμινές και ο κύριος στόχος ήταν να καλύπτονται τα λειτουργικά κόστη.

Το κόστος συλλογής (π.χ. με μέσα ναυσιπλοΐας) των μετα-καταναλωτικών τάπητων στην Ευρώπη, ήταν σχετικά χαμηλό, δεδομένου ότι ο ευρωπαϊκός τάπητας που συνήθως χρησιμοποιείται έχει χαμηλότερο βάρος, ενώ και η παραγωγή πολύτιμων ινών ανά τετραγωνικό μέτρο ήταν χαμηλή. Σε αντίθεση, στις ΗΠΑ οι χρησιμοποιούμενοι τάπητες έχουν υψηλότερο βάρος. Έτσι η Polyamid 2000 άρχισε να εισαγάγει στο Premnitz τάπητες από τις ΗΠΑ. Δυστυχώς, διάφοροι παράγοντες οδήγησαν την Polyamid 2000 σε πτώχευση τον Ιούνιο του 2003. Κύριο πρόβλημα ήταν το οικονομικό, το οποίο συνδέθηκε και με το ναυτιλιακό κόστος μεταφοράς των ταπήτων από τις ΗΠΑ, ενώ ένας άλλος λόγος ήταν η χαμηλή παραγωγικότητα. Συνεπώς μέχρι το 2003 η παγκόσμια κοινότητα είχε βιώσει δυο πολύ μεγάλες αποτυχίες στην ανακύκλωση ταπήτων.

Συγχρόνως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας για την ανακύκλωση ταπήτων τρεις πολιτείες των ΗΠΑ (Minnesota, Iowa, Wisconsin) άνοιξαν ένα διάλογο με σκοπό την αποφυγή απόρριψης των ταπήτων στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων. Σαν εναλλακτική λύση της παραδοσιακής προσέγγισης της νομοθεσίας και των κανονισμών, προτάθηκε να αναπτυχθεί συνεργασία με τις βιομηχανίες παραγωγής ταπήτων σε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα εθελοντικό πρόγραμμα για την ανάκτηση των ταπήτων. Αυτή η προσπάθεια ονομάστηκε, ομάδα εργασίας Mid-Western. Στις αρχές του 2001, οι σημαντικότεροι φορείς σε αυτόν τον διάλογο υπέγραψαν ένα Μνημόνιο Συνεργασίας (πρωτόκολλο σύμβασης) που ήταν μια υποχρέωση για να αρχίσουν οι σοβαρές διαπραγματεύσεις και να αναπτυχθεί ένα σύνολο στόχων υπό την αιγίδα μιας ανεξάρτητης οργάνωσης που θα επιτηρούσε την εφαρμογή των προγραμμάτων και την επίτευξη των στόχων.

Στις 8 Ιανουαρίου 2002, ένα δεύτερο πρωτόκολλο σύμβασης υπογράφηκε. Το παρόν έγγραφο καθόρισε τις συγκεκριμένες ημερομηνίες, τους στόχους και τις ποσότητες των μετα-καταναλωτικών ταπήτων που θα ανακτώνταν, ενώ θα απαιτούνταν και η θέσπιση μιας οργάνωσης για την εφαρμογή του σχεδίου. Ο οργανισμός που θεσπίστηκε είναι γνωστός με το όνομα C.A.R.E. (Carpet America Recovery Effort, www.carpetrecovery.org).

Το πρωτόκολλο σύμβασης ήταν μια εθελοντική, μη δεσμευτική συμφωνία μεταξύ των βιομηχανιών, των συμβαλλόμενων πολιτειών, της αμερικανικής Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA), και διαφόρων μη κυβερνητικών οργανώσεων (Μ.Κ.Ο.). Το τελικό ιστορικό σύμβασης υπογράφηκε και ο C.A.R.E. αποτελούσε γεγονός.

Ο C.A.R.E. είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση που έχει ως αποστολή να διευκολύνει την ανάκτηση των μετα-καταναλωτικών ταπήτων στις ΗΠΑ σε έναν χρονικό ορίζοντα δεκαετίας. Αρχικά, ο C.A.R.E. δρα μέσα στο ελεύθερο επιχειρηματικό σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι ο C.A.R.E και η βιομηχανία ταπήτων δεν χρειάζεται να στηριχθούν σε κυβερνητικούς κανονισμούς ή επιχορηγήσεις. Ο στόχος είναι να καθιερωθεί ένα προσανατολισμένο στην αγορά δίκτυο που θα εδραιώσει την δημιουργία ενός νέου τύπου βιομηχανίας στις ΗΠΑ. Ο C.A.R.E. θα λειτουργεί σαν συνδετικός κρίκος, για να καθιερώσει σχέσεις και δίκτυα μεταξύ των ενδιαφερομένων. Απώτερος στόχος του C.A.R.E. είναι να βοηθήσει στο να υπάρχει επάρκεια σε χρησιμοποιημένους τάπητες, έτσι ώστε η βιομηχανία ανακύκλωσης να μπορεί να είναι αυτο-υποστηριζόμενη. Η φιλοσοφία του C.A.R.E. είναι επίσης άρρηκτα δεμένη με την αρχή της διατήρησης των πόρων.

Στις ΗΠΑ, η αγορά ταπήτων κατά 70 % αφορά τάπητες για οικιακή χρήση, ενώ το υπόλοιπο 30 % είναι για εμπορική χρήση. Ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται, το βάρος ενός τάπητα ανά τετραγωνικό μέτρο ποικίλει. Διαφορετικές ίνες χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη της πρόσοψης, ποικίλες τεχνικές και υλικά για την δημιουργία του υποστρώματος και λοιπές πρόσθετες ουσίες είναι μερικοί μόνο παράγοντες που κάνουν τους τάπητες να διαφέρουν σε βάρος. Γενικεύοντας το θέμα της ζύγισης, κατά μέσο όρο ένας τάπητας ζυγίζει περίπου **2.3 κιλά** ανά τετραγωνικό μέτρο. Αν και αυτό το μέτρο δεν αποτελεί τον κανόνα, χρησιμοποιείται προσεγγιστικά για την παρακολούθηση στην περίπτωση ύπαρξης κύκλων υλικών.

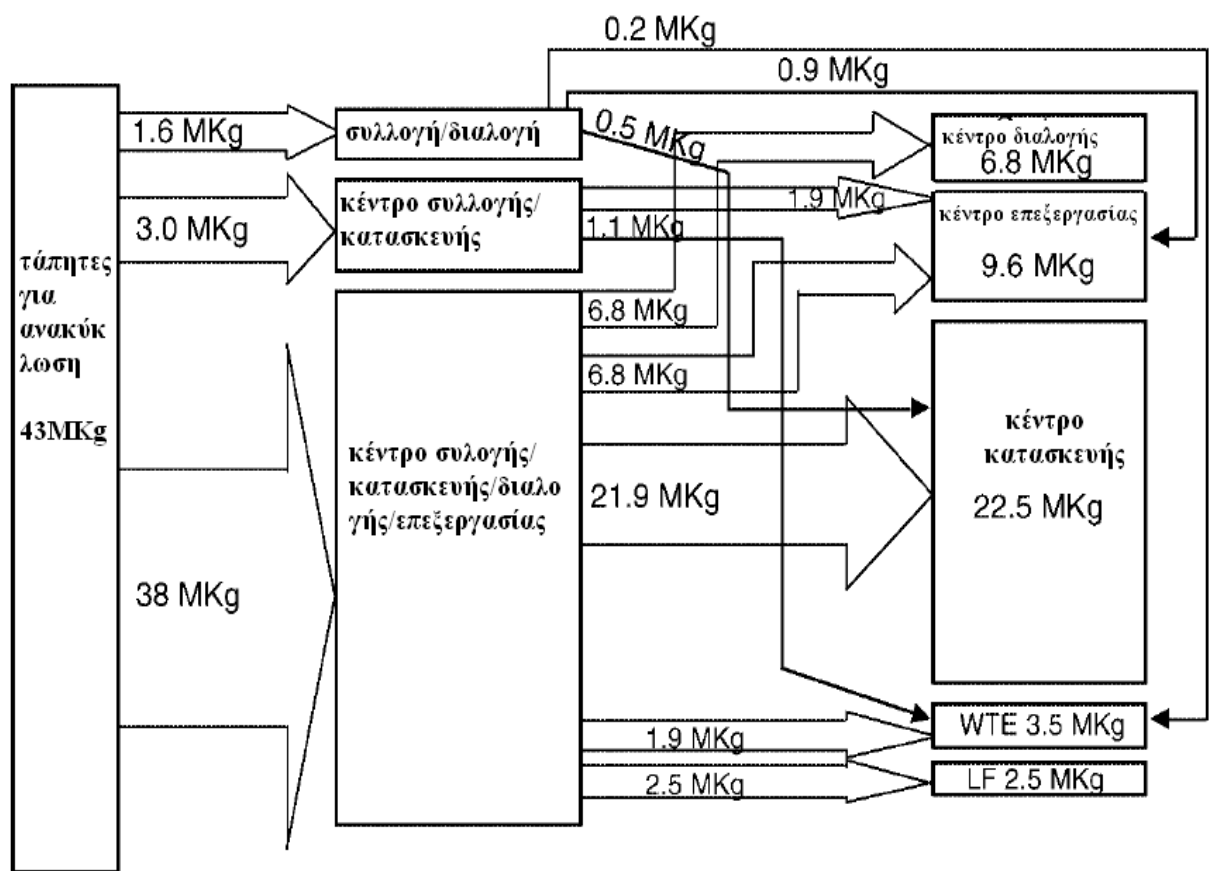
Με βάση τη σημερινή τεχνολογία, είναι αδύνατο να ανακυκλωθούν όλα αυτά τα υλικά και δημιουργηθούν νέοι τάπητες. Επομένως, ένα σημείο κλειδί της προσέγγισης C.A.R.E., είναι η παροχή βοήθειας στην ανάπτυξη προϊόντων εκτός από τάπητες. Με την καθιέρωση μιας τέτοιας αγοράς θα διευκολυνθεί και η δημιουργία

απαραίτητων υποδομών που απαιτούνται για την ανακύκλωση ταπήτων, αφού θα υπάρχει αυξημένη ζήτηση σε ανακυκλωμένα υλικά. Ήδη η Κίνα και η Ινδία παρουσιάζουν υψηλή ζήτηση σε βασικές πρώτες ύλες, για την κατασκευή ταπήτων. Αυτές οι χώρες απορροφούν με μεγάλους ρυθμούς ανακυκλωμένα προϊόντα που παράγονται στις ΗΠΑ, με αποτέλεσμα να εξισώνεται η ζήτηση με την προσφορά, ενώ παρατηρείται και μια ελαφριά αύξηση των τιμών διάθεσης. [2, 25, 36]

7.3 Δημιουργώντας μια νέα βιομηχανία ροής υλικών

Η βιομηχανία ταπήτων με την πάροδο του χρόνου υιοθετεί διαφορετικές μόδες, στυλ και τάσεις παγκοσμίως. Η βιομηχανία παραγωγής ταπήτων δεν ασχολούνταν μέχρι πρότινος με θέματα συλλογής, διαχωρισμού-ταξινόμησης, μεταφοράς, και επεξεργασίας των μεταχειρισμένων ταπήτων. Πλέον το ενδιαφέρον από τις βιομηχανίες και για τις ανωτέρω διαδικασίες είναι αυξημένο. Βέβαια η ανακύκλωση δεν μπορεί να επιτελεστεί από τις ίδιες τις επιχειρήσεις παραγωγής, όμως νέες επιχειρήσεις δημιουργούνται και ασχολούνται αποκλειστικά με το θέμα της ανακύκλωσης, χρειάζεται όμως επαφή και συνεργασία των δυο κλάδων. Στην Αμερική για παράδειγμα ο C.A.R.E. είναι ο υπεύθυνος οργανισμός ο οποίος, συνδέει τις βιομηχανίες παραγωγής με τις βιομηχανίες ανακύκλωσης.

Στις ΗΠΑ είχε προταθεί ένα μοντέλο για την συλλογή των ταπήτων, την διαλογή και την ταξινόμησή των μεταχειρισμένων ταπήτων. Το μοντέλο βασίστηκε σε περιφερειακές μονάδες διαλογής που θα συγκέντρωναν, θα ταξινομούσαν τάπητες, θα τους επεξεργάζονταν και θα τους προετοίμαζαν για διανομή στους τελικούς χρήστες. Η διανομή θα διατελούνταν βάσει ζήτησης και γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Στηριγμένο σε παρόμοια παραδείγματα, το πρότυπο θα επέτρεπε στους χρήστες να υποβάλλουν το αίτημά τους για την ζητούμενη ποσότητα υλικών η οποία θα καλυπτόταν από το πιο κοντινό κέντρο διαλογής. Το σχήμα 28 δείχνει πως στήθηκε το μοντέλο ροής υλικών που προέρχονταν από μεταχειρισμένους τάπητες, για τις ΗΠΑ, το έτος 2003.



επεξήγηση συμβόλων : MKg = εκατομμύρια κιλά
 WTE = απορρίμματα για παραγωγή ενέργειας
 LF = διάθεση σε χώρους απορριμμάτων

Σχήμα 28 : Απεικόνιση του μοντέλου ροής υλικών που προέρχονταν από μεταχειρισμένους τάπητες, για τις ΗΠΑ (έτος βάσης το 2003).

Λόγω των τεχνολογικών περιορισμών, η αποκατάσταση των ινών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της πρόσοψης ενός τάπητα, δεν είναι πρακτική αυτή τη στιγμή. Κατά συνέπεια, παρουσιάζεται μια αυξητική τάση στο να χρησιμοποιούνται οι ίνες των μεταχειρισμένων ταπήτων για την παραγωγή άλλων μικροπροϊόντων. Ο οργανισμός C.A.R.E. στηρίζει αυτές τις προσπάθειες δημιουργίας προϊόντων. Ο μεγαλύτερος φορέας ανακύκλωσης μεταχειρισμένων ταπήτων στον κόσμο είναι σήμερα η εταιρία Los Angeles Fiber Company (<http://www.lafiber.com/sys-tmpl/faqaboutus/>). Το κύριο παραγόμενο προϊόν τους είναι ένα συνθετικό προϊόν που χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα στους τάπητες. Το προϊόν αυτό κατασκευάζεται 100 % από μεταχειρισμένους τάπητες. Η εταιρία Los

Angeles Fiber Company, είναι επίσης ένας από τους βασικότερους προμηθευτές σε μεταχειρισμένους τάπητες που προορίζονται για ανακύκλωση, προμηθεύοντας ενδιαφερόμενους φορείς παγκοσμίως.

Ο επόμενος μεγαλύτερος ανακυκλωτής μετα-καταναλωτικών ταπήτων είναι η εταιρία Wellman Inc. (www.wellmaninc.com). Το κυρίαρχο παραγόμενο προϊόν τους είναι νάυλον και ρητίνες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καλουπιών στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Η Ford καταναλώνει περίπου 2.6 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα χρησιμοποιημένων ταπήτων για να κατασκευάσει κουκούλες ηλιοπροστασίας. Άλλα προϊόντα που μπορούν να κατασκευαστούν από τάπητες είναι εξαρτήματα για την κατασκευή σιδηροδρόμων, συνθετική ξυλεία, υλικά επένδυσης για προϊόντα που δεν πρέπει να διαβρώνονται εύκολα. κ.α. (περισσότερες εφαρμογές στην σελίδα www.carpetrecovery.org). [2,25]

7.4 Προγραμματισμός συστημάτων για την ανακύκλωση ταπήτων

Ο προγραμματισμός συστημάτων της ανακύκλωσης ταπήτων είναι ένας ευρύς όρος που καλύπτει διάφορα προβλήματα. Προϋπόθεση είναι να υπάρχει κάποιο επίπεδο κεντρικού προγραμματισμού για το σύνολο του συστήματος ανακύκλωσης, παρά να υπάρχει καλή οργάνωση σε τοπικό επίπεδο. Είναι πιθανό ότι θα πρέπει να λύσουμε αρκετά ανακύπτοντα προβλήματα του προγραμματισμού του συστήματος της ανακύκλωσης, εάν σημαντικοί όγκοι τάπητα πρόκειται να εκτραπούν από τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων και να τεθούν σε οικονομική αξιοποίηση.

Ο προγραμματισμός του συστήματος της ανακύκλωσης επειδή είναι ένας σχετικά νέος κλάδος, για τον προσδιορισμό του, βασίζεται κυρίως σε εμπειρικά δεδομένα και σε διάφορες μελέτες εφαρμογής (case-studies). Βάσει των δυο πρώτων εγχειρημάτων ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που εφαρμόστηκαν στις ΗΠΑ, μπορούμε να εντοπίσουμε τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν. Μέσω αυτών, παρέχεται η δυνατότητα να εξελίξουμε τον προγραμματισμό συστημάτων για την ανακύκλωση ταπήτων. Η ανακύκλωση ταπήτων και γενικότερα οποιαδήποτε ανακυκλωτική διαδικασία υλικού, για να εφαρμοστεί σωστά θα πρέπει να

αντιμετωπίσει ένα σύνολο προβλημάτων στρατηγικής. Ο πρώτος τύπος προβλήματος για την ανακυκλωτική διαδικασία τάπητα είναι πώς μπορούν τα προς ανακύκλωση προϊόντα να συλλεχτούν και να μεταφερθούν στους χώρους επεξεργασίας. Το δεύτερο πρόβλημα είναι η επιλογή του ανακυκλωμένου προϊόντος που θα παραχθεί, και βέβαια ποιος θα είναι ο τρόπος παραγωγής του. Ποιες τελικές χρήσεις μπορεί να καλύψει και πώς μπορεί να ποικίλει η ζήτηση βάση της γεωγραφικής θέσης;

Αφού απαντηθούν τα ανωτέρω προβλήματα και δοθεί μια σχετική σταθερότητα στο σύστημα ανακύκλωσης, θα πρέπει να λύνονται προβλήματα στατικής φύσης. Δηλαδή θα πρέπει να είμαστε σε θέση να απαντήσουμε τι ποσότητες ανακυκλωμένων ταπήτων θέλουμε να παράγουμε, τι δομή χρειάζεται για την εφοδιαστική αλυσίδα κ.α. Αρχίζουμε συνεπώς να μοντελοποιούμε ορισμένα προβλήματα, με σκοπό την ορθολογική λήψη αποφάσεων.

7.5 Υπολογισμός των ποσοτήτων ταπήτων που προορίζονται για ανακύκλωση

Μια καλή αφετηρία για το σχέδιο συστημάτων ανακύκλωσης ταπήτων είναι ο υπολογισμός του μεγέθους του πληθυσμού, ο οποίος θα παρέχει τον απαραίτητο όγκο μεταχειρισμένων ταπήτων, για να μπορέσουν να καλυφθούν οι στόχοι για την αναχρησιμοποίησή τους.

Για να γίνει αυτό θα πρέπει να αναπτυχθεί μια θεωρία που θα περιγράφει το πώς ο τάπητας αποσύρεται, σε τι ποσότητες και πώς μπορεί να γίνει αυτό βάσει των στοιχείων που έχουν ήδη συλλεχθεί. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο μέσω προσεγγιστικών μεθόδων, μιας και οι εν δυνάμει ποσότητες τάπητα που μπορούν να οδηγηθούν στην ανακύκλωση δεν είναι προκαθορισμένες, εμπεριέχοντας τον παράγοντα της αβεβαιότητας. Η χρήση ταπήτων σε μια κοινωνία είναι άμεσα συσχετισμένη, με τα υφιστάμενα κτήρια μιας περιοχής, με τον τρόπο ιδιοκτησίας και τρόπο χρήσης αυτών. Ασφαλώς για να διατηρηθούν στοιχεία για τα κτήρια είναι μια δύσκολη υπόθεση λόγω του ότι οι ιδιοκτησίες και οι τρόποι χρήσεις αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται ευρύτατα, διαθέσιμα στοιχεία από

τοπικές-εθνικές απογραφές σε συνδυασμό με πληροφορίες που δημοσιεύθηκαν από εταιρίες για τις πωλήσεις ταπήτων.

Για τις ΗΠΑ ανάλογα στοιχεία έχουν αξιοποιηθεί και προκύπτει ότι τα 2/3 των συνολικών πωλήσεων ταπήτων προορίζονται για αντικατάσταση παλαιών ταπήτων. Σε περίπτωση που γνωρίζουμε και τις ακριβείς πωλήσεις ταπήτων για κάθε χρόνο τότε μπορούμε να υπολογίσουμε με περισσότερη ακρίβεια τον διαθέσιμο όγκο που προορίζεται για ανακύκλωση. Όλα τα ανωτέρω μπορούν να γίνουν κατανοητά μέσω της μελέτης εφαρμογής που αφορά την πολιτεία της Ατλάντα, των ΗΠΑ. Ως έτος βάσης επιλέχθηκε το 2000, κατά το οποίο έγινε μια εμπειριστατωμένη καταγραφή των πωλήσεων σε τάπητες (Floor Covering Weekly, 2000), ενώ την ίδια χρονιά πραγματοποιήθηκε και δημογραφική απογραφή. Το σημαντικό είναι βάσει ποιας χωρικής κλίμακας προήλθαν τα στοιχεία που αφορούν τις πωλήσεις ταπήτων στην Ατλάντα, και για το αν θα πρέπει να γίνουν διαφορετικές υποθέσεις για το ποσοστό ταπήτων που χρησιμοποιούνταν με σκοπό την αντικατάσταση παλαιών ταπήτων. Για την διαφοροποίηση των πωλήσεων στην Ατλάντα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τις εθνικές πωλήσεις, από τις πωλήσεις της συγκεκριμένης πολιτείας, και ο εθνικός ρυθμός αντικατάστασης χρησιμοποιημένων ταπήτων (δύο στους τρεις τάπητες οδηγούνται για αντικατάσταση παλαιών, άρα ο ρυθμός παίρνει την τιμή 0,7). Ο γενικός τύπος για τον υπολογισμό των ταπήτων που οδηγούνται για ανακύκλωση είναι ο ακόλουθος:

$$V_R = \frac{P_M}{P_S} \times \frac{S_S}{S} \times R \times F = \text{ft}^2/\text{year}$$

Όπου S_S είναι ο ετήσιος όγκος πωλήσεων χαλιών εκφρασμένος σε δολάρια. Το F αντιπροσωπεύει τον ετήσιο όγκο εθνικών πωλήσεων, με μονάδα μέτρησης σε δισεκατομμύρια τετραγωνικά πόδια. Το R δηλώνει τον εθνικό ρυθμό αντικατάστασης των ταπήτων (0,7), το P_S τον πληθυσμό της πολιτείας, το P_M τον πληθυσμό της Ατλάντα, και το V_R το συνολικό εμβαδόν των ταπήτων που οδηγούνται προς ανακύκλωση, σε τετραγωνικά πόδια.

Αν γίνει υπολογισμός του V_R μπορούμε εύκολα να βρούμε το βάρος του συνολικού όγκου των ταπήτων που θα οδηγηθούν για ανακύκλωση, αν γνωρίζουμε πόσο ζυγίζει κατά μέσο όρο περίπου ένας τάπητας με εμβαδόν μιας τετραγωνικής γιάρδας (περίπου 1.8 κιλά). Ετησίως ο συνολικά διαθέσιμος τάπητας στην Ατλάντα φτάνει περίπου τα 100 εκατομμύρια λίβρες, το οποίο αντιστοιχεί σε 29λιβρες ανά άτομο.

