



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Μηχανική και Τεχνολογία Υλικών
και Κατασκευών

Η Ανακύκλωση Πλαστικών στην Κρήτη

Ευδοκία Καλαμπόγια

Επιβλέπων: Αλέξανδρος Δ. Γκότσης



27 Μαρτίου, 2008

ΣΥΝΟΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι οι τρόποι διαχείρισης και ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων στον ελλαδικό χώρο και πιο συγκεκριμένα σε ένα σχετικά μεγάλο νησί, απομακρυσμένο όμως από την ενδοχώρα, όπως η Κρήτη. Μελετούνται οι υπάρχουσες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανακύκλωση μετακαταναλωτικών πλαστικών απορριμμάτων, γίνεται μια προσπάθεια ανάλυσης της πιθανότητας εφαρμογής τους στις συνθήκες του νησιού της Κρήτης, συγκρίνονται με τις υπάρχουσες δραστηριότητες στο νησί και γίνονται προτάσεις για την βελτίωση και την επέκτασή τους ώστε να ανακυκλώνεται αποτελεσματικά ένα μεγαλύτερο μέρος από τα απορρίμματα πολυμερών υλικών στην Κρήτη.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	4
1.1	Ορισμός και Είδη Πλαστικών	4
1.2	Οικονομική σημασία των πλαστικών	6
1.3	Το πρόβλημα των πλαστικών απορριμμάτων	8
1.3.1	Πλαστική συσκευασία και περιβάλλον	12
1.4	Η νομοθεσία	15
1.4.1	Η αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών απορριμμάτων	16
1.5	Τεχνολογία ανακύκλωσης πολυμερών	16
1.5.1	Στόχοι ανακύκλωσης	17
1.5.2	Προϋποθέσεις για τη λειτουργία ενός αποδοτικού προγράμματος ανακύκλωσης	17
1.5.3	Τύποι ανακυκλώσιμων πλαστικών απορριμμάτων	18
1.5.4	Κατηγορίες ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων	18
2	Πρωτογενής ανακύκλωση	19
3	Δευτερογενής ανακύκλωση	20
3.1	Συλλογή / Διαλογή στη πηγή	20
3.1.1	Συστήματα συλλογής οικιακών απορριμμάτων	22
3.1.2	Συστήματα συλλογής βιομηχανικών / εμπορικών απορριμμάτων	25
3.1.3	Συστήματα συλλογής γεωργικών απορριμμάτων	27
3.1.4	Πλαστικά απορρίμματα οικοδομής	28
3.1.5	Παραδείγματα συλλογής και κατεργασίας πλαστικών, και κόστους από ευρωπαϊκές πόλεις.	28
3.2	Διαχωρισμός / Καθαρισμός	29
3.2.1	Μάκρο – Διαχωρισμοί (Macro-sorting)	30
3.2.2	Μείωση μεγέθους	31
3.2.3	Μίκρο-διαχωρισμοί (micro-sorting)	33
3.2.4	Διεργασίες πλύσης	34
3.2.5	Έλεγχος ποιότητας	34
3.3	Αποθήκευση πλαστικών αποβλήτων μετά τη διαλογή	35
3.4	Παράδειγμα: Πλήρως αυτοματοποιημένο εργοστάσιο διαλογής (Γερμανία)	35
3.5	Διεργασίες Πολυμερών	37
3.5.1	Τρόποι μορφοποίησης του ανακυκλωμένου υλικού	37
3.6	Χαρακτηρισμός ποιότητας ανακυκλωμένου υλικού	43
3.7	Ενδεικτικό κόστος δευτερογενούς ανακύκλωσης	43
3.8	Νομικά και οικονομικά μέτρα για την προώθηση της ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων	44
3.9	Προώθηση των ανακυκλώσιμων/ανακυκλωμένων προϊόντων σαν εναλλακτικά αλλά ισοδύναμα προϊόντα	46
3.10	Ανακύκλωση πλαστικών & βιώσιμη ανάπτυξη	46
3.10.1	Περιβαλλοντικές πτυχές	46
3.10.2	Οικονομικές πτυχές	47
3.10.3	Κοινωνικές πτυχές	48

4	Τριτογενής ανακύκλωση	49
4.1	Χημική Ανακύκλωση Πλαστικών	49
4.2	Τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας Πλαστικών	53
4.2.1	Πυρόλυση	53
4.2.2	Υδρογόνωση	54
4.2.3	Αεριοποίηση	56
4.2.4	Τεχνολογίες πλάσματος	57
4.2.5	Σύγκριση εναλλακτικών θερμικών διεργασιών	57
4.2.6	Ενδεικτικό κόστος θερμικών διεργασιών	59
5	Τεταρτογενής ανακύκλωση	61
5.1	Καύση με ανάκτηση ενέργειας	61
5.1.1	Επισκόπηση της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας πάνω στην θερμική επεξεργασία	62
5.1.2	Σύγχρονες τεχνικές κλιβανισμού απορριμμάτων	62
5.1.3	Κλιβανισμός των καύσιμων υλικών από τα απορρίμματα (RDF)	65
5.1.4	Περιβαλλοντικός έλεγχος αποτεφρωτήρων	66
5.1.5	Ενδεικτικό κόστος	68
5.1.6	Η καύση στην Ευρώπη	68
5.1.7	Επιπτώσεις από την καύση	68
6	Αξιολόγηση των διεργασιών ανακύκλωσης	72
6.1	Σύγκριση των θερμικών τεχνολογιών όσον αφορά τις εκπομπές στο περιβάλλον	72
6.2	Αξιολόγηση των διαφόρων τρόπων ανακύκλωσης πλαστικών υλικών	72
7	ΕΛΛΑΔΑ - ΚΡΗΤΗ	75
7.1	Η Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης ΑΕ	75
7.1.1	Νομικό πλαίσιο	75
7.1.2	Ευρωπαϊκή εμπειρία	76
7.1.3	Μέτοχοι ΕΕΑΑ ΑΕ	76
7.1.4	Συνεργασία των ΟΤΑ με την ΕΕΑΑ	77
7.2	Δραστηριότητες ΕΕΑΑ	78
7.3	Πανελλαδική ανάπτυξη ΚΔΑΥ	79
7.4	Διαχείριση Αποβλήτων Ελαστικών	81
7.4.1	Τι έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα	81
7.4.2	Το εργοστάσιο ΕΛΒΑΝ ΑΕ στον Ασπρόπυργο	82
7.5	Διαχείριση Αποβλήτων Οχημάτων Μετά το Τέλος Ζωής	82
7.6	Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Ειδών	84
7.7	Ανακύκλωση πλαστικών στην Κρήτη	86
7.7.1	Ανακύκλωση πλαστικών στο Ν. Χανίων	86
7.7.2	Ανακύκλωση πλαστικών στο Νομό Ρεθύμνης	94
7.7.3	Ανακύκλωση πλαστικών στο Νομό Ηρακλείου	95
7.7.4	Ανακύκλωση πλαστικών στο Νομό Λασιθίου	97
7.8	Περιγραφή ιδιωτικών εταιρειών	97
7.8.1	Πλαστικά Κρήτης Α.Ε.	98
7.8.2	Λοιπές ιδιωτικές εταιρείες	100
8	Συμπεράσματα – Προτάσεις	101
8.1	Βιβλιογραφία	104

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η παραγωγή πλαστικών παγκοσμίως το 2004 ανήλθε στους 225 εκατομμύρια τόνους. Η κατανάλωση πλαστικών κατά κεφαλή, το 1980, άγγιζε περίπου τα 43 kg, το 2004 αυξήθηκε στα 100 kg εκτιμώντας ότι μέχρι το 2010 θα φτάσει τα 130 kg ανά κεφαλή. Όπως γίνεται σαφές χιλιάδες τόνοι πλαστικών καταλήγουν στις χωματερές κάθε μέρα. Η ανάγκη για ανάκτηση, ανακύκλωση και αξιοποίηση αυτών των υλικών καθίσταται απαραίτητη. Σύμφωνα με την οδηγία 94/62 EC της ΕΕ τα κράτη μέλη υποχρεούνται να ανακυκλώνουν το 25 – 45% των απορριμμάτων συσκευασίας.

Στόχος της ανακύκλωσης είναι η επαναχρησιμοποίηση του απορριπτόμενου υλικού, κυρίως ως πρώτη ύλη, αξιοποιώντας έτσι σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης παρθένων πρώτων υλών και ενέργειας. Ως ανακύκλωση, λοιπόν, ορίζεται η διεργασία μέσω της οποίας τα άχρηστα υλικά από το ρεύμα των στερεών αποβλήτων, συλλέγονται, διαχωρίζονται και υφίστανται επεξεργασία με στόχο τη δημιουργία νέων λειτουργικών προϊόντων προς χρήση. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η ανακύκλωση των μετακαταναλωτικών πλαστικών το 2004 άγγιξε κατά μέσο όρο το 18%, ενώ στην Ελλάδα ήταν μικρότερη από 5%!

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι οι τρόποι διαχείρισης και ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων στον ελλαδικό χώρο και πιο συγκεκριμένα σε ένα σχετικά μεγάλο νησί, απομακρυσμένο όμως από την ενδοχώρα, όπως η Κρήτη. Μελετούνται οι υπάρχουσες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανακύκλωση μετακαταναλωτικών πλαστικών απορριμμάτων, γίνεται μια προσπάθεια ανάλυσης της πιθανότητας εφαρμογής τους στις συνθήκες του νησιού της Κρήτης, συγκρίνονται με τις υπάρχουσες δραστηριότητες στο νησί και γίνονται προτάσεις για την βελτίωση και την επέκταση τους ώστε να ανακυκλώνεται αποτελεσματικά ένα μεγαλύτερο μέρος από τα απορρίμματα πολυμερών υλικών στην Κρήτη.

Στο κεφάλαιο 2 - 5 γίνεται αναφορά στην πρωτογενή, την δευτερογενή την τριτογενή και τεταρτογενή ανακύκλωση. Το κεφάλαιο 6 περιλαμβάνει μια γενική αξιολόγηση των μεθόδων ανακύκλωσης πλαστικών. Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους τρόπους διαχείρισης των πλαστικών απορριμμάτων στον ελλαδικό χώρο και πιο συγκεκριμένα στην Κρήτη. Το όγδοο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα και προτείνει πιθανές λύσεις για τα πλαστικά απορρίμματα στην Κρήτη.

1.1 Ορισμός και Είδη Πλαστικών

Τα πλαστικά είναι μακρομοριακές ύλες οι οποίες αποτελούνται πλήρως ή εν μέρει από οργανικές ενώσεις. Παρασκευάζονται συνθετικά από απλές οργανικές ύλες (π.χ. αλκοόλη, βενζόλιο, μεθάνιο) ή ημισυνθετικά από ύλες φυσικής προέλευσης (π.χ. καουτσούκ). Τα συνθετικά πλαστικά προέρχονται από τον πολυμερισμό απλών μοριακών ενώσεων που λέγονται μονομερή. Οι πρώτες ύλες είναι το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, το κάρβουνο, το νερό, η άμμος, ο ασβέστης και το άζωτο. Για την παραγωγή πλαστικών από φυσικές ύλες, ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται φυσικό ελαστικό, κυτταρίνες, πρωτεΐνες, φυσικές ρητίνες και παράγωγα σακχάρων. Τα βασικά δομικά στοιχεία των πλαστικών είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο. Ανάλογα με το είδος των πλαστικών μπορεί να συμμετέχουν επίσης οξυγόνο, άζωτο, θείο, χλώριο, φθόριο και

μια σειρά άλλων χημικών ενώσεων. (Ανακύκλωση Υλικών-Πλαστικά Σκορδίλης [2])

Τα πλαστικά λοιπόν είναι συνθετικά υλικά, που αποτελούνται από δομικά στοιχεία γνωστά πολυμερή (συνθετικές ρητίνες). Τα πολυμερή αυτά χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη, που με περαιτέρω επεξεργασία μετατρέπεται σε εμπορεύσιμο προϊόν. Το πολυμερικό υλικό αναμιγνύεται με πρόσθετα, ουσίες που αποσκοπούν στην όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση του ενεργειακού περιεχομένου των πλαστικών και στην αύξηση της ανθεκτικότητας και του χρόνου ζωής τους.

Τα πολυμερή συνήθως διαιρούνται σε δύο ομάδες με βάση το βαθμό σκλήρυνσης τους όταν σε αυτά επιδρούν φυσικοί ή χημικοί παράγοντες, δηλαδή σε θερμοπλαστικά και θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες.

- **Θερμοπλαστικά :** Πρόκειται για στερεά υλικά που προκύπτουν ψύχοντας απλά ένα τήγμα πολυμερούς (φυσική διεργασία), ενώ μαλακώνουν με την επίδραση της θερμότητας. Συντίθεται από μόρια συνήθως μεγάλου μοριακού βάρους, ενώ κάποιες φυσικές τους ιδιότητες δεν εξαρτώνται από την μοριακή τους μάζα πέρα από κάποια οριακή τιμή. Παραδείγματα τέτοιων ιδιοτήτων είναι η θερμοκρασία τήξης και το μέτρο ελαστικότητας. Άλλες ιδιότητες όμως αυξάνουν με την αύξηση του μοριακού βάρους, π.χ. το ιξώδες των τηγμάτων. Περισσότερο από το 80 % των πλαστικών είναι θερμοπλαστικά. Παραδείγματα εμπορικών θερμοπλαστικών πολυμερών και των εφαρμογών τους είναι τα παρακάτω:
 - HDPE – Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας : Χρησιμοποιείται για μπουκάλια απορρυπαντικών, για συσκευασία φαγητών, σωλήνες και παιχνίδια.
 - LDPE – Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας : Χρησιμοποιείται για κολλητική ταινία, εύκαμπτα εμπορευματοκιβώτια, σακούλες, εύκαμπτα φιλμ κ.α.
 - PET – Πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας : Χρησιμοποιείται για μπουκάλια νερού, ίνες για υφάσματα, χαλιά και για τη συσκευασία τροφίμων.
 - PP – Πολυπροπυλένιο : Χρησιμοποιείται για τα δοχεία γιαουρτιού και μαργαρίνης, στα εξαρτήματα αυτοκινήτου και σε ίνες.
 - PVC – Πολυβινυλοχλωρίδιο : Χρησιμοποιείται για πλαίσια παραθύρων, σε δάπεδα, σωλήνες, τοίχους, μπουκάλια και φαρμακευτικά προϊόντα.

(Good practices guide on waste plastics. APME [4])

- **Θερμοσκληρυνόμενες ρητίνες :** Πρόκειται για στερεά υλικά των οποίων η τάση να σκληραίνουν οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις που δημιουργούν σταυροειδείς δεσμούς μεταξύ των μορίων του πολυμερούς. Με την αύξηση της θερμοκρασίας δε μαλακώνουν αλλά αποσυντίθεται χημικά. Παραδείγματα τέτοιων πλαστικών είναι τα παρακάτω:
 - PU – Πολυουρεθάνη : Χρησιμοποιείται για επίστρωση, σαν αφρός για τα στρώματα και στα καθίσματα των μοτοσυκλετών.
 - EP – Εποξειδικές ρητίνες : Χρησιμοποιείται σαν μήτρα στα σύνθετα υλικά στα σκάφη, στους αθλητικούς εξοπλισμούς, στα ηλεκτρικά και αυτοκινητιστικά εξαρτήματα.
 - PF – Φαινολικά Πολυμερή : Χρησιμοποιείται στους φούρνους, στις φρυγανιέρες, σε μέρη αυτοκινήτου και στους πίνακες ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

(Good practices guide on waste plastics. APME [4])

Η μορφοποίηση των θερμοπλαστικών είναι η αντίστροφη διεργασία, αφού το ίδιο υλικό λιώνει και υφίσταται επανακατεργασία, ενώ τα θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή δεν δύναται να τηγθούν και να επαναμορφοποιηθούν λόγω της ιδιαίτερης δομής τους.

(Ανακύκλωση πλαστικών- Μπουντίνας, Λεζκίδου [3])

Τα πολυμερή ακόμα μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω πέντε διαφορετικές ομάδες με βάση τις μηχανικές τους ιδιότητες και τις χρήσεις τους. Με βάση τις μηχανικές τους ιδιότητες χωρίζονται σε :

- Εμπορικά θερμοπλαστικά : Παρασκευάζονται σε μεγάλες ποσότητες, ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται και οι όροι, πλαστικά όγκου ή 'standard' πλαστικά (bulk-volume-standard plastics). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται το πολιβινυλοχλωρίδιο, τα πολυαιθυλένια (υψηλής, χαμηλής και πολύ χαμηλής πυκνότητας), το ισοστατικό πολυπροπυλένιο και το πολυστυρένιο.
- Τεχνολογικά πλαστικά : Πρόκειται γενικά για θερμοπλαστικά που έχουν σταθερότερες μηχανικές ιδιότητες από τα εμπορικά πλαστικά. Μερικά θερμοσκληρυνόμενα πολυμερή μπορούν να ταξινομηθούν σε αυτή την κατηγορία. Τα τεχνολογικά πλαστικά υφίστανται κατεργασία κατά τον ίδιο τρόπο με τα μέταλλα και τα κεραμικά. Τεχνολογικά πλαστικά συχνά ορίζονται και τα θερμοπλαστικά πολυμερή που έχουν υψηλές μηχανικές ιδιότητες, καθώς και όσα διατηρούν τις μηχανικές τους ιδιότητες σε θερμοκρασίες πάνω από 100 °C ή κάτω από τους 0 °C. Τέτοια πλαστικά είναι : Ο πολυαιθυλενικός εστέρας του τερεφθαλικού οξέος (PET), μερικά πολυαμίδια (Nylon) και κάποια συμπολυμερή του πολυστυρενίου (PS) όπως το συμπολυμερές στυρενίου-ακρυλονιτριλίου, τα συμπολυμερή ακρυλινιτριλίου-βουταδιενίου-στυρενίου κ.α.
- Υψηλής απόδοσης πλαστικά : Είναι τεχνολογικά πλαστικά με βελτιωμένες ιδιότητες, όπως τα πολυμερή υγρών κρυστάλλων, πολυσουλφόνες και πολυϊμίδια.

Με βάση τις εφαρμογές τους διαμορφώνονται οι τρεις παρακάτω κατηγορίες πλαστικών :

- Δομικά πλαστικά: Όλα τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές λόγω των μηχανικών τους ιδιοτήτων.
- Λειτουργικά πλαστικά : Πρόκειται για πλαστικά που έχουν εξειδικευμένη χρήση, που βασίζεται σε ειδικές φυσικές (μη μηχανικές) ιδιότητές τους. Για παράδειγμα το συμπολυμερές αιθυλενίου και αιθυλικής αλκοόλης με υψηλή περιεκτικότητα σε μονάδες βινυλικής αλκοόλης χρησιμοποιείται μόνο ως φραγμός στην διάχυση στη συσκευασία.
- Φθοροπλαστικά : Ειδική υποκατηγορία των προηγούμενων που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω του ότι εμφανίζουν ιδιαίτερες επιφανειακές ιδιότητες. Αντιπροσωπευτικά δείγματα είναι το πολυτετραφθοροαιθυλένιο (τεφλόν) και το πολυχλωροτριφθοροαιθυλένιο.

1.2 Οικονομική σημασία των πλαστικών

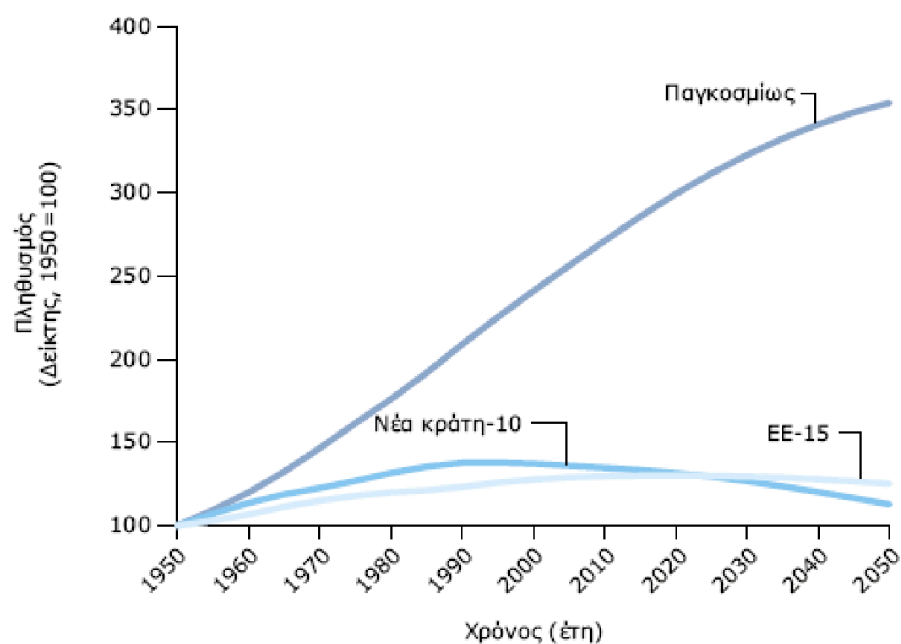
Τα οικονομικά που σχετίζονται με την ανάπτυξη και την καθιέρωση του κλάδου των πολυμερών είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Οι τιμές των πρώτων υλών, οι κυβερνητικές παρεμβάσεις για περιβαλλοντικά θέματα και η τεχνολογία, η οδηγούμενη από τις σύγχρονες καταναλωτικές απαιτήσεις, από την εσωτερική πείρα και από τις τυχαίες ανακαλύψεις αποτελούν μια ενδεικτική σειρά παραγόντων.

Ο πληθυσμός της γης αυξήθηκε από $2,52 \times 10^9$ το 1950 σε 6×10^9 κατοίκους το 2006 και συνεχίζει την αυξητική τάση όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1.1, αν και αναμένεται μείωση του πληθυσμού από το 2020 σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες.

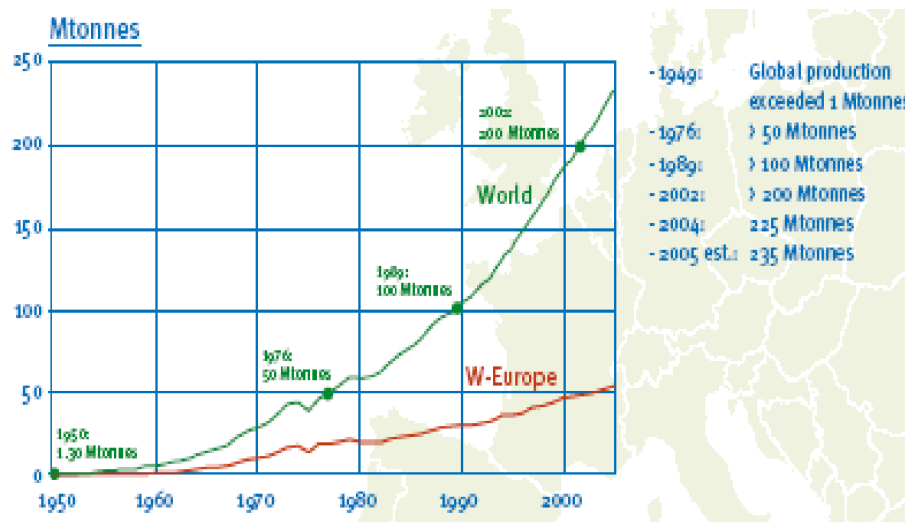
Η διακύμανση της παγκόσμιας παραγωγής πλαστικών από το 1950 έως το 2005 φαίνεται στο σχ. 1.2. Οι συνεχείς καινοτομίες βοήθανε στο να εξηγηθεί η συνεχής αύξηση της παραγωγής των πλαστικών από το 1950, που αγγίζει περίπου το 10% της παγκόσμιας βάσης κάθε χρόνο. Από τους 1.3 εκατομμύρια τόνους περίπου το 1950, η συνολική παγκόσμια παραγωγή το 2004 έφτασε τα 225 εκατομμύρια τόνους.

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1.3 η Ευρώπη εκπροσωπεί το 24% της παγκόσμιας παραγωγής το 2004, με τη Γερμανία να κατέχει την πρώτη θέση με 8% της παγκόσμιας παραγωγής, ενώ ακολουθεί η Benelux με 5% και η Γαλλία με 3%.

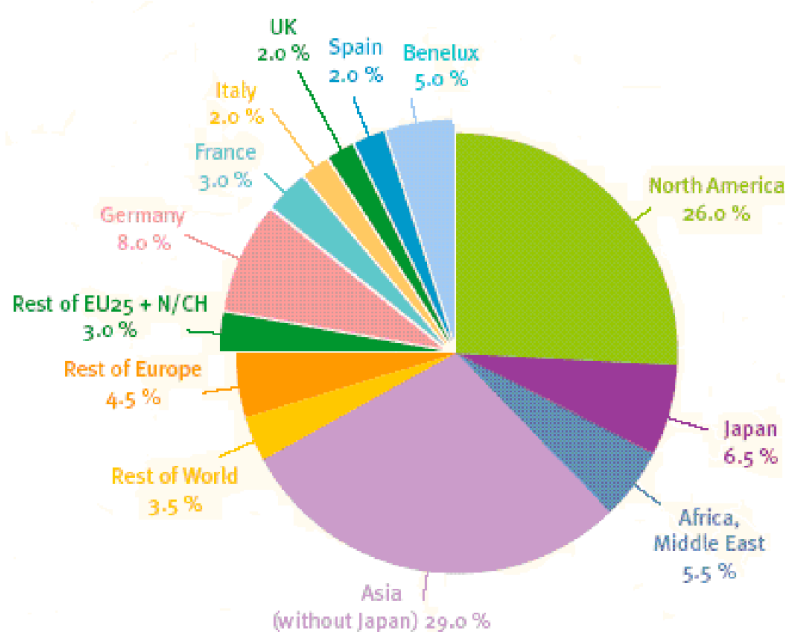
Η ανάλυση της κατανάλωσης πλαστικών κατά κεφαλή δείχνει ότι από το 1980 έως το 2004 υπήρξε αύξηση της τάξης μεγαλύτερη του 50 % (σχ. 1.4). Ενώ στη Βόρεια Αμερική και στη Δυτική Ευρώπη το 1980 έφτανε τα 43 Kg περίπου ανά κεφαλή, το 2004 αυξήθηκε στα 100 Kg, εκτιμώντας ότι θα αυξηθεί στα 130 Kg ανά κεφαλή μέχρι το 2010. Παρόλα αυτά, η μεγαλύτερη δυνατότητα αύξησης μπορεί να παρουσιαστεί στις γρήγορα αναπτυσσόμενες χώρες, όπως



Σχήμα 1.1: Αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως (Σήματα ΕΟΠ, 2004)



Σχήμα 1.2: Παγκόσμια παραγωγή πλαστικών 1950 – 2005 (PlasticsEurope, An analysis of plastics production, demand and recovery in Europe, 2006)



Σχήμα 1.3: Παγκόσμια παραγωγή πλαστικών το 2004. (Plastics Europe, An analysis of plastics production, demand and recovery in Europe, 2006)

στην Ασία, όπου η μέχρι τώρα κατά κεφαλή κατανάλωση φτάνει στα 20 Kg περίπου (2004) αναμένεται μέχρι το 2010 αύξηση της τάξης του 40 %.

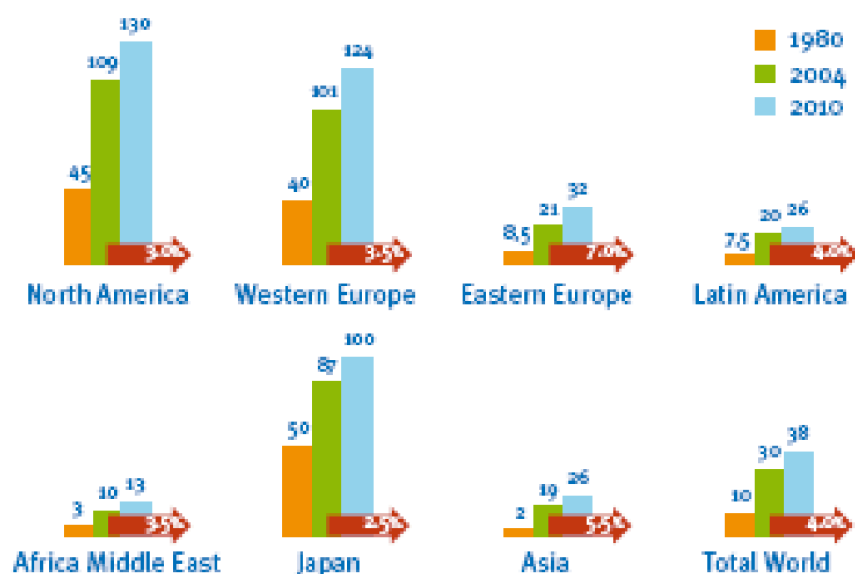
Η ανάπτυξη της βιομηχανίας πλαστικών σχετίζεται άμεσα με τα οφέλη που αποκομίζει ο καταναλωτής, αλλά και ο παραγωγός, από τη χρήση αυτών των υλικών. Δηλαδή το μικρό βάρος, την αντίσταση στην γρήγορη αποικοδόμηση, την ασφαλή συντήρηση του περιεχομένου αλλά και τη δυνατότητα των πλαστικών για ποικιλομορφία μέσω σχετικά φθηνών διεργασιών μορφοποίησης.

Στις ΗΠΑ η παραγωγή πλαστικών έχει ξεπεράσει την παραγωγή μετάλλου σε όγκο υλικού και συνεχίζει να αυξάνεται, με μικρότερους όμως ρυθμούς. Βέβαια η παραγωγή των πλαστικών έχει επηρεαστεί από τις αυξήσεις στις τιμές των πετρελαιοειδών κατά τη διάρκεια της πρώτης και της δεύτερης ενεργειακής κρίσης, αλλά όχι τόσο δραματικά όσο η παραγωγή άλλων υλικών.

Τα πλαστικά, λοιπόν, είναι σημαντικά και αναντικατάστατα υλικά σε αρκετούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, ενώ καθημερινά εισβάλλουν και σε νέους τομείς, π.χ. στην ιατρική, με σκοπό την διευκόλυνση και τον εκσυγχρονισμό τους.

1.3 Το πρόβλημα των πλαστικών απορριμμάτων

Τα τελευταία χρόνια, το πρόβλημα των Στερεών Δημοτικών Αποβλήτων (ΣΔΑ) στις ανεπτυγμένες χώρες συγκεντρώνει ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον και γίνεται το αντικείμενο διαμάχης στη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής. Εξαιτίας της δυσκολίας αντιμετώπισης του προβλήματος, σημαντικές αλλαγές έχουν δρομολογηθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση που αφορούν στη διαχείριση των ΣΔΑ και στη χάραξη ενιαίας πολιτικής. Σημαντικό μέρος των πολιτών πιστεύει ότι τα πλαστικά αποτελούν έναν από τους κυριότερους παράγοντες που ευθύνονται για την αύξηση του όγκου των ΣΔΑ και για την όξυνση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, δεδομένου ότι ο ρυθμός αποικοδόμησής τους στις χωματερές είναι σχεδόν ανύπαρκτος -- σε ιδανικές συνθήκες ο χρόνος πλήρους βιοαποικοδόμησης υπολογίζεται στα 400 χρόνια. Για να δει όμως το κοινό το θέμα αυτό στις πραγματικές του διαστάσεις, είναι σημαντικό να ενημερωθεί για την επικρατούσα κατάσταση.



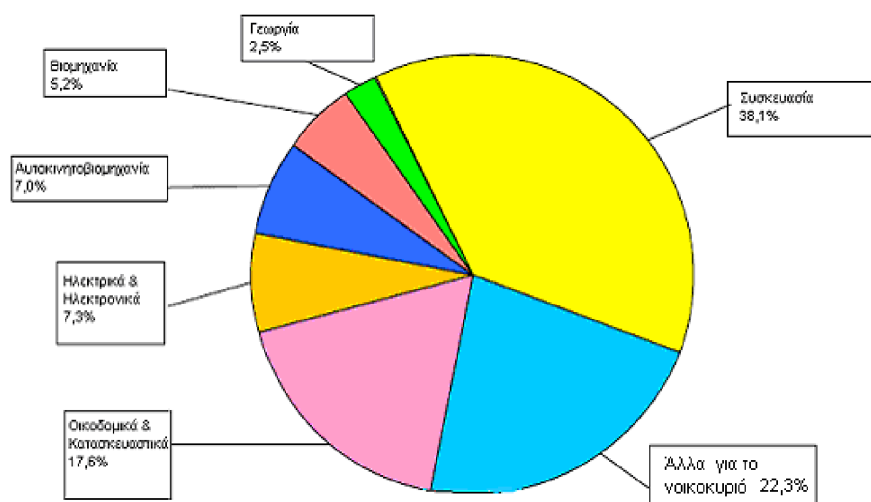
Σχήμα 1.4: Κατανάλωση των πλαστικών υλικών σε kg ανά κεφαλή από το 1980 – 2010. (Plastics Europe, An analysis of plastics production, demand and recovery in Europe, 2006)

Τα πλαστικά απορρίμματα ανάλογα με τις πηγές από τις οποίες προέρχονται διακρίνονται σε εμπορικά, βιομηχανικά, οικιακά, πλαστικά από κατασκευές και κατεδαφίσεις αλλά και από εξειδικευμένες πηγές (π.χ. πλαστικά απορρίμματα νοσοκομειακών εφαρμογών).

- **Οικιακά πλαστικά απορρίμματα :** Περιέχουν πλαστικά που κυρίως προέρχονται από υλικά συσκευασίας, οικιακά σκεύη και συσκευές.
- **Εμπορικά πλαστικά απορρίμματα :** Πρόκειται για πλαστικά κυρίως συσκευασίας από εμπορικά καταστήματα που χρησιμοποιούνται για την προστασία κατά την μετακίνηση εύθραυστων προϊόντων και μηχανημάτων. Αυτά τα πλαστικά είναι συνήθως αναμειγμένα με άλλα απορρίμματα από ίδιες πηγές καθώς και με οικιακά απορρίμματα. Τέτοια είναι τα περιτυλίγματα ρούχων από LDPE, σακούλες αγροάς από PE, καλούπια και στρώματα από διογκωμένο PS για ακίνδυνη και εύκολη μεταφορά προϊόντων.
- **Βιομηχανικά πλαστικά απορρίμματα :** Προέρχονται από την παραγωγή πολυμερών και πολυμερικών ινών και γενικά είναι απόβλητα παραγωγής.
- **Κατασκευαστικά πλαστικά απορρίμματα :** Περιλαμβάνουν πλαστικά ηλεκτρικών εφαρμογών (καλώδια, σωλήνες, μονώσεις), σωλήνες, συσκευασίες και πλαστικά προερχόμενα από πατώματα και ταπετσαρίες που δύσκολα διαχωρίζονται και ανακυκλώνονται. Ένας ειδικός τύπος απορριμμάτων αυτής της κατηγορίας είναι τα καλύμματα θερμοκηπίων.
- **Εξειδικευμένες πηγές πλαστικών απορριμμάτων :** Είναι όλα τα υπόλοιπα πλαστικά που απορρίπτονται στα ΣΔΑ όπως δοχεία εξυπηρέτησης αρρώστων από νοσοκομεία, δοχεία χημικών και ραδιενεργών υλικών κ.α.

Στο διάγραμμα 1.5 παρουσιάζεται η Ευρωπαϊκή κατανάλωση (% κ.β.) ανά τομέα εφαρμογής. Η συσκευασία είναι η κύρια εφαρμογή για τα πλαστικά, δηλαδή μεγαλύτερο του 1/3 του συνόλου χρησιμοποιείται για αυτό το σκοπό. Οι εφαρμογές που αφορούν τη συσκευασία είναι συνήθως βραχυπρόθεσμες, με εξαίρεση συσκευασίες που έχουν σχεδιαστεί για επαναχρησιμοποίηση όπως παλέτες, κλούβες κ.α.

Στα οικιακά και τα οικοδομικά υλικά, χρησιμοποιούνται παρόμοιες ποσότητες πλαστικών, 20 και 18 Kg/κάτ/χρόνο (Kg/inh/y) αντίστοιχα. Αυτά είναι συνήθως για μακροπρόθεσμες εφαρμογές. Τα πλαστικά για τον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό έχουν διάρκεια ζωής μέχρι 15



Συνολικά : 38.123.000 τόνοι

Σχήμα 1.5: Κατανάλωση πλαστικών στη Δυτική Ευρώπη το 2002 (A. Kistenmacher, APME Brussels, Plastics Recycling – State of the art, 2003)

χρόνια. Όσον αφορά τα πλαστικά για τη γεωργία (π.χ. φύλλα κάλυψης θερμοκηπίων ή εδάφους, σωλήνες άρδευσης), έχουν σύντομη διάρκεια ζωής και η κατανάλωσή τους ποικίλει ανάμεσα στις διαφορετικές περιοχές και χώρες της Ευρώπης.

Στη δυτική Ευρώπη, το έτος 2002 καταναλώθηκαν 38.123.000 τόνοι πλαστικών προϊόντων. Ο πίνακας 1.1 παρουσιάζει το πώς κινήθηκε η συνολική αγορά των πλαστικών προϊόντων στη δυτική Ευρώπη και ποιες εφαρμογές είχαν.

Όσον αφορά την κατανάλωση πλαστικών ανά τύπο πολυμερούς, περισσότερα από το 60 % των καταναλωτικών πλαστικών προϊόντων, φτιάχτηκαν από τα παρακάτω πολυμερή :

- LDPE – 19 %
- PP – 15 %
- PVC – 14 %
- HDPE – 13 %

Ο Πίνακας 1.2 δείχνει την κατανάλωση των διαφόρων τύπων πολυμερών στην Ευρώπη και τα ποσοστά ανακυκλωμένου υλικού που χρησιμοποιείται.

Τα στοιχεία δείχνουν ότι ο συνολικός όγκος απορριμμάτων εξακολουθεί να αυξάνεται στην Ευρώπη. Το σύνολο των απορριμμάτων αποτελείται από διάφορες ροές απορριμμάτων. Η παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας είναι στενά συνδεδεμένη με την οικονομική ανάπτυξη και τα καταναλωτικά πρότυπα. Από το 1997 έως το 2001, η ποσότητα των απορριμμάτων συσκευασίας αυξήθηκε στα 10 από τα 15 παλαιότερα κράτη μέλη της ΕΕ κατά 7 % στο σύνολο της τότε Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι πρώτες προβλέψεις δείχνουν ότι ο όγκος των απορριμμάτων συσκευασίας πιθανώς θα συνεχίσει να αυξάνεται σημαντικά στο μέλλον. Ένα μέρος της αύξησης αυτής αποδίδεται στην αναλογικά υψηλότερη παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας από τα μικρά νοικοκυριά, αλλά και στην ανάπτυξη της εσωτερικής αγοράς και την επακόλουθη μεγαλύτερη ανάγκη μεταφοράς συσκευασμένων προϊόντων. Με ολόένα μεγαλύτερη έμφαση να δίδεται στην υγεία και την ασφάλεια των τροφίμων αυξάνεται, κατ' επέκταση, και η ποσότητα της συσκευασίας στα τρόφιμα. (Σήματα ΕΟΠ, 2004)

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	%	ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	%
Συσκευασία	38,10	Αυτοκινητοβιομηχανία	7,00
Μικρή συσκευασία	2,40	Εσωτερική επένδυση	1,30
Μπουκάλια ποτών	4,60	Ταμπλό	1,00
Μπουκάλια άλλα	6,00	Καθίσματα	0,90
Άλλες άκαμπτες συσκευασίες	10,70	Προφυλακτήρας	0,70
Θερμοσυρρικνούμενο φιλμ	3,50	Εξαρτήματα κάτω από το καπό	0,60
Τσάντες μεταφοράς	1,90	Ταπετσαρία	0,50
Άλλες εύκαμπτες συσκευασίες	5,90	Σύστημα καυσίμων	0,50
μη αντικαθ. συσκευασία	3,10	Ηλεκτρικά εξαρτήματα	0,50
Οικοδομικά/Κατασκευαστικά	17,60	Σώμα	0,40
Σωλήνες και αγωγοί		Φωτισμός	0,30
Σωλήνες αποχετεύσεως	3,40	Εξωτερική επένδυση	0,30
Σωλήνες άρδευσης	1,50	Άλλα	0,10
Σωλήνες για τη γεωργία	0,60	Οικιακός εξοπλισμός	5,00
Σωλήνες οδηγοί	0,60	PP	1,60
Σωλήνες αερίων	0,30	HDPE	0,60
Σωλήνες θέρμανσης	0,30	PS	0,10
Σωλήνες στη βιομηχανία	3,80	Άλλα	2,70
Μόνωση	3,80	Επίπλωση	4,00
Καλύψεις πατωμάτων και τοίχων	1,20	PP	2,00
Παράθυρα	2,20	PS	0,10
Άλλα	3,50	Άλλα	1,90
Ηλεκτρικά/Ηλεκτρονικά	7,30	Γεωργία	2,50
Καλώδια	2,70	Φιλμ	0,60
Μεγάλες οικιακές συσκευές	1,30	Προστατευτικό δέντρων	0,30
Τηλεπικοινωνίες	1,60	Δερματοποίηση	0,20
Εξοπλισμός καταναλωτή	0,60	Φιλμ για τα φρούτα	0,10
Ηλεκτρικός εξοπλισμός	0,50	Άλλα γεωργικά	1,30
Μικρές οικιακές συσκευές	0,40	Άλλα	
Άλλα ηλεκτρ.	0,10	Παιχνίδια/Σπορ	4,00
Ιατρική	1,70	Εφαρμοσμένη μηχανική	2,10
Σύριγγες	0,20	Μέσα μεταφοράς(πλην αυτοκ.)	1,70
Κιβώτια εγχύσεων	0,10	Υποδήματα	1,10
Άλλα	1,40	ABS εργασία	0,40
		Άλλα	7,50
		Σύνολο	100

Πίνακας 1.1: Δεδομένα αγοράς των πλαστικών προϊόντων που καταναλώθηκαν το 2002 στη Δυτική Ευρώπη. (GUA - Gesellschaft für umfassende Analysen, The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency, 2005)

Πολυμερές	Ανακυκλωμένο μετα-καταναλ. (%)	Παρθένο	Συνολικά	Αναλογία (%)
LDPE & LLDPE	10	90	7,121	19
PP	1	99	5,524	15
PVC	0	100	5,243	14
HDPE	7	93	4,837	13
PS	2	98	2,278	6
PET	1	99	1,695	5
διογκ. PS	4	96	788	2
Άλλα θερμοπλαστικά	1	99	4,287	12
Συνολικά θερμοπλαστικά	4	96	30,763	84
Θερμοσκληρυνόμενα	0	100	6,006	16
Συνολικά	4	96	36,768	100

Πίνακας 1.2: Κατανάλωση πλαστικών ανά τύπο πολυμερούς στη Δυτική Ευρώπη (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2000)

Χαρτί	48%
Γυαλί	25%
Πλαστικά	13%
Μέταλλα	9%
Άλλα	5%

Πίνακας 1.3: Ποσοστό υλικών στη συσκευασία (Βλ. Χρ. Γκέκα, Κ. Μπαλτά, Βιομηχανία τροφίμων και περιβάλλον, 2005)

1.3.1 Πλαστική συσκευασία και περιβάλλον

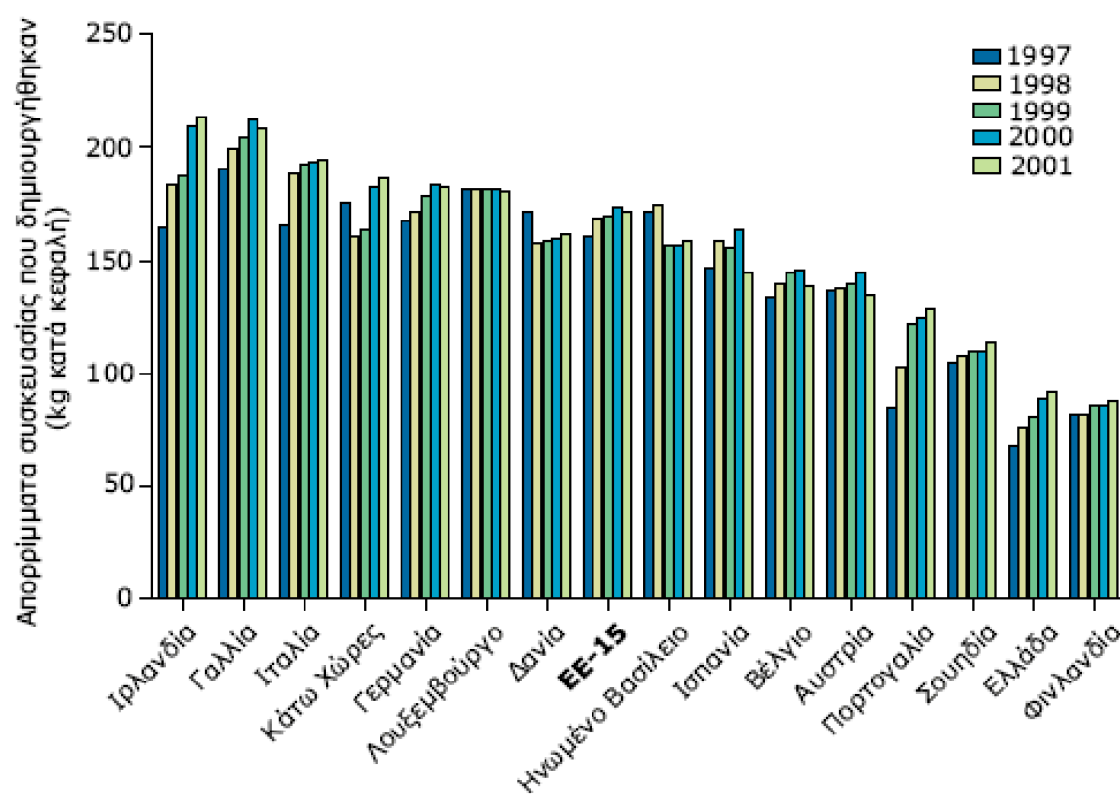
Το 1994 η Ε.Ε. εξέδωσε την οδηγία 94/62 EC για τη συσκευασία και τα απορρίμματα συσκευασίας και έθεσε τρεις κύριους στόχους για την ανάκτηση και ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας. Ο πρώτος στόχος απαιτεί από τα κράτη μέλη την ανάκτηση του 50 – 60 % του βάρους των απορριμμάτων συσκευασίας. Η ανάκτηση συμπεριλαμβάνει την ανακύκλωση, την ανάκτηση ενέργειας και την κομποστοποίηση.

Για την επίτευξη του δεύτερου στόχου τα κράτη μέλη οφείλουν να ανακυκλώνουν και να ξαναχρησιμοποιούν το 20 – 25 % του βάρους των απορριμμάτων συσκευασίας. Τέλος ο τρίτος στόχος αφορά συγκεκριμένα υλικά συσκευασίας και στοχεύει στην επίτευξη ποσοστού ανακύκλωσης πάνω από 15 %. Τα ποσοστά για το γυαλί και το χαρτί είναι ικανοποιητικά και οι στόχοι έχουν επιτευχθεί σε πολλά κράτη μέλη. Αντίθετα όσον αφορά στα πλαστικά απορρίμματα συσκευασίας, μόνο η Αυστρία και η Γερμανία έχουν επιτύχει ποσοστό ανακύκλωσης πάνω από 15 %.

Γενικά, ο κάθε πολίτης της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπολογίζεται ότι παράγει 450 Kg στερεών απορριμμάτων ανά έτος. Το 1997 η κατά κεφαλή παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας ήταν 136 Kg. Όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 1.6, μεταξύ 1997 και 2001, το σύνολο των απορριμμάτων συσκευασίας αυξήθηκε κατά 7 % στην ΕΕ – 15.

Οι ποσότητες απορριμμάτων συσκευασίας διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των χωρών, κυρίως λόγω των διαφορετικών μεθοδολογιών υπολογισμού που εφαρμόζονται. Ειδικότερα, ορισμένες χώρες αναφέρουν στοιχεία μόνο για τα τέσσερα βασικά υλικά για τα οποία απαιτείται παροχή στοιχείων από τα κράτη μέλη — πλαστικό, γυαλί, μέταλλο και χαρτί. Άλλες χώρες αναφέρουν στοιχεία για όλες τις συσκευασίες, περιλαμβανομένου του ξύλου, το οποίο αυξάνει σημαντικά το συνολικό καταγεγραμμένο βάρος. Για την Ελλάδα η κατά κεφαλή παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας το 2001 ήταν 90 Kg.

Είναι φανερό ότι οι στόχοι για τα πλαστικά δεν έχουν επιτευχθεί. Χιλιάδες τόνοι πλαστικών συσκευασίας καταλήγουν στις χωματερές κάθε χρόνο, και η Ελλάδα κατέχει την 1η θέση στην απόρριψη πλαστικών. Η πλαστική συσκευασία αποτελεί το 3,9 % του συνόλου των απορριμ-



Σχήμα 1.6: Κατά κεφαλή παραγωγή απορριμμάτων συσκευασίας σε χώρες τις Ε.Ε από το 1997 έως το 2001. (Σήματα ΕΟΠ, 2004)

Περιέκτης	MJ/I
Γυάλινος, μη επιστρεφόμενος, 280ml	35,36
Γυάλινος, μη επιστρεφόμενος, 1L	23,08
Αλουμινένιος 280ml	31,29
Μπουκάλι PET, 1,5 L	16,88

Πίνακας 1.4: Απαίτηση σε ενέργεια για την παραγωγή περιεκτών που περιέχουν αναψυκτικά (Β. Χρ. Γκέκας, Κ. Μπαλτά, Βιομηχανία τροφίμων και περιβάλλον, 2005)

μάτων. Περίπου 75.000 τόνοι πλαστικών απορριμμάτων παράγονται ετησίως στον ελλαδικό χώρο, ενώ το 1997 σε ολόκληρη την Δυτική Ευρώπη παρήχθησαν 9.826.000 τόνοι πλαστικών από τη συσκευασία. Από αυτούς, το 54 % προήλθε από τη συσκευασία τροφίμων. Από τα παραπάνω στοιχεία, και με δεδομένο ότι τα ποσοστά ανακύκλωσης των πλαστικών είναι πολύ χαμηλά, προκύπτει η ανάγκη επίλυσης του προβλήματος της πλαστικής συσκευασίας. Για την καλύτερη προσέγγιση του προβλήματος πρέπει πρώτα να αποσαφηνιστεί ο ρόλος της πλαστικής συσκευασίας τροφίμων και η σχέση της με το περιβάλλον.

Η πλαστική συσκευασία είναι ιδιαίτερα ορατή, άλλωστε συχνά σχεδιάζεται με αυτό το κριτήριο. Σήμερα, πολλές οικολογικές οργανώσεις έχουν εναντιωθεί στην ανάπτυξη βιομηχανιών που παράγουν πλαστικές συσκευασίες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι καταναλωτές να αποπροσανατολιστούν από τα πολλά και σημαντικά οφέλη που προσφέρει η σύγχρονη πλαστική συσκευασία, χωρίς να αξιολογούν τις συνέπειες που θα είχε μια πιθανή επιστροφή στην εποχή που τα τρόφιμα δεν συσκευάζονταν ικανοποιητικά.

Η συσκευασία επινοήθηκε για να προστατέψει τα αγαθά, είτε αυτά είναι τρόφιμα είτε άλλα προϊόντα, και ταυτόχρονα να εξασφαλίσει τη σωστή μεταφορά τους στο δίκτυο διακίνησης των προϊόντων. Ειδικά στον τομέα της παραγωγής και της συντήρησης τροφίμων ο ρόλος της πλαστικής συσκευασίας είναι πολλαπλός. Αφενός, χρησιμοποιείται ως περιέκτης, και αφετέρου ως αποτελεσματικός τρόπος προστασίας ενάντια σε μια ποικιλία κινδύνων, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν ανεπανόρθωτα την ποιότητα του περιεχομένου της κατά τη διάρκεια των εργασιών χειρισμού, διακίνησης και αποθήκευσης. Ειδικότερα για το τελευταίο, η σύγχρονη συσκευασία έχει συντελέσει στην επέκταση του χρόνου διατήρησης των φρέσκων προϊόντων στα ράφια των καταστημάτων. Σύμφωνα με στατιστικές μελέτες, η πλαστική συσκευασία τροφίμων έχει συντελέσει στην εξάλειψη του ποσοστού των αλλοιωμένων τροφίμων στις βιομηχανικές χώρες. Έχει παρατηρηθεί, επίσης, ότι η ποσότητα της συσκευασίας στα ΣΔΑ είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ποσότητα των απορριπτόμενων τροφών, γεγονός που σχετίζεται άμεσα με το επίπεδο διαβίωσης (π.χ. ικανότητα ψύξης) και την αποδοτικότητα και οργάνωση του συστήματος διακίνησης των τροφών. Δηλαδή, οι βιομηχανοποιημένες κοινωνίες τείνουν να απορρίπτουν περισσότερα υλικά συσκευασίας στα ΣΔΑ και λιγότερες τροφές σε σύγκριση με τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Όσον αφορά στη σχέση της συσκευασίας με το περιβάλλον, πρέπει να επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας και στην ενέργεια που καταναλώνεται και εξοικονομείται με τη χρήση της. Μία ενδεχόμενη αντικατάσταση της πλαστικής συσκευασίας από συσκευασία άλλου υλικού θα είχε ως συνέπεια μια γενική αύξηση της τάξης του 100% στην κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με τη συσκευασία, είτε στην παρασκευή της, τη διανομή του προϊόντος και την ανακύκλωση του υλικού της συσκευασίας.

