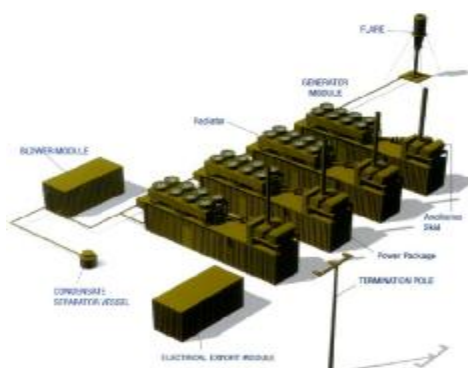


ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. [Εισαγωγή](#)
2. [Απορρίμματα](#)
 - 2.1. [Συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων](#)
 - 2.2. [Είδη απορριμμάτων](#)
 - 2.2.1. [Σύνθεση Οικιακών Απορριμμάτων](#)
3. [Περιβαλλοντική νομοθεσία](#)
 - 3.1. [Ευρωπαϊκή πολιτική](#)
 - 3.1.1. [Οδηγία 75/442/ΕΟΚ περί της διαχείρισης στερεών απόβλητων](#)
 - 3.1.2. [Οδηγία 2000/76/εκ περί της αποτέφρωσης των αποβλήτων](#)
 - 3.1.3. [Οδηγία 1999/31/εκ περί της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων](#)
 - 3.2. [Ελληνική νομοθεσία](#)
 - 3.2.1. [ΚΥΑ 49541/1424/86 \(ΦΕΚ 444/Β/1986\)](#)
 - 3.2.2. [ΚΥΑ 82805/2224 \(ΦΕΚ 699/Β/1993\)](#)
 - 3.2.3. [ΚΥΑ 69728/824/96 \(ΦΕΚ 358/Β/1996\)](#)
 - 3.2.4. [ΚΥΑ 114218/97 & ΚΥΑ 113944/97 \(ΦΕΚ 1016/Β/1997\)](#)
4. [Μέθοδοι επεξεργασίας απορριμμάτων](#)
 - 4.1. [Καύση](#)
 - 4.1.1. [Εισαγωγή](#)
 - 4.1.2. [Ενεργειακό περιεχόμενο απορριμμάτων](#)
 - 4.1.3. [Καύση Απορριμμάτων](#)
 - 4.1.4. [Βασικά Χαρακτηριστικά της Καύσης Απορριμμάτων](#)
 - 4.1.5. [Τα Προϊόντα της Καύσης](#)
 - 4.1.6. [Περιγραφή της διαδικασίας της καύσης](#)
 - 4.1.7. [Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα](#)
 - 4.1.8. [Συστήματα μείωσης εκπομπών αερίων καύσης](#)
 - 4.1.8.1. [Οικονομική ανάλυση](#)
 - 4.1.9. [Η ευρωπαϊκή εμπειρία](#)
 - 4.1.9.1. [Το εργοστάσιο καύσης των Βρυξελλών](#)
 - 4.2. [Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων](#)
 - 4.2.1. [Αναερόβια Χώνευση](#)
 - 4.2.2. [ΧΥΤΑ - Ορισμός – Βασικές διεργασίες](#)
 - 4.2.2.1. [Επιλογή περιοχής για την κατασκευή χώρων υγειονομικής ταφής](#)

απορριμμάτων

- 4.2.2.2. Μέθοδοι υγειονομικής ταφής
- 4.2.2.3. Έργα υποδομής σε ΧΥΤΑ
- 4.2.2.4. Στεγανοποίηση ΧΥΤΑ
- 4.2.2.5. Σύνθεση και ποσοτικός προσδιορισμός στραγγισμάτων
- 4.2.2.6. Σύστημα συλλογής στραγγισμάτων
- 4.2.2.7. Τα αέρια που παράγονται στους ΧΥΤΑ
- 4.2.2.8. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιοαερίου
- 4.2.2.9. Εκτίμηση παραγωγής βιοαερίου και στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ
- 4.2.2.10. Σύστημα συλλογής βιοαερίου
- 4.2.2.11. Διαστασιολόγηση των ΧΥΤΑ
- 4.2.2.12. Λειτουργία ενός ΧΥΤΑ
- 4.2.3. Μέθοδοι επεξεργασίας των στραγγισμάτων
- 4.2.4. Μέθοδοι επεξεργασίας των στραγγισμάτων
- 4.2.5. Σύστημα παρακολούθησης ΧΥΤΑ (monitoring system)
- 4.2.6. Σχεδιασμός μελλοντικής αποκατάστασης ΧΥΤΑ
- 4.2.7. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα
- 4.2.8. ΧΥΤΑ Ανω Λιοσίων
- 4.2.9. ΧΥΤΑ Θεσσαλονίκης
- 4.3. Λιπασματοποίηση
 - 4.3.1. Εισαγωγή
 - 4.3.2. Composting : μια φυσική βιολογική διεργασία
 - 4.3.3. Ιστορική εξέλιξη του composting
 - 4.3.4. Μεθοδολογία επεξεργασίας και ζύμωσης οικιακών απορριμμάτων
 - 4.3.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του composting
 - 4.3.6. Θετικά και αρνητικά στοιχεία του compost
 - 4.3.7. Κριτήρια επιλογής του composting για τη διάθεση των οικιακών απορριμμάτων.
 - 4.3.8. Εφαρμογή του composting στη λάσπη του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των πόλεων.
 - 4.3.9. Οικονομική ανάλυση
- 4.4. Αλκοολική ζύμωση
- 4.5. Χημική αναγωγή
- 4.6. Πυρόλυση

- 4.6.1. [Περιγραφή διαδικασίας](#)
- 4.6.2. [Τύποι κλιβάνων](#)
- 4.6.3. [Περιγραφή απλής μονάδας πυρόλυσης](#)
- 4.6.4. [Πλεονεκτήματα](#)
- 4.6.5. [Μειονεκτήματα](#)
- 4.7. [Αεριοποίηση](#)
 - 4.7.1. [Αεριοποίηση με τη μέθοδο πλάσματος](#)
 - 4.7.1.1. [Περιγραφή διαδικασίας](#)
 - 4.7.1.2. [Χειρισμός υλικών](#)
 - 4.7.1.3. [Ο θερμικός μετασχηματισμός των απορριμμάτων](#)
 - 4.7.1.4. [Επεξεργασία παραγόμενων αερίων](#)
 - 4.7.1.5. [Παραγωγή ατμού και ενέργειας](#)
 - 4.7.1.6. [Πλεονεκτήματα της μεθόδου](#)
- 5. [Προτεινόμενες εφαρμογές](#)
 - 5.1. [Μονάδα Compact για ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου και κομποστοποίηση-
Komprogas compact system](#)
 - 5.2. [Ενεργειακή εκμετάλλευση βιοαερίου από ΧΥΤΑ με μ-αεροστρόβιλους](#)
 - 5.3. [Εκμετάλλευση βιοαερίου - JENBACHER](#)
 - 5.4. [Σύστημα πλάσματος για την ενεργειακή διαχείριση απορριμμάτων-
ΠΥΡΟΓΕΝΕΣΙΣ](#)
- 6. [Ευαισθητοποίηση και περιβαλλοντική συνείδηση](#)
- 7. [Συμπεράσματα - Επίλογος](#)

[ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ](#)

[ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ](#)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I:

- ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΛΛΟΥ EXCEL ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΙΑΣΤΑΛΛΑΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ.
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΕΝΟΣ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II:

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

1. Εισαγωγή

Το περιβάλλον ορίζεται ως «το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την ποιότητα της ζωής, την υγεία των κατοίκων την ιστορική και πολιτιστική παράδοση και τις αισθητικές αξίες». Επιτακτική μοιάζει να είναι η ανάγκη της σύγχρονης κοινωνίας, με τα τόσα περιβαλλοντικά προβλήματα, για διαχείριση του περιβάλλοντος κατά αειφόρο τρόπο. Δηλαδή κατά τρόπο, ο οποίος θα ικανοποιεί τις ανάγκες των σημερινών γενεών, χωρίς να διακυβεύει τη δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες.

Ένας από τους παράγοντες, που αποτελούν σημαντική επιβάρυνση για το περιβάλλον, είναι τα απορρίμματα. Ο όγκος των απορριμμάτων που παράγουμε συνεχώς αυξάνει λόγω της αύξησης του ρυθμού ανάπτυξης αλλά και της αλλαγής στα καταναλωτικά πρότυπα. Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνεται και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και γίνεται ολοένα και πιο έντονη η απαίτηση των πολιτών, για την ορθή διαχείρισή τους. Κάθε σύστημα εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων, πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο ο οποίος θα εξασφαλίζει, με σειρά προτεραιότητας, τα παρακάτω:

- Την ελαχιστοποίηση της παραγωγής απορριμμάτων, με ενθάρρυνση της μείωσης δημιουργίας,
- Την επαναχρησιμοποίηση των υλικών,
- Την ανακύκλωση των υλικών και
- Την ανάκτηση ενέργειας, σε ειδικές εγκαταστάσεις με παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι εφαρμόζοντας τις παραπάνω αρχές στη διαχείρισης των απορριμμάτων, τα τελευταία, όχι μόνο δεν θα αποτελούν επιβάρυνση για το περιβάλλον, αλλά θα μπορούν να θεωρηθούν ως μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας και μάλιστα σε μια εποχή όπου οι φυσικοί πόροι εξαντλούνται. Έτσι, δίνεται λύση στην εύρεση νέων πηγών ενέργειας, καθώς μπορούν να χρησιμοποιούνται και τα απορρίμματα, σε συνδυασμό με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (αιολική, ηλιακή), για την παραγωγή ενέργειας.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παραθέσει όλους τους δυνατούς τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας των απορριμμάτων και τους τρόπους που αυτές μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να έχουν, όσο αυτό είναι εφικτό, λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Και μέσα από την ανάλυση αυτή, να γίνει κατανοητό ότι «τα σκουπίδια δεν είναι για πέταμα, είναι πρώτη ύλη», σύνθημα το οποίο περιγράφει πολύ εύστοχα την

πραγματική κατάσταση και έχει υιοθετηθεί από τον Σύνδεσμο Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης Μείζονος Θεσσαλονίκης.

Συγκεκριμένα, αναλύονται τα συστήματα διαχείρισης των απορριμμάτων, παρουσιάζεται η σχετική νομοθεσία, Ελληνική αλλά και Ευρωπαϊκή, καθώς επίσης γίνεται αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή αξιοποίησή τους. Γίνεται περιγραφή των μεθόδων, καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους, παράθεση στοιχείων σχετικά με την οικονομική τους βιωσιμότητα, σύγκριση μεταξύ τους καθώς και αναφορά ερευνητικών και πειραματικών μελετών, που έχουν κατά καιρούς εκπονηθεί, με σκοπό την πιο ολοκληρωμένη κάλυψη τους.

2. Απορρίμματα

2.1. Συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων

Τις τελευταίες δεκαετίες, η συγκέντρωση του πληθυσμού σε μεγάλα αστικά κέντρα και η παράλληλη εκβιομηχάνιση, είχαν σαν συνέπεια την αύξηση των παραγόμενων απορριμμάτων και την ανάγκη οργάνωσης της διαδικασίας απόρριψής τους. Έτσι σταδιακά άρχισαν με την παρέμβαση της πολιτείας να διατυπώνονται και να εφαρμόζονται κάποιοι κανόνες διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, ενώ ιδιαίτερα σε ότι αφορά τα απόβλητα της παραγωγικής διαδικασίας, επιδιώκεται όλο και περισσότερο η ανακύκλωσή τους. Η παρέμβαση αυτή της πολιτείας ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '60. Κύριο γνώρισμα της περιόδου αυτής είναι η έλλειψη σαφούς επίδρασης της κρατικής και δημοτικής παρέμβασης στην υπάρχουσα κατάσταση της διαχείρισης των αποβλήτων, που θα οδηγούσε στον επανακαθορισμό τους σε μια προσπάθεια βελτίωσης της κατάστασης. Μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '60 η κοινωνία άρχισε να ενδιαφέρεται σοβαρά και να παίρνει υπόψη της τα αποτελέσματα της παρέμβασής της στον τομέα της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, προσπαθώντας να βελτιστοποιήσει τη δράση της. Βασικά αιτία της αλλαγής αυτής είναι η αυξανόμενη ποσότητα των αποβλήτων, η αλλαγή της φυσικής τους σύνθεσης, με κύριο γνώρισμα την αύξηση του χαρτιού και του πλαστικού και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον. Όλα αυτά τα στοιχεία οδήγησαν σε μια ριζική ανατροπή της, ήδη διαταραγμένης από την προηγούμενη περίοδο, οικολογικής ισορροπίας, που εκφράζεται κύρια από την δυσκολία του φυσικού περιβάλλοντος να ανταποκριθεί ικανοποιητικά στο ρόλο του σαν τροφοδότη υλικών (προοπτική εξαντλησιμότητας πολλών πρώτων υλών και ενεργειακών πόρων), και αποδέκτη αποβλήτων (αδυναμία αφομοίωσης των τεράστιων ποσοτήτων απορριμμάτων, αυξανόμενο ποσοστό τοξικών και μη αποικοδομήσιμων υλικών).

Η διαχείριση των απορριμμάτων βασίζεται σε 3 στοιχεία:

- (α) στη διατύπωση γενικού σχεδίου,
- (β) στο ρυθμιστικό σύστημα και στο σύστημα ελέγχου και
- (γ) στη διαθεσιμότητα κατάλληλων τεχνικών και εγκαταστάσεων διαχείρισης και διάθεσης, με σκοπό να υλοποιηθεί η επιλεγμένη πορεία για την διαχείριση των απορριμμάτων.

Οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται ο σχεδιασμός της διαχείρισης των απορριμμάτων στη σύγχρονη κοινωνία είναι:

- Μείωση απορριμμάτων στην πηγή τους,

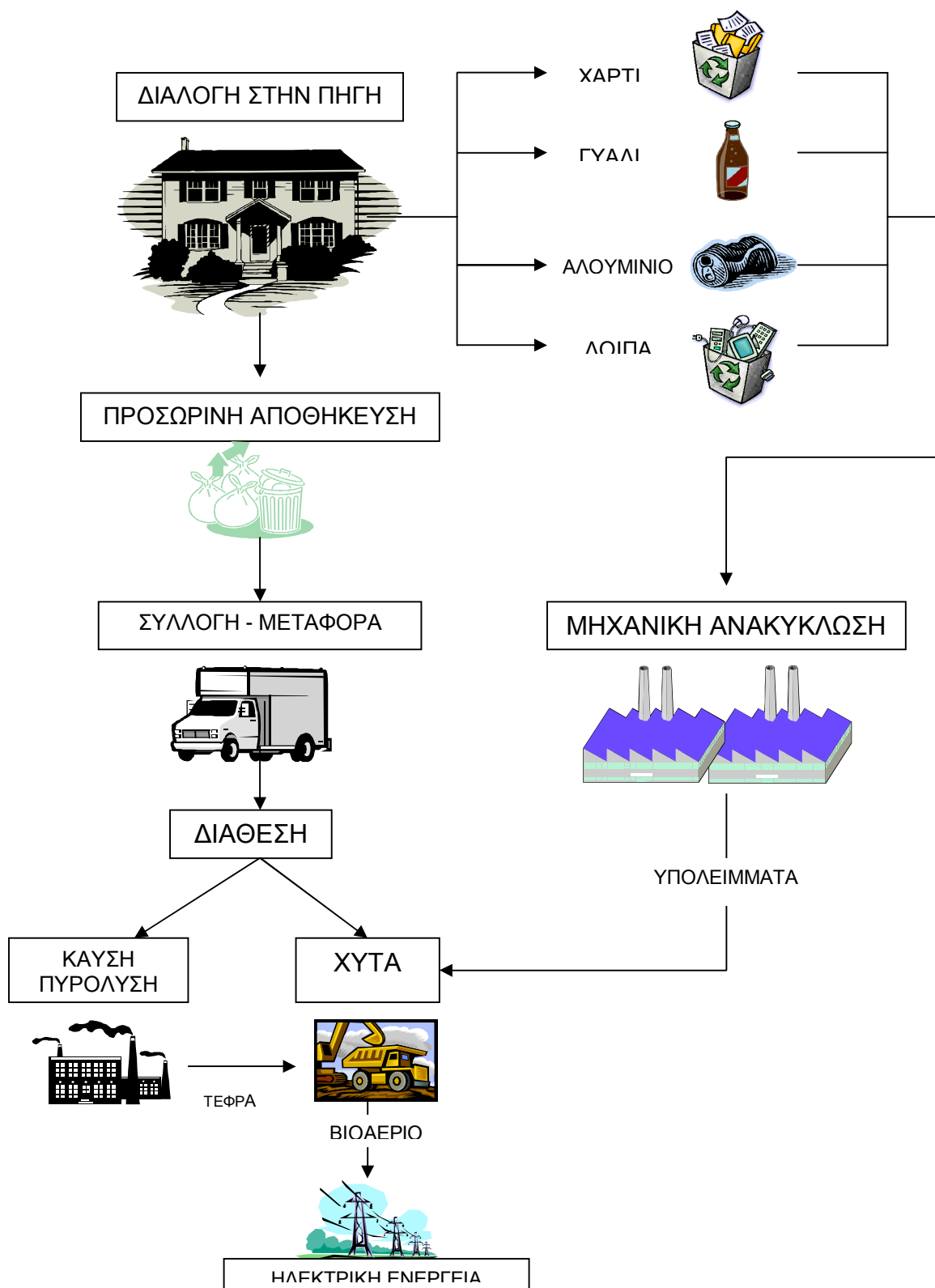
- Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων,
- Ανάκτηση ενέργειας από ακατέργαστα υλικά,
- Διαχείριση απορριμμάτων και
- Διάθεση των υπολειμμάτων από την χρήση και άλλων αναπόφευκτων απορριμμάτων.

Ένας γενικός κύκλος διαχείρισης μπορεί να περιγραφεί, όπως στο σχήμα 1, παρουσιάζοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ των διάφορων επιλογών. Ο κύκλος ξεκινά από την παραγωγή βιομηχανικών, οικιακών, αστικών απορριμμάτων κ.λπ. Ακολουθώντας την παραπάνω ιεραρχία η πρώτη προτεραιότητα είναι να μειωθεί η παραγωγή απορριμμάτων στην πηγή τους και να υλοποιηθεί κατάλληλος διαχωρισμός και τακτικές ανακύκλωσης. Τα αναπόφευκτα απορρίμματα συσκευάζονται, συλλέγονται και μεταφέρονται είτε σε προσωρινές εγκαταστάσεις αποθήκευσης, είτε κατευθείαν στους χώρους ανάκτησης, διαχείρισης και διάθεσης. Η διαχείριση των απορριμμάτων εξυπηρετεί 2 σκοπούς: (α) την ανάκτηση υλικών από το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων και (β) την μετατροπή των απορριμμάτων σε μια μορφή που επιτρέπει την τελική διάθεσή τους με ασφαλή και σωστό τρόπο. Ακόμα και στο σημείο της τελικής διάθεσης ο αντικειμενικός σκοπός είναι η εξάλειψη της όποιας πιθανότητας μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Υπάρχουν 2 τρόποι να αντιμετωπιστούν οι μεγάλες ποσότητες στερεών απορριμμάτων που παράγουμε: (1) η διαχείριση απορριμμάτων και (2) η παρεμπόδιση της μόλυνσης. Η διαχείριση απορριμμάτων είναι μια μέθοδος που ενθαρρύνει την παραγωγή απορριμμάτων από χρήση στην πηγή και κατόπιν προσπαθεί να διαχειριστεί τα απορρίμματα με τρόπους που θα μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κυρίως θάβοντας ή καίγοντάς τα.

Αργά ή γρήγορα όμως, ακόμα και οι καλύτερα σχεδιασμένοι κλίβανοι αποτέφρωσης διαχέουν στον αέρα κάποιες τοξικές ουσίες και αφήνουν τοξικά υπολείμματα που πρέπει να καταστραφούν. Επιπλέον, ακόμα και στους καλύτερα σχεδιασμένους ΧΥΤΑ τελικά διαφεύγουν στραγγίσματα στα υπόγεια νερά.

Το βασικό πρόβλημα είναι ότι τα μοντέρνα οικονομικά συστήματα ανταμείβουν αυτούς που παράγουν απορρίμματα και όχι αυτούς που προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τις πηγές πιο συνετά.



Σχήμα 1: Διαχείριση των απορριμμάτων

Η παρεμπόδιση της μόλυνσης είναι μια μέθοδος που:

- (1) αντιμετωπίζει τα στερεά απορρίμματα ως πηγές και
- (2) θεωρεί ότι πρέπει να ανακυκλώνουμε, να επαναχρησιμοποιούμε ή να μην χρησιμοποιούμε από την αρχή αυτά τα προϊόντα.

Η προσέγγιση της παρεμπόδισης έχει την παρακάτω ιεραρχία:

- Μείωση των απορριμμάτων και της μόλυνσης εμποδίζοντας τη δημιουργία της
- Επαναχρησιμοποίηση όσο περισσότερων πραγμάτων γίνεται
- Ανακύκλωση και κομποστοποίηση όσο περισσότερων απορριμμάτων γίνεται
- Αποτέφρωση ή επεξεργασία απορριμμάτων που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν ή να κομποστοποιηθούν
- Θάψιμο των υπολοίπων σε υψηλού τεχνικού επιπέδου ΧΥΤΑ

Η μείωση των απορριμμάτων και η παρεμπόδιση της μόλυνσης εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια από ότι η ανακύκλωση και μειώνουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Τρόποι που μειώνονται τα απορρίμματα είναι οι ακόλουθοι:

- Χρησιμοποίηση λιγότερων υλικών ανά προϊόν
- Επανασχεδιασμός βιομηχανικών διεργασιών ώστε να χρησιμοποιούνται λιγότερες πηγές και να παράγονται λιγότερα απορρίμματα
- Κατασκευή προϊόντων που διαρκούν περισσότερο, είναι εύκολο να επισκευαστούν και να ανακυκλωθούν. Πολλές ευρωπαϊκές αυτοκινητοβιομηχανίες σχεδιάζουν αυτοκίνητα και προσπαθούν να χρησιμοποιούν ανακυκλώσιμα ανταλλακτικά.
- Μείωση των περιττών συσκευασιών. Στις ΗΠΑ οι συσκευασίες αντιστοιχούν στο 50% του παραγόμενου χαρτιού, στο 90% του γυαλιού, στο 11% του αλουμινίου και στο 3% όλης της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Οι συσκευασίες αντιστοιχούν στο 50% κ.ό. και στο 30% κ.β. των αστικών στερεών απορριμμάτων.

Το 1991 η Γερμανία θέσπισε τον πιο σκληρό νόμο που αφορά τις συσκευασίες με σκοπό να μειώσει τα απορρίμματα που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ ή αποτεφρώνονται. Ο σκοπός ήταν μέχρι το 1995 να ανακυκλώνεται ή να επαναχρησιμοποιείται το 65% των συσκευασιών, περιλαμβανομένων 90% μετάλλων και 80% χαρτιού και πλαστικού.

Η επαναχρησιμοποίηση αυξάνει τις προμήθειες των πηγών και μειώνει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και τη μόλυνση περισσότερο από την ανακύκλωση.

Παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης είναι το μπουκάλι αναψυκτικών που ξαναγεμίζεται, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί 50 φορές ή και παραπάνω. Η συλλογή και το γέμισμα γίνεται σε τοπικές εγκαταστάσεις και έτσι μειώνεται το ενεργειακό κόστος και το κόστος μεταφοράς και επίσης δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας. Μελέτες που έχουν γίνει από εταιρείες αναψυκτικών του Καναδά, δείχνουν ότι τα μπουκάλια των αναψυκτικών του 0,5 lt κοστίζουν 1/3 λιγότερο σε μπουκάλια που ξαναγεμίζονται. Η Δανία ήταν η πρωτοπόρος χώρα που απαγόρευσε τα κουτιά που δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Το Εκουαδόρ για να ενισχύσει τη χρήση μπουκαλιών που ξαναγεμίζονται έχει επιβάλει χρηματική επιβάρυνση που είναι 50% υψηλότερη από το κόστος του ποτού. Στη Φινλανδία το 95% των μπουκαλιών των αναψυκτικών, μπυρών και κρασιών γεμίζονται ξανά, ενώ στη Γερμανία το ποσοστό αυτό είναι 73%.

Σε κάθε σημείο αυτών των σταδίων τα απορρίμματα μπορεί να αλλάξουν σύνθεση, μορφή, συγκέντρωση, κυριότητα, τοποθεσία και έλεγχο. Η Περιβαλλοντική Αποτίμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για (1) να καθοριστεί ο κύκλος διαχείρισης και (2) για να καθοριστεί η δύναμη των επιλεγμένων στοιχείων του κύκλου διαχείρισης. Εδώ εστιάζουμε περισσότερο στα ακόλουθα στάδια του κύκλου διαχείρισης:

- Προσωρινή αποθήκευση,
- Συλλογή,
- Μεταφορά απορριμμάτων στην εγκατάσταση διαχείρισης
- Υποδοχή, αποδοχή και αποθήκευση
- Επεξεργασία απορριμμάτων ώστε να μετατραπούν σε κατάλληλη μορφή για ασφαλή διάθεση
- Μεταφορά επεξεργασμένων απορριμμάτων στον τελικό χώρο διάθεσης

Το καθένα από τα παραπάνω στάδια έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά αλλά και το δικό του επίπεδο κοινωνικής οργάνωσης.

Η προσωρινή αποθήκευση είναι η φάση όπου ο κάτοχος των απορριμμάτων τα αποθέτει σε κάποια κοινόχρηστη θέση, που εξυπηρετεί συνήθως περισσότερα νοικοκυριά, περιορισμένου όμως αριθμού, απ' όπου θα συλλεχθούν από το απορριμματοφόρο του δήμου (ή κοινότητας ή κάποιου άλλου διαδημοτικού φορέα συλλογής). Πρόκειται λοιπόν για μια διαδικασία που περιορίζεται σε ατομικό επίπεδο μια και ενεργείται από ένα ή λίγα νοικοκυριά σε συνεννόηση μεταξύ τους. Και εδώ όμως υπάρχουν μεγάλα περιθώρια για μια ουσιαστική παρέμβαση του δήμου ή της κοινότητας στα πλαίσια ενός συνολικότερου σχεδιασμού της διαχείρισης των απορριμμάτων της περιοχής του. Η παρέμβαση αυτή αφορά το είδος των δοχείων και την προσωρινή αποθήκευση των σκουπιδιών και τα

σημεία όπου αυτά θα τοποθετηθούν.

Η συλλογή είναι μια πιο σύνθετη από κάθε άποψη εργασία που ενεργείται με τη βοήθεια εξειδικευμένου προσωπικού και μηχανικών μέσων (κύρια απορριμματοφόρων οχημάτων) στη βάση ενός συγκεκριμένου προγράμματος που στοχεύει στην αποκομιδή των σκουπιδιών δηλ. στη μετακίνησή τους από τις θέσεις προσωρινής αποθήκευσης στα οχήματα συλλογής και μεταφοράς. Εδώ η κοινωνική παρέμβαση ανεβαίνει καθαρά στο επίπεδο του δήμου.

Η μεταφορά εξασφαλίζει την μετακίνηση των απορριμμάτων στο χώρο της τελικής τους διάθεσης. Χρησιμοποιούνται τα ίδια οχήματα της συλλογής, που αφού συμπληρώσουν το καθορισμένο πρόγραμμα αποκομιδής των απορριμμάτων του τομέα τους, κατευθύνονται στο χώρο απόρριψης. Κατά συνέπεια και εδώ η κοινωνική παρέμβαση ασκείται βασικά σε επίπεδο δήμου ή κοινότητας. Υπεισέρχεται όμως και το στοιχείο της διαδημοτικής συνεργασίας, κύρια στον καθορισμό των δρομολογίων των οχημάτων αλλά και της τεχνικής τους κατάστασης, μια και τα απορριμματοφόρα οδεύοντας προς το χώρο της τελικής διάθεσης των σκουπιδιών περνούν κατ' ανάγκη μέσα από άλλους δήμους και κοινότητες.

Η διάθεση αποτελεί την τελευταία και πιο ευαίσθητη φάση της διαχείρισης των απορριμμάτων και αποσκοπεί στην οριστική απαλλαγή από αυτά σε ειδικές ανοιχτές ή κλειστές εγκαταστάσεις.

2.2. Είδη απορριμμάτων

Τα απορρίμματα που πρόκειται να συλλεχθούν, να μεταφερθούν και να διατεθούν είναι:

- Τα κατάλοιπα κάθε φύσης που περιλαμβάνουν κυρίως οικιακά απορρίμματα, στάχτες, κατάλοιπα γυαλιών, φύλλα, σκουπίσματα, χαρτιά και άλλα που τοποθετούνται μέσα σε πλαστικές ή χάρτινες σακούλες ή δοχεία.
- Απορρίμματα από βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις, γραφεία, κτίρια διοίκησης, αυλές και κήπους, τοποθετημένα σε δοχεία ή σάκους στις ίδιες συνθήκες με τα οικιακά.
- Κοπριές, αφυδατωμένες ιλύς, προϊόντα από τους καθαρισμούς των δημόσιων οδών, των δημόσιων πάρκων, των νεκροταφείων και βοηθητικών κτιρίων, συγκεντρωμένων σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Τα προϊόντα καθαρισμού και τα κατάλοιπα, χώρων εκθέσεων, αγορών, χώρων δημόσιων εορτών, θέσεων συγκέντρωσης ζώων, συγκεντρωμένων και τοποθετούμενων σε μεγάλα κοντέινερ για την εκκένωσή τους.

- Τα απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, φυλακές και όλα τα δημόσια κτίρια, συγκεντρωμένα σε δοχεία συλλογής σε κατάλληλους χώρους και
- Ογκώδη αντικείμενα εγκαταλελειμμένα σε δημόσιους χώρους ή τοποθετημένα σε καθορισμένες θέσεις, καθώς και τα πτώματα μικρών ζώων.

Στον ορισμό των οικιακών απορριμμάτων δεν περιλαμβάνονται:

- Τα αδρανή και τα κατάλοιπα των δημοσίων έργων και ιδιαίτερα
- Οι βιομηχανικές στάχτες και σκουριές, τα ανατομικά και μολυσματικά απορρίμματα των νοσοκομείων και κλινικών και τα απορρίμματα σφαγείων και
- Ογκώδη απορρίμματα πολύ μεγάλου βάρους ή διαστάσεων ή τέτοιας φύσης, που δεν μπορούν να φορτωθούν σε συνήθη μεταφορικά μέσα.

2.2.1. Σύνθεση Οικιακών Απορριμμάτων

Η σύνθεση των απορριμμάτων αποτελεί μια από τις πλέον βασικές παραμέτρους για το σχεδιασμό της διάθεσής τους και επηρεάζεται από πολυάριθμους παράγοντες όπως:

- Ο χαρακτήρας του πολεοδομικού συγκροτήματος: πολεοδομική ζώνη, βιομηχανική κλπ.
- Το κλίμα και η εποχή. Το καλοκαίρι περιέχονται πολλά φρούτα και φρέσκα λαχανικά και το χειμώνα στάχτες.
- Ο τύπος της κατοικίας, η στάθμη ζωής, τα υλικά συσκευασίας.

Οι δειγματοληψίες σχεδιάζονται με στατιστικά παραδεκτές μεθόδους και στηρίζονται σε στατιστικά στοιχεία σχετικά με την απασχόληση, τη μόρφωση και γενικά το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων της περιοχής. Ένα αντιπροσωπευτικό γενικό δείγμα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 1% της συνολικής ποσότητας των απορριμμάτων. Οι στατιστικές περιοχές πρέπει να είναι όσο το δυνατό ομοιογενείς. Οι αναλύσεις των απορριμμάτων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις ομάδες διαλογής των υλικών,
- Στις φυσικές και χημικές παραμέτρους και
- Στο μέγεθός τους.

Σύμφωνα με την πρώτη κατηγορία τα απορρίμματα χωρίζονται σε:

1. Χαρτί – χαρτόνι
2. Μέταλλα
3. Γυαλί
4. Πλαστικά
5. Ύφασμα, ξύλο, δέρμα, λάστιχο

6. Αδρανή
7. Ζυμώσιμα
8. Υπόλοιπα

Στην κατηγορία των φυσικών και χημικών παραμέτρων ανήκει ο προσδιορισμός της υγρασίας, του ξηρού στερεού, των πτητικών, της τέφρας, του άνθρακα, οργανικού και ανόργανου, του ολικού αζώτου, του αμμωνιακού αζώτου, του ολικού άνθρακα, του υδρογόνου και της θερμογόνου δύναμης. Επίσης, προσδιορίζεται η αναλογία C/N, ο φώσφορος, το θείο, το χλώριο, το φθόριο, το κάλιο, το νάτριο, το χρώμιο, το νικέλιο, ο χαλκός, το κάδμιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος, το ολικό υπόλειμμα καύσης και τα ολικά καύσιμα.

Σύμφωνα με το μέγεθος τους, τα απορρίμματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Κατηγορία I: απορρίμματα μεγέθους 0-40mm,
- Κατηγορία II: απορρίμματα μεγέθους 40-120mm και
- Κατηγορία III: απορρίμματα μεγαλύτερα από 120mm.

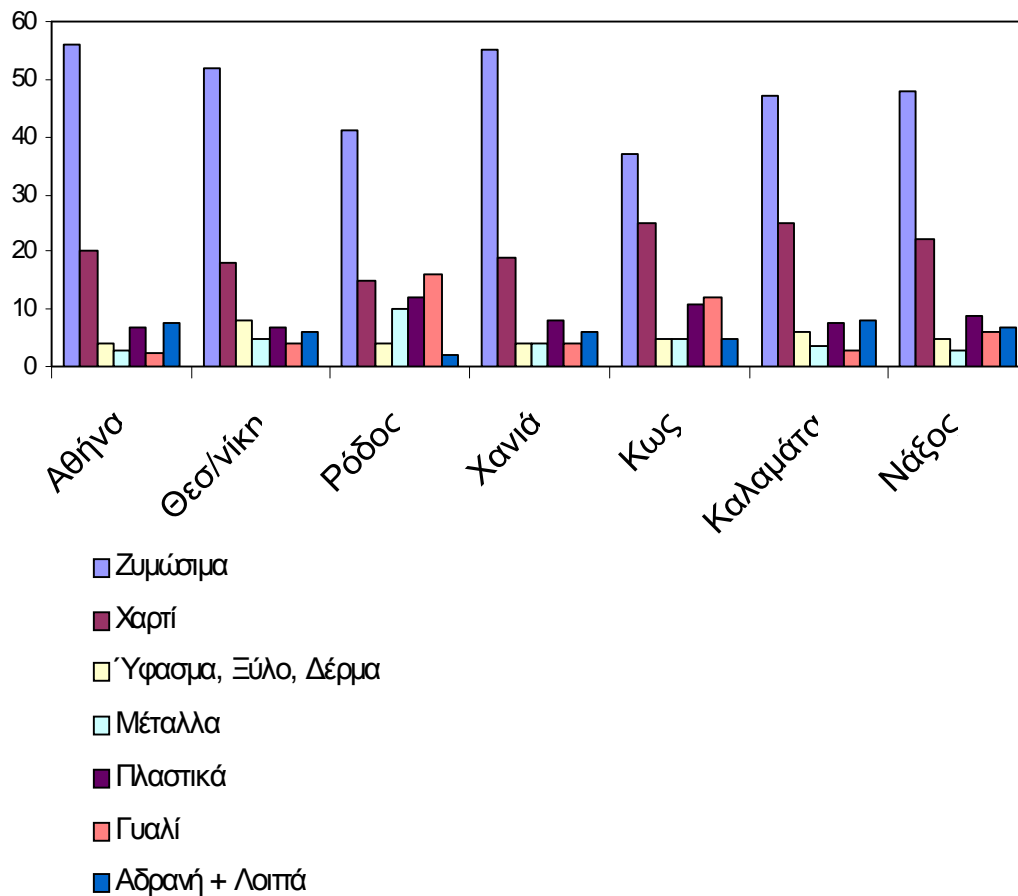
	Αθήνα	Θεσ/νίκη	Ρόδος	Χανιά	Κως	Καλαμάτα	Νάξος
Ζυμώσιμα	56	52	41	55	37	47	48
Χαρτί	20	18	15	19	25	25	22
Ύφασμα, Ξύλο, Δέρμα	4	8	4	4	5	6	5
Μέταλλα	3	5	10	4	5	3,5	3
Πλαστικά	7	7	12	8	11	7,5	9
Γυαλί	2,5	4	16	4	12	3	6
Αδρανή + Λοιπά	7,5	6	2	6	5	8	7

Πίνακας 1: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα, (% κ.β.).

Στον Πίνακα 1 δίνεται η σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Βασικά χαρακτηριστικά της σύνθεσης των ελληνικών οικιακών απορριμμάτων είναι το υψηλό ποσοστό σε ζυμώσιμα υλικά και πλαστικά.

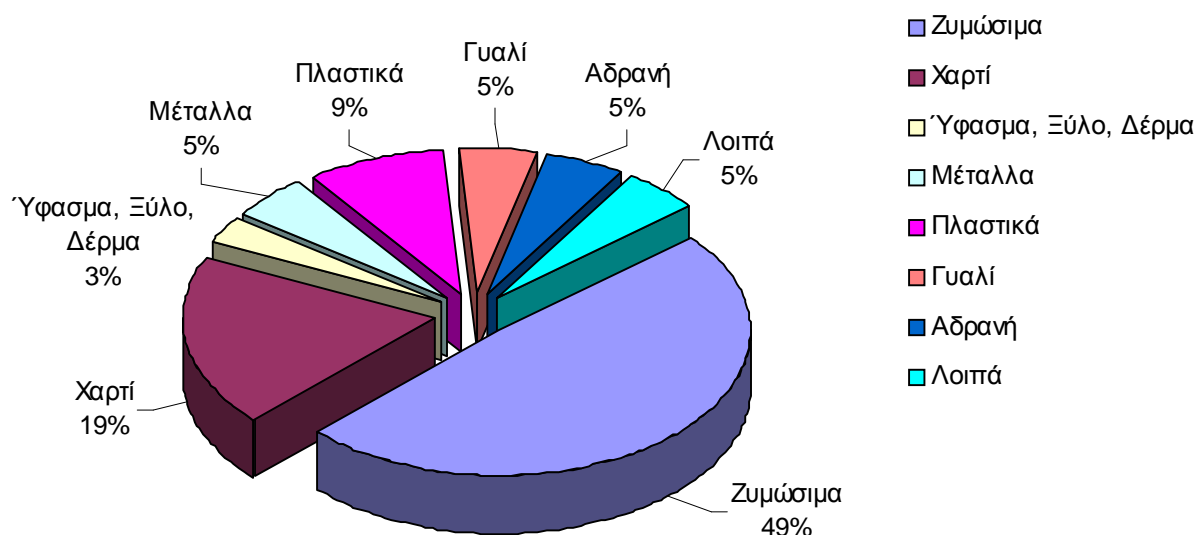
Οι διακυμάνσεις για τις κατηγορίες των υλικών χαρτί, πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, ύφασμα – ξύλο – δέρμα, αδρανή και υπόλοιπα δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές.

Αντιθέτως τα ζυμώσιμα υλικά, παρουσιάζουν αυξήσεις κατά τη θερινή περίοδο. Κατά την ταξινόμηση ανά μέγεθος, η κατηγορία II (40-120 mm) δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά από την κατηγορία III (0-40 mm), ενώ η κατηγορία I (>120 mm) έχει το μεγαλύτερο ποσοστό.



Γράφημα 1: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων στην Ελλάδα, (% κ.β.).

Η μέση τιμή σύνθεσης των ελληνικών απορριμμάτων φαίνεται στο Γράφημα 2.



Γράφημα 2 : Μέση τιμή σύνθεσης των Ελληνικών απορριμμάτων.

Η μέση σύνθεση των απορριμμάτων διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα, εξαρτώμενη από μεγάλη ποικιλία παραγόντων (βιοτικό επίπεδο, διατροφή, πρόγραμμα ανακύκλωσης υλικών, κλπ).

Μερικές τυπικές αναλύσεις για τα οικιακά απορρίμματα και τα παρεμφερή στη Δυτική Ευρώπη, τις ΗΠΑ και τη Μέση Ανατολή παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21,3	22,6	60,0
Χαρτί	27,4	45,6	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1,0
Μέταλλα	8,5	9,1	2,8
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,3
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

Πίνακας 2: Σύνθεση οικιακών απορριμμάτων σε άλλες χώρες (% κ.β.)

Η σύνθεση των απορριμμάτων ποικίλλει βέβαια, ανάλογα και με την εποχή του έτους.

Χαρακτηριστικά στοιχεία δίνονται στον Πίνακα 3, όπου παρουσιάζεται η εποχικότητα της σύνθεσης των απορριμμάτων για την περιοχή της Θεσσαλονίκης.

	Άνοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας
Ζυμώσιμα	54,7	57,3	49,2	45,9
Χαρτί	17,2	15,0	20,4	18,1
Δέρμα, Ξύλο, Ύφασμα	7,7	7,3	10,2	12,5
Πλαστικά	6,9	6,5	6,4	9,5
Αδρανή	3,5	4,3	3,1	4,2
Μέταλλα	6,2	5,7	6,0	5,0
Γυαλί	3,8	3,7	4,7	4,8

Πίνακας 3: Σύνθεση των απορριμμάτων της Θεσσαλονίκης ανάλογα με την εποχή.

3. Περιβαλλοντική νομοθεσία

3.1. Ευρωπαϊκή πολιτική

Η προστασία του περιβάλλοντος έχει καθοριστική σημασία για την ποιότητα ζωής των σημερινών και των μελλοντικών γενεών. Εντούτοις, σημαντική πρόκληση αποτελεί ο συνδυασμός της προστασίας του περιβάλλοντος με τη συνεχιζόμενη οικονομική μεγέθυνση, κατά μακροπρόθεσμα αειφόρο τρόπο. Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης βασίζεται στην πεποίθηση ότι η ύπαρξη υψηλών περιβαλλοντικών προτύπων τονώνει την καινοτομία και τις εμπορικές ευκαιρίες.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει γενικά αναλάβει να διασφαλίσει ότι:

- οι νόμοι όχι μόνο θεσπίζονται αλλά και εφαρμόζονται στην πράξη,
- στις πολιτικές της ΕΕ (π.χ. γεωργία, ανάπτυξη, ενέργεια, αλιεία, βιομηχανία, εσωτερική αγορά, μεταφορές) συνεκτιμάται ο αντίκτυπος που αυτές θα έχουν στο περιβάλλον,
- οι επιχειρήσεις και οι καταναλωτές συμμετέχουν ενεργά στην εξεύρεση λύσεων για τα οικολογικά προβλήματα,
- οι πολίτες έχουν στη διάθεσή τους τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να κάνουν φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές,
- αυξάνεται η ευαισθητοποίηση σχετικά με τη σημασία που έχει η ορθολογική χρησιμοποίηση των γαιών για την προστασία των φυσικών ενδιαιτημάτων και τοπίων και για την ελαχιστοποίηση της αστικής ρύπανσης.

Η Κοινότητα δίνει προτεραιότητα στους ακόλουθους τομείς δράσης:

- η αειφόρος διαχείριση των φυσικών πόρων: εδάφη, ύδατα, φυσικές και παράκτιες ζώνες,
- η ολοκληρωμένη καταπολέμηση της ρύπανσης και προληπτική δράση όσον αφορά τα απόβλητα,
- η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που προέρχεται από μη ανανεώσιμες πηγές,
- η βελτίωση της διαχείρισης της κινητικότητας, με την ανάπτυξη αποτελεσματικών και καθαρών τρόπων μεταφοράς,
- η επεξεργασία ενός συνεκτικού συνόλου μέτρων για τη βελτίωση της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος,
- η βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας, ιδίως σε θέματα διαχείρισης των βιομηχανικών κινδύνων, της πυρηνικής ασφάλειας και της ακτινοπροστασίας.

Η Περιβαλλοντική Στρατηγική της Κοινότητας στηρίζεται στην αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει". Ο ρυπαίνων μπορεί να κληθεί να πληρώσει είτε κάνοντας τις απαραίτητες επενδύσεις ώστε να συμμορφωθεί με αυστηρότερα πρότυπα, είτε καθιερώνοντας ένα σύστημα ανάκτησης, ανακύκλωσης ή διάθεσης των προϊόντων μετά τη χρήση τους. Η πληρωμή μπορεί επίσης να έχει τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).

Ακρογωνιαίος λίθος της δράσης της ΕΕ στον τομέα του περιβάλλοντος είναι το *έκτο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον*, το οποίο φέρει τον τίτλο "Περιβάλλον 2010: Το μέλλον μας, η επιλογή μας". Το συγκεκριμένο πρόγραμμα καλύπτει την περίοδο από την 1η Ιανουαρίου 2001 έως τις 31 Δεκεμβρίου του 2010 και έχει τις εξής προτεραιότητες:

- αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος και της θέρμανσης του πλανήτη,
- προστασία των φυσικών ενδιαιτημάτων και της άγριας πανίδας και χλωρίδας,
- αντιμετώπιση των προβλημάτων που συνδέονται με το περιβάλλον και την υγεία,
- διατήρηση των φυσικών πόρων και διαχείριση των αποβλήτων.

Το πρόγραμμα "Περιβάλλον 2010: Το μέλλον μας, η επιλογή μας" βασίζεται σε πέντε παλαιότερα προγράμματα δράσης και σε 30 χρόνια καθιέρωσης προτύπων. Η ΕΕ διαθέτει ένα ολοκληρωμένο σύστημα περιβαλλοντικών ελέγχων για την αντιμετώπιση πάσης φύσεως ζητημάτων – π.χ. θόρυβος, απόβλητα συσκευασιών, κίνδυνοι που απειλούν τη διατήρηση των φυσικών ενδιαιτημάτων, καυσαέρια αυτοκινήτων, χημικά προϊόντα, βιομηχανικά ατυχήματα. Το υψηλό επίπεδο προστασίας που εξασφαλίζουν αυτοί οι έλεγχοι είναι σε γενικές γραμμές το ίδιο σε όλη την ΕΕ, αλλά η πολιτική είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να συνεκτιμά τις κατά τόπους συνθήκες, προσαρμόζεται δε συνεχώς στα πλέον πρόσφατα δεδομένα.

Όσον αφορά τις κλιματικές αλλαγές ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σε επίπεδο που δεν θα προκαλεί τεχνητές μεταβολές του κλίματος στη γη.

Ο βραχυπρόθεσμος στόχος που επιδιώκει η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι να επιτευχθούν οι αντικειμενικοί στόχοι του πρωτοκόλλου του Κιότο, με άλλα λόγια δηλαδή από σήμερα μέχρι το χρονικό ορίζοντα του 2008 - 2012 να μειωθούν κατά 8% οι εκπομπές αερίων τύπου θερμοκηπίου σε συνάρτηση με τα επίπεδα του 1990. Περισσότερο μακροπρόθεσμα, από σήμερα μέχρι το έτος 2020, θα πρέπει οι εκπομπές αυτές να μειωθούν κατά ποσοστό 20 έως 40%, με την εφαρμογή μιας αποτελεσματικής διεθνούς συμφωνίας.