Οι πωλήσεις ταπήτων θα πρέπει κανονικά να διαχωρίζονται σε δυο κατηγορίες, στις πωλήσεις ταπήτων για οικιακή χρήση και στις υπόλοιπες που είναι για εμπορική-επαγγελματική χρήση. Στο παραπάνω παράδειγμα της Ατλάντα, έγινε η θεώρηση ότι δυο αυτές κατηγορίες αποτελούνε μια ενιαία, για την απλούστευση του μοντέλου.

Στην πραγματικότητα όμως, ο τάπητας που προορίζεται για εμπορική-επαγγελματική χρήση, αντικαθίσταται πιο γρήγορα από αυτόν που χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση. Εξίσου σημαντικό είναι να γίνει διαχωρισμός των ταπήτων βάση του υλικού επίστρωσης με το οποίο κατασκευάζονται οι τάπητες. Οι τάπητες για οικιακή χρήση αποτελούν περίπου το 70 % των πωλήσεων. Ο πίνακας 15 δείχνει κατά προσέγγιση πως κατανέμονται τα ποσοστά των ταπήτων, βάση του τύπου επίστρωσης ινών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους. Η επίστρωση ενός τάπητα μπορεί να είναι δυο τύπων, ή broadloom ή tile. Ο τύπος tile κατασκευάζεται κυρίως από νάυλον και αντιπροσωπεύει το 30 % των εμπορικών-επαγγελματικών πωλήσεων, ενώ η χρήση του έχει δημιουργήσει ήδη μια βιώσιμη αγορά ανακύκλωσης. [2]

Πίνακας 15. Ποσοστιαία κατανομή ταπήτων, βάση του τύπου επίστρωσης ινών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους. [2]

Είδος τάπητα βάση του τύπου επίστρωσης	Εμπορική-επαγγελματική χρήση (%)	Οικιακή χρήση (%)	
		Τύπος Broadloom	Τύπος Tile
Νάυλον 6.6	60	35	
Νάυλον 6	30	25	
Πολυεστέρας	10	15	
Πολυπροπυλένιο	0	10	
Άλλα	0	5	
			Τύπος Tile
Νάυλον	100	0	

7.6 Αρχικά σχέδια συλλογής

Το επόμενο ζήτημα μετά από την εκτίμηση του όγκου των ταπήτων που είναι διαθέσιμοι για συλλογή είναι να γίνει κατανοητό πώς μπορεί να γίνει αποκομιδή από τα αρχικά σημεία παραγωγής του. Αυτό συνιστά ένα δύσκολο εγχείρημα που εξαρτάται από τις τοπικές διατάξεις που βρίσκονται σε ισχύ και αφορούνε το χειρισμό των αποβλήτων και απορριμμάτων από τις συμβεβλημένες με την πολιτεία, εταιρίες ανακύκλωσης. Εναλλακτικές λύσεις υπάρχουν αρκετές όμως τρεις είναι οι πιο κύριες.

7.6.1 Αποκομιδή βασιζόμενη στους λιανοπωλητές.

Σε αυτή την περίπτωση προϋπόθεση είναι οι αγοραστές ταπήτων να αγοράσουν τα προϊόντα από καταστήματα λιανικής πώλησης. Έτσι έχουν την δυνατότητα να διαθέσουν τον παλιό τάπητα στον λιανοπωλητή αντί να τον πετάξουν στα απορρίμματα. Ο καταναλωτής διαθέτοντας τον παλιό τάπητα στον λιανοπωλητή είναι απαραίτητο να πληρώσει ένα μικρό ποσό, το οποίο απεικονίζει το κόστος διάθεσης του τάπητα. Βέβαια μέρος του ποσού αυτού επιστρέφεται στον αγοραστή, με την αγορά νέου τάπητα υπό την μορφή κάποιας έκπτωσης. Έτσι ο καταναλωτής διαθέτει τον παλιό τάπητα σε ένα ειδικό κάδο που υπάρχει στην επιχείρηση του λιανοπωλητή. Αυτή η πρακτική θεωρείται αρκετά λειτουργική μιας και το μεταχειρισμένο προϊόν επιστρέφει πάλι στο αρχικό σημείο πώλησης.

Για να συμβεί αυτό δεν χρειάζεται να τροποποιηθεί σημαντικά η συμπεριφορά του καταναλωτή. Το μειονέκτημα είναι ότι θα πρέπει ο λιανοπωλητής να φέρει ένα χωριστό χώρο όπου θα πρέπει να συγκεντρώνει τους τάπητες και συχνά αυτό είναι δαπανηρό λόγω χωρικής κατανομής ή απαγορεύεται βάσει των νόμων από το καθεστώς ιδιοκτησίας του κτηρίου. Επίσης ένα δεύτερο ζήτημα που ανακύπτει είναι ότι ο χώρος συλλογής των ταπήτων θα πρέπει να είναι καλυπτόμενος και ελεγχόμενος, για την αποφυγή προσμίξεων νερού ή άλλων απορριμμάτων τα οποία θα καταστρέψουν την πρωταρχική δομή των ταπήτων ή θα τα επιβαρύνουν με μολυσματικούς παράγοντες. Αυτή η πρακτική διάθεσης των ταπήτων συνεπάγεται ότι

ο συλλεγόμενος όγκος μεταχειρισμένων προϊόντων, σχετίζεται με τον όγκο των πωλήσεων νέων προϊόντων, συνεπώς χρήσιμα συμπεράσματα μπορούν να βγουν για τον προγραμματισμό συστημάτων για την ανακύκλωση. Δυστυχώς όμως, τέτοια στοιχεία δεν συχνά διαθέσιμα από τους λιανοπωλητές.

7.6.2 Διαχωρισμός από το σύνολο των απορριμμάτων

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο καταναλωτής μπορεί να θεωρήσει ότι είναι φτηνότερο ή και καταλληλότερο να ξεφορτωθεί τον μεταχειρισμένο τάπητα σε ένα σταθμό μεταφόρτωσης απορριμμάτων, είτε σε ορισμένες θέσεις όπου περνούν οχήματα δημοτικής συλλογής απορριμμάτων. Το πρόβλημα με αυτό τον τρόπο ανακύκλωσης είναι ότι οι σταθμοί μεταφόρτωσης θα πρέπει να τροποποιηθούν για να έχουν υπάρχουσες υποδομές, ενώ οι τάπητες που διοχετεύονται σε αυτές τις οδούς μπορεί πολύ εύκολα να έρθουν σε επαφή με νερό και να επιμολυνθούν. Γενικότερα αυτή η λύση δεν είναι ο πιο ελκυστικός τρόπος για να ανακτηθεί ένας τάπητας ακόμα και αν οι σταθμοί μεταφόρτωσης είναι οργανωμένοι. Αρκετές φορές υλικά τα οποία συλλέγονται στα σημεία μεταφόρτωσης καταλήγουν στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων (π.χ. ΧΥΤΑ), για διάφορους λόγους.

7.6.3 Απομάκρυνση από εμπορικούς-επαγγελματικούς χώρους

Ένα ενδεχομένως σημαντικό κανάλι παροχής μεταχειρισμένων ταπήτων είναι αυτό που πηγάζει από χώρους εμπορικής-επαγγελματικής χρήσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο τάπητας μπορεί να συλλέγεται άμεσα από το εν λόγω σημείο, και να διατίθεται απευθείας για ανακύκλωση. Το πλεονεκτήματα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι δεν εμπλέκονται αρκετοί φορείς με την διαχείρισή του, ενώ κατά την επιτόπια αφαίρεση του τάπητα από το κτήριο, μπορεί συγχρόνως να αναγνωριστεί το υλικό κατασκευής και να ταξινομηθεί, γλιτώνοντας χρόνο από τους διαλογείς. Η δομή του κόστους αφαίρεσης των ταπήτων από τέτοιους χώρους, μπορεί να επιτρέψει την ενσωμάτωση μιας υποτυπώδους αμοιβής, στις εταιρίες αποσυναρμολόγησης. Επίσης επειδή αρκετές εταιρίες ενδιαφέρονται για την περιβαλλοντική συνεισφορά

τους, λόγω κοινωνικών πιέσεων, ο κλάδος της αφαίρεσης ταπήτων από εμπορικούς-επαγγελματικούς χώρους αναπτύσσεται θετικά. [2,25,32]

7.7 Εναλλακτικές δομές για την διαλογή και σταθεροποίηση των ταπήτων.

7.7.1 Ανάλυση τεχνολογικών επιλογών συσκευασίας ταπήτων

Μετά την κατάστρωση του σχεδίου συλλογής ταπήτων, το επόμενο βήμα για τη λειτουργία του συστήματος ανακύκλωσης είναι να συνδεθούν οι θέσεις συλλογής με τα τελικά σημεία της χρήσης και επεξεργασίας. Η κύρια απόφαση είναι πως ταξινομούμε και πως συσκευάζουμε τους προς ανακύκλωση τάπητες, διοχετεύοντας τους στην ανακυκλωτική διαδικασία. Με το να συσκευάζουμε τους τάπητες αυξάνουμε την πυκνότητά τους και διευκολύνουμε τον χειρισμό των αποθεμάτων. Με το να ταξινομούμε τους τάπητες, αποστέλλουμε μόνο τα προϊόντα που επιλέγουμε να ανακυκλώσουμε ελαχιστοποιώντας τα έξοδα μεταφοράς. Τα έξοδα μεταφοράς αυξάνονται καθώς μειώνεται η πυκνότητα του φορτίου και τα χρησιμοποιούμενα για συσκευασία υλικά. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται σχετίζονται άμεσα από την διαθέσιμη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Για παράδειγμα ποιοτικός και ανθεκτικός τρόπος συσκευασίας θα πρέπει να χρησιμοποιείται εφόσον η ποσότητα ταπήτων είναι ικανοποιητική, και μόνο όταν θα πρέπει να αποσταλούν σε μακρινές αποστάσεις.

Μια απλή ανάλυση, για το αν θα πρέπει να συσκευάζονται ή όχι με περίπλοκο τρόπο οι τάπητες, είναι ο υπολογισμός των δαπανών και της απόστασης που θα πρέπει να διανυθεί, με τα μέσα μεταφοράς. Για μια γενικευμένη ανάλυση θα πρέπει να γίνουν οι ακόλουθες υποθέσεις:

ι) η συσκευασία στοιχίζει ένα συγκεκριμένο ποσό ανά λίβρα, το οποίο σημαίνει ότι το σταθερό κόστος είναι σχετικά μικρό σε σχέση με το μεταβλητό κόστος. Αυτό δεν είναι απαραίτητο να ισχύει σε όλες τις περιπτώσεις. Για παράδειγμα, αν ο συσκευαζόμενος όγκος ταπήτων ήταν σημαντικά μικρότερος από την συσκευαστική αποδοτικότητα-δυνατότητα, τότε η ανωτέρω θεώρηση αντιστρέφεται.

ii) το μεταφορικό κόστος μεταβάλλεται ανάλογα με το βάρος και τα διανυόμενα χιλιόμετρα. Κυρίως τα χιλιόμετρα επηρεάζουν το μεταφορικό κόστος και λιγότερο το βάρος (δηλαδή έχουμε υψηλό σταθερό κόστος και χαμηλό μεταβλητό κόστος).

Με αυτές τις δυο υποθέσεις, μπορεί να αναπτυχθεί ο ακόλουθος τύπος, που αφορά το κόστος συσκευασίας και μεταφοράς :

$$(C_T \times D) \left(\left[\frac{x}{L_L} \right] - \left[\frac{x}{L_D} \right] \right) - C_B x = 0$$

$$D \approx \frac{C_B L_L L_D}{C_T (L_L - L_D)}$$

Όπου C_T είναι το κόστος ανά μίλι (σε δολάρια), C_B το κόστος συσκευασίας ανά λίβρα (σε δολάρια), D η διανυόμενη απόσταση (σε μίλια), x η ποσότητα ταπήτων που συσκευάζεται-αποστέλλεται το χρόνο (σε λίβρες). Το L_L είναι η χαλαρή πυκνότητα φορτίου (σε λίβρες) και το L_D , η συσκευαζόμενη πυκνότητα φορτίου (σε λίβρες). Ο ακόλουθος πίνακας (πίνακας 16) περιέχει αντιπροσωπευτικές τιμές για το κόστος συσκευασίας και μεταφοράς ταπήτων στις ΗΠΑ.

Πίνακας 16. Αντιπροσωπευτικές τιμές για το κόστος συσκευασίας και μεταφοράς ταπήτων στις ΗΠΑ.[2]

Σύμβολο	Αντιπροσωπευτική τιμή
C_T	1.65 \$
C_b	0.02 \$
D	Υπολογίζεται κάθε φορά
x	Υπολογίζεται κάθε φορά
L_L	25.000 λίβρες
L_D	40.000 λίβρες

Για την διαδικασία της συσκευασίας υπάρχουν πολλές και διαφορετικές τεχνολογίες διαθέσιμες. Ο πίνακας 17 δίνει μερικά τεχνικά χαρακτηριστικά για την διαδικασία συσκευασίας χαμηλής απόδοσης με μηχάνημα κατακόρυφης πρέσας. Οι διαστάσεις ενός συσκευασμένου πακέτου από την εν λόγω τεχνολογία είναι 60x32x48 ίντσες.

Μια άλλη προσέγγιση είναι η χρήση οριζόντιας πρέσας με αυτόματο δέσιμο, η οποία είναι γρηγορότερη αλλά σημαντικά ακριβότερη. Οι πληροφορίες για αυτήν την επιλογή παρέχονται στον πίνακα 18. Μια τέτοια πρέσα θα ήταν αξιοποιήσιμη μόνο για ένα σύστημα υψηλής αποδοτικότητας. Η διαδικασία της συσκευασίας ταπήτων είναι οικονομικά αποδοτική και απαραίτητη για αποστάσεις περίπου των 800 μιλίων. Επίσης για τη διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στην απόσταση και στο κόστος συσκευασίας, χρήσιμο είναι να γίνεται μια ανάλυση ευαισθησίας. Προσαρμόζοντας διάφορες τιμές στον τύπο που αφορά το κόστος συσκευασίας και μεταφοράς μπορούμε να λάβουμε την βέλτιστη λύση.

Πίνακας 17. Αντιπροσωπευτικές τιμές στη χρήση κατακόρυφης πρέσας [2]

	<i>Σύμβολο</i>	<i>Αντιπροσωπευτικές τιμές</i>
Βάρος συσκευασμένου δέματος	<i>WB</i>	1100 λίβρες
Όγκος συσκευασμένου δέματος	<i>VB</i>	53 τετραγωνικά πόδια
Χρόνος συσκευασίας	<i>TB</i>	45 λεπτά
Απαιτούμενο προσωπικό		1 άτομο
Αποδοτικότητα συσκευασιών	<i>FB,MAX</i>	3.67 εκατομμύρια λίβρες
Κεφαλαιουχικές δαπάνες		10.000\$

Πίνακας 18. Αντιπροσωπευτικές τιμές στη χρήση οριζόντιας πρέσας με αυτόματο δέσιμο [2]

	<i>Σύμβολο</i>	<i>Αντιπροσωπευτικές τιμές</i>
Βάρος συσκευασμένου δέματος	<i>WB</i>	1200 λίβρες
Όγκος συσκευασμένου δέματος	<i>VB</i>	53 τετραγωνικά πόδια
Χρόνος συσκευασίας	<i>TB</i>	6 λεπτά
Εργατικό δυναμικό		1 άτομο
Αποδοτικότητα συσκευασιών	<i>FB,MAX</i>	30 εκατομμύρια λίβρες
Κεφαλαιουχικές δαπάνες		300.000\$

7.7.2 Ανάλυση τεχνολογικών επιλογών διαλογής-ταξινόμησης ταπήτων που προορίζονται για ανακύκλωση

Η δεύτερη απόφαση που πρέπει να ληφθεί για ένα πλήρη προγραμματισμό ανακύκλωσης ταπήτων είναι ο προσδιορισμός, ο διαχωρισμός και η ταξινόμηση των ταπήτων. Αυτή η διεργασία μπορεί να υλοποιηθεί πριν και μετά την μεταφορά-συσκευασία τους. Αυτή την περίοδο η πιο κοινή τεχνολογία προσδιορισμού-ταξινόμησης των ταπήτων είναι μέσω κοντινού υπέρυθρου ελέγχου (NIR) που παρέχεται από μηχανήματα (π.χ. Brucker). Οι βασικές παράμετροι λειτουργίας ενός συστήματος ID, είναι η **αναγνώριση του μεγέθους του τάπητα** και έπειτα η ταξινόμησή τους (βάσει του μεγέθους). Χαρακτηριστικά, ο χρόνος που απαιτείται για να γίνει μια αναγνώριση του μεγέθους ενός τάπητα, είναι πολύ μικρότερος από ότι ο χρόνος που χρειάζεται για να περιστραφεί, για την πραγματοποίηση της διαδικασίας.

Η αυτοματοποιημένη ταξινόμηση χαμηλώνει αποτελεσματικά τον απαιτούμενο χρόνο διαχείρισης των υλικών και μπορεί να αυξήσει κατά πολύ τις αποδόσεις. Ένα πρότυπο για την χειρωνακτική διαλογή και ταξινόμηση δίνεται στον πίνακα 19. Για την αυτοματοποιημένη ταξινόμηση, ο χρόνος αναγνώρισης και διαχείρισης των υλικών μπορεί να μειωθεί κατά 15 δευτερόλεπτα, όμως θα απαιτούνταν η επένδυση πρόσθετου κεφαλαίου περίπου 70.000 δολαρίων και ένας επιπλέον εργάτης.

Γίνεται αμέσως προφανές ότι η ικανότητα αναγνώρισης και διαχωρισμού αυξάνεται σημαντικά με την αυτοματοποιημένη ταξινόμηση. Συνεπώς μόνο μια πρέσα κατακόρυφου τύπου, δεν μπορεί να καλύψει την παραγωγή διαχωριζόμενων ταπήτων. Για να εξισορροπηθεί η παραγωγή ταπήτων με την ικανότητα συσκευασίας, θα πρέπει να προστεθούν πολλαπλές κατακόρυφες πρέσες ή εναλλακτικά να επενδυθεί μεγαλύτερο κεφάλαιο στην αγορά εξοπλισμού.

Πίνακας 19. Πρότυπο για τη χειρωνακτική διαλογή και ταξινόμηση [2]

	<i>Σύμβολο</i>	<i>Αντιπροσωπευτικές τιμές</i>
Βάρος τεμαχίου	W_P	50 λίβρες
Χρόνος αναγνώρισης και διαχείρισης	T_{ID}	1 λεπτό
Εργατικό δυναμικό		1 άτομο
Ετήσια απόδοση	$F_{ID, MAX}$	6-7 εκατομμύρια λίβρες
Κεφαλαιουχικές δαπάνες		80.000\$

7.7.3 Κόστη εγκαταστάσεων και εργατικού δυναμικού

Ο προϋπολογισμός των δαπανών, ολοκληρώνεται με τον υπολογισμό του κόστους εργασίας και εγκαταστάσεων που θα στεγαστεί το εγχείρημα της ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Η απαιτούμενη έκταση για την διαχείριση των ταπήτων, την διαλογή-ταξινόμηση και την αποθήκευση τους, κυμαίνεται από 5.000 έως 10.000 τετραγωνικά πόδια. Το κόστος για αυτές τις εκτάσεις κυμαίνεται από μερικά χιλιάδες δολάρια μέχρι και εκατομμύρια, αναλόγως την περιοχή χωροθέτησης. Για τις ΗΠΑ το κόστος προσεγγιστικά ανέρχεται στα 30 με 50 δολάρια ανά τετραγωνικό πόδι, τον χρόνο. Εντούτοις, η απαιτούμενη έκταση ορίζεται βάση των ποσοτήτων ταπήτων, οι οποίες θα οδηγηθούν για ανακύκλωση. Επίσης οι αμοιβές του εργατικού δυναμικού σε αντίστοιχες εγκαταστάσεις ανακύκλωσης στις ΗΠΑ αγγίζουν τα 10 δολάρια ανά ώρα και φτάνουν μέχρι τα 23.40.

Συμπερασματικά για τον σωστό προγραμματισμό συστημάτων ανακύκλωσης ταπήτων θα πρέπει να αναλύσουμε όλα τα σενάρια αποτυχίας του εγχειρήματος. Εάν θέλουμε να παρέχουμε σωστό προγραμματισμό συστημάτων αναγκαίο είναι να κινηθούμε προς δυο κατευθύνσεις : την διαχείριση της αβεβαιότητας και την εξέλιξη του ίδιου του συστήματος ανακύκλωσης με την πάροδο του χρόνου.

Η διαχείριση της αβεβαιότητας απέναντι σε διάφορες παραμέτρους των συστημάτων, επιλύεται με την εύρεση της εύρωστης λύσης, που εγγυάται την σωστή λειτουργία όλης της διαδικασίας. Αναπτύσσεται λοιπόν ένα σύνολο σεναρίων από έναν λήπτη αποφάσεων (decision maker) και επιλέγεται αυτό που εξυπηρετεί καλύτερα τους

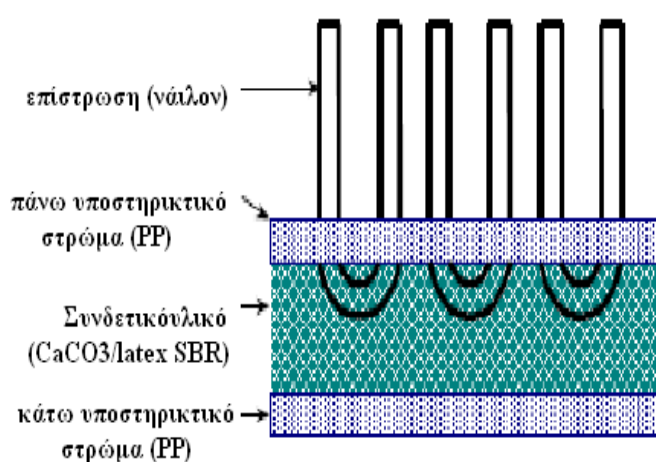
στόχους του προγραμματισμού. Ένα από τα πιο συνήθη προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην ανακύκλωση των ταπήτων είναι οι ποσότητες που προσλαμβάνονται για ανακύκλωση. Η μέθοδος λήψης απόφασης κρίνεται ίσως το πιο σημαντικό εργαλείο για τον προγραμματισμό, αλλά και την μελλοντική πορεία της ανακυκλωτικής διαδικασίας.

