

ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ



ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΣ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2008

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συσσώρευση απορριμμάτων παγκοσμίως χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πλέον δυσεπίλυτα προβλήματα της εποχής μας. Στην χώρα μας θεωρείται σήμερα από πολλούς (π.χ. Τεχνικό Επιμελητήριο) το σοβαρότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η δυσκολία αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού έγκειται στην αλληλεπίδραση πολλών παραμέτρων, και συγκεκριμένα:

- **οικονομικών παραμέτρων** (π.χ., σχέση κόστους διάθεσης απορριμμάτων και οφέλους από την πιθανή ανάκτηση πρώτων υλών μέσω ενός προγράμματος ανακύκλωσης),
- **ενεργειακών παραμέτρων** (π.χ. σχέση απαιτήσεων σε ενέργεια για τη μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση απορριμμάτων και οφέλους από την τυχόν ενεργειακή επεξεργασία απορριμμάτων),
- **περιβαλλοντικών παραμέτρων** (ρύπανση ατμοσφαιρικού, υδάτινου και χερσαίου περιβάλλοντος ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης απορριμμάτων, πρόκληση πυρκαγιών λόγω ανεξέλεγκτης απόθεσης απορριμμάτων) και
- **πολιτικό-κοινωνικών παραμέτρων** (ανισομερής επιβάρυνση και ώχληση του πληθυσμού από συγκεκριμένες επιλογές κατά τη διαχείριση απορριμμάτων, με τις ασθενέστερες κοινωνικές τάξεις συνήθως να μειονεκτούν, θέσεις εργασίας σχετικές με την διαχείριση απορριμμάτων).

Ο σύγχρονος μηχανικός, και ιδιαίτερα ο μηχανολόγος, εμπλέκεται ολοένα και περισσότερο στον κύκλο των απορριμμάτων, τόσο έμμεσα (αφού η όποια παραγωγική διαδικασία συνεπάγεται την παραγωγή απορριμμάτων), όσο και άμεσα (π.χ. ως σχεδιαστής, κατασκευαστής, διαχειριστής ή ακόμα και προμηθευτής εγκαταστάσεων ή συσκευών που εντάσσονται στο όλο σύστημα της διαχείρισης απορριμμάτων). Σε αυτό μάλιστα έχει συντελέσει η αυξανόμενη μηχανοποίηση της διαχείρισης απορριμμάτων που επιτελείται κατά το τελευταίο χρονικό διάστημα στην χώρα μας και διεθνώς. Επιβάλλεται λοιπόν ο σύγχρονος μηχανικός να έχει γνώσεις πάνω στη διαχείριση απορριμμάτων, και ειδικότερα

- να κατανοεί τις μεθόδους επεξεργασίας και διάθεσης και
- να μπορεί να εκτιμά τη σκοπιμότητα αξιοποίησης της ενέργειας και των πρώτων υλών που περιέχονται στα απορρίμματα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- 1.1 Κατηγορίες στερεών αποβλήτων
- 1.2 Αστικά απόβλητα
- 1.3 Ειδικά απόβλητα
 - 1.3.1 Ειδικά –βιομηχανικά στερεά απόβλητα
 - 1.3.2 Στερεά απόβλητα οχημάτων
 - 1.3.3 Ελαστικά επίσωτρα
 - 1.3.4 Αγροτικά στερεά απόβλητα
 - 1.3.5 Κτηνοτροφικά απόβλητα
 - 1.3.6 Ιλεις
 - 1.3.7 Στερεά βιομηχανικά απόβλητα

2. ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΣΥΛΛΟΓΗ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ

- 2.1 Προσωρινή αποθήκευση εκτός οικίας-Συλλογή
 - 2.1.1 Γενικά
 - 2.1.2 Τύποι υποδοχέων
- 2.2 Συλλογή απορριμμάτων
 - 2.2.1 Διάκριση συλλογής συμφωνά με τον τρόπο εκκένωσης των μέσων συλλογής
 - 2.2.2 Τύποι απορριμματοφόρων
 - 2.2.3 Βελτιστοποίηση διαδρομών απορριμματοφόρων
- 2.3 Προϋποθέσεις λειτουργίας ΣΜΑ
 - 2.3.1 Σχεδιασμός ΣΜΑ
 - 2.3.2 Κοστολόγηση υπηρεσιών καθαριότητας
<Η αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει>
 - 2.3.3 Στόχοι
 - 2.3.4 Πιθανά αποτελέσματα από την εφαρμογή ενό συστήματος ΡΑΥΤ

3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ – ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ

- 3.1 Διαλογή στην πηγή
- 3.2 Ανακυκλώσιμα υλικά στα απορριμματα

4. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ-ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

- 4.1 Γενικά
- 4.2 Λιπασματοποίηση
 - 4.2.1 Μικροοργανισμοί λιπασματοποίησης
 - 4.2.2 Θερμικές κατηγορίες μικροοργανισμών
- 4.3 Βελτιωτικό έδαφος
 - 4.3.1 Πλεονεκτήματα και ιδιότητες χρήσης του βελτιωτικού εδάφους

- 4.4 Αναερόβια λιπασματοποίηση
 - 4.4.1 Διεργασία αναερόβιας ζύμωσης
 - 4.4.2 Διεργασία Valorga
 - 4.4.3 Διεργασία Kompogas
 - 4.4.4 Διεργασία Waasa
 - 4.4.5 Διεργασία Draco

5. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- 5.1 Περιγραφή θερμικής επεξεργασίας
- 5.2 Θερμόλυση

6. ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ –ΤΑΦΗ

- 6.1 Τρόποι εδαφικής διάθεσης
- 6.2 Βιοαέριο
- 6.3 Επιπτώσεις ανεξέλεγκτης και ημιελεγχόμενης διάθεσης
- 6.4 Αποκατάσταση ανεξέλεγκτων-ημιελεγχόμενων χώρων διάθεσης στην Ελληνική επικράτεια
- 6.5 Υγειονομική ταφή
- 6.6 Τρόπο Υ.Τ
- 6.7 Διάθεση ύστερα από θραύση
- 6.8 Λιπασματοποίηση επί τόπου
- 6.9 Διάθεση μς συμπίεση
- 6.10 Αερόβια διάθεση
- 6.11 Δεματοποίηση
- 6.12 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της Υ.Τ

1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

1.1 Κατηγορίες στερεών αποβλήτων

«Στερεά Απόβλητα νοούνται ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται κυρίως σε στερεά φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχος τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί, και δεν περιλαμβάνεται στον κατάλογο επικινδύνων αποβλήτων της Ευρωπαϊκή Ένωσης»

Ο παραπάνω όρος είναι γενικός και περιλαμβάνει την ετερογενή μάζα των ΣΑ από τις αστικές κοινότητες, όπως επίσης και την πιο ομοιογενή μάζα γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων, όπως και μπαζών. Στην **Εικόνα 1** παρουσιάζεται διαγραμματικά μια γενικευμένη διάκριση των αποβλήτων.

Ο χαρακτηρισμός μιας ουσίας ως «απόβλητο» δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες της αλλά και από:

1. Τις ισχύουσες οικονομικές συνθήκες (η αξία των υλικών μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά)
2. Το κόστος της απόρριψης (μπορεί να αυξηθεί με την επιβολή τελών).
3. Την ισχύουσα νομοθεσία (πρόστιμο πλημμελούς ή παράνομης απόρριψης).

Συγκεκριμένα στην κατηγορία των ΣΑ περιλαμβάνονται όλα τα απόβλητα με εξαίρεση:

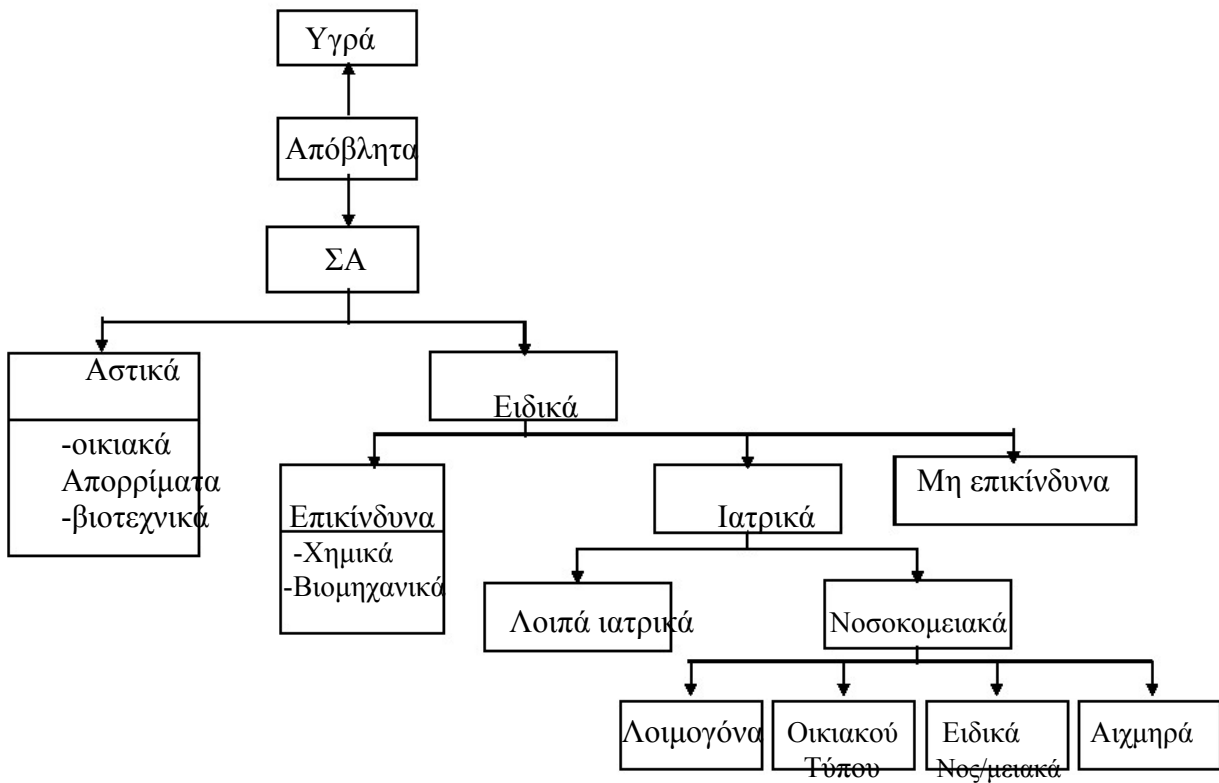
- i. Απόβλητα σε υγρή φάση χωρίς αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ρύπων (υγρά απόβλητα).
- ii. Αέριους ρύπους.

Τα ΣΑ ομαδοποιούνται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- α. Αστικά απόβλητα (απορρίμματα).
- β. Ειδικά απόβλητα:
 - β1. Επικίνδυνα απόβλητα.
 - β2. Μη επικίνδυνα ειδικά.
 - β3. Ιατρικά απόβλητα.

Αναλυτικότερα τα ΣΑ περιλαμβάνουν:

1. Αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιοτεχνικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού κλπ.)
2. Στερεά ή υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα που δε μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή, και απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας).
3. Πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγεία, κλπ.).
4. Απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων.
5. Απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων.
6. Απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα).



Εικόνα 1 Γενική διακρίση στερεών αποβλήτων

- 7.Αποβλητα οικοδομικών κατεδαφίσεων
- 8.Ιλεις από την επεξεργασία αστικών λυμάτων και την βιομηχανία
- 9.Αποβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων
- 10.Ιατρικα απόβλητα.

1.2 Αστικά (δημοτικά) απόβλητα

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα οικιακά απορρίμματα και όλα εκείνα που προσομοιάζουν με αυτά και παράγονται από τα εμπορικά καταστήματα, τα ιδρύματα και τις βιοτεχνίες.

Εξαιρέση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα.

Τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνοθύλευμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιορισθεί πληροφόρα απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους (ανακύκλωση, ανάκτηση ενέργειας, κ.λπ.). Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις εξής ομάδες (κλάσματα) υλικών

Ζυμώσιμα. Περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου.

Χαρτί. Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων

Μέταλλα. Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Είναι δόκιμος ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες αναλύσεις έχουν εξετασθεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.

Γυαλί. Η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πιάσχει κυρίως από την έλλειψη υαλοφυγίων, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.

Πλαστικό. Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα, κ.λπ.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).

Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Υφασμα. Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα (ΔΞΛΥ).

Αδρανή. Εδώ περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χρώματα, πέτρες, κ.λπ.).

Λοιπά. Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες.

1.3 Ειδικά απόβλητα

α. Επικίνδυνα απόβλητα

Ως επικίνδυνο απόβλητο ορίζεται κάθε ΣΑ ή συνδυασμός ΣΑ, τα οποία λόγω της ποιότητας τους, της συγκέντρωσης των συστατικών τους ή και των φυσικών, χημικών ή μεταδοτικών χαρακτηριστικών τους, έχουν την ιδιότητα να:

1. Προκαλούν ασθένειες που μπορούν να οδηγήσουν έως και το θάνατο.
2. Μολύνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον (έδαφος, νερό και ατμόσφαιρα) με αποτέλεσμα την καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας.

β. Μη επικίνδυνα απόβλητα

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν όλα τα ειδικά απόβλητα που δεν είναι επικίνδυνα (περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω).

γ. Ιατρικά απόβλητα

Διακρίνονται σε:

- Νοσοκομειακά.
- Λοιπά ιατρικά και φαρμακευτικά απόβλητα.

Ο όρος «νοσοκομειακά απόβλητα» αναφέρεται στα απόβλητα που προέρχονται (παράγονται) από κάθε οργανισμό ή υπηρεσία που ασχολείται με την υγεία των έμβιων όντων, όπως τα νοσοκομεία, τα ιατρικά κέντρα, οι κλινικές και τα ιατρικά και βιολογικά εργαστήρια. Επεκτείνοντας τον όρο σε «ιατρικά απόβλητα» περιλαμβάνουμε τα απόβλητα φαρμακευτικών βιομηχανιών και εκείνα που προέρχονται από την περίθαλψη των ασθενών εντός της οικίας τους. Γενικά, στα ιατρικά απόβλητα περιλαμβάνονται ανατομικά, παθολογικά, μολυσματικά, επικίνδυνα και άλλα μη επικίνδυνα απόβλητα. Η κοινή γνώμη, εξαιτίας του διλήμματος που προκάλεσε τις τελευταίες δεκαετίες η νόσος του AIDS και των υπολοίπων μεταδοτικών ασθενειών όπως η ηπατίτιδα Β, ανησυχεί διαρκώς και περισσότερο για τη διαχείριση των ιατρικών αποβλήτων. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία και επιτακτική η σωστή διαχείρισή τους, ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον, η υγεία των πολιτών και η ποιότητα ζωής τους.

Η βασική κατηγορία των ειδικών - βιομηχανικών ΣΑ περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους κατηγορίες:

1.3.1 Ειδικά - βιομηχανικά στερεά απόβλητα

Αδρανή απόβλητα κατασκευαστικών δραστηριοτήτων. Προέρχονται από δραστηριότητες όπως ανεγέρσεις οικοδομών, κατεδαφίσεις και εκσκαφές, τόσο στις πόλεις όσο και στο ύπαιθρο. Τα παραγόμενα απόβλητα είναι σε μεγάλο βαθμό αδρανή και ογκώδη όπως χώμα, άμμος, χαλίκι, σκυρόδεμα, πέτρες και τούβλα, αλλά ακόμη και υλικά όπως ξύλο, μέταλλα, γυαλί, πλαστικά, χαρτί και ύφασμα.

1.3.2 Στερεά απόβλητα οχημάτων. Στην κατηγορία αυτή μπορούν να ενταχθούν τα ελαστικά επίσωτρα, οι χρησιμοποιημένοι καταλύτες αλλά και τα ίδια τα οχήματα όταν παύσουν να χρησιμοποιούνται. Τα ελαστικά επίσωτρα συσσωρεύονται συνήθως στα βουλκανιζατέρ, και έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη, καθώς αποτελούνται κυρίως από λάστιχο (πέραν του μεταλλικού πλέγματος).

1.3.3 Ελαστικά επίσωτρα. Η διαχείριση των ελαστικών αποτελεί εδώ και αρκετά χρόνια ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα στη χώρα μας. Η προβληματικότητα τους έγκειται τόσο στο μεγάλο όγκο τους – εξαιτίας του διαρκώς αυξανόμενου στόλου οχημάτων - όσο και στην επικινδυνότητα τους για την δημόσια υγεία. Οι ποσότητες ελαστικών που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους παρουσιάζουν σημαντική αύξηση κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας στον Ελληνικό χώρο. Ειδικότερα παρατηρείται ότι κατά την διάρκεια της δεκαετίας 1987-1997 τα ελαστικά αυξήθηκαν κατά 70%. Το γεγονός αυτό οφείλεται όχι μόνο στην αύξηση των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν αλλά και στην απόσυρση μεγάλου αριθμού τους. Σήμερα αποσύρονται 43000 τόνοι ελαστικών, από τα οποία το 55% προέρχεται από την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΕ, 1999). Οι αιτίες φθοράς και συνεπώς απόσυρσης των ελαστικών είναι:

α)Αυτοκίνητα. Το σύνολο των οχημάτων στο Ελληνικό χώρο το 1997 ανήλθε περίπου σε 3.280.000. Κατά το διάστημα 1988-1997 υπήρξε αύξηση των επιβατικών οχημάτων της τάξης του 67%. Η μέση ηλικία των καταλυτικών επιβατικών αυτοκινήτων εκτιμάται σε 4,5 έτη ενώ για τα συμβατικά η μέση ηλικία ανέρχεται σε 13,2 έτη. Ο αριθμός αυτοκινήτων που αποσύρονται κάθε έτος λόγω παλαιότητας τους καθώς και λόγω ατυχημάτων κυμαίνεται σε ποσοστό 0,6% έως 0,8%. επί του συνολικού αριθμού των εν κυκλοφορία οχημάτων. Κατά τα έτη 1991 και 1992 η εφαρμογή του μέτρου της απόσυρσης των παλαιών

1.3.4 Αγροτικά στερεά απόβλητα. Εδώ περιλαμβάνονται τα απορρίμματα από κτηνοτροφικές και γεωργικές δραστηριότητες. Ως κτηνοτροφικά χαρακτηρίζονται τα απόβλητα που παράγονται από κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες. Γεωργικά ΣΑ θεωρούνται τα φυτικά υπολείμματα και παραπροϊόντα των διαφόρων καλλιεργειών και διακρίνονται στα ακόλουθα είδη:

1.3.5 Κτηνοτροφικά απόβλητα. Η κτηνοτροφία έχει τρεις πηγές παραγωγής αποβλήτων:

1. Μάντρες εκτροφής ζώων.
2. Σφαγεία.
3. Εργοστάσια παραγωγής κρέατος.

