

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΜΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

υπό

ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟ ΙΩΑΝΝΗ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

2013



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 11594/1
Ημερ. Εισ.: 03-04-2013
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜ
2013
ΑΔΑ

© 20013 Ιωάννης Αδαμόπουλος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2)

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Δημήτρης Παντελής Επικουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Γιώργο Σαχαρίδη Λέκτορας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Νικόλαος Ανδρίτσος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Δημήτριο Παντελή, που μου εμπιστεύτηκε την εργασία αυτή, δίνοντας μου την ευκαιρία να αναζητήσω πηγές πληροφοριών για ένα τόσο σημαντικό και επίκαιρο θέμα. Καθώς και ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου για την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΔΑΜΟΠΟΥΛΟΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, 2013

Περίληψη

Η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) είναι παγκοσμίως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα, ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες οικονομικά κοινωνίες. Ο όρος διαχείριση των ΑΣΑ εμπεριέχει τις τεχνικές διαδικασίες και μεθόδους οι οποίες σχετίζονται με τη συλλογή, τη μεταφορά, την προσωρινή αποθήκευση, την ανάκτηση των χρήσιμων υλικών εξ αυτών και την τελική διάθεσή τους σε κατάλληλα επιλεγμένους χώρους και τέλος την μετέπειτα φροντίδα των χώρων αυτών. Οι διαδικασίες και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι αποδεκτές από τεχνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής πλευράς και από καιρό έχουν αποτελέσει αντικείμενο τεχνικής, οικονομικής και περιβαλλοντικής φροντίδας τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο διεθνών οργανισμών όπως ο ΟΗΕ, ο ΟΟΣΑ και η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η ανάπτυξη των συστημάτων πληροφορικής έχει μετατρέψει τις λογισμικές εφαρμογές πληροφορικών συστημάτων σε ένα απαραίτητο εργαλείο στην ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Η βασικότερη κατηγορία λογισμικών, τα οποία χρησιμοποιούνται στη Διαχείριση αποβλήτων αποτελούν τα Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών. Η ικανότητα χαρτογράφησης των ΓΣΠ τα καθιστά απαραίτητα σε πολλά στάδια της διαχείρισης αποβλήτων.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η μορφή της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων στις σύγχρονες κοινωνίες με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή στη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων	
1.1	Εισαγωγή.....	7
1.2	Κατηγορίες αποβλήτων.....	8
1.3	Ποσότητες αποβλήτων στην Ευρώπη.....	10
1.4	Ποσότητες αποβλήτων στην Ελλάδα.....	12
2	Σχεδιασμός ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων	
2.1	Εισαγωγή.....	13
2.2	Προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων.....	14
2.2.1	Θέση δοχείων συλλογής.....	16
2.3	Συλλογή.....	16
2.4	Μεταφόρτωση και μεταφορά προς διάθεση.....	20
3	Ανακύκλωση	
3.1	Εισαγωγή.....	23
3.2	Ανακυκλώσιμα υλικά	24
3.3	Ολοκληρωμένο σύστημα ανακύκλωσης υλικών.....	25
3.4	Κέντρα διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών.....	28
3.5	Ενεργειακά οφέλη ανακύκλωσης.....	30
4	Επεξεργασία αποβλήτων	
4.1	Εισαγωγή.....	30
4.2	Καύση.....	31
4.2.1	Μονάδες καύσης.....	32
4.2.2	Εκπομπές αερίων.....	33
4.2.3	Μειονεκτήματα της καύσης.....	33
4.3	Πυρόληση.....	34
4.4	Αεριοποίηση.....	35
4.5	Βιολογική επεξεργασία	
4.5.1	Κομποστοποίηση.....	36
4.5.2	Μονάδες κομποστοποίησης.....	37
4.5.3	Χαρακτηριστικά compost και μέθοδοι χρήσης του.....	38
4.6	Αναερόβια χώνευση.....	38
4.7	Υγειονομική ταφή.....	39
4.7.1	Βήματα δημιουργίας χώρου υγειονομικής ταφής.....	40
4.7.2	Μέθοδοι υγειονομικής ταφής.....	41
4.7.3	Επιλογή χώρου υγειονομικής ταφής.....	41
4.7.4	Παύση λειτουργίας και αποκατάσταση.....	42
4.7.5	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Υγειονομικής Ταφής.....	43
4.8	Μηχανική επεξεργασία	43
5	Λογισμικά προγράμματα στην ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων.	
5.1	Εισαγωγή	47
5.2	Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.....	47
5.3	Δομικά μέρη ενός ΓΣΠ και εξοπλισμός.....	48
5.4	Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και διαχείριση στερεών αποβλήτων.....	50
5.5	Δυνατότητες ΓΣΠ στη συλλογή στερεών αποβλήτων.....	51
5.5.1	Χωροθέτηση των κάδων.....	51
5.5.2	Δρομολόγηση απορριματοφόρων.....	52
5.5.3	Ανάλυση χωρικών δικτύων.....	53
5.6	ArcGIS Desktop 9.1.....	53
5.6.1	Έυρεση βέλτιστης διαδρομής με τη χρήση του λογισμικού.....	54
5.7	Arcview	58
5.7.1	Στάδια λειτουργίας του λογισμικού στη διαχείριση αποβλήτων.....	59
5.7.2	Πλεονεκτήματα του πακέτου λογισμικού.....	61
5.8	Συμπεράσματα για τα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.....	61
	Βιβλιογραφία.....	63

1.1 Εισαγωγή

Ένα από τα διαχρονικότερα προβλήματα στην διαδρομή του ανθρώπου αποτελεί η συλλογή και η αξιοποίηση των απορριμάτων με σκοπό τη προστασία του περιβάλλοντος αλλά και της συνθήκης υγιεινής. Ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή, με την ανάπτυξη της βιομηχανικής παραγωγής, την διόγκωση των αστικών κέντρων αλλά και τον άνθρωπο να έχει μετατραπεί σε ένα υπερκαταναλωτικό ον το οποίο έχει ταυτίσει την ευτυχία με την υλική ευμάρεια, είναι επιβεβλημένη μια ολοκληρωμένη διαχείριση των αστικών αποβλήτων.

Η διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί ένα από τα τρία σημαντικότερα προβλήματα παγκοσμίως, μαζί με την έλλειψη νερού και τις κλιματικές αλλαγές. Τα τρία αυτά προβλήματα τείνουν να ενωθούν σε ένα, ενώ και η αντιμετώπισή τους απαιτεί μια ενιαία πολιτική παγκοσμίως. Η τελευταία τάση στην επιστήμη της διαχείρισης αποβλήτων απαιτεί να επιλέγονται τρόποι που να μην συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, κάτι που δεν μας απασχολούσε πριν από μια δεκαετία.

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία στην οποία εμπλέκονται αρκετές τεχνολογίες και επιστήμες. Συγκεκριμένα, ο όρος διαχείριση στερεών αποβλήτων περιέχει τις τεχνικές διαδικασίες και μεθόδους οι οποίες σχετίζονται με τη πηγή των αποβλήτων, τη συλλογή, τη μεταφορά, την προσωρινή αποθήκευση, την ανάκτηση των χρήσιμων υλικών από αυτά και την τελική διάθεσή τους σε κατάλληλα επιλεγμένους χώρους. Η εξέλιξη των συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων, έδειξε ότι η ορθολογική αντιμετώπιση του προβλήματος απαιτεί ολοκληρωμένο σχεδιασμό στον οποίο λαμβάνονται υπόψη βασικά κριτήρια, που χαρακτηρίζουν μια ευρύτερη περιοχή. Τα σημαντικότερα από αυτά τα κριτήρια είναι κυρίως κοινωνικά, χωροταξικά, περιβαλλοντικά, νομικά αλλά και οικονομικά.

Στην ενιαία διαχείριση στερεών αποβλήτων το βασικό ζήτημα δεν αποτελεί πόσοι τρόποι διαχείρισης χρησιμοποιούνται, ούτε αν όλοι οι τρόποι είναι το ίδιο αποτελεσματικοί την ίδια χρονική στιγμή. Ο βασικότερος σκοπός είναι ο συνδιασμός των κατάλληλων μεθόδων έτσι ώστε να επιτευχθεί το ελάχιστο οικονομικό κόστος και να μεγιστοποιηθεί τόσο η περιβαλλοντική προστασία όσο και τα κοινωνικά οφέλη. Γίνεται λοιπόν κατανοητό, πως ένα σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων για να είναι επιτυχημένο, πρέπει οι αρχές της αειφόρου ανάπτυξης και της ολοκληρωμένης διαχείρισης των στερεών αποβλήτων να εναρμονιστούν πλήρως σε εθνικό, τοπικό, κοινωνικό αλλά και θεσμικό επίπεδο.

Οι σύγχρονες αντιλήψεις και πρακτικές για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων υπαγορεύουν πλέον τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ολοκληρωμένων συστημάτων, με βασικούς στόχους την αποτελεσματική διαχείριση και εξοικονόμηση φυσικών πόρων και ενέργειας. Το κέντρο βάρους έχει μετατοπιστεί καθαρά προς την πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων, την ανακύκλωση και την μείωση των επικίνδυνων συστατικών των αποβλήτων. Οι βασικοί άξονες της πολιτικής διαχείρισης των αστικών αποβλήτων στις σύγχρονες κοινωνίες, διαμορφωμένες σε συμφωνία με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και τη σύγχρονη επιστημονική γνώση, προσδιορίζονται στην πρόληψη της παραγωγής απορριμμάτων, στην επαναχρησιμοποίηση υλικών (όπου αυτό είναι εφικτό), στην ανακύκλωση υλικών (παραγωγή δευτερογενών υλικών), την αξιοποίηση αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας και στην ασφαλής τελική διάθεση σε οργανωμένους χώρους υγειονομικής ταφής.

Βασικός παράγοντας στην λύση του προβλήματος των απορριμμάτων είναι ο ρόλος του υπεύθυνου πολίτη, ο οποίος αναλαμβάνει την ατομική του ευθύνη δίνοντας βάρος στην

πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων, αλλάζοντας τα πρότυπα κατανάλωσης αλλά και επιλέγοντας προϊόντα με ελάχιστο περιβαλλοντικό και κοινωνικό αποτύπωμα. Είναι πλέον επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας μιας περιβαλλοντικής συνείδησης στη πλειοψηφία της κοινωνίας η οποία θα αποτελέσει εφελθτήριο για τη σωστή κατεύθυνση στη διαχείριση των αστικών αποβλήτων. Αν δεν εξασφαλιστεί αυτή η προϋπόθεση στο σύγχρονο κοινωνικό φαντασιακό, οποιαδήποτε προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος των απορριμμάτων είναι καταδικασμένη να αποτύχει.

1.2 Κατηγορίες αποβλήτων.

Ως στερεά απόβλητα νοούνται ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται κυρίως σε στερεά φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχος τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί. Με άλλα λόγια, τα στερεά απόβλητα είναι τα στερεά ή ημιστερεά υλικά, τα οποία κάτω από κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχό τους, ώστε το κόστος απόρριψής τους να είναι μικρότερο από το κόστος διατήρησης. Όπως προκύπτει από τον ορισμό, τα στερεά απόβλητα είναι υλικά που βρίσκονται σε στερεή μορφή και τα οποία δεν προσδίδουν καμία χρησιμότητα στο κάτοχό τους.

Οι βασικότερες κατηγορίες αποβλήτων είναι[1]:

Οικιακά απόβλητα: Περιλαμβάνουν τα απορρίματα που παράγονται στις κατοικίες αλλά και στους υπαίθριους χώρους των σπιτιών. Αποτελούνται κυρίως από υπολείματα τροφής, χαρτιά, γυαλιά, πλαστικά, υφάσματα, μεταλλικά κουτιά και απορρίματα κηπουρικής. Ένα ποσοστό 0,5% των οικιακών αποβλήτων χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα και τοξικά απόβλητα, χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων απορριμμάτων είναι οι ηλεκτρικές συσκευές, οι μπαταρίες και ορισμένα απόβλητα κηπουρικής.

Εμπορικά απόβλητα και δημοτικά απόβλητα: Παράγονται από καταστήματα, εστιατόρια, γραφεία, ξενοδοχεία και μικρές κυρίως βιοτεχνίες. Αποτελούνται κυρίως από υπολείματα τροφής, χαρτιά, χαρτόνια, γυαλιά, μέταλλα και πλαστικά.

Απόβλητα κατασκευών και κατεδαφίσεων: Αποτελούν τα απορρίματα από τις οικοδομικές εργασίες που προέρχονται από ανεγέρσεις νέων κατασκευών, κατεδαφίσεις, καθαρισμό δημόσιων και ιδιωτικών χώρων. Τα απορρίματα αυτής της κατηγορίας είναι κατά κύριο λόγο αδρανή και ογκώδη, όπως το χώμα, η άμμος, το χαλίκι, το σκυρόδεμα, οι πέτρες, τα τούβλα αλλά και υλικά όπως το ξύλο, τα μέταλλα, το γυαλί και το ύφασμα. Τα απόβλητα αυτά διαφέρουν ανάλογα με το τύπο της κατασκευής και τη τοποθεσία.

Επικίνδυνα απόβλητα: Αποτελούν τα στερεά απόβλητα τα οποία λόγω της ποιότητάς τους, των φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Η συλλογή και η διάθεση αυτών των απορριμμάτων πρέπει να αποτελούν ξεχωριστές εργασίες βασιζόμενες πάνω στη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα κυριότερα απορρίματα αυτής της κατηγορίας είναι:

- Τα νοσοκομειακά απόβλητα: Αποτελούν τα απορρίματα τα οποία περιέχουν τοξικές και ραδιενεργές ουσίες και προέρχονται κυρίως από τις νοσοκομειακές εγκαταστάσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων αποβλήτων είναι οι χρησιμοποιημένες βελόνες, τα απόβλητα αιμοκαθάρσεων και τα υδραργυρικά θερμομέτρα.
- Ελαστικά έπιστρωτα: Οι ποσότητες ελαστικών που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους και αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Μεγάλο πρόβλημα της κατηγορίας αυτής είναι ο συνεχής αυξανόμενος όγκος τους αλλά και οι ξεχωριστοί μέθοδοι διαχείρισής τους.

- Απόβλητα έλαιων: Αποτελούν όλα τα χρησιμοποιημένα έλαια που προκύπτουν από την ιδιωτική χρήση, τα ελαιουργεία και τα λάδια καύσεων Περιέχουν επιβαρυντικά χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά για το περιβάλλον.

1	Απόβλητα από εξερεύνηση, εξόρυξη, εργασίες λατομείου και φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών
2	Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων
3	Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων, καθώς και πολτού χαρτιών και χαρτονιών
4	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας
5	Απόβλητα από τη διύλιση πετρελαίου, τον καθαρισμό φυσικού αερίου και την πυρολυτική επεξεργασία άνθρακα
6	Απόβλητα από ανόργανες χημικές διεργασίες
7	Απόβλητα από οργανικές χημικές διεργασίες
8	Απόβλητα από την παραγωγή, διαμόρφωση, προμήθεια και χρήση (ΠΔΠΧ) επικαλύψεων (χρώματα, βερνίκια και σμάλτο γάλου), κολλών, στεγανωτικών και τυπογραφικών μελανών
9	Απόβλητα από τη φωτογραφική βιομηχανία
10	Απόβλητα από θερμικές επεξεργασίες
11	Απόβλητα από τη χημική επιφανειακή επεξεργασία και την επικάλυψη μετάλλων και άλλων υλικών υδρομεταλλουργία μη σιδηρούχων μετάλλων
12	Απόβλητα για τη μορφοποίηση και τη φυσική και μηχανική επιφανειακή επεξεργασία μετάλλων και πλαστικών
12	Απόβλητα ελαίων από απόβλητα υγρών καυσίμων (εκτός βρωσίμων ελαίων, 05 και 12)
14	Απόβλητα από οργανικούς διαλύτες, ψυκτικές ουσίες και προωθητικά (εκτός 07 και 08)
15	Απόβλητα από συσκευασίες, απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα άλλως
16	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως στον κατάλογο
17	Απόβλητα από κατασκευές και κατεδαφίσεις (περιλαμβάνεται χώμα εκκαφής από μολυσμένες τοποθεσίες)
18	Απόβλητα από την υγειονομική περιθαψή ανθρώπων ή ζώων ή/και από σχετικές έρευνες (εξαιρούνται απόβλητα κουζίνας και εστιατορίων που δεν προκύπτουν άμεσα από το σύστημα υγείας)
19	Απόβλητα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και την προετοιμασία ύδατος προοριζόμενου για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ύδατος για βιομηχανική χρήση
20	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα) περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγέντων

Πίνακας 1.1 Γενική διάκριση στερεών αποβλήτων [2]

Τα συστατικά που καθιστούν ένα απόβλητο ως επικίνδυνο είναι τα ακόλουθα:

1. Βηρύλλιο, ενώσεις βηρυλλίου
2. Ενώσεις βαναδίου
3. Ενώσεις εξασθενούς χρωμίου
4. Ενώσεις κοβαλτίου
5. Ενώσεις νικελίου

6. Ενώσεις χαλκού
7. Ενώσεις ψευδαργύρου
8. Αρσενικό, ενώσεις αρσενικού
9. Σελήνιο, ενώσεις σεληνίου
10. Ενώσεις αργύρου
11. Κάδμιο, ενώσεις καδμίου
12. Ενώσεις κασσιτέρου
13. Αντιμόνιο, ενώσεις αντιμονίου
14. Τελλούριο, ενώσεις τελλουρίου
15. Ενώσεις βαρίου, εκτός του θειικού βαρίου
16. Υδράργυρος, ενώσεις υδραργύρου
17. Θάλλιο, ενώσεις θαλλίου
18. Μόλυβδος, ενώσεις μολύβδου
19. Ανόργανα θειούχα άλατα
20. Ανόργανες ενώσεις φθορίου, εκτός του φθοριούχου ασβεστίου
21. Ανόργανα κυανιούχα άλατα
22. Τα εξής αλκαλιμέταλλα ή αλκαλικές γαίες: Li, Na, K, Ca, Mg σε καθαρή μορφή
23. Όξινα διαλύματα ή τα οξέα σε στερεά μορφή
24. Βασικά διαλύματα ή βάσεις σε στερεά μορφή
25. Αμίαντος (σκόνη και ίνες)
26. Φώσφορος: ενώσεις φωσφόρου εκτός των ανόργανων φωσφορικών αλάτων
27. Μεταλλοκαρβονύλια
28. Υπεροξειδία
29. Χλωρικά άλατα
30. Υπερχλωρικά άλατα
31. Νιτρίδια
32. PCB ή/και PCT
33. Φαρμακευτικά ή κτηνιατρικά προϊόντα
34. Βιοκτόνα και φυτοφάρμακα (π.χ. τα παρασιτοκτόνα κ.λ.π.)
35. Μολυσματικές ουσίες
36. Κρεόζωτα
37. Ισοκυανικά και θειοκυανικά άλατα
38. Κυανιούχες οργανικές ενώσεις (π.χ. νιτρίλια κ.λ.π.)
39. Φαινόλες και φαινολικές ενώσεις
40. Αλογονούχοι διαλύτες

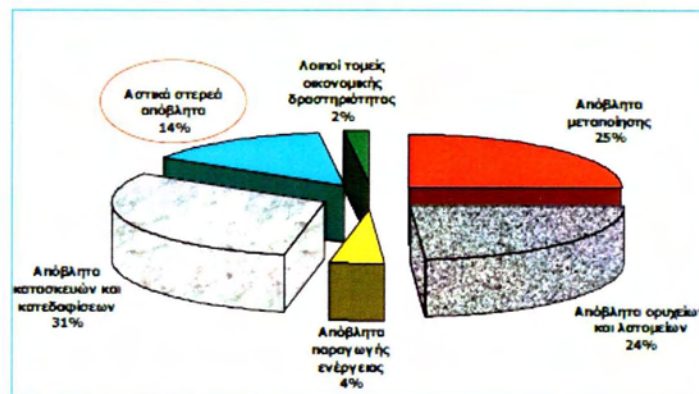
1.3 Ποσότητες αποβλήτων στην Ευρώπη.

Οι ποσότητες παραγωγής διαφέρουν γεωγραφικά αλλά και διαχρονικά από εποχή σε εποχή. Πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες των στερεών αποβλήτων που παράγονται σε κάθε γεωγραφικό κομμάτι του πλανήτη. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν τη ποσότητα παραγωγής είναι:

- **Το νοικοκυριό:** έχει να κάνει με στοιχεία όπως ο αριθμός των ατόμων σε ένα σπίτι, τις συνήθειες των καταναλωτών αλλά και το μορφωτικό και βιοτικό επίπεδό τους.

- Το γεωγραφικό διαμέρισμα και τα χαρακτηριστικά του: αναφέρεται στο μέγεθος, τη πολεοδομία και τη τουριστική κίνηση της περιοχής.
- Τα προϊόντα: τα υλικά παραγωγής και συσκευασίας, τη διάρκεια ζωής τους και το χρονικό διάστημα που είναι ικανά για χρήση.
- Η μακροοικονομία: αφορά τα οικονομικά στοιχεία όπως το μέσο ετήσιο οικογενειακό εισόδημα, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν και της οικονομικές κλίμακες της κάθε χώρας.

Η δημιουργία αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπολογίζεται σε 1,3 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως περίπου. Στην ποσότητα αυτή περιλαμβάνονται τα απόβλητα της μεταποίησης (427 εκατομμύρια τόνοι), της ενεργειακής παραγωγής και της υδροδότησης (127 εκατομμύρια τόνοι), του κατασκευαστικού τομέα (510 εκατομμύρια τόνοι) και των οικιακών απορριμμάτων (241 εκατομμύρια τόνοι). Πέραν αυτών, σημαντικές ποσότητες αποβλήτων παράγονται από τη γεωργία, τη δασοκομία, την αλιεία, τις εξορυκτικές δραστηριότητες, τις δραστηριότητες λατομείων και τους τομείς των υπηρεσιών και του δημοσίου τομέα.



Σχήμα 1.1 Συνολική παραγωγή αποβλήτων ανά τομέα στην Ευρώπη[3]

Πιο συγκεκριμένα στις 15 χώρες της ευρωπαϊκής Ένωσης που αποτελούν το πυρήνα της μαζί με τις Σκανδιναβικές χώρες, ο παραγόμενος όγκος σκουπιδιών κάθε χρόνο υπολογίζεται στα 564kg ανά άτομο ενώ οι πολίτες των νέων μελών από την Κεντρική και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη παράγουν πολύ μικρότερο όγκο σκουπιδιών, ο οποίος μόλις αγγίζει τα 369 kg ανά κάτοικο. Σε κάθε Ευρωπαίο αναλογούν 522kg σκουπίδια στην Ευρώπη των «27» από την κατανάλωση τροφών, τις συσκευασίες των προϊόντων και τις εν γένει καταναλωτικές συνήθειες.

Αναλυτικότερα, στο πίνακα 1.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ποσότητα παραγωγής αποβλήτων ανά κάτοικο αλλά και οι μέθοδοι επεξεργασίας τους κατά αναλογία.

	Παραγωγή Αποβλήτων	Αστικών	Υγειονομική Ταφή	Αποτέφρωση	Ανακύκλωση	Κομποστοποίηση
	kg /άτομο		%	%	%	%
ΕU27	522		42	20	22	17
Βέλγιο	492		4	34	39	23
Βουλγαρία	468		100	0	0	0
Τσεχία	294		84	13	2	1
Δανία	801		5	53	24	17
Γερμανία	564		1	35	46	18
Εσθονία	536		64	0	34	2
Ιρλανδία	786		64	0	34	2
Ελλάδα	448		84	0	14	2
Ισπανία	588		60	10	13	17
Γαλλία	541		34	36	16	14
Ιταλία	550		46	11	11	33
Κύπρος	754		87	0	13	0
Λετονία	377		86	0	13	1
Λιθουανία	400		96	0	2	2
Λουξεμβούργο	694		25	47	0	28
Ουγγαρία	456		77	9	13	1
Μάλτα	652		93	0	2	5
Νορβηγία	630		3	38	32	28
Αυστρία	597		13	28	21	38
Πολωνία	322		90	0	6	4
Πορτογαλία	472		63	19	8	10
Ρουμανία	379		99	0	1	0
Σλοβενία	441		66	0	34*	-
Σλοβακία	309		82	11	2	5
Φινλανδία	507		53	12	26	10
Σουηδία	518		4	47	37	12
Αγγλία	572		57	9	22	12

Πίνακας 1.2 Παραγωγή αποβλήτων/κάτοικο και μέθοδοι διαχείρισης[4].