Η δεύτερη κατεύθυνση στην οποία τα πρότυπα προγραμματισμού πρέπει να εστιάσουν είναι η εξέλιξη του ίδιου του συστήματος ανακύκλωσης με την πάροδο του χρόνου. Η εξέλιξη αποτελεί ένα δύσκολο ζήτημα μιας και σε κάθε σύστημα τα αποτελέσματα των διορθωτικών κινήσεων δεν είναι άμεσα ορατά. Συνεπώς ενώ γίνονται κινήσεις προς τον τομέα της εξέλιξης τα αποτελέσματα μπορούν να εμφανιστούν στο απώτερο μέλλον. Επιπλέον για να εξελιχθεί ένα σύστημα απαιτείται εμπειρία και χρόνος. [2]

7.8 Τεχνολογίες ανακύκλωσης ταπήτων

Ένα μεγάλο ποσό ινωδών απορριμμάτων παράγονται κάθε έτος, το οποίο αποτελείται από ποικίλα συνθετικά και φυσικά πολυμερή. Συχνά, οι διαφορετικοί τύποι πολυμερών και άλλων υλικών είναι συνδεδεμένοι για να διαμορφώσουν ένα προϊόν. Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων είναι τα συνδυασμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, οι τάπητες, και οι ταινιόδρομοι μεταφοράς που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανίες και αεροδρόμια. Ένα μεγάλο μέρος των κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων μπορούν να συλλεχθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν άμεσα. Για παράδειγμα, είδη ενδυμασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πανιά για στίλβωση και σκούπισμα σε βιομηχανικές χρήσεις. Μέσω του τεμαχισμού των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, τα παραγόμενα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πλήρωση προϊόντων (π.χ. στρωμάτων, μαξιλαριών κ.α.). Όσον αφορά τους μετα-καταναλωτικούς τάπητες, η διαδικασία ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησής τους είναι ένα πολυσύνθετο πρόβλημα, που χρειάζεται εκτενή επεξεργασία για να μετατραπούν σε προϊόντα.

Ο θυσανωτός τύπος τάπητα, ο οποίος είναι και ο πιο κοινά χρησιμοποιούμενος τύπος (90 %) όπως φαίνεται και στο σχήμα 29, αποτελείται χαρακτηριστικά από δύο υποστηρικτικά στρώματα (συνήθως υφάσματα πολυπροπυλενίου), που ενώνονται με ανθρακικό ασβέστιο και με συμπολυμερές λατέξ βουταδιενίου-στυρενίου (SBR). Οι ίνες επίστρωσης στην πλειοψηφία τους είναι κατασκευασμένες από νάυλον 6 και νάυλον 6.6, και είναι θυσανωτές στο πάνω υποστηρικτικό στρώμα. Το SBR είναι ένα θερμοσκληρυνόμενο υλικό, το οποίο δεν μπορεί να επανατηχθεί ή να αναδιαμορφωθεί. [2,37]



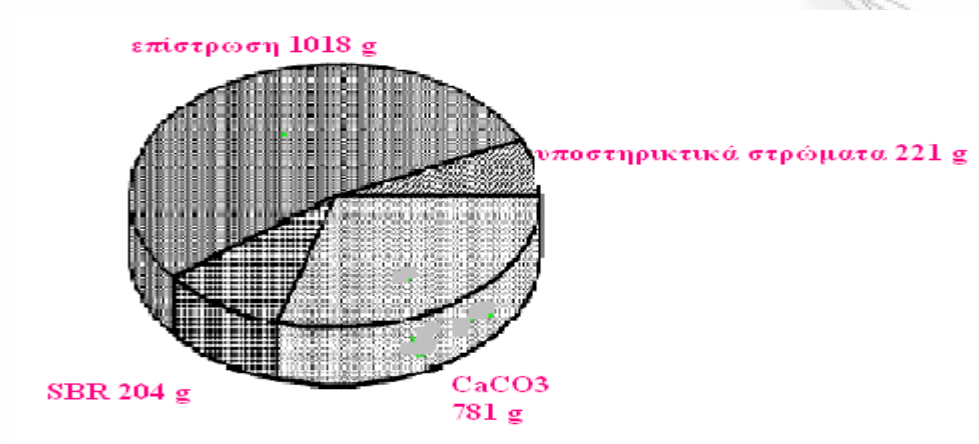
Σχήμα 29 : Ο κοινός θυσανωτός τύπος τάπητα, σχηματική απεικόνιση



Εικόνα 19 : Πραγματική μορφή του θυσανωτού τύπου τάπητα

Συνεπώς τα απορρίμματα τα οποία περιέχουν SBR, είτε προέρχονται από μετακαταναλωτική χρήση, είτε από βιομηχανική διαδικασία, δεν έχουν βρει κάποια κατάλληλη εφαρμογή χρήσης, και είναι ο κύριος όγκος των τμημάτων των ταπήτων,

που οδηγούνται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων. Το σχήμα 30 δείχνει την κατά βάρος σύσταση των υλικών που απαντώνται σε έναν τάπητα. [2,38]



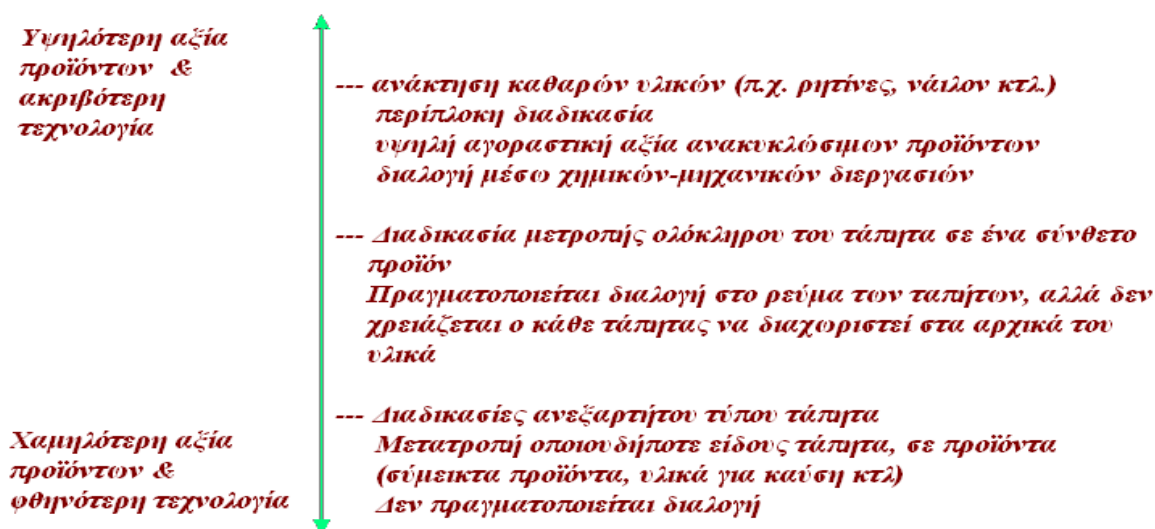
Σχήμα 30 : Η κατά βάρος σύσταση των υλικών που απαρτίζουν έναν τάπητα

Σύμφωνα με στατιστικές μετρήσεις αμερικανικών βιομηχανιών κατασκευής ταπήτων, η συνολική κατανάλωση ινών το 2001, ήταν περίπου 1.4 εκατομμύρια τόνοι. Από το σύνολο αυτών, 60 % είναι νάυλον, 29 % πολυολεφίνες, 10 % πολυεστέρας, και 0.3 % μαλλί. Από το σύνολο των ινών επιστροφής το 40 % είναι νάυλον 6, και το 60 % είναι νάυλον 6.6. Περίπου το 70 % των ταπήτων που παράγονται προορίζονται για την αντικατάσταση κάποιου παλαιού τάπητα. Ενώ ο χρόνος για την αντικατάσταση ενός τάπητα είναι 5-10 έτη. Η ποσότητα απόρριψης ταπήτων στις ΗΠΑ είναι περίπου 2-3 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο και περίπου 4-6 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο παγκοσμίως.

Ο τύπος τάπητα που οδηγείται για ανακύκλωση ταξινομείται σύμφωνα με τον χρησιμοποιούμενο τύπο ινών επιστροφής. Όμως ένας τάπητας που έχει επιστροφή από νάυλον 6, περιέχει εκτός από αυτό το υλικό και πολυπροπυλένιο, κόλλες (π.χ. λατέξ, ανθρακικό ασβέστιο κ.α.). Το νάυλον μεταξύ όλων των συνθετικών ινών αποτελεί ίσως το καλύτερο υλικό για επιστροφή σε τάπητες, αλλά είναι επίσης το ακριβότερο.

Οι χαρακτηριστικές τιμές ανά κιλό για διάφορα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι οι ακόλουθες: νάυλον 2.50 δολάρια, πολυεστέρας 1.20 δολάρια και πολυπροπυλένιο 0.75 δολάρια. Οι παραπάνω τιμές είναι σημαντικές όχι μόνο κατά την φάση

παραγωγής ταπήτων αλλά και στο στάδιο ανακύκλωσής τους, αφού μερικά ανακτώμενα υλικά είναι ιδιαιτέρως προσοδοφόρα. Για παράδειγμα, αν χρειάζεται η ίδια διαδικασία για την μετατροπή δυο ειδών ινών σε ρητίνες, πχ νάυλον και πολυπροπυλένιο, η ανακύκλωση του νάυλον είναι πιο επικερδής. Ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία ανακύκλωσης ταπήτων, προκύπτει και το αντίστοιχο προϊόν από πλευράς ποιότητας. Για παράδειγμα, αν θέλουμε κατά την επεξεργασία ενός τάπητα να παράγουμε καθαρά προϊόντα (π.χ. ρητίνες, νάυλον κτλ) θα πρέπει να γίνει επιλογή ακριβής τεχνολογίας. Βέβαια το καθαρό, παραγόμενο προϊόν μπορεί να διατεθεί σε υψηλή τιμή και έτσι το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας αντισταθμίζεται κατά κάποιο τρόπο. Το ίδιο συμβαίνει αν επιλέξουμε να παράγουμε ένα προϊόν σύμμεικτο, που δηλαδή δεν αποτελείται από ένα μόνο υλικό αλλά από πολλά. Τότε το κόστος της επιλεγόμενης τεχνολογίας είναι αρκετά μικρότερο, αλλά και τα κέρδη από την πώληση του σύμμεικτου υλικού μικρότερα. Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στο σχήμα 31.



Σχήμα 31 : Σχέση αξίας παραγόμενου ανακυκλώσιμου προϊόντος και χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας

7.9 Ταξινόμηση ταπήτων βάσει της αναγνώρισης υφαντικών ινών

Σε πολλές διαδικασίες ανακύκλωσης υφάσματος, όπως ο αποπολυμερισμός του νάυλον, και η ανάκτηση ρητινών από πολυμερή απαιτείται η ταξινόμηση των

προϊόντων σύμφωνα με τον τύπο των ινών. Για τους τάπητες, η διαλογή-ταξινόμηση γίνεται σύμφωνα με τον τύπο των ινών της επίστρωσης. Ένα μηχάνημα το οποίο αναγνωρίζει το σημείο τήξης, είναι ένα όργανο με χαμηλό κόστος, το οποίο μπορεί να αναγνωρίσει τους περισσότερους τύπους υφαντικών ινών, αλλά είναι γενικά αργό και δεν μπορεί να διακρίνει το νάυλον 6.6 από τον πολυεστέρα.

Η διαλογή μέσω υπέρυθρων ακτίνων και η φασματοσκοπία κατά Raman είναι περισσότερο αποδοτικές μέθοδοι. Στον πίνακα 20 γίνεται μια σύγκριση ανάμεσα στις μεθόδους διαλογής ταπήτων. Η συλλογή ταπήτων περιλαμβάνει τη συλλογή από τους μεμονωμένους σταθμούς, έπειτα αποστέλλονται σε περιφερειακές αποθήκες, και τέλος μεταβαίνουν στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Η ταξινόμηση αυτή μπορεί να γίνει είτε καθώς ο τάπητας συλλέγεται ή σε μια κεντρική μονάδα διαλογής. Ένα φορητό υπέρυθρο φασματοφωτόμετρο έχει αναπτυχθεί για αυτή την διεργασία από τους Kir et al., το οποίο είναι ελαφρύ και χρησιμοποιεί μπαταρίες για την παροχή ενέργειας. Έχει σχεδιαστεί για να προσδιορίζει τις κοινές υφαντικές ίνες επίστρωσης ταπήτων: νάυλον 6, νάυλον 6.6, πολυπροπυλένιο, πολυεστέρα και μαλλί. Μη αναγνωρίσιμες ίνες, είτε λόγω των συνθηκών λειτουργίας είτε λόγω του ότι οι τύποι των ινών δεν ανήκουν στους προαναφερόμενους αναγνωρίζονται από το μηχάνημα σαν αγνώστου μορφής. Μια τέτοια φορητή συσκευή, χαμηλού κόστους, είναι κατάλληλη για την διαλογή-ταξινόμηση σε κάθε σημείο συλλογής ταπήτων. Η διαλογή μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί και σε μια μεγαλύτερη μονάδα υψηλότερης δυναμικότητας. Το όργανο αναγνώρισης συνδέεται με έναν πίνακα τροφοδοτούμενο με εναλλασσόμενο ρεύμα ο οποίος καταγράφει στοιχεία της διαδικασίας, αναλύει και παρουσιάζει δεδομένα ενώ ελέγχει και διάφορα στάδια. Στις εγκαταστάσεις αυτοματοποιημένης διαλογής, οι τάπητες οδηγούνται σε ταινιόδρομους, περνούν από τον σένσορα αναγνώρισης των ινών, και κατευθύνονται σε διαφορετικά μονοπάτια, βάση του τύπου ινών επίστρωσης. [2,37,39]

Πίνακας 20. Σύγκριση τεχνολογιών διαλογής ταπήτων[2]

	<i>Mid-IR</i>	<i>Near-IR</i>	<i>Raman</i>
Σύστημα βαθμολόγησης (calibrations)	Απλό	Σύνθετο	απλό

Ακρίβεια	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Ταχύτητα	Αργή	Πολύ γρήγορη	Γρήγορη
Δειγματοληψία	Ναι	Ιδανικό	Καλή
Αρχικό κόστος	Χαμηλό	Ενδιάμεσο	Υψηλό
Λειτουργικό κόστος	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό

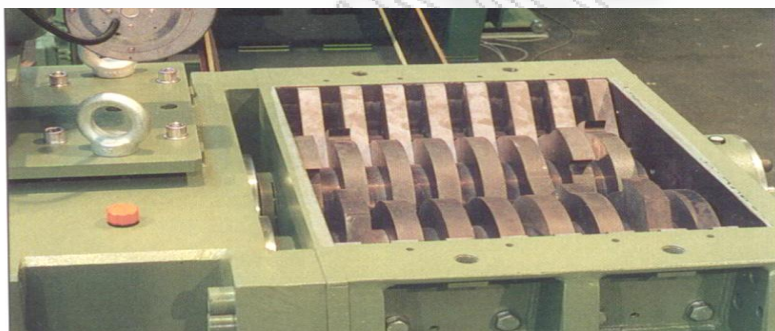
7.10 Μείωση μεγέθους

Η μείωση του μεγέθους των ταπήτων για την διευκόλυνση της διαδικασίας ανακύκλωσης συχνά είναι απαραίτητη. Για το λόγο αυτό, τα μεγάλα κομμάτια τάπητα κόβονται σε μικρότερα μεγέθη. Η μείωση του μεγέθους επί τω πλείστον επιτελείται μέσω μηχανικών διεργασιών, ενώ οι πιο διαδεδομένες είναι ο τεμαχισμός (shredding) και η άλεση (grinding). Διάφοροι τύποι εξοπλισμού είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο για την επεξεργασία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ειδικότερα ταπήτων. Στην εικόνα 20 και 21 φαίνονται δυο τύποι μηχανημάτων τεμαχισμού ταπήτων. Σε μια συνηθισμένη διαδικασία τεμαχισμού, τα προϊόντα κόβονται από ένα περιστροφικό τύμπανο στο οποίο έχουν τοποθετηθεί σκληρές λεπίδες. Η κοπή γίνεται σε μια πλατφόρμα, η οποία είναι εξίσου ανθεκτική και το τεμαχισμένο υλικό μεταφέρεται για κοσκίνηση σε σχάρα με προκαθορισμένα ανοίγματα. [2]



Εικόνα 20 : Τύπος μηχανήματος τεμαχισμού ταπήτων.

Κομμάτια που έχουν μικρότερο μέγεθος από τα ανοίγματα της σχάρας διαχωρίζονται και προχωρούν στην διαδικασία της ανακύκλωσης, τα κομμάτια που είναι μεγαλύτερα και δεν διαπερνούν από την σχάρα ανατροφοδοτούνται στην αρχική είσοδο για επανατεμαχισμό. Αν και τα μηχανήματα τεμαχισμού ταπήτων φαίνονται να είναι παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται για τον τεμαχισμό άλλων τύπων απορριμμάτων όπως το ξύλο, δεν είναι. Ο σχεδιασμός των μηχανημάτων που προορίζονται για τον τεμαχισμό ινωδών απορριμμάτων, εστιάζει στην δημιουργία αιχμηρών λεπίδων, οι οποίες δεν απέχουν πολύ μεταξύ τους για να μην μπορούν να μπλέκονται τα διάφορα κομμάτια μεταξύ τους. Για την διαδικασία τεμαχισμού, κατάλληλη είναι η παροχή υψηλής ροπής και χαμηλής περιστροφικής ταχύτητας του τυμπάνου, που φέρει τις λεπίδες. Όλα αυτά εφαρμόζονται προκειμένου να αποφευχθεί, η θέρμανση και η τήξη των πολυμερών. Οι σύγχρονες μηχανές τεμαχισμού ταπήτων είναι εξαιρετικά αποδοτικές, απαιτούν ελάχιστα ποσά για συντήρηση, ενώ για την λειτουργία τους το κόστος είναι μηδαμινό.



Εικόνα 21 : Μηχάνημα τεμαχισμού ταπήτων

7.11 Μηχανικός διαχωρισμός τμημάτων των ταπήτων

Διάφορες μηχανικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των τμημάτων των ταπήτων. Αφού γίνει διαχωρισμός ενός ή περισσοτέρων συστατικών, τότε μπορούν να ανακυκλωθούν και να δημιουργηθούν νέα προϊόντα που ανταγωνίζονται εύκολα, προϊόντα που παράγονται από παρθένα πολυμερή.

Η αμερικανική εταιρία Dupont, μια από τις μεγαλύτερες χημικές βιομηχανίες παγκοσμίως, αναπτύσσει μια ξηρή διαδικασία (dry process), για τους τάπητες που είναι κατασκευασμένοι από νάυλον 6.6. Αρχικά υπάρχουν κάποια στάδια μείωσης του μεγέθους και έπειτα ακολουθούν τα βήματα διαχωρισμού. Αυτή η διαδικασία παρέχει ένα ξηρό μίγμα που αποτελείται από 50-70 % νάυλον, 15-25 % πολυπροπυλένιο, 15-20 % λατέξ, υλικά πληρώσεως και διάφορα κατάλοιπα (π.χ. σκόνη). Το επόμενο βήμα είναι η προσθήκη νερού, όπου οι τεμαχισμένες ίνες πλένονται και διαχωρίζονται βάσει των διαφορετικών πυκνοτήτων που έχουν (άλλη πυκνότητα έχει το νάυλον και άλλη το πολυπροπυλένιο). Έτσι προκύπτουν δυο ρεύματα υλικών, ένα κατά 98 % καθαρό νάυλον και ένα κατά 98 % καθαρό πολυπροπυλένιο. Το ανακυκλωμένο νάυλον στην συνέχεια, συντίθεται με το παρθένο νάυλον σε μια αναλογία 1:3, για την παραγωγή ανταλλακτικών που χρησιμοποιούνται στις αυτοκινητοβιομηχανίες.

Επίσης, ένα σύστημα φυγοκέντρισης έχει αναπτυχθεί, για τον διαχωρισμό ταπήτων που είναι φτιαγμένοι από νάυλον. Το σύστημα αυτό διαχωρίζει τον τάπητα σε νάυλον, πολυπροπυλένιο και σε κολλώδη συστατικά (λατέξ και υλικά πληρώσεως). Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα περιστροφικό τύμπανο, το οποίο στρέφεται με υψηλή ταχύτητα ώστε η κεντρομόλος επιτάχυνση να είναι 1000 έως 1500 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την επιτάχυνση της βαρύτητας. Σε πρώτο στάδιο, ένα υγρό με πυκνότητα 1.15 g/cm^3 χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τις ίνες (νάυλον και πολυπροπυλενίου) από τα κολλώδη συστατικά. Σε δεύτερο στάδιο, χρησιμοποιείται ένα υγρό με πυκνότητα 1.0 g/cm^3 (π.χ. νερό), όπου διαχωρίζει περαιτέρω το νάυλον από το πολυπροπυλένιο.

Μερικές διαδικασίες, διαχωρίζουν τα συστατικά των ταπήτων χωρίς να χρησιμοποιήσουν το βήμα μείωσης του μεγέθους των ταπήτων. Η εταιρία United Recycling, ξεκινά την διαδικασία διαχωρισμού με το ψαλίδισμα των ινών πρόσοψης, για να απελευθερωθούν και να ανοίξουν οι θυσανωτοί σχηματισμοί. Στο επόμενο στάδιο, ο τάπητας «βομβαρδίζεται» με έναν συνδυασμό αέρα και ατμού για να χαλαρώσουν τα στηρικτικά υποστρώματα που αποτελούνται από πληρωτικό υλικό ανθρακικού ασβεστίου και λάτεξ. Τα δύο στηρικτικά υποστρώματα αποκολλώνται (ξεφλουδίζονται) με μηχανικό τρόπο, και αποκαλύπτεται το υποστηρικτικό στρώμα πολυπροπυλενίου. Το κόστος αυτής της διαδικασίας είναι χαμηλό και παράγεται ένα ρεύμα προϊόντων με 93-95% καθαρές ίνες επίστρωσης. Άλλες διαδικασίες χρησιμοποιούν νερό υψηλής πίεσης ή μπριγκέτες ξηρού πάγου. Οι μπριγκέτες εκτοξεύονται στα τμήματα των προς ανακύκλωση ταπήτων, αφού έχουν αποσυναρμολογηθεί. Οι μπριγκέτες παγώνουν το συνδετικό υλικό που χρησιμοποιείται για την συναρμολόγηση των ταπήτων (συνήθως λατέξ). Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες τα υλικά αυτά είναι εύθραυστα, και εύκολα μπορούν να διαλυθούν. Οι ξηρές μπριγκέτες πάγου εξαχνώνονται άμεσα σε αέριο χωρίς οποιαδήποτε υγρά υπολείμματα. Αυτή η διαδικασία εξαλείφει την ανάγκη για αυξημένες μηχανικές λειτουργίες επεξεργασίας, εξοικονομώντας ενέργεια και αποφεύγοντας την πιθανή χημική ρύπανση.

7.12 Ανάκτηση του νάυλον από τους τάπητες μέσω διάλυσης-επανακαταβύθισης

Η ανάκτηση με διάλυση-επανακαταβύθιση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως, για το διαχωρισμό του νάυλον υψηλής αξίας, από τα απορρίμματα ταπήτων. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι διαλύτες είναι αλειφατικές αλκοόλες, αλκυλικές φαινόλες και υδροχλωρικό οξύ. Μια από τις διαδικασίες διάλυσης-επανακαταβύθισης που έχουν εφαρμοστεί είναι αυτή που αναφέρει ο Booij (Booij et al, 'Process for Recycling Polyamidecontaining Carpet Waste, 1997).