Σε σχέση με τη διαχείριση των φυσικών πόρων και των αποβλήτων, ο επιδιωκόμενος στόχος είναι να καταβληθεί μέριμνα, ούτως ώστε η κατανάλωση των ανανεώσιμων και των μη ανανεώσιμων πόρων να μην υπερβαίνει τα όρια που είναι σε θέση να αντέξει το περιβάλλον, διαχωρίζοντας την οικονομική ανάπτυξη από τη χρήση των πόρων, αλλά και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των πόρων αυτών και μειώνοντας την παραγωγή αποβλήτων. Σε ό,τι αφορά τα απόβλητα, επιδιώκεται ο ειδικός στόχος της μείωσης της τελικής τους ποσότητας κατά ποσοστό 20% μέχρι το χρονικό ορίζοντα του 2010 και κατά ποσοστό 50% από σήμερα μέχρι το έτος 2050.

Οι εφαρμοστέες δράσεις είναι οι εξής:

- η επεξεργασία της στρατηγικής για τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων, με καθορισμό των συγκεκριμένων προτεραιοτήτων και τη μείωση της κατανάλωσης
- η φορολόγηση της χρήσης των πόρων
- η κατάργηση των επιδοτήσεων που προωθούν την υπέρμετρη εκμετάλλευση των πόρων
- η ενσωμάτωση της βασικής αρχής της αποτελεσματικής χρήσης των πόρων στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης πολιτικής των προϊόντων, των συστημάτων απονομής του οικολογικού σήματος, των συστημάτων περιβαλλοντικής αξιολόγησης και ούτω καθ' εξής
- η επεξεργασία της στρατηγικής για την ανακύκλωση των αποβλήτων
- η βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων διαχείρισης των αποβλήτων και η πραγματοποίηση επενδύσεων για την ποσοτική και ποιοτική πρόληψη της δημιουργίας τους
- η ενσωμάτωση της προληπτικής πολιτικής αποφυγής των αποβλήτων στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης πολιτικής προϊόντων και στην κοινοτική στρατηγική που αφορά τις χημικές ουσίες.

Το πρόγραμμα "Περιβάλλον 2010: Το μέλλον μας, η επιλογή μας" εμπνέεται από το *πέμπτο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον*, το οποίο κάλυψε τη χρονική περίοδο 1992-2000.

Στόχος του προγράμματος δράσεως για το περιβάλλον με τίτλο "Προς μια βιώσιμη ανάπτυξη" είναι ο μετασχηματισμός του αναπτυξιακού μοντέλου της Κοινότητας, ούτως ώστε να προαχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη. Το πρόγραμμα εξακολουθεί να αντιμετωπίζει τα περιβαλλοντικά προβλήματα (όπως η κλιματική μεταβολή, η ρύπανση των υδάτων, η

διαχείριση των αποβλήτων) αλλά αποβλέπει επίσης στη διαμόρφωση νέων σχέσεων μεταξύ των συντελεστών που παρεμβαίνουν στον τομέα του περιβάλλοντος.

Το πρόγραμμα εδραιώνει την υιοθέτηση μιας νέας προσέγγισης της κοινοτικής περιβαλλοντικής πολιτικής, με βάση τις ακόλουθες αρχές:

- θέσπιση μιας συνολικής και ενεργητικής προσέγγισης που απευθύνεται στους συντελεστές και στις δραστηριότητες που επηρεάζουν τους φυσικούς πόρους ή θίγουν το περιβάλλον,
- βούληση ανατροπής των τάσεων και πρακτικών που ζημιώνουν το περιβάλλον, τόσο της τρέχουσας όσο και των μελλοντικών γενεών,
- προώθηση της αλλαγής συμπεριφορών στην κοινωνία με την συστράτευση όλων των εμπλεκόμενων συντελεστών (δημοσίων αρχών, πολιτών, καταναλωτών, επιχειρήσεων ...),
- καθιέρωση της κατανομής ευθυνών,
- χρήση νέων περιβαλλοντικών μέσων.

Για κάθε έναν από τους τομείς που διαλαμβάνει το πρόγραμμα, το τελευταίο ορίζει τους μακροπρόθεσμους σκοπούς, προσδιορίζει τους στόχους για το έτος 2000 και προβλέπει ένα σύνολο διατάξεων για την επίτευξη των καθοριζόμενων στόχων. Οι τελευταίοι δεν έχουν νομική αξία αλλά αποτελούν σημείο αναφοράς για την εδραίωση μιας βιώσιμης ανάπτυξης.

Ένα ακόμα πολύ σημαντικό κοινοτικό μέτρο, το οποίο αποσκοπεί να προσδιορίσει τη δομή του μελλοντικού κοινοτικού συστήματος περιβαλλοντικής ευθύνης και να θέσει σε εφαρμογή την αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει", είναι η *Λευκή Βίβλος* της 9ης Φεβρουαρίου 2000 για την περιβαλλοντική ευθύνη.

Η περιβαλλοντική ευθύνη αποσκοπεί στην καθιέρωση της καταβολής ενός χρηματικού ποσού από το πρόσωπο το οποίο έχει προκαλέσει ζημιές στο περιβάλλον προς αποκατάσταση των ζημιών που έχουν προκληθεί.

Για να εφαρμοστεί η αρχή της περιβαλλοντικής ευθύνης, πρέπει:

- Να μπορούν να εντοπιστούν οι ρυπαίνοντες,
- Να μπορούν τα ποσοτικοποιηθούν οι ζημιές,
- Να αποδειχθεί η σχέση μεταξύ ρυπαίνοντα και ζημιών.

Εξάλλου, η αρχή της περιβαλλοντικής ευθύνης δεν μπορεί να εφαρμοστεί όταν πρόκειται για γενικευμένη και διάχυτη ρύπανση (μεταβολές του κλίματος).

Οι ρυπαίνοντες οφείλουν να επωμιστούν τις ζημιές που προκάλεσαν ρυπαίνοντας. Η εφαρμογή της εν λόγω μεθόδου θα παροτρύνει τα διάφορα μέρη να λάβουν περισσότερα μέτρα πρόληψης και θα μειώσει την ρύπανση.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα στερεά απορρίμματα και τη διαχείριση τους, η Κοινοτική στρατηγική καθορίζεται με μια σειρά Οδηγιών, οι πιο βασικές από τις οποίες είναι :

- Η Οδηγία 75/442/ΕΟΚ, για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
 - Η Οδηγία 2000/76/ΕΚ, για την αποτέφρωση των αποβλήτων και
 - Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ, για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων,
- και φαίνονται αναλυτικά παρακάτω.

3.1.1. Οδηγία 75/442/ΕΟΚ περί της διαχείρισης στερεών απόβλητων

Τα μέτρα εφαρμόζονται σε κάθε ουσία ή αντικείμενο των οποίων ο κάτοχος απαλλάσσεται ή έχει την υποχρέωση να απαλλαγεί δυνάμει των εθνικών διατάξεων των κρατών μελών.

Τα κράτη μέλη οφείλουν να απαγορεύουν την εγκατάλειψη, την απόρριψη και την ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων-οφείλουν να προάγουν την πρόληψη της δημιουργίας, την ανακύκλωση και τη μεταποίηση των αποβλήτων, προκειμένου αυτά να επαναχρησιμοποιηθούν. Ενημερώνουν την Επιτροπή για κάθε σχέδιο κανονιστικών διατάξεων στις οποίες μπορεί να υπεισέλθει η χρήση προϊόντων, πηγή τεχνικών δυσκολιών και υπερβολικού κόστους διαθέσεως και που μπορεί να ενθαρρύνει την μείωση ποσοτήτων ορισμένων αποβλήτων, την επεξεργασία αποβλήτων με σκοπό την ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση, την εκμετάλλευση ποσοτήτων ενεργείας από ορισμένα απόβλητα, τη χρήση φυσικών πόρων που μπορούν να αντικατασταθούν από υλικά ανακτήσεως.

Τα μέτρα προβλέπουν συνεργασία μεταξύ των κρατών μελών για τη δημιουργία ολοκληρωμένου και καταλλήλου δικτύου εγκαταστάσεων διαθέσεως των αποβλήτων (λαμβανομένων υπόψη των καλύτερων διαθέσιμων τεχνολογιών) που θα επιτρέψει στην Κοινότητα να καταστεί αυτάρκης όσον αφορά στη διάθεση των αποβλήτων της, και στα κράτη μέλη να τείνουν το καθένα χωριστά προς τον στόχο αυτόν. Το δίκτυο αυτό πρέπει να επιτρέπει τη διάθεση των αποβλήτων σε μία από τις πλησιέστερες εγκαταστάσεις που εγγυώνται υψηλό επίπεδο προστασίας του περιβάλλοντος.

Τα κράτη μέλη πρέπει να εξασφαλίσουν ότι κάθε κάτοχος αποβλήτων τα διαθέτει σε ιδιωτικό ή δημόσιο φορέα αποκομιδής ή σε επιχείρηση τελικής διάθεσης, ή εξασφαλίζει ο ίδιος την τελική διάθεση, τηρουμένων των διατάξεων των μέτρων.

Οι επιχειρήσεις ή οι εγκαταστάσεις που εξασφαλίζουν την επεξεργασία, αποθήκευση ή απόθεση στερεών αποβλήτων για λογαριασμό τρίτων, οφείλουν να λάβουν άδεια από την αρμόδια αρχή όσον αφορά ιδίως στον τύπο και στην ποσότητα των προς επεξεργασία αποβλήτων, στις γενικές τεχνικές προδιαγραφές, στις ληπτέες προφυλάξεις. Οι αρμόδιες αρχές μπορούν, σε περιοδική βάση, να ελέγχουν την τήρηση των εν λόγω προϋποθέσεων χορηγήσεως αδειάς. Η ίδια εποπτεία της αρμοδίας αρχής ασκείται στις επιχειρήσεις μεταφοράς, αποκομιδής, αποθηκεύσεως, αποθέσεως ή επεξεργασίας των ιδίων στερεών αποβλήτων, καθώς και σε εκείνες που ασκούν τις εν λόγω δραστηριότητες για λογαριασμό τρίτων.

Η οδηγία προσθέτει την υποχρέωση κατοχής αδειάς για τα κέντρα αξιοποίησης και για τις επιχειρήσεις που διαθέτουν οι ίδιες τα δικά τους απόβλητα

Η δαπάνη για τη διάθεση των αποβλήτων βαρύνει τον κάτοχο ο οποίος παραδίδει στερεά απόβλητα σε φορέα αποκομιδής ή σε επιχείρηση και/ή τους προηγούμενους κατόχους ή τον παραγωγό του προϊόντος που παράγει απόβλητα σύμφωνα με την αρχή του "Ο ρυπαίνων πληρώνει".

Οι αρμόδιες αρχές που ορίζουν τα κράτη μέλη για την εφαρμογή των μέτρων συντάσσουν ένα ή περισσότερα σχέδια διαχείρισης των αποβλήτων όπου αναφέρονται οι τύποι, οι ποσότητες και η προέλευση των αποβλήτων προς αξιοποίηση ή προς διάθεση, οι γενικές τεχνικές προδιαγραφές, όλες οι ειδικές διατάξεις που αφορούν ειδικά απόβλητα, οι κατάλληλοι χώροι και εγκαταστάσεις για τη διάθεση.

Το πλήρες κείμενο της Οδηγίας βρίσκεται στο Παράρτημα II.

3.1.2. Οδηγία 2000/76/ΕΚ περί της αποτέφρωσης των αποβλήτων

Η Οδηγία 2000/76/ΕΚ, που αφορά στην αποτέφρωση των αποβλήτων εξεδόθη από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, αφού ελήφθησαν υπόψη κυρίως τα ακόλουθα:

- Το πέμπτο πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον «Στόχος η αειφορία» — πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας σχετικά με την πολιτική και τη δράση για το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη.
- Το πρωτόκολλο για τους έμμονους οργανικούς ρύπους, το οποίο έχει υπογράψει η Κοινότητα στο πλαίσιο της Σύμβασης της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη των

Ηνωμένων Εθνών (ΟΕΕ-ΟΗΕ) για τη διαμεθοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλη απόσταση

- Την κοινοτική στρατηγική για τη διαχείριση των αποβλήτων, η οποία αποδίδει κατ' αρχάς προτεραιότητα στην πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων, στη συνέχεια, στην επαναχρησιμοποίηση και την ανάκτηση, τέλος δε στην ασφαλή διάθεση των αποβλήτων.
- Την ανακοίνωση της Επιτροπής με τίτλο «Ενέργεια για το μέλλον: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας· Λευκή Βίβλος για κοινοτική στρατηγική και πρόγραμμα δράσης», η οποία λαμβάνει ιδίως υπόψη τη χρήση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς.
- Την Οδηγία 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου, η οποία ορίζει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης, κατά την οποία εξετάζονται σφαιρικά όλες οι συνιστώσες των περιβαλλοντικών επιδόσεων των εγκαταστάσεων.
- Την ανάγκη ύπαρξης ενός ενιαίου κειμένου για την αποτέφρωση των αποβλήτων, το οποίο θα βελτιώσει τη νομική σαφήνεια και τη δυνατότητα εφαρμογής.
- Το άρθρο 4 της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1975, περί των στερεών αποβλήτων, σύμφωνα με το οποίο τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να εξασφαλίζουν ότι η αξιοποίηση ή η διάθεση των αποβλήτων πραγματοποιείται χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η υγεία του ανθρώπου και χωρίς να βλάπτεται το περιβάλλον.

Ο σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι η πρόληψη ή ο περιορισμός, όσο είναι εφικτός, των αρνητικών επιδράσεων της αποτέφρωσης και της συναποτέφρωσης αποβλήτων στο περιβάλλον, ειδικότερα δε, της ρύπανσης δια των εκπομπών στον ατμοσφαιρικό αέρα, το έδαφος και τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, καθώς και των συνακόλουθων κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται με την επιβολή αυστηρών συνθηκών λειτουργίας και τεχνικών απαιτήσεων και τη θέσπιση οριακών τιμών εκπομπών για τις μονάδες αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης αποβλήτων εντός της Κοινότητας, καθώς επίσης με την τήρηση των απαιτήσεων της οδηγίας 75/442/ΕΟΚ. Η παρούσα Οδηγία καλύπτει τις μονάδες αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης.

Στο άρθρο 3 δίνονται οι απαιτούμενοι ορισμοί των παρακάτω εννοιών :

- Απόβλητα,
- Επικίνδυνα απόβλητα,
- Μεικτά αστικά απόβλητα,
- Μονάδα αποτέφρωσης,
- Μονάδα συναποτέφρωσης,

- Υφιστάμενη μονάδα αποτέφρωσης ή συναποτέφρωσης,
- Ονομαστική δυναμικότητα,
- Εκπομπές,
- Οριακές τιμές εκπομπών,
- Διοξίνες και φουράνια,
- Φορέας εκμετάλλευσης,
- Άδεια και
- Υπολείμματα.

Επίσης, στην Οδηγία καθορίζονται:

- Οι απαιτούμενες λεπτομέρειες για τη διαδικασία υποβολής αίτησης και την χορήγηση αδείας, για την κατασκευή μονάδας αποτέφρωσης απορριμμάτων (άρθρο 4).
- Οι απαραίτητες προφυλάξεις κατά την παράδοση και την παραλαβή των αποβλήτων, για την πρόληψη ή τον περιορισμό των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον. (άρθρο 5),
- Οι συνθήκες λειτουργίας. Οι μονάδες αποτέφρωσης λειτουργούν κατά τρόπο που διασφαλίζει βαθμό αποτέφρωσης τέτοιον ώστε οι ατμοσφαιρικές εκπομπές τους να μην προκαλούν σημαντική ατμοσφαιρική ρύπανση στην επιφάνεια του εδάφους. (άρθρο 6),
- Οι οριακές τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων. Τα καυσαέρια των μονάδων δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις τιμές που καθορίζονται στο παράρτημα V (άρθρο 7),
- Η διαδικασία απόρριψης των υδάτων που προέρχονται από τον καθαρισμό των καυσαερίων, οι οριακές τιμές των οποίων δίνονται στο παράρτημα IV (άρθρο 8),
- Η διαχείριση των υπολειμμάτων (άρθρο 9),
- Η διαδικασία ελέγχου και παρακολούθησης της εγκατάστασης (άρθρο 10),
- Οι μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων που απαιτούνται. Οι τεχνικές που ακολουθούνται για την πραγματοποίησή τους δίνονται στο παράρτημα III (άρθρο 11),
- Οι τρόποι πρόσβασης στην πληροφόρηση και συμμετοχή του κοινού (άρθρο 12),
- Η αντιμετώπιση ασυνθητών συνθηκών λειτουργίας (άρθρο 13),
- Οι περιπτώσεις επανεξέτασης (άρθρο 14),
- Η διαδικασία υποβολής εκθέσεων (άρθρο 15),
- Οι τρόποι μελλοντικής αναπροσαρμογής της Οδηγίας (άρθρο 16),

- Η σύσταση κανονιστικής επιτροπής (άρθρο 17),
- Οι παλαιότερες οδηγίες που καταργούνται (άρθρο 18),
- Οι κυρώσεις (άρθρο 19),
- Οι μεταβατικές διατάξεις (άρθρο 20),
- Ο τρόπος υλοποίησης της Οδηγίας (άρθρο 21),
- Η έναρξη ισχύος (άρθρο 22) και
- Οι αποδέκτες της Οδηγίας (άρθρο 23).

Τέλος, η εν λόγω Οδηγία ολοκληρώνεται με τέσσερα παραρτήματα, το περιεχόμενο των οποίων φαίνεται περιληπτικά παρακάτω:

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I :

Στο Παράρτημα I, δίνονται οι συντελεστές ισοδυναμίας για τις διβενζο-ρ-διοξίνες και τα διβενζοφουράνια, με τη βοήθεια των οποίων προσδιορίζεται η συνολική συγκέντρωση διοξινών και φουρανίων στα εκπεμπόμενα αέρια κατά την καύση των στερεών αποβλήτων.

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II :

Στο Παράρτημα II, δίνεται ο τρόπος προσδιορισμού των οριακών τιμών εκπομπών στον αέρα για την συναποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και ειδικές διατάξεις για ειδικές κατηγορίες.

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III :

Το Παράρτημα αυτό αφορά στις τεχνικές των μετρήσεων.

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV :

Στο Παράρτημα IV καθορίζονται οι οριακές τιμές εκπομπών για τις απορρίψεις λυμάτων προερχόμενων από τον καθαρισμό των καυσαερίων της αποτέφρωσης αποβλήτων.

Για περισσότερες λεπτομέρειες όσον αφορά την Οδηγία, το πλήρες κείμενο δίνεται στο Παράρτημα.

3.1.3. Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων

Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ, που αφορά στην υγειονομική ταφή των αποβλήτων εξεδόθη από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο, αφού ελήφθησαν υπόψη όλες οι παλαιότερες Οδηγίες και τα σχετικά ψηφίσματα, καθώς και οι ανάγκες που οδήγησαν στη θέσπισή της και καθορίζονται αναλυτικά στο πλήρες κείμενο (βλέπε Παράρτημα).

Ο στόχος της παρούσας οδηγίας είναι, ο καθορισμός μέτρων, διαδικασιών και κατευθύνσεων για την κατά το δυνατόν πρόληψη ή μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ειδικότερα δε της ρύπανσης των επιφανειακών και των

υπογείων υδάτων, του εδάφους και της ατμόσφαιρας και των επιπτώσεων σε όλο το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και οποιουδήποτε κινδύνου προκύπτει για την υγεία του ανθρώπου από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής του χώρου υγειονομικής ταφής.

Στο άρθρο 2 της Οδηγίας δίνονται οι απαιτούμενοι ορισμοί των εξής εννοιών:

- Απόβλητα,
- Αστικά απόβλητα,
- Επικίνδυνα απόβλητα,
- Μη επικίνδυνα απόβλητα,
- Αδρανή απόβλητα,
- Υπόγεια εναποθήκευση,
- Χώρος υγειονομικής ταφής,
- Επεξεργασία,
- Στραγγίσματα,
- Αέρια χώρου ταφής,
- Έκλουσμα,
- Φορέας εκμετάλλευσης,
- Βιοαποδομήσιμα απόβλητα,
- Κάτοχος,
- Αιτών,
- Αρμόδια αρχή,
- Υγρά απόβλητα και
- Απομονωμένος οικισμός.

Επίσης, στην παρούσα Οδηγία καθορίζονται:

- Το πεδίο εφαρμογής της (άρθρο 3),
- Οι Κατηγορίες χώρων ταφής (άρθρο 4),
- Τα απόβλητα που δεν πρέπει να γίνονται δεκτά σε χώρους υγειονομικής ταφής (άρθρο 5),
- Τα απόβλητα που είναι αποδεκτά ανάλογα με την κατηγορία του χώρου υγειονομικής ταφής (άρθρο 6),

- Τα απαιτούμενα στοιχεία που καταρτίζουν την αίτηση άδειας για την δημιουργία χώρου υγειονομικής ταφής αποβλήτων (άρθρο 7),
- Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για τη χορήγηση της σχετικής άδειας(άρθρο 8),
- Το περιεχόμενο της άδειας λειτουργίας του χώρου ταφής(άρθρο 9),
- Οι δαπάνες που πρέπει να καλύπτει η τιμή που χρεώνει ο φορέας εκμετάλλευσης για την διάθεση των αποβλήτων (άρθρο 10),
- Οι διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται κατά την παράδοση των αποβλήτων πριν αυτά γίνουν αποδεκτά. Τα κριτήρια αποδοχής καθορίζονται στο παράρτημα II της Οδηγίας (άρθρο 11),
- Οι διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης κατά την περίοδο λειτουργίας του χώρου (άρθρο 12),
- Η διαδικασία παύσης της λειτουργίας και μετέπειτα φροντίδας (άρθρο 13),
- Τα μέτρα που διέπουν τους υφιστάμενους χώρους υγειονομικής ταφής (άρθρο 14),
- Η υποχρέωση των κρατών μελών να υποβάλλουν στην Επιτροπή έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της παρούσας Οδηγίας (άρθρο 15),
- Η συγκρότηση τεχνικής επιτροπής, η οποία είναι υπεύθυνη για την προσαρμογή των παραρτημάτων της οδηγίας στην επιστημονική και τεχνική πρόοδο καθώς και για την τυποποίηση των μεθόδων ελέγχου, δειγματοληψίας και αναλύσεων (άρθρο 16),
- Η διαδικασία της ανωτέρω επιτροπής (άρθρο 17),
- Η διαδικασία ενσωμάτωσης της Οδηγίας στην εθνική νομοθεσία των κρατών μελών, η οποία συμπληρώνεται με το ερωτηματολόγιο σχετικά με τις εκθέσεις των κρατών μελών περί της εφαρμογής της Οδηγίας, της Απόφασης της Επιτροπής της 17^{ης} Νοεμβρίου 2000 (2000/738/EK).
- Η έναρξη ισχύος και
- Οι αποδέκτες της Οδηγίας.

Η Οδηγία 1999/31/EK ολοκληρώνεται με τρία παραρτήματα, το περιεχόμενο των οποίων φαίνεται περιληπτικά παρακάτω:

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I :

Το Παράρτημα I αφορά στις γενικές απαιτήσεις για όλες τις κατηγορίες χώρων ταφής. Εδώ καθορίζονται οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για :

1. Τον καθορισμό της θέσης του χώρου ταφής,
2. Τον έλεγχο των υδάτων και τη διαχείριση των στραγγισμάτων,
3. Την προστασία του εδάφους και των υδάτων,
4. Έλεγχο των αερίων,
5. Την ελαχιστοποίηση των οχλήσεων και των κινδύνων,
6. Την εξασφάλιση της σταθερότητας της μάζας των απορριμμάτων,
7. Την παρεμπόδιση των παράνομων αποθέσεων στο χώρο ταφής.

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II :

Το Παράρτημα II αφορά στα κριτήρια και τις διαδικασίες αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής. Εδώ διατυπώνονται οι γενικές αρχές αποδοχής αποβλήτων στις διάφορες κατηγορίες χώρων ταφής, στις οποίες πρέπει να βασίζεται η μελλοντική διαδικασία κατάταξης των αποβλήτων, καθώς και οι κατευθυντήριες γραμμές για τις προκαταρκτικές διαδικασίες αποδοχής αποβλήτων και τις σχετικές διαδικασίες δειγματοληψίας. Το Παράρτημα αυτό συμπληρώνεται με την απόφαση του Συμβουλίου της 19^{ης} Δεκεμβρίου 2002 (2003/33/EK).

- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III :

Με αυτό το Παράρτημα καθορίζονται οι στοιχειώδεις διαδικασίες παρακολούθησης των χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων. Για να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος των μετεωρολογικών στοιχείων, των υδάτων, των στραγγισμάτων καθώς και των εκπεμπόμενων αερίων.

Το πλήρες κείμενο της Οδηγίας βρίσκεται στο Παράρτημα II.

3.2. Ελληνική νομοθεσία

Κάθε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένο να ενσωματώνουν στην εθνική τους νομοθεσία, τις Οδηγίες που εκδίδει το Ευρωπαϊκό συμβούλιο. Έτσι, και η Ελληνική νομοθεσία που αφορά στο περιβάλλον και την προστασία του, έχει συμμορφωθεί με τα μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι Ελληνικοί νόμοι που αφορούν στη διαχείριση, την επεξεργασία και τη διάθεση των στερεών αποβλήτων, είναι οι εξής:

- ΚΥΑ 49541/1424/86 (ΦΕΚ 444/Β/1986), που αφορά στην διαχείριση των στερεών αποβλήτων σε συμμόρφωση με την Οδηγία 75/442/ΕΟΚ,

- ΚΥΑ 82805/2224 (ΦΕΚ 699/Β/1993), που καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από εγκαταστάσεις καύσης αστικών αποβλήτων,
- ΚΥΑ 69728/824/96 (ΦΕΚ 358/Β/1996), που αφορά στα μέτρα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
- ΚΥΑ 114218/97 (ΦΕΚ 1016/Β/1997), περί της κατάρτισης πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων και
- ΚΥΑ 113944/97 (ΦΕΚ 1016/Β/1997), όπου καθορίζεται ο εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

Για περρισσότερες λεπτομέρειες όσον αφορά την Ελληνική νομοθεσία, τα πλήρη κείμενα των αποφάσεων βρίσκονται στο Παράρτημα II.

3.2.1. ΚΥΑ 49541/1424/86 (ΦΕΚ 444/Β/1986)

Η Υπουργική αυτή Απόφαση αφορά στα στερεά απόβλητα και είναι η συμμόρφωση με την οδηγία 75/442/ΕΟΚ του συμβουλίου της 15^{ης} Ιουλίου 1975. Σ' αυτό το νόμο καθορίζονται:

- Οι τρόποι ώστε να διασφαλισθεί ότι δεν τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα η δημόσια υγεία και δεν δημιουργούνται βλάβες στο περιβάλλον,
- Οι υπόχρεοι φορείς διαχείρισης στερεών αποβλήτων (μαζί με τις υποχρεώσεις και τα δικαιώματά τους),
- Ο σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων, που αποσκοπεί στη μελέτη και τον καθορισμό των μεθόδων διαχείρισης που πρέπει να εφαρμοσθούν,
- Η εκπόνηση και εφαρμογή του σχεδιασμού διαχείρισης στερεών αποβλήτων. Ο εθνικός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων περιλαμβάνει την κατάρτιση προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων που πραγματοποιούνται και εξειδικεύονται στα πλαίσια του περιφερειακού σχεδιασμού,
- Ο τρόπος χορήγησης άδειας για διαχείριση στερεών αποβλήτων,
- Η έκδοση πλαισίου τεχνικών προδιαγραφών για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων και τέλος
- Οι ποινικές και διοικητικές κυρώσεις που αφορούν όσους δεν τηρούν τις ισχύουσες διατάξεις.

Για περισσότερες πληροφορίες το πρωτότυπο κείμενο βρίσκεται στο [Παράρτημα II](#).

3.2.2. ΚΥΑ 82805/2224 (ΦΕΚ 699/Β/1993)

Αφορά τον καθορισμό μέτρων και όρων για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από εγκαταστάσεις καύσης αστικών αποβλήτων και την εναρμόνιση με τις διατάξεις της υπ' αριθμόν 89/369/ΕΟΚ οδηγίας του Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 8^{ης} Ιουνίου 1989. Σ' αυτό το νόμο καθορίζονται:

- Ότι οι εγκαταστάσεις καύσης αστικών αποβλήτων στις οποίες αναφέρεται η απόφαση είναι αυτές που η άδεια λειτουργίας τους χορηγήθηκε μετά την 1^η Δεκεμβρίου 1990,
- Οι οριακές τιμές εκπομπών,
- Τα μέτρα και οι διαδικασίες τήρησης των οριακών τιμών εκπομπών,
- Οι απαιτούμενες μετρήσεις εκπομπών,
- Η αντιμετώπιση σε περιπτώσεις υπέρβασης των οριακών τιμών ή βλάβες,
- Ποιες είναι οι περιπτώσεις που μπορούν να υπάρξουν παρεκκλίσεις από τις διατάξεις του νόμου,
- Η διαδικασία ελέγχου των εγκαταστάσεων και τέλος
- Οι κυρώσεις στους παραβάτες των διατάξεων αυτής της απόφασης.

Για περισσότερες πληροφορίες το πρωτότυπο κείμενο βρίσκεται στο [Παράρτημα II](#).

3.2.3. ΚΥΑ 69728/824/96 (ΦΕΚ 358/Β/1996)

Αφορά τα μέτρα και τους όρους για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, την εναρμόνιση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 18^{ης} Μαρτίου 1991 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων και την αντικατάσταση της υπ' αριθμόν 49541/1424/1986 Κοινής Υπουργικής Απόφασης (ΚΥΑ). Σ' αυτό το νόμο καθορίζονται:

- Το πεδίο εφαρμογής της απόφασης,
- Τα μέτρα διαχείρισης που προβλέπονται ώστε να διασφαλίζεται ότι δεν τίθεται σε κίνδυνο, άμεσα ή έμμεσα, η υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον,
- Οι υποχρεώσεις και τα δικαιώματα των υπόχρεων φορέων διαχείρισης στερεών αποβλήτων,
- Οι γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων,
- Το πλαίσιο των τεχνικών προδιαγραφών και των γενικών προγραμμάτων διαχείρισης,
- Ο σχεδιασμός της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων,
- Τα μέτρα και οι προϋποθέσεις για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων,

- Ο τρόπος εξυγίανσης και αποκατάστασης του χώρου μετά τον τερματισμό της λειτουργίας του,
- Ο τρόπος αποκατάστασης των ανεξέλεγκτων χώρων διάθεσης ή αξιοποίησης,
- Οι υποχρεώσεις του κατόχου,
- Ποιοι είναι και πως πρέπει να γίνονται οι έλεγχοι
- Ποιοι είναι υποχρεωμένοι να καταβάλουν δαπάνη διαχείρισης και τέλος
- Οι κυρώσεις για τους παραβάτες των διατάξεων αυτής της απόφασης

Επίσης περιλαμβάνονται και τα παρακάτω παραρτήματα:

Π ΙΑ: Κατηγορίες αποβλήτων,

Π ΙΒ: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων,

Π ΙΙΑ: Εργασίες Διάθεσης, Π ΙΙΒ: Εργασίες Αξιοποίησης,

Π ΙΙΙΑ: Στοιχεία για αδειοδότηση εγκαταστάσεων διάθεσης επαναξιοποίησης αποβλήτων.

Για περισσότερες πληροφορίες το πρωτότυπο κείμενο βρίσκεται στο [Παράρτημα ΙΙ](#).

3.2.4. ΚΥΑ 114218/97 & ΚΥΑ 113944/97 (ΦΕΚ 1016/Β/1997)

Αφορά την κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων και τον εθνικό σχεδιασμό διαχείρισης στερεών αποβλήτων προς εφαρμογή 2 της υπ' αριθμόν 69728/824/1996 ΚΥΑ. Σ' αυτό το νόμο καθορίζονται:

- Πεδίο εφαρμογής της παρούσας απόφασης,
- Το πλαίσιο των τεχνικών προδιαγραφών διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Π Ι) και
- Το γενικό πρόγραμμα διαχείρισης στερεών αποβλήτων (Π ΙΙ)

Ο πίνακας Ι (Π Ι) περιέχει:

- Τις τεχνικές προδιαγραφές συλλογής-προσωρινής αποθήκευσης-μεταφοράς στερεών αποβλήτων,
- Τις τεχνικές προδιαγραφές μεταφόρτωσης,
- Τους όρους και τα κριτήρια καταλληλότητας επιλογής θέσεων εγκατάστασης,
- Τις τεχνικές προδιαγραφές για τα συστήματα διαλογής στην πηγή,
- Τις τεχνικές προδιαγραφές για ΧΥΤΑ,
- Τις τεχνικές προδιαγραφές κατασκευής και λειτουργίας εγκαταστάσεων μηχανικής διαλογής και κομποστοποίησης,
- Τις τεχνικές προδιαγραφές διαχείρισης ιλύων από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων.

Ο πίνακας II (Π II) περιέχει:

- Τις μορφές εναλλακτικής διαχείρισης απορριμμάτων και γενικά προγράμματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων
- Γενικά προγράμματα ανακύκλωσης
- Τη διαδικασία ενημέρωσης, επιμόρφωσης και εκπαίδευσης του επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού για την παρακολούθηση λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ
- Πρόγραμμα καθαρισμού και αναβάθμισης τουριστικών ακτών
- Προγράμματα καθαρισμού ευαίσθητων περιοχών και τέλος
- Γενικά προγράμματα διαχείρισης απορριμμάτων που προέρχονται από γεωργική χρήση.

Όσον αφορά τον εθνικό σχεδιασμό διαχείρισης στερεών αποβλήτων καθορίζονται:

- Από ποιους μπορεί να εφαρμοστεί (πεδίο εφαρμογής) η παρούσα απόφαση,
- Οι γενικές κατευθύνσεις της πολιτικής διαχείρισης των αποβλήτων,
- Ο σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (θέσπιση γενικών όρων καταλληλότητας και κριτηρίων συγκριτικής αξιολόγησης και επιλογής των χώρων εγκαταστάσεων διάθεσης και αξιοποίησης των στερεών αποβλήτων),
- Τα περιεχόμενα Μελέτης Προέγκρισης Χωροθέτησης,
- Το περιεχόμενο της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και τέλος
- Ο τρόπος με τον οποίο θα γίνεται η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα Δ.Α. και κοινωνική αποδοχή των εγκαταστάσεων.

Για περισσότερες πληροφορίες το πρωτότυπο κείμενο βρίσκεται στο [Παράρτημα II](#).

4. Μέθοδοι επεξεργασίας απορριμμάτων

4.1. Καύση

4.1.1. Εισαγωγή

Η καύση των απορριμμάτων αποτελεί μία σημαντική εναλλακτική περίπτωση διαχείρισης απορριμμάτων, η οποία δεν έχει τύχει ακόμη καμιάς εφαρμογής στην Ελλάδα. Με τον όρο "Καύση Απορριμμάτων" δεν εννοείται βέβαια η ανεξέλεγκτη καύση διαφόρων ειδών απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές ή υπαίθριους χώρους. Εννοείται η θερμική καταστροφή των καταλλήλων προς καύση απορριμμάτων σε ειδικές εγκαταστάσεις με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας.

Σε πολλές Ευρωπαϊκές Χώρες, και όχι μόνο, η καύση αποτελεί βασική μέθοδο επεξεργασίας απορριμμάτων και μάλιστα κερδίζει ολοένα και περισσότερους υποστηρικτές. Το γεγονός αυτό είναι φανερό στον Πίνακα 4, ο οποίος παρουσιάζει τις ετήσιες ποσότητες απορριμμάτων που διατέθηκαν με τη μέθοδο της αποτέφρωσης. Επίσης, στον Πίνακα 5, φαίνεται ο αριθμός των εργοστασίων αποτέφρωσης που βρίσκονται σε λειτουργία σε διάφορες Ευρωπαϊκές Χώρες, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat).

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ε.Ε	86.40	86.92	90.70	92.52	95.02	97.49	99.37	101.92
Βέλγιο	171.00	161.00	167.00	158.00	157.00	163.00	-	-
Δανία	294.11	307.75	315.06	312.38	314.67	351.97	397.07	389.32
Γερμανία	-	105.91	110.7	112.42	125.46	133.47	131.24	-
Ελλάδα	-	-	-	-	-	-	-	-
Ισπανία	-	-	-	75.48	61.26	43.39	37.09	-
Γαλλία	184.44	176.13	175.41	172.34	173.55	174.39	175.65	-
Ολλανδία	138.55	171.04	218.79	198.41	203.04	190.37	199.04	200.37
Αυστρία	53.61	53.51	55.16	54.49	56.42	59.36	-	-
ΥΚ	44.62	36.00	30.00	36.61	41.00	41.91	43.00	-
Νορβηγία	86.12	82.53	85.19	85.52	93.16	91.35	151.62	175.05
Σλοβακία	28.00	28.00	30.00	34.00	32.00	39.00	25.00	29.00
Η.Π.Α.	123.00	124.00	125.00	116.00	114.00	-	-	-
Ιαπωνία	108.00	-	96.00	90.00	86.00	-	-	-

Πίνακας 4: Ετήσιες ποσότητες απορριμμάτων που αποτεφρώθηκαν.

ΧΩΡΑ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΥΣΗΣ
Βέλγιο	9
Δανία	68
Γερμανία	154
Ελλάδα	-
Ισπανία	13
Γαλλία	305
Ολλανδία	14
Αυστρία	9
Ιταλία	164
Νορβηγία	9
Σλοβακία	92

Πίνακας 5: Εργοστάσια καύσης στην Ευρώπη.

4.1.2. Ενεργειακό περιεχόμενο απορριμμάτων

Γενικά, τα απορρίμματα από την πλευρά της δυνατότητας καύσης τους μπορούν να καταταγούν σε δύο κατηγορίες: αυτά που μπορούν να καούν όπως τα ζυμώσιμα υλικά, πλαστικό, χαρτί, ξύλο, ελαστικά, δέρμα, υφάσματα, κ.α., και αυτά που δεν καίγονται όπως το γυαλί, τα μέταλλα, τα αδρανή, κ.α.

Η περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε υγρασία και τέφρα, καθώς και σε καύσιμη ύλη, εξαρτώνται από τη σύσταση των απορριμμάτων, το είδος δηλαδή των διαφόρων υλικών που περιέχονται σε αυτά. Η στοιχειακή ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

ΥΛΙΚΑ	C	H	O	N	Cl	S	H ₂ O	Τέφρα
Εφημερίδες	36,62	4,66	31,76	0,11	0,11	0,19	25,00	1,55
Βιβλία Περιοδικά	32,93	4,64	32,85	0,11	0,13	0,21	16,00	13,13
Υπόλοιπα Χαρτιά	32,41	4,51	29,91	0,31	0,61	0,19	23,00	9,06
Πλαστικά	56,43	7,79	8,05	0,85	3,00	0,29	15,00	8,59

ΥΛΙΚΑ	C	H	O	N	Cl	S	H ₂ O	Τέφρα
Ελαστικά , Δέρμα	43,09	5,37	11,57	1,34	4,97	1,17	10,00	22,49
Ξύλο	41,20	5,03	34,55	0,24	0,09	0,07	16,00	2,82
Υφάσματα	37,23	5,02	27,11	3,11	0,27	0,28	25,00	1,98
Υπολείμματα Κήπων	23,29	2,93	17,54	0,89	0,13	0,15	45,00	10,07
Υπολείμματα Κουζίνας	17,93	2,55	12,85	1,13	0,38	0,06	60,00	5,10
Μέταλλα	4,31	0,60	3,94	0,05	0,07	0,01	5,00	85,97
Γυαλί , Κεραμικά	0,50	0,07	0,35	0,03	0,01	0,00	2,00	97,04

Πίνακας 6: Στοιχεία ανάλυσης διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων.

Η συμμετοχή του χαρτιού - χαρτονιού σε βαρέα μέταλλα είναι σχετικά χαμηλή . Οι τοξικές ουσίες προέρχονται από τα πρόσθετα , τα βοηθητικά υλικά και τα πιγμέντα .

Τα πρόσθετα υλικά είναι ορυκτά (καολίνες - πηλός , κλπ .) ή συνθετικά (διοξειδίο του τιτανίου , υδροξείδιο του αλουμινίου , κλπ). Επίσης χαμηλή είναι και η τιμή του υδραργύρου ο οποίος προέρχεται από τα βοηθητικά υλικά . Το χαρτί – χαρτόνι αποτελεί την κύρια πηγή για το φθόριο και το θείο . Υπολογίζεται ότι το 50% του φθορίου και το 24% του θείου προέρχεται από την ομάδα αυτή των υλικών .

Τα πλαστικά αποτελούν τη βασική πηγή για το χλώριο, το κάδμιο, θείο, μόλυβδο, φθόριο και υδράργυρο, τα οποία βρίσκονται στους σταθεροποιητές και τα πιγμέντα .

Το κάδμιο, όταν χρησιμοποιείται ως μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων η υγειονομική ταφή, δεν υπάρχει μεγάλο πρόβλημα στα στραγγίσματα, σε αντίθεση με την καύση όπου π.χ. τα πιγμέντα διασπώνται σε θερμοκρασία 600 °C.

Στην κατηγορία των ζυμώσιμων (λαχανικά, φρούτα, τροφές) υπάρχουν κυρίως τα βαρέα μέταλλα Cu, Pb, Zn, Cd, Hg.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί όταν αναμειγνύονται τα οικιακά, τα κλαδιά και τα φύλλα που προέρχονται από κήπους. Οι μεγαλύτερες ποσότητες Zn (25 %), F (30 %), και S (19 %) βρίσκονται στα απορρίμματα αυτής της κατηγορίας. Ο βαθμός εκπομπής των επικίνδυνων ουσιών εξαρτάται από τις συνθήκες καύσης και την κινητικότητα των

αερίων. Οι συνθήκες αυτές μπορούν να προσδιορισθούν εκτός από την σύνθεση των απορριμμάτων, από τη θερμοκρασία και τη λειτουργία της μονάδος.

Σε σύγκριση των επικίνδυνων ουσιών που περιέχουν τα απορρίμματα στην Ελλάδα με τα απορρίμματα άλλων χωρών, στα Ελληνικά απορρίμματα παρουσιάζονται χαμηλές τιμές του Pb, Zn και Cu σε αντίθεση με τις υψηλές τιμές στο Cd.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε μέταλλα των διαφόρων συστατικών των απορριμμάτων.

Υλικό	Cd	Cu	Fe	Hg	Mn	Na	Pb	Zn
Χαρτί	2	100	2000	0,1	75	1550	125	375
Πλαστικά	14	525	3875	0,4	100	1475	800	975
Ζυμώσιμα	4	575	7025	2	300	3575	900	750
Σκόνες	3	27	12050	0,3	625	2500	550	1125

Πίνακας 7: Περιεκτικότητα των απορριμμάτων σε μέταλλα.

Η καύση και γενικότερα η ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων, συνδέεται με το ποσό της θερμότητας που μπορεί να εκλυθεί κατά την καύση τους. Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας ενός υλικού εκφράζεται ως η θερμογόνος δύναμη του υλικού αυτού. Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση των υδρατμών που παράγονται κατά την καύση, η θερμογόνος δύναμη αναφέρεται ως ανώτερη (οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε υγρό) και σε κατώτερη (οι υδρατμοί παραμένουν στην αέρια φάση).

Η θερμογόνος δύναμη ενός υλικού εξαρτάται από την περιεκτικότητά του στα βασικά καύσιμα στοιχεία , που είναι ο άνθρακας και το υδρογόνο και σε μικρότερο ποσοστό το θείο .

Σημαντικές παραμέτρους για τη δυνατότητα καύσης ενός υλικού , αποτελούν η περιεκτικότητά του σε υγρασία και τέφρα. Η υγρασία (στην ουσία το νερό) που περιέχεται στα απορρίμματα αποτελεί εμπόδιο για την εύκολη καύση τους επειδή απαιτεί σημαντικό ποσό ενέργειας για να απομακρυνθεί ώστε να μπορέσουν τα απορρίμματα να καούν και να αποδώσουν το θερμικό φορτίο που περιέχουν . Από την άλλη , η τέφρα αποτελείται από ανόργανα συστατικά που περιέχονται στα απορρίμματα (μέταλλα, γυαλί, και άλλα αδρανή όπως χύμα) τα οποία δε μπορούν να καούν , και επιπρόσθετα θα πρέπει να απομακρυνθούν από το χώρο στον οποίο

γίνεται η καύση των απορριμμάτων .

Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση :

$$A\Theta\Delta = 80,8C + 344\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25S$$

όπου ΑΘΔ. η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal/kg)

C η περιεκτικότητα (%) σε άνθρακα,

H η περιεκτικότητα (%) σε υδρογόνο,

O η περιεκτικότητα (%) σε οξυγόνο και

S η περιεκτικότητα (%) σε θείο.

Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται αφαιρώντας από την ανώτερη θερμογόνο δύναμη τη λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης των υδρατμών :

$$K\Theta\Delta = A\Theta\Delta - 580(H + W)$$

όπου ΚΘΔ η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (kcal/kg)

H η περιεκτικότητα (%) σε υδρογόνο και

W η περιεκτικότητα (%) σε υγρασία.

Η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων, μπορεί επομένως να εκτιμηθεί με βάση τη μέση σύσταση των απορριμμάτων και τη μέση θερμογόνο δύναμη της κάθε κατηγορίας.

Έτσι, ο Πίνακας 8 δίνει στοιχεία σχετικά με το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων της Ελλάδας.

Υλικά	Περιεκτικότητα, % κ .β .	Κατώτερη Κ.Θ.Δ. kcal/kg	Ενέργεια στα 100 kg, kcal	Συμμετοχή στην ενέργεια, %
Χαρτί	20.0	3.960	79.300	32.3
Πλαστικά	8.5	7.700	65.450	26.7
Ζυμώσιμα	49.0	1.100	53.900	22.0
Γυαλί	4.5	33	748	-
Μέταλλα	4.5	165	742	-

Δέρμα, Ξύλο, Ύφασμα	3.0	4.400	13.200	5.4
Αδρανή	5.0	30	150	-
Υπόλοιπα	5.5	5.770	31.735	12.9

Πίνακας 8: Θερμογόνος δύναμη και ενεργειακά στοιχεία στα Ελληνικά οικιακά απορρίμματα.

Τα απορρίμματα καίγονται όταν η περιεκτικότητά τους σε νερό δεν ξεπερνά το 50%, η περιεκτικότητα σε τέφρα το 60% και η καύσιμη ύλη να είναι τουλάχιστον 25%, δηλαδή όταν η κατώτερη θερμογόνος δύναμή τους είναι 3.350 kJ/kg.

4.1.3. Καύση Απορριμμάτων

Καύση είναι η διαδικασία κατά την οποία επιτυγχάνεται οξείδωση των απορριμμάτων σε υψηλή θερμοκρασία παρουσία οξυγόνου. Κατά τη διαδικασία αυτή τα απορρίμματα αποσυντίθενται θερμικά με παρουσία περίσσειας αέρα. Τη διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων επηρεάζουν οι ακόλουθοι παράμετροι :

- η ομοιογένεια,
- το μέγεθος των κόκκων ή τεμαχίων καθώς και η κατανομή τους,
- η ειδική επιφάνειά τους,
- η θερμική τους αγωγιμότητα,
- η θερμοκρασία ανάφλεξης,
- η δυνατότητα αποθήκευσης,
- το ειδικό βάρος,
- η θερμογόνος δύναμη της καύσιμης ύλης,
- η ποσοτική σύνθεση της καύσιμης ύλης , τέφρα και νερό,
- η περιεκτικότητα σε πτητικά,
- η περιεκτικότητα σε επικίνδυνες ουσίες και
- το σημείο τήξης της τέφρας

Η ειδική επιφάνεια και η αγωγιμότητα επηρεάζουν την ταχύτητα της θερμικής διαδικασίας. Η επίδραση αυτών των παραμέτρων είναι δύσκολο να προσδιορισθεί, λόγω της ανομοιογένειας του υλικού.