Κατά το πρώτο στάδιο που είναι η κατασκευή και η μορφοποίηση των πλαστικών, το ποσό ενέργειας που καταναλώνεται, σε σύγκριση με τα άλλου τύπου υλικά συσκευασίας είναι πολύ μικρότερο όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.4. Τα πλαστικά επίσης καταναλώνουν μόνο το 7 % της ολικής παραγωγής πετρελαίου και η πλαστική συσκευασία από μόνη της καταναλώνει μόνο το 2 %. Ενέργεια όμως, καταναλώνεται και κατά το στάδιο παρασκευής του τροφίμου που θα συσκευασθεί. Είναι σημαντικό, η αποθηκευμένη αυτή ενέργεια να μη χάνεται λόγω ακατάλληλης συσκευασίας. Η συσκευασία λοιπόν καλείται από τη μία να αποθηκεύσει και από την άλλη να προστατεύσει τα αποθέματα ενέργειας που έχουν επενδυθεί στο περιεχόμενο.

Επόμενο στάδιο αποτελεί η διανομή του προϊόντος στους χώρους κατανάλωσης. Έχει υπολογισθεί ότι χωρίς τα πλαστικά η συσκευασία θα ζύγιζε περίπου 300 % περισσότερο και συνεπώς περισσότερη ενέργεια θα χρειαζόταν για τη διανομή του προϊόντος. Δηλαδή, τα πλαστικά στη

συσκευασία εξοικονομούν ενέργεια αντί να καταναλώνουν. Για παράδειγμα, ένα φορτηγό διανομής που μεταφέρει μπουκάλια PET με εμφιαλωμένο νερό καταναλώνει 40 % λιγότερα καύσιμα από ένα ίδιο φορτηγό, που μεταφέρει γυάλινα μπουκάλια και το ίδιο νερό. Ταυτόχρονα ο εντός του φορτηγού χώρος αξιοποιείται κατά 90 % περισσότερο λόγω του αποτελεσματικού σχήματος που μπορούν να πάρουν τα μπουκάλια PET.

Εκεί όμως που επικεντρώνεται το ενδιαφέρον είναι στη ζωή της συσκευασίας μετά την κατανάλωση του προϊόντος. Τα δομικά στοιχεία της πλαστικής συσκευασίας αποθηκεύουν μεν την ενέργεια, αλλά δεν έχουν καταναλωτική αξία. Η ενέργεια που περικλείουν μπορεί να αξιοποιηθεί εάν με κάποιο τρόπο ανακυκλωθούν ή επαναχρησιμοποιηθούν. Η συσκευασία μπορεί επίσης να καεί αξιοποιώντας τα εκλυόμενα ποσά ενέργειας, καθώς το οργανικό πλαστικό έχει υψηλή θερμική αξία. Επιπρόσθετα, τα πλαστικά μπορούν να πυρολυθούν απουσία αέρος προς απλά οργανικά υγρά και αέρια (μικρού μοριακού βάρους) ή καύσιμα.

Οι βασικοί τύποι των πολυμερών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι :

- PET - Πολυαιθυλενοτερεφθαλικός εστέρας : Από αυτόν κατασκευάζονται φιάλες για αναψυκτικά, σκαφίδια για έτοιμα φαγητά, σακούλες συσκευασίας, φιλμ κλπ.
- HDPE – Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας : Από αυτό κατασκευάζονται φιάλες για απορρυπαντικά, γάλα και χυμούς φρούτων. Επίσης παράγονται καπάκια και πώματα φιαλών.
- LDPE – Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας : Από αυτό κατασκευάζονται συμπιεζόμενες φιάλες (π.χ. φιάλες σαμπουάν), σάκοι, και σακούλες σκουπιδιών.
- PP – Πολυπροπυλένιο : Από αυτό παράγονται σκαφίδια (π.χ. για μαργαρίνη), πιεζόμενες φιάλες (για κέτσαπ, σάλτσες κλπ.), καπάκια και πώματα φιαλών. Επίσης παράγονται φιλμ για μπισκότα και κύπελλα για (ημί)ρευστά.
- PS – Πολυστυρένιο : Από αυτό παράγονται θήκες αυγών, κύπελλα γιαουρτιών και δίσκοι τροφίμων. Επίσης παράγονται καπάκια και πώματα φιαλών.
- PVC – Πολυβινυλοχλωρίδιο : Χρησιμοποιείται για την παραγωγή φιαλών συσκευασίας νερού, βρώσιμων λαδιών και χυμών και πλαστικών σκαφιδίων για φρούτα και λαχανικά. Η χρήση του για τρόφιμα έχει ελαττωθεί σημαντικά λόγω δυσκολίας στην ανακύκλωση του.

Αποδεικνύεται, λοιπόν, πόσο σημαντικό ρόλο παίζει η πλαστική συσκευασία τροφίμων στην αναβάθμιση του επιπέδου ζωής του σύγχρονου ανθρώπου. Επομένως, το ουσιαστικό ζήτημα δεν έγκειται τόσο στη μείωση της σημασίας της πλαστικής συσκευασίας στα τρόφιμα, αλλά στην αποτελεσματικότερη διαχείρισή της στα υπάρχοντα συστήματα αποκομιδής των ΣΔΑ, όπου καταλήγει αφού επιτελέσει το σκοπό για τον οποίο έχει δημιουργηθεί.

1.4 Η νομοθεσία

Ένα καλά θεσπισμένο νομικό πλαίσιο που κυβερνά πτυχές της διαχείρισης των αποβλήτων και της προστασίας του περιβάλλοντος παρέχει μια ισχυρή κατευθυντήρια δύναμη ώστε να γίνεται συγκρατημένη χρήση πόρων και να υπάρξει αύξηση της ανακύκλωσης. Προκειμένου να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιδράσεις από την αύξηση των αποβλήτων, το ευρωπαϊκό νομοθετικό σώμα έχει εισαγάγει διάφορες υποχρεώσεις για ορισμένα προϊόντα αποβλήτων, οι οποίες πρέπει να γίνουν σεβαστές από όλα τα κράτη μέλη. Μερικές από τις οδηγίες που ενσωματώνουν τις πτυχές σχετικά με τα απόβλητα πλαστικών αφορούν:

- Συσκευασίες και απορρίμματα συσκευασίας (94/62/EK)
- Τέλος διάρκειας ζωής οχημάτων (2000/53/EK)
- Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα συσκευών (2002/96/EK)
- Υγειονομική ταφή αποβλήτων (99/31/EK)

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η μόνη ρητή αναφορά σχετικά με την ανακύκλωση των πλαστικών αποβλήτων είναι η Οδηγία 94/62/EK (15 Δεκεμβρίου 1994) σχετικά με τη συσκευασία και τα απόβλητα συσκευασίας. Αυτή υποχρεώνει τα κράτη μέλη να ανακυκλώνουν το 50-60 % και να ανακυκλώνουν το 25-45% της συσκευασίας που πωλείται. Ένα ελάχιστο ποσοστό ανακύκλωσης, 15 % κ.β., για κάθε υλικό συσκευασίας πρέπει να επιτευχθεί. Η προθεσμία για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι ήταν 30/06/2001, εκτός από την Ιρλανδία, την Πορτογαλία και την Ελλάδα για τις οποίες η προθεσμία ήταν 31/12/2006. Αυτή η οδηγία αναθεωρείται αυτήν την περίοδο και οι στόχοι ανακύκλωσης θα τροποποιηθούν, και το ποσοστό ανακύκλωσης για τα πλαστικά είναι πιθανό να τεθεί σε 22,5 % κ.β., και θα ισχύει από τις 31/12/2008.

Η Οδηγία για τα οχήματα δεν αναφέρεται άμεσα σε μια υποχρέωση για ανακύκλωση πλαστικών. Εντούτοις, η οδηγία καθορίζει ένα παγκόσμιο στόχο ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης 80 % για το 2006, και 95 % για το 2015. Υπολογίζεται ότι ένα αυτοκίνητο που κατασκευάστηκε το 1989 περιέχει περίπου 70kg, ενώ ένα αυτοκίνητο του 2000 περιέχει περίπου 106 kg. Μακροπρόθεσμα η Οδηγία 2000/53/EK θα απαιτήσει την ανακύκλωση των πλαστικών που περιλαμβάνονται στα οχήματα. Θα είναι σημαντικό να προσδιοριστούν εκείνα τα εξαρτήματα που μπορούν να ανακυκλωθούν με έναν αποδοτικό τρόπο ή να ανακτηθούν σαν πηγή καυσίμων.

Η Οδηγία για τα απόβλητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών θα εξασφαλίσει ότι αυτά τα απόβλητα θα επιστρέφονται. Έχουν καθοριστεί δέκα τέτοιες κατηγορίες με υποχρεωτικά ποσοστά ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης που κυμαίνονται μεταξύ 50-70% κ.β. και ποσοστά ανάκτησης από 70-80 %.

Ούτε η Οδηγία για την υγειονομική ταφή αποβλήτων απευθύνεται ρητώς στα πλαστικά, αν και θέτει στόχους για τα δημοτικά βιοδιασπώμενα απόβλητα. Εν τούτοις η ανακύκλωση θα γίνει ιδιαίτερα ελκυστική από οικονομική άποψη λόγω της αυξανόμενης δαπάνης κατά την παραδοσιακή τελική διάθεση. (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2000)

1.4.1 Η αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών απορριμμάτων

Ο στόχος που έχει καθοριστεί για την αντιμετώπιση του προβλήματος των πλαστικών απορριμμάτων είναι σύνθετος και μπορεί να συνοψιστεί στα παρακάτω κατά μειούμενη προτεραιότητα:

- Μείωση του χρησιμοποιούμενου υλικού : Με το σωστό σχεδιασμό μπορεί να εξασφαλιστεί η μείωση της ποσότητας των άχρηστων υλικών. Η βιομηχανία πλαστικών έχει γίνει ένας από τους κυριότερους παράγοντες μείωσης των στερεών απορριμμάτων στην πηγή, παρέχοντας υλικά συσκευασίας μικρότερου βάρους, ενώ καινοτόμες συσκευασίες αναπτύσσονται προκειμένου να καταστεί ευκολότερη η ανακύκλωσή τους.
- Ανακύκλωση : Στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση του απορριπτόμενου υλικού ως πρώτη ύλη (με ή χωρίς επιπλέον επεξεργασία), αξιοποιώντας έτσι σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης παρθένων πρώτων υλών και ενέργειας.
- Κλιβανισμός : Δεν πρόκειται απλώς για καύση των απορριμμάτων. Συνίσταται στην ανάκτηση μέρους της ενέργειας που περιέχουν κατά τη θερμική τους επεξεργασία σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (συμπεριλαμβάνεται και η πυρόλυση;).
- Υγειονομική ταφή : Αποτελεί την τελευταία λύση, και μόνο στις περιπτώσεις που το υλικό δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για παραγωγή νέων πρώτων υλών ή ενέργειας. Παρόλο το σχεδιασμό και την παραγωγή βιοαποικοδομήσιμων πλαστικών, η εμπειρία έδειξε ότι ο ρυθμός της αποικοδόμησής τους στη φύση δεν είναι τόσο ικανοποιητικός όσο στο εργαστήριο.

Στα επόμενα γίνεται αναφορά στις τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για την ανακύκλωση πολυμερών. Αυτές διαιρούνται σε πρωτογενείς, δευτερογενείς, τριτογενείς και τεταρτογενείς τρόπους ανάκτησης / ανακύκλωσης.

1.5 Τεχνολογία ανακύκλωσης πολυμερών

Η ανακύκλωση είναι περιοχή επιστημονικής έρευνας πρόσφορη για ανάπτυξη νέων ιδεών, που θα εφαρμοστούν στη μετατροπή των πλαστικών απορριμμάτων σε οικονομικά και σημαντικής

προστιθέμενης αξίας υλικά. Ως ανακύκλωση ορίζεται η διεργασία μέσω της οποίας τα άχρηστα υλικά από το ρεύμα των στερεών αποβλήτων συλλέγονται, διαχωρίζονται και υφίστανται επεξεργασία, με στόχο τη δημιουργία νέων λειτουργικών προϊόντων προς χρήση.

1.5.1 Στόχοι ανακύκλωσης

Η ανακύκλωση των πλαστικών στοχεύει να :

- διασώσει τα φυσικά αποθέματα ενέργειας,
- ελαττώσει τον όγκο και τα προβλήματα διάθεσης των ΣΔΑ των πόλεων,
- βοηθήσει στην καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα πλαστικά.

Η ιδέα της ανακύκλωσης δεν είναι νέα στη βιομηχανία πλαστικών. Στην πραγματικότητα έχει εφαρμοστεί πριν πολλά χρόνια σε ιδιωτικό επίπεδο υπό τη μορφή της εσωτερικής ανακύκλωσης αποβλήτων, υπολειμμάτων παραγωγής κλπ.

Η ανακύκλωση των πρώτων υλών συνδέεται άμεσα με την τεχνολογική ανάπτυξη, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί το πρώτο βήμα για την προστασία του περιβάλλοντος. Από όλα τα είδη πλαστικών το μεγαλύτερο ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην ανάκτηση της πλαστικής συσκευασίας. Λόγω της έντονα παραμετρικής φύσης του θέματος και κυρίως λόγω των διεπιφανειών που παρουσιάζει ένα έργο ανάκτησης και ανακύκλωσης υλικών συσκευασίας (Κοινό-Διοίκηση, Διοίκηση-Βιομηχανία, Βιομηχανία-Κοινό), έχουν αναπτυχθεί σε όλες σχεδόν τις χώρες της Ε.Ε. προγράμματα οδηγού ανακύκλωσης με στόχο την ανάπτυξη γνώσης για :

- τη συμπεριφορά του κοινού,
- τις δυνατότητες της τεχνολογίας,
- το επιπλέον κόστος και
- τη δυνατότητα ανακύκλωσης των ανακτώμενων υλικών.

1.5.2 Προϋποθέσεις για τη λειτουργία ενός αποδοτικού προγράμματος ανακύκλωσης

Για τη λειτουργία ενός αποδοτικού προγράμματος ανακύκλωσης είναι σημαντικό να ενεργήσουν από κοινού 4 παράγοντες :

- Καταναλωτές/χρήστες των προϊόντων, η συνεισφορά των οποίων θα παρέχει λύσεις σε προβλήματα, όπως η ελαχιστοποίηση του όγκου των ΣΔΑ και η μεγιστοποίηση των ρυθμών ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης χρησίμων υλικών. Είναι φανερό ότι η παρουσία αγοράς ανακυκλωμένου υλικού θα ωθήσει τις βιομηχανίες να επενδύσουν κεφάλαια στον τομέα της ανακύκλωσης.
- Ηγεσία (μεμονωμένα άτομα, εταιρείες, ομάδες ατόμων) που θα έχει ως σκοπό την προώθηση των στόχων της ανακύκλωσης.
- Οργανισμοί, που θα στελεχώνονται με αντιπροσώπους από τη βιομηχανία αλλά και πολίτες, ανεξάρτητους ή οργανωμένους σε περιβαλλοντικές ομάδες με στόχο την παροχή ανθρώπινου δυναμικού και δεσμεύσεων από τις βιομηχανίες για την ολοκλήρωση και τη σωστή λειτουργία του προγράμματος.
- Εξειδικευμένη και αξιόπιστη τεχνολογία, που θα ανακτά και θα παράγει ανακυκλωμένα προϊόντα υψηλής ποιότητας, διασφαλίζοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητά τους στο καθεστώς της ελεύθερης αγοράς.

Ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης θα πρέπει να μεριμνά για τα θέματα που αφορούν την αύξηση της ζήτησης των ανακυκλωμένων προϊόντων, τη βελτίωση της απόδοσης των διεργασιών παραγωγής και την καθιέρωση ανταγωνιστικών τιμών πώλησης. Η λειτουργία της τεχνολογίας ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων προϋποθέτει την αντιμετώπιση ουσιαστικών θεμάτων όπως :

- Ανάπτυξη μεθόδων συλλογής και διαχωρισμού απορριμμάτων,
- Εύρεση οικονομικών μεθόδων / τεχνολογίας ανακύκλωσης,
- Ανάπτυξη αγορών ικανών να απορροφήσουν τα τελικά προϊόντα
- Δημιουργία προτύπων για τον έλεγχο της ποιότητας των ανακυκλωμένων υλικών.

1.5.3 Τύποι ανακυκλώσιμων πλαστικών απορριμμάτων

Υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικοί τύποι πλαστικών απορριμμάτων που μπορούν να ανακυκλωθούν, αλλά για την απλοποίηση της μελέτης αυτοί μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες :

1. Μη αναμειγμένα είδη πλαστικών υπό τη μορφή σκάρτου παραγωγής, που μπορούν να επαναεισαχθούν στην παραγωγική διαδικασία από την οποία προήλθαν (producer/home scrap).
2. Μίγματα πλαστικών απορριμμάτων με γνωστή σύσταση, ουσιαστικά ελεύθερα από μη πλαστικές προσμίξεις (commingled scrap).
3. Συλλεχθέντα απορρίμματα οικιακών και βιομηχανικών εμπορικών εφαρμογών, τα οποία δύναται να εμπεριέχουν και μη πλαστικές προσμίξεις (post consumer scrap).

1.5.4 Κατηγορίες ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων

Η τεχνολογία ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων διακρίνεται ανάλογα με το είδος της διεργασίας σε τέσσερις κατηγορίες :

1. Πρωτογενής ή εσωτερική ανακύκλωση ή ανακύκλωση κλειστού βρόχου: Ορίζεται ως η μετατροπή του σκάρτου παραγωγής πλαστικών με συμβατικές μεθόδους παραγωγής σε προϊόντα που είναι εφάμιλλα σε ποιότητα με αυτά από παρθένο υλικό.
2. Δευτερογενής ανακύκλωση, ή ανακύκλωση μετά τη χρήση, ή φυσική μηχανική ανακύκλωση: Ορίζεται ως η μετατροπή, με μία ή με συνδυασμό διεργασιών, των μετακαταναλωτικών πλαστικών (post consumer scrap), που έχουν ή δεν έχουν υποβληθεί σε προκαταρκτικό διαχωρισμό, προς προϊόντα οι εφαρμογές των οποίων έχουν ίδιες ή λιγότερες απαιτήσεις ποιότητας από αυτές των μητρικών προϊόντων.
3. Τριτογενής ανακύκλωση ή χημική ανακύκλωση: Ορίζεται ως το σύνολο των διεργασιών που παράγουν χημικά και καύσιμα από τα μετακαταναλωτικά πλαστικά.
4. Τεταρτογενής ανακύκλωση ή θερμική ανακύκλωση με ανάκτηση ενέργειας: Ορίζεται ως το σύνολο των διεργασιών που παράγουν θερμική ενέργεια από τα μετακαταναλωτικά πλαστικά.

Κεφάλαιο 2

Πρωτογενής ανακύκλωση

Η αυτοματοποιημένη παραγωγή πλαστικών αντικειμένων έχει ως αποτέλεσμα μικρό ποσοστό από αντικείμενα εκτός προδιαγραφών που συντελούν στην δημιουργία σκάρτου παραγωγής. Τα ελαττωματικά αντικείμενα είναι συνήθως αναμειγμένα με άλλα υλικά, πλαστικά ή μη, ενώ τα υπολείμματα παραγωγής (σκάρτο) είναι ομοιογενή και καθαρά, οπότε είναι ευκολότερη και η ανακύκλωσή τους. Η πρωτογενής ανακύκλωσή επιτυγχάνεται με εξωθητές. Οι συσκευές αυτές περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο της δευτερογενούς ανακύκλωσης.

Κεφάλαιο 3

Δευτερογενής ανακύκλωση

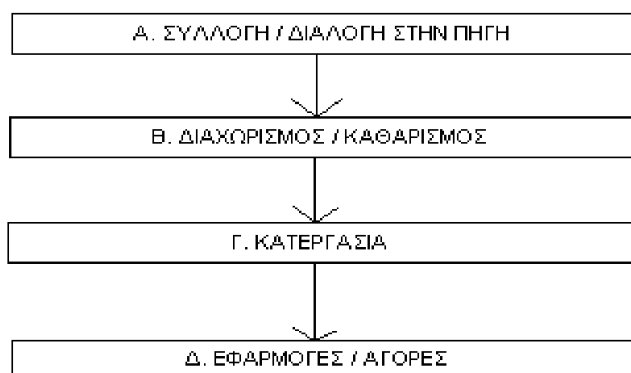
Το πλαίσιο της τεχνολογίας δευτερογενούς ανακύκλωσης χαρακτηρίζεται από κοινό άξονα δραστηριοτήτων με διάφορες εφαρμογές. Τα στάδια που ακολουθούνται δίνονται στο σχήμα 3.1.

Το πρώτο στάδιο εξυπηρετεί την ανάγκη για τη δημιουργία του ρεύματος της πρώτης ύλης που θα τροφοδοτήσει διεργασίες δευτερογενούς και τριτογενούς ανακύκλωσης. Ταυτόχρονα, είναι επιτακτική η ανάγκη ύπαρξης στο ρεύμα μόνο ενός είδους καθαρού πλαστικού. Έτσι το δεύτερο στάδιο εξασφαλίζει μεγαλύτερη ποσότητα καθαρού πλαστικού και καλύτερη ποιότητα στο τελικό προϊόν, όπως επίσης και ανταγωνιστικές τιμές πώλησης στις βιομηχανίες ανακύκλωσης. Η ποιότητα όμως του τελικού προϊόντος είναι συνάρτηση και του τρόπου επεξεργασίας της πρώτης ύλης (τρίτο στάδιο). Τέλος, για να ανακυκλωθεί το πλαστικό πρέπει να έχει εξασφαλισμένες εφαρμογές / αγορές, ώστε να δωθεί ουσιαστική ώθηση στην τεχνολογία της ανακύκλωσης.

Αν δεν υπάρχουν αγορές ικανές να απορροφήσουν το ανακυκλωμένο πλαστικό, αν δεν είναι ποιοτικά ανταγωνιστικό ως προς την παρθένα ύλη, αν δεν πληρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές που θα καθορίσουν τους τρόπους χρήσης του ή αν απαιτούνται αντιοικονομικές διεργασίες ανάκτησης, τότε είναι προτιμότερο να απορριφθεί ή να καεί.

3.1 Συλλογή / Διαλογή στη πηγή

Πρόκειται για το αδύνατο στάδιο της διαδικασίας της ανακύκλωσης, αφού υπεισέρχονται αρκετοί αστάθμητοι παράγοντες. Η επιτυχία ενός προγράμματος ανακύκλωσης οικιακών πλαστικών απορριμμάτων καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό, από τη σωστή οργάνωση ενός προγράμματος Συλλογής / Διαλογής στην πηγή (ΠΣ/Δ). Στο στάδιο αυτό απαιτείται η συνεργασία τριών φορέων:



Σχήμα 3.1: Στάδια δευτερογενούς επεξεργασίας πλαστικών απορριμμάτων (Κ. Μπουρντίνας, Μ. Λεζίδου, Ανακύκλωση Πλαστικών, 2001)

	CEN Recommendation CEN WI 261 070	EU Commission Decision 97/129/EC	APME Position
Πολυεθυλένιο τετραμερές καπύρας	 01 PET	1 PET	 1 PET
Πολυαιθυλένιο Υψηλής Πυκνότητας	 02 PE-HD	2 HDPE	 2 HDPE
Πολυβινυλοχλωρίδιο	 03 PVC	3 PVC	 3 PVC
Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας	 04 PE-LD	4 LDPE	 4 LDPE
Πολυπροπυλένιο	 05 PP	5 PP	 5 PP
Πολυστυρένιο	 06 PS	6 PS	 6 PS
Όλα τα άλλα πλαστικά	 07-20	7-19	 7-19

Πίνακας 3.4: Προτεινόμενη κωδικοποίηση στα υλικά πλαστικής συσκευασίας (APME, Plastics in Packaging, 2001)

Κράτους – Καταναλωτικού κοινού – Βιομηχανίας Πλαστικών.

Το κράτος είναι ο φορέας που θα θεσπίσει την αναγκαία νομοθεσία ώστε να δώσει ώθηση στην ανακύκλωση. Η βιομηχανίες πλαστικών πρέπει να συμμορφωθούν με την ισχύουσα νομοθεσία και να αναπτύξουν οικονομικά συμφέρουσες διεργασίες ανακύκλωσης. Το κοινό (μεμονωμένα άτομα, οργανώσεις κτλ.) οφείλει να ευαισθητοποιηθεί, να τηρήσει σωστά τους κανόνες ανακύκλωσης και να δώσει ώθηση στην ανακύκλωση προτιμώντας τα προϊόντα της.

Η συλλογή της απορριπτόμενης πλαστικής συσκευασίας διευκολύνεται με κωδικούς που αναγράφονται είτε στην βάση των περιεκτών είτε σε ευδιάκριτα σημεία. Είδη κωδικών έχουν προταθεί από την European Commission Decision, από την European Standards Organization (CEN) και από την Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME). Ο πίνακας 3.1 δείχνει τον προτεινόμενο συμβολισμό από τις παραπάνω οργανώσεις.

Στη δεύτερη φάση ένα ΠΣ/Δ επικεντρώνει το ενδιαφέρον στη στρατηγική για τη συλλογή των πλαστικών. Γενικά εφαρμόζονται δύο κατηγορίες συλλογής ανάλογα με ποιο στάδιο του ΠΣ/Δ έχει κριθεί ως πιο οικονομικά συμφέρον, για να λάβει χώρα ο πρώτος, χοντρικός διαχωρισμός της πλαστικής συσκευασίας στα διάφορα είδη πολυμερών. Έτσι τα μέχρι τώρα εφαρμοζόμενα

συστήματα συλλογής γενικά μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, δηλαδή σε αυτές όπου :

- τα πλαστικά αντικείμενα διαχωρίζονται από τον καταναλωτή στα είδη τους, ή απλώς, από τα άλλα ανακυκλώσιμα απορρίμματα,
- τα πλαστικά αντικείμενα διαχωρίζονται από τα άλλα ανακυκλώσιμα απορρίμματα, μετά τη συλλογή, σε χώρους ανάκτησης υλικών.

Ο εξοπλισμός ενός ολοκληρωμένου συστήματος συλλογής και μεταφοράς αστικών πλαστικών απορριμμάτων περιλαμβάνει κατάλληλο εξοπλισμό για την προσωρινή αποθήκευση των απορριμμάτων (προσυλλογή) και τα οχήματα συλλογής και μεταφοράς τους (απορριμματοφόρα).

Μέσα προσυλλογής

- Πλαστικοί σάκοι με προδιαγραφές (βιοαποικοδομήσιμο ή ανακυκλώσιμο υλικό)
- Κυλιόμενοι κάδοι (μεταλλικοί ή πλαστικοί)
- Μεγάλα Containers.

Μέσα συλλογής και μεταφοράς (απορριμματοφόρα)

- Οχήματα που έχουν μηχανισμό για την εκκένωση των κάδων, συνήθως κυλιόμενων και ονομάζονται οχήματα οπίσθιας φόρτωσης.
- Οχήματα με το μηχανισμό στο πλάι (πλευρικής φόρτωσης).
- Οχήματα που λειτουργούν με ανυψωτικό γερανό.
- Οχήματα με το μηχανισμό εκκένωσης μπροστά (εμπρόσθιας φόρτωσης).

3.1.1 Συστήματα συλλογής οικιακών απορριμμάτων

- Κεντρικοί κάδοι στις γειτονιές. Η τοποθεσία των κάδων πρέπει να γίνεται σε εύκολα και συχνά προσβάσιμες τοποθεσίες από τους κατοίκους, όπως μεγάλα πολυκαταστήματα, πολιτιστικού χώρους, χώρους αναψυχής κ.α. Η σωστή τοποθεσία των κάδων είναι σημαντική έτσι ώστε να επιτύχουμε υψηλούς ρυθμούς συλλογής και να αποφύγουμε την υποβάθμισή τους. Ο σχεδιασμός των κάδων πρέπει να περιλαμβάνει μια ξεκάθαρη ένδειξη, αν είναι απαραίτητο και εικονόγραμμα, για τα αποδεκτά υλικά. Πρέπει επίσης να αποφευχθεί η εναπόθεση μη επιθυμητών υλικών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον προσεκτικό σχεδιασμό των ανοιγμάτων του κάδου όπου εναποθέτουμε το υλικό.
- Τα ανακυκλώσιμα απορρίμματα διαχωρίζονται από τα μη ανακυκλώσιμα από τον καταναλωτή. Τα συστήματα αυτά είναι γνωστά με την ονομασία 'kerbside collection schemes' ('συστήματα περισυλλογής από το δρόμο'). Μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο μεθόδους:
 - Boundary ή Home Collection ('Ενοριακή ή Οικιακή συλλογή'). Σε κάθε σπίτι παρέχεται από το Δήμο είτε ένας άκαμπτos περιέκτης 50 lt, είτε πλαστικές τσάντες με κωδικό χρώμα. Στη δεύτερη περίπτωση τα προς ανακύκλωση υλικά τοποθετούνται από τους καταναλωτές, στη συνέχεια, σε κάδους της γειτονιάς, οι οποίοι εκφορτώνονται από ειδικά οχήματα. Ένας προκαταρκτικός διαχωρισμός των υλικών στα είδη τους (γυαλί, χαρτί, πλαστικά κτλ.) γίνεται στο όχημα συλλογής, ενώ για να εξασφαλιστεί ο μέγιστος ικανοποιητικός βαθμός διαχωρισμού, ακολουθεί και νέος διαχωρισμός εντός των εγκαταστάσεων διαλογής.
 - 'Integrated Collection' ('Ολοκληρωμένη συλλογή') : Εφαρμόζεται συνήθως με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει δυο οικιακούς κάδους, ένας για τα ανακυκλώσιμα και ένας για τα μη ανακυκλώσιμα υλικά, ενώ η συλλογή γίνεται ξεχωριστά, π.χ. κατά εναλλασσόμενες εβδομάδες. Η διαλογή ανά είδος υλικού γίνεται στο όχημα, απαιτείται όμως σχολαστικότερη διαλογή σε σχέση με αυτής της ενοριακής



Σχήμα 3.2: Container parks συλλογής οικιακών απορριμμάτων

συλλογής. Μερικοί από τους κάδους μπορεί να έχουν στο εσωτερικό τους χωρίσματα ώστε να γίνεται ένας πρώτος χονδρικός διαχωρισμός. Ο δεύτερος τρόπος απαιτεί από τα νοικοκυριά να χωρίσουν τα ανακυκλώσιμα από τα μη ανακυκλώσιμα σε σακούλες διαφορετικού τύπου. Η συλλογή γίνεται την ίδια βδομάδα και για τα δύο είδη υλικών, χρησιμοποιώντας ένα όχημα χωρισμένο σε δύο διαμερίσματα.

- Κεντρικά ‘container parks’ χρησιμοποιούνται συνήθως για την συλλογή ογκωδέστερων αντικειμένων όπως έπιπλα, σωλήνες, παράθυρα κ.α. Υπάρχει ξεχωριστό κιβώτιο για τα πλαστικά. Για μερικά πολυμερή όπου η καθαρότητα του υλικού είναι σημαντική, μπορεί να υπάρχει ξεχωριστό κιβώτιο. Τα ‘Container parks’ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προσωρινοί ή μόνιμοι χώροι συλλογής.
- Μηχανικοί κάδοι απόρριψης συγκεκριμένων πλαστικών συσκευασιών (μπουκαλιών συνήθως) έξω από τα πολυκαταστήματα. Τέτοια συστήματα δέχονται και συνθλίβουν τα υλικά επιστρέφοντας το παράβολο (deposit) για κάθε κομμάτι. Η μέθοδος αυτή βρίσκεται μεγάλη εφαρμογή στην Ιταλία.

Ο στόχος των συστημάτων συλλογής είναι να συλλέγουν, με λογικό κόστος υλικά καλής ποιότητας. Εάν η συλλογή γίνεται για πολλά είδη πλαστικών μαζί, τότε οι συλλεγόμενες ποσότητες θα είναι μεγαλύτερες από ότι θα ήταν για ένα είδος. Το σύστημα συλλογής πολλών ειδών μαζί, έχει μεγαλύτερο ρυθμό συλλογής και χάρη σε αυτό μικρότερο κόστος. Παρόλα αυτά μπορεί να έχουμε χαμηλή ποιότητα του λαμβανόμενου προϊόντος, αύξηση του κόστους επεξεργασίας ή ακόμα και έλλειψη ενδιαφερομένων για την αγορά του προϊόντος. Αυτό σε αντίθεση με τη συλλογή ενός μόνο πολυμερούς, οπότε έχουμε χαμηλό ρυθμό συλλογής και υψηλότερο κόστος διάθεσης, αλλά η ποιότητα του προϊόντος και το κόστος επεξεργασίας είναι σε επιθυμητά επίπεδα.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του ‘kerbside collection schemes’ σε σχέση με τους κάδους στις γειτονιές, εκτός από το μεγαλύτερο ρυθμό συλλογής είναι ότι επιτρέπεται ο οπτικός έλεγχος ποιότητας των συλλεχθέντων απορριμμάτων από τις ομάδες αποκομιδής. Σε περίπτωση που τα απορρίμματα δεν είναι καλά ταξινομημένα, η συλλογή μπορεί να απορριφθεί, τοποθετώντας μια αυτοκόλλητη ετικέτα στον κάδο εξηγώντας τους λόγους για τους οποίους απορρίφθηκε. Με αυτό τον τρόπο αυξάνονται οι απαιτήσεις ως προς τα ανακυκλώσιμα υλικά και δημιουργείται στους πολίτες μεγαλύτερο αίσθημα ευθύνης ως προς τα απορρίμματά τους.

Η συλλογή και επεξεργασία των οικιακών απορριμμάτων εμφανίζει τη μεγαλύτερη δυσκολία, όχι μόνο γιατί περιέχει μια ευρεία ποικιλία διαφορετικών ειδών, αλλά και εξαιτίας της χαμηλής πυκνότητας των πλαστικών. Πρέπει, δηλαδή, να συλλεχθεί ένας μεγάλος όγκος πλαστικών αποβλήτων για να επιτύχουμε μια ικανοποιητική μάζα υλικών. Στον πίνακα 3.2, παρουσιάζονται, για τη Δυτική Ευρώπη, οι ποσότητες των πλαστικών απορριμμάτων στα δημοτικά απόβλητα. Αυτές περιλαμβάνουν τα οικιακά απόβλητα, απόβλητα που προέρχονται από μικρά καταστήματα, λιανοπωλητές, καφετέριες, εστιατόρια και ξενοδοχεία.

Τα τρία κύρια πολυμερή που παρουσιάζονται στα οικιακά απόβλητα είναι τα LDPE, PP και HDPE και αποτελούν το 60 % των οικιακών πλαστικών απορριμμάτων, ενώ τα κύρια έξι θερμοπλαστικά αποτελούν το 90 % του συνόλου (Πίνακας 3.3).

	(%)	(kg/κάτοικο)	(kt)
Αυστρία	12.5	28	228
Βέλγιο	9.5	26	264
Δανία	8.0	41	216
Φιλανδία	5.0	17	87
Γαλλία	10.5	36	2,108
Γερμανία	5.5	24	1,934
Ελλάδα	7.5	20	214
Ιρλανδία	10.5	31	118
Ιταλία	11.5	40	2,315
Ολλανδία	11.0	44	693
Πορτογαλία	10.0	26	263
Ισπανία	10.5	37	1,45
Σουηδία	7.5	24	216
Ηνωμένο Βασίλειο	10.0	41	2,43
Ευρωπαϊκή Ένωση	9.1	37	12,536
Νορβηγία	8.0	25	112
Ελβετία	15.0	56	402
Δυτική Ευρώπη	9.1	34	13,050

Πίνακας 3.2: Περιεκτικότητα πλαστικών στα δημοτικά απόβλητα (2000). (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)

	(%)	(kg/κάτοικο)	(kt)
LDPE/LLDPE	20.6	6.9	2,685
PP	20.0	6.7	2,609
HDPE	17.4	5.9	2,273
PET	11.7	3.9	1,528
PS/EPS	10.9	3.7	1,418
PVC	6.9	2.3	906
PU	2.7	0.9	356
Others	9.8	3.3	1,276
Total	100.0	33.7	13,05

Πίνακας 3.3: Περιεκτικότητα πλαστικών (ανά είδος πολυμερούς) στα δημοτικά πλαστικά απόβλητα (2000). (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)

Περίπου το 70 % των οικιακών απορριμμάτων που απορρίπτονται αφορά τη συσκευασία. Αυτά μπορούν να ταξινομηθούν στα άκαμπτα πλαστικά, όπως μπουκάλια και φιλμ, και στα εύκαμπτα, όπως τσάντες και περιβλήμα συσκευασίας. Παρόλο τον αυξημένο ρυθμό διάθεσης αυτών των υλικών, πολλά από αυτά δεν είναι κατάλληλα, διαθέσιμα σε ικανοποιητικές ποσότητες ή εφικτά για τη συλλογή και ανακύκλωση τους, αν και αυτό εξαρτάται πάντα από τη μέθοδο ανακύκλωσης που υιοθετείται.

Πλαστικά που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία πετρελαίου, διαλυτών ή φυτοφαρμάκων μπορεί να είναι ακατάλληλα για ανακύκλωση εξαιτίας της δυσκολίας απομάκρυνσης υπολειμμάτων αυτών των προϊόντων. Επίσης το χρώμα ή οι οσμές των πλαστικών απορριμμάτων, μπορούν να επηρεάσουν το κόστος του συσκευασμένου προϊόντος. Τέλος το κόστος συλλογής του φιλμ (βάρος/όγκος), καθώς επίσης η μειωμένη καθαρότητά του, μειώνουν την ελκυστικότητα ως προς τη συλλογή του από 'βρώμικες' οικιακές πηγές. Ωστόσο, τα παραδείγματα δείχνουν ότι είναι δυνατόν να απομονωθούν συγκεκριμένα ομοιογενή και καθαρά ρεύματα πλαστικών τα οποία είναι κατάλληλα για ανακύκλωση, όπως είναι τα μπουκάλια από PET και HDPE.

Εμπόδια στην ανακύκλωση οικιακών απορριμμάτων

- Υψηλή διασπορά του υλικού
- Ενδεχομένως βαριές επιμολύνσεις
- Διαφορετικά χρώματα και πιθανές αγορές
- Απογορεύσεις της ανακύκλωσης κλειστού κυκλώματος (closed loop)

3.1.2 Συστήματα συλλογής βιομηχανικών / εμπορικών απορριμμάτων

Τα πλαστικά απορρίμματα που προέρχονται από εμπορικούς τομείς, μικρές βιομηχανίες και επιχειρήσεις περιέχουν κατά ένα μεγάλο ποσοστό απόβλητα συσκευασίας. Τα πιο κοινά από αυτά είναι :

- (Θερμο)συστελλόμενο Φιλμ
- Εμπορευματοκιβώτια
- Μεγάλες σακούλες
- Παλέτες
- Κλούβες
- Διογκωμένο πολυστυρένιο

Πολλά από τα παραπάνω, όπως οι παλέτες και οι κλούβες επαναχρησιμοποιούνται. Σαν αποτέλεσμα αυτού, το ετήσιο ποσοστό πλαστικών που είναι διαθέσιμο για συλλογή είναι πολύ μικρότερο από αυτό των οικιακών απορριμμάτων.

Ο πίνακας 3.4 παρουσιάζει τα συλλεχθέντα πλαστικά απορρίμματα συσκευασίας από μεγάλα καταστήματα, σούπερ-μάρκετ, βιομηχανίες καθώς επίσης και από γεωργικά και κατασκευαστικά απόβλητα και τα συλλεχθέντα πλαστικά απορρίμματα που δεν αφορούν τη συσκευασία. Τα τελευταία περιλαμβάνουν ταινίες μόνωσης, προστατευτικά καλύμματα κ.α. που έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, σε αντίθεση με τη συσκευασία.

Η συσκευασία αντιπροσωπεύει ποσοστό μεγαλύτερο του 80 % των συλλεχθέντων πλαστικών απορριμμάτων που παράγονται από αυτούς τους τομείς. Για τη συσκευασία, ο ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι 8,7 kg/κάτ/χρόνο, με μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στις χώρες. Η Ολλανδία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός απορριμμάτων αυτής της κατηγορίας με 12,9 kg/κάτ/χρόνο, ενώ η Φιλανδία παράγει 4,9 kg/κάτ/χρόνο. Και σε αυτήν την περίπτωση τα πιο κοινά πολυμερή που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία είναι το HDPE και το LDPE.

Η συλλογή αυτών των απορριμμάτων έχει συνήθως καλύτερα αποτελέσματα, απ'ότι η συλλογή οικιακών απορριμμάτων. Υπάρχουν δύο κυρίως λόγοι. Πρώτον τα απορρίμματα συγκεντρώνονται σε λιγότερες τοποθεσίες από ότι τα οικιακά που είναι γεωγραφικά διάσπαρτα.

	Απορ. συσκ. (kg/κάτ)	Άλλα απορ. (kg/κάτ)	Σύνολο (kg/κάτ)
Αυστρία	7.0	4.3	11.3
Βέλγιο	9.8	4.2	14.0
Δανία	12.2	4.9	17.1
Φινλανδία	4.6	2.5	7.1
Γαλλία	7.1	1.7	8.8
Γερμανία	7.9	1.1	9.0
Ελλάδα	5.2	0.6	5.8
Ιρλανδία	8.7	5.6	14.3
Ιταλία	10.3	0.8	11.1
Ολλανδία	12.9	4.2	17.1
Πορτογαλία	9.6	4.0	13.6
Ισπανία	7.0	0.7	7.7
Σουηδία	10.6	0.7	11.3
Ηνωμένο Βασίλειο	10.7	2.5	13.2
Ευρωπαϊκή Ένωση	8.8	1.8	10.6
Νορβηγία	5.6	4.7	10.3
Ελβετία	8.4	1.8	10.2
Δυτική Ευρώπη	8.7	1.8	10.5

Πίνακας 3.4: Σύνθεση πλαστικών απορριμμάτων : Απορρίμματα συσκευασίας και υπόλοιπα απορρίμματα (2000). (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)

	LDPE/HDPE	PP	PS/EPS
Φίλμ για τα προϊόντα	+	+	
Μεγάλες τσάντες	+		
Κλούβες, παλέτες, κάδοι, κιβώτια	+	+	+
Εμπορευματοκιβώτια	+		

Πίνακας 3.5: Είδη πλαστικών στην συσκευασία (2000). (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)

Δεύτερον, τα απορρίμματα από τις βιομηχανίες είναι πιο καθαρά και ευκολότερα αναγνωρίσιμα. Ωστόσο σε μερικούς επαγγελματικούς τομείς, όπως ο γεωργικός και ο κατασκευαστικός, παράγονται ποσότητες φίλμ προς ανακύκλωση με επιμολυντές, όπως χώμα ή υγρασία.

Οι επαγγελματικοί τομείς χρησιμοποιούν συνήθως τις υπηρεσίες των ιδιωτικών συλλεκτών, οι οποίες καθιερώνουν τις μορφές συλλογής, τα ποιοτικά κριτήρια και την τιμή. Υπάρχουν ωστόσο και περιπτώσεις όπου οι τοπικές και περιφερειακές αρχές οργανώνουν τη συλλογή, χρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις και την δημόσια υποδομή.

3.1.3 Συστήματα συλλογής γεωργικών απορριμμάτων

Η χρήση των πλαστικών στην γεωργία έχει αυξηθεί εντυπωσιακά τα τελευταία χρόνια. Έχει αντικαταστήσει το γυαλί στα θερμοκήπια και έχει γίνει το υλικό για την συσκευασία. Χρησιμοποιείται ευρέως για την συντήρηση των ζωοτροφών και σε διάφορες γεωργικές εφαρμογές όπως επικάλυψη της συγκομιδής αλλά και του εδάφους.

Αν και τα πλαστικά στη γεωργία αποτελούν μόλις το 2,5 % της κατανάλωσης πλαστικών, το 2002 αντιπροσώπευαν στην Ευρώπη 953.000 τόνους. Τα πλαστικά για άρδευση και συστήματα ξήρανσης, παρέχουν αποτελεσματικές λύσεις στην ανάπτυξη της σοδειάς. Η αύξηση των πλαστικών σε αυτό τον τομέα μεταξύ 2000 και 2002 ήταν 3 %. Τα πιο κοινά πλαστικά απορρίμματα προερχόμενα από τη γεωργία είναι :

- Φίλμ χορταριού: Είναι το μέσο για τη συντήρηση της ζωοτροφής. Είναι συνήθως από πολυαιθυλένιο, ενώ η επιμόλυνση τους υπολογίζεται στο 50 % του συνολικού βάρους.
- Φίλμ θερμοκηπίων : Αντικατέστησαν το γυαλί γιατί είναι φθηνότερα και πιο εύκολα στην εγκατάσταση και απομάκρυνσή τους. Η δυσκολία στην ανακύκλωση αυτών έγκειται στο γεγονός της υποβάθμισής τους από την UV ακτινοβολία και από την παρουσία υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων, υγρασίας και ρύπων.
- Παλέτες: Είναι συνήθως από HDPE. Μπορούν εύκολα να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν.
- Φίλμ προστασίας και επικάλυψης συγκομιδών: Αυτά τα φίλμ είναι σε επαφή με το έδαφος και δεδομένου ότι είναι συνήθως λεπτά, η επιμόλυνση τους είναι αυξημένη και η ανακύκλωση δύσκολη. Η επιμόλυνση μπορεί να φθάσει το 80 % τους βάρους, με το χώμα, τους ρύπους και την υγρασία να είναι οι κύριοι μολυσματικοί παράγοντες.
- Τσάντες: Στην γεωργία οι πλαστικές τσάντες χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία του λιπάσματος, της τροφής και των σπόρων. Μπορεί να είναι και αυτές μολυσμένες με χημικά, πρόσθετα κ.α.
- Κυλινδρικά δοχεία - Κάδοι: Δοχεία που περιείχαν αγροχημικά και ζωικά φάρμακα δεν ανακυκλώνονται, αλλά οδηγούνται προς καύση με ενεργειακή ανάκτηση. Δοχεία που δεν περιείχαν επικίνδυνα προϊόντα μπορούν να ανακυκλωθούν μηχανικά.

Εμπόδια στην ανακύκλωση αγροτικών απορριμμάτων

- Υποβάθμιση από τη UV ακτινοβολία (αλλαγή φυσικών και χημικών ιδιοτήτων).
- Αυξημένα επίπεδα επιμολύνσεων, αυξάνοντας το κόστος επεξεργασίας.
- Χαμηλή πυκνότητα (30-50 kg/m³)
- Ευρεία γεωγραφική διασπορά του αποθέματος

Τα γεωργικά πλαστικά απορρίμματα έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα εμπορικά / βιομηχανικά. Οι πηγές αυτών είναι συγκεκριμένες, οπότε δεν είναι γεωγραφικά διάσπαρτες και είναι καθαρότερα και με υψηλότερη αξία από τα οικιακά απορρίμματα. Ωστόσο ο γεωργικός τομέας παράγει φίλμ προς ανακύκλωση, το οποίο μπορεί να μολυνθεί με χώμα, υγρασία κ.α. και τα εμπορευματοκιβώτια να είναι μολυσμένα με επικίνδυνες ουσίες, όπως ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα, λιπάσματα, που περιορίζει την δυνατότητα ανακύκλωσης αυτών.

3.1.4 Πλαστικά απορρίμματα οικοδομής

Στον τομέα αυτό καταναλώθηκαν 6,7 Mt πλαστικών το 2002, αποτελώντας το 17,6% της συνολικής κατανάλωσης πλαστικών στην Δυτική Ευρώπη.

Οικοδομικά απορρίμματα

Τα απόβλητα οικοδομών μπορούν να ταξινομηθούν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες, που εξαρτάται από την προέλευσή τους :

- Κατεστραμμένα υλικά (π.χ. σωληνώσεις, μονώσεις, παράθυρα κτλ.)
- Επιπρόσθετα υλικά (π.χ. στεγανωτικές ουσίες, χρώματα κτλ.)
- Ενδιάμεσα και πρόδρομα προϊόντα (π.χ. πετρελαιοειδή απόβλητα)
- Απόβλητα Συσκευασίας

Τα απόβλητα συσκευασίας από οικοδομές και κατεδαφίσεις υπολογίζονται στο 2%, ενώ περίπου το 10% των αποβλήτων αυτών αποτελούνται από PP και PE.

Απορρίμματα κατεδάφισης

Τα περισσότερα από τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στην οικοδομή, είναι για μακροπρόθεσμες εφαρμογές (π.χ. κουφώματα και πλαίσια παραθύρων, σωλήνες, μονωτικός αφρός, ηλεκτρικά καλώδια κ.α.). Παραδείγματος χάριν η διάρκεια ζωής αντικειμένων από PVC (όπως σωλήνες και πλαίσια παραθύρων) υπολογίζεται στα 50 έτη και πάνω. Η επιλεκτική συλλογή αποβλήτων από κατεδάφιση είναι περίπλοκη και δαπανηρή. Εντός της Ε.Ε. οι ποσότητες αυτού του είδους αποβλήτων, ποικίλλουν από 189 kg/κάτ/χρόνο στη Σουηδία (όπου τα ξύλινα οικοδομήματα είναι συνηθισμένα) σε 720 kg/κάτ/χρόνο στη Γερμανία.

Εμπόδια στην ανακύκλωση απορριμμάτων από οικοδομές και κατεδαφίσεις

- Χαμηλό κόστος για την ταφή αυτών και περιορισμένοι έλεγχοι (έλλειψη οικονομικών κινήτρων – ανεπαρκής νομοθεσία).
- Απαιτούμενος χρόνος για τον επιτόπιο διαχωρισμό των υλικών.
- Κόστος συλλογής και μεταφοράς των υλικών.
- Επιμολύνσεις υλικών.

3.1.5 Παραδείγματα συλλογής και κατεργασίας πλαστικών, και κόστους από ευρωπαϊκές πόλεις.

- Γαλλία: Το Συνδικάτο Δήμων της περιοχής Rambouillet που ονομάζεται SYMIRIS, συλλέγει ανακυκλώσιμα είδη από 183 δήμους, και εξυπηρετεί περίπου 160.000 κατοίκους. Από το 2000, τα πλαστικά συλλέγονται σε 19 container parks, τα οποία είναι 'ανοιχτά' για τους πολίτες, τους μικρούς λιανοπωλητές και για τους βιοτέχνες. Τα υλικά μπορούν να κατατεθούν δωρεάν. Σε κάθε τέτοιο 'πάρκο', υπάρχει ένα container για τα πλαστικά. Γίνονται αποδεκτά όλα τα πλαστικά. Αυτά μεταφέρονται στο εργοστάσιο συλλογής του συνδικάτου και γίνεται η διαλογή χειρονακτικά. Ανακτάται κυρίως PE film, άκαμπτο PE και PP. Το πρώτο αντιπροσωπεύει περίπου το 50% του συλλεγόμενου πλαστικού. Καθώς τα αντικείμενα από PVC είναι συνήθως μεγάλα, η διαλογή τους είναι εύκολη. Το ποσοστό που καταλήγει στις χωματερές είναι περίπου 30%, εξαιτίας των ακαθαρσιών, των αντικειμένων που κατασκευάζονται με πάνω από ένα υλικά και των μετάλλων.

Κάθε χρόνο συλλέγονται 800 τόνοι πλαστικών. Το PVC ανέρχεται σε 2-3 τόνους/μήνα. Οι σωλήνες από PVC στέλνονται στην Ολλανδία που μετασχηματίζονται σε νέους σωλήνες, ενώ τα πλαίσια από PVC μεταφέρονται στη Νότια Γαλλία. Τα κουφώματα είναι δυσκολότερα να ανακυκλωθούν, εξαιτίας της ανάγκης διαχωρισμού τους από τα μεταλλικά και λαστιχένια αντικείμενα που είναι προσαρτημένα πάνω τους.