Τα απορρίμματα ταπήτων τεμαχίζονται σε κομμάτια, επιφάνειας 0.5-20 cm², και αυτά αναμιγνύονται με ένα διαλύτη, όπως για παράδειγμα η μεθανόλη. Η αναλογία βάρους

του διαλύτη που απαιτείται σε σύγκριση με το βάρος των απορριμμάτων των ταπήτων είναι 5/20. Σαν απαιτούμενο χρόνο διαχωρισμού, τα 60 λεπτά είναι επαρκή για να διαλύσουν το νάυλον 6, σε συνθήκες θερμοκρασίας 135-140°C και πίεσης 0.2-2 MPa. Τα στερεά στοιχεία έπειτα φιλτράρονται, και το διάλυμα ψύχεται, με αποτέλεσμα το νάυλον να καταβυθίζεται. Το νάυλον που ανακτάται διατηρεί το 90 % του σχετικού ιξώδους, του αρχικού νάυλον που είχε χρησιμοποιηθεί στον τάπητα. Η παρατήρηση αυτή μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το νάυλον δεν δέχεται σοβαρή υποβάθμιση, κατά τη διαδικασία ανάκτησής του. Επιπλέον, η παραγωγή του νάυλον από την διαδικασία της διαλυτοποίησης είναι υψηλή (πάνω από 90%). Τα μειονεκτήματα της ανάκτησης με διαλυτοποίηση είναι: η ποσότητα των απαιτούμενων χημικών ουσιών, οι αυξημένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που αποτελούν προϋπόθεση, και ο απαιτούμενος χρόνος.

Σαν εναλλακτική λύση προτείνεται η χρήση υδροχλωρικού οξέος ως διαλύτη. Το υδροχλωρικό οξύ, σε σύγκριση με την μεθανόλη, απαιτεί χαμηλότερη θερμοκρασία (20 έως 100°C) και λιγότερο χρόνο για την διαλυτοποίηση (2 έως 30 λεπτά). Βασιζόμενοι σε δεδομένα μέτρησης του σχετικού ιξώδους, το ανακυκλωμένο νάυλον δεν δέχεται καμία υποβάθμιση. Όμως, σαν διαλύτης το υδροχλωρικό οξύ δεν είναι ανακυκλώσιμο λόγω της αντίδρασης του με το υλικό πληρώσεως, δηλαδή το ανθρακικό ασβέστιο, που βρίσκεται στους τάπητες.

Μια άλλη προσέγγιση για τον διαχωρισμό των τμημάτων των ταπήτων είναι η χρήση της μεθόδου υπερκρίσιμων υγρών (SCF) με διαδικασία ανάδευσης (Sikorski M.E.(1993) & Kasserra H.P.1998). Η διαλυτότητα των πολυμερών αλλάζει με την εναλλαγή πίεσης και θερμοκρασίας του χρησιμοποιούμενου SCF. Ο Sikorski, αποκάλυψε ότι τα μεμονωμένα πολυμερή στους τάπητες, μπορούν να διαχωρίζονται διαδοχικά χρησιμοποιώντας έναν τύπο SCF, όπως το CO₂, αυξάνοντας την θερμοκρασία και την πίεση. Ωστόσο υψηλές θερμοκρασίες (περίπου 170-210°C), και υψηλές πιέσεις (500-1000 atm) απαιτούνται για να διαλυθούν διάφορα πολυμερή με SCF. Μια άλλη πρακτική επιτρέπει τον διαχωρισμό των απορριμμάτων των ταπήτων, σε θερμοκρασία δωματίου και μέτρια πίεση (Griffith A. T., Park Y. and Roberts C. B., 1999). Μέχρι και νάυλον περιεκτικότητας 2.3 % κατά βάρος, μπορεί να διαλυθεί σε διάλυμα μυρμηκικού οξέος περιεκτικότητας 88 % κατά βάρος. Έπειτα το υπερκρίσιμο CO₂, σαν μη-διαλύτης προστίθεται για να καταβυθίσει το νάυλον, σε

θερμοκρασία 40°C και πίεση μεταξύ 84 και 125 atm. Και ο διαλύτης και ο μη-διαλύτης μπορούν να ανακυκλωθούν, ενώ ολόκληρη η διαδικασία ελέγχεται εύκολα και το ανακτημένο νάυλον είναι υψηλής ποιότητας. [2, 25]

7.13 Αποπολυμερισμός του νάυλον

Το νάυλον, είναι ένα υλικό υψηλής αξίας, σε σύγκριση με άλλα πολυμερή, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ταπήτων. Σαν αποτέλεσμα της υψηλής του αξίας, το χρησιμοποιημένο νάυλον, αντιμετωπίστηκε εξαρχής σαν μια πρώτη ύλη που πρέπει να επαναχρησιμοποιηθεί για να παραχθεί παρθένο νάυλον. Ένας από τους κατάλληλους τρόπους για να επιτευχθεί αυτό είναι η διαδικασία του αποπολυμερισμού.

Η πλειοψηφία των πολυαμιδίων που χρησιμοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς είναι το νάυλον 6.6 και το νάυλον 6. Οι μεταχειρισμένοι τάπητες συλλέγονται, ταξινομούνται και υποβάλλονται σε τεμαχισμό μέσω μηχανικής διαδικασίας, πριν αποπολυμεριστούν.

Το νάυλον 6 παράγεται από τον πολυμερισμό ενός απλού μονομερούς, της καπρολακτάμης (caprolactam), και η διαδικασία μπορεί να αντιστραφεί. Η χημική ανακύκλωση ταπήτων των οποίων οι ίνες επίστρωσης είναι φτιαγμένες από νάυλον 6, συνιστούν πλέον μια διαδικασία ανακύκλωσης κλειστών βρόγχων για τα απορρίμματα. Οι ανακτημένες ίνες επίστρωσης από νάυλον 6, στέλνονται σε έναν αντιδραστήρα αποπολυμερισμού και υποβάλλονται σε επεξεργασία παρουσία υπέρθερμου ατμού και κάποιου καταλύτη έτσι ώστε να παραχθεί καπρολακτάμη (caprolactam). Η ακατέργαστη καπρολακτάμη υπόκειται σε απόσταξη και πολυμερίζεται σε νάυλον 6. Η ανακτημένη καπρολακτάμη μπορεί να συγκριθεί με το παρθένο υλικό καπρολακτάμης σε καθαρότητα. Το επαναπολυμερισμένο νάυλον 6, μετατρέπεται σε νήμα και με ειδική επεξεργασία σχηματίζει θυσάνους (τούφες) που χρησιμοποιούνται για την δομή του νέου τάπητα. Οι παραγόμενοι τάπητες που κατασκευάζονται από αυτή την διαδικασία έχουν παρόμοιες ιδιότητες με εκείνους που κατασκευάζονται από παρθένο υλικό καπρολακτάμης.

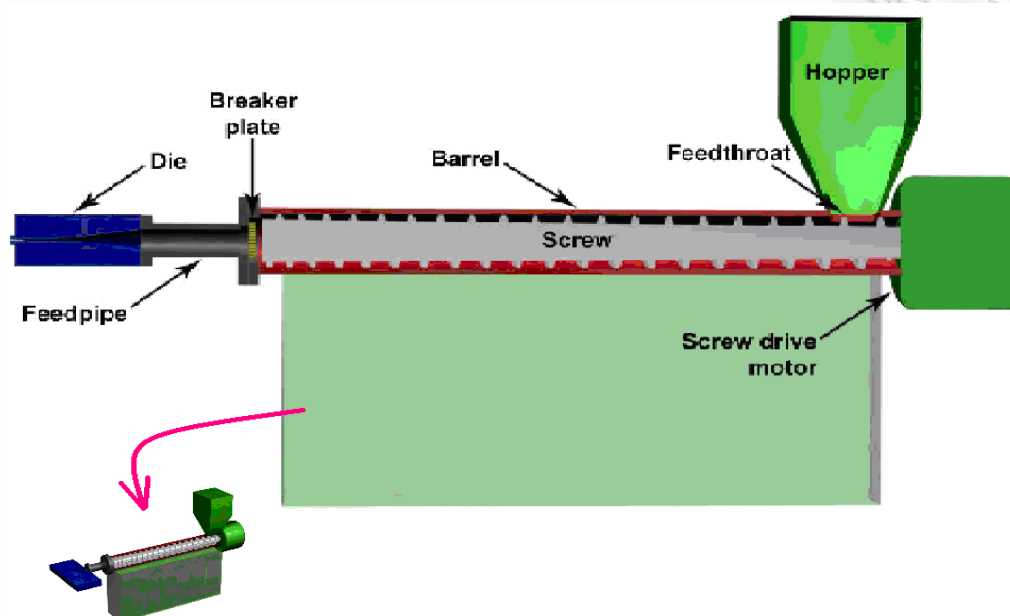
Πολλά προγράμματα ανακύκλωσης ταπήτων εφαρμόζουν την τεχνική του αποπολυμερισμού για την παραγωγή νέων ταπήτων. Παράδειγμα εφαρμογής είναι, το πρόγραμμα «Dix Again» που εφαρμόζεται με επιτυχία στην Αμερική, το οποίο μάλιστα είναι υπεύθυνο και για την συλλογή των μεταχειρισμένων ταπήτων. Άλλα προγράμματα ανακύκλωσης που εφαρμόσαν την διαδικασία του αποπολυμερισμού ήταν αυτό της εταιρίας Evergreen Nylon Recycling (ΗΠΑ), το Polyamid 2000 (Γερμανία) και το Carpet Recycling Europe (Ευρώπη). [2]

7.14 Διαδικασία ανάτηξης

Η διαδικασία τήξης μέσω εκβολής μπορεί να μετατρέψει τα θερμοπλαστικά πολυμερή σε μπριγκέτες ρητίνης. Αν συνδυαστούν μαζί περισσότεροι του ενός τύποι πολυμερών, τότε η διαδικασία χαρακτηρίζεται ως ανάμειξη (compounding), και οι παραγόμενες μπριγκέτες ως μίγματα πολυμερών. Οι τάπητες ή άλλα ινώδη απόβλητα θα πρέπει χαρακτηριστικά να υποβληθούν σε μια διαδικασία μείωσης του μεγέθους τους. Αφού τεμαχιστούν τα υλικά για να μειωθεί ο όγκος τους απαιτείται μια χωριστή διαδικασία, για να αυξηθεί η πυκνότητα του, ή διοχετεύεται σε εκβολέα (εικόνα 21), από έναν ειδικά σχεδιασμένο τροφοδότη. Ενσωματωμένα συστήματα τροφοδότησης, ταινιόδρομων μεταφοράς, τεμαχισμού, και εκβολέα είναι διαθέσιμα για την μετατροπή των ταπήτων σε μπριγκέτες. Τέτοια συστήματα απαιτούν λιγότερο χώρο, είναι ευκολότερα στην χρήση και στον καθαρισμό τους και έχουν ασφαλώς χαμηλότερο κόστος από άποψη χρήσης ενέργειας, αλλά και συντήρησης. Τα μηχανήματα εκβολής μπορεί να είναι μονοκόχλια ή δικόχλια, ανάλογα με την επιθυμητή πυκνότητα για το παραγόμενο προϊόν, χρησιμοποιούμε και τον κατάλληλο τύπο μηχανήματος διέλασης. Κάθε σύστημα εκβολής διαθέτει σημεία απαερίωσης ή και δυνατότητα εφαρμογής κενού ή ροής αδρανούς αερίου, με στόχο την αφαίρεση πτητικών αερίων, της υγρασίας, και των άλλων καταλοίπων.

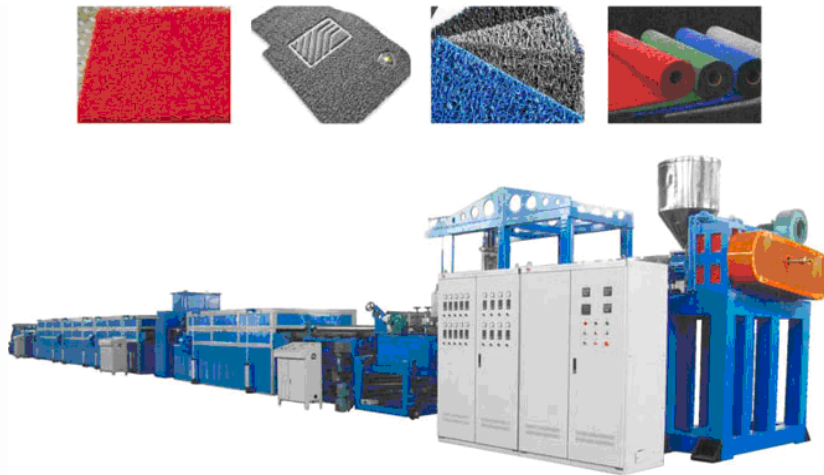
Στο σύστημα εκβολής, το τήγμα του πολυμερούς εξωθείται μέσω μιας οπής (μήτρας) για να διαμορφώσει πολυμερικά σώματα, τα οποία ψύχονται και τεμαχίζονται σε μπριγκέτες. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανημάτων κοκκοποιητών ανάλογα με το σύστημα ψύξης που εφαρμόζεται μετά την εκβολή. Μερικά είδη είναι : i) water ring

pelletizers, ii) underwater pelletizers, iii) strand pelletizers, τα οποία φαίνονται αντίστοιχα στις εικόνες 23,24 και 25 αντίστοιχα. Ανάλογα τον τύπο ανακυκλωμένου πολυμερούς που παράγεται χρησιμοποιείται και διαφορετικός τύπος μηχανήματος κοπής σε μπριγκέτες.



Εικόνα 22 : Μηχάνημα διέλασης ταπήτων (με μονή βίδα)

Για παράδειγμα για το πολυαιθυλένιο που έχει χαμηλό σημείο τήξης χρησιμοποιείται ο τύπος water ring. Οι τύποι μηχανημάτων παραγωγής μπριγκέτων strand και underwater, μπορούν και επεξεργάζονται ένα ευρύτερο φάσμα πολυμερών, συμπεριλαμβανομένου του νάυλον, του πολυεστέρα, και του πολυπροπυλενίου. Στον τύπο strand, οι παραγόμενες μπριγκέτες ψύχονται μέσω μιας δεξαμενής νερού και τεμαχίζονται σε σφαιρικά τμήματα. Ο εξοπλισμός για την παραγωγή μπριγκέτων συχνά καταλαμβάνει μεγάλο εμβαδόν, ενώ απαιτεί συνεχόμενη επιτήρηση κατά την λειτουργία του, παρόλο ότι είναι μια πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία. [2, 25, 40]



Εικόνα 23 : Μηχάνημα διέλασης και παραγωγής μπριγκετών τύπου *water ring*



Εικόνα 24 : Μηχάνημα παραγωγής μπριγκετών τύπου *underwater*



Εικόνα 25 : Μηχάνημα παραγωγής μπριγκετών τύπου *strand*

Η εταιρία Starlinger, η οποία δραστηριοποιείται στον τομέα της κατασκευής μηχανημάτων ανακύκλωσης έχει να παρουσιάσει αρκετούς τύπους μηχανημάτων και διαφόρων τεχνολογιών για την ανακύκλωση ταπήτων. Τα μηχανήματα της εταιρίας

Starlinger μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών που προορίζονται για την κατασκευή ζωνών ασφαλείας, νημάτων για ελαστικά, αερόσακων και άλλων εφαρμογών. Μια κοινή πρακτική είναι η παρασκευή ινωδών προϊόντων τα οποία διατίθενται στις αυτοκινητοβιομηχανίες, οι οποίες τα αναμιγνύουν με ίνες υάλου κατασκευάζοντας διάφορα μέρη των αυτοκινήτων (π.χ. προφυλακτήρες).

Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 32), φαίνεται μια τυπική διαδικασία των μηχανημάτων της εταιρίας Starlinger (τύπου underwater, τύπου water ring, τύπου strand) ενώ στην εικόνα 26 παρουσιάζεται ένα προϊόν της ίδιας εταιρίας. Ο πίνακας 21 δείχνει ορισμένα στοιχεία για την δυναμικότητα παραγωγής δυο μοντέλων της εταιρίας Starlinger. [2, 25, 41]

Πίνακας 21. Στοιχεία δυναμικότητας παραγωγικής διαδικασίας δυο μοντέλων της εταιρίας Starlinger [41]

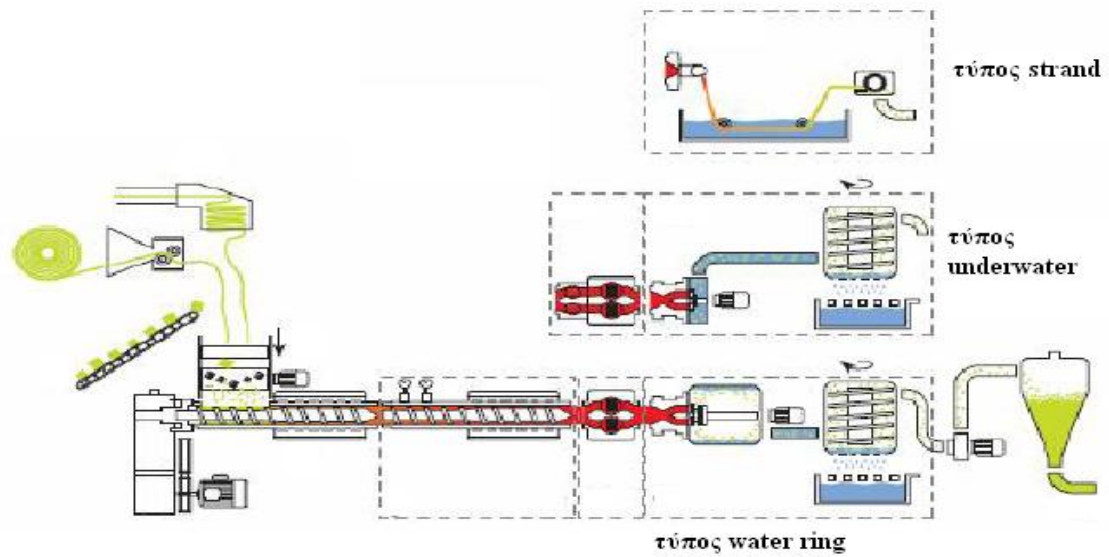
recoSTAR universal

διελαστής \varnothing	παραγωγή χωρίς εξερισμό	παραγωγή με εξερισμό
65	130 - 200 kg/h	120 - 180 kg/h
85	250 - 350 kg/h	220 - 300 kg/h
105	350 - 550 kg/h	320 - 450 kg/h
125	550 - 800 kg/h	480 - 640 kg/h

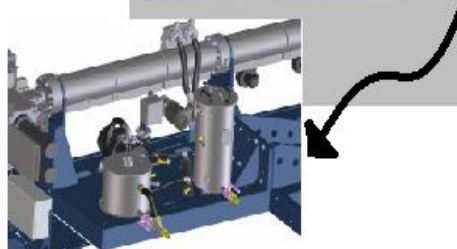
recoSTAR basic

διελαστής \varnothing	παραγωγή με εξερισμό
65	120 - 180 kg/h
85	230 - 320 kg/h
105	320 - 500 kg/h
125	540 - 720 kg/h
165	720 - 1100 kg/h





Σχήμα 32 : Τυπική διαδικασία των μηχανημάτων της εταιρίας Starlinger



Εικόνα 26 : Προϊόν της εταιρίας Starlinger

Μια ακόμη εταιρία αυστριακής προέλευσης που δραστηριοποιείται στον τομέα παραγωγής μηχανημάτων για την ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι η εταιρία NRG S.A. Το τεχνολογικό ινστιτούτο της Georgia και συγκεκριμένα ο

τομέας της ανακύκλωσης ταπήτων διαθέτει μηχανήματα από την εν λόγω εταιρία. Στις ακόλουθες εικόνες (εικόνα 27,28,29) παρουσιάζονται προϊόντα της εταιρίας.



Εικόνα 27 : τύπος A GRAN της εταιρίας NRG



Εικόνα 28: τύπος S GRAN της εταιρίας NRG



Εικόνα 29: τύπος X GRAN της εταιρίας NRG

Σε γενικές γραμμές, οι ιδιότητες των παραγόμενων προϊόντων και η τιμή που μπορούν να διατεθούν στο εμπόριο εξαρτώνται από τον συνδυασμό των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν. Τα περισσότερα απόβλητα ταπήτων περιέχουν τα δύο μη αναμιγνύμενα πλαστικά, το νάυλον και το πολυπροπυλένιο. Η μη ανάμειξη αυτών των δύο συστατικών οδηγεί σε προϊόντα που έχουν φτωχές μηχανικές ιδιότητες. Κατά την ανακύκλωση ταπήτων λοιπόν μέσω τήξης και ανάμειξης, χρησιμοποιούνται, συμβατοποιητές, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση των ιδιοτήτων του αναμεμιγμένου υλικού. [2, 25, 42]

Η εταιρία United Recycling, η οποία λειτουργεί από της αρχές της δεκαετίας του '90, παρήγαγε δυο μίγματα (URI 20-001 και URI 10-001) από τα μετα-καταναλωτικά απορρίμματα ταπήτων για την μορφοποίηση μέσω έγχυσης (injection molding). Αυτά ήταν και πρώτα εμπορικά διαδεδομένα σύνθετα προϊόντα, που προέρχονταν από ανακυκλώσιμους τύπητες. Κατά την διαδικασία χρησιμοποιούνταν τύπητες από πολυπροπυλένιο και νάυλον, ενώ τα τελικά προϊόντα χαρακτηρίζονταν σαν μίγματα που περιείχαν νάυλον, πολυπροπυλένιο, ανόργανα πληρωτικά υλικά και άλλα πολυμερή.

Το 1994, η εταιρία Monsanto κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, μια διαδικασία για την ανακύκλωση, όλων των συστατικών, ταπήτων που είναι κατασκευασμένοι

από νάυλον 6.6. Η διαδικασία δεν περιλάμβανε τον διαχωρισμό των συστατικών, ενώ δημιουργούνταν ένα θερμοπλαστικό προϊόν κατάλληλο για μορφοποίηση μέσω έγχυσης. Για την παραγωγή χρησιμοποιήθηκε ένα μηχάνημα διέλασης με δυο βίδες για να επιτευχθεί μεγάλης έντασης ανάμειξη του θερμοπλαστικού υλικού που αποτελούνταν από τάπητες. Το ανακυκλωμένο υλικό περιείχε 35-67 % κ.β. νάυλον, 8-21 % κ.β. πολυπροπυλένιο, 5-29 % κ.β SBR και ανόργανα πληρωτικά υλικά 10-40 % κ.β. Κατά τη φάση των δοκιμών, δοκιμάστηκε και η μη χρήση συμβατοποιητών. Οι ιδιότητες του παραγόμενου θερμοπλαστικού ήταν παρόμοιες με εκείνες του παρθένου πολυστερένιου, αλλά κατώτερες από εκείνες του παρθένου νάυλον 6.6. Σε άλλες δοκιμές, σαν συμβατοποιητής χρησιμοποιήθηκε, το PolyBond 3150, σε συγκέντρωση 3 % κατά βάρος, για την ανακύκλωση ταπήτων πολυπροπυλενίου και νάυλον, που οδήγησαν σε βελτιωμένες ιδιότητες. Αν και οι ομογενοποιημένες ρητίνες παρουσιάζουν καλύτερες μηχανικές ιδιότητες, το κόστος τους είναι σημαντικά υψηλότερο, ακόμη και αν χρησιμοποιούνται σε ένα χαμηλό ποσοστό.