Η θερμοκρασία ανάφλεξης επηρεάζει την ικανότητα αντίδρασης και αυξάνεται από την περιεκτικότητα σε πτητικά. Η θερμοκρασία ανάφλεξης υπολογίζεται στους 400 °C. Η πυκνότητα των απορριμμάτων εξαρτάται από την υγρασία τους και κυμαίνεται στην περιοχή 150 - 350 kg/m³.

Η περιεκτικότητα σε τέφρα των οικιακών απορριμμάτων κυμαίνεται στην περιοχή 26 - 33 % κ.β. Η υγρασία των απορριμμάτων είναι 25 - 50 % κ .β. Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 5, η θερμογόνο δύναμη ξεπερνά τις 2400 kcal/kg.

4.1.4. Βασικά Χαρακτηριστικά της Καύσης Απορριμμάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά της καύσης είναι :

- η φλόγα (μέτωπο, ταχύτητα, θερμοκρασία, σταθερότητα)
- θερμοκρασία φλογοθαλάμου
- έλεγχος φλόγας
- χρόνος παραμονής της καύσιμης ύλης και των αερίων που παράγονται

Η φλόγα είναι η ζώνη που λαμβάνουν χώρα οι αντιδράσεις της καύσης και παράγεται ορατή ακτινοβολία . Το μέτωπο της φλόγας ορίζεται ως η περιοχή μεταξύ του μίγματος των απορριμμάτων - αέρα και των προϊόντων της καύσης . Όλες οι αντιδράσεις στην καύση είναι εξώθερμες και σε μια πλήρη καύση , από τους υδρογονάνθρακες σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα , αιθάλη και ελεύθερες ρίζες .

Η πραγματική θερμοκρασία της φλόγας διαφέρει από την θεωρητική , γιατί υπάρχουν απώλειες. Το σύνολο των απωλειών κατά την καύση κυμαίνεται από 7-32% και αφορά : τα καυσαέρια 6-20%, τα άκαυστα υλικά 0.5-3.5% και τις απώλειες θερμότητας από τα άκαυστα αέρια καύσιμα 0-3%.

Η θερμοκρασία του φλογοθαλάμου εξαρτάται από την θερμογόνο δύναμη των απορριμμάτων, τον σχεδιασμό του φλογοθαλάμου, την παροχή του αέρα, και τον έλεγχο της καύσης. Έλεγχος της θερμοκρασίας σημαίνει έλεγχος του μίγματος αέρα - καύσιμης ύλης και της μεταφοράς θερμότητας. Όλες οι μονάδες καύσης χρησιμοποιούν για την καταστροφή του κλάσματος το οποίο καίγεται στα απορρίμματα, αέρα και θερμότητα. Για τον λόγο αυτό οι υπολογισμοί για την καύση είναι βασικά οι ίδιοι για κάθε σύστημα.

Η καύση ακολουθεί τέσσερις φάσεις :

- Τη φάση ξήρανσης με εξάτμιση νερού
- Τη φάση αξιοποίησης των οργανικών ουσιών
- Τη φάση αεριοποίησης και καύσης του ανθρακικού καταλοίπου

- Τη φάση της αποτέφρωσης, όπου οξειδώνονται πλήρως τα αέρια που προήλθαν από τις προηγούμενες φάσεις.

Ωστόσο πριν από την καύση πρέπει να προηγηθούν ορισμένες προεπεξεργασίες όπως :

- Ομογενοποίηση των απορριμμάτων. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη και πραγματοποιείται μέσα στο φούρνο, μέσω κινητών προωθούμενων εσχάρων ή μέσω θραύσης των απορριμμάτων .
- Ενδεχομένη διαλογή. Αφαίρεση του σιδήρου μέσω μαγνητών, καθώς και άλλων αξιόλογων υλικών .
- Λιπασματοποίηση. Μπορεί να γίνει συνδυασμός μιας εγκατάστασης λιπασματοποίησης και ενός αποτεφρωτήρα.

Η καύση μπορεί να ακολουθηθεί από μεταγενέστερες επεξεργασίες όπως :

- Η εξουδετέρωση μέσω καύσης, ορισμένων πτητικών οργανικών ουσιών πριν την έξοδό τους στην ατμόσφαιρα. Αυτή γίνεται σε ένα δεύτερο θάλαμο στο επάνω μέρος του φούρνου εξοπλισμένου με καυστήρα , μετά από έγχυση αέρα,
- Η ψύξη με νερό των πυρακτωμένων σταχτών που βγαίνουν από το φούρνο, που απαιτεί ακολούθως καθαρισμό του χρησιμοποιηθέντος νερού (καθίζηση),
- Η αποκονίωση και ο καθαρισμός των αερίων της καύσης,
- Η ανάκτηση της θερμότητας, για την παραγωγή θερμού νερού ή ατμού.

Η ξήρανση των απορριμμάτων επιτυγχάνεται με την έκθεσή τους σε θερμοκρασία 100 °C περίπου. Η απαιτούμενη για την ξήρανση θερμότητα εξαρτάται από τη σύνθεση των απορριμμάτων και φυσικά από την περιεκτικότητα σε υγρασία. Η θερμική διάσπαση των οργανικών ενώσεων επιτυγχάνεται στους 250 – 900 °C.

Κατά την θερμική διάσπαση απομακρύνονται τα πτητικά υλικά . Η εξαερίωση περιλαμβάνει την μετατροπή των ανθρακούχων υλικών σε , κάτω από υψηλές θερμοκρασίες σε αέριο καύσιμο υλικό. Η θερμοκρασία σε αυτή την ζώνη είναι 800 – 1150 °C και σε κα μια περίπτωση δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 1150 °C. Όταν γίνεται υπέρβαση της θερμοκρασίας αυτής δημιουργείται πρόβλημα από την τήξη της τέφρας και το κόλλημα των εσχάρων . Η κύρια καύση περιλαμβάνει την πλήρη οξείδωση των αποβλήτων σε νερό , διοξείδιο του άνθρακα , οξείδια του θείου και του αζώτου. Μια βασική παράμετρος στην αποτέφρωση είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης που για τα απορρίμματα συνήθως κυμαίνεται γύρω στους 400 °C.

Προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης καύση των στερεών αποβλήτων είναι απαραίτητες οι ακόλουθες προϋποθέσεις :

1. αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσο (O_2) στην εστία καύσης
2. εφικτή (από τα συγκεκριμένα κάθε φορά μέσα) θερμοκρασία ανάφλεξης
3. σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης – οξυγόνου)
4. συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση
5. συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης (άκαυστα υλικά)
6. διατήρηση κατάλληλης θερμοκρασίας στον κλίβανο
7. τυρβώδους ροή των αερίων
8. επαρκής χρόνος παραμονής των αποβλήτων στην περιοχή καύσης
9. δημιουργία τύρβης και ανακίνηση των απορριμμάτων

4.1.5. Τα Προϊόντα της Καύσης

Τα προϊόντα της διαδικασίας αποτέφρωσης είναι τα ακόλουθα :

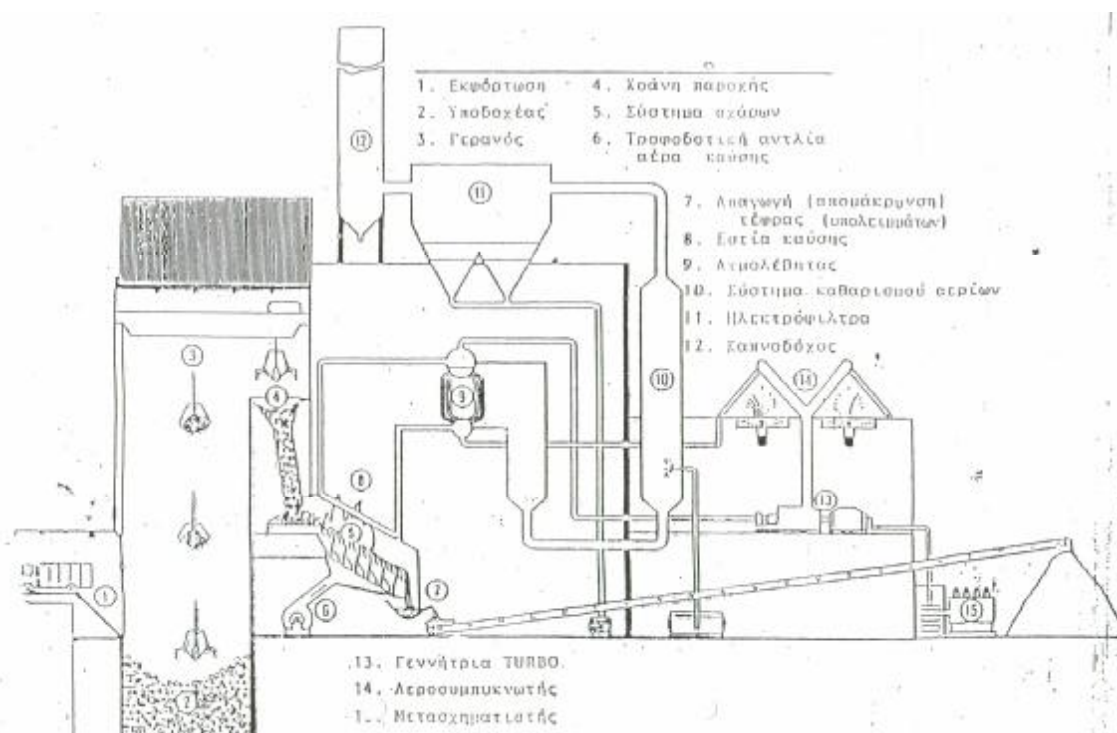
- απαέρια (με υδρατμούς) που μετά τον καθαρισμό τους είναι κατάλληλα για διάθεση στην ατμόσφαιρα,
- ανόργανη τέφρα από την οποία με περαιτέρω επεξεργασία μπορεί να γίνει ανάκτηση υλικών. Το σκραπ που είναι δυνατόν να ανακτηθεί είναι περίπου το 2,5% της ποσότητας των τροφοδοτούμενων απορριμμάτων. Η τελικά προκύπτουσα τέφρα χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό για δομικές χρήσεις, όπως για παράδειγμα στην οδοποιία, τσιμεντοβιομηχανία, είτε οδεύει προς υγειονομική ταφή,
- υγρό απόβλητο αποτέλεσμα των διαδικασιών σβέσης της τέφρας και ψύξης των αερίων και
- θερμότητα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.

4.1.6. Περιγραφή της διαδικασίας της καύσης

Η διαδικασία ξεκινά με την εκφόρτωση των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα στον χώρο αποθήκευσης (σιλό). Από το σιλό μέσω του εναέριου γερανού τα απορρίμματα εισέρχονται στη χοάνη παροχής που ρυθμίζει μια συνεχή ροή απορριμμάτων στις σειόμενες κινούμενες εσχάρες όπου γίνεται παροχή θερμού αέρα καύσης μέσω ενός φυσητήρα, κάτω από την εσχάρα μεταφοράς με αποτέλεσμα, με τη βοήθεια της ακτινοβολίας από τα αντανάκλαστικά τοιχώματα του κλιβάνου, την αφαίρεση ενός μεγάλου μέρους από την υγρασία των απορριμμάτων που πρόκειται να καούν

(φάση ξήρανσης σε θερμοκρασία 100°C). Ακολουθεί η φάση της εξαερίωσης των πτητικών αερίων σε θερμοκρασία 250°C .

Κατόπιν μέσω των κινούμενων σχαρών τα απορρίμματα οδηγούνται στην εστία όπου αναμειγνύονται με την κατάλληλη ποσότητα αέρα, αναφλέγονται (σε θερμοκρασίες $500-600^{\circ}\text{C}$). Η θεωρητική ποσότητα του αέρα καύσης μπορεί να υπολογιστεί από αναλύσεις που γίνονται στα απορρίμματα. Συνήθως όμως χρειάζεται μεγάλη περίσσεια αέρα για να πραγματοποιηθεί τέλεια καύση και να αποφευχθεί η διάβρωση του λέβητα. Η καύση συντηρείται από μόνη της λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων ή με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων βοηθητικού καυσίμου.



Εικόνα 1: Μονάδα καύσης οικιακών απορριμμάτων.

Η θερμοκρασία στο χώρο καύσης είναι συνήθως μεταξύ $300-1200^{\circ}\text{C}$. Μεγαλύτερες θερμοκρασίες αποφεύγονται γιατί προκαλείται μερική τήξη της στάχτης που επικολλάται πάνω στα τοιχώματα και δημιουργούν προβλήματα σκωρίας. Η εστία του κλιβάνου έχει συνήθως ανθεκτικά πυρίμαχα ανακλαστικά τοιχώματα. Νεότεροι τύποι κλιβάνου διαθέτουν υδάτινα τοιχώματα με άμεση μεταφορά θερμότητας από το χώρο καύσης στο νερό των σωλήνων. Διαφορετικά, μετά την πυρίμαχη εστία υπάρχει ο ατμολέβητας που τα καυσαέρια αποδίδουν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας των προς παραγωγή ατμών.

Η διαφορετική σύνθεση των απορριμμάτων από εποχή σε εποχή ή ακόμη και από περιοχή σε περιοχή ως και η ποσότητα τους μέσα στο θάλαμο καύσης έχουν σαν αποτέλεσμα τον διαφορετικό χρόνο παραμονής τους. Για να γίνει πλήρης καύση, τα απορρίμματα πρέπει να παραμείνουν στο θάλαμο καύσης από μία μέχρι 3 ώρες και 30 λεπτά. Επειδή πολλές από τις οργανικές ενώσεις που περιέχουν τα απορρίμματα είναι οργανικά ασταθείς, ελευθερώνονται πολλά επιβλαβή αέρια. Αυτά σε μοντέρνες εγκαταστάσεις μετά την κύρια εστία καύσης και πριν τον ατμολέβητα διέρχονται από ένα μετακαυστήρα για να εξασφαλιστεί η πλήρης καύση τους.

Κατά τη διάρκεια της καύσης εκπέμπονται αέρια, παράγεται τέφρα καθώς επίσης και υγρά απόβλητα, τα οποία προέρχονται από τον καθαρισμό των αερίων. Τα εκπεμπόμενα αέρια αποτελούνται από αιωρούμενα σωματίδια, προϊόντα καύσης και οργανικά σώματα που δεν έχουν καεί.

Στα αιωρούμενα σωματίδια περιλαμβάνονται ανόργανα σωματίδια καθώς και τέφρα. Το μέγεθος τους ποικίλει από λιγότερο του ενός μικρού μέχρι και το μέγεθος της άμμου. Τα αιωρούμενα σωματίδια θεωρούνται πολύ επικίνδυνα διότι μπορεί να μεταφέρουν οργανικές ουσίες επικίνδυνες για τον άνθρωπο, προκαλώντας αναπνευστικά προβλήματα. Η συνήθης τιμή εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι 15LP/t. Η εκπομπή μπορεί να αντιμετωπισθεί μειώνοντας την ταχύτητα του αέρα κατά την είσοδό του ή με ανάμιξη των απορριμμάτων, αλλά αυτό πιθανώς να δημιουργήσει προβλήματα στην καύση. Η πλέον επιτυχημένη μέθοδος είναι να απομακρυνθούν τα αιωρούμενα σωματίδια με τη χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων ή με μηχανικό διαχωρισμό.

Τα προϊόντα της καύσης είναι ατμοί νερού, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και οξείδια του αζώτου, οξείδια του θείου, μεταλλικά και μη μεταλλικά οξείδια και οξέα. Η εκπομπή των αερίων καύσης πρέπει να ελέγχεται και να εφαρμόζονται οι κατάλληλες μέθοδοι δέσμευσής τους, ώστε οι συγκεντρώσεις τους κατά την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα να βρίσκονται μέσα στα επιτρεπτά όρια, που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/76/ΕΕ.

Κατά την καύση παράγονται και οργανικές ουσίες, πολλές από τις οποίες είναι καρκινογόνες και μπορούν να μειωθούν με μια καλύτερη καύση. Επίσης η τέφρα που παράγεται περιέχει πολλά μέταλλα, αδρανή υλικά και πιθανών μερικά οργανικά. Η συνηθισμένη διάθεσή της γίνεται με ταφή.

Τα αέρια που εκπέμπονται κατά την καύση διέρχονται από το σύστημα καθαρισμού όπου καθαρίζονται με καταιονισμό νερού. Κατά τον καθαρισμό των αερίων απομακρύνονται τα όξινα αέρια όπως το HCl, που παράγονται κατά την καύση των

χλωριωμένων υδρογονανθράκων και χλωριωμένων πλαστικών, καθώς και μικρά οργανικά σωματίδια.

Τα καυσαέρια κατόπιν διοχετεύονται στα ηλεκτροστατικά φίλτρα, τα οποία συγκρατούν τα ανόργανα αιωρούμενα σωματίδια και την αιωρούμενη τέφρα. Για να χρησιμοποιηθούν τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αυτά, η θερμοκρασία των καυσαερίων πρέπει να βρίσκεται περίπου στους 400 °C. Έτσι τα αέρια διαβιβάζονται σε εναλλάκτη θερμότητας με σύγχρονη παραγωγή ατμού. Κατόπιν οδηγούνται στην καμινάδα όπου συνήθως ένας ισχυρός ανεμιστήρας εξασφαλίζει τον αναγκαίο αερισμό.

Τα υπολείμματα καύσης (τέφρα και άκαυστο υλικό ψύχονται με νερό στα λουτρά ψύξης και ακολούθως μεταφέρονται με ταινίες σε σπαστήρα και μετά στην εγκατάσταση διαλογής όπου με μαγνήτες έλκονται τα μεταλλικά αντικείμενα προς ανακύκλωση τους. Από ένα άνοιγμα στη βάση του θαλάμου καύσης απομακρύνεται η ιπτάμενη τέφρα. Τα υπολείμματα της καύσης μετά τους μαγνητικούς διαχωριστές καθώς και ιπτάμενη τέφρα οδηγούνται πλέον για ταφή, ενώ τελευταία γίνονται προσπάθειες αξιοποίησής τους, σαν αδρανή υλικά στην οδοποιία ή στην τσιμεντοβιομηχανία.

Τέλος, τα υγρά απόβλητα από την έκπλυση των ρύπων στα διάφορα στάδια της καύσης, οδηγούνται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

4.1.7. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Η καύση αποτελεί μια από τις δημοφιλέστερες μεθόδους διάθεσης αστικών αποβλήτων εδώ και πολλά χρόνια, ενώ έχει εφαρμοστεί σε πολλές χώρες και αυτό λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων της, τα οποία απαριθμούνται παρακάτω :

1. Με την καύση των οικιακών απορριμμάτων επιτυγχάνεται μείωση του αρχικού όγκου τους κατά 70-80% και του αρχικού βάρους κατά 40% επιτυγχάνοντας σε ικανοποιητικό βαθμό έναν από τους βασικούς στόχους όλων των μεθόδων ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα απορρίμματα, την ελαχιστοποίηση δηλαδή των απορριμμάτων που οδηγούνται προς ταφή.

Αυτό οδηγεί στο να θεωρείται η καύση ως η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος σε ορισμένες πυκνοκατοικημένες (αλλά χωρίς προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης) περιοχές του εξωτερικού όπου είναι δύσκολο να ευρεθεί χώρος υγειονομικής ταφής ακόμα και μακριά από κατοικημένες περιοχές.

Πέρα απ' αυτό η καύση, με ορισμένες παραλλαγές ως προς την προαναφερθείσα είναι η μόνη ενδεδειγμένη και υποχρεωτική μέθοδος ασφαλούς διάθεσης του πλέον μολυσματικού μέρους των αστικών απορριμμάτων, των μολυσματικών δηλαδή

νοσοκομειακών απορριμμάτων τα οποία σύμφωνα και με την ισχύουσα νομοθεσία πρέπει να συλλέγονται και να διατίθενται χωριστά από τα υπόλοιπα αστικά απορρίμματα.

2. Η παραγωγή ενέργειας (από την ανάκτηση της θερμότητας των παραγόμενων καυσαερίων) είναι επίσης ένα από τα πολύ θετικά στοιχεία της μεθόδου προς την κατεύθυνση επίλυσης των ενεργειακών προβλημάτων του πλανήτη.

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

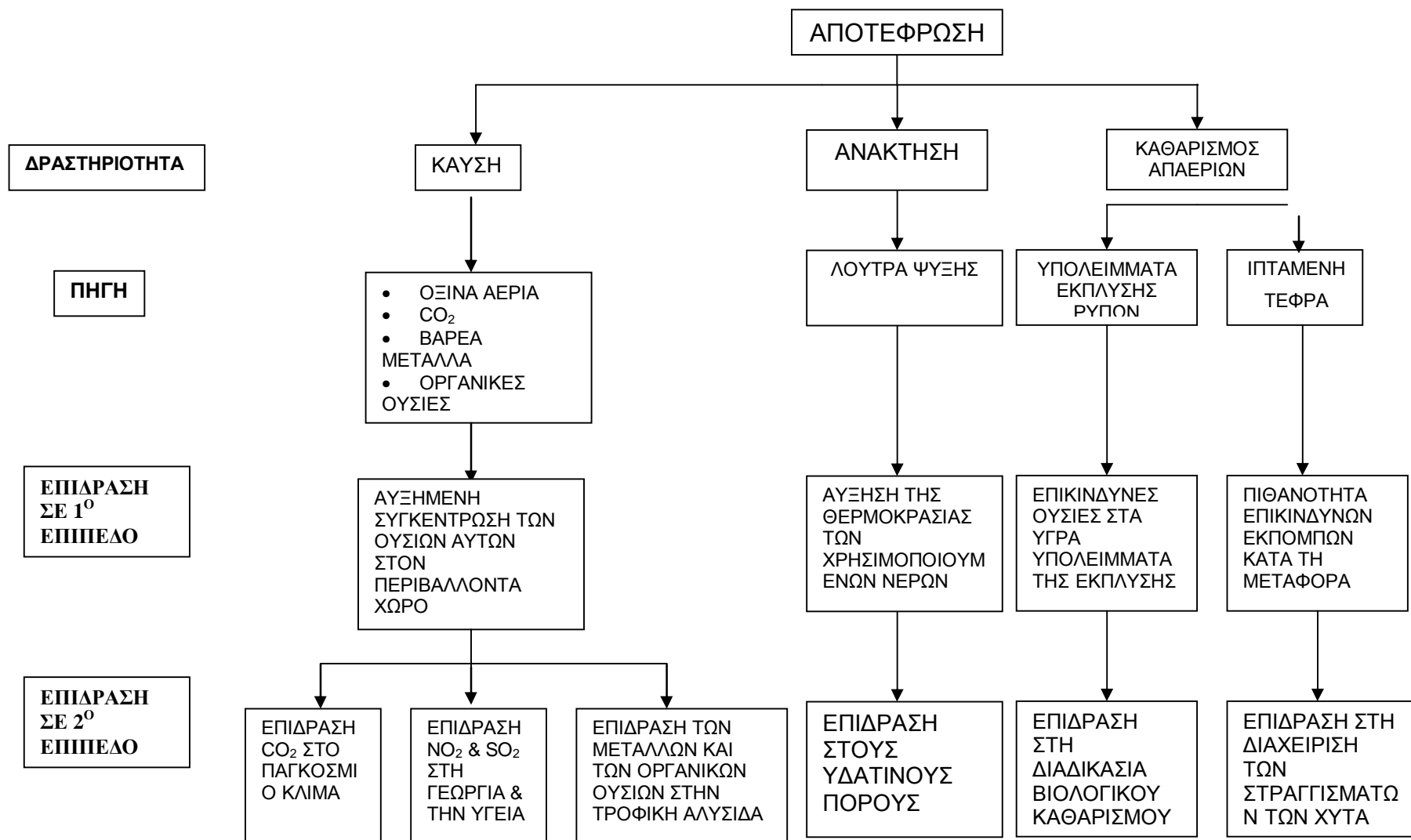
1. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των εγκαταστάσεων καύσης και το οποίο περιορίζει σημαντικά της δυνατότητας εφαρμογής της, είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των ρυπαντών εξαρτώνται βέβαια από τη σύσταση των οικιακών απορριμμάτων που ποικίλει από χώρα σε χώρα.

Κατά μέσο όρο όμως και σε ότι αφορά το HCl και τα αιωρούμενα σωματίδια, αυτά βρίσκονται σε αισθητά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από τις ποσότητες που εκλύονται από την καύση θερμικά ισοδύναμης ποσότητας άνθρακα. Το υδροχλώριο οφείλεται στην παρουσία του PVC στα απορρίμματα και εκτός από τα προβλήματα ρύπανσης, δημιουργεί και διάβρωση της εγκατάστασης. Επίσης, από την καύση του PVC εκλύεται και η διοξίνη που είναι τοξικότερη ουσία. Η σκόνη, αν και βρίσκεται σε μικρότερη αρχική συγκέντρωση στα καυσαέρια, χαρακτηρίζεται από περιεκτικότητα μεγάλου ποσοστού βαρέων μετάλλων και είναι δύσκολο να συγκρατηθεί αποτελεσματικά, λόγω του μεγέθους των σωματιδίων. Τα οξείδια του αζώτου και του θείου βρίσκονται συνήθως σε συγκεντρώσεις ίσες ή μικρότερες από τις αντίστοιχες των συμβατικών καυσίμων. Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι η υψηλή τοξικότητα της ιπτάμενης τέφρας αναγνωρίζεται πλέον σήμερα ακόμα και από τους πιο ένθερμους υποστηρικτές της καύσης, ενώ τα υπολείμματα της καύσης στην πράξη αντιμετωπίζονται ως επικίνδυνα απόβλητα από τους διαχειριστές των χώρων ταφής όπου καταλήγουν.

Για την κατασκευή λοιπόν μιας σύγχρονης εγκατάστασης καύσης που να περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέσα, για τον περιορισμό σε ανεκτά επίπεδα όλων αυτών των αέριων ρυπογόνων εκπομπών, μέσα στα αυστηρότατα πλαίσια που καθορίζονται από την Οδηγία 2000/76/ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προκύπτουν τεράστιες δαπάνες εγκατάστασης και λειτουργίας.

2. Η μέση περιεκτικότητα των Ελληνικών αστικών απορριμμάτων σε υγρασία, κυμαίνεται από 55% και τους θερινούς μήνες φτάνει στο 65%, ενώ σε στερεές καύσιμες

ύλες μετά βίας φτάνει το 30%. Το μεγάλο αυτό ποσοστό υγρασίας και η μικρή θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων αυτών (1000-1200 kcal/kg), απαιτούν την καύση μεγάλων αναλογικά ποσοτήτων πετρελαίου για να επιτευχθεί η καύση των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα να καθιστούν τη μέθοδο ασύμφορη τουλάχιστο για την ανάκτηση ενέργειας.



3. Μια μονάδα καύσης, όσο καλά κι αν κατάφερνε να προσαρμοστεί στις ελληνικές συνθήκες, πέρα από το σημαντικό υλικό κόστος λειτουργίας, θα είχε και προβλήματα από την πολύ έντονη εποχιακή διακύμανση της φυσικής σύνθεσης των απορριμμάτων.
4. Επίσης, 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.
5. Οι πιθανότητες βλάβης της εγκατάστασης καύσης είναι αρκετά μεγάλες εξαιτίας του χαρακτήρα του καυσίμου (διαβρωτικό, ογκώδες κλπ), γεγονός που συνεπάγεται πρόσθετη οικονομικά επιβάρυνση για τη συντήρηση και τις επισκευές της.

4.1.8. Συστήματα μείωσης εκπομπών απαερίων καύσης

Προκειμένου να καλυφθούν οι προδιαγραφές που τίθενται κάθε φορά για τα απαέρια και τα στερεά και υγρά υπολείμματα της καύσης, εφαρμόζονται ορισμένα συστήματα μείωσης εκπομπών. Με βάση μια ειδική μελέτη που διεξήχθη για λογαριασμό του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου σε σύγχρονες μονάδες αποτέφρωσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση επιλέγονται έξι αντιπροσωπευτικά συστήματα μείωσης εκπομπών (Α, Β, C, D, E και F) τα οποία καλύπτουν τρία επίπεδα προδιαγραφών. Τα συστήματα Α και D τηρούν τα όρια εκπομπών της προηγούμενης Οδηγίας (89/369/EEC), τα συστήματα C και F καλύπτουν της προδιαγραφές της ισχύουσας Οδηγίας (2000/76/EE) ενώ τέλος τα συστήματα Β και Ε είναι σύμφωνα με ενδιάμεσα όρια που επιβάλλουν κρατικοί κανονισμοί (π.χ. Βρετανία). Τα συστήματα Α, Β και C χρησιμοποιούν ξηρές μεθόδους καθαρισμού των όξινων απαερίων ενώ τα D, Ε και F εφαρμόζουν υγρές μεθόδους και η βασική αυτή διαφοροποίηση καθορίζει την επιλογή της τεχνολογίας ελέγχου για τους υπόλοιπους ρύπους (Πίνακας 10).

Τα δεδομένα για τα στερεά υπολείμματα αναφέρονται μόνο στα υπολείμματα από τον καθαρισμό των απαερίων και στην ιπτάμενη τέφρα και όχι στην τέφρα εσχάρας. Οι ξηρές μέθοδοι καθαρισμού παράγουν περίπου 40 kg στερεού υπολείμματος ανά τόνο απορριμμάτων ενώ οι υγρές περίπου 25 kg ανά τόνο απορριμμάτων.

4.1.8.1. Οικονομική ανάλυση

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/76/ΕΕ που τέθηκε σε εφαρμογή το 2000 αντικατέστησε την Οδηγία 89/369/ΕΕC. Η νέα οδηγία θέτει αυστηρότερα όρια για τις αέριες εκπομπές και τη διάθεση των υγρών και στερεών υπολειμμάτων της καύσης, με αποτέλεσμα να υποχρεώνει τις προς εγκατάσταση αλλά και τις υπάρχουσες μονάδες να συμμορφωθούν με αυτά. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται μια σημαντική επιβάρυνση του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας σε παλιές και νέες μονάδες.

Ο υπολογισμός της πάγιας επένδυσης και των δαπανών λειτουργίας γίνεται ξεχωριστά για το σύστημα καύσης – ανάκτησης ενέργειας και τα συστήματα καθαρισμού αερίων, ώστε να εκτιμηθεί η επιβάρυνση που επιφέρει κάθε σύστημα στη συνολική επένδυση

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΟΔΗΓΙΑ 2000/76/ΕΕ		ΟΔΗΓΙΕΣ 89/369/ΕΕC ΚΑΙ 89/429/ΕΕC
	μ.ο. 24 ωρών	μ.ο. 0,5 ωρών	μ.ο. 7 ημερών
ΣΚΟΝΗ (mg/Nm ³)	10	30	30
ΤΟC(ως άνθρακας) (mg/Nm ³)	10	20	20
CO (mg/Nm ³)	50	100	100
ΔΙΟΞΙΝΕΣ (I-TEQ) (ng/Nm ³)	0,1	-	-
HCl (mg/Nm ³)	10	60	50
HF (mg/Nm ³)	1	4	2
SO _x (ως SO ₂) (mg/Nm ³)	50	200	300
NO _x (ως NO ₂) (mg/Nm ³)	200	400	-
NH ₃ (mg/Nm ³)	10	20	-
BAPEA ΜΕΤΑΛΛΑ (mg/Nm ³)			
Hg	0,05	-	-
Hg, Cd	-	-	0,2
Cd, Tl	0,05	-	-
As, Ni	-	-	1
Pb, Cr, Mn, Cu	-	-	5
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	-	-

Πίνακας 9: Όρια αέριων εκπομπών που θέτει η Οδηγία 2000/76/ΕΕ καθώς και η Οδηγίες 89/369/ΕΕC και 89/429/ΕΕC.

Η μετατροπή ενός υπάρχοντος συστήματος καθαρισμού απαερίων προκειμένου να γίνει συμβατό με υψηλότερες προδιαγραφές είναι σε μερικές περιπτώσεις μια ελκυστική λύση. Το κόστος της μετατροπής είναι συνήθως μεγαλύτερο από τη διαφορά κόστους μεταξύ των δύο συστημάτων γιατί περιλαμβάνονται έξοδα μετατροπής στον υπάρχοντα και σημαντικά έξοδα μελέτης, σχεδιασμού και εγκατάστασης. Το κόστος μετατροπής υπολογίζεται με βάση εμπειρικούς τύπους (Πίνακας 10).

Όσον αφορά τα συστήματα καθαρισμού των απαερίων είναι σαφές ότι τόσο το κόστος πάγιας επένδυσης όσο και οι δαπάνες λειτουργίας – συντήρησης είναι μεγαλύτερες στην ομάδα συστημάτων D, E και F που χαρακτηρίζονται από τη χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων και υγρών μεθόδων καθαρισμού των όξινων αερίων, σε σχέση με την ομάδα συστημάτων A, B και C που διαθέτουν σακκόφιλτρα και ξηρές μεθόδους.

Το σύστημα καθαρισμού των απαερίων επιβαρύνει το συνολικό κόστος επένδυσης για τη μονάδα καύσης αστικών απορριμμάτων σε ποσοστό που κυμαίνεται από 16% (σύστημα A) έως 28% (σύστημα F).

Για την επιλογή του συστήματος θα πρέπει εκτός των οικονομικών δεδομένων να ληφθούν υπόψιν και άλλοι παράγοντες όπως π.χ. το γεγονός ότι τα συστήματα A, B και C εξαιτίας της χρήσης ξηρών μεθόδων παράγουν περίπου 40 kg στερεού υπολείμματος ανά τόνο απορριμμάτων ενώ για τα συστήματα D, E και F η ποσότητα αυτή είναι 25 kg/tn. Το στερεό αυτό υπόλειμμα είναι η ιπτάμενη τέφρα και τα απόβλητα από τον καθαρισμό των απαερίων και όχι η τέφρα εσχάρας. Άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η παραγωγή υγρού υπολείμματος από τα συστήματα D και E.

Το κόστος διαχείρισης των απορριμμάτων μέσω της αποτέφρωσης κυμαίνεται από 12,500 έως 18,500 δρχ ανά τόνο απορριμμάτων για παραγωγή ατμού και 21,500 έως 27,500 δρχ ανά τόνο απορριμμάτων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος ταφής στην Ελλάδα για το έτος 2000 ήταν περίπου 8,500 δρχ/ τόνο. Αντίστοιχα για τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης το κόστος ταφής είναι 32 ECU/tn και το κόστος καύσης 63 ECU/tn (1993), δηλαδή $C_{καύσης} / C_{ταφής} \sim 2$. Ωστόσο λόγω της δυσκολίας εξεύρεσης νέων χώρων ταφής εξαιτίας της απροθυμίας των τοπικών κοινωνιών να τις αποδεχθούν καθώς και εξαιτίας λειτουργικών προβλημάτων της μεθόδου αναμένεται μια αύξηση του κόστους της ταφής που για το διάστημα μεταξύ των ετών 1993 και 2010 εκτιμάται σε 45% ενώ αντίστοιχα το κόστος της καύσης αυξάνεται με ρυθμό μόνο 8% για το ίδιο διάστημα. Έτσι, για το έτος 2010 ο λόγος κόστους θα είναι $C_{καύσης} / C_{ταφής} \sim 1,45$. Είναι προφανές ότι οι τάσεις αυτές θα καταστήσουν τα κόστη των δύο μεθόδων συγκρίσιμα. Η επιδότηση της μονάδας από περιβαλλοντικά και ενεργειακά προγράμματα

της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε ποσοστό έως και 50% είναι δυνατόν να μειώσουν το κόστος της καύσης σε επίπεδα χαμηλότερα από της ταφής.

ΣΥΣΤΗΜΑ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	ΟΞΙΝΑ ΑΕΡΙΑ	NO _x	ΔΙΟΞΙΝΕΣ ΚΑΙ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ	ΥΓΡΕΣ ΕΚΡΟΕΣ
A	Σακκόφιλτρα	Ξηρή Μέθοδος	-	-	Δεν παράγονται
B	Σακκόφιλτρα	Ξηρή Μέθοδος	Ανακύκλωση Απαερίων	Εισαγωγή ενεργοποιημένου άνθρακα	Δεν παράγονται
C	Σακκόφιλτρα	Ξηρή Μέθοδος	Εκλεκτική μη καταλυτική αναγωγή	Εισαγωγή ενεργοποιημένου άνθρακα	Δεν παράγονται
D	Ηλεκτρόφιλτρα	Υγρή Μέθοδος ενός Σταδίου	-	-	Κατακρήμνιση, ουδετεροποίηση εκροών
E	Ηλεκτρόφιλτρα	Υγρή Μέθοδος Πολλαπλών Σταδίων	-	-	Κατακρήμνιση, ουδετεροποίηση εκροών
F	Ηλεκτρόφιλτρα, Σακκόφιλτρα	Υγρή Μέθοδος Πολλαπλών Σταδίων	Εκλεκτική καταλυτική αναγωγή	Εισαγωγή ενεργοποιημένου άνθρακα	Εξάτμιση και διάθεση στερεών

Πίνακας 10: Τεχνικές μείωσης εκπομπών των συστημάτων καθαρισμού απαερίων καύσης.

	Σύστημα καθαρισμού αερίων					
	A	B	C	D	E	F
I_F (10 ⁶ δρχ)	5,892	6,072	6,240	6,234	6,315	6,927
Ετήσια επιβάρυνση (ηλ.εν.) (10 ³ δρχ/έτος)	785,00	830,00	880,00	845,00	865,00	1,010,00
Κόστος διαχείρισης (ηλ.εν.) (δρχ/tn απορρ.)	21,50	22,70	24,10	23,10	23,70	27,70
Ετήσια επιβάρυνση (ατμός) (10 ³ δρχ/έτος)	455,00	500,00	550,00	515,00	535,00	675,00
Κόστος διαχείρισης	12,50	13,70	15,10	14,10	14,70	18,50

(ατμός) (δρχ/tn απορρ.)						
-------------------------------	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 11: Συνολική δαπάνη επένδυσης, συνολικές δαπάνες λειτουργίας και κόστος διάθεσης απορριμμάτων για τα 6 συστήματα καθαρισμού.

4.1.9. Η ευρωπαϊκή εμπειρία

4.1.9.1. Το εργοστάσιο καύσης των Βρυξελλών

Το εργοστάσιο εξυπηρετεί το δήμο των Βρυξελλών και τους υπόλοιπους 18 γειτονικούς δήμους που αποτελούν όλοι μαζί την πόλη των Βρυξελλών.

Η δυναμικότητα της μονάδας είναι 70 τόνοι / ώρα και η ετήσια ποσότητα απορριμμάτων που καίγονται φτάνει τους 450.000 τόνους.

Η μονάδα άρχισε να κατασκευάζεται στο τέλος του 1982 και η τμηματική του λειτουργία (λειτουργία 1^{ου} φούρνου) άρχισε την 1^η Ιουλίου 1985.

Σε πλήρη δυναμικότητα η εγκατάσταση άρχισε να λειτουργεί την 1^η Ιανουαρίου 1986. Πρόκειται για μια μονάδα που ανακτά ενέργεια μετατρέποντας τη θερμότητα σε ηλεκτρική ενέργεια 200.000.000 kWh / έτος, από απορρίμματα με θερμογόνο δύναμη 2.000 Kcal / kg.

Η συνολική παραγωγή ατμού είναι 940.000 τόνοι / έτος, με θερμοκρασία 400°C, που αντιστοιχεί με 200.000.000 kWh ηλιακής ενέργειας, που όμως δεν πραγματοποιείται στο σύνολό της για λόγους ανεξάρτητους της μονάδας καύσης.

Η όλη εγκατάσταση αποτελείται από τρεις φούρνους δυναμικότητας 23 τον / ώρα ο καθένας, που λειτουργούν παράλληλα στο τμήμα από την κοινή τάφρο υποδοχής μέχρι την κοινή καπνοδόχο, ενώ υπάρχει πρόβλεψη για την μελλοντική προσθήκη ενός ακόμη φούρνου.

Τα επιμέρους τμήματα του εργοστασίου και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- Γεφυροπλάστιγγα 50 τόνων
- Υπόστεγο απόρριψης έκτασης 1800m² με 13 θέσεις απόρριψης. Το 90% των απορριμμάτων προσέρχεται μεταξύ 7 π.μ.-11 μ.μ.
- Τάφρος υποδοχής, με χωρητικότητα 13.000 m³, που αντιστοιχεί σε αποθηκευτική ικανότητα 3 ημερών. Συμπληρωματική τάφρος 800 m³, για τα ογκώδη αντικείμενα που καταλήγουν στην κύρια τάφρο, αφού πρώτα κοπούν.
- Φούρνοι. Τα απορρίμματα πέφτουν με βαρύτητα σε μια τράπεζα τροφοδοσίας απ' όπου ωθούνται στην εσχάρα του φούρνου. Η εσχάρα είναι συνεχούς τύπου και μικτή (ράβδοι κινητοί και ράβδοι σταθεροί πατέντα Martin), γεγονός που επιτρέπει το

αναποδογύρισμα των απορριμμάτων, καθώς αυτά προωθούνται από τις κινητές ράβδους κατά μήκος της κεκλιμένης (26%) εσχάρας. Η θερμοκρασία του θαλάμου καύσης είναι μεγαλύτερη από 750 °C. Η ποσοστιαία περιεκτικότητα των υπολειμμάτων σε άκαυστα υλικά είναι 0,3%. Τα υπολείμματα αυτά (σκωρίες) απομακρύνονται από τον φούρνο με τη βοήθεια κυλίνδρου, που βρίσκεται στο κάτω άκρο της σχάρας, απ' όπου πέφτουν σε μικρή δεξαμενή νερού για να κρυώσουν. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους με δονητικές τράπεζες στην τάφρο προσωρινής αποθήκευσης, ένας ηλεκτρομαγνήτης αποσπά τα σιδηρούχα μέταλλα που μεταφέρονται, με μεταφορική ταινία, στην τάφρο αποθήκευσης όγκου 600 m³.

- Τροφοδοσία φούρνων, η οποία γίνεται με πολύποδη αρπαγή σε γερανογέφυρα (και μια εφεδρική δυναμικότητας 4,5 τόνων και καθαρού όγκου 6,5 m³). Ο ρυθμός τροφοδοσίας είναι 150 τόνοι / ώρα. Ο χειρισμός γίνεται με οπτική επαφή και ο έλεγχος με τη βοήθεια κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης. Η αρπαγή αδειάζει το περιεχόμενό της στη χοάνη τροφοδοσίας του κάθε φούρνου.

Όσον αφορά τα εκπεμπόμενα αέρια, του εργοστασίου, αυτά περιέχουν :

- Ιπτάμενη τέφρα : μέγιστη τιμή 50 mg/Nm³,
- Μονοξείδιο του άνθρακα : μέγιστη τιμή 0,1% και
- Οξυγόνο : πάνω από 7%

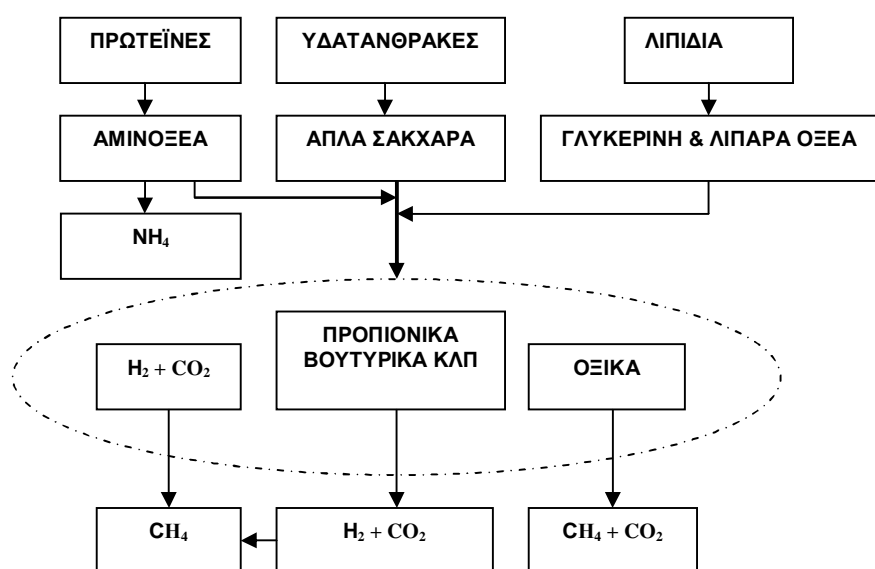
Ο θόρυβος που παράγεται, μετρημένος σε απόσταση 50m από τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου, είναι 50dBa.

Τέλος, η μονάδα βρίσκεται μέσα στον οικιστικό ιστό των Βρυξελλών, δίπλα στο κανάλι Willebroek, από το οποίο και υδροδοτείται. Η μονάδα λειτουργεί σε 24ωρη βάση (3 βάρδιες) και απασχολεί προσωπικό 50 ατόμων. Δηλώθηκε ότι το κόστος λειτουργίας φτάνει περίπου τα 20-25 €/τόνο.

4.2. Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων

4.2.1. Αναερόβια Χώνευση

Το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων, αμέσως μετά τη διάθεσή του και αφού οι συνθήκες γίνουν αναερόβιες, αρχίζει να αποδομείται από ένα πλήθος βακτηρίων και να μετατρέπεται τελικώς σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και μεθάνιο (CH_4). Εντούτοις, οι μικροβιακές διεργασίες, που μετατρέπουν τον οργανικό άνθρακα των απορριμμάτων, είναι μάλλον πολύπλοκες. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, γίνεται μια παρουσίαση της συνολικής διεργασίας.

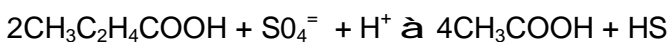
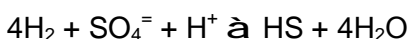
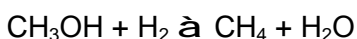
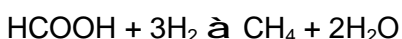
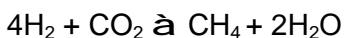
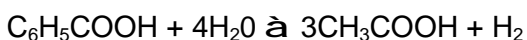
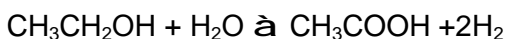
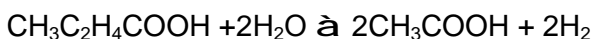
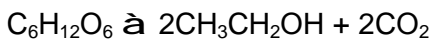
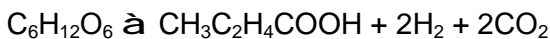
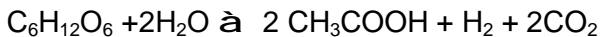


Διάγραμμα 2: Υπόστρωμα και βασικές βακτηριακές ομάδες που περιλαμβάνονται στο οικοσύστημα παραγωγής μεθανίου

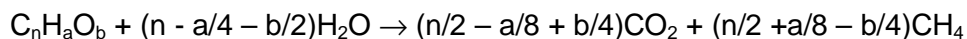
Στο διάγραμμα αυτό, φαίνεται ότι η αναερόβια αποδόμηση, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο τα στερεά και σύνθετα δυσδιάλυτα οργανικά υλικά, υδρολύονται και ζυμώνονται από κατάλληλα βακτήρια σε οργανικά οξέα, αλκοόλες, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Στο δεύτερο στάδιο, μια ομάδα οξεοπαραγωγών βακτηρίων, μετατρέπει τα προϊόντα του πρώτου σταδίου σε οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Μια τελευταία ομάδα βακτηρίων, τα μεθανοπαραγωγά, τροφοδοτείται από τα οξέα των οξυγενών που στη συνέχεια μεταβολίζει σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, δηλαδή βιοαέριο. Αυτό συμβαίνει, είτε μέσω των «οξύφυλων» βακτηρίων που μετατρέπουν το οξικό οξύ σε μεθάνιο και

διοξείδιο του άνθρακα, είτε μέσω των «υδρογονόφιλων» βακτηρίων που μετατρέπουν το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα σε μεθάνιο επίσης.