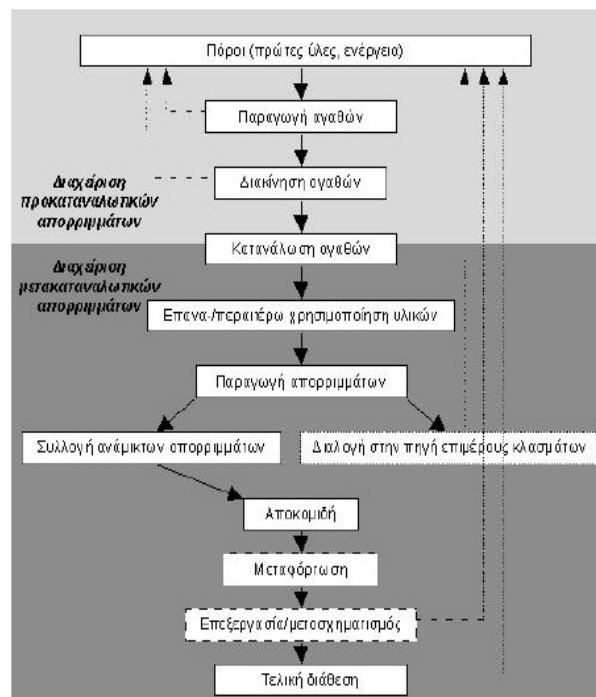
Οι μεγαλύτερες ποσότητες των στερεών κτηνοτροφικών αποβλήτων αξιοποιούνται στη γεωργία . Έτσι στις περιοχές που η κτηνοτροφία δεν είναι ιδιαίτερη αναπτυγμένη σε σχέση με τη γεωργία και οι κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις είναι εκτατικής μορφής, δεν υπάρχει πρόβλημα διαχείρισης των κτηνοτροφικών αποβλήτων γιατί αυτά αξιοποιούνται στη γεωργία. Στις περιοχές όμως με μεγάλη συγκέντρωση κτηνοτροφικών μονάδων υπάρχουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων που δεν αξιοποιούνται

1.3.6 Ιλεις. Κατά την επεξεργασία καθαρισμού των αποβλήτων, μαζί με την τελική απορροή που πρέπει να διατεθεί κατάλληλα, παράγονται ταυτόχρονα και ορισμένα

παραπροϊόντα, όπως τα σχαρίσματα, η άμμος, τα ξαφρίσματα, και η λάσπη από τις δεξαμενές καθιζήσεως. Από τα παραπροϊόντα αυτά το σημαντικότερο σε όγκο και δυσκολότερο σε χειρισμό και διάθεση είναι η λάσπη (ιλύς). Η λάσπη είναι ένα παχύρρευστο υγρό που περιέχει, σαν νωπή, 40 περίπου φορές περισσότερες στερεές ουσίες από ό,τι τα αστικά λύματα. Μόνο μετά την επεξεργασία συμπυκνώσεως, χωνεύσεως, αφυδατώσεως η λάσπη παίρνει μία σχετικά στερεή μορφή, και πάντοτε με αρκετή ακόμα υγρασία (60%).

1.3.7 Στερεά βιομηχανικά απόβλητα. Πρόκειται για τα πάσης φύσεως ΣΑ που παράγονται από βιομηχανικές δραστηριότητες, τόσο από την ίδια την παραγωγική διαδικασία όσο και τα απορρίμματα εκείνα που ομοιάζουν με τα οικιακά. Στον όρο “βιομηχανία” περιλαμβάνονται από περιβαλλοντικής άποψη όλες οι μικρές και μεγάλες σταθερές πηγές ρύπανσης. Στην Ελλάδα δραστηριοποιείται ένας σημαντικός αριθμός βιομηχανικών μονάδων από την παραγωγική διαδικασία των οποίων προκύπτουν ΣΑ τα οποία σύμφωνα με την ταξινόμηση του EWC (Ευρωπαϊκού Κατάλογου Αποβλήτων) δεν είναι επικίνδυνα.

Ιεραρχική δομή ενός ΣΟΔΑ(Σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων). Με διακεκομμένα τόξα παρίστανται οι οδοί επανένταξης προ-(ανακύκλωση κατά την παραγωγική διαδικασία) και μετα-καταναλωτικών ανακτημένων πόρων (πρώτων υλών, ενέργειας) στον οικονομικό κύκλο (Καραγιαννίδης, 1996).



2. ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ -ΣΥΛΛΟΓΗ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ/ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗ - ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

2.1. Προσωρινή αποθήκευση εκτός οικίας – Συλλογή

2.1.1. Γενικά

Τα απορρίμματα συλλέγονται προσωρινά σε υποδοχείς απορριμμάτων των οποίων ο τύπος και η χωρητικότητα εξαρτώνται από διάφορους παραμέτρους. Οι υποδοχείς επιλέγονται από τον παραγωγό ή τις δημοτικές υπηρεσίες. Στην Ελλάδα, οι υποδοχείς των αστικών απορριμμάτων επιλέγονται, τοποθετούνται και συντηρούνται συνήθως από τη δημοτική υπηρεσία καθαριότητας του εκάστοτε δήμου. Ορισμένες φορές επιλέγονται και από ιδιώτες.

Η διαφοροποίηση των υποδοχέων επιβλήθηκε κατά κύριο λόγο από τη διαφοροποίηση της κατοικίας και της παραγωγής χωροταξικά. Εξαιτίας αυτού, η οργάνωση της συλλογής είναι αρκετά σύνθετη, γιατί μπορεί να κάνει αναγκαία τη χρήση διαφόρων τύπων αυτοκινήτων, προσαρμοσμένων στους τύπους των υποδοχέων.

Η επιλογή των υποδοχέων είναι σημαντική διότι μπορεί να επηρεάσει τη δημόσια υγιεινή, την αισθητική της εξυπηρετούμενης περιοχής και το σύστημα συλλογής-μεταφοράς

2.1.2. Τύποι υποδοχέων απορριμμάτων

Οι υποδοχείς διακρίνονται σε:

α. Κοινές πλαστικές σακούλες.

Στην περίπτωση αυτή, τα απορρίμματα αποθηκεύονται εντός αυτών και στη συνέχεια τοποθετούνται στο πεζοδρόμιο προς συλλογή. Οι σακούλες μειονεκτούν στο ότι δεν είναι ανθεκτικές στις καιρικές συνθήκες και στις επιθέσεις των ζώων. Επίσης προσφέρουν μειωμένη αισθητική. Η χρήση των σακουλών μειώνει το κόστος συλλογής των απορριμμάτων διότι δε χρειάζονται ιδιαίτερες επενδύσεις για αγορά υποδοχέων και ειδικά εξοπλισμένων απορριμματοφόρων.

Οι σακούλες μεταφέρονται από τους εργάτες καθαριότητας και απορρίπτονται μέσα στο απορριμματοφόρο. Για την αύξηση της απόδοσης στη συλλογή, μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τους εργάτες καθαριότητας μεγαλύτεροι σάκοι, που να τους γεμίζουν με τους μικρότερους σε κάθε στάση (stop) και να μεταφέρουν το περιεχόμενο για άδειασμα στο απορριμματοφόρο. Έτσι ελαττώνονται οι μικρομετακινήσεις και τα ατυχήματα λόγω της κυκλοφορίας. Εάν το απορριμματοφόρο έχει μηχανισμό ανύψωσης και η συλλογή γίνεται σε προάστια με σχετικές αποστάσεις των κατοικιών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον εργάτη καθαριότητας κυλιόμενος κάδος, τον οποίο γεμίζει από τους σωρούς των κατοικιών και το μεταφέρει για άδειασμα στο απορριμματοφόρο.

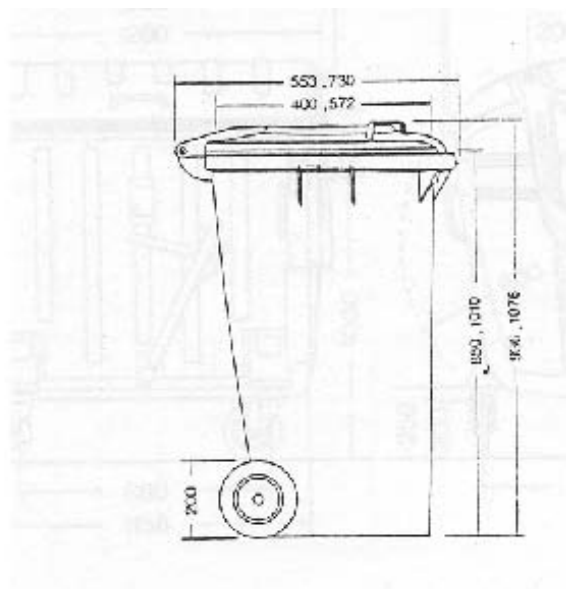
β. Μεταλλικοί ή πλαστικοί κάδοι

Οι κάδοι απορριμμάτων (Εικόνα 2, 3 και 4), ανοιχτοί ή κλειστοί, κατασκευάζονται από ανθεκτικό πλαστικό ή μέταλλο και μπορεί να είναι κυλιόμενοι ή όχι. Στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται κατά βάση μεταλλικοί και πλαστικοί τροχήλατοι κάδοι χωρητικότητας που κυμαίνεται από 120 έως 1100 lt.

Οι κάδοι απορριμμάτων (Εικόνα 2, 3 και 4), ανοιχτοί ή κλειστοί, κατασκευάζονται από ανθεκτικό πλαστικό ή μέταλλο και μπορεί να είναι κυλιόμενοι ή όχι. Στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται κατά βάση μεταλλικοί και πλαστικοί τροχήλατοι κάδοι χωρητικότητας που κυμαίνεται από 120 έως 1100 lt.



Εικόνα 2. Κάδοι απορριμμάτων.



Εικόνα 14. Πλαστικοί κάδοι απορριμμάτων των 120 και 240 lt.

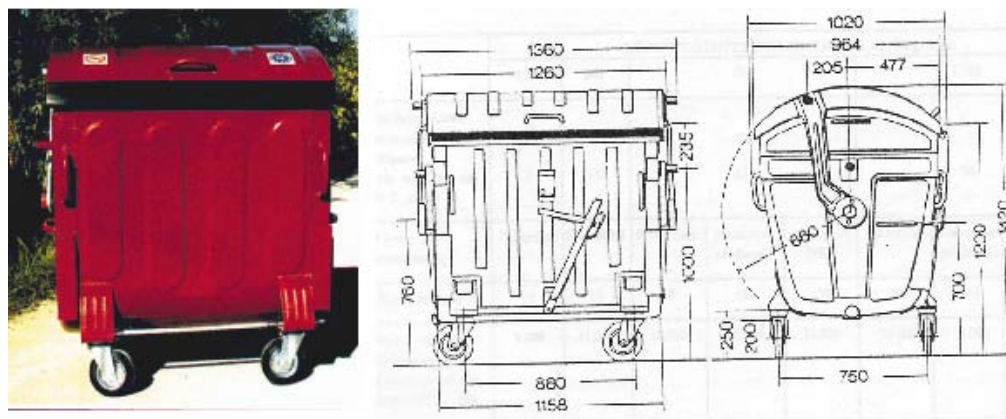
Εικόνα 3. Πλαστικοί κάδοι απορριμμάτων των 120 και 240

Το σύστημα των κάδων προσφέρει καλύτερη αισθητική και προστασία της δημόσιας υγιεινής από τις σακούλες αλλά αυξάνει το κόστος λειτουργίας των υπηρεσιών καθαριότητας εξαιτίας των δαπανών για προμήθεια κάδων και συντήρηση αυτών. Το σύστημα αυτό αντιμετωπίζει προβλήματα ως προς την τοποθέτηση των κάδων, ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Οι κάδοι εκκενώνονται είτε μηχανικά (περίπτωση μεγάλων κάδων) είτε χειρωνακτικά (περίπτωση των μικρών δοχείων). Υπάρχει και η περίπτωση συλλογής των κάδων και η αντικατάστασής του από άλλον καθαρό.

γ. Απορριματοκιβώτια μεγάλης χωρητικότητας (κοντέινερς)

Πρόκειται για ανοιχτούς μεταλλικούς υποδοχείς απορριμμάτων μεγάλης χωρητικότητας (έως και 5 m³) που τοποθετούνται σε επιλεγμένα σημεία όπου παρατηρείται αυξημένη παραγωγή.



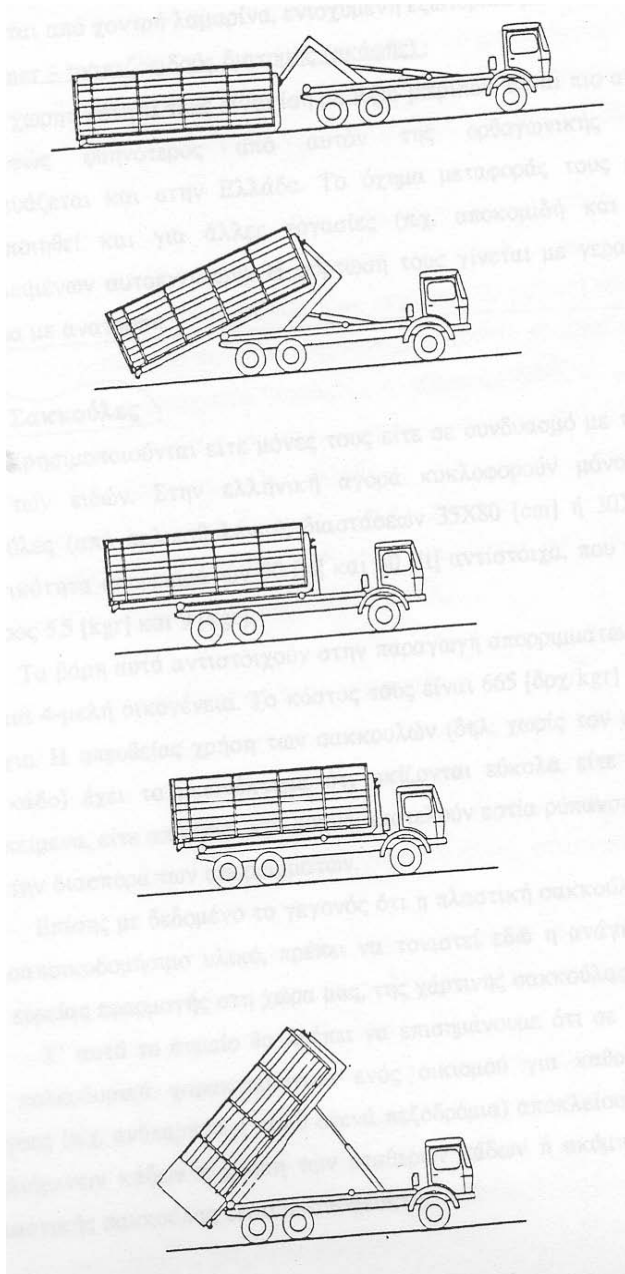
Εικόνα 15. Μεταλλικός κάδος απορριμμάτων των 1100 lt

Εικόνα 4 Μεταλλικός κάδος απορριμμάτων των 1100 lit



Εικόνα 16. Τύποι κλειστών κοντέινερς (επάνω: πρέσσα, κάτω: απλό).

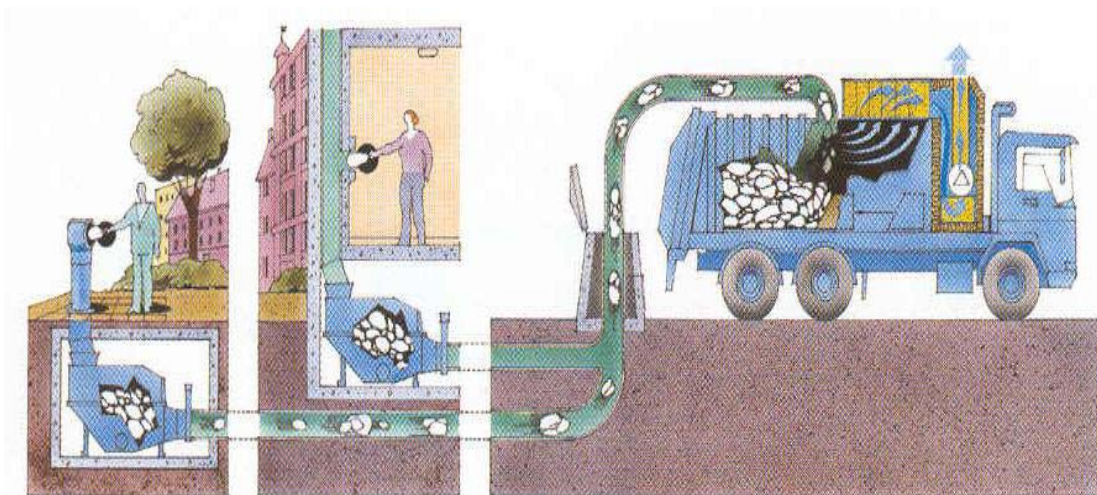
Εικόνα 5 Τύποι κλειστών κοντέινερς(επάνω πρέσσα, κάτω απλό)



Εικόνα 6 Φόρτωση – εκκένωση κοντέινερς

δ. Δίκτυο συλλογής απορριμμάτων

Πρόκειται για δίκτυο που αποτελείται από αγωγούς μεγάλου διαμετρήματος (κεκλιμένους ή κατακόρυφους), οι οποίοι έχουν θύρες σε κάθε όροφο ή διαμέρισμα και καταλήγουν σε υποδοχείς απορριμμάτων στο υπόγειο συνήθως του κτιρίου (χρησιμοποιούνται κοινά δοχεία, χάρτινοι σάκοι και κυλιόμενοι κάδοι της απαιτούμενης χωρητικότητας). Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται ένα δίκτυο συλλογής απορριμμάτων.



Εικόνα 7 Δίκτυο συλλογής απορριμμάτων

Οι αγωγοί πρέπει να έχουν κυκλική εσωτερική διάμετρο με ελάχιστη διάσταση 30 cm. Μια τετραγωνική διατομή με ελάχιστη πλευρά 30 cm μπορεί επίσης να γίνει δεκτή, με την προϋπόθεση ότι οι γωνίες είναι στρογγυλεμένες με ακτίνα 10 cm. Νεότερες απαιτήσεις σχετικά με τις διαστάσεις, αυξάνουν την ελάχιστη διάμετρο σε 40 cm. Μπορεί επίσης να γίνουν δεκτές διαμέτρους από 60 έως 70 cm εάν υπάρχουν πολλά πατώματα. Ο σωλήνας πρέπει να είναι από ανθεκτικό υλικό, για να αντέχει στις πτώσεις σκληρών και βαρέων αντικειμένων, οι δε συνδέσεις να είναι τελείως στεγανές στο νερό. Ο αγωγός πρέπει να μπορεί να καθαρίζεται και να αδειάζει εύκολα, από τις επικαθήσεις ζυμώσιμων υλικών. Ο καθαρισμός και η απολύμανση πρέπει να γίνεται περιοδικά τουλάχιστο μια φορά το χρόνο. Ο αγωγός πρέπει να βρίσκεται σε υποπίεση, σε σχέση με τις κατοικίες στις οποίες έχουν τοποθετηθεί ανοίγματα εκκένωσης. Η κυκλοφορία του αέρα πρέπει να γίνεται από πάνω προς τα κάτω. Η τοποθέτηση σωλήνα αερισμού, παράλληλα με τον αγωγό εκκένωσης, θεωρείται καλή λύση. Στην κορυφή του πρέπει να επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις εφαρμόζεται ο μηχανικός αερισμός. Ο αγωγός εκκένωσης και πνευματικής μεταφοράς πρέπει να τοποθετείται κατάλληλα, ώστε να ελαχιστοποιείται η μετάδοση ενοχλητικών θορύβων. Πρέπει να εγκαθίσταται μακριά από υπνοδωμάτια και τους χώρους παραμονής. Όταν ο θόρυβος που προκαλείται ή που μεταδίδεται στα υπνοδωμάτια και στο καθιστικό, είναι κάτω από 30 έως 40 dBA θεωρείται αποδεκτός. Τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος είναι:

- Εξάλειψη οσμών.
- Εξάλειψη θορύβου από τα απορριμματοφόρα.
- Αισθητική αναβάθμιση.
- διασφάλιση της δημοσίας υγείας.
- Προστασία περιβάλλοντος.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα του είναι

- Υψηλο κόστος αγοράς και εγκατάστασης
- Αδυναμία εφαρμογής του σε είδη αναπτυγμένες οικοδομικά περιοχές
- Τεχνικά προβλήματα (περίπτωση φραξίματος αγωγού)
- Σπάσιμο των αγωγών από κακή χρήση και φθορά
- Υγιεινή εντος κτιρίου

2.2. Συλλογή απορριμμάτων

2.2.1. διάκριση συλλογής συμφωνά με τον τρόπο εκκένωσης των μέσων συλλογής

Η συλλογή διακρίνεται:

A) Στην **ημιαυτόματη** συλλογή, που πραγματοποιείται από απορριμματοφόρο με μηχανισμό πλευρικής φόρτωσης (side loader). Η εργασία διεκπεραιώνεται μόνο από τον οδηγό του απορριμματοφόρου, που συλλέγει τους κάδους από συγκεκριμένες θέσεις δίπλα στο κράσπεδο του πεζοδρομίου, όπου μεταφέρονται κάθε φορά από το χρήστη, πριν την ώρα της συλλογής.