1.4. Ποσότητες αποβλήτων στην Ελλάδα.

Με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, στην Ελλάδα παράγονται περίπου 4,6 εκατομμύρια τόνοι αστικών αποβλήτων ετησίως. Η μεγαλύτερη ποσότητα παραγωγής εντοπίζεται στην περιφέρεια Αττικής όπου παράγεται το 39% της ετήσιας ποσότητας, ενώ σημαντική ποσότητα (16%) παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Πλέον ο αριθμός των τόνων των παραγόμενων αστικών αποβλήτων ανέρχεται στα 5,8 εκατομμύρια. Πιο συγκεκριμένα κάθε κάτοικος στην Ελλάδα παράγει περίπου 500 κιλά απορρίμματα το έτος. Τα τελευταία 10 έτη η αύξηση παραγωγής σκουπιδιών στην Ελλάδα ξεπέρασε το 40%. Μόνο οι κάτοικοι της Αθήνας παράγουν περί τους 6.500 τόνους σκουπιδιών ημερησίως (χωρίς να έχουν συνυπολογιστεί οι χιλιάδες τόνοι βιομηχανικών και νοσοκομειακών αποβλήτων).

Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 1.3 με αποτελέσματα παραγωγής αποβλήτων ανά κάτοικο στην Ελλάδα από το 1995 έως το 2008, καθώς και ο πίνακας 1.4 με τις προβλέψεις για τη παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα έως το 2035.

Έτος	kg/κάτοικο/έτος ⁴	Πληθυσμός ⁵	Τόνοι Α.Σ.Α/έτος
1995	302	10.595.074	3.199.712,35
1996	337	10.673.696	3.597.035,55
1997	363	10.744.649	3.900.307,59
1998	378	10.808.358	4.085.559,32
1999	393	10.861.402	4.268.530,99
2000	408	10.903.757	4.448.732,86
2001	417	10.931.206	4.558.312,90
2002	423	10.968.708	4.639.763,48
2003	428	11.006.377	4.710.729,36
2004	433	11.040.650	4.780.601,45
2005	438	11.082.751	4.854.244,94
2006	443	11.125.179	4.928.454,30
2007	448	11.171.740	5.004.939,52
2008	453	11.213.785	5.079.844,61

Πίνακας 1.3 Ποσότητες ΑΣΑ στην Ελλάδα από το 1995-2008[5].

2015	2020	2025	2030	2035
6.600.000	7.100.000	6.700.000	8.100.000	9.000.000

Πίνακας 1.4 Προβλέψεις για τη παραγωγή στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα[3]

2. Σχεδιασμός ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

2.1 Εισαγωγή

Με την έννοια Σχεδιασμός Ολοκληρωμένης Διαχείρισης στερεών αποβλήτων ορίζουμε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης των απορριμμάτων μιας περιοχής το οποίο οφείλει να ιεραρχεί τους στόχους του και να εκτιμά σωστά το σύνολο των λειτουργιών του συστήματος διαχείρισης, βασιζόμενο πάντα στα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά δεδομένα της περιοχής .

Κάθε ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης πρέπει να εξετάζει όλους τους τύπους των στερεών αποβλήτων που παράγει η εκάστοτε περιοχή και να μελετά όλες τις δυνατές μεθόδους επεξεργασίας των απορριμμάτων. Επίσης οφείλει να δίνει μεγάλη βαρύτητα

στις αλληλοεπιδράσεις όλων των στοιχείων του συστήματος έτσι ώστε να προκαλεί τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις με το λιγότερο δυνατό οικονομικό κόστος. Είναι σαφές πως δεν υπάρχει ένα σύστημα διαχείρισης το οποίο να αποτελεί πρότυπο για το σύνολο των κοινωνιών καθώς κάθε προσπάθεια ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων περιέχει διαφορετικούς σχεδιασμούς που προσαρμόζεται στις συνολικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Ωστόσο υπάρχουν βασικοί άξονες στους οποίους στηρίζονται όλοι οι ολοκληρωμένοι σχεδιασμοί διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Τους βασικούς αυτούς άξονες αποτελούν[1]:

- **Προσωρινή αποθήκευση:** η οποία αποτελεί το πρώτο στάδιο διαχείρισης όπου τα απόβλητα τοποθετούνται σε κατάλληλο χώρο μέχρι τη συλλογή τους. Απαιτείται σωστή επιλογή δοχείων συλλογής αλλά και κατάλληλος χώρος τοποθέτησής τους.
- **Συλλογή:** η διαδικασία κατά την οποία περιλαμβάνει τη συγκέντρωση αποβλήτων και το διαχωρισμό τους σε κατηγορίες υλικών βάσει των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους. Αποτελεί βασικό παράγοντα για την εύρυθμη λειτουργία μιας ΣΟΔΑ, στην οποία πρέπει να μελετούνται επιμέρους λειτουργίες όπως η συχνότητα συλλογής, η τεχνολογία των οχημάτων αλλά και η βέλτιστη διαδρομή συλλογής.
- **Μεταφορά και Μεταφόρτωση προς διάθεση:** η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών μετακίνησης των αποβλήτων, από τα μέσα συλλογής προς στους χώρους διάθεσης των αποβλήτων. Η μεταφόρτωση αποτελεί το στάδιο στο οποίο ο όγκος των αποβλήτων μεταφέρεται από ενδιάμεσους σταθμούς διαλογής στο τελικό χώρο επεξεργασίας τους.
- **Τελική επεξεργασία αποβλήτων:** αποτελεί το σύνολο των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τη τελική επεξεργασία των αποβλήτων. Είναι η διαδικασία στην οποία γίνεται μετατροπή των χαρακτηριστικών των αποβλήτων με σκοπό να καταστραφούν οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, να μειωθεί ο όγκος τους αλλά και να χρησιμοποιηθούν ως μέσα παραγωγής ενέργειας. Η επεξεργασία αυτή μπορεί να είναι θερμική, βιολογική, μηχανική καθώς και απλή εδαφική διάθεση.

2.2 Προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων.

Η επιλογή των κατάλληλων μέσων προσωρινής αποθήκευσης αποτελεί το πρώτο και πολύ βασικό βήμα της ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Η επιλογή του είδους των δοχείων συλλογής, η χωρητικότητά τους αλλά και τα σημεία τοποθέτησής του είναι τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των μέσων προσωρινής αποθήκευσης.

Το μέγεθος, ο αριθμός των κάδων αλλά και η απόσταση μεταξύ των δοχείων συλλογής εξαρτάται από τη ποσότητα παραγωγής αποβλήτων, τη πυκνότητα των κατοίκων μιας περιοχής καθώς και τη συχνότητα συλλογής. Η συχνότητα συλλογής αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα για τη βέλτιστη επιλογή της χωρητικότητας αλλά και τον αριθμό των κάδων που θα χρησιμοποιηθούν.

Έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορα είδη δοχείων συλλογής ως μέσα προσωρινής αποθήκευσης αποβλήτων. Στις μέρες μας το πιο ενδεδειγμένο μέσο

συλλογής είναι[6]: **οι κυλιόμενοι κάδοι,οι σταθεροί κάδοι και οι μεγάλοι υποδοχείς (containers).**

Κυλιόμενοι κάδοι.

Είναι κατασκευασμένοι από πλαστικό ή μέταλλο και η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 80 έως 1700 λίτρα.Η χρησιμοποίησή τους προϋποθέτει μηχανική συλλογή απο κατάλληλα οχήματα.Εξασφαλίζουν καλές συνθήκες υγιεινής ,μειώνουν το χρόνο συλλογής και διευκολύνουν το έργο του προσωπικού αποκομιδής. Η επιλογή των κυλιόμενων κάδων πρέπει να γίνεται βάση μιας σειράς κριτηρίων τα οποία είναι:

- Η ευκολία προσαρμογής στο σύστημα του μηχανισμού ανύψωσης
- Ο βαθμός καταπόνησης του μηχανισμού ανύψωσης
- Το κόστος αγοράς
- Το κόστος συντήρησης
- Η αντοχή των φθειρόμενων στοιχείων κύλισης
- Η στεγανότητα
- Η ευκολία καθαρισμού και απολύμανσης
- Ο χρόνος ζωής
- Η δυνατότητα ανακύκλωσης
- Η αντικραδασική κατασκευή των τροχών τους
- Η ικανότητα εκκένωσης υγρών καταλοίπων από τον πυθμένα

Σταθεροί κάδοι.

Οι χρησιμοποίηση σταθερών κάδων γίνεται στις περιπτώσεις όπου οι συνθήκες μιας περιοχής δεν ευνοούν τη χρήση των κυλιόμενων.Είναι κατασκευασμένοι από μεταλλικό υλικό αντιδιαβρωτικής προστασίας και η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 150 έως 500 λίτρα.Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο τακτικό καθαρισμό τους για την αποφυγή δημιουργίας εστιών μόλυνσης από τη συσσώρευση καταλοίπων στο πυθμένα τους.Η χρήση τους ενδείκνυται για σε αστικές περιοχές με χαμηλή πυκνότητα δόμησης ή σε περιοχές που δεν είναι εφικτή η διέλευση απορριμματοφόρων.

Μεγάλοι υποδοχείς (Containers).

Οι μεγάλοι υποδοχείς είναι μεγάλα μεταλλικά δοχεία συλλογής αποβλήτων τα οποία χρησιμοποιούνται για την απόρριψη μεγάλου όγκου απορριμμάτων τα οποία είναι αδύνατο να μεταφερθούν με συμβατικά οχήματα συλλογής.Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται απο 10 έως 50 κυβικά μέτρα.Το άδειασμα των αποβλήτων από αυτά τα δοχεία συλλογής γίνεται με ειδικά οχήματα ή με τη χρήση γερανού.Οι κυριότερες κατηγορίες είναι τρεις:

- Container-πρέσα: Χρησιμοποιείται αντί για τους κάδους προσωρινής αποθήκευσης σε χώρους με μεγάλη παραγωγή στερεών αποβλήτων.Η χωρητικότητά του ανέρχεται μέχρι και 26 κυβικά μέτρα. Η φόρτωση και μεταφορά του για απόρριψη του περιεχομένου του απαιτεί ειδικό όχημα.
- Container ορθογωνικής διατομής: Η χωρητικότητά του μπορεί να φθάσει μέχρι τα 40 κυβικά μέτρα. Το άδειασμά του γίνεται με ανατροπή, ενώ η φόρτωσή του στο όχημα μεταφοράς με έλξη.
- Container τραπεζοειδούς διατομής τύπου σκάφης: Η χωρητικότητά του είναι 10 κυβικά μέτρα περίπου. Το όχημα μεταφοράς του μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλες

εργασίες. Η φόρτωσή του γίνεται με τη βοήθεια γερανού και το άδειασμά του γίνεται με ανατροπή.



Σχήμα 2.1 Container συλλογής αποβλήτων.

2.2.1 Θέση δοχείων συλλογής

Σημαντικός παράγοντας στην προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων αποτελεί η κατάλληλη επιλογή θέσης των δοχείων συλλογής. Η επιλογή πρέπει να γίνεται με μια σειρά κριτηρίων βάση των οποίων θα πρέπει να επιτευχθούν:

- Η μη παρεμπόδιση της κυκλοφορίας των οχημάτων, και ιδιαίτερως των μέσω μαζικής μεταφοράς.
- Μεγιστοποίηση της ασφάλειας στους δρόμους αναφορικά με την κίνηση των πεζών.
- Μεγιστοποίηση της ασφάλειας στους δρόμους αναφορικά με την κίνηση των οχημάτων.
- Διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας του συνόλου.
- Βελτίωση χώρου από πλευράς αισθητικής.
- Διευκόλυνση του προσωπικού αποκομιδής απορριμμάτων.
- Αποφυγή δημιουργίας εστιών ανεξέλεγκτης απόρριψης, και συνεπώς και ρύπανσης.

Απόσταση μεταξύ των κάδων και χωροθέτησή τους.

Η απόσταση που τοποθετούνται οι κάδοι υπολογίζεται βάση ορισμένων κριτηρίων όπως είναι ο αριθμός των κατοίκων μιας περιοχής, η ευκολία πρόσβασης των οχημάτων συλλογής και η χωρητικότητα των κάδων. Ωστόσο το μεγαλύτερο βάρος πρέπει να δίνεται στη διευκόλυνση του πολίτη, για αυτό το λόγο οι κάδοι πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να μη χρειάζεται να διανύσει απόσταση μεγαλύτερη από 100 μέτρα. Η χωροθέτηση των δοχείων συλλογής επηρεάζεται από τη πολεοδομία της περιοχής, δηλαδή τη μορφή και το τύπο των κτιρίων, των δρόμων και των πεζοδρομίων μιας πόλης.

2.3 Συλλογή

Κατηγορίες συλλογής.

Η διαδικασία της συλλογής αποτελεί το στάδιο κατά το οποίο τα απόβλητα συγκεντρώνονται και διαχωρίζονται βάση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους. Είναι ένα από τα σημαντικότερα στάδια της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων λόγω του

υψηλού κόστους της που αγγίζει το 70% του συνολικού κόστους της ΣΟΔΑ αλλά και λόγου του ότι καθορίζει σημαντικά τη ποιότητα υπηρεσιών που παρέχει στη κοινωνία.

Η διάκριση των μεθόδων συλλογής βασίζεται κυρίως σε δύο κριτήρια, στην χρονική στιγμή και στα μέσα που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή. Βάση του χρόνου συλλογής χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι, η ημερήσια και η νυκτερινή συλλογή[1].

Ημερήσια συλλογή: Η ημερήσια συλλογή πρέπει να ξεκινά πολύ νωρίς, πριν τις 7:00 πμ, για κύριο λόγο τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας. Η συλλογή αρχικά ξεκινά από τις περιοχές με το μεγαλύτερο όγκο αποβλήτων όπως είναι σχολεία, το κέντρο της πόλης και τα εμπορικά κέντρα. Το πρωί ή το απόγευμα γίνεται η συλλογή στις υπόλοιπες περιοχές κατοικίας και στην περιφέρεια. Η ημερήσια συλλογή πρέπει να γίνεται μέσα στο καθορισμένο ωράριο εργασίας, για να μην αυξάνεται το κόστος εργασίας.

Νυκτερινή συλλογή: Η νυκτερινή συλλογή (με ξεκίνημα περίπου στις 7:00 μμ) ακολουθεί την αντίθετη διαδικασία από αυτήν της ημερησίας, η συλλογή πρέπει να αρχίζει από τους χώρους κατοικίας και την περιφέρεια και να κατευθύνεται προς τα μεγαλύτερα κέντρα αποβλήτων, μόλις βελτιωθεί η κυκλοφορία. Μειονεκτήματα αυτού του είδους συλλογής είναι ότι η συλλογή πρέπει να τελειώσει πριν τις 10:00 μμ, καθώς και η δυσκολία εξεύρεσης προσωπικού που να δέχεται νυκτερινά ωράρια εργασίας. Τα απόβλητα, αφού αποθηκευθούν προσωρινά από τον πολίτη συλλέγονται και μεταφέρονται για περαιτέρω επεξεργασία, ή για διάθεση.

Η διάκριση συλλογής σύμφωνα με το τρόπο που χρησιμοποιούν τα οχήματα για την εκκένωση των μέσων προσωρινής αποθήκευσης χωρίζεται σε χειρωνακτική και μηχανική[6].

Η **χειρωνακτική συλλογή** πραγματοποιείται από τους εργάτες αποκομιδής, χωρίς τη συμμετοχή του οδηγού του απορριμματοφόρου και ενδείκνυται για συλλογή αποβλήτων από σταθερούς κάδους. Το απορριμματοφόρο όχημα είναι με ή χωρίς μηχανισμό και η φόρτωση γίνεται στο πίσω μέρος.

Η **μηχανική συλλογή** διακρίνεται στην ημιαυτόματη και την αυτόματη και βασίζεται στη συλλογή των απορριμμάτων από το πεζοδρόμιο με κυλιόμενους κάδους. Οι κάδοι μεταφέρονται στο μπροστά ή πλάγια μέρους του οχήματος και με συγκεκριμένο υδραυλικό μηχανισμό, οι οποίοι αφού φορτωθούν εκκενώνονται. Η μηχανική συλλογή είναι πιο εύκολη στη χρήση, λιγότερη κοπιαστική για το προσωπικό και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ατυχημάτων.

Η ημιαυτόματη συλλογή πραγματοποιείται από απορριμματοφόρο όχημα με μηχανισμό πλάγιας φόρτωσης. Η εργασία πραγματοποιείται από το προσωπικό του απορριμματοφόρου, που συλλέγει τους κάδους από συγκεκριμένες θέσεις στις οποίες είναι τοποθετημένα τα δοχεία συλλογής. Τα αυτοκίνητα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν και με μηχανικό σύστημα από βραχίονες και από τις δύο πλευρές. Οι κάδοι που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευασμένοι από ανθεκτικό πλαστικό και η τοποθέτησή τους στους δρόμους πρέπει να γίνεται με ειδικό τρόπο.

Η αυτόματη συλλογή πραγματοποιείται με απορριμματοφόρα μπρόστινης φόρτωσης με τη χρήση ανυψωτικού μηχανισμού μεγάλων δοχείων, τοποθετημένων σε συγκεκριμένη θέση. Τα απόβλητα αποθέτονται στα μεγάλα απορριμματοκιβώτια μέσω μηχανισμού και τα παραλαμβάνουν για τη νέα χρήση. Η όλη εργασία φορτοεκφόρτωσης πραγματοποιείται μόνο από τον οδηγό του απορριμματοφόρου.

Η τεχνολογία της αυτόματης συλλογής απαιτεί, πέρα από ειδικό όχημα και τους συγκεκριμένους κάδους, περιβάλλον που επιτρέπει την εφαρμογή της, όπως αρκετό χώρο στάθμευσης, δρόμους με περιορισμένη πυκνότητα οχημάτων, καλό οδόστρωμα. Επίσης, η αυτόματη συλλογή, όπως και η ημιαυτόματη, εξαρτάται από τη συνεργασία των πολιτών σε σχέση με την σωστή τοποθέτηση των κάδων για τη φόρτωση τους.

Οχήματα συλλογής

Τα οχήματα συλλογής που χρησιμοποιούνται για μια ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες αναλόγως κυρίως το μηχανισμό εκκένωσης των αποβλήτων από τα μέσα προσωρινής αποθήκευσης. Οι κυριότερες κατηγορίες των απορριματοφόρων αναλύονται ακολούθως[6].

Απορριματοφόρο τύπου πρέσσας: Σε αυτά τα οχήματα τα απόβλητα πιέζονται στο εσωτερικό του απορριματοφόρου με τη βοήθεια μιας σιαγόνας η οποία εκτελεί ημικυκλική κίνηση σε κάθετο άξονα. Τα απόβλητα συμπιέζονται στο επάνω μέρος του εμβόλου και συγκεντρώνονται στο εσωτερικό του θαλάμου. Η εκφόρτωση του οχήματος γίνεται με αντίθετη κίνηση του εμβόλου το οποίο οδηγεί τα απόβλητα προς τα έξω. Χρησιμοποιούν ανυψωτικά συστήματα τα οποία προσαρμόζονται σε μεγάλη ποικιλία μέσων προσωρινής αποθήκευσης.



Σχήμα2.1 Απορριματοφόρο τύπου πρέσσας.

Απορριματοφόρο τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου – μύλου: Στα απορριματοφόρα αυτού του τύπου τα απόβλητα συμπιέζονται στο εσωτερικό του οχήματος με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου τυμπάνου. Η εκκένωση των αποβλήτων γίνεται από μηχανισμό ανύψωσης ο οποίος βρίσκεται στο πίσω μέρος. Τα δοχεία συλλογής πρέπει να είναι συγκεκριμένου σχεδιασμού ώστε να προσαρμόζονται στον ανυψωτικό μηχανισμό.



Σχήμα2.2 Απορριματοφόρο τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου

Απορριματοφόρα μεσαίου κυβισμού: Πρόκειται για απορριματοφόρα οχήματα τύπου πρέσας με μηχανισμό ανύψωσης και η κατασκευή τους είναι ενιαία . Είναι μικρότερου μεγέθους από τα αντίστοιχα μεγάλου κυβισμού και κατάλληλα για στενούς δρόμους. Επιπλέον έχουν τη δυνατότητα να εκκενωθούν απ'ευθείας σε μεγαλύτερο απορριματοφόρο όχημα και ανοικτό απορριματοκιβώτιο.



Σχήμα2.3 Απορριματοφόρο μεσαίου κυβισμού.

Ανατρεπόμενα απορριματοφόρα: Πρόκειται για φορτηγά οχήματα με ανατρεπόμενη κιβωτάμαξα, η οποία εκκενώνεται σε απορριματοκιβώτιο ή το χώρο). Τα ανατρεπόμενα οχήματα προορίζονται για την αποκομιδή των ογκωδών αντικειμένων, αποβλήτων κατασκευών και κατεδαφίσεων, δεν είναι λειτουργικά για συλλογή αποβλήτων από μέσα προσωρινής αποθήκευσης.



Σχήμα2.4 Ανατρεπόμενο όχημα

Η επιλογή του κατάλληλου μέσου συλλογής έχει να κάνει με μια σειρά από κριτήρια, τα βασικότερα από τα οποία είναι:

- Ο απαιτούμενος χρόνος ενός πλήρους κύκλου λειτουργίας του ανυψωτικού μηχανισμού
- Η ταχύτητα εκφόρτωσης των κάδων στο όχημα
- Η μέγιστη κλίση (%) ανάβασης υπό μέγιστη ροπή στρέψεως σε μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο (%)
- Η μέγιστη ταχύτητα πορείας του οχήματος, υπό πλήρες φορτίο.
- Το απαιτούμενο ύψος για εκφόρτωση των κάδων.

- Ο βαθμός συμπίεσης των στερεών αποβλήτων.
- Η τήρηση των ορίων εκπομπών.
- Η ασφάλεια του προσωπικού κατά τη λειτουργία.
- Η ανάρτηση οχήματος, εργονομία και άνεση καμπίνας οδήγησης.
- Η κατάσταση οδοποιίας και τα όρια ταχύτητας των διαδρομών που θα χρησιμοποιηθούν.
- Ο χρόνος εκφόρτωσης του περιεχομένου του οχήματος στο χώρο διάθεσης.

Συχνότητα συλλογής

Σημαντικός παράγοντας στη διαδικασία συλλογής αποβλήτων αποτελεί η συχνότητα συλλογής από τα απορριμματοφόρα οχήματα. Η συχνότητα συλλογής είναι ο παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος, το είδος και τον αριθμό των κάδων που θα χρησιμοποιηθούν. Σημαντικός παράγοντας αποτελεί η πλυθιασμιακή πυκνότητα σε συνδιασμό με τη ποσότητα παραγωγής αποβλήτων της περιοχής. Είναι προφανές πως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές απαιτείται μεγαλύτερη συχνότητα συλλογής. Μια άλλη σημαντική παράμετρος αποτελούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής. Στα ψυχρά κλίματα η συχνότητα συλλογής είναι μια με δύο φορές τη βδομάδα ενώ αντίθετα στις θερμότερες περιοχές, οι υψηλές θερμοκρασίες επιβάλλουν ακόμα και καθημερινή συλλογή.

2.4 Μεταμόρφωση και μεταφορά προς διάθεση.

2.4.1 Σταθμοί μεταφόρτωσης

Μεταφόρτωση αποτελεί η διαδικασία κατά την οποία τα απόβλητα μεταφέρονται από τα οχήματα συλλογής σε άλλα μέσα συγκέντρωσης έτσι ώστε στη συνέχεια να μεταφερθούν προς τη τελική διάθεσή τους.