Οι πιο σπουδαίες αντιδράσεις κατά την αναερόβια διεργασία είναι:



Η συνολική διεργασία που μετατρέπει τα οργανικά υλικά σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα στοιχειομετρικά, εκφράζεται με την παρακάτω εξίσωση (Buswell and Mueller, 1952), ενώ, βέβαια, η πραγματική διεργασία δεν είναι καθόλου μια απλή αντίδραση όπως φαίνεται και στο προηγούμενο διάγραμμα.



Η ύπαρξη λοιπόν, οργανικών στερεών και νερού αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία

ενός μικροβιακού οικοσυστήματος με διάφορες ομάδες μικροβίων συμβιωτικά δεμένες μεταξύ τους με τροφική αλυσίδα που αρχίζει στο οργανικό στερεό και καταλήγει σε βιοαέριο. Αυτό ακριβώς, αποτελεί την καύσιμη ύλη που εκμεταλλευόμαστε στην ενεργειακή αξιοποίηση στερεών οργανικών αποβλήτων, όπως τα απορρίμματα.

4.2.2. ΧΥΤΑ - Ορισμός – Βασικές διεργασίες

Η υγειονομική ταφή είναι η διαδικασία κατά την οποία τα απορρίμματα που πρόκειται να διατεθούν διαστρώνονται σε στρώσεις ύψους 2-3 μέτρων, συμπιέζονται και καλύπτονται με κατάλληλο αδρανές υλικό στο τέλος της καθημερινής λειτουργίας. Όταν ο χώρος διάθεσης φθάσει στην τελική του χωρητικότητα, τοποθετείται μια τελική στρώση αδρανούς υλικού πάχους 0,60 m περίπου και μετά στρώμα χώματος κατάλληλο για δενδροφύτευση, ώστε να αποκατασταθεί τελικά το τοπίο.

Οι χώροι υγειονομικής ταφής δεν πρέπει να συγχέονται με τους χώρους ανεξέλεγκτης απόρριψης, φαινόμενο ιδιαίτερα συχνό στη χώρα μας, οι οποίοι αποτελούν εστίες ρύπανσης του περιβάλλοντός και πηγές ανάφλεξης. Αντίθετα η υγειονομική ταφή είναι όχι απλώς μια περιβαλλοντικά αποδεκτή μέθοδος διάθεσης αλλά επίσης ένας άριστος τρόπος για την αξιοποίηση αχρήστων χώρων και για την περιβαλλοντική τους αποκατάσταση. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός χώρου υγειονομικής ταφής προϋποθέτει την εφαρμογή μιας σειράς επιστημονικών, τεχνικών και οικονομικών αρχών.

Οι ποσότητες των απορριμμάτων που καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής σε διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και ο αριθμός των χώρων που υπάρχουν σε αυτές δίνονται στους Πίνακες 12 και 13, αντίστοιχα.

	1997	1998	1999	2000	2001
Δανία	65,21	67,42	67,94	66,60	54,59
Γερμανία	215,58	199,02	179,83	165,06	147,99
Ελλάδα	337,57	353,79	369,32	384,29	393,86
Γαλλία	248,92	249,27	244,92	240,70	235,27
Ιταλία	369,60	360,47	376,99	378,91	345,74
Αυστρία	186,67	183,64	192,14	182,41	-
Πορτογαλία	273,86	316,38	361,51	334,37	-
Φιλανδία	281,35	294,13	280,25	305,53	301,09

Ην. Βασίλειο	462,00	456,00	470,00	469,00	472,00
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Πίνακας 12 : Ποσότητες απορριμμάτων που καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (kg/άτομο ανά έτος).

ΧΩΡΑ	ΧΥΤΑ
Δανία	146
Γερμανία	2926
Ελλάδα	-
Γαλλία	452
Ιταλία	789
Αυστρία	-
Πορτογαλία	120
Φιλανδία	359
Ην. Βασίλειο	-

Πίνακας 13 : Αριθμός Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων στην Ευρώπη.

Οι διεργασίες στους χώρους της Υγειονομικής Ταφής είναι η γήρανση, η αποσάθρωση και η δημιουργία στραγγισμάτων.

Η γήρανση είναι το σύνολο των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο εναποτιθέμενο υλικό που σε κανονικές συνθήκες υγρασίας δεν επηρεάζονται από παράγοντες που προέρχονται από την επιφάνεια. Πρόκειται κυρίως για αναερόβια διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη μετατρέπεται με την βιολογική αποσύνθεση σε Humus. Παράλληλα συμβαίνει και ισχυρή ορυκτοποίηση με μετατροπή των υδροξειδίων των μετάλλων σε σουλφίδια, ανθρακικά, πυριτικά και φωσφορικά άλατα.

Η αποσάθρωση δρα αντίστροφα. Διαβρώνει το υλικό και σχηματίζει πολλές ευδιάλυτες ουσίες. Υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ αποσάθρωσης και γήρανσης. Η φυσική αποσάθρωση που οφείλεται στο οξυγόνο και το CO₂, επιδρά με μείωση του pH, διάλυση στερεών λόγω ανθρακικού οξέος και οξείδωση.

Η βιολογική αποσάθρωση οδηγεί σε οξείδωση των οργανικών ουσιών προς CO₂ και των οργανικών αζωτούχων σε οργανικές ενώσεις που περιέχουν και θείο.

Τα στραγγίσματα αφορούν όλες τις ευδιάλυτες ουσίες που σχηματίστηκαν κατά τη γήρανση και τα διαλυτά προϊόντα της γήρανσης και της αποσάθρωσης.

Οι ποσότητες τους εξαρτώνται από τη δεισδυτικότητα του νερού και ευνοείται η δημιουργία τους από μεγάλους ύψους στρώματα απορριμμάτων.

Η αλληλοεπίδραση των φυσικοχημικών και βιολογικών φαινομένων που εξελίσσονται στη μάζα των απορριμμάτων παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του χώρου διάθεσης.

4.2.2.1. Επιλογή περιοχής για την κατασκευή χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων

Η εξεύρεση χώρων για τη διάθεση των απορριμμάτων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει σήμερα η Τοπική Αυτοδιοίκηση. Αυτό οφείλεται στο σχετικά μικρό διαθέσιμο χώρο της κάθε περιοχής, στην κακή διάθεση των απορριμμάτων μέχρι σήμερα (ανεξέλεγκτη απόρριψη), στην αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση των κατοίκων και στο ότι δεν υπάρχει σωστός σχεδιασμός γι' αυτό το τόσο σοβαρό θέμα.

Είναι λοιπόν επιτακτική ανάγκη της εποχής μας να επιλεγούν οι χώροι διάθεσης των απορριμμάτων με αντικειμενικά και σωστά κριτήρια. Ο προσδιορισμός του χώρου πρέπει να συνοδεύεται από στοιχεία που θα αποδεικνύουν ότι πράγματι δεν υπάρχει καταλληλότερος χώρος. Η συλλογή, η κωδικοποίηση και η αξιολόγηση των στοιχείων είναι από τα πλέον βασικά πράγματα για την εξεύρεση και προεπιλογή των χώρων διάθεσης. Από την ορθή συλλογή και την αξιοπιστία των στοιχείων εξαρτάται και η σωστή ή καλύτερη τελική απόφαση της επιλογής του χώρου.

Παρακάτω περιγράφεται μια μεθοδολογία εξεύρεσης και επιλογής των χώρων διάθεσης. Αποτελεί βέβαια ένα βοήθημα, αλλά σε καμία περίπτωση δεν είναι ένας αυτόματος μηχανισμός που θα λύνει το πρόβλημα. Το βάρος κάθε κριτηρίου και οι απαιτήσεις ποιότητας του χώρου διάθεσης μπορούν και επιβάλλεται να επανεκτιμούνται και να αξιολογούνται από τους εκάστοτε υπεύθυνους φορείς. Γι' αυτό τον λόγο, το αντικειμενικό και το υποκειμενικό στοιχείο συνυπάρχουν, όχι μόνο στη φάση της κατάρτισης της βαθμολογίας των κριτηρίων αλλά και στη βαθμολόγηση των χαρακτηριστικών του χώρου υγειονομικής ταφής. Αυτή η υποκειμενική κρίση για να πλησιάσει την αντικειμενικότητα και να έχει μια αξιόπιστη συνισταμένη, πρέπει να οικοδομείται πάνω σε ενιαία βάση κοινών κατευθύνσεων και παραδοχών, από πολλούς φορείς.

Η μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης για την επιλογή Χώρων Υγειονομικής Ταφής

Απορριμμάτων, περιλαμβάνει τις παρακάτω δράσεις:

- Ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης,
- Μελέτη χαρτών, σχεδίων και σχετικών μελετών,
- Μελέτη κριτηρίων και
- Αξιολόγηση κριτηρίων.

1. Ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης.

Σε πρώτη φάση, αναλύονται:

- α) Τα δημογραφικά στοιχεία των Δήμων και Κοινοτήτων. Τον υπάρχοντα πληθυσμό τους, την τυχόν αύξηση κατά τους θερινούς μήνες και τη μελλοντική πρόγνυσή τους.
- β) Οι ποσότητες και η σύνθεση των απορριμμάτων (Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν μετρήσεις ή αναλύσεις, γίνονται εκτιμήσεις) .
- γ) Το υπάρχον σύστημα συλλογής- μεταφοράς και διάθεσης των απορριμμάτων .

2. Μελέτη χαρτών, σχεδίων και σχετικών μελετών.

Στη συνέχεια γίνεται μελέτη:

1. Του γενικού χάρτη της προς εξέταση περιοχής,
2. Των σχετικών αεροφωτογραφιών,
- 3 Του τοπογραφικού χάρτη
4. Του γεωλογικού χάρτη
5. Των υδρογεωλογικών μελετών της περιοχής και
6. Του ρυθμιστικού σχεδίου και του σχεδίου ανάπτυξης της περιοχής.

Μετά τη συλλογή και αξιολόγηση των παραπάνω στοιχείων εντοπίζονται οι χώροι που κρίνονται κατ' αρχήν κατάλληλοι για τη διάθεση των απορριμμάτων. Ιδιαίτερα πρέπει να προσεχθούν και τα παρακάτω. Για την ελαχιστοποίηση του κόστους επένδυσης και λειτουργίας η έκταση δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 5 στρεμμάτων. Ιδανικά εδάφη για Υγειονομική Ταφή είναι τα αργιλώδη ηφαιστειογενή και μεταμορφωμένα.

3. Μελέτη κριτηρίων.

Τα κριτήρια χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Γενικά
2. Χωροταξικά
3. Έργα υποδομής
4. Προστασία του Περιβάλλοντος

5. Κλιματολογικές συνθήκες
6. Σύστημα συλλογής-μεταφοράς

Αναλυτικότερα, τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του χώρου είναι τα εξής:

1. ΓΕΝΙΚΑ

- 1.1. Επιφάνεια χώρου
- 1.2. Όγκος χώρου
- 1.3. Ιδιοκτησιακό καθεστώς
- 1.4. Υλικό βάσης, καθημερινής και τελικής επικάλυψης

2. ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΑ

- 2.1. Κατοικημένες περιοχές
- 2.2. Περιοχές ιδιαίτερου κάλλους και προστασίας (αρχαιολογικοί χώροι, βιότοποι κ.λ.π.)
- 2.3. Τουριστικές περιοχές και χώροι αναψυχής
- 2.4. Περιοχές με ειδικές καλλιέργειες
- 2.5. Ευαίσθητες βιομηχανίες-βιοτεχνίες (φαρμάκων-τροφίμων κ.λ.π.)
- 2.6. Αεροδρόμια
- 2.7. Προσπέλαση στο οδικό δίκτυο

3. ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

- 3.1. Παροχή νερού
- 3.2. Σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο
- 3.3. Τηλεφωνική σύνδεση

4. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- 4.1. Αλλοίωση της εικόνας του φυσικού τοπίου
- 4.2. Επιπτώσεις στα ζώα και τα φυτά
- 4.3. Αισθητική κατάσταση
- 4.4. Μη διαπερατότητα του εδάφους
- 4.5. Επιφανειακά νερά
- 4.6. Υπόγεια νερά

4.7.Ατμοσφαιρική ρύπανση

4.8. Οσμές

4.9. Θόρυβος

5. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

5.1. Άνεμοι

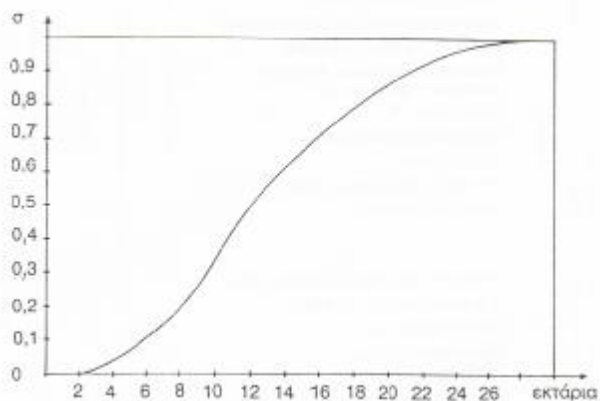
5.2. Βροχοπτώσεις -Ομίχλη

5.3. Θερμοκρασιακές αναστροφές

6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ - ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

4. Αξιολόγηση κριτηρίων.

Όλα τα κριτήρια αναγράφονται στην μήτρα αξιολόγησης κριτηρίων που φαίνεται στον πίνακα 1. Στην στήλη (3) αναγράφεται ο συντελεστής αξίας κάθε κριτηρίου (Bκ). Βαθμολογούνται ανάλογα με την σημασία τους. Το σύνολό τους δεν ξεπερνά το 100. Για κάθε προεκλεγέντα χώρο δίνεται από την ομάδα αξιολόγησης ο συντελεστής εκπλήρωσης (6). Ο συντελεστής εκπλήρωσης (6) είναι από 0-1 και φυσικά δίνεται ανάλογα με την εκπλήρωση των όρων κάθε τύπου. Στις Εικόνες 2 και 3 υπάρχουν παραδείγματα εξεύρεσης του συντελεστή εκπλήρωσης, όσον αφορά την επιφάνεια και τον όγκο του χώρου αντίστοιχα.

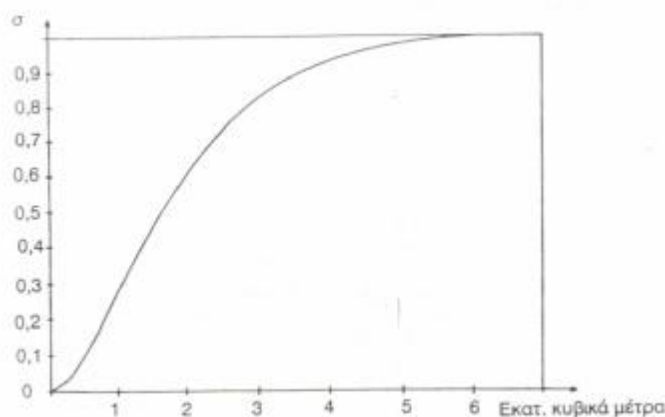


Εικόνα 2: Συντελεστής επιφάνειας χώρου

Ο ομοιογενής προσδιορισμός του συντελεστή εκπλήρωσης για όλους τους χώρους αποτελεί προϋπόθεση για την σύγκριση των χώρων. Ο εκάστοτε συντελεστής αξίας του κριτηρίου (Bκ) πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή εκπλήρωσης (6) και μας δίνει τη

Κωδ. Αριθμός	Ομάδα Κριτηρί ων	Βκ	ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ΒΕκ		ΜΕ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.1	ΓΕΝΙΚΑ		Επιφάνεια χώρου			
1.2			Όγκος			
1.3			Ιδιοκτησιακό καθεστώς			
1.4			Υλικό βάσης, καθημερινής και τελικής επικάλυψης			
2.1	ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΑ		Κατοικημένες περιοχές			
2.2			Περιοχές ιδιαίτερου κάλλους και προστασίας (αρχ. χώροι, βιότοποι, κλπ.)			
2.3			Τουριστικές περιοχές και χώροι αναψυχής			
2.4			Περιοχές με ειδικές καλλιέργειες			
2.5			Ευαίσθητες βιομηχανίες -βιοτεχνίες (φαρμάκων -τροφίμων κλπ.)			
2.6			Αεροδρόμια			
2.7			Προσπέλαση στο οδικό δίκτυο			
3.1	ΕΡΓΑ ΥΠΟΔ ΟΜΗΣ		Παροχή νερού			
3.2			Σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο			
3.3			Τηλεφωνική σύνδεση			
4.1	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ		Αλλοίωση της εικόνας του φυσικού τοπίου			
4.2			Επιπτώσεις στα ζώα και τα φυτά			
4.3			Αισθητική κατάσταση			
4.4			Μη διαπερατότητα του εδάφους			
4.5			Επιφανειακά νερά			
4.6			Υπόγεια νερά -στραγγίσματα			
4.7			Ατμοσφαιρική ρύπανση			
4.8			Οσμές			
4.9			Θόρυβος			
5.1	ΚΛΙΜ Α		Άνεμοι			
5.2			Βροχοπτώσεις – ομίχλη			
5.3			Θερμοκρασιακές αναστροφές			
6.1	ΣΥΛΛΟ ΓΗ		Σχέση με τη συλλογή - μεταφορά			

Πίνακας 14 : Μήτρα αξιολόγησης κριτηρίων.



Εικόνα 3 : Συντελεστής όγκου χώρου.

βαθμολόγηση της ομάδας κριτηρίων. Ανάλογα γίνεται με το συντελεστή αξίας του επιμέρους κριτηρίου (Βεκ). Το σύνολο της βαθμολόγησης είναι και το μέτρο καταλληλότητας του συγκεκριμένου χώρου. Έτσι σχηματίζεται ένας πίνακας όπου αναγράφονται όλοι οι χώροι της περιφέρειας και γίνεται επιλογή από αυτόν ή αυτούς που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο βαθμό. Η κατανομή των συντελεστών αξίας γίνεται από ομάδα ειδικών.

- Συντελεστής σε περιοχές ιδιαίτερου κάλλους.

Στην περίπτωση όπου η περιοχή ιδιαίτερου κάλλους βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 10km από τον εκλεγέντα χώρο, ο συντελεστής είναι ίσος με 1,0, για απόσταση μικρότερη των 6km είναι 0,5, ενώ για απόσταση μικρότερη των 3km ο συντελεστής γίνεται 0,0.

- Συντελεστής ιδιοκτησιακού καθεστώτος.

Για τον προσδιορισμό του συντελεστή σε σχέση με το ιδιοκτησιακό καθεστώς της περιοχής μπορούμε να συμβουλευτούμε τον παρακάτω πίνακα:

Ιδιοκτησιακό καθεστώς	Συντελεστής σ
Τοπική Αυτοδιοίκηση	1,0
Δημόσιο	0,9
Εκκλησία	0,6
Ιδιωτική Περιοχή	0,3

Πίνακας 15: Συντελεστής ιδιοκτησιακού καθεστώτος.

- Συντελεστής υλικού επικάλυψης.

Ο συντελεστής του υλικού επικάλυψης προκύπτει από το γινόμενο δυο συντελεστών σ_1 και σ_2 ως εξής:

$$\sigma = \sigma_1 \sigma_2$$

όπου σ_1 είναι ο συντελεστής για το είδος του υλικού επικάλυψης και

σ_2 ο συντελεστής για την τοποθεσία του υλικού επικάλυψης.

Οι τιμές του συντελεστή σ_1 ανάλογα με το είδος του υλικού, αλλά και τον τρόπο που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΥΛΙΚΟ	ΧΡΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ		
	Μόνωση	Καθημερινή Επικάλυψη	Τελική Επικάλυψη
Αργιλώδης Πηλός	0,8-1,0	0,2	1,0
Γύψος	0,2	0,4	0,3
Αμμώδες Υλικό	0,0-0,1	0,5	0,3
Μπάζα	0,0	0,8	0,0

Πίνακας 16: Συντελεστής είδους του υλικού επικάλυψης.

Ο συντελεστής σε συνάρτηση με την απόσταση από όπου προέρχεται το υλικό επικάλυψης φαίνεται στον πίνακα 17.

ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ σ_2
0 km (στην περιοχή του χώρου επικάλυψης)	1,0
<2km	0,8
<4km	0,5
<5km	0,0

Πίνακας 17: Συντελεστής για την τοποθεσία του υλικού επικάλυψης.

- Συντελεστής υπογείων νερών – στραγγισμάτων.

Ο συντελεστής για τα υπόγεια νερά και τα στραγγίσματα προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή επικινδυνότητας E και του ετήσιου συντελεστή βροχόπτωσης – ομίχλης στην περιοχή K.

Ο συντελεστής επικινδυνότητας E, έχει τιμή 1,0 για μηδενική επικινδυνότητα, ενώ όσο ο κίνδυνος αυξάνεται η τιμή του συντελεστή πλησιάζει στο μηδέν.

Οι τιμές που παίρνει ο συντελεστής K σε σχέση με τα επίπεδα βροχόπτωσης φαίνονται στον Πίνακα 18.

Επίπεδο Βροχόπτωσης	Συντελεστής K
>1100 mm	0,80
900-1100 mm	0,85
800-900 mm	0,90
700-800 mm	0,95
<700 mm	1,00

Πίνακας 18: Συντελεστής Βροχόπτωσης.

- Γεωλογικά και υδρογεωλογικά κριτήρια για την επιλογή των χώρων υγειονομικής ταφής.

Οι γεωλογικοί και υδρογεωλογικοί παράγοντες είναι καθοριστικής σημασίας για την επιλογή των χώρων διάθεσης. Τα στοιχεία που πρέπει να μελετηθούν είναι η γεωλογική δομή της περιοχής, η κλίση, το πάχος των στρωμάτων, οι διακλάσεις και τα ρήγματα. Η λιθολογική σύσταση του χώρου σε σχέση με την τεκτονική δομή προσδιορίζουν τη συμπεριφορά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά που αποτελούν τα κριτήρια καταλληλότητας των χώρων.

Τα πετρώματα με τη μεγαλύτερη προσβολή (χημική αποσάθρωση) είναι κυρίως τα ανθρακικά και οι ασβεστόλιθοι. Η ικανότητα που έχουν τα πετρώματα να επιτρέπουν τη διείσδυση και κυκλοφορία του νερού εξαρτάται από το πορώδες, το βαθμό διάρρηξης, την κλίση, τη στρώση και τη σχιστότητα των πετρωμάτων. Η υδροπερατότητα υπολογίζεται από το συντελεστή διαπερατότητας K (cm/sec).

Τα υδροπερατά πετρώματα διακρίνονται σε ισότροπα και ανισότροπα. Ισότροπα είναι τα πετρώματα στα οποία ο συντελεστής K είναι ο ίδιος σε όλες τις διευθύνσεις στο χώρο.

Προκειμένου να αποφανθούμε για την καταλληλότητα ενός χώρου μελετάμε και τη λιθολογία και τα κατατάσσουμε ανάλογα με το συντελεστή υδροπερατότητας, ο οποίος για διάφορες κατηγορίες υλικών φαίνεται στον Πίνακα 19.

Για να διαπεράσουν τα στραγγίσματα ένα στρώμα πάχους 1 m με $K = 1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec χρειάζονται 3 χρόνια και 2 μήνες, ενώ αν το στρώμα έχει $K = 10^{-7}$ cm/sec απαιτούνται 30 χρόνια.

ΥΛΙΚΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K (cm/sec)
Μίγμα αμμοχάλικου, χαλίκι διαβαθμισμένο	10^{-2}
Διαβαθμισμένο χαλίκι Διαβαθμισμένη άμμος, αμμοχάλικο	10^{-3}
Ιλώδη χαλίκια, αργιλώδης λευκή άμμος, ανόργανος ιλύς, πολύ λεπτόκοκκος άμμος, μίγμα ιλύος & αμμοχάλικου, ιλώδης άμμος	10^{-3} - 10^{-6}
Ανόργανος ιλύς, μαρμαριγιακά ιλώδη εδάφη, οργανική ιλύς, άργιλος χαμηλής πλαστικότητας	10^{-4} - 10^{-6}
Οργανική άργιλος υψηλής πλαστικότητας. τύρφη, ανόργανος άργιλος υψηλής πλ. , παχείς άργιλοι, χαλικώδης αμμώδης & ιλώδης άργιλος, αργιλώδης άμμος αργιλικά χαλίκια, μίγμα αργίλου και αμμοχάλικου	10^{-6} - 10^{-8}

Πίνακας 19: Συντελεστής υδροπερατότητας διαφόρων υλικών.

4.2.2.2. Μέθοδοι υγειονομικής ταφής

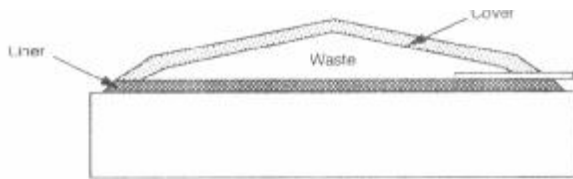
Βασικό στοιχείο σχεδιασμού ενός χώρου υγειονομικής ταφής αποτελεί η μέθοδος που θα ακολουθηθεί για τη διάσθρωση των απορριμμάτων. Δεν υπάρχει μέθοδος κατάλληλη για όλους τους χώρους. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται κάθε φορά από τη μορφολογία του εδάφους και το είδος των απορριμμάτων που θα διατεθούν.

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι: η “επιφανειακή μέθοδος”, η μέθοδος των διαδοχικών τάφρων και η μέθοδος “πλήρωσης λάκκων”. Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται ένας συνδυασμός των τριών μεθόδων.

- **Επιφανειακή μέθοδος**

Εφαρμόζεται όταν είναι δύσκολη η εκσκαφή του εδάφους για τη διάνοιξη τάφρων.

Τα απορρίμματα ξεφορτώνονται και διαστρώνονται σε στενές λωρίδες στην επιφάνεια του εδάφους σχηματίζονται στρώσεις βάθους περίπου 50 - 80 cm Κάθε στρώση συμπιέζεται καθώς προχωρεί η διαδικασία πλήρωσης του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας μέχρις ότου το πάχος των συμπιεσμένων απορριμμάτων φθάσει τα 2,50 - 3 μέτρα.



Εικόνα 4 : Επιφανειακή μέθοδος πλήρωσης.

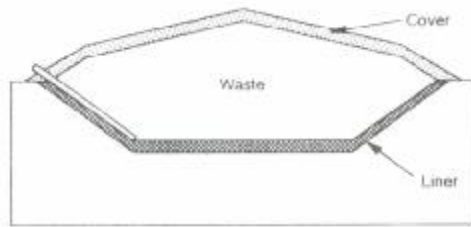
Στο τέλος της ημέρας τα απορρίμματα καλύπτονται με στρώση κατάλληλου αδρανούς υλικού, πάχους περίπου 15 - 30 cm το οποίο επίσης πρέπει να συμπίεσθεί. Το υλικό επικάλυψης εξασφαλίζεται από εκσκαφές στο γύρω χώρο, ή μεταφέρεται με φορτηγά από αλλού. Συνήθως, πριν αρχίσει η λειτουργία της χωματερής, κατασκευάζεται ένα ανάχωμα στη μία πλευρά του χώρου, για να διευκολυνθεί και η συμπίεση των απορριμμάτων. Το πλάτος του χώρου στον οποίο εναποτίθενται και διαστρώνονται τα απορρίμματα κυμαίνεται από 3 - 8 μέτρα.

Το μήκος του χώρου που χρησιμοποιείται κάθε μέρα υπολογίζεται έτσι ώστε στο τέλος της ημέρας το βάθος των απορριμμάτων να φθάσει τα 2,50 - 3 cm. Τα συμπιεσμένα απορρίμματα μαζί με το υλικό επικάλυψης μιας μέρας αποτελούν ένα κύτταρο που αποτελεί βασικό δομικό στοιχείο κοινό σε όλες τις μεθόδους υγειονομικής ταφής. Κάθε στρώση απορριμμάτων αποτελείται από πολλά κύτταρα τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο. Οι στρώσεις τοποθετούνται διαδοχικά η μία πάνω στην άλλη μέχρι τα απορρίμματα φθάσουν το τελικό ύψος που προβλέπεται από τον αρχικό σχεδιασμό του χώρου.

Παραλλαγή της επιφανειακής μεθόδου, αποτελεί η μέθοδος της ράμπας που εφαρμόζεται όταν στο χώρο διάθεσης υπάρχει διαθέσιμη μικρή ποσότητα υλικού επικάλυψης. Σε αυτή τη μέθοδο η εναπόθεση και διάστρωση των απορριμμάτων γίνεται όπως και στην επιφανειακή μέθοδο, αλλά καλύπτονται, μερικά ή ολικά, από χώμα που προέρχεται από εκσκαφή του πυθμένα της χωματερής. Συνήθως, επειδή η εκσκαφή δεν είναι βαθιά δεν επαρκεί το χώμα για επικάλυψη και το υπόλοιπο πρέπει να εξασφαλισθεί από αλλού, όπως και στην επιφανειακή μέθοδο.

- **Η μέθοδος των διαδοχικών τάφρων**

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται όταν στο χώρο υπάρχει υλικό επικάλυψης σε αρκετό βάθος και όταν ο υδροφόρος ορίζοντας είναι πολύ χαμηλός. Τα απορρίμματα αποτίθενται σε τάφρους μήκους 30 - 120 m, βάθους 1 -2 m και πλάτους 5 -8 m.

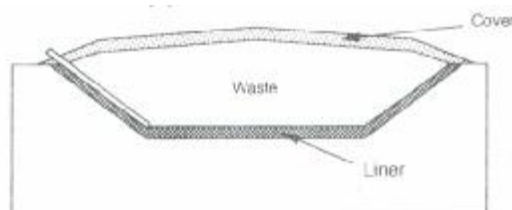


Εικόνα 5 : Μέθοδος διαδοχικών τάφρων.

Στην αρχή της διαδικασίας γίνεται εκσκαφή ενός τμήματος της τάφρου και το χώμα αποτίθεται σε σωρό, στο πίσω μέρος της πρώτης τάφρου. Τα απορρίμματα κατόπιν αποτίθενται στην τάφρο, διαστρώνονται σε λεπτές στρώσεις πάχους 50 - 80 cm και συμπιέζονται. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό ύψος. Το μήκος της τάφρου που χρησιμοποιείται κάθε μέρα πρέπει να υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε στο τέλος της ημέρας τα απορρίμματα να έχουν φθάσει το επιθυμητό ύψος, το μήκος επίσης πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να αποφεύγονται καθυστερήσεις των απορριμματοφόρων που έρχονται να ξεφορτώσουν. Το υλικό επικάλυψης εξασφαλίζεται με την εκσκαφή της διπλανής τάφρου ή συνεχίζοντας την εκσκαφή της τάφρου που ήδη χρησιμοποιείται.

- **Μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων του εδάφους**

Σε περιοχές που υπάρχουν φυσικές ή τεχνητές κοιλότητες του εδάφους (χαράδρες, ρεματιές, ορυχεία, λατομεία), μπορούν κάλλιστα αυτές να χρησιμοποιηθούν για υγειονομική ταφή απορριμμάτων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την διάσθρωση και συμπίεση των απορριμμάτων στις διάφορες κοιλότητες εξαρτώνται από τη γεωμετρία του χώρου, τα χαρακτηριστικά του υλικού επικάλυψης, την υδρολογία και γεωλογία της περιοχής και την δυνατότητα πρόσβασης.



Εικόνα 6 : Μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων του εδάφους.

Σε χαράδρες που ο πυθμένας είναι κάπως επίπεδος η πρώτη στρώση μπορεί να τοποθετηθεί όπως στη μέθοδο των διαδοχικών τάφρων που αναφέρθηκε παραπάνω.

Όταν συμπληρωθεί η πρώτη στρώση, το γέμισμα συνεχίζεται ξεκινώντας από τα σημεία που βρίσκονται προς την κορυφή της χαράδρας και καταλήγοντας προς το στόμιο. Τα απορρίμματα αποτίθενται στον πυθμένα της χαράδρας και συμπιέζονται προς τις πλευρές της, μέθοδος που εξασφαλίζει υψηλή συμπίεση.

Τα ορυχεία και τα λατομεία βρίσκονται συνήθως χαμηλότερα από την επιφάνεια του γύρω εδάφους και γι αυτό είναι αναγκαίο να ληφθεί μέριμνα για τον έλεγχο των επιφανειακών υδάτων. Και στα ορυχεία και τα λατομεία ο τρόπος πλήρωσης είναι παρόμοιος με αυτόν στις χαράδρες. Σημαντική σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η εξασφάλιση υλικού επικάλυψης τόσο για τις ενδιάμεσες στρώσεις όσο και για την τελική επιφάνεια.

Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμόζεται συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων. Επίσης μπορεί στον ίδιο χώρο να χρησιμοποιηθούν περισσότερες της μίας μέθοδοι. Αν επί παραδείγματι στα περισσότερα σημεία του πυθμένα ενός χώρου υπάρχει ένα μεγάλο πάχος χώματος ενώ στα υπόλοιπα το χώμα είναι πολύ ρηχό, μπορεί να διανοιχτούν τάφροι, όπου αυτό είναι δυνατόν και το χώμα που θα εξασφαλισθεί να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό επικάλυψης και για τον υπόλοιπο χώρο που θα χρησιμοποιηθεί η επιφανειακή μέθοδος.

Μια μέθοδος, παραλλαγή των παραπάνω μεθόδων, που εφαρμόζεται συχνά στη χώρα μας είναι η ταφή των απορριμμάτων σε χώρους της μορφής της πλατειάς μισγάγγειας που διαμορφώνεται από την πλαγιά κάποιου εδαφικού όγκου (βουνό, λόφος) και τις εκατέρωθεν πλαγιάς δύο γειτονικών ρευμάτων .

Συνήθως η εδαφική λεκάνη διαμορφώνεται έτσι ώστε να είναι ανοιχτή κατά το 1/3-1/4 της περιμέτρου της. Κατά κανόνα η κατά μήκος κλίσης της εδαφικής λεκάνης (κλίση μισγάγγειας) είναι σημαντική.

Στην περίπτωση αυτή η ταφή των απορριμμάτων πρέπει να αρχίσει από τη χαμηλότερη πλευρά της λεκάνης και να προχωράει προς το εσωτερικό της με την παρακάτω τεχνική: Το πρώτο ταμπάνι (πλάτωμα) θα αρχίσει κατ ευθείαν από το χαμηλότερο σημείο του δρόμου προσπέλασης: θα διαμορφωθεί με συμπιεσμένα μπάζα ή χώμα μια μικρή επιφάνεια για τους ελιγμούς των απορριμματοφόρων. Τα επόμενα ταμπάνια από στρώσεις απορριμμάτων θα κινούνται παράλληλα προς την ανοιχτή πλευρά του χώρου και προς το εσωτερικό του. Είναι φανερό ότι τα ταμπάνια θα “σβήνουν” προς τα ανάντη (θα ακουμπάνε στην πλαγιά του υψώματος). Το πλάτος τους δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 50 μέτρα, και το ύψος τους τα 2,5 μ. Το υλικό επικάλυψης των ταμπανιών πρέπει να έχει

πάχος τουλάχιστον 0,20 μ. ενώ η επικάλυψη των μετωπικών πρανών τουλάχιστον 0,60 μ. Η κλίση του μετώπου εργασίας πρέπει να είναι μικρή και να μην υπερβαίνει το 1/3.

Ως υλικό επικάλυψης χρησιμοποιείται το υλικό (χώμα, άμμος κ.λ.π.) που θα βγει από την διαμόρφωση του χώρου διάθεσης, καθώς και υλικό από εκσκαφές στην γύρω περιοχή ή μπάζα.

Η εγκάρσια ρύση της επιφάνειας του κάθε ταμπανιού θα πρέπει να δίνεται προς τα ανάντη (δηλ. προς το ύψωμα) έτσι ώστε:

- Τα νερά της βροχής να μην κυλούν προς το μετωπικό πρανές του ταμπανιού και να μην εισδύουν στα απορρίμματα.
- Όταν το ταμπάνι πάρει τις πιο σημαντικές καθιζήσεις (περίπου σε μισό μήνα), η επιφάνειά του να παραμένει περίπου οριζόντια, με μικρή ρύση προς τα ανάντη.

Επίσης πρέπει να δίνεται μια κατά μήκος ρύση της επιφάνειας του ταμπανιού προς τον πλευρικό δρόμο προσπέλασης, απ όπου θα απάγονται τα νερά με τη βοήθεια μικρής τάφρου.

Η πιο πάνω διάταξη των εργασιών, πέρα από το ότι είναι λειτουργική για τη δεδομένη μορφολογία του χώρου, προσφέρεται επίσης για την εύκολη εκμετάλλευση των γαιωδών υλικών, που έχει επιφανειακά ο χώρος, ως υλικών επικάλυψης (και μάλιστα με τη χρήση του ίδιου μηχανήματος που εκτελεί την υγειονομική ταφή), με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται και ο χρόνος λειτουργίας του ΧΥΤΑ.

Ανάμεσα στο ίχνος του μετωπικού πρανούς του ενός ταμπανιού και στη στέψη του προηγούμενου (υποκειμένου) θα πρέπει να μεσολαβεί μια βαθμίδα πλάτους 6 μ. περίπου για την κίνηση και τους ελιγμούς των απορριμματοφόρων (εσωτερικό δίκτυο κυκλοφορίας) που πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση. Η διάταξη των διαδοχικών στρώσεων των απορριμμάτων καθώς και το εσωτερικό δίκτυο κυκλοφορίας των απορριμματοφόρων πρέπει να προβλεφθούν από την αρχή σε τοπογραφικό διάγραμμα του χώρου.

4.2.2.3. Έργα υποδομής σε ΧΥΤΑ

Μετά την επιλογή του χώρου διάθεσης πρέπει να γίνει ένας αναλυτικός σχεδιασμός που θα περιλαμβάνει το σύνολο των έργων υποδομής που πρέπει να γίνουν για την προετοιμασία του χώρου, ένα πλήρες πρόγραμμα λειτουργίας του ΧΥΤΑ καθώς και τις αναγκαίες εργασίες για την αποκατάσταση του χώρου μετά το τέλος λειτουργίας του.

Ο σωστός σχεδιασμός των έργων υποδομής που απαιτούνται σε ένα χώρο διάθεσης είναι σημαντικός γιατί έχει σχέση τόσο με το κόστος, πάγιο και λειτουργικό, όσο κυρίως με την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία του ΧΥΤΑ. Τα σημαντικότερα έργα υποδομής που πρέπει να γίνουν σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής αναφέρονται παρακάτω.

- Διαμόρφωση του χώρου,
- Στεγανοποίηση του πυθμένα και των πλευρών του χώρου διάθεσης,
- Συστήματα συλλογής στραγγισμάτων,
- Έλεγχος επιφανειακών νερών,
- Συστήματα συλλογής αερίων,
- Δρόμος πρόσβασης - εσωτερικό δρομολόγιο,
- Κτίριο διοίκησης,
- Κτίριο προσωπικού,
- Συνεργείο - γκαράζ - αποθήκη υλικών,
- Γεφυροπλάστιγγα,
- Περίφραξη,
- Περιμετρική δεντροφύτευση,
- Χώρος απόθεσης απορριμμάτων για δειγματοληψία,
- Χώρος αναμονής και στάθμευσης απορριμματοφόρων,
- Σύστημα πυρόσβεσης,
- Δανειοθάλαμοι χωματισμών,
- Αποθήκη υλικών καυσίμων και
- Σύστημα παρακολούθησης (monitoring) του ΧΥΤΑ

4.2.2.4. Στεγανοποίηση ΧΥΤΑ

Απαραίτητο στοιχείο της σωστής λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ, είναι η αποφυγή ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα από τα στραγγίσματα καθώς και η ανάσχεση της εισροής των παραγόμενων αερίων στο υπέδαφος.

Ένα σύστημα μόνωσης μιας εγκατάστασης αποτελείται από τρία μέρη:

- α) τη μόνωση της βάσης,
- β) τη μόνωση της επιφάνειας και
- γ) τη μόνωση των ενδεχομένων τοιχίων.

Η μόνωση πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

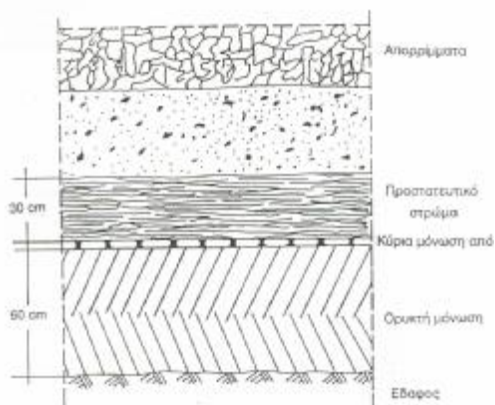
- Να κρατά στεγανό το χώρο από τις βροχοπτώσεις και τα επιφανειακά νερά.
- Να αντέχει σε θερμοκρασίες τουλάχιστον 70°C.
- Να στεγανοποιεί από τα παραγόμενα αέρια.
- Να αντέχει στις τυχόν καθιζήσεις και διαβρώσεις.
- Να αντέχει στους μικροοργανισμούς.
- Να τοποθετείται απλά.
- Να μπορεί να ελεγχθεί τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία.
- Να μπορεί εύκολα να επιδιορθωθεί και τέλος
- Να μην κοστίζει υπερβολικά.

Αν από την υδρογεωλογική μελέτη έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη μη υδροπερατών στρωμάτων στο χώρο διάθεσης, θα πρέπει να γίνει αναμόχλευση του εδάφους μέχρι βάθους 30 εκ. και μετά να επακολουθήσει συμπίεση σύμφωνα με τους κανόνες της εδαφομηχανικής και να δοθούν οι τελικές κλίσεις (1-2%) για την απορροή των στραγγισμάτων.

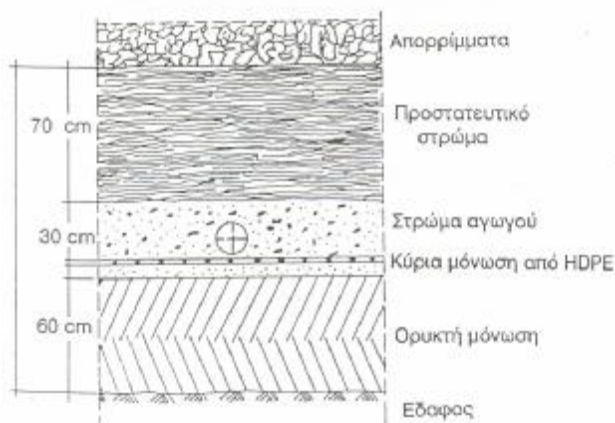
Σε περίπτωση που στο χώρο διάθεσης υπάρχουν υδροπερατά πετρώματα, θα πρέπει απαραίτητα να γίνει στεγανοποίηση. Υπάρχουν δύο μέθοδοι στεγανοποίησης, η φυσική (με ορυκτά υλικά) και η τεχνητή (με πλαστικά φύλλα).

Σήμερα χρησιμοποιούνται επίσης τα εξής συστήματα:

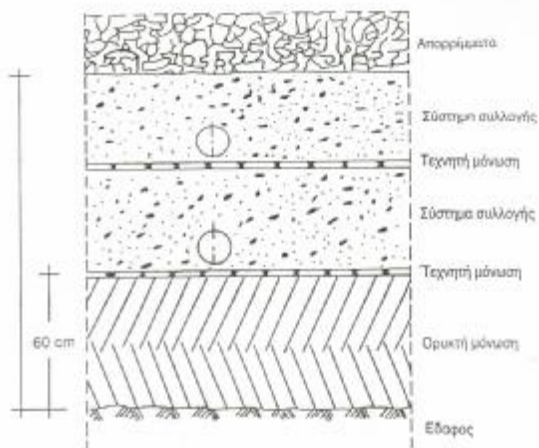
- Συνδυασμός μόνωσης πλαστικών και ορυκτών χωρίς σύστημα συλλογής (εικ.7Α).
- Συνδυασμός μόνωσης πλαστικών και ορυκτών με σύστημα συλλογής (εικ.7Β).
- Συνδυασμός μόνωσης τριπλός (εικ.7Γ) .
- Διπλό σύστημα μόνωσης με διπλούς αγωγούς (εικ.7Δ).



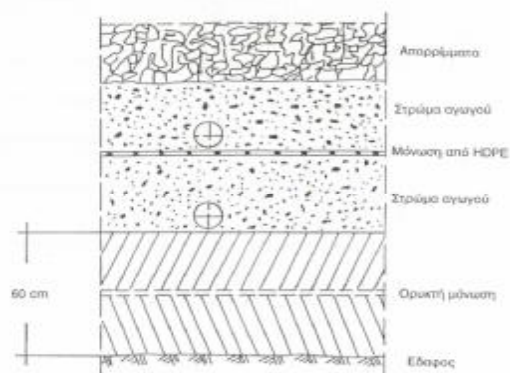
Εικόνα 7Α: Συνδυασμός τεχνητής μόνωσης και μόνωσης με ορυκτά.



Εικόνα 7Β: Συνδυασμός τεχνητής μόνωσης και μόνωσης με ορυκτά, με ενδιάμεσο σύστημα συλλογής στραγγισμάτων.



Εικόνα 7Γ: Συνδυασμός διπλής τεχνητής μόνωσης και μόνωσης με ορυκτά.



Εικόνα 7Δ : Διπλό σύστημα μόνωσης με διπλούς αγωγούς.

- **Φυσική μέθοδος στεγανοποίησης**

Η μόνωση της βάσης του χώρου διάθεσης με ορυκτά είναι αρκετά διαδεδομένη αρκεί η περατότητα (K) να κυμαίνεται από 10^{-8} - 10^{-10} m/s. Η μόνωση με ορυκτά υλικά κατασκευάζεται από άργιλο ή μπετονίτη, ή συνδυασμό ενός, δύο ή τριών στρώσεων από άργιλο, μπετονίτη, ιπτάμενη τέφρα, θηραϊκή γη ή υδρύαλο ή άσφαλτο.

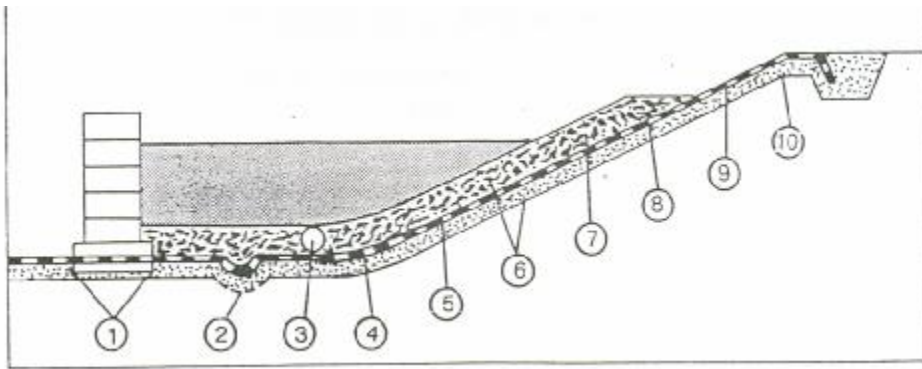
Για την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού πρέπει το έδαφος να είναι καλά συμπιεσμένο. Το στρώμα της μόνωσης κυμαίνεται από 20-70cm. Τα βασικά στοιχεία τα οποία εξετάζονται εκτός από την περατότητα είναι: το μέγεθος των κόκκων του υλικού μόνωσης, η περατότητά του σε νερό και η πλαστικοποίησή του. Τελευταίες έρευνες έδειξαν ότι τα οξέα και οι βάσεις μπορούν να αποδυναμώσουν ή ακόμη και να καταστρέψουν τη δομή του πηλού.