Τα PE και PP ταξινομούνται κατά χρώμα και στη συνέχεια κοκκοποιούνται μέσω εξωθητών. Τα ανακυκλωμένα αυτά υλικά χρησιμοποιούνται συνήθως για να κατασκευαστούν φράκτες και έπιπλα κήπων. Το κόστος συλλογής, που αντιστοιχεί στο container και στην περιοχή που βρίσκεται είναι 45 €/τόνο. Η μεταφορά από το container στο εργοστάσιο διαλογής κοστίζει 45 €/τόνο. Το κόστος διαλογής ανέρχεται σε 75 €/τόνο, και το τελικό κόστος ανέρχεται σε 165 €/τόνο. Τα υλικά πωλούνται 45 – 60 €/τόνο, ενώ το κόστος για την υγειονομική ταφή θα ανερχόταν σε 62 € (μαζί με τη μεταφορά) και 76 € (μαζί με τη μεταφορά) για καύση.

- Ολλανδία: Από το 1991, η 'FKS', η Ένωση της Ολλανδικής Πλαστικής Βιομηχανίας Σωλήνων, οργάνωσε ένα εθνικό σχέδιο συλλογής για τους πλαστικούς σωλήνες στην Ολλανδία. Στόχος ήταν να προσφέρει μια πλήρη, φιλική προς το περιβάλλον υπηρεσία προς τους χρήστες σωλήνων, από την παραγωγή τους μέχρι την καταστροφή τους, μέσω μιας εθελοντικής υποχρέωσης.

Το κοινό-στόχος είναι επαγγελματίες που χρησιμοποιούν σωλήνες, από κατασκευαστικές εταιρείες και επιχειρήσεις κατεδάφισης μέχρι μεμονωμένους υδραυλικούς. Το συλλεγόμενο υλικό είναι πλαστικοί σωλήνες από PVC, PE ή PP. Γίνονται δεκτοί μόνο σωλήνες καθαροί, χωρίς χημικές επιμολύνσεις.

Υπάρχουν δύο σχέδια συλλογής από την FKS. Για μικρές ποσότητες ένα δίκτυο με container είναι διαθέσιμο σε 57 τοποθεσίες στην Ολλανδία. Η εναπόθεση των πλαστικών σωλήνων γίνεται δωρεάν και είναι 'ανοιχτή' σε όλο το κοινό. Για μεγάλες ποσότητες σωλήνων, όπως σε κατασκευαστικές εταιρείες και εταιρείες κατεδαφίσεων, προσφέρουν ενοικιαζόμενα container.

Το PVC ανακυκλώνεται σε νέους πολυστρωματικούς σωλήνες, δηλαδή ο πυρήνας αποτελείται από το ανακυκλωμένο υλικό, ενώ το εξωτερικό στρώμα από παρθένο PVC. Το λογότυπο της εταιρείας πάνω στους ανακυκλωμένους σωλήνες είναι πιστοποιητικό εγγύησης, πιστοποιεί δηλαδή ότι σέβονται του τεχνικούς ευρωπαϊκούς κανόνες.

Για τους σωλήνες από PVC το κόστος είναι 0,10 €/kg για τη συλλογή, 0,35 €/kg δια διαλογή και ανακύκλωση (παραγωγή νιφάδων) και 0,15 €/kg για τη μετατροπή των νιφάδων σε σκόνη.

- Γαλλία: Από το 1999 στην πόλη Aveyron, λειτουργεί σχέδιο συλλογής για τα πλαστικά φιλμ που χρησιμοποιούνται στη γεωργία. Το τοπικό συνδικάτο γεωργίας είναι υπεύθυνο για το συντονισμό της συλλογής, ενώ η εταιρεία Sopave αναλαμβάνει τη συλλογή και ανακύκλωση του πλαστικού.

Η συλλογή οργανώνεται δυο φορές το χρόνο, Απρίλιο και Οκτώβριο, με διάρκεια δύο ή τρεις εβδομάδες. Το σημείο συλλογής μπορεί να είναι ένας δημόσιος ή ιδιωτικός χώρος. Το πλαστικό φιλμ εκφορτώνεται σε μια πλατφόρμα, έπειτα συμπιέζεται, προκειμένου να μειωθεί ο όγκος για την μεταφορά. Το δημοτικό συμβούλιο δίνει μια επιχορήγηση 38 €/τόνο του συλλεγόμενου φιλμ, η οποία δίνεται απευθείας στην εταιρεία Sopave.

3.2 Διαχωρισμός/Καθαρισμός

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τη μεταφορά του υλικού, που έχει συλλεχθεί με μια από τις προαναφερόμενες μεθόδους συλλογής, στα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ).

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι Διαχωρισμού / Καθαρισμού :

- Το ρεύμα που περιέχει ένα μόνο είδος πλαστικού οδηγείται στα ΚΔΑΥ όπου αφού αφαιρεθούν χειρονακτικά οι μη ανακυκλώσιμες πλαστικές ύλες ('contras') συμπιέζεται και δεματιάζεται σε μπάλες. Στη συνέχεια οι μπάλες οδηγούνται σε εγκαταστάσεις καθαρισμού όπου αλέθονται. Κατόπιν λαμβάνει χώρα απομάκρυνση των πλαστικών και μη πλαστικών προσμίξεων (καπάκια, ετικέτες, βάσεις) ταυτόχρονα με το πλύσιμο των τεμαχιδίων (micro sorting/cleaning). Τέλος τα τεμαχίδια οδηγούνται προς ανακύκλωση αφού γίνει έλεγχος για τα επίπεδα των επιμολύνσεων.

- Το ρεύμα που περιέχει πολλά είδη πλαστικών οδηγείται στα ΚΔΑΥ και αφού αφαιρεθούν χειρονακτικά οι μη ανακυκλώσιμες πλαστικές ύλες ('contras') συμπιέζεται και συσκευάζεται σε μπάλες που περιέχουν διάφορα πολυμερή. Στη συνέχεια οι μπάλες οδηγούνται σε εγκαταστάσεις καθαρισμού όπου γίνεται ένας προκαταρκτικός διαχωρισμός (macro sorting) των πλαστικών στα είδη τους και στη συνέχεια η επεξεργασία συνεχίζεται κατά τα γνωστά.
- Τα ανακυκλώσιμα υλικά (γυαλί, πλαστικά, χαρτί) που προέρχονται από συστήματα περισυλλογής από το δρόμο οδηγούνται στα ΚΔΑΥ όπου γίνεται διαχωρισμός στα είδη τους. Κατόπιν τα ανακυκλώσιμα πλαστικά υλικά υποβάλλονται σε διεργασίες αφαίρεσης των μη ανακυκλώσιμων πλαστικών. Τα ρεύματα πλαστικών που προκύπτουν μπορούν να διοχετευτούν σε εγκαταστάσεις καθαρισμού, είτε με τη μορφή μπαλών (ενός ή πολλών ειδών), είτε υπό τη μορφή τεμαχιδίων και η επεξεργασία συνεχίζει κατά τα γνωστά.

Η μέθοδος Bezner

Μια μέθοδος διαχωρισμού των πλαστικών από τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα απορρίμματα που εφαρμόζεται στα ΚΔΑΥ κυρίως στη Γερμανία είναι η μέθοδος Bezner. Η διεργασία αυτή μπορεί να αποδώσει μεγάλες ποσότητες καθαρών πλαστικών.

Αρχικά το ρεύμα των ανακυκλώσιμων υλικών οδηγείται σε μια σειρά παραπετασμάτων που έχουν κάποια κλίση έτσι ώστε τα βαρύτερα μπουκάλια από γυαλί να πέσουν προς τα κάτω ενώ τα ελαφρύτερα από πλαστικό και μέταλλο, διέρχονται ελεύθερα. Στη συνέχεια σύστημα μαγνητών απομακρύνει τα μεταλλικά κουτιά, τα οποία συνθλίβονται και πακετάρονται για πώληση στους εμπόρους. Τα αλουμινένια κουτιά διαχωρίζονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών δινών, συνθλίβονται και φορτώνονται σε ειδικά οχήματα που θα τα οδηγήσουν στους παραγωγούς αλουμινίου. Το γυαλί διαχωρίζεται ανάλογα με το χρώμα του, συνθλίβεται και πακετάρεται προς παραγωγή νέου γυαλιού.

Στη συνέχεια τα ρεύματα των χοντρικά διαχωρισμένων πλαστικών οδηγούνται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού όπου γίνεται λεπτομερής διαχωρισμός και πλύσιμο. Τα διάφορα στάδια που ακολουθούνται σε μια εγκατάσταση καθαρισμού είναι συνήθως τα εξής :

3.2.1 Μάκρο – Διαχωρισμοί (Macro-sorting)

Ο διαχωρισμός γίνεται σε επίπεδο περιεκτών και υποδιαίρεται συνήθως σε δύο είδη, τον χειρονακτικό και τον μηχανικό διαχωρισμό.

1. Χειρονακτικός διαχωρισμός: Μέχρι πρόσφατα αποτελούσε την πιο δημοφιλή μέθοδο διαχωρισμού, όπου κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό διαχώριζε οπτικά τα πλαστικά στα είδη τους. Η πλαστική συσκευασία διαχωρίζεται είτε από το χρώμα της είτε με την βοήθεια της ανάγνωσης κωδικών που αναγράφονται στις συσκευασίες. Πρόκειται για μέθοδο μειωμένων αποδόσεων με μεγάλα ποσοστά λαθών, και η εφαρμογή της κοστίζει αρκετά ώστε μπορεί να διπλασιάσει ή να τριπλασιάσει τις τιμές πώλησης της πρώτης ύλης.
2. Μηχανικός διαχωρισμός: Εφαρμόζεται μια ποικιλία μεθόδων με σκοπό το διαχωρισμό των πλαστικών μπουκαλιών στα είδη τους :
 - (α) Διαχωρισμός με βάση τη πυκνότητα: Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για τον διαχωρισμό πλαστικών με διαφορές στην πυκνότητα. Είναι γνωστή και με την ονομασία μέθοδος επίπλευσης ή και καταβύθισης / επίπλευσης. Η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στην αξιοποίηση της διαφοράς ειδικού βάρους, δηλαδή τα βαρύτερα καθιζάνουν ενώ τα ελαφρύτερα επιπλέουν. Το σημαντικό πρόβλημα της μεθόδου έγκειται στο ότι δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός υλικών με παρόμοιες πυκνότητες.
 - (β) Ηλεκτρομαγνητικός διαχωρισμός: Πρόκειται για εξειδικευμένη μέθοδο διαχωρισμού που βασίζεται στον εντοπισμό του ατόμου χλωρίου του PVC με ακτίνες X. Ένας ανιχνευτής εντοπίζει τα άτομα χλωρίου μέσω του φθορισμού τους όταν σε αυτά επιδράσουν ακτίνες X. Ο ανιχνευτής μετρά τα εκλυόμενα ποσά ενέργειας και θέτει σε

λειτουργία το σύστημα διαχωρισμού των μπουκαλιών PVC στο μεταφορέα. Πρόβλημα προκύπτει στην περίπτωση πολυμεμβρανωδών συσκευασιών όπου η μία είναι από PVC. Αυτή η μέθοδος μπορεί να συνδυαστεί με τη μέθοδο διαχωρισμού με βάση την πυκνότητα.

- (γ) Διαχωρισμός με φασματοσκοπία NIR (Near Infra-red) : Η μέθοδος αυτή αναλύει και χρησιμοποιεί τις χαρακτηριστικές απορροφήσεις των πλαστικών στο υπέρυθρο φάσμα για να τα διαχωρίσει. Η δέσμη NIR εστιάζεται στην επιφάνεια κάθε μπουκαλιού και η αντανάκλασή της μετριέται και αναλύεται φασματοσκοπικά.
- (δ) Φασματοσκοπία μάζας: Μπορεί να εντοπίσει χρωματισμένα, μολυσμένα ή πλαστικά μπουκάλια με περιεχόμενο, κάνοντας χρήση ακτίνας λέιζερ που θερμαίνει το δείγμα ή ανιχνεύοντας κάποιο γραμμικό κώδικα που δηλώνει το είδος του πλαστικού.
- (ε) Ηλεκτροστατικός διαχωρισμός: Χρησιμοποιείται ένα ηλεκτροστατικό πεδίο. Η μέθοδος στηρίζεται στο ότι τα διάφορα είδη πλαστικών έχουν διαφορετικές διηλεκτρικές σταθερές.

Αμέσως μετά τον μακρο-διαχωρισμό τα πλαστικά αλέθονται σε ειδικούς μύλους και ανεξάρτητα από το σύστημα συλλογής επιδέχονται μικρο-διαχωρισμούς και πλύσιμο.

3.2.2 Μείωση μεγέθους

Η μείωση μεγέθους των τεμαχιδίων του πλαστικού διευκολύνει τη μεταφορά και το ζύγισμα στους χώρους ανάκτησης και εξασφαλίζει την ομοιογένεια της τροφοδοσίας. Γιαυτό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των διεργασιών ανακύκλωσης. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου απαιτείται μείωση μεγέθους έτσι ώστε να ελαττωθεί ο όγκος του υλικού και να ελαχιστοποιηθούν οι δαπάνες μεταφοράς, είτε για να εξασφαλιστεί σταθερή παροχή τροφοδοσίας στον εξωθητή. Τυπικές τεχνικές μείωσης μεγέθους πλαστικών είναι ο τεμαχισμός, η κοκκοποίηση, η κονιοροποίηση, η συσσωμάτωση / αύξηση της πυκνότητας, η σύνθλιψη κ.α.

1. Τεχνικές Τεμαχισμού

(α) Μηχανήματα με Δίσκους Τεμαχισμού

Τα μηχανήματα αυτά διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται συνήθως σε δύο μη συγχρονισμένους ή τέσσερις συγχρονισμένους αντιστρεφόμενους άξονες εξοπλισμένους με δίσκους τεμαχισμού και με δακτυλίους διακένων. Η δράση τεμαχισμού πραγματοποιείται μεταξύ των παρακείμενων δίσκων.

(β) Περιδινώμενα μηχανήματα τεμαχισμού με μαχαίρια (κοκκοποιητές).

Είναι γνωστά και ως μαχαιρόμυλοι ή κοκκοποιητές διασταυρούμενων ψαλιδιών. Το πλαστικό σκάρτο διοχετεύεται στο χώρο κοπής και τεμαχίζεται από τη δράση εναλλασσόμενων περιστρεφόμενων και σταθερών μαχαιριών.

Άλλες γνωστές τεχνικές τεμαχισμού είναι τα περιστρεφόμενα μηχανήματα άλεσης, τα μηχανήματα κοπής σε φέτες και οι κοχλιωτοί κόπτες.

2. Τεχνικές Συσσωμάτωσης / Αύξησης Πυκνότητας

Οι διεργασίες συσσωμάτωσης / αύξησης πυκνότητας δεν αποσκοπούν στο να λιώσουν το σκάρτο πολυμερές, αλλά στο να το μαλακώσουν μέσω αυτοπαραγώμενης θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι ελεγχόμενη συσσωμάτωση των τεμαχιδίων του πλαστικού. Το συσσωμάτωμα μπορεί να αποτελέσει τροφοδοσία εξώθησης τήγματος, που θα έχει τη μορφή κόκκων πολυμερούς. Η συμπίεση της πλαστικής συσκευασίας πραγματοποιείται συνήθως μεταξύ 135 και 140 °C. Η άνοδος της θερμοκρασίας προκύπτει από την παραγόμενη θερμότητα τριβής του πολυμερούς. Είναι σημαντικό να μην προσεγγισθεί η θερμοκρασία τήξης του πολυμερούς διότι, σε αυτή την περίπτωση, η διεργασία σύνθλιψης που ακολουθεί παρουσιάζει αστάθεια. Τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη συσσωμάτωση και σύνθλιψη των σκάρτων πλαστικών είναι:

- Μείωση του αποθηκευτικού χώρου,

- Οικονομική μεταφορά μεγάλου όγκου πλαστικών
- Βελτιωμένες ιδιότητες ροής,
- Αποτελεσματικότερη μέτρηση της ποσότητας τροφοδοσίας,
- Απουσία δημιουργίας, επιβλαβούς για την υγεία, σκόνης κατά τη διεργασία.

Υπάρχουν τρεις κυρίως τρόποι για τη συσσωμάτωση του πλαστικού σκάρτου: με δίσκους συσσωμάτωσης, με συμπίεση και με ανάδευση.

(α) Δίσκοι Συσσωμάτωσης

Το υλικό μετατρέπεται σε ρέοντες κόκκους υψηλής πυκνότητας περνώντας διαμέσου ειδικά σχεδιασμένων δίσκων συσσωμάτωσης. Το προϊόν της διαδικασίας ωθείται προς τις εξωτερικές περιοχές των δίσκων συσσωμάτωσης κατά την περιστροφή τους. Το υψηλής πυκνότητας έμβολο κοκκοποιείται στη συνέχεια με τη βοήθεια κοκκοποιητή καθοδικής φορής.

(β) Συσσωμάτωση με Συμπίεση

Κατά τη συσσωμάτωση με συμπίεση το υλικό συμπιέζεται σε τέτοιο βαθμό που παράγονται συνεκτικές, σταθερές, πελλέτες με συνεχή τρόπο. Στο πρώτο στάδιο, τραχείς κόκκοι υλικού τροφοδοτούνται εντός κατάλληλα διαμορφωμένου καλουπιού υπό την επίδραση εξωτερικής πίεσης. Στο δεύτερο στάδιο μια σειρά κυλίνδρων διατρέχει τη μάζα και τη συμπιέζει, αναγκάζοντάς την να περάσει μέσα από μια σειρά καναλιών που βρίσκονται στον πάτο του καλουπιού. Τελικά το έμβολο κόβεται στην έξοδο με ένα περιστρεφόμενο μηχανήμα κοπής.

(γ) Συσσωμάτωση με Ανάδευση

Κατά τη συσσωμάτωση με ανάδευση το πλαστικό σκάρτο αναδεύεται ζωηρά. Η ανάδευση προκαλεί συσσωμάτωση προς μεγάλης πυκνότητας σωματίδια. Τα σωματίδια δεν προσκολλώνται μεταξύ τους, ως αποτέλεσμα της δράσης κάποιας εξωτερικής μηχανικής πίεσης, αλλά λόγω του υψηλού θερμικού φορτίου που παράγεται από την τριβή του υλικού με τα περιστρεφόμενα μαχαίρια. Η θερμοκρασία του πλαστικού σκάρτου προσεγγίζει έτσι το σημείο τήξης του. Μόλις συμβεί αυτό το υλικό ψύχεται απότομα ερχόμενο σε επαφή με πίδακες ψυχρού νερού. Το νερό εξατμίζεται άμεσα και παράγονται συσσωματώματα με μεγέθη 2-8 mm.

3. Τεχνικές Κονιορτοποίησης

Για τη μετατροπή καθαρού πλαστικού σκάρτου σε λεπτή, ρέουσα, σκόνη χρησιμοποιούνται μεγάλοι μύλοι κονιορτοποίησης. Τα κονιορτοποιημένα προϊόντα χαρακτηρίζονται από :

- Καλά χαρακτηριστικά ροής,
- Ψηλή πυκνότητα,
- Στενό εύρος κατανομής μεγέθους σωματιδίων,
- Ομοιογενή σύσταση.

Τα προκύπτοντα σωματίδια έχουν μέγεθος μικρότερο από 50 μm . Τα πολυμερή που υφίστανται αυτή την επεξεργασία είναι συνήθως οι πολυολεφίνες, τα πολυαμίδια, οι πολυεστέρες, οι πολυουρεθάνες, και το PVC. Η μείωση του μεγέθους των πλαστικών παραγματοποιείται στο χώρο σύγκρουσης με τη φτερωτή ενός ανεμιστήρα, ο οποίος συνδυάζεται με κατάλληλο κόσκινο στη βάση του. Η λεπτότητα των τεμαχιδίων της σκόνης καθορίζεται από το μέγεθος των οπών του κόσκινου. Το κυριότερο μειονέκτημα των τεχνικών κονιορτοποίησης εντοπίζεται στο ότι οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις άκρες των προεξοχών, είναι ικανές να προκαλέσουν μερική ανεπιθύμητη τήξη του πολυμερούς και την προσκόλλησή του σε αυτές. Κατά συνέπεια το επόμενο στάδιο είναι η μείωση της απόδοσης του μηχανήματος.

(α) Μηχανήματα Κονιορτοποίησης με Δίσκους

Τα μηχανήματα αυτά είναι κατάλληλα για πλαστικά ευαίσθητα σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως το PE. Ο συνδυασμός αιχμηρότητας, υψηλών μηχανικών φορτίων, τυρβώδους και σύγκρουσης εντός του λεπτού διακένου μεταξύ δύο δίσκων, κονιορτοποιεί το πλαστικό. Η κονιορτοποίηση διευκολύνεται με την παρουσία οδοντωτών προεξοχών επί των δίσκων. Οι δίσκοι μπορεί και να στερούνται κόσκινου, παρέχοντας έτσι έναν εξαιρετικά σύντομο χρόνο διόγκωσης στα τεμαχίδια. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα κατά την κονιορτοποίηση ευαίσθητων στη θερμοκρασία πολυμερών και συντελεί στην επίτευξη υψηλών αποδόσεων του μηχανήματος. Σε αρκετές περιπτώσεις επιτρέπεται η είσοδος αέρα στο χώρο κονιορτοποίησης προς αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών, συσσωμάτωσης και θερμικής αποδόμησης του πολυμερούς.

(β) Εξώθηση Στερεάς Κατάστασης

Είναι μια συνεχής διεργασία, ενός σταδίου, που μετατρέπει το μετακαταναλωτικό πλαστικό σκάρτο σε ομοιόμορφη σκόνη με κατανομή μεγέθους σωματιδίων 2000-20 μm. Ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται από εξωθητή συστρεφόμενου δίδυμου κοχλία και από σύνολο στοιχείων δημιουργίας διάτμησης, τοποθετημένων κατά μήκος των αξόνων. Η θερμότητα, λόγω διάτμησης, απομακρύνεται από το πολυμερές με εξωτερική ψύξη. Το μυστικό της αποτελεσματικής μείωσης μεγέθους έγκειται στο να βρεθεί ο βέλτιστος συνδυασμός θερμοκρασίας πολυμερούς με όσο το δυνατόν υψηλότερους ρυθμούς διάτμησης. Η μέθοδος είναι πολύ καινούργια και προς το παρόν δεν έχει βρει βιομηχανική εφαρμογή.

(γ) Σφυρόμυλοι

Μια σειρά σφυριών που βρίσκονται τοποθετημένα έκκεντρα ως προς τον κεντρικό άξονα κονιορτοποιεί την εισερχόμενη τροφοδοσία. Πρόκειται για μέθοδο με αρκετά εκτεταμένη εφαρμογή στη βιομηχανία ανακύκλωσης, κυρίως λόγω της σχετικά φθηνής, εύκολα συντηρούμενης και υψηλών αποδόσεων κατασκευής της.

(δ) Κρυογενής Κονιορτοποίηση

Η διεργασία εφαρμόζεται σε δύσκολα στην άλεση πολυμερή που είναι και θερμοευαίσθητα, όπως τα πλαστικοποιημένα φύλλα PVC. Το προς άλεση πλαστικό σκάρτο μεταφέρεται με μεταφορική ζώνη στο χώρο ψύξης όπου και ραντίζεται με υγρό άζωτο (-196 °C). Το παγωμένο και εύθραυστο πολυμερές εισέρχεται στη συνέχεια στο μύλο άλεσης όπου και ραντίζεται με επιπλέον άζωτο αν οι αισθητήρες καταγράφουν αύξηση της θερμοκρασίας κατά την άλεση. Εξαιτίας του υψηλού κόστους του υγρού αζώτου, το τελευταίο ανακυκλώνεται, μέσω κατάλληλης διάταξης. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι λόγω των διαφορετικών θερμοκρασιών μαλάκυνσης που παρουσιάζουν τα πλαστικά, είναι δυνατή η επιλεκτική κονιορτοποίηση του ρεύματος των ανάμικτων πλαστικών.

3.2.3 Μίκρο-διαχωρισμοί (micro-sorting)

Ο διαχωρισμός γίνεται σε επίπεδο μικρών τεμαχιδίων, αφότου τα πλαστικά απορρίμματα έχουν συμπιεστεί και κομματιαστεί. Διαδέχεται συνήθως το μάκρο-διαχωρισμό, οπότε συνδυάζεται και με τον καθαρισμό. Οι μικροδιαχωρισμοί μπορεί να αποτελέσουν και το αρχικό στάδιο διαχωρισμού εφόσον τα ανάμικτα απορρίμματα ληφθούν υπό αλεσμένη μορφή. Πάντως τα αλεσμένα πλαστικά απαιτούν πιο περίπλοκες και δαπανηρές μεθόδους διαχωρισμού από τα μη αλεσμένα.

1. Μέθοδοι διαχωρισμού με βάση την πυκνότητα.

(α) Διαχωρισμό με υδροκυκλώνα: Η συσκευή διαχωρίζει τα πλαστικά κομμάτια διαμέσου ενός φυγόκεντρου πεδίου που προκαλεί εσωτερικό ρεύμα ανοδικής φοράς και παρασύρει τα ελαφρύτερα τεμαχίδια. Ταυτόχρονα ένα εξωτερικό ρεύμα καθοδικής φοράς παρασύρει τα βαρύτερα τεμαχίδια. Οι υπάρχουσες επιμολύνσεις απομακρύνονται με το ρεύμα των βαρύτερων τεμαχιδίων.

(β) Διαχωρισμός με καταβύθιση: Πλαστικά τεμαχίδια με παρόμοιες πυκνότητες διαχωρίζονται σε λουτρό διαχωρισμού με την προσθήκη κροκιδοποιητών.

Και οι δύο αυτοί μέθοδοι διαχωρίζουν πλαστικά παρόμοιων πυκνοτήτων. Οι μέθοδοι εφαρμόζονται για τον διαχωρισμό πλαστικών που είναι δύσκολο να διαχωριστούν με μακρομέθόδους, κυρίως λόγω μικρού μεγέθους, αλλά και για τον καθαρισμό του κύριου όγκου των πλαστικών τεμαχιδίων από τις ξένες προς ανακύκλωση, ύλες.

2. Διαχωρισμός με αφρισμό.

Η μέθοδος εφαρμόζεται για να διαχωρίσει δύο τύπους πλαστικών με παρόμοιες πυκνότητες όπως το PVC και το PET. Συνήθως απαιτείται η προσθήκη ενός επιφανειοδραστικού μέσου πριν τον αφρισμό. Ο τελευταίος δημιουργείται με τη διοχέτευση φυσαλίδων αέρα διαμέσου της υγρής φάσης.

3. Κατάταξη με αέρα.

Αντίθετα ρεύματα αέρος χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση ελαφρών τεμαχιδίων, πλαστικών ετικετών και ινών που έχουν προκύψει κατά την άλεση του υλικού. Όπως συμβαίνει και με τους υδροκυκλώνες, η απόδοση αυτών των διατάξεων είναι συνάρτηση της κατανομής μεγέθους των σωματιδίων και της πυκνότητάς τους. Η αύξησή τους θα ελαττώσει την απόδοση.

3.2.4 Διεργασίες πλύσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο μικρο-διαχωρισμός εφαρμόζεται παράλληλα με διεργασίες πλύσης, που αποσκοπούν στον καθαρισμό και την απομάκρυνση των κολλών που έχουν χρησιμοποιηθεί για τις ετικέτες και τις βάσεις των περιεκτών. Συγκεκριμένα, ζεστό νερό (80 °C), μέσα στο οποίο βρίσκονται διαλυμένα ένα δραστικό μέσο μείωσης της επιφανειακής τάσης και καυστική σόδα, διαβρέχει τα τεμαχίδια για αρκετή ώρα με ταυτόχρονη ανάδευση. Στη συνέχεια τα τεμαχίδια ξεπλένονται με καθαρό νερό για την απομάκρυνση της καυστικής ουσίας και των προσμίξεων (κόλλες, άλλα πλαστικά). Το ζεστό διάλυμα της βάσης αποσκοπεί και στην ελάττωση των μικροβιολογικών επιμολύνσεων, για αυτό οι συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που επικρατούν πρέπει να είναι ισχυρότερες από αυτές ενός κλιβάνου αποστείρωσης.

3.2.5 Έλεγχος ποιότητας

Το τελικό στάδιο σε μια εγκατάσταση διαχωρισμού / καθαρισμού πλαστικών είναι ο έλεγχος ποιότητας ώστε να εξακριβωθεί η καθαρότητα των τεμαχιδίων, με βάση τις οριζόμενες προδιαγραφές. Συγκεκριμένα ελέγχεται η παρουσία επιμολυντών όπως :

- Άλλα πλαστικά, διαφορετικά του πολυμερούς που μας ενδιαφέρει.
- Χρωματισμένα πλαστικά τεμαχίδια του πολυμερούς που μας ενδιαφέρει.
- Ίνες χαρτιού.
- Αλουμίνιο.
- Ξύλο και γυαλί.
- Μικρόβια και τοξικές ουσίες.
- Κόλλες.
- Υγρασία.

Ο εντοπισμός του αλουμινίου γίνεται με τη χρήση ανιχνευτών. Συνήθως τα ποσοστά επιμολύνσεων, μετά από ένα σωστό καθαρισμό, κυμαίνονται σε επίπεδα μικρότερα του 1%. Η δυσκολία έγκειται στην ελαχιστοποίηση των επιπέδων αυτών.

Πολυμερές	Αποθήκευση
PET	6 μήνες
HDPE	1 μήνα
PVC	6 μήνες
LDPE	1 μήνα
PP	1 μήνα
PS	6 μήνες

Πίνακας 3.6: Δυνατότητα αποθήκευσης πολυμερών (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)

3.3 Αποθήκευση πλαστικών αποβλήτων μετά τη διαλογή

Η βροχή δεν έχει επιπτώσεις στην ποιότητα των πλαστικών. Ωστόσο η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία υποβαθμίζει τη φυσική και χημική δομή τους. Η επίδραση της UV ακτινοβολίας εξαρτάται από το είδος του πολυμερούς. Εάν τα πλαστικά πρέπει να αποθηκευτούν σε εξωτερικό χώρο, θα πρέπει να καλλύπτονται για να προστατευτούν από την ακτινοβολία. Για την αποφυγή μολύνσεων από σκόνη και ρύπους, τα πλαστικά πρέπει να αποθηκευτούν σε καθαρό πάτωμα. Επίσης η αποθήκευση του υλικού σε παλέτες μπορεί να μειώσει τις επιμολύνσεις. Στον πίνακα 3.6 παρουσιάζεται για κάθε πολυμερές η δυνατότητα αποθήκευσής του σε εξωτερικό, απροστάτευτο χώρο.

Όταν τα πλαστικά αποθηκεύονται σε εσωτερικό χώρο, πρέπει να εγκατασταθούν συστήματα πυρασφάλειας και πρόληψης. Τα πλαστικά είναι εύφλεκτα και ενώ συσκευασμένα είναι δύσκολο να αναφλεχτούν, είναι πολύ πιο εύκολο για τα μη συσκευασμένα. Όπως γίνεται καταννοητό, αυτά τα συστήματα πρέπει να ενσωματωθούν κατά τον σχεδιασμό των χώρων αποθήκευσης.

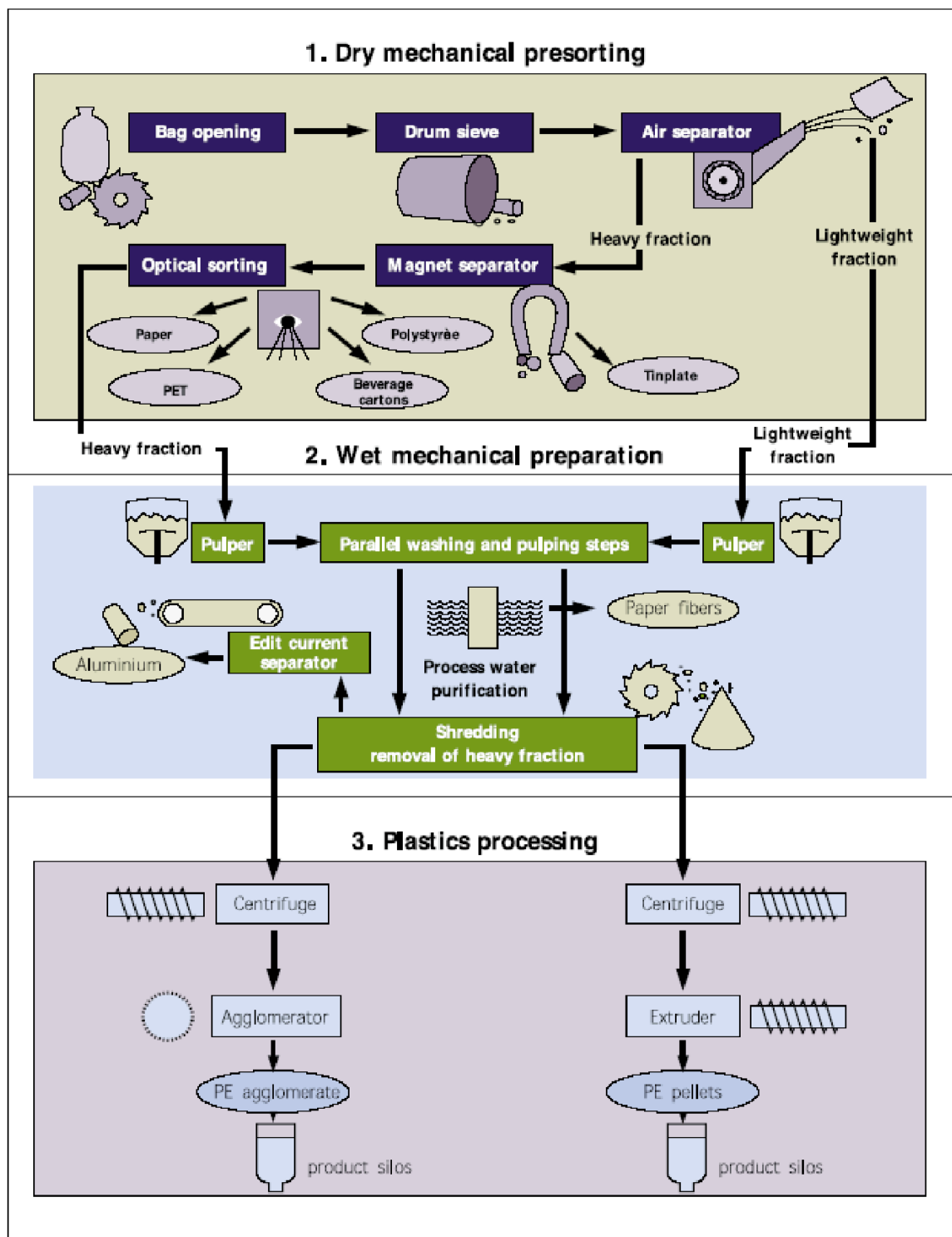
3.4 Παράδειγμα: Πλήρως αυτοματοποιημένο εργοστάσιο διαλογής (Γερμανία)

Στο Σχήμα 3.3 παρουσιάζεται ένα πλήρως αυτοματοποιημένο εργοστάσιο διαλογής που λειτουργεί στη Γερμανία.

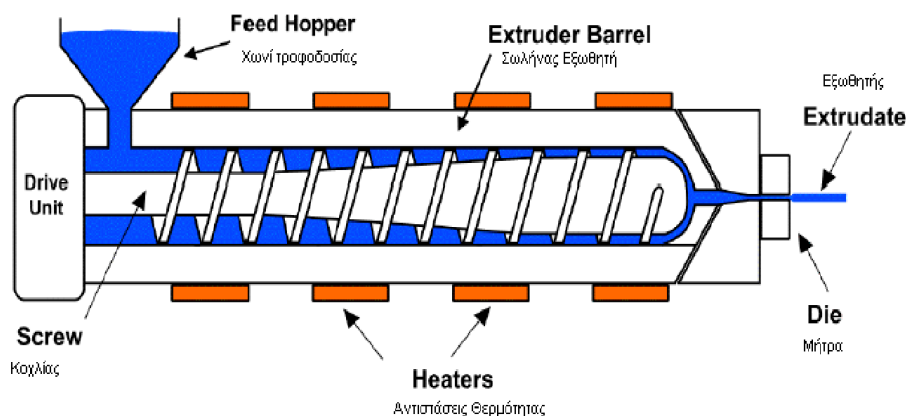
Ο πρώτος διαχωρισμός επιτυγχάνεται με αέρα. Με αυτό τον τρόπο διαχωρίζονται τα βαρύτερα από τα ελαφρύτερα υλικά. Το βαρύτερο κλάσμα περνάει από σύστημα μαγνητών, όπου κατακρατούνται τα μεταλλικά αντικείμενα. Στη συνέχεια το ρεύμα διαχωρίζεται με φασματοσκοπία, η οποία μπορεί να προσδιορίσει μέχρι δέκα διαφορετικές κατηγορίες πλαστικών. Πρόσθετα οπτικά συστήματα μπορούν να ενσωματωθούν εκεί ώστε να διαχωρίζονται τα πλαστικά κατά χρώμα. Έπειτα ακολουθεί το πλύσιμο, ο τεμαχισμός για μείωση του όγκου, μικρο-διαχωρισμός με φυγοκέντριση και τέλος η εξώθηση. Το ελαφρύ κλάσμα περνάει μετά τον αεροδιαχωρισμό για πλύσιμο και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω. Με αυτή την τεχνολογία έχουμε τη δυνατότητα να μειώσουμε το κόστος διαλογής του ελαφρού κλάσματος συσκευασίας μέχρι και 30 % και το κόστος διαλογής και επεξεργασίας μέχρι και 50 %.

Κάποιες προφυλάξεις πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη χρησιμοποίηση αυτοματοποιημένης διαλογής :

- Σε μεγάλη ροή μάζας ενυπάρχει η πιθανότητα λάθους κατά τη διαλογή (το επίπεδο επιμολύνσεων αναμένεται μεταξύ 5 και 10 %) και έτσι ένα σύστημα οπτικού ελέγχου θα ήταν χρήσιμο. Η μελλοντική ανάπτυξη για αυτές τις τεχνολογίες πιθανότατα να αυξήσει την απόδοσή τους.
- Το ρεύμα υλικών που φτάνει στον αυτοματοποιημένο διαλογέα πρέπει να είναι 'ελεύθερο' από επιμολύνσεις, όπως χαρτί, γυαλί και μέταλλο.



Σχήμα 3.3: Παράδειγμα ενός πλήρως αυτοματοποιημένου εργοστάσιου ανακύκλωσης στην Γερμανία (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)



Σχήμα 3.4: Κοχλιωτός εξωθητής (APME, Plastics in Packaging, 2001)

- Η συντήρηση του εξοπλισμού απαιτεί γνώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή και ηλεκτρικών συστημάτων .
- Καθώς απαιτείται ένα μεγάλο κεφάλαιο επένδυσης για το παραπάνω σύστημα, πρέπει να χρησιμοποιείται εντατικά ώστε να είναι οικονομικά βιώσιμο.

3.5 Διεργασίες Πολυμερών

Μια σημαντική ιδιότητα των πλαστικών, που τα καθιστά κατάλληλα για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών συσκευασίας με χαμηλό κόστος, είναι η δυνατότητα να μορφοποιούνται σε διάφορα σχήματα, μικρά, μεγάλα, απλά ή σύνθετα. Τα πλαστικά μαλακώνουν σε υψηλές θερμοκρασίες και τοποθετούνται σε καλούπια ώστε να αποκτήσουν το επιθυμητό σχήμα.

Η πλαστική πρώτη ύλη είναι συνήθως υπό μορφή κόκκων. Το (ανακυκλούμενο) πλαστικό τροφοδοτείται σε κοκκοποιητή που το ομογενοποιεί. Αυτή η προκατεργασία είναι απαραίτητη, διότι υψηλοί λόγοι μήκους προς πάχος πλαστικών τεμαχιδίων μπορούν να προκαλέσουν φράξιμο της χοάνης τροφοδοσίας του εξωθητή. Το πλαστικό υπό αυτή τη μορφή τροφοδοτείται σε εξωθητή ανάκτησης και επαναπλαστικοποιείται.

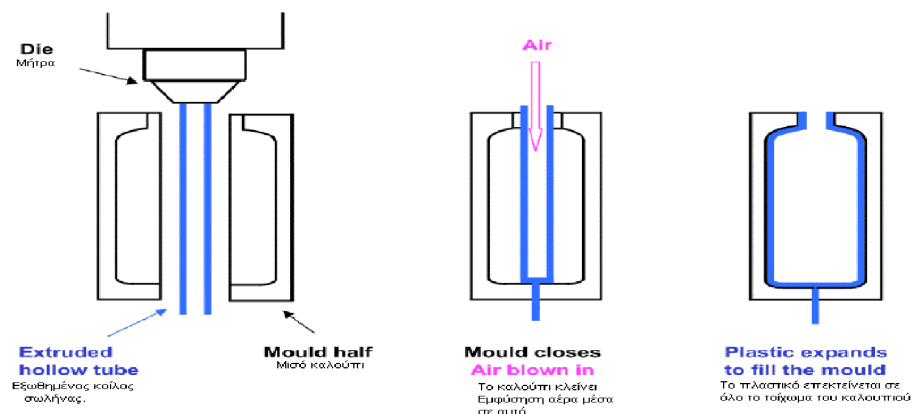
Για την αναβάθμιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος, η προσθήκη του πλαστικού συνοδεύεται και από ρεύμα υγρών προσθέτων, π.χ. πλαστικοποιητές και σταθεροποιητές. Η προσθήκη των σταθεροποιητών εξασφαλίζει αντοχή στο πλαστικό που υφίσταται την κατεργασία, τόσο κατά τη διάρκεια της διεργασίας του, όσο και κατά τη διάρκεια της νέας του ζωής. Οι σταθεροποιητές που χρησιμοποιούνται, συνήθως υπό χαμηλές συγκεντρώσεις, είναι :

- Σταθεροποιητές διεργασίας που εξασφαλίζουν τη σταθερότητα του τήγματος και
- Σταθεροποιητές προστασίας κατά τη χρήση που εξασφαλίζουν σταθερότητα χρώματος και συνοχή της πολυμερικής μάζας.

3.5.1 Τρόποι μορφοποίησης του ανακυκλωμένου υλικού

- Κοχλιωτός εξωθητής (Screw extruder)

Η εξώθηση είναι το πρώτο στάδιο για την κατασκευή πολλών τύπων πλαστικών συνεχών προϊόντων. Το υλικό τροφοδοτείται στο χωνί τροφοδοσίας. Μέσω του χωνιού εισέρχεται στον σωλήνα (χάννη), που φέρει έναν κοχλία. Ο σκοπός του κοχλία εξώθησης είναι να μεταφέρει το υλικό, να το ομογενοποιήσει και να το εξαναγκάσει να διέλθει από ένα φίλτρο και τη μήτρα εκβολής. Έτσι με την περιστροφή του κοχλία το υλικό μεταφέρεται προς την έξοδο του εκβολέα. Κατά τη μεταφορά του, το υλικό τήκεται προς συνεχές



Σχήμα 3.5: Εξώθηση με εμφύσηση (APME, Plastics in Packaging, 2001)

ρευστό. Η θερμότητα για την τήξη του υλικού προσδίδεται από σύστημα θέρμανσης στην κάννη, καθώς και από την ταχεία περιστροφή του κοχλίου (θερμότητα διάτμησης). Το σχήμα της διατομής της μήτρας εκβολής καθορίζει τον τύπο του παραγόμενου προϊόντος. Το έκβολο ψύχεται ώστε να στερεοποιηθεί.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι επιβάλλεται πριν το φιλτράρισμα, το ανακυκλωμένο πλαστικό να έχει καθαριστεί έτσι, ώστε τα επίπεδα της στερεάς επιμόλυνσης να είναι χαμηλότερα του 1% κ.β. για να αποφεύγεται η τακτική συντήρηση του φίλτρου. Επίσης σημαντικό είναι και το είδος του φίλτρου που χρησιμοποιείται, η ταχύτητα περιστροφής του κοχλίου και η επίδραση της θερμοκρασίας. Η ποιότητα του τελικού προϊόντος εξαρτάται από το μέγεθος των διακένων του φίλτρου. Όσο πιο μικρά είναι τα διάκενα τόσο πιο αποτελεσματική θα είναι και η κατακράτηση επιμολύνσεων.

- **Μορφοποίηση με εκβολή και εμφύσηση (extrusion blow moulding)** Στην εξώθηση με εμφύσηση, εξωθείται ένας σωλήνας μέσα σε ένα καλούπι. Τα δύο μισά του καλούπιού κλείνουν και παγιδεύουν τον σωλήνα, αποκόπτοντας τον από τον εκβολέα. Η μια μεριά του σωλήνα κλείνει και από την άλλη γίνεται εμφύσηση αέρα, οπότε το υλικό επεκτείνεται και γεμίζει το τοίχωμα του καλούπιού. Έπειτα η φόρμα ψύχεται και ανοίγει, ώστε να απελευθερώσει το σταθεροποιημένο προϊόν/δοχείο.

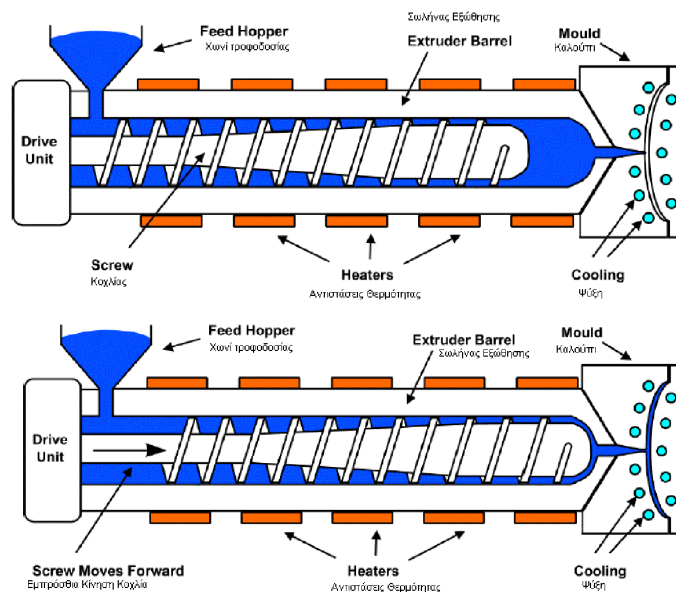
Μια παραλλαγή αυτής της διαδικασίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή πολυστρωματικών δοχείων / μπουκαλιών. Το κάθε πολυμερές για κάθε στρώμα, λιώνει σε ξεχωριστές εξωθητές. Τα τμήματα των πολυμερών συγκεντρώνονται σε μια σύνθετη μήτρα εκβολής και εξωθούνται σαν πολυστρωματικοί σωλήνες. Ακολουθεί η διαδικασία της εμφύσησης που περιγράψαμε παραπάνω.

- **Χύτευση με έγχυση (injection moulding)**

Με αυτή τη μέθοδο παράγονται πολλές μορφές σχημάτων. Η βάση για το μηχάνημα έγχυσης είναι ένας εξωθητής, ο οποίος έχει έναν κοχλία με δυνατότητα εμβολικής (αξονικής) κίνησης μέσα στην κάννη. Στην έξοδο του εξωθητή, μετά την μήτρα εκβολής υπάρχει το καλούπι.

Στο πρώτο στάδιο της διαδικασίας το λιωμένο πλαστικό μετακινείται προς το τέλος του εξωθητή, μέσω της περιστροφής του κοχλίου. Η μονάδα έγχυσης έπειτα μετακινείται προς την θύρα εισόδου του καλούπιού, σπρώχνοντας το λιωμένο πλαστικό εμβολικά να εισέλθει στο καλούπι. Ένα σύστημα ψύξης γύρω από το καλούπι αναγκάζει το πλαστικό να στερεοποιηθεί. Τέλος το καλούπι ανοίγει και το έτοιμο προϊόν εκτινάσσεται.

Ένα εξαιρετικά ευρύ φάσμα προϊόντων μπορούν να μορφοποιηθούν με χύτευση με έγχυση. Αντικείμενα πολύ μικρά, όπως μια μικροσκοπική βαλβίδα, μέχρι μεγάλες παλέτες και κλούβες.



Σχήμα 3.6: Εξώθηση με έγχυση (APME, Plastics in Packaging, 2001)

- Έγχυση και εμφύσηση (injection blow moulding)

Είναι μια εναλλακτική μέθοδος για να φτιάξουμε διαφόρων ειδών δοχεία. Είναι μια διεργασία δύο σταδίων. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η μορφοποίηση ενός προπλάσματος (parison) με χύτευση με έγχυση. Το πρόπλασμα ψύχεται σε τέτοιο βαθμό ώστε να επιτραπεί η διατήρηση του σχήματος κατά τη μεταφορά του σε ένα δεύτερο καλούπι. Σε αυτό το σημείο, αέρας σε υψηλή πίεση προκαλεί την επέκταση του υλικού και το γέμισμα του καλουπιού. Σε σύγκριση με τη μορφοποίηση με εμφύσηση, αυτή η μέθοδος απαιτεί υψηλότερες πιέσεις διότι το υλικό έχει υψηλότερο ιξώδες εξαιτίας της ψύξης του, αλλά παρέχει καλύτερο έλεγχο του πάχους των τοιχωμάτων του δοχείου.

Σε μια παραλλαγή αυτής της διεργασίας (Σχ. 3.7), στο δεύτερο στάδιο, το υλικό, σε συνδυασμό με την εμφύσηση, υφίσταται και εφελκυσμό μέσω μιας γρήγορης μετακίνησης της ράβδου που χρησιμοποιείται για την μεταφορά του από το πρώτο καλούπι. Η συνέπεια αυτής της διπλής δράσης είναι ότι το πλαστικό έχει διαξονικό προσανατολισμό. Αυτό δίνει πρόσθετη αντοχή στα δοχεία, επιτρέποντας λεπτότερα τοιχώματα. Τα περισσότερα από τα μπουκάλια που χρησιμοποιούνται για τα αναψυκτικά παράγονται με αυτό τον τρόπο.

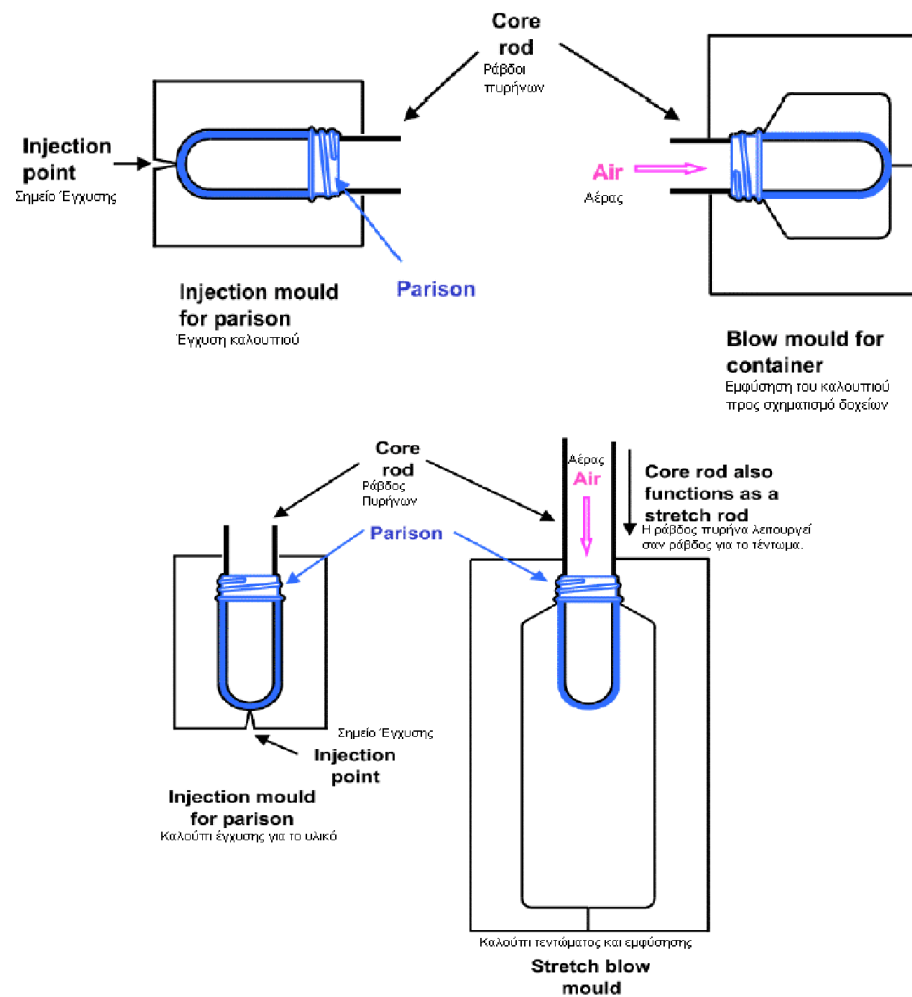
- Μορφοποίηση υπό συμπίεση

Σε αυτή τη διαδικασία το θηλυκό μέρος ενός καλουπιού έχει ένα προ-διαμορφωμένο κενό, το σχήμα του οποίου δίνει το σχήμα του προϊόντος. Η πίεση κατά το κλείσιμο του αρσενικού μέρους του καλουπιού, αναγκάζει το υλικό να γεμίσει τον κενό χώρο. Μια τυπική χρήση αυτής της διεργασίας είναι η κατασκευή πωμάτων από θερμοπλαστικό.