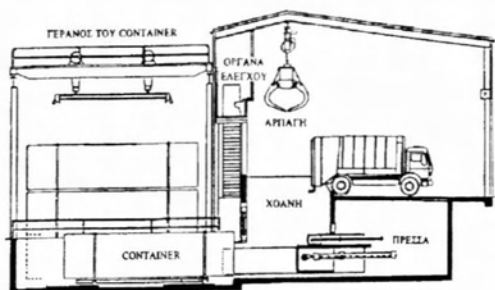
Για τη διαδικασία της μεταφόρτωσης χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι χώροι που ονομάζονται σταθμοί μεταφόρτωσης. Οι σταθμοί μεταφόρτωσης μπορεί να είναι σταθεροί ή κινητοί.

Σταθερός σταθμός μεταμόρφωσης ονομάζεται ο σταθμός στον οποίο όλες οι διαδικασίες γίνονται σε συγκεκριμένο χώρο. Αντίθετα στο κινητό σταθμό χρησιμοποιούνται συνδιασμοί οχημάτων για τη μεταφορά των αποβλήτων χωρίς τη μεσολάβηση συγκεκριμένων εγκαταστάσεων.

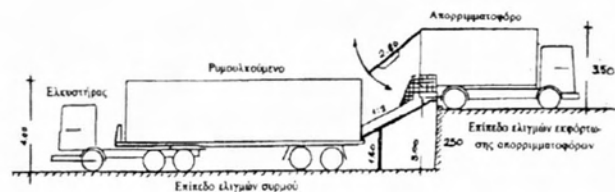
Στους σταθμούς μεταφόρτωσης πραγματοποιείται η διαδικασία της συμπίεσης με σκοπό τη μείωση του όγκου των αποβλήτων για να διευκολυνθεί η μετακίνησή τους στους χώρους διάθεσης. Στους σταθερούς σταθμούς μεταφόρτωσης η διαδικασία συμπίεσης γίνεται με τη διέλευση των αποβλήτων από σταθερούς συμπιεστές. Κατά τη διαδικασία αυτή τα απόβλητα τοποθετούνται αρχικά στο σύστημα υποδοχής των συμπιεστών. Στη συνέχεια μετακινούνται στο θάλαμο συμπίεσης όπου μετά τη συμπίεσή τους ωθούνται σε σταθερά container για τη τελική συλλογή.

Στους κινητούς σταθμούς μεταφόρτωσης η συμπίεση των αποβλήτων γίνεται σε container τα οποία αποτελούν μεταθετή υπερκατασκευή των οχημάτων συλλογής. Η διαδικασία αυτή έχει λιγότερες απαιτήσεις σε κτιριακές εγκαταστάσεις και εξοπλισμό και ενδείκνυται για περιορισμένο όγκο αποβλήτων. Σχήμα 2.2 και σχήμα 2.3.

Οι σταθμοί μεταφόρτωσης ταξινομούνται επίσης και ανάλογα με το τρόπο συμπίεσης που ακολουθούν, τη δυναμικότητα υποδοχής αποβλήτων και ως προς τις πάγιες εγκαταστάσεις όπως φαίνεται αναλυτικά στο πίνακα 2.1 που ακολουθεί [7].



Σχήμα 2.2 Σταθερός σταθμός μεταφόρτωσης.



Σχήμα 2.3 Κινητός σταθμός.

<p>A) Ως προς τη δυναμικότητα υποδοχής και μεταφόρτωσης</p>	<ul style="list-style-type: none"> • από 60-150 τόν/ημ (μικρής δυναμικότητας ΣΜΑ) • από 150-500 τόν/ημ (μέσης δυναμικότητας ΣΜΑ) • από 500-3000 τόν/ημ (υψηλής δυναμικότητας ΣΜΑ)
<p>B) Ως προς τη μέθοδο συμπίεσης</p>	<ul style="list-style-type: none"> • χωρίς συμπίεση • με χρήση διατάξεων χαμηλής συμπίεσης (συμπίεση 1:3 περίπου) • με χρήση διατάξεων υψηλής συμπίεσης συμπίεση >1:3
<p>Γ) Ως προς τις πάγιες εγκαταστάσεις</p>	<ul style="list-style-type: none"> • σταθερός (οι διεργασίες συσκευασίας διενεργούνται σε πάγιες κτηριακές υποδομές) • κινητός (οι διεργασίες συσκευασίας λαμβάνουν χώρα σε φορτηγό όχημα ή συνδυασμό οχημάτων που φέρει κατάλληλο εξοπλισμό χωρίς μεσολάβηση πάγιων εγκαταστάσεων συμπίεσης)

Πίνακας 2.1 Διάκριση σταθμών μεταφόρτωσης βάση δυναμικότητας[7].

Δεματοποίηση αποβλήτων

Τελικό στάδιο της συμπίεσης των αποβλήτων αποτελεί η δεματοποίησή τους με σκοπό τη μεταφορά και τελική διάθεσή τους με τη μορφή δέματος. Ο αριθμός και η πυκνότητα προσδέσεων θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να διατηρείται ανέπαφο το σχήμα των δεμάτων κατά τη μετακίνησή τους. Η βέλτιστη πυκνότητα δέματος θα πρέπει να είναι 850

kg/m³ όταν η αρχική πυκνότητα των εισερχόμενων αποβλήτων πριν τη συμπίεση είναι 250kg/m³.

Η διαδικασία δεματοποίησης πραγματοποιείται σε θάλαμο με δύο τρόπους:

- Μέσω “ανοικτού” θαλάμου: Η συμπίεση των δεμάτων επιτυγχάνεται, μέσω της μετωπικής συμπίεσης της μάζας των απορριμμάτων, με χρήση εμβόλου, μέσα σε θάλαμο, η διατομή του οποίου στενεύει κατά μήκος του εσωτερικού του. Η πρόσδεση γίνεται εντός του καναλιού, κατά το σταδιακό σχηματισμό του δέματος, μέχρι το προκαθορισμένο μήκος.
- Μέσω “κλειστού” θαλάμου: Ο θάλαμος περιλαμβάνει τη θύρα εξόδου του δέματος, που ανυψώνεται από έναν κύλινδρο, και δύο κινητές πλευρές, που αποτελούν τις πλάκες συμπίεσης εγκατεστημένες στα αντίστοιχα άκρα κυλίνδρων.

Σχεδιασμός σταθμού μεταφόρτωσης.

Για τη δημιουργία ενός λειτουργικού σταθμού μεταφόρτωσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αρκετοί παράγοντες, με το σημαντικότερο από αυτούς τη χωροθέτηση του σταθμού. Θα πρέπει να επιτυγχάνεται:

- Η σχέση κόστους-οφέλους μεταξύ των λύσεων της άμεσης μεταφοράς και μεταφόρτωσης αποβλήτων.
- Να είναι κοντά στους χώρους παραγωγής αποβλήτων, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαδρομές των οχημάτων
- Η βελτιστοποίηση της διαδρομής των οχημάτων μεταφόρτωσης έτσι ώστε να έχει εύκολη πρόσβαση που, ιδιαίτερα, να επιτρέπει τη γρήγορη μεταφορά των απορριμματοκιβωτίων στο τελικό χώρο διάθεσής τους.
- Να είναι σε απόσταση ασφαλείας από κατοικίες και προστατευόμενες περιοχές, ώστε να αποκλείονται ενοχλήσεις λόγω οσμών και θορύβου.

Στη διαστασιολόγηση του σταθμού μεταφόρτωσης θα πρέπει να γίνει επιλογή διαστάσεων για μια σειρά από μεγέθη του σταθμού. Θα πρέπει να καθοριστούν:

- **Αριθμός θέσεων εκφόρτωσης:** Η επιλογή του αριθμού θέσεων θα πρέπει να γίνεται βάση της ικονότητας των απορριμματοφόρωντα οποία έχουν κατά μέσο όρο ρυθμός εκφόρτωσης 25 t/h. Με τέσσερις θέσεις εκφόρτωσης και για οκτώ ώρες λειτουργίας προκύπτουν 800 τόνοι ημερησίως.
- **Μήκος λωρίδας αναμονής των απορριμματοφόρων:** Αυτή προκύπτει από τον προγραμματισμό της κίνησης των απορριμματοφόρων κατά την περίοδο αιχμής. Προφανώς, το μήκος λωρίδας αναμονής εξαρτάται και από τον αριθμό θέσεων εκφόρτωσης, όπως επίσης και από τη διάρκεια εκφόρτωσης του κάθε οχήματος.
- **Αριθμός πρεσών:** Αποτελεί τον ακριβότερο εξοπλισμό ενός σταθμού μεταφόρτωσης με αποτέλεσμα ο αριθμός συμπιεστών που θα χρησιμοποιηθεί να αποτελεί βασικό στοιχείο διαστασιολόγησης. Συνιθίζεται να επιλέγονται συμπιεστές μεγάλης ισχύος, άνω των 150 t/h για να μπορούν να συμπιέζονται απόβλητα κάθε είδους. Επιβάλλεται η ύπαρξη συμπιεστή εφεδρείας έτσι ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα μεταφόρτωσης σε περιπτώσεις βλαβών.

3.ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.

3.1 Εισαγωγή

Ένας από τους σημαντικότερους πυλώνες της ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων είναι η ανακύκλωση. Οποιαδήποτε προσπάθεια ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων η οποία δε στηρίζεται στην ανάπτυξη της ανακύκλωσης δε μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη. Στις μέρες μας αν και είναι ευρέως γνωστό η αναγκαιότητα των ανακυκλώσιμων υλικών η ανακύκλωση είναι αρκετά περιορισμένη γεγονός που οφείλεται κυρίως στην έλλειψη κουλτούρας των πολιτών αλλά και στην περιορισμένη επένδυση χρημάτων σε αυτή.

Πρώτο βήμα για τη σωστή κατεύθυνση στην ανακύκλωση αποτελεί συνειδητοποίηση από όλους τους πολίτες πως η ανακύκλωση αποτελεί μία από τις σημαντικότερες προτεραιότητες για το περιβάλλον αλλά και για τον ίδιο. Είναι αναγκαία η καλλιέργεια μιας κουλτούρας η οποία θα προάγει την ανακύκλωση στους πολίτες αλλά και σε όλους τους υπεύθυνους φορείς και θα τη καθιστά πλέον σαν τρόπο ζωής.

Σε αυτό το μοτίβο κινείται και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία έχει σα βασικό άξονα τη μείωση της παραγωγής τους και μία κοινή πορεία όλων των κρατών προς τη κοινωνία της ανακύκλωσης. Σύμφωνα με τη τελευταία έκθεση της Ε.Ε. ορισμένες χώρες έχουν σημειώσει εξαιρετική πρόοδο, ωστόσο απέχουμε ακόμη από την επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου να καταστεί η Ε.Ε. μία κοινωνία που θα είναι σε θέση να αξιοποιεί τα απόβλητα ως πόρο. Στο πίνακα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ποσοστά ανακύκλωσης έξι ανεπτυγμένων χωρών.

ΧΩΡΑ	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ
Γερμανία	64 %
Ολλανδία	60 %
Βέλγιο	62 %
Δανία	41 %
Σουηδία	49 %
Γαλλία	30 %

Πίνακας 3.1 Ποσοστά ανακύκλωσης έξι ανεπτυγμένων χωρών[5]

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες οι οποίοι καθιστούν αναγκαία την ανακύκλωση μέσα σε ένα σύστημα ενιαίας διαχείρισης αποβλήτων. Οι βασικότεροι των οποίων είναι:

- Η ανάγκη ανάκτησης πρώτων υλών στην παραγωγή με αντίστοιχη μείωση των παρθένων πρώτων υλών.
- Η μεγάλη μείωση διαθέσιμων χώρων για τελική διάθεση αποβλήτων και κατεπέκταση η ελαχιστοποίηση ρύπανσης των νερών του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.
- Η επιπλέον ενεργειακή εκμετάλλευση από τα απόβλητα και μειώνεται η εκπεμπόμενη ατμοσφαιρική ρύπανση, αφού η επεξεργασία και παραγωγή καινούργιων προϊόντων από πρώτες ύλες προκαλεί σαφέστατα πολύ μεγαλύτερη ρύπανση σε σχέση με τις διεργασίες της ανακύκλωσης.

- Η μείωση του κόστους της διαχείρισης στερεών αποβλήτων με τη μείωση της ποσότητάς τους. Μειώνεται το κόστος συλλογής, μεταφόρτωσης και τελικής μεταφοράς για διάθεση των αποβλήτων.
- Η ανακύκλωση ως βασικό μέσο προστασίας του περιβάλλοντος.

Ο πιο ολοκληρωμένος ορισμός για την ανακύκλωση: ορίζεται ως ο διαχωρισμός των αστικών στερεών αποβλήτων σε ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών ή επιμέρους συστατικά, η ανάκτηση των υλικών και η επαναφορά τους στο φυσικό και οικονομικό κύκλο.

3.2 Ανακυκλώσιμα υλικά.

Τα προς ανακύκλωση υλικά αποτελούνται από τις εξής κατηγορίες υλικών:

Χαρτί: Τα χαρτικά υλικά αποτελούν μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες ανακυκλώσιμων υλικών. Το χαρτί αποτελείται από ίνες κυτταρίνης, όσο μεγαλύτερες είναι οι ίνες αυτές τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του χαρτιού. Τα πλαστικοποιημένα έγγραφα, τα χάρτινα προΐοντα με μεταλλικά υλικά και τα ρυπασμένα χαρτιά δεν προσφέρονται για ανακύκλωση. Κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης οι ποσότητες χαρτιού τοποθετούνται σε υδροπολυτοποιητή ο οποίος διαχωρίζει τις ίνες του χαρτιού και δημιουργεί ένα μίγμα από το οποίο μπορεί να δημιουργηθεί 100% ανακυκλωμένο χαρτί. Επίσης το χαρτί προσφέρει στα απορρίμματα υψηλή θερμογόνο δύναμη με αποτέλεσμα να αποτελεί καλής ποιότητας καύσιμο υλικό.

Γυαλί: Η ανακύκλωση του γυαλιού περιέχει τζάμια, γυάλινα δοχεία, μπουκάλια και κρύσταλλα. Το γυαλί διαιρείται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα το χρώμα του: λευκό, πράσινο και καφέ. Η διαίρεση αυτή είναι σημαντική και πρέπει να προσέχεται να μην αναμιγνύονται τα διάφορα χρώματα μεταξύ τους. Σημαντικός παράγοντας για επιτυχημένη ανακύκλωση γυαλιού αποτελεί η σωστή συλλογή, δίνοντας βαρύτητα τόσο στο διαχωρισμό ανά χρώμα όσο και στην απομάκρυνση ξένων υλικών όπως το πλαστικά και τα μέταλλα. Κατά τη διαδικασία της ανακύκλωσης το γυαλί θριματίζεται, αναμιγνύεται με πυριτική άμμο και ασβεστόλιθο. Στη συνέχεια τήκεται σε κλίβανους για τη παραγωγή νέου γυαλιού.

Πλαστικά: Αποτελούν τη δυσκολότερη κατηγορία ανακυκλώσιμων υλικών λόγω της τεράστιας ποικιλίας των τύπων των πλαστικών αλλά και τις πολλές προσμίξεις που έχουν τα υλικά αυτά. Για τους λόγους αυτούς τα πιο διαδεδομένα είδη πλαστικών προς ανακύκλωση είναι το πολυαιθυλένιο υψηλής περιεκτικότητας (**HDPE**), το πολυαιθυλένιο χαμηλής περιεκτικότητας (**LDPE**), το πολυβινυλοχλωρίδιο (**PVC**), το πολυπροπυλένιο (**PP**) και το πολυστυρένιο (**PS**). Το ανακυκλωμένο πλαστικό χρησιμοποιείται για τη κατασκευή σχοινιών, υφασμάτων, κάδων αλλά και για τη παραγωγή σωλήνων.

Αλουμίνιο: Η ανακύκλωση του αλουμινίου δε στηρίζεται στη πρώτη ύλη αλλά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Κατά τη δημιουργία ανακυκλωμένου αλουμινίου έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 95%. Η ανακύκλωση αλουμινίου στηρίζεται κυρίως στα κουτιά αναψυκτικών και μπίρας, ωστόσο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αλουμίνια οικοδομών αλλά και εξαρτήματα αυτοκινήτων. Κατά την ανακύκλωσή τους, τα κουτιά αλουμινίου διαχωρίζονται από τα σιδηρούχα και τα διμεταλλικά με τη βοήθεια μαγνητικού διαχωριστή. Τα κουτιά του αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν απεριόριστα χωρίς να χάνουν τις ιδιότητές τους. Στη βιομηχανία, τα κουτιά εισάγονται σε φούρνο για αποβερνίκωση, αποσμάλτωση και απομάκρυνση χρωματικών επιγραφών. Στη συνέχεια το καθαρό αλουμίνιο εισάγεται σε φούρνο για τήξη και τη τελική διαμόρφωση σε ράβδους,

Σιδηρούχα μέταλλα: Τα κύρια ανακυκλώσιμα μέταλλα είναι ο χάλυβας και ο σίδηρος λόγω της ευκολίας της διαλογής τους από τα υπόλοιπα απόβλητα με τη βοήθεια μαγνητικού διαχωριστή. Είναι υλικά τα οποία επανεπεξεργάζονται πολύ εύκολα και μπορούν να ανακυκλωθούν σε νέα μέταλλα χωρίς να υποβιβάζεται η ποιότητά τους. Η ανακύκλωση των μετάλλων γίνεται σε χαλυβουργίες με τη χρήση κλιβάνων όπου γίνεται τήξη των ανακυκλώσιμων υλικών.

Υπάρχουν και άλλες κατηγορίες υλικών προς ανακύκλωση οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ειδικές περιπτώσεις ανακυκλώσιμων υλικών τα οποία είναι: οι ηλεκτρικές συσκευές, οι συσκευασίες, μπαταρίες, ορυκτέλαια, ελαστικά, συσσωρευτές και τα φάρμακα. Τα υλικά αυτά λόγω της σύστασής τους (πολλά από αυτά εμπεριέχουν επικίνδυνες ουσίες για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον) απαιτούν ειδική επεξεργασία, ενώ παράλληλα η ευρωπαϊκή νομοθεσία θέτει ποσοτικοποιημένους στόχους ως προς την ανακύκλωσή τους, τους οποίους οφείλουν να επιτύχουν τα κράτη - μέλη.

3.3 Ολοκληρωμένο σύστημα ανακύκλωσης υλικών.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ανακύκλωσης αποτελείται από τέσσερα στάδια: διαλογή στη πηγή ή μηχανική διαλογή, αποκομιδή, διαλογή στα κέντρα διαλογής και τέλος συμπίεση και δεματοποίηση υλικών προς τελική διάθεση [7].

Διαλογή στη πηγή.

Ο όρος διαλογή στη πηγή περιγράφει τη διαδικασία στην οποία η ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών γίνεται πριν αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα αποβλήτων. Η λειτουργικότητα της διαδικασίας αυτής στηρίζεται σε αρκετούς παράγοντες, οι βασικότεροι των οποίων είναι:

- Η διαθεσιμότητα ανακυκλώσιμων υλικών.
- Το κόστος διαχείρισης των άλλων μεθόδων.
- Η ύπαρξη αγοράς για την απορρόφηση των ανακυκλωμένων υλικών.
- Η ευαισθητοποίηση και σωστή ενημέρωση των πολιτών.

Η διαλογή στη πηγή διακρίνεται σε τέσσερις κατηγορίες, βάση του τρόπου συλλογής από της πηγές παραγωγής αποβλήτων. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Η συλλογή σε ειδικούς κάδους.
- Η συλλογή πόρτα-πόρτα.
- Δημιουργία κέντρων συλλογής υλικών
- Δημιουργία κέντρων αγοράς υλικών.

Συλλογή σε ειδικούς κάδους.

Η συλλογή των υλικών γίνεται με τη τοποθέτηση ειδικών κάδων σε συγκεκριμένα σημεία κάθε περιοχής όπου η πρόσβαση για τους πολίτες θα είναι εύκολη. Οι κάδοι που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι συγκεκριμένου χρώματος για όλα τα ανακυκλώσιμα υλικά, είτε μπορεί να φέρουν διαφορετικό χρώμα ο καθένας ανάλογα με το

ανακυκλώσιμο υλικό που συλλέγουν. Με τη χρήση διαφορετικών κάδων ανάλογα το υλικό γίνεται σωστότερη διαλογή υλικών στη πηγή.



Σχήμα 3.1 Κάδοι ανακύκλωσης ανά κατηγορίες υλικών.

Ο τρόπος συλλογής που συνίσταται είναι η συλλογή με αντικατάσταση ενός δρομολογίου συλλογής αστικών αποβλήτων με συχνότητα που εξαρτάται από τη ποσότητα ανακυκλώσιμων υλικών ανά περιοχή. Ωστόσο η συλλογή μπορεί να γίνεται τόσο με ταυτόχρονη συλλογή από τα απορριματοφόρα οχήματα όσο και με τη προσθήκη ειδικού δρομολογίου μόνο για τους ειδικούς κάδους ανακύκλωσης.

Η συλλογή πόρτα-πόρτα.

Οι πολίτες τοποθετούν στην πόρτα τους συγκεκριμένες ημέρες τα υλικά που είναι για ανάκτηση ή ανακύκλωση με σκοπό να συλλεχθούν από το ειδικό όχημα συλλογής. Το πρόγραμμα αφορά ένα ή περισσότερα υλικά που συλλέγονται είτε όλα μαζί (ανάμεικτα), είτε ξεχωριστά. Η συμμετοχή μπορεί να είναι εθελοντική ή υποχρεωτική, ενώ στους κατοίκους παραχωρούνται πολλές φορές δοχεία ή κάδοι για την αποθήκευση των ανακυκλώσιμων υλικών στο σπίτι. Με τη μέθοδο αυτή ανακτώνται συνήθως εφημερίδες, όπως επίσης μπουκάλια, κουτιά και σπανιότερα άλλα είδη υλικών.

Δημιουργία κέντρων συλλογής υλικών.

Τα κέντρα συλλογής ειδικές κατασκευές, εγκατεστημένα σε κατάλληλες τοποθεσίες όπου οι πολίτες μεταφέρουν τα ανακυκλώσιμα υλικά αφού πρώτα τα διαχωρίσουν οι ίδιοι. Τα κέντρα συλλογής συνήθως έχουν ενσωματωμένα μηχανήματα για πολλά ανακυκλώσιμα υλικά όπως: πλαστικά μπουκάλια, μεταλλικά κουτιά, γυαλιά, κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρικές συσκευές, χαρτί και συσσωρευτές. Λόγω του γεγονότος ότι η ανάκτηση των υλικών προϋποθέτει τη μεταφορά υλικών από τους πολίτες η συμμετοχή είναι μικρότερη σε σχέση με τις άλλες πρακτικές.



Σχήμα 3.2 Κέντρο συλλογής

Κέντρα αγοράς υλικών.

Τα κέντρα αγοράς ανακυκλώσιμων υλικών είναι πανομοιότυπα με τα κέντρα συλλογής με τη βασική διαφορά πως προβλέπουν οικονομική αποζημίωση για τα υλικά που ανακτώνται. Αυτό δίνει επίπλέον κίνητρο στους πολίτες για μεγαλύτερη συμμετοχή στη διαδικασία της ανακύκλωσης. Τις περισσότερες φορές η προσπάθεια δημιουργίας κέντρων αγοράς υλικών στηρίζεται από εταιρίες παραγωγής αντίστοιχων υλικών όπως αλουμίνιο και γυαλί.

Παράγοντες σχεδιασμού διαλογής στη πηγή.