Τα πολυμερή από τα οποία κατασκευάζονται οι τάπητες μπορούν να ανακυκλωθούν μέσω της διαδικασίας της ανάτηξης, και να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νέων προϊόντων, είτε αναμιγνύοντας τα με παρθένα υλικά είτε όχι. Τα ανακυκλωμένα πολυμερή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και σαν μήτρες για την κατασκευή συνθέτων με ίνες γυαλιού. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί παράδειγμα παραγωγής σύνθετων, τα οποία παρουσιάζουν αυξημένες ιδιότητες αντοχής σε διάφορους παράγοντες. [2]

7.15 Χρήση ινών ως μέσο ενίσχυσης σε σύνθετα πολυμερικής μήτρας

Ίνες κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση σύνθετων υλικών. Ο Kotliar, για παράδειγμα, έχει ερευνήσει τη χρήση ινών, επίστρωσης ταπήτων και κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, ως ενισχυτικό των ανακυκλωμένων σύνθετων. Λόγω του ότι οι ίνες αυτές έχουν μικρή διάμετρο, χρησιμοποιείται ένα προπολυμερές χαμηλού ιξώδους σε μια βάση νερού, για να εξασφαλιστεί η πλήρης κάλυψη των ινών. Οι επιλεγόμενες χρησιμοποιούμενες κόλλες επιτυγχάνουν την δημιουργία μιας συνεκτικής δομής, η οποία παρουσιάζει

ανθεκτικότητα σε παράγοντες διάβρωσης. Πέρα από τις ίνες ταπήτων που προστέθηκαν για την παραγωγή του σύνθετου υλικού, προστέθηκαν και διάφορες ποσότητες κομμένων ινών από νάυλον 6, νάυλον 6.6, πολυεστέρα και βαμβάκι. Κομμάτια υφάσματος τζίν, βαμβακερά, και πολυεστερικά χρησιμοποιήθηκαν επίσης. Το μείγμα των χρησιμοποιημένων ταπήτων επιστρώθηκε έπειτα με φαινολική ρητίνη ή ρητίνη φορμαλδεΰδης ουρίας που είχαν διαλυθεί σε μια βάση νερού. Τα σύνθετα που δημιουργήθηκαν περιείχαν διάφορα ποσά ινών ή υφασμάτων και 7.5-20 % κατά βάρος στερεών συγκολλητικών.

Ο Gowayed, διερεύνησε τη χρήση απορριμμάτων υφάσματος πολυπροπυλενίου (PP), (το οποίο χρησιμοποιείται σαν υπόστρωμα ταπήτων) για την ενίσχυση μιας μήτρας πολυαιθυλενίου (PE). Τέσσερα στρώματα PE πάχους 0.1mm τοποθετήθηκαν μαζί με ένα ενιαίο στρώμα απορριμμάτων υφάσματος PP. Κατόπιν τήχθηκαν σε μια θερμοκρασία 150°C υπό πίεση 290 kPa. Διαπιστώθηκε ότι το σύνθετο PE/PP που προέκυψε, με περιεκτικότητα 25% κατά όγκο PP, παρουσίαζε τριπλάσια αντοχή και μια αύξηση κατά 60 % σε ευλυγισία, σε σύγκριση με τις ιδιότητες του καθαρού PE. [2, 25]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

8.1 Ανάκτηση μη υφασμένων ινών από μαλλί, για τον καθαρισμό νερού

Ο καθαρισμός του νερού αποτελεί μια πρόκληση για την σημερινή εποχή, σε εθνικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Όσον αφορά τον καθαρισμό των βιομηχανικών λυμάτων, διάφορα πρότυπα έχουν αναπτυχθεί, μέσω των οποίων τίθενται αυστηρές τιμές για διάφορους παράγοντες. Στην διαδικασία επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων, χρησιμοποιείται μια σειρά τύπων φίλτρων για την κατακράτηση των ρυπαντικών φορτίων. Οι ανακτημένες μη υφασμένες ίνες από μαλλί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο δαπανηρών συνθετικών ινών, διαφόρων υλικών. Το κόστος των ανακτημένων αυτών ινών δεν είναι απαγορευτικό για την εφαρμογή αυτή, ενώ το αποτέλεσμα της χρήσης τους κρίνεται ιδιαίτερα λειτουργικό και αποτελεσματικό.

Οι μη υφασμένες μάλλινες ίνες, εν δυνάμει μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσρόφηση ιόντων βαρέων μετάλλων όπως $Pb(+2)$, $Cu (+2)$, $Zn (+2)$, όξινων χρωστικών ουσιών (C.1 όξινο κόκκινο 27, C.1 όξινο κόκκινο 88) και πετρελαιοειδών (πετρέλαιο SN 150, diesel, αργό πετρέλαιο). Για να αξιοποιηθούν οι μη υφασμένες μάλλινες ίνες, για τον καθαρισμό νερού απαιτείται μια ιδιαίτερη επεξεργασία τους για να τροποποιηθεί η επιφάνειάς απορρόφησής τους. Έτσι λοιπόν θα πρέπει ο όγκος των μη υφασμένων μάλλινων στοιχείων να εμπλουτιστεί με το βιοπολυμερές χιτοζάνη (biopolymer chitosan), και να υποστεί επεξεργασία πλάσματος χαμηλής θερμοκρασίας, για να εξασφαλιστεί η υψηλότερη προσρόφηση βαρέων μετάλλων.

Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μάλλινες ανακτημένες ίνες είναι ιδιαίτερα αποδοτικές στην προσρόφηση ιόντα Pb(+2). Τα μη υφασμένα μάλλινα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα επίσης για την απορρόφηση κηλίδων πετρελαίου από την επιφάνεια του νερού. [2]

8.2 Σύνθετα προϊόντα προερχόμενα από την επεξεργασία των μετα-καταναλωτικών ταπήτων

Τα απορρίμματα των ταπήτων, όπως και πολλά άλλα θερμοπλαστικά απόβλητα, όταν διατίθενται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων δεν αποτελούν μια βιώσιμη λύση. Ένα θέμα που απασχολεί στην ανακύκλωση των μετα-καταναλωτικών ταπήτων, είναι εάν θα πρέπει οι τάπητες να διαχωριστούν στα αρχικά θερμοπλαστικά πολυμερή τους ή να χρησιμοποιηθούν ως μίγμα. Η παραγωγή ενός συνθέτου, με μια μήτρα αποτελούμενη από ένα μίγμα ασύμβατων πολυμερών σωμάτων, αποτελεί ενδεχομένως μια ανέξοδη λύση. Στα σύνθετα πολλές φορές χρησιμοποιούνται ίνες που μπορούν να δράσουν ως ενισχυτικά και να προσδώσουν διαφορετικές ιδιότητες. Εάν οι ίνες ενίσχυσης προσδίδουν επιθυμητές ιδιότητες στα σύνθετα, ενώ η μήτρα του συνθέτου αποτελείται από ασύμβατα πολυμερή τότε η συνύπαρξη αυτών των υλικών μπορεί να αποτελεί καλή λύση. Τα αποτελέσματα στην ανακύκλωση μετα-καταναλωτικών ταπήτων, δείχνουν ότι σύνθετα τα οποία φέρουν επιθυμητές ιδιότητες, μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας μια μήτρα μικτών ασύμβατων πολυμερών σωμάτων.

Όπως παρουσιάστηκε και στο κεφάλαιο 7, η επίστρωση των περισσότερων ταπήτων είναι κατασκευασμένη από νάυλον 6.6, νάυλον 6 ή πολυπροπυλένιο (PP). Επιπλέον χρησιμοποιούνται υλικά ως υποστηρικτικά υποστρώματα, όπως πολυπροπυλένιο, λατεξ βουταδιενίου στυρόλιου (SBR), ανθρακικό ασβέστιο κ.α. Όπως έχει ήδη αναφερθεί για να μπορέσουν οι τάπητες να ανακυκλωθούν θα πρέπει να διαχωριστούν με βάση το υλικό των ινών επίστρωσης. Δυσκολία συναντάται στον αποχωρισμό των ινών από τα λοιπά υποστρώματα και τις χρησιμοποιούμενες κόλλες, καθιστώντας τις τεχνολογίες επεξεργασίας αρκετά κοστοβόρες. Για τον λόγο αυτό διάφορες εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε οι τάπητες να ανακυκλώνονται

χωρίς να απαιτείται ο διαχωρισμός των υλικών, κρατώντας το κόστος του εγχειρήματος σε χαμηλά επίπεδα. [2, 25, 43]

8.3 Σύνθετα από ανακυκλωμένο τάπητα

Τα πρώτα βήματα για την ανακύκλωση ταπήτων είναι η διαλογή, η ταξινόμηση και ο τεμαχισμός, λειτουργίες οι οποίες είναι σχετικά ανέξοδες. Για παράδειγμα στο Institute of Technology School of Polymer στην Georgia των ΗΠΑ, οι τεμαχισμένοι τάπητες από την εταιρία Wellman Inc. μετατρέπονται σε μπριγκέτες χρησιμοποιώντας ένα μηχάνημα από την Γερμανική εταιρία NRG (Next Generation Recyclingmaschinen (www.nrg.at), τύπου A-class 55VSP. Στον πίνακα 22, παρουσιάζονται οι μηχανικές ιδιότητες συνθέτων φτιαγμένων από μετακαταναλωτικό τάπητα με τη διαδικασία της σχηματοποίησης μέσω συμπίεσης και με τη διαδικασία της εξώθησης τήγματος.

Επίσης μπορούν να παραχθούν σύνθετα ενισχυμένα με ίνες υάλου. Για να προετοιμαστούν τα φύλλα πλαστικού, οι μπριγκέτες θα πρέπει να μετατραπούν σε μια χονδροειδή σκόνη χρησιμοποιώντας ένα μύλο άλεσης (π.χ. Wiley). Η σκόνη στρώνεται σε λεπτές στρώσεις γυαλιού σε φόρμες, για να δοθεί το επιθυμητό σχήμα. Ενδιάμεσα παρεμβάλλονται λεπτά φύλλα υάλου. Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε γυαλί που θέλουμε να έχει το προϊόν που θα παραχθεί, καθορίζουμε τις αναλογίες σε σκόνη και σε φύλλα υάλου. Υπό κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας μπορούν να παραχθούν σύνθετα που περιέχουν ίνες γυαλιού και ίνες μετακαταναλωτικού τάπητα. Δοκιμές για την αντοχή του παραγόμενου συνθέτου εφαρμόζονται. Χαρακτηριστικά αμερικανικά πρότυπα για την αντοχή ανάλογων συνθέτων είναι τα : ASTM D 638, D 790 και D 3763. Ορισμένες μηχανικές ιδιότητες ενισχυμένου μετακαταναλωτικού τάπητα με ίνες υάλου, παρουσιάζονται στον πίνακα 23. Οι μηχανικές ιδιότητες για τα σύνθετα ταπήτων που είναι ενισχυμένα με γυαλί οδηγούν σε προϊόντα με σημαντική βελτίωση των ιδιοτήτων και της αντοχής σε κάμψη. [2, 44]

Πίνακας 22. Μηχανικές ιδιότητες μετα-καταναλωτικού τάπητα με τη διαδικασία σχηματοποίησης με συμπίεση και με τη διαδικασία εξώθησης τήγματος [2]

Υλικό Μετα-καταναλωτικού τάπητα-διαδικασία	Αντοχή σε κάμψη (Flexural strenght) (MPa)	Μέτρο ευκαμψίας (Flexural modulus) (Gra)	Αντοχή πρόσπτωσης (J@4.0mm thick)
PP – συμπίεση	33 (\pm 6.5%)	1.0 (\pm 41.0%)	13.9 (\pm 29.5%)
PP – μπριγκετοποίηση & συμπίεση	42 (\pm 6.2%)	2.3 (\pm 16.9%)	4.0 (\pm 29.6%)
PP – μπριγκετοποίηση & εξώθηση τήγματος	31 (\pm 17.0%)	0.86 (\pm 2.6%)	Μη διαθέσιμο
N6 – συμπίεση	56 (\pm 11.6%)	1.7 (\pm 17.2%)	3.8 (\pm 10.4%)
N6 – μπριγκετοποίηση & συμπίεση	70 (\pm 16.2%)	2.7 (\pm 3.7%)	4.9 (\pm 39.7%)
N6 – μπριγκετοποίηση & εξώθηση τήγματος	40 (\pm 6.6%)	0.99 (\pm 6.6%)	Μη διαθέσιμο
N66 – συμπίεση	47 (\pm 5.5%)	1.7 (\pm 23.6%)	1.1 (\pm 14.5%)
N66 – μπριγκετοποίηση & συμπίεση	63 (\pm 2.7%)	2.0 (\pm 14.5%)	1.7 (\pm 6.6%)
N66 – μπριγκετοποίηση & εξώθηση τήγματος	49 (\pm 8.6%)	1.4 (\pm 9.5%)	Μη διαθέσιμο

Πίνακας 23 : Μηχανικές ιδιότητες ενισχυμένου μετα-καταναλωτικού τάπητα με ίνες υάλου[2]

Υλικό Μετα-καταναλωτικού τάπητα-διαδικασία - ίνες υάλου%	Αντοχή σε κάμψη (Flexural strenght) (MPa)	Μέτρο ευκαμψίας (Flexural modulus) (Gpa)	Αντοχή πρόσπτωσης (J@4.0mm thick)
PP- μορφοποίησης με συμπίεση-30%	54 (\pm 31.8%)	2.2 (\pm 33.8%)	24 (\pm 16.7%)
PP- μπριγκετοποίηση & μορφοποίηση με συμπίεση – 30%	68 (\pm 6.1%)	4.8 (\pm 5.8%)	21(\pm 2.1%)
PP- μπριγκετοποίηση & μορφοποίηση με συμπίεση – 40%	94 (\pm 9.8%)	6.2 (\pm 6.2%)	32(\pm 12.0%)
N6- μορφοποίησης με συμπίεση-30%	70 (\pm 12.7%)	2.0 (\pm 32.3%)	21(\pm 7.6%)
PP- μπριγκετοποίηση & μορφοποίηση με συμπίεση – 30%	135 (\pm 18.1%)	4.6 (\pm 26.1%)	20(\pm 20.2%)
PP- μπριγκετοποίηση & μορφοποίηση με συμπίεση – 40%	157 (\pm 7.1%)	4.2 (\pm 12.3%)	25(\pm 18.5%)
PP- μορφοποίησης με συμπίεση-30%	113 (\pm 8.2%)	3.2 (\pm 6.8%)	10.5 (\pm 11.4%)
PP- μπριγκετοποίηση & μορφοποίηση με συμπίεση – 30%	147 (\pm 8.5%)	5.7 (\pm 12.6%)	8.5 (\pm 9.5%)
PP- μπριγκετοποίηση & μορφοποίηση με συμπίεση – 40%	179 (\pm 9.7%)	8.1 (\pm 20.8%)	9.5 (\pm 15.2%)

8.4 Σύνθετα ενισχυμένα με ίνες ξύλου

Σύνθετα που περιέχουν ίνες υάλου και μετα-καταναλωτικού τάπητα παρουσιάζουν ιδιαίτερη αντοχή και αυξημένη ακαμψία κάνοντάς τα να ταιριάζουν σε πολλές

εφαρμογές. Ωστόσο, οι ίνες υάλου είναι ακριβές σε σύγκριση με τα ανακυκλώσιμα υλικά προερχόμενα από μετα-καταναλωτικούς τάπητες, δημιουργώντας σύνθετα υψηλού κόστους. Για το λόγο αυτό, ερευνητικά προγράμματα εστίασαν στην εξέταση υλικών χαμηλότερου κόστους που θα μπορούσαν να συνδυαστούν με υλικά από μετα-καταναλωτικούς τάπητες.

Ένα από τα χαμηλότερα σε κόστος υλικά είναι το ξυλάλευρο. Το ξυλάλευρο, παρουσιάζει χαμηλό λόγο διαστάσεων και επομένως δεν μπορεί να θεωρείται σαν ένα τυπικό ενισχυτικό. Ποσότητες ξυλάλευρου συμπεριλήφθηκαν σε δοκιμές με ανακυκλώσιμα υλικά προερχόμενα από μετα-καταναλωτικούς τάπητες. Το ξυλάλευρο χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές κατασκευής ξυλείας για πατώματα. Τα ενισχυτικά που συμπεριλήφθηκαν στις δοκιμές ήταν πολτός Craft (Craft Pulp), θερμομηχανικός πολτός (thermomechanical pulp) και τυπογραφικό χαρτί (newsprint), όλα αυτά είναι παράγωγα ξύλου, συνεπώς περιέχουν ίνες. Όλες αυτές οι ίνες είναι λιγότερο ακριβές από τις ίνες υάλου, λιγότερο πυκνές και ανανεώσιμες. Δυστυχώς, αυτά τα υλικά απορροφούν την υγρασία και υποβαθμίζονται σε συνήθεις θερμοκρασίες επεξεργασίας και τήξης, και είναι δύσκολο να διασκορπιστούν σε ιξώδεις θερμοπλαστικές μήτρες.

Για την απομάκρυνση των πτητικών υποβαθμιστικών παραγόντων που περιέχουν τα παραπάνω ενισχυτικά και για να ελαχιστοποιηθούν οι κενοί σχηματισμοί κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, οι ίνες υποβάλλονται σε θερμική επεξεργασία σε φούρνο για μια ώρα σε ατμόσφαιρα αζώτου. Η θερμοκρασία επεξεργασίας είναι λίγο πάνω από την θερμοκρασία τήξης. Δεδομένου ότι οι ίνες κυτταρίνης είναι πολικές, μερικές από τις ίνες συγκολλούνται μεταξύ τους με ένα γαλάκτωμα πολυουρεθάνης (από την εταιρία Hydrosize Technologies Inc). Τα δείγματα ξυλάλευρου συντίθενται σε ένα σύστημα δικόχλιου εκβολέα Haake (D=18 mm, κωνικού τύπου). Τα δείγματα για την μέτρηση της ελαστικότητας και της αντοχής στον εφελκυσμό, παρήχθησαν από ένα μηχάνημα εξώθησης τήγματος Sumimoto με βίδα συμπίεσης 75 τόνων. Οι ιδιότητες ελαστικότητας και εφελκυσμού παρουσιάζονται στον πίνακα 24.

Πίνακας 24. Μηχανικές ιδιότητες μειγμάτων, μετα-καταναλωτικού τάπητα (PP, N6) με 40% κατά βάρος ξυλάλευρο [2]

Υλικό επίστρωσης	Θερμική επεξεργασία	Κόλλα (%)	Αντοχή σε κάμψη (Flexural strenght) (MPa)	Μέτρο ευκαμψίας (Flexural modulus) (Gpa)	Αντοχή σε Εφελκυσμό (Tensile strength) (MPa)	Μέτρο εφελκυσμού (Tensile modulus) (GPa)
PP	-	-	31	0,9	22	2.0
PP/ξυλάλευρο	Ναι	Όχι	20	3,2	18	2.4
PP/ξυλάλευρο	Ναι	3	29	3,4	23	2,6
N6	-	-	40	1,0	36	2.0
N6/ ξυλάλευρο	Ναι	Όχι	78	2,4	40	2,7
N6/ ξυλάλευρο	Ναι	3	66	1,5	44	3,2

Το ξυλάλευρο βελτίωσε τους συντελεστές ελαστικότητας και εφελκυσμού σε όλες τις περιπτώσεις. Στον τάπητα πολυπροπυλενίου, το ξυλάλευρο χωρίς την προσθήκη κόλλας μείωσε την αντοχή ελαστικότητας. Το ξυλάλευρο βελτίωσε την αντοχή ελαστικότητας και την αντοχή εφελκυσμού σε μετα-καταναλωτικούς τάπητες από νάυλον 6. Μείγματα με ξυλάλευρο και νάυλον 66 παρασκευάστηκαν, αλλά δεν υποβλήθηκαν σε δοκιμές λόγω της ισχυρής υποβάθμισης που είχαν υποστεί.

Παρθένο νάυλον 6, και μετα-καταναλωτικός τάπητας από νάυλον 6 συντέθηκαν με διαφορετικούς πολτούς και υποβλήθηκαν στην διεργασία εξώθησης τήγματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δείγματα αυτά προετοιμάστηκαν με ξηρή ανάμειξη, υποβλήθηκαν σε εξώθηση τήγματος, μετά υποβλήθηκαν σε συνεχόμενη άλεση και το τελικό στάδιο ήταν μια ακόμη εξώθηση τήγματος του ήδη αλεσμένου μείγματος. Όλα τα είδη ενισχυτικών ξυλώδους προέλευσης (ξυλάλευρο, θερμομηχανικός πολτός, πολτός Craft, και τυπογραφικό χαρτί) που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διαδικασία εξώθησης τήγματος αύξησαν τους συντελεστές και στα περισσότερα και την αντοχή των προϊόντων πίνακας 25.

Κατά την μέτρηση των ιδιοτήτων βρέθηκε ότι η αντοχή των σύνθετων δεν ήταν η ίδια με αυτή του παρθένου νάυλον 6. Τα δείγματα των συνθέτων όλα είχαν κάποιο

πορώδες, είτε λόγω της υποβάθμισης του ξύλου είτε από τα κατάλοιπα υγρασίας. Αυτοί οι δύο παράγοντες περιορίζουν την ανάπτυξη υψηλότερων δυνάμεων στα σύνθετα. Πιο συγκεκριμένα, ο θερμομηχανικός πολτός (TM.P.) και ο πολτός Craft (Craft pulp) λόγω των μεγαλύτερων διαστάσεων ινών αναμένονταν να παρέχουν σύνθετα υψηλότερης αντοχής έναντι των συνθέτων που χρησιμοποιούσαν ξυλάλευρο, αλλά αυτό δεν παρατηρήθηκε. Μια πιθανή εξήγηση για την ανωτέρω παρατήρηση μπορεί να είναι το ότι αυτοί οι δυο πολτοί δεν διασκορπίστηκαν επαρκώς σε όλη τη μάζα του νάυλον 6.