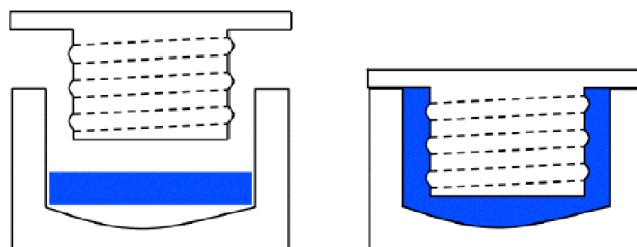
- Θερμομόρφωση

Για την κατασκευή απλών σχημάτων, μικρών ή μεγάλων, η θερμομόρφωση είναι μια εναλλακτική οικονομική λύση. Συγκρίνοντάς τον με τη μορφοποίηση με έγχυση και με εμφύσηση, ο θερμοσχηματισμός απαιτεί χαμηλότερες πιέσεις, έτσι τα μηχανήματα μπορεί να είναι περισσότερο εύκαμπτα και επομένως φθηνότερα στην παραγωγή τους.

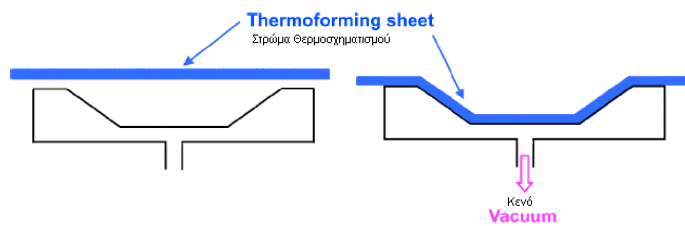
Στη διεργασία θερμομόρφωσης, ένα στρώμα πλαστικού, που έχει παραχθεί από έναν εξωθητή, μαλακώνει με θέρμανση, για παράδειγμα περνώντας μέσα από ένα φούρνο ή με υπέρυθη ακτινοβολία, και έπειτα τοποθετείται στο μισό του καλουπιού. Διαφορετικές τεχνικές είναι διαθέσιμες ώστε να πάρει το σχήμα του καλουπιού. Μία από τις πιο κοινές



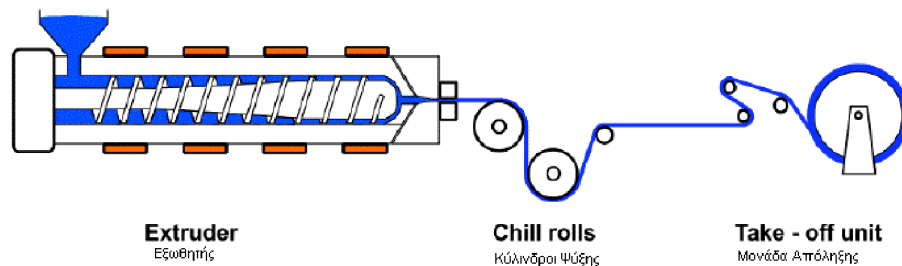
Σχήμα 3.7: Έγχυση με εμφύσηση (APME, Plastics in Packaging, 2001)



Σχήμα 3.8: Μορφοποίηση υπό συμπίεση (APME, Plastics in Packaging, 2001)



Σχήμα 3.9: Θερμομόρφωση με χρήση κενού (APME, Plastics in Packaging, 2001)



Σχήμα 3.10: Χυτό φιλμ (APME, Plastics in Packaging, 2001)

είναι η μορφοποίηση με κενό, όπως παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα. Άλλες τεχνικές θερμομόρφωσης, περιλαμβάνουν πίεση αερίου, ή χρησιμοποιούν τη βαρύτητα ή τις φυγόκεντρες δυνάμεις.

- Χυτό φιλμ

Το φιλμ συσκευασίας μπορεί να παραχθεί με εξώθηση, ακολουθούμενη από κυλίνδρους ψύξης. Η θερμοκρασία των κυλίνδρων είναι ελεγχόμενη, προκειμένου να ψύξει το φιλμ σταδιακά. Ο υπολογισμός των διαστάσεων του φιλμ καθορίζεται από τις διαστάσεις της μήτρας και επίσης από το ρυθμό εξώθησης και απόληξης. Όταν απαιτείται γρηγορότερη ψύξη, το φιλμ περνάει από ένα λουτρό ύδατος.

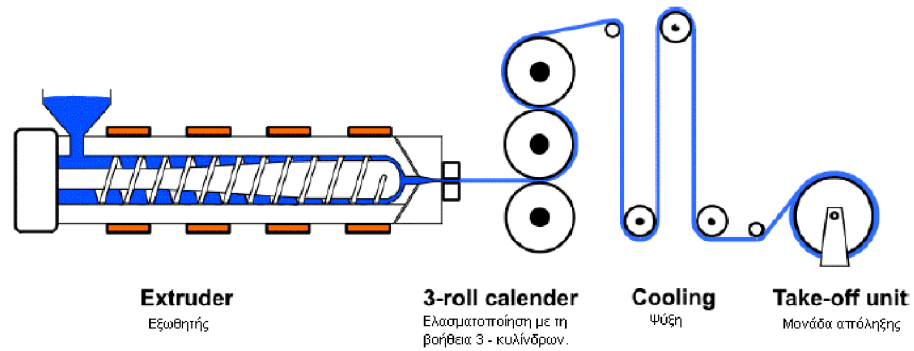
Κατά τη διεργασία παραγωγής, το χυτό φιλμ μπορεί να προσανατολιστεί με εφελκυσμό. Αυτό ενισχύει το φιλμ και βελτιώνει την αντίστασή του, κατά τη διεύθυνση αερίων. Ο προσανατολισμός μπορεί να γίνεται προς μία κατεύθυνση (μονοαξονικός), ή δύο (διαξονικός). Το φιλμ που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τσαντών είναι συνήθως με μονοαξονικό προσανατολισμό, γιατί το μεγαλύτερο φορτίο (βάρος) είναι προς μία κατεύθυνση μόνο.

- Ελασματοποίηση

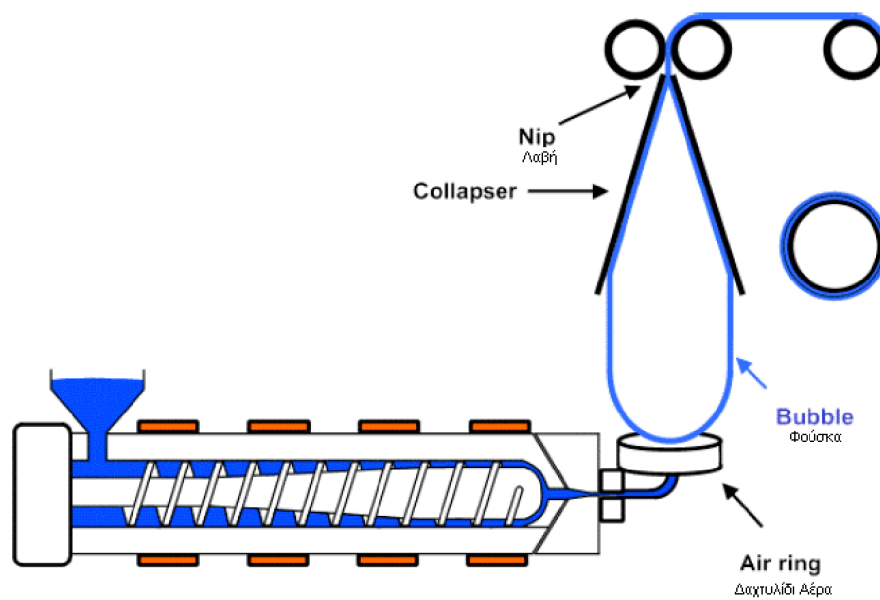
Μια εναλλακτική μέθοδος παραγωγής φιλμ, πραγματοποιείται με το πέρασμα του υλικού από τον εξωθητή, ανάμεσα σε κυλίνδρους. Αντίθετα με τους κυλίνδρους ψύξης, που χρησιμοποιούνται στη διεργασία του χυτού φιλμ, σε αυτή τη διεργασία ακείται πίεση στο υλικό μεταξύ των κυλίνδρων. Αυτό επιτρέπει την εφαρμογή στο υλικό, ειδικών χαρακτηριστικών επιφανείας. Το πάχος στρώματος του υλικού εξαρτάται από το μέγεθος του κενού ανάμεσα στους κυλίνδρους. Η θερμοκρασία των κυλίνδρων ελέγχεται, έτσι ώστε το φιλμ να παραμένει ζεστό, κατά τη διάρκεια της ελασματοποίησης. Η ψύξη πραγματοποιείται στο επόμενο βήμα της διεργασίας.

- Φυσητό φιλμ

Μια διαδεδομένη μέθοδος για παραγωγή φιλμ, είναι η διεργασία της εξώθησης μέσω μιας δακτυλοειδούς μήτρας, παράγοντας με αυτό τον τρόπο υλικό σε σωληνοειδή μορφή. Αέρας διοχετεύεται μέσα στο σωλήνα, αναγκάζοντας το να μετασχηματιστεί σε μια 'φούσκα'



Σχήμα 3.11: Ελασματοποίηση (APME, Plastics in Packaging, 2001)



Σχήμα 3.12: Φυσητό φιλμ (APME, Plastics in Packaging, 2001)

(‘μπαλόνι’). Όταν αυτή η φούσκα ψυχθεί ικανοποιητικά, περνάει ανάμεσα από δυο κύλινδρους, διπλώνει και περιτυλίγεται σε ένα άλλο κύλινδρο. Η διαδικασία της διοχέτευσης αέρα τεντώνει το φιλμ ακτινωτά. Οι κύλινδροι τεντώνουν το φιλμ σε κατακόρυφη κατεύθυνση. Το αποτέλεσμα είναι ένα φιλμ διαξονικού προσανατολισμού, που έχει αυξημένες αντοχές. Πολυστρωματικά φιλμ, που χρησιμοποιούνται συχνά για την συσκευασία τροφίμων, παράγονται με αυτό τον τρόπο.

3.6 Χαρακτηρισμός ποιότητας ανακυκλωμένου υλικού

Οι πιο χαρακτηριστικές ιδιότητες που εξετάζονται είναι :

- Μέτρο ελαστικότητας και αντοχή εφελκυσμού: Πρόκειται για την αντίσταση που εμφανίζει ένα υλικό στον εφελκυσμό.
- Ερπυσμός (%): Οι δοκιμασίες ερπυσμού μετρούν την αύξηση του μήκους ενός υλικού όταν σε αυτό επιδρά μία σταθερή τάση για ένα ορισμένο χρόνο.
- Μέτρο κάμψης: Μετράται η ακαμψία του πλαστικού, προσδιορίζοντας την οριακή δύναμη που απαιτείται για να καμφθεί το δείγμα ενός εξεταζόμενου υλικού.
- Ανθεκτικότητα (toughness): Πρόκειται για τον προσδιορισμό της ενέργειας που απαιτείται για να σπάσει το δείγμα του πολυμερούς.
- Μέγιστη θερμοκρασία χρήσης (HDT).
- Δείκτης ιξώδους (MFI).

Η ολκιμότητα είναι πολύ ευαίσθητη στην επιμόλυνση, ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα. Το μέτρο κάμψης, η HDT και η σκληρότητα είναι καλοί δείκτες του επιπέδου συγκέντρωσης των πλαστικοποιητών. Η ανθεκτικότητα είναι ευαίσθητη στην παρουσία προσμίξεων. Τέλος ο δείκτης ιξώδους υποδεικνύει αν το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διεργασίες μορφοποίησης με έγχυση.

Στη συνέχεια ακολουθεί η ρύθμιση των ιδιοτήτων του υλικού, ανάλογα με την επιθυμητή ποιότητα του τελικού προϊόντος. Οι ιδιότητες που μπορούν να ρυθμιστούν με πρόσθετα είναι :

- Η ανθεκτικότητα : Με προσθήκη κατάλληλου τροποποιητού (π.χ. σφαιρίδια ελαστομερούς).
- Το ιξώδες : Με ανάμιξη πολυμερών του ιδίου είδους αλλά διαφορετικών μοριακών βαρών ή με προσθήκη πλαστικοποιητή.
- Η σκληρότητα : Ελαττώνεται με προσθήκη πλαστικοποιητού, αυξάνεται με προσθήκη μη πλαστικοποιημένου πολυμερούς ή τεμαχιδίων.

3.7 Ενδεικτικό κόστος δευτερογενούς ανακύκλωσης

Ενδεικτικά θα αναφερθεί το κόστος για τέσσερις κύριες δραστηριότητες που αφορούν την ανακύκλωση :

- Συλλογή και διαλογή.
- Μεταφορές.
- Κατεργασία, περιλαμβάνοντας και την προ-επεξεργασία.
- Διάθεση απορριπτόμενων υλικών μετά τη διαλογή.

Η ανακύκλωση μπορεί να φέρει κέρδος από την πώληση των συλλεχθέντων υλικών, αλλά και αποταμίευση χρημάτων από την αποφυγή του κόστους διάθεσης των αποβλήτων. Ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την ισορροπία δαπανών-κέρδους είναι η τιμή αγοράς για το παρθένο υλικό. Με την ισχυρή άνοδο της τιμής του πετρελαίου τα τελευταία χρόνια η τιμή του ανακυκλωμένου πολυμερούς έχει γίνει ανταγωνιστική.

- Κόστος Συλλογής : Κυμαίνεται από 50 €/τόνο μέχρι και 800 €/τόνο.
- Κόστος Διαλογής : Κυμαίνεται από 50 €/τόνο μέχρι και 200 €/τόνο. Βελτιώσεις στην τρέχουσα τεχνολογία και ανάπτυξη καινούργιων αυτοματοποιημένων συστημάτων, θα μειώσουν το κόστος.
- Κόστος μεταφοράς : Είναι άμεσα εξαρτώμενο από τοπικές συνθήκες, αλλά αναφέρεται μεταξύ 27 – 45 €/τόνο.
- Κόστος κατεργασίας : Εξαρτάται από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται.
- Κόστος διάθεσης απορριπτέων αποβλήτων : Εκτιμάται από 10 – 220 €/τόνο, αυξάνεται όσο αυξάνονται οι φόροι διάθεσης και καύσης αποβλήτων.

3.8 Νομικά και οικονομικά μέτρα για την προώθηση της 2γενούς ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων

Η υιοθέτηση και εφαρμογή κάποιων οικονομικών και νομικών μέτρων θα βοηθούσε στην τόνωση της ανάπτυξης των δραστηριοτήτων ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων. Πάντως αυτά τα μέτρα θα πρέπει να είναι δικαιολογήσιμα και να παρακολουθούνται συνεχώς, γιατί σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να οδηγήσουν σε αντίστροφα αποτελέσματα. Π.χ., η αύξηση του κόστους για τη διάθεση των αποβλήτων σε ΧΥΤΑ μέσω φόρων μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των παράνομων χωματερών. Ένας συνδυασμός διαφορετικών μέτρων είναι συχνά περισσότερο αποδοτικός, π.χ. η απαγόρευση της ταφής μπορεί να συνδυαστεί με την επιχορήγηση των δραστηριοτήτων που αφορούν την διαλογή.

1. Ρυθμιστικά μέτρα

Τα ρυθμιστικά μέτρα είναι ισχυρά υποχρεωτικά μέτρα τα οποία επιβάλλονται μέσω νομικών υποχρεώσεων ώστε να επιβάλλουν την προστασία του περιβάλλοντος και να διατηρήσουν την ποιότητά του. Αφορούν περιορισμούς σε δραστηριότητες οι οποίες θεωρούνται καταστρεπτικές για το περιβάλλον. Για να είναι αυτά τα μέτρα επιτυχή, πρέπει να ικανοποιούν έναν κριτήριο.

Το πρώτο κριτήριο είναι ότι θα πρέπει να γίνουν αποδεκτά από το ενδιαφερόμενο κοινό, το οποίο πρέπει να πεισθεί ότι αυτοί οι κανόνες θα οδηγήσουν σε μια καλύτερη ποιότητα ζωής του συνόλου. Η εκπαίδευση και η αυξανόμενη συνειδητοποίηση των πολιτών σε θέματα περιβάλλοντος είναι απαραίτητα.

Το δεύτερο κριτήριο είναι η αποτελεσματικότητα των ελέγχων και της παρακολούθησης των νέων μέτρων. Σε περίπτωση που οι έλεγχοι είναι ανύπαρκτοι, ή η παράβαση των μέτρων σπάνια οδηγεί σε κυρώσεις, ή οι κυρώσεις δεν είναι αξιόπιστες, τα ρυθμιστικά μέτρα δεν θα είναι αποδοτικά.

2. Απαγόρευση της ταφής

Οι οδηγίες ταφής και καύσης επιβάλλουν ελέγχους στην ποσότητα των αποβλήτων που διατίθεται. Κάποιες χώρες έχουν απαγορεύσει τη διάθεση των αποβλήτων με τους συμβατικούς τρόπους και οι παραγωγοί είναι υποχρεωμένοι να βρουν εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης αυτών, π.χ. μέσω επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης. Ωστόσο, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν και να ελεγχθούν αυτοί οι περιορισμοί για τα οικιακά απορρίμματα, ενώ είναι πολύ ευκολότερο για τα εμπορικά και βιομηχανικά απορρίμματα.

3. Υποχρεωτικά περιβαλλοντικά μέτρα ή υποχρεωτικό πλάνο διαχείρισης των απορριμμάτων. Το πλάνο διαχείρισης των απορριμμάτων είναι υποχρεωτικό σε όλες τις χώρες της Ε.Ε. Περιλαμβάνουν και νομικές υποχρεώσεις, αλλά θέτουν και στόχους, όπως η εφαρμογή ενός συγκεκριμένου συστήματος συλλογής ενός συγκεκριμένου τύπου πλαστικού, στόχους ανακύκλωσης, πολιτικές πρόληψης κ.α.
4. Ενίσχυση των περιβαλλοντικών ελέγχων
Η νομοθεσία είναι αποτελεσματική εάν υπάρχει σωστός έλεγχος. Για παράδειγμα, στη Γερμανία και στην Ολλανδία υπάρχει παρόμοια νομοθεσία σχετικά με την ταφή των αποβλήτων που προέρχονται από κατασκευές και κατεδαφίσεις, όπου μόνο το κλάσμα των αποβλήτων που δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ή να ανακυκλωθεί μπορεί να οδηγηθεί για ταφή. Παρόλα αυτά, τα διαφορετικά μέτρα ελέγχου που επιβάλλονται από την κάθε χώρα έχουν σαν αποτέλεσμα διαφορετικούς ρυθμούς ανακύκλωσης.
5. Οικονομικά μέτρα
Τα οικονομικά μέτρα είναι ευκολότερα στην εφαρμογή τους από ότι τα νομοθετικά μέτρα, ωστόσο μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικά στην αλλαγή συμπεριφοράς. Ουσιαστικά παρέχουν ένα οικονομικό κίνητρο ώστε να αλλάξουν οι υπάρχουσες τεχνικές διαχείρισης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της αύξησης του κόστους των παραδοσιακών μεθόδων ή μέσω της χρηματοδότησης δραστηριοτήτων όπως η συλλογή και ανακύκλωση, έτσι ώστε να γίνουν αυτές οι διαδικασίες οικονομικά ελκυστικότερες.
6. Κόστος ταφής ή φόροι
Το κόστος των διαφορετικών τρόπων διάθεσης των αποβλήτων έχουν μια ιδιαίτερη επίδραση στην ανακύκλωση σε αυτά τα απόβλητα των οποίων η πώληση των υλικών δεν καλύπτει το κόστος της συλλογής και της διαλογής. Το κόστος της ταφής και της καύσης έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια.
7. Επιχορηγήσεις για τη συλλογή και διαλογή
Οι επιχορηγήσεις είναι ένα αμφισβητούμενο μέτρο. Μερικοί υποστηρίζουν ότι είναι αναγκαίο ώστε να επιτευχθεί οικονομική ισορροπία στην ανακύκλωση, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι ευνοούν τα αντιοικονομικά συστήματα ανακύκλωσης. Η χρήση των επιχορηγήσεων θα πρέπει να εξετάζεται μόνο όταν οι οικονομικές δραστηριότητες, οι οποίες είναι δυνητικά ικανές να παράγουν θετικό ισοζύγιο, απαιτούν προσωρινά επιπρόσθετη υποστήριξη. Διαφορετικά υπάρχει πιθανότητα να διαστρεβλώσουν τους μηχανισμούς κοστολόγησης και να οδηγήσουν σε μια αντι-οικονομική κατανομή των πόρων.
8. Πίστωση φόρου στους παραγωγούς απορριμμάτων
Στην πόλη San Jose (Καλιφόρνια, ΗΠΑ) απαιτείται από τους αναδόχους έργων να προκαταβάλλουν ένα ποσό για τα απορρίμματα της κατασκευής, σαν μέρος της οικοδομικής άδειας. Το ποσό επιστρέφεται στους ανάδοχους του έργου, εφόσον επιδείξουν επιτόπια επαναχρησιμοποίηση των υλικών, ή παρέχουν αποδείξεις για αυτά τα υλικά από κέντρα ανακύκλωσης.
Η επαυξημένη ευθύνη των παραγωγών των πλαστικών υλικών είναι μια αρχή περιβαλλοντικής προστασίας για να επιτευχθεί ο περιβαλλοντικός στόχος της μείωσης της συνολικής επίδρασης ενός προϊόντος στο περιβάλλον. Με αυτό τον τρόπο παίρνουν οι κατασκευαστές του προϊόντος της ευθύνη για ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος και ιδιαίτερα για την επιστροφή, ανακύκλωση και την τελική διάθεση του ανακυκλωμένου προϊόντος.
9. Εθελοντική δράση
Μια εθελοντική συμφωνία είναι μια εθελοντική δράση που αναπτύσσεται από κοινωνικό-οικονομικές ομάδες ώστε να αντιμετωπίσουν διάφορα προβλήματα. Μια εθελοντική συμφωνία μπορεί να είναι μια αυθόρμητη πράξη από έναν τομέα χωρίς μορφή πίεσης ή μια αυθόρμητη πράξη με μορφές κοινωνικής ή νομοθετικής πίεσης.

3.9 Προώθηση των ανακυκλώσιμων/ανακυκλωμένων προϊόντων σαν εναλλακτικά αλλά ισοδύναμα προϊόντα

Εκτός από τις συμβατικές μεθόδους προώθησης στην αγορά μέσω της διαφήμισης και των φυλλαδίων, υπάρχουν πολλές ευκαιρίες μέσω των οποίων οι τοπικές και περιφερειακές αρχές μπορούν να προωθήσουν και να αναπτύξουν τις τοπικές αγορές ανακυκλωμένων πλαστικών.

- Ανάπτυξη συνεργασίας με τον ιδιωτικό τομέα.
- Προώθηση δημιουργίας χώρων αγοράς ανακυκλωμένων πλαστικών.
Μετά τη συλλογή και τη διαλογή των πλαστικών, ακολουθεί η πώληση στους επεξεργαστές. Οι χώροι αγοράς επιτρέπουν να έρθουν σε επαφή πωλητές και αγοραστές. Μερικά περιοδικά περιέχουν πληροφορίες για τις τάσεις της αγοράς και για τους πιθανούς αγοραστές ή δίνουν τις τρέχουσες τιμές της αγοράς. Οι ανακυκλωτές πλαστικών στην Ευρώπη (EuPR) χρειάζονται να έρθουν σε επαφή με τους πωλητές και τους αγοραστές των προϊόντων διαλογής, για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία οργανωμένων χώρων συνάντησης.
- Λειτουργία εκθέσεων για κατασκευαστές προϊόντων από ανακυκλωμένα υλικά.
- Ανάπτυξη μιας «πράσινης» πολιτικής.
Οι επενδύσεις των δημόσιων φορέων μπορεί να έχουν ιδιαίτερο αντίκτυπο στην ανάπτυξη δευτεροβάθμιων αγορών, ειδικά στην περίπτωση των ανακυκλωμένων πλαστικών όπου οι αγορές είναι υπό ανάπτυξη. Οι τοπικές και περιφερειακές αρχές έχουν υποχρέωση και ένα κεκτημένο δικαίωμα στην ενσωμάτωση της αγοράς των ανακυκλωμένων προϊόντων στον ετήσιο προϋπολογισμό τους. Με την υιοθέτηση τέτοιων πολιτικών είναι σε θέση να προβάλλουν την περιβαλλοντική συνείδηση και να καταδείξουν στην τοπική βιομηχανία και εμπόριο πώς τα ανακυκλώσιμα προϊόντα μπορούν να είναι οικονομικά βιώσιμα.

Στις ΗΠΑ, π.χ., για να εφαρμοστεί μια πράσινη πολιτική αγοράς, η EPA (Environmental Protection Agency) δημοσιεύει καταλόγους διαφόρων αγαθών που περιέχουν ανακτημένα πλαστικά, τα οποία μπορούν να αγοραστούν από δημόσιους φορείς. Μερικά από αυτά είναι κατασκευαστικά προϊόντα, όπως κεραμίδια, πλαστική ανακτημένη ξυλεία, σωλήνες, προϊόντα οδοποιίας, όπως οδοφράγματα, κώνοι κυκλοφορίας και σήματα, προϊόντα πάρκων και χώρων αναψυχής, όπως παγκάκια, τραπέζια και δάπεδα παιδικών χαρών, προϊόντα γραφείου, πλαστικές τσάντες, σύνδεσμοι, κάδοι απορριμμάτων και πολλά άλλα.

3.10 Ανακύκλωση πλαστικών & βιώσιμη ανάπτυξη

Η ανακύκλωση των πλαστικών αποβλήτων μπορεί να έχει μια θετική συμβολή σε μια πολιτική βιώσιμης ανάπτυξης της κοινωνίας, ενσωματώνοντας περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές πτυχές, μέσα σε ένα πλαίσιο αποτελεσματικών νομοθετικών μέτρων. Η συνέχιση της προόδου στις τεχνολογίες διαλογής και επεξεργασίας αυξάνει τη δυνατότητα πρόσβασης στην ανακύκλωση πολλών ειδών απορριμμάτων. Μεγαλύτερη γκάμα υλικών γίνεται αποδεκτή τώρα για την ανακύκλωση, ενώ οι εξελίξεις στα συστήματα συλλογής και διαλογής συνεχίζουν να αυξάνουν την ποιότητα του ανακυκλωμένου προϊόντος. Πρακτικές που δεν είναι τεχνικά ή οικονομικά βιώσιμες ακόμα μπορεί να γίνουν στο μέλλον.

3.10.1 Περιβαλλοντικές πτυχές

Η ανακύκλωση των πλαστικών απορριμμάτων μπορεί να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τοπικά, περιφερειακά, εθνικά και παγκοσμίως μέσω :

- Αποφυγής απώλειας πόρων
- Μειώνοντας τις ανάγκες για καινούργιες εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων
- Περιορίζοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Αποφυγή απώλειας πόρων

Για την κατασκευή πλαστικών χρειάζονται συνήθως μεγάλες ποσότητες πετρελαίου ως πρώτη ύλη, που προσεγγίζουν το 4% της παγκόσμιας κατανάλωσης αργού πετρελαίου. Για κάθε χιλιόγραμμα πλαστικού που παράγεται, απαιτούνται κατά προσέγγιση 2 χιλιόγραμμα αργού πετρελαίου. Ωστόσο το προϊόν μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερο πετρέλαιο από ότι απαιτείται για την παρασκευή του μέσω του μειωμένου κόστους μεταφοράς και της απαιτούμενης ενέργειας για τις διεργασίες παραγωγής του. Με το να αντικατασταθεί η πρώτη ύλη με ανακυκλώσιμο πολυμερές, η κατανάλωση πετρελαίου μειώνεται, ενώ η αποδοτικότητα του πλαστικού στο τέλος της διάρκειας της ζωής του αυξάνεται.

Τα μονομερή για την αρχική παρασκευή του πολυμερούς παράγονται από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο με θερμική διάσπαση. Τα διαδοχικά βήματα για την παραγωγή είναι ενεργοβόρα, απαιτώντας υψηλές θερμοκρασίες και μετέπειτα ψύξη. Το αιθυλένιο χρειάζεται περίπου 20 MJ/kg. Εάν ληφθεί υπόψη, ολόκληρη η διεργασία παραγωγής, από την εξόρυξη της πρώτης ύλης από τη γη, μέχρι το τελικό προϊόν, η ενέργεια που καταναλώνεται κυμαίνεται μεταξύ 60 και 120 GJ/t για τους διάφορους τύπους πλαστικών.

Το μεγάλο όφελος της ανακύκλωσης πλαστικών παραμένει η οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή του πολυμερούς κυμαίνεται μεταξύ 72 - 91% της συνολικής, ανάλογα με το πολυμερές. Αυτό αντιπαραβάλλεται με το 6 - 20% που χρειάζεται για τη μορφοποίηση του, ανάλογα με το προϊόν που παράγεται (π.χ. μπουκάλι, σωλήνας ή φιλμ). Αντίθετα, η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ανακυκλωμένων νιφάδων PET μπορεί να μειωθεί στο 62 - 92% της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή παρθένας ρητίνης.

Μείωση των αναγκών για καινούργιες εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων

Ο καλύτερος τρόπος διαχείρισης των πλαστικών είναι η πρόληψη. Ωστόσο, για τα απορρίμματα που ήδη υπάρχουν, έχει προταθεί μια ιεραρχία για τους τρόπους διαχείρισής τους. Δηλαδή, η ανακύκλωση των υλικών και η επαναχρησιμοποίηση πρέπει να εξετάζονται πριν την ενεργειακή ανάκτηση. Η αυξανόμενη προσοχή στις παραπάνω επιλογές, θα μείωνε αναπόφευκτα την ανάγκη για καινούργιες εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων.

Περιορισμός στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

Λαμβάνοντας υπόψη την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Κυότο και της γενικής επιθυμίας να μειωθεί ο αντίκτυπος της ανθρώπινης κοινωνίας πάνω στο κλίμα, είναι σημαντικό να εξεταστούν οι σφαιρικές περιβαλλοντικές πτυχές της διαχείρισης των αποβλήτων. Σε σύγκριση με τις διαδικασίες παραγωγής παρθένων ρητινών, οι διαδικασίες ανακύκλωσης παράγουν λιγότερο CO₂. Μια μελέτη για την ευρωπαϊκή επιτροπή παρέχει μερικούς αριθμούς για αυτή την αποταμίευση (Πίνακας 3.7).

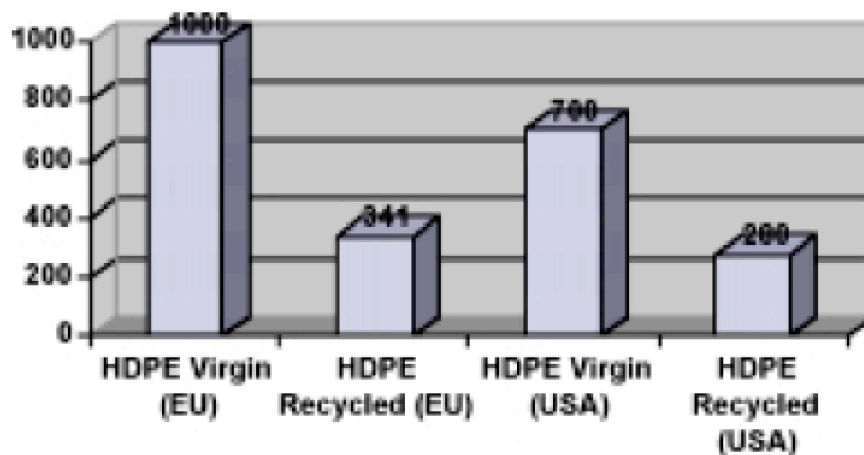
3.10.2 Οικονομικές πτυχές

Δημιουργία θέσεων απασχόλησης

Η ανακύκλωση μπορεί να είναι μια ευκαιρία για τη δημιουργία τοπικών θέσεων εργασίας στη συλλογή, διαλογή, δημόσιες σχέσεις και στη διοίκηση. Η δημιουργία θέσεων εργασίας έχει προφανώς θετικές κοινωνικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με την γερμανική οργάνωση ανάκτησης αποβλήτων συσκευασίας, DSD, δημιουργήθηκαν στη Γερμανία 170.000 θέσεις εργασίας, ή 2 θέσεις εργασίας ανά 1.000 κατοίκους, με τη εισαγωγή συστημάτων συλλογής και διαλογής.

Μείωση του κόστους επεξεργασίας αποβλήτων

Η ανακύκλωση των πλαστικών απορριμμάτων μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους επεξεργασίας αποβλήτων με δύο τρόπους. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, οι ευρωπαϊκές οδηγίες για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά την ταφή και την καύση των απορριμμάτων, οδήγησαν σε μια αύξηση του κόστους διαχείρισης των αποβλήτων



Πίνακας 3.7: Εκπομπές CO₂ για παρθένο και ανακυκλωμένο HDPE. (APME, Good practices guide on waste plastics recycling, a guide by and for local and regional authorities, 2004)

με αυτές τις μεθόδους. Αυτό το κόστος θα αυξηθεί καθώς εισάγονται όλο και πιο αυστηροί έλεγχοι και όσο οι φόροι για την ταφή και την καύση αυξάνονται, τόσο θα οδηγούμαστε στην ανακύκλωση. Το κόστος καύσης κυμαίνεται από 25 (Ισπανία) – 160 (Γερμανία) €/τόνο, ενώ ο μέσος όρος στην Ευρώπη κυμαίνεται στα 75 €/τόνο.

Η επαρχία της Namur στο Βέλγιο, συλλέγει γεωργικά φιλμ μέσω ενός εθελοντικού συστήματος. Η επαρχία πρέπει να πληρώσει στους ανακυκλωτές 60 €/τόνο για το πλύσιμο και τη λείανση των φιλμ που συλλέχθηκαν. Αυτό αντιπαραβάλλεται με το μέσο κόστος για καύση στο Βέλγιο που είναι 83 €/τόνο.

3.10.3 Κοινωνικές πτυχές

Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κοινού Η εισαγωγή των προγραμμάτων ανακύκλωσης θα επιτείνει τη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κοινού. Κατά συνέπεια, ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού παρακινείται ώστε να συμμετάσχει σε αυτά τα προγράμματα. Μπορεί επίσης να υπάρχει μια αυξανόμενη απαίτηση για βελτίωση ή επέκταση των υπηρεσιών και μπορούν να αυξήσουν το συνολικό ποσό συλλεχθέντων υλικών 20 – 30%.

Κεφάλαιο 4

Τριτογενής ανακύκλωση

Η δευτερογενής διεργασία με χρήση της εξώθησης του τήγματος, αλλά και οποιαδήποτε άλλη παραλλαγή δευτερογενούς διεργασίας μετακαταναλωτικών πλαστικών απορριμμάτων, παρέχει ένα αρκετά καλό επίπεδο καθαρισμού των επεξεργαζόμενων υλικών, αφαιρώντας, σχεδόν εξολοκλήρου, κάθε αδιάλυτη επιμόλυνση με τη βοήθεια ειδικού φίλτρου. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το προκύπτον προϊόν υφίσταται στη συνέχεια κάποιο τύπο μορφοποίησης (έγχυσης / εμφύσης κλπ) προς νέα πλαστικά αντικείμενα καλής ποιότητας, συνήθως χαμηλότερης από αυτής του παρθένου υλικού. Π.χ., τα δευτερογενή προϊόντα αποκλείονται από εφαρμογές που θα τα φέρουν σε επαφή με τρόφιμα. Η ανάγκη ύπαρξης κατάλληλης τεχνολογίας ανάκτησης μετακαταναλωτικών πλαστικών, η οποία ταυτόχρονα θα εξασφαλίσει την άριστη ποιότητα των ανακυκλωμένων προϊόντων, οδήγησε στην εξέλιξη του τομέα της τριτογενούς ανακύκλωσης πλαστικών απορριμμάτων.

Η τριτογενής ανακύκλωση περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα διεργασιών, που διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση το είδος του πολυμερούς που ανακυκλώνεται:

- Στη Χημική ανακύκλωση, όπου με τη βοήθεια χημικών αντιδράσεων επιτελείται σχάση των πολυμερικών δεσμών (αποπολυμερισμός). Τα προκύπτοντα μονομερή ή ολιγομερή υφίστανται λεπτομερή καθαρισμό και στη συνέχεια επαναπολυμερισμό προς νέα πολυμερή. Η ανακύκλωση των πλαστικών με χημικές διεργασίες λειτουργεί άριστα με τα πολυμερή που παράγονται με πολυμερισμό συμπύκνωσης (πολυεστέρες, νάυλον και πολυουρεθάνες), αλλά πρόσφατα έχουν μελετηθεί και διεργασίες χημικής ανακύκλωσης πολυμερών πολυμερισμού προσθήκης (π.χ. PVC).
- Στη Θερμική ανακύκλωση, όπου η σχάση των πολυμερικών αλυσίδων επιτελείται μέσω καταλυτικών ή θερμικών μεθόδων, η σημαντικότερη εκ των οποίων είναι η διεργασία της πυρόλυσης. Οι διεργασίες αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται για τη σφοδρότητα των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας και ως εκ τούτου για τον τρόπο με τον οποίο επεμβαίνουν στην πολυμερική δομή. Κρίνονται κατάλληλες για τη μετατροπή πολυμερών προσθήκης (βινυλικά, ακρυλικά, φθοροπλαστικά και πολυολεφίνες) σε πετροχημικά προϊόντα (παράγωγα πετρελαίου).

4.1 Χημική Ανακύκλωση Πλαστικών

Αφού τα πλαστικά συλλεχθούν και διαχωριστούν, διοχετεύονται υπό αλεσμένη και καθαρή μορφή στους χημικούς αντιδραστήρες, όπου λαμβάνουν χώρα οι χημικές αντιδράσεις του αποπολυμερισμού. Είναι σημαντικό η τροφοδοσία να αποτελείται από ένα είδος πολυμερούς και, όπου αυτό είναι εφικτό, η παρτίδα των πλαστικών να έχει το ίδιο ιστορικό. Το τελευταίο συντελεί, σε μεγάλο βαθμό, στον έλεγχο των επιπέδων επιμόλυνσης της τροφοδοσίας.

Η χημική ανακύκλωση εκμεταλλεύεται την, από τη φύση της, αμφίδρομη αντίδραση πολυμερισμού μετατοπίζοντας τη θέση ισορροπίας της προς τη μεριά σχηματισμού μονομερών. Είναι δυνατόν να επιλεγεί από την πολυμερική δομή κάποιο μονομερές ή ολιγομερές με πρόκληση της κατάλληλης αντίδρασης σχάσεως της πολυμερικής αλυσίδας.

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή διεργασία δευτερογενούς ανακύκλωσης οι χημικές διεργασίες ελαχιστοποιούν τη συγκέντρωση ακαθαρσιών, όπως συμπολυμερή, καταλύτες, χρωστικές αλλά και προϋπάρχουσες δομικές ατέλειες των πολυμερικών υλικών. Η χημική ανακύκλωση χρησιμοποιεί κατάλληλες σολβολυτικές αντιδράσεις, που προσδιορίζουν τη φύση των λαμβανόμενων μονομερών. Οι τρεις δημοφιλέστερες σολβολυτικές αντιδράσεις που εφαρμόζονται σήμερα είναι :

- Η μεθανόλυση
- Η υδρόλυση
- Η γλυκόλυση
- Η αμμωνόλυση (ή αμινόλυση).

Εξαιτίας της μεγάλης ποικιλίας των πολυμερών και των διαφορετικών αντιδράσεων – προϊόντων που έχει το κάθε ένα από αυτά, το ενδιαφέρον ως προς τη διεργασία αποπολυμερισμού, θα επικεντρωθεί στην κατεργασία του PET. Οι δύο πιο σημαντικές, από εμπορική άποψη, διεργασίες παραγωγής PET στις ΗΠΑ σχετίζονται είτε με την εφαρμογή της άμεσης εστεροποίησης μορίων τερεφθαλικού οξέως (TPA) με μόρια αιθυλενογλυκόλης (EG), είτε με τη μεθεστεροποίηση των μορίων του διμεθυλοτερεφθαλικού εστέρα (DMT) με μόρια αιθυλενογλυκόλης. Στη συνέχεια ακολουθεί και στις δύο περιπτώσεις, διεργασία πολυσυμπύκνωσης (πολυμερισμός με συμπύκνωση), προς σχηματισμό PET.

Διεργασίες μεθανόλυσης PET

Με τις διεργασίες της μεθανόλυσης αποπολυμερίζονται τα τεμαχίδια του μετακαταναλωτικού PET προς μόρια DMT και EG. Το PET θερμαίνεται υπό πίεση στους 185 °C μέσα σε μεθανόλη και παρουσία καταλύτη για περίπου 3 ώρες. Στον αντιδραστήρα λαμβάνει χώρα αντίστροφη μεθεστεροποίηση προς παραγωγή DMT και EG. Η αντίδραση καταλύεται από οργανικό άλας, που απενεργοποιείται στη συνέχεια με φωσφορικό οξύ ή τριφαινυλο-φωσφορικό άλας προς αποφυγή σχηματισμού ανεπιθύμητων εστέρων (παραπροϊόντων). Στη συνέχεια λαμβάνονται τα μόρια του DMT και υποβάλλονται είτε σε απόσταξη είτε σε επανακρυστάλλωση για καθαρισμό και παραγωγή πολυμερικού DMT. Η EG μπορεί να πουληθεί ως αντιψυκτικό. Αφού λάβει χώρα ο καθαρισμός των μονομερών, αυτά μπορούν να υποβληθούν και πάλι σε διαδικασία πολυμερισμού συμπύκνωσης προς παραγωγή πια τριτογενούς PET.

Διεργασίες υδρόλυσης PET

Οι διεργασίες υδρόλυσης συμβάλλουν στον ολοκληρωτικό αποπολυμερισμό του PET με χρήση νερού, συχνά σε συνδυασμό με ένα όξινο ή βασικό καταλύτη. Το PET υδρολύεται υπό πίεση στους 150-250 °C παρουσία καταλυτών μεθεστεροποίησης προς TA και EG. Όταν η αντίδραση πραγματοποιείται στους 220 °C απαιτούνται για την ολοκλήρωσή της γύρω στις 4 ώρες. Το ακατέργαστο οξύ φιλτράρεται και αποστάζεται με στόχο την απομάκρυνση του νερού και τον καθαρισμό του από την EG (το φιλτραρισμένο προϊόν περιέχει μικρή ποσότητα EG, σε βαθμό που πολλές φορές κρίνεται αντιοικονομική η ανάκτησή της). Εναλλακτικά το PET υδρολύεται σε ατμοσφαιρική πίεση παρουσία ορυκτών οξέων. Με χρήση H_2SO_4 και θερμοκρασία 60-95 °C η αντίδραση επιτελείται μέσα σε λίγα λεπτά. Το λαμβανόμενο TPA απαιτεί στη συνέχεια πολυσταδιακό και χρονοβόρο καθαρισμό για την απομάκρυνση χρωστικών και άλλου είδους ακαθαρσιών. Το γεγονός αυτό καθιστά την υδρόλυση τη λιγότερο δημοφιλή μέθοδο για τον αποπολυμερισμό του PET. Γενικά μόνο η αλκαλική υδρόλυση με υδατικό διάλυμα αμμωνίας μπορεί να δώσει καθαρά προϊόντα.

Διεργασίες γλυκόλυσης PET Οι διεργασίες γλυκόλυσης συμβάλλουν στη σχάση πολυεστερικών αλυσίδων με τυπική διαδοχή 150 μονομερών προς παραγωγή ολιγομερών (διαδοχής 2-10 μονάδων), που επαναπολυμερίζονται εύκολα προς παρθένο πολυεστέρα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το PET αποτελείται από διαδοχικές μονάδες EG και TPA, ενωμένα με εστερικούς δεσμούς.

Από το PET μπορούν να παρασκευασθούν ακόρεστοι πολυεστέρες σε δύο στάδια. Μια γλυκόλη με καταλυτική δράση στο PET αντικαθιστά μέρος της EG με ταυτόχρονη μείωση του μήκους της αλυσίδας. Η αντίδραση λαμβάνει χώρα στους 200-240 °C παρουσία μίγματος τιτανίου, ποτάσας, σόδας, αμμωνίας ή/και ασβεστίου, που καταλύει τη σολβολυτική αντίδραση.

Αν για την κατάλυση της αρχικής σολβολυτικής αντίδρασης χρησιμοποιηθεί EG αντί της PG, τότε η τελική αντίδραση συμπύκνωσης θα δώσει ως προϊόντα bis (2-υδροξυαιθυλο)-τερεφθαλικό εστέρα (BISHET), μαζί με ορισμένα ολιγομερή. Τα σχετικά ποσά BISHET και ολιγομερών που παράγονται εξαρτώνται από την αρχική συγκέντρωση της EG και από τις συνθήκες της αντίδρασης.

Πλεονεκτήματα της χημικής ανακύκλωσης

- Οι διεργασίες γλυκόλυσης μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε μια συμβατική μονάδα παραγωγής PET και ο ανακτημένος BISHET μπορεί να αναμιχθεί με τον παρθένο. Όμως ο κίνδυνος της επιμόλυνσης ελλοχεύει και γι' αυτό συνίσταται εξαιρετική προσοχή ώστε να διασφαλιστεί η σταθερή ποιότητα του ανακτημένου BISHET.
- Οι διεργασίες μεθανόλυσης είναι πιο ανεκτικές σε θέματα τροφοδοσίας PET χαμηλής ποιότητας, από τις διεργασίες γλυκόλυσης. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι πιο εύκολο να καθαριστεί ο ανακτημένος DMT από τον BISHET.
- Τα προϊόντα που προκύπτουν κατά τη μεθανόλυση του PET (αιθυλενο-γλυκόλη και μεθανόλη) είναι εύκολα ανακτήσιμα και εμπορεύσιμα.
- Οι διεργασίες της μεθανόλυσης έχουν τη δυνατότητα να μετατρέψουν χρωματιστά μπουκάλια PET σε DMT και EG, και έτσι να απομακρύνουν τις χρωστικές προς παραγωγή νέου, καθαρού, PET.
- Ο DMT που προέρχεται από τους μετακαταναλωτικούς περιέκτες αναψυκτικών μέσω μεθανόλυσης είναι της ίδιας ποιότητας με τον παρθένο DMT.
- Οι διεργασίες υδρόλυσης ανέχονται PET με επίπεδα επιμολύνσεων που φθάνουν έως και το 40%.

Μειονεκτήματα της χημικής ανακύκλωσης

- Το rPET, εκτός από TA και EG, περιέχει και έναν αριθμό άλλων μονομερών που αυξάνουν τη χημική ετερογένεια του ανακυκλωμένου υλικού.
- Με τα σημερινά δεδομένα, αν δηλαδή το rPET συνεχίζει να είναι ακριβότερο του παρθένου, δεν υπάρχει κανένα οικονομικό κίνητρο ώστε, η χημική ανακύκλωση του PET να βρει ευρεία βιομηχανική εφαρμογή. Αυτό το γεγονός δεν αντισταθμίζεται ούτε από το γεγονός ότι το τριτογενές PET μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεπιφύλακτα σε εφαρμογές που θα το φέρουν σε επαφή με τα τρόφιμα. Οι σχετικές δαπάνες μιας εγκατάστασης χημικής ανακύκλωσης PET εξαρτώνται από το κόστος της πρώτης ύλης, από την πάγια επένδυση και από τη βαθμίδα λειτουργίας της.
- Επειδή η χημική ανακύκλωση του PET δεν έχει κατορθώσει ως σήμερα να επιτύχει ανταγωνιστικές τιμές πώλησης των ενδιάμεσων προϊόντων, ο μόνος λόγος που εφαρμόζεται σήμερα είναι η συμφωνία που υπάρχει με την ισχύουσα νομοθεσία που θέτει 'ελάχιστο ανακυκλωμένο περιεχόμενο' στα νέα προϊόντα.
- Έχει υπολογιστεί ότι για τη διασφάλιση της οικονομικής βιωσιμότητας των εγκαταστάσεων αποπολυμερισμού PET απαιτείται ελάχιστη παραγωγή 5×10^4 tn/περίοδο.

Ειδικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, της κάθε διεργασίας

Γλυκόλυση

- Το μετακαταναλωτικό PET δεν μπορεί να απαλλαχθεί από χρωστικές, διότι η διεργασία επιφέρει μερικό αποπολυμερισμό του ενδιάμεσου BISHET, σε αντίθεση με τη μεθανόλυση.
- Δεν είναι η πιο κατάλληλη μέθοδος για την απομάκρυνση των χαμηλών επιπέδων συμπολυμερών που υπάρχουν στο μετακαταναλωτικό PET.
- Αποτελεί την καταλληλότερη διεργασία ανάκτησης του σκάρτου παραγωγής όταν είναι γενικά απαλλαγμένο από άλλους επιμολυντές. Το μετακαταναλωτικό σκάρτο (αυτό δηλαδή που προέρχεται από νοικοκυριά) έχει υψηλά επίπεδα επιμόλυνσης και απαιτεί δαπανηρές μεθόδους καθαρισμού / διαχωρισμού πριν τη γλυκόλυση. Εξάλλου, το ανακτημένο μονομερές πρέπει να αναμιχθεί με ορισμένη ποσότητα παρθένου μονομερούς πριν τον επαναπολυμερισμό. Γι' αυτό η γλυκόλυση προτιμάται όταν η τροφοδοσία είναι γνωστού ιστορικού και υψηλής ποιότητας.

Μεθανόλυση

- Πρόκειται για δαπανηρή διεργασία, περισσότερο κι από τη γλυκόλυση. Επειδή όμως είναι ανθεκτικότερη στους επιμολυντές, οι σχετικά υψηλές δαπάνες χημικής επεξεργασίας αντισταθμίζονται από τις σχετικά χαμηλές δαπάνες για την αγορά τροφοδοσίας.
- Τα προϊόντα απαρτίζονται από μίγμα γλυκολών, αλκοολών και φθαλικών προϊόντων. Ο διαχωρισμός και ο καθαρισμός τους καθιστούν τις διεργασίες αρκετά δαπανηρές. Επιπλέον του DMT, που είναι το βασικό προϊόν, πρέπει να ανακτηθούν και άλλα προϊόντα όπως μεθανόλη, EG, DEG και CHDM (1,4 κυκλοεξανοδιμεθανόλη) για οικονομική βιωσιμότητα. Επιπρόσθετα χρειάζεται να απορριφθούν με ασφάλεια καταλύτες, χρωστικές και άλλοι επιμολυντές.
- Η ανοχή των διεργασιών στους κάθε φύσης επιμολυντές είναι μεγάλη. Η παρουσία νερού όμως διαταράσσει τις διεργασίες δηλητηριάζοντας τον καταλύτη και σχηματίζοντας διάφορα αζεοτροπικά μείγματα. Επιπλέον των αλλαγών που επιφέρει το νερό στις παραμέτρους διαλυτότητας, καθιστά το διαχωρισμό των προϊόντων της αντίδρασης εξαιρετικά δύσκολο.
- Η πιο μεγάλη δυσκολία κατά τη μεθανόλυση του PET σχετίζεται με την απόκτηση ικανοποιητικών ποσοτήτων μπουκαλιών – πρώτης ύλης, ώστε να διασφαλιστεί το συνεχές των διεργασιών και να αντισταθμιστεί το τεράστιο πάγιο κεφάλαιο που χρειάζεται για την πλήρη εγκατάσταση μιας μονάδας μεθανόλυσης.

Υδρολύση

- Είναι δύσκολο να διαχωριστεί το TPA από το μείγμα της αντίδρασης διότι έχει χαμηλή διαλυτότητα και χαμηλή μερική πίεση ατμού. Προκειμένου να παραχθεί TPA αποδεκτής καθαρότητας, που θα αξιοποιηθεί απευθείας στη σύνθεση νέου PET, πρέπει αυτό να ανακρυσταλλωθεί αρκετές φορές. Η πολλαπλή κρυστάλλωση αυξάνει το κόστος της διεργασίας.
- Οι αντιδράσεις αποπολυμερισμού, με χρήση NaOH , πρέπει να εξουδετερώνονται με ισχυρό οξύ προς σχηματισμό στερεού TPA. Το υπόλειμμα της εξουδετέρωσης παράγεται σε μεγάλες ποσότητες και χρειάζεται να αναζητηθούν τρόποι εμπορικής αξιοποίησης. Τέλος υπάρχει κίνδυνος επιμόλυνσης του πολυμερούς από αλκαλικά, μεταλλικά, ιόντα.
- Το οξύ εξουδετέρωσης διαλύει, μεταξύ των άλλων, το υπάρχον χαρτί και κάποιες χρωστικές προς παραγωγή παραπροϊόντων που διαχωρίζονται δύσκολα.
- Σε σύγκριση με τη γλυκόλυση και τη μεθανόλυση ο υδρολυτικός αποπολυμερισμός του PET είναι αργή διαδικασία.