Εκτός από τη σωστή διαδικασία διαλογής στη πηγή υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία της διαδικασίας αυτής. Οι βασικότεροι παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν είναι:

- **Θέση και πυκνότητα των κάδων:** Οι κάδοι ανακυκλώσιμων υλικών θα πρέπει να τοποθετούνται σε ευδιάκριτες θέσεις μέσα στη πολεοδομία της περιοχής, για αυτό το λόγο συνιστάται η τοποθέτησή τους δίπλα στους κάδους των αστικών απορριμμάτων. Επίσης σημαντικό κριτήριο επιλογής είναι η απόσταση μεταξύ των κάδων σύμφωνα με το οποίο οι πολίτες δε θα πρέπει να διανύσουν απόσταση μεγαλύτερη των 100 μέτρων. Θα πρέπει να είναι γνωστό πως η μεγάλη πυκνότητα των κάδων ευνοεί τους πολίτες αλλά αυξάνει το κόστος εγκατάστασης και συλλογής.
- **Εμφάνιση των κάδων:** Είναι απαραίτητα ο πολίτης να αντιλαμβάνεται εύκολα την κατηγορία υλικών για την οποία προορίζεται ο κάθε κάδος έτσι ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα κατά τη συλλογή των υλικών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη κατηγοριοποίηση ανά χρώμα και τις έντονες επιγραφές στο εξωτερικό του κάδου.
- **Χαρακτηριστικά περιοχής:** Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, οι εποχιακές αλλαγές στη παραγωγή ανακυκλώσιμων υλικών είναι παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν διεξοδικά για τη σωστή εφαρμογή της διαλογής στη πηγή. Η πυκνότητα του πληθυσμού, το μορφωτικό και βιοτικό επίπεδων των πολιτών αποτελούν μερικές από τις μεταβλητές που επηρεάζουν ένα σύστημα ανακύκλωσης.
- **Εκπαίδευση πολιτών:** Η επιτυχία κάθε προγράμματος ανακύκλωσης βασίζεται στα ποσοστά συμμετοχής των κατοίκων μιάς περιοχής. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού είναι απαραίτητη η πληροφόρηση και σωστή ενημέρωση των πολιτών. Προς αυτή τη κατεύθυνση πρέπει να δημιουργούνται ενημερωτικές

εκστρατίες με σκοπό την ευαισθητοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων πολιτών.

Μηχανική διαλογή.

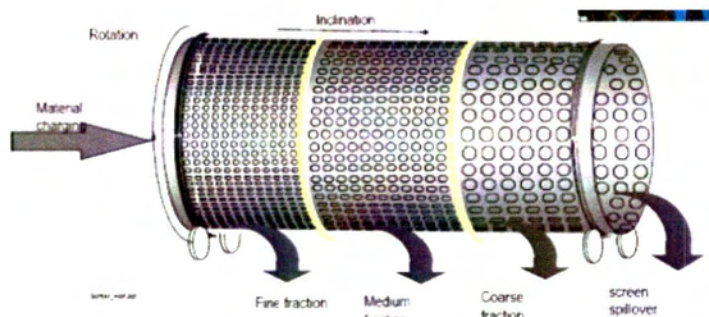
Η μηχανική διαλογή ανακυκλώσιμων υλικών είναι μια διαδικασία διαλογής στην οποία χρησιμοποιούνται προηγμένα συστήματα τεχνολογιών. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου η διαλογή στη πηγή δεν είναι βιώσιμη αλλά και μπορεί να καλυφθεί το κόστος αυτού του τρόπου διαλογής καθώς πρόκειται για μία αρκετά δαπανηρή διαδικασία.

Κατά τη διαδικασία της μηχανικής διαλογής τα απορριμματοφόρα τοποθετούν τα ανάμεικτα απόβλητα στο τμήμα υποδοχής της εγκατάστασης όπου τα ανακυκλώσιμα υλικά διαχωρίζονται σε πέντε κλάσματα (κατηγορίες):

- Χαρτί-πλαστικό
- Σιδηρούχα μέταλλα
- Μη σιδηρούχα μέταλλα (αλουμίνιο)
- Βιοαποδομήσιμα οργανικά
- Μίγμα χαρτιού και πλαστικού.

Τα στάδια που ακολουθούνται για το διαχωρισμό αυτών των κατηγοριών είναι τα εξής[9]:

- Διαχωρισμός βάση μεγέθους.
- Μείωση μεγέθους με χρήση συμπιεστών.
- Ελάττωση μεγέθους, συμπίεση και δεματοποίηση κατηγοριών.
- Διαχωρισμός, συμπίεση και τελική διάθεση άχρηστων αποβλήτων.



Σχήμα 3.2 Διαχωριστήρας υλικών

3.4 Κέντρα διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών.

Τα κέντρα διαλογής ανακυκλώσιμων υλικών (ΚΔΥ) είναι χωροθετημένες εγκαταστάσεις όπου συγκεντρώνεται το σύνολο των ανακυκλώσιμων υλικών μετά τη διαλογή στη πηγή ή τη μηχανική διαλογή. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις πραγματοποιείται διαχωρισμός βάση των υλικών που συγκεντρώνονται, αναβάθμιση και δεματοποίηση των διαχωρισθέντων υλικών.

Ο διαχωρισμός των υλικών γίνεται με συνδιασμό τόσο χειρωνακτικής όσο και μηχανικής εργασίας. Η πιο συνήθης δομή ενός κέντρου ανακύκλωσης διακρίνεται σε τέσσερις κατηγορίες η οποίες είναι: το τμήμα υποδοχής και προδιαλογής αποβλήτων, το τμήμα

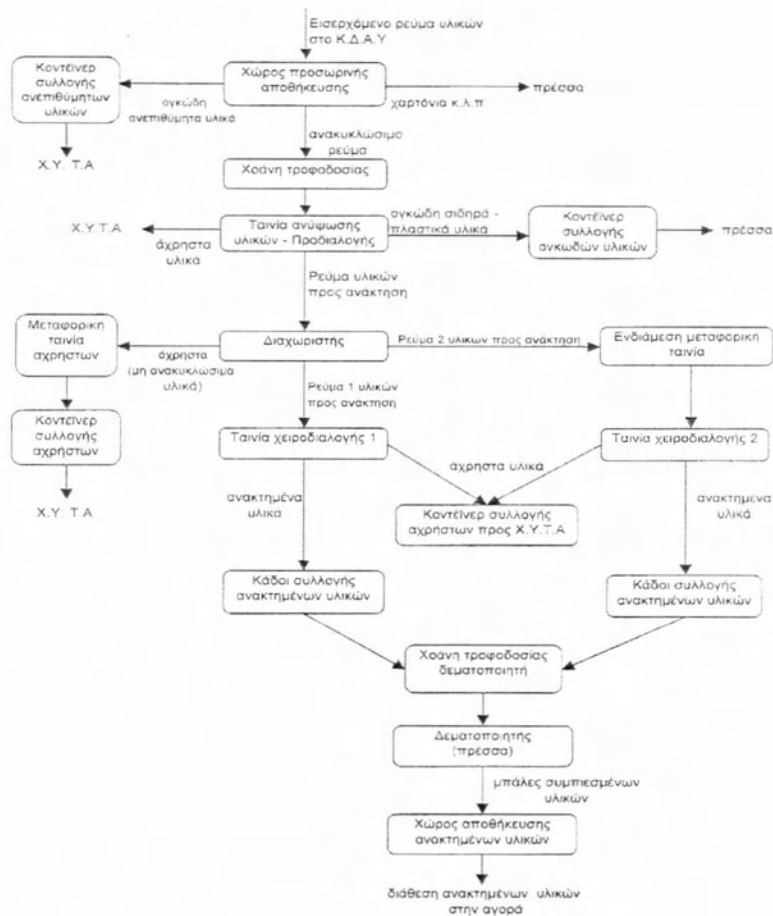
τροφοδοσίας, το τμήμα κύριας διαλογής και το τελικό τμήμα δεματοποίησης και αποθήκευσης υλικών προς διάθεση.

Στο τμήμα υποδοχής τα απόβλητα εκφορτώνονται σε κατάλληλους χώρους προσωρινής αποθήκευσης. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται μιά πρώτη προδιαλογή με σκοπό να απομακρυνθούν επικίνδυνα, ογκώδη και μη ανακυκλώσιμα υλικά αλλά και ζύγιση των αποβλήτων με τη χρήση γεφυροπλάστιγγας. Στο σχεδιασμό του χώρου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η εκταση προσωρινής αποθήκευσης όσο και ο χώρος στάθμευσης των απορριμματοφόρων.

Στο τμήμα τροφοδοσίας τα υλικά τοποθετούνται σε δοχεία τροφοδοσίας όπου τις περισσότερες φορές είναι ειδικά διαμορφωμένα σιλό και από εκεί προωθούνται προς το τμήμα κύριας διαλογής μέσω ταινίας ανύψωσης υλικών.

Το τμήμα κύριας διαλογής είναι το στάδιο στο οποίο γίνεται ο βασικός διαχωρισμός των ανακυκλώσιμων υλικών[9]. Τα υλικά παίρνουν μέσα από το διαχωριστή διαιρεμένα συνήθως σε δύο ρεύματα. Το ένα θα περιλαμβάνει τα υπερκείμενα υλικά (είδη χαρτιού, πλαστικές σακούλες κ.λ.π) και το άλλο τα λοιπά (πλαστικά, γυαλιά, μέταλλα κ.λ.π), ενώ κάτωθεν αυτού, υπάρχει ταινία για την αποκομιδή αχρήστων. Ο διαχωρισμός των υλικών σιδήρου γίνεται με τη χρήση μαγνήτη.

Το τελευταίο στάδιο αποτελείται από το δεματοποιητή, όπου χρησιμοποιείται για τη συμπίεση και δεματοποίηση των διαφόρων ειδών ανακτηθέντων υλικών, ώστε να μειώνεται ο όγκος τους και να είναι διευκολύνεται η μεταφορά και αποθήκευσή τους. Ο δεματοποιητής είναι συνήθως υδραυλική πρέσα, δύναμης συμπίεσης μέχρι 50 τόνων για τη συμπίεση όλων των υλικών που θα ανακτώνται.



Σχήμα 3.3:Λεπτομερής λειτουργία κέντρου διαλογής.

3.5 Ενεργειακά οφέλη ανακύκλωσης

Η εξοικονόμηση ενέργειας από τη μέθοδο της ανακύκλωσης των υλικών είναι πολύ σημαντική. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή πρώτων υλών από πρωτογενή ανακυκλώσιμα υλικά, από ανακυκλωμένα υλικά, καθώς επίσης και τα ενεργειακά οφέλη για κάθε υλικό. Παρατηρούμε ότι, τα ενεργειακά οφέλη από την ανακύκλωση των διαφόρων υλικών είναι πολύ μεγάλα. Η ποσότητα, αλλά και το ποσοστό της ενέργειας που ανακτάται από το αλουμίνιο και το πλαστικό PET είναι ιδιαίτερα υψηλό. Σε επίπεδο παραγωγής προϊόντων, το ενεργειακό όφελος από την ανακύκλωση είναι 68% για το χαρτί, 31% για το γυαλί, 95% για το αλουμίνιο και 85-90 % για τα πλαστικά.

ΥΛΙΚΟ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ		ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΟΦΕΛΟΣ	
	Από πρωτογενή υλικά	Από ανακυκλωμένα υλικά	Ενέργεια	Ποσοστό
Γυαλί	5.1	0.5	4.6	90.2%
Αλουμίνιο	285	13	272	95.4%
Λευκοσίδηρος	25	5.5	19.5	78.0%
PET	149	2	147	98.7%

Πίνακας3.2 Ενεργειακές απαιτήσεις για τη παραγωγή πρώτων υλών και ανακυκλώσιμων υλικών(MJ/KG)[8]

4. Επεξεργασία αποβλήτων.

4.1 Εισαγωγή

Η επεξεργασία αποβλήτων αποτελεί μία διαδικασία κατά την οποία ένας συνδυασμός φυσικών, θερμικών και βιολογικών διεργασιών μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων με σκοπό να μειωθεί ο όγκος τους και οι επικίνδυνες ιδιότητες που έχουν.

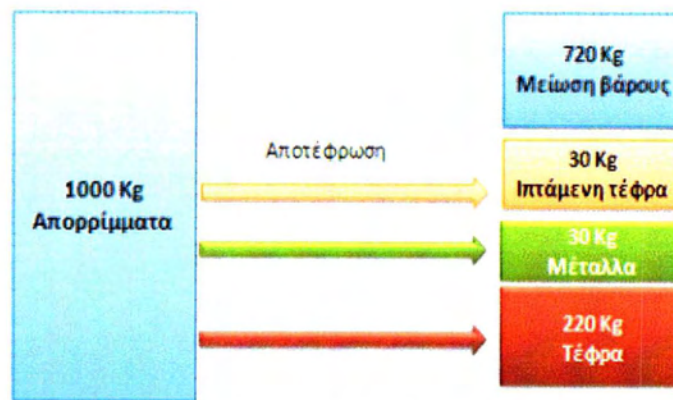
Οι μέθοδοι επεξεργασίας διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

- **Θερμική επεξεργασία:** κατά την οποία τα στερεά απόβλητα μετατρέπονται σε αέρια και στερεά προϊόντα, με απελευθέρωση μεγάλων ποσών θερμικής ενέργειας. Ο διαχωρισμός των συστημάτων θερμικής επεξεργασίας γίνεται με βάση τις ανάγκες που έχουν για οξυγόνο και οι βασικότερες είναι: καύση, αεριοποίηση και πυρόλυση.
- **Βιολογική επεξεργασία:** κατά την οποία πραγματοποιείται διαχωρισμός του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των στερεών αποβλήτων με σκοπό την ανάκτηση compost (οργανικό υλικό) και ενέργειας. Η μέθοδος αυτή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την αναερόβια και αερόβια επεξεργασία.
- **Εδαφική διάθεση:** Η μέθοδος αυτή αποτελεί συνήθως το τελικό στάδιο διάθεσης των αποβλήτων αφού έχουν υποστεί κάποια από τις παραπάνω μεθόδους επεξεργασίας. Τα τελικά υπολείμματα κάθε μεθόδου επεξεργασίας καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) είτε σε χώρους εδαφικής διάθεσης υπολειμμάτων (Χ.Ε.Δ.Υ.).
- **Μηχανική επεξεργασία:** Οι μέθοδοι μηχανικής επεξεργασίας επιτρέπουν το διαχωρισμό των μετάλλων και του οργανικού κλάσματος από τα σύμμεικτα απορρίμματα και χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές συνδυαστικά με τις προηγούμενες μεθόδους.

Μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας.

4.2 Καύση

Η καύση στην ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων είναι η διαδικασία κατά την οποία τα στερεά απόβλητα αποτεφρώνονται με τη παρουσία φλόγας και παροχής οξυγόνου. Με τη διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται καταστροφή των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων καθώς και σημαντική μείωση του όγκου τους.



Σχήμα4.1 Μείωση όγκου των αποβλήτων κατά τη καύση[3]

Με την καύση των στερεών αποβλήτων επέρχεται πλήρης οξείδωση των εμπριεχομένων στα στερεά απόβλητα οργανικών ουσιών.Για τη σωστή καύση απαιτείται η παροχή επαρκούς περίσσειας αέρα, πέρα από τη στοιχειομετρική αναλογία.Εκτός από τη σωστή περίσσεια αέρα υπάρχουν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της καύσης,οι βασικότεροι των οποίων είναι:

- Η σωστή αναλογία καύσιμης ύλης οξυγόνου.
- Η σωστή θερμοκρασία ανάφλεξης.
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων
- Συνεχής απομάκρυνση απαερίων καύσης

Σημαντικό προτέρημα των μονάδων καύσης αποτελεί η θερμότητα που παράγεται,η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται από τη θερμογόνο δύναμη των αποβλήτων η οποία κυμαίνεται από 8 έως 23Mj/kg.Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμογόνος δύναμη τόσο μεγαλύτερη είναι και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μιάς μονάδας.

4.2.1 Μονάδες καύσης.

Οι μονάδες καύσης αποτελούν εγκαταστάσεις υψηλής δυναμικότητας της τάξεως των 10-25t/h.Η διάκριση των μονάδων καύσης γίνεται βάση των αποβλήτων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο υλικό.Οι βασικές κατηγορίες εγκαταστάσεων ως προς το καύσιμο υλικό είναι δύο[11],οι μονάδες τύπου **mass-fired** και οι μονάδες **refuse-derived fuel(RDF)**.

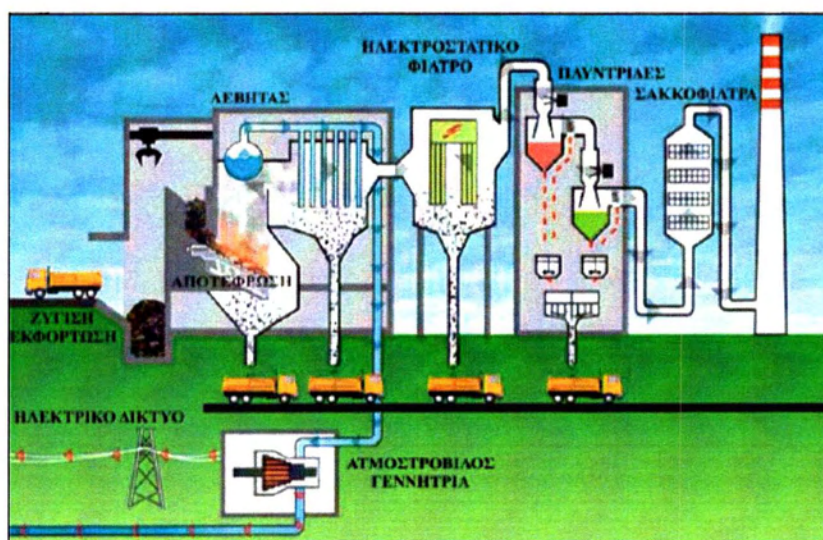
Στις μονάδες μαζικής καύσης **mass-fired** τα απορρίμματα εισάγονται στο θάλαμο καύσης ανέμεικτα χωρίς να γίνεται καμία διαλογή στο καύσιμο υλικό που χρησιμοποιούν.Το πλεονέκτημα της μη διαλογής αποβλήτων είναι ο λόγος που αποτελούν τη πλειοψηφία των εγκατεστημένων μονάδων σε ολόκληρο το κόσμο.

Οι μονάδες **refuse-derived fuel** αντίθετα χρησιμοποιούν απόβλητα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ως καύσιμο υλικό.Το βασικότερο χαρακτηριστικό των αποβλήτων που χρησιμοποιούνται είναι η θερμογόνος δύναμη η οποία πρέπει να είναι

άνω των 16.744 MJ/kg. Επιπλέον προϋποθέσεις των αποβλήτων είναι η χαμηλή υγρασία και το ποσοστό αναλογίας χαρτιού και πλαστικού.

Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις καύσης στερεών αποβλήτων αποτελούνται από τα εξής τμήματα[10]:

- **Πύλη και το ζυγιστήριο:**αποτελούν το πρώτο τμήμα της εγκατάστασης όπου τα απόβλητα τοποθετούνται προσωρινά και υπολογίζεται το βάρος τους.
- **Σύστημα τροφοδοσίας:**Το τμήμα όπου τα απόβλητα μέσω γερανών ή ταινίας προωθούνται προς το θάλαμο καύσης.
- **Εστία καύσης:**Αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα της εγκατάστασης όπου τα απόβλητα αποτεφρώνονται.Η κυριότερες κατηγορίες αποτεφρωτών που χρησιμοποιούνται είναι τρεις:αποτεφρωτής εσχαρών,αποτεφρωτής περιστροφικού κλίβανου και αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.Η καύση στους αποτεφρωτές πραγματοποιείται με τη χρήση ειδικού καυστήρα ο οποίος επιτυγχάνει τις πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και χρόνου καύσης.
- **Λέβητας:**Αποτελεί το τμήμα στο οποίο απορροφά τη θερμική ενέργεια της καύσης για τη παραγωγή ατμού.Ο λέβητας είναι κατασκευασμένος από υλικά που αντέχουν στις θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στο εσωτερικό και εξωτερικό της εγκατάστασης.
- **Σύστημα απομάκρυνσης υπολειμμάτων:**Τα υπολείμματα τέφρας που δημιουργούνται από τη καύση συλλέγονται από ειδικό σύστημα σε χοάνες και μεταφέρονται προς ψύξη.
- **Συστήματα ελέγχου αέριας ρύπανσης:**Αποτελεί ένα απο τα σημαντικότερα τμήματα της εγκατάστασης καθώς καθορίζει της περιβαλλοντικές συνέπειες της διαδικασίας της καύσης.Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την επιτευχή της μείωσης των ρύπων ποικίλουν.Οι κυριότερες αυτών είναι οι κυκλώνες,σακκόφιλτρα, ηλεκτροστατικά φίλτρα, πύργοι ψεκασμού,ενεργός άνθρακας και μη καταλυτική αναγωγή αζωτοξειδίων.



Σχήμα 4.2 Μονάδα καύσης με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας[10]

4.2.2 Εκπομπές αερίων.

Το σημαντικότερο πρόβλημα της μεθόδου της καύσης για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι η εκπομπή αερίων πολλά από τα οποία είναι επικίνδυνα. Η αποτέφρωση επικίνδυνων και μη επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει

εκπομπές ουσιών που ρυπαίνουν τον αέρα, το νερό και το έδαφος και οι οποίες έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Κατά τη καύση παράγονται αέρια βασικότερα από τα οποία είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα, διοξίνες, διοξείδιο του θείου, οξειδία του αζώτου αλλά και μία σειρά άλλων ενώσεων όπως υδροχλώριο, υδροφθόριο και βαρέα μέταλλα. Συνοπτικά τα επικίνδυνα αέρια και οι τοξικές ουσίες που παράγονται είναι τα εξής[11]:

- Διοξίνες και βαρέα μέταλλα όπως υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο, αρσενικό, χρώμιο, βηρύλλιο.
- Στερεά τοξικά απόβλητα.
- Πολλές αλογονωμένες τοξικές ενώσεις όπως φαινόλες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια.
- Όξινα αέρια όπως υδροχλώριο, υδροβρώμιο και οξειδία του αζώτου.
- Μικροσωμαρίδια PM2.5 και PM1.

Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει αυστηρά όρια για τον έλεγχο των εκπομπών αέριων ρύπων για τις εγκαταστάσεις καύσης των αποβλήτων. Τα μέτρα επιβάλλουν την έκδοση άδειας για μονάδες αποτέφρωσης καθώς και το καθορισμό οριακών τιμών για τις εκπομπές ορισμένων επικίνδυνων ρύπων. Οι οριακές τιμές αφορούν τα βαρέα μέταλλα, τις διοξίνες και τα φουράνια, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα αιωρούμενα σωματίδια, τον ολικό οργανικό άνθρακα, το υδροχλώριο, το υδροφθόριο, το διοξείδιο του θείου και τα οξειδία του αζώτου.

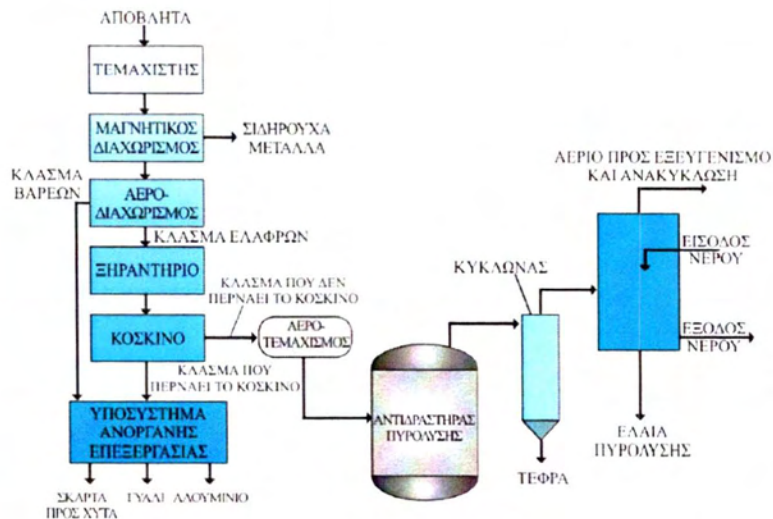
4.2.3 Μειονεκτήματα της καύσης.