Πίνακας 25. Μηχανικές ιδιότητες του N6 σε συνδυασμό με διαφορετικούς πολτούς, 40% κατά βάρος [2]

Μήτρα	Ξύλο	Θερμική επεξεργασία	Κόλλα (%)	Αντοχή σε κάμψη (Flexural strength) (MPa)	Μέτρο ευκαμψίας (Flexural modulus) (Gpa)	Αντοχή σε Εφελκυσμό (Tensile strength) (MPa)	Μέτρο ελαστικότητας (Tensile modulus) (GPa)
Παρθένο υλικό	-	-	-	115	1,5	56	1,6
τάπητας	-	-	-	40	1,0	36	2,0
τάπητας	Ξυλάλευρο	Ναι	3	66	1,5	44	3,2
τάπητας	TMP	Όχι	-	62	3,8	39	3,2
τάπητας	TMP	Όχι	3	53	4,7	30	2,9
τάπητας	TMP	Ναι	3	50	4,3	31	3,0
τάπητας	Kraft	Όχι	3	46	3,5	40	2,9
τάπητας	Kraft	Ναι	3	49	4,3	38	3,2
τάπητας	Χαρτί εφημερίδας	Όχι	3	54	2,9	32	3,1

Επίσης η προεπεξεργασία των πολτών με θερμότητα δεν παρουσίασε ικανοποιητικές διαφορές στις ιδιότητες των προϊόντων, καθιστώντας την όχι αποκλειστικά απαραίτητη. Επίσης, η προσθήκη κόλλας μπορεί να μην είναι απαραίτητη δεδομένου ότι το νάυλον είναι χημικά όμοιο με την πολυουρεθάνη. Τέλος δεδομένου ότι η υποβάθμιση του ξύλου είναι εμφανής στα σύνθετα, αποτελούμενα από νάυλον 6, θα

μπορούσε να εξαχθεί σαν συμπέρασμα ότι μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η θερμική προεπεξεργασία που περιγράφηκε. [2]

8.5 Προϊόντα από ενισχυμένο μετα-καταναλωτικό τάπητα

Βασιζόμενοι στις ιδιότητες ενίσχυσης του μετα-καταναλωτικού τάπητα από ίνες υάλου, μπορούμε να αναπτύξουμε πολλά προϊόντα. Ένα προϊόν είναι η δομική ξυλεία. Αυτή η ξυλεία διαφέρει από την ξυλεία για πατώματα, επειδή είναι πολύ πιο δύσκαμπτη και ισχυρή. Επομένως, αυτή η ξυλεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δομή υποστήριξης για πατώματα. Η εικόνα 30 δείχνει την εξώθηση μιας πλαστικής σανίδας χρησιμοποιώντας μετα-καταναλωτικό τάπητα από νάυλον 6 ενισχυμένο από ίνες υάλου.



Εικόνα 30 : Διαδικασία εξώθησης μετα-καναλωτικού τάπητα από νάυλον 6, με ενίσχυση 30 % από ίνες υάλου

Ποικίλα προϊόντα αναπτύσσονται μέσω της μορφοποίησης με συμπίεση (compression molding). Μια καλή πρακτική είναι η επεξεργασία του ήδη ζεστού εξωθούμενου τήγματος, εντός της παραγωγικής διαδικασίας. Αφού παραχθεί το ζεστό τήγμα, αντί να το ψύξουμε όπως γίνεται στην εικόνα 30, το συγκεντρώνουμε, το

επεξεργαζόμαστε και το μορφοποιούμε μέσω συμπίεσης δίνοντας του συγκεκριμένες μορφές. Αυτή η προσέγγιση ελαχιστοποιεί τον χρόνο έκθεσης σε υψηλή θερμοκρασία για τα πολυμερή σώματα, βοηθώντας στην ελαχιστοποίηση της υποβάθμισης του πολυμερούς. Επιπλέον, παράγονται εξαρτήματα χαμηλού κόστους αφού δημιουργούνται ουσιαστικά με το ίδιο περίπου κόστος, με αυτό που παράγονται οι μπριγκέτες οι οποίες είναι ενισχυμένες από μετα-καταναλωτικό τάπητα. Ένα άλλο όφελος που προκύπτει από αυτή την προσέγγιση, για τους τάπητες από νάυλον, είναι ότι δεν απαιτείται καμία επιπρόσθετη διαδικασία ξήρανσης. Τέλος, όταν η σχηματοποίηση είναι ενταγμένη μέσα στην παραγωγή τότε ελαχιστοποιούνται οι έλεγχοι ποιότητας που συνδέονται με την προώθηση και το μάρκετινγκ των πλαστικών μπριγκέτων, βασισμένων σε μετα-καταναλωτικούς τάπητες.

Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα προϊόντων, τα οποία παράγονται με την μέθοδο της μορφοποίησης μέσω συμπίεσης είναι τα στηρίγματα για τους προφυλακτήρες αυτοκινήτων και οι παλέτες μεταφοράς προϊόντων. Και τα δύο αυτά προϊόντα υπερβαίνουν τα 5 κιλά ανά κομμάτι και διοχετεύονται σε μεγάλες αγορές. Και τα δύο προϊόντα πρέπει να είναι άκαμπτα και ανθεκτικά. Αυτά τα προϊόντα μπορούν να κατασκευαστούν από μετα-καταναλωτικούς τάπητες, στους οποίους με την προσθήκη μακρών ινών γυαλιού επιτυγχάνεται η απαραίτητη ακαμψία και ανθεκτικότητα, όπως φαίνεται στον πίνακα 21.

Το κόστος αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα στον κλάδο της παραγωγής προφυλακτήρων αυτοκινήτου και παλετών μεταφοράς. Ένα τυπικό στήριγμα για προφυλακτήρες ζυγίζει περίπου 5 κιλά, ενώ ενισχύεται με 40 % κατά βάρος ινών υάλου. Υποθέτοντας ότι το κόστος για τις ίνες υάλου είναι περίπου 1,75 δολάρια το κιλό, ο τεμαχισμένος μετα-καταναλωτικός τάπητας στοιχίζει 0,25 δολάρια το κιλό και ότι το κόστος επεξεργασίας ανέρχεται περίπου στα 0,25 δολάρια το κιλό, το συνολικό κόστος των στηριγμάτων ενός προφυλακτήρα αγγίζει τα 5,50 δολάρια. Παρόμοια στηρίγματα προφυλακτήρων, κατασκευασμένα με την μέθοδο της σχηματοποίησης και αποτελούμενα από φύλλα πολυπροπυλενίου ενισχυμένα με 40 % ινών υάλου, θα κόστιζαν κάτι παραπάνω από 20 δολάρια. Οι δυο κυριότεροι λόγοι της ελαχιστοποίησης του κόστους των στηριγμάτων των προφυλακτήρων είναι : η χρήση τεμαχισμένου μετα-καταναλωτικού τάπητα και η ενσωματωμένη στην παραγωγή μορφοποίηση του.

Η ενσωματωμένη στην παραγωγή μορφοποίηση εφαρμόστηκε σε διάφορα δοκιμές στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Georgia στις ΗΠΑ. Ένα σύστημα εξώθησης τήγματος διπλής βίδας 30 χιλιοστών (από την εταιρία NFM Welding Engineers) χρησιμοποιήθηκε για να λειώσει μετα-καταναλωτικούς τάπητες, ενώ προστέθηκαν και 25 χιλιοστά ιών υάλου. Το τήγμα που εξωθήθηκε είχε 25 χιλιοστά διάμετρο. Το ζεστό τήγμα υποβλήθηκε σε κοπή ανά τακτά χρονικά διαστήματα και αμέσως συμπιεζόταν για να φορμαριστεί. Το καλούπι που χρησιμοποιήθηκε προερχόταν από ένα υποστηρίγμα για ράφι ιματισμού τύπου Z-bar. Το ράφι παρουσιάζεται στην εικόνα 31. Τα υποστηρίγματα αυτά χρησιμοποιούνται για να κρατήσουν τους κάθετους σωλήνες της κρεμάστρας. Το υποστηρίγμα που παρουσιάζεται στην εικόνα 31 αποτελεί ένα πρωτότυπο το οποίο κατασκευάστηκε βάσει της μεθόδου της στερολιθογραφίας. Στις εικόνες 32α και 32β φαίνονται τα υποστηρίγματα τα οποία είναι κατασκευασμένα από πολυπροπυλένιο και νάυλον 6 αντίστοιχα.



Εικόνα 31 : ράφι τύπου Z-bar, για ρούχα. Ο κίτρινος σκελετός αποτελεί τον πρωταρχικά χρησιμοποιούμενο σκελετό. Ο μπλε σκελετός περιλαμβάνει τα στηρίγματα που κατασκευάστηκαν από μετα-καταναλωτικό τάπητα.



(α)



(β)

Εικόνα 32 : Στηρίγματα για ράφι από μετα-καταναλωτικό τάπητα με ενίσχυση από 20% ινών βάλου, μήκους 25 χιλιοστών: (α) από τάπητα πολυπροπυλενίου, (β) από τάπητα φτιαγμένο από νάυλον 6.

Συμπερασματικά μπορούμε να μετατρέψουμε τους μετα-καταναλωτικούς τάπητες σε σύνθετα που περιέχουν ίνες γυαλιού (glass mat composites). Τα σύνθετα τα οποία αποτελούνται από ίνες νάυλον έχουν καλύτερες ιδιότητες από αυτά που περιέχουν πολυπροπυλένιο. Μιας και οι μήτρες που αποτελούνται από μετα-καταναλωτικό τάπητα έχουν χαμηλό κόστος, μια ποικιλία προϊόντων μπορούν να παραχθούν, με σκοπό για να μην καταλήγουν οι μετα-καταναλωτικοί τάπητες στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων. [2, 37]

8.6 Χρησιμοποίηση ινών ταπήτων για την ενίσχυση σκυροδέματος και εδάφους

Το σκυροδέμα και το χώμα χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες στις κατασκευές έργων υποδομής. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι ιδιότητες αυτών των υλικών μπορούν να ενισχυθούν από την προσθήκη διαφόρων ινών. Τα πλεονεκτήματα της ενίσχυσης του σκυροδέματος και του χώματος με ίνες αντικατοπτρίζονται στις μηχανικές ιδιότητες, βελτιώνοντας κυρίως την αντοχή.

Από τη στιγμή μάλιστα που τα απορρίμματα των τάπητων που παράγονται κάθε έτος και οδηγούνται σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων φτάνουν τα 4 έως 6 εκατομμύρια τόνους το χρόνο, σε παγκόσμια κλίμακα, η ποσότητα αυτή αποτελεί ένα εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμο πόρο για διάφορες εφαρμογές. Όπως έχει προαναφερθεί ένας τάπητας αποτελείται από δύο στρώματα: ένα υπόστρωμα συνήθως από πολυπροπυλένιο που ενώνεται με CaCO_3 γεμισμένο με SBR και το άλλο στρώμα είναι οι ίνες επίστρωσης του τάπητα που στην πλειοψηφία τους είναι από νάυλον 6 και νάυλον 66, οι οποίες σχηματίζουν τούφες (θυσάνους) στο αρχικό υπόστρωμα. Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε μετα-καταναλωτικούς τάπητες σαν εδαφολογική ενίσχυση, αλλά και σαν ενίσχυση σκυροδέματος θα πρέπει αρχικά να τεμαχίσουμε τους τάπητες για να ανακτήσουμε τις ίνες. Δεν είναι γενικά απαραίτητο να αποσυντεθούν τα ίδια τα νήματα από τον τάπητα σε μεμονωμένες ίνες. Συγκεκριμένα από τον τεμαχισμό των τάπητων παράγονται:

- ασυνεχή νήματα της επίστρωσης, που είναι συσσωρευμένες ίνες με χαμηλή συστροφή
- μεμονωμένες ίνες από την επίστρωση του τάπητα και τα υποστηρικτικά στρώματα του τάπητα
- σκόνη, όπως για παράδειγμα ουσίες από τις χρησιμοποιούμενες κόλλες (latex) και το χρώμα που παγιδεύεται στους μεταχειρισμένους τάπητες, μέσω της χρήσης.

Όσων αφορά την ενίσχυση του σκυροδέματος και του χρώματος, δεν είναι ανάγκη να αφαιρεθούν οι διάφορες χρησιμοποιούμενες κόλλες που απαντώνται στον τάπητα, με αποτέλεσμα να αποφεύγονται ορισμένα στάδια επεξεργασίας (π.χ. καθαρισμός και διαχωρισμός) και το κόστος να διατηρείται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, καθιστώντας την συγκεκριμένη ανακυκλωτική διαδικασία ιδιαίτερη ανταγωνιστική, έναντι άλλων χρήσεων. [2]

8.6.1 Ενίσχυση σκυροδέματος με ίνες

Το σκυρόδεμα είναι το πιο διαδεδομένο χρησιμοποιημένο δομικό υλικό στον κόσμο. Ωστόσο, έχει χαμηλή αντοχή στον εφελκυσμό (tensile strength), χαμηλή ολκιμότητα, και χαμηλή ενεργειακή απορρόφηση. Μια εγγενής αιτία της περιορισμένης εφελκυστικής συμπεριφοράς του σκυροδέματος είναι η χαμηλή ανθεκτικότητα και η

παρουσία ατελειών στην δομή. Επομένως, η βελτίωση της ανθεκτικότητας και η μείωση του μεγέθους και του πλήθους των ατελειών στο σκυρόδεμα, θα οδηγούσαν σε καλύτερη συμπεριφορά και απόδοση σε παράγοντες πίεσης. Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να βελτιωθεί η ανθεκτικότητα του σκυροδέματος είναι, η προσθήκη ελάχιστων ποσοτήτων (συνήθως 0.5-2 % βάσει του όγκου) ινών μικρού μήκους, κατά τη διάρκεια της μίξης. Στην περίπτωση θραύσης του ενισχυμένου σκυροδέματος με ίνες (Fiber Reinforced Concrete, FRC), οι ίνες γεφυρώνουν τις ρωγμές στη μήτρα παρέχοντας αντίσταση στη διάδοση ρωγμών. Μετά από εκτενείς μελέτες, είναι ευρέως αποδεκτό ότι η ενίσχυση με ίνες μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις εφελκυστικές ιδιότητες του σκυροδέματος, αλλά και την απορρόφηση ενέργειας. Ένα άλλο πλεονέκτημα της ενίσχυσης με ίνες είναι η μείωση των διάκενων και των ραγισμάτων που προκύπτουν από αυτά. Η μείωση των ραγισμάτων που προκύπτουν από τα διάκενα έχει παρατηρηθεί ακόμη και όταν η περιεκτικότητα των ινών (π.χ. πολυπροπυλενίου) είναι εξαιρετικά μικρή, όπως για παράδειγμα 0.1 % του συνολικού όγκου. Άλλα οφέλη του ενισχυμένου με ίνες σκυροδέματος είναι η αντοχή στην κόπωση (fatigue strength) και η αντοχή στη φθορά.

Χρησιμοποιώντας σκυρόδεμα ενισχυμένο με ίνες αντί του συμβατικού σκυροδέματος, το πάχος των τμημάτων των διαφόρων κατασκευών μπορεί να μειώνεται, ενώ συγχρόνως τα ραγίσματα περιορίζονται αποτελεσματικά, με συνέπεια να δημιουργούνται ελαφρύτερες δομές με μεγαλύτερο αναμενόμενο χρόνο ζωής. Το ενισχυμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται αυτή την περίοδο σε πολλές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των κτηρίων, των οδικών αξόνων, των γεφυρών, και των διαδρόμων στους αερολιμένες. Στις περισσότερες εφαρμογές και κυρίως στην ανοικοδόμηση κτηρίων, το ενισχυμένο με ίνες σκυρόδεμα χρησιμοποιείται παράλληλα με χάλυβα. Επίσης στην κατασκευή κτηρίων μια κοινή πρακτική είναι, η ενίσχυση με συνθετικές ίνες των υλικών τσιμέντου που προορίζονται για την εγκατάσταση πλακιδίων σε πατώματα.

Οι ίνες για την ενίσχυση σκυροδέματος θα πρέπει γενικά να είναι ανθεκτικές στο τσιμεντένιο περιβάλλον, να διασκορπίζονται εύκολα στο συγκεκριμένο μίγμα, να έχουν τις καλές μηχανικές ιδιότητες, και να είναι κατάλληλες για γεωμετρική διαμόρφωση, προκειμένου να είναι αποτελεσματικές. Πολλές ίνες έχουν χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση σκυροδέματος, εκ των οποίων πολλές από αυτές

διατίθενται ευρέως για ποικίλες εμπορικές εφαρμογές. Ορισμένες από αυτές είναι από χάλυβα, γυαλί, φυσική κυτταρίνη, άνθρακα, νάυλον και πολυπροπυλένιο. Οι μελέτες έχουν προτείνει ότι το πολυπροπυλένιο και το νάυλον, οι σημαντικότεροι τύποι ιών επίστρωσης στους τάπητες, δεν υποβιβάζονται από την αλκαλικότητα του τσιμέντου τύπου Πόρτλαντ, και παρουσιάζουν αυξημένη ανθεκτικότητα. Μερικές ίνες πολυεστέρα, από την άλλη πλευρά, παρουσιάζουν σημαντική υποβάθμιση στο τσιμέντο τύπου Πόρτλαντ. Μιας και το νάυλον και το πολυπροπυλένιο αποτελούν περίπου το 90 % των ιών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της επίστρωσης των ταπήτων, η διαλογή και η ταξινόμηση των ταπήτων βάσει του υλικού επίστρωσης είναι απαραίτητη για την μετέπειτα ενίσχυση του σκυροδέματος.

8.6.2 Ενίσχυση του σκυροδέματος με ανακυκλωμένες ίνες

Ανακυκλωμένες ίνες από διάφορες πηγές έχουν μελετηθεί σαν ενισχυτικά για το σκυρόδεμα. Μερικές από αυτές είναι: νήματα ελαστικών αυτοκινήτων, ίνες ταπήτων, φτερά πτηνών, ρινισμάτων χάλυβα, ξυλώδεις ίνες από απορρίμματα χαρτιού και υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο.

Ο Wang και η ομάδα εργασίας του (Wang et al., 1997) πραγματοποίησαν μια εργαστηριακή μελέτη για την ενίσχυση σκυροδέματος με ίνες από απορρίμματα ταπήτων, τα οποία προέρχονται από την διαδικασία παραγωγής ταπήτων. Μια ποσοτική ανάλυση των απορριμμάτων των ταπήτων που υποβλήθηκαν στην επεξεργασία του τεμαχισμού είναι η ακόλουθη: πολυπροπυλένιο (36 %), νάυλον (18%), και SBR+CaCO₃ (46%). Εκτός από την ποσότητα του SBR και του CaCO₃, οι υπόλοιπες ποσότητες ιών χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση του σκυροδέματος. Το μήκος των ιών δεν ήταν ομοιόμορφο και κυμαίνονταν χαρακτηριστικά από 12 έως 25 χιλιοστά. Μια παρθένα ίνα πολυπροπυλενίου, τύπου FiberMesh, (μήκους 19 χιλιοστών) χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη για λόγους σύγκρισης με τις υπόλοιπες ίνες.

Στις εμπορικές εφαρμογές, μια χαμηλή δόση συνθετικών ιών (συνήθως πολυπροπυλένιο σε περίπου 0.1 % του όγκου) χρησιμοποιείται σαν ενισχυτικό, για τον έλεγχο του ραγίσματος και τον περιορισμό των διακένων στο σκυρόδεμα. Για τις

δομικές εφαρμογές, εντούτοις, μια υψηλότερη δόση (1 % έως 2 %) μπορεί να απαιτείται. Για την αξιολόγηση της επίδρασης του ποσοστού δόσης ινών, που απαιτείται για την ενίσχυση του σκυροδέματος, εκτελέστηκε ένα πρόγραμμα δοκιμής για τις ιδιότητες θλίψης και κάμψης του σκυροδέματος ανάλογα με την περιεχόμενη ποσότητα σε ίνες. Η δόση κυμαίνονταν από 0.89 έως 17.85 kg/m³ για τα υλικά που προέρχονταν από ανακυκλωμένο τάπητα (μίγματα 2-8 στον πίνακα 26), βάση του συνολικού βάρους του τεμαχισμένου υλικού, συμπεριλαμβανομένου του SBR και του CaCO₃. Δείγματα με παρθένο πολυπροπυλένιο τύπου FiberMesh, σε ποσότητα 0.89kg/m³, δοκιμάστηκαν επίσης (μίγμα 1). Μιας και τα απόβλητα ταπήτων περιέχουν στοιχεία εκτός των ινών και δεδομένου ότι το νάυλον έχει υψηλότερη πυκνότητα από το πολυπροπυλένιο, ο εκτιμώμενος όγκος ινών στον πίνακα 24 για τις ανακυκλωμένες ίνες είναι χαμηλότερος από ότι αυτός με το παρθένο πολυπροπυλένιο. Το μίγμα σκυροδέματος που παρασκευάστηκε είχε τις ακόλουθες αναλογίες σε βάρος: τσιμέντο (1.00), νερό (0.44), άμμος (1.71), χαλίκι (2.63), και την κατάλληλη ποσότητα ίνας. Καμία χημική πρόσμιξη δεν προστέθηκε. Ο πίνακας 26 συνοψίζει τα αποτελέσματα των δοκιμών της εργαστηριακής μελέτης, στα οποία κάθε σημείο στοιχείων αντιπροσωπεύει το μέσο όρο από περίπου 10 δείγματα. Η εργασιμότητα του φρέσκου σκυροδέματος μετρήθηκε με ένα τεστ κάθισης σκυροδέματος σύμφωνα με το πρότυπο ASTM C143-90a. [2, 37]

Η κάθιση είναι ένα μέτρο της εργασιμότητας (workability) του σκυροδέματος που εκφράζεται με την απώλεια ύψους, σε cm, που παρουσιάζει μία κωνική στήλη νωπού σκυροδέματος όταν ανασυρθεί η κωνική μήτρα (κόνος κάθισης) με την οποία μορφώθηκε. Οι κατηγορίες κάθισης είναι οι ακόλουθες:

Κατηγορία	Κάθιση σε mm
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	≥ 220

Η μετρούμενη κάθιση πρέπει να στρογγυλοποιείται στα πλησιέστερα 10 mm. Με τον όρο εργασιμότητα του έτοιμου σκυροδέματος εννοούμε την ιδιότητα του νωπού σκυροδέματος που χαρακτηρίζει την ευκολία με την οποία αυτό μεταφέρεται, διαστρώνεται και συμπυκνώνεται. [45]



Εικόνα 33 : τεστ κάθισης σκυροδέματος

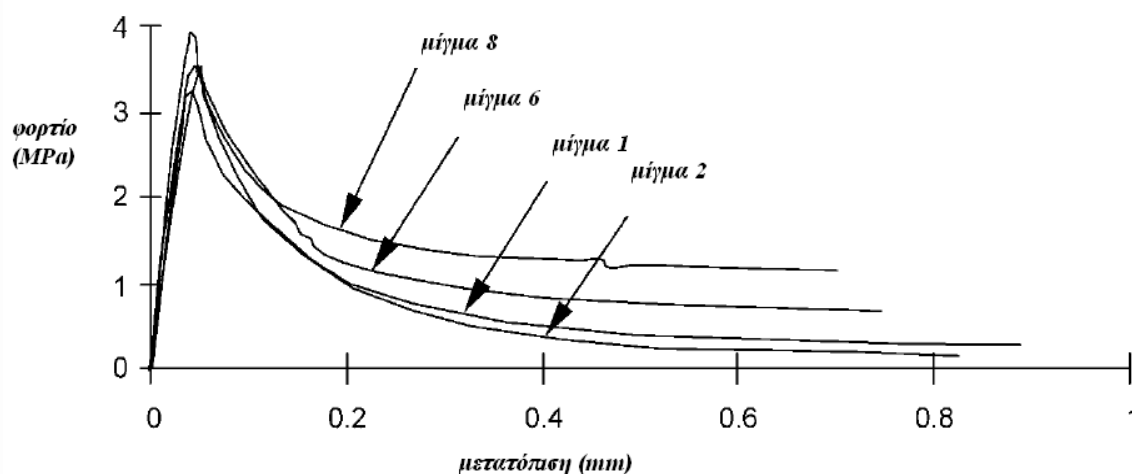
Καλή εργασιμότητα (κάθιση 180 έως 230 χιλ.) παρατηρήθηκε για τα μίγματα που περιείχαν μέχρι 1.8 kg/m^3 ίνες. Η κάθιση μειώνεται σε 70 χιλ. για 5.95 kg/m^3 , 51 χιλ. για 8.93 kg/m^3 , 48 χιλ. για 11.9 kg/m^3 , και κοντά στο μηδέν για 17.85 kg/m^3 . Κατά συνέπεια, η εργασιμότητα για δόσεις από 5.95 έως 11.9 kg/m^3 χαρακτηρίζεται χαμηλή αλλά εύχρηστη. Η δοκιμή θλίψης πραγματοποιήθηκε σε κυλίνδρους (καλούπια) διαμέτρου 76 χιλ. και ύψους 152 χιλ. βάση του προτύπου ASTM C39-86, ενώ αφέθηκαν για στερεοποίηση 28 ημέρες. Σε όλες τις δοκιμές, παρατηρήθηκε καλή αντοχή στη θραύση λόγω της ενίσχυσης με ίνες, ειδικά σε εκείνα τα μίγματα που είχαν σχετικά υψηλά ποσοστά δόσης ινών (μίγματα 5-8).