Στα πρανή των χώρων διάθεσης των απορριμμάτων ισχύει ότι και στη βάση. Σ' αυτή την περίπτωση όμως πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στις καθιζήσεις, ενώ θα πρέπει να δοθούν και οι κατάλληλες κλίσεις για την απορροή των στραγγισμάτων. Επίσης, η τελική στεγανοποιητική επιφάνεια θα πρέπει να προφυλαχθεί από ξήρανση, διάβρωση και από τον παγετό. Για το λόγο αυτό αναγκαίο είναι πολλές φορές η στεγανοποίηση να κατασκευάζεται τμηματικά, σύμφωνα με την εξέλιξη του ΧΥΤΑ.

- **Τεχνητή μέθοδος στεγανοποίησης**

Είναι η μέθοδος χρησιμοποίησης συνθετικών μεμβρανών (liners) από χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC), από πολυαιθυλένιο χαμηλής ή υψηλής πυκνότητας (LDDE, HDPE), ή από πολυπροπυλένιο. Πριν αρχίσουν οι εργασίες στεγανοποίησης, θα πρέπει η επιφάνεια του εδάφους να είναι λεία και καλά συμπιεσμένη και να έχουν δοθεί οι κατάλληλες κλίσεις. Για να μην τρυπήσει η μεμβράνη από αιχμηρά αντικείμενα που υπάρχουν στα απορρίμματα ή έχουν απομείνει στην επιφάνεια του εδάφους, τοποθετούνται στρώσεις, λεπτόκοκκων υλικών, συνήθως άμμου και στις δύο πλευρές της μεμβράνης. Η μόνωση πρέπει να αντέχει στις μηχανικές και χημικές επιδράσεις. Οι χημικές ουσίες που μπορούν ως επί το πλείστον να επηρεάσουν τα πλαστικά φύλλα είναι το τριχλωροαιθυλένιο, το τετραχλωροαιθυλένιο, το χλωροφόρμιο, η τοξύλη, ο τετραχλωράνθρακας, η ξυλόλη, το χλωροβενζόλιο.

Τα αδύνατα σημεία της τεχνητής μόνωσης, στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή φαίνονται στην εικόνα 7Ε και είναι:



Εικόνα 7Ε: Αδύνατα σημεία τεχνητής μόνωσης.

- Κίνδυνος στην ένωση των φύλλων, στα φρεάτια των στραγγισμάτων και των αερίων (κακή κατασκευή) (σημείο 1),
- Υπερβολικό τέντωμα από κακή διαμόρφωση του εδάφους (σημείο 2),
- Κίνδυνος από κακή τοποθέτηση των συστημάτων συλλογής (σημείο 3),
- Δύσκολη συγκόλληση στην κλίση (σημείο 4),
- Σημείο μέγιστης πίεσης των απορριμμάτων (σημείο 5),
- Κίνδυνος από κακή τοποθέτηση του στρώματος κάλυψης (σημείο 6),
- Ενδεχόμενη απομάκρυνση του στρώματος φίλτρου των συστημάτων συλλογής των στραγγισμάτων (σημείο 7),
- Κίνδυνος από τις διακυμάνσεις τις θερμοκρασίας (σημείο 8),
- Κίνδυνος από ενδεχόμενο τράβηγμα των φύλλων (σημείο 9).

Οι συνθετικές μεμβράνες διατίθενται σε ρολά πλάτους 8-10 μέτρων περίπου και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη συγκόλλησή τους.

Τα συνθετικά υλικά εξασφαλίζουν καλύτερη στεγάνωση από το στρώμα αργίλου, αλλά είναι πιο ακριβά και χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην τρυπήσουν ή να μην ξεκολλήσουν στις ενώσεις, γιατί τότε η διέλευση των στραγγισμάτων δεν μπορεί να ανασχεθεί.

Πολλές φορές, για εξασφάλιση καλύτερων αποτελεσμάτων, χρησιμοποιείται συνδυασμός των δύο μεθόδων. Τοποθετείται δηλαδή στρώμα αργίλου και από πάνω η συνθετική μεμβράνη.

Επίσης, πολλές φορές χρησιμοποιούνται διάφορα τεχνητά εδαφικά μείγματα, όπως π.χ. μίγμα αργίλου- άμμου και γυαλιού .Η περιεκτικότητα του μίγματος σε άργιλο είναι περίπου 20% και σε υδρύαλο 3-10%. Με την παροχή της υδρύαλου σχηματίζεται κολλοειδές διάλυμα, ζελατινώδες το οποίο φράσσει τους πόρους του εδάφους. Η

περατότητα K κυμαίνεται από 1×10^{-9} μέχρι 5×10^{-11} m/s. Η μόνωση μπορεί επίσης να επιτευχθεί και με ασφαλτό, η οποία όμως είναι αρκετά ευαίσθητη σε οργανικούς διαλύτες.

Όσον αφορά τη μόνωση των τοιχίων, αυτή μπορεί να κατασκευαστεί με μίγμα μπετονίτη-τσιμέντου ή με πλαστικά φύλλα και σε ειδικές περιπτώσεις με συνδυασμό και των δύο. Η περατότητα (K) στο μίγμα μπετονίτη-τσιμέντου κυμαίνεται από 10^{-8} - 10^{-9} m/sec.

4.2.2.5. Σύνθεση και ποσοτικός προσδιορισμός στραγγισμάτων

Αν λάβουμε υπόψη μας τη σύνθεση των απορριμμάτων, η μέση τιμή υγρασίας είναι γύρω στο 49%. Για το υπολογισμό της ποσότητας του παραγόμενου νερού από την αναερόβια διεργασία αποδόμησης των απορριμμάτων χωρίζουμε τα υλικά σε δύο κατηγορίες.

α) υλικά εύκολης αποδόμησης (20 χρόνια)

β) υλικά μέσης αποδόμησης (40 χρόνια)

Στην πρώτη κατηγορία (πίνακας 19) υπάγονται ζυμώσιμα υλικά ενώ στη δεύτερη το χαρτί.

Υγρασία %				
Υλικά	% σε βάρος	Ολική	Μεμονωμένη	Αναγώμενη ξηρά ύλη % (βάρος)
Ζυμώσιμα	57	48	35,53	21,47
Χαρτί	20	48	12,47	7,53

Πίνακας 19 : Χαρακτηριστικά υλικών εύκολης και μέσης αποδόμησης.

Τα ζυμώσιμα υλικά αποδομούνται 100% ενώ το χαρτί της πρώτης κατηγορίας κατά 60% δηλ. στο σύνολο 21,47% και 4,52% αντίστοιχα.

Με βάση τον πίνακα 20, ο οποίος μας παρουσιάζει την περιεκτικότητα σε ποσοστά % βάρους των C, H, O, και N του χαρτιού και των ζυμώσιμων υλικών. Η συμμετοχή των μεμονωμένων στοιχείων (% βάρους), στο σύνολο φαίνεται στον Πίνακα 21.

Στοιχεία Υλικό	C	H	O	N
Χαρτί	45,41	6,11	42,11	0,30
Ζυμώσιμα	41,75	5,75	27,50	2,80

Πίνακας 20 : Στοιχεία ανά υλικό στα απορρίμματα.

Στοιχεία Υλικό	C	H	O	N
Χαρτί	2,05	0,27	1,90	0,01
Ζυμώσιμα	8,96	1,23	5,90	0,60
Σύνολο	11,01	1,50	7,80	0,61

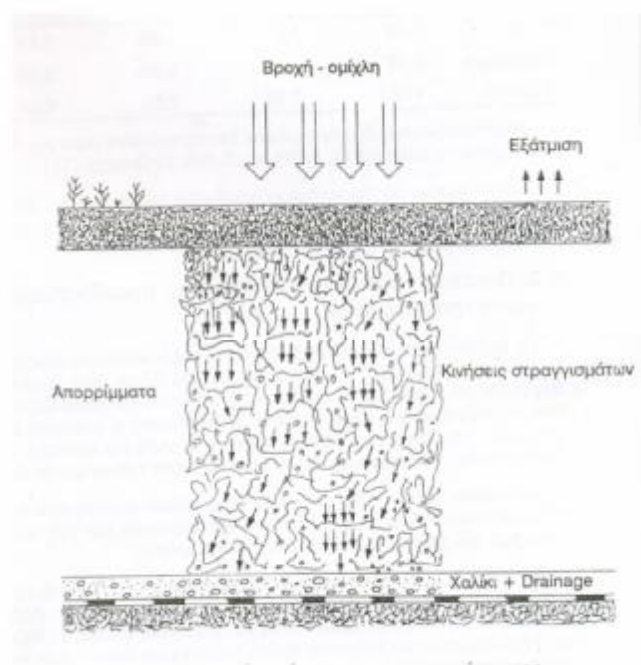
Πίνακας 21 : Συμμετοχή στοιχείων των διαφόρων υλικών.

Το παραγόμενο νερό για την πρώτη και δεύτερη κατηγορία υπολογίζεται σε 5,94% και 3,42% αντίστοιχα.

Συγκεκριμένα το παραγόμενο νερό από την βιολογική αποδόμηση ενός m^3 απορριμμάτων για μεν την πρώτη κατηγορία ανέρχεται σε 29,7-35,64 lt για δε τη δεύτερη κατηγορία σε 17,10 -20,52 lt.

Οι πολύπλοκες αλληλοεπιδράσεις μεταξύ υδατικού ισοζυγίου και βιολογικής αποσύνθεσης στα απορρίμματα έχουν σαν συνέπεια την εμφάνιση μεγάλων διακυμάνσεων στην ποιοτική και ποσοτική σύσταση των στραγγισμάτων. Παρόλα αυτά είναι δυνατή η συλλογή αρκετών στοιχείων που επιτρέπουν μια εκτίμηση ποσοτική και ποιοτική της σύνθεσης των στραγγισμάτων σε μια εγκατάσταση Υγειονομικής Ταφής. Η παραγωγή των στραγγισμάτων επηρεάζεται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες, τη μορφολογία της περιοχής και τον τρόπο λειτουργίας του χώρου διάθεσης των απορριμμάτων.

Η ετερογενής δε σύνθεση των απορριμμάτων και η ταξινόμηση τους κατά μέγεθος τα κάνει να προσομοιάζουν σε μείγμα από χονδρή άμμο, χαλίκια και βότσαλα αναμειγμένα με οργανικές ουσίες. Η δομή αυτή σε συνάρτηση με τον εκάστοτε τρόπο λειτουργίας δυσκολεύει τη χρήση μαθηματικών μοντέλων για την περιγραφή της διακίνησης των στραγγισμάτων. Τη συμπεριφορά των στραγγισμάτων μπορούμε να την απεικονίσουμε με το σχήμα της εικόνα 8.



Εικόνα 8 : Σχηματική παράσταση των στραγγισμάτων μιας ελεγχόμενης απόθεσης.

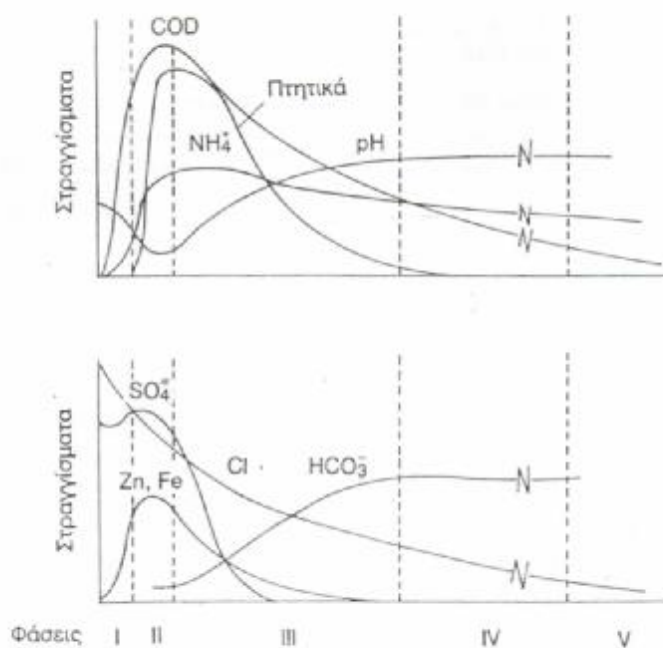
Οι οργανικές ουσίες αποτελούν τη σημαντικότερη επιβάρυνση των στραγγισμάτων αυτών και είναι το κυριότερο κριτήριο για την εκτίμηση της ποιότητά τους. Οι σπουδαιότεροι παράμετροι για την παραπάνω εκτίμηση είναι το BOD₅, COD, TOC και εξαρτώνται από την ηλικία της εγκατάστασης, το είδος της εφαρμοσμένης συμπίεσης και φυσικά τη σύνθεση των απορριμμάτων (πίνακας 22).

Παράμετροι (mg/l ^t)	Αρχική φάση	Ζύμωση μεθανίου
pH ¹	6,1	8,0
CSB	22.000	3.000
BSB ₅	13.000	180
SO ₄	1.745 ²	884 ²
Fe	925	15
Ca	1.300	30
Mg	600	250
Mn	24	0,65
Zn	5,6	0,64
NH ₄ -N	741	
Org.N	593	
Cl	2.119	
ges.P	5,7	

K	1.085	
Na	1.343	
HCO ₃	8.063	
As	0,126	
Pb	0,087	
Cd	0,0052	
Cr	0,275	
Co	0,05	
Cu	0,65	
Ni	0,166	
Hg	0,0002-0,061 ³	
F	0,6 ³	

Πίνακας 22 : Σύνθεση στραγγισμάτων.

Στα διαγράμματα της εικόνας 9 παρουσιάζεται η ανάπτυξη των στραγγισμάτων σε χώρο διάθεσης οικιακών απορριμμάτων. Οι οργανικές ουσίες δείχνουν τάση μείωσης της συγκέντρωσής τους όσο αυξάνεται η ηλικία της εγκατάστασης.



Εικόνα 9 : Ανάπτυξη των στραγγισμάτων.

Τα ανόργανα στοιχεία των στραγγισμάτων χωρίζονται ανάλογα με την διαχρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεών τους σε τρεις κατηγορίες:

- α) παράμετροι με διαχρονική εξέλιξη συγκέντρωσης (Fe, Ca, mg, Mn, Zn),
- β) παράμετροι με μακροπρόθεσμα ελαφρά αυξανόμενη συγκέντρωση (Cl , N_4^+ , K, Na),
- γ) παράμετροι με τυχαίες διακυμάνσεις συγκεντρώσεων (NO, P και βαρέα μέταλλα Pb, Ni, As, Cu, Cd, Cr, Co).

Συγκριτικά με τα λύματα, τα στραγγίσματα έχουν υψηλές τιμές σε Cl, K, Na, Mn & Mg.

Η ποσότητα του νερού το οποίο εισέρχεται στο χώρο εξαρτάται από την ένταση των βροχοπτώσεων, την τοπογραφία, τις κλίσεις, το έδαφος και τις καλλιέργειες.

Βασικός παράγοντας για τον προσδιορισμό των παραγόμενων στραγγισμάτων, είναι η εξατμισοδιαπνοή. Η εξατμισοδιαπνοή, προσδιορίζεται ως μία φυσική διαδικασία, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και το έλλειμμα κορεσμού στον αέρα καθώς επίσης την πίεση του αέρα και το συντελεστή αεροδυναμικής. Για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής πρέπει να γίνει ο διαχωρισμός όταν βρίσκεται σε λειτουργία ο χώρος και μετά τη διάρκεια λειτουργία του δηλ. την τελική επικάλυψή του.

4.2.2.6. Σύστημα συλλογής στραγγισμάτων

Έχει αποδειχθεί στην πράξη ότι η μόνωση της βάσης χωρίς συλλογή και απομάκρυνση των στραγγισμάτων απ' αυτήν, τελικά βλάπτει περισσότερο απ' ότι ωφελεί. Ένα σύστημα συλλογής και αποστράγγισης είναι λοιπόν απαραίτητο και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα σημεία της κατασκευής ενός ΧΥΤΑ, καθώς η διάρκεια ζωής της μόνωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτό. Το σύστημα συλλογής και αποστράγγισης πρέπει να εξασφαλίζει μακροχρόνια τη συλλογή της συνολικής ποσότητας των στραγγισμάτων και να αποκλείει την πρόσμιξή τους με τα βρόχινα νερά.

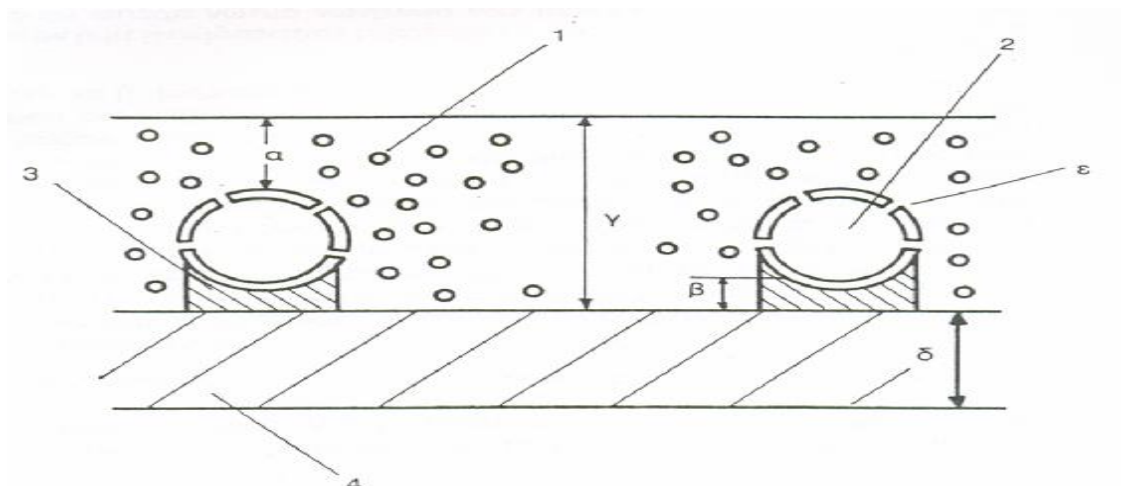
Η επιλογή του συστήματος συλλογής των στραγγισμάτων γίνεται σε συσχετισμό με τις παρακάτω απαιτήσεις:

- να μη προκληθούν βλάβες, παραμορφώσεις ή μετατοπίσεις στο μονωτικό σύστημα κατά την τοποθέτησή του,
- οι αγωγοί να είναι υδραυλικά αποδοτικοί και να αντέχουν σε χημικές, βιομηχανικές και φυσικές καταπονήσεις, τόσο κατά τη φάση λειτουργίας, όσο και της μετέπειτα φροντίδας του ΧΥΤΑ (50 χρόνια, 40°C, πυκνότητα αποβλήτων: 1,5 Mg/m³),
- να υπάρχει ελεύθερη ροή των στραγγισμάτων προς τη δεξαμενή συλλογής τους και να καθαρίζονται σχετικά εύκολα,
- το υδραυλικό ύψος των στραγγισμάτων να μη ξεπερνά τα 30 cm πάνω από τη γεωμεμβράνη.

Η επιλογή του καταλληλότερου συστήματος γίνεται με βάση τις παραγόμενες ποσότητες στραγγισμάτων, τα οποία πρέπει να συλλεχθούν και να απομακρυνθούν και κατόπιν να επεξεργαστούν, σύμφωνα με τη διαθέσιμη τεχνική.

Οι σωλήνες στραγγισμάτων διακρίνονται σε:

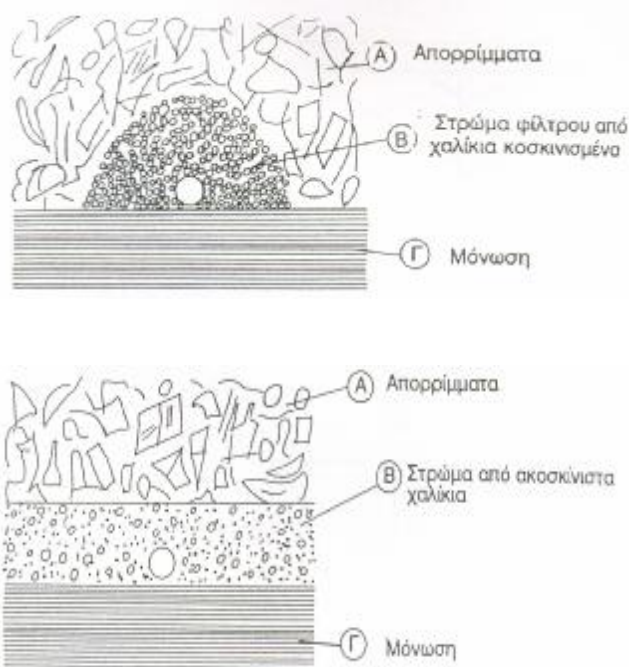
- σωλήνες απορρόφησης (διάτρητοι) με μέγιστη απόσταση μεταξύ τους 15-20m, και ελάχιστη διάμετρο $\Phi=100\text{mm}$ και
- σωλήνες συλλογής με ελάχιστη διάμετρο $\Phi=300\text{mm}$ και μέγιστο μήκος 300m.



Εικόνα 10: Σωλήνες αποστράγγισης.

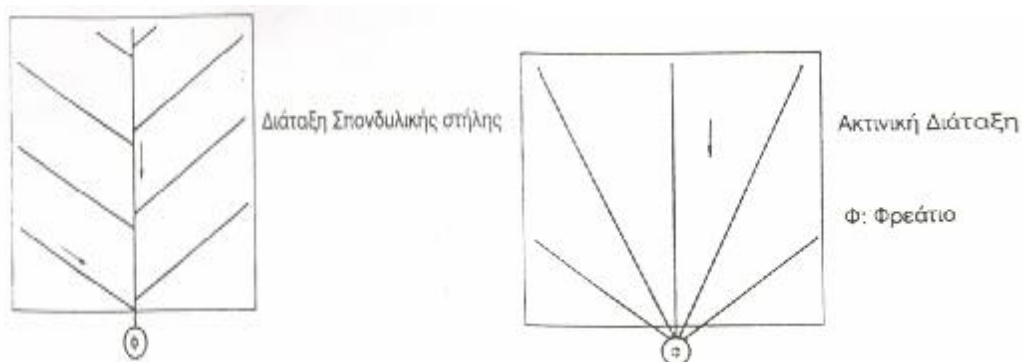
1. Χαλίκια $\Phi=16\text{mm}$
 2. Τσιμεντοσωλήνες αποστράγγισης $\Phi=300\text{mm}$
 3. Στήριξη από μπετόν
 4. Στρώμα πηλού:
- $A = 30\text{ cm}$
 $B = 10\text{ cm}$
 $\Gamma = 70\text{ cm}$
 $\Delta = 30\text{ cm}$
 $E = \text{οπή (13 οπές / μέτρο μήκους)}$

Οι σωλήνες απορρόφησης περιβάλλονται με στρώμα φίλτρου από χαλίκι 0,5m. Η κλίση των σωλήνων αυτών πρέπει να είναι ανάλογη με την κλίση βάσης, δηλαδή η μικρότερη επιτρεπόμενη τιμή να είναι 0,5% ή καλύτερα 1%.



Εικόνα 11 : Τοποθέτηση σωλήνων αποστράγγισης

Η διάταξη των σωλήνων είναι ακτινική (σχήμα αστέρα), ή σε σχήμα σπονδυλικής στήλης (στην μέση ο σωλήνας συλλογής), ή πιο σπάνια περιφερειακή (εικόνα 12). Οι σωλήνες πρέπει να τοποθετούνται βαθιά, αν είναι δυνατόν αμέσως πάνω από την μόνωση της βάσης. Για να είναι ευκολότερος ο καθαρισμός τους (πλύσιμο) πρέπει να τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προεξέχουν από το κύριο σώμα των απορριμμάτων, για να



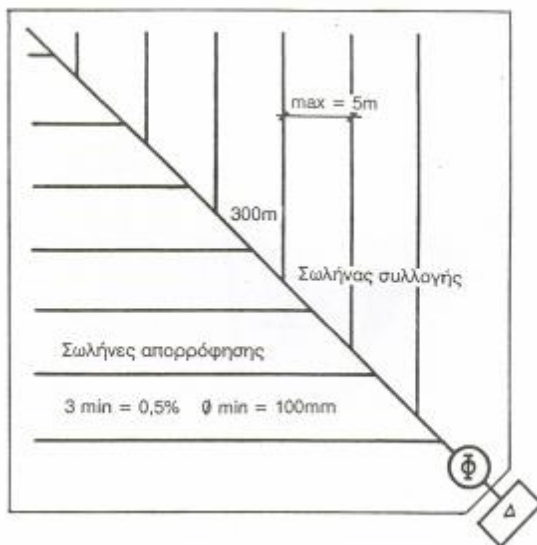


Εικόνα 12: Τεχνικές διατάξεων σωληνώσεων αποστράγγισης.

είναι ευπρόσπιτο το πάνω άκρο τους. Η δεύτερη διάταξη επιτρέπει το εύκολο καθάρισμα των αγωγών και ανεξαρτησία του συστήματος από βλάβες μεμονωμένων σωλήνων, ιδίως όταν κοντά στο φρεάτιο οι σωλήνες έχουν φίλτρο από στρώμα χαλικιού.

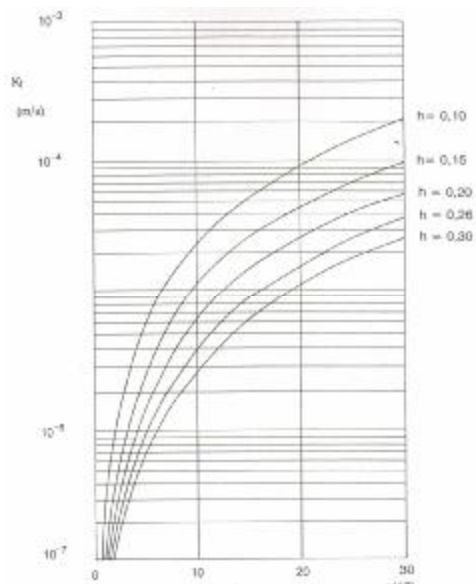
Η περιφερειακή διάταξη είναι κατάλληλη για μικρές επιφάνειες με μεγάλες κλίσεις.

Οι σωλήνες πρέπει να είναι χημικά ανθεκτικοί, μηχανικά σταθεροί, όχι ευαίσθητοι σε καθιζήσεις και υδραυλικά αποδοτικοί. Συνηθίζονται οι πήλيني, οι αμιαντοτσιμέντου και οι πλαστικοί σωλήνες (PVC, HDPE). Συνιστάται σε κάθε περίπτωση μια προσεκτική στατική μελέτη για κάθε είδος σωλήνα, πριν από την εγκατάσταση, λόγω ισχυρών καθιζήσεων του σώματος της ελεγχόμενης απόθεσης. Το στρώμα φίλτρου (από κοσκινισμένο ή ακοσκίνιστο χαλίκι) που περικλείει τους σωλήνες, εμποδίζει τις στερεές ουσίες να φράξουν τους σωλήνες και λειτουργεί συγχρόνως σαν αγωγός.



Εικόνα 13 : Διάταξη συστήματος αποστράγγισης (σπονδυλική στήλη).

Το φίλτρο δηλαδή πρέπει να προσαρμόζεται στο είδος απορριμμάτων για να αποκλείεται ο κίνδυνος διείσδυσης των απορριμμάτων στο στρώμα του φίλτρου και των χαλικιών του φίλτρου στους σωλήνες. Επίσης και το στρώμα προστασίας πρέπει να έχει αρκετή διαπερατότητα για να ενεργεί σαν επιφανειακό φίλτρο. Τη σχέση μεταξύ του συντελεστή διαπερατότητας (K) του στρώματος προστασίας και απόστασης μεταξύ σωλήνων απορρόφησης, μας την παρουσιάζει η εικ.27.



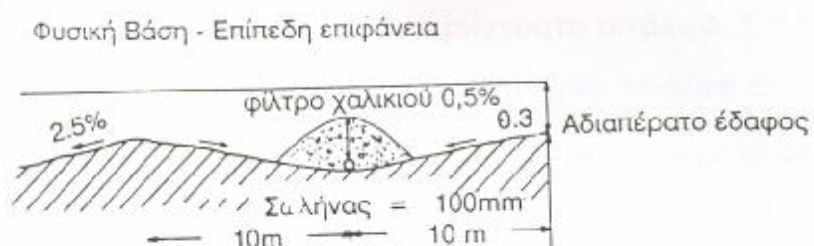
K : συντελεστής διαπερατότητας

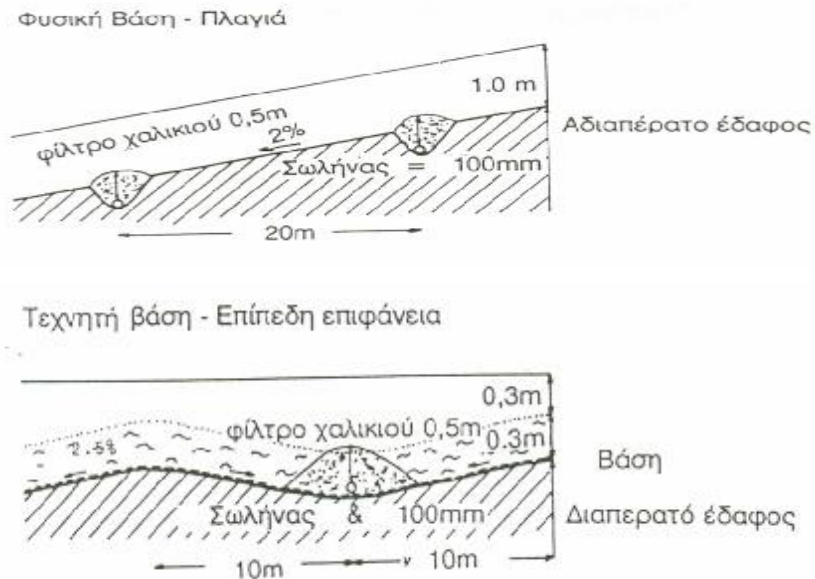
A : απόσταση μεταξύ σωλήνων απορρόφησης

H : Ύψος στρώματος φίλτρου

Εικόνα 14 : Συσχέτιση συντελεστή διαπερατότητας απόστασης σωλήνων και ύψους στρώματος φίλτρου.

Από το διάγραμμα της εικόνας 14 εξάγεται το συμπέρασμα ότι π.χ. για ένα πάχος 15cm του στρώματος προστασίας και μια απόσταση μεταξύ σωλήνων απορρόφησης 10m ο συντελεστής διαπερατότητας (K) του στρώματος προστασίας πρέπει να είναι περίπου $1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ για να εμποδιστεί η συσσώρευση στραγγισμάτων στα απορρίμματα.





Εικόνα 15 : Τομή συστημάτων αποστράγγισης χώρων διάθεσης.

Στην εικόνα 15 παρουσιάζονται σε τομή το σύστημα αποστράγγισης του χώρου διάθεσης σε φυσική βάση για την κατηγορία της επίπεδης επιφάνειας, της πλαγιάς, καθώς επίσης και στην περίπτωση που έχει κατασκευασθεί τεχνητή βάση. Πάνω στο στρώμα του πηλού έχουν εγκατασταθεί οι σωλήνες συλλογής στραγγισμάτων.

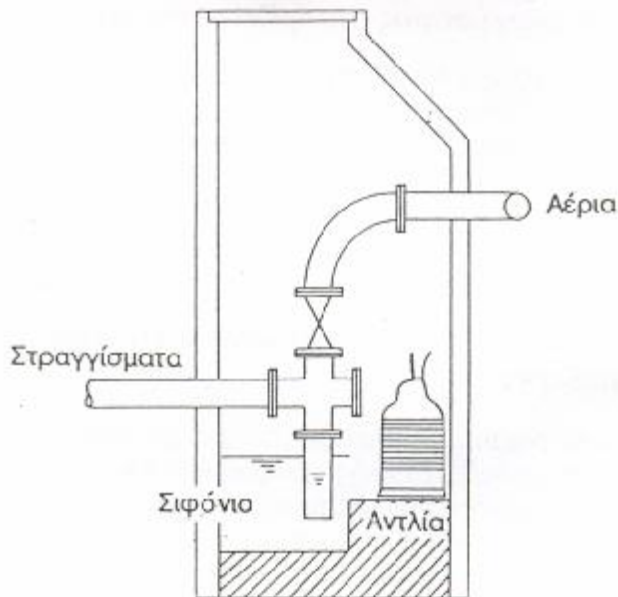
Σ' ένα σωστό δίκτυο αγωγών και συλλεκτών πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης για τον καθαρισμό και έλεγχο τους. Ο καθαρισμός των αγωγών μπορεί να γίνει με ξέπλυμα με νερό τουλάχιστον μια φορά τον χρόνο.

Σύμφωνα με τα γερμανικά πρότυπα DIN 16961 και DIN 8074/75 οι αγωγοί από HDPE πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

- η διάμετρος τους να είναι $\Phi=300$, για τον καθαρισμό και τον έλεγχο τους,
- το HDPE να επιδεικνύει υψηλή αντοχή στα στραγγίσματα,
- να εξασφαλίζεται υψηλή σταθερότητα του HDPE,
- οι απαιτούμενες οπές να καλύπτουν τα 2/3 της επιφάνειας του σωλήνα με διάμετρο 12 mm και η επιφάνεια εισόδου των στραγγισμάτων είναι μεγαλύτερη ή ίση των 100 cm² και
- η σύνδεση τους να είναι απλή.

Η καλύτερη επιλογή για την επικάλυψη των αγωγών από HDPE είναι άμμος ή κάποιο υλικό μικρής περατότητας και μετέπειτα ένα στρώμα φίλτρου από χαλίκια 16-32 mm.

Οι σωλήνες συλλογής στραγγισμάτων καταλήγουν στα φρεάτια περισυλλογής (εικόνα 16), που πολλές φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως φρεάτια αερίων.



Εικόνα 16 : Φρεάτιο συλλογής στραγγισμάτων και αερίων.

Το φρεάτιο τύπου τηλεσκοπίου αποτελείται από την βάση στήριξης, τον κυρίως αγωγό, τον ειδικό δακτύλιο, ο οποίος μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με την καθίζηση και το επάνω τμήμα του αγωγού. Το φρεάτιο συλλογής ή ελέγχου μπορεί να κατασκευασθεί τόσο από τσιμέντο όσο και από HDPE και συνήθως έχει διάμετρο 2-3m.

4.2.2.7. Τα αέρια που παράγονται στους ΧΥΤΑ

Η διαδικασία αποδομήσεως των απορριμμάτων γίνεται κάτω από αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η σύνθεση των απορριμμάτων και η τεχνική με την οποία εναποτίθενται τα απορρίμματα.

Η μικροβιολογική διεργασία, η εισροή του αέρα στα απορρίμματα και ο αέρας στους πορώδεις χώρους των απορριμμάτων είναι τα κύρια αίτια δημιουργίας των αερίων.

Κατά την αερόβια διαδικασία της αποδομήσεως των οργανικών ουσιών παράγεται CO_2 , νερό και ενέργεια. Υπολογίζεται ότι η παραγωγή του CO_2 κατά την αποδόμηση των οργανικών ενώσεων του άνθρακα ανέρχεται σε 20,8 Vol %. Από την αποδόμηση των αμινοξέων εκτός του CO_2 παράγεται και NH_3 . Η αποδόμηση των οργανικών ουσιών σε αναερόβιες συνθήκες γίνεται σε δύο στάδια:

α) την όξινη ζύμωση (μετατροπή των κυπαρινών, λιπών και πρωτεϊνών σε οξέα, μέσω

ενζυματικών υδρολύσεων) και

β) τη ζύμωση μεθανίου (παραγωγή μεθανίου)

Η σύνθεση και η περιεκτικότητα του παραγόμενου βιοαερίου στους Χ.Υ.Τ.Α., παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Σύσταση βιοαερίου	I % κ.ο.	II % κ.ο.	III % κ.ο.
CH ₄	65	50-45	25
CO ₂	35	45-35	20
N ₂	-	4-16	45
O ₂	-	1-4	10

Πίνακας 23 : Τυπική σύσταση του βιοαερίου:

- I) κατά τη φυσική διαφυγή του αερίου από το Χ.Υ.Τ.Α.,
- II) με χρήση ενός τυπικού συστήματος απαγωγής και ύπαρξη καλής στεγάνωσης της επιφάνειας και
- III) με υπερβολική άντληση και ανεπαρκή στεγάνωση της επιφάνειας του Χ.Υ.Τ.Α.

Εκτός από το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα, που αποτελούν τα βασικά συστατικά του βιοαερίου, στο τελευταίο υπάρχουν και άλλες ουσίες σε μικρότερες συγκεντρώσεις, καθώς και τοξικές ουσίες που βρίσκονται σε ίχνη. Οι τυπικοί και οι οργανικοί ρυπαντές που βρίσκονται στο βιοαέριο φαίνονται στους πίνακες 24 και 25, αντίστοιχα.

Τυπικοί ρυπαντές	Μέση τιμή	
	I mg/m ³	II mg/m ³
Σ S	200	150
Σ Cl	100	50
Σ F	20	10
CFC	50	25
HAHC	5-1000	5-50
Cd	0-1	0-0,5
Hg	0-1	0-0,5
Σ Met.	0-5	0-3

Πίνακας 24: Τυπικοί ρυπαντές που περιλαμβάνει το βιοαέριο:

I) κατά τη φυσική διαφυγή του αερίου από το Χ.Υ.Τ.Α.,

II) με χρήση ενός τυπικού συστήματος απαγωγής και ύπαρξη καλής στεγάνωσης της επιφάνειας του Χ.Υ.Τ.Α.

Ρυπαντές		Ομάδα	WPC*	Τυπική Συγκέντρωση *	Μέγιστη Συγκέντρωση *
Χλωροφθορομεθάνιο	CH ₂ ClF	A2		10	
Χλωροδιφθορομεθάνιο	CH ₂ ClF ₂		1.800	5	
Διχλωροφθορομεθάνιο (R 21)	CHCl ₂ F		45	5	
Διχλωροφθορομεθάνιο (R12)	CHCl ₂ F		5.000	50	50
Τριχλωροφθορομεθάνιο	CHCl ₃ F		5.600	10	
Τριχλωροφθοροαιθάνιο (R113)	C ₂ Cl ₃ F		3.800	2	
Χλωροαιθυλένιο (VC)	C ₂ H ₃ Cl	A1		10	200
Διχλωρομεθάνιο	CH ₂ Cl ₂	B	360	20	1.000
1,1-Διχλωροαιθυλένιο	C ₂ H ₂ Cl ₂	B	8		2
1,2-Διχλωροαιθυλένιο	C ₃ H ₂ Cl ₂		790	30	700
1,1,1-Τριχλωροαιθυλένιο	C ₂ HCl ₃		1.080	2	400
Τριχλωροαιθυλένιο (Tri)	C ₂ HCl ₃		270	10	190
Τετραχλωροαιθυλένιο (Per)	C ₂ Cl ₄	B	345	10	180
Βενζόλιο	C ₆ H ₆	A1		5	500
Τολουένιο	C ₇ H ₈		380	100	1.700
Ξυλένιο	C ₈ H ₁₀		440	50	
Υδρογονάνθρακες	C _n H _{2n+2}			300	
Αιθανόλη	CH ₂ CHO	B	90	20	
Φορμαλδεΰδη	CH ₂ O	B	0,6		
Σουλφίδιο του υδρογόνου	H ₂ S		15	100	20.000
Άθροισμα οργανικών ενώσεων	-	-	-	500	20.000
mercaptane	RSH		1	2	200

* mg/m³

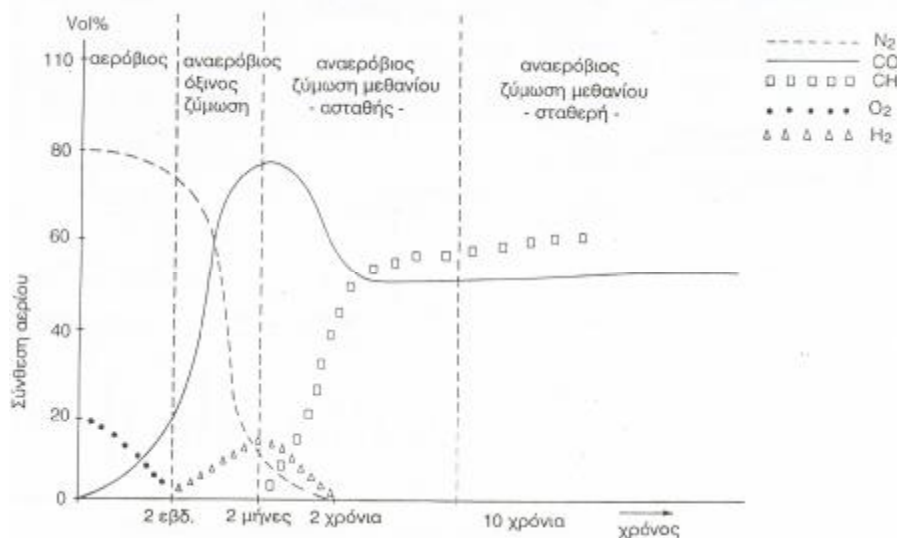
Πίνακας 25: Ορισμένοι οργανικοί ρυπαντές (VOCs) που συνήθως περιλαμβάνει το βιοαέριο.

Ομάδα A1: Καρκινογόνα για τον άνθρωπο

Ομάδα A2: Καρκινογόνα από πειράματα με ζώα

Ομάδα B: Ύποπτα ως καρκινογόνα

Μετά την εναπόθεση των απορριμμάτων αρχίζει η παραγωγή του CO_2 που σιγά-σιγά μειώνεται με μια σύγχρονη αύξηση της παραγωγής του μεθανίου. Μείωση παρατηρείται τόσο στο οξυγόνο που βρίσκεται στον πορώδη χώρο των απορριμμάτων όσο και στο άζωτο. Κατά τη διάρκεια των πρώτων μηνών υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις της παραγωγής αερίων τόσο στην ποσότητα όσο και στην ποιότητα. Στην εικόνα 17 βλέπουμε τη σύνθεση του αερίου κατά τη διάρκεια της αποδομήσεως των απορριμμάτων.



Εικόνα 17 : Σύσταση αερίων στους χώρους διάθεσης απορριμμάτων.

Οι ποσότητες των παραγόμενων αερίων εξαρτώνται από τις μικροβιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την αποδόμηση των απορριμμάτων, από τη σύνθεσή τους και από μια σειρά άλλων παραγόντων, οι οποίοι μπορεί να είναι εσωτερικοί ή εξωτερικοί. Οι παράγοντες αυτοί φαίνονται παρακάτω:

Ι) Εξωτερικοί παράγοντες:

- Αέρας – θερμοκρασία,
- Ατμοσφαιρική πίεση,
- Επικάλυψη,
- Βροχοπτώσεις,
- Τοπογραφία,
- Υδρογεωλογία,
- Σύνθεση απορριμμάτων.

II) Εσωτερικοί παράγοντες:

- Θερμοκρασία,
- Εισροή αέρα,
- Υγρασία,
- Οξειδοαναγωγή,
- PH,
- Θρεπτικές ουσίες,
- Τοξικές ουσίες.

Όπως είναι φυσικό, υπάρχει μια έντονη αλληλεπίδραση μεταξύ εξωτερικών και εσωτερικών παραγόντων. Για παράδειγμα, η εξωτερική θερμοκρασία καθορίζει τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου διάθεσης, ενώ η εισροή αέρα είναι συνάρτηση της ατμοσφαιρικής πίεσης που επικρατεί και της επικάλυψης του χώρου. Επίσης, η υγρασία εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις και την υδρογεωλογία του χώρου, ενώ η σύνθεση των απορριμμάτων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τις θρεπτικές και τοξικές ουσίες που περιέχονται σε αυτά.

Το βιοαέριο, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε μεθάνιο, έχει σημαντικό ενεργειακό περιεχόμενο. Πράγματι, η κατώτερη θερμογόνο ικανότητα του μεθανίου ανέρχεται σε 35,9 MJoules/m³, το δε ενεργειακό του ισοδύναμο ανέρχεται σε 9,94 KWh/m³ περίπου. Έτσι, 1m³ βιοαερίου, με περιεκτικότητα σε μεθάνιο ίση με 70%, είναι ισοδύναμο με 0,66 lt καυσίμου ντίζελ, ή 0,25m³ αερίου προπανίου, ή 0,2m³ αερίου βουτανίου ή 0,85 kg λιγνίτη.

Αν λάβουμε υπόψη μας ότι:

- α) από 1 Kg απορρίμματα μπορούν να παραχθούν περίπου 100 lt CH₄
- β) από "το παραγόμενο μεθάνιο περίπου το 40% μπορεί να συλλεγεί, γιατί το υπόλοιπο χάνεται στο έδαφος και την ατμόσφαιρα και
- γ) κάθε άτομο παράγει περίπου 1 Kg απορρίμματα την ημέρα.

Μπορούμε να υπολογίσουμε την παραγωγή μεθανίου σε 100 lt/κάτ. & ημέρα. Έτσι σε μια πόλη με περίπου 100.000 κατοίκους η θεωρητική παραγωγή μεθανίου είναι 10.000 m³. Με ανάκτηση μεθανίου 40% η παραγωγή μπορεί να υπολογισθεί σε 4.000 lt/ημ.

Τα αέρια που προέρχονται από τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων μπορούν να θεωρηθούν άριστης ποιότητας αν η σύνθεσή τους είναι η εξής: CH₄ πάνω από 60 Vol%, CO₂ λιγότερα από 50 vol% ενώ τα υπόλοιπα αέρια να μην ξεπερνούν το 1 vol%. Σε περίπτωση που η αναλογία O₂: N₂ είναι διαφορετική από εκείνη του αέρα, παρουσιάζεται το φαινόμενο διεισδύσεως του O₂ στο χώρο διάθεσης που έχει σαν αποτέλεσμα την

οξειδωση του μεθανίου, αρνητικό παράγοντα για τη χρησιμοποίησή του.

4.2.2.8. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις βιοαερίου

Εκτός από τους κινδύνους που εγκυμονούν για τη δημόσια υγεία οι Χ.Υ.Τ.Α., λόγω των αερίων εκπομπών βιοαερίου, ένας ιδιαίτερα σημαντικός κίνδυνος που σχετίζεται με την παραγωγή βιοαερίου, αφορά την πιθανότητα έκρηξης και αυτανάφλεξής του. Συγκεκριμένα, συγκεντρώσεις μεθανίου, σε ποσοστά 5-15% κ.ο. με τον ατμοσφαιρικό αέρα, προκαλούν εύφλεκτο μίγμα. Σε συγκεντρώσεις μεθανίου πάνω από 15%, το οξυγόνο είναι ανεπαρκές για την πρόκληση εκρήξεων, αλλά οι κίνδυνοι παραμένουν ακόμα υψηλοί.

Επίσης, ιδιαίτερα σημαντική αρνητική επίπτωση, με παγκόσμια διάσταση, είναι η συμμετοχή του βιοαερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι το μεθάνιο ανήκει στα αέρια που έχουν την ιδιότητα να συγκρατούν ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Μάλιστα, το μεθάνιο εμφανίζει την ιδιότητα αυτή αυξημένα κατά 20-25%, συγκρινόμενο με το διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι το μεθάνιο σήμερα, είναι υπεύθυνο για την αύξηση της θερμοκρασίας της γης, την τελευταία δεκαετία κατά 20%, ή διαφορετικά, για την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,1 °C. Βέβαια, οι εκπομπές μεθανίου στην ατμόσφαιρα, οφείλονται κατά 75% στα φυσικά οικοσυστήματα, ενώ μόλις 4% των συνολικών εκπομπών μεθανίου οφείλονται στο βιοαέριο των Χ.Υ.Τ.Α.