B) Στην **αυτόματη** συλλογή, που πραγματοποιείται με απορριμματοφόρα εμπρόσθιας φόρτωσης (front loader) δια χρήσης μηχανισμού ανύψωσης μεγάλων δοχείων, τοποθετημένων σε καθορισμένες θέσεις. Οι χρήστες μεταφέρουν με κυλιόμενους κάδους τα απορρίμματά τους στις θέσεις όπου είναι τοποθετημένα τα δοχεία. Εκεί τα εκκενώνουν στα μεγάλα κοντέϊνερς μέσω μηχανισμού και τα παραλαμβάνουν για τη νέα χρήση. Εάν η διαδρομή είναι κατάλληλη (λίγη κυκλοφορία, κοντινή απόσταση κάτω των 300 m) δεν υπάρχει δυσφορία του κοινού. Η όλη εργασία φορτοεκφόρτωσης πραγματοποιείται μόνο από τον οδηγό του απορριμματοφόρου. Επισημαίνεται ότι ο αυτοματισμός στη συλλογή κάνει το επάγγελμα ελκυστικό και στο γυναικείο πληθυσμό. Όταν το κοινό συμμορφώνεται και δεν αφήνει γύρω από τα δοχεία ογκώδη αντικείμενα, το σύστημα είναι πολύ οικονομικό. Στην αντίθετη περίπτωση απαιτούνται στο απορριμματοφόρο εργάτες αποκομιδής και χάνονται τα πλεονεκτήματα της αυτόματης συλλογής.

2.2.2. Τύποι απορριμματοφόρων

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται παντού απορριμματοφόρα με θερμικό κινητήρα (μηχανή ντίζελ). Στο εξωτερικό όμως σε κάποιες χώρες (Ιαπωνία, Καναδά) έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται και απορριμματοφόρα με ηλεκτρικό κινητήρα ή ακόμη και με φυσικό αέριο. Ενώ τα ιδιωτικά ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα δεν είναι ακόμη ιδιαίτερα διαδεδομένα, οι ηλεκτροκίνητες για τα απορριμματοφόρα παρουσιάζουν μία σειρά από πλεονεκτήματα. Η σύγκριση θερμικών κινητήρων και ηλεκτροκίνητων γίνεται στον Πίνακα 1.

Χαρακτηριστικά	Θερμικός κινητήρας	Ηλεκτρικός κινητήρας
Αυτονομία	Απεριόριστη	Μέχρι 70 χιλιόμετρα
Βάρος		Αυξημένο λόγω της ύπαρξης συσσωρευτών
Ταχύτητα	Μέχρι 100 km/h	Μέχρι 30 km/h, επαρκής για μέσα στην πόλη
Ισχύς	90-150 KW	25-30 KW
Συντήρηση	Μεγάλη φθορά του συμπλέκτη και του κιβωτίου ταχυτήτων	Αντοχή του κινητήρα Ανάγκη επίβλεψης συσσωρευτών
Επένδυση	Κοστίζει λιγότερο	Κοστίζει περισσότερο αλλά έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
Θόρυβος	Πολύς	Ελάχιστος
Κατανάλωση		Πιο οικονομικό
Ρύπανση	Πολλοί αέριοι ρύποι	Μηδενική ρύπανση

Πίνακας 1. Σύγκριση ηλεκτρικών και θερμικών κινητήρων για απορριματοφόρα.

2.2.3. Βελτιστοποίηση διαδρομών απορριματοφόρων

Η ελαχιστοποίηση των διαδρομών που θα κάνει ένα απορριματοφόρο είναι πολύ σημαντική για τους παρακάτω λόγους:

- 1) Μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης την οποία προκαλεί το απορριματοφόρο.
- 2) Μείωση της όχλησης που προκαλεί στην κυκλοφορία.
- 3) Οικονομία στα καύσιμα και στα ημερομίσθια

Σε μεγάλες περιοχές η βελτιστοποίηση αυτή μπορεί να γίνει μόνο με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Σε μικρές όμως περιοχές μπορεί να γίνει με τη βοήθεια της μεθόδου των **περιττών (ή μονών) κόμβων**. Η μέθοδος αυτή στην απλή εκδοχή της περιγράφεται ακολούθως (Κόλλιας, 1993):

Ονομάζουμε μονό κόμβο ένα σημείο συνάντησης μονού αριθμού δρόμων (3 ή 5 ή 7). Η Εικόνα 8 δείχνει μία περιοχή στην οποία θα εφαρμοσθεί η μέθοδος των μονών κόμβων. Δεχόμαστε ότι στην περιοχή αυτή δεν υπάρχουν καθόλου μονόδρομοι. Επίσης δεχόμαστε ότι το απορριματοφόρο θα εισέλθει και εξέλθει από την πάνω αριστερά γωνία της περιοχής. Ο σκοπός μας είναι να χαράξουμε μία "μονοκονδυλιά" της διαδρομής του απορριματοφόρου που να είναι η συντομότερη δυνατή. Ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

- 1) Αφαιρούμε όλα τα αδιέξοδα τμήματα (γιατί δεν είναι ασφαλές να κινείται το απορριματοφόρο με την όπισθεν). Μπορούμε επίσης να αφαιρέσουμε και κάποιο μικρό τμήμα οδού στο οποίο δε θα γίνει συλλογή, γιατί υπάρχουν λίγοι κάτοικοι οι

οποίοι θα υποχρεωθούν να μεταφέρουν τα απορρίμματα στην πλησιέστερη γωνία.

2) Βρίσκουμε όλους τους μονούς κόμβους και τους σημειώνουμε με ένα αστεράκι. Πρέπει οπωσδήποτε ο αριθμός των μονών κόμβων να είναι ζυγός. Αλλιώς κάποιον

ξεχάσαμε.

3) Συνδέουμε τους μονούς κόμβους ανά δύο προσέχοντας ώστε το συνολικό μήκος των διαδρομών να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Στην Εικόνα 8 οι μονοί κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με διακεκομμένη γραμμή.

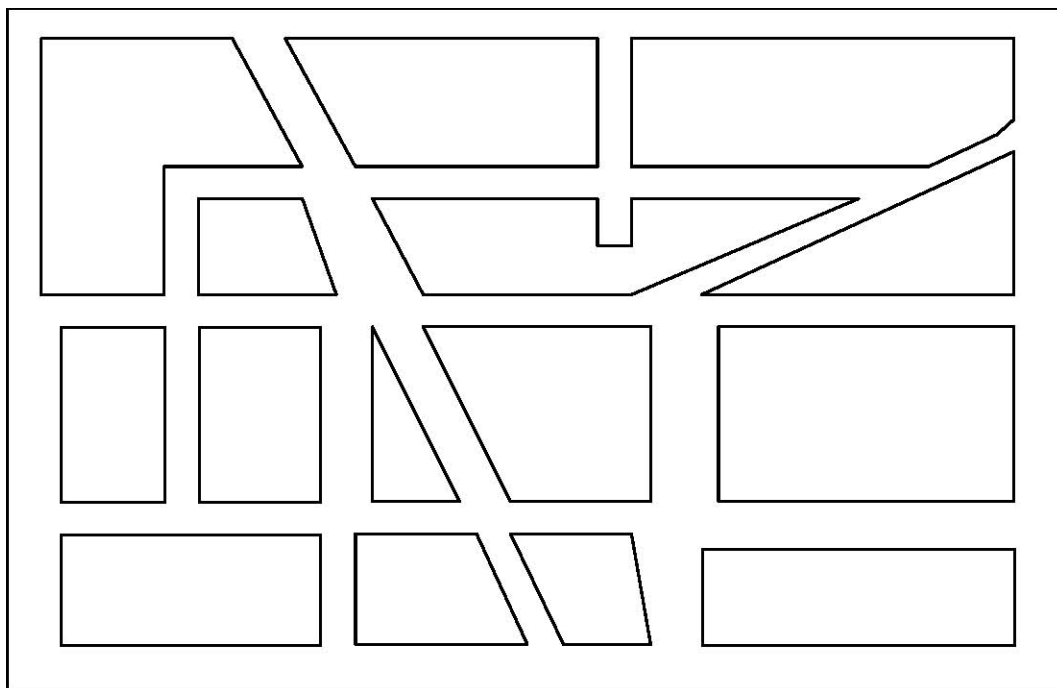
4) Εκλέγουμε το σημείο εκκίνησης της διαδρομής του απορριμματοφόρου. Συνήθως είναι ο πρώτος κάδος που συναντά το απορριμματοφόρο όταν εισέρχεται στην περιοχή συλλογής από το χώρο στάθμευσης ή από το σταθμό διάθεσης απορριμμάτων (περίπτωση περισσοτέρων από ένα δρομολογίων την ημέρα). Το σημείο εξόδου του απορριμματοφόρου από την περιοχή συλλογής καθορίζεται έτσι ώστε να απέχει όσο το δυνατό λιγότερο από το δρόμο που οδηγεί στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων.

Υπάρχουν περιπτώσεις που τα σημεία εισόδου και εξόδου του απορριμματοφόρου από την περιοχή συλλογής συμπίπτουν (όπως φαίνεται στο παραπάνω παράδειγμα), ενώ στην αντίθετη περίπτωση καθορίζουμε την πορεία διαδρομής έτσι ώστε το απορριμματοφόρο να έχει καλύψει όλη την περιοχή συλλογής όταν θα φτάσει για τελευταία φορά στο σημείο εξόδου.

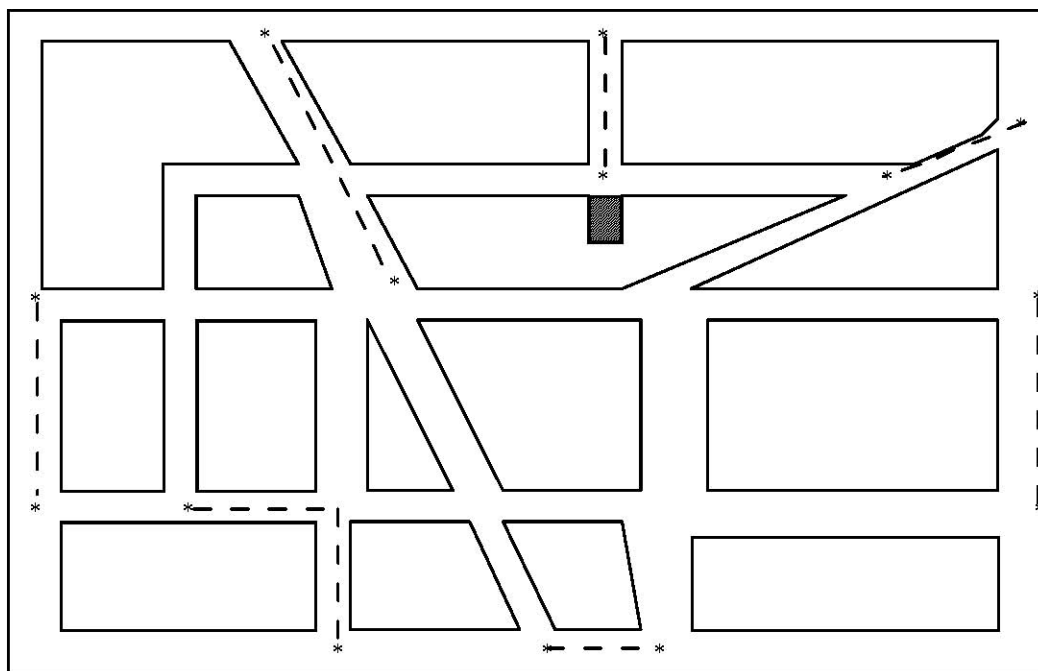
5) Ξεκινάμε από το προκαθορισμένο σημείο αναχώρησης και χαράσσουμε την πορεία συλλογής με βάση τους παρακάτω κανόνες:

-Όταν φθάνουμεσ' ένα μονό κόμβο ακολουθούμε υποχρεωτικά τη γραμμή που τον συνδέει με τον άλλο.

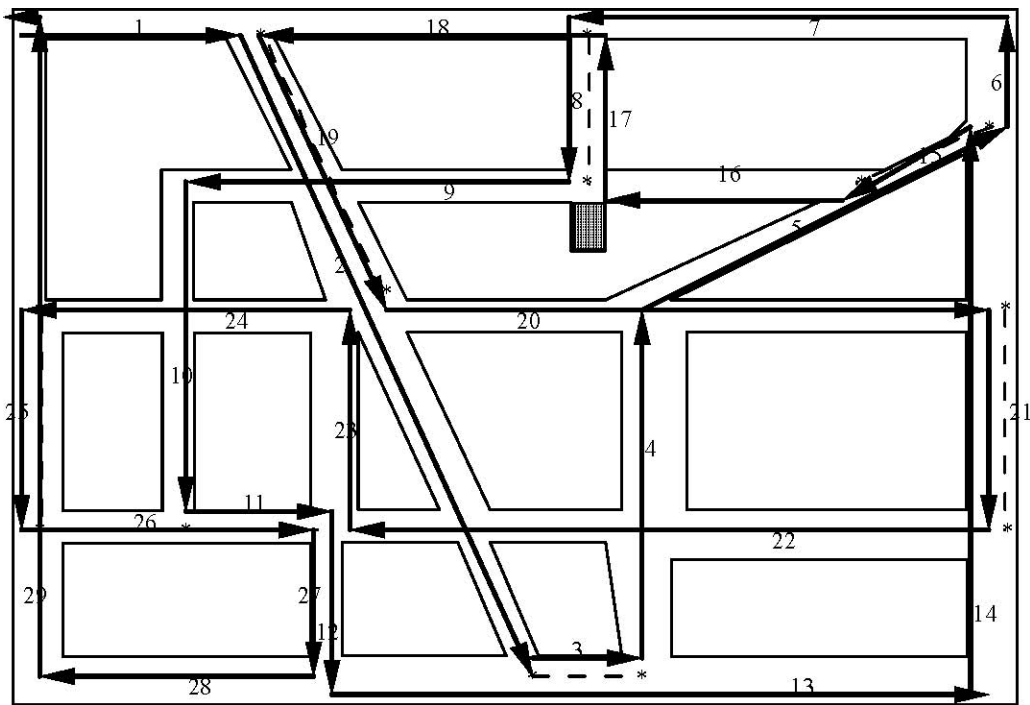
6) Η διαδρομή που χαράξαμε (μονο-κονδυλιά) πρέπει να περνάει από όλους τους δρόμους μια φορά εκτός από τους δρόμους που συνδέουν περιττούς κόμβους, απ'όπου θα πρέπει να περάσει δύο φορές.



(α) Περιοχή μελέτης (κάτοψη).



(β) Ορισμός περιπτών κόμβων



Εικόνα 8. Μέθοδος των μονών κόμβων (α-γ).

2.3. Προϋποθέσεις λειτουργίας ΣΜΑ(Σταθμός Μεταφόρτωσης απορριμάτων)

Προϋποθέσεις για να αποτελέσει η μεταφόρτωση παράγοντα ελαχιστοποίησης του κόστους ΔΑ(διαχείριση απορριμάτων) είναι οι παρακάτω:

- 1) Η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων σε μεγάλες αποστάσεις.
- 2) Η χρήση μικρών οχημάτων (ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές με στενούς δρόμους).
- 3) Η εκμετάλλευση του ΣΜΑ από πολλά απορριματοφόρα.

2.3.1 Σχεδιασμός ΣΜΑ

Μεταξύ των άλλων, κατά το σχεδιασμό ενός ΣΜΑ πρέπει να καθορισθούν τα εξής μεγέθη:

- **Μήκος λωρίδας αναμονής των απορριμματοφόρων:** Αυτή προκύπτει από τον προγραμματισμό της κίνησης των απορριμματοφόρων κατά την περίοδο αιχμής. Σχετικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην αρμόδια Υπηρεσία Καθαριότητας. Προφανώς, το μήκος λωρίδας αναμονής εξαρτάται και από τον αριθμό θέσεων εκφόρτωσης, όπως επίσης και από τη διάρκεια εκφόρτωσης.
- **Αριθμός θέσεων εκφόρτωσης.** Θεωρητικά, και με βάση τα χαρακτηριστικά των συγχρόνων απορριμματοφόρων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση σχεδιασμού ένας ρυθμός εκφόρτωσης 25 t/h. Έτσι, με τέσσερις θέσεις εκφόρτωσης και για οκτώ ώρες λειτουργίας προκύπτουν 800 τόνοι ημερησίως. Όμως, η προσαγωγή δε μπορεί να υποθεθεί ότι θα είναι συνεχής, ενώ πρέπει να προβλέπονται και περιθώρια ασφάλειας, π.χ. για την εκτέλεση έργων συντήρησης ή απαιτούμενες επισκευές.
- **Αριθμός πρέσων.** Οι πρέσες είναι η ακριβότερη συνιστώσα (εξοπλισμός) ενός σταθμού μεταφόρτωσης και έτσι ο αριθμός τους προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό το κόστος της όλης εγκατάστασης. Για να μπορούν να συμπιεσθούν απορρίμματα κάθε είδους, είναι σκόπιμο να επιλέγονται πρέσες υψηλής ισχύος. Μια συχνά επιλεγόμενη τιμή για την ικανότητα συμπίεσης των πρεσών είναι 150 t/h, κάτι που, εάν ληφθούν υπόψη τα απαιτούμενα διαλείμματα για τη μετατόπιση των απορριμματοκιβωτίων (απομάκρυνση πληρωθέντος, προσέγγιση κενού), οδηγεί, για οκτάωρη λειτουργία, σε θεωρητική ικανότητα μεταφόρτωσης περίπου 400 τόνων ημερησίως. Σε σχέση με το ρυθμό εκφόρτωσης, αυτή η ικανότητα μεταφόρτωσης επιτυγχάνεται στην πράξη αν ο αριθμός θέσεων εκφόρτωσης είναι διπλάσιος σε σύγκριση με τον αριθμό πρεσών, κάτι που μπορεί να υλοποιηθεί εφ'όσον οι πρέσες απορριμμάτων τροφοδοτούνται από χοάνες απόρριψης των απορριμμάτων που να επιτρέπουν την ταυτόχρονη εκφόρτωση δύο απορριμματοφόρων. Μια εναλλακτική λύση για την καλύτερη αξιοποίηση των πρεσών, που όμως μάλλον σπάνια εφαρμόζεται, είναι η εκφόρτωση των απορριμματοφόρων σε σκάμμα μεγάλων διαστάσεων και η μηχανική μεταφορά των απορριμμάτων προς τις πρέσες. Με βάση τα παραπάνω, για την ικανοποίηση ανάγκης μεταφόρτωσης 800 τόνων θα αρκούσαν προφανώς δύο πρέσες. Όμως στην πράξη επιβάλλεται και η ύπαρξη εφεδρείας, που μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε ώρες αιχμής.