Ωστόσο, η μέθοδος της καύσης των απορριμμάτων, παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά[11], όπως:

- Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των εγκαταστάσεων καύσης και το οποίο περιορίζει σημαντικά της δυνατότητες εφαρμογής της, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των ρυπαντών εξαρτώνται βέβαια από τη σύσταση των οικιακών απορριμμάτων που ποικίλει από χώρα σε χώρα.
- Αποτελεί αντικίνητρο για την υλοποίηση της πρόληψης (μείωση παραγόμενων απορριμμάτων) και την εφαρμογή προγραμμάτων ανακύκλωσης χαρτιού και πλαστικών.
- Το συνολικό κόστος λειτουργίας και εγκατάστασης είναι πολύ υψηλότερο από την υγειονομική ταφή .
- Είναι απαραίτητη η ύπαρξη έκτασης γης κοντά στο χώρο των εγκαταστάσεων καύσης για την υγειονομική ταφή της τέφρας με, ανάλογα της τοξικότητάς της, μέτρα ασφαλούς διάθεσης. Ο χώρος αυτός θα πρέπει να μπορεί να δέχεται και ολόκληρη την ποσότητα των απορριμμάτων σε περίπτωση βλάβης της εγκατάστασης.
- Σε κάποιες εγκαταστάσεις καύσης παράγονται υγρά απόβλητα, τα οποία χρειάζονται επί τόπου επεξεργασία πριν περάσουν στο σύστημα αποχέτευσης.
- Επηρεάζεται άμεσα και έντονα από την εποχιακή διακύμανση της ποσότητας και σύνθεσης των στερεών αποβλήτων με εμφανή προβλήματα δυσλειτουργίας.

4.3 Πυρόλυση

Η θερμική επεξεργασία της πυρόλυσης αποτελεί μία από τις μεθόδους διαχείρισης στερεών αποβλήτων η οποία δε χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στην Ευρώπη. Κατά τη πυρόλυση πραγματοποιείται θερμική αποσύνθεση οργανικών συστατικών χωρίς τη παρουσία οξυγόνου[12]. Κατά τη διαδικασία της πυρόλυσης, τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ασάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση αποτέφρωσή τους. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη καύση των προς επεξεργασία απορριμμάτων



Σχήμα 4.2 Λεπτομερή απεικόνιση Πυρόλυσης[12]

Η πυρόλυση ως θερμική μέθοδος, βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες οργανικές ουσίες είναι θερμικά ασταθείς και κατά τη θέρμανσή τους απουσία οξυγόνου διαχωρίζονται μέσω ενός συνδυασμού θερμικής διάσπασης και συμπύκνωσης σε **αέρια**, **υγρά** και **στερεά** κλάσματα.

Η πυρόλυση πραγματοποιείται με απλούς κλιβάνους όπως της αποτέφρωσης αλλά η λειτουργία τους κυμαίνεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Τα προϊόντα που παράγονται από τη διαδικασία της πυρόλυσης εξαρτώνται από το μέγεθος της θερμοκρασίας αλλά και τη σύσταση των αποβλήτων. Οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη πυρόλυση κυμαίνονται από 100 έως 1500 C. Η πυρόλυση σε χαμηλές θερμοκρασίες παράγει υγρά προϊόντα ενώ σε θερμοκρασίες της τάξεως των 1500 C τα απόβλητα μετατρέπονται σε αέριο. Τα προϊόντα που παράγονται κατά τη διαδικασία είναι:

- Αέρια: Τα οποία εξαρτώνται από τη σύσταση των αποβλήτων όπως υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο.
- Υγρά: κυρίως υγρά κλάσματα με μεγάλο ιξώδες περιεκτικότητας καρβοξυλικών οξέων, κετόνες και αλκοόλες.
- Στερεά: κυρίως καθαρός άνθρακας και αδρανή υλικά όπως γυαλί και μέταλλα.

Η ενεργειακή ικανότητα των αερίων της πυρόλυσης κυμαίνεται μεταξύ 12,5 και 46,0 MJ/m³. Για την εφαρμογή της διεργασίας της πυρόλυσης απαιτείται προεπεξεργασία των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κ.ά.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό τους κλάσμα. Η μέθοδος αυτή δεν έχει αποτελέσματα σε σύμμεικτα απορρίμματα και δεν επιφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη. Για αυτούς τους λόγους δεν είναι τόσο διαδεδομένη στην Ευρώπη[12].

4.4 Αεριοποίηση.

Η αεριοποίηση αποτελεί μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων κατά την οποία το οργανικό κλάσμα μετατρέπεται, όπως και στη πυρόλυση, σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων με τη διαδικασία της μερικής οξειδωσης. Στη μέθοδο της αεριοποίησης τα απόβλητα οξειδώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες (400-1500 C)[12] παράγοντας τα τελικά προϊόντα. Η αεριοποίηση αποτελεί μια αυτοσυντηρούμενη διαδικασία στην οποία χρησιμοποιείται πρόσθετο καύσιμο αέριο σε αντίθεση με τη πυρόλυση που χρησιμοποιείται εξωτερική πηγή θερμότητας. Το πρόσθετο καύσιμο αέριο είναι συνήθως ατμός, διοξείδιο του άνθρακα ή οξυγόνο. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης.

Οι βασικές μονάδες αεριοποίησης διακρίνονται σε μονάδες:

- Κάθετης σταθερής κλίνης,
- Οριζόντιας σταθερής κλίνης,
- Ρευστοποιημένης κλίνης,
- Πολλαπλών εστιών,
- Περιστρεφόμενου κλιβάνου.

Κατά την αεριοποίηση παράγονται αέρια, στερεά και υγρά προϊόντα:

- **Αέριο** πλούσιο σε CO και CO₂, H₂ και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως CH₄) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο,
- **Υγρό** υπόλειμμα που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή του υγρού κλάσματος που παράγεται κατά την πυρόλυση,
- **Στερεό** υπόλειμμα που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή.

Σκοπός της αεριοποίησης είναι μέσω της ατελής καύσης να δημιουργηθούν αέρια προϊόντα πλούσια σε θερμικό περιεχόμενο. Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί με διάφορους τρόπους όπως:

- Καύση για παραγωγή ατμού.
- Διοχέτευση στο δίκτυο αερίου πόλης.
- Παροχή του αερίου στις βιομηχανίες τσιμεντοβιομηχανίας και ατμοπαραγωγής.

Το σημαντικότερο παραγόμενο αέριο σύνθεσης από την αεριοποίηση, γνωστό διεθνώς ως synthesis gas, αποτελείται κυρίως από υδρογόνο (H₂) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και χρησιμοποιείται ως καύσιμο για παραγωγή ισχύος αλλά και ως πρώτη ύλη στη χημική βιομηχανία. Το παραγόμενο αυτό αέριο που προκύπτει από την αεριοποίηση έχει μεγάλη θερμογόνο δύναμη της τάξεως του 10-15 MJ/Nm³. Επίσης το synthesis gas μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια και σε πολύτιμα προϊόντα, όπως τα καύσιμα μεταφορών, τα λιπάσματα ακόμα την αντικατάσταση του φυσικού αερίου.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιάς εγκατάστασης αεριοποίησης είναι μικρότερης κλίμακας από αυτής της καύσης ωστόσο αυτή η θερμική μέθοδος επεξεργασίας δεν είναι αρκετά ανεπτυγμένη στην Ευρώπη εξαιτίας του μεγάλου οικονομικού κόστους[12].

4.5.Βιολογική επεξεργασία.

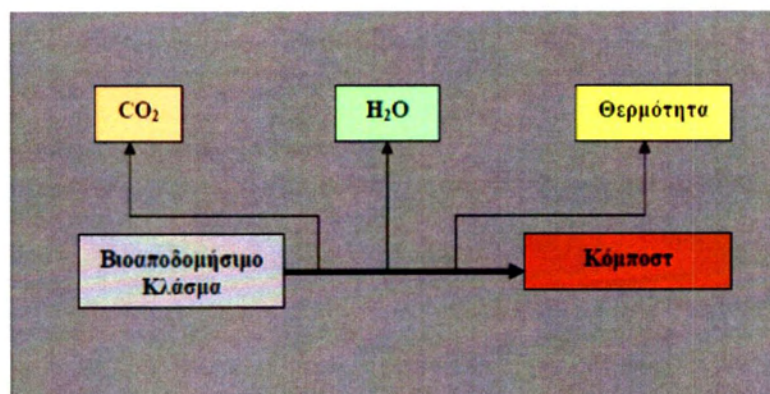
4.5.1 Κομποστοποίηση,

Η βιολογική επεξεργασία των βιοαποδομήσιμων και οργανικών αποβλήτων με τη μέθοδο της κομποστοποίησης αποτελεί το 95% των υπαρχόντων εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας. Τα απόβλητα που έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν οι βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας και συγκεκριμένα η κομποστοποίηση είναι:

- Οργανικά απόβλητα.
- Γεωργικά και κτηνοτροφικά.
- Στερεά απόβλητα και ιλύες από βιομηχανίες τροφίμων.
- Βιομηχανικά απόβλητα φυτικής προέλευσης.
- Βιομηχανικά απόβλητα ζωικής προέλευσης.
- Βιομηχανικά απόβλητα μεικτής προέλευσης (υπολείμματα κονσερβοποιείων, απορρίμματα ζωοτροφών).

Με τον όρο κομποστοποίηση εννοείται η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς κατά την οποία σχηματίζεται ένα σταθερό προϊόν, το compost το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό(λίπασμα) αλλά και ως υπόστρωμα[14]. Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης ένας πληθυσμός μικροβίων και μικροοργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες, δημιουργούν ελεγχόμενη βιοξείδωση οργανικών αποβλήτων υπό συγκεκριμένες συνθήκες υγρασίας και αερισμού.

Ο βασικότερος παράγοντας στη διαδικασία της κομποστοποίησης είναι η θερμοκρασία, η αποικοδόμηση επιταχύνεται όταν επικρατούν οι θερμοκρασίες μεταξύ 32-60 °C. Σε θερμοκρασίες κάτω των 32 °C η διαδικασία επιβραδύνεται σημαντικά, ενώ σε θερμοκρασίες άνω των 60°C προκαλείται καταστροφή των μικροοργανισμών.

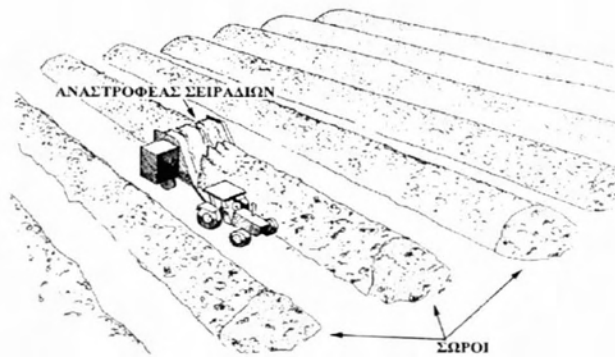


Σχήμα 5.1 Λειτουργία κομποστοποίησης

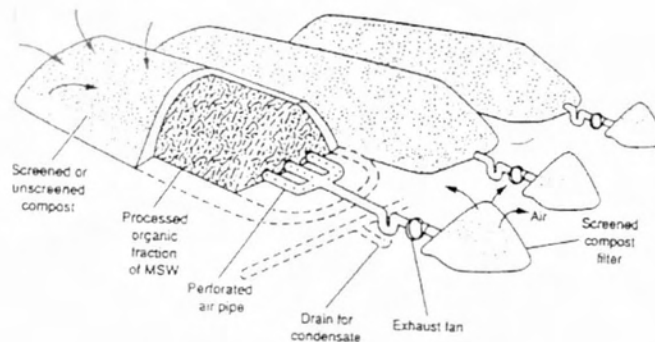
4.5.2 Μονάδες κομποστοποίησης

Τα συστήματα κομποστοποίησης αποτελούνται από δυο κατηγορίες **τα ανοιχτά συστήματα** και τα **κλειστά συστήματα**[13].

Στα ανοιχτά συστήματα η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα στην ύπαιθρο ή σε ημίκλειστα κτίρια.Υπάρχουν δύο κατηγορίες εγκαταστάσεων ανοιχτών συστημάτων,τα αναστρεφόμενα σειράδια και οι αεριζόμενοι στατικοί σωροί.Τα αναστρεφόμενα σειράδια είναι σειρές συνεχούς μορφής με βέλτιστο ύψος τα 1,5-3,0m και βέλτιστο πλάτος τα 3-6m.Η αναστροφή των σειραδιών είναι απαραίτητη για την παροχή οξυγόνου και τον έλεγχο της θερμοκρασίας του συστήματος.Οι αεριζόμενοι στατικοί σωροί είναι σωροί κομποστοποίησης οι οποίοι αερίζονται μηχανικά με τη χρήση δικτύου αεριστήρων.Μέσω της σωστής παροχής αέρα στους σωρούς καθορίζεται η βέλτιστη τιμή της θερμοκρασίας.



Σχήμα 5.1 Αναστρεφόμενα σειράδια[13]



Σχήμα 5. Αεριζόμενοι στατικοί σωροί[13]

Στα κλειστά συστήματα κομποστοποίησης η αποσύνθεση των οργανικών υλικών γίνεται μέσα σε βιοαντιδραστήρες ή σε κλειστά κτήρια.Οι βιοαντιδραστήρες που χρησιμοποιούνται είναι δύο κατηγοριών,οι κάθετοι βιοαντιδραστήρες και τα οριζόντια συστήματα.Οι αντιδραστήρες διαιρούνται σε διαμερίσματα και έχουν την ικανότητα να περιστρέφονται και να ελέγχουν πλήρως τις πρότυπες συνθήκες κομποστοποίησης.Στα συστήματα οριζόντιας ροής ο αντιδραστήρας είναι συνήθως μία δεξαμενή με μία είσοδο και μία έξοδο υλικών.Τα κλειστά συστήματα λόγω της τεχνολογίας που χρησιμοποιούν είναι σαφώς μεγαλύτερου οικονομικού κόστους.

4.5.3 Χαρακτηριστικά compost και μέθοδοι χρήσης του.

Το προϊόν της κομποστοποίησης ονομάζεται compost το οποίο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε χούμο. Ο χούμος είναι ένα ακαθόριστο μείγμα οργανικών ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους, μαλακό, σπογγώδες και σκούρου χρώματος.Τα κριτήρια τα

οποία σχετίζονται με την αξιολόγηση της ποιότητας του κόμποστ εξαρτώνται από τον σκοπό για τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Οι προδιαγραφές που προβλέπονται για το κόμποστ είναι διαφορετικές σε κάθε χώρα ωστόσο βασικός σκοπός όλων των νομοθεσιών είναι η προσπάθεια να συνδυαστούν δυο στόχοι: μέγιστη προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, και μεγιστοποίηση της ανακύκλωσης των οργανικών αποβλήτων και υπολειμμάτων.

Οι κυριότερες εφαρμογές του compost είναι:

- Υλικό υποστρωμάτων για καλλιέργεια κηπευτικών.
- Βελτιωτικό εδάφους για καλλιέργειες.
- Υλικό επικάλυψης χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων.
- Μέσω προστασίας διάβρωσης του εδάφους.
- Υλικό δομικών εργασιών.

4.6 Αναερόβια χώνευση.

Η αναερόβια ζύμωση οργανικού κλάσματος που χρησιμοποιείται στην ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων στηρίζεται σε μια διαδικασία βιολογικής αποδόμησης που πραγματοποιείται αρκετές φορές αυθόρμητα στη φύση σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Με την αναερόβια χώνευση η αυθόρμητη αυτή διαδικασία πραγματοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες[15].

Το οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων πολτοποιείται με νερό χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της υδρόλυσης. Με την υδρόλυση τα οργανικά μόρια διασπώνται σε μικρότερα, όπου μπορούν ευκολότερα να αποικοδομηθούν. Το στάδιο της υδρόλυσης δεν είναι πάντα απαραίτητο και εξαρτάται από το είδος του οργανικού υλικού. Στη συνέχεια το οργανικό κλάσμα οδηγείται σε ειδικούς βιοαντιδραστήρες, όπου υφίσταται βακτηριακή αποικοδόμηση απουσία οξυγόνου.

Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές της αναερόβιας οι οποίες βασίζονται στη ποιότητα των στερεών αποβλήτων και τις κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής. Όλες οι παραλλαγές βασίζονται στα εξής στάδια[15]:

- Διαλογή: Διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος γίνεται με διαλογή στην πηγή ή μηχανικά.
- Μείωση μεγέθους. Η μείωση μεγέθους παρέχει μέγιστη επιφάνεια δράσης στους μικροοργανισμούς.
- Αναερόβια ζύμωση. Το οργανικό κλάσμα εισέρχεται στον βιοαντιδραστήρα, όπου υφίσταται βακτηριακή αποικοδόμηση για παραγωγή βιοαερίου.
- Μετεπεξεργασία. Το υπόλειμμα της διαδικασίας παραμένει σε χώνευση για επιπλέον χρονικό διάστημα.

Προϊόντα και δυνατότητες χρήσης τους.

Κατά την αναερόβια χώνευση το βασικό προϊόν που δημιουργείται είναι το βιοαέριο. Το βιοαέριο είναι ένα μίγμα απ'ο 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τη συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και

θερμότητας, όπως επίσης υπάρχει η δυνατότητα να καθαριστεί, να αναβαθμιστεί και να μετατραπεί σε αέριο καύσιμο. Εκτός από το βιοαέριο κατά τη διαδικασία παράγεται και το υπόλειμμα ίλυσ.

Σε περίπτωση καλής ποιότητας οργανικού κλάσματος, τα υπολλείματα της διαδικασίας μπορεί να διατεθεί απευθείας στο έδαφος ή να υποστεί περαιτέρω αερόβια επεξεργασία και να μετατραπεί σε λίπασμα.

Τα πλεονεκτήματα της αναερόβιας ζύμωσης:

- Δραστική μείωση των παθογενών βακτηριδίων.
- Σχετικά μικρή απαίτηση της μονάδας σε έκταση.
- Δεν παράγονται αέρια του θερμοκηπίου και οι ρύποι είναι πρακτικά μηδενικοί από τη λειτουργία των μονάδων.
- Δεν δημιουργούνται προβλήματα οσμών.
- Οι μονάδες δε δημιουργούν υποβάθμιση των παρακείμενων περιοχών.
- Το πάγιο κόστος των μονάδων, σε σχέση με την διάρκεια ζωής τους, είναι χαμηλό.

Τα μειονεκτήματα:

- Είναι αργή διεργασία.
- Το αποτεφρώσιμο κλάσμα των αποβλήτων που δεν αποικοδομείται πρέπει να αφαιρεθεί και να ακολουθήσει άλλη επεξεργασία.
- Η ποσότητα της ανακτώμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την αναερόβια ζύμωση δεν είναι τόσο μεγάλη όσο στις μονάδες αποτέφρωσης.

4.7 Υγειονομική ταφή.

Υγειονομική ταφή αποβλήτων καλείται η διαδικασία κατά την οποία τα στερεά απόβλητα, μετά την όποια επεξεργασία υποστούν, καταλήγουν στο περιβάλλον. Οι χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) είναι το τελικό στάδιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης αποβλήτων ανεξάρτητα τη μέθοδο επεξεργασίας που επιλέγεται για τα απόβλητα.

Ο πιο ακριβής ορισμός για την υγειονομική ταφή ορίζεται ως: η μέθοδος της διάθεσης των απορριμμάτων στο έδαφος, χωρίς να δημιουργείται ενόχληση ή κίνδυνος στη δημόσια υγεία και ασφάλεια, με τη χρησιμοποίηση των αρχών της μηχανικής για τη συγκέντρωση των απορριμμάτων στη μικρότερη δυνατή έκταση, τη μείωση στο μικρότερο δυνατό όγκο και την κάλυψή τους με ένα στρώμα εδάφους στο τέλος κάθε ημέρας ή σε όσο συχνά διαστήματα κι αν είναι απαραίτητο.

Υπάρχουν συγκεκριμένες κατηγορίες αποβλήτων γίνονται δεκτά από τους χώρους υγειονομικής ταφής, οι κατηγορίες είναι οι εξής[3]:

- Οικιακά απορρίμματα, ή παρεμφερή απορρίμματα προερχόμενα από εμπορικές ζώνες.
- Τέφρες που προέρχονται από καύση, εφόσον δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα άνω των επιτρεπτών ορίων.
- Απόβλητα κατασκευών κατεδαφίσεων.
- Σταθεροποιημένες ιλεις από εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού.
- Σταθεροποιημένες και αφυδατωμένες ιλεις από μονάδες βιολογικού καθορισμού αστικών λυμάτων.

Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες είναι οι χώροι ανεξέλεγκτης διάθεση απορριμμάτων(Χ.Α.Δ.Α.).Είναι οι γνωστές χωματερές όπου τα απόβλητα διατήθονται στο περιβάλλον χωρίς κανένα προστατευτικό μέτρο.Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των Χ.Α.Δ.Α στο περιβάλλον είναι ανυπολόγιστες,με κυριότερες τη μόλυνση του εναέριου και υδάτινου περιβάλλοντος,δημιουργία οσμών στους γύρω χώρους και αιτίες πυρκαγιών κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών.Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επιβάλει σκληρό νομοθετικό πλαίσιο για τις χώρες που διαθέτουν ακόμα Χ.Α.Δ.Α. με σκοπό την άμεση αναστολή λειτουργιών αυτών των χώρων διάθεσης αποβλήτων,

Στους χώρους εδαφικής διάθεσης απαγορεύονται τα επικίνδυνα απόβλητα τα οποία περιέχουν ραδιενεργά ή τοξικά υλικά.Για τη κατηγορία επικίνδυνων υλικών προβλέπονται ειδικές μέθοδοι επεξεργασίας αλλά και συγκεκριμένες προδιαγραφές για την εδαφική τους διάθεση.

4.7.1 Βήματα δημιουργίας χώρου υγειονομικής ταφής.

Τα βασικότερα βήματα της διαδικασίας της υγειονομικής ταφής είναι πέντε[3]:

1. **Στεγανοποίηση επιφάνειας ΧΥΤΑ:** Η στεγανοποίηση του εσωτερικού μέρους όπου πραγματοποιείται η ταφή των αποβλήτων είναι απαραίτητη καθώς τα απόβλητα κατά την αποσύνθεσή τους παράγουν ρυπογόνα υγρά τα οποία είναι επικίνδυνο να μεταφερθούν στον υδάτινο ορίζοντα της περιοχής.Η στεγανοποίηση γίνεται είτε με φυσικά υλικά(άργυλος,μπετονίτης)είτε με συνθετικά υλικά(πολυαιθυλένιο)
2. **Εναπόθεση, Συμπύεση, Κάλυψη:**Τα απόβλητα σε πολλές περιπτώσεις συμπιέζονται από ειδικούς συμπιεστές μετατρέποντας τα απόβλητα σε λεπτές στρώσεις μικρού πάχους.Η κάλυψη γίνεται των αποβλήτων με χώμα.
3. **Συλλογή – επεξεργασία διασταλαζόντων:** Τα διασταλλάζοντα είναι υγρά που σχηματίζονται τόσο από την εφαρμογή πίεσης στη διάσθρωση των απορριμμάτων, όσο και από τη διέλευση νερού διαμέσου αυτών, το οποίο κατά την πορεία του ρυπαίνεται από ποικίλες οργανικές και ανόργανες ενώσεις. Για τη συλλογή τους χρησιμοποιούνται σωλήνες αποστράγγισης,οι οποίοι καταλήγουν σε κεντρικά φρεάτια.
4. **Συλλογή – αξιοποίηση βιοαερίου:** Κατά τη διαδικασία της βιοαποδόμησης στους ΧΥΤΑ παράγεται βιοαέριο ως προϊόν αναερόβιας ζύμωσης,το οποίο συλλέγεται από τις μονάδες υγειονομικής ταφής για περεταίρω ενεργειακή αξιοποίηση.
5. **Αποκατάσταση του ΧΥΤΑ:**Η αποκατάσταση των χώρων υγειονομικής ταφής έχει να κάνει με τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να γίνουν ώστε ο χώρος να τηρεί τις απαραίτητες προδιαγραφές.Παράδειγμα ενέργειας αποκατάστασης είναι η δενδροφύτευση μιας εγκατάστασης υγειονομικής ταφής.

4.7.2 Μέθοδοι υγειονομικής ταφής.