4.2.2.9. Εκτίμηση παραγωγής βιοαερίου και στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ

Η αποτελεσματική και περιβαλλοντικά ασφαλής λειτουργία ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής, προϋποθέτει την ύπαρξη συστήματος συλλογής και επεξεργασίας του βιοαερίου και των στραγγισμάτων που παράγονται. Για το σωστό σχεδιασμό αυτών των συστημάτων είναι απαραίτητο να εκπονηθεί προηγουμένως σχετική μελέτη, για να εκτιμηθεί η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου και στραγγισμάτων.

Σήμερα, στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για τον υπολογισμό της ποσότητας στραγγισμάτων. Για παράδειγμα οι Fenn et al και Lu et al ανέπτυξαν τη Μέθοδο Υδατικού Ισοζυγίου (Water Balance Method). Οι Perrier και Gibson ανέπτυξαν την Υδρολογική Προσομοίωση στις Εγκαταστάσεις Στερεών Αποβλήτων (Hydrologic Simulation on Solid Waste Disposal Sites). Οι Shroeder et al ανέπτυξαν την Υδρολογική Αποτίμηση των ΧΥΤΑ (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance). Ένα σοβαρό μειονέκτημα για τις περισσότερες από τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους είναι η έλλειψη λεπτομερούς εισόδου πληροφοριών και η πολυπλοκότητα των υπολογισμών.

Η ανάπτυξη μιας απλής σχετικά μεθόδου για τον υπολογισμό της ποσότητας του βιοαερίου και των στραγγισμάτων που παράγονται στους Χώρους Υγειονομικής Ταφής, έχει από Μηχανικούς Περιβάλλοντος του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Οι υπολογισμοί έγιναν σε φύλλο Excel, στο οποίο διατηρήθηκε υπολογιστική συνέχεια, και κατέληξαν σε διαγράμματα ποσότητας διασταλαγμάτων ως συνάρτηση του χρόνου. Το φύλλο Excel είναι ένα εύχρηστο εργαλείο, όχι μόνο για τον υπολογισμό ποσοτήτων, αλλά και για την αξιολόγηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την παραγωγή των διασταλαγμάτων, καθώς και για τη σύγκριση διαφόρων ΧΥΤΑ ως προς την παραγωγή. Η μέθοδος στηρίζεται στον υπολογισμό ενός υδατικού ισοζυγίου σε μια στρώση ενός ΧΥΤΑ και υπολογίζει:

- Την παραγωγή βιοαερίου συναρτήσει του χρόνου,
- Την απαιτούμενη ποσότητα ύδατος για την παραγωγή βιοαερίου,
- Την ποσότητα ύδατος που διαφεύγει με το βιοαέριο,
- Την ποσότητα ύδατος που περιέχεται στο απόβλητο,
- Το ξηρό βάρος αποβλήτου,
- Την υδροχωρητικότητα του αποβλήτου στο πεδίο και
- Την ποσότητα διασταλαγμάτων.

Περισσότερες λεπτομέρειες για το περιεχόμενο της μελέτης, αλλά και προσομοίωση των υπολογισμών σε φύλλο Excel, βρίσκονται στο [Παράρτημα Ι](#).

4.2.2.10. Σύστημα συλλογής βιοαερίου

Δεδομένων των ιδιοτήτων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του βιοαερίου, η σύγχρονη τεχνολογία της υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων, προβλέπει ότι το βιοαέριο, θα πρέπει να συλλέγεται με τα κατάλληλα συστήματα και ακολούθως να καίγεται, ώστε να διατεθεί ασφαλώς στην ατμόσφαιρα.

Η ελεγχόμενη συλλογή του βιοαερίου, καταρχάς, ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που ενέχονται από την ανεξέλεγκτη εκπομπή-διαφυγή του βιοαερίου στην ατμόσφαιρα και αφετέρου, η καύση του βιοαερίου μετατρέπει το μεθάνιο σε διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο συμβάλλει λιγότερο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η δε καύση του βιοαερίου (σε ορισμένες ποσότητες και άνω), μπορεί να συνδυαστεί με την αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου του μεθανίου και να καταλήξει έτσι, στην παραγωγή ενέργειας.

Πρωταρχικός στόχος των συστημάτων συλλογής των αερίων είναι η μείωση των εκπομπών επικίνδυνων ουσιών, οι οποίες βρίσκονται στο βιοαέριο. Για την επίτευξη

αυτού του στόχου πρέπει το σύστημα να εξασφαλίζει:

- α) Μεγάλο βαθμό συλλογής του αερίου,
- β) Μεγάλη διάρκεια λειτουργίας,
- γ) Αντοχή στις συνθήκες λειτουργίας (καθιζήσεις κλπ),
- δ) Αποφυγή της δημιουργίας εκρηκτικού μίγματος αέρα / αερίου και
- ε) Καλή δυνατότητα ρύθμισης των συλλεκτών .

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τους συλλέκτες, τους αγωγούς μεταφοράς, το σύστημα αφύγρανσης, το σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης. Οι συλλέκτες των αερίων διακρίνονται κυρίως σε κάθετους και οριζόντιους.

Κρίσιμο σημείο της λειτουργικότητας των συστημάτων αερίων αποτελούν οι αγωγοί μεταφοράς των αερίων. Επειδή υπάρχουν καθιζήσεις, στα σημεία αυτά παρουσιάζονται παραμορφώσεις, όπου συγκεντρώνεται το νερό, με αποτέλεσμα να βουλώνουν οι αγωγοί και να μην μπορεί να περάσει το αέριο. Ως υλικό κατασκευής των αγωγών χρησιμοποιείται συνήθως το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HPDE) γιατί έχει πολύ καλή αντοχή. Μετά την τοποθέτηση των αγωγών πρέπει να γίνεται έλεγχος υπό πίεση. Η αποφυγή έκρηξης μπορεί να γίνει με έλεγχο (μέτρηση) του οξυγόνου ή της περιεκτικότητας του μεθανίου. Οι αγωγοί στα κρίσιμα τους μέρη είναι ατσάλινοι. Η διάμετρος του αγωγού είναι έτσι υπολογισμένη ώστε η ταχύτητα του αερίου να μην υπερβαίνει τα 10 m/s.

Πολλές φορές δημιουργούνται βλάβες στους αγωγούς που δεν μπορούν να προβλεφθούν, όπως π.χ. από υψηλή θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου ή από χημικά ή από τις πιέσεις. Μπορούν να γίνουν βέβαια θεωρητικοί υπολογισμοί, αλλά στη πράξη είναι αδύνατο να υπολογίσει κανείς τις συνθήκες πίεσης, λόγω της ανομοιογένειας των απορριμμάτων. Γι ' αυτό το λόγο εκτιμάται ότι στο μέλλον οι αγωγοί θα έχουν πίεση 10 bar.

Για την αντιμετώπιση της διάβρωσης που προξενείται από τα σχηματιζόμενα οξέα του υδρόθειου, του φθορίου και του χλωρίου, κατά την επαφή τους με την υγρασία του αερίου, πρέπει τα τελευταία να απομακρύνονται με νερό και η θερμοκρασία να είναι πάνω από το σημείο δρόσου. Οι αντλίες αερίου δεν πρέπει να αφήνουν να εισέρχεται αέρας, στα συστήματα του αερίου, καθώς επίσης σε καμιά περίπτωση τα λάδια ψύξης να έρχονται σε επαφή με το αέριο. Η διάβρωση μπορεί να προσβάλλει τους κινητήρες, τους λέβητες, τους εναλλάκτες κλπ. Οι αλογονούχες οργανικές ενώσεις σχηματίζουν πχ. HCl και CO₂. Και τα δύο έχουν επιπτώσεις και στους καυστήρες το μεν πρώτο

διάβρωσης το δε δεύτερο υψηλής θερμοκρασίας.

Στα συστήματα συλλογής των αερίων υπάρχει ο κίνδυνος έκρηξης:

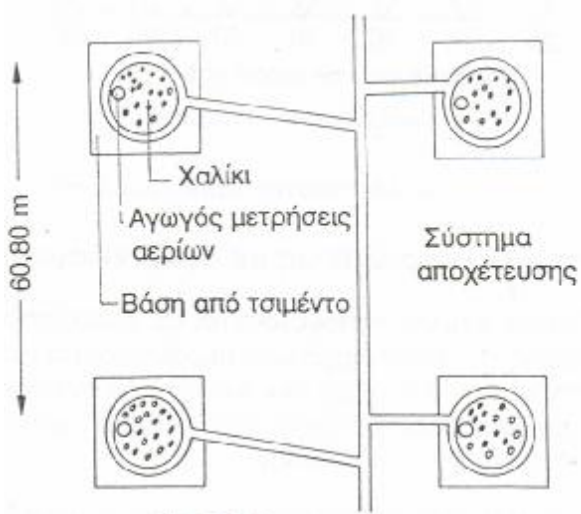
- κατά την έξοδο του αερίου (φρεάτια κλπ.),
- όταν εισέρχεται αέρας στο χώρο διάθεσης από ενδεχόμενη καθίζηση ή οποιοδήποτε άλλο λόγο,
- από βλάβη των αγωγών με αποτέλεσμα το αέριο να εξέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα και
- από οτιδήποτε θα δημιουργούσε την αναλογία έκρηξης του αέρα/ αερίου.

Για την αποφυγή ατυχημάτων πρέπει να υπάρχει σύστημα ελέγχου έτσι ώστε να σταματά η λειτουργία της εγκατάστασης πριν φθάσει το όριο έκρηξης. Επίσης πρέπει να υπάρχει στην εγκατάσταση σύστημα μέτρησης του οξυγόνου.

Αφού συλλεχθεί το παραγόμενο αέριο, περνάει στη φάση της εξαερίωσης, η οποία μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- με φρεάτια,
- με οριζόντιους,
- με κάθετους αγωγούς,
- μέσω του συστήματος συλλογής των στραγγισμάτων ή
- με βιοφίλτρα.

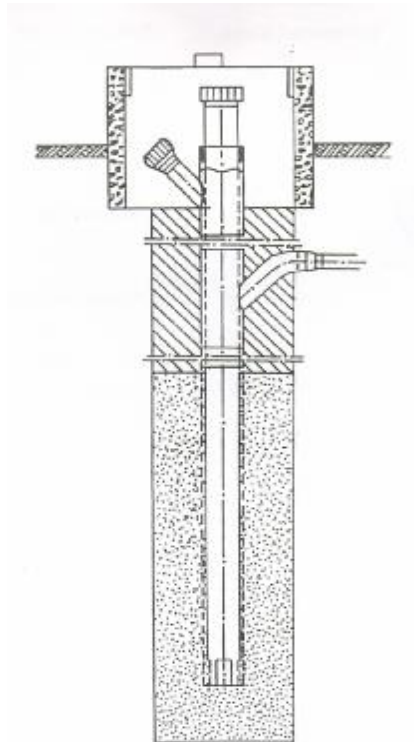
Η εξαερίωση με φρεάτια είναι από τις πλέον εφαρμοσμένες μεθόδους. Η σωστή συλλογή του αερίου γίνεται όταν υπάρχει αρκετά καλή μόνωση της επιφάνειας των χώρων διάθεσης με την ατμόσφαιρα.



Εικόνα 18 : Εγκατάσταση απαερίωσης.

Διαφορετικά η ποιότητα του αερίου είναι κακή και πολλές φορές το μίγμα αερίων δεν

καίγεται. Τα φρεάτια είναι κατασκευασμένα από τσιμεντοσωλήνες ή HDPE οι οποίοι έχουν κατά διαστήματα τρύπες. Για την καλύτερη ασφάλεια τους (σπάσιμο των σωλήνων) γεμίζονται με χαλίκι. Η διάμετρος τους δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,80m. Στο επάνω μέρος των φρεατίων τοποθετούνται βιοφίλτρα για τον καθαρισμό των αερίων, ή σύστημα συλλογής και επεξεργασίας των αερίων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού ή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 19: Φρεάτιο εξαερίωσης.

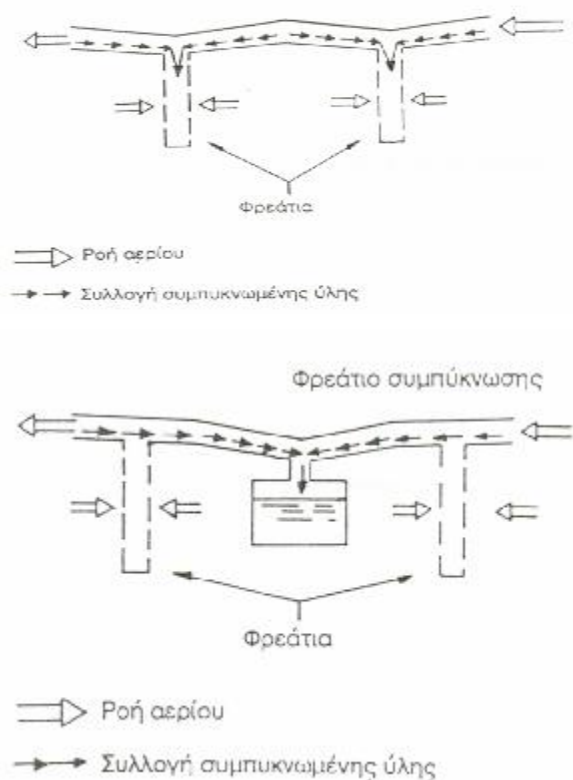
Στους καθέτους αγωγούς ή φρεάτια, μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα από συγκέντρωση νερών, με αποτέλεσμα να μη γίνεται σωστό το φιλτράρισμα ή να εμποδίζεται η διέλευση του αερίου. Στα φρεάτια αυτό το πρόβλημα λύνεται με διπλούς αγωγούς. Συνήθως σ' αυτού του είδους τα φρεάτια το νερό μπορεί να απομακρυνθεί με αντλία.

Στην περίπτωση όπου η εξαερίωση γίνεται με οριζόντιους αγωγούς, αυτοί τοποθετούνται σε διαφορετικά ύψη μέσα στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων, περιβάλλονται από χαλίκι και καταλήγουν στον κεντρικό σταθμό των αντλιών. Οι αγωγοί είναι από πλαστικό. Το κόστος του συστήματος συλλογής των αερίων δεν είναι ακριβό. Η λειτουργία του χώρου διάθεσης δεν εμποδίζεται παρά μόνο κατά την τοποθέτησή τους ενώ υπάρχει ο

κίνδυνος καταστροφής τους λόγω των κατολισθήσεων.

Στην τρίτη περίπτωση, το αέριο αντλείται μέσω των σωληνώσεων που είναι κάθετοι και τοποθετούνται σε όλο το χώρο των απορριμμάτων. Αυτό το ακριβό σύστημα εξαερίωσης είναι από τα πλέον αποτελεσματικά. Το αέριο είναι καλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ενέργειας και ως καύσιμη ύλη.

Σε ειδικές περιπτώσεις όπου η εγκατάσταση δεν έχει μεγάλο ύψος, μπορούν οι σωληνώσεις των στραγγισμάτων να χρησιμεύσουν συγχρόνως και για απαερίωση. Η εισροή εξωτερικού αέρα στους σωλήνες παρεμποδίζεται από ένα σιφώνιο, το οποίο συνδέει τους σωλήνες συλλογής με τα φρεάτια. Δεν υπάρχουν αρκετές εμπειρίες με το σύστημα αυτό, η δραστηριότητα όμως κοντά στην επιφάνεια εγκατάστασης υγειονομικής ταφής, πρέπει να αναμένεται ότι δε θα είναι αρκετή.



Εικόνα 20 : Οριζόντιοι αγωγοί χωρίς και με αποστραγγιστικό σύστημα.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι τα ελάχιστα έξοδα, η μη παρεμπόδιση της λειτουργίας της υγειονομικής ταφής και ότι δεν χρειάζονται αγωγοί και εγκαταστάσεις συλλογής στην επιφάνεια.

Για την εξαερίωση των χώρων διάθεσης με βιοφίλτρα κατασκευάζονται κατά μήκος του υλικού επικάλυψης ανοίγματα και σκεπάζονται με βελτιωτικό εδάφους (compost), το οποίο επενεργεί σαν αποσμητικό φίλτρο. Το προτεινόμενο αυτό σύστημα, είναι χαμηλό

σε κόστος και δεν εμποδίζει τη λειτουργία του χώρου διάθεσης. Τα φίλτρα συνήθως, έχουν ύψος 40cm και μήκος 2 m.

4.2.2.11. Διαστασιολόγηση των ΧΥΤΑ

Ως διαστασιολόγηση ενός ΧΥΤΑ νοούμε τον καθορισμό βασικών ποσοτικών παραμέτρων του και ιδιαίτερα :

- Της έκτασής του και του απορριμματικού του ανάγλυφου
- Της διάρκειας λειτουργίας του
- Των απαιτήσεων σε κινητό εξοπλισμό διάθεσης των απορριμμάτων
- Των απαιτήσεων σε προσωπικό

Προκειμένου να καθοριστούν οι πιο πάνω παράμετροι απαιτείται να είναι προηγούμενα γνωστοί οι ΟΤΑ που θα εξυπηρετηθούν και οι άλλοι, ενδεχόμενα, παραγωγοί απορριμμάτων αποδεκτών σε ΧΥΤΑ οικιακών απορριμμάτων, καθώς και η θέση του προς διαστασιολόγηση ΧΥΤΑ.

Η γνώση της ακριβούς θέσης του ΧΥΤΑ καθιστά δυνατό τον προσδιορισμό του απορριμματικού του ανάγλυφου. Το σημείο Α λαμβάνεται κατά την έξοδο της μισγάγγειας στην κατάντη περιοχή. Μετά τον καθορισμό του ανάγλυφου προσδιορίζεται ο όγκος του, έστω V_{av} . Εκτιμούμε ότι το 20% του όγκου καταλαμβάνεται από το υλικό επικάλυψης και τελικής αποκατάστασης. Ο ενεργός όγκος κατά συνέπεια που διατίθεται για τα απορρίμματα είναι $V_{απ}=0,8V_{av}$.

Εάν Ν είναι ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός, Τ η διάρκεια ζωής του ΧΥΤΑ σε έτη και Q η ετήσια παραγωγή απορριμμάτων σε τόνους ανά κάτοικο, τότε ο ΧΥΤΑ θα υποδεχθεί συνολικά $\Phi=N \times Q \times T$ τόνους απορριμμάτων. Σε ένα ΧΥΤΑ που εργάζεται με την μέθοδο της παραδοσιακής υγειονομικής ταφής εκτιμάται ότι σε 1 m³ χώρου «καθαρών» απορριμμάτων (δηλ. χωρίς το υλικό επικάλυψης) αντιστοιχούν 0,750 τόνοι διατεθέντων απορριμμάτων. Κατά συνέπεια, ισχύει η σχέση:

$$N \times Q \times T = 0,75 \times 0,80 V_{av} \text{ ή } V_{av} = 1,67 \times N \times Q \times T$$

Εάν θέσουμε:

$$Q = 0,3 \text{ Τον/κατ. έτος}$$

$$N = 150.000 \text{ άτομα}$$

$$T = 20 \text{ έτη}$$

όγκος του απορριμματικού ανάγλυφου προκύπτει ίσος με:

$$V = 1,67 \times 150.000 \times 0,3 \times 20 = 1.500.000 \text{ m}^3$$

Εάν συμβολίσουμε με $V_{\text{υπ}}$ τον όγκο που προκύπτει από τους πιο πάνω υπολογισμούς και $V_{\text{αν}}$ τον όγκο που προκύπτει από την ογκομέτρηση του εδαφικού ανάγλυφου, θα πρέπει $V_{\text{υπ}} \approx V_{\text{αν}}$

Εάν $V_{\text{αν}} \gg V_{\text{υπ}}$ σημαίνει ότι πρέπει να μειώσουμε τον όγκο του απορριμματικού ανάγλυφου. Αυτό επιτυγχάνεται είτε μειώνοντας την επιφάνεια που θα καταληφθεί από τα απορρίμματα είτε αμβλύνοντας τις κλίσεις του είτε και τα δύο. Εάν $V_{\text{αν}} < V_{\text{υπ}}$, εργαζόμαστε αντίστροφα.

Οι πολλές (και κοπιώδεις) δοκιμές για την επίτευξη του βέλτιστου απορριμματικού ανάγλυφου περιορίζονται αισθητά, εάν εξασφαλίσουμε μια πρώτη προσέγγιση της έκτασης που θα αυτοκαταλάβει, με τον εμπειρικό τύπο:

$$E = 0,5 N$$

όπου: E = το εμβαδόν (σε κάτοψη) του απορριμματικού ανάγλυφου σε στρέμματα

N = ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός σε χιλιάδες κατοίκους

Ο τύπος επιτυγχάνει καλή προσέγγιση για $N > 40$ χιλ., που αποτελεί και το σύνολο σχεδόν των περιπτώσεων των ΧΥΤΑ.

Το είδος των μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για τη διάθεση των απορριμμάτων εξαρτάται:

(α) Από το μέγεθος του ΧΥΤΑ, δηλαδή τη μέση ημερήσια ποσότητα των απορριμμάτων που προσκομίζονται στον ΧΥΤΑ, π.χ. για ποσότητα (120-150 τόνων δεν συνίσταται η χρήση συμπιεστή απορριμμάτων).

(β) Από τη στενότητα διαθέσιμων (και με την κοινωνική έννοια του όρου) χώρων για υγειονομική ταφή. Στενότητα τέτοιων χώρων οδηγεί στην πιθανή χρήση συμπιεστή.

(γ) Από το καθεστώς διαθεσιμότητας του υλικού επικάλυψης εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο. Αν υπάρχει δυνατότητα χωματοληψίας από τον ΧΥΤΑ ένας ερπυστριοφόρος φορτωτής είναι προτιμότερος του προωθητήρα. Για παντελή έλλειψη υλικού επικάλυψης ίσως φανεί προτιμότερος ένας συμπιεστής.

(δ) Από τον τρόπο Υ.Τ. που μπορεί να επιβληθεί για διαφορετικούς από τους πιο πάνω λόγους.

(ε) Από άλλους παράγοντες υποκειμενικού χαρακτήρα (διάθεση χρημάτων, αξιοποίηση μηχανήματος για άλλους λόγους πλην Υ.Τ., δυνατότητα ή μη τεχνικής υποστήριξης του μηχανήματος).

4.2.2.12. Λειτουργία ενός ΧΥΤΑ

Οι βασικότερες δράσεις σε ένα ΧΥΤΑ που συνθέτουν τον κορμό των λειτουργικών του χαρακτηριστικών είναι οι παρακάτω:

Απόθεση

Είναι η ενέργεια κατά την οποία τα απορρίμματα μετατίθενται από το μέσο μεταφοράς σε κάποιο σημείο του ΧΥΤΑ τελικό ή ενδιάμεσο (ενδιάμεση απόθεση). Τελικό θεωρείται το σημείο, όταν επιλαμβάνονται πλέον τα μηχανήματα διάθεσης του ΧΥΤΑ (απ' ευθείας απόρριψη). Ενδιάμεσο, θεωρείται το σημείο, όταν μεσολαβούν και οχήματα ή άλλος εξοπλισμός εσωτερικής μεταφόρτωσης ή μετακίνησης προκειμένου να τεθούν τα απορρίμματα στη διάθεση των μηχανημάτων (εσωτερική μεταφόρτωση με μεγάλα ανοιχτά φορτηγά, εσωτερικοί ελκυστήρες για μεμονωμένα containers ή συρμούς, containers από ΣΜΑ). Το ενδιάμεσο σημείο άλλοτε επιβάλλεται για λόγους τεχνικούς (σιδηροδρομική μεταφορά, συρμοί containers) και άλλοτε αποτελεί επιλογή του διαχειριστή του ΧΥΤΑ (ανοιχτά φορτηγά, μεμονωμένα containers), τόσο για λειτουργική διευκόλυνση του ΧΥΤΑ, όσο και για εξυπηρέτηση των οχημάτων μεταφοράς.

Στην περίπτωση της υγειονομικής ταφής με αναμόχλευση και με δεματισμένα απορρίμματα, το επίπεδο απόθεσης είναι υποχρεωτικά η επιφάνεια της διαμορφωμένης, ήδη, στρώσης απορριμμάτων. Αυτός ο τρόπος είναι προτιμότερος καθώς εξασφαλίζει σταθερότερη επιφάνεια κυκλοφορίας, καλύτερο έλεγχο των επιφανειακών στραγγισμάτων και ευχέρεια διπλασιασμού του λειτουργικού μετώπου απόρριψης με το ίδιο γεωμετρικό μήκος σε περίπτωση αιχμής, βλάβης κ.λπ. Ωστόσο προκαλεί διάσπαση της λειτουργίας του ΧΥΤΑ σε δυο επίπεδα (το διαμορφωμένο για τα απορρίμματα και το υπό διαμόρφωση για το υλικό επικάλυψης).

Σε περιπτώσεις υγειονομικής ταφής με συμπίεση (επί του πρανούς, με κίνηση από κάτω προς τα πάνω) και παραδοσιακής Υ.Τ. προτιμάται ως επίπεδο απόθεσης η επιφάνεια της υπό διαμόρφωση στρώσης, καθώς έτσι έχουμε λειτουργία σε ένα μόνο επίπεδο (της υπό διαμόρφωσης στρώσης), άρα καλύτερη αξιοποίηση προσωπικού και μηχανημάτων και ανεξαρτητοποίηση από κυκλοφορικά εμπόδια της υποκείμενης στρώσης (σωροί

μπαζών, λάκκοι, λιμνάζοντα νερά). Γενικά επιδιώκεται η δυνατότητα για εφεδρική απόρριψη και στο πόδι του πρανούς.

Όσον αφορά τα οχήματα απόθεσης μπορεί να είναι τα ίδια τα μέσα συλλογής και μεταφοράς των απορριμμάτων των ΟΤΑ, τα οχήματα μακρινής μεταφοράς των σταθμών μεταφόρτωσης, τα οχήματα του ΧΥΤΑ , εσωτερικοί ελκυστήρες (υπηρεσίας), γερανοί μεταφοράς containers (σε τροχιές ή μη), περονοφόρα μηχανήματα τακτοποίησης δεματιασμένων απορριμμάτων.

Το σημείο απόθεσης ενδιαφέρει τόσο κατά μήκος του φρυδιού (ή πόδα) του μετωπικού πρανούς (άξονας των χ, τετμημένη), όσο και η απόστασή του από αυτό (τεταγμένη). Η τετμημένη ενδιαφέρει για την ορθολογική ενσωμάτωση του απορριπτόμενου φορτίου στη λειτουργική εικόνα του μετώπου απόρριψης τη στιγμή της απόθεσης π.χ. να μην απορρίπτεται σε τμήμα του μετώπου όπου γίνεται τη στιγμή εκείνη επικάλυψη ή καταστροφή, ή απόθεση ειδικών απορριμμάτων (κλαδιά, ογκώδη κ.λπ.). και να μην απορρίπτεται επίσης σε μεγάλες αποστάσεις από τα μηχανήματα διάθεσης. Η τεταγμένη ενδιαφέρει σε σχέση με το έργο προώθησης (επιδίωξη ή ελαχιστοποίησή του) του φορτίου στο πρανές (οικονομικό στοιχείο) και με το χρόνο απασχόλησης των μηχανημάτων διάθεσης (λειτουργικό στοιχείο για τη χωματερή και σημαντικό οικονομικό στοιχείο για τη συλλογή και μεταφορά λόγω αναμονής των οχημάτων). Η τεταγμένη εξαρτάται και από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οχήματος απόθεσης όπως η ύπαρξη ή όχι συστήματος ανατροπής, η ύπαρξη δύο ή τριών αξόνων. Σ' αυτή την περίπτωση επιδιώκεται ένας ανακαθορισμός της τεταγμένης.

Επιδιώκεται γενικά η ελαχιστοποίηση του μέσου χρόνου απόθεσης. Αυτό σημαίνει βελτιστοποίηση του ατομικού χρόνου απόθεσης στο σωστό σημείο. Εάν τα διαθέσιμα σημεία απόρριψης περιορίζονται η επιδίωξη για βελτιστοποίηση του μέσου χρόνου απόθεσης οδηγεί στην ανάγκη για προσαύξηση του ατομικού χρόνου απόθεσης. Αλλιώς οδηγούμαστε σε μεγάλο χρόνο αναμονής των απορριμματοφόρων στον ΧΥΤΑ. Εάν ο χρόνος αυτός αναμονής τείνει σε κάποιο όριο (π.χ. 20 λεπτά) είναι δυνατόν, κατά την κρίση του επιτόπου υπεύθυνου τεχνικού να γίνει μεθοδευόμενη υπέρβαση του μετώπου εργασίας, σύμφωνα με το καθημερινό πλάνο λειτουργίας του ΧΥΤΑ. Ο χρόνος απόθεσης επηρεάζεται και από τα παρακάτω:

- Από την ύπαρξη ή μη μηχανικού συστήματος εκκένωσης του οχήματος (με ανατροπή, με εξώθηση, με περιστροφή). Χειρωνακτική εκκένωση συνεπάγεται την καθοδήγηση του οχήματος σε ειδική περιοχή (τετμημένη) του μετώπου εργασίας.

- Από ατυχή περιστατικά, όπως ανατροπή του οχήματος κατά την εκκένωση, «κόλλημα» στο μέτωπο απόρριψης, σύγκρουση, βλάβη κ.λπ. και
- Από υποκειμενικού χαρακτήρα στοιχεία όπως διάθεση του οδηγού για καθυστέρηση, αναζήτηση εμπορεύσιμων υλικών από τα σκουπίδια, εριστική διάθεση με άλλους οδηγούς ή το προσωπικό της χωματερής.

Πρώθηση

Πρώθηση είναι η ενέργεια κατά την οποία το φορτίο, μετά την απόθεσή του, μετατοπίζεται στο σημείο της τελικής του παραμονής και διάθεσης. Είναι φανερό ότι η διαδικασία της πρώθησης διαφέρει από αυτήν της εσωτερικής μεταφόρτωσης. Η ενέργεια της πρώθησης μπορεί να γίνεται ενιαία (δηλ. ταυτόχρονα και σε συνάρτηση) με τη διασπορά, το θρυμματισμό, τη διάσθρωση και τη συμπίεση, μπορεί και ξεχωριστά ανάλογα με τον τρόπο Υ.Τ. Έτσι στην παραδοσιακή Υ.Τ. έχουμε μόνο πρώθηση ή πρώτα διάσθρωση και θρυμματισμό (με το μηχάνημα της πρώθησης) και στη συνέχεια την πρώθηση. Στην Υ.Τ. με συμπίεση όπου λειτουργούν αυτοκινούμενοι συμπιεστές που υποστηρίζονται με προωθητήρες, η κυρίως πρώθηση είναι τελείως αυτόνομη πράξη και ενεργείται με άλλο μηχάνημα (προωθητήρας). Όπου λειτουργούν μόνο συμπιεστές, εκτελείται πρώτα η κυρίως πρώθηση και στη συνέχεια ενιαία η μερική πρώθηση - διάσθρωση - θρυμματισμός - συμπίεση. Στην Υ.Τ. δεματιασμένων απορριμμάτων η πρώθηση εκτελείται με προωθητήρα, φορτωτή ή καλύτερα, περνοφόρο όχημα. Με την έγκαιρη πρώθηση απελευθερώνεται μεγάλη επιφάνεια του μετώπου απόρριψης, που μειώνει το χρόνο και την τεταγμένη απόθεσης. Ακόμη μπορεί να επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο χειρισμό της λεπίδας μια εξομάλυνση της επιφάνειας κυκλοφορίας στο μέτωπο εργασίας.

Διασπορά - Θρυμματισμός

Είναι η ενέργεια κατά την οποία το φορτίο απόρριψης από κώνο ή κώνους μετατρέπεται με μηχανικό μέσο σε επίπεδες στρώσεις μικρού πάχους (διασπορά) και ταυτόχρονα τεμαχίζεται κάτω από το βάρος του μηχανήματος και τη δυναμική δράση των τροχών του (θρυμματισμός). Εφαρμόζεται συνήθως στην Υ.Τ. με συμπίεση, όταν αυτή γίνεται πάνω στο πρανές, με τη χρήση ερπυστριοφόρου μηχανήματος.

Σκοπός της λειτουργίας αυτής είναι η ογκομετρική ομογενοποίηση των απορριμμάτων για τον περιορισμό του όγκου τους όταν διαστρωθούν και την αποφυγή τοπικών εσωτερικών φωλιών αλλά και επιφανειακών κοιλοτήτων, την αύξηση της ειδικής τους

επιφάνειας ώστε να είναι πιο αποτελεσματική η όποια αερόβια δράση στην αντίστοιχη (πάνω) ζώνη.

Στην παραδοσιακή Υ.Τ. η ενέργειά αυτή συνήθως παραλείπεται για λόγους προστασίας από φθορές του μηχανήματος διάθεσης και ταχύτερης διάθεσης καθόσον μετά από αυτή πρέπει να ακολουθήσει και η διαδικασία της προώθησης.

Στην Υ.Τ. με συμπίεση η διασπορά-θρυμματισμός δεν υπάρχει σαν ανεξάρτητη λειτουργία αλλά ενσωματώνεται στην ενιαία διαδικασία της διάστρωσης - θρυμματισμού - συμπίεσης. Θρυμματισμένα απορρίμματα μεταφέρονται και απορρίπτονται στις χωματερές και μέσω αντίστοιχης τεχνολογίας σταθμών μεταφόρτωσης. Ειδική περίπτωση αποτελεί ο θρυμματισμός σε μύλους μέσα ή κοντά στον ΧΥΤΑ για την αποφυγή της επικάλυψής τους.

Διάστρωση - Θρυμματισμός - Συμπίεση

Είναι η συνδυασμένη ενέργεια κατά την οποία τα απορρίμματα με τη δράση του κάδου ή λεπίδας και των τροχών του μηχανήματος διάθεσης, διαστρώνονται, θρυμματίζονται και συμπιέζονται ταυτόχρονα, διευθετούμενα στην οριστική τους θέση. Η τεχνική της ενέργειας αυτής συνίσταται στην διαμόρφωση λεπτών και επάλληλων στρώσεων απορριμμάτων πάχους, πριν συμπιεσθούν, 40-60 εκ. και συμπιεσμένων 10-20 εκ. Ειδικότερα, η διάστρωση επιτυγχάνεται με την χρήση του κάδου πολλαπλής χρήσης ή της λεπίδας προώθησης του μηχανήματος, ο θρυμματισμός επιτυγχάνεται περισσότερο με τις ειδικές προεξοχές των οδοντωτών τροχών του μηχανήματος και λιγότερο με το βάρος του και η συμπίεση επιτυγχάνεται περισσότερο με το βάρος του μηχανήματος αλλά και με την ευνοϊκή συνδρομή των οδόντων.

Με την έννοια, διάστρωση εννοούμε και τη διευθέτηση των απορριμμάτων κατά στρώσεις (ταμπάνια), ύψους συνήθως 2,5-3,0 μ. που αποτελούνται από τις αλληπάλληλες επιμέρους στρώσεις συμπίεσης. Στην παραδοσιακή Υ.Τ. η διάστρωση έχει αποκλειστικά την έννοια αυτή, χωρίς φυσικά να εκτελούνται οι επιμέρους στρώσεις συμπίεσης.

Σημαντική ακόμη, είναι η φυσική, διαχρονική, μηχανική συμπίεση, σαν κατ' όγκο αρχικά διατεθέντων απορριμμάτων (μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του ΧΥΤΑ) καθώς και η απομείωση του όγκου λόγω βιολογικών διεργασιών κυρίως στην παραδοσιακή Υ.Τ. Η φυσική συμπίεση επέρχεται λόγω βάρους υπερκείμενων στρώσεων και οχημάτων κυκλοφορίας και λιγότερο από τα μηχανήματα διάθεσης.

Επικάλυψη

Είναι η ενέργεια κατά την οποία τα διαστρωμένα (και ενδεχόμενα Θρυμματισμένα ή/και τεχνητά συμπίεσμένα) απορρίμματα απομονώνονται από τον περιβάλλοντα χώρο με τη χρήση κατάλληλου υλικού. Συνήθως καλύπτεται η επιφάνεια κυκλοφορίας της εκτελούμενης στρώσης και τα πλευρικά της πρηνή ενώ το μετωπικό πρηνές δεν επικαλύπτεται επειδή λόγω του ότι παραμένει πάντα σε λειτουργία, ενώ συνεχώς ανανεώνεται, άρα δεν μένουν εκτεθειμένα παλιά απορρίμματα και απαιτεί μεγάλες ποσότητες υλικού επικάλυψης στο τέλος του ημερήσιου προγράμματος λειτουργίας του ΧΥΤΑ. Οι πιο πάνω λόγοι ενισχύονται στην περίπτωση Υ.Τ. με συμπίεση.

Στόχοι της επικάλυψης είναι ο περιορισμός διασποράς ελαφρών αντικειμένων, η δυνατή (παραδοσιακή Υ.Τ.) ή ευχερής (Υ.Τ. με συμπίεση) κυκλοφορία των οχημάτων μεταφοράς, ο περιορισμός της επαφής ανθρώπων και πανίδας με απορρίμματα, το αισθητικό αποτέλεσμα, η δημιουργία εσωτερικών κυψελίδων και ο περιορισμός της παραγωγής στραγγισμάτων χάρη στη μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή και εξατμισοδιαπνοή.

Οι παραπάνω στόχοι επιτυγχάνονται με την καταβολή βέβαια κάποιου κόστους όπως είναι η αύξηση της σκόνης, ο περιορισμός της αερόβιας δράσης στην άνω στρώση των απορριμμάτων, το ιδιαίτερα υψηλό κόστος κτήσης (αν δεν προσκομίζεται δωρεάν ή δεν προσφέρεται σε κοντινή θέση), το σημαντικό κόστος λειτουργίας και η πλήρης εξάρτηση της λειτουργίας του ΧΥΤΑ από την ύπαρξη του υλικού.

Το ισοζύγιο των πιο πάνω θετικών και αρνητικών δράσεων πρέπει κάθε φορά να αναζητείται. Πάντως σε περίπτωση Υ.Τ. με συμπίεση, τα θετικά εξασφαλίζονται σε σημαντικό βαθμό και χωρίς το υλικό επικάλυψης. Το ίδιο ισχύει (σε λιγότερο όμως βαθμό) αν τα απορρίμματα είναι ήδη θρυμματισμένα.

Σε περίπτωση παραδοσιακής Υ.Τ. η επικάλυψη είναι απαραίτητη. Για τους πιο πάνω λόγους η νομοθεσία στο εξωτερικό δεν επιβάλλει την επικάλυψη των θρυμματισμένων - συμπίεσμένων απορριμμάτων και συνήθως αυτή δεν εφαρμόζεται.

Το υλικό επικάλυψης συνήθως είναι:

- Υλικά εκσκαφής, που προέρχονται από δανειοληψία, από προσπέλαση ιδιωτικών, από έργα αρχικής διαμόρφωσης του ΧΥΤΑ ή από εκσκαφή κατά τη διάρκεια εκμετάλλευσης του ΧΥΤΑ.
- Σκωρίες από μονάδες καύσης απορριμμάτων, η χρήση των οποίων όμως αντενδείκνται λόγω σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων, επιλεγμένα υλικά κατεδαφίσεων.

- Οργανικό υλικό ζυμωμένο από μονάδες κομποστοποίησης. Η χρήση αφυδατωμένης και χωνεμένης λάσπης από κέντρα επεξεργασίας λυμάτων δεν συνιστάται για λόγους κακής μηχανικής συμπεριφοράς τους.
- Συνθετικό αφρώδες υλικό, το οποίο είναι κατασκευασμένο ώστε να εξαλείφει ή περιορίζει τα μειονεκτήματα της επικάλυψης και να διατηρεί τα κύρια πλεονεκτήματά της και τον περιορισμό των στραγγισμάτων μέσω της αυξημένης εξάτμισης.

Όσον αφορά τα μηχανήματα επικάλυψης αυτά μπορεί να είναι συμπιεστές, οι οποίοι όμως κατά τη βροχερή περίοδο παρουσιάζουν προβλήματα με τους οδοντωτούς τροχούς, όταν υπάρχει υλικό επικάλυψης, προωθητήρες γαιών με την κλασσική λεπίδα ή φορτωτές με κάδους πολλαπλής χρήσης και ειδικά πολύτροχα οχήματα διασποράς του αφρώδους συνθετικού υλικού.

Η συχνότητα επικάλυψης μπορεί να είναι καθημερινή πλην του μετωπικού πρανούς, δύο περίπου φορές την εβδομάδα ή και κατά αραιά χρονικά διαστήματα όταν χρησιμοποιούνται συμπιεστές απορριμμάτων, ή προσκομίζονται δεματισμένα απορρίμματα ή όταν χρησιμοποιούνται δεματοποιητές.

4.2.3. Μέθοδοι επεξεργασίας των στραγγισμάτων

Για την επεξεργασία και τον καθαρισμό των στραγγισμάτων μπορούν να εφαρμοσθούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τα υγρά απόβλητα όπως:

- Βιολογικές μέθοδοι.
- Χημικές μέθοδοι.
- Επεξεργασία με μεμβράνες.
- Θερμική επεξεργασία.

1. Βιολογική επεξεργασία

Η βιολογική επεξεργασία των στραγγισμάτων είναι η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος. Η αποδόμηση των οργανικών ενώσεων επιτυγχάνεται με την βοήθεια των μικροοργανισμών. Η ορυκτοποίηση των οργανικών ουσιών μπορεί να γίνει με την παροχή οξυγόνου (αερόβια διαδικασία) ή χωρίς οξυγόνο (αναερόβια διαδικασία). Προτιμότερο είναι να διατηρηθεί κατά το δυνατό η όξινη ζύμωση των στραγγισμάτων ώστε, η επεξεργασία τους να περιοριστεί στη φάση της μεθανογένεσης. Ως επί το πλείστον εφαρμόζεται η μέθοδος της ενεργού ιλύος ή των βιόφιλτρων.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα επεξεργασίας των στραγγισμάτων μαζί με τα λύματα.

Πάντοτε βέβαια με την προϋπόθεση ότι δεν περιέχονται μεγάλες ποσότητες επικίνδυνων ουσιών. Σε μερικές χώρες όπως π.χ στην Γερμανία πριν διατεθούν στον βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων πρέπει να υποστούν μια προεπεξεργασία. Αξιοσημείωτο είναι ότι πολλές εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού αντιμετωπίζουν προβλήματα αποδόμησης του αζώτου.

2. Συνδυασμός Χημικής-Φυσικής και Βιολογικής επεξεργασίας

Η εγκατάσταση αποτελείται από μια μονάδα βιολογικής επεξεργασίας και μια μονάδα χημικής και φυσικής επεξεργασίας. Η χημική και φυσική επεξεργασία αποτελείται από τη μονάδα προσρόφησης με ενεργό άνθρακα, τις μονάδες επίπλευσης / καθίζησης με άλατα σιδήρου και πολυμερή, τη μονάδα εξουδετέρωσης με ασβέστη και τη δεξαμενή καθίζησης.

3. Προσρόφηση με Ενεργό Άνθρακα

Η προσρόφηση σε φίλτρα ενεργού άνθρακα αποτελεί συνήθως μέρος της επεξεργασίας των στραγγισμάτων. Την οικονομικότητα της μονάδος μπορεί να εξασφαλίσει η αναγέννηση του ενεργού άνθρακα. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του ενεργού άνθρακα μειώνουν τόσο το COD όσο και τις οργανικές αλογονούχες ενώσεις. Σε περίπτωση που δεν μπορούν να αναγεννηθούν τα φίλτρα από ενεργό άνθρακα τότε πρέπει να διατεθούν με την μέθοδο της Υγειονομικής Ταφής ή να καούν στις μονάδες καύσης. Αλλά και κατά την αναγέννησή τους τουλάχιστον το 20% του ενεργού άνθρακα χάνεται.

4. Κροκίδωση - Καθίζηση

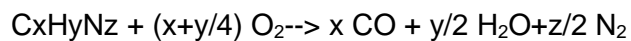
Αποτελεί μέρος των μονάδων βιολογικού καθαρισμού με ενεργό άνθρακα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται χλωριούχος σίδηρος και θειικό οξύ. Η ιλύς από την επεξεργασία των στραγγισμάτων φθάνει περίπου το 3,5% ανά m³.

5. Καταλυτική οξείδωση

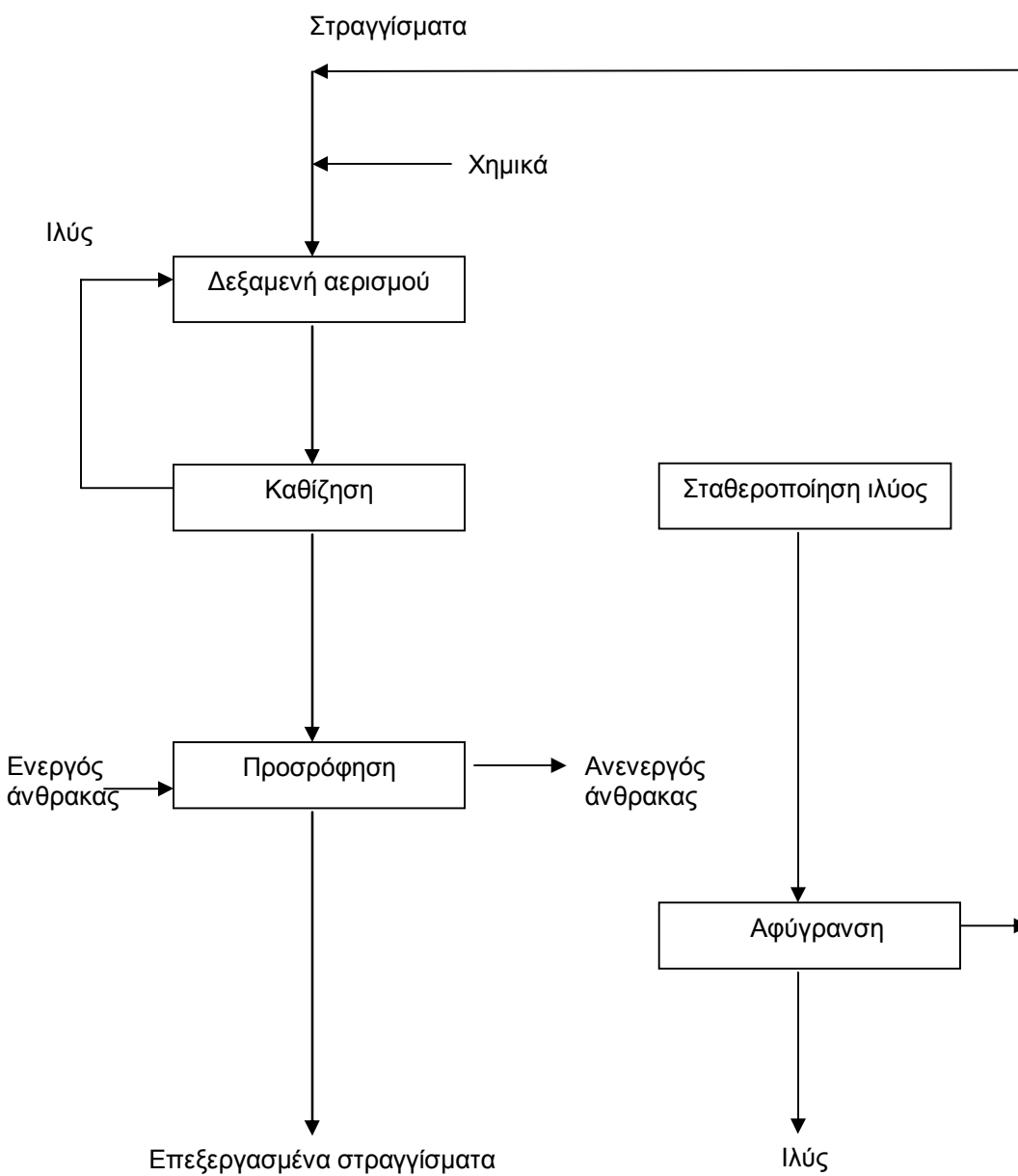
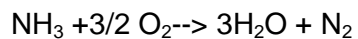
Οι επιβλαβείς ουσίες, οι οποίες βρίσκονται στα στραγγίσματα, μεταφέρονται στον αέρα μέσω ειδικών συστημάτων (κολώνες) με αντίθετου ρεύματος απαερίωση. Τα αέρια πρέπει ακολούθως να καθαριστούν με προσρόφηση από ενεργό άνθρακα.