Πίνακας 26 : Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δοκιμών της εργαστηριακής μελέτης ενίσχυσης σκυροδέματος, στα οποία κάθε σημείο στοιχείων αντιπροσωπεύει το μέσο όρο από περίπου 10 δείγματα [2]

Μίγμα	Δόση (kg/m ³)	Όγκος %	Κάθιση (mm)	Δύναμη θλίψης		Δύναμη ελαστικότητας		I ₅	I ₁₀	I ₂₀
				MPa	Συντελεστής διακύμανσης	MPa	Συντελεστής διακύμανσης			
1*	0.89*	0.15	178	22.8	0.11	3.74	0.09	3.22	4.69	6.33
2	0.89	0.07	229	20.0	0.12	3.64	0.07	3.64	3.07	4.21
3	1.34	0.11	184	24.3	0.13	4.20	0.07	4.20	2.98	4.01
4	1.79	0.14	191	25.6	0.08	4.06	0.08	2.96	4.06	5.03
5	5.95	0.47	70	27.6	0.07	3.79	0.07	2.71	3.64	4.76
6	8.93	0.70	51	23.7	0.02	4.11	0.08	2.95	4.17	5.77
7	11.90	0.93	48	23.1	0.14	3.77	0.07	3.06	4.41	6.41
8	17.85	1.40	0	17.4	0.20	3.73	0.10	3.29	5.17	7.91

*Δείγμα με ίνες τύπου Fiber Mesh

Η δοκιμή για την κάμψη εκτελέστηκε σε τμήματα διαστάσεων 102×102×356 χιλ. βάση του προτύπου ASTM C1018-97. Χαρακτηριστικές καμπύλες της ικανότητας κάμψης των δοκιμών φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα 33.



Σχήμα 33 : Καμπύλες καμπτικής ικανότητας διαφόρων μειγμάτων

Παρατηρήθηκε επίσης ότι τα απλά δείγματα σκυροδέματος έσπασαν σε δύο κομμάτια μόλις επιτεύχθηκε το μέγιστο φορτίο, με πολύ λίγη ενεργειακή απορρόφηση. Τα δείγματα του ενισχυμένου με ίνες σκυροδέματος, αφ' ενός, παρουσίασαν μια ψευδο-

όλκιμη συμπεριφορά λόγω των ινών, γεφυρώνοντας τη ρωγμή. Λόγω των ινών, η ενεργειακή απορρόφηση κατά τη διάρκεια των δοκιμών κάμψης βρέθηκε για να είναι πολύ υψηλότερη από αυτή του απλού σκυροδέματος. Το πρότυπο ASTM C1018-97 είναι μια μέθοδος δοκιμών για τον χαρακτηρισμό της ανθεκτικότητας του ενισχυμένου με ίνες σκυροδέματος. Οι δείκτες ανθεκτικότητας αντιπροσωπεύουν την αναλογία ενεργειακής απορρόφησης σε σύγκριση με ένα τέλει εύθραυστο υλικό. Το I_5 , I_{10} , και I_{20} είναι οι τρεις δείκτες που υπολογίζονται από την καμπύλη κάμψης φορτίου-εκτροπής, για τρεις διαφορετικές εκτροπές.

Από τα στοιχεία του πίνακα 26 μπορεί να παρατηρηθεί ότι ο δείκτης I_5 , δεν παρουσίασε ευαισθησία στα διάφορα ποσοστά δόσεων ινών. Οι δείκτες I_{10} και I_{20} , που αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες εκτροπές, παρουσίασαν μια αύξηση με την ταυτόχρονη αύξηση του ποσοστού των δόσεων σε ίνες. Τα μίγματα με υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες παρουσίασαν πολύ καλές ιδιότητες ανθεκτικότητας. Αυτά τα μίγματα θα μπορούσαν κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν για δομικές εφαρμογές ή και για διαχωριστικές νησίδες εθνικών οδών.

Κατά συνέπεια, οι ίνες είναι πολύ αποτελεσματικές στην σύσφιξη του ραγισμένου σκυροδέματος αποτρέποντας τον θρυμματισμό. Για τις εφαρμογές όπου ο στόχος της ενίσχυσης είναι να παρασχεθεί η ακεραιότητα στο σκυρόδεμα παρά να φέρει αντοχή στα φορτία, ασυνεχείς ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για να αντικαταστήσουν τη χρήση χάλυβα.

Αρκετοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την ενίσχυση σκυροδέματος με ίνες από μετα-καταναλωτικούς τάπητες. Οι Namen et al. διερεύνησαν την ενίσχυση με ίνες πολυπροπυλενίου (5-25 mm), με ενθαρρυντικά αποτελέσματα, αναφορικά με την συμπεριφορά θλίψης και ελαστικότητας. Οι Groom et al. έκαναν δοκιμές με ίνες από νάυλον, για την ελαχιστοποίηση της θραύσης του σκυροδέματος με μήκος ινών (6.4-19.1 mm). Οι Wu et al. μελέτησαν τη χρήση των ανακυκλωμένων ινών από χρησιμοποιημένα λάστιχα αυτοκινήτων, σαν ενισχυτικό σκυροδέματος, για να εξετάσουν την επίδρασή τους στη συμπεριφορά ραγίσματος και στην δημιουργία διακένων. [2,37, 44]

8.6.3 Ενίσχυση εδάφους με ίνες

Με τον όρο έδαφος συχνά θεωρούμε ένα συνδυασμό τεσσάρων βασικών χαρακτηριστικών: αμμοχάλικου, άμμου, αργίλου, και λάσπης. Έχει γενικά χαμηλή αντοχή στον εφελκυσμό και στην διάτμηση, και τα χαρακτηριστικά του εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η εδαφολογική ενίσχυση με γεωφάσματα είναι μια καθιερωμένη πρακτική που χρησιμοποιείται ευρέως στη οδοποιία για την σταθεροποίηση και την αποστράγγιση.

Η εδαφολογική ενίσχυση με τυχαία διανεμημένες ίνες είναι μια άλλη προσέγγιση η οποία μπορεί να αυξήσει την εσωτερική συνεκτικότητα του χώματος. Σε μια απλή διαδικασία, ίνες προστίθενται και αναμιγνύονται σε ένα ποσοστό δόσης 0.2-2 % στο συνολικό βάρος. Η ανάμιξη μπορεί να γίνει σε λάσπη, σε άργιλο, σε άμμο, και σε χώμα το οποίο έχει ασβέστη ή περιέχει τσιμέντο. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ενίσχυση με ίνες, μπόρεσε να βελτιώσει τις ιδιότητες του χώματος, συμπεριλαμβανομένης της διατμητικής αντοχής, της αντοχής στην θλίψη, της φέρουσας ικανότητας φορτίου, του συντελεστή ελαστικότητας κ.α. Οι ίνες στο έδαφος δρουν σαν ενισχυτικά μέλη. Ακόμα και όταν το χώμα παραμορφώνεται μέσω διάτμησης ή συμπίεσης, αυτό δεν μεταφέρεται εύκολα προς όλες τις κατευθύνσεις. Επειδή οι ίνες είναι γενικά ισχυρότερες και πιο δύσκαμπτες από το χώμα, η παραμόρφωση περιορίζεται από τις ίνες μέσω της τριβής και των υπολοίπων αλληλεπιδράσεων με το χώμα.

Η συνολική επιφάνεια θραύσης (failure surface) είναι μεγαλύτερη λόγω της παρουσίας ινών, και η απορρόφηση ενέργειας αυξάνεται. Οι ίνες με το τέντωμα παρέχουν αντίσταση, και έτσι η μέγιστη διατηρητική δύναμη αυξάνεται, καθιστώντας το χώμα πιο όλκιμο ή πιο σκληρό. Η αύξηση της ικανότητας του χώματος στην αντοχή φορτίων λόγω της ενίσχυσης ινών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κατασκευαστικού κόστους και του χρόνου κατασκευής. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα της ενίσχυσης του εδάφους με ίνες σε σύγκριση με τα γεωφάσματα είναι η απουσία αδύνατων στρωμάτων του εδάφους, που είναι παράλληλα διατεταγμένα με τα γεωφάσματα. Διάφορες ίνες, συμπεριλαμβανομένου του παρθένου πολυπροπυλενίου και του γυαλιού έχουν χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσουν το χώμα και την άμμο σε διάφορες μελέτες. Η αύξηση στην αντοχή του οδοστρώματος που έχει παρατηρηθεί λόγω της εδαφολογικής ενίσχυσης με ίνες

πολυπροπυλενίου είναι άνω του 95%. Επιπρόσθετη ενίσχυση μπορεί να επιτευχθεί αν υπάρξει συνδυασμός των ινών με γεωφάσματα.

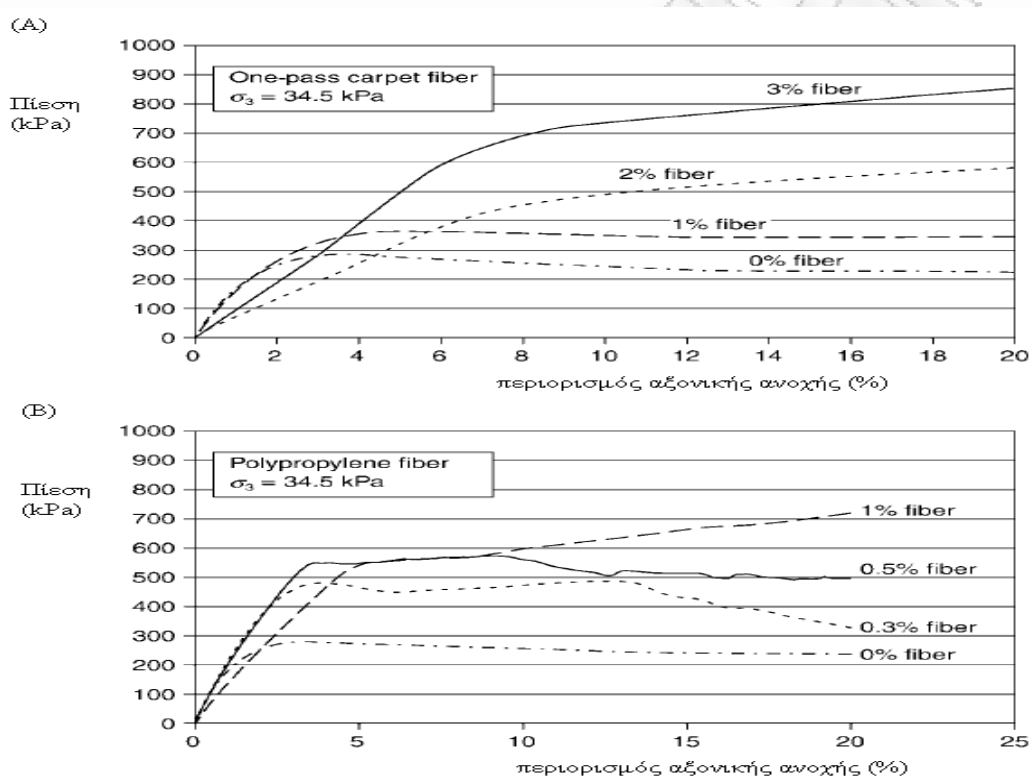
Χημικές ουσίες χρησιμοποιούνται επίσης για να σταθεροποιήσουν το έδαφος σε ορισμένες εφαρμογές. Ο ασβέστης και το τσιμέντο τύπου Πόρτλαντ είναι δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα. Οι χημικοί σταθεροποιητές, προστίθενται κανονικά σε ποσοστό 2 έως 10 %, και ενισχύουν την εσωτερική εδαφολογική συνοχή μέσω των χημικών δεσμών. Τα χημικά σταθεροποιημένα εδάφη είναι πιο δύσκαμπτα και ισχυρότερα από τα μη ενισχυμένα εδάφη, ενώ παρουσιάζουν αντιστάσεις στην ρηγμάτωση. Η προσθήκη ινών σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να ελέγξει ακόμη πιο αποτελεσματικά την δημιουργία ρωγμών. Η χρήση των ινών επιτρέπει την μείωση στην προσθήκη χημικών ουσιών-σταθεροποιητών. Εναλλακτικά, η χρήση των ινών μπορεί να επιτρέψει τη μείωση του απαιτούμενου πάχους ενός στρώματος το οποίο χρησιμοποιείται για έναν συγκεκριμένο σκοπό. Ο Sangineni σε δοκιμές κατάφερε να μειώσει το πάχος ανάλογων εδαφικών στρωμάτων, από 5 έως 16% χρησιμοποιώντας ως σταθεροποιητές του εδάφους χημικές προσθήκες και ίνες. [2]

8.6.4 Ενίσχυση εδάφους με ανακυκλωμένες ίνες

Οι Murray et al. ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα εργαστηριακών δοκιμών για να την αξιολόγηση των ιδιοτήτων του ενισχυμένου με ίνες εδάφους, από απορρίμματα ταπήτων. Το χώμα που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη ήταν ίλης. Τα υλικά ενίσχυσης που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη ήταν ίνες ταπήτων και παρθένες ίνες πολυπροπυλενίου. Οι ανακυκλωμένες ίνες ταπήτων είχαν υποστεί τεμαχισμό και το μήκος τους κυμαινόταν από 10 έως 50 mm., με μια μέση τιμή μήκους 17 mm. και 0.45 mm πλάτος. Οι παρθένες ίνες πολυπροπυλενίου είχαν 30.7 mm μήκος και 4.3mm πλάτος. Παρασκευάστηκαν κυλινδρικά δείγματα τα οποία περιείχαν αναμειγμένο και συμπιεσμένο χώμα και ίνες, διατηρώντας ξηρή πυκνότητα 1.6g/cm^3 και μια περιεκτικότητας σε υγρασία 19%.

Τα εδαφολογικά δείγματα εξετάστηκαν μέσω τριαξονικών δοκιμών συμπίεσης υπό μια πίεση περιορισμού 34.5 kPa και 69.0 kPa. Η αντίσταση στην παραμόρφωση μετρήθηκε μέσω της διαφοράς πίεσης από την αρχική πίεση που εφαρμόστηκε, δηλ. η εφαρμοζόμενη πίεση μείων την πίεση περιορισμού. Η πίεση περιορισμού παρέχει την

πλευρική υποστήριξη των δειγμάτων, που αντιπροσωπεύει την εφαρμοζόμενη πίεση της γης υπό πραγματικές συνθήκες. Σε δείγματα που περιείχαν ίνες μπορούσε να εφαρμοστεί μεγαλύτερη πίεση έως ότου το δείγμα να υποστεί παραμόρφωση. Τα αποτελέσματα των δοκιμών συνοψίζονται στον πίνακα 27 και μερικές χαρακτηριστικές καμπύλες των δοκιμών παρουσιάζονται στο σχήμα 34 (A,B). Αρκετή βελτίωση παρατηρήθηκε στην συμπεριφορά του εδάφους όταν υποβλήθηκε σε πίεση. Στις δοκιμές η μέγιστη πίεση (δηλαδή η πραγματική μέγιστη πίεση όπου καμία ρωγμή δεν ήταν εμφανής) αυξανόταν καθώς αυξανόταν και η περιεκτικότητα σε ίνες.



Σχήμα 34Α: καμπύλη ανοχής εδάφους ενισχυμένου με ίνες τάπητα

Σχήμα 34Β: καμπύλη ανοχής εδάφους ενισχυμένου με ίνες παρθένου πολυπροπυλενίου

Η αύξηση της πίεσης ήταν πολύ σημαντική, περίπου 204 % με ενίσχυση 3 % ιών ταπήτων, σε πίεση 34.5 kPa, και κατά 157 % με ενίσχυση ιών ταπήτων 3%, σε πίεση 69 kPa. Σε πίεση 34.5 kPa, τα εδαφολογικά δείγματα που δεν είχαν ενισχυθεί με ίνες παρουσίασαν σημάδια χαλάρωσης. Η σκλήρυνση του εδάφους με την παρουσία ιών είναι εξαιρετικά επιθυμητή για ορισμένες εφαρμογές όπως η σταθεροποίηση των πρανών. Από τις αξονικές δοκιμές φάνηκε ότι η αρχική ακαμψία όλων των

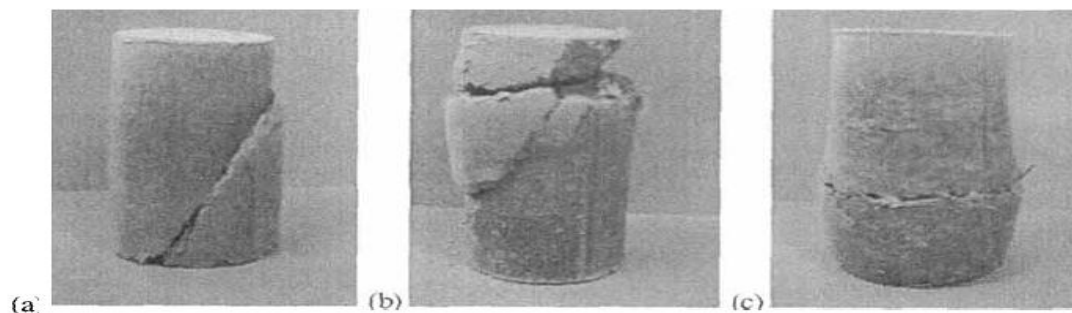
δειγμάτων, είτε αυτών που δεν περιέχουν ίνες είτε αυτών που περιέχουν, δεν διαφέρει σημαντικά. Μεγάλες αποκλίσεις παρουσιάζονται σε υψηλότερες ασκούμενες πιέσεις, στις οποίες τα δείγματα με υψηλά ποσοστά ινών έδειξαν καλή προσαρμογή και μείωση της ριγμάτωσης και θραύσης.

Πίνακας 27 : Ιδιότητες εδάφους ενισχυμένου με ίνες μετα-καταναλωτικών ταπήτων και παρθένου πολυπροπυλενίου [2]

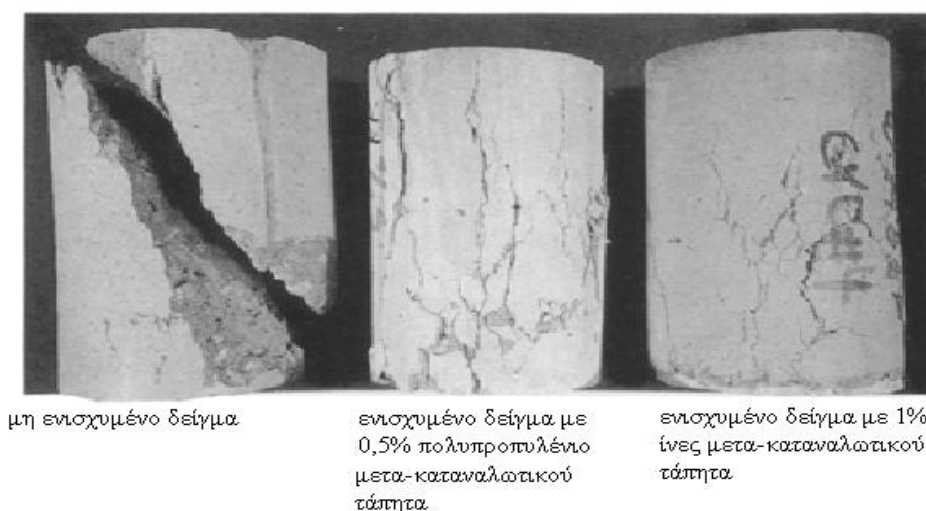
Τύπος ίνας	Εφαρμοζόμενη πίεση (kPa)	Ποσοστό περιεχομένου ίνας (%)	Μέγιστη πίεση * (kPa)	Πίεση στο 10% περιορισμού αξονικής ανοχής (kPa)	Πίεση στο 20% περιορισμού αξονικής ανοχής (kPa)	Αύξηση μέγιστης πίεσης (%)
Μη ενισχυμένο δείγμα	34.5	0	282.5	252.9	235.0	-
Μη ενισχυμένο δείγμα	69.0	0	339.0	334.9	329.4	-
Ίνες ταπήτων	34.5	1	363.9	354.9	341.8	+28.7
Ίνες ταπήτων	34.5	2	576.1	488.6	576.1	+103.9
Ίνες ταπήτων	34.5	3	857.9	734.6	857.9	+203.7
Ίνες ταπήτων	69.0	1	515.5	445.2	481.0	+52.0
Ίνες ταπήτων	69.0	2	665.7	537.5	631.2	+96.3
Ίνες ταπήτων	69.0	3	869.7	622.3	835.2	+156.5
Παρθένο πολυπροπυλένιο	34.5	0.3	485.8	473.4	334.2	+72
Παρθένο πολυπροπυλένιο	34.5	0.5	572.7	552.7	493.4	+102.7
Παρθένο πολυπροπυλένιο	34.5	1	720.8	634.7	720.8	+155.1
Παρθένο πολυπροπυλένιο	69.0	0.3	546.5	653.7	538.9	+61.2
Παρθένο πολυπροπυλένιο	69.0	0.5	576.1	569.9	558.9	+69.9
Παρθένο πολυπροπυλένιο	69.0	1	669.1	587.8	669.1	+97.4

* Η μέγιστη πίεση (δηλαδή η πραγματική μέγιστη πίεση όπου μια καμία ρωγμή δεν ήταν εμφανής, περίπου στο 20% της πίεσης περιορισμού)

Στις ακόλουθες εικόνες (εικόνα 34 a, b, c) φαίνονται παρασκευασμένοι κύλινδροι σκυροδέματος οι οποίοι έχουν υποστεί σε πίεση περιορισμού 34.5 kPa. Η εικόνα 34a, δεν περιέχει καθόλου ενίσχυση ινών, η εικόνα 34b έχει 1 % ίνες και η εικόνα 34c έχει 2 %. Η εικόνα 35 δείχνει άλλους τύπους σκυροδέματος που έχουν υποστεί πιέσεις για 28 ημέρες.