Ο κυριότεροι τρόποι υγειονομικής ταφής αποβλήτων είναι οι εξής:

- Παραδοσιακή ταφή: Είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος ταφής. Εφαρμόζεται συνήθως σε μεσαίους και μεγάλους χώρους διάθεσης. Τα απόβλητα εναποτίθενται σε διαδοχικές στρώσεις πάχους 2 - 3 μέτρων. Η κάθε στρώση συμπικνώνεται ώστε να μην υπάρχουν κενά μεταξύ των απορριμμάτων.
- Ταφή με συμπίεση όπου τα απόβλητα συμπιέζονται σε λεπτές στρώσεις με σκοπό την μείωση του όγκου τους. Οι συμπίεση γίνεται στο εσωτερικό των ΧΥΤΑ με ειδικούς συμπιεστές. Με τη συμπίεση επιτυγχάνεται μειωμένος κίνδυνος πυρκαγιάς, μείωση των καθιζήσεων, λιγότερο προσωπικό στο χώρο διάθεσης και παρεμπόδιση πολλαπλασιασμού εντόμων και τροκτικών.
- Ταφή μετά από λεπτό τεμαχισμό των απορριμμάτων.
- Ταφή μετά από δεματοποίηση των απορριμμάτων.

4.7.3 Επιλογή χώρου υγειονομικής ταφής.

Ένα από τα κρισιμότερα και πιο δύσκολα στάδια που η μέθοδος της υγειονομικής ταφής είναι η επιλογή τοποθεσίας για εγκατάσταση νέων χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων. Οι οικονομικές επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή ενός ΧΥΤΑ και η ανάγκη για έναν συνδυασμό τεχνικών, κοινωνικών και νομοθετικών ζητημάτων, είναι μερικοί τυπικοί παράγοντες οι οποίοι αυξάνουν τις δυσκολίες για μια επιτυχημένη επιλογή τοποθεσίας. Για την επιλογή ενός μελλοντικού χώρου υγειονομικής ταφής μελετώνται μια σειρά από κριτήρια-παράμετροι που ταξινομούνται σε [16]:

- Γεωλογικά
- Χωροταξικά
- Περιβαλλοντικά
- Λειτουργικά
- Οικονομικά

Ένας σωστά σχεδιασμένος ΧΥΤΑ πρέπει να εξασφαλίζει στεγανότητα, σταθερότητα των γεωλογικών σχηματισμών, να μην επηρεάζει τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής, να είναι μακριά από αρχαιολογικούς χώρους, βιότοπους, αεροδρόμια κ.λπ. Για την επιλογή της θέσης υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες όπως, το κλίμα, μορφολογία, η απόσταση από την πηγή γένεσης των απορριμμάτων, οι υδρογεωλογικές συνθήκες, η σεισμικότητα της περιοχής και η κοινωνική αποδοχή. Τα κριτήρια επιλογής συνοψίζονται στο πίνακα που ακολουθεί.

Περιοριστικός παράγοντας	Αποκλεισμός ή σοβαρός περιορισμός	Μέτριος περιορισμός	Καθόλου ή μικρός περιορισμός
Κλίση πρανών	>15%	3-15%	< 3%
Επιφανειακές αποθεσεις	Καθαρό αμμοχάλικο οργανική άργιλος	Αμμοχάλικο αναμειγμένο με ιλύ, πάχους < 15 m	Ίλυες, άργιλοι
Βάθος υποβάθρου	< 3,5 m	3,5-15 m	> 15 m
Πέτρωμα υποβάθρου	Καρστικά ανθρακικά πετρώματα	Ψαμμίτες ασβεστιτικοί χονδρόκοκκοι	
Πάχος σκόνεστης ζώνης	< 3,5 m	3,5- 7,5 m	> 7,5 m
Απόσταση από:			
-Περιοχή υδροληψίας	< 15m	15-350 m	> 350 m
-Οριο πλημμύρας κοιλάδας	100 m	100-350 m	>350 m
-Υδρόρευμα	100 m	100-350 m	>350 m
-Λίμνη	<350 m	-	>350 m
-Οδικό δίκτυο	<350 m	-	>350 m
-Υγροβιότοπος	< 15 m	-	-
-Αεροδρόμια	≥ 3.000 m η 1500 m	-	-

Πίνακας 4.1 Κριτήρια επιλογής χώρου υγειονομικής ταφής [16].

4.7.4 Παύση λειτουργίας και αποκατάσταση.

Όταν ο χώρος υγειονομικής ταφής έχει πληρωθεί με απόβλητα και δεν υπάρχει δυνατότητα υποδοχής νέων αποβλήτων πραγματοποιείται οριστική παύση και αναστέλλονται οριστικά οι λειτουργίες της εγκατάστασης. Μετά τη διακοπή των λειτουργιών είναι απαραίτητη μια σειρά από ενέργειες ώστε να αποκατασταθεί πλήρως ο χώρος. Η διαδικασία της αποκατάστασης μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 30 έτη ώστε το οικοσύστημα της περιοχής επανέλθει στα αρχικά του επίπεδα. Ο φορέας διαχείρισης του χώρου υγειονομικής ταφής είναι υπεύθυνος για τη συντήρηση, τη παρακολούθηση και τον έλεγχο του χώρου κατά τη φάση της μετέπειτα φροντίδας για όσο χρόνο ζητηθεί από την αρμόδια αρχή. Στη διάρκεια της παύσης ενός χώρου υγειονομικής ταφής θα πρέπει να γίνονται συστηματικοί έλεγχοι των αερίων και των υπόγειων νερών στο περιβάλλοντα χώρο.

4.7.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα υγειονομικής ταφής.

Συνοψίζοντας τα θετικά και αρνητικά αποτελέσματα της υγειονομικής ταφής έχουμε:

Πλεονεκτήματα:

- Είναι η πιο οικονομική μέθοδος.
- Η αρχική οικονομική επένδυση είναι χαμηλή.
- Ο χώρος μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί.
- Μεγάλες ποσότητες αποβλήτων προς διάθεση.

Μειονεκτήματα:

- Το βιοαέριο και τα διασταλλάζοντα υγρά μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο για το περιβάλλον.
- Μη ύπαρξη διαθέσιμων χώρων που τηρούν τις προϋποθέσεις.
- Δημιουργούνται καθιζήσεις στο χώρο.

4.8 Μηχανική επεξεργασία.

Η μηχανική επεξεργασία χρησιμοποιεί ένα μεγάλο όγκο τεχνολογιών με σκοπό να βελτιστοποιήσει την ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Με τη μηχανική επεξεργασία επιτυγχάνεται:

- Αφαίρεση ανεπιθύμητων συστατικών από τα εισερχόμενα απόβλητα, όπως ογκωδών και άλλων προβληματικών υλικών.

- Μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών
- Ο διαχωρισμός και προετοιμασία των αποβλήτων για το επόμενο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.
- Ο διαχωρισμός του κλάσματος με υψηλό θερμιδικό περιεχόμενο για τις μεθόδους βιολογικής επεξεργασίας και ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων.

Ο βαθμός πολυπλοκότητας των μεθόδων μηχανικής επεξεργασίας καθορίζεται από πολλούς παράγοντες. Βασικός παράγοντας είναι τα διαθέσιμα κεφάλαια καθών πρόκειται για μια δαπανηρή μέθοδο. Επίσης το μέγεθος της μεθόδου καθορίζεται από τα διαθέσιμη έκταση της περιοχής και τη νομοθεσία της εκάστοτε χώρας,

4.8.1 Τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας

Η μηχανική επεξεργασία αριθμεί μία μεγάλη γκάμα από εργασίες στη επεξεργασία αποβλήτων οι κυριότερες των οποίων είναι: **ο τεμαχισμός, ο διαχωρισμός αποβλήτων, κοσκίνισμα, αεροδιαχωρισμός, ο βαλλιστικός διαχωρισμός.**

Οι μέθοδοι μηχανικής επεξεργασίας επιτρέπουν το διαχωρισμό των μετάλλων και του οργανικού κλάσματος από τα σύμμεικτα απορρίμματα, ενώ ανάλογα με την τεχνολογία που θα εφαρμοστεί είναι δυνατή η ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών (χαρτί γυαλί κ.α.) ή δευτερογενούς καύσιμου που αποτελείται από μείγμα πλαστικών και χαρτιού (RDF-refused derived fuel) ή και οργανικού (SRF-solid recovered fuel). Οι στόχοι της μηχανικής επεξεργασίας, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μετέπειτα στάδιο βιολογικής επεξεργασίας είναι [17]:

- Ο διαχωρισμός και προετοιμασία των αποβλήτων για το επόμενο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.
- Ο διαχωρισμός του κλάσματος με υψηλό θερμικό περιεχόμενο.
- Αφαίρεση ανεπιθύμητων συστατικών από τα εισερχόμενα απόβλητα, όπως μεγάλου όφκου και άλλων προβληματικών υλικών.
- Μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών.

Η διαδικασία της μηχανικής επεξεργασίας που θα ακολουθείται σε κάποιο στάδιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων και η πολυπλοκότητας της εξαρτάται από μία σειρά παραγόντων, οι βασικότεροι από τους οποίους είναι:

- Τα διαθέσιμα κεφάλαια
- Τη δυναμικότητα
- Τη διαθεσιμότητα γης
- Το εφαρμοζόμενο σύστημα διαλογής στην πηγή
- Τις απαιτήσεις της αγοράς ανακύκλωσης
- Τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και του εθνικού στόχους

Τεμαχισμός

Με τη τεχνολογία του τεμμαχισμού τα στερεά απόβλητα διαιρούνται σε μικρότερα υλικά με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ειδική επιφάνεια και να επιτυγχάνεται διαχωρισμός των αποβλήτων. Ο τεμαχισμός πραγματοποιείται με θραυστήρες οι οποίοι ασκούν μηχανική πίεση στα απόβλητα. Στο σχήμα 8.1 παρουσιάζονται οι κυριότερες μονάδες τεμμαχισμού.

<p>Περιστρεφόμενα τύμπανα ή θραυστήρες κυλίνδρου (<i>Rotating Drum</i>)</p>	<p>Το υλικό ανυψώνεται καθώς προσκολλάται στα τοιχώματα του τύμπανου και κατόπιν πέφτει στο κέντρο, λόγω της βαρύτητας, επιτυγχάνοντας ανάδευση και ομογενοποίηση των αποβλήτων.</p> <p>Τα κοφτερά αντικείμενα που ενυπάρχουν στα απόβλητα (γυαλί, μέταλλα) συνεισφέρουν στη μείωση του μεγέθους των πιο μαλακών υλικών, όπως το χαρτί και τα βιοαποδομήσιμα, χωρίς να κονιορτοποιούνται τα ίδια.</p>	<p>Ήπια δράση - τεμαχισμός.</p> <p>Μπορεί να υπάρξει πρόβλημα για απόβλητα υψηλής υγρασίας.</p>
<p>Σφαιρόμυλοι (<i>Ball mill</i>)</p>	<p>Περιστρεφόμενα τύμπανα φέρουν βαριές σφαίρες για να τεμαχίσουν ή να κονιορτοποιήσουν τα απόβλητα.</p>	<p>Καταπόνηση - φθορά των σφαιρών, κονιορτοποίηση γυαλιού / αδρανών.</p>
<p>Περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης με κόπτες (<i>Wet rotating drums with knives</i>)</p>	<p>Μετά από την προσθήκη νερού, τα απόβλητα δημιουργούν μεγάλα συσσωματώματα που θρύβονται από τους κόπτες κατά την περιστροφή του τύμπανου.</p>	<p>Σχετικά μικρή μείωση μεγέθους.</p> <p>Πιθανότητα καταστροφής του κόπτη από μεγάλα σκληρά αντικείμενα.</p>
<p>Θραυστήρες πλαστικών σάκων (<i>Bag splitter</i>)</p>	<p>Μπορεί να είναι τύπου περιστροφικού κόπτη (με αυξημένες ανοχές μεταξύ των περιστρεφόμενων μαχαιριών κοπής, ώστε να σχίζεται μόνο ο σάκος και να μην τεμαχίζεται το περιεχόμενο), παλινδρομικής χτένας ή οδοντοφόρων αλυσίδων.</p>	<p>Δεν μειώνει το μέγεθος των αποβλήτων.</p> <p>Πιθανότητα καταστροφής από μεγάλα σκληρά αντικείμενα.</p>

Σχήμα 8.1 Μηχανήματα μείωσης όγκου αποβλήτων[18].

Διαχωρισμός αποβλήτων

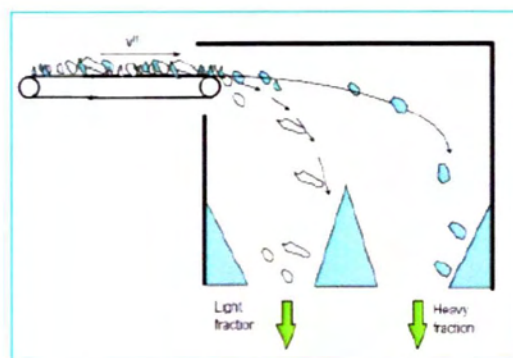
Στη διαδικασία διαχωρισμού τα σύμμεικτα απόβλητα διαχωρίζονται σε δύο ρεύματα από τα οποία το ένα ρεύμα περιέχει τα προς ανάκτηση υλικά ενώ το άλλο περιέχει τα υπόλοιπα απόβλητα. Οι κυριότερες μονάδες διαχωρισμού φαίνονται στο σχήμα 8.2.

Τεχνολογία	Ιδιότητα διαχωρισμού	Στοχευόμενα υλικά	Προβλήματα-Περιορισμοί
Κόσκινα (Trompels and screens)	Μέγεθος και πυκνότητα	Υπερμεγέθη: χαρτί, πλαστικό, οργανικά, λεπτόκοκκα (fines)	Καθαρισμός
Χειρωνακτικός διαχωρισμός (Χειροδιαλογή)	Οπτική εξέταση	Πλαστικά, προσμείξεις, υπερμεγέθη, ξένα σώματα	Υγιεινή και ασφάλεια εργασίας, ηθικά θέματα
Μαγνητικοί διαχωριστές	Μαγνητικές ιδιότητες	Σιδηρούχα μέταλλα	
Διαχωριστές με επαγωγικά ρεύματα	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Μη σιδηρούχα μέταλλα	
Διαχωριστές επίπλευσης αφρού	Διαφορές πυκνότητας	Επιπλέοντα: πλαστικά, οργανικά Βυθιζόμενα: πέτρες, γυαλί	Δημιουργεί υγρά ρεύματα αποβλήτων
Αεροδιαχωριστές	Βάρος	Ελαφρά: πλαστικά, χαρτί Βαρέα: πέτρες, γυαλί	Απαιτείται καθαρισμός του αέρα
Βαλλιστικοί διαχωριστές	Πυκνότητα και ελαστικότητα	Ελαφρά: πλαστικά, χαρτί Βαρέα: πέτρες, γυαλί	
Οπτικοί διαχωριστές	Οπτικές ιδιότητες	Καθορισμένα πλαστικά πολυμερή	Απόδοση

Σχήμα 8.2 Μονάδες διαχωρισμού[18].

Βαλλιστικός διαχωρισμός

Κατά το βαλλιστικό διαχωρισμό τα απόβλητα διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες βάσει του βάρους τους :βαρέα,ελαφρά,.Η λειτουργία του στηρίζεται στη περιστροφική κίνηση μιας ταινίας.Κατά τη περιστροφή τα ελαφρά υλικά εκτοξεύονται μακρύτερα από τα βαρέα με αποτέλεσμα να τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία της εγκατάστασης.



Σχήμα 8.3 Βαλλιστικός διαχωριστής

5 Λογισμικά προγράμματα στην ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων.

5.1 Εισαγωγή

Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στην ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών αποβλήτων αποτελεί η χρήση πληροφοριακών συστημάτων τα οποία είναι προσαρμοσμένα πάνω σε αυτή τη κατεύθυνση. Πλήθως λογισμικών εφαρμογών έχουν αναπτυχθεί με σκοπό να προσφέρουν ολοκληρωμένες λύσεις σε όλα τα στάδια της διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Τα λογισμικά προγράμματα που έχουν δημιουργηθεί, διευκολύνουν τη διαχείριση των αποβλήτων σε όλα τα στάδια της, από την σύσταση των αποβλήτων μέχρι τη τελική διάθεσή τους. Υπάρχουν ολοκληρωμένα προγράμματα τα οποία επεξεργάζοντας την ανάλυση κύκλου ζωής των αποβλήτων και την ανάλυση ροής υλικών σε μία περιοχή εξάγουν ακριβή αποτελέσματα για τη στρατηγική που πρέπει να διαμορφωθεί. Ανάλογα με τη λειτουργία του προγράμματος, τα υπολογιστικά πακέτα μπορούν να έχουν μεγάλο εύρος υπολογιστικών εφαρμογών. Ορισμένες από της δυνατότητές τους είναι:

- Υπολογισμός του συνολικού κόστους μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης στερεών αποβλήτων.
- Παρουσίαση της βέλτιστης επιλογής τρόπων διάθεσης των αποβλήτων προσαρμοσμένη στις συνθήκες κάθε περιοχής με κυριότερο κριτήριο τους περιβαλλοντικούς κανόνες.
- Χωροθέτηση μονάδων διάθεσης όπως είναι οι χώροι υγειονομικής ταφής.
- Χωροθέτηση κάδων συλλογής.
- Οργάνωση δρομολογίων συλλογής.
- Υπολογισμός ενεργειακού οφέλους από την εκάστοτε μέθοδο διάθεσης.

Τα λογισμικά προγράμματα για να είναι αποτελεσματικά στη χρήση τους πρέπει:

- Να είναι εύχρηστα στη λειτουργία τους.
- Να επιτρέπει το χειρισμό διαφόρων όγκων δεδομένων και μεταβλητών και να επιλέγει παραμέτρους σύμφωνα με τη βάση δεδομένων.
- Να επιτρέπει την εκτίμηση μια σειράς παραγόντων.
- Να παρέχει εργαλεία για την ανάλυση και οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.
- Μεγάλη ευελιξία και μεταβλητότητα στη μοντελοποίηση των αποτελεσμάτων.

Στη παρούσα εργασία θα γίνει ανάλυση των προγραμμάτων πληροφορικής που αφορούν τη διαδικασία της αποκομιδής των στερεών αποβλήτων σε μία περιοχή. Θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην οργάνωση των δρομολογίων των οχημάτων κατά τη συλλογή των αποβλήτων, και τη μεταφορά τους στους τελικούς χώρους διάθεσης.

Το κυριότερο εργαλείο σε αυτή τη κατηγορία λογισμικών προγραμμάτων αποτελεί η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) η οποία προσφέρει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης μιας μεγάλης κατηγορίας παραμέτρων που αφορούν την ολοκληρωμένη διαχείριση στερεών αποβλήτων. Στις επόμενες ενότητες θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι δυνατότητες των συγκεκριμένων λογισμικών πακέτων.

5.2 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

Βάση του ορισμού που έχει δώσει η FIG(Federation International des Geometres) το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών είναι ένα εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων νομικής,διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη,το οποίο αποτελείται από μία βάση δεδομένων που περιέχει στοιχεία για μια έκταση,προσδιορισμένα στο χώρο και τα οποία σχετίζονται με τη γη και από την άλλη αποτελείται από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή,ενημέρωση,επεξεργασίας και διανομή των στοιχείων[20].

Οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα λογισμικό ως γεωγραφικό συστημα πληροφοριών βάση του ονόματός αυτών των συστημάτων είναι οι εξής[19]:

- Γεωγραφικό (Geographic): Η γεωγραφία του πραγματικού κόσμου, και η χωρική κατανομή των πραγμάτων.
- Σύστημα (System): Η τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των σχετικών περιφερειακών μονάδων. Η υποστήριξη, αειφόρος λειτουργία και αναβάθμισή τους.
- Πληροφοριών (Information): Δεδομένα και πληροφορίες, η σημασία (αξία) και η χρήση τους.

Η απαρχή των ΓΣΠ εμφανίζεται τη δεκαετία του '60 με κύριο σκοπό την αυτοματοποιημένη χαρτογράφηση περιοχών ανά το κόσμο.Η τεχνολογική έκρηξη των ΓΣΠ πραγματοποιείται τη δεκαετία του 1980 όπου αναπτύσσονται λογισμικά τόσο για προσωπικούς υπολογιστές όσο και για διάφορους σταθμούς εργασίας.Από αυτή τη περίοδο και μετά δημιουργούνται λογισμικά εύχρηστα στη λειτουργία τους και ικανά να ανταποκριθούν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως:

- Συγκοινωνίες-μεταφορές:Προσφέρουν στη βέλτιστη οργάνωση όλων των τύπων μεταφορών(οδικών ακτοπλοικών και αεροπορικών)
- Περιφερειακό και αστικό σχεδιασμό:προσφέρουν σημαντικά στην οργάνωση αναπτυξιακών προγραμμάτων τόσο σε επίπεδο περιφέρειας όσο και αστικής ανάπτυξης.
- Εκπαίδευση και Υγεία:Βελτιστοποιεί τις παροχές και στους δύο αυτούς κοινωνικούς φορείς, για παράδειγμα τη κατάλληλη χωροθέτηση νοσοκομείων και ιδρυμάτων εκπαίδευσης.
- Χωροθέτηση κατασκευαστικών δραστηριοτήτων σε όλους τους τομείς.
- Περιβαλλοντικές εφαρμογές:όπως διαχείριση αποβλήτων,δικύων ύδρευσης-άρδευσης.
- Ανάλυση αγοράς εργασίας-κατοικίας:

Είναι προφανές πως η τεχνολογία των ΓΣΠ χρησιμοποιείται σε κάθε εφαρμογή όπου εισέρχεται άμεσα ή έμμεσα η παράμετρος «γεωγραφικός χώρος».Σε επίπεδο οργάνωσης και λήψης αποφάσεων σε όλα τα παραπάνω ζητήματα μιας κοινωνίας, η οργάνωση και λήψη αποφάσεων έχει άμεσο συσχετισμό με κάποιου είδους χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού.

5.3 Δομικά μέρη ενός ΓΣΠ και εξοπλισμός.

Ο βασικός εξοπλισμός των ΓΣΠ διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό(hardware),το κατάλληλο λογισμικό(software) και τα δεδομένα(data)

Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός ενός ΓΣΠ μπορεί να αποτελείται από έναν απλό ηλεκτρονικό υπολογιστή έως μεγάλες μονάδες πληροφορικών συστημάτων.Πολλά περιφερειακά συστήματα χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή δεδομένων όπως παραδείγματος χάρη οι σχεδιαστές.

Το λογισμικό αποτελείται συνήθως από ξεχωριστά υποπρογράμματα που το καθένα εκτελεί διαφορετική εργασία, αλλά όλα συνεργάζονται μεταξύ τους. Τέτοια υποπρογράμματα μπορεί να εκτελούν ενδεικτικά τις παρακάτω εργασίες:

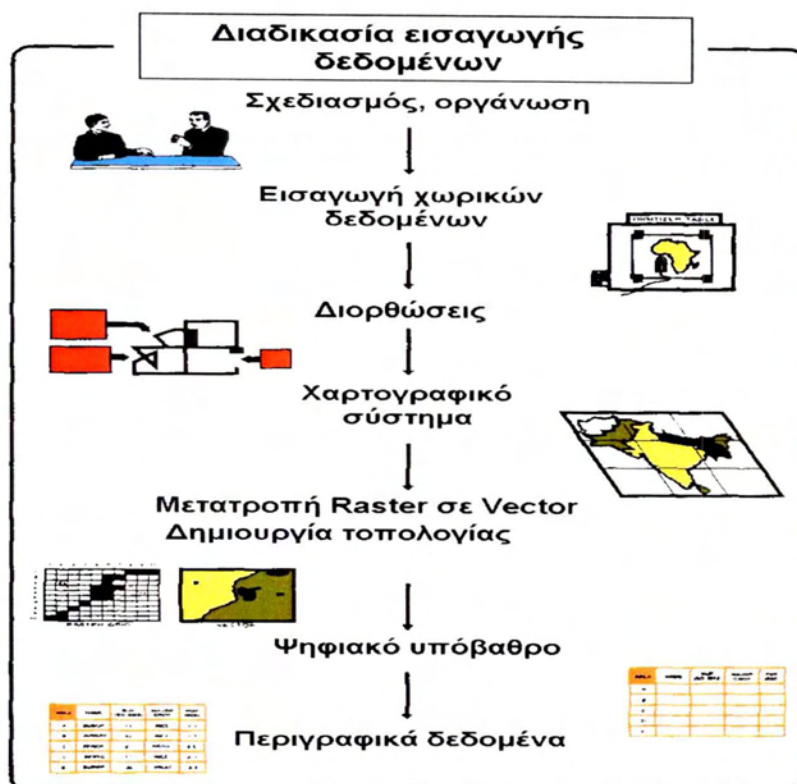
- Έλεγχο της διαδικασίας εισόδου δεδομένων (γραφικών) με ψηφιοποίηση ή σάρωση ή υπολογισμό από μετρήσεις υπαίθρου.
- Έλεγχο της διαδικασίας εισόδου περιγραφικών δεδομένων.
- Αποθήκευση στις βάσεις γραφικών και περιγραφικών δεδομένων.