Για την αποφυγή αυτών των σταδίων μετά την κολώνα, τα αέρια υφίστανται μια καταλυτική οξείδωση δηλ. μετά τον εναλλάκτη θερμότητας εισέρχονται στον

αντιδραστήρα. Ως παράδειγμα παρουσιάζεται η καταλυτική οξείδωση των ενώσεων του αζώτου:



Ειδικά για την αμμωνία:



Διάγραμμα 3: Βιολογική επεξεργασία – προσρόφηση.

6. Ξήρανση και εξάτμιση

Πρόκειται για μία αρκετά δαπανηρή μέθοδο και χρησιμοποιείται, όταν η περιεκτικότητα σε άλατα είναι πάρα πολύ μεγάλη. Κατά την εξάτμιση παρουσιάζονται τα εξής προβλήματα:

- σχηματίζεται κρούστα,
- οι πτητικές ουσίες πρέπει να υποστούν μια επεξεργασία,
- σχηματίζεται αφρός και
- απαιτείται πολύ καλή ποιότητα των υλικών λόγω της διάβρωσης.

7. Καθαρισμός με αντίστροφη όσμωση

Το διαλυτικό μέσο διεισδύει μέσω της ημιπερατής μεμβράνης στο διάλυμα. Το φαινόμενο αυτό διαρκεί έως ότου η περιεκτικότητα και των δύο μερών είναι ίδια ή όταν η υδροστατική πίεση του διαλύματος φθάσει την οσμωτική πίεση.

Η πίεση για τη λειτουργία της εγκατάστασης κυμαίνεται μεταξύ 3-90 bar. Η αρχική περιεκτικότητα των αλάτων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50 g/l.

Το μεγάλο πρόβλημα στην αντίστροφη όσμωση είναι ότι τελικά μένει 15-25% του όγκου των στραγγισμάτων το οποίο έχει 4-10 φορές μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άλατα και το οποίο τελικά πρέπει να διατεθεί. Η διάθεση του μπορεί να γίνει με την μέθοδο της στερεοποίησης-σταθεροποίησης.

8. Καύση

Η καύση είναι μια μέθοδος αρκετά δαπανηρή και συνηθίζεται όταν υπάρχει μονάδα καύσης στην περιοχή.

9. Προεπεξεργασία και επαναφορά των στραγγισμάτων

Αποτελεί μια απλή και καλή για την Ελλάδα μέθοδο. Τα στραγγίσματα υφίστανται μια προεπεξεργασία, με βιόφιλτρα συνήθως, απομακρύνονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και στη συνέχεια επανέρχονται στην επιφάνεια του χώρου διάθεσης.

Η μέθοδος αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα, καθώς εξασφαλίζει:

- την επιτάχυνση της βιοαποδόμησης στα απορρίμματα και αύξηση της παραγωγής βιοαερίου,
- την εξισορρόπηση των διακυμάνσεων των χημικών και βιολογικών συγκεντρώσεων των στραγγισμάτων,

- τη δυνατότητα προσθήκης θρεπτικών ουσιών και μικροοργανισμών και αύξηση της υγρασίας στο απορριμματικό ανάγλυφο,
- τη μείωση του όγκου των προς επεξεργασία στραγγισμάτων και κυρίως το χαμηλό κόστος.

Η επανακυκλοφορία των στραγγισμάτων είναι μια μέθοδος που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και γι' αυτό τον λόγο έχουν γίνει αρκετές σχετικές μελέτες. Στο [Παράρτημα Ι](#) παρουσιάζεται μελέτη, η οποία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Η εν λόγω μελέτη ασχολείται με το πρόβλημα του ρυθμού της βιολογικής αποδόμησης των οικιακών απορριμμάτων σε χώρους ελεγχόμενης απόθεσης και συνεπώς της διαχρονικής εξέλιξης της ποιότητας των παραγόμενων στραγγισμάτων. Έγιναν πειραματικές μετρήσεις με τη βοήθεια μικρών πειραματικών λυσιμέτρων, τα οποία πληρώθηκαν με απορρίμματα που ελήφθησαν από τον ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων και λειτούργησαν επί τρία έτη. Τα αντικείμενα που ερευνήθηκαν ήταν ο ρυθμός αποδόμησης των απορριμμάτων, η μεταβολή της ποιότητας των στραγγισμάτων με το χρόνο, καθώς επίσης η επίδραση της επανακυκλοφορίας των παραγόμενων στραγγισμάτων δια μέσου του σώματος των απορριμμάτων και του τεμαχισμού των απορριμμάτων και τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά.

Είναι σαφές ότι η επανακυκλοφορία εκλαμβάνει τον ΧΥΤΑ σαν "αναερόβιο φίλτρο" κατείσδυσης για την επεξεργασία των στραγγισμάτων, όμως δεν δίνει δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας των στραγγισμάτων.

4.2.4. Μέθοδοι επεξεργασίας βιοαερίου

Οι μέθοδοι επεξεργασίας του συλλεγόμενου βιοαερίου είναι:

- Επεξεργασία για θέρμανση:

Το παραγόμενο βιοαέριο καίγεται σε καυστήρες, παράγοντας έτσι ατμό. Επειδή είναι επιβαρυνμένο με ίχνη ουσιών, πρέπει οπωσδήποτε να υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία, ώστε να απομακρυνθούν οι βλαβερές ουσίες. Αυτή η επεξεργασία κρίνεται απαραίτητη γιατί η οξειδωση αυτών των ουσιών στην εστία καύσης μπορεί να δημιουργήσει αέρια τα οποία θα διαβρώσουν την εγκατάσταση.

Η γνώση της ποσότητας και σύνθεσής τους αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για κάθε τεχνική και οικονομική εξέταση χρήσης του βιοαερίου.

Χαρακτηριστικά αναφέρονται το χλώριο και το φθόριο τα οποία δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 200 mg/m³ και 35 mg/m³ αντίστοιχα. Βέβαια οι ουσίες αυτές μπορούν να

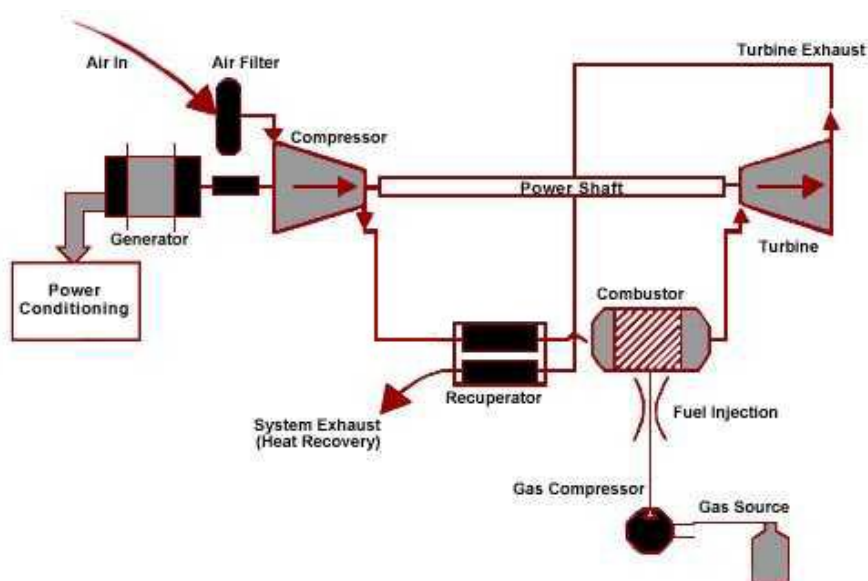
απομακρυνθούν είτε με φίλτρα, είτε με πλήρη συστήματα καθαρισμού. Το αέριο συλλέγεται στα φρεάτια και μεταφέρεται με αγωγούς. Στα φρεάτια ελέγχεται το μεθάνιο, το οξυγόνο και η θερμογόνος δύναμη. Η απορρόφηση επιτυγχάνεται με συμπιεστές αγωγών. Η διανομή του αερίου μπορεί να γίνει είτε με σωλήνες PE ή μεταλλικούς αγωγούς. Για μικρές ποσότητες το δίκτυο λειτουργεί σε πίεση 100 mbar. Κατά διαστήματα υπάρχουν διαχωριστές νερού. Στις εγκαταστάσεις θέρμανσης ισχύει ότι και για το φυσικό αέριο. Υπάρχει μόνο μια διαφορά στα μπεκ του καυστήρα.

Στην εγκατάσταση του Haldenrain η οποία λειτουργεί από το 1983 δεν παρουσιάστηκε μέχρι σήμερα κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα. Ανά Nm^3 υπολογίζονται 5,5 Kwh. Η τιμή πώλησης του αερίου είναι 15% φθηνότερη του πετρελαίου θέρμανσης και ο χρόνος απόσβεσης ήταν 3 χρόνια.

- Επεξεργασία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας:

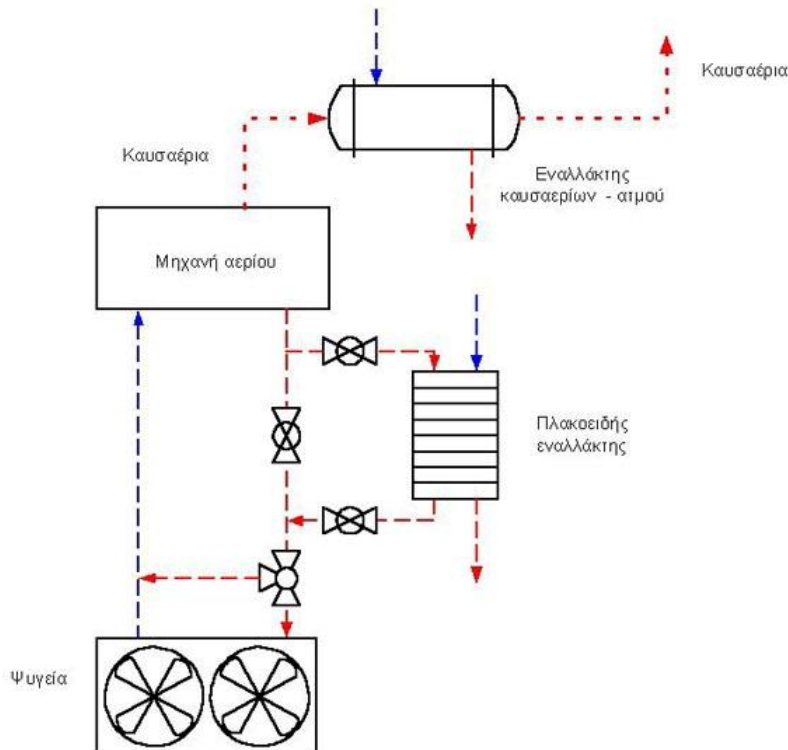
Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο συνήθως ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Η συνολική παροχή του βιοερίου περνά από ένα φίλτρο όπου απομακρύνεται το υδρόθειο. Στη συνέχεια το αέριο διέρχεται μέσα από ένα κυκλώνα, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχει και να οδηγηθεί με ασφάλεια στη μηχανή εσωτερικής καύσης. Η υπόλοιπη ποσότητα του βιοαερίου οδηγείται για καύση στο δαυλό. Επειδή, η πίεση του αερίου στην είσοδο πρέπει να είναι σταθερή, συνήθως υπάρχει ένας εφεδρικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας. Το καύσιμο ελέγχεται ηλεκτρονικά, ως προς τη σύνθεσή του και στη συνέχεια αναμειγνύεται με τον αέρα καύσης. Η μίξη με τον αέρα γίνεται μέσω ακροφυσίων ενώ η ανάφλεξη γίνεται ηλεκτρονικά.



- Συμπαγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας:

Στην περίπτωση αυτή γίνεται ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την ίδια ποσότητα καυσίμου με σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από την ανεξάρτητη παραγωγή καθεμιάς από τις ανωτέρω μορφές ενέργειας. Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης της συγκεκριμένης εφαρμογής σημαίνει κατανάλωση μικρότερης ποσότητας καυσίμων για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας με προφανή οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.



- Χρήση του βιοαερίου σε συμπιεστές απορριμμάτων:

Το βιοαέριο λόγω της υψηλής θερμογόνο δύναμης του, περίπου 5 Kwh/m^3 , αποτελεί μια πηγή ενέργειας. Μετά από μια επεξεργασία μπορεί το μεθάνιο να φθάσει σε βαθμό καθαρότητας 95-98 % και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη στους συμπιεστές των απορριμμάτων. Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαία τρία συστήματα:

- Εγκατάσταση καθαρισμού και συμπιεστής υψηλής πίεσης.
- Αποθήκευση του καυσίμου
- Ειδικά σχεδιασμένος κινητήρας του συμπιεστή, ο οποίος θα μπορεί να χρησιμοποιήσει τόσο αέριο όσο και πετρέλαιο.

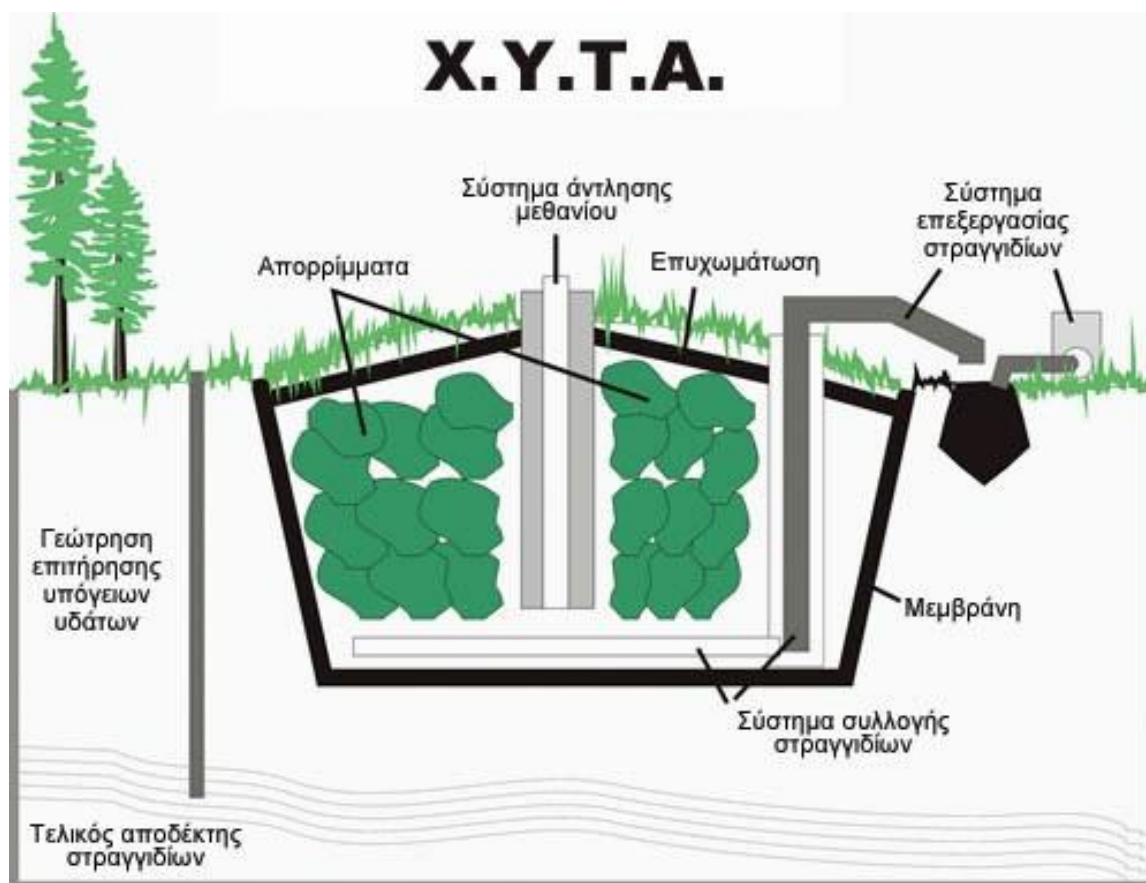
Ο συμπιεστής μπορεί να λειτουργήσει τόσο με πετρέλαιο, όσο και με μεθάνιο και πετρέλαιο. Για να λειτουργήσει με μεθάνιο πρέπει λόγω της εξάρτησης του αριθμού στροφών, να χρησιμοποιηθεί για την ανάφλεξη 10-20 % Diesel.

Σύμφωνα με τον Fister υπάρχουν δύο είδη κινητήρων, ανάλογα με την λειτουργία τους (δύχρονος-τετράχρονος) και το είδος ανάφλεξης. Στην περίπτωση των κινητήρων αερίου η ανάφλεξη επιτυγχάνεται με το μπουζί.

Η εταιρεία Hanomag A.G. ανέπτυξε ένα τέτοιο σύστημα για συμπιεστές, του οποίου τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά.

4.2.5. Σύστημα παρακολούθησης XYTA (monitoring system)

Ένα σοβαρότατο θέμα που άπτεται της περιβαλλοντικά ασφαλούς συμπεριφοράς ενός χώρου υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι αυτό της επιτήρησης του, τόσο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, όσο και μετά την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης.



Σύμφωνα με την ΚΥΑ 114218/17-11-1997, η οποία αφορά τις προδιαγραφές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, στα πλαίσια του ελέγχου, της επιτήρησης και της

παρακολούθησης ενός ΧΥΤΑ, πρέπει να εκτελείται ένα ελάχιστο πρόγραμμα μετρήσεων συγκεκριμένων παραμέτρων με σκοπό τον έλεγχο των διαδικασιών μέσα στη χωματερή και τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των συστημάτων που θα έχουν εγκατασταθεί για την προστασία της ευρύτερης περιοχής από πιθανή ρύπανση.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι εάν από το ξεκίνημα της λειτουργίας ενός οργανωμένου ΧΥΤΑ, εφαρμοστεί σωστά ο έλεγχος και η παρακολούθηση του χώρου, τότε είναι βέβαιο ότι και μετά τις εργασίες αποκατάστασης του χώρου, το σύστημα παρακολούθησης θα λειτουργεί κατά βέλτιστο τρόπο.

Τα συστήματα ελέγχου και καταγραφής (Σ.Ε.Κ.) περιλαμβάνουν μία ποικιλία εργαστηριακού εξοπλισμού αλλά και εξοπλισμού πεδίου, των οποίων ο στόχος είναι η συλλογή πολλαπλών δεδομένων, η επεξεργασία τους και μέσω αυτής η πρόβλεψη και συνεπώς η αποφυγή γένεσης περιβαλλοντικών προβλημάτων από τους ΧΥΤΑ.

Ειδικότερα τα Σ.Ε.Κ. που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδροφόρων στρωμάτων μπορούν να περιλαμβάνουν σταθμούς συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων, μοντέλα υπολογισμού του υδατικού ισοζυγίου, γεωτρήσεις ελέγχου -δειγματοληψίας και απαραίτητα χημικό εργαστήριο για τη διεξαγωγή μίας σειράς αναλύσεων των χημικών παραμέτρων.

Η μεθοδολογία κατασκευής ενός Σ.Ε.Κ. για τους υπόγειους υδροφόρους επηρεάζεται από το είδος του χώρου διάθεσης (με ή χωρίς στεγανοποίηση πυθμένα) από το είδος της στεγάνωσης αν υπάρχει (αργιλική ή συνθετικά υλικά) από τη γεωλογία - υδρογεωλογία του χώρου, και από το είδος της διαχείρισης διασταλλαζόντων που εφαρμόζεται (επανακυκλοφορία - σταθμός βιολογικού καθαρισμού). Είναι όμως πάντα βασική αρχή να καθορίζεται το υδατικό ισοζύγιο και να καταγράφονται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου που πιθανόν να αναπτύσσεται ανάντη του χώρου και να επηρεάζεται από αυτόν.

Λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος αλλά και των διάφορων τοπικών γεωλογικών συνθηκών δεν μπορεί να υπάρξει μια κοινή μεθοδολογία κατασκευής αλλά είναι δεδομένη και επιβάλλεται προσαρμογή σε μια κοινή μεθοδολογία έρευνας η οποία θα προτείνει το εκάστοτε καλύτερο σύστημα και θα καταγράψει τα διάφορα δεδομένα ώστε να είναι εύκολη και αξιόπιστη η μετέπειτα συλλογή και επεξεργασία τους.

Οι παράμετροι που πρέπει να παρακολουθούνται για να υπάρχει ολοκληρωμένη καταγραφή της εξέλιξης των φυσικοχημικών και μηχανικών διεργασιών που συντελούνται σε έναν οργανωμένο χώρο, είναι οι εξής:

α. Οι καθιζήσεις στα διάφορα σημεία του χώρου,

β. Η γένεση και σύνθεση του βιοαερίου,

γ. Η γένεση και σύσταση των στραγγισμάτων και

δ. Η σύσταση και η ποιότητα των υπόγειων υδάτων

Η Οδηγία των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων σχετικά με την υγειονομική ταφή, ορίζει στο Άρθρο 13 ότι:

"Μετά την οριστική παύση λειτουργίας χώρου υγειονομικής ταφής, ο φορέας λειτουργίας του είναι υπεύθυνος για την συντήρηση, την παρακολούθηση και τον συστηματικό έλεγχό του, κατά την φάση επιτήρησης, επί 10 έτη"

Σύμφωνα με την Οδηγία του Συμβουλίου της Ε.Ε. «Για την ταφή των αποβλήτων», και την υπάρχουσα Ελληνική Νομοθεσία, (ΚΥΑ 114218), το πρόγραμμα παρακολούθησης (monitoring system) σ' ένα χώρο διάθεσης απορριμμάτων, πρέπει να περιλαμβάνει τη συστηματική καταγραφή των παραμέτρων που παρουσιάζονται στη συνέχεια στους παρακάτω Πίνακες.

Μια πρώτη ομάδα στοιχείων είναι τα μετεωρολογικά δεδομένα. Αυτά μπορεί να καταγράφονται επί τόπου ή από τον πληρέστερο σταθμό με αντιπροσωπευτικά στοιχεία για το χώρο.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ
Ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων	Καθημερινά, προστίθεται στις μηνιαίες τιμές
Θερμοκρασία (max, min, 14.00h ΩΚΕ)	Μηνιαίος μέσος όρος
Διεύθυνση και ένταση κυριαρχούντος ανέμου	Καθημερινά
Εξάτμιση	Καθημερινά, προστίθεται στις μηνιαίες τιμές
Ατμοσφαιρική υγρασία (ώρα 14.00 ΩΚΕ)	Μηνιαίος μέσος όρος

Μια δεύτερη ομάδα παραμέτρων που πρέπει να παρακολουθείται είναι οι παράμετροι που συνδέονται με την καθίζηση. Σχεδιάζεται πρόγραμμα μετρήσεων των καθιζήσεων (ολικών ή / και διαφορικών) και λαμβάνονται μέτρα κατά τη λειτουργία του ΧΥΤΑ, ώστε να ελαχιστοποιούνται τα φαινόμενα καθιζήσεων και να αποφευχθούν τυχόν παραμορφώσεις στο υλικό επικάλυψης, στα στεγανωτικά συστήματα, στο σώμα του ΧΥΤΑ και στους αγωγούς βιοαερίου.

Η εξέλιξη των καθιζήσεων συνδέεται με την μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού και με την βιοαποικοδόμηση των απορριμμάτων, ενώ χρονικά εκτείνεται περίπου μία δεκαετία μετά την απόθεση. Σε έναν οργανωμένο ΧΥΤΑ το πρόγραμμα

παρακολούθησης στις διάφορες θέσεις θα πρέπει να διατηρηθεί επί 10 χρόνια μετά το "κλείσιμο" του συγκεκριμένου ταμπανιού όπου βρίσκεται το σημείο παρακολούθησης.

Η ολοκλήρωση των καθιζήσεων ανοίγει την δυνατότητα για την κατασκευή και εγκατάσταση ευπαθών (σε μετακινήσεις) τεχνικών έργων επηρεάζοντας σημαντικά τον σχεδιασμό τους.

Μια τρίτη ομάδα παραμέτρων που πρέπει να μετρούνται αφορά τα δείγματα στραγγισμάτων και απορρεόντων επιφανειακών υδάτων σε αντιπροσωπευτικά σημεία (δείγματα αντιπροσωπευτικά της μέσης σύνθεσης, δειγματοληψία κατά ISO 5667- 2, 1991).

Η παρακολούθηση της στάθμης και της σύστασης των στραγγιδίων στα διάφορα φρεάτια παρέχει πληροφορίες για τους ρυθμούς βιοαποικοδόμησης καθορίζοντας την ασκούμενη πολιτική διαχείρισης των στραγγισμάτων. Σε πολλές περιπτώσεις, τυχόν ανύψωση της στάθμης των στραγγιδίων σε φρεάτια βιοαερίου, υπαγορεύει αντλήσεις για την βελτίωση απόδοσης των φρεάτων αυτών.

Πιο συγκεκριμένα, η δειγματοληψία και η μέτρηση (ποιοτική και ποσοτική) των στραγγισμάτων από τον χώρο ταφής και η παρακολούθηση των επιφανειακών υδάτων πρέπει να γίνεται σε τρία τουλάχιστον σημεία, ένα ανάντι και δύο κατάντι του χώρου ταφής. Οι παράμετροι που πρέπει να παρακολουθούνται , φαίνονται στον Πίνακα :

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	
	Φάση λειτουργίας	Φάση μεταφροντίδας
Όγκος στραγγισμάτων	Μηνιαίως	Ανά εξάμηνο
Σύνθεση στραγγισμάτων	Ανά τρίμηνο	Ανά εξάμηνο
Όγκος και σύνθεση επιφανειακών υδάτων	Ανά τρίμηνο	Ανά εξάμηνο

4.2.6. Σχεδιασμός μελλοντικής αποκατάστασης ΧΥΤΑ

Το σχέδιο αποκατάστασης ενός ΧΥΤΑ καταstrώνεται με βάση τα επόμενα κριτήρια:

την ομαλή επανένταξη του χώρου στο φυσικό του περιβάλλον

την άρση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων

την απόδοση του χώρου σε νέες ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι η ομαλή και σχεδιασμένη εκτόνωση του βιοαερίου, μετά το πέρας της λειτουργίας του ΧΥΤΑ, καθώς και η ομαλή συλλογή των στραγγισμάτων. Η τελική στρώση του χώρου θα είναι από χώμα (μεταβλητού πάχους), κατάλληλο για φυτεύσεις. Οι φυτεύσεις που θα ακολουθήσουν θα γίνουν με φυτά και δένδρα όπως αυτά που κυριαρχούν στην περιοχή.

Η επιτυχία της αποκατάστασης είναι καθοριστικής σημασίας για την κοινωνική επίδραση της λειτουργίας του ΧΥΤΑ.

Ουσιαστικό στοιχείο της διαδικασίας αποκατάστασης είναι ότι αυτή θα γίνει τμηματικά. Κάθε κύτταρο που πληρώνεται θα αποκαθίσταται άμεσα και με τον τρόπο αυτό θα επιτευχθεί η πλήρης αποκατάσταση του ΧΥΤΑ, αμέσως μετά το πέρας της λειτουργίας του. Σε κάθε περίπτωση, το πρόγραμμα monitoring του ΧΥΤΑ, πρέπει να συνεχίζεται ακόμα και μετά το πέρας της λειτουργίας του ΧΥΤΑ, σε όσα σημεία προβλέπεται κάτι τέτοιο.

Στη συνέχεια καταγράφονται ορισμένες λεπτομέρειες για την αποκατάσταση ενός χώρου.

Το σχέδιο αποκατάστασης

Ο σχεδιασμός της αποκατάστασης είναι ένα σύνθετο έργο που απαιτεί την απασχόληση ενός μεγάλου φάσματος ειδικοτήτων και εξειδικευμένων επιστημόνων ώστε να είναι επιτυχής. Θεωρείται σημαντικό το σχέδιο αποκατάστασης να συνδυάζει τις περιβαλλοντικές και τις ευρύτερες ανάγκες της περιοχής, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να δίνει μεγάλη σημασία στο κόστος κατασκευής των έργων που το σχέδιο προτείνει.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι κατά το στάδιο σχεδιασμού και εφαρμογής μιας επιτυχούς επανένταξης της χωματερής, απαιτείται στενή συνεργασία του πολιτικού μηχανικού, του αρχιτέκτονα τοπίου, του βιολόγου και του μηχανικού περιβάλλοντος. Αν και τα προβλήματα που ανακύπτουν κατά την διαδικασία αυτή αλληλοκαλύπτονται, είναι χρήσιμο να διαιρούνται σε θέματα τεχνικά, σχεδιασμού ανάγλυφου και βλάστησης.

Σαν γενικοί αντικειμενικοί στόχοι ανάκτησης του ΧΥΤΑ αναφέρονται:

η αποκατάσταση ενός υγιούς και γόνιμου ανάγλυφου, πολλές φορές ξεπερνώντας και το αρχικό αντίστοιχο επίπεδο του χώρου,

η δημιουργία ενός ευέλικτου σχήματος νέων χρήσεων γης,

ένα ανάγλυφο οπτικά αποδεκτό και ταιριάζει στο ευρύτερο ανάγλυφο χωρίς προβλήματα,

η δημιουργία ενός κατάλληλου περιβάλλοντος για την χλωρίδα και πανίδα στο νέο ισορροπημένο οικοσύστημα,

η οικονομικότερη επαναφορά από την νέα χρήση.

Τα περιεχόμενα του σχεδίου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις νέες χρήσεις του χώρου, λαμβάνοντας φυσικά υπ' όψιν τις αναμενόμενες διεργασίες που γίνονται μέσα στη μάζα των απορριμμάτων, τις καθιζήσεις, την παραγωγή βιοαερίου και στραγγισμάτων.

Η μελέτη αποκατάστασης πρέπει να προσεγγίζεται σε δύο επίπεδα:

Το πρώτο περιλαμβάνει την ανάλυση και σύνθεση του χώρου και παρουσιάζει τις ευκαιρίες και τα εμπόδια που παρουσιάζονται. Η ανάλυση περιλαμβάνει την συλλογή και τεκμηρίωση των πληροφοριών σε σχέση με την αποστράγγιση, την τοπογραφία και τις κλίσεις, την υπάρχουσα βλάστηση και τις χρήσεις γης. Η σύνθεση αυτών των παραγόντων έχει σαν αποτέλεσμα την τεκμηρίωση των ευκαιριών, των δυνατοτήτων και εμποδίων για τον χώρο και την γύρω περιοχή.

Το δεύτερο περιλαμβάνει την μορφοποίηση των επιθυμητών δραστηριοτήτων. Η συμμετοχή των ΟΤΑ στο στάδιο αυτό είναι σημαντική.

Η απάντηση που δίνει το σχέδιο αποκατάστασης δεν είναι απλά να "κρύψει" τα απορρίμματα αλλά να το κάνει δημιουργώντας αισθητικά ευχάριστες νέες καταστάσεις, με στόχο να αναβαθμιστεί οπτικά το τοπίο, να καλλωπιστεί η περίμετρος του χώρου, να βελτιωθεί η ασφάλειά του και να αναπτυχθούν οι σχέσεις με τον ΟΤΑ που φιλοξενεί το χώρο

Διαμόρφωση ανάγλυφου

Οι σύγχρονες θεωρίες στον σχεδιασμό του ανάγλυφου συμπεριλαμβάνουν την εκτίμηση της ισορροπίας της φυσικής οικολογίας και του νέου οικοσυστήματος που θα εγκατασταθεί στο χώρο, με την υποστήριξη όλων των απαραίτητων τεχνικών έργων που θα κατασκευαστούν.

Στον σχεδιασμό καθορίζονται οι τελικές υψομετρικές καμπύλες του χώρου, παίρνοντας υπ' όψιν την υφισταμένη κατάσταση της ευρύτερης περιοχής στον χώρο διάθεσης και τις προτεινόμενες τελικές του χρήσεις. Σημαντικό στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν στον καθορισμό των τελικών ισοϋψών είναι οι μακροχρόνιες καθιζήσεις (ενιαίες και διαφορικές).

Για τον καθορισμό της τελικής μορφής που θα πάρει ο χώρος δεν είναι πάντοτε απαραίτητο αυτός να αποκαθίσταται στις αρχικές υψομετρικές γραμμές, είτε γιατί η ανύψωση του τελικού επιπέδου καθίσταται αισθητικά επιθυμητή, ή γιατί δεν υφίστανται

αρχεία για τα αρχικά επίπεδα της περιοχής. Το τελικό ανάγλυφο που προτείνεται στην αδειοδότηση, στον σχεδιασμό του χώρου διάθεσης και στα σχέδια αποκατάστασης θα καθορίσει σημαντικά τον τρόπο λειτουργίας της χωματερής και την επιτυχημένη υλοποίηση της αποκατάστασης.

Οι δύο κύριοι όροι για την τελική διαμόρφωση είναι ότι ο χώρος θα αναμειγνύεται με την γειτονική γη και ότι θα διευκολύνει την φυσική απορροή των όμβριων νερών. Το δεύτερο έχει υποτιμηθεί πολλές φορές στο παρελθόν. Έτσι μπορεί να σχεδιαστεί το αποστραγγιστικό σύστημα πρώτα και μετά να ταιριάζει η τελική τοπογραφία σ' αυτό, παρά το αντίθετο, που πολλές φορές είναι αδύνατο.

Η γνώση της τοπογραφίας και του συστήματος φυσικής παροχέτευσης των όμβριων αποτελούν σημαντικό τμήμα ενός τέτοιου σχεδιασμού. Για την αποφυγή προβλημάτων ρύπανσης πιθανών υπόγειων υδροφορέων, η απλή απάντηση είναι να "χτιστεί" η χωματερή υψηλότερα από τον περιβάλλοντα χώρο, υπολογίζοντας έτσι και την μελλοντική καθίζηση.

Νέες χρήσεις του χώρου

Στην μελέτη αποκατάστασης θα επιλεγούν οι χρήσεις που προτείνονται για τον νεοδημιουργηθέντα χώρο, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής και τις προτάσεις του ρυθμιστικού σχεδίου. Επίσης ρόλο παίζουν και το οδικό δίκτυο και τον κυκλοφοριακό φόρτο της περιοχής. Η αξιολόγηση αυτών των χρήσεων γης σε συνδυασμό με τις επιθυμητές δραστηριότητες, τις ευκαιρίες, τις δυνατότητες και τα εμπόδια καθορίζουν το γενικό σχέδιο χρήσεων.

Η βασική αντίληψη αυτού του σχεδίου περιλαμβάνει :

Εξυπηρέτηση όσων χρήσεων γης είναι δυνατές κάτω από ένα περιβαλλοντικά ασφαλές και αισθητικά αναβαθμισμένο τρόπο,

Ενοποίηση των διαφορετικών χρήσεων γης μέσα στην βασική νέα χρήση,

Παροχή δυνατοτήτων στο κοινό για ανοιχτούς χώρους, πράσινο κ.λ.π. ,

Μετασχηματισμό του τι είναι επιθυμητό σε αισθητικά ευχάριστη πραγματικότητα.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι παλαιοί χώροι διάθεσης απορριμμάτων μπορούν να επανενταχθούν στο περιβάλλον με διάφορα είδη βλάστησης και να αποδοθούν για χρήσεις κοινής ωφέλειας.

Γενικά οι νέες χρήσεις τις οποίες ένα σχέδιο αποκατάστασης μπορεί να προβλέπει και να περιλαμβάνει, είναι φυτεύσεις/ καλλιέργειες, κατασκευές, δενδροφυτεύσεις και άλλη βλάστηση στον χώρο.

Η μεθοδολογία που αναπτύσσεται βασίζεται στην θεώρηση της επανεγκατάστασης της βλάστησης στο "εδαφικό" στρώμα επικάλυψης των απορριμμάτων ως φαινομένου πρωτογενούς φυτικής διαδοχής. Συνολικά, τα θέματα και ερωτήματα που εντάσσονται στο πλαίσιο της προτεινόμενης μεθοδολογίας και που πρέπει να απαντηθούν είναι:

ποιες οι διαδικασίες φυσικής διαδοχής της βλάστησης στις επιφάνειες των χωματερών, πως μπορεί να επιταχυνθεί ο ρυθμός της φυσικής διαδοχής,

ποια τα κριτήρια επιλογής φυτικών ειδών για εισαγωγή στην επιφάνεια της χωματερής, ποιες τεχνικές (γεωπονικές, εδαφοβελτιωτικές κλπ) πρέπει να εφαρμοστούν τόσο στα σπέρματα ή άλλα βλαστητικά όργανα των φυτών, όσο και στο χώμα επίστρωσης της χωματερής, ώστε να ευδοκιμήσουν τα φυτά,

ποια τα κριτήρια επιλογής του χώματος και πως καθορίζεται η καταλληλότητα του ως υλικού επίστρωσης,

ποια τα γεωμορφολογικά στοιχεία που επηρεάζουν την επιλογή και την καταλληλότητα του χώματος επίστρωσης της χωματερής,

πως καθορίζεται και ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την επιλογή και την καταλληλότητα του χώματος επίστρωσης της χωματερής,

πως καθορίζεται και ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το πάχος του χώματος επίστρωσης, πως συσχετίζεται αυτό με την εξέλιξη της διαδοχής και ποιες είναι οι σχέσεις πάχους επίστρωσης-διαμόρφωσης της επιφάνειας του ΧΥΤΑ.

Στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν σ' ένα τέτοιο σχεδιασμό είναι το οικοσύστημα της ευρύτερης περιοχής και ο τρόπος με τον οποίο το οικοσύστημα αυτό επιδρά στον χώρο της πρώην χωματερής.

Με δεδομένα ότι, συνήθως, στα πρώτα 50cm του εδάφους πραγματοποιείται το μέγιστο των εδαφοβιολογικών διαδικασιών, ότι το στρώμα αυτό υποστηρίζει την θρέψη των φυτών, καθώς επίσης, ότι το βάθος από 1-5μ είναι πολύ σημαντικό για τη συγκράτηση του νερού και την αποστράγγιση του, η προφανής απουσία οργανωμένης δομής του εδαφικού στρώματος επηρεάζει σημαντικά τις οικοφυσιολογικές διαδικασίες θρέψης των φυτών.

Είδη φυτεύσεων που μπορεί να εγκατασταθούν σ' ένα χώρο στον οποίο έχουν προηγηθεί έργα αποκατάστασης είναι γρασίδι, δένδρα και φυσική επαναφύτευση για κοινή χρήση:

Χρησιμοποιώντας αυτά τα είδη αποφεύγεται η αλλοίωση της χλωρίδας και επιτυγχάνεται ουσιαστικότερη επανένταξη του χώρου στο περιβάλλον. Επίσης εξασφαλίζεται με αυτόν

τον τρόπο η βεβαιότητα ότι τα επιλεχθέντα είδη είναι κατ' αρχήν προσαρμοσμένα στις ευρύτερες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Συχνά όμως, εξ' αιτίας της ιδιομορφίας των χωρών ταφής απορριμμάτων, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και κάποια ξενικά είδη για τις πρώτες τουλάχιστον φυτεύσεις. Στην συνέχεια αυτά θα πρέπει να αντικατασταθούν από είδη εγχώριας χλωρίδας.

Τελική κάλυψη

Από τους πρωταρχικούς στόχους των έργων αποκατάστασης είναι ο έλεγχος και η ελαχιστοποίηση της ποσότητας των εισερχόμενων όμβριων στο ΧΥΤΑ. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση κάλυψης χαμηλής περατότητας στην επιφάνεια του χώρου για την αύξηση της επιφανειακής απορροής. Πρέπει να σημειωθεί ότι η παρεμπόδιση της εισόδου νερού στη μάζα των απορριμμάτων μειώνει τις διεργασίες αποσύνθεσής τους και κατά συνέπεια τους ρυθμούς βιοσταθεροποίησης του ΧΥΤΑ.

Κατασκευή της κάλυψης

Η κάλυψη της χωματερής πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά που έχουν περατότητα $1 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sec}$ ή και λιγότερο. Η επιφάνεια πρέπει να είναι θολωτή για να ενθαρρύνεται η επιφανειακή απορροή, να καλύπτεται με χώματα το συντομότερο δυνατό μετά την τοποθέτηση της στα οποία να γίνονται κατάλληλα οι φυτεύσεις με τρόπο ώστε να παρεμποδίζεται η εισροή υδάτων ευνοώντας την απώλεια νερού μέσω εξατμοσποδιαπνοής.

Η πρακτική εμπειρία δείχνει ότι είναι δυνατή η κατασκευή αδιαπέραστων στρώσεων με μπεντονίτη σε μίγμα με άμμο στην επιφάνεια μιας χωματερής. Το πάχος της κάλυψης εξαρτάται από την ποιότητα των υλικών που θα την αποτελέσουν. Πάχος περίπου 0,3m για φυσικά υλικά είναι αποτελεσματικό και κατάλληλο για τις περισσότερες χρήσεις.

Η επιτυχία της κάλυψης εξαρτάται σημαντικά από τον τρόπο ταφής. Ανόμοιες καθιζήσεις αποτελούν την αιτία ζημιών και αστοχιών της κάλυψης, για τον λόγο αυτό όπου εμφανίζονται τέτοιας μορφής καθιζήσεις κρίνεται σκόπιμο όπως τα έργα αποκατάστασης καθυστερήσουν. Στην περίπτωση αυτή, και μέχρι να τοποθετηθεί η οριστική, μπορεί να τοποθετηθεί μια προσωρινή κάλυψη για την παρεμπόδιση της εισόδου νερών στον χώρο.

Η κάλυψη προστατεύεται από τις δυο πλευρές με την δημιουργία προστατευτικών ζωνών. Όταν αυτή αποτελείται από συνθετικά υλικά, η ζώνη πρέπει να έχει πάχος 0,5m και να αποτελείται από αδρανή υλικά ώστε αυτά να μην αντιδρούν με τα απορρίμματα ή την τελική κάλυψη. Η κάλυψη δεν πρέπει να τοποθετείται κατά την διάρκεια βροχερών ημερών, πρέπει να περιέχει υγρασία ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική συμπίεση,

ενώ μέγιστη συμπίεση επιτυγχάνεται όταν η τοποθέτηση γίνεται σε στρώσεις 0,3m που κατόπιν ισοπεδώνονται.

Προστασία της κάλυψης

Για να παραμένει η κάλυψη αποτελεσματική, πρέπει να προστατεύεται από τις κινήσεις μηχανημάτων στην επιφάνεια του χώρου, από ξήρανση και ρηγματώσεις, από την διείσδυση των ριζικών συστημάτων, από την διάβρωση κλπ. Το πάχος της προστατευτικής στρώσης πάνω από την τελική κάλυψη εξαρτάται από τις σχεδιαζόμενες χρήσεις.

Ενώ οι ρίζες των περισσότερων φυτών βρίσκονται μέσα στα πρώτα 300mm του χώματος, εντούτοις είναι ικανά να προκαλέσουν ξήρανση στα χώματα μέχρις βάθους 700mm. Έτσι, το βάθος του χώματος για την προστασία της κάλυψης επιβάλλεται να είναι τουλάχιστον 1m. Τέλος, η κάλυψη δεν διαβρώνεται όταν η επιφάνεια του χώρου είναι ήδη φυτεμένη.

Αποστραγγιστικό σύστημα

Ο σχεδιασμός του συστήματος αποστράγγισης εμφανίζει διάφορες λειτουργίες:

Στα αρχικά στάδια της ανάκτησης πρέπει να προστατεύει τις γυμνές επιφάνειες του νέου ανάγλυφου από εκτεταμένη διάβρωση και αυτός ο αρχικός σχεδιασμός πρέπει να είναι ικανός να προσαρμοστεί σε ένα μόνιμο σύστημα που θα αντιμετωπίζει την μειωμένη απορροή από το πλήρως φυτεμένο σκηνικό.

Οι απότομες κλίσεις πρέπει να προστατεύονται από την διήθηση και την συσσώρευση του νερού των πόρων.

Η αποστράγγιση εξαρτάται από την ποσότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων, τη διαπερατότητα των χωμάτων, την ύπαρξη ή όχι περατής τελικής στρώσης, την ύπαρξη ή όχι βλάστησης, τον τύπο της βλάστησης και τις κλίσεις των διαμορφωμένων πρανών.

Οι κλίσεις των τελικών πρανών αποτελούν πολύ σημαντικό παράγοντα για την αποστράγγιση του αποκαταστημένου χώρου. Λιμνάζοντα νερά μπορεί να παρουσιαστούν όταν η περατότητα των επιφανειακών χωμάτων είναι περιορισμένη ή όταν η ένταση των βροχοπτώσεων ξεπερνάει τον συντελεστή περατότητας των χωμάτων.

Τα προβλήματα αποστράγγισης μπορούν να ξεπεραστούν όταν το τελικό σχήμα του χώρου πάρει την μορφή θόλου, οπότε τα όμβρια να εκτρέπονται μέσω περιφερειακών τάφρων, σημαντικό δε στοιχείο σχεδιασμού αποτελεί ο επαρκής υπολογισμός του συστήματος αποστράγγισης. Οι τελικές κλίσεις του 1:30 έχουν αποδειχθεί ικανές να εμποδίζουν την λίμναση των υδάτων και τα προβλήματα αποστράγγισης που

δημιουργούνται από τις διαφορικές καθιζήσεις. Απότομες κλίσεις πρέπει να αποφεύγονται.

Οι κεντρικές τάφροι του συστήματος αποστράγγισης μπορεί να έχουν κλίσεις περί το 1:50. Όλες οι τάφροι πρέπει να κατασκευάζονται κατά μήκος των πρανών όπου είναι δυνατόν και στο πλέον απότομο πρανές, αποστάσεις 50m μεταξύ των τάφρων είναι ενδεικτικά. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην διαμόρφωση των κεντρικών τάφρων. Αυτοί μπορεί να έχουν 0,6m πλάτος στην βάση με 45° κλίσεις πρανών και 0,6m βάθος. Τα πρανή των τάφρων μπορεί να είναι επιρρεπή στην διάβρωση. Μια κατάρρευση των πρανών οδηγεί σε μπλοκάρισμα, για τον λόγο δε αυτό το επίχωμα πάνω στο οποίο κατασκευάζεται η τάφος πρέπει να συμπιεστεί καλά πριν τις εκσκαφές και την κατασκευή του οριστικού προφίλ των τάφρων.