- **Αριθμός απορριμματοκιβωτίων.** Τα συνήθως επιλεγόμενα απορριμματοκιβώτια είναι πανομοιότυπα αυτών που χρησιμοποιούνται για μεταφορές. Ο απαιτούμενος αριθμός τους προκύπτει από την ικανότητα μεταφόρτωσης του σταθμού, τον αριθμό των οχηματοσυρμών και τον προγραμματισμό κίνησης των τελευταίων. Ο ελάχιστος αριθμός οχηματοσυρμών μπορεί να υπολογισθεί εύκολα με βάση την ικανότητα μεταφόρτωσης, τον αριθμό απορριμματοκιβωτίων που μπορεί να μεταφέρει κάθε συρμός και το χρόνο μεταφοράς από το σταθμό μεταφόρτωσης στο χώρο (τελικής διάθεσης) ΤΔ (περιλαμβανομένου του χρόνου φορτοεκφόρτωσης). Επισημαίνεται ότι μια περίσσεια απορριμματοκιβωτίων μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα ευνοϊκή για την κάλυψη περιόδων αιχμής, καθώς οι οχηματοσυρμοί προβλέπεται συνήθως να κινούνται ολόκληρο το εικοσιτετράωρο, ενώ η συμπίεση στο σταθμό περιορίζεται μόνο σε μέρος της ημέρας. Προφανώς, στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται η πρόβλεψη χώρων προσωρινής αποθήκευσης των γεμάτων απορριμματοκιβωτίων, έως ότου φθάσει η ώρα της μεταφοράς τους προς το χώρο ΤΔ (Τελική διάθεση).

Συνήθως, σ'ένα σταθμό μεταφόρτωσης προβλέπονται επίσης:

- Ζυγιστήριο, για τον προσδιορισμό της ποσότητας των διακινούμενων απορριμμάτων.
- Πλυντήριο οχημάτων.
- Σταθμός καυσίμων.
- Κτίριο διοικητικών υπηρεσιών.

Κατά περίπτωση επιβάλλεται η προσθήκη εγκαταστάσεων για την ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιδράσεων ενός σταθμού μεταφόρτωσης στο περιβάλλον, όπως:

- Βιολογικός καθαρισμός υγρών αποβλήτων.
- Καταιονισμός χοανών απόρριψης απορριμμάτων.
- Βιολογικά φίλτρα καθαρισμού ατμοσφαιρίου.
- Πετάσματα για τον περιορισμό της ηχορύπανσης.

2.3.2. Κοστολόγηση υπηρεσιών καθαριότητας – Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»

Η κοστολόγηση των υπηρεσιών καθαριότητας γίνεται με τη χρέωση ανταποδοτικών, δημοτικών ή κρατικών φόρων στους πολίτες που εξυπηρετούνται. Σήμερα, το μεγαλύτερο ποσοστό των φορέων διαχείρισης δημοτικών απορριμμάτων χρησιμοποιούν το σύστημα «flat rate» για τη χρέωση των υπηρεσιών τους (σύστημα που ακολουθεί και η Ελλάδα). Το σύστημα αυτό χρεώνει το δημότη ανάλογα τα τετραγωνικά μέτρα του ακινήτου. Μερικοί φορείς χρεώνουν ένα συγκεκριμένο τέλος για τις υπηρεσίες που προσφέρουν, κοινό για όλους τους πολίτες. Τα τελευταία χρόνια -ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, Αυστραλία και Καναδά -η χρέωση των τελών καθαριότητας ακολουθεί τη μεταβλητή κοστολόγηση βάσει της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Το τελευταίο σύστημα χρέωσης καλείται μοναδιαίο (unit pricing) ή μεταβλητό (variable rate pricing) και το ολικό πρόγραμμα ΔΑ και κοστολόγησης αυτής καλείται «πληρώνεις όσο απορρίπτεις» (Pay As You Throw = PAYT). Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» πρεσβεύει την ελαχιστοποίηση-αποφυγή ΠΑ(παραγωγή απορριμμάτων) μέσω άμεσης αντιστοίχισης της πραγματικής παραγόμενης ποσότητας απορριμμάτων κάθε νοικοκυριού με τα ανταποδοτικά τέλη. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το PAYT, τα ανταποδοτικά τέλη οφείλουν να είναι ανάλογα της ποσότητας που παράγει το κάθε νοικοκυριό (μεταβλητή κοστολόγηση) και όχι πάγιας ετήσιας χρέωσης ανάλογα με τα τετραγωνικά μέτρα του ακινήτου που ισχύει σήμερα. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαν να θεσπισθούν αυτομάτως οικονομικά κίνητρα για μείωση της ατομικής ΠΑ (παραγωγής αποβλήτων) και προώθηση της ανακύκλωσης.

2.3.3. Στόχοι

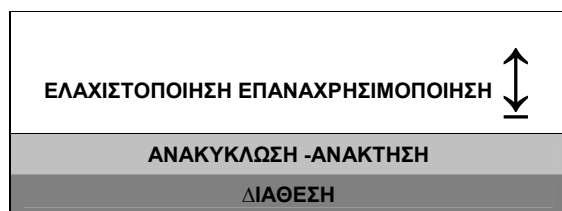
Οι βασικότεροι στόχοι του ΡΑΥΤ εστιάζονται κυρίως:

- Στην παρότρυνση των νοικοκυριών να αποφύγουν την ΠΑ ή να ελαχιστοποιήσουν την ποσότητα αυτών που παράγουν και καταλήγουν στις χωματερές ή ΧΥΤΑ, (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων) ακολουθώντας την ιεραρχία των δυνατοτήτων ΔΑ (Εικόνα 9).
- Στην εξισορρόπηση και αναπροσαρμογή των ανταποδοτικών τελών με δίκαιο τρόπο για όλους τους πολίτες.
- Στην προώθηση της γενικής ιδέας της προστασίας του περιβάλλοντος, επισημαίνοντας τη βαρύτητα και την αξία της για την παγκόσμια ευημερία.

Τα επιτυχή αποτελέσματα του ΡΑΥΤ επιβεβαιώνονται από τη συνεχή του προοδευτική ανάπτυξη και την απήχηση που είχε σε διάφορους δήμους παγκοσμίως. Συγκεκριμένα στις ΗΠΑ, όπου η πρώτη περίπτωση εφαρμογής του ΡΑΥΤ συναντάται στη δεκαετία του '70, ο αριθμός των πόλεων που είχαν ήδη εφαρμόσει ένα από τα συστήματα που στηρίζονται στο ΡΑΥΤ ξεπερνούσε τις 4.400 κατά το 1997.

ΠΡΟΛΗΨΗ

ΒΕΛΤΙΣΤΟ



Εικόνα 9. Ιεραρχία δυνατοτήτων διαχείρισης απόβλητων σύμφωνα με την Απόφαση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Community Council Resolution on Waste Policy) 90/C122/02 και την αναθεωρημένη Οδηγία 91/156/EEC.

2.3.4 Πιθανά αποτελέσματα από την εφαρμογή ενός συστήματος PAYT

Η εφαρμογή του PAYT μπορεί μακροπρόθεσμα να αποφέρει **οφέλη** με τρεις τρόπους:

- Βοηθώντας την επίτευξη αναγκαίων διαχειριστικών απαιτήσεων.
- Εξασφαλίζοντας δυνατότητες αύξησης της κερδοφορίας.
- Ικανοποιώντας περιβαλλοντικούς σκοπούς.

Συγκεκριμένα, τα κυριότερα οφέλη που πιθανόν να προκύψουν από την εφαρμογή του PAYT π.χ. σε ένα Δήμο μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- **Ελαχιστοποίηση-αποφυγή της παραγωγής των δημοτικών απορριμμάτων.** Από περιπτώσεις εφαρμογής συστημάτων PAYT στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής προκύπτει ότι κατά μέσο όρο η μείωση ΠΑ κυμαίνεται από 14% έως 27% (Gordon H. Jr, 1999). Οι πολίτες παρακινούνται από τα οικονομικά κίνητρα που θέτει το PAYT, μεταβάλλουν την καταναλωτική συμπεριφορά τους ώστε να αγοράζουν προϊόντα σε οικολογικές συσκευασίες, αναγκάζοντας τις παραγωγικές και μεταποιητικές εταιρίες να ακολουθήσουν. Επίσης, σε συστήματα PAYT που βασίζονται στη χρέωση ανάλογα με τον όγκο των απορριμμάτων που βγάζει για αποκομιδή ο πολίτης, έχει παρατηρηθεί ότι οι πολίτες συμπιέζουν τα απορρίμματα τους.
- **Αύξηση της συμμετοχής των πολιτών σε προγράμματα ανακύκλωσης και κομποστοποίησης.** Η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση αποτελούν για τους πολίτες ευκαιρίες μείωσης της ποσότητας των απορριμμάτων που βγάζουν για συλλογή. Σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA), έχουν επιτευχθεί βαθμοί αύξησης της συμμετοχής στην ανακύκλωση από 32% έως 59% σε δήμους της ΗΠΑ που έχουν ήδη εφαρμόσει συστήματα PAYT (Gordon H. Jr, 1999).
- **Μείωση των δαπανών ΤΔ εξαιτίας της μείωσης της ΠΑ.**
- **Δικαιότερο σύστημα χρέωσης των υπηρεσιών καθαριότητας στους πολίτες.** Οι πολίτες πληρώνουν μόνο για τις υπηρεσίες που δέχονται, πάντα ανάλογα με την ποσότητα των απορριμμάτων που παράγουν.
- **Ενίσχυση της ιεραρχίας των πρακτικών ΔΑ.** Το PAYT προωθεί την ιδέα της μείωσης των απορριμμάτων στην πηγή και την ανακύκλωση ή κομποστοποίηση των παραγομένων απορριμμάτων.
- **Αναβάθμιση του ενδιαφέροντος για περιβαλλοντικά ζητήματα - Συμμετοχή πολιτών.** Μέσω της μεταβλητής κοστολόγησης των υπηρεσιών καθαριότητας γνωστοποιείται έμμεσα το κόστος της δημοτικής ΔΑ. Οι δημότες αναγνωρίζοντας την επίδραση που έχει η διάθεση των απορριμμάτων στο περιβάλλον, έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τη συμβολή τους μειώνοντας ταυτόχρονα τα ανταποδοτικά τέλη που τους αντιστοιχούν.
- **Περιορισμός των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.** Λιγότερα απορρίμματα σημαίνει μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος.
- **Μείωση του διαχειριστικού, λειτουργικού και διοικητικού κόστους.** Η μείωση αυτή επέρχεται με τον περιορισμό των διαχειριστικών και λειτουργικών εργασιών, μειώνοντας κατ' επέκταση και τις διοικητικές ανάγκες τις υπηρεσίας.
- **Αύξηση της απόδοσης της υπηρεσίας.** Λόγω της μείωσης των διαχειριστικών δαπανών της υπηρεσίας για το ίδιο έργο αυξάνεται κατ' επέκταση η απόδοση του όλου συστήματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω οφέλη είναι κατά κανόνα εφικτά μόνο υπό την προϋπόθεση σωστής οργάνωσης της υπηρεσίας και πάντα με τη συνδρομή ενεργών προγραμμάτων ανακύκλωσης και κομποστοποίησης. Πέραν όμως από τα πιθανά εντυπωσιακά οφέλη, μπορεί η εφαρμογή ενός συστήματος ΡΑΥΤ να δημιουργήσει επιπρόσθετα προβλήματα ή να συναντήσει σημαντικά ανασταλτικά εμπόδια. Από τις περιπτώσεις εφαρμογής συστημάτων ΡΑΥΤ, κυρίως στις ΗΠΑ, αλλά και στην Ευρώπη, διακρίνονται τα εξής μειονεκτήματα:

- **Παράνομη διάθεση απορριμμάτων.** Οι δημότες για να μειώσουν τα απορρίμματα τους, πιθανόν να καταφύγουν στην απόρριψη αυτών στον κάδο του γείτονα τους, σε χωράφια, σε δημόσιους χώρους και εμπορικά κέντρα. Από έρευνα που εκπόνησε η ΕΡΑ σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Duke (Durham, Νότια Καρολίνα, ΗΠΑ) σε 212 κοινότητες των ΗΠΑ προέκυψε ότι η πιθανότητα αύξησης της παράνομης διάθεσης δεν υπερβαίνει το 20% . Ωστόσο, η παράνομη διάθεση απορριμμάτων μπορεί να δημιουργήσει ένα επιπλέον κόστος εξαιτίας του ελέγχου και των εργασιών που απαιτούνται για την αντιμετώπισή της. Η παράνομη διάθεση μπορεί εν μέρει να μειωθεί με ολοκληρωμένα προγράμματα πληροφόρησης και εκπαίδευσης, σε συνδυασμό πάντοτε με ανάλογη αστυνόμευση.
- **Αβέβαιη ανάκτηση δαπανών των υπηρεσιών για την καθαριότητα.** Τα έσοδα των υπηρεσιών δυστυχώς, δε μπορούν να προβλεφθούν επακριβώς διότι εξαρτώνται από την απήχηση που θα έχει το πρόγραμμα στους πολίτες.
- **Αυξημένο κόστος εξοπλισμού.** Ιδιαίτερα κατά την εκκίνηση του προγράμματος θα χρειασθεί η αγορά εξοπλισμού νέας τεχνολογίας και η τροποποίηση του παλαιού για την ικανοποίηση των νέων αναγκών.
- **Κόστος ενημέρωσης και εκπαίδευσης των δημοτών.** Η επιτυχία του προγράμματος εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από το εύρος της καμπάνιας ενημέρωσης και του τρόπου εκπαίδευσης δημοτών και υπαλλήλων των υπηρεσιών καθαριότητας.
- **Αύξηση του κόστους χρέωσης και διαχείρισης των ανταποδοτικών τελών.** Το κόστος αυτό μπορεί και θα πρέπει να προβλεφθεί και να ενσωματωθεί στο ύψος των ανταποδοτικών τελών.
- **Δυσκολία εφαρμογής του προγράμματος σε νοικοκυριά εντός πολυκατοικιών.** Σε αυτήν την περίπτωση είναι δύσκολη, αν όχι αδύνατη, η αντιστοίχιση των ανταποδοτικών τελών στην πραγματική ποσότητα απορριμμάτων που παράγει κάθε νοικοκυριό. Υπάρχουν όμως τρόποι εξομάλυνσης του προβλήματος αυτού, όπως η χρέωση των υπηρεσιών καθαριότητας στο σύνολο των νοικοκυριών της εκάστοτε πολυκατοικίας και η αντιστοίχιση των ανταποδοτικών τελών σε κάθε νοικοκυριό ανάλογα με τον αριθμό των ατομων που περιλαμβάνει ή τα τετραγωνικά μετρα της οικίας .

3. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΥΛΙΚΩΝ -ΔΙΑΛΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ

3.1.Διαλογή στη πηγή

Η ανακύκλωση που πρέπει να συνδυάζεται με τη ΔσΠ ορισμένων κατηγοριών απορριμμάτων, είναι μία μέθοδος που μπορεί να μειώσει σημαντικά τον όγκο των παραγομένων απορριμμάτων. Τα πιθανά οφέλη από την ανακύκλωση είναι τα παρακάτω:

Περιορίζεται ο όγκος της συλλογής των απορριμμάτων που πρέπει να μεταφερθούν στο χώρο υγειονομικής ταφής.

Περιορίζεται ο όγκος της κατόρυξης και έτσι χρειάζεται λιγότερη γη για ΥΤ (Υγειονομική ταφή).

Εξοικονομούνται πολύτιμες πρώτες ύλες (π.χ. χαρτί κ.λπ.).

- Υπάρχει κάποιο κέρδος από την πώληση των ανακυκλούμενων υλικών.
- Ικανοποιείται η περιβαλλοντική ευαισθησία των πολιτών.
- Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να βελτιωθεί και το ισοζύγιο πληρωμών (π.χ. το χαρτί στην Ελλάδα είναι συνήθως εισαγόμενο).
- Δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας.

Με τον όρο «Διαλογή στην Πηγή» περιγράφεται η διαδικασία της ανακύκλωσης με την οποία επιτυγχάνεται ανάκτηση χρήσιμων υλικών πριν αυτά αναμειχθούν με την υπόλοιπη μάζα των απορριμμάτων. Η ΔσΠ μπορεί να θεωρηθεί ως ολοκληρωμένη, εναλλακτική λύση απέναντι στα συστήματα διάθεσης και κεντρικής ανάκτησης. Η βιωσιμότητά της εξαρτάται από παραμέτρους όπως η διαθεσιμότητα ανακυκλώσιμων υλικών, το κόστος των άλλων μεθόδων διαχείρισης και η ύπαρξη αγοράς για την απορρόφηση των ανακυκλωμένων υλικών. Οι γενικές προϋποθέσεις επιτυχίας ενός προγράμματος ΔσΠ είναι η ενημέρωση και συμμετοχή του κοινού, καθώς και το ξεπέρασμα των οργανωτικών δυσκολιών. Με την εφαρμογή της ΔσΠ δε λύνεται οριστικά το πρόβλημα της ΔΑ. Απαιτείται σχεδιασμός για τη σφαιρική αντιμετώπιση του προβλήματος που θα περιλαμβάνει την εφαρμογή και άλλων μεθόδων παράλληλα με τη ΔσΠ.

3.2. Ανακυκλώσιμα υλικά στα απορρίμματα

Τα απορρίμματα που μπορούν να ανακυκλώνονται περιλαμβάνουν:

I. Χαρτιά, χαρτόνια.

II. Γυαλιά.

III. PVC και άλλα πλαστικά.

Μέταλλα όπως σίδηρος, αλουμίνιο, ψευδάργυρος κ.λπ.

Ζυμώσιμο κλάσμα (οργανικά απόβλητα).