Εικόνα 34 : δοκιμές σκυροδέματος υπό πίεση περιορισμού 34.5 kPa, a) 0% ίνες, b) 1% ίνες, c) 2% ίνες.



Εικόνα 35 : Τύποι σκυροδέματος που έχουν υποστεί πιέσεις για 28 ημέρες.

Τέλος μια ακόμη μελέτη πραγματοποιήθηκε για την διερεύνηση της χρήσης των ινών από μεταχειρισμένους τάπητες, στην οδοποιία. Οι δοκιμές αυτές εφαρμόστηκαν σε μια πληθώρα μη λιθοστρωμένων δρόμων που περιείχαν διαφορετικά υποστρώματα, έτσι ώστε να αντιπροσωπεύονται διαφορετικοί τύποι εδαφών. Το έδαφος έπρεπε να σκαφτεί σε ένα βάθος 150 mm, και να κατανεμηθούν ομοιόμορφα οι τεμαχισμένες ίνες ταπήτων. Το χώμα στην συνέχεια θα έπρεπε να ομογενοποιηθεί και να συμπιεστεί. Οι χρησιμοποιούμενες ίνες τεμαχίστηκαν σε ένα μήκος περίπου 70mm, ενώ το ποσοστό ενίσχυσης σε ίνες ήταν περίπου 0.33 % κατά βάρος. Τα

αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά μετά από παρατήρηση των ιδιοτήτων του εδάφους με το πέρασμα του χρόνου. Επίσης τα ενισχυμένα εδάφη απαιτούσαν λιγότερη συντήρηση του επιστρωμένου οδοστρώματος. Η ανάμειξη των ινών λοιπόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ευρεία κλίμακα τύπων εδαφών, για ποικίλες εφαρμογές συνδυάζοντας οικονομικά οφέλη, εκτρέποντας παράλληλα τους μετακαταναλωτικούς τάπητες από τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων. [2]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή επιχειρήθηκε μια περιεκτική συλλογή βιβλιογραφικών στοιχείων σε διεθνές και εθνικό επίπεδο που αφορούν την διαχείριση των κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων.

Αρχικά γίνεται μια περιγραφή του κλάδου της κλωστοϋφαντουργίας σε παγκόσμιο αλλά και σε εθνικό περιβάλλον, με σκοπό ο αναγνώστης να οικειοποιηθεί με τις δραστηριότητες και τα βήματα της παραγωγικής διαδικασίας που παράγουν κλωστοϋφαντουργικά απορρίμματα. Παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία για τα ποσοστά παραγωγής κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων από διάφορες χώρες και οι μελλοντικές τάσεις. Λόγω της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης που δεν άφησε ανεπηρέαστο και τον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας, η παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αυξάνεται ραγδαία, αποτέλεσμα του σύγχρονου τρόπου ζωής που έχουν υιοθετήσει οι κοινωνίες.

Οι συνθετικές ίνες κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος στις παγκόσμιες αγορές και η διαχείριση των παραγόμενων προϊόντων που συνιστώνται από αυτές, αποτελεί μια πρόκληση. Άλλα προηγμένα τεχνολογικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι τα τεχνικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούνται σε μια πληθώρα εφαρμογών και τα οποία μπορούν να παραχθούν μέσω ενός κύκλου ανάκτησης κλωστοϋφαντουργικών υλικών.

Εξετάζονται παραδείγματα εφαρμογών ξένων χωρών και εταιριών του εξωτερικού που είτε επιτυχώς είτε μη, εφάρμοσαν την ανακύκλωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Επιπλέον εξετάζεται το πώς λειτουργεί το σύστημα της ανακύκλωσης

κλωστοϋφαντουργικών εξ ολοκλήρου σε μια κοινωνία. Δηλαδή το πώς διαμορφώνονται οι προτιμήσεις των πολιτών, τι καθορίζει τις επιλογές τους, ποιοι άλλοι παράγοντες περιπλέκονται στην καταναλωτική συμπεριφορά, ποιοι φορείς εμπλέκονται με την ανακύκλωση, ενώ εξετάζονται και οι αντιδράσεις και οι συνήθειες απόρριψης των πολιτών αναφορικά με τα κλωστοϋφαντουργικά απορρίμματα.

Στην Ελλάδα δυστυχώς δεν έχουν παρατηρηθεί οργανωμένα εγχειρήματα για την ανακύκλωση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Οι μόνες προσπάθειες που επιτελούνται είναι από φιλανθρωπικές οργανώσεις, και αυτές προσανατολίζονται αποκλειστικά στην αναχρησιμοποίηση προϊόντων. Το περιεχόμενο του παρόντος πονήματος θα μπορούσε να αποτελέσει μια χρήσιμη πηγή πληροφοριών για ένα πιλοτικό είτε για ένα ολοκληρωμένο σύστημα ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Ένα άλλο θέμα το οποίο αναλύεται, είναι η σύγχρονη τακτική που εφαρμόζεται σε αρκετές χώρες που ήδη έχουν πολύχρονη εμπειρία σε θέματα ανακύκλωσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, και δεν είναι άλλο από τον σχεδιασμό προϊόντων που ανακυκλώνονται εύκολα και πλήρως. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τεχνικές σχεδίασης, και εμπειρίες χωρών για το πώς κατάφεραν να προσανατολιστούν στο σχεδιασμό προϊόντων που τα καθιστά ανακυκλώσιμα. Γίνεται λόγος για τα βιοδιασπώμενα πολυμερή, που αποτελούν προϊόντα που παράχθηκαν μέσω φιλοπεριβαλλοντικού σχεδιασμού, τα οποία απαντώνται σε αρκετές εφαρμογές.

Ένα κρίσιμο σημείο της ανακύκλωσης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων είναι η διαχείριση των ταπήτων, μιας και αποτελούν ένα σημαντικό όγκο στο ρεύμα των κλωστοϋφαντουργικών απορριμμάτων. Σε αυτό το σημείο επιχειρείται μια διεξοδική προσέγγιση του συστήματος της ανακυκλωτικής διαδικασίας. Παρουσιάζονται συνάμα τεχνικές αλλά και τεχνολογίες αξιοποίησης των ταπήτων, υπό το πρίσμα της οικονομοτεχνικής προσέγγισης.

Τέλος καταγράφονται ορισμένες από τις εφαρμογές των ανακυκλωμένων προϊόντων, οι οποίες μπορούν να έχουν άμεση εφαρμογή σε διαφορετικούς τομείς. Για

παράδειγμα, ανάκτημένες μη υφασμένες ίνες μαλλιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό νερού, ενώ το σκυρόδεμα αποκτά αυξημένες ιδιότητες αντοχής με την προσθήκη ανακυκλωμένων ινών από κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.

Τα στερεά απορρίμματα ομολογουμένως, αποτελούν ένα μεγάλο σύγχρονο περιβαλλοντικό και πολιτιστικό πρόβλημα, το οποίο τίθεται σαν προτεραιότητα για αρκετές αναπτυγμένες χώρες. Αποτελούνε επίσης μια σημαντική ετήσια ανανεώσιμη πηγή αγαθών, που θα έχει ως επακόλουθο την διατήρηση των φυσικών πόρων και την μείωση των απαιτούμενων χώρων εναπόθεσης απορριμμάτων. Παράλληλα μπορούμε να εξασφαλίσουμε τη μείωση των αναγκών σε απαιτούμενη ενέργεια αλλά και την ελαχιστοποίηση των οικονομικών απαιτήσεων από την μη παραγωγή πρώτων υλών.

Ελπίδα αποτελεί το γεγονός ότι αυτή η έρευνα ίσως λειτουργήσει ως εφαλτήριο για να συνεχιστεί η προσπάθεια της μελέτης αυτού του, επίκαιρου όσο ποτέ θέματος, από ερευνητές και φορείς. Να υπάρξει ένα ολοκληρωμένο διαχειριστικό σχέδιο στην χώρα μας που θα αποτρέπει την αλόγιστη διάθεση αυτών των προϊόντων σε χώρους απόθεσης απορριμμάτων αλλά θα τα αξιοποιεί, συνεισφέροντας στην διατήρηση των φυσικών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Παράρτημα

Κατάλογος ονοματολογίας των κυριότερων χρησιμοποιούμενων υφασμάτων στην παραγωγή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. [8]

- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Afghalaine | 36. Ceylon | 71. Domet |
| 2. Albert | 37. Ceylonette | 72. Donegal tweed |
| 3. Alpaca | 38. Chain twill | 73. Double face |
| 4. Amazon | 39. Challis | 74. Double satin |
| 5. Angola | 40. Chambray | 75. Drill |
| 6. Angora | 41. Charmante satin | 76. Droguet |
| 7. Astrakhan | 42. Charmelaine | 77. Duchess satin |
| 8. Barathea | 43. Checks | 78. Duffel |
| 9. Batiste | 44. Chenille | 79. Dupion |
| 10. Beaver | 45. Cheviot tweed | 80. Elastique |
| 11. Beaverteen | 46. Chevron teill | 81. Elysian |
| 12. Bedford cord | 47. Chiffon | 82. Empress |
| 13. Bird's eye twill | 48. Chintz | 83. Eskimo |
| 14. Blazer | 49. Coix sauvage | 84. Faille |
| 15. Blin-blin | 50. Cloque | 85. Faile francaise |
| 16. Blulette | 51. Compound twill | 86. Faile ribbon |
| 17. Bmbasine | 52. Cool woolcord | 87. Fearnought |
| 18. Boucle | 53. Corduroy | 88. Flame |
| 19. Brillantine | 54. Cotelecrepe | 89. Flannel |
| 20. Broadcloth | 55. Crepe chiffon | 90. Flannelette |
| 21. Brocade | 56. Crepe de chine | 91. Florentine |
| 22. Broderie | 57. Crepe georgette | 92. Fresco |
| 23. Broken twill | 58. Crepe satin | 93. Frieze |
| 24. Buckskin | 59. Crepe suzette | 94. Gabertine |
| 25. Calico | 60. Crepon | 95. Gabertine union |
| 26. Cambric | 61. Crettone | 96. Gauffered |
| 27. Camlet | 62. Croise | 97. Gauze |
| 28. Campbelltwill | 63. Cupro | 98. Gingham |

- | | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 29. Canella | 64. Dacron dauphine | 99. Givrine |
| 30. Canella alternative | 65. Delaine | 100. Glen urquhart |
| 31. Canella de indes | 66. Denim | 101. Goose eye twill |
| 32. Canella simplete | 67. Dimity | 102. Grain de poudre |
| 33. Canetille | 68. Diolen | 103. Granite |
| 34. Cashmere | 69. Doeskin | 104. Gros de tours |
| 35. Cavalry twill | 70. Dog tooth | 105. Gros grain |
| 106. Guard | 148. Ninghai | 190. Voile |
| 107. Gun club | 149. Oatmeal crepe | 191. Whipcord |
| 108. Haircord | 150. Organdie | 192. Wincey |
| 109. Harris teed | 151. Organza | 193. Winceyette |
| 110. Harvard | 152. Ottoman | 194. Zephyr |
| 111. Henrietta | 153. Oxford | |
| 112. Herringbone twill | 154. Panama | |
| 113. Honan | 155. Peach skin | |
| 114. Hopsack | 156. Pekin | |
| 115. Hounds tooth | 157. Percale | |
| 116. Irish poplin | 158. Pied de coq | |
| 117. Jaconet | 159. Pied de poule | |
| 118. Jape | 160. Pique | |
| 119. Jean | 161. Plisse | |
| 120. Kersey | 162. Poil trainant | |
| 121. Lahore | 163. Pongee | |
| 122. Lambskin | 164. Poplin | |
| 123. Lame | 165. Poult | |
| 124. Lawn | 166. Prince de galle | |
| 125. Linen | 167. Ratine | |
| 126. Loden | 168. Repp | |
| 127. Lozenge twill | 169. Russian cord | |
| 128. Madapolam | 170. Sailcloth | |
| 129. Madras muslin | 171. Sateen | |
| 130. Marocain | 172. Satin | |
| 131. Matelasse | 173. Seersucker | |

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 132. Mayo twill | 174. Shantungsharkskin |
| 133. Melton | 175. Shepherd |
| 134. Meltonette | 176. Shetland tweed |
| 135. Mexicaine | 177. Surah |
| 136. Mistral | 178. Taffeta |
| 137. Moar de matasse | 179. Tattersalteryene |
| 138. Moirette | 180. Texture |
| 139. Mohair | 181. Thornproof tweed |
| 140. Mohair braid | 182. Twill |
| 141. Moleskin | 183. Tweed |
| 142. Molleton | 184. Velvet |
| 143. Montagnac | 185. Velvet cisele |
| 144. Moss-crepe | 186. Velvet pileon pile |
| 145. Muslin | 187. Velveteen |
| 146. Natte | 188. Velour |
| 147. Needle cord | 189. Voided velvet |

Επεξήγηση όρων κατά την παραγωγική διαδικασία των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Κολλάρισμα : διαδικασία της επεξεργασίας των βαμβακερών υφασμάτων γίνεται στην κυτταρική ίνα, προκειμένου να της προσδώσει μηχανική αντοχή κατά την ύφανση.

Αποκολλάρισμα : διαδικασία που γίνεται στο έτοιμο ύφασμα και απομακρύνονται τα υλικά του κολλαρίσματος που προστέθηκαν στο νήμα.

Διαβροχή : ή αλλιώς πλύσιμο γίνεται για την απομάκρυνση των κεριών, των λιπών και άλλων μη κυτταρινούχων ακαθαρσιών από την ίνα ή το ύφασμα, για να μπορέσει να γίνει στη συνέχεια η λεύκανση και η βαφή. **λεύκανση :** αποσκοπεί στην απομάκρυνση του φυσικού χρώματος του υλικού και το καθιστά κατάλληλο για βαφή.

Μερσερισμός : αποσκοπεί στην αύξηση της αντοχής του νήματος σε χημικές ουσίες, ηλιακό φως και μηχανική αντοχή, στην επίτευξη στιλπνότητας του υλικού και στη βελτίωση της βαφικής του ικανότητας. **Κρεπάρισμα :** δημιουργούνται κυματισμοί και ζαρώματα στο ύφασμα και γίνεται με τύπωμα πυκνής καυστικής σόδας. Μετά την κατεργασία το υλικό ξεπλένεται με αραιό θειικό οξύ.

Βαφή : ενός προϊόντος, είτε στη μορφή του νήματος ή του υφάσματος, γίνεται με την προσθήκη χρωστικής ουσίας, η οποία προσδίδει στο προϊόν το επιθυμητό χρώμα. Η βαφή γίνεται με χρώματα direct, αντιδράσεως (reactive), κάδου (vat) και θείου, καθώς και με τυποβαφή.

Φινίρισμα : ή αλλιώς εξευγενισμός των υφασμάτων περιλαμβάνει υγρές και ξηρές επεξεργασίες που έχουν σκοπό να προσδώσουν το τελικό προϊόν ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Το φινίρισμα περιλαμβάνει την εφαρμογή μεγάλου εύρους χημικών ουσιών έτσι ώστε το τελικό προϊόν να αποκτήσει αντοχή στο ζάρωμα, στο νερό (αδιαβροχοποίηση), στη φωτιά, στις κηλίδες καθώς και στη προσβολή του από σκώρο, παράσιτα, βακτήρια, κ.λ.π.

Καρβονισμός : ή αλλιώς καρμπονάρισμα, είναι μια διαδικασία που αποσκοπεί στην αφαίρεση κυτταρινούχων υλικών του μαλλιού.

Νεροτριβή : μηχανική κατεργασία μάλλινων υφασμάτων που προκαλεί μεταβολή στη δομή του υφάσματος με αποτέλεσμα την συμπύκνωση των ινών και την διόγκωση των υφασμάτων. [8]

Βιβλιογραφικές πηγές-Αναφορές

- [1]. Βαγενάς Δ., Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, Αγρίνιο, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων 2003. σελ5-6.
- [2]. Wang Y., Recycling Textiles, Georgia, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2006. σελ 7-45, 49-53, 58-67, 203-223
- [3]. Ευγενιάδη Ε., Ξένιας Α., Η ελληνική κλωστοϋφαντουργία στο Ευρωπαϊκό και Διεθνές Περιβάλλον, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 1996, σελ 7-24.
- [4]. www.fibersource.com/F-Info/fiber%20production.htm
- [5]. Bartl A., Hackl A, Mihalyi B., Wistuba M., Marini I., Recycling of fibre materials, Institution of Chemical Engineers. 2005; 83 : 351–358
- [6]. Λιαπάκης Π., Σιαγλής Α., Οι κλωστοϋφαντουργικές επιχειρήσεις στην Ελλάδα, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 1994 Πειραιάς. σελ 56-68
- [7]. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ε.ΠΕ.Μ. Α.Ε., Ολοκληρωμένο Μεθοδολογικό Πλαίσιο Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων για την Αξιολόγηση των Επιπτώσεων από την Εισαγωγή Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών στη Βιομηχανία, Αθήνα 2004, <http://www.epem.gr/daf-bat/pdfs/2o%20paradoteo.pdf> σελ 55-65
- [8]. Βοζίκη Κ., Κατρής Δ., Ονοματολογία και χαρακτηριστικά υφασμάτων, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 1997 Πειραιάς. σελ 1-23
- [9]. Βασιλειάδης Σ., Πέππας Θ., Εισαγωγή στην κλωστοϋφαντουργία, τόμος πρώτος-Κλωστοϋφαντουργικές ίνες, AF.Richards, A.E. Cropper, M. Miraftab, D.A. Holmes, Ed., Αθήνα 2003. σελ 1-21, 35-42
- [10]. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/IT1090451_patent.png
- [11]. Βασιλειάδης Σ., Πέππας Θ., Εισαγωγή στην κλωστοϋφαντουργία, τόμος τρίτος- Τεχνολογία υφασμάτων, AF.Richards, A.E. Cropper, M. Miraftab, D.A. Holmes, Ed., Αθήνα 2003).
- [12]. Δρομούση Μ., Συνθετικές Ίνες, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 1999
- [13]. Λαββά Σ., Μέλλου Ε., Συνθετικές και φυσικές ίνες, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 2000
- [14]. <http://technologe.in.pathfinder.gr/antimicrobial-yarns/>

- [15]. Ξεπαπαδέα Ε., Σκούρα Ε., Εφαρμογές κλωστοϋφαντουργικών υλικών στην ιατρική με ιδιαίτερη έμφαση στα ιατρικά ράμματα και δίχτυα, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 2001,
- [16]. Παπαζάχου Σ., Technical Textiles, Greek Fashion mag., τεύχος 87,2008
- [17]. Παπαζάχου Σ., Technical Textiles, Greek Fashion mag., τεύχος 85,2008
- [18]. Πυρίνου Ο., Σγούρα Χ., Χημεία και Τεχνολογία υφάνων για χρήση στους αερόσακους, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 2002, σελ 3
- [19]. Παπαζάχου Σ., Technical Textiles, Greek Fashion mag., τεύχος 86,2008
- [20]. Διαμαντοπούλου Ο., Μελέτη τεχνικών υφασμάτων-γεωυφασμάτων, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 1995.
- [21]. Βασιλειάδης Σ., Πέππας Θ., Εισαγωγή στην κλωστοϋφαντουργία, τόμος δεύτερος- Τεχνολογία νημάτων, AF.Richards, A.E. Cropper, M. MirafTAB, D.A. Holmes, Ed., Αθήνα 2003.
- [22]. Κουτσομίχος Ν., Τα απόβλητα στην κλωστοϋφαντουργία, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 1996, σελ 1-34
- [23]. Νταράκας Ε., Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων, Θεσσαλονίκη 2006, σελ 8-9, 88-102
- [24]. Ντάτρα Κ., Τσερπέ Α., Η διεθνής και Ευρωπαϊκή πολιτική για την ποιότητα και την περιβαλλοντική διαχείριση, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 2001 σελ 15-22
- [25]. Horrocks A.R., Recycling textile and plastic waste, Woodhead Publishing Ltd, 2000, σελ 3-15, 33-40, 52-54, 76-90
- [26]. Woolridge A, Ward G., Phillips P., Collins M., Gandy S., Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: An UK energy saving perspective, Resources, Conservation and Recycling. 2006; 46: 94-103.
- [27]. Shukla S, Harad A, Jawale L., Recycling of waste PET into useful textile auxiliaries, Waste Management. 2008;28: 51-56
- [28]. Fitzpatrick J., Why Textile and Clothing Industries are Shifting to the Third World Long Range Planning, 1983; 16: 42-45
- [29]. www.textilgruppehof.com
- [30] Δημητρούλιας Α., Χρήση κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στον εσωτερικό εξοπλισμό αυτοκινήτων, Πτυχιακή ΤΕΙ Πειραιά, 2003, σελ 32

- [31]. Κατσουγιάννη Σ., Βιοδιασπώμενα πολυμερή στη σχεδίαση για το περιβάλλον, Πτυχιακή Πανεπιστημίου Αιγαίου, Σύρος 2008, σελ 25-26, 46-66, 90-125.
- [32]. Horrocks A.R. , Ecotextile '98-Sustainable development: Proceedings of the conference Ecotextile '98, Woodhead Publishing Ltd, 1999, σελ 151-174, 219-234
- [33]. www.unitedrecyclingco.com
- [34]. <http://www.expresstextile.com/20031016/edit02.shtml>
- [35]. <http://www.ingefibers.com/ingeo/home.asp>
- [36]. Textiles: Carpet & Carpet Pad commodity profile, North Carolina Department of Environment and Natural Resources, 1998
- [37]. Wang Y., Utilization of recycled carpet waste fibers for reinforcement of concrete and soil, *polym.-plast. Technol. Eng.* 1999; 38: 533-546
- [38]. http://www.tsi-scidac.org/b2b/pics/Tufted_Carpet.jpg
- [39]. Wang Y., Zureick A., Cho B., Scott D., Properties of fibre reinforced concrete using recycled fibres from carpet industrial waste, *Journal of Material Science.* 1994; 29: 4191-4199
- [40]. http://en.wikipedia.org/wiki/Plastics_extrusion
- [41]. Hell E., PA Fiber Recycling Challenges, Applications, Rewards, Starlinger S.A.
- [42]. Langer T., Creating Value from Fibre Waste, Nrg recycling machines S.A.
- [43]. McNeil S, Sunderland M., Zaitseva L., Closed-loop wool carpet recycling, *Resources, Conservation and Recycling.* 2007; 51 : 220–224
- [44]. Asokan P., Osmani M., Price A., Assessing the recycling potential of glass fibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites, *Journal of Cleaner Production.* 2009; 17: 821–829
- [45]. <http://www.interbeton.gr/default.asp?pageID=61&langID=1>
- [46]. C. D. Papaspyrides, S. Pavlidou, and S. N. Vouyiouka, Development of advanced textile materials: natural fibre composites, anti-microbial, and flame-retardant fabrics, *Proc. IMechE* 2009; Vol. 223 Part L: J. Materials: Design and Applications