4.2 Τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας Πλαστικών

Στις διεργασίες αυτής της κατηγορίας, όπως και κατά τη χημική ανακύκλωση, επιτελείται σχηματισμός μικρότερων μορίων με σχάση των πολυμερικών αλυσίδων και με απώτερο στόχο τη χρήση των πλαστικών ως καύσιμα. Οι διεργασίες θερμικής ανακύκλωσης, διακρίνονται για τη σφοδρότητα με την οποία επεμβαίνουν στην πολυμερική δομή, καθώς και για τις δριμύειες συνθήκες λειτουργίας τους. Η πυρόλυση, η υδρογόνωση, η αεριοποίηση και η τεχνολογίες πλάσματος των πολυμερών αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα θερμικής ανάκτησης πλαστικών. Οι διεργασίες κρίνονται κατάλληλες για την κατεργασία πολυμερών προσθήκης, ενώ γενικά η πλαστική τροφοδοσία δεν είναι απαραίτητο να διατίθεται σε καθαρή μορφή.

4.2.1 Πυρόλυση

Η πυρόλυση των πλαστικών απορριμμάτων και των χρησιμοποιημένων ελαστικών αυτοκινητών έχει μελετηθεί σε δεξαμενές τήξης (melting vessels), σε υψικάμινους (blast furnaces), σε αντιδραστήρες εμβολικής ροής (tube reactors), σε περιδινώμενες κάμινους (rotary kilns), σε θαλάμους υψηλών θερμοκρασιών (cooking chambers) και σε αντιδραστήρες ρευστοστερεάς κλίνης (fluidized bed reactors). Η εξελικτική πορεία αυτών των διατάξεων αναδεικνύει τις περιδινώμενες κάμινους και τους αντιδραστήρες ρευστοστερεάς κλίνης ως τις καταλληλότερες διατάξεις πυρόλυσης πλαστικών, λόγω των ικανοποιητικών βαθμών ανάμιξης και μεταφοράς θερμότητας που επιτυγχάνουν.

Η πυρόλυση είναι μια ενδόθερμη διαδικασία. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται ενέργεια υπό μορφή θερμότητας ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Η πυρόλυση είναι μια θερμική υποβάθμιση των προϊόντων που περιέχουν άνθρακα. Η διαδικασία συνήθως πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες της τάξης των 400-800 °C σε μια ατμόσφαιρα όπου το οξυγόνο είτε είναι πολύ περιορισμένο, είτε αποκλείεται, ώστε να εμποδιστεί η καύση. Σε αυτές τις θερμοκρασίες τα στερεά οργανικά υλικά εκπέμπουν αέρια και αποσυντίθενται. Τα προϊόντα της είναι στερεά, υγρά και αέρια, όπου οι ποσότητες αυτών εξαρτώνται από τη μέθοδο της πυρόλυσης και κάποιους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, ρυθμός θέρμανσης, πίεση και χρόνος παραμονής. Παράγονται περισσότερα υγρά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες παράγονται περισσότερα αέρια. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων στον αντιδραστήρα κυμαίνεται από 30 λεπτά έως 1 ώρα.

Γενικά η μέθοδος της πυρόλυσης δεν ενδείκνυται για την ανάκτηση των μονομερών. Η κατεργασία των πολυολεφίνων έδωσε τα ακόλουθα κλάσματα (%κ.β.) :

- Αέριο $\Rightarrow$ 20-90 %
- Πετρέλαιο $\Rightarrow$ 5-45 %
- Τέφρα και πληρωτικά υλικά $\Rightarrow$ 0,2-10 %

Η σύσταση του αερίου είναι μεθάνιο, αιθάνιο, αιθυλένιο, προπυλένιο και βουτένιο. Η ανάκτηση αιθυλενίου και προπυλενίου, μέσω πυρόλυσης των πολυολεφίνων δεν ξεπερνά το 60% κβ. Η υψηλότερη απόδοση σε μονομερή επιτυγχάνεται με τα πολυμερή PS και PMMA, όπου στο πρώτο αντίστοιχα λαμβάνεται 70% στυρένιο σε υγρή μορφή που πρέπει να καθαριστεί με δαπανηρές μεθόδους ώστε να επαναπολυμεριστεί προς PS, ενώ στο δεύτερο λαμβάνεται 97% μονομερές MMA σε καθαρή μορφή.

Η ανύψωση της θερμοκρασίας αυξάνει το ποσοστό του παραγόμενου αερίου. Μια μικρή ανύψωση στους 540 °C αυξάνει την παραγωγή αερίου κατά 42 % σε σχέση με τους 500 °C. Το αέριο αποτελείται από μεθάνιο, αιθένιο, προπένιο, μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα.

Υψηλές αποδόσεις σε πετρέλαιο (έως και 97 %) μπορούν να επιτευχθούν με πυρόλυση σε δεξαμενές τήξης. Την ιδανική τροφοδοσία αποτελούν εδώ οι πολυολεφίνες και το πολυστυρένιο. Τα κυριότερα συστατικά του παραγόμενου πετρελαίου (υγρού προϊόντος) είναι βενζένιο, τολουένιο και ναφθαλένιο. Το πετρέλαιο που προκύπτει έχει σε μεγάλο ποσοστό ακόρεστες ακραίες ομάδες και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται μόνο για θέρμανση. Η θερμική του αξία κυμαίνεται από 10900 έως 11700 Kcal/kg. Στην Ιαπωνία, εφαρμόζεται καταλυτική πυρόλυση που έχει ως τελικό προϊόν τη βενζίνη.

Τροφοδοσία	Θερμοκρασία πυρόλυσης (°C)	Αέριο (%κ.β.)	Πετρέλαιο (%κ.β.)	Υπόλειμμα (%κ.β.)	Άλλα (%κ.β.)
PE	760	55,8	42,4	1,8	-
PP	740	49,6	48,8	1,6	-
PS	580	9,9	24,6	0,6	64,9 S
PE/PP/PS	750	52	46,6	1,4	-
PUR	760	37,9	56,3	0,5	5 H ₂ O & 0,3 HCN
PVC	740	6,8 28,1	8,8	56,3	HCl
PMMA	450	1,25	1,4	0,15C	97,2 MMA
Πλαστικά ΣΔΑ	787	43,6	26,4	25,4	4,6 ₂

Πίνακας 4.1: Πυρόλυση πλαστικών απορριμμάτων σε αντιδραστήρα ρευστοστερεάς κλίνης (Κ. Μπουντίνας, Μ. Λεζκίδου, Ανακύκλωση πλαστικών, 2001)

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η θερμοκρασία και τα προϊόντα πυρόλυσης διαφόρων πλαστικών απορριμμάτων σε αντιδραστήρα ρευστοστερεάς κλίνης. Στο Σχ. 4.1 παρουσιάζεται μια απλή αποτύπωση της διεργασίας της πυρόλυσης με ανάκτηση ενέργειας.

Πλεονεκτήματα πυρόλυσης

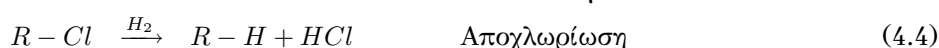
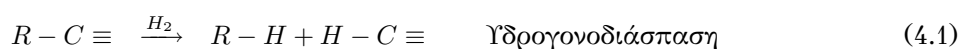
- Χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση
- Διαχείριση διαφόρων τύπων πλαστικών
- Δεν απαιτούνται αντιδραστήρια, ούτε υψηλές πιέσεις
- Όλοι οι ρυπαντές συγκεντρώνονται σε ένα στερεό προϊόν και δεν διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα

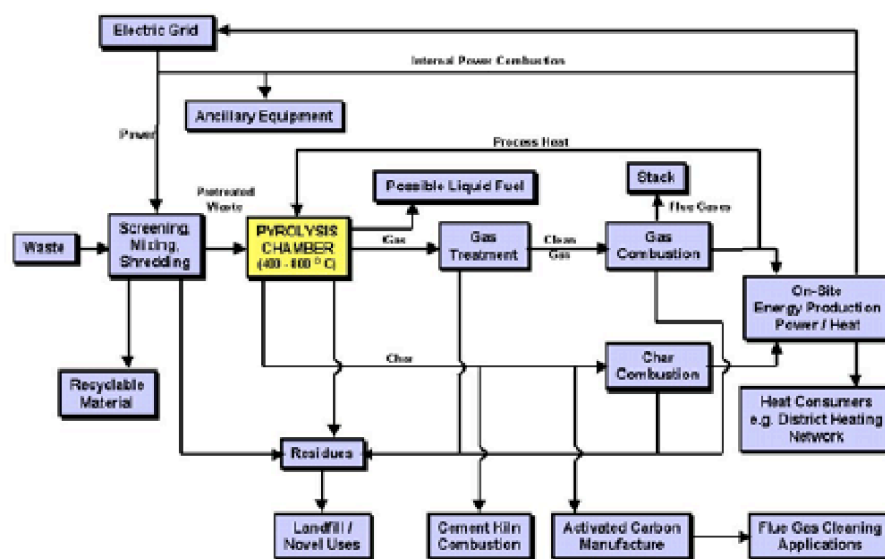
Μειονεκτήματα πυρόλυσης

- Συσσωμάτωση σωματιδίων η οποία φράζει σωληνώσεις και βάνες
- Η περιεκτικότητα σε υγρασία θα πρέπει να είναι μικρή
- Δεν συνίσταται το PET γιατί περιέχει οξυγόνο στην αλυσίδα.

4.2.2 Υδρογόνωση

Η πυρόλυση μελετήθηκε υπό το πρίσμα της ενδεχόμενης πηγής καύσιμου πετρελαίου και πετροχημικών από τα πλαστικά. Παρόλα αυτά, η ποιότητα του πετρελαίου πυρόλυσης συχνά δεν πληρεί τις τιθέμενες προδιαγραφές για τα καύσιμα. Η απουσία ατμόσφαιρας₂ κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης έχει ως συνέπεια, το προκύπτον καύσιμο πετρέλαιο να περιέχει κλάσματα με σχετικά υψηλό σημείο βρασμού, αλλά και συχνά επικίνδυνες για το περιβάλλον θειούχες και χλωριούχες ουσίες. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να παρακαμφθούν όταν η αποδόμηση του πλαστικού γίνεται σε ατμόσφαιρα₂ σε πιέσεις άνω των 100 atm. Πρόκειται για την υδρογόνωση ή υδρογονοδιάρρηξη των πλαστικών. Η διάρρηξη και η υδρογόνωση είναι συμπληρωματικές διεργασίες: η αντίδραση διαρρήξεως είναι ενδόθερμη και η αντίδραση υδρογονώσεως εξώθερμη. Ως εκ τούτου το πλεόνασμα της παραγόμενης θερμότητας μπορεί να απομακρυνθεί με χρήση ψυχρού₂ ως ψυκτικού κατά την αντίδραση. Οι βασικές χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια υδρογόνωσης μιας πολυμερικής ουσίας είναι:





Σχήμα 4.1: Πυρόλυση των αποβλήτων με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας (M.C.O’Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005)

Η μη καταλυτική υδρογόνωση των πλαστικών πραγματοποιείται, παρουσία υδρογόνου, εντός κατάλληλου αντιδραστήρα υπό πιέσεις 150-300 bar και θερμοκρασίες 400-500 °C. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα παραγόμενα αλκάνια αποτελούνται κυρίως από μικρές ανθρακικές αλυσίδες, κυκλοαλκάνια και αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

Σημαντική πρόοδος σε αυτόν τον τομέα έχει επιτελεσθεί στη Γερμανία, όπου δοκιμασίες σε αντιδραστήρα υδρογόνωσης απέδειξαν ότι η ανάμικτη πλαστική τροφοδοσία μπορεί να μετατραπεί σε προϊόν ισοδύναμο με καύσιμο ντίζελ. Από το 1992 λειτουργεί εντός των διυλιστηρίων, εγκατάσταση υδρογόνωσης, η οποία τροφοδοτείται με 1000 kg/h αλεσμένου μίγματος πλαστικών (όπου εμπεριέχεται 10%κβ. PVC), μαζί με 13000 kg/h βαρέος κλάσματος πετρελαίου. Η εγκατάσταση ανακυκλώνει με αυτό τον τρόπο 40.000 m.tn./yr ανάμικτου ρεύματος πολυμερών. Υπό 150-300 bar πίεση και 842-878 °F θερμοκρασία παράγεται μίγμα ανάμικτων υδρογονανθράκων (syncrude) που περιέχει 60 % παραφίνες, 30 % νάφθα, 9 % αρωματικές ενώσεις και 1% ολεφίνες. Μερικά βασικά χαρακτηριστικά της παραπάνω διεργασίας υδρογόνωσης είναι :

- Μέσω της διεργασίας υδρογόνωσης πραγματοποιείται ανάκτηση προϊόντων υψηλής θερμικής αξίας (δηλ. υγρό καύσιμο που προσομοιάζει με βενζίνη ή καύσιμο ντίζελ για ποικίλες χρήσεις).
- Η υδρογόνωση θεωρείται καλύτερη μέθοδος θερμικής ανακύκλωσης πλαστικών από την πυρόλυση και την αεριοποίηση, διότι το παραγόμενο 'syncrude' μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ως τροφοδοσία διυλιστηρίων χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.
- Η υδρογόνωση είναι πολύ ανεκτική στα προβληματικά, για άλλες διεργασίες, ετεροάτομα (Cl, N, O, S) που εντοπίζονται σε μεγάλες ποσότητες στο ρεύμα των ανάμικτων πλαστικών απορριμμάτων.
- Προϊόντα υψηλής τοξικότητας όπως διοξίνες δεν επιβιώνουν, αλλά ούτε και παράγονται από τη διεργασία, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους διαχείρισης των ΣΔΑ (π.χ. καύση)

Το κυριότερο μειονέκτημα της υδρογόνωσης είναι ότι χαρακτηρίζεται από δαπανηρές διεργασίες επεξεργασίας των πλαστικών απορριμμάτων. Το 1993 οι δαπάνες για την υδρογόνωση ήταν 530 \$/tn τροφοδοσίας, γεγονός που την καθιστά από τις ακριβότερες μεθόδους ανακύκλωσης πλαστικών.

Πλεονεκτήματα υδρογόνωσης

- Μετατροπή όλων των ετερο-ατόμων των αποβλήτων σε πολύτιμα προϊόντα διυλιστηρίου
- Παραγωγή προϊόντων υψηλής αξίας.
- Δεν παράγεται τοξικό παραπροϊόν.

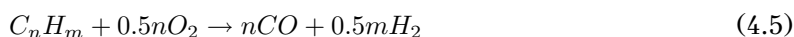
Μειονεκτήματα υδρογόνωσης

- Υψηλό κόστος. Για να είναι οικονομική θα πρέπει να εγκατασταθεί κοντά σε κάποιο διυλιστήριο.

4.2.3 Αεριοποίηση

Η μέθοδος της αεριοποίησης πλεονεκτηεί σε σχέση με την πυρόλυση και την υδρογονωτική διάσπαση στο ότι μπορεί να διαχειριστεί με επιτυχία τα στερεά απορρίμματα, χωρίς να λάβει χώρα κανενός είδους διαλογή.

Η λειτουργία της αεριοποίησης λειτουργεί σε σκληρότερες συνθήκες από την πυρόλυση, αφού οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις λειτουργίας της κυμαίνονται πάνω από 900 °C και 60 bar. Η διεργασία πραγματοποιείται μέσω ελεγχόμενης προσθήκης H_2 . Η βασική αντίδραση αεριοποίησης γίνεται κατά το πρότυπο της εξίσωσης (4.5) :



Το βασικό προϊόν είναι αέριο μίγμα CO και H_2 . Το αέριο μίγμα είναι γνωστό ως 'syngas' και μπορεί να αξιοποιηθεί ως υποκατάστατο του φυσικού αερίου. Ενδιαφέρον είναι όμως το γεγονός ότι αν το 'syngas' διαχωριστεί στα συστατικά του, τότε τα τελευταία μπορούν να αξιοποιηθούν υπό τη μορφή υποκατάστατου καύσιμης ύλης με θερμική ενέργεια διπλάσια ή τριπλάσια αυτής του μίγματος. Το υπόλειμμα της ανόργανης στάχτης δεσμεύεται υπό τη μορφή υαλώδους υποστρώματος, που μπορεί να αξιοποιηθεί περαιτέρω ως συστατικό στην παραγωγή μπετόν και ασβεστοκονιάματος, εξαιτίας της υψηλής αδράνειας και ανθεκτικότητας που εμφανίζει στα οξέα. Το 'syngas' μπορεί να χρησιμοποιηθεί :

- Παραγωγή ευρείας ποικιλίας χημικών και καθαρών καυσίμων χρησιμοποιώντας γνωστές διεργασίες.
- Παροχή υδρογόνου για χρήση σαν χημικό ή σαν καύσιμο σε κελιά καυσίμων.
- Σε πολλές εφαρμογές χρησιμοποιείται απευθείας, μετά τον καθαρισμό του, για την τροφοδότηση μηχανών εσωτερικής καύσης ή τουρμπίνα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

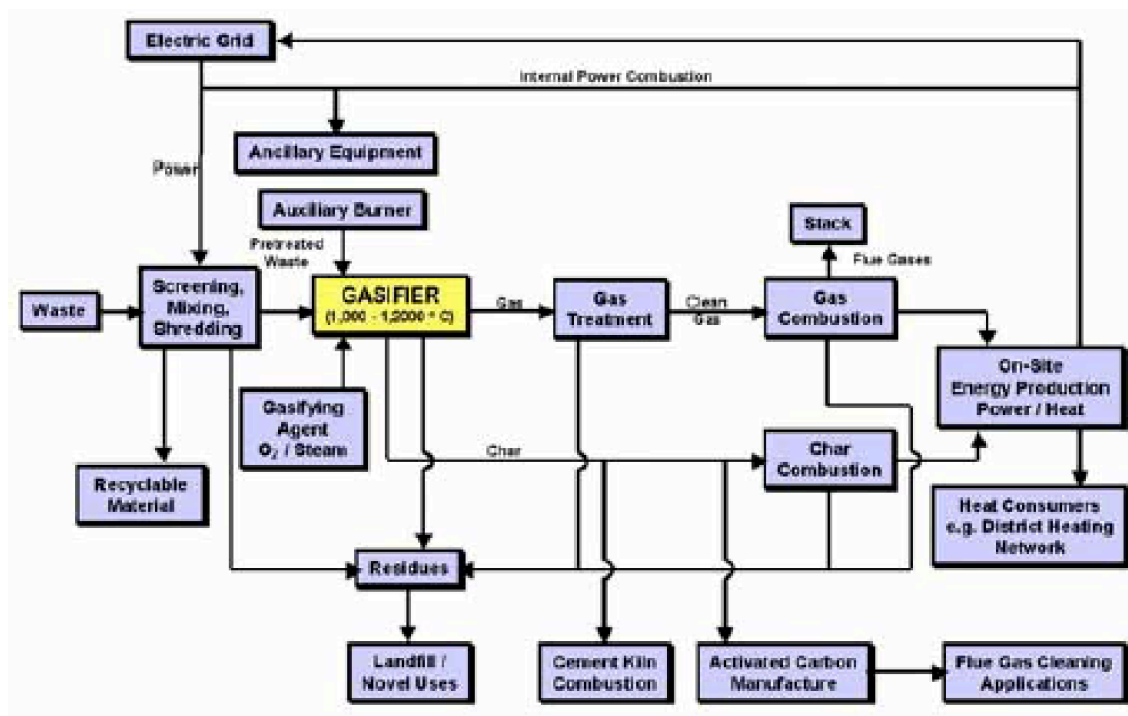
Η αεριοποίηση αποτελεί ελκυστική, από περιβαλλοντική σκοπιά, επιλογή διαχείρισης των ΣΔΑ διότι αποτρέπει το σχηματισμό διοξινών ή αρωματικών ενώσεων.

Το ρεύμα εισόδου της διεργασίας (ΣΔΑ) χαρακτηρίζεται από μέσο ενεργειακό περιεχόμενο γύρω στα 10 MJ/kg και μπορεί να αποδώσει γύρω στα 800-1200Nm³/t 'syngas'. Εν τέλει, η διεργασία καταλήγει σε μείωση του όγκου των εισαχθέντων ΣΔΑ γύρω στο 75 %.

Στο Σχ. 4.2, παρουσιάζεται μια απλή αποτύπωση της διεργασίας της αεριοποίησης με ανάκτηση ενέργειας.

Πλεονεκτήματα αεριοποίησης

- Με μικρές τροποποιήσεις μπορεί να εφαρμοσθεί σε ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις.
- Δεν δημιουργούνται διοξίνες και οργανικές ενώσεις.
- Ενέργεια υπό μορφή αερίου μπορεί να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση



Σχήμα 4.2: Αεριοποίηση των αποβλήτων με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας (M.C.O'Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005)

Μειονεκτήματα αεριοποίησης

- Υψηλό κόστος.
- Χρειάζεται καθαρισμός του παραγόμενου αερίου σύνθεσης.
- Χαμηλή απόδοση ως προς την ανάκτηση ενέργειας.

4.2.4 Τεχνολογίες πλάσματος

Είναι διεργασίες σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες των 10.000 °C) κατά τις οποίες γίνεται επεξεργασία των αποβλήτων. Το πλάσμα δημιουργείται με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε δύο αντίθετα φορτισμένους πόλους και αποτελεί ένα θερμό ιονισμένο αέριο. Η τεχνολογία πλάσματος είναι αεριοποίηση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Στις συνθήκες αυτές καταστρέφονται όλες οι τοξικές ουσίες. Παρόλα αυτά οι τεχνολογίες πλάσματος εκπέμπουν σε μικρές ποσότητες διοξίνες και βαρέα μέταλλα. Επίσης δεν έχουν δοκιμαστεί επί μακρόν σε μεγάλη κλίμακα και έχουν φυσικά πολύ μεγάλο και εξαιρετικά υψηλό λειτουργικό κόστος.

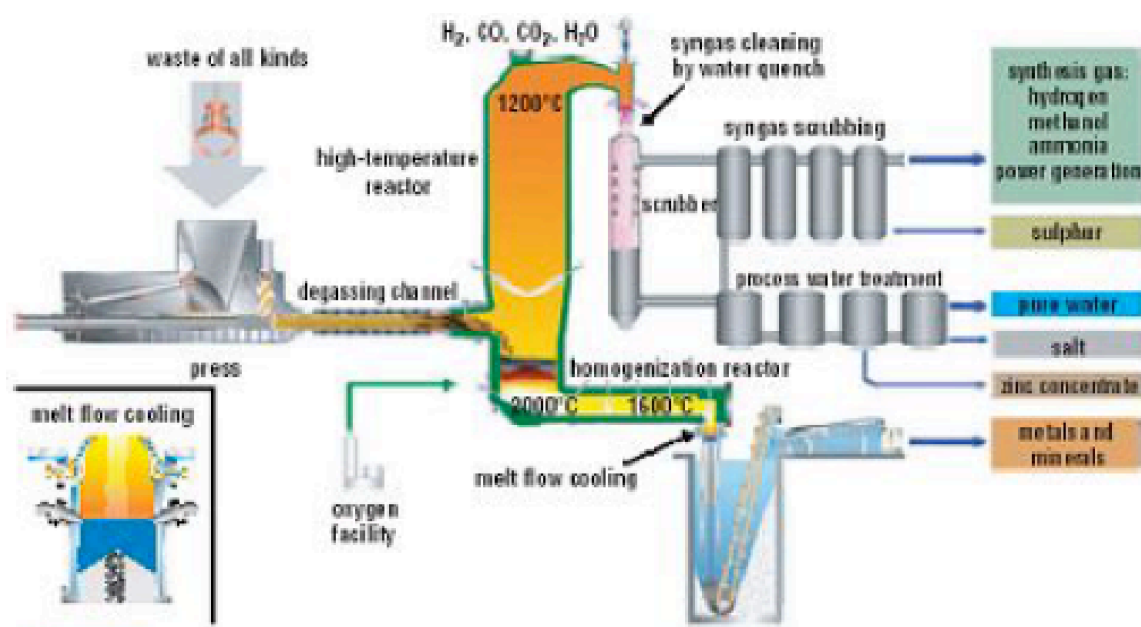
4.2.5 Σύγκριση εναλλακτικών θερμικών διεργασιών

Μια συνοπτική σύγκριση των θερμικών τεχνολογιών υπό ανάπτυξη ή υπό τρέχουσα διαθεσιμότητα για επεξεργασία ΣΔΑ και πλαστικών, παρουσιάζεται στον πίνακα 4.2

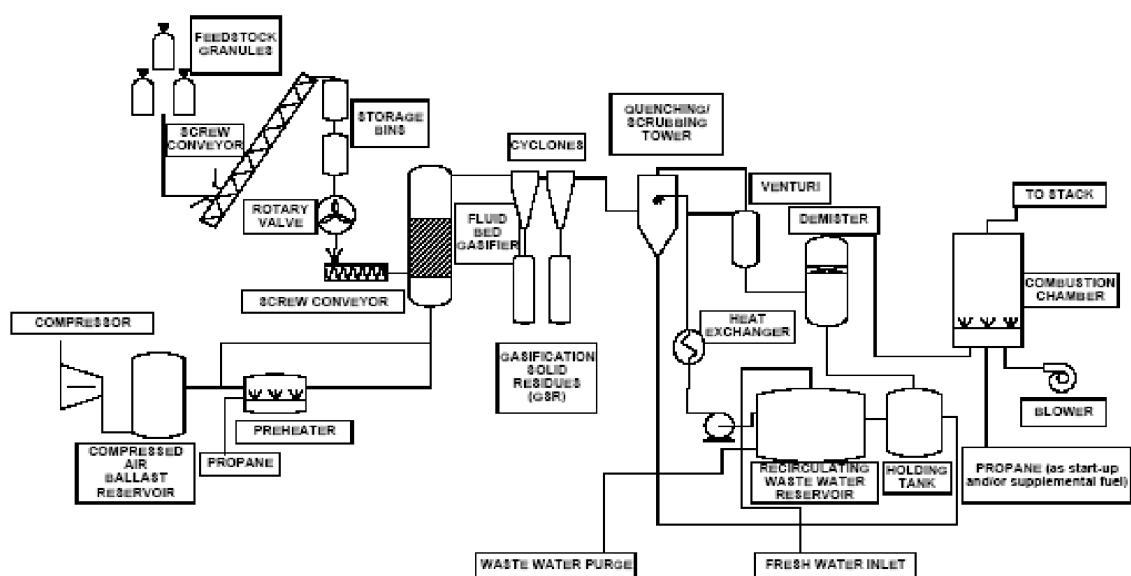
Ακολουθεί ενδεικτική περιγραφή δύο μεθόδων από τον παραπάνω πίνακα, της Thermoselect λόγω της μεγάλης εμπορικής της απήχησης και της Enerkem. Μια πειραματική εγκατάσταση Thermoselect στην Ιταλία, διαχειρίζεται ως και 4,2 m.tn/hr ανάμικτων απορριμμάτων προς παραγωγή 660 Kg αερίου μίγματος (syngas), 220 Kg ανόργανου απορυκτοποιημένου μίγματος (slag), 23 Kg μετάλλων και 18 Kg αλάτων ανά μετρικό τόνο απορριμμάτων.

Προμηθευτής τεχνολ.	Εγκαταστάσεις	Περιγραφή τεχνολ.ς	Λεπτομέρειες
Ebara	Ιαπωνία	Αεριοποίηση ρευστο-στερεάς κλίνης & λιώ-σιμο τέφρας	2x34,300 t/y 2002 5x49,000 t/y 2004
Energos	Νορβηγία	Αεριοποίηση & καύση	Από 10000-70000 t/y Από 1998 - 2002
Energos	Γερμανία	Αεριοποίηση & καύση	37000 t/y 2003
Energos	Γερμανία	Αεριοποίηση & καύση	37000 t/y 2003
Enerkem / Novera	Ισπανία	Αεριοποίηση ρευστο-στερεάς κλίνης	25000 t/y 2002
Enerkem / Novera	Καναδάς	Αεριοποίηση ρευστο-στερεάς κλίνης	1600 t/y πειραματική εγκατάσταση
IET Energy	Πολωνία	Πυρολυτική αεριοποίηση	1750 t/y 2006
IET Energy	Αυστραλία, Κορέα, Ινδονησία, Ταιβάν, Χονγκ-Κονγκ	Πυρολυτική αεριοποίηση	Από 1750-20300 t/y Από 1990 - 2004
Mitsui Babcock	Ιαπωνία	Πυρόλυση & Καύση	120000 t/y 2002
Thermoselect	Γερμανία	Πυρόλυση & Αεριοποίηση	225000 t/y 1998-2002
Thermoselect	Ιαπωνία	Πυρόλυση & Αεριοποίηση	50000 t/y 2003

Πίνακας 4.2: Σύγκριση εναλλακτικών τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων (M.C. O' Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005)



Σχήμα 4.3: Σχηματική παρουσίαση της τεχνολογίας Thermoselect (www.earthscan.co.uk, Thermal treatment options, 2005)



Σχήμα 4.4: Σχηματική παρουσίαση της τεχνολογίας Enerkem. (EPIC, A review of the options for the thermal treatment of plastics, 2004)

Εγκατάσταση Πυρόλυσης / Αεριοποίησης

Δυναμικότητα (tn/yr)	Πάγια επένδυση (€)	Λειτουργικό κόστος (€)
20 000	19.05 εκατομ.	2,560,000 / yr
50 000	43.75 εκατομ.	3,800,000 / yr
100 000	73.20 εκατομ.	6,700,000 / yr
200 000	112.10 εκατομ.	10,400,000 / yr

Πίνακας 4.3: Ενδεικτικό κόστος κεφαλαίου και λειτουργικό κόστος για μια εγκατάσταση Πυρόλυσης & Αεριοποίησης. (M.C.O'Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005).

Το ρεύμα των απορριμμάτων αρχικά συμπιέζεται, αφαιρούνται οι παραγόμενες αναθυμιάσεις (degassing) και πυρολύεται στους 600 °C. Έπειτα, τροφοδοτείται σε θερμαινόμενο αγωγό (gasifier), όπου και τήκεται σε θερμοκρασία 2000 °C. Εκεί τα οργανικά συστατικά μετατρέπονται σε άνθρακα και στη συνέχεια σε αέριο σύνθεσης (syngas). Το αέριο αφού καθαριστεί και συλλεχθεί αναφλέγεται σε αεροτουρμπίνα προς παραγωγή 300 KW ηλεκτρικής ενέργειας. Εναλλακτικά, το αέριο μπορεί να χρησιμεύσει και ως υποκατάστατο υγρών καυσίμων. Όλα τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων μετατρέπονται σε πρώτες ύλες.

Μια πειραματική εγκατάσταση της Enerkem με ικανότητα αεριοποίησης 100 -150 Kgr υλικών την ώρα παρουσιάζεται στο Σχ. 4.4:

Στις πειραματικές συσκευές το 'syngas' καίγεται στο χώρο καύσης (combustion chamber). Σε μεγαλύτερη κλίμακα το 'syngas' θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδότηση μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σαν πηγή χημικών, ενώ το υδρογόνο θα μπορούσε να απομονωθεί και να χρησιμοποιηθεί σε κελιά καυσίμων.

4.2.6 Ενδεικτικό κόστος θερμικών διεργασιών

Το ενδεικτικό πάγιο και λειτουργικό κόστος για μια εγκατάσταση Πυρόλυσης / Αεριοποίησης παρουσιάζεται στον πίνακα 4.3.

Το κόστος πάγιας επένδυσης για μια Thermoselect εγκατάσταση, περιλαμβάνει τους φόρους, την αμοιβή σχεδιασμού και το κόστος γης βασισμένο σε βόρειοευρωπαϊκούς όρους. Το λειτουργικό κόστος περιλαμβάνει το εισόδημα από τις καθαρές πωλήσεις της ενέργειας, το κόστος των χημικών π.χ. οξυγόνο, φυσικό αέριο, ασβεστόλιθος, τη συντήρηση, τη διάθεση των υπολειμμάτων, τις δαπάνες προσωπικού, τα αναλώσιμα τη διοίκηση κ.α. Αποκλείονται από το κόστος τα έξοδα μεταφοράς και το εισόδημα από τις πωλήσεις των υπολειμμάτων / παραπροϊόντων. Μια τέτοια εγκατάσταση, με εκτενή καθαρισμό του αερίου και συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ενέργειας, θα απαιτούσε, ανάλογα με τη δυναμικότητα της εγκατάστασης, 20 – 40 άτομα προσωπικό.

Κεφάλαιο 5

Τεταρτογενής ανακύκλωση

5.1 Καύση με ανάκτηση ενέργειας

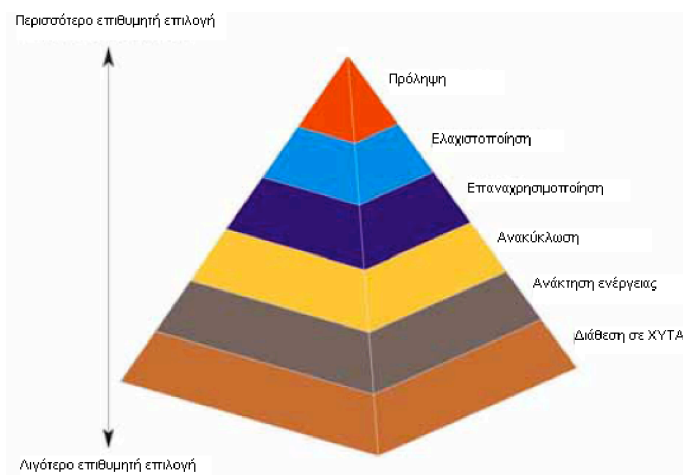
Κατά παρόμοιο τρόπο με τις τριτογενείς θερμικές διεργασίες ανακύκλωσης πλαστικών, ο κλιβανισμός ή καύση, αποτελεί ανεξάρτητη μέθοδο διαχείρισης απορριμμάτων που αξιοποιεί απορρίμματα και άρα τα πλαστικά ως πηγές θερμικής ενέργειας. Αυτή είναι η τεταρτογενής ανακύκλωση. Είναι ένας τρόπος για γρήγορη και άμεση μετατροπή των πλαστικών εντός σύγχρονων εγκαταστάσεων, όπου τα εκπεμπόμενα ποσά δεσμεύονται και αποθηκεύονται, με σκοπό να καλυφθούν ποικίλες ενεργειακές απαιτήσεις μιας ποικιλίας δραστηριοτήτων.

Τα στερεά δημοτικά απόβλητα είναι ένα μίγμα ανόργανων υλικών, όπως μέταλλα και γυαλί και οργανικών, όπως χαρτί και πλαστικό. Με εξαίρεση τα ανόργανα υλικά, όλα τα υπόλοιπα έχουν θερμαντική αξία. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζεται η θερμαντική αξία διαφόρων υλικών, ανάμεσα σε αυτά και των πλαστικών.

Είναι προφανές ότι πολλά από τα κοινά πλαστικά έχουν υψηλή θερμαντική αξία, με τιμές που πλησιάζει κάποιες φορές αυτή του πετρελαίου και αυτό γιατί η χημική τους δομή αποτελείται πρώτιστα από άνθρακα και υδρογόνο. Τα πλαστικά είναι κυρίως παράγωγα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Στις διεργασίες της τεταρτογενούς ανακύκλωσης τα πλαστικά ανακτώνται υπό τη μορφή ποσού ενέργειας (θερμότητα). Πάντως, όπως παρατηρείται και στο σχήμα 5.1, σύμφωνα με την ιεραρχία που έχει επιβάλλει η Ε.Ε, η ανάκτηση ενέργειας ως μορφή διαχείρισης των αποβλήτων, είναι από τις λιγότερο επιθυμητές λύσεις.

Υλικά	Θερμαντική αξία (kJ/kg)
Πετρέλαιο	48,500
Πολυαιθυλένιο	46,500
Πολυπροπυλένιο	45,000
Πολυστυρένιο	41,600
PET	21,600
PVC	19,000
Άνθρακας	27,000
Χαρτί εφημερίδας	17,000
Ξύλο	15,500
Μέσος όρος ΣΔΑ	10,800

Πίνακας 5.1: Θερμαντική αξία υλικών (EPIC, A review of the options for the thermal treatment of plastics, 2004)



Σχήμα 5.1: Η ιεραρχία των μεθόδων στη διαχείριση των απορριμμάτων κατά την Ε.Ε. (Μ.С. О' Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005)

5.1.1 Επισκόπηση της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας πάνω στην θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία των αποβλήτων υπόκειται σε αυστηρές και περιεκτικές νομοθετικές απαιτήσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στην τρέχουσα περίοδο, εκτός από την οδηγία IPPC (96/61/EEC), οι εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας, πρέπει να εμμεύνουν στην πιο πρόσφατη νομοθετική οδηγία για την καύση (2000/76/EC), που αντικαθιστά τις οδηγίες 89/369/EEC, 89/429/EEC και την οδηγία 94/67/EC.

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2000/76/EC στοχεύει να αποτρέψει ή να περιορίσει τις αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον και τους προκύπτοντες κινδύνους της ανθρώπινης υγείας από την μη πλήρη καύση των αποβλήτων και θέτει τις ελάχιστες απαιτήσεις ως προς τις επιτρεπόμενες εκπομπές, την παρακολούθηση και τις συνθήκες λειτουργίας.

5.1.2 Σύγχρονες τεχνικές κλιβανισμού απορριμμάτων

Είναι γεγονός ότι αρκετές χώρες, στις οποίες η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ευρύτερης πολιτικής των κυβερνήσεων τους, αντιμετωπίζουν σοβαρά το πρόβλημα της συρρίκνωσης των χώρων υγειονομικής ταφής. Ο κλιβανισμός εφαρμόζεται ευρέως για τη μετατροπή πλαστικών και άλλων απορριμμάτων σε ενέργεια, και γίνεται εντός εγκαταστάσεων προηγμένης τεχνολογίας που ελαχιστοποιούν το πρόβλημα εκπομπής τοξικών ουσιών στο περιβάλλον.

Σήμερα στην Ε.Ε. ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι αποτεφρωτήρες λειτουργούν σε θερμοκρασίες άνω των 850 °C και επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς καύσης των απορριμμάτων, ικανοποιώντας έτσι τις πρόσφατες οδηγίες για τη σωστή λειτουργία τους. Προς επίτευξη της σωστής λειτουργίας των καυστήρων αξιοποιούνται σύγχρονα συστήματα καθαρισμού απαερίων που περιορίζουν τις εκπομπές επικίνδυνων ατμοσφαιρικών ρυπαντών σε αποδεκτά επίπεδα. Μια σύγχρονη εγκατάσταση κλιβανισμού δύναται να παράγει περισσότερο από 500 KWh ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε τροφοδοτούμενο τόνο ΣΔΑ. Υπολογίζεται πως το 3-4 % της οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορεί να καλυφθεί από την παραγόμενη ενέργεια με την καύση των ΣΔΑ.

Υπό το πρίσμα της τεταρτογενούς ανακύκλωσης τα οικιακά απορρίμματα μπορούν να θεωρηθούν ως μίγμα καυσίμων, μη καυσίμων υλικών και υγρασίας. Έχει διαπιστωθεί ότι για αυτόνομη καύση των απορριμμάτων (χωρίς την προσθήκη βοηθητικού καυσίμου), θα πρέπει η σύστασή τους, όσον αφορά τα τρία παραπάνω συστατικά, να είναι :

- Υγρασία λιγότερη από 50 %.
- Καύσιμα υλικά περισσότερα από 25 %.
- Μη καύσιμα υλικά (π.χ. χώματα, απορρίμματα κήπων κτλ.) λιγότερο από 60 %.

Γενικά η καύση των απορριμμάτων διακρίνεται στην απλή καύση, που δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον διότι δεν αξιοποιείται η παραγόμενη θερμότητα, και στην καύση με ανάκτηση ενέργειας. Η δεύτερη διακρίνεται περαιτέρω στη μαζική αποτέφρωση (mass burn), όπου ο συλλεγόμενος όγκος των απορριμμάτων αναφλέγεται εντός ειδικά κατασκευασμένων καυστήρων, στην καύση ρευστοστερεάς κλίνης και στον κλίβανισμό των καύσιμων υλικών από τα απορρίμματα (RDF). Στην τελευταία περίπτωση τα ΣΔΑ υφίστανται προεπεξεργασία με σκοπό την απομάκρυνση των υλικών που δεν αναφλέγονται και δυσχεραίνουν το έργο της καύσης, όπως μέταλλα και γυαλί.

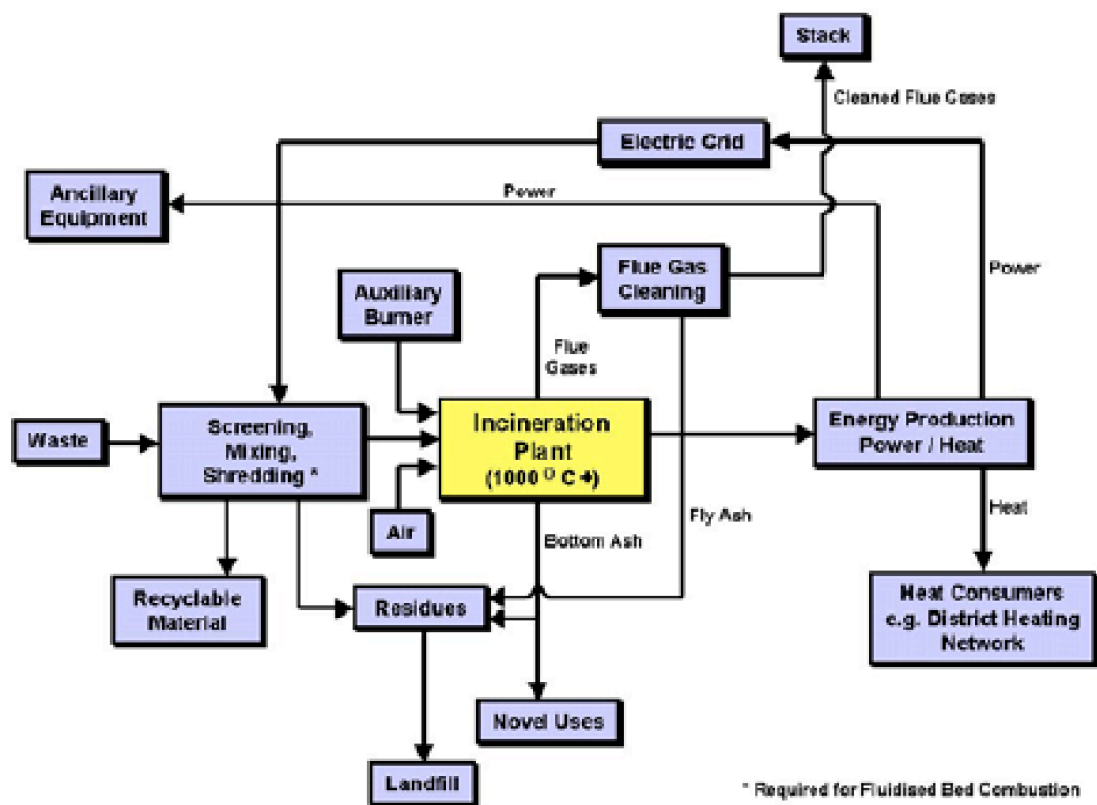
Μαζική αποτέφρωση

Στις μέρες μας η επικρατούσα τεχνολογία στην Ευρώπη, όσον αφορά την αποτέφρωση των ΣΔΑ, είναι οι μαζικοί αποτεφρωτήρες ανάφλεξης. Σε κάποιες χώρες (π.χ. Ιαπωνία) χρησιμοποιούνται περισσότερο οι αποτεφρωτήρες ρευστοστερεάς κλίνης.

Συνοπτικά, η μαζική αποτέφρωση ξεκινάει με τα εισερχόμενα οχήματα συλλογής να ξεφορτώνουν τα απορρίμματα σε κοιλότητες, όπου ένας γερανός αφαιρεί οποιοδήποτε ογκώδες άφλεκτο υλικό, όπως μεγάλες συσκευές. Ο γερανός αναμειγνύει επίσης το εισερχόμενο υλικό για να διευκολύνει μια μάζα του υλικού με περισσότερο ή λιγότερο ομοιογενή θερμική αξία. Αυτή η ομοιογένεια επιτρέπει τον ευκολότερο έλεγχο κατά τη διεργασία της καύσης. Ο γερανός μεταφέρει τα απορρίμματα από την κοιλότητα στην χοάνη καύσης, όπου τα υλικά καταλήγουν μέσα στον κλίβανο. Ο κλίβανος στην πρώτη σχάρα συντελεί στην ξήρανση και στην ανάφλεξη, ενώ οι υπόλοιπες σχάρες συντελούν στην καύση. Στον κλίβανο εντοπίζεται καθιζάνουσα στάχτη και κλίνκερ. Η καθιζάνουσα στάχτη θα περιέχει λιγότερο από 2 % άκαυστο άνθρακα. Η θερμοκρασία του κλίβανου είναι συνήθως μεταξύ 950-1100 °C. Τα αέρια από την καύση κατευθύνονται σε ένα λέβητα όπου φύχονται και η ενέργεια μετασχηματίζεται σε ατμό. Ο ατμός οδηγείται σε ένα στρόβιλο / γεννήτρια όπου παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια κυρίως παράγεται και πωλείται στη μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά σε πολλές καινούργιες εγκαταστάσεις το πλεόνασμα χρησιμοποιείται και για τηλεθέρμανση. Η συνδυαστική αυτή διαδικασία ονομάζεται συμπαραγωγή και αυξάνεται με αυτό τον τρόπο η αποδοτικότητα της διεργασίας. Στην περίπτωση αυτή, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φτάνει το 20-25 %, αλλά ένα πρόσθετο 50-60 % μπορεί να ανακτηθεί σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Η εσωτερική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας φτάνει και στις δύο περιπτώσεις το 10-15 % της ακαθάριστης παραγωγής ενέργειας. Μερικά από τα υπολείμματα που παράγονται από αυτή τη διεργασία είναι η ιπτάμενη τέφρα (πολύ μικρά σωματίδια που εντοπίζονται στα καυσάερια του καυστήρα) και η καθιζάνουσα στάχτη (τα μεγάλα μεγέθους, βαριά, απανθρακωμένα κομμάτια που απομακρύνονται από την κλίνη του καυστήρα κατά τον καθαρισμό της) που πρέπει να απορριφθούν με ασφάλεια. Στην εικόνα 5.2 παρουσιάζεται σχηματικά η μαζική αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας.

Καύση σε ρευστοστερεά κλίνη

Οι αποτεφρωτήρες ρευστοστερεάς κλίνης αναπτύχθηκαν για την επεξεργασία κοκκωδών υλικών τα οποία είναι ομοιογενή στο μέγεθος και στη σύνθεση. Για την καύση ΣΔΑ απαιτείται η μείωση του μεγέθους αυτών στα 15-25 mm πριν την καύση. Αυτή η μείωση μεγέθους περιλαμβάνει πολλά προβλήματα που είναι γνωστά από την προετοιμασία του καυσίμου RDF. Στους αποτεφρωτήρες αυτούς, μια ρευστοστερεά κλίνη άμμου αντικαθιστά τη σχάρα στις μεταφορές των αποβλήτων κατά τη διάρκεια της καύσης. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται με ρεύμα αέρος προερχόμενο από το κάτω μέρος της κλίνης άμμου με ανοδική κατεύθυνση. Επιπλέον, η διεργασία είναι πολύ ευαίσθητη στις διακυμάνσεις της θερμικής αξίας και της υγρασίας, και τα δύο από τα οποία είναι χαρακτηριστικά των ΣΔΑ. Τέλος, οι αποτεφρωτήρες ρευστοστερεάς κλίνης μπορεί να παρουσιάζουν προβλήματα στο να ικανοποιήσουν τις απαιτούμενες ευρωπαϊκές προδιαγραφές, όσον αφορά το άκαυστο υλικό της τέφρας και το χρόνο παραμονής των



Σχήμα 5.2: Μαζική αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας (M.C.O'Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005)

αερίων σε θερμοκρασίες πάνω από 850 °C. Αυτού του είδους οι αποτεφρωτήρες είναι μια σχε- τικά καινούργια θερμοκή τεχνολογία για τα ΣΔΑ και επομένως δεν υπάρχει μακροπρόθεσμη εμπειρία.

Η καύση ρευστοστερεάς κλίνης των αποβλήτων, χρησιμοποιεί είτε περιοδική ρευστοστερεά κλίνη, είτε περιστρεφόμενη. Και οι δύο απαιτούν τεμαχισμό των αποβλήτων πριν την καύση. Τα τεμαχισμένα απόβλητα διοχετεύονται σε μια ρευστοστερεά κλίνη άμμου με αέρα. Η άμμος χρησιμεύει ως ένας μεσολαβητής θερμοκρασίας, λόγω της υψηλής της θερμοαντικής ικανότητας καθώς επίσης σταθεροποιεί τη διεργασία της καύσης. Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η λειτουργία της περιοδικής και περιστρεφόμενης ρευστοστερεάς κλίνης.

Περιοδική ρευστοστερεά κλίνη Τα απόβλητα αλέθονται σε τεμαχίδια μικρότερα των 60 mm με έναν σφυρόμυλο και τα ογκώδη και άκαυστα υλικά αφαιρούνται. Τα τεμαχισμένα απόβλητα τοποθετούνται πάνω στη περιοδική ρευστοστερεά κλίνη. Ο θερμικός πυρήνας αποτελείται από μια ρευστοστερεά κλίνη με έναν κυκλώνα που λειτουργεί σε θερμοκρασία περίπου 850 °C. Τα χονδρά τεμαχίδια στάχτης που δεν καίγονται πλήρως διαχωρίζονται από τον κυκλώνα και επιστρέφουν στην ρευστοστερεά κλίνη. Τα απαέρια περνούν από ένα λέβητα ατμού και ανα- κυκλώνονται. Η ανάκτηση ενέργειας πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες άνω των 450 °C και πίεση 43 bar. Τα υπολείμματα της καύσης περιλαμβάνουν την καθιζάνουσα στάχτη, την τέφρα του κυκλώνα, του λέβητα και του φίλτρου. Τυπική δυναμικότητα της κλίνης είναι 25,7 tn/hr και μπορεί να αποτελείται από δύο γραμμές.

Περιστρεφόμενη ρευστοστερεά κλίνη Η προ-επεξεργασία των αποβλήτων περιλαμβάνει μεί- ωση μεγέθους μικρότερο από 300 mm. Το τεμαχισμένο υλικό καίγεται στον θερμικό πυρήνα της περιστρεφόμενης ρευστοστερεάς κλίνης σε θερμοκρασία 700-800 °C στην κλίνη και 950 °C στον κλίβανο. Με αυτό τον τύπο ρευστοστερεάς κλίνης, τα σωματίδια του στερεού καυ- σίμου δεν μεταφέρονται μέσω ενός κυκλώνα, αλλά η αλληλεπίδραση των αποβλήτων και του οξυγόνου λαμβάνει χώρα στη ρευστοστερεά κλίνη. Η μέγιστη κατανάλωση της περιστρεφόμε- νης ρευστοστερεάς κλίνης είναι 15 tn/hr και μπορεί να αποτελείται από τέσσερις γραμμές. Η ανάκτηση ενέργειας πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες άνω των 450 °C. Τα υπολείμματα της καύσης περιλαμβάνουν την καθιζάνουσα στάχτη, την τέφρα του λέβητα και του φίλτρου και τα υπολείμματα επεξεργασίας του αερίου.