VI. Παλιά υφάσματα, ρούχα, κουρέλια.

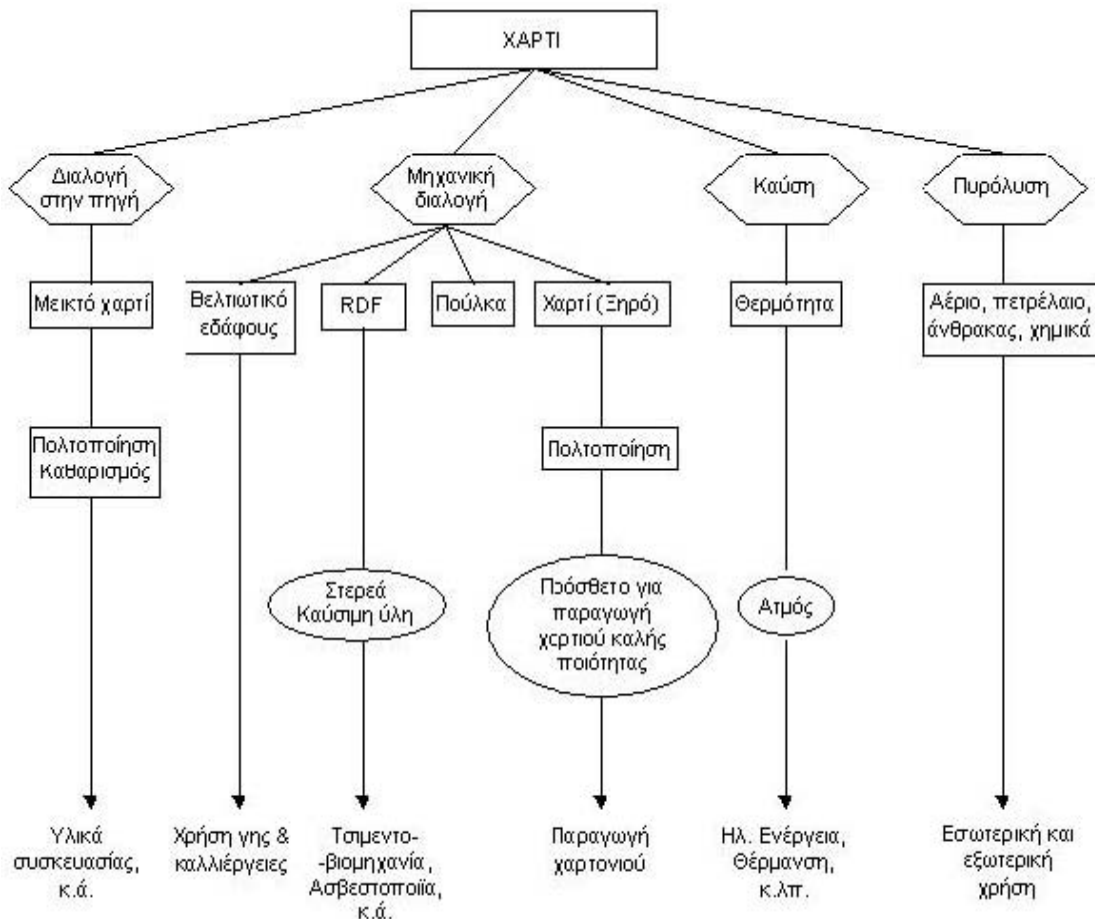
VII. Ορυκτέλαια.

VIII. Βιομηχανικά απόβλητα.

IX. Μεγάλα απορρίμματα όπως έπιπλα που γίνονται αντίκες, μεταχειρισμένα αυτοκίνητα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και άλλες ηλεκτρικές-ηλεκτρονικές συσκευές.

Χαρτί

Το κλάσμα αυτό είναι κατάλληλο για ανακύκλωση (προς παραγωγή χαρτοπολτού και νέων προϊόντων χάρτου), υπό την προϋπόθεση ότι δεν είναι έντονα ρυπασμένο και βρεγμένο (π.χ. χαρτί τουαλέτας) όπως επίσης και αναμιγμένο με άλλα υλικά (π.χ. ασηπτική συσκευασία). Ακόμη το χαρτί συνεισφέρει σημαντικά και στη θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, καθώς αποτελεί καύσιμο υλικό με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο. Ο προσανατολισμός του συνόλου της Ελληνικής χαρτοβιομηχανίας στη χρήση ανακυκλωμένου χαρτιού (λόγω του μικρότερου απαιτούμενου βαθμού καθετοποίησης της παραγωγικής διαδικασίας) καθιστά την ανακύκλωση χαρτιού αρκετά ελκυστική στη χώρα μας και ήδη υλοποιούνται αρκετά προγράμματα διαλογής στην πηγή και συλλογής, ορισμένα από τα οποία μπορούν να χαρακτηρισθούν και μακροχρόνια.



Στην **Εικόνα 10** φαίνονται οι δυνατότητες διαχείρισης του απορριπτόμενου χαρτιού

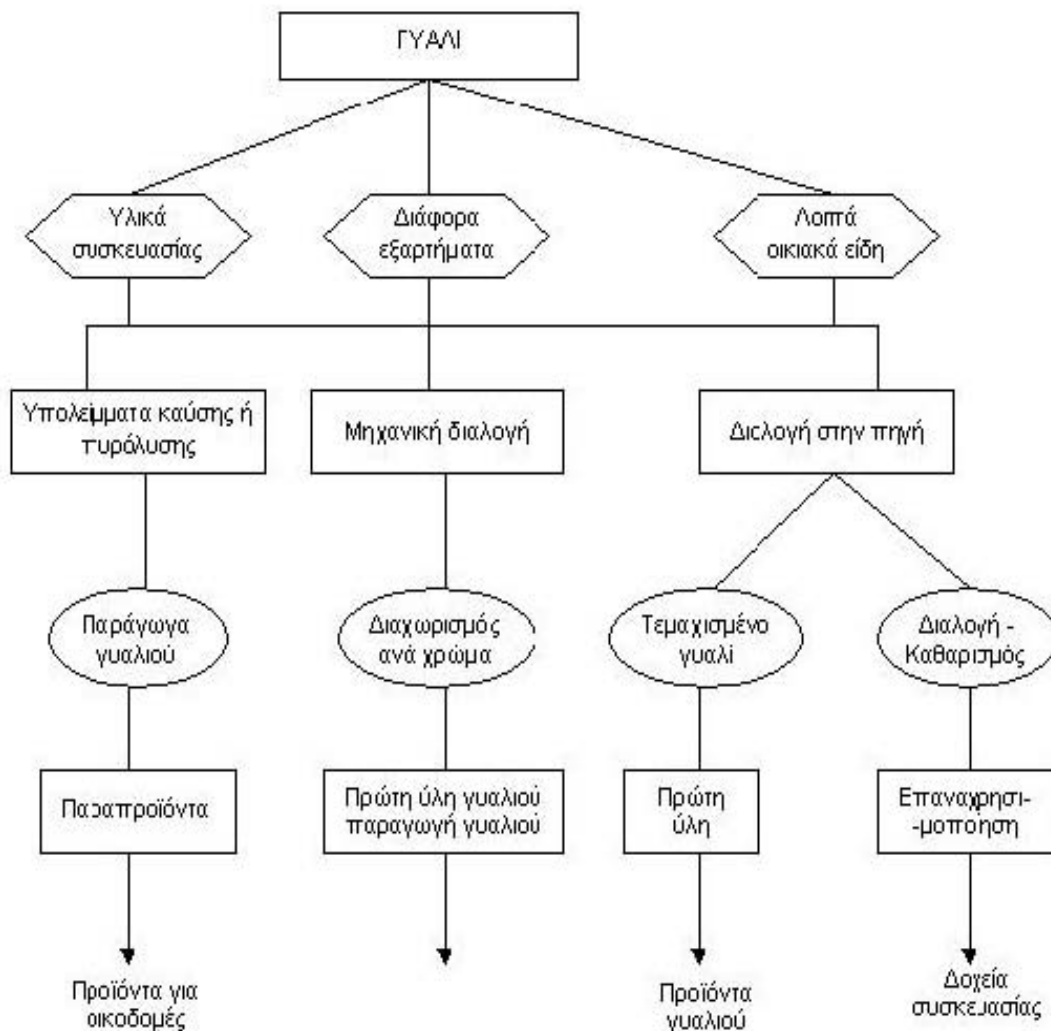
Γυαλί

Το κέρδος εδώ, κατά κύριο λόγο, δεν είναι στην πρώτη ύλη αλλά στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Η ανακύκλωση του γυαλιού περιλαμβάνει μπουκάλια, γυάλινα δοχεία, τζάμια, πιάτα, θερμοανθεκτικά γυαλιά και κρύσταλλα. Τα τελικά προϊόντα της ανακύκλωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υαλοβάμβακες, fiberglass και σήματα στους δρόμους.

Το γυαλί υποδιαιρείται σε κατηγορίες, σε λευκό, πράσινο και καφέ. Κατά τη συλλογή, το γυαλί θραύεται για να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα.

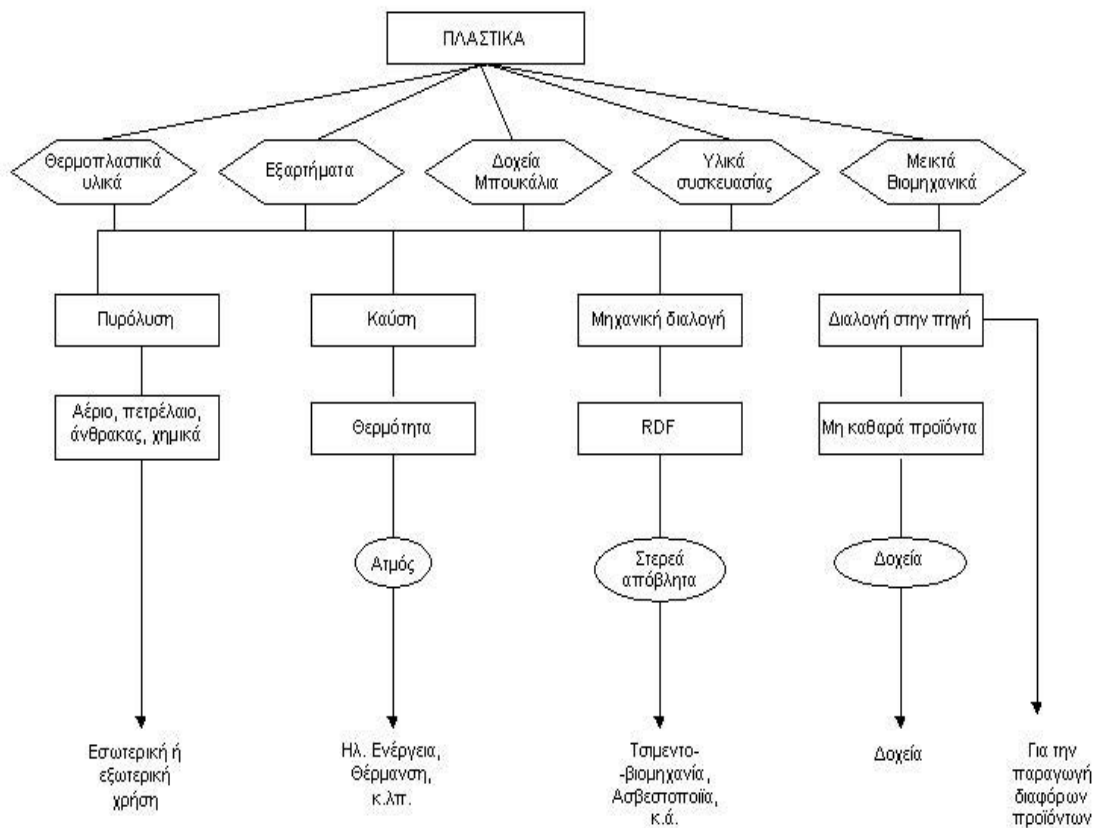
Γυαλί καφέ χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια μπύρας και φαρμάκων, τα οποία είναι χημικά ευαίσθητα στο φως, ενώ γυαλί πράσινου χρώματος χρησιμοποιείται για μπουκάλια κρασιών και αναψυκτικών. Πηγές παραγωγής του είναι τα εργοστάσια κατασκευής, εμφιάλωσης και συσκευασίας μπουκαλιών, τα κέντρα διασκέδασης, τα ξενοδοχεία, τα εστιατόρια, τα νοικοκυριά και διάφορα καταστήματα.



Στην **Εικόνα 11** φαίνονται οι δυνατότητες διαχείρισης του απορριπτόμενου γυαλιού

Πλαστικά

Η ανακύκλωση πλαστικών είναι γενικά δύσκολη και πολλές φορές οικονομικά ασύμφορη. Από περιβαλλοντική άποψη είναι σημαντική γιατί πολλά πλαστικά που περιέχουν χλώριο (π.χ. πολυβινυλοχλωρίδιο) όταν καίγονται παράγουν πολύ τοξικές ενώσεις (διοξίνες και φουράνες) και γιατί τα πιο πολλά πλαστικά διασπώνται δύσκολα.



Στην **Εικόνα 11** φαίνονται οι δυνατότητες διαχείρισης του απορριπτόμενου πλαστικού

4. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ -ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σκοπός του Μηχανικού Διαχωρισμού (ΜΔ) είναι ο επιμερισμός με μηχανικά μέσα των υλικών από μίγμα των σύμμικτων απορριμμάτων σε διάφορα συστατικά ή ομοιογενείς κατηγορίες συστατικών, τα οποία μπορούν έτσι να επιστρέψουν ως δευτερογενείς πρώτες ύλες στον παραγωγικό και οικονομικό κύκλο. Οι διεργασίες που περιλαμβάνει μία τυπική μονάδα μηχανικού διαχωρισμού διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες

(α) Υποβιβασμός του μεγέθους.

(β) Διαχωρισμός και ταξινόμηση.

Ο υποβιβασμός του μεγέθους επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφόρων τύπων μύλων, είτε σε ολόκληρη τη ροή μάζας των απορριμμάτων, είτε σε ροές μάζας επιμέρους συστατικών. Ο διαχωρισμός βασίζεται στις διαφορές μεγέθους που υπάρχουν ανάμεσα στα συστατικά των οικιακών απορριμμάτων αλλά και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και ιδιαίτερα των μαγνητικών (για ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων) και του ειδικού βάρους (για ταξινόμηση σε βαρέα και ελαφρά κλάσματα).

4.2. Λιπασματοποίηση

Υπάρχουν διάφορες βιολογικές και χημικές διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή του οργανικού κλάσματος των αστικών απορριμμάτων σε ένα εναλλακτικό αέριο, υγρό ή στερεό τελικό προϊόν. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι βιολογικές διαδικασίες στις οποίες περιλαμβάνονται η αερόβια και αναερόβια λιπασματοποίηση και διάφοροι συνδυασμοί αυτών.

Η **λιπασματοποίηση (κομποστοποίηση ή βιοσταθεροποίηση)** είναι μία ρυθμιζόμενη διάσπαση ή αδρανοποίηση των οργανικών ενώσεων των απορριμμάτων, από την οποία σε τελική φάση προκύπτουν με τη βοήθεια μικροοργανισμών:

- Χούμους (humus), δηλ. ένα ΒΕ(Βελτιωτικό έδαφος) που ονομάζεται κομπόστ, καθώς επίσης CO₂ και H₂O (στην περίπτωση αερόβιας)
- CH₄ (μεθανογένεση), καθώς επίσης CO₂ και λάσπη (στην περίπτωση αναερόβιας).

Το προϊόν της λιπασματοποίησης λέγεται **βελτιωτικό εδάφους (ΒΕ)** και πρέπει να είναι απαλλαγμένο από ογκώδη αντικείμενα, πλαστικά, γυαλί, βαρέα μέταλλα και

παθογόνους μικροοργανισμούς. Το ΒΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες (όπως αμπελοργία, ανθοκομία, δενδροκομία κ.λπ.) αυξάνοντας την παραγωγή καθώς εμπλουτίζει το έδαφος με θρεπτικές ουσίες, αυξάνει το πορώδες του, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού και κατακρατεί την υγρασία. Ο ΜΔ είναι μία αρκετά δαπανηρή μέθοδος και παρουσιάζει συχνά προβλήματα στην πώληση των ανακτώμενων υλικών, είτε λόγω της μη καθαρότητάς τους, είτε λόγω της περιεκτικότητάς τους σε βαρέα μέταλλα.

Προς την κατανόηση των μηχανισμών της κομποστοποίησης θεωρείται σκόπιμο να αναφερθούν κάποιες βασικές βιολογικές αρχές και να γίνει περιγραφή των βασικών μικροοργανισμών που συμμετέχουν στην κομποστοποίηση.

4.2.1. Μικροοργανισμοί λιπασματοποίησης

Ο όρος "μικροοργανισμοί" δεν καθορίζει κάποια ιδιαίτερη ομάδα έμβιων όντων, αλλά περιγράφει ένα ορισμένο τύπο οργανισμών, που περιλαμβάνει εκτός από τους μονοκύτταρους και πολυκύτταρους, που αποτελούνται κυρίως από ένα είδος κυττάρων χωρίς διαφοροποίηση. Διερευνώντας τη χημική και μικροσκοπική οργάνωσή τους από μια ευρύτερη σκοπιά, διαπιστώνεται ότι όλοι οι μικροοργανισμοί έχουν:

- Κοινή χημική σύνθεση με πιο χαρακτηριστική την παρουσία διαφόρων ειδών μεγαλομορίων π.χ. πολυσακχαρίτες κλπ..
- Κοινή φυσική δομή αφού κοινή δομική μονάδα όλων είναι το κύτταρο.
- Επιτελούν ορισμένες κοινές χημικές αντιδράσεις γνωστές με το όνομα μεταβολική δραστηριότητα.

4.2.3. Θρεπτικές κατηγορίες μικροοργανισμών

Προκειμένου να συνεχίσει να αναπαράγεται και να λειτουργεί κατάλληλα ένας μικροοργανισμός πρέπει εκτός από τα θρεπτικά συστατικά να αντλεί ενέργεια και άνθρακα για τη σύνθεση νέου κυτταρικού πλέγματος. Όσον αφορά τον άνθρακα οι οργανισμοί ενδέχεται να χρησιμοποιούν προϋπάρχοντα οργανικό άνθρακα (οπότε να τον παίρνουν υποχρεωτικά από μια οργανική ένωση) ή να τον παίρνουν από το CO₂, οπότε και αποκαλούνται αντίστοιχα

ετερότροφοι και αυτότροφοι. Όσον αφορά στην ενέργεια, που χρειάζονται οι μικροοργανισμοί, αυτή μπορεί να προέρχεται από το φως ή από χημική οξειδωτική αντίδραση (δηλ. από χημικές ενώσεις), οπότε και οι οργανισμοί αποκαλούνται αντίστοιχα φωτότροφοι και χημειότροφοι). Σε συνδυασμό με τα παραπάνω προκύπτει η γενική ταξινόμηση των μικροοργανισμών που παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Είδος οργανισμών	Πηγή ενέργειας	Πηγή Άνθρακα	Οργανισμοί
ΑΥΤΟΤΡΟΦΟΙ			
Φωτοαυτότροφοι	Φως	CO ₂	Ανώτερα φυτά, ευκαρυωτικά φύκη, θειοβακτήρια.
Χημειοαυτότροφοι	Ανόργανη-οξειδ.αντίδραση (χημικές ενώσεις)	CO ₂	
ΕΤΕΡΟΤΡΟΦΟΙ			
Χημειοετερότροφοι	Οργανική οξειδ.αντίδραση (χημικές ενώσεις)	Οργανικές ενώσεις	Ανώτερα ζώα, πρωτόζωα, μύκητες, βακτήρια.
Φωτοετερότροφοι	Φως	Οργανικές ενώσεις	Ερυθροβακτήρια, ευκαρυωτικά φύκη.