Η βάση δεδομένων αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα των ΓΣΠ καθώς αποτελεί το βασικό εργαλείο που κάνει το λογισμικό των ΓΣΠ να έχει μεγάλο πλήθος εφαρμογών.Οι βάσεις δεδομένων μπορεί να αποθηκεύονται στους υπολογιστές με τη μορφή αρχείων Excel ή Dbase.Η σημαντικότερη βάση δεδομένων ενός ΓΣΠ αποτελεί η γεωγραφική βάση δεδομένων η οποία αποτελεί τη βάση όπου γίνονται όλες οι αναλύσεις.Μία βάση γεωγραφικών δεδομένων αποθηκεύει τρεις πληροφορίες:τη γεωγραφική πληροφορία,τη προβολή και τις ιδιότητές της.Τα ΓΣΠ έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται και με εξωτερικές βάσεις γεωγραφικών δεδομένων όπως είναι το δορυφορικό σύστημα GPS με τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής του δορυφορικού συστήματος θέσης το οποίο είναι απόλυτα συμβατό με το παγκόσμιο σύστημα WGS 84.

Τα βασικά στάδια που ακολουθεί μία ανάλυση με τη χρήση ΓΣΠ είναι έξη:

- 1.Η συλλογή δεδομένων.
- 2.Η κωδικοποίηση και η εισαγωγή των δεδομένων.
- 3.Η αποθήκευση και η διαχείριση.
- 4.Η ανάκτηση.
- 5.Η επεξεργασία και ανάλυση.
- 6· Η απεικόνιση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Η βασική λειτουργία των ΓΣΠ είναι στην ουσία μία διαδικασία μετάβασης από στοιχεία σε πληροφορία.Για να επιτύχει αυτό το αποτέλεσμα τα λογισμικά περιλαμβάνουν τεχνικές για εισαγωγή γεωγραφικής πληροφορίας σε ηλεκτρονική μορφή,τεχνικές αποθήκευσης πληροφορίας,μεθόδους πρόβλεψεις, τεχνικές αναπαράστασης δεδομένων και δυνατότητες για έξοδο αποτελεσμάτων σε μορφή πινάκων.Στο σχήμα 5.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων σε ένα ΓΣΠ.



Σχήμα 5.1 Παρουσίαση εισαγωγής δεδομένων σε ένα ΓΣΠ.

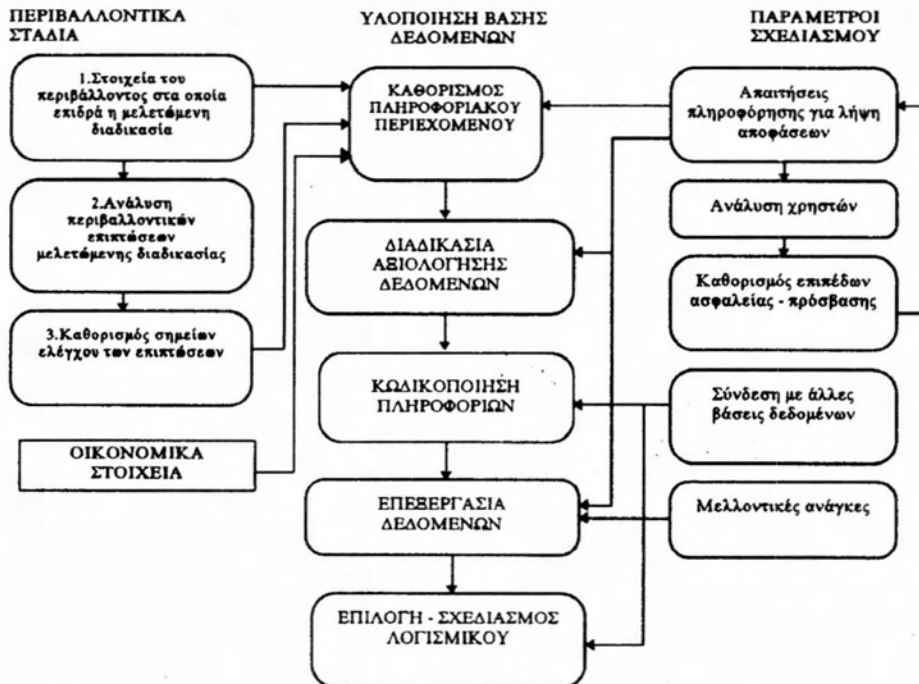
5.4 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και διαχείριση στερεών αποβλήτων.

Προηγούμενη εμπειρία σε αναπτυσσόμενες χώρες δείχνουν ότι η κακή σύνδεση χωρικών δικτύων είναι η κύρια αιτία για σχεδόν όλα τα προβλήματα στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Προβλήματα όπως η συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων στους δρόμους, η ανεπαρκής αποκομιδή απορριμμάτων, οι μεγάλες διαδρομές των απορριματοφόρων και η διάσπαρτη θέση των δοχείων συλλογής είναι αποτέλεσμα της κακής σύνδεσης των χωρικών δικτύων της εκάστοτε περιοχής. Το αποτέλεσμα αυτής της κακής οργάνωσης στη διαδικασία συλλογής είναι να εκτοξεύεται το κόστος της διαχείρισης στερεών αποβλήτων σε υψηλά επίπεδα. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει πως το 85% των δαπανών αφορά τη συλλογή των αποβλήτων και μόλις το 15% στη τελική διάθεση.

Το σπουδαιότερο εργαλείο για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων αποτελεί η χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Το βασικότερο χαρακτηριστικό των ολοκληρωμένων λογισμικών που βασίζονται στα ΓΣΠ, αποτελεί ο πλούσιος και αξιόπιστος καθορισμός ποσοτικών στοιχείων-δεδομένων. Η δημιουργία βάσεων δεδομένων με αξιόπιστα δεδομένα επιδρά καταλυτικά στην αποτελεσματικότητα των ΓΣΠ. Οι βασικοί άξονες πληροφόρησης των δεδομένων είναι:

- Ο δημογραφικός.
- Ο χωροταξικός.
- Ο αναπτυξιακός.
- Ο κοινωνικοοικονομικός.

Στο σχήμα 5.2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδιασμού βάσης δεδομένων για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων.



Σχήμα 5.2 Διαδικασία σχεδιασμού βάσης δεδομένων στη διαχείριση στερεών αποβλήτων.

5.5 Δυνατότητες ΓΣΠ στη συλλογή στερεών αποβλήτων.

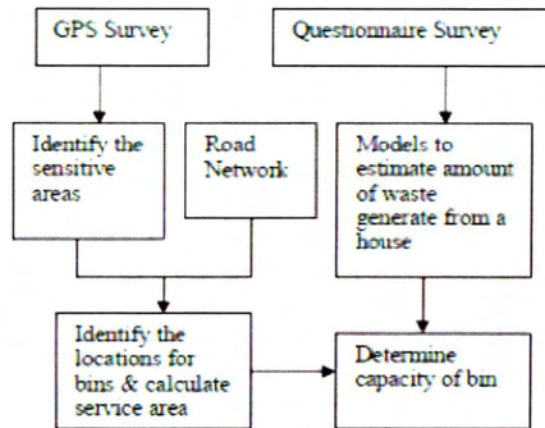
Οι δυνατότητες λειτουργίας ενός ΓΣΠ στη διαχείριση στερεών αποβλήτων κυμαίνονται σε ένα μεγάλο φάσμα, από τη σύσταση των στερεών αποβλήτων έως τη χωροθέτηση των χώρων τελικής τους διάθεσης. Στο στάδιο της συλλογής των αποβλήτων, η λειτουργικότητα των ΓΣΠ απευθύνεται σε τρεις τομείς: τη χωροθέτηση των κάδων, τη βέλτιστη δρομολόγηση των απορριμματοφόρων και την ανάλυση χωρικών δικτύων.

5.5.1 Χωροθέτηση των κάδων

Η χωροθέτηση των κάδων πραγματοποιείται μέσω των προγραμμάτων ΓΣΠ με σκοπό να καλύψει τις ανάγκες της προσωρινής αποθήκευσης. Για τη βέλτιστη επιλογή της θέσης του κάδου το λογισμικό χρησιμοποιεί μια βάση δεδομένων η οποία είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε [21]:

- Να προστατεύει τη δημόσια υγεία από εστίες μόλυνσης.
- Να μη δημιουργεί προβλήματα στη κυκλοφορία των οχημάτων.
- Να μη χρειάζεται οι κάτοικοι να περπατήσουν πάνω από 100 μέτρα.
- Εύκολη πρόσβαση σε αυτούς.
- Να ερευνά τη ποσότητα παραγωγής αποβλήτων των οικιών.
- Τοποθέτηση έως εφτά κάδων ανά τετραγωνικό μέτρο.

Το λογισμικό χρησιμοποιώντας αυτή τη βάση δεδομένων βελτιστοποιεί τη χωροθέτηση των κάδων και οπτικοποιεί τα αποτελέσματα. Στο σχήμα 5.3 παρουσιάζεται η διαδικασία χωροθέτησης των κάδων.



Σχήμα 5.3 Διαδικασία χωροθέτησης των κάδων από ένα ΓΣΠ[21].

5.5.2 Δρομολόγηση απορριματοφόρων.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ΓΣΠ στη συλλογή στερεών αποβλήτων αποτελεί η εύρεση αποδοτικών διαδρομών των οχημάτων αποκομιδής σε συγκεκριμένα σημεία του οδικού δικτύου. Τα πακέτα λογισμικού έχουν την ικανότητα να υπολογίζουν τη πραγματική απόσταση μιας διαδρομής. Η βάση των δεδομένων για τη βέλτιστη επιλογή περιλαμβάνει τα εξής κριτήρια:

- Χωροθέτηση των κάδων.
- Χαρακτηριστικά οδικής κυκλοφορίας (όριο ταχύτητας, μονοδρομήσεις κτλ).
- Βέλτιστος χρόνος αποκομιδής.
- Ελάχιστη απόσταση.
- Ελάχιστος αριθμός χρησιμοποιούμενων οχημάτων.
- Βέλτιστο σημείο εκκίνησης.
- Βέλτιστη ώρα συλλογής.
- Τεχνικά χαρακτηριστικά οχήματος (χωρητικότητα, βάρος, είδος συλλογής).
- Γεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής.
- Ελάχιστος αριθμός απαιτούμενου προσωπικού.
- Ποσότητες αποβλήτων ανά οδό.

Χρησιμοποιώντας όλα τα στοιχεία της βάσης δεδομένων το λογισμικό με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων και τις χωροταξικές πληροφορίες παρουσιάζει οπτικοποιημένη τη βέλτιστη διαδρομή. Το πρόγραμμα δημιουργεί συνήθως μια συνεχόμενη γραμμή ή ένα πολύγωνο ενώνοντας τα διάφορα σημεία συλλογής[22].



Σχήμα 5.4 Απεικόνιση βέλτιστης διαδρομής με ΓΣΠ.

5.5.3 Ανάλυση χωρικών δικτύων.

Τα σύγχρονα ΓΣΠ έχουν τη δυνατότητα να μοντελοποιούν και να αναλύουν τα χωρικά δίκτυα. Τα χωρικά δίκτυα μοντελοποιούνται με τη χρήση γράφου. Στα οδικά δίκτυα οι ακμές του γράφου αναπαριστούν τους δρόμους ενώ οι κόμβοι τις διασταυρώσεις. Τα ΓΣΠ στην ανάλυση χωρικών δικτύων έχουν την ικανότητα μέσω αλγορίθμων να υπολογίζουν:

- Εύρεση της καλύτερης διαδρομής που να περνά από μια σειρά τοποθεσιών (stops) του δικτύου (πρόβλημα πλανόδιου πωλητή - travelling salesman problem).
- Κατανομή (allocation) ενός μέρους του δικτύου σε μια τοποθεσία που αποτελεί πηγή τροφοδοσίας.
- Καθορισμός αν δύο θέσεις του δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους.
- Καθορισμός (spatial interaction) του πόσο εύκολο και συμφέρον είναι να προσπελασθεί μια θέση του δικτύου.
- Υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ ενός συνόλου σημείων αφετηρίας και ενός συνόλου σημείων προορισμού.
- Καθορισμός της θέσης της πηγής στο δίκτυο και της κατανομής της ζήτησης σε αυτήν (location-allocation)
- Μετατροπή διευθύνσεων δρόμων σε γεωγραφικές συντεταγμένες. Αρχικά αντιστοιχούνται οι διευθύνσεις στο οδικό δίκτυο και έπειτα μπορεί να εισάγεται κάποια διεύθυνση και να βρεθεί η αντίστοιχη γεωγραφική συντεταγμένη η οποία με τη σειρά της μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περαιτέρω ανάλυση.
- Δυναμική τμηματοποίηση παρέχει τη δυνατότητα για αποτελεσματική αναπαράσταση και διαχείριση γραμμικών χαρακτηριστικών (linear features).

5.6 ArcGIS Desktop 9.1

Το ArcGIS Desktop 9.1 αποτελεί ένα από τα πιο ολοκληρωμένα συστήματα Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών το οποίο παρέχει πολλές λύσεις στη συλλογή στερεών αποβλήτων. Παρέχει μια ολοκληρωμένη σειρά εφαρμογών για όλα τις κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων.

Οι βασικότερες εφαρμογές του λογισμικού είναι οι εξής:

- Δημιουργία, τροποποίηση, ανάλυση και παρουσίαση γεωγραφικών δεδομένων όπου υπάρχουν δύο περιοχές εμφάνισης. Μια περιοχή παρουσίασης των χωρικών δεδομένων (map display) και μία περιοχή διαχείρισης (table of content) όπου περιέχονται οι κατηγορίες των δεδομένων. Ακόμα περιέχεται και μία μπάρα εργαλείων η οποία προσαρμόζεται κατά τις προτιμήσεις του χρήστη.
- Πλοήγηση και διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων. Με αυτή την εφαρμογή προσφέρεται η δυνατότητα προσέγγισης και προεπισκόπησης δεδομένων που είναι αποθηκευμένα ή προέρχονται από εξωτερικές πηγές όπως είναι το

διαδίκτυο.Με αυτό το τρόπο γίνεται η οργάνωση των βάσεων δεδομένων και επιτυγχάνεται η πρόσβαση σε μεγάλη ποικιλία χαρτών.

- Εφαρμογή με την οποία προσφέρονται ειδικά εργαλεία επεξεργασίας δεδομένων όπως μετατροπής δεδομένων και εργαλεία εντολών.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του λογισμικού είναι η δημιουργία αποδοτικής χωρικής ανάλυσης γεωγραφικών δικτύων.Επιτρέπει στους χρήστες να ορίσουν πραγματικές συνθήκες ενός δικτύου με τη χρησιμοποίηση πολλών εναλλακτικών παραμέτρων που ανταποκρίνονται στη πραγματικότητα.Η μεγάλη βάση δεδομένων που διαθέτει έχει σαν αποτέλεσμα να καταλήγει στη βέλτιστη λύση και δημιουργία χωρικών δικτύων.Στη συλλογή αποβλήτων τα βέλτιστα δίκτυα που χρησιμοποιούνται είναι στη ουσία οι δρόμοι της υπό μελέτης περιοχής.

Τα δίκτυα που δημιουργεί η εφαρμογή του λογισμικού προγράμματος μπορεί να έχουν τις εξής ιδιότητες:

1. Η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής.
2. Ανάλυση του χρόνου πρόσβασης κάθε περιοχής.Υπολογίζει το χρόνο που χρειάζεται ένα όχημα για να βρεθεί σε οποιοδήποτε σημείο του χάρτη.
3. Εύρεση συντομότερης διαδρομής μεταξύ δύο σημείων λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της οδικής κυκλοφορίας.
4. Προβλέψεις αυξημένης δραστηριότητας σε ένα δίκτυο όπως για παράδειγμα η αυξημένη κίνηση οχημάτων σε ένα οδικό δίκτυο.
5. Εφαρμογές κατανομής πόρων.Στη περίπτωση της συλλογής αποβλήτων αναλύει τις περιοχές με τη μεγαλύτερη παραγωγή σκουπιδιών και προσαρμόζει ανάλογα τη διαδρομή των οχημάτων σε αυτές τις περιοχές.

5.6.1 Έυρεση βέλτιστης διαδρομής με τη χρήση του λογισμικού.

Το πρώτο βήμα για την εύρεση της καλύτερης διαδρομής των οχημάτων αποτελεί η συγκέντρωση των απαιτούμενων δεδομένων.Το βασικότερο δεδομένο αποτελεί η χαρτογράφηση της υπό μελέτη περιοχής.Το λογισμικό παρέχει μέσω της βάσης δεδομένων ρεαλιστικούς χάρτες οποιαδήποτε περιοχής και έχει καταχωρημένο όλο το οδικό δίκτυο.Παράδειγμα δεδομένων οδικού δικτύου φαίνεται στο σχήμα 5.5.

Attributes of athens_roads												
STREET_LAT	LEN	STREET_SH	L_DHMO	L_ZONE	R_DHMO	R_ZONE	MAIN	MODIF	MOD_OLY	TYPOS	ODD	LINK_ID
PETROUPOLEVS	0	0	36	6	36	9	5	0	25			4494
NYMFAIOY	0	0	36	8	36	6	5	0	0			4496
AG GEVRGIOY	0	0	36	6	36	6	5	0	0			4498
PETROUPOLEVS	0	0	36	6	36	9	5	0	0			4499
DHMOKRATIAS LEVF	0	0	5	12	5	5	5	28	28			5015
MPIMPIZA	0	7	5	12	36	20	5	0	0			5017
XASIAS	0	7	36	15	36	20	5	20	20			5254
RADIOFVNIAS	0	7	36	15	36	15	5	20	20			5295
ELAFN	0	0	43	8	36	17	5	0	0			5299
PREBEZHS	0	0	36	17	36	17	5	0	0			5294
KYNSTANTINOYPOLEVS	0	0	36	13	43	8	5	0	26			5296
29HS OIKTVBRIOY	0	0	43	6	43	6	5	0	0			5301
EYRYDIKHS	0	0	36	10	36	10	5	0	0			5302
MENELADY	0	0	36	10	36	10	5	0	0			5303
ANATOLIKHS RYMVLIAS	0	0	43	6	43	2	5	0	30			5304
29HS MARTIOY	0	0	43	8	36	12	5	0	0			5305
29HS MARTIOY	0	0	43	8	43	3	5	0	0			5307
IPODAMEIAS	0	0	36	11	36	11	5	0	0			5308
EYRYDIKHS	0	0	36	11	36	11	5	0	0			5309

Σχήμα 5.5. Βάση δεδομένων οδικού δικτύου

Τα σημαντικότερα σημεία από όπου θα περάσουν τα οχήματα συλλογής, αποτελούν τα σημεία όπου βρίσκονται οι κάδοι συλλογής. Αυτά τα σημεία θα δίνονται με ακριβείς συντεταγμένες όπου παρουσιάζεται στο σχήμα 5.6. Οι συντεταγμένες των σημείων καθορίζονται από τα Χ Υ.

FID	Shape*	VEHICLEID	DATETIME	EVENTTYPE	POSTALADDR	X	Y
0	Point	801	2004-01-02 19:11:52	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 6, ΑΘΗΝΑ	475161,47696	4200640,267636
1	Point	801	2004-01-02 19:15:38	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 19, ΑΘΗΝΑ	475063,31562	4200719,15141
2	Point	801	2004-01-02 19:17:50	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 26, ΑΘΗΝΑ	475044,019195	4200710,321576
3	Point	801	2004-01-02 19:18:29	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 29, ΑΘΗΝΑ	475044,019195	4200710,321576
4	Point	801	2004-01-02 19:19:38	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 33, ΑΘΗΝΑ	475037,88306	4200676,056725
5	Point	801	2004-01-02 19:21:07	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 36, ΑΘΗΝΑ	474955,934038	4200617,473501
6	Point	801	2004-01-02 19:22:36	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 38, ΑΘΗΝΑ	474933,921457	4200597,224371
7	Point	801	2004-01-02 19:24:10	15	ΚΡΑΤΗΤΟΣ 3, ΑΘΗΝΑ	474824,140359	4200588,671041
8	Point	801	2004-01-02 19:27:02	15	ΦΑΡΜΑΚΙΔΟΥ 1, ΑΘΗΝΑ	474675,923913	4200590,629114
9	Point	801	2004-01-02 19:32:49	15	ΘΕΟΓΝΙΔΟΣ 3, ΑΘΗΝΑ	474953,595708	4200675,042957
10	Point	801	2004-01-02 19:34:55	15	ΣΥΓΓΡΟΥ ΛΕΩΦ. 123, ΑΘΗΝΑ	474986,355992	4200758,32411
11	Point	801	2004-01-02 19:47:55	15	ΜΙΛΩΝΟΣ 10, ΑΘΗΝΑ	475108,271731	4200680,076138
12	Point	801	2004-01-02 19:48:58	15	ΜΙΛΩΝΟΣ 20, ΑΘΗΝΑ	475068,753795	4200633,637937
13	Point	801	2004-01-02 19:55:08	15	ΚΡΑΤΗΤΟΣ 37, ΑΘΗΝΑ	475004,535487	4200564,842499
14	Point	801	2004-01-02 19:57:08	15	ΚΡΑΤΗΤΟΣ 19, ΑΘΗΝΑ	475004,535487	4200564,842499
15	Point	801	2004-01-02 19:57:43	15	ΟΚΕΑΝΩΝ 15, ΑΘΗΝΑ	475004,535487	4200564,842499
16	Point	801	2004-01-02 20:00:07	15	ΣΦΙΓΓΟΣ 88, ΑΘΗΝΑ	475014,954585	4200519,522865
17	Point	801	2004-01-02 20:01:11	15	ΣΦΙΓΓΟΣ 91, ΑΘΗΝΑ	474978,009291	4200492,970161
18	Point	801	2004-01-02 20:03:58	15	ΚΡΑΤΗΤΟΣ 33, ΑΘΗΝΑ	474960,52071	4200472,707213
19	Point	801	2004-01-02 20:06:15	15	ΕΥΡΥΔΑΜΑΝΤΟΣ 53, ΑΘΗΝΑ	474920,427439	4200568,061044

Σχήμα 5.6 θέσεις κάδων συλλογής.

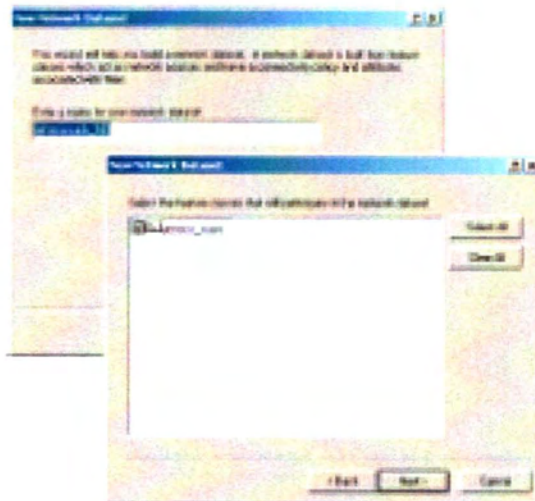
Με την διαδικασία αυτή δημιουργείται το αρχείο οδικού δικτύου που περιέχει όλες τις χωρικές και περιγραφικές ιδιότητες του δικτύου δρομολόγησης.

Τα υπόλοιπα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν είναι τα χαρακτηριστικά οδικής κυκλοφορίας της περιοχής. Να ληφθούν υπόψη δηλαδή οι δρόμοι διπλής κυκλοφορίας, οι μονοδρομήσεις, οι πεζόδρομοι και όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου. όπως παρουσιάζεται στο επόμενο στάδιο.