5.1.3 Κλιβανισμός των καύσιμων υλικών από τα απορρίμματα (RDF)

Το καύσιμο RDF (Refuse Derived Fuel) περιλαμβάνει τα καύσιμα κλάσματα των απορριμμά- των, που διαχωρίζονται σε μονάδες μηχανική επεξεργασίας. Αποτελείται κυρίως από χαρτί (50 %), πλαστικά (10 %), και άλλα καύσιμα υλικά (30 % π.χ. ξύλο και κάποιες οργανικές ενώσεις) και μη καύσιμα υλικά (10 %). Η τραχεία και συμπιεσμένη μάζα των απορριμμάτων RDF μπορεί είτε να αποτελέσει άμεσα την τροφοδοσία συμβατικών σταθμών παραγωγής ενέρ- γειας (Σ.Σ.Π.Ε.), είτε να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία και να συμπιεσθεί προς παραγωγή πελλετών, που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε κατάλληλα τροποποιημένους βραστήρες υπό τη μορφή συμπληρωματικών στερεών καυσίμων. Συνακόλουθα, η διαχείριση των απορριμμάτων τύπου RDF προσφέρει τη δυνατότητα για ανάκτηση χρήσιμων υλικών από τα ΣΔΑ, που μπο- ρούν στη συνέχεια να ανακυκλωθούν. Για παράδειγμα, το 7 % περίπου, των απορριμμάτων που διατίθενται σε εγκαταστάσεις RDF ανακτάται υπό τη μορφή σιδηρούχου σκάργου.

Η διαδικασία είναι περίπλοκη και υποφέρει από λειτουργικά προβλήματα, όπως το υψηλό κόστος συντήρησης, τη μεγάλη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τη χαμηλή απόδοση και την αξιοπιστία. Στην Ευρώπη η καύση RDF πρέπει να συμμορφώνεται με τις οδηγίες που αφορούν τα περιβαλλοντικά πρότυπα, οι οποίες αποκλείουν τη χρήση των υπαρχουσών εγκαταστάσεων και επιβάλλει την εγκατάσταση ειδικών λεβήτων με επαρκή εξοπλισμό επεξεργασίας του αερίου. Με βάση αυτά τα στοιχεία η τεχνολογία δεν είναι πάντα οικονομικά ανταγωνιστική.

Μία τυπική μονάδα καύσης περιλαμβάνει χώρο αποθήκευσης των απορριμμάτων, όπου γί- νεται ο διαχωρισμός των RDF από τα μη καύσιμα απορρίμματα. Αφαιρούνται τα μέταλλα, το γυαλί κτλ. αλλά μπορεί να διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αφαιρείται το χαρτί, τα πλαστικά κ.α. Ωστόσο, ο στόχος στην παραγωγή RDF θα είναι να αφαιρεθούν συστατικά στο

ρεύμα αποβλήτων χαμηλά σε θερμική αξία (όπως υγρασία και υγρές οργανικές ουσίες) και να παραμείνουν τα στοιχεία υψηλής θερμαντικής αξίας (όπως χαρτί, πλαστικό κα.). Το τελικό προϊόν του διαχωρισμού πρέπει να έχει καλά χαρακτηριστικά καύσης. Το RDF έχει συνήθως τη μορφή πελλετών ή νιφάδων. Το RDF οδηγούνται μέσω τροφοδοτικού μηχανισμού στο χώρο του καυστήρα. Η καύση των απορριμμάτων πραγματοποιείται πάνω σε κινούμενες σχάρες. Υπερθέρμανση του χώρου στους 800-900 °C, παρουσία ρεύματος αέρα συντελεί στην ξήρανση, στην ανάφλεξη και τελικά στην καύση των απορριμμάτων. Τα αναδυόμενα αέρια, οι οσμηρές ουσίες και τα αιωρούμενα σωματίδια καίγονται σε δευτερεύοντα θάλαμο στους 900-1000 °C. Τα καπνάερια που διαφεύγουν, αφού ψυχθούν, περνούν από εγκαταστάσεις καθαρισμού αερίων και στη συνέχεια αναρροφώνται στην καμινάδα. Το παραγόμενο ποσό θερμότητας από την καύση των RDF αξιοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και ατμού για γειτονικές βιομηχανίες και δήμους. Σε μονάδες αποτέφρωσης RDF στην Ολλανδία, ακόμα και το CO₂ στα απαέρια χρησιμοποιείται. Μέρος των (καθαρισμένων) απαερίων διοχετεύεται σε θερμοκήπια εντατικής καλλιέργειας ώστε η περίσσεια CO₂ στην ατμόσφαιρα τους να επιταχύνει τη φωτοσύνθεση.

5.1.4 Περιβαλλοντικός έλεγχος αποτεφρωτήρων

Η διαχείριση των ΣΔΑ μέσω κλιβανισμού έχει επικριθεί συχνά λόγω της πιθανότητας απελευθέρωσης χημικών, ρυπαντών της ατμόσφαιρας. Το ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί στους κινδύνους που μπορούν να προκύψουν, για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, από την καύση πλαστικών υλικών.

Σημαντικά θέματα είναι το PVC, οι διοξίνες, το HCl, και τα βαρέα ή ελαφρά μέταλλα. Η παρουσία ή η απουσία αυτών στα ΣΔΑ επηρεάζει τις συνθήκες λειτουργίας του αποτεφρωτήρα, οι οποίες πρέπει να είναι ούτως ή άλλως ικανές να ελέγξουν ανά πάσα στιγμή, τα επίπεδα εκπομπής, χλωριωμένων ή μη, διοξινών. Οι διοξίνες είναι μία οικογένεια χημικών ουσιών, σχετικά χαμηλής τοξικότητας, αν και κάποιες από αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία. Έχει παρατηρηθεί ότι ο σχηματισμός των ενώσεων αυτών μπορεί να αυξηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια της καύσεως των απορριμμάτων. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι συνθήκες λειτουργίας των αποτεφρωτήρων παίζουν το μεγαλύτερο ρόλο στην ταχύτητα σχηματισμού και εκπομπής αυτών των ενώσεων, ενώ η σύνθεση των απορριμμάτων που καίγονται έχει επουσιώδη σημασία. Άλλωστε, διοξίνες μπορούν να σχηματιστούν όχι μόνο από την καύση του PVC, αλλά και από την καύση κάθε οργανικού υλικού σε παρουσία χλωρίου.

Πιθανές πηγές διοξινών αποτελούν οι ακόλουθες δραστηριότητες : καύση αστικών αποβλήτων (75 gr/yr), μεταλλουργικές διεργασίες (120 gr/yr), βιομηχανία χαρτιού (30 gr/yr), εκπομπές αυτοκινήτων (10 gr/yr), αποτεφρωτήρες νοσοκομείων (10 gr/yr), επικίνδυνα απόβλητα (4 gr/yr). Το μεγαλύτερο μέρος της ποσότητας διοξινών που εντοπίζεται στην ατμόσφαιρα, αποτελεί προϊόν ανάφλεξης από φυσικά αίτια (εκρήξεις ηφαιστειών) και από τον άνθρωπο (φωτιές δασών, ανάφλεξη μολυβδούχου βενζίνης, καυστήρες σπιτιών).

Οι πιο συνηθισμένες οικογένειες τοξικών ουσιών που ανιχνεύονται κατά την αποτέφρωση των ΣΔΑ, είναι τα τρικυκλικά αρωματικά μίγματα των πολυχλωρο διβενζο-p-διοξινών (PCDD) και των φουρανίων (PCDF). Οι διοξίνες και τα φουράνια διακρίνονται για τη μεγάλη χημική σταθερότητα που επιδεικνύουν σε περιβαλλοντικές συνθήκες και επιπλέον είναι λιπόφιλες ενώσεις, γεγονός που σημαίνει ότι συσσωρεύονται στο λιπώδη ιστό των ανθρώπων και των ζώων. Τα διαφορετικά επίπεδα τοξικότητας των αλογονωμένων διοξινών και φουρανίων μετρώνται σε τοξικά ισοδύναμα (TEQs). Αν και τα PCDD/F καταστρέφονται σε θερμοκρασίες άνω των 600 °C μπορούν να επανασχηματισθούν στις ψυχρότερες ζώνες των φούρνων, όπου η θερμοκρασίες κυμαίνονται από 250-350 °C. Αν οι αποτεφρωτήρες είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι και συντηρούνται συχνά, τα επίπεδα εκπομπής διοξινών δε θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Σε θερμοκρασίες άνω των 1300 °C συντελείται πρακτικά καταστροφή όλων των διοξινών σε λιγότερο από 1 sec. Στην πραγματικότητα η αποτέφρωση των ΣΔΑ αποτελεί μια πολύ αποτελεσματική μέθοδο καταστροφής φουρανίων και διοξινών, όταν λειτουργεί υπό καθεστώς πολύ υψηλών θερμοκρασιών, ελέγχου και αυτοματοποίησης. Μερικές εγκαταστάσεις μπορεί να επιτύχουν καταστροφή διοξινών και φουρανίων με αποδόσεις που φτάνουν ως και το 80 %.

Ο σχηματισμός των PCDD/F απαιτεί την συνδυασμένη παρουσία άνθρακα, οξυγόνου και χλωρίου, υψηλών θερμοκρασιών και εξειδικευμένων για την περίπτωση καταλυτών. Η καύση των οργανικών ενώσεων που περιέχουν στη δομή τους δεσμευμένα άτομα Cl (π.χ. PVC) παράγει

αέριο HCl , το οποίο παρουσία καταλύτη μετατρέπεται σε μοριακό χλώριο (Cl_2) και εν τέλει σε PCDD/F. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση που έχει γίνει είναι ότι η αποτέφρωση των πλαστικών παρουσία λιγνίτη, συντελεί στη δημιουργία λιγότερων διοξινών ενώ, η παρουσία υψηλών επιπέδων θείου καταστέλλει τη δημιουργία των PCDD/F. Αφού ο λιγνίτης περιέχει 0,5 % θείο είναι πιο πιθανό τελικά ότι αυτός είναι ο λόγος που αποτρέπει το σχηματισμό διοξινών καθώς το θείο προφανώς λειτουργεί απενεργοποιώντας τον καταλύτη παραγωγής τους.

Η κρίσιμη θερμοκρασία λειτουργίας των Ευρωπαϊκών αποτεφρωτήρων στους 850 °C, είναι αναγκαία για την ικανοποίηση των αντίστοιχων οδηγιών της Ε.Ε σε θέματα εκπομπής ρύπων. Ακόμη είναι γνωστό ότι το πλεόνασμα οξυγόνου 8-10 % κ.β. και η πλήρης καύση του προστιθέμενου άνθρακα κατά την αποτέφρωση των ΣΔΑ περιορίζουν το σχηματισμό PCDD/F. Αντί του άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την ίδια απόδοση και ενεργό κωκ, που συνήθως προστίθεται υπό μορφή μίγματος τυπικής σύστασης 3-5 % κ.β κωκ λιγνίτη και υδράσβεστου. Το μίγμα αναμιγνύεται με το εκλυόμενο, από την αποτέφρωση, αέριο πριν τη δράση του κυκλώνα.

Παράλληλα με τα παραπάνω, είναι γνωστό ότι το χλώριο παρευρίσκεται στη δομή πολλών συστατικών των ΣΔΑ δηλαδή, στο χαρτί, στο ξύλο, στο επιτραπέζιο αλάτι, στα λαχανικά και στα πλαστικά αντικείμενα από PVC και PVDC. Η καύση κάθε υλικού που περιέχει χλώριο οδηγεί στο σχηματισμό αερίου υδροχλωρίου. Οι εκπομπές αερίου υδροχλωρίου συντελούν στο 2 % του συνόλου των εκπομπών, των υπευθύνων για την πρόκληση της όξινης βροχής. Τα όξινα αέρια στην ατμόσφαιρα προέρχονται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας, από εξατμίσεις αυτοκινητών και από αποτεφρωτήρες. Το SO_2 που εκπέμπεται, κυρίως από την καύση πετρελαιοειδών σε εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας, αντιστοιχεί στο 69 % του συνόλου, ενώ το υπόλοιπο 29 % καταλογίζεται στα οξείδια του αζώτου (x) που προέρχονται κυρίως από τις εξατμίσεις των οχημάτων.

Αν και η καύση ελαττώνει σημαντικά των όγκο των ΣΔΑ, η αιωρούμενη και η καθιζάνουσα στάχτη που παράγονται ως αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας πρέπει να απορριφθούν με ασφάλεια. Η ταφή αυτών των υπολειμμάτων δεν μπορεί να θεωρηθεί ως η πλέον αποδεκτή περιβαλλοντικά λύση εξαιτίας του πιθανού κινδύνου μόλυνσης των υπογείων υδάτων και του εδάφους από το απόπλυμά τους, που περιέχει βαρέα μέταλλα, όπως κάδμιο και μόλυβδο. Κάποιες μέθοδοι προστασίας των υπογείων υδάτων και του εδάφους από τη δράση του αποπλύματος, λ.χ. η επένδυση των τοιχωμάτων του χώρου ταφής με κατάλληλο υλικό, είναι απαγορευτική από άποψη κόστους και όχι 100 % αποτελεσματική. Προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης αυτών των υπολειμμάτων πραγματοποιείται στις μέρες μας έρευνα που αποσκοπεί στην εξεύρεση τρόπων σταθεροποίησης και ανακύκλωσής τους σε κατασκευαστικές εφαρμογές (π.χ. για την παρασκευή πολυεστερικού μπετόν PC). Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι οι ίδιες ποσότητες των στοιχείων που αποτελούν την τέφρα θα έφθαναν στον χώρο ταφής και με την απλή απόρριψη των ιδίων απορριμμάτων, αλλά λιγότερο συγκεντρωμένες.

Η παρουσία βαρέων μετάλλων στη στάχτη του αποτεφρωτήρα αποτελεί έναν κίνδυνο ρύπανσης της ατμόσφαιρας και του εδάφους, αν και η συνεισφορά των πολυμερών εδώ είναι μικρή. Οι διάφορες ομάδες πλαστικών περιέχουν ελάχιστες ποσότητες μετάλλων, κυρίως από υπολείμματα καταλυτών. Συγκεκριμένα το κάδμιο, το χρώμιο και ο μόλυβδος προέρχονται κυρίως από τις πολυολεφίνες. Ο χαλκός, το νικέλιο και ο ψευδάργυρος περιέχονται κυρίως στο PS, ενώ ο κασσίτερος προέρχεται από τα PVC και PVDC, καθώς και από άλλες σύνθετες συσκευασίες. Σε σύγκριση με άλλα βαρέα μέταλλα, η παρουσία του κασσιτέρου στα οικιακά απορρίμματα οφείλεται κυρίως στα υλικά συσκευασίας (πάνω από το 90 %). Η κύρια πηγή μετάλλων στην τέφρα των απορριμμάτων προέρχεται από μη πλαστικές συσκευασίες και υλικά.

Ο έλεγχος των τοξικών εκπομπών που προέρχονται από την καύση των στερεών απορριμμάτων, επιτελείται σε σύγχρονες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης με τη διατήρηση των κατάλληλων συνθηκών ανάφλεξης σε σταθερό επίπεδο, καθώς και μέσω χρήσης ευρείας κλίμακας διατάξεων προς περιορισμό της μόλυνσης στην ατμόσφαιρα. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες διατάξεις είναι :

- Μηχανικοί συλλέκτες (όπως κυκλώνες)
- Υγροί κατακρατητές (όπως κατακρατητής Venturi)
- Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστήρες
- Φίλτρα τύπου σακούλας

Στον πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για τον περιορισμό και τον έλεγχο αερίων εκπομπών προερχόμενων από την καύση, καθώς και ποιες εκπομπές ελέγχει η κάθε τεχνολογία.

5.1.5 Ενδεικτικό κόστος

Ενδεικτικά κόστη της τεταρτογενούς ανακύκλωσης περιέχονται στον Πίνακα 5.3. Το κόστος πάγιας επένδυσης για την εγκατάσταση, περιλαμβάνει τους φόρους, την αμοιβή σχεδιασμού και το κόστος γης, βασισμένο σε βόρειο ευρωπαϊκούς όρους. Το λειτουργικό κόστος περιλαμβάνει το εισόδημα από τις καθαρές πωλήσεις της ενέργειας, τη διάθεση των υπολειμμάτων, τις δαπάνες προσωπικού και την ετήσια συντήρηση που εκτιμάται στο 3 % της αρχικής πάγιας επένδυσης. Αποκλείονται από το κόστος τα έξοδα μεταφοράς και το εισόδημα από τις πωλήσεις των υπολειμμάτων / παραπροϊόντων.

5.1.6 Η καύση στην Ευρώπη

Κάθε χρόνο 50 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων καίγονται στην Ευρώπη σε εγκαταστάσεις καύσης με ανάκτηση ενέργειας ικανής να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε 27 εκατομμύρια ανθρώπους ή θερμότητα σε 13 εκατομμύρια ανθρώπους. Παρά την πολιτική της Ε.Ε. για τη μείωση της ταφής, το 50 % περίπου των 250 εκατομμυρίων τόνων ΣΔΑ που παράγονται κάθε χρόνο από τα 27 κράτη-μέλη της Ευρώπης καταλήγουν στους χώρους υγειονομικής ταφής. Ένας από τους λόγους για αυτήν την συνεχιζόμενη κυριαρχία, θα μπορούσε να είναι και η απροθυμία του κοινού να αποδεχτεί τις εγκαταστάσεις καύσης με ανάκτηση ενέργειας σαν μία ασφαλή λύση. Περίπου 50 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων κάθε έτος υφίστανται θερμική επεξεργασία στις 400 εγκαταστάσεις που υπάρχουν περίπου στην Ευρώπη. Η διανομή αυτών των εγκαταστάσεων παρουσιάζεται στον πίνακα 5.4:

5.1.7 Επιπτώσεις από την καύση

Η καύση ή αποτέφρωση δεν εξαφανίζει τελείως τα απόβλητα, αλλά μειώνει σημαντικά τον όγκο τους. Η μείωση είναι περίπου 75 % κ.β. ή 90 % κατ'όγκο. Τα απόβλητα που προκύπτουν είναι στάχτη, υπολείμματα και απαέρια. Μερικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από την καύση περιγράφονται παρακάτω. Αυτές είναι βασισμένες στην έρευνα που έχει κάνει το ίδρυμα Zero Waste New Zealand Trust.

Κοινωνικές επιπτώσεις

Υγεία Οι εκπομπές αερίων και η τέφρα από τις μονάδες καύσης αν δεν ελεγχθούν μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο και άλλες βλάβες στην υγεία των ανθρώπων. Αυτό οφείλεται στα βαρέα μέταλλα, διοξίνες και άλλες πτητικές οργανικές ουσίες που μπορούν να περιέχουν. Οι ρύποι αυτοί μεταφέρονται με τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις. Σημαντικά επίπεδα ρύπων έχουν μετρηθεί σε περιοχές που βρίσκονται αρκετά χιλιόμετρα μακριά από μονάδες καύσης. Παρόλο που πολλές μονάδες καύσης λειτουργούν σε θερμοκρασίες (περίπου 1800-2000 °C) όπου καταστρέφεται μεγάλο ποσοστό διοξινών από αυτές που σχηματίζονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, διαθέτουν πια ειδικά φίλτρα και τεχνολογία περιορισμού της ρύπανσης, εξακολουθούν να απελευθερώνουν τοξικές ουσίες στην ατμόσφαιρα. Όταν μια μονάδα καύσης λειτουργεί άψογα, τα επίπεδα τοξικών ουσιών που απελευθερώνονται είναι αποδεκτά. Πρόβλημα, όμως, είναι η διασφάλιση σταθερής ποιότητας και σύστασης των αποβλήτων που καίγονται, κάτι εξαιρετικό δύσκολο σε χώρες, όπως η Ελλάδα, όπου η σύσταση των απορριμμάτων μεταβάλλεται διαρκώς και ανεξέλεγκτα.

Το πρόβλημα των επιπτώσεων στην υγεία και το περιβάλλον από την καύση των αποβλήτων είναι πολύ πιο σοβαρό στην περίπτωση ανεξέλεγκτης καύσης τους, συνήθως σε παράνομες χωματερές, μια πρακτική που ακολουθείται σήμερα στη χώρα μας, μια και η καύση συντελείται σε συνθήκες συνεχώς μεταβαλλόμενες και σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπου δεν καταστρέφονται αλλά αντίθετα σχηματίζονται περισσότερες διοξίνες και φουράνια. Ακόμα και μικρές ποσότητες ρύπων όπως οι διοξίνες, τα φουράνια και ο υδράργυρος μπορεί να είναι βλαβερές για την

Εκπομπές	Τεχνολογία							
	Κατακρατητές	Φύλτρα	Βιόφιλτρα	Κυκλώνες	Ηλεκτροστατικοί Κατακρημνιστήρες	Θερμικός Κλιματισμός	Συνδυασμός φύλτρου, ασβέστη & ενεργού άνθρακα	Ελεγχος Μετά-οσμίων κλίβανου
Σωματίδια		X		X	X		X	X
Ενώσεις θείου	X		X				X	
Ενώσεις αζώτου			X					
Ενώσεις αλογόνων	X						X	
Μέταλλα, μεταλλοειδή κτλ.		X		X	X		X	
Οργανικές ενώσεις	X		X				X	X
Ενώσεις φωσφόρου	X						X	
Οσμές	X		X					X
Υδατμιοί						X		

Πίνακας 5.2: Τεχνολογίες ελέγχου αερίων εκπομπών προερχόμενων από την καύση των στερεών απορριμμάτων. (Food Safety Authority of Ireland Report, Waste incineration and possible contamination of the food supply with dioxins, 2003)

Εγκατάσταση Καύσης Απορριμμάτων με Ανάκτηση Ενέργειας

Δυναμικότητα (tn/yr)	Πάγια επένδυση (€)	Λειτουργικό κόστος (€)
50 000	31.25 εκατομ.	2,323,500/yr
100 000	55 εκατομ.	3,765,000/yr
200 000	109.8 εκατομ.	6,600,000/yr
500 000	180.8 εκατομ.	14,276,000/yr

Πίνακας 5.3: Ενδεικτικό κόστος κεφαλαίου και λειτουργικό κόστος για μια εγκατάσταση Καύσης απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας. (M.C.O'Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005).

Εγκατάσταση Καύσης Απορριμμάτων με Ανάκτηση Ενέργειας

	Αριθμός εγκαταστάσεων	Επεξεργασμένα απόβλητα (εκατομ.τόνους)
Γαλλία	123	11.25
Ισπανία	11	1.86
Πορτογαλία	3	1
Ηνωμ.Βασίλειο	15	3.17
Βέλγιο	17	1.64
Ολλανδία	12	5.18
Λουξεμβούργο	1	0.12
Ελβετία	29	2.97
Ιταλία	49	3.47
Αυστρία	5	0.88
Γερμανία	58	13.18
Τσεχία	3	0.4
Πολωνία	1	0.04
Ουγγαρία	1	0.19
Δανία	31	3.28
Νορβηγία	21	0.79
Σουηδία	28	3.13
Φινλανδία	1	0.15

Πίνακας 5.4: Εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας στην Ευρώπη το 2003. (E. Stengler, The European position, 2005)

ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Οι ουσίες αυτές θεωρούνται καρκινογόνες. Ιάφορες μορφές κακοηθών όγκων (καρκίνος του πνεύμονα, του λάρυγγα, του ήπατος, λέμφωμα κ.α.) έχουν συνδεθεί με τις εκπομπές καυσαερίων. Ο οργανισμός των παιδιών είναι ιδιαίτερα ευάλωτος και μπορεί να αναπτύξει καρκίνο ακόμα και μετά από μικρή διάρκεια έκθεσης. Οι διοξίνες ευθύνονται για την αύξηση συγγενών ανωμαλιών στα νεογνά, όπως δισχιδής ράχη. Οι ρύποι αυτοί μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από τον τόπο παραγωγής τους, παραμένουν στο περιβάλλον για δεκαετίες χωρίς να διασπώνται σε λιγότερο βλαβερές και συσσωρεύονται στο έδαφος, το νερό και τα τρόφιμα και στους ιστούς. Ακόμα και απειροελάχιστες εκπομπές τέτοιων ουσιών είναι επικίνδυνες και δηλητηριάζουν αργά τους ανθρώπους και το οικοσύστημα. Αν δεν υπάρχει επαρκής έλεγχος, οι εργαζόμενοι σε μονάδες καύσης μπορούν να εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα αυτών των τοξικών ουσιών. Οι πληθυσμοί που ζουν σε γειτονικές περιοχές επίσης κινδυνεύουν από εκπομπές τοξικών αερίων, ιδιαίτερα όταν ο άνεμος φυσά προς την περιοχή τους. Μη αποδεκτά επίπεδα διοξινών έχουν ανιχνευθεί στο αίμα ανθρώπων που ζουν σε απόσταση 0,5-5 km από μονάδες καύσης και σε ζωικά προϊόντα και λαχανικά από περιοχές κοντά σε χώρους ανεξέλεγκτης καύσης στην Ελλάδα. Η κατανάλωση αυτών των προϊόντων αυξάνει τα επίπεδα διοξίνης στο αίμα.

Η στάχτη, το υπόλειμμα που μένει μετά την καύση, περιέχει βαρέα μέταλλα. Τα φίλτρα, που χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν τις εκπομπές ιπτάμενης τέφρας στην ατμόσφαιρα θεωρούνται και αυτά τοξικά απόβλητα. Η στάχτη αδρανοποιείται όταν αναμιγνύεται με τσιμέντο και χρησιμοποιείται σε έργα οδοποιίας. Υπάρχουν ενδείξεις όμως ότι τα βαρέα μέταλλα μπορούν να αποστραγγίζονται από τα υλικά οδοποιίας και να θέσουν σε κίνδυνο τα τοπικά οικοσυστήματα. Στο Newcastle της Βρετανίας όπου την περίοδο 1994 - 1999 η στάχτη από μια μονάδα καύσης χρησιμοποιήθηκε σε κτίσματα και στην κατασκευή δρόμων, έχουν βρεθεί επικίνδυνα υψηλά ποσοστά διοξίνης και βαρέων μετάλλων.

Εργασία Οι μονάδες καύσης δεν δημιουργούν μακροπρόθεσμα πολλές θέσεις εργασίας. Ο τομέας της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης δημιουργεί δεκαπλάσιες θέσεις εργασίας.

Οικονομικές επιπτώσεις Για να διατηρηθεί η άριστη λειτουργία μιας μονάδας καύσης χρειάζεται σταθερό εφοδιασμό με απόβλητα. Αυτό ενέχει τον κίνδυνο να μην υπάρχουν κίνητρα για την ανάπτυξη προγραμμάτων μείωσης της παραγωγής αποβλήτων και να μη στηρίζονται οικονομικά προγράμματα ανάκτησης πρώτων υλών. Η καύση πρέπει να λειτουργεί συμπληρωματικά με τα προγράμματα ανακύκλωσης, για ό,τι δεν μπορεί ή δεν συμφέρει να ανακυκλωθεί με άλλους τρόπους. Οι χώροι ταφής της τέφρας από την καύση των απορριμμάτων πρέπει να είναι κατάλληλοι για επικίνδυνα και τοξικά απόβλητα. Στο κόστος λειτουργίας μιας μονάδας καύσης θα πρέπει, λοιπόν, να προστεθεί και το κόστος λειτουργίας του αντίστοιχου χώρου ταφής, ο οποίος, όμως θα να είναι πολύ μικρότερος από τον απαιτούμενο χώρο ταφής των απορριμμάτων χωρίς την καύση.

Παραγωγή ενέργειας Πολλές μονάδες καύσης που δέχονται ανάμικτα απόβλητα καταφέρνουν να παράγουν μόνο το 20 % της ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τα απόβλητα. Η απόδοση των μονάδων που καίνε RDF είναι πολύ μεγαλύτερη και είναι σαφώς καλύτερη επιλογή. Όμως, ανακυκλώνοντας το πλαστικό με δευτερογενή ανακύκλωση εξοικονομούμε 3,7- 5,2 φορές περισσότερη ενέργεια από αυτή που παράγεται σε μονάδες καύσης με παραγωγή ενέργειας.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καύσης συνδέονται απόλυτα με τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία που περιγράφηκαν παραπάνω (βλέπε κοινωνικές επιπτώσεις).

Κεφάλαιο 6

Αξιολόγηση των διεργασιών ανακύκλωσης

6.1 Σύγκριση των θερμικών τεχνολογιών όσον αφορά τις εκπομπές στο περιβάλλον

Η Ευρωπαϊκή οδηγία για την καύση των αποβλήτων (2000/76/EC) καθιερώνει ένα ασφαλές επίπεδο των ορίων εκπομπών για τις καινούργιες εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας. Στην οδηγία αυτή οι 'εγκαταστάσεις καύσης' ορίζονται ως 'καύση μέσω οξείδωσης των αποβλήτων καθώς επίσης και άλλες θερμικές διαδικασίες επεξεργασίας όπως η πυρόλυση, η αεριοποίηση ή η τεχνολογία του πλάσματος, εφόσον οι ουσίες από την επεξεργασία αποτεφρώνονται στη συνέχεια'. Οι εκπομπές στα απαέρια από κάποιες εναλλακτικές διεργασίες, που περιγράφηκαν παραπάνω, παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1. Η διασπορά των διοξινών (PCDD/PCDF) και των βαρέων μετάλλων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από την άποψη των πιθανών επιδράσεων στον ανθρώπινο οργανισμό.

Ο Πίνακας 6.1 δείχνει ότι όλες οι θερμικές τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένης της καύσης (BAT), διαφέρουν ελάχιστα ως προς τις εκπομπές βαρέων μετάλλων. Οι εκπομπές όλων των τεχνολογιών είναι σε ανεκτά όρια (κάτω από τα όρια της οδηγίας 2000/76/EC), με την τεχνολογία Mitsui να ρυπαίνει το λιγότερο σε όλους του δείκτες και την καύση να παρουσιάζει τις υψηλότερες εκπομπές.

6.2 Αξιολόγηση των διαφόρων τρόπων ανακύκλωσης πλαστικών υλικών

Έχοντας περιγράψει την δευτερογενή, τριτογενή και τεταρτογενή ανακύκλωση πλαστικών μπορούμε τώρα να εξάγουμε μια (κατά κανόνα υποκειμενική) γενική ιεράρχηση της χρησιμότητας των πλεονεκτημάτων και, άρα, της οφελιμότητας των διαφόρων μεθόδων επίλυσης του προβλήματος των πλαστικών στα δημοτικά απορρίμματα, αγνοώντας όμως τοπικές ιδιαιτερότητες. Η ιεράρχηση γίνεται με στόχο την επιλογή των μεθόδων που οδηγούν στην ελάχιστη κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος (χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα) και της συσκευασίας του, και στην ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που προκαλούν, υπολογίζοντας την ανάλυση κύκλου ζωής των διεργασιών. Η ιεράρχηση που ακολουθεί είναι σε φθίνουσα σειρά. Στην πράξη, οι επιλογές θα πάρουν υπ' όψιν τους τις τοπικές συνθήκες (ιδιαιτερότητες) και η ιεράρχηση μπορεί να αλλάξει.

1. Ο καλύτερος τρόπος για την επίλυση του προβλήματος των πλαστικών απορριμμάτων είναι η μείωση του όγκου των υλικών συσκευασίας. Εν πάση περιπτώσει, η μη κατασκευή υλικών δεν απαιτεί πρώτες ύλες και ενέργεια, ούτε ανάγκη απόρριψης. Δεδομένων των πλεονεκτημάτων, όμως, της πλαστικής συσκευασίας (κεφ. 1), η αντικατάσταση της από άλλα υλικά δεν θα λύσει, αλλά μάλλον θα χειροτερεύσει το πρόβλημα, αυξάνοντας τη

	Thermoselect	Mitsui	Καύση με ανάκτηση ενέργειας*	Όρια Οδηγίας 2000/76/EC, mg/Nm ³
Σωματίδια	0.2	<0.05	<1	10
TOC	2	<1	<2	10
HCl	<0.2	<0.5	<1	10
HF	<0.1	<0.05	<0.1	1
SO ₂	<1	<0.7	<5	50
N _x	<10	<70 (230 excl. deNO _x)	<80	200
CO	<3	<2.3	<10	50
Cd/TI	<0.002	<0.002	<0.001	0.05
Hg	0.007	0.006	<0.001	0.05
Βαρέα μέταλλα	<0.04	<0.05	<0.05	0.5
PCDD/PCDF ng/Nm ³	(<0.02)	<0.005	<0.05	0.1
flue gas Nm ³ /tn waste	3130	3470	3950-4800	-

Πίνακας 6.1: Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά θερμικών μεθόδων επεξεργασίας αποβλήτων.
*(BAT - Best Available Technology). (M.C. O' Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick/Clare/Kerry Region, 2005).

- μάζα των απορριμμάτων και δυσχεραίνοντας την πιθανότητα δευτερογενούς ή τριτογενούς ανακύκλωσης. Ένας τρόπος για τη μείωση του όγκου των υλικών συσκευασίας είναι η χρήση συσκευασιών πολλαπλών χρήσεων (π.χ. “δίκτυ για ψώνια” αντί για πλαστικές σακκούλες στα super market, αλλά όχι από χαρτί).
2. Για τα υπάρχοντα πλαστικά απορρίμματα η δευτερογενής ανακύκλωση, κατά προτίμηση ρευμάτων ενός είδους πολυμερούς, είναι η καλύτερη μέθοδος. Για το σκοπό αυτό ο διαχωρισμός των πλαστικών από τα υπόλοιπα απορρίμματα και η διαλογή των διαφόρων τύπων πολυμερών πρέπει να γίνεται και από τον καταναλωτή και από μονάδες διαλογής. Η συνεργασία της βιομηχανίας πλαστικών για την τυποποίηση των υλικών και του είδους των συσκευασιών είναι απαραίτητη για αυτήν την επιλογή.
 3. Εάν η διαλογή των διαφόρων ειδών πολυμερών δεν είναι δυνατή ή οικονομικά επιθυμητή, τότε μια λύση μπορεί να είναι η δευτερογενής ανακύκλωση ανάμικτων πολυμερών, π.χ. για παραγωγή πλαστικού ξύλου ή άλλων προϊόντων χαμηλότερων απαιτήσεων μηχανικών ιδιοτήτων. Σε αυτή την περίπτωση η κύρια διαλογή πρέπει να γίνεται από τον καταναλωτή μετά από έντονη και συνεχή πληροφόρηση και εκπαίδευση από τις δημοτικές αρχές.
 4. Εάν δεν υπάρχει αγορά για τα παραπάνω προϊόντα, τότε τα πλαστικά απορρίμματα μπορούν να υποστούν πυρόλυση ή αεριοποίηση (τριτογενή ανακύκλωση) προς παραγωγή καυσίμων, υποκατάστατων ορυκτών καυσίμων (πετρελαίου). Και εδώ η διαλογή είναι απαραίτητη για την βελτιστοποίηση της τροφοδοσίας και τη μέγιστη απόδοση της διεργασίας. Ο αποπολυμερισμός προς μονομερή σπάνια θεωρείται οικονομικά αποδεκτή λύση για πλαστικά που προέρχονται από δημοτικά απορρίμματα, εκτός από ειδικές μόνο περιπτώσεις (π.χ. μπουκάλια νερού από PET).
 5. Η καύση με ανάκτηση ενέργειας του RDF πρέπει να είναι η τελευταία λύση πριν από την (απαράδεκτη) ταφή όλων των απορριμμάτων χωρίς διαλογή σε ΧΥΤΑ. Για να είναι ενεργειακά αποδεκτή και να κρατηθούν οι εκπομπές επικινδύνων ρυπαντών κάτω από τα καθορισμένα όρια πρέπει και εδώ να γίνεται διαλογή των δημοτικών απορριμμάτων σε «καύσιμα» (RDF) και μη, κατά προτίμηση από τον καταναλωτή. Στο RDF περιλαμβάνονται και τα πλαστικά. Προφανώς, οι αυστηρές προδιαγραφές κατασκευής και λειτουργίας και οι συχνοί έλεγχοι είναι απαραίτητα στοιχεία για την αποδοχή από την κοινωνία κάθε

μονάδας καύσης απορριμμάτων. Η ενέργεια που ανακτάται υποκαθιστά χρησιμοποιούμενα ορυκτά καύσιμα.

6. Η απόρριψη και (υγειονομική) ταφή όλων συλλήβδην των απορριμμάτων χωρίς διαλογή και ανακύκλωση υλικών ή ενέργειας δεν πρέπει να είναι (κοινωνικά και οικονομικά) αποδεκτή λύση για το πρόβλημα των δημοτικών απορριμμάτων.

Η (πιθανή) εφαρμογή των παραπάνω διεργασιών στην Ελλάδα και σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα ενός μεγάλου και απομακρυσμένου νησιού, όπως την Κρήτη, περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια. Εκεί φαίνεται πώς οι ιδιαίτερες συνθήκες του συστήματος επηρεάζουν τις δυνατότητες και τις επιλογές για την επίλυση του προβλήματος των απορριμμάτων που περιέχουν πολυμερή υλικά.

Κεφάλαιο 7

Η ανακύκλωση πλαστικών στην Ελλάδα. Αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης στην Κρήτη.

7.1 Η Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης Ανακύκλωσης ΑΕ

7.1.1 Νομικό πλαίσιο

Στις 6 Αυγούστου του 2001 δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ/179 Α ο νόμος 2939 περί ‘Συσκευασιών και Εναλλακτικής Διαχείρισης των Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων’. Σύμφωνα με το νόμο αυτό που αποτελεί εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας στη σχετική νομοθεσία της Ε.Ε. και ειδικότερα στην οδηγία 94/62 της Ε.Ε., η χώρα μας όφειλε έως το τέλος του 2005 να αξιοποιεί το 50 % των αποβλήτων συσκευασίας.

Ο νόμος αυτός υποχρεώνει τις επιχειρήσεις που παράγουν ή εισάγουν συσκευασμένα προϊόντα και τα διαθέτουν στην εγχώρια αγορά, να μεριμνήσουν για τη συλλογή και ανακύκλωση των συσκευασιών των προϊόντων τους. Συνοπτικά, ο νόμος προβλέπει τη θέσπιση μέτρων για:

- τη διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων με στόχο την επαναχρησιμοποίησή τους ή και την αξιοποίηση των αποβλήτων τους,
- την πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων συσκευασιών,
- τη μείωση της τελικής διάθεσής τους, που θα μειώσει αντίστοιχα την κατανάλωση ενέργειας και πρωτογενών πρώτων υλών,
- τον καθορισμό ποσοτικών στόχων για την ανακύκλωση, καθώς και μεσοπρόθεσμων ή/και μακροπρόθεσμων χρονικών ορίων,
- το σχεδιασμό και την καθιέρωση συστημάτων επιστροφής, συλλογής και αξιοποίησης με τη συμβολή των εμπλεκόμενων μερών,
- την πρόβλεψη σήμανσης των συσκευασιών,
- το διαχωρισμό των αποβλήτων στην πηγή, που εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο ανακύκλωσης και ανάκτησης υλικών,
- την πρόβλεψη προτύπων τυποποίησης των συσκευασιών,
- την πρόβλεψη όρων που θα καθορίζουν τη συνεργασία όσων διαχειρίζονται συσκευασίες
- την καθιέρωση συστημάτων ενημέρωσης του πολίτη και εξοικείωσής του με τη διαχείριση τόσο των συσκευασιών, όσο και άλλων προϊόντων.

Οι εν λόγω υπόχρεοι διαχειριστές συσκευασιών σύμφωνα με τις προβλέψεις του νόμου έχουν ιδρύσει έναν συλλογικό φορέα την Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης ΑΕ, ΕΕΑΑ ΑΕ, για την από κοινού οργάνωση Συστήματος Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης με σκοπό την αξιοποίηση των συσκευασιών που βρίσκονται στα απορρίμματα.

Το επιχειρησιακό σχέδιο της ΕΕΑΑ ΑΕ έχει αδειοδοτηθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ σύμφωνα με την υπ' αριθμόν 106453/20-02-2003 υπουργική απόφαση της Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ βάσει του οποίου οργανώνεται το Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Αποβλήτων Συσκευασίας (ΣΣΕΔ – ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ). Σύμφωνα με την απόφαση αυτή στην ΕΕΑΑ θα συμμετέχει κατά 35 % η Κεντρική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων (ΚΕΔΚΕ).

Ο νόμος 2939/01 προβλέπει επίσης ότι οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), ως αρμόδιοι κατά νόμο φορείς διαχείρισης των απορριμμάτων, οφείλουν να οργανώσουν την αξιοποίηση των δημοτικών αποβλήτων συσκευασίας και να συνεργαστούν με το Σύστημα. Επομένως η βασικότερη παράμετρος για την επιτυχία ενός προγράμματος ανακύκλωσης υλικών συσκευασίας από τα δημοτικά απορρίμματα είναι η γόνιμη συνεργασία μεταξύ ΕΕΑΑ και Δήμου.

Το 2003 αποτέλεσε μια χρονιά σταθμό για τη χώρα μας, όσον αφορά τον τομέα της ανακύκλωσης, καθώς ο νόμος 2939/01 υποχρέωσε πλέον όλες τις επιχειρήσεις που εισάγουν, παράγουν και διαθέτουν στην εγχώρια αγορά συσκευασμένα προϊόντα να μεριμνούν για την συλλογή και ανακύκλωση των συσκευασιών τους. Αναλυτικότερα, στην εν λόγω νομοθεσία υπόκεινται οι πρωτογενείς, δευτερογενείς και τριτογενείς συσκευασίες που διακινούνται στην ελληνική αγορά, τα απόβλητα των συσκευασιών από όλες τις πηγές (βιομηχανία, εμπόριο, γραφεία, καταστήματα, υπηρεσίες, νοικοκυριά), καθώς και άλλα προϊόντα, όπως ελαστικά οχημάτων, μπαταρίες, ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές κ.α. Σύμφωνα με την Οδηγία 2004, η οποία αναθεωρεί την οδηγία 94/62/ΕΚ για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας, στόχοι, μέχρι τις 31/12/2011, είναι:

- ανάκτηση ή αποτέφρωση με ανάκτηση ενέργειας τουλάχιστον σε ποσοστό 60% κατά βάρος του συνόλου των απορριμμάτων συσκευασίας, καθώς και
- ανακύκλωση της τάξης του 55 - 80%, με
 - 60% κ.β. γυαλί,
 - 60% κ.β. χαρτί και χαρτόνι,
 - 50% κ.β. μέταλλα
 - 22,5% κ.β. πλαστικά,
 - 15% κ.β. ξύλο.

7.1.2 Ευρωπαϊκή εμπειρία

Ο νόμος 2939/01 αποτελεί εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την κοινοτική οδηγία 94/62. Σε κάθε χώρα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν ιδρυθεί συλλογικοί φορείς για τις συσκευασίες. Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 90 εκατομμύρια ευρωπαίοι πολίτες συμμετέχουν ενεργά στα προγράμματα διαλογής που υποστηρίζουν οι φορείς των υπόχρεων διαχειριστών συσκευασίας. Μάλιστα οι φορείς αυτοί χρησιμοποιούν ως σήμανση στις συσκευασίες το 'Πράσινο Σήμα' (Green Dot). Το 'Πράσινο Σήμα' δηλώνει ότι ο παρασκευαστής της φέρουσας συσκευασίας έχει εισφέρει χρηματικά σε κάποιο Συλλογικό Σύστημα Αξιοποίησης Αποβλήτων Συσκευασίας που έχει ιδρυθεί ως συνέπεια της ευρωπαϊκής οδηγίας 94/62.

Η ΕΕΑΑ ΑΕ έχει συμβληθεί με την Πανευρωπαϊκή ένωση των συστημάτων αυτών, την Pro Europe, και έχει την αποκλειστική χρήση του Πράσινου Σήματος για τη χώρα μας. Το σήμα αυτό παρέχεται στους συμμετέχοντες στο ΣΣΕΔ – Ανακύκλωση Διαχειριστές, και τους επιτρέπει την χρήση του για την επισήμανση των συσκευασιών τους.

7.1.3 Μέτοχοι ΕΕΑΑ ΑΕ

Το Σύστημα έχει ως μετόχους της συσκευαστές – διαχειριστές συσκευασιών, προμηθευτές πρώτων υλών καθώς και κατασκευαστές συσκευασιών. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιου συσκευαστές – διαχειριστές που συμμετέχουν στην ΕΕΑΑ ΑΕ:

- ION A.E.
- ΜΕΒΓΑΛ Α.Ε.
- ΝΕΣΤΛΕ ΕΛΛΑΣ Α.Ε.
- ΠΑΠΑΣΤΡΑΤΟΣ Α.Β.Ε.Σ.
- ΦΑΓΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ Α.Ε.
- COCA-COLA Ε.Ε.Ε Α.Ε.
- COLGATE PALMOLIVE (HELLAS) Α.Β.Ε.Ε.

Οι παραπάνω βιομηχανικές και εμπορικές επιχειρήσεις συμμετέχουν στο μετοχικό κεφάλαιο του Συστήματος με το 65 %.

7.1.4 Συνεργασία των ΟΤΑ με την ΕΕΑΑ

Σύμφωνα με τον Νόμο 2939/01, προβλέπεται η κατάρτιση εξαετών συμβάσεων συνεργασίας μεταξύ της ΕΕΑΑ και των ΟΤΑ, οι οποίες σκοπό έχουν να χρηματοδοτηθεί το επιπλέον κόστος που προκύπτει από την αξιοποίηση των αποβλήτων συσκευασίας στη διαχείριση των απορριμμάτων. Παρακάτω περιγράφονται τα πιστοποιημένα από το ΥΠΕΧΩΔΕ μοντέλα συνεργασίας με τους Δήμους. Διευκρινίζεται πως, βάσει του παραπάνω νόμου, ως «ΔΗΜΟΣ» ορίζεται και νοείται ο υπόχρεος φορέας διαχείρισης αποβλήτων, δηλαδή οι Δήμοι, οι Σύνδεσμοι, οι Δημοτικές Επιχειρήσεις κ.λπ.

Α' τρόπος συνεργασίας

(Τα έργα εκκινούν από το μηδέν σε συνεργασία Δήμων και Συστήματος — Οι Δήμοι αναλαμβάνουν τη συλλογή)

Επένδυση

Σύστημα: ΕΕΑΑ

(εκτός από τη γη: Δήμοι)

Λειτουργία

Συλλογή (προσωπικό, αναλώσιμα, συντήρηση): Δήμοι,

Τελική διάθεση υπολείμματος: Δήμοι

Επεξεργασία (προσωπικό, ηλεκτρική ενέργεια, αναλώσιμα κλπ.) : Σύστημα

Ενημέρωση: Σύστημα

Διαχείριση: Σύστημα

Οι δαπάνες επένδυσης που περιλαμβάνουν το σύνολο των αποθηκευτικών μέσων (τσάντες, κάδοι, κλπ.), των οχημάτων συλλογής, των κτιριακών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των απαιτούμενων Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ), χρηματοδοτούνται από το Σύστημα. Οι Δήμοι έχουν την υποχρέωση της παροχής χρήσης κατάλληλου βιομηχανικού γηπέδου (γης) και της δημιουργίας πρόσβασης σε αυτό. Επίσης οι Δήμοι οφείλουν να συνεργαστούν για την έκδοση των προβλεπόμενων περιβαλλοντικών και άλλων νομικών αδειών, των οποίων το κόστος καλύπτεται από το Σύστημα.

Οι Δήμοι εκτελούν τη συλλογή των ανακυκλώσιμων υλικών με τους δικούς τους εργαζόμενους βάσει συμφωνημένου σχεδιασμού. Οι Δήμοι καλύπτουν επίσης το κόστος καυσίμων, λιπαντικών και λοιπών αναλωσίμων της συλλογής, καθώς και το κόστος αποκομιδής και τελικής διάθεσης του υπολείμματος των ΚΔΑΥ. Όλες οι άλλες δαπάνες λειτουργίας των έργων καλύπτονται από το Σύστημα. Ο συγκεκριμένος τρόπος συνεργασίας εφαρμόζεται ήδη στην περίπτωση του έργου στο δήμο Αμαρουσίου.

Β' τρόπος συνεργασίας

(Οι επενδύσεις των έργων γίνονται από τους Δήμους — το Σύστημα αναλαμβάνει τη λειτουργία των έργων)

Επένδυση

Οι δαπάνες επένδυσης (συλλογής και επεξεργασίας) καλύπτονται από τους Δήμους βάσει προσυμφωνημένου σχεδιασμού και προδιαγραφών.

Λειτουργία

Συλλογή: Σύστημα

Επεξεργασία: Σύστημα

Ενημέρωση: Σύστημα

Διαχείριση: Σύστημα

Το Σύστημα αναλαμβάνει τη διαχείριση των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού και καλύπτει τις δαπάνες λειτουργίας (συλλογής, επεξεργασίας, κλπ.) για τη χρονική περίοδο των έξι ετών που προβλέπει ο Νόμος. Ο συγκεκριμένος τρόπος συνεργασίας εφαρμόζεται ήδη στην περίπτωση του έργου Πατρών.

Γ' τρόπος συνεργασίας

(Οι Δήμοι υλοποιούν τα προγράμματα αξιοποίησης των αποβλήτων συσκευασίας).

Πρόκειται για έργα ανακύκλωσης και αξιοποίησης υλικών συσκευασίας που έχουν οργανωθεί και κατασκευαστεί από τους Δήμους, οι οποίοι και τα λειτουργούν μόνοι τους χρηματοδοτούμενοι από το Σύστημα, κατά τις προβλέψεις του νόμου 2939. Υπογραμμίζεται σαφώς ότι τα έργα αυτά εξυπηρετούν τους στόχους και τις διατάξεις του Ν. 2939. Οι Δήμοι χρηματοδοτούνται από το Σύστημα βάσει του ακόλουθου τύπου ανά τόνο ανακτώμενου υλικού που πιστοποιημένα παραδίδεται προς αξιοποίηση στην αγορά των δευτερογενών υλικών.

Χρηματοδότηση των Δήμων = Ολικό κόστος ανακύκλωσης – Τιμή πώλησης υλικού – Εξοικονόμηση δαπανών διαχείρισης αποβλήτων

Όλα τα μεγέθη είναι ανηγμένα ανά τόνο δευτερογενούς (ανακτώμενου) υλικού. Διευκρινίζεται ότι αποσβέσεις που αφορούν έργα που έχουν χρηματοδοτηθεί από δημόσιους ή κοινοτικούς πόρους δε συνυπολογίζονται. Τα ανακτώμενα απόβλητα συσκευασίας οφείλουν να τηρούν συγκεκριμένες προσυμφωνημένες προδιαγραφές. Η πιστοποίηση της αξιοποίησης γίνεται μέσω των ανάλογων παραστατικών διάθεσης του υλικού και είναι δυνατόν να διενεργούνται έλεγχοι για να διαπιστώνεται η σύμφωνη με το Ν. 2939 αξιοποίηση των υλικών.

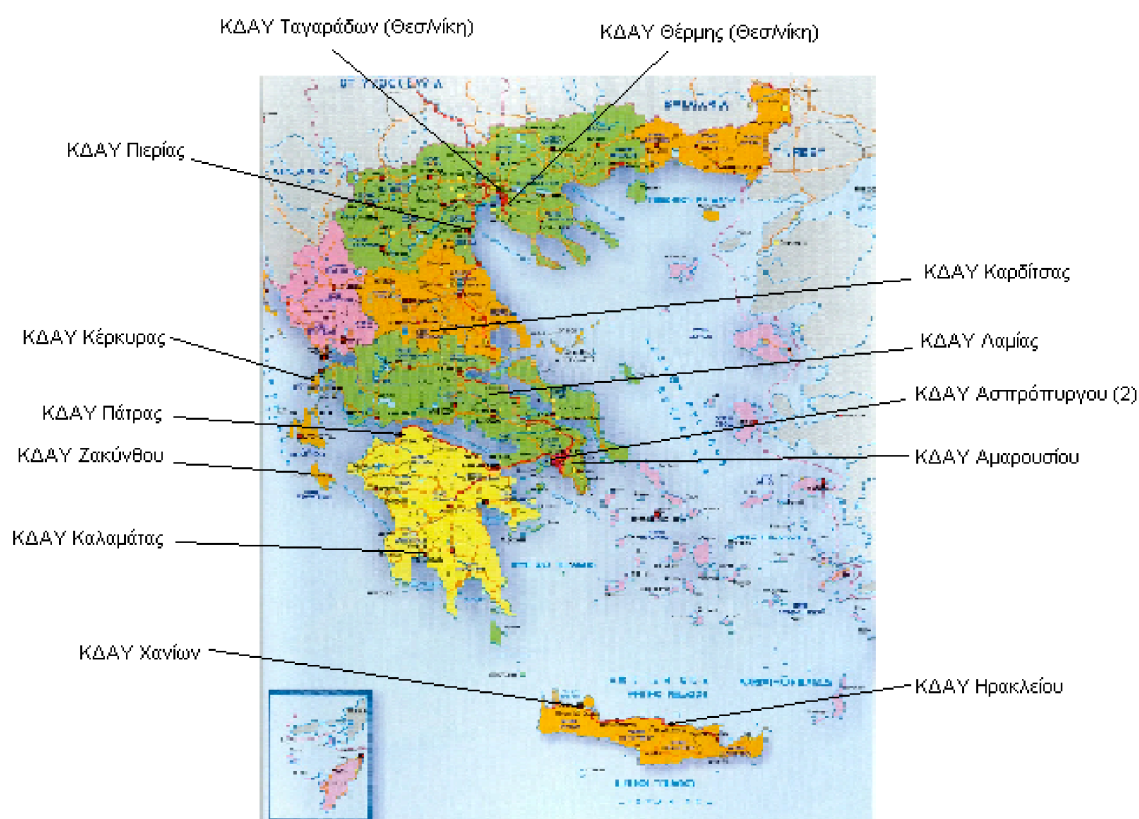
Εγγύηση απορρόφησης ανακτώμενων υλικών.