Πίνακας 2. Γενική ταξινόμηση των μικροοργανισμών με βάση την πηγή ενέργειας και άνθρακα (Σαρρής κ.ά., 1986 και Τσομπάνογλου κ.ά., 1993).

4.3. Βελτιωτικό εδάφους

4.3.1 Πλεονεκτήματα και ιδιότητες χρήσης του βελτιωτικού εδάφους

- Αυξάνει τα οργανικά συστατικά του χώματος.
- Βελτιώνει την ικανότητα του εδάφους για τη συγκράτηση νερού και άλλων θρεπτικών ουσιών. Έτσι μειώνει τις απαιτήσεις σε νερό των φυτών και των δένδρων και βοηθά τα αμμώδη εδάφη να συγκρατούν την υγρασία.
- Δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες αερισμού. (κυρίως στα αργιλώδη εδάφη).
- Μειώνει την αλατότητα στα αλατούχα εδάφη και συνεπώς βοηθά στην εξέλιξη καλλιεργειών σε αυτά.
- Αυξάνει το πορώδες του εδάφους.
- Ρυθμίζει και εξισορροπεί το pH του εδάφους.
- Βοηθά στον έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους.
- Καθιστά το χώμα ευκολότερα καλλιεργήσιμο.
- Κάνει τα φυτά πιο ανθεκτικά στην ξηρασία και την παγωνιά.
- Βελτιώνει το περιεχόμενο της διατροφής των φυτών σε βιταμίνες και μεταλλικά στοιχεία.
- Μπορεί να επεκτείνει την περίοδο ανάπτυξης των φυτών.
- Επίσης το κομπόστ μπορεί να περιορίσει τη χρήση πετροχημικών λιπασμάτων, των οποίων η χρήση εγκυμονεί πολλούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η παραγωγή τους δημιουργεί και ελευθερώνει επικίνδυνα απόβλητα που μολύνουν την ατμόσφαιρα, δηλητηριώδη νιτρικά άλατα, που μολύνουν τα νερά και επιταχύνει την εξάντληση των φυσικών πόρων.
- Τέλος, έρευνες έδειξαν ότι η χρήση του κομπόστ για μεγάλο χρονικό διάστημα σε υψηλής τοξικότητας εδάφη, αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο δέσμευσης των βαρέων μετάλλων, με αποτέλεσμα τη μη εισχώρησή τους στην διατροφική αλυσίδα. Τα βαρέα μέταλλα καθίστανται δηλαδή λιγότερο βιοαφομοιώσιμα. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά και τα ζώα δε μπορούν χημικά να αφομοιώσουν τα βαρέα μέταλλα και να μεταφερθούν (τα τελευταία) μέσω της διατροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο. Συνεπώς επιτυγχάνεται προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος.

4.4. Αναερόβια λιπασματοποίηση

Σε παγκόσμιο επίπεδο υπήρχαν το 2000 πάνω από 115 μονάδες αναερόβιας ζύμωσης που τροφοδοτούνται με δημοτικά στερεά ή βιομηχανικά απόβλητα. Η συνολική ετήσια δυναμικότητα είναι 5 εκ. τόνοι. Επίσης 40 μονάδες βρίσκονταν στη φάση του σχεδιασμού (ετήσια δυναμικότητα 2 εκ. τόνοι). Υπάρχουν τουλάχιστον 50 κάτοχοι τεχνολογικής άδειας, που έχουν πιλοτικές εγκαταστάσεις (τουλάχιστον 150 τόνοι ανά έτος). Κοινή διαπίστωση των εμπλεκόμενων φορέων είναι ότι οι μονάδες αναερόβιας ζύμωσης παρέχουν περιβαλλοντικά οφέλη και ικανοποιούν τους αυστηρότερους περιορισμούς (Lusk, 1998).

Στην Ευρώπη λειτουργούσαν το 2000 53 μονάδες, οι οποίες επεξεργάζονταν είτε δημοτικά είτε βιομηχανικά απόβλητα, με δυναμικότητες άνω των 3000 τόνων ανά έτος και περιεκτικότητα σε οργανικά ΣΑ τουλάχιστον 10%. Η συνολική ετήσια δυναμικότητα των παραπάνω μονάδων φθάνει τους 1.037.000 τόνους ΣΑ για το έτος 2000 σε σύγκριση με τους 122.000 τόνους το 1990, δηλαδή μια αύξηση της τάξης του 750% κατά την τελευταία δεκαετία.

Υπάρχει επίσης ενδιαφέρον για τη χρήση της αναερόβιας ζύμωσης από αναπτυσσόμενες χώρες. Σε πολλές από αυτές, η γεωργία αποτελεί τη βάση της εθνικής οικονομίας και τα αγροτικά απόβλητα συχνά αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο πρόβλημα. Με τη αναερόβια ζύμωση επιλύεται σε μεγάλο βαθμό αυτό το πρόβλημα ενώ παράλληλα με την παραγωγή και χρήση του κομπόστ αυξάνονται οι επιδόσεις των καλλιεργειών.

Η αναερόβια ζύμωση των οργανικών ΣΑ σε μονάδα παρέχει τη δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας (βιοαέριο) και υλικών (κομπόστ). Το βιοαέριο που παράγεται σε μια μονάδα είναι κεκορεσμένο σε υγρασία και περιέχει 65-75% μεθάνιο ενώ το υπόλοιπο είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα.

4.4.1. Διεργασία αναερόβιας ζύμωσης

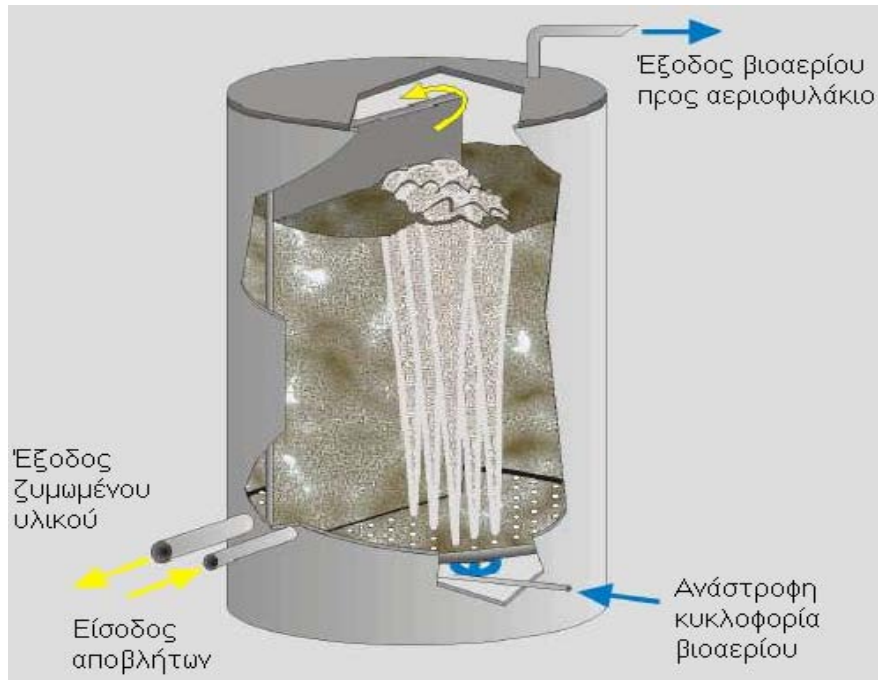
Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, η διάσπαση των οργανικών ουσιών γίνεται με απουσία οξυγόνου, μέσα σε έναν απολύτως κλειστό αντιδραστήρα. Η ζύμωση απαιτεί ένα υγρό μέσο, με περιεχόμενο σε στερεά ουσία από 8-12% κ.β. Επειδή τα βιολογικά απόβλητα έχουν συνήθως ένα περιεχόμενο σε στερεά ουσία από 20-25% κ.β. πρέπει να παραμείνουν σε νερό πριν από την ζήμωση

Η διεργασία περιλαμβάνει δύο κύριες φάσεις

- **Διεργασία υδρόλυσης.** Αερόβια βακτήρια που ήδη υπάρχουν ξεκινούν την υδρόλυση και τη διάσπαση των πτητικών οργανικών ουσιών. Οι σύνθετες οργανικές ενώσεις διασπώνται παράγοντας οργανικά οξέα, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και αλκοόλη. Το διαλυμένο οξυγόνο καταναλώνεται από τα βακτήρια, ενώ ανάγονται οι νιτρικές και θεικές ενώσεις και μειώνεται η τιμή του pH.
- **Διεργασία μεθανοποίησης.** Μεθανοβακτήρια χωνεύουν τα προϊόντα του μεταβολισμού της πρώτης φάσης. Τελικά προϊόντα της διεργασίας αυτής είναι αέριο μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και μεταλλικά άλατα. Εξαιτίας της αναγωγικής ατμόσφαιρας μέσα στον αντιδραστήρα και της παραγωγής αμμωνίας από την αναερόβια διάσπαση των πρωτεϊνών, αυξάνεται συνεχώς η τιμή του pH. Η τιμή αυτή στο ζυμωμένο υλικό κυμαίνεται μεταξύ 7,5 -8,5.

4.4.2. Διεργασία Valorga

Η διεργασία της Valorga αναπτύχθηκε στη Γαλλία. Το σύστημα λειτουργεί τυπικά με περιεχόμενο σε στερεά ουσία 25-35% κ.β. και χρόνους παραμονής 18-25 ημέρες. Οι αντιδραστήρες είναι κάθετοι κύλινδροι με πλαϊνές τροχιές, για την κυκλοφορία του ζυμωμένου υλικού (Εικόνα 12). Περιέχουν έναν κάθετο, ενδιάμεσο, εσωτερικό τοίχωμα περίπου στα 2/3 της διαμέτρου. Η ανάμιξη μέσα στον αντιδραστήρα επιτυγχάνεται με την ανάστροφη κυκλοφορία μιας μικρής ποσότητας βιοαερίου υπό πίεση. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας είναι η πλήρης απουσία μηχανικών μερών μέσα στον αντιδραστήρα. Αυτό επιτρέπει την απρόσκοπτη λειτουργία σε συνθήκες υψηλής περιεκτικότητας σε στερεά με κυκλοφορία της ύλης χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση μηχανικών συσκευών. Τα προς επεξεργασία απόβλητα αποτελούνται από ζυμώσιμα υλικά και απορρίμματα κήπων. Η ποσοτική και ποιοτική σύσταση των αποβλήτων φανερώνει μια εποχική διακύμανση που σχετίζεται με την εποχιακή ΠΑ κήπων. Η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου κυμαίνεται μεταξύ 210-290 m³ ανά τόνο συνολικών πτητικών στερεών (TVS) που εισέρχονται στον αντιδραστήρα ή μεταξύ 80160 m³ ανά τόνο εισερχόμενων αποβλήτων, ανάλογα με το είδος τους. Το παραγόμενο βιοαέριο περιέχει μεθάνιο κατά 55-60%, αλλά όταν καθαριστεί, το μεθάνιο φτάνει μέχρι και το 97%. Το καθαρό βιοαέριο μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο αερίου, να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ατμού βιομηχανικής χρήσης ή για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Το ζυμωμένο υλικό που βγαίνει από τους αντιδραστήρες λόγω της βαρύτητας εισάγεται κατευθείαν στις κοχλιόπρεσες για αφυδάτωση. Η υγρή ιλύς από τις πρέσες οδηγείται σε υδροκυκλώνιο για να αφαιρεθούν τα βαριά μόρια και σε μια μονάδα ιζηματοποίησης/φιλτραρίσματος για να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα στερεά.



Εικόνα 12 Σύστημα διεργασίας Valorga

4.4.3. Διεργασία Kompostogas

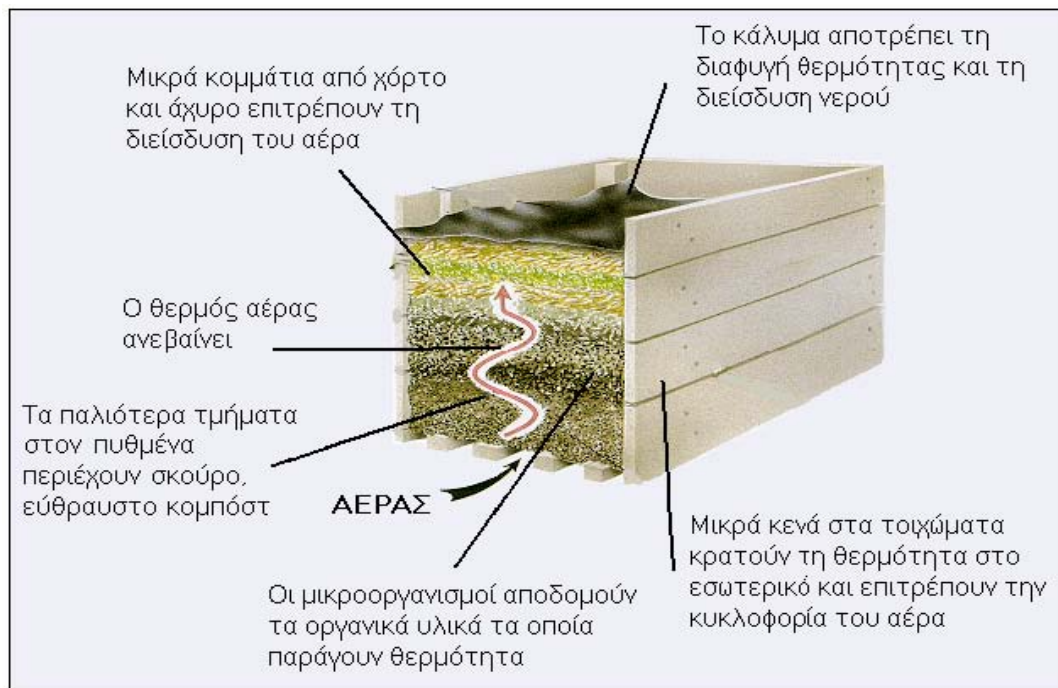
Το σύστημα της Kompostogas αναπτύχθηκε στην Ελβετία και δέχεται οργανικά απόβλητα από σύστημα ΔσΠ. Λειτουργεί σε θερμοκρασίες 55-60°C και το περιεχόμενο σε στερεά συστατικά είναι υψηλό. Στην Εικόνα 13 φαίνεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας. Τα απόβλητα συλλέγονται αρχικά σε μια δεξαμενή υποδοχής και στη συνέχεια οδηγούνται στο τμήμα διαλογής, στον τεμαχιστή και στη δεξαμενή αποθήκευσης. Το προθερμασμένο, παχύρρευστο οργανικό υλικό εισέρχεται έπειτα στον οριζόντιο αντιδραστήρα ζύμωσης, όπου η βασική διεργασία λαμβάνει χώρα σε μια περίοδο 15 - 20 ημερών και αναδεύεται περιοδικά. Το στερεό υπόλειμμα υφίσταται μείωση της υγρασίας του σε κοχλιόπρεσσα και στη συνέχεια μεταφέρεται σε ένα αντιδραστήρα δευτερογενούς ζύμωσης, όπου πραγματοποιείται η μετατροπή του σε ώριμο κομπόστ με παρουσία ατμοσφαιρικού οξυγόνου. Το παραγόμενο βιοαέριο (0,1 m³ αερίου ανά kg οργανικού αποβλήτου) υφίσταται επεξεργασία και αποθηκεύεται σε αεριοφυλάκιο. Στη συνέχεια αντλείται στη μονάδα συμπαραγωγής όπου μετατρέπεται σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Εναλλακτικά, το βιοαέριο μπορεί να αναβαθμιστεί μέχρι 98% κ.ό. μεθάνιο και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στα οχήματα μεταφοράς.



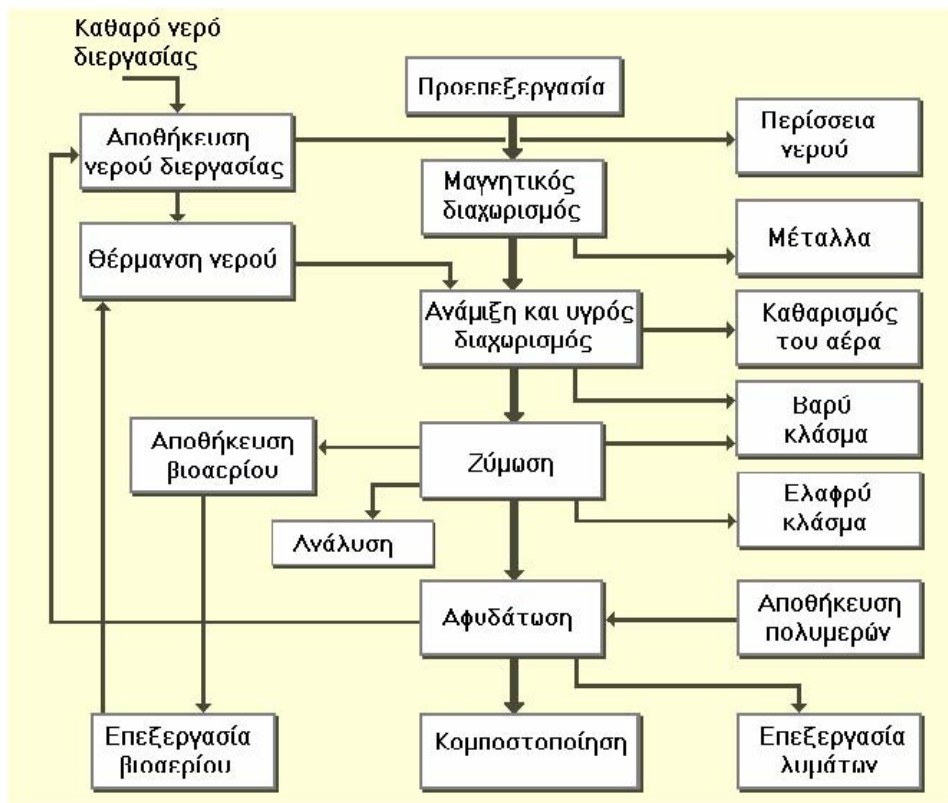
Εικόνα 13 Σύστημα της Kompostogas

4.4.4. Διεργασία Waasa

Μέχρι το 2000 είχαν κατασκευαστεί 3 μονάδες που λειτουργούσαν με βάση τη διεργασία Waasa, ενώ άλλη μία ήταν υπό κατασκευή. Η δυναμικότητα των μονάδων κυμαίνεται μεταξύ 3.000-85.000 τόνων ανά έτος, ενώ οι συνθήκες λειτουργίας μπορεί να είναι είτε θερμοφιλες είτε μεσόφυλες. Στην μονάδα της Waasa λειτουργούν παράλληλα και οι δύο τύποι διεργασιών, με την θερμοφιλή διεργασία να έχει ένα χρόνο παραμονής 10 ημέρες σε σύγκριση με τις 20 ημέρες του μεσόφιλου σχεδιασμού. Το διαγραμμα ροής της διεργασίας φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 14. Το διαγραμμα ροής της διεργασίας



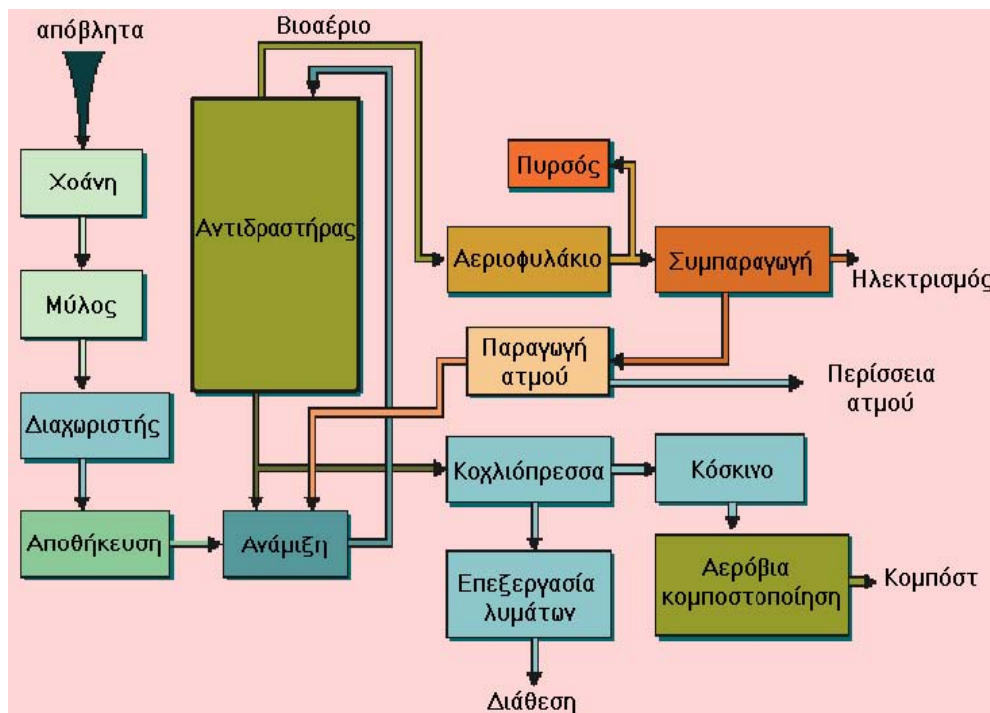
Εικόνα 15. Διεργασία κομποστοποίησης των οργανικών αποβλήτων (USEPA, 1996).