Το επόμενο στάδιο της εφαρμογής περιλαμβάνει τον υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής που θα κάνει το όχημα αποκομιδής ώστε να γίνει η συλλογή αποβλήτων με τον αποτελεσματικότερο τρόπο. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός μοντέλου δρομολόγησης πραγματοποιείται με τη βάση δεδομένων δικτύου (Network data base). Η Network data base είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει ένα σύνολο στρωφών, διασταυρώσεων και ακμών που προσομοιώνει τη μετακίνηση των οχημάτων και ο χρήστης μπορεί να τη δημιουργήσει μέσα από τις λειτουργίες του προγράμματος. Ο χρήστης σε αυτό το στάδιο καθορίζει το τρόπο κίνησης του οχήματος όπως για παράδειγμα αν θα επιτρέπονται αναστροφές, απαγόρευση δεξιών ή αριστερών στρωφών κτλ. Η δημιουργία της βάσης δεδομένων αποτελεί το σημαντικότερο στάδιο για την εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων.

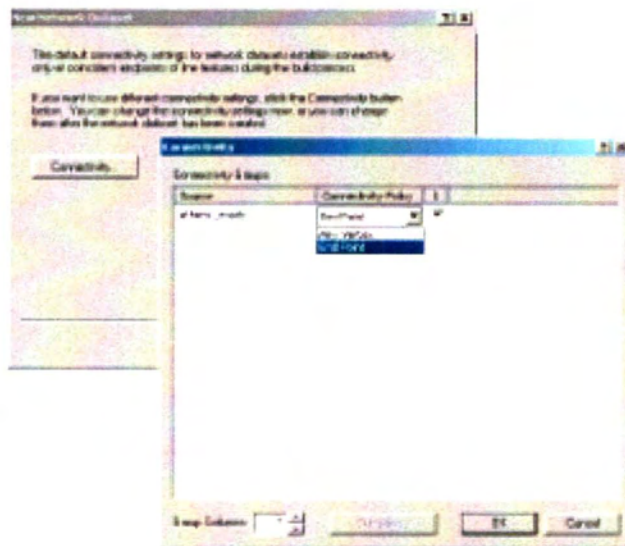
Τα στάδια δημιουργίας μιας Network data base είναι εφτά[25]:

1. Αρχικά δημιουργούμε τη νέα network dataset που περιέχει κάποια βάση δεδομένων όπως το οδικό δίκτυο μιας περιοχής. Σχήμα 5.7.



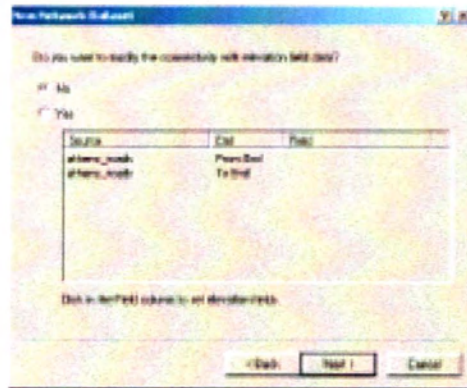
Σχήμα 5.7 Δημιουργία network dataset

2. Επιλέγεται ο τρόπος κατασκευής των ακμών του δικτύου από τις αρχικές γραμμές έτσι να είναι ευδιάκριτα τα τρισδιάστατα σημεία του δικτύου, αλλά και γίνεται επιλογή ή όχι ομάδων συνεκτικότητας. Σχήμα 5.8.



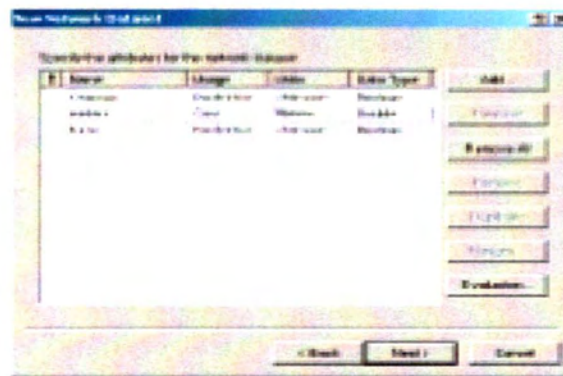
Σχήμα 5.8 Επιλογή ομάδων συνεκτικότητας

3. Χρησιμοποίηση πεδίων ανύψωσης. Τα πεδία ανύψωσης αναπαριστούν αντικείμενα όπως υπερυψωμένες διαβάσεις, γέφυρες και σήραγγες. Σχήμα 5.9.



Σχήμα 5.10 Επιλογή πεδίων ανύψωσης

4. Προσθήκη στρωφών. Τα πραγματικά δίκτυα έχουν ένα πλήθος περιορισμών που αφορούν τις αναστροφές, τις δεξιές ή αριστερές στροφές. Με τη δημιουργία αυτού του δεδομένου επιτυγχάνεται η παρουσίαση των απαγορεύσεων στο δίκτυο και ο υπολογισμός επιπλέον χρόνου λόγω δυσκολιών στη κίνηση του οχήματος.
5. Ορισμός ιδιοτήτων δικτύου. Σε αυτό το στάδιο ο χρήστης εισάγει χαρακτηριστικά του δικτύου ως ιδιότητες της network dataset όπως για παράδειγμα χαρακτηριστικά οδικής κυκλοφορίας και χρόνος συλλογής. Σχήμα 5.11

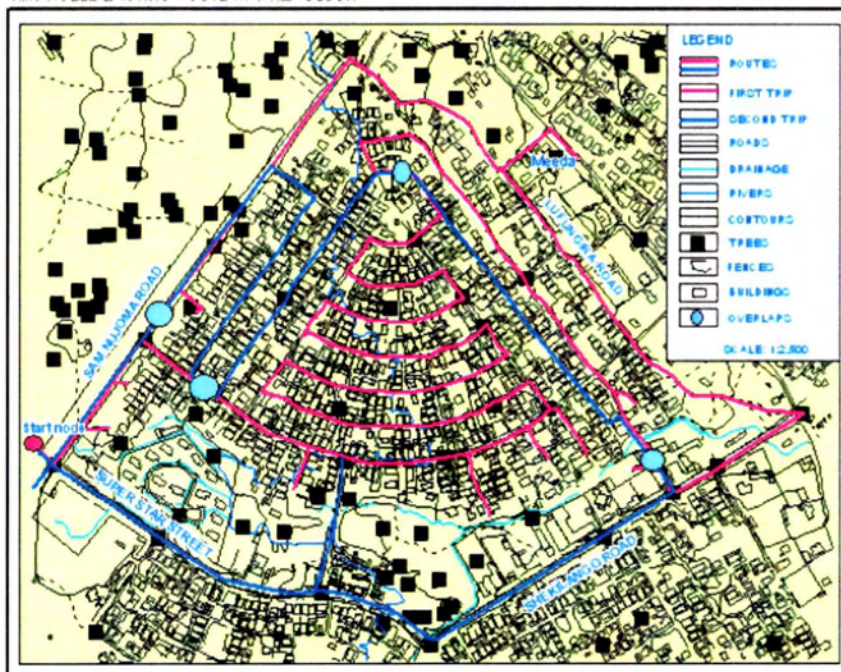


Σχήμα 5.11 Ιδιότητες network dataset

6. Ιεραρχία βελτιστοποίησης. Το λογισμικό με αυτή τη λειτουργία μπορεί να δημιουργήσει κατηγορίες χαρακτηριστικών σε δύο ή περισσότερα επίπεδα ιεραρχίας. Όπως για παράδειγμα χαρακτηριστικά μικρών δρόμων ή χαρακτηριστικά δρόμων ταχείας κυκλοφορίας.

7. Το δίκτυο έχει τις κατάλληλες ιδιότητες και βάση δεδομένων τα οποία είναι έτοιμα για χρήση και εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Η τελική λύση της βέλτιστης διαδρομής παρουσιάζεται οπτικοποιημένη στο τελικό χάρτη του λογισμικού προγράμματος όπου έχουν καθοριστεί όλα τα απαραίτητα δεδομένα όπως φαίνεται στο σχήμα 5.12. Πλεονέκτημα του προγράμματος αποτελεί η εύρεση περισσότερων από μία βέλτιστων επιλογών ανάλογα με τις επιλογές και τα κριτήρια που ενδιαφέρουν το χρήστη.



Σχήμα 5.12 Βέλτιστη διαδρομή οχήματος με τη χρήση του Arcgis[25]

5.7 Arcview

Το Arcview 3.2 ένα ολοκληρωμένο πακέτο λογισμικού που στηρίζεται στα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Το σχεδιαστικό του περιβάλλον διαθέτει πλήθος εργαλείων για την εύκολη χρήση δεδομένων, πινάκων και χαρτών. Η δυναμική συνδεση των πινάκων και των γεωγραφικών χαρτών έχει σαν αποτέλεσμα κάθε αλλαγή στη βάση δεδομένων να επιφέρει τις ανάλογες αλλαγές σε πίνακες και χάρτες.

Το λογισμικό διαιρείται σε επτά τμήματα τα οποία είναι:

- GIS ArcInfo: Το βασικό τμήμα των ΓΣΠ.
- Arcview 3D analyst: Ανάλυση αποικόνιση τρισδιάστατων επιφανειών.
- Arcview Tracking Analysis: Εμφάνιση και ανάλυση πραγματικού χρόνου
- Arcview Spatial Analysis: Ολοκληρωμένη χωρική ανάλυση.
- ArcLogistics Route: Σχεδιασμός και ανάλυση δρομολόγησης logistics

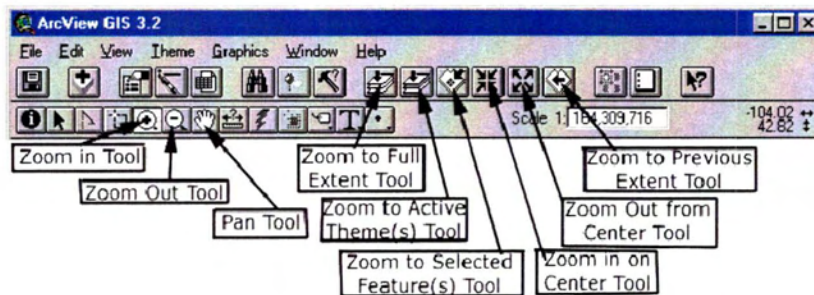
- ArcSDE:Αποθήκευση και διαχείριση χωρικών συστημάτων σε εξελεγμένα συστήματα Βάσεων δεδομένων.
- ArcIMS:Γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών βασισμένο στο διαδίκτυο.

Το Arcview χαρακτηρίζεται από ένα πλήθος εφαρμογών ορισμένες από τις οποίες είναι:οργάνωση συλλογής στερεών αποβλήτων,μελέτη περιβαλλοντικών και άλλων παραγόντων που ενδεχομένως να επηρεάσουν μια επιχείρηση,επεξεργασία δικτύου για τη σωστή λειτουργία του και εξαγωγή συμπερασμάτων για τα επίπεδα ανταγωνισμού μιας επιχείρησης βασιζόμενο πάντα στη χαρτογράφηση της περιοχής.

5.7.1 Στάδια λειτουργίας λογισμικού στη διαχείριση αποβλήτων.

Για την οργάνωση της συλλογής στη διαχείριση στερεών αποβλήτων το λογισμικό ακολουθεί μία σειρά από βήματα.

Το πρώτο στάδιο αποτελεί η εισαγωγή γεωγραφικών στοιχείων μέσω της εφαρμογής ARC-VIEW-GIS.Η εφαρμογή αυτή έχει ένα σετ εργαλείων, το οποίο δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να επεξεργάζεται τα γεωγραφικά στοιχεία κατά προτίμησή του,σχήμα 5.13.



Σχήμα 5.13 Σετ εργαλείων ARC-VIEW[25]

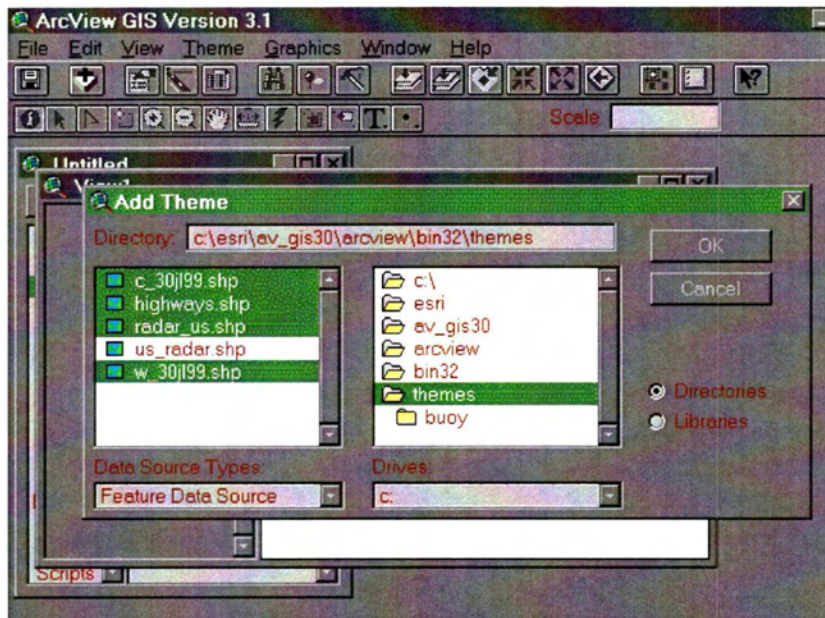
Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η εισαγωγή χωροταξικών στοιχείων,οι οποίες αποτελούν τις παραμέτρους καθορισμού του βέλτιστου σημείου διαδρομής.Σε αυτό το στάδιο εισέρχονται τα σημεία όπου είναι τοποθετημένοι οι κάδοι,το οδικό δίκτυο της περιοχής και τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου.Επίσης εισάγονται παράμετροι που αφορούν τα οχήματα συλλογής οι οποίες είναι:

- Είδος οχημάτων συλλογής.
- Χωρητικότητα.
- Μέγιστος αριθμός κάδων συλλογής ανά όχημα.
- Ώρα συλλογής.
- Ευκολία πρόσβασης στους κάδους προσωρινής συλλογής.
- Χρόνος συλλογής ανά κάδο.

Τα συνολικά δεδομένα που εισάγονται σε αυτό το στάδιο μετατρέπονται σε περιορισμούς για τη διαδρομή των απορριμματοφόρων.Ορισμένοι επιπρόσθετοι περιορισμοί είναι οι εξής:

- Το μέγεθος της περιοχής που πρέπει να κινηθεί το όχημα συλλογής.
- Η συνοχή δρομολογίου και των στάσεων του οχήματος.
- Η χρονική διάρκεια συνολικής συλλογής.
- Ικανότητα διαδρομών.
- Το επίπεδο εμπειρίας του οδηγού.

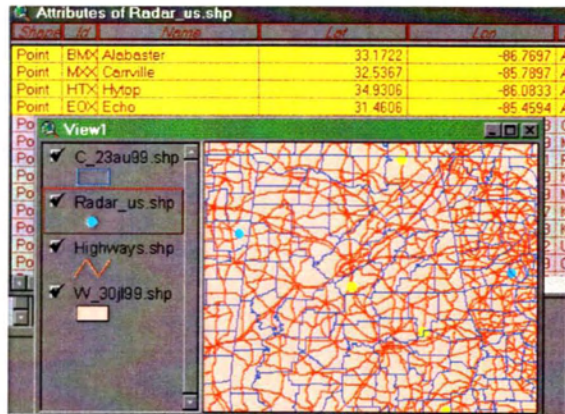
Η εισαγωγή δεδομένων γίνεται εύκολα με τα shapefiles του προγράμματος και τη χρήση του κουμπιού Add theme σχήμα 5.14.



Σχήμα 5.14 Εισαγωγή δεδομένων[25]

Στο τρίτο στάδιο εισάγονται οι παράμετροι που αφορούν το κόστος συλλογής. Το λογισμικό έχει την ικανότητα να χρησιμοποιεί μοντέλα εύρεσης του συνολικού κόστους συλλογής αλλά και να υπολογίζει τη βέλτιστη διαδρομή με κύριο γνώμονα το κόστος της διαδικασίας.

Στο τελευταίο στάδιο το πρόγραμμα με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων, εξάγει τη βέλτιστη διαδρομή συλλογής. Το πρόγραμμα έχει την ικανότητα να παρουσιάζει στον ίδιο χάρτη διαφορετικά υποδίκτυα συλλογής, ανάλογα με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί στη κάθε περίπτωση. Τα διαφορετικά υποδίκτυα διαφοροποιούνται με τη χρήση διαφορετικού χρώματος. Σχήμα 5.15.



Σχήμα 5.15 Αναπαράσταση διαφορετικών υποδικτύων[25].

5.7.2 Πλεονεκτήματα του πακέτου λογισμικού.

Το ArcVIEW αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πακέτο Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών το οποίο φέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα. Τα οποία είναι[25]:

- Χαμηλό κόστος αγοράς.
- Είναι βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Object Oriented(OO).
- Υποστηρίζει μεγάλη γκάμα αρχείων όπως αρχεία CAD, shapefiles και multimedia image.
- Υποστηρίζει πολλές εφαρμογές του διαδικτύου.
- Παρέχει τρισδιάστατη απεικόνιση.
- Παρέχει τη δυνατότητα χρήσης σε δίκτυο υπολογιστών.

5.8 Συμπεράσματα για τα Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Η εφαρμογή των ΓΣΠ στη διαχείριση των αποβλήτων προσφέρει αναμφίβολα σημαντικές λύσεις σε όλα τα επίπεδα της διαδικασίας. Με τη χρήση ενός ΓΣΠ όπως αναλύθηκε προηγουμένως επιτυγχάνονται μια σειρά από στόχοι οι οποίοι προσφέρουν τεράστια βελτίωση στις υπηρεσίες συλλογής αποβλήτων.

Αναμφίβολα εξασφαλίζεται καλύτερος έλεγχος των οχημάτων και του τρόπου διακίνησης τους μέσα στο οδικό δίκτυο σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον η βελτιστοποίηση της δρομολόγησης μειώνει το χρόνο απασχόλησης των εργαζομένων αλλά και μειώνει τη προσωπική εργασία του καθενός. Σημαντική είναι η προσφορά στη βελτίωση του χρόνου της προσφοράς παροχής υπηρεσιών προς τους πολίτες αλλά και στο γρήγορο εντοπισμό προβλημάτων που εμφανίζονται κατά καιρούς στη διαδικασία συλλογής.

Εκτός όλων των παραπάνω επιτυγχάνεται μεγάλη μείωση του κόστους συλλογής των στερεών αποβλήτων. Η μείωση του κόστους συλλογής από τη χρήση ΓΣΠ βασίζεται στη μείωση των άσκοπων χιλιομέτρων που πραγματοποιούν τις περισσότερες φορές τα απορριμματοφόρα κατά τη διαδικασία αποκομιδής.

Στις μέρες μας υπάρχουν αρκετοί δήμοι ανά το κόσμο που χρησιμοποιούν τα ΓΣΠ στην αποκομιδή των στερεών αποβλήτων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων δήμων είναι: ο δήμος Steinkjer στην Νορβηγία, ο δήμος Τραπεζούντας στη Τουρκία αλλά και ο δήμος Θεσσαλονίκης στην Ελλάδα.

Στο δήμο Θεσσαλονίκης η βελτιστοποίηση δρομολογίων γίνεται από το 1999 με τη βοήθεια του προγράμματος ARCVIEW 3.2,στηριζόμενο σε παραμέτρους όπως είναι η ποσότητα των αποβλήτων,τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου και στη διαθεσιμότητα των κάδων [προσωρινής αποθήκευσης].

Υπάρχουν ακόμα πολλά περιθώρια βελτίωσης στην οργάνωση της συλλογής με τη χρήση των ΓΣΠ.Αυτή η βελτίωση έχει να κάνει με παράγοντες που θα καθορίσουν το σαφή καθορισμό των ποσοτικών στοιχείων.Για παράδειγμα δεν υπάρχει συστηματικός και ενιαίος τρόπος καταγραφής της ποσότητας των αποβλήτων που παράγεται σε κάθε περιοχή με αποτέλεσμα να υπάρχουν αποκλίσεις στα στοιχεία που χρησιμοποιούνται.Επιπλέον η παραγωγή απορριμμάτων δεν είναι σταθερή,ούτε ομοιόμορφα κατανεμημένη κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Λύνοντας τα προβλήματα του καθορισμού των ποσοτικών στοιχείων τα ΓΣΠ θα είναι ικανά να παρουσιάζουν πρότυπες λύσης συλλογής και γενικότερης διαχείρισης στερεών αποβλήτων σε όλα τα μήκη και τα πλάτη του κόσμου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Nelson L.Nemerew, Franklin J. Agardy, Patrick Sullivan << Environmental Engineering>>
2. Ευρωπαϊκός κατάλογος αποβλήτων.
3. Αναπληρωτής καθηγητής ΑΠΘ, Ευθύμιος Νταρκάς.<<Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων>>2013
4. Eurostat(2009)<<Municipal waste half a ton of municipal wastegenerated per person in the Eu27 in 2007>>.
5. Ευρωπαϊκή υπηρεσία περιβάλλοντος.
6. Αβραάμ Καραγιαννίδης, Επίκουρος καθηγητής ΑΠΘ, Άννα Ξηρογιαννοπούλου Μηχ/γος Μηχ/κος ΑΠΘ, Παναγιώτα Αδηνελίδου Αρχ/των Μηχ/κός ΑΠΘ.<<Διαχείριση Απορριμμάτων και Αστικό Περιβάλλον>> 2006
7. Δ. Παναγιωτακόπουλος, "Sustainable Management Municipal Solid Waste", published by ZYGOS, Thessaloniki, 2002 .
8. Δ. Διακουλάκη προπτυχιακός φοιτητής, Ν. Κουμούτσος καθηγητής ΕΜΠ << RECYCLING OF PACKAGING MATERIALS. A MULTICRITERIA APPROACH>>.
9. Α. Λουκάτο Χημικό ΔΕΑ, Ν. Σελλά Χημικό Μηχανικό, Σ. Σκουλαξίνου Χημικό Μηχανικό, Κ. Κορυζή Χημικό μηχανικό <<Περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης απορριμμάτων Ανατολικής Μακεδονίας>> 2002 .
10. Lalas D., Gidaracos E., 2007. <<Evaluation of General Effects and Cost of Solid Waste Management, Local Government Institute, Athens>>
11. Δρ. Περιβαλλοντολόγος Κυρκίτσος Φίλιππος <<Η Πολιτική των μηδενικών αποβλήτων>>2010
12. Alibardi L. and Cossu R., 2006<<Energy from wastes and biomasses opportunities and state of the art". Venice 2006.
13. Katia Lasaridi(2005), "Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance" *Journal of Environmental Management* 80: 58–65 11
14. Σχέδιο Τελικής Έκθεσης προς το ΙΤΑ(2007) της Μελέτης<<Εκτίμησης των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Αποβλήτων>>
15. Al Seadi T., (without year) "Good practice in quality management of AD residues from biogas production"
16. Χατζηχρήστος Θωμάς, Καρκαζή Άννα, Εμμανουηλίδου Βαρβάρα.<<Χωροθέτηση χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων με τη χρήση της δελφικής μεθόδου και της λογικής της ασφάλειας>>2.004
17. ΕΠΤΑ Ε.Π.Ε. (Αύγουστος 2010), «Μελέτη Χωροθέτησης Εργοστασίου Επεξεργασίας Στερεών Αποβλήτων- Ανάλυση και εξέταση των διαθέσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας ΑΣΑ για την Περιφέρεια Ηπείρου.
18. Defra (2007), <<Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste>>.
19. Bernhardsen T., «Geographic Information Systems - An Introduction», 2nd Edition, John Wiley: 1999
20. FIG, the premier international organization representing the interests of Surveyor worldwide, www.fig.net.
21. I.A.K.S. Illeperuma¹, Dr. Lal Samarakoon, << Locating Bins using GIS>>2007
22. A. Muhit, C. Roy, A. Rahman, T. Ahamed. <<Municipal solid waste mapping of Mymensingh town>>2011.

23. <http://eelink.net>
24. <http://www.recycle.net>,<http://www.obviously.com/recycle>
25. ESRI(1996), Using Arc VIW GIS and ArcGIS.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000116089