Αν οι Δήμοι αδυνατούν να βρουν χρήστες - αξιοποιητές για αυτό το υλικό και εφόσον η μη απορρόφηση δεν οφείλεται σε απόκλιση από τις συμφωνηθείσες προδιαγραφές, το Σύστημα υποχρεώνεται να παραλαμβάνει το δευτερογενές υλικό από προσυμφωνημένα σημεία παράδοσης σε μηδενική τιμή.

Ο συγκεκριμένος τρόπος συνεργασίας εφαρμόζεται ήδη στην περίπτωση του έργου της Ζακύνθου.

7.2 Δραστηριότητες ΕΕΑΑ

Η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης ΑΕ είναι ο διάδοχος φορέας της Ελληνικής Εταιρείας Ανάκτησης και Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) η οποία ιδρύθηκε το 1992, εννέα χρόνια πριν από την ισχύ του Νόμου και δύο πριν την ψήφιση της οδηγίας, και είναι από τις μεγαλύτερες επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή και διάθεση συσκευασιών και συσκευασμένων προϊόντων στην Ελλάδα. Η ΕΕΑΑ διαθέτει μεγάλη εμπειρία στον σχεδιασμό, οργάνωση



Σχήμα 7.1: Πανελλαδική ανάπτυξη ΚΔΑΥ

και λειτουργία έργων ανάκτησης υλικών συσκευασίας από τα στερεά απόβλητα με διαλογή στην πηγή, σε επίπεδο νοικοκυριού, σε συνεργασία με τους ΟΤΑ.

7.3 Πανελλαδική ανάπτυξη ΚΔΑΥ

Τα έργα που βρίσκονται σε λειτουργία σε όλη την Ελλάδα παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα. Το παρόν διάστημα βρίσκονται σε εξέλιξη συζητήσεις για την υλοποίηση επιπλέον έργων π.χ. Ρόδος, Σέρρες, Πέλλα. Στον πίνακα 7.1 εμφανίζονται συγκεντρωτικά τα στοιχεία και οι ανάλογοι παράμετροι για όλα τα ΚΔΑΥ στην Ελλάδα.

Βάσει του επιχειρησιακού σχεδιασμού και εφόσον η συνεργασία της ΕΕΑΑ με τους δήμους συνεχιστεί με τους ίδιους ρυθμούς, κατά το 2007 εκτιμάται ότι η αύξηση, τόσο στον εξυπηρετούμενο πληθυσμό, όσο και στις ποσότητες των υλικών συσκευασίας που αξιοποιήθηκαν, άγγιξε το 30 %. Οι ποσότητες υλικών συσκευασίας που έχουν δηλωθεί από 959 μέλη αντιπροσωπεύουν 469.427 τόνους υλικών συσκευασίας (2006), που αντιστοιχούν σε 10,6 δισεκατομμύρια συσκευασίες κατανάλωσης και επιμερίζονται ανά υλικό στον πίνακα 7.2:

Η ΕΕΑΑ ξεκίνησε το 2006 ένα πιλοτικό έργο που στόχο είχε την προώθηση της ανακύκλωσης αποβλήτων συσκευασίας από μη δημοτικά απορρίμματα δηλαδή τα Βιομηχανικά και Εμπορικά Απόβλητα Συσκευασίας (ΒΕΑΣ). Τα υλικά στα οποία έχει επικεντρωθεί το ενδιαφέρον είναι οι συσκευασίες:

- από χαρτί / χαρτόνι
- πλαστικές
- μεταλλικές
- ξύλινες

Δείκτης	2004	2005	2006
Εξυπηρετούμενοι κάτοικοι	428.827	2.514.638	4.297.977
Συμβεβλημένοι Δήμοι	102	211	337
ΚΔΑΥ που λειτουργούν	3	9	12
Κάδοι τοποθετημένοι	5.143	10.767	25.103
Οχήματα συλλογής	16	32	95
Τσάντες ανακύκλωσης	75.500	155.000	710.000
Θέσεις εργασίας	78	171	510
Δαπάνες για τη λειτουργία (εκ. €)	3,1	6,4	17,2
Επενδύσεις (εκ. €)	1,0	8,3	9,1
Τόνοι αποβλήτων συσκευασίας	5.505	63.551	266.623
Τόνοι έντυπου χαρτιού	4.781	8.810	19.660

Πίνακας 7.1: Απολογισμός Δράσης ΕΕΑΑ από το 2004 έως το 2006 (ΠΗΓΗ: ΚΔΑΥ Ηρακλείου)

Χαρτί-χαρτόνι	158.125
Χάρτινη Συσκευασία υγρών	18.338
Πλαστικά	112.257
Αλουμίνιο	21.608
Σίδηρος	35.038
Γυαλί	107.901
Ξύλο	14.096
Λοιπά	2.064
Σύνολο	469.427

Πίνακας 7.2: Ποσότητες υλικών συσκευασίας που έχουν δηλωθεί στην ΕΕΑΑ από τα μέλη (Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, www.herrco.gr, 2006)

Ποσότητα πλαστικών (τόνοι)	προοδευτικό σύνολο (τόνοι)	επιδότηση ΕΕΑΑ (€/τόνο)	σύνολο επιδότησης (€)	προοδευτικό σύνολο (€)
150	150	0	0	0
2.850	3.000	55	156.750	156.750
5.000	8.000	100	500.000	656.750
10.000	18.000	110	1.100.000	1.756.750
12.000	30.000	120	1.440.000	3.196.750

Πίνακας 7.3: Επιδότηση από την ΕΕΑΑ πλαστικών συσκευασιών (Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, www.herrco.gr)

Υποψήφιοι συνεργάτες της ΕΕΑΑ σε αυτή τη δράση είναι οι επιχειρήσεις που ασχολούνται με τη συλλογή, εμπορία ή επεξεργασία (ανακύκλωση) αποβλήτων συσκευασίας. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο ενδιαφερόμενος να είναι αδειοδοτημένος σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο για τις δραστηριότητές του. Εφόσον υπογραφεί η σχετική Σύμβαση Συνεργασίας, η ΕΕΑΑ χρηματοδοτεί τις ποσότητες των αποβλήτων συσκευασίας που πιστοποιημένα συλλέγονται και ανακυκλώνονται, δηλαδή πωλούνται, από τους Συνεργάτες σύμφωνα με το πίνακα 7.3.

7.4 Διαχείριση Αποβλήτων Ελαστικών

Τα ελαστικά των οχημάτων αποτελούνται από συνθετικό καουτσούκ, μέταλλα και λινό. Στα λάστιχα των φορτηγών η αναλογία είναι 35% μέταλλο, 49% συνθετικό καουτσούκ και το υπόλοιπο 16% λινό (πολυεστερικό νήμα). Στα λάστιχα των Ι.Χ. αυτοκινήτων το λινό φτάνει το 30%, το ατσάλι 8% - 10% και το υπόλοιπο είναι συνθετικό καουτσούκ. Ο χρόνος βιοαποικοδόμησης των ελαστικών είναι μερικές εκατοντάδες χρόνια. Το υλικό, δηλαδή, παραμένει στο χώρο απόρριψης για πάντα, υποβαθμίζοντας αισθητικά το χώρο και αποτελώντας μόνιμη εστία μόλυνσεων από τα στάσιμα νερά που εγκλωβίζονται στα κοίλα του, ενώ αυξάνει τον κίνδυνο πυρκαγιάς σε δασικές εκτάσεις.

Σύμφωνα με τους στόχους της νομοθεσίας μέχρι τις 31 Ιουλίου 2006, η αξιοποίηση των μεταχειρισμένων αποβλήτων ελαστικών οχημάτων θα έπρεπε να είναι τουλάχιστον στο 65% των αποσυρόμενων ελαστικών (η ανακύκλωση θα έπρεπε να φτάσει τουλάχιστον το 10%). Επίσης απαγορεύτηκε η υγειονομική ταφή ολόκληρων ή τεμαχισμένων ελαστικών από τον Ιούλιο του 2003 και τον Ιούλιο του 2006 αντίστοιχα.

7.4.1 Τι έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα

Το εγκεκριμένο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης για τα μεταχειρισμένα ελαστικά, η ECOELASTIKA, περιλαμβάνει μεταχειρισμένα ελαστικά στο μεγαλύτερο τμήμα της ηπειρωτικής χώρας και σε μέρος της νησιωτικής (καλύπτει 39 νομούς και τα νησιά της Ρόδου, Κεφαλονιάς, Λέσβου και Ζακύνθου). Σημεία συλλογής είναι βουλκανιζατέρ, συνεργεία, αναγομωτήρια και διαλυτήρια αυτοκινήτων εφόσον τα τελευταία συνεργάζονται με το εγκεκριμένο σύστημα της ΕΔΟΕ. Η ECOELASTIKA έχει αναλάβει το κόστος συλλογής, μεταφοράς και τελικής διάθεσης των μεταχειρισμένων ελαστικών.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις το 2005 απορρίφθηκαν 45.670 τόνοι χρησιμοποιούμενων ελαστικών. Τη χρονιά αυτή (2005) η ECOELASTIKA διαχειρίστηκε συνολικά 24.869 τόνους μεταχειρισμένων ελαστικών εκ των οποίων το 56% ανακυκλώθηκε, 21% κατέληξε για ενεργειακή αξιοποίηση στην τσιμεντοβιομηχανία ενώ τα υπόλοιπα ελαστικά (δηλ. 8.200 τόνοι) παρέμειναν αποθηκευμένα.

Η ECOELASTIKA διαχειρίστηκε μέχρι και τον Οκτώβριο του 2006 συνολικά 33.785 τόνους, ενώ εκτιμάται ότι μέχρι τα τέλη του 2006 θα έχουν συλλεχθεί πάνω από 45.000 τόνοι χρησιμοποιημένων ελαστικών, σε συνολική εκτιμώμενη ποσότητα αποβλήτων ελαστικών 46.000 τόνους/yr (με έτος αναφοράς το 2005).

Οι ποσότητες των ελαστικών που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους κατ'έτος ανέρχονται σε 55.000 τόνους περίπου σε όλη την επικράτεια, ενώ οι ποσότητες των μεταχειρισμένων ελαστικών παρουσιάζουν αύξηση όμοια με αυτή του στόλου των αυτοκινήτων. Το 55% των μεταχειρισμένων ελαστικών βρίσκεται στην Αθήνα, ενώ το υπόλοιπο είναι διασκορπισμένο σε όλη την επικράτεια. Μικρό ποσοστό των ελαστικών που αποσύρονται από την κυκλοφορία (3% του συνόλου) προωθούνται σε εταιρείες αναγόμενης ελαστικών, ενώ σημαντικό ποσοστό είναι αποθηκευμένο σε μακροχρόνια αποθήκευση ή απορρίπτεται ανεξέλεγκτα.

Επίσης, σημαντικές ποσότητες χρησιμοποιημένων ελαστικών (περίπου 12.000 τόνοι ετησίως), σύμφωνα με στοιχεία των εταιρειών, είναι βιομηχανικά ελαστικά (ελαστικοί ταινιόδρομοι κτλ.) τα οποία απορρίπτονται ανεξέλεγκτα μετά από παρατεταμένη χρήση και συνεχείς επισκευές από τα βιομηχανοστάσια. Αποτέλεσμα του τρόπου συλλογής και της τελικής διάθεσης μέχρι σήμερα ήταν η μη ορθολογική και κυρίως η μη οικολογική αντιμετώπιση του προβλήματος των χρησιμοποιημένων ελαστικών. Τα ελαστικά συντίθενται από υλικά τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ώστε να μην επιβαρύνουν το ήδη οξυμένο πρόβλημα της συσσώρευσης αποβλήτων οποιασδήποτε μορφής.

Στο σύστημα συμμετέχουν 114 επιχειρήσεις, δηλαδή το 97% των επιχειρήσεων που είναι υποχρεωμένες να ανακυκλώνουν. Έχουν κατασκευαστεί 4 μονάδες ανακύκλωσης ελαστικών και δύο είναι υπό κατασκευή και θα έπρεπε να λειτουργήσουν μέσα στο 2007. Το 2006 οι ποσότητες που ανακυκλώθηκαν και αξιοποιήθηκαν ανήλθαν στις 34.000 τόνους, που αντιστοιχούν στο 74% της συνολικής παραγόμενης ποσότητας (περίπου 46.000 τόνοι).

7.4.2 Το εργοστάσιο ΕΛΒΑΝ ΑΕ στον Ασπρόπυργο

Η διαχείριση ξεκινάει με τη συλλογή των απορριμμάτων ελαστικών από τα βουλκανιζατέρ, τα διαλυτήρια αυτοκινήτων, τα συνεργεία και τα αναγομωτήρια. Αυτά τα σημεία συλλογής στην Ελλάδα είναι περίπου 2.000 και η ECOELASTIKA ήδη συνεργάζεται με τα μισά. Μέχρι το τέλος του χρόνου, υπολογίζεται ότι ο κατάλογος των σημείων συλλογής θα είναι πλήρης και θα συμπεριλαμβάνει όσα διαθέτουν μεταχειρισμένα ελαστικά δίτροχων οχημάτων, άλλα 2.000 καταστήματα. Τα παλιά ελαστικά οδηγούνται από τους συμβεβλημένους ή συνεργαζόμενους μεταφορείς στις εταιρείες αξιοποίησης ή ανακύκλωσης, ανάλογα με τις εντολές του διαχειριστικού φορέα.

Για την ανακύκλωση του ελαστικού είναι απαραίτητος ο τεμαχισμός του και η μηχανική κοκκοποίηση. Μια σειρά τεμαχιστών κόβει το λάστιχο σε μικρά και μικρότερα κομμάτια μέχρι να γίνουν κόκκοι συγκεκριμένου διαμετρήματος. Μαγνήτες διαχωρίζουν το ατσάλι και φυγοκεντρικά κόσκινα αφαιρούν το λινό. Τα μέταλλα πωλούνται στη Χαλυβουργική, το λινό στην ασβεστοποιία για να αντικαταστήσει το πετρέλαιο καύσης. Το τρίμμα ελαστικού πωλείται ανάλογα με τις εφαρμογές που έχει. Οι κόκκοι του ανακυκλωμένου ελαστικού ανάλογα με τη διάμετρό τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια πληθώρα προϊόντων. Στα μικρά γήπεδα ποδοσφαίρου, στα μαλακά πλακάκια στις παιδικές χαρές και στο τερέν του στίβου, στις λεωφορειολωρίδες. Κι αυτές είναι μόνο μερικές από τις χρήσεις του. Σε άλλες χώρες ο κόκκος του ανακυκλωμένου ελαστικού χρησιμοποιείται τόσο στις οικοδομές μαζί με το μπετόν -γιατί έχει θερμομονωτικές και αντισεισμικές ιδιότητες-, στην κατασκευή οδοστρωμάτων λόγω των αντιολισθητικών ιδιοτήτων που έχει όσο και στην κατασκευή παραπετασμάτων στις λεωφόρους ταχείας κυκλοφορίας, ως ηχομονωτικό στις ράγες του τραμ, στα σαμαράκια των δρόμων, στο διάδρομο των ιπποδρομιών κ.λπ. Η πιο διαδεδομένη στην Ελλάδα είναι η χρήση στα μικρά γήπεδα, στο στίβο και στις παιδικές χαρές σαν συνθετικός χλοοτάπητας. Επίσης το ανακυκλωμένο πλαστικό χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην κατασκευή αποστραγγιστικού έργου στη λεκάνη του χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στην Αιγείρα στο νομό Αχαΐας. Οι εφαρμογές μπορούν να είναι πολύ περισσότερες. Στην Αγγλία, π.χ., κυκλοφορούν mouse pads με την ένδειξη «Ανακύκλωση - κάποτε ήμουν ένα λάστιχο αυτοκινήτου».

7.5 Διαχείριση Αποβλήτων Οχημάτων Μετά το Τέλος Ζωής

Μέχρι την 1/1/2006, για όλα τα οχήματα μετά το τέλος κύκλου ζωής τους, η επαναχρησιμοποίηση και η αξιοποίηση έπρεπε να αυξηθεί στο 85% κατά μέσο βάρος ανά όχημα και ανά έτος, άρα

η ταφή να φτάσει το 15%. Μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2015, για όλα τα άχρηστα οχήματα, η επαναχρησιμοποίηση και αξιοποίηση πρέπει να αυξηθεί τουλάχιστον στο 95% κ.β. ανά όχημα και ανά έτος. Εντός των ιδίων χρονικών ορίων, η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση πρέπει να αυξηθεί τουλάχιστον στο 85% κ.β. ανά όχημα και ανά έτος.

Στο σύστημα που διαχειρίζεται τα οχήματα τέλους κύκλου ζωής στην Ελλάδα συμμετέχουν 34 επιχειρήσεις (επίσημοι αντιπρόσωποι αυτοκινήτων), δηλαδή το 100% των επιχειρήσεων που είναι υποχρεωμένες να ανακυκλώνουν. Λειτουργούν 28 κέντρα παράδοσης οχημάτων σε 19 νομούς της χώρας, 23 εγκαταστάσεις επεξεργασίας οχημάτων τέλους κύκλου ζωής, ενώ προβλέπεται η δημιουργία ακόμη 10 κέντρων παράδοσης το 2007. Σύμφωνα με στοιχεία της Εναλλακτικής Διαχείρισης Οχημάτων Ελλάδος (ΕΔΟΕ), το 2006 οι ποσότητες που ανακυκλώθηκαν ήταν 42.458 τόνοι, δηλαδή 30.570 οχήματα, που αντιστοιχούν στο 62% της εκτιμώμενης ποσότητας οχημάτων τέλους κύκλου ζωής. Το ποσοστό ανακύκλωσης κάθε οχήματος ανέρχεται σε 82,4%, δηλαδή 2,4% πάνω από το προβλεπόμενο στην οδηγία ποσοστό.

Σύμφωνα με το νομοθετικό πλαίσιο η ΕΔΟΕ είναι εγκεκριμένο και αδειοδοτημένο σύστημα (υπουργική απόφαση αρ. 105136/ΦΕΚ907Β/17.06.04) που έχει την υποχρέωση να προωθήσει πανελλαδικά την εναλλακτική διαχείριση των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η επεξεργασία των οχημάτων που φτάνουν στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

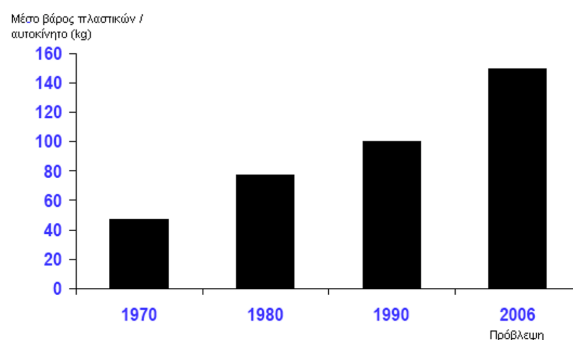
Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας είναι η απορρύπανση και αποσυναρμολόγηση του αυτοκινήτου. Κατά το στάδιο της απορρύπανσης αφαιρούνται όλα τα υγρά, η μπαταρία και τα ελαστικά. Αυτά τα υλικά αποθηκεύονται και στη συνέχεια προωθούνται σε παράλληλα συστήματα ανακύκλωσης για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά την απορρύπανση αφαιρούνται τα πλέον εμπορεύσιμα ανταλλακτικά προς πώληση και άρα επαναχρησιμοποίηση. Αφαιρούνται τα μέρη τα οποία περιέχουν μέταλλα προς ανακύκλωση αλουμινίου, τζάμια για ανακύκλωση γυαλιού και άλλα. Η αποσυναρμολόγηση γίνεται συνήθως χειρονακτικά. Αυτοματοποίηση της θα μειώσει το κόστος και θα αυξήσει το κέρδος του αποσυναρμολογητή. Οι πληροφορίες που δίνει ο κατασκευαστής του αυτοκινήτου είναι σε αυτό το στάδιο πολύτιμες.

Αυτό που μένει μετά από τις δραστηριότητες αποσυναρμολόγησης ονομάζεται “hulk” και περιλαμβάνει τα μεταλλικά τμήματα του σκελετού του οχήματος, μέρος των ηλεκτρονικών συσκευών, τα περισσότερα πλαστικά (καθίσματα, πίνακας οργάνων κ.α.), γυαλί και καουτσούκ. Το υπόλοιπο αυτό κλάσμα οδηγείται στους τεμαχιστές ώστε να λάβει χώρα η ανακύκλωση των υλικών. Στη διαδικασία τεμαχισμού, γίνεται μαγνητικός διαχωρισμός ώστε να αφαιρεθούν τα σιδηρούχα μέταλλα από τα άλλα υλικά. Τα μη σιδηρούχα μέταλλα διαχωρίζονται το ένα από το άλλο σε περαιτέρω στάδια.

Οι διεργασίες τεμαχισμού παράγουν δύο ρεύματα αποβλήτων: τη μεταφερόμενη δια αέρος σκόνη, που αποτελείται από ίνες υφάσματος, ακαθαρσίες, σκουριά, βαφές κ.λπ. που μαζεύεται στο σύστημα συλλογής σκόνης των τεμαχιστών και τα μη μεταλλικά υπολείμματα που απομένουν μετά το διαχωρισμό των μετάλλων, κυρίως, δηλαδή, πλαστικά, γυαλί, καουτσούκ κ.α. Τα δύο αυτά ρεύματα αποτελούν το λεγόμενο Υπόλειμμα Τεμαχισμού των Αυτοκινήτων, ASR (Automotive Shredder Residue), και αντιπροσωπεύουν περίπου το 25% του βάρους του οχήματος. Αυτό το ποσό αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον, δεδομένου ότι οι κατασκευαστές οχημάτων συνεχίζουν να χρησιμοποιούν περισσότερα πλαστικά, υφάσματα και συνθετικά για να μειώσουν το βάρος του οχήματος και να εκπληρώσουν τις απαιτήσεις αποδοτικότητας των καυσίμων, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.2.

Το υπόλειμμα αναμιγνύεται συνήθως με υπολείμματα από άλλες διαδικασίες τεμαχισμού και οδηγείται σε χώρους ταφής. Αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 0,2% του συνόλου των αποβλήτων και περίπου το 10% του συνολικού ποσού επικίνδυνων αποβλήτων που παράγονται στην Ε.Ε. Το σημερινό ποσό αποβλήτων από τον τεμαχισμό των αυτοκινήτων κυμαίνεται από 2 έως 2,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως. Το σημερινό ποσοστό ανάκτησης/ανακύκλωσης υπολογίζεται περίπου στο 75% του βάρους του οχήματος, τόσο για το σύνολο της Ε.Ε. όσο και για κάθε χώρα ξεχωριστά.

Δεν υπάρχει καθορισμένος τρόπος μέτρησης των ποσοστών αυτών στις διάφορες χώρες. Έτσι το 75% αναφέρεται στην ουσία στο μεταλλικό περιεχόμενο των αυτοκινήτων, κάνοντας την υπόθεση ότι σχεδόν όλα τα μέταλλα επαναχρησιμοποιούνται ή ανακυκλώνονται κατά τη φάση αποσυναρμολόγησης και τεμαχισμού. Το ASR, που αποτελεί όπως προαναφέρθηκε περίπου το 25% του βάρους του οχήματος, θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει το ποσοστό του οχήματος



Σχήμα 7.2: Μέση ποσότητα πλαστικών ανά αυτοκίνητο στην Ευρώπη (A.Kistenmacher, APME Brussels, Plastics Recycling-State of the art, 2003)

που οδηγείται σε χώρους υγειονομικής ταφής, αν ληφθεί υπόψη ότι πολύ μικρό ποσοστό αυτού καίγεται με ταυτόχρονη ανάκτηση ενέργειας. Αν θεωρηθεί σωστή η εκτίμηση που αναφέρεται στην Οδηγία 2000/53, ότι δηλαδή αποσύρονται ετησίως 8.000.000 – 9.000.000 αυτοκίνητα, και αν θεωρηθεί ως μέσο βάρος αυτών τα 1000kg, τότε εύκολα καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι 6,4 εκατομμύρια τόνοι υλικών είτε επαναχρησιμοποιούνται είτε ανακυκλώνονται και 2,1 εκ. τόνοι ASR οδηγούνται προς ταφή.

Διαλογή των πλαστικών από το ASR συνήθως δεν γίνεται γιατί τα πολυμερή είναι πολλών ειδών, αναμειγμένα, ακάθαρτα και δεν συμφέρει. Με την αύξηση της τιμής της πρώτης ύλης και με την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων μεθόδων αναγνώρισης των διαφόρων πολυμερών η διαλογή μπορεί να γίνει συμφέρουσα.

Η ανάκτηση των πλαστικών, των οποίων μάλιστα η χρήση έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, από το ASR δεν είναι τόσο ανεπτυγμένη. Το πρόβλημα για την ανακύκλωση έγκειται στη διαφορετική χημική σύσταση των διαφόρων τύπων των πλαστικών που χρησιμοποιούνται όσο και στο υψηλό κόστος της διαλογής. Με την αύξηση της τιμής της πρώτης ύλης και με την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων μεθόδων αναγνώρισης των διαφόρων πολυμερών η διαλογή μπορεί να γίνει συμφέρουσα. Μια πιθανή εναλλακτική λύση είναι η καύση με ανάκτηση ενέργειας υπό κατάλληλες συνθήκες ώστε να μην εκλυθούν διοξίνες ή φουράνια.

7.6 Διαχείριση Αποβλήτων Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Ειδών

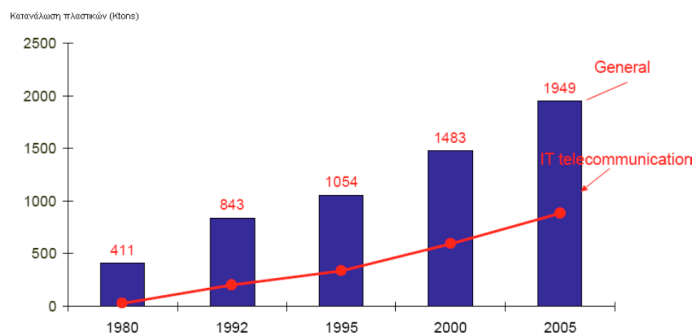
Στόχος της νομοθεσίας είναι η χωριστή συλλογή Αποβλήτων Ηλεκτρικών και Ηλεκτρονικών Ειδών (ΑΗΗΕ) στην πηγή. Από το 2006 έως και το 2008, τα απόβλητα αυτά αναμένονται να φτάσουν τα 4 kg ανά κάτοικο, δηλαδή 44.800 τόνοι/χρόνο. Το 2009 οι στόχοι θα αναπροσαρμόσουν μάλλον σε υψηλότερα επίπεδα. Από το 2006 ξεκίνησε η εξέλιξη μιας σειράς επικίνδυνων υλικών από τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Το έμπηΤι έχει επιτευχθεί μέχρι σήμερα

Μέχρι σήμερα συμμετέχουν στο σύστημα διαχείρισης ΑΗΗΕ 691 επιχειρήσεις, δηλαδή το 85% των επιχειρήσεων που είναι υποχρεωμένες να ανακυκλώνουν. Το 2007 εγκαινιάστηκε το πρώτο εργοστάσιο ανακύκλωσης που ως σήμερα λειτουργούσε δοκιμαστικά και κατασκευάζεται άλλο ένα στη Θεσσαλονίκη. Το 2006 οι ποσότητες που ανακυκλώθηκαν ανήλθαν σε 11.500 τόνους, που αντιστοιχούν στο 25% της συνολικής ετήσιας ποσότητας που έχουμε την υποχρέωση να ανακυκλώσουμε (44.000 τόνοι) με βάση την κοινοτική οδηγία. Το 2007 πρέπει να έχουν ανακυκλωθεί 30.000 τόνοι, άρα το 68% των υποχρεώσεών μας.

Οι ποσότητες πλαστικών των ΑΗΗΕ έχουν μια σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη. Αυτό παρατηρείται και στο διάγραμμα 7.3.

Η εταιρία Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ. αποτελεί τον υπεύθυνο φορέα για την οργάνωση



Σχήμα 7.3: Κατανάλωση πλαστικών στις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές (A.Kistenschacher, APME Brussels, Plastics Recycling-State of the art, 2003)

και τη λειτουργία του συλλογικού συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού στην Ελλάδα. Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η επεξεργασία που πραγματοποιείται στο Ελληνικό Κέντρο Ανακύκλωσης στους Αγ. Θεοδώρους.

Το Ελληνικό Κέντρο Ανακύκλωσης (Ε.Κ.ΑΝ.) στους Αγ. Θεοδώρους είναι το πρώτο, και προς το παρόν, το μοναδικό εργοστάσιο ανακύκλωσης ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, το οποίο έχει συνεργασία με την 'Ανακύκλωση Συσκευών ΑΕ'. Η δυναμικότητα της μηχανικής διαλογής του εργοστασίου είναι 6 τόνοι την ώρα. Σε πλήρη λειτουργία μπορεί να επεξεργάζεται 15.000 έως 20.000 τόνους ετησίως. Έχει τη δυνατότητα να ανακυκλώνει οποιαδήποτε ηλεκτρική και ηλεκτρονική συσκευή. Ηλεκτρονικούς υπολογιστές, εκτυπωτές και άλλα περιφερειακά υπολογιστών, ψυγεία, κουζίνες, άλλες συσκευές εστίασης, τηλεοράσεις κ.λπ.

Το δίκτυο συλλογής λειτουργεί μέσω των δήμων μέχρις στιγμής. Οι δήμοι οι οποίοι έχουν υπογράψει σύμβαση και συνεργάζονται με την εταιρία ανέρχονται συνολικά στους 174. Επίσης, από τα τέλη του 2005 έχει ξεκινήσει και υλοποιείται πρόγραμμα συνεργασίας με το δίκτυο καταστημάτων Cosmote για την ανακύκλωση κινητών τηλεφώνων και αξεσουάρ κινητής τηλεφωνίας.

Από τη στιγμή που θα γεμίσει το κοντέινερ στο σημείο συλλογής του δήμου, τα ΑΗΗΕ μεταφέρονται στο εργοστάσιο. Εκεί τα στάδια που ακολουθούνται είναι τα εξής : Υποδοχή και ζύγιση των φορτίων, εκφόρτωση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού από τα φορτηγά· διαλογή και ταξινόμηση των διάφορων συσκευών, με χειρωνακτικό τρόπο ή και με ειδικές μηχανές. Μέσα στο εργοστάσιο έχουν δημιουργηθεί ξεχωριστές γωνίες εργασίας, όπου πηγαίνουν οι διάφορες συσκευές για αποσυναρμολόγηση. Το κάθε τι ταξινομείται αντίστοιχα: πολύτιμα μέταλλα, κοινά μέταλλα, διάφορα είδη πλαστικών, μέρη με επικίνδυνα στοιχεία που χρειάζονται ειδική διαχείριση, διάφορα είδη γυαλιού κ.λπ. Για παράδειγμα, από τους υπολογιστές διαχωρίζονται τα τροφοδοτικά, οι πλακέτες, τα σίδερα, οι σκληροί δίσκοι, οι συσκευές παιξίματος DVD και CD, καθώς και τα πλαστικά, μικρά και μεγάλα.

Ειδική διαχείριση, λόγω επικίνδυνων ουσιών, απαιτείται στις μπαταρίες, οι οποίες συγκεντρώνονται και δίνονται στο ειδικό σύστημα ανακύκλωσης μπαταριών, στους πυκνωτές και στους διακόπτες. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες μεταφέρονται σε κατάλληλες μονάδες στη Γερμανία.

Αφού αφαιρεθούν όλα τα χρήσιμα, πολύτιμα ή επικίνδυνα υλικά, ό,τι απομένει –γίνεται προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν πιο «καθαρό»– οδηγείται σε μια σύγχρονη μηχανική «αλυσίδα» κατακερματισμού και διαλογής. Η μηχανή αποτελείται από ένα ταινιόδρομο, που οδηγεί αρχικά το υλικό στον προσπαστήρα, όπου σπάζεται σε μικρά κομμάτια. Στη συνέχεια, ένας ηλεκτρομαγνήτης τραβάει το σίδηρο, ενώ ένας κοκκοποιητής μάς δίνει μικρά κομματάκια, με διάμετρο όχι πάνω από δύο εκατοστά. Στη συνέχεια, ένα ηλεκτρομαγνητικό τύμπανο διαχωρίζει τα εναπομείναντα ρινίσματα σιδήρου, ενώ στο επόμενο στάδιο διαχωρίζονται το πλαστικό, ο χαλός, το αλουμίνιο και τα απορρίμματα.

Στα σκουπίδια καταλήγει μόλις το 10% του αρχικού βάρους και μάλιστα με πολύ μικρό όγκο, καθώς έχουν πια κομματιαστεί σε πολύ μικρά κομμάτια, πράγμα που κάνει πολύ πιο εύκολη τη διαχείρισή τους. Το σίδηρο και τα υπόλοιπα μέταλλα (χαλός, νικέλιο, αλουμίνιο)



πηγαίνουν στις αντίστοιχες βιομηχανίες, οι οποίες τα ρίχνουν στην παραγωγή. Από τις πλακέτες των υπολογιστών, αλλά και από άλλα μέρη, μπορούν να ανακτηθούν πολύτιμα μέταλλα. Ήδη υπάρχει συμφωνία με βελγική εταιρεία που ειδικεύεται στον τομέα. Αρκετές από τις οθόνες υπολογιστών που συλλέγονται είναι σε καλή κατάσταση. Ύστερα από ένα πρώτο έλεγχο, εξάγονται σε εταιρείες που τις επιδιορθώνουν και τις πουλάνε ύστερα σε χώρες του Τρίτου Κόσμου. Ήδη η ΕΚΑΝ έχει κλείσει συμφωνία με κορεατική εταιρεία, με τιμή περίπου 2 € την οθόνη. Σήμερα υπολογίζεται ότι το 20% των οθονών που έφτασαν στην ΕΚΑΝ πήγαν για νέα χρήση.

Δυσκολία υπάρχει ακόμα για τη διάθεση του πλαστικού εξαιτίας της ελλειμματικής εμπειρίας στην Ελλάδα στη διαχείριση ανάλογων τύπων πλαστικού. Και εδώ το πρόβλημα είναι η διαλογή, αν και ένα μεγάλο μέρος του αποτελείται από ABS, ένα πολυμερές με αρκετά υψηλή τιμή. Πιο δύσκολη είναι η κατάσταση με το γυαλί, καθώς υπάρχει μόνο μία υαλουργία στην Ελλάδα.

7.7 Ανακύκλωση πλαστικών στην Κρήτη

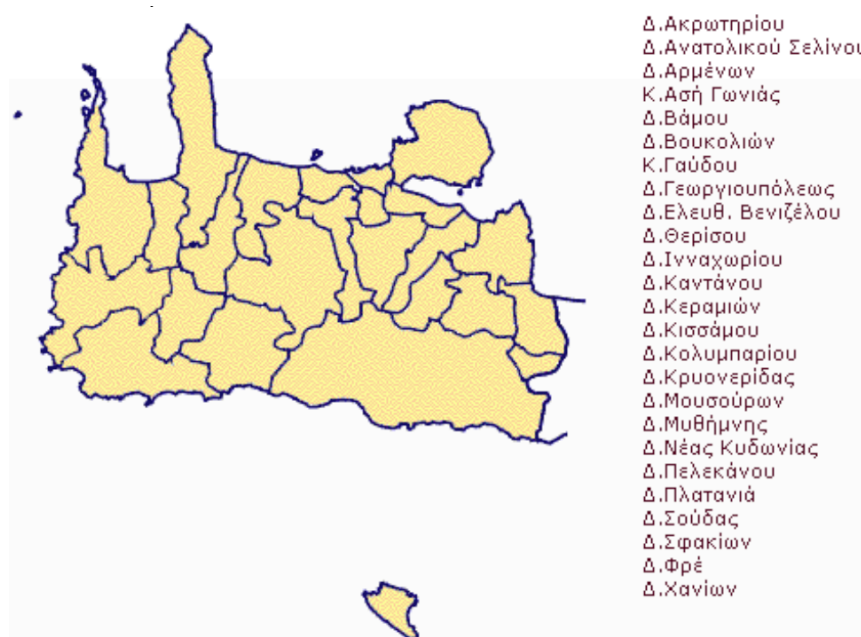
Για την καλύτερη περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης ως προς την ανακύκλωση πλαστικών στην Κρήτη, θα χωριστεί και θα περιγραφεί ο κάθε νομός ξεχωριστά.

7.7.1 Ανακύκλωση πλαστικών στο Ν. Χανίων

Ο νομός Χανίων καλύπτει το δυτικό τμήμα της Κρήτης κι έχει έκταση 2.376 τ.χ. και πληθυσμό 149.163 κατοίκους (απογραφή 2001). Το ποσοστό μεταβολής από το 1991 έως το 2001 ανήλθε σε 10,9%, με ετήσιο ρυθμός αύξησης 1,4% (Κ. Μύρκου, Εξέλιξη των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των στερεών απορριμμάτων του Νομού Χανίων, 2006). Ο νομός υποδιαιρείται σε πέντε επαρχίες με πρωτεύουσα την πόλη των Χανίων. Από το 1999 ο νομός χωρίζεται σε 23 Δήμους και 2 κοινότητες όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα 7.4. Ο πληθυσμός των παραπάνω δήμων σύμφωνα με την απογραφή του 2001 παρουσιάζεται στον πίνακα 7.4.

Η περιεκτικότητα των δημοτικών απορριμμάτων σε πλαστικά, από 8,7% το 1991, αυξήθηκε σύμφωνα με μελέτη του 2005 σε 15,3%, μια αύξηση της τάξης του 75,4%. Στο διάγραμμα 7.5 παρουσιάζεται η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων στα Χανιά, σύμφωνα με στοιχεία του Πολυτεχνείου Κρήτης. Σύμφωνα με μελέτη του ΕΜΠ, η ετήσια παραγόμενη ποσότητα πλαστικών ανερχόταν σε 4.825,72 tn/yr το 1991, ενώ σε μελέτη του Πολυτεχνείου Κρήτης το 2005 για τα Χανιά, τα πλαστικά ανέρχονται σε 13.057,37 tn/yr. Αυτό ισοδυναμεί με μια αναμενόμενη απόλυτη αύξηση των πλαστικών απορριμμάτων της τάξης του 170,6%. Τέλος η μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων (ΜΠΑ) για τον μόνιμο πληθυσμό του Ν. Χανίων υπολογίστηκε σύμφωνα με μελέτη του Πολυτεχνείου Κρήτης στα 2,15 kg/d/άτομο, ενώ η ΜΠΑ λόγω τουρισμού είναι 2,44 kg/d/άτομο. Σύμφωνα πάντως με τον υπεύθυνο της ΔΕΔΙΣΑ κ. Μ. Βαρδάκη, η ΜΠΑ ανέρχεται σε 1,3 kg/d/άτομο.

Οι σημαντικές αυξήσεις στις ποσότητες των πλαστικών τα τελευταία χρόνια αποτυπώνουν ξεκάθαρα την αύξηση που έχει σημειωθεί στα υλικά συσκευασίας, με αποτέλεσμα την αλλαγή στις καταναλωτικές συνήθειες των πολιτών, αλλά και στην τάση πλέον των βιομηχανιών για παραγωγή και διάθεση στην αγορά τυποποιημένων προϊόντων (Κ. Μύρκου, Εξέλιξη των ποιοτικών



Σχήμα 7.4: Ο νομός Χανίων και οι δήμοι του

Απογραφή 2001	
Νομαρχία Χανίων	149.163
Δήμος Ακρωτηρίου	10.220
Δήμος Ανατολικού Σελίνου	1.460
Δήμος Αρμένων	3.268
Δήμος Βάμου	2.864
Δήμος Βουκολιών	3.275
Δήμος Γεωργιουπόλεως	2.461
Δήμος Ελευθερίου Βενιζέλου	10.576
Δήμος Θερίσου	6.311
Δήμος Ινναχωρίου	1.422
Δήμος Καντάνου	1.546
Δήμος Κεραμιών	1.618
Δήμος Κισσάμου	7.291
Δήμος Κολυμπαρίου	5.296
Δήμος Κρουονερίδας	2.386
Δήμος Μουσούρων	4.778
Δήμος Μυθήμνης	2.858
Δήμος Νέας Κυδωνίας	7.288
Δήμος Πελεκάνου	4.259
Δήμος Πλατανιά	5.125
Δήμος Σούδας	7.679
Δήμος Σφακίων	2.397
Δήμος Φρε	1.100
Δήμος Χανίων	53.046
Κοινότητα Ασή Γωνιάς	582
Κοινότητα Γαύδου	97

Πίνακας 7.4: Πληθυσμός Δήμων Χανίων σύμφωνα με την απογραφή του 2001 (www.ota.gr)



Σχήμα 7.5: Σύσταση των απορριμμάτων στα Χανιά (Στοιχεία Πολυτεχνείου Κρήτης, τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών & Επικίνδυνων Αποβλήτων, διευθυντής Ευάγγελος Γιδαράκος, επιμέλεια Κ. Μύρκου, 2005)



Σχήμα 7.6: Απεικόνιση της ποσόστωσης των μετόχων της ΔΕΔΙΣΑ (www.dedisa.gr)

και ποσοτικών χαρακτηριστικών των στερεών απορριμμάτων του Νομού Χανίων, 2006).

Στο Νομό Χανίων πραγματοποιείται, με φορέα τη Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Δ.Ε.ΔΙ.Σ.Α.), πρόγραμμα ανακύκλωσης πλαστικού. Η ΔΕΔΙΣΑ είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, ιδρύθηκε το 1993 και άρχισε να λειτουργεί ένα χρόνο μετά. Η επιχείρηση έχει ως μετόχους οκτώ δήμους, με βασικό μέτοχο τον Δήμο Χανίων, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ποσόστωσης, σχ. 7.6. Μετά την υπογραφή της σύμβασης μεταξύ της Ελληνικής Εταιρείας Αξιοποίησης της Ανακύκλωσης (ΕΕΑΑ) και της ΔΕΔΙΣΑ, και με την συνεργασία της Νομαρχίας Χανίων έγινε δυνατή η εγκατάσταση του προγράμματος διαλογής στην πηγή σε όλο τον νομό, για όλα τα υλικά.

Μέχρι τον Οκτώβριο του 2006, η ΔΕΔΙΣΑ εξυπηρετούσε όλους τους Δήμους των Χανίων, πλην των Δήμων Σφακίων, Καντάνου και Μυθήμνης, ενώ εξυπηρετούσε και τον Δήμο Ρεθύμνης (31.511 κάτοικοι — απογραφή 2001) από το Νομό Ρεθύμνης. Συνολικά εξυπηρετούσε 171.350 κατοίκους. Μέχρι το τέλος του 2007 αναμένεται να έχουν μπει στο πρόγραμμα ανακύκλωσης όλοι οι Δήμοι Χανίων καθώς επίσης και άλλοι 5 Δήμοι από το νομό Ρεθύμνης, συνολικής δυναμικότητας 206.000 κατοίκων. Αναμένεται αύξηση της ποσότητας των απορριμμάτων κατά 60%.

Στο Ν. Χανίων συλλέγεται προς ανακύκλωση το χαρτί και το χαρτόνι, όλα τα πλαστικά, το αλουμίνιο, το σίδηρο και το 'τετραπάκ' (κουτιά από γάλα, χυμούς κτλ.). Η συλλογή γίνεται σε ειδικούς μπλε κάδους, ενώ η συλλογή είναι μικτή, δηλαδή στον ίδιο κάδο τοποθετούνται όλα τα προς ανακύκλωση απορρίμματα. Μέχρι τον Οκτώβριο του 2006, είχαν τοποθετηθεί 1.520 μπλε



κάδοι των 1.100 lt σε όλους τους Δήμους που εξυπηρετούσε όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Η ΔΕΔΙΣΑ αξιοποιώντας τη σχέση της με την ΕΕΑΑ και θέλοντας να ενημερώσει και να ευαισθητοποιήσει τον κόσμο πάνω στο θέμα της ανακύκλωσης, πραγματοποιεί επισκέψεις σε σχολεία ή ξεναγήσεις μαθητών στις εγκαταστάσεις της, οργανώνοντας συστηματικές δράσεις ευαισθητοποίησης σε συνεργασία με την Α' βάρδια και Β' βάρδια εκπαίδευση. Επίσης ενημερώνει το σύνολο των πολιτών, πόρτα - πόρτα, με δημοσιεύσεις στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο, με ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά spots και διαφημίσεις σε λεωφορεία, κλπ. Έχει μοιράσει επίσης σε κάθε σπίτι από έναν μπλε σάκο, που επαναχρησιμοποιείται, για την συλλογή των ανακυκλώσιμων. Παράλληλα συμμετέχει σε τοπικές εκθέσεις για την ενδυνάμωση της άμεσης επαφής με τους πολίτες. Η έκθεση "Που πάει όταν φεύγει από το Σπίτι" αποτελεί την πιο φιλόδοξη δράση ευαισθητοποίησης και απευθύνεται σε όλους τους εκπαιδευτικούς και μαθητές του Νομού.

Τέλος η συμβολή των τοπικών Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης είναι πολύ σημαντική και ενθαρρυντική. Η άμεση ανταπόκριση τους σε συνεντεύξεις τύπου για τις εξελίξεις της επιχείρησης, η παρουσία τους στις συνεδριάσεις των Διοικητικών Συμβουλίων, άρθρα, αφιερώματα και η εποικοδομητική κριτική τους, φέρνει κοντά τους πολίτες και βοηθά την προσπάθεια.

Η αποκομιδή των απορριμμάτων γίνεται με νυχτερινά δρομολόγια, όπου αυτό είναι επιβεβλημένο, ώστε να ελαχιστοποιείται η κυκλοφοριακή όχληση. Ο στόλος των οχημάτων αποκομιδής αποτελείται από 6 απορριματοφόρα οχήματα. Το κόστος των οχημάτων ανήλθε σε 130.000 €.

Η ανάκτηση των υλικών πραγματοποιείται στη μονάδα Μηχανικής Ανακύκλωσης με εγκαταστάσεις δίπλα στον Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων και τον χώρο Κομποστοποίησης. Οι εγκαταστάσεις του έργου κατασκευάστηκαν σε γήπεδο συνολικής έκτασης 235,5 στρέμματα, στη θέση 'Κοραχιά', νότια της χαράδρας του Κουρουπητού στο Ακρωτήρι Χανίων. Το εργοστάσιο αποτελείται από τα εξής τμήματα :

1. Τμήμα υποδοχής απορριμμάτων
2. Τμήμα Μηχανικής Διαλογής και Χειροδιαλογής
3. Τμήμα Κομποστοποίησης, Ραφινάρισμα και αποθήκευσης Compost
4. Χώρο Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων και Απορριμμάτων (ΧΥΤΥ)
5. Διοικητήριο, Συνεργείο Οχημάτων και Αποθήκη

Ανάδοχος του έργου είναι η εταιρεία ENVITEC AE. Η ENVITEC AE. είναι Ελληνική Τεχνική Εταιρεία με ειδική εμπειρία και τεχνογνωσία σε έργα προστασίας περιβάλλοντος και έχει στο ενεργητικό της την κατασκευή όλων των ομοειδών σύγχρονων εγκαταστάσεων στην Ελλάδα. Ο φορέας λειτουργίας του εργοστασίου είναι η ΔΕΔΙΣΑ.

Η παραγωγή οικιακών απορριμμάτων απ' αυτή τη περιοχή – με βάση το σχεδιασμό – υπολογίστηκε σε 70.000 τόνους ετησίως (για το έτος 2015) και των πράσινων (ανακυκλώσιμων) απορριμμάτων σε 10.500 τόνους, πράγμα που καθόρισε και τη δυναμικότητα του εργοστασίου για λειτουργία του σε μία βάρδια και για πέντε μέρες της εβδομάδας. Η δυνατότητα της μονάδας να δεχτεί και να επεξεργαστεί επί πλέον ποσότητες απορριμμάτων μπορεί να αυξηθεί αν επεκταθεί ο χρόνος λειτουργίας του με επιπλέον βάρδιες. Η μονάδα λειτουργεί 6 ώρες την ημέρα επί 5 μέρες ανά εβδομάδα (260 ημέρες το χρόνο). Σε πλήρη ανάπτυξη θα απασχολεί 70 εργαζόμενους. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του είναι 2,3 MW.

Η μονάδα μηχανικής ανακύκλωσης στο Ακρωτήρι

Στη μονάδα μηχανικής ανακύκλωσης οδηγούνται και οι πράσινοι και οι μπλε κάδοι, δηλαδή τα σύμμεικτα και τα ανακυκλώσιμα. Ότι πλαστικό υπάρχει στα σύμμεικτα καταλήγει στο ΧΥΤΑ

Είσοδος Εγκαταστάσεων – Ζυγιστήρια Τα απορρίμματα μεταφέρονται στο εργοστάσιο μέσω κλειστών απορριμματοφόρων οχημάτων. Τα οχήματα ζυγίζονται στις δύο γεφυροπλάστιγγες, εισόδου και εξόδου. Όλα τα οχήματα μεταφοράς υλικών ζυγίζονται μια φορά, είτε στην είσοδο αν πρόκειται για απορριμματοφόρα, είτε στην έξοδο κατά την παραλαβή των προϊόντων ή την απομάκρυνση των ακρήστων. Τα οχήματα οδηγούνται από τα ζυγιστήρια απ' ευθείας στη θέση εκφορτώσεως τους. Οι θέσεις εκφορτώσεως και η σχετική προτεραιότητα των οχημάτων ελέγχεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

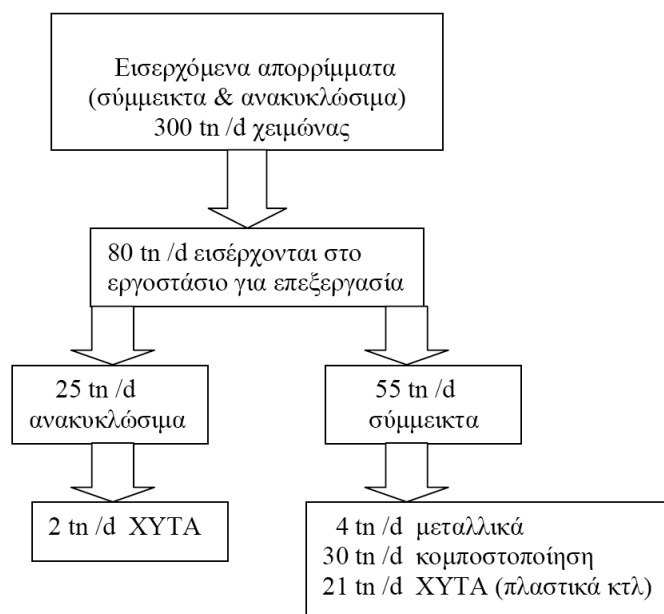
Τμήμα Υποδοχής Απορριμμάτων – Προδιαλογή Το Τμήμα Υποδοχής των Απορριμμάτων εξυπηρετεί την παραλαβή των ανακυκλώσιμων υλικών και την εκκένωση των απορριμματοφόρων. Μετά την εκκένωση, γίνεται η προδιαλογή. Στην προδιαλογή εργάζονται ένα έως δύο άτομα, οι οποίοι τροφοδοτούν τα ανακυκλώσιμα υλικά στην μεταφορική ταινία, η οποία μεταφέρει τα απορρίμματα προς το τμήμα χειροδιαλογής. Επίσης, απομακρύνουν τυχόν ογκώδη αντικείμενα και σκίζουν τυχόν κλειστές σακούλες ανακυκλώσιμων απορριμμάτων. Αυτό βέβαια είναι σχετικά χρονοβόρο, γι' αυτό και ο κόσμος πρέπει να ενημερωθεί ώστε να μην τοποθετεί στους μπλε κάδους κλειστές σακούλες, όπως αυτό συνήθίζεται με τα σύμμεικτα απορρίμματα.