Η διεργασία έχει δοκιμαστεί για διάφορους τύπους αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένου και ενός μίγματος μηχανικά διαχωρισμένων δημοτικών ΣΑ και ιλύος υπονόμων, και λειτουργεί με ένα εύρος στερεών συστατικών 10-15% κ.β. Ο αντιδραστήρας είναι μία κλειστή δεξαμενή η οποία έχει υποδιαιρεθεί εσωτερικά για να υπάρχει ένα θάλαμος προζύμωσης. Η ανάμιξη επιτυγχάνεται με την έγχυση βιοαερίου δια μέσου της βάσης του αντιδραστήρα με την βοήθεια αντλίας. Η απόδοση της λειτουργίας συνιστάται στην παραγωγή 100-150 m³ βιοαερίου ανά τόνο εισερχομένων αποβλήτων, την μείωση του όγκου κατά 60%, την μείωση του βάρους κατά 50-60% και μία εσωτερική κατανάλωση βιοαερίου 20-30%

4.4.5. Διεργασία Dranco

Το σύστημα της Dranco (Dry Anaerobic Composting) αναπτύχθηκε στο Gent του Βελγίου. Η διεργασία λειτουργεί κάτω από θερμοφιλικές και ξηρές συνθήκες, με ένα περιεχόμενο σε στερεά συστατικά στον αντιδραστήρα μεταξύ 15 και 40% κ.β. Αναπτύχθηκε με σκοπό την επεξεργασία των στερεών οργανικών αποβλήτων και ειδικότερα του οργανικού κλάσματος των δημοτικών ΣΑ. Σαν τελικά προϊόντα λαμβάνονται ενέργεια με τη μορφή βιοαερίου και κομπόστ. Το διάγραμμα ροής της διεργασίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 16.

Τα απόβλητα που μεταφέρονται σε μια μονάδα Dranco υπόκεινται σε προεπεξεργασία, πριν οδηγηθούν μέσω αντλίας τροφοδότησης στον αντιδραστήρα. Εάν τα εισερχόμενα απόβλητα είναι ανάμικτα, τότε τα πρώτα βήματα της διεργασίας Dranco συνίστανται στη μείωση του όγκου και στο διαχωρισμό των διαφορετικών κλασμάτων στη ροή των αποβλήτων. Τα οργανικά απόβλητα που έρχονται από την προεπεξεργασία αναμιγνύονται σε μια μονάδα ανάμιξης με ζυμωμένο υλικό από τον αντιδραστήρα. Κατά τη διάρκεια της ανάμιξης προσδίδετε θερμότητα για να επιτευχθεί η θερμοκρασία των 50-55 βαθμών κελσίου η οποία είναι απαραίτητη για την θερμοφιλική αντίδραση.







Εικόνα 16 Διάγραμμα ροής διεργασίας






5. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

5.1. Περιγραφή θερμικής επεξεργασίας








Όπως αναφέρθηκε, οι σημαντικότεροι **στόχοι της ΘΕ** είναι:

-  Η αδρανοποίησή τους (μετατροπή τους σε υλικά λιγότερο επιβλαβή).
-  Η ελαχιστοποίηση της ποσότητας των αποβλήτων που οδηγούνται στους ΧΥΤΑ.
-  Η εκμετάλλευση της θερμογόνου δύναμης τους προς ανάκτηση ενέργειας (θέρμανση, ηλεκτρικό ρεύμα, καύσιμη ύλη).
-  Η μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης

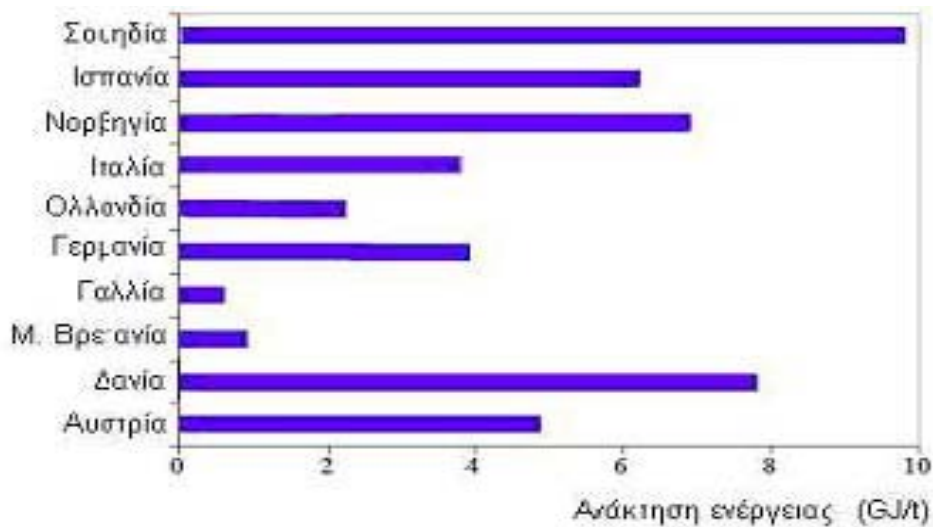
Η θερμική επεξεργασία των ΣΑ διαθέτει τα εξής βασικά **πλεονεκτήματα**:

-  Μειώνει τον όγκο τους σε μεγάλο βαθμό (έως και 90%).
-  Μειώνει τη μάζα τους έως και 70%.
-  Μπορεί να σχεδιασθεί τόσο για μικρές όσο και για μεγάλες ποσότητες αποβλήτων.
-  Επιτυγχάνεται ανάκτηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.
-  Είναι ανταγωνιστική των συμβατικών καυσίμων (κάρβουνο, αέριο, πετρέλαιο) στην περίπτωση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα κυριότερα **μειονεκτήματα** της ΘΕ είναι:

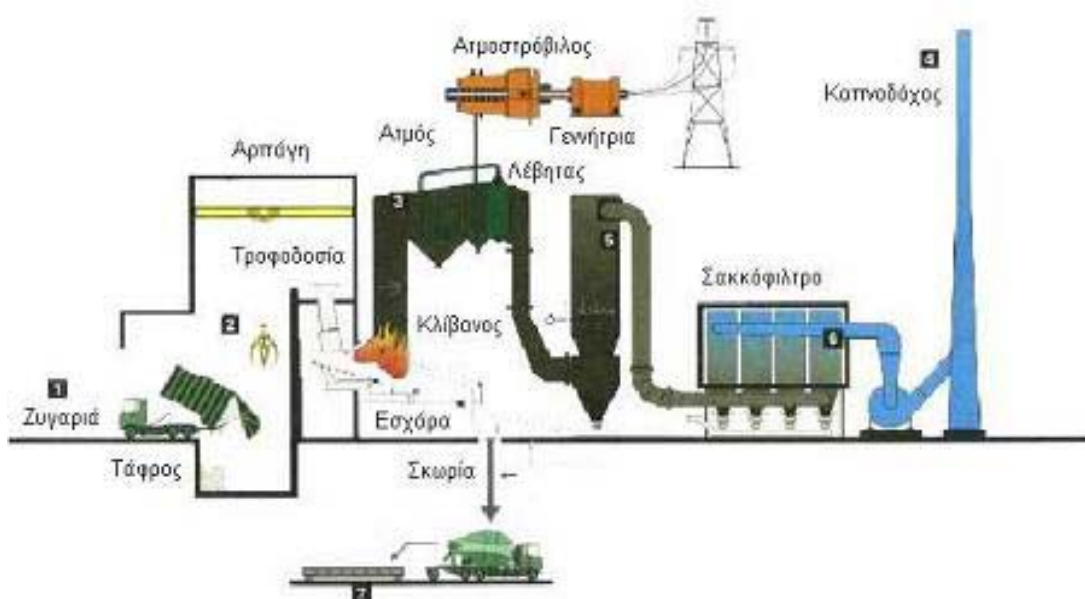
-  Υψηλό κόστος κατασκευής.
-  Υψηλό κόστος λειτουργίας.
-  Ανάγκη απασχόλησης εξειδικευμένου προσωπικού.
-  Μη άμεση αξιοποίηση υλικών από τα απόβλητα.
-  Δυσκολία αξιοποίησης της παραγόμενης θερμότητας (ιδίως σε μικρές εγκαταστάσεις).
-  Χρήση δαπανηρών συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης της προκαλούμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
-  Εκπομπές επικίνδυνων ρύπων μέσω των καυσαερίων.

Τα συστήματα ΘΕ καλούνται να συνεργασθούν με συστήματα αποκομιδής (που καλύπτουν τη συνολική ΠΑ), σταθμούς μεταφόρτωσης απορριμμάτων (ΣΜΑ), μονάδες ανάκτησης υλικών ή και κομποστοποίησης (ΜΑΥΚ) και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ).



Εικόνα 17. Ανάκτηση ενέργειας από τη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕΑ, 1999).

Η ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα είναι ανύπαρκτη στην Ελλάδα. Με την επεξεργασία των ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων των απορριμμάτων διαμορφώνονται τα τελευταία χρόνια διάφορα σενάρια, τα οποία προσβλέπουν στην υλοποίηση προγραμμάτων ΘΕ στην Ελληνική επικράτεια, αλλά προσκρούουν σε έλλειψη πολιτικής βούλησης και τεχνογνωσίας, όπως επίσης και σε κακή ενημέρωση. Οι τεχνολογίες ΘΕ απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας αναπτύχθηκαν κατά τις δεκαετίες του '70 και του '80 ως εναλλακτικές λύσεις της χρήσης συμβατικών καυσίμων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η διάκριση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας γίνεται βασικά με το είδος της εστίας καύσης και τον τύπο του θαλάμου καύσης. Μια τυπική μονάδα καύσης φαίνεται στην Εικόνα 18.



Εικόνα 18. Τυπική εγκατάσταση καύσης.

Ανάλογα τον τύπο της εστίας καύσης, διακρίνονται οι παρακάτω τεχνολογίες ΘΕ:

- α) Εστίας τύπου εσχάρας.
- β) Περιστρεφόμενου κλιβάνου.

Ανάλογα τον τύπο του θαλάμου καύσης, η θερμική επεξεργασία διακρίνεται σε:

- α) Μαζικής καύσης.
- β) Τμηματικής καύσης.
- γ) Καύσιμου από Σκουπίδια [ΚαΣ, (RDF, Refuse Derived Fuel)].

5.2. Θερμόλυση

Κατά τη μέθοδο αυτή παράγεται ανθρακούχο υπόλειμμα με την εμπορική ονομασία «carbor». Είναι παρόμοια με την επεξεργασία cracking (διύλισης) που χρησιμοποιείται στα διυλιστήρια για την παραγωγή διαφόρων κλασμάτων του αργού πετρελαίου. Η τεχνική αυτή ανταποκρίνεται στις ανάγκες περιοχών με μικρό πληθυσμό και τουριστικών περιοχών με έντονη διακύμανση του πληθυσμού. Από την άποψη αυτή συζητιέται η καταλληλότητά της για περιπτώσεις όπως τα Ελληνικά νησιά. Τα στάδια της μεθόδου είναι:

- (α) **Μηχανική επεξεργασία–διαχωρισμός–αποθήκευση.**
- (β) **Ξήρανση** σε εναλλάκτη θερμότητας αντιρροής (διαχωρισμός αέριας φάσης και στερεάς προς αντιδραστήρα).
- (γ) Θερμόλυση της στερεάς φάσης στο θάλαμο
- (δ) **Επεξεργασία στερεών προϊόντων** (αδρανών)
- (ε) **Επεξεργασία της ιλύος**

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- Η ανάκτηση των μετάλλων για μεταπώληση (αν δεν έχουν φτάσει στο σημείο τήξης).
- Η μικρή κατανάλωση ύδατος.
- Η παραγωγή εμπορεύσιμου Carbor.
- Το χαμηλό ρυπαντικό φορτίο των παραγόμενων υγρών και αερίων αποβλήτων.
- Τα κόστη κατασκευής και επεξεργασίας είναι χαμηλότερα από συμβατική μονάδα ΘΕ.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του CARBOR ομοιάζουν με αυτά του λιγνίτη ενώ συγκρινόμενο με συμβατικά βιομηχανικά καύσιμα, παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα της χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε κλιβάνους (τσιμεντοβιομηχανία, πλινθοποιία), χωρίς ιδιαίτερες επενδύσεις για την αποθήκευση του.

6. ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ – ΤΑΦΗ

Είναι γεγονός ότι ανέκαθεν ο τελικός αποδέκτης των υπολειμμάτων της κατανάλωσης και των καταλοίπων της παραγωγικής διαδικασίας υπήρξε το περιβάλλον. Στις παλιότερες κοινωνίες τα υπολείμματα της παραγωγής και της κατανάλωσης αγαθών ήταν ένα μέρος του βιολογικού κύκλου της φύσης. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των απορριμμάτων ήταν μία ιδανική λύση αφού η φύση είχε τη δυνατότητα να τα ανακυκλώνει. Αντίθετα στις σημερινές κοινωνίες η κατάσταση έχει μεταβληθεί δραματικά. Όπως συμβαίνει συνήθως, οι σύγχρονες κοινωνίες, βρίσκοντας βολική τη μέθοδο της ανεξέλεγκτης διάθεσης των απορριμμάτων, παραγνώρισαν το γεγονός ότι οι ποσότητες των απορριμμάτων αλλά και η ποιοτική τους σύσταση, έχουν ξεπεράσει τις ικανότητες της φύσης για αυτοκαθαρισμό, με αποτέλεσμα την ανατροπή της επικρατούσας οικολογικής ισορροπίας. Στα πλαίσια αυτά, η εδαφική διάθεση αποτελεί τον παραδοσιακότερο τρόπο αντιμετώπισης, ο οποίο καλείται να ανταποκριθεί.

6.1. Τρόποι εδαφικής διάθεσης

1. Ανεξέλεγκτη διάθεση-απόρριψη («παράνομοι» χώροι διάθεσης):

- Ανεξέλεγκτη καύση, χωρίς να λαμβάνεται κανένα μέτρο για τη μόλυνση του περιβάλλοντος και τους κινδύνους πυρκαγιών.
- Διάθεση απορριμμάτων από μικρούς δήμους και κοινότητες σε συγκεκριμένους χώρους, χωρίς να λαμβάνεται κανένα μέτρο υγειονομικής ταφής.
- Εγκατάλειψη απορριμμάτων από εκδρομείς.

2. Ημιελεγχόμενη διάθεση:

- Βρίσκεται ποιοτικά μεταξύ ανεξέλεγκτης και ελεγχόμενης.
- Δημιουργία κάποιου συγκεκριμένου χώρου διάθεσης, στον οποίο γίνεται μία επικάλυψη των απορριμμάτων και τηρούνται κάποια στοιχειώδη μέτρα ελέγχου.
- Τα προβλήματα και οι κίνδυνοι που υπάρχουν στην ανεξέλεγκτη διάθεση εμφανίζονται και εδώ αλλά με μικρότερη οξύτητα.
- Ύπαρξη συνήθως καλής πρόθεσης εκ μέρους των αρμοδίων, η οποία όμως δεν είναι αρκετή για να λύσει το πρόβλημα.

3. Υγειονομική ταφή (ελεγχόμενη διάθεση): Η πλέον ικανοποιητική και εγκεκριμένη λύση διάθεσης των απορριμμάτων στη φύση, σύμφωνα με τις παγκόσμιες προδιαγραφές προστασίας ανθρώπινης υγείας και περιβάλλοντος καθώς και με τη διεθνή νομοθεσία. Ταυτόχρονα αποτελεί μία οικονομική λύση διάθεσης των απορριμμάτων. Η υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων ΤΑ συντελείται στους ΧΥΤΑ.

6.2. Βιοαέριο

Κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών στο χώρο ταφής, απουσία οξυγόνου, εκλύονται διάφορα αέρια που χαρακτηρίζονται συνολικά ως **βιοαέριο**. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο σε ίσες περίπου αναλογίες, ενώ σε μικρές ποσότητες περιλαμβάνει αμμωνία, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, υδρόθειο, άζωτο και οξυγόνο (Πίνακας 3). Η ανεξέλεγκτη παραγωγή βιοαερίου μπορεί να προκαλέσει έκρηξη και πυρκαγιά, ενώ το μεθάνιο συνεισφέρει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αντίθετα, αν συγκεντρωθεί με κατάλληλα συστήματα, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας από τα απορρίμματα.

Η παραγωγή βιοαερίου σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων δημιουργεί προβλήματα στην ανάκτηση του χώρου, τα οποία σχετίζονται με τις κατασκευές και την υπάρχουσα βλάστηση.

Το μεθάνιο είναι εκρηκτικό αέριο σε ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις 5-15%κ.ο έτσι αν συσσωρευτεί σε κτίρια , υπάρχει κίνδυνος έκρηξης. Γενικά το βιοαέριο προκαλεί:

- Ασφυξία στα φυτά
- Πιθανές εκρήξεις
- Οσμές
- Επικίνδυνες εκπομπές

Συστατικά	Περιεκτικότητα [% κ.ο.]
CH ₄	45-60
CO ₂	40-60
N ₂	2-5
O ₂	0,1-1
H ₂	0-0,2
NH ₃	0,1-1
CO	0-0,2
H ₂ S	0-0,1

Πίνακας 3, Ενδεικτική σύσταση βιοαερίου

6.3. Επιπτώσεις ανεξέλεγκτης και ημιελεγχόμενης διάθεσης

Η διατάραξη της ισορροπίας του οικοσυστήματος είναι αναπόφευκτη σε μια περιοχή που «φιλοξενεί» ένα χώρο διάθεσης απορριμμάτων και μάλιστα η διαταραχή αυτή επεκτείνεται σε μεγάλη έκταση γύρω από αυτόν.

Η διατάραξη της ισορροπίας καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

- Κάλυψη και απόκρυψη των φυσικών χαρακτηριστικών, όπως η βλάστηση και η διατάραξη του φυσικού αποστραγγιστικού δικτύου.
- Μεταβολή του ανάγλυφου της περιοχής.
- Αισθητική υποβάθμιση του τοπίου.

Η ανεξέλεγκτη απόρριψη πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν πρόβλημα: (α) δημόσιας υγείας και επιδημιολογίας, (β) προστασίας του περιβάλλοντος και (γ) διαπαιδαγώγησης μιας υπεύθυνης συμπεριφοράς του κοινού στο περιβάλλον και την προστασία της φύσης.

Οι πιο σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις της διάθεσης των απορριμμάτων σε χωματερές είναι οι παρακάτω:

- Μολύνονται οι επιφανειακοί και υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες (Τα υγρά που προκύπτουν από τη διήθηση των αποβλήτων που βρίσκονται υπό αποσύνθεση καταλήγουν σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους και απειλούν τα μελλοντικά αποθέματα νερού)
- Ρυπαίνονται τεράστιες περιοχές, οι ακτές και οι θάλασσες.
- Ρύπανση ατμόσφαιρας από τυχόν καύση και δυσοσμίες των απορριμμάτων.
- Τίθεται σε κίνδυνο η δημόσια υγεία (μετάδοση ασθενειών).
- Κινδυνεύει άμεσα η χερσαία και η θαλάσσια πανίδα πολλών περιοχών.
- Υφίσταται αρνητικές επιδράσεις ο τουρισμός.
- Κίνδυνοι εκρήξεων.
- Οι χωματερές καταλαμβάνουν μεγάλων εκτάσεων πολύτιμο χώρο που είναι αναγκαίος για τις κοινότητες
- Η αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων μπορεί να διαρκέσει πολλές δεκαετίες.

6.4. Αποκατάσταση ανεξέλεγκτων-ημιελεγχόμενων χώρων διάθεσης στην Ελληνική επικράτεια -Τεχνικές και πρακτικές

Τα μέτρα για την αποκατάσταση χωρίζονται ανάλογα με τις επείγουσες ανάγκες σε βραχυπρόθεσμα, μεσοπρόθεσμα, μακροπρόθεσμα. Τα έργα αποκατάστασης είναι απαραίτητα για την προστασία του περιβάλλοντος και για την άρση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που οφείλονται στην ύπαρξη ενός χώρου διάθεσης.

Αντικείμενο της μελέτης αποκατάστασης ενός ανεξέλεγκτου χώρου διάθεσης αποτελεί η αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από αυτό το χώρο και η επανένταξη του στη γύρω περιοχή. Τα έργα αφορούν είτε ολόκληρη την έκταση του χώρου ή τμήματα όπου έχει ολοκληρωθεί η απόθεση των απορριμμάτων. Σχηματικά, τα έργα αποκατάστασης και τα αναμενόμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

ΕΡΓΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΔΡΑΣΗΣ
Επικαλύψεις – διαμορφώσεις	Δημιουργία νέου ανάγλυφου Αισθητική αναβάθμιση χώρου
Συλλογή του βιοαερίου	Έλεγχος οσμών Προστασία νέων φυτεύσεων
Διαχείριση στραγγισμάτων	Έλεγχος ρύπανσης υπόγειων υδάτων Προστασία επιφανειακών υδάτων
Τελική κάλυψη	Παρεμπόδιση εισόδου υδάτων στα απορρίμματα Διαμόρφωση εδάφους για φυτεύσεις
Αποστραγγιστικό σύστημα	Έλεγχος όμβριων υδάτων Προστασία χώρου ταφής
Φυτεύσεις	Αισθητική αναβάθμιση Διαμόρφωση νέων χρήσεων

Πίνακας 4. Προτεινόμενα έργα αποκατάστασης (Φραντζής κ.ά., 2000).

6.5. Υγειονομική ταφή

Η ΥΤ των απορριμμάτων, ή ελεγχόμενη διάθεση ή πλήρωση του εδάφους (landfill) αποτελεί παλαιά μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για λόγους υγιεινής και προστασίας του περιβάλλοντος. Είναι ακόμη επίκαιρος ο ορισμός του Αμερικάνικου Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών του 1959, σύμφωνα με τον οποίο: "ΥΤ είναι 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".

Τα είδη των απορριμμάτων που μπορούν να γίνουν δεκτά σε έναν χώρο υγειονομικής ταφής δημοτικών απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) εφόσον δεν υπάρχουν απαγορευτικοί κανονισμοί είναι:

- Οικιακά απορρίμματα, ή παρεμφερή απορρίμματα προερχόμενα από εμπορικές ζώνες.
- Τέφρες-σκωρίες, εφόσον δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα άνω των επιτρεπτών ορίων.
- Μπάζα.
- Σταθεροποιημένες ιλείς από εγκαταστάσεις καθαρισμού νερού.
- Σταθεροποιημένες και αφυδατωμένες ιλείς από μονάδες βιολογικού καθορισμού αστικών λυμάτων. Για να γίνει δεκτή η ιλύς πρέπει να περιέχει στερεά άνω των 20%.

Από τη διάθεση με ΥΤ εξαιρούνται τα ραδιενεργά, τα ειδικά, τα τοξικά και τα επικίνδυνα απορρίμματα, τα οποία και απαιτούν οργάνωση ειδικών χώρων διάθεσης.

Για τη διάθεση ιλύων πρέπει να υπάρχει στο χώρο:

- Στεγανωτική στρώση από άργιλο ή και συνθετική γεωμεμβράνη.
- Σύστημα συλλογής των υγρών.
- Κατάλληλος τρόπος ανάμιξης και διασκορπισμός στα απορρίμματα.

Παραδοσιακά, τα απορρίμματα τοποθετούνταν σε φυσικούς ή και τεχνητούς λάκκους και κάθε στρώση καλύπτονταν από χώμα. Επίσης, πολλές φορές η διάθεση γίνονταν στην επιφάνεια του εδάφους και τα στρώματα καλύπτονταν από χώμα ώστε να δημιουργούνται υπερυψώσεις. Σε άλλες περιπτώσεις η διάθεση των απορριμμάτων γίνονταν σε χαράδρες ή υποβαθμισμένες περιοχές. Σήμερα η ΥΤ γίνεται μετά από επιλογή καταλλήλων χώρων, ύστερα από σειρά εργασιών και ερευνών που θα περιγραφούν παρακάτω.

6.6. Τρόποι ΥΤ

Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει την τεμάχιση των οικιακών απορριμμάτων με τη βοήθεια θραυστήρα (λειοτεμαχιστή) με σφύρες και κοπτήρες και τη διάθεσή τους (μετά από ενδεχόμενη ζύμωση σε σωρούς) μέσω ενός φορτωτή. Η θραύση των απορριμμάτων οδηγεί στην εξαφάνιση των σοβαρών κενών και δημιουργείται ένα ομοιογενές υλικό εύκολο στη συμπίεση. Έτσι η απλή δίοδος των αυτοκινήτων που μεταφέρουν τα θραυσμένα απορρίμματα επιτρέπει την εξασφάλιση αρκετής συμπίεσης. Με την πάροδο του χρόνου αυξάνει η πυκνότητα των απορριμμάτων λόγω της διενεργούμενης ζύμωσης. Πρακτικά η θρυμματοποίηση διπλασιάζει την πυκνότητα των ανεπεξέργαστων απορριμμάτων, ενώ η ζύμωση διπλασιάζει την πυκνότητα των θρυμματισμένων.

6.7. Διάθεση ύστερα από θραύση

Τα απορρίμματα εναποτίθενται σε διαδοχικές στρώσεις πάχους 2-3 m. Άριστο πάχος στρώσης θεωρούνται τα 2,4 m, γιατί εξασφαλίζεται καλή ορατότητα για τους χειριστές των μηχανημάτων και τους εργάτες που βρίσκονται στην κορυφή του μετώπου εργασίας. Η στρώση των απορριμμάτων (ταμπάνι) συμπυκνώνεται μέχρι 600-800 kg/m³, προκειμένου να αποφευχθεί ο σχηματισμός κενών μέσα στη μάζα τους. Η κάλυψη γίνεται με κατάλληλες γαίες πάχους 10-30 cm, στο τέλος κάθε εργάσιμης ημέρας. Η κάλυψη πρέπει να είναι ομοιογενής, διαπερατή για τα αέρια και να παρέχει ευχέρεια στην κυκλοφορία των απορριμματοφόρων. Η κατεύθυνση τοποθέτησης των απορριμμάτων εξαρτάται από τη διεύθυνση του αέρα, με σκοπό να μην προκαλείται διασκορπισμός στη γύρω περιοχή

6.8. Λιπασματοποίηση επί τόπου

Τα απορρίμματα υφίστανται αερόβια ζύμωση (όπως στις εγκαταστάσεις λιπασματοποίησης), ενώ η θρυμματοποίηση επιτυγχάνεται μέσω συμπιεστών μεγάλου βάρους. Δεν έχουμε ούτε μεθανοποίηση ούτε αναερόβια ζύμωση και απελευθέρωση δύσσομων αερίων, ενώ επιτυγχάνεται και μερική ξήρανση των απορριμμάτων. Η πυκνότητα είναι υψηλή (της τάξης των 1200 kg/m³). Το προκύπτον λίπασμα έχει νηματώδη δομή (πολυάριθμες φυτικές ίνες) και μπορεί να κατακρατήσει το νερό.

6.9. Διάθεση με συμπίεση

Πρόκειται για ιδιαίτερα διαδεδομένο τρόπο, κατάλληλο για μεσαίους και μεγάλους χώρους διάθεσης. Η συμπίεση γίνεται με ειδικές μηχανές τους συμπιεστές (compactors), οι οποίοι διαστρώνουν τα απορρίμματα σε επαναλαμβανόμενες λεπτές στρώσεις πάχους 30-50 cm, τις οποίες συμπιέζουν μέχρι μία πυκνότητα 800-1000 kg/m³. Ο χρησιμοποιούμενος συμπιεστής παρουσιάζεται στη μορφή αυτοκινούμενης αρθρωτής μηχανής, εφοδιασμένης στις θέσεις των τροχών με χαλύβδινους κυλίνδρους που φέρουν δόντια ή μαχαίρια για το τεμάχισμα και τη συμπίεση των απορριμμάτων. Μπροστά φέρει μία λεπίδα για τις επιχωματώσεις. Τα

διαστρωμένα απορρίμματα δεν έχουν ανάγκη καθημερινής κάλυψης. Για την αποφυγή ενοχλήσεων και την καλύτερη αισθητική του χώρου τοποθετείται επίστρωση από κατάλληλες γαίες πάχους 15 cm. Πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η ελάττωση των αναγκών σε υλικό κάλυψης, η ευκολία κίνησης των απορριμματοφόρων επάνω στο χώρο διάθεσης, η καλύτερη εκμετάλλευση του όγκου του χώρου διάθεσης, μία αισθητή ελάττωση της τελικής καθίζησης, καλύτερη γενική εικόνα του χώρου διάθεσης και λιγότερο απαιτούμενο προσωπικό.

6.10. Αερόβια διάθεση

Η μέθοδος περιλαμβάνει οπτική διαλογή στην πηγή των προσκομιζόμενων απορριμμάτων και αερισμό των υπολοίπων. Τα απορρίμματα διαχωρίζονται στα ζυμώσιμα (λαχανικά, φρούτα, κρέατα, ψάρια, χαρτιά κ.λπ.) και στα μη ζυμώσιμα (γυαλιά, κεραμικά, μέταλλα, αδρανή κ.λπ.). Τα απορρίμματα της πρώτης κατηγορίας εναποτίθενται σε στεγανούς χώρους και ζυμώνονται σε αερόβιες συνθήκες, παίρνοντας το μέγιστο του οξυγόνου δια της κατακερμάτισης τους μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου συμπιεστή.

6.11. Δεματοποίηση

Διεξάγεται με συμπίεση των απορριμμάτων με πολύ μεγάλη πίεση για το σχηματισμό δεμάτων, τα οποία μεταφέρονται και θάβονται στο χώρο διάθεσης. Τα δέματα γίνονται με πρέσες, σε διαστάσεις που δίδουν όγκο δέματος περίπου 1 m³ και περιλαμβάνουν όλα τα είδη απορριμμάτων. Η τελική πυκνότητα φτάνει στα 1000 kg/m³ (διαστάσεις δέματος: 1x1x1 m). Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η ευκολία μεταφοράς, η αντοχή των δεμάτων σε κρούσεις, η εύκολη απόθεση και το χαμηλό ρυπαντικό φορτίο των προκυπτόντων διασταλλαζόντων. Μειονέκτημα αποτελεί η δυσκολία στην κατάσβεση πυρκαγιών.

6.12. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ΥΤ

Η ΥΤ είναι συνήθως η οικονομικότερη μέθοδος διάθεσης, όταν βρίσκεται εύκολα κατάλληλος χώρος. Απαιτεί σχετικά μικρότερο κεφάλαιο επενδύσεων για έργα υποδομής και μηχανολογικό εξοπλισμό, ενώ παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία και επιτρέπει αποκατάσταση του χώρου μετά την εξάντλησή του. Πρόκειται για πλήρη μέθοδο σε αντιδιαστολή με τη καύση και λιπασματοποίηση που χρειάζονται πρόσθετη επεξεργασία των καταλοίπων. Στα μειονεκτήματά της συγκαταλέγονται η δυσκολία εξεύρεσης χώρου στις πυκνοκατοικιμένες περιοχές (σε απόσταση που είναι δυνατή η μεταφορά τους), οι μεγάλες αντιδράσεις και διαμαρτυρίες από τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών και ρύπανση του εδάφους και των υπογείων υδάτων από τα διασταλλάζοντα υγρά, όπως και ανάγκες περιοδικής συντήρησης του χώρου, ειδικής κατασκευής των κτισμάτων και λήψης μέτρων για το παραγώμενο μεθάνιο.

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΒΕ Βελτιωτικό Εδάφους

ΔΑ Διαχείριση Απορριμμάτων

ΔσΠ Διαλογή στην Πηγή ΘΕ Θερμική Επεξεργασία

ΜΑΥΚ Μονάδες Ανάκτησης Υλικών Κομποστοποίησης

ΜΔ Μηχανικός Διαχωρισμός

ΠΑ Παραγωγή Απορριμμάτων

ΣΑ Στερεά Απόβλητα

ΣΜΑ Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων

ΣΟΔΑ Συστημα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων

ΤΑ Τοπική Αυτοδιοίκηση

ΤΔ Τελική Διάθεση

ΥΤ Υγειονομική Ταφή

ΧΥΤΑ Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καραγιαννίδης Α. (1996), Μοντελοποίηση Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων, Διδακτορική Διατριβή, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

Λέκκας Θ., Γιαννόπουλος Γ. και Ραζής Γ (1991), Συγκριτική παρουσίαση μεθόδων διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Νοέμβριος.

Μαρκαντωνάτος Γρ. (1990), Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων.

Μουσιόπουλος Ν. (1997), Διαχείριση απορριμμάτων, Σημειώσεις διαλέξεων διαχείρισης απορριμμάτων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.

Μουσιόπουλος Ν. (1999) Βελτιστοποίηση της διαχείρισης απορριμμάτων στη Θεσσαλονίκη, Πρόγραμμα Γενικής Γραμματείας και Τεχνολογίας, Οκτώβριος 1997 – Απρίλιος 1999.

Πανταζής Α. (2002), Ανάπτυξη γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και εφαρμογή του στα σενάρια διαχείρισης στερεών αποβλήτων στο Νομό Θεσσαλονίκης. Υπολογισμός κριτηρίων αξιολόγησης των εγκαταστάσεων της διαχείρισης απορριμμάτων, Διπλωματική εργασία, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.

Λαδιάς Β., Μανωλούδης Αθ. και Τούλας Ν. (1999) Αξιολόγηση προοπτικών ανάκτησης ενέργειας των απορριμμάτων μέσω μεθόδων θερμικής επεξεργασίας στο Νομό Θεσσαλονίκης, Διπλωματική εργασία του Εργαστηρίου Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (αρμόδιος παρακολούθησης: Γ. Περκουλίδης).

Καραγιαννίδης Α., Ξηρογιαννοπούλου Α. και Μουσιόπουλος Ν. (2002), "Pay-As-You-Throw": Ένα καινοτόμο σύστημα για τη μεταβλητή κοστολόγηση της αποκομιδής απορριμμάτων, Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), Αθήνα, 28 Φεβρουαρίου - 1 Μαρτίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καραγιαννίδης Α. (1996), Μοντελοποίηση Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Απορριμμάτων, Διδακτορική Διατριβή, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

Λέκκας Θ., Γιαννόπουλος Γ. και Ραζής Γ (1991), Συγκριτική παρουσίαση μεθόδων διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Νοέμβριος.

Μαρκαντωνάτος Γρ. (1990), Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων.

Μουσιόπουλος Ν. (1997), Διαχείριση απορριμμάτων, Σημειώσεις διαλέξεων διαχείρισης απορριμμάτων, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης

Μουσιόπουλος Ν. και Μπούρα Α. (1998), Ανάλυση κύκλου ζωής, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.

Πανταζής Α. (2002), Ανάπτυξη γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και εφαρμογή του στα σενάρια διαχείρισης στερεών αποβλήτων στο Νομό Θεσσαλονίκης. Υπολογισμός κριτηρίων αξιολόγησης των εγκαταστάσεων της διαχείρισης απορριμμάτων, Διπλωματική εργασία, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.

Λαδιάς Β., Μανωλούδης Αθ. και Τούλας Ν. (1999) Αξιολόγηση προοπτικών ανάκτησης ενέργειας των απορριμμάτων μέσω μεθόδων θερμικής επεξεργασίας στο Νομό Θεσσαλονίκης, Διπλωματική εργασία του Εργαστηρίου Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (αρμόδιος παρακολούθησης: Γ. Περκουλίδης).

Καραγιαννίδης Α., Ξηρογιαννοπούλου Α. και Μουσιόπουλος Ν. (2002), "Pay-As-You-Throw": Ένα καινοτόμο σύστημα για τη μεταβλητή κοστολόγηση της αποκομιδής απορριμμάτων, Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΕΕΔΣΑ), Αθήνα, 28 Φεβρουαρίου - 1 Μαρτίου.