Τμήμα Χειροδιαλογής Στο τμήμα της χειροδιαλογής πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών εκτός από τα σιδηρούχα και τα αλουμινούχα. Τα υλικά που ανακτώνται σε αυτό το τμήμα είναι τρία είδη χαρτιού (καφέ, ημίλευκο και τετραπάκ), πλαστικά (PE-film, PET, PE και PP/PS) και το οργανικό κλάσμα. Κάθε εργαζόμενος ανακτά συγκεκριμένο είδος υλικού, το οποίο απορρίπτεται σε ειδική ταινία – σιλό για την προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά του σε άλλη μεταφορική ταινία που το οδηγεί στην πρέσα ανακυκλώσιμων υλικών. Μετά τη συμπίεση και δεματοποίηση των ανακτηθέντων υλικών, αυτά οδηγούνται μέσω φορτωτή προς αποθήκευση. Το ανακτηθέν στο τμήμα της χειροδιαλογής οργανικό κλάσμα οδηγείται σε ειδικό τεμαχιστή για την ελλάτωση του μεγέθους του και εν συνεχεία προωθείται μέσω κοχλίας σε ταινία η οποία το εκφορτώνει στην ταινία τροφοδοσίας του τμήματος ταχείας κομποστοποίησης.

Αφού τα ως άνω υλικά ανακτηθούν, αποθηκεύονται προσωρινά σε σιλό, προκειμένου να οδηγηθούν στη συνέχεια προς συμπίεση και δεματοποίηση πριν την τελική τους διάθεση στην αγορά.

Διαχωρισμός σιδήρου και αλουμινίου Το κυρίως ρεύμα που εξέρχεται από την ταινία χειροδιαλογής αποτελείται ως επί το πλείστον από αδρανή, άχρηστα, γυαλί, σιδερένια αντικείμενα και κουτάκια αλουμινίου, εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των σιδηρούχων υλικών από το υπόλοιπο κλάσμα.

Τα διαχωρισθέντα σιδηρούχα στη συνέχεια συμπιέζονται σε μορφή κύβων, προκειμένου να διατεθούν προς πώληση. Εν συνεχεία το ρεύμα, οδηγείται στον διαχωριστή αλουμινούχων, στον οποίο διαχωρίζονται τα υλικά αλουμινίου. Το διαχωρισμένο αλουμίνιο οδηγείται στην ειδική πρέσα αλουμινίου, για συμπίεση του υλικού σε μορφή κύβων.



Σχήμα 7.7: Ροή απορριμμάτων στο ΕΜΑΚ στα Χανιά (ΔΕΔΙΣΑ, 2006)

Συμπίεση Ανακτηθέντων Υλικών Από τη Χειροδιαλογή Τα ανακτηθέντα υλικά από τα στάδια της χειροδιαλογής των ευμεγεθών και του κλάσματος και πιο συγκεκριμένα όλα τα είδη χαρτιού και τα διάφορα είδη πλαστικού, οδηγούνται με αυτοματοποιημένο τρόπο στην πρέσα όπου δεματοποιούνται και εν συνεχεία αποθηκεύονται μέχρι την διάθεσή του στην αγορά

Δεδομένα από τη ΔΕΔΙΣΑ Χανίων

Σύμφωνα με δεδομένα του 2006 και όπως φαίνεται στο διάγραμμα 7.7, στο ΕΜΑΚ εισέρχονται από τους μπλε και πράσινους κάδους (ανακυκλώσιμα και σύμμεικτα αντίστοιχα) 300 tn/d το χειμώνα και 400 tn/d το καλοκαίρι. Θα χρησιμοποιήσουμε ενδεικτική τιμή εισερχομένων απορριμμάτων τους 300 tn/d άρα ετησίως εισέρχονται 72.000 tn απορριμμάτων. Από τους 300 tn/d μπαίνουν προς επεξεργασία στη μονάδα ανακύκλωσης οι 80 tn/d, ενώ οι 120 καταλήγουν στο ΧΥΤΑ. Από 80 tn/d μόνο οι 25 tn/d προέρχονται από τους μπλε κάδους, ενώ οι υπόλοιποι προέρχονται από τους πράσινους. Από τους 25 tn, οι 2 tn καταλήγουν στο ΧΥΤΑ. Σε αυτούς τους 2 tn περιέχονται και πλαστικά που δεν ανακυκλώνονται στη μονάδα, όπως το PVC, τα ακρυλικά καθώς επίσης και δύσκολα διαχωρίσιμα μίκτα υλικά. Όλα τα πλαστικά που υπάρχουν στα σύμμεικτα απορρίμματα, οδηγούνται απευθείας στο ΧΥΤΑ.

Παρακάτω θα παρατεθούν τα στοιχεία που δόθηκαν από τη ΔΕΔΙΣΑ Χανίων για τους μήνες Ιανουάριο έως Οκτώβριο 2006, όσον αφορά τη συλλογή, παραγωγή και τις πωλήσεις των ανακτηθέντων προς ανακύκλωση υλικών. Θα παρατεθούν στοιχεία για όλα τα ανακυκλώσιμα υλικά, αφενός επειδή έχουμε συγκεντρωτικά στοιχεία για όλα τα υλικά, αφετέρου θα μπορεί να γίνει μια υποτυπώδης σύγκριση ανάμεσα στα πλαστικά και τα υπόλοιπα ανακυκλώσιμα υλικά.

Τους μήνες Απρίλιο έως Αύγουστο δεν συλλέχθηκαν PP και PS επειδή οι ποσότητες ήταν πολύ μικρές. Αυτό συνέβη και με το γυαλί το Σεπτέμβριο. Η συλλογή αναφέρεται στους tn απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα, η παραγωγή αναφέρεται στο τελικό προϊόν του εργοστασίου που είναι έτοιμο προς πώληση και τέλος οι πωλήσεις αναφέρονται στις ποσότητες αγοράς αυτών των υλικών από τις βιομηχανίες. Τα πλαστικά απορρίμματα που ανακτώνται στο ΕΜΑΚ δεν καθαρίζονται αλλά, αφού πραγματοποιηθεί ο απαιτούμενος διαχωρισμός, δεματοποιούνται και πωλούνται σε ιδιωτικές εταιρείες.

Η χρηματοδότηση της ΔΕΔΙΣΑ από την ΕΕΑΑ, όπως προαναφέρθηκε, γίνεται βάση των ποσοτήτων πώλησης και όχι βάση των ποσοτήτων παραγωγής.

Η πώληση των πλαστικών γίνεται σε ιδιωτικές εταιρείες στην Αττική, στο Ηράκλειο και στην

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ 2006 (σε τόνους)																			
ΥΛΙΚΑ	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	ΣΥΝΟΛΟ	%							
ΚΑΦΕ	36,70	29,70	41,50	33,20	151,00	127,00	168,00	184,00	199,00	222,15	1192,25								
ΗΜΙΛΕΥΚΟ	168,90	147,30	205,30	139,50	114,00	123,00	129,00	123,50	176,10	214,61	1541,21								
ΤΕΤΡΑΠΑΚ	3,90	4,20	1,20	3,30	7,20	6,10	10,50	4,60	7,90	7,55	56,45								
ΧΑΡΤΙ	209,50	181,20	248,00	176,00	272,20	256,10	307,50	312,10	383,00	444,31	2789,91	81,01							
PE-Film	24,80	32,10	27,50	25,50	34,40	38,50	37,10	26,10	43,30	44,50	333,80								
PET	6,20	1,90	2,20	1,00	11,00	3,00	11,70	3,10	5,40	5,84	51,34								
PE	2,20	1,10	1,60	0,90	1,40	1,10	0,90	2,00	2,20	3,51	16,91								
PP/PS	0,00	0,00	0,90						1,00	1,50	3,40								
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	33,20	35,10	32,20	27,40	46,80	42,60	49,70	31,20	51,90	55,35	405,45	11,70							
FE	28,70	13,90	17,10	13,90	19,10	14,50	22,50	20,20	21,10	27,27	198,27								
ALU	0,20	0,60	0,70	0,60	1,00	1,10	1,10	1,70	1,40	1,22	9,62								
ΜΕΤΑΛΛΑ	28,90	14,50	17,80	14,50	20,10	15,60	23,60	21,90	22,50	28,49	207,89	6,04							
ΓΥΑΛΙ	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	7,70	6,10	6,20		7,23	40,73	1,18							
ΠΑΡΑΓΩΓΗ	274,10	233,30	300,50	220,90	342,10	322,00	386,90	371,40	457,40	535,38	3443,98								
ΣΥΛΛΟΓΗ	281,27	291,60	337,34	322,30	439,40	386,90	540,52	551,82	610,65	672,43	4434,23								
ΠΩΛΗΣΕΙΣ 2006	312,51	296,40	216,02	262,93	281,41	366,87	351,50	360,57	423,94	509,94	3382,09								
ΠΩΛΗΣΕΙΣ 2005	21,21	102,17	132,23	85,73	166,36	176,77	220,13	263,96	222,90	275,59	1667,05								
ΑΥΞΗΣΗ ΠΩΛΗΣΕΩΝ (%)	1373,41	190,10	63,37	206,69	69,16	107,54	59,68	36,60	90,19	85,03									

Πίνακας ? : Συγκεντρωτικά στοιχεία υλικών (ΔΕΔΙΣΑ Χανίων, 2006)

Ανακτημένο Πλαστικό	Τιμή πώλησης (€ tn)
LDPE	150
PET	180
HDPE	140
PP/PS	100

Πίνακας 7.5: Ενδεικτικές τιμές πώλησης των ανακτηθέντων πλαστικών (ΔΕΔΙΣΑ Χανίων, 2006)

Προδιαλογή	1 - 2 άτομα
Κύρια χειροδιαλογή	14 - 16 άτομα
Χειριστής πρέσσας	1 τεχνικός
Χειριστής κλάρκ	1 χειριστής
Οδηγός hooklift	1 οδηγός(για υπολείμματα)
Συντήρηση	3 τεχνικοί (ο ένας στην πρέσσα)
Ζύγιση	1 άτομο
Υπεύθυνος διαλογής	1 άτομο
Υπεύθυνος συντήρησης	1 άτομο
Υπεύθυνος κέντρου ελέγχου	1 άτομο
Υπεύθυνος Ε.Μ.Α.Κ.	1 άτομο

Πίνακας 7.6: Εργατικό δυναμικό ΚΔΑΥ (ΔΕΔΙΣΑ Χανίων, 2006)

Κόρινθο. Οι ενδεικτικές τιμές πώλησης των πλαστικών όπως αυτές διαμορφώθηκαν το 2006 δίδονται στον Πίνακα 7.5 :

Το εργατικό δυναμικό που εργάζεται στο τμήμα της διαχείρισης των πλαστικών φαίνεται στον Πίνακα 7.6.

Ογκώδη Αντικείμενα

Για την πόλη των Χανίων λειτουργεί και Υπηρεσία Αποκομιδής Ογκωδών Αντικειμένων, για την περισυλλογή παλιών ηλεκτρικών συσκευών, επίπλων, στρωμάτων, μεγάλων οικιακών σκευών και κηπευτικών αποβλήτων όπως κλαδιά, φύλλα, κλπ. Ο δήμος έχει χωριστεί σε πέντε τομείς και κάθε ημέρα της εβδομάδος εξυπηρετείται ένας από αυτούς (σχ. 7.8). Το τμήμα λειτουργεί συμπληρωματικά με την εναλλακτική διαχείριση των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών και προμηθεύει με πράσινα απόβλητα το τμήμα κομποστοποίησης του ΕΜΑΚ. Υπάρχει γραμμή τηλεφωνικής επικοινωνίας για την εξυπηρέτηση και τη συμμετοχή των πολιτών, ώστε να διασφαλιστεί η άριστη συνεργασία.



Σχήμα 7.8: Τομείς συλλογής απορριμμάτων στο δήμο Χανίων

Εναλλακτική Διαχείριση

Η ΔΕΔΙΣΑ αδειοδοτήθηκε για τη διαχείριση των δραστηριοτήτων της εναλλακτικής διαχείρισης και καθίσταται επίσημος συνομιλητής και συνεργάτης των συστημάτων Ecoelastika A.E. για την ανακύκλωση μεταχειρισμένων ελαστικών, της 'Ανακύκλωσης Συσκευών A.E.' για την ανακύκλωση αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού με στόχο τα 4 kg/κάτοικο/έτος και τέλος με την ΕΔΟΕ για την ανακύκλωση οχημάτων, στο τέλος του κύκλου ζωής τους.

Το 2006 δόθηκε η έγκριση από την Περιφέρεια Κρήτης, για τη δημιουργία Διαλυτηρίου Οχημάτων στο χώρο του πρώην εργοστασίου δεματοποίησης στο Μεσομύρι Ακρωτηρίου, στα πλαίσια της εναλλακτικής διαχείρισης. Σύμφωνα με την έγκριση της Περιφέρειας η εν λόγω μονάδα εμπίπτει στην εναλλακτική διαχείριση αποβλήτων και έχει ως σκοπό την ανακύκλωση μεταλλικών και λοιπών υπολειμμάτων που εμπεριέχονται στα οχήματα. Θα παραλαμβάνονται δηλαδή οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους (ΟΤΚΖ) και αφού απορρυπανθούν - αποσυναρμολογηθούν θα διαχωρίζονται σε επιμέρους υλικά όπου τα ακατάλληλα θα μεταφέρονται προς ανακύκλωση και τα υπόλοιπα θα εκμεταλλεύονται ως μεταχειρισμένα ανταλλακτικά. Η παραγωγική διαδικασία θα περιλαμβάνει τα εξής επιμέρους στάδια :

- Παραλαβή οχημάτων και έκδοση του πιστοποιητικού καταστροφής.
- Προσωρινή αποθήκευση πριν την αξιοποίηση.
- Απορρύπανση οχημάτων. Κατά το στάδιο αυτό θα αφαιρούνται τα επικίνδυνα απόβλητα (μπαταρίες, αντιψυκτικά υγρά, υγρά φρένων, καύσιμων, λάδια, αερόσακοι καταλύτες κ.λπ.) και θα αποθηκεύονται προσωρινά έως την απομάκρυνση τους.
- Αποσυναρμολόγηση. Στο στάδιο αυτό θα γίνεται ο διαχωρισμός των μερών του οχήματος και η ταξινόμησή τους προς ανακύκλωση ή προς ανταλλακτικά.
- Αποθήκευση αποσυναρμολογημένων μερών, εξαρτημάτων, ανταλλακτικών κ.λπ.
- Μεταφορά - εμπορία (τα τελικά προϊόντα θα μεταφέρονται σε μονάδες όπου θα ακολουθεί τριτογενής επεξεργασία του υλικού αυτού).

Η μονάδα θα διαθέτει χώρο υποδοχής οχημάτων, χώρο προσωρινής αποθήκευσης, και χώρους απορρύπανσης και αποσυναρμολόγησης με τις ανάλογες γραμμές παραγωγής. Τα υγρά του αυτοκινήτου (λιπαντικά, λάδια) θα αφαιρούνται και θα στέλνονται στο Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Ρυπαντικών Ελαίων, οι συσσωρευτές θα στέλνονται σε εργοστάσιο στη Βοιωτία που θα γίνεται η ανακύκλωση τους. Μαζί με τους συσσωρευτές θα στέλνονται και οι μπαταρίες που θα αποθηκεύονται στην Αθήνα και στη συνέχεια θα στέλνονται στην Ελβετία όπου εκεί γίνεται η ανακύκλωση τους. Τα ελαστικά των αυτοκινήτων θα αποθηκεύονται προσωρινά στο Μεσομύρι πριν σταλούν σε εργοστάσιο ανακύκλωσης, ενώ οι καταλύτες θα διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα μέταλλα και θα στέλνονται σε καθαρή μονάδα που ανακυκλώνει το μέταλλο. Ανάλογη διαδικασία θα ακολουθείται και με τα πλαστικά είδη του αυτοκινήτου. Σε ότι αφορά το κυρίως μεταλλικό σώμα του αυτοκινήτου, μετά την αφαίρεση θα στέλνεται σε καθαρές μονάδες διάλυσης μετάλλων που υπάρχουν στην Αθήνα. (Χανιώτικα Νέα, Γ. Κώνστα, Τα αυτοκίνητα πλέον στα Χανιά θα μπορούν να ανακυκλωθούν, 15/11/2006).

7.7.2 Ανακύκλωση πλαστικών στο Νομό Ρεθύμνης

Το Ρέθυμνο είναι ένας από τους τέσσερις νομούς της Κρήτης χτισμένο στο βόρειο τμήμα του νησιού και έχει έκταση 1.496 τ.χλμ. Ο νομός Ρεθύμνου είναι ο πιο ορεινός από τους νομούς της Κρήτης και γι'αυτό μόνο τα 510 τ.χλμ. είναι καλλιεργήσιμα, τα 933 τ.χλμ. είναι βοσκότοποι, τα 36 τ.χλμ. καλύπτονται από οικισμούς και τα 17 τ.χλμ. καλύπτονται από μεσογειακά δάση βελανιδιάς, πεύκου και σφένδαμου. Έχει πληθυσμό 81.781 κατοίκους (απογραφή 2001). Το ποσοστό μεταβολής από το 1991 (70.095) έως το 2001 ανήλθε σε 16,7 %. Ο πληθυσμός των δήμων Ρεθύμνου, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, παρουσιάζεται στο πίνακα 7.7.

Ο νομός Ρεθύμνου καλύπτεται, όσον αφορά την ανακύκλωση υλικών, από τη ΔΕΔΙΣΑ Χανίων. Το πρόγραμμα ανακύκλωσης όπως έχει προαναφερθεί, έχει επεκταθεί στον Δήμο Ρεθύμνης (Οκτώβριος 2006) και μέχρι το τέλος του 2007 αναμένεται να εξυπηρετεί άλλους 5 δήμους από το νομό Ρεθύμνου.

Απογραφή 2001

Νομαρχία Ρεθύμνου	81.781
Δήμος Ανωγείων	4.813
Δήμος Αρκαδίου	5.652
Δήμος Γεροποτάμου	8.336
Δήμος Κουλούκωνα	5.960
Δήμος Κουρήτων	2.707
Δήμος Λάμπης	6.085
Δήμος Λαππαίων	2.630
Δήμος Νικηφόρου Φωκά	6.655
Δήμος Ρεθύμνης	31.511
Δήμος Συβρίτου	3.478
Δήμος Φοίνικα	3.954

Πίνακας 7.7: Πληθυσμός Νομού Ρεθύμνου σύμφωνα με την απογραφή του 2001 (www.ota.gr)

7.7.3 Ανακύκλωση πλαστικών στο Νομό Ηρακλείου

Ο Νομός Ηρακλείου είναι ο μεγαλύτερος από τους νομούς της Κρήτης, βρίσκεται ανάμεσα στους νομούς Ρεθύμνου και Λασιθίου και έχει έκταση 2.641 τ.χλμ. Έχει πληθυσμό 294.312 κατοίκους (απογραφή 2001). Το ποσοστό μεταβολής από το 1991 (264.906) έως το 2001 ανήλθε σε 11,5%. Ο πληθυσμός όλων των δήμων Ηρακλείου, σύμφωνα με την απογραφή του 2001, παρουσιάζεται στον πίνακα 7.8.

Στο Νομό Ηρακλείου εγκαινιάστηκε στις 26/09/2006 το Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) που θα εξυπηρετεί το Νομό Ηρακλείου. Το έργο αυτό πραγματοποιείται με τη συνεργασία του Ενιαίου Συνδέσμου Διαχείρισης Απορριμμάτων ΟΤΑ Κρήτης (ΕΣΔΑΚ). Το Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) στεγάζεται σε κτίριο 2.000 τ.μ. το οποίο βρίσκεται στη θέση Μαύρος Σπήλιος του Δήμου Νέας Αλικαρνασσού και καλύπτει τις ανάγκες των Δήμων Ηρακλείου και Αλικαρνασσού. Τα υλικά που ανακυκλώνονται στο πλαίσιο του προγράμματος ανακύκλωσης είναι χάρτινες, πλαστικές, μεταλλικές και γυάλινες συσκευασίες, ενώ για τη συλλογή τους χρησιμοποιούνται 1.361 ειδικοί μπλε κάδοι, καθώς και 5 οχήματα συλλογής, για να μεταφέρουν τα υλικά στο ΚΔΑΥ το οποίο απασχολεί 17 – 18 άτομα. Το εργοστάσιο λειτουργεί 6 μέρες την εβδομάδα, επί 8 ώρες την ημέρα.

Το σύνολο της επένδυσης ανήλθε σε 2,5 εκ. € και χρηματοδοτήθηκε από την ΕΕΑΑ υλοποιώντας τη συμφωνία της με τους δήμους, όπως προβλέπει το εγκεκριμένο από το ΥΠΕΧΩΔΕ πλαίσιο λειτουργίας της ΕΕΑΑ. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της ΕΕΑΑ στο πλαίσιο του συγκεκριμένου προγράμματος ανακύκλωσης αναμένεται να ανακτώνται περισσότεροι από 4.500 τόνοι ανακυκλώσιμων υλικών σε ετήσια βάση.

Οι κάδοι στο Ηράκλειο είναι ανοιχτοί και όχι κλειστοί όπως στα Χανιά. Όπως έχει προαναφερθεί, οι ανοιχτοί κάδοι δίνουν περισσότερο προϊόν, αλλά χαμηλότερης ποιότητας σε σχέση με τους κλειστούς κάδους.

Όπως έχει περιγραφεί και στη λειτουργία του ΕΜΑΚ στα Χανιά, έτσι και στο ΚΔΑΥ Ηρακλείου μετά την εκκένωση των απορριματοφόρων, ακολουθεί η προδιαλογή ώστε να αφαιρεθούν ογκώδη αντικείμενα. Έπειτα τα υλικά προς ανάκτηση τοποθετούνται σε αναδευτήρα, δηλαδή σε περιστροφικό κύλινδρο με οπές, ώστε να γίνει ένας πρώτος διαχωρισμός ως προς το μέγεθος. Τα πολύ μικρά αντικείμενα, όπως καπάκια, κουτιά από τσιγάρα κτλ. οδηγούνται προς το ΧΥΤΑ, και μένουν τα μεσαίου μεγέθους αντικείμενα (μέγεθος μεσαίου μπουκαλιού) και μεγάλου μεγέθους αντικείμενα (μέγεθος μεγάλου μπουκαλιού). Έτσι δημιουργούνται δύο γραμμές παραγωγής όπου με χειρονακτική διαλογή ανακτώνται τα διάφορα είδη χαρτιού και πλαστικού.

Το κυρίως ρεύμα που εξέρχεται από την ταινία χειροδιαλογής αποτελείται ως επί το πλείστον από αδρανή, άχρηστα, γυαλί, σιδερένια αντικείμενα και κουτάκια αλουμινίου, εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των σιδηρούχων υλικών από το υπόλοιπο κλάσμα. Εν συνεχεία το ρεύμα, οδηγείται στον διαχωριστή αλουμινούχων.

Απογραφή 2001

Νομαρχία Ηρακλείου	294.312
Δήμος Αγίας Βαρβάρας	5.330
Δήμος Αρκαλοχωρίου	10.790
Δήμος Αρχανών	4.526
Δήμος Αστερουσίων	6.228
Δήμος Βιάννου	6.477
Δήμος Γαζίου	13.390
Δήμος Γοργοαΐνη	3.172
Δήμος Γόρτυνας	5.405
Δήμος Γουβών	7.645
Δήμος Επισκοπής	2.461
Δήμος Ζαρού	3.394
Δήμος Ηρακλείου	137.766
Δήμος Θραψανού	2.612
Δήμος Καστελλίου	6.820
Δήμος Κόφινα	5.330
Δήμος Κρουσώνα	4.022
Δήμος Μαλλίων	6.559
Δήμος Μοιρών	10.588
Δήμος Νέας Αλικαρνασσού	12.668
Δήμος Νίκου Καζαντζάκη	7.197
Δήμος Ρούβα	2.342
Δήμος Τεμένους	3.201
Δήμος Τυλίσου	3.479
Δήμος Τυμπακίου	10.008
Δήμος Χερσονήσου	10.491
Κοινότητα Παλιανής	4.941

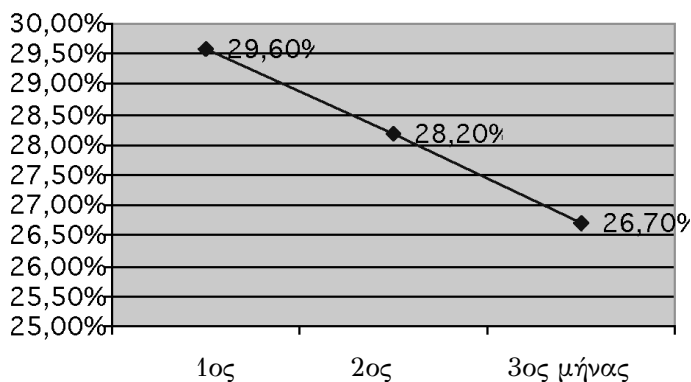
Πίνακας 7.8: Πληθυσμός Νομού Ηρακλείου σύμφωνα με την απογραφή του 2001 (www.ota.gr)

Πληθυσμός (κάτοικοι)	138.202
Τοποθετημένοι κάδοι	1.361
Τσάντες που διανεμήθηκαν	63.500
Οχήματα	5
Εργατικό προσωπικό	17 – 18 άτομα
Συλλεγόμενες ποσότητες (από Νοέμβ 2006 - Φεβρουάρι 2007)	1.657 tn

Πίνακας 7.9: Χαρακτηριστικά του ΚΔΑΥ Ηρακλείου (ΚΔΑΥ Ηρακλείου, Μάρτιος 2007)

ΑΝΑΚΤΩΜΕΝΟ ΕΙΔΟΣ	ΚΙΛΑ ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ	% ΤΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΣΥΝΟΛΟΥ
Συσκευασία από Χαρτί / Χαρτόνι	364.724,10	31,11
Χάρτινη Συσκευασία Υγρών	7.434,20	0,63
Συσκευασίες PET	71.549,30	6,10
Συσκευασίες PE	28.999,60	2,47
Φίλμ PE	76.392,98	6,52
Λοιπές πλαστικές σακούλες (PP / PS)	7.283,50	0,62
Συσκευασίες αλουμινίου	3.565,60	0,30
Συσκευασίες Σιδήρου	47.078,80	4,02
Συσκευασίες Γυαλιού	10.954,20	0,93
Σύνολο Συσκευασιών	617.982,20	52,72
Έντυπο χαρτί	549.542,60	46,88
ΛΟΙΠΑ ΥΛΙΚΑ ΜΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	4.777,70	0,41
Γενικό Σύνολο	1.172.303	100,00

Πίνακας 7.10: Ποσοστό και κιλά ανά ανακτώμενο είδος στο ΚΔΑΥ Ηρακλείου από Νοέμβριο 2006 έως Φεβρουάριο 2007. (ΚΔΑΥ Ηρακλείου, Μάρτιος 2007)



Σχήμα 7.9: Το ποσοστό υλικών που κατέληξε στο ΧΥΤΑ από το ΚΔΑΥ Ηρακλείου τους μήνες λειτουργίας του (ΚΔΑΥ Ηρακλείου, Μάρτιος 2007)

Τα διαχωρισθέντα υλικά οδηγούνται στην πρέσα ώστε να συμπιεστούν, έπειτα δεματοποιούνται και πωλούνται τέλος σε ιδιώτες. Στο διάγραμμα 7.9 παρουσιάζεται το ποσοστό υπολείμματος ανά μήνα λειτουργίας του ΚΔΑΥ. Τα υπολείμματα είναι τα υλικά που δεν ανακτώνται και καταλήγουν στο ΧΥΤΑ.

7.7.4 Ανακύκλωση πλαστικών στο Νομό Λασιθίου

Ο ανατολικότερος από τους νομούς της Κρήτης είναι ο νομός Λασιθίου. Έχει έκταση 1.800 τ.χ και πληθυσμό 75.903 κατοίκους (απογραφή 2001). Το ποσοστό μεταβολής από το 1991 (71.279 κατοίκους) έως το 2001 ανήλθε σε 6,5 %. Η κύρια απασχόληση των κατοίκων είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία.

Στο Νομό Λασιθίου δεν λειτουργεί πρόγραμμα ανακύκλωσης.

7.8 Περιγραφή ιδιωτικών εταιρειών

Παρακάτω θα γίνει συνοπτική περιγραφή της λειτουργίας ιδιωτικών εταιρειών, που ανακυκλώνουν το μετακαταναλωτικό πλαστικό.

Απογραφή 2001

Νομαρχία Λασιθίου	75.903
Δήμος Αγίου Νικολάου	19.667
Δήμος Ιεράπετρας	22.700
Δήμος Ιτάνου	2.498
Δήμος Λεύκης	2.183
Δήμος Μακρύ Γιαλού	4.346
Δήμος Νεάπολης	6.883
Δήμος Οροπεδίου Λασιθίου	3.185
Δήμος Σητείας	14.431

Πίνακας 7.11: Πληθυσμός Νομού Λασιθίου σύμφωνα με την απογραφή του 2001 (www.ota.gr)

7.8.1 Πλαστικά Κρήτης Α.Ε.

Τα Πλαστικά Κρήτης Α.Ε. είναι μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες ανακύκλωσης πλαστικών στην Ελλάδα. Εδρεύει στο Ηράκλειο Κρήτης, ενώ έχει θυγατρικές στην Πολωνία, Ρουμανία, Κίνα, Βουλγαρία, Ρωσία και πρόσφατα απέκτησε και στη Γαλλία.

Το εργοστάσιο του Ηρακλείου έχει δυναμικότητα 4.000 τόνους/έτος και παράγει ετησίως αυτήν την ποσότητα. Είναι ένα από τα πιο ενεργοβόρα εργοστάσια στην Κρήτη, αφού καταναλώνει ετησίως το 1,5 % του παγκρήτιου ηλεκτρικού ρεύματος, δηλαδή καταναλώνει 24.000.000 KWh το έτος για τις συνολικές του δραστηριότητες που, εκτός από την ανακύκλωση, περιλαμβάνουν την παραγωγή φύλλων, σωλήνων και masterbatches πολυαιθυλενίου. Το εργοστάσιο ανακυκλώνει LDPE και HDPE.

Οι προμηθευτές για την πρώτη ύλη είναι οι παρακάτω:

- Βιομηχανίες – Βιομηχανικό scrap
- Αγροτικά
 1. Φύλλα θερμοκηπίου
 2. Εδαφοκάλυψη
 3. Κλούβες, Κιβώτια, Μπιτόνια κτλ
- Παλαιωμένες σωλήνες (άρδευσης, ύδρευσης, φυσικού αερίου κτλ)
- Αστικά (από ΚΔΑΥ)
- Εμποροβιομηχανικά (μεγάλα πολυκαταστήματα, αεροδρόμιο κτλ)
- Σκουπίσματα α' υλών (κόκκοι βιομηχανικού scrap)
- Ξεκίνηματα γραμμών (μεγάλες μάζες πλαστικών στο ξεκίνημα της παραγωγής που δεν έχει τις επιθυμητές ιδιότητες, τα λεγόμενα 'κόκκαλα' - βιομηχανικό scrap)
- Εισαγωγή από το εξωτερικό (100 – 200 τόνους ετησίως).

Η συλλογή γίνεται απευθείας από τις βιομηχανίες και τις βιοτεχνίες, από τους περισυλλέκτες και από τα κέντρα διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών. Όσον αφορά τώρα τη συλλογή των αγροτικών απορριμμάτων, έχουν δημιουργηθεί σταθμοί συγκέντρωσης σε βεβαρημένες περιοχές από τα θερμοκήπια, όπως στην Ιεράπετρα, στο Τυμπάκι, στην Πρέβεζα, στη Ρόδο, στη Μηχανιώνα Θεσσαλονίκης και αλλού. Τα αγροτικά απόβλητα αποτελούν το 1/4 της πρώτης ύλης, δηλαδή από τους 4.000 τόνους που επεξεργάζεται ετησίως, οι 1.000 τόνοι προέρχονται από αγροτικά απορρίμματα.

Η τιμή αγοράς του ανακυκλωμένου PE κυμαίνεται από 60 – 500 €/tn ανάλογα με την καθαρότητα, τη διαφάνεια, τις προσθήκες και άλλες παραμέτρους του υλικού.

Γραμμή παραγωγής

- Πρωτοβάθμιος τεμαχισμός
- Πρωτοβάθμια πλύση
- Δευτεροβάθμιος τεμαχισμός
- Δευτεροβάθμια πλύση
- Διαχωρισμός μέσω διαφοράς πυκνότητας
- Τριτοβάθμια πλύση
- Μηχανική ξήρανση (φυγοκεντρικός ξηραντήρας)
- Θερμική ξήρανση (μείωση της υγρασίας)
- Επεξεργασία – Κοκκοποίηση 1ης γραμμής
- Επεξεργασία – Κοκκοποίηση 2ης γραμμής
- Ξήρανση κόκκων

Το νερό που καταναλώνεται κατά την επεξεργασία του πλαστικού υφίσταται επεξεργασία, ομογενοποιείται και ανακυκλώνεται. Το 90 % του νερού που καταναλώνεται ξαναχρησιμοποιείται! Επίσης υπάρχει μέσα στο εργοστάσιο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου των ανακυκλωμένων προϊόντων.

Προϊόντα

Τα προϊόντα είναι ανακυκλωμένο LDPE και HDPE σε μορφή κόκκων. Ένα μέρος του προϊόντος πωλείται σε άλλες ιδιωτικές εταιρείες, ενώ το υπόλοιπο υφίσταται επεξεργασία μέσα στο εργοστάσιο μαζί με παρθένο.

Η χρήση τους εξαρτάται από την ποιότητά του. Συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή σακούλας απορριμμάτων, πλαστικές γλάστρες, κύλινδροι συσκευασίας (μασούρια), silege film (μεγάλα μπαλόνια για την αποθήκευση σιτηρών) και φιλμ που χρησιμοποιείται σε διάφορες χρήσεις. Η τιμή των ανακυκλωμένων προϊόντων είναι 30 – 40 % χαμηλότερη, από αυτή των προϊόντων από παρθένο υλικό.

Το εργατικό δυναμικό της μονάδας αποτελείται από 12 άτομα, εργατοτεχνίτες και υπευθύνους, καθώς και άλλα 4 άτομα που αποτελούν το υποστηρικτικό δυναμικό. Τα κόστη μεταφοράς ανέρχονται σε 30 – 100 €/tn. Το κόστος συντήρησης ανέρχεται στο 10 – 15 % του κόστους παραγωγής. Λειτουργικό κόστος.

Προβλήματα που αντιμετωπίζονται

- Κόστος μεταφοράς (μεγάλος όγκος, μικρό βάρος)
- Δυσκολία συσκευασίας (εξοπλισμός, υποδομή)
- Προσμίξεις στην πρώτη ύλη (χώμα, ξύλο, πέτρες κ.α.)
- Χάρτινες ετικέτες στα αστικά απορρίμματα, αυτοκόλλητα κ.α.
- Μίξη πλαστικών στην ίδια συσκευασία (διαφορετικό πλαστικό στο πώμα από ό,τι στο μπουκάλι)
- Υπολείμματα περιεχομένου στις πλαστικές συσκευασίες

Εργατικό δυναμικό	12-30 άτομα
Κόστος αγοράς α' ύλης	100-300 €/tn
Κόστος παραγωγής	350-400 €/tn
Κόστος συντήρησης	200.000-600.000 €/yr

Πίνακας 7.12: Εργατικό δυναμικό και κόστη στην ανακύκλωση πλαστικών

7.8.2 Λοιπές ιδιωτικές εταιρείες

Εξαιτίας του ανταγωνισμού που υπάρχει στην αγορά, οι ιδιώτες είναι πολύ επιφυλακτικοί στο να δώσουν πληροφορίες, και ειδικά σε ότι αφορά οικονομικές παραμέτρους. Για αυτό το λόγο θα συνδυάσουμε τις πληροφορίες που έχουμε από διάφορες ιδιωτικές εταιρείες.

Άλλες εταιρείες ανακυκλώνουν ένα είδος πλαστικού (π.χ. PE) και άλλοι περισσότερα από ένα (π.χ. PP, PE, PET). Η συλλογή γίνεται από τις βιομηχανίες, τα ΚΔΑΥ και τους περισυλλέκτες.

Γραμμή παραγωγής

- Χειρονακτική διαλογή
- Άλεσμα
- Πλύσιμο
- Ξήρανση
- Εξώθηση
- Παραγωγή κόκκων

Κόστος

Στον πίνακα 7.12 παρουσιάζονται οι τιμές που αφορούν τα κόστη και το εργατικό δυναμικό. Το κόστος των προϊόντων από ανακυκλωμένα υλικά είναι 50 % φθηνότερο από το παρθένο πλαστικό. Μια κοινή διαπίστωση όλων είναι ότι το προϊόν που στέλνεται από τα ΚΔΑΥ δεν είναι καλά διαλεγμένο, οπότε το 15 – 60 % της παλέτας είναι άχρηστο.

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η διαχείριση και ανακύκλωση των πλαστικών απορριμμάτων στον ελληνικό χώρο τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί με ραγδαίους ρυθμούς και αυτό μπορεί να διαπιστωθεί από τον ολοένα και αυξανόμενο αριθμό των ΚΔΑΥ καθώς και στην ευαισθητοποίηση των πολιτών. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές απαιτήσεις, η Ελλάδα έχει μείνει σε μεγάλο βαθμό πίσω και έτσι επιδέχεται πολλές βελτιώσεις.

Ο Νομός Χανίων βρίσκεται στην πλεονεκτική θέση να διαθέτει Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ) που ξεκίνησε να λειτουργεί το 2005, ενώ ο Νομός Ηρακλείου απέκτησε πρόσφατα ΚΔΑΥ (2007). Ο νομός Ρεθύμνου εξυπηρετείται από το ΕΜΑΚ Χανίων, ενώ τέλος στο Νομό Λασιθίου δεν έχει ξεκινήσει ακόμα η ανακύκλωση.

Πρωταρχικός στόχος για τη βελτίωση του υπάρχοντος συστήματος είναι η επέκταση της ανακύκλωσης σε όλους τους νομούς της Κρήτης ώστε να εξυπηρετούνται όλοι οι κάτοικοι. Σε δεύτερο επίπεδο απαιτείται η προσπάθεια για επέκταση και βελτίωση του συστήματος διαλογής των ανακυκλώσιμων υλικών από τα δημοτικά απορρίμματα.

Όσον αφορά το σύστημα συλλογής και διαλογής, η μέθοδος που χρησιμοποιείται μέχρι τώρα έγκειται στο διαχωρισμό από τον καταναλωτή των ανακυκλώσιμων από τα σύμμεικτα απορρίμματα. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε σχετικά μικρό κόστος συλλογής, αλλά και σχετικά χαμηλή ποιότητα των προς ανακύκλωση προϊόντων και αύξηση του χρόνου διαλογής στο ΕΜΑΚ. Μία σχολαστικότερη διαλογή από τους καταναλωτές θα μείωνε το χρόνο διαλογής και θα βελτιώνε και την ποιότητα. Προς αυτή την κατεύθυνση η μελέτη της δυνατότητας χρήσης περισσότερων και πιο εξειδικευμένων κάδων για την πιο λεπτομερή διαλογή διαφορετικών υλικών στην πηγή θα ήταν επιθυμητή.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΜΑΚ Χανίων, τις μεγαλύτερες ποσότητες πλαστικών προς ανακύκλωση συγκεντρώνει το φιλμ από PE καθώς και το PET. Για τα δύο αυτά είδη πολυμερών υπάρχει αναπτυγμένη αποτελεσματική τεχνολογία ανακύκλωσης και έτοιμη αγορά του ανακυκλωμένου υλικού. Μια ειδικευμένη μονάδα ανακύκλωσης αυτών των δύο υλικών θα μπορούσε να είναι επικερδής και να επιδοτεί την ανακύκλωση των άλλων, οικονομικά λιγότερο αποδοτικών πλαστικών απορριμμάτων. Η τοποθέτηση ξεχωριστών σημείων συγκέντρωσης για τα μπουκάλια του νερού (PET) και των φύλλων PE (φύλλα κάλυψης θερμοκηπίων και πλαστικές σακούλες) φέρει οικονομική επιβάρυνση, αλλά η επιβάρυνση αυτή θα αντισταθμιστεί με τη βελτίωση της ποιότητας του ανακυκλωμένου υλικού, και άρα με την αύξηση των πωλήσεών του η οποία θα βοηθήσει στη γρήγορη απόσβεση του κόστους. Και εδώ η ενημέρωση («εκπαίδευση») των πολιτών είναι απαραίτητη στην επιτυχή έκβαση του εγχειρήματος.

Ένα επιπλέον πρόβλημα στην ανακύκλωση των οικιακών απορριμμάτων είναι οι ενδεχόμενες βαριές επιμολύνσεις. Η πληροφόρηση και ευαισθητοποίηση των πολιτών στο να κάνουν μια υποτυπώδη πρόπλυση των απορριμμάτων πριν την απόρριψή τους, θα μείωνε σημαντικά το πρόβλημα. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι με αυτόν τον τρόπο ναι μεν μετατοπίζεται το κόστος καθαρισμού στον πολίτη, αλλά το συνολικό κόστος ανά μονάδα όγκου πλαστικού μειώνεται, καθώς το πλύσιμο γίνεται μαζί με τα οικιακά σκεύη, πριν από την ανάμιξη τους με άλλα απορρίμματα.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εντοπίζεται στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις, είναι η μη πλήρης διαλογή στα ΚΔΑΥ. Σύμφωνα με τους επεξεργαστές του ανακυκλωμένου πλαστικού υλικού,

το 15 – 50 % του υλικού που αγοράζουν από τα ΚΔΑΥ, δεν μπορεί να ανακυκλωθεί. Τα υψηλά επίπεδα των στερεών επιμολύνσεων οδηγούν στη συχνή αλλαγή φίλτρου στον εξωθητή που κατεργάζεται το ανακυκλωμένο υλικό. Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να επιλυθούν ως ένα βαθμό, με την καθιέρωση της προεπιλογής από τον πολίτη, τη βελτίωση στο σύστημα συλλογής, τη βελτίωση της διαλογής στο ΚΔΑΥ και την εξέλιξη της τεχνογνωσίας στη διαδικασία της ανακύκλωσης. Η αυτοματοποίηση της διαλογής καθώς και η τεχνογνωσία πάνω στα πλυντήρια θα βελτιώσει την ποιότητα των ανακυκλωμένων προϊόντων άρα και τις πωλήσεις τους.

Η ανάπτυξη αγορών στην Κρήτη για την απορρόφηση των τελικών ανακυκλωμένων προϊόντων θα βοηθήσει στην προώθηση της ανακύκλωσης. Αυτό μπορεί να ξεκινήσει από τους δημόσιους φορείς, όπως γίνεται στις ΗΠΑ, όπου δημοσιεύεται μια λίστα διαφόρων αγαθών που περιέχουν ανακυκλωμένα πλαστικά τα οποία μπορούν να αγοραστούν από αυτούς ως «οικολογικά», δίνοντας όμως έμφαση και στην ποιότητα των προϊόντων αυτών που δεν υπολείπεται της ποιότητας των μη «οικολογικών».

Η υιοθέτηση και εφαρμογή κάποιων οικονομικών και νομικών μέτρων θα βοηθούσε στην τόνωση της ανάπτυξης των δραστηριοτήτων ανακύκλωσης των πλαστικών απορριμμάτων. Ένα μέτρο ευρείας εφαρμογής είναι η επιβολή φόρου στους διαφορετικούς τρόπους διάθεσης των αποβλήτων που να αντανακλά το πραγματικό περιβαλλοντικό κόστος τους ανάλογα με τις επιπτώσεις που προκαλούν. Στην Ευρώπη το κόστος ταφής και καύσης έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Επίσης η ενίσχυση των περιβαλλοντικών ελέγχων καθώς και η φορολόγηση των παραγωγών απορριμμάτων, αν τα απορρίμματά τους δεν συνοδεύονται από σχέδιο εναλλακτικής διαχείρισης, θα ενίσχυε την ανακύκλωση στον ελλαδικό χώρο.

Πέρα από το υπάρχον σύστημα διαχείρισης και ανακύκλωσης απορριμμάτων στην Κρήτη, πρέπει να μελετηθούν και οι εναλλακτικές δυνατότητες για τριτογενή και τεταρτογενή ανακύκλωση. Οι μορφές αυτές ανακύκλωσης δεν εφαρμόζονται προς το παρόν στην Ελλάδα. Το βασικό πρόβλημα σε αυτές τις μεθόδους είναι η διασφάλιση σταθερής ποιότητας και σύστασης των αποβλήτων που τροφοδοτούν τις μονάδες, κάτι που θεωρείται σχετικά δύσκολο στην Ελλάδα, όπου η σύσταση των απορριμμάτων μεταβάλλεται διαρκώς και ανεξέλεγκτα. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα πλαστικά απορρίμματα στην Κρήτη αποτελούνται στο κύριο μέρος τους από τρία είδη πολυμερών. Με τις κατάλληλες αλλαγές στο σύστημα συλλογής και διαλογής τους, η σύσταση του ρεύματος τροφοδοσίας για μια μονάδα πυρόλυσης προς εναλλακτικά καύσιμα ή καύσης με ανάκτηση ενέργειας μπορεί να ελεγχθεί πολύ καλύτερα και η τριτογενής και τεταρτογενής ανακύκλωση γίνονται πιθανές λύσεις στο πρόβλημα των πλαστικών απορριμμάτων.

Σε συνδυασμό με την έλλειψη εγχώριων πηγών καυσίμων στην Κρήτη, η πυρόλυση των απορριμμάτων για παραγωγή καυσίμου θα μπορούσε να προσφέρει σημαντική μείωση του όγκου των απορριμμάτων προς απόρριψη, και συγχρόνως να μειώσει την εξάρτηση του νησιού από την εισαγωγή καυσίμων. Η ανάγκη για μια οικονομοτεχνική μελέτη για μια μονάδα πυρόλυσης των πλαστικών (και άλλων) αποβλήτων της Κρήτης προς «syncrude», ή αεριοποίησης προς «syngas», με δεδομένη την τωρινή τιμή του πετρελαίου είναι προφανής.

Εναλλακτικά με την πυρόλυση, η καύση των πολυμερών αποβλήτων για την ανάκτηση του ενεργειακού τους περιεχομένου φαίνεται να είναι συμφέρουσα για τα πλαστικά που είναι δύσκολο να διαχωρισθούν. Ένα πιθανό σενάριο θα μπορούσε να διαχωρίζει πρώτα το PET και τα πολυαιθυλένια, ώστε να ανακυκλωθούν ξεχωριστά και να πωληθούν ως υλικό υψηλής αξίας. Κατόπιν, τα υπόλοιπα ανάμικτα πλαστικά μαζί με άλλα καύσιμα απορρίμματα (RDF) θα οδηγούνται σε μονάδες ελεγχόμενης καύσης για ανάκτηση ενέργειας. Μπορεί ακόμα να σχεδιασθεί σύστημα ώστε μέρος του CO_2 των τελικών (καθαρισμένων) καυσασερίων να διοχετεύεται κατ' ευθείαν στα γειτονικά θερμοκήπια για την επιτάχυνση της φωτοσύνθεσης και τη γρηγορότερη ανάπτυξη των καλλιιεργειών. Και για αυτή τη λύση είναι προφανής η ανάγκη λεπτομερούς οικονομοτεχνικής μελέτης βιωσιμότητας και χωροθέτησης των εν λόγω μονάδων.

Τα απόβλητα της καύσης, όπως η τέφρα και τα φίλτρα πρέπει να απορρίπτονται σε κατάλληλους χώρους ταφής επικίνδυνων και τοξικών αποβλήτων. Ο όγκος, όμως, αυτών των αποβλήτων είναι πολύ μικρότερος από αυτόν που σήμερα απορρίπτεται (συχνά ανεξέλεγκτα) συνολικά στις χωματερές και στα ΧΥΤΑ. Από αυτή την άποψη ο έλεγχος τους και η αποτελεσματική εξουδετέρωση τους είναι πολύ πιο εύκολοι. Τέλος, τεχνογνωσία για τη διαχείριση και ουδετεροποίηση των απαερίων από μονάδες καύσης απορριμμάτων, ώστε να περιέχουν ρύπους σε ποσοστά πολύ κατώτερα από τα όρια ασφαλείας που έχει θεσπίσει η ΕΕ, υπάρχει και εφαρμόζεται ευρέως

σε πολλές βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες (π.χ. Ολλανδία) όπου η τεταρτογενής ανακύκλωση είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος διαχείρισης των απορριμμάτων.

Ως τελικό συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι η ανακύκλωση πλαστικών σε μια περιορισμένη περιοχή, μεσαίου μεγέθους, σχετικά απομακρυσμένη από άλλα πληθυσμιακά κέντρα, π.χ. σε ένα νησί με τα χαρακτηριστικά της Κρήτης, είναι τεχνικά δυνατή και δίνει μια οικονομικά βιώσιμη λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Ακόμη, η λύση αυτή συνδυάζεται με την επίλυση άλλων προβλημάτων που προέρχονται από την γεωγραφική απομόνωση του νησιού, όπως τη μείωση των αναγκών εισαγωγής υλικών και ενέργειας.

8.1 Βιβλιογραφία

1. Σκορδίλης Αδαμάντιος, 1994, Ανακύκλωση Υλικών – Πλαστικά
2. Association of Plastic Manufacturers in Europe, Association of cities and Regions for recycling , et al., 2004, Good Practices Guide On Waste Plastics Recycling A Guide By And For Local And Regional Authorities [online] <http://www.ecvm.org/img/db/ACRRReport.pdf>
3. Μπουντίνας Β. Κώστας, Λεζκίδου Αθ. Ματρώνα, 2001, Ανακύκλωση Πλαστικών
4. Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2004, Σήματα ΕΟΠ, [online] http://reports.eea.europa.eu/signals-2004/el/EL_Signals_web.pdf
5. PlasticsEurope, 2006, An analysis of plastics production, demand and recovery in Europe [online] <http://www.plasticseurope.org/DocShareNoFrame/docs/2/AFGKEJGDJBHJBFCHFMILIHFE4DM6YDH76H44BK9YBDED/PlasticsEurope/docs/DLS/defgreenbook04-20060928-010-EN-v1.pdf>
6. Kistenmacher A., APME Brussels, 2003, Plastics Recycling – State of Art
7. GUA – Gessellschaft fur umfassende analysen, 2005, The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency [online] http://www.resbrasil.com.br/upload/Plastics_GUA_LCA_completo_2_0105.pdf
8. Γκέκας Β. Χρ., Μπαλτά Κ., 2005, Βιομηχανία Τροφίμων και Περιβάλλον
9. Association of Plastic Manufacturers in Europe, 2001, Plastics in Packaging [online] <http://www.plastinformation.com/forpackningar/Plastics%20in%20packaging.pdf>
10. European Environment Agency, Jacobsen H., Kristoffersen M., 2002, Case Studies on Waste Minimisation Practices in Europe [online] http://www.compost.it/materiali/EEA_Report_290103.pdf
11. M.C.O'Sullivan & Co. Ltd, COWI, Technical University of Vienna, A.A.C.M Beenackers, 2005, Feasibility Study of Thermal Treatment For Waste in the Limerick / Clare/ Kerry Region [online] [http://www.managewaste.ie/docs/WMPNov2005/FeasibilityStudy/LCK%20Thermal%20Feasibility%20Report-Full%20\(web\).pdf](http://www.managewaste.ie/docs/WMPNov2005/FeasibilityStudy/LCK%20Thermal%20Feasibility%20Report-Full%20(web).pdf)
12. Griffiths T., Williams K., 2005, Thermal Treatment Options , [online] http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Griffiths_Thermal_treatment_options.pdf
13. Heinberg H., 2005, Economical and Ecological Feasibility of Plastic Recycling [online] <http://rudar.ruc.dk/bitstream/1800/1470/1/Main%20Report%20in%20PDF.pdf>
14. Ares E., Bolton P., 2002, Waste Incineration [online] <http://www.parliament.uk/commons/lib/research/rp2002/rp02-034.pdf>
15. Environment and Plastics Industry Council (EPIC), 2004, A Review of the Options for the Thermal Treatment of Plastics [online] http://www.cpia.ca/files/files/files_Review_of_options_for_the_thermal_treatment_of_plastics_full_paper_14_Oct_04.pdf
16. Food Safety Authority of Ireland Report, 2003, Waste Incineration and Possible Contamination of the Food Supply with Dioxins [online] http://www.dublinwastetoenergy.ie/files/fsai_report.pdf
17. Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης Ανακύκλωσης, [online] <http://www.herrco.gr/web/default.fds>
18. Μύρκου Κ., 2006, Εξέλιξη των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των στερεών απορριμμάτων του Ν.Χανίων, Διπλωματική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
19. Περιοδικό ‘Σκουπίδια και Ανακύκλωση’, Τεύχος 55, Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος 2005, ‘Καύση Αποβλήτων’

20. Περιοδικό 'Ecotec', Τεύχος 16, Οκτώβριος 2006, 'Πήρε μπροστά η ανακύκλωση'
21. Διαδημοτική Επιχείρηση Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, [online] <http://www.dedisa.gr/>
22. Απογραφή 2001, Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος, <http://www.ota.gr/population.html>