4.2.7. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της υγειονομικής ταφής σε σχέση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης τα οποία την επέβαλαν σαν την πιο διαδεδομένη μέθοδο διεθνώς, είναι τα ακόλουθα:

1. Είναι μία μέθοδος τεχνικά απλή και αποτελεσματική ενώ η εφαρμογή της δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις. Ο σχετικός μηχανολογικός εξοπλισμός είναι οικείος σ' όλον τον πληθυσμό, ανθεκτικός, με ευχέρεια επισκευής και προμήθειας ανταλλακτικών.
2. Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του χώρου υγειονομικής ταφής από τις δημοτικές αρχές και το κοινό γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολία.
3. Η υγειονομική ταφή έχει σχετικά χαμηλό επενδυτικό και λειτουργικό κόστος.
4. Η υγειονομική ταφή είναι εξαιρετικά λειτουργική μέθοδος δεδομένου ότι:
 - Ο χώρος διάθεσης μπορεί να δεχθεί για άμεση διάθεση ετερογενή απορρίμματα.
 - Ευνοείται από τα εδαφομορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της χώρας μας (π.χ. ορεινοί όγκοι, άρα εύκολη απόκρυψη), τα πληθυσμιακά και χωροταξικά δεδομένα.
 - Η λειτουργία του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) δεν επηρεάζεται από τις έντονες εποχιακές διακυμάνσεις της ποσότητας και σύστασης των απορριμμάτων. Αυξημένες ποσότητες απορριμμάτων μπορεί να τις δεχθεί με μια απλή προσθήκη ενός ακόμη μηχανήματος (ενεργοποίηση εφεδρικού, προσωρινή μίσθωση).

- Δεν απαιτεί άλλη εγκατάσταση διάθεσης στερεών αποβλήτων πράγμα που συμβαίνει με τις άλλες μέθοδες που απαιτούν συμπληρωματικά και ένα μικρό ΧΥΤΑ για την διάθεση των στερεών τους αποβλήτων.

5. Η υγειονομική ταφή μπορεί να συμβάλει στην αναμόρφωση υποβαθμισμένων τοπίων ή στην αποκατάσταση άλλων, που έχουν πληγεί από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. λατομική δραστηριότητα), διαμορφώνοντας χώρο πράσινου, αθλητικών δραστηριοτήτων, εγκαταστάσεις θερμοκηπίων κλπ.

Απέναντι στα τόσα σοβαρά πλεονεκτήματα, η υγειονομική ταφή εμφανίζει στην χώρα μας το ουσιώδες, καθοριστικό για την ώρα, μειονέκτημα, ότι έχει ταυτιστεί στην συνείδηση των δημοτικών αρχών και του κοινού με την ανεξέλεγκτη διάθεση και για το λόγο αυτό δεν έχει κοινωνική αποδοχή. Ένα δεύτερο μειονέκτημα της μεθόδου είναι η απαίτηση σημαντικών εκτάσεων σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους διάθεσης πράγμα ανέφικτο σε περιοχές π.χ. έντονα τουριστικές ή άλλες με μεγάλη οικοπεδική ή γεωργική αξία. Ένα τελευταίο αρνητικό της είναι η αυξημένη επιμέλεια που απαιτεί για την αντιμετώπιση των εκπομπών δηλ. του βιοαερίου και των στραγγισμάτων που όμως βρίσκεται σαφώς μέσα στις δυνατότητες του εγχώριου έμψυχου δυναμικού μας και της προσιτής τεχνολογίας.

4.2.8. ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων

Ο ΧΥΤΑ των Α. Λιοσίων λειτουργεί από το 1973 και βρίσκεται 18km έξω από την Αθήνα. Είναι η κύρια χωματερή της Ελλάδας και εκτείνεται σε μια ημιάνυδρη περιοχή 692 στρεμμάτων. Ο ΧΥΤΑ λειτουργεί υπό τη διεύθυνση του Ενιαίου Συνδέσμου Δήμων & Κοινοτήτων του Ν. Αττικής (ΕΣΔΚΝΑ) και χωρίζεται σε τέσσερα μέρη, ανάλογα με την παλαιότητά τους. Αυτά είναι:

- Ο παλαιός ΧΔΑ (Χώρος Διάθεσης Απορριμμάτων),
- Ο ΧΔΑ,
- Ο ΧΥΤΑ Ι, που ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1998 και
- Ο ΧΥΤΑ ΙΙ, που βρίσκεται σε φάση υλοποίησης.

Ο ΧΥΤΑ Α.Λιοσίων περιλαμβάνει:

- Σύστημα συλλογής βιοαερίου,
- Σταθμό συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας και
- Εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων (στον ΧΥΤΑ ΙΙ).

Στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων καταλήγουν τα απορρίμματα που παράγονται από το 95% των κατοίκων της Ηπειρωτικής Αττικής, Σαλαμίνας και Αίγινας. Το φορτίο αυτό ανήλθε για το

2003 συνολικά σε 2.000.000 τόνους περίπου. Σε αυτό το, κατά προσέγγιση, φορτίο περιλαμβάνονται τα οικιακά απορρίμματα, τα εμπορικά και άλλα εξομοιούμενα προς τα οικιακά, τα απορρίμματα πρασίνου, τα ογκώδη απορρίμματα. Στο ΧΥΤΑ κατέληξαν επίσης, χρησιμοποιούμενα κυρίως προς επικάλυψη των απορριμμάτων, και περίπου 2.900.000 τόνοι αδρανών υλικών (χώματα εκσκαφών κυρίως) καθώς και περίπου 100.000 τόνοι ιλύος από εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων. Το ημερήσιο μεταφερόμενο φορτίο, λοιπόν, ανέρχεται σε 6.500 τόνους περίπου κατά το εργάσιμο πενθήμερο με δραστική μείωση το Σάββατο και ακόμη περισσότερο την Κυριακή.

Σύστημα συλλογής βιοαερίου

Το βιοαέριο, από το παλαιότερο σχετικά τμήμα (ΧΔΑ και ΧΔΑ παλαιός) αντλείται μέσω συστήματος 243 κατακόρυφων φρεατίων και οριζοντίου δικτύου σωληνώσεων συνολικού μήκους 25.000 μέτρων περίπου. Τα 243 φρεατία άντλησης ομαδοποιούνται σε 19 υποσταθμούς, για καλύτερο έλεγχο και ευκολότερη ρύθμιση (ροής και ποιότητας του βιοαερίου) κάθε φρεατίου ξεχωριστά. Το βιοαέριο που αντλείται σήμερα έχει μία μέση περιεκτικότητα σε καύσιμο (μεθάνιο) 52% περίπου και κάθε μονάδα γεννήτριας καταναλώνει περίπου 700m³/h βιοαέριο σε πλήρη ισχύ.

Η μονάδα λειτουργεί επί 37 μήνες και για το διάστημα αυτό, ως σήμερα:

- (α) έχει αντλήσει συνολικά 180.000.000 m³ βιοαέριο, από 20.254.000 τόνους απορριμμάτων τα οποία εναποτέθηκαν κατά τα έτη 1963-1999 στα τμήματα «ΧΔΑ» (14.554.000 τόνοι απορριμμάτων) και «ΧΔΑ παλαιός» (5. 700.000 τόνοι απορριμμάτων),
- (β) επιπροσθέτως κατά τις τελευταίες 100 ημέρες έχει αντλήσει άλλα 8.500.000 m³ βιοαέριο, από νέο τμήμα ΧΥΤΑ («ΧΥΤΑ Ι») το οποίο συνδέθηκε και αντλείται, με αντίστοιχη ποσότητα 7.000.000 τόνους απορριμμάτων τα οποία εναποτέθηκαν επί 47 μήνες από Ιούλιο 1999 έως και Μάιο 2003 με μέσο σημερινό ρυθμό άντλησης, από την ποσότητα αυτή, 3500 m³/h.

Τα στοιχεία αυτά πρέπει να συνυπολογιστούν δεδομένης της σημασίας της «ηλικίας» των απορριμματικών στρώσεων όσον αφορά στην παραγωγή του βιοαερίου. Υπενθυμίζεται ότι τα υπό αναερόβιες συνθήκες (σε συνθήκες ΧΥΤΑ) βιοαποικοδομούμενα οικιακά απορρίμματα μπορούν να «παράγουν» βιοαέριο επί 30 περίπου χρόνια με μέγιστη παραγωγή περίπου στην πενταετία από την έναρξη της μεθανογένεσης η οποία τοποθετείται εγγύτατα χρονικά στην περίοδο της χωματοκάλυψης των απορριμμάτων.

Σταθμός συμπαραγωγής

Ο σταθμός συμπαραγωγής των Άνω Λιοσίων είναι από τους μεγαλύτερους με καύσιμο βιοαέριο παγκοσμίως (13,8MW ηλεκτρικής ενέργειας) και η κατασκευή του κόστισε 6,6 δισ. δρχ., αποτελείται δε από 11 αεριοκίνητα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z), ισχύος 1.255kW έκαστο. Κάθε H/Z είναι τοποθετημένο σε τυποποιημένα εμπορευματοκιβώτια 12m (container) και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα υποσυστήματα για την λειτουργία του (προσαγωγή αέρα καύσης και αερισμό, ψυγεία για την απαγωγή της θερμότητας από τα κυκλώματα ψύξης των μηχανών, ανεμιστήρα προσαγωγής καυσίμου, μετασχηματιστή και σύστημα ελέγχου).

Στον εγκατεστημένο εξοπλισμό περιλαμβάνονται επίσης συστήματα για την ανάκτηση μέρους της θερμικής ενέργειας (9,5MW), από τα 16,5MW που είναι διαθέσιμα συνολικά (νερό ψύξης αεριοκινητήρων). Στο άμεσο μέλλον έχει προγραμματιστεί τοποθέτηση επιπλέον εξοπλισμού ανάκτησης θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια των H/Z αυτήν την φορά, προκειμένου να τροφοδοτηθεί η εγκατάσταση επεξεργασίας στραγγισμάτων που θα κατασκευαστεί στα πλαίσια της υλοποίησης του έργου για τον νέο ΧΥΤΑ (ΧΥΤΑ II).

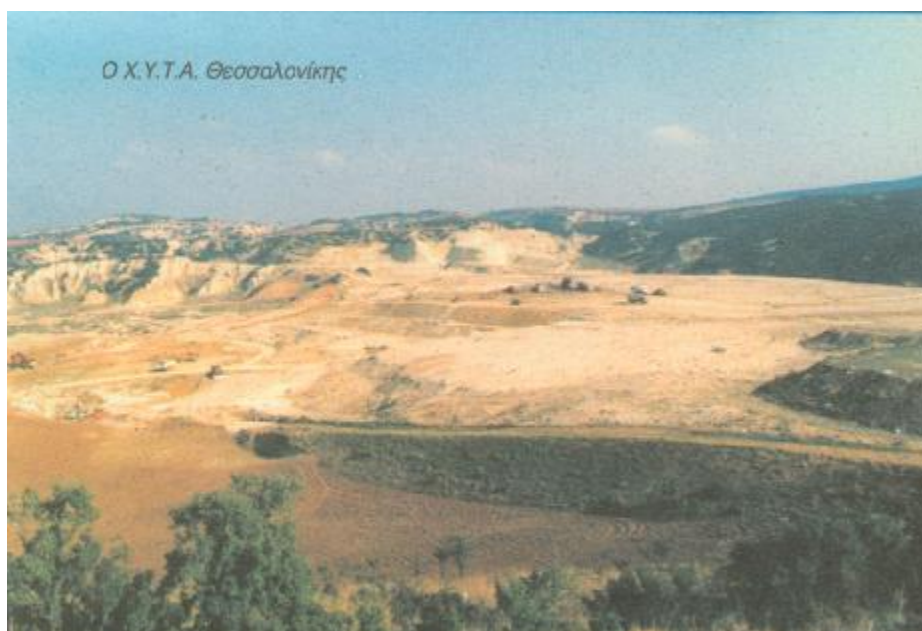
Ο σταθμός ακόμη περιλαμβάνει τρεις πυρσούς καύσης βιοαερίου για την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων που έχουν τεθεί. Οι τρεις αυτοί πυρσοί είναι δυναμικότητας 4.500, 1.000 και 500m³/h και υπό κανονικές συνθήκες δεν θα βρίσκονται σε λειτουργία, παρά μόνο εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω αστοχίας στον υποσταθμό της ΔΕΗ στον Ασπρόπυργο.

Οι παραγόμενες ποσότητες ενέργειας είναι 200-220.000 KWH/ημέρα (πριν να συνδεθεί το νέο σχετικά τμήμα «ΧΥΤΑ I») ενώ δεν αξιοποιείται ακόμη η θερμική ενέργεια. Υπάρχει δυνατότητα παραγωγής 180.000KWH/d θερμικής ενέργειας με επέκταση έως 390.000 KWH/d.

4.2.9. ΧΥΤΑ Θεσσαλονίκης

Ο ΧΥΤΑ Θεσσαλονίκης χρησιμοποιείται για να καλύψει της ανάγκες διάθεσης των απορριμμάτων της πόλης, που έχει 1.400.000 κατοίκους, από το 1985 και βρίσκεται 30 km έξω από το κέντρο της πόλης, στη θέση Καλαμάκι - Ταγαράδες. Η συνολική αποτιθέμενη ποσότητα απορριμμάτων είναι περίπου 400.000 τόνοι το χρόνο. Ο Σύνδεσμος Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.) Μείζονος Θεσ/νίκης διαχειρίζεται τον ΧΥΤΑ. Δεν υπάρχει εγκατάσταση επανακυκλοφορίας στραγγισμάτων στη χωματερή. Το 1990, έγιναν μετρήσεις για το βιοαέριο, όπως επίσης και το 1992-

1993 και βρέθηκε ότι η % κ.ο. σύσταση μεθανίου ήταν περίπου 50% και 36-52% αντίστοιχα. Σήμερα υπάρχει εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργεί από τον Αύγουστο του 1997.



Η κατασκευή της μονάδας που υλοποιήθηκε από τον Σύνδεσμο Ο.Τ.Α. Μείζονος Θεσσαλονίκης αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Νόμου 2244/1994 «περί αξιοποίησης των ήπιων μορφών ενέργειας από την Τοπική Αυτοδιοίκηση», στοίχισε περίπου 170 εκατομμύρια δραχμές, υλοποιήθηκε σε συνεργασία με το ΥΠΕΧΩΔΕ και τη ΔΕΗ και η χρηματοδότησή της εντάχθηκε στο Ταμείο Συνοχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο των οδηγιών για την αξιοποίηση των εναλλακτικών πηγών ενέργειας.

Η μονάδα παράγει ισχύ 240KW. Το ρεύμα που παράγεται διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο διανομής της ΔΕΗ, με δυνατότητα ηλεκτροδότησης γειτονικών κοινοτήτων, ενώ τα έσοδα από αυτή την πρωτότυπη παραγωγική επένδυση ανέρχονται στα περίπου 35 – 40 εκατομμύρια δραχμές ετησίως.

Σήμερα στο χώρο ταφής απορριμμάτων υφίσταται δίκτυο πενήντα τεσσάρων φρεατίων βιοαερίου. Από αυτά δεκαέξι φρεάτια είναι συνδεδεμένα με αντλητικό συγκρότημα και έτσι το αντλούμενο βιοαέριο τροφοδοτείται στην μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενώ αυτό που υπολείπεται καίγεται στο δαυλό. Το βιοαέριο που αναρροφάται από το δίκτυο περισυλλογής, μέσω μιας πολυβάθμιας αντλίας διαβαθμίζεται σε συσκευή διαχωρισμού και συγκρατήσεως του υδροθείου. Η χρησιμοποιούμενη περιστροφική αντλία, για την κίνηση της οποίας υπάρχει ηλεκτροκινητήρας αντiekρηκτικού τύπου, είναι ειδικής κατασκευής όσον αφορά το φινίρισμα του θαλάμου συμπίεσης, την ερμητικότητα

των βαθμίδων και τη στεγανότητα των κουζινέτων. Επίσης στο δίκτυο είναι τοποθετημένα: ένας αυτόματος πνευματικός ρυθμιστής πίεσης, μια βαλβίδα ασφαλείας, αναμονές και ένας ηλεκτρονικός μετρητής, τόσο για στιγμιαία, όσο και για συνολική καταγραφή της παροχής. Στη συνέχεια το αέριο διέρχεται μέσα από ένα κυκλώνα ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχει και να οδηγηθεί με ασφάλεια στην μηχανή εσωτερικής καύσης.

Η μηχανή καταναλώνει $164 \text{ m}^3/\text{hr}$ αερίου περιεκτικότητας 40 με 45 % σε μεθάνιο. Η υπόλοιπη ποσότητα του βιοαερίου οδηγείται για καύση στο δαυλό. Επειδή η πίεση στην είσοδο του αερίου πρέπει να είναι σταθερή υπάρχει εφεδρικός φυγοκεντρικός ανεμιστήρας. Το καύσιμο ελέγχεται ηλεκτρονικά και στη συνέχεια αναμιγνύεται με τον αέρα καύσης. Η μίξη με τον αέρα γίνεται μέσω ακροφυσίου ενώ η ανάφλεξη γίνεται ηλεκτρονικά.

Ο έλεγχος του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής γίνεται με ένα αυτόματο ρυθμιστή. Όλα τα λάθη αναφέρονται από το σύστημα σαν σήματα που εμφανίζονται στον πίνακα ελέγχου. Υπάρχουν τέλος συσκευές προστασίας της μηχανής που την προστατεύουν ε διακοπή έναρξης από υπερβολικά χαμηλές και υπερβολικά υψηλές στροφές. Επίσης ελέγχονται διάφορες παράμετροι για την απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος. Όσον αφορά τον περαιτέρω προγραμματισμό του Συνδέσμου Ο.Τ.Α. στον τομέα αυτό υπάρχει προοπτική εγκατάστασης και άλλων δύο μονάδων μεγαλύτερης όμως ισχύος αφού όπως φαίνεται μέχρι σήμερα η αναγκαία παροχή βιοαερίου για την λειτουργία μονάδα υφίσταται και παράλληλα από τέτοιου είδους επενδύσεις προκύπτουν περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.



Το τμήμα εκείνο της κατασκευής, όπου «καίγεται» η περίσσεια βιοαερίου, ποσότητα δηλαδή η οποία δεν χρησιμοποιείται για οποιονδήποτε λόγο στη μηχανή, ονομάζεται δαυλός καύσης. Ο δαυλός είναι ημίκλειστου τύπου, με ονομαστική παροχή $700 \text{ m}^3/\text{hr}$ και

θερμοκρασία καύσης 800-1000°C. Η διαμόρφωση του καύσιμου μίγματος γίνεται με ειδική διάταξη ρύθμισης του παρεχόμενου αέρα. Η έναυση επιτυγχάνεται μέσω ομοαξονικού ηλεκτροδίου υψηλής τάσης. Το σύστημα διαθέτει βαλβίδα αντεπιστροφής της φλόγας, φωτοκύτταρο UV αντεκρηκτικής διαμόρφωσης για το συνεχή έλεγχο της καύσης και ειδικό θερμοαισθητήριο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας καύσης. Ο ηλεκτρικός πίνακας ελέγχου του δαυλού περιέχει όλους τους χειρισμούς και τα ενδεικτικά λειτουργίας του όπως: γενικό διακόπτη, διακόπτη συμπιεστού πεπιεσμένου αέρα, διακόπτη έναυσης δαυλού, ενδεικτικές λυχνίες ανεμιστήρα, συμπιεστή, έναυσης δαυλού, σβέσης δαυλού, επανάληψης έναυσης, ωρόμετρο, μανόμετρο συμπιεστού, κενόμετρο γραμμής και μανόμετρο δαυλού.



4.3. Λιπασματοποίηση

4.3.1. Εισαγωγή

Η λιπασματοποίηση ή composting όπως διεθνώς ονομάζεται είναι μία από τις πολλές μεθόδους διάθεσης των απορριμμάτων που ικανοποιητικά αντιμετωπίζει και το πρόβλημα της υποβάθμισης του περιβάλλοντος από τα στερεά υπολείμματα, αλλά και υλοποιεί την ανακύκλωση. Έτσι εκτός από την ανακύκλωση των μετάλλων, του χαρτιού, των γυαλιών και των ελαστικών, που σε κάποιο ικανοποιητικό βαθμό μπορούμε να επιτύχουμε, με τη σύνθετη διαδικασία της ανακύκλωσης και λιπασματοποίησης, ανακυκλώνουμε ουσιαστικά και το οργανικό κλάσμα, επαναφέροντάς το σωστά στο φυσικό αποδέκτη του το χώμα για να μπορέσει το τελευταίο διατηρώντας την κανονική δομή και γονιμότητά του να συνεχίσει να παράγει.

4.3.2. Composting : μια φυσική βιολογική διεργασία

Η αποσύνθεση της οργανικής ύλης, όπως είναι γνωστό, είναι μια φυσική βιολογική διεργασία που ουσιαστικά συμβαίνει, στη φύση χωρίς διακοπή, από την εδραίωση της ζωής, πάνω στη γη. Η φύση μέσα από μιας θαυμαστής τελειότητας οικονομία, με τη συνεχή δόμηση και αποδόμηση της οργανικής ύλης, κατορθώνει να ανακυκλώνει την ύλη, να διατηρεί και συνεχώς να ανανεώνει τη ζωή μέσα από το θάνατο.

Ο μηχανισμός της φυσικής βιολογικής αποδόμησης της οργανικής ύλης, (οικοσύστημα) που διαμορφώθηκε στα εκατομμύρια χρόνια μέχρι σήμερα, έχει ορισμένες πεπερασμένες ικανότητες. Η υπερφόρτωση του οικοσυστήματος αυτού, με νεκρή οργανική ύλη, πέραν των ικανοτήτων του, επιφέρει αυτόματα την κατάρρευσή του που εκδηλώνεται αμέσως με την περιβαλλοντική κρίση και της συνέπειες της. Κι είναι αυτό ακριβώς που σημειώθηκε με την αύξηση στην εποχή μας των στερεών υπολειμμάτων και τη συγκέντρωσή τους σε μια σχετικά μικρή επιφάνεια εδάφους, τις χωματερές.

Με το composting έρχεται ουσιαστικά ο άνθρωπος σε μία από τις σπάνιες περιπτώσεις σύμπραξής του με τη φύση, να την υποβοηθήσει στη γρήγορη και αποτελεσματική αποσύνθεση των τεραστίων αυτών ποσοτήτων της οργανικής ύλης, προϊόν εξάλλου αφύσικων διεργασιών, που από μόνη της είναι αδύνατον να πραγματοποιήσει χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το τελικό υπόλειμμα αυτής της διεργασίας ονομάζεται compost κι είναι ένα σχετικά παρόμοιο υλικό με εκείνο που φυσιολογικά σχηματίζεται στο χώμα μετά τη φυσική βιολογική αποδόμηση της νεκρής οργανικής ύλης που καταλήγει σε αυτό.

Επομένως με τον όρο composting μπορούμε να πούμε ότι αποδίδουμε την αερόβια βιολογική αποδόμηση των οργανικών υλικών κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες που εξασφαλίζει : α) ικανοποιητική αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης από τα στερεά υπολείμματα και β) ανακύκλωση της οργανικής ύλης με την επαναφορά της στο φυσικό αποδέκτη της το χώμα, σε χουμοποιημένη μορφή, που συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους και τη διατήρηση της γονιμότητάς του.

4.3.3. Βασικοί παράγοντες του composting

Η σωστή και γρήγορη βιολογική αποδόμηση των οργανικών υλικών, με τη διαδικασία του composting, εξαρτάται από ορισμένους βασικούς παράγοντες. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι :

- α) οι αερόβιες συνθήκες,
- β) η υγρασία,
- γ) η σχέση άνθρακα προς άζωτο (C/N),
- δ) το μέγεθος των τεμαχιδίων του προς ζύμωση υλικού,
- ε) η θερμοκρασία ζύμωσης και
- στ) το pH.

Ο περιοδικός αερισμός του ζυμούμενου υλικού είναι απαραίτητος για να παρέχεται η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου στους αερόβιους μικροοργανισμούς που πραγματοποιούν τη ζύμωση του υλικού. Όταν η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στη ζυμούμενη μάζα πέσει κάτω του 5% περίπου, τότε αρχίζουν να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες που επιβραδύνουν τη ζύμωση και προκαλούν την παραγωγή δύσσομων αερίων. Η οξυγόνωση των απορριμμάτων γίνεται, είτε με ρεύμα αέρα (κλίβανοι χωνεύσεως), είτε με γύρισμα των σωρών, ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τον προγραμματισμένο χρόνο λιπασματοποίησης (κάθε 2-3 ημέρες ή περισσότερο)

Η παρουσία ελεύθερου νερού στο ζυμούμενο υλικό είναι απαραίτητη για τις βιοτικές ανάγκες και τη μετακίνηση των μικροοργανισμών. Η συνολική ποσότητα υγρασίας που απαιτείται για την ομαλή πορεία της ζύμωσης εξαρτάται από τη φύση του υλικού (υδατοϊκανότητα) και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ του 55% και 65% σε υγρή βάση. Περίσσεια όμως νερού κλείνει τους πόρους εισόδου του αέρα και την τροφοδότηση σε οξυγόνο.

Η σχέση C/N επηρεάζει αποφασιστικά την ταχύτητα της βιολογικής αποδόμησης του υλικού γιατί από τη διαθέσιμη ποσότητα του βασικού στοιχείου N στους μικροοργανισμούς, εξαρτάται η ταχύτητα της αποδόμησης των οργανικών ενώσεων του C για τον προσδιορισμό από αυτούς της απαιτούμενης ποσότητας C και ενέργειας. Με βάση την περιεκτικότητα του μικροβιακού κυττάρου σε C και N και το δεδομένο ότι μόνο το 1/3 του μεταβολιζόμενου C χρησιμοποιείται από τους μικροοργανισμούς το δε άλλο αποβάλλεται κυρίως ως CO₂, η άριστη σχέση C/N στο ζυμούμενο υλικό υπολογίζεται γύρω στο 30:1. Ωστόσο, τα απορρίμματα (ιδίως με πολύ χαρτί) έχουν δυσμενή λόγο θρεπτικών υλικών (C/N μέχρι 60:1), που μπορεί όμως να βελτιωθεί με την προσθήκη αζωτούχων ενώσεων (π.χ. λάσπη λυμάτων με C/N 12:1). Στο τελικό προϊόν της λιπασματοποίησης ο λόγος C/N γίνεται περίπου ίσος με 20, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να δεσμευθεί κατά τη ζύμωση το άζωτο του εδάφους.

Το μέγεθος των τεμαχιδίων του υλικού επηρεάζει την ποσότητα του νερού και αέρα που μπορεί το υλικό να συγκρατήσει κατά τη ζύμωση αλλά και ταυτόχρονα τη διαθέσιμη συνολική επιφάνεια που προσφέρεται στους μικροοργανισμούς για προσβολή. Μια ορισμένη κοκκομετρική σύσταση του υλικού από τεμαχίδια με διάμετρο λίγων χιλιοστών μέχρι και πέντε εκατοστών περίπου θεωρείται ικανοποιητική.

Η θερμοκρασία ζύμωσης του υλικού εξασφαλίζει την ανάπτυξη της κατάλληλης μικροχλωρίδας και ταυτόχρονα τη νέκρωση διάφορων παθογόνων του ανθρώπου και των φυτών όπως επίσης και των σπόρων διάφορων ανεπιθύμητων ζιζανίων και φυτών. Η αποδόμηση των οργανικών ουσιών είναι γενικά εξώθερμη αντίδραση, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει αρχικά η θερμοκρασία του σωρού (στους 65-70 °C) και προοδευτικά να ελαττώνεται, με όριο τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, όταν ολοκληρωθεί πρακτικά η αποδόμηση και απομείνει η ωρίμανση.

Τα απορρίμματα είναι συνήθως ουδέτερα (pH=7). Στην αρχική φάση της χώνευσης επικρατούν όξινες συνθήκες, ενώ αργότερα γίνονται αλκαλικές.

4.3.3. Ιστορική εξέλιξη του composting

Πολύ πριν το composting αρχίσει να εφαρμόζεται σαν μέθοδος διάθεσης των στερεών υπολειμμάτων, με στόχο την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούν, χρησιμοποιήθηκε σαν μέθοδος ανακύκλωσης και επαναφοράς των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος με στόχο τη διατήρηση και αύξηση της γονιμότητας του. Δίκαια χαρακτηρίζεται μια από τις πιο παλιές γεωργικές τεχνικές και η ιστορία του ανάγεται σε πολλούς αιώνες πριν, με κυριότερη περιοχή εφαρμογής την

ανατολική Ασία που πάντα τη χαρακτήριζε ο πυκνός πληθυσμός με αυξημένες τις ανάγκες σε είδη διατροφής.

Μέχρι και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα η διαδικασία του composting ήταν εντελώς φυσική χωρίς κανένα έλεγχο ή επηρεασμό των βασικών αρχών της ζύμωσης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η πρώτη βελτίωση στη διαδικασία του composting εμφανίζεται από τον sir Albert Howard και τους συνεργάτες του μέσα στην τρίτη δεκαετία του αιώνα μας στην Ινδία.

Τεράστια όμως ώθηση προς την κατεύθυνση της μελέτης, συστηματοποίησης και μηχανοποίησης του composting έδωσε η ιδέα της εφαρμογής του στα δημοτικά σκουπίδια. Η προσπάθεια αυτή ενισχυμένη και από την αντίληψη του βιομηχανικού κεφαλαίου ότι ήταν δυνατή η εκμετάλλευση των σκουπιδιών για εύκολο κέρδος, σε πολλές περιπτώσεις ζημίωσε αντί να ωφελήσει την υπόθεση του composting. Το αποκορύφωμα αυτής της εσφαλμένης αντίληψης σημειώνεται μέσα στη δεκαετία του 1960 οπότε και έχουμε πολλές οικονομικές αποτυχίες σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις composting σκουπιδιών σε πολλά μέρη του κόσμου. Ιδιαίτερα στις Η.Π.Α. όπου και κυρίως το βιομηχανικό κεφάλαιο προσπάθησε να δημιουργήσει κερδοσκοπικές βιομηχανίες composting των δημοτικών σκουπιδιών, η αποτυχία ήταν πλήρης, γεγονός που αποτέλεσε και ανασταλτικό παράγοντα στην παραπέρα πορεία του composting σε αυτή τη χώρα. Αντίθετα στον ευρωπαϊκό χώρο όπου την εφαρμογή του composting στα δημοτικά σκουπίδια την είδαν από την σκοπιά του κοινωνικού έργου για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και της γονιμότητας των εδαφών και οι κύριοι φορείς αυτής της προσπάθειας ήταν συνήθως οι τοπικές αρχές, η μηχανοποίηση του composting των δημοτικών σκουπιδιών εξελίχθηκε ομαλά. Έτσι η σχετική ευρωπαϊκή τεχνολογία θεωρείται εξαιρετικά υψηλού επιπέδου, με χαμηλό σχετικά λειτουργικό κόστος.

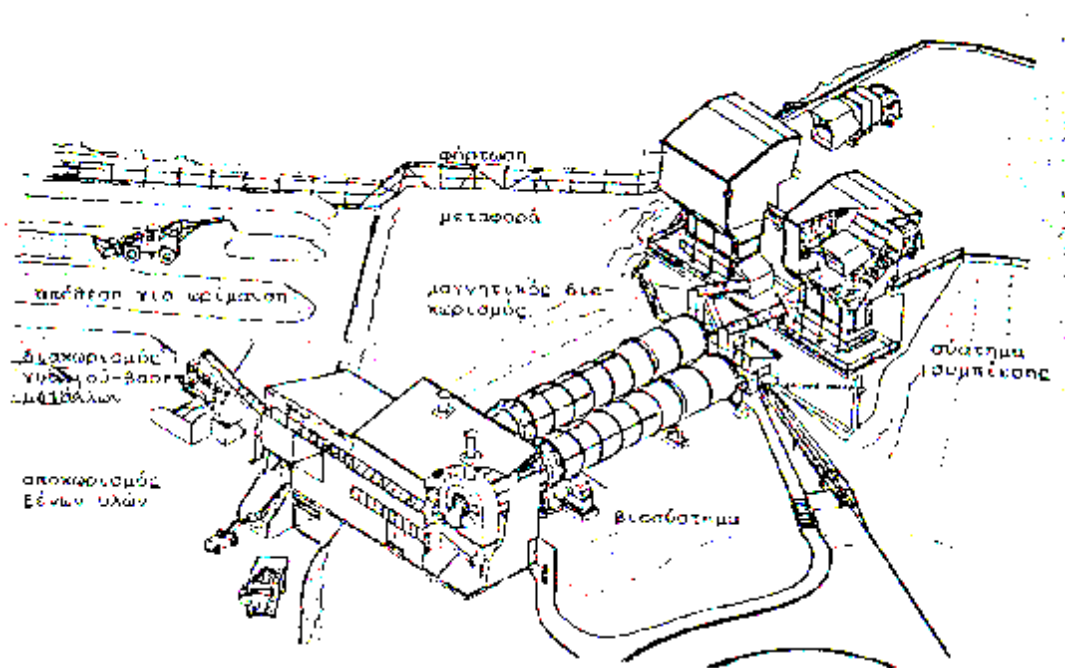
Τα τελευταία χρόνια, όπως αναφέρεται και από την αρμόδια commission της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, εμφανίζεται νέο ενδιαφέρον για την παραπέρα βελτίωση της τεχνολογίας του composting και την επέκταση της εφαρμογής του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα της κρίσης που παρουσιάζεται σήμερα στην ταφή των σκουπιδιών με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που δημιουργούνται από αυτήν και την αύξηση της σχετικής δαπάνης για σωστότερη ταφή.

4.3.4. Μεθοδολογία επεξεργασίας και ζύμωσης οικιακών απορριμμάτων

Τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας και ζύμωσης των οικιακών απορριμμάτων εμφανίζονται στην εικόνα 21. Η περιγραφή που ακολουθεί είναι εντελώς συνοπτική, ενώ στο τέλος σημειώνονται και ορισμένες παραλλαγές που εμφανίζονται σήμερα στην όλη διαδικασία.

1. Υποδοχή σκουπιδιών :

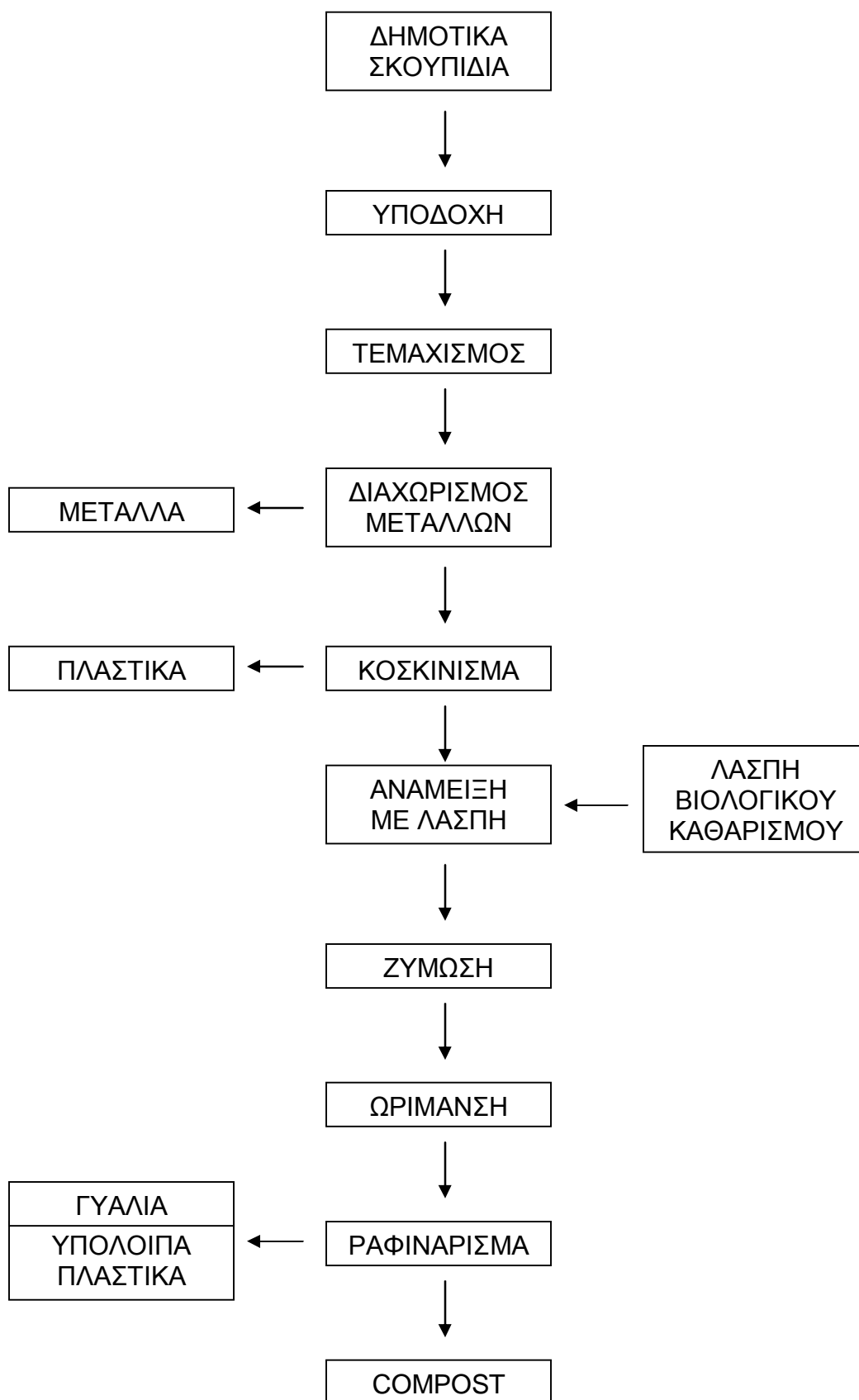
Τα απορριμματοφόρα αυτοκίνητα αδειάζουν το φορτίο τους σε ανοικτό υπεδάφιο σιλό από μπετόν χωρητικότητας ίσης περίπου με το διπλάσιο του όγκου της ημερήσιας ποσότητας των σκουπιδιών που επεξεργάζεται το εργοστάσιο. Η διπλάσια αυτή χωρητικότητα του σιλό αποσκοπεί στην ύπαρξη δυνατότητας αποθήκευσης των σκουπιδιών δύο ημερών στην περίπτωση που θα παρουσιαστεί κάποια ζημιά και που



συνήθως η επισκευή της δεν απαιτεί περισσότερο από δύο μέρες. Η χωρητικότητα αυτή υπολογίζεται με βάση το μέσο ειδικό βάρος των σκουπιδιών που κυμαίνεται συνήθως γύρω στο 0,45 (450 KG / M³). Επειδή όμως το μέσο ειδικό βάρος των σκουπιδιών ποικίλει από χώρα σε χώρα ή και από πόλη σε πόλη θεωρείται απαραίτητο σε κάθε περίπτωση να γίνεται προσδιορισμός του ειδικού βάρους.

2. Τεμαχισμός σκουπιδιών :

Ο τεμαχισμός των σκουπιδιών γίνεται συνήθως χωρίς καμιά προηγούμενη διαλογή και οι μύλοι που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως σφυρόμυλοι οριζόντιας ή κατακόρυφης



Εικόνα 21: Διαδοχικά στάδια λιπασματοποίησης οικιακών απορριμμάτων

διάταξης. Σχεδόν κατά κανόνα οι μύλοι είναι εφοδιασμένοι με ασφαλιστικό σύστημα εκτόνωσης των αερίων που μπορούν να παραχθούν από ενδεχόμενη έκρηξη που μπορεί να σημειωθεί μέσα σε αυτούς κατά την άλεση των σκουπιδιών από βόμβα ή φιάλη υγραερίου ή ότι άλλο που μπορεί να υπάρχει σε αυτά και να προκαλέσει την έκρηξη.

Η τροφοδοσία των μύλων γίνεται με μεταφορική ταινία που είτε μόνη της παραλαμβάνει τα σκουπίδια από τον πυθμένα κατάλληλα διαμορφωμένου σιλό είτε με τη βοήθεια γερανού με αρπάγη. Ο χειρισμός του γερανού γίνεται από χειριστή που βρίσκεται πάνω από το σιλό στο δωμάτιο ελέγχου (control room).

3. Διαχωρισμός μεταλλικών αντικειμένων :

Τα σκουπίδια μετά τον τεμαχισμό τους μεταφέρονται με μεταφορική ταινία και περνούν από συγκροτήματα μαγνητών όπου και γίνεται ο διαχωρισμός των μεταλλικών αντικειμένων. Τα μεταλλικά αυτά αντικείμενα με τη βοήθεια και πάλι μεταφορικής ταινίας οδηγούνται είτε σε πρέσα συμπίεσης όπου και μετασχηματίζονται σε μεγάλους κύβους, είτε οδηγούνται έξω από το κτιριακό συγκρότημα και αδειάζονται σε containers. Στη συνέχεια τόσο οι κύβοι όσο και το περιεχόμενο των containers μεταφέρονται και διαθέτονται σε μεταλλουργικές βιομηχανίες.

4. Διαχωρισμός πλαστικών :

Μετά την απομάκρυνση των μεταλλικών αντικειμένων τα σκουπίδια μεταφέρονται σε κυλινδρικό συνήθως περιστρεφόμενο τύμπανο με οπές (κόσκινο) διαμέτρου γύρω στα 5-7 cm. Τα διάφορα υλικά με διάμετρο μεγαλύτερη των 5 ή 7 cm που δεν μπορούν να περάσουν από τις αντίστοιχες οπές του κόσκινου, πέφτουν σε μεταφορική ταινία που τα μεταφέρει έξω από το κτιριακό συγκρότημα του εργοστασίου. Τα υλικά αυτά είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος πλαστικά και ακολουθούν χαρτιά, υφάσματα κ.λ.π. που δεν τεμαχίστηκαν στο μύλο. Έτσι το κλάσμα αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί σαν καύσιμο υλικό και σε μερικές περιπτώσεις σαν τέτοιο διαθέτεται σε βιομηχανίες που όμως απαραίτητα πρέπει να έχουν κατάλληλα φίλτρα για την προστασία του περιβάλλοντος.

5. Προσθήκη λάσπης –ομογενοποίηση:

Η προσθήκη λάσπης (sludge) του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των πόλεων έχει δύο στόχους. Ο πρώτος είναι να μικραίνει τη σχέση C/N των σκουπιδιών με την αυξημένη περιεκτικότητα του στερεού κλάσματος σε N (10% σε ξερή βάση) και ο δεύτερος να ανεβάσει το επίπεδο υγρασίας στα επιθυμητά όρια.

Η προσθήκη της λάσπης δεν εφαρμόζεται πάντα, είτε γιατί δεν υπάρχει αυτή, όπως είναι σε επαρχιακά εργοστάσια πολλών μαζί κοινοτήτων, όπου δεν υπάρχουν μονάδες βιολογικού καθαρισμού, είτε γιατί θέλουν να μειώσουν το κόστος κατασκευής του εργοστασίου με τον αποκλεισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού που απαιτείται για την προσθήκη λάσπης (σιλό, τανκ, αντλητικό συγκρότημα, ομογενοποιητής). Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να παρατείνεται η περίοδος ζύμωσης και να παράγεται compost χαμηλότερης ποιότητας.

6. Ζύμωση :

Μετά την ανωτέρω προετοιμασία των σκουπιδιών ακολουθεί η ζύμωση τους που είναι η σημαντικότερη και η μεγαλύτερη σε διάρκεια φάση στη χουμποποίηση των σκουπιδιών. Η ζύμωση σε συνήθη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους οφείλεται σε δραστηριοποίηση των μεσόφιλων μικροοργανισμών με διάσπαση υδατανθράκων και πρωτεϊνών. Όταν η ζύμωση γίνει σε κλειστό μονωμένο σύστημα, η θερμότητα που παράγεται διατηρείται με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι τους 75 °C. Κατά τις συνθήκες αυτής της θερμοκρασιακής εξέλιξης παρατηρούνται τέσσερα στάδια:

1. Το μεσόφιλο στάδιο,
2. Το θερμόφιλο στάδιο,
3. Η ψύξη και
4. Η ωρίμανση.

Στην αρχή σε συνήθη θερμοκρασία, το προϊόν είναι ελαφρά όξινο και προσφέρεται για δραστηριοποίηση των μεσόφιλων οργανισμών, που ευνοούνται σε θερμοκρασίες 25-45 °C και όξινο περιβάλλον. Με την άνοδο της θερμοκρασίας οι θερμόφιλοι μικροοργανισμοί αρχίζουν να αντικαθιστούν τους μεσόφιλους και σιγά σιγά το προϊόν γίνεται αλκαλικό με παραγωγή μικρών ποσοτήτων αμμωνίας. Στη φάση αυτή συνήθως χρειάζεται προσθήκη C και N και άλλων θρεπτικών στοιχείων για την εξέλιξη της ζύμωσης. Σε αυτή τη φάση της ζύμωσης διασπώνται ουσιαστικά οι πρωτεΐνες και τα κυτταρινούχα προϊόντα. Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 60 °C η θερμόφιλη καλλιέργεια καταστρέφεται και αντικαθίσταται από σποροβακτήρια και ακτινομύκητες. Με προσφορά οξυγόνου η θερμοκρασία μπορεί να ανέλθει στους 75 °C, ακολούθως όμως σταδιακά μειώνεται στους 60 °C, οπότε αρχίζει πάλι η δραστηριότητα των θερμόφιλων καλλιεργιών με συνεχή μείωση του pH, που πάντοτε όμως διατηρείται ελαφρά αλκαλικό. Η περίοδος μείωσης της θερμοκρασίας οδηγεί σε ωρίμανση του προϊόντος, που απαιτεί αρκετό χρόνο.

Η ζύμωση των σκουπιδιών μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στατικά, χωρίς ανατάραξη, αλλά με την εφαρμογή τεχνητού αερισμού για την εξασφάλιση των αερόβιων συνθηκών, ή με περιοδική ανατάραξη (γυρίσματα)

Και στις δύο ανωτέρω μεθόδους είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ζυμωτήρα (μεγάλο περιστρεφόμενο μεταλλικό τύμπανο) στο οποίο γίνεται η ανάμειξη των σκουπιδιών με τη λάσπη αλλά και ταυτόχρονα το προετοιμασμένο υλικό παραμένει μέσα στο ζυμωτήρα για ένα ή δύο 24ωρα οπότε και αρχίζει η ζύμωση. Στη συνέχεια το υλικό μεταφέρεται στο υπόστεγο όπου και εφαρμόζεται η μία ή η άλλη από τις ανωτέρω μεθόδους.

Η χρησιμότητα του ζυμωτήρα είναι αμφιλεγόμενη και παράλληλα το κόστος κατασκευής του πολύ μεγάλο δεδομένου ότι η χωρητικότητα του πρέπει να είναι τέτοια που να χωρά τα σκουπίδια μιας ή δύο ημερών.

7. Ωρίμανση :

Με την ολοκλήρωση της ταχείας φάσης της ζύμωσης, με κύριο μακροσκοπικό χαρακτηριστικό την πτώση της θερμοκρασίας ζύμωσης στην θερμοκρασία περιβάλλοντος, δεν σημαίνει ότι το υλικό αυτό είναι έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί, τουλάχιστον σε ευαίσθητες γεωργικές καλλιέργειες όπως είναι τα κηπευτικά και τα άνθη. Είναι απαραίτητο να περάσει ακόμη το στάδιο της ωρίμανσης κατά την οποία συνεχίζεται φυσικά η ζύμωση σε ήπιο τόνο και το υλικό απαλλάσσεται από διάφορες τοξικές ουσίες που παράγονται κατά τη φάση της ταχείας ζύμωσης.

Η ωρίμανση γίνεται στο χώρο ζύμωσης (υπόστεγο ή ύπαιθρο) με ελάχιστο αερισμό ή γυρίσματα, πριν από το ραφινάρισμα. Μπορεί όμως ακόμη να γίνει και μετά το ραφινάρισμα στο αντίστοιχο υπόστεγο.

8. Ραφινάρισμα :

Το ραφινάρισμα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μία από τις περισσότερες σημαντικές εργασίες για την παρασκευή compost υψηλής ποιότητας κυρίως όσον αφορά την απαλλαγή του από γυαλιά. Η εργασία αυτή γίνεται από μηχανικό συγκρότημα που κυρίως με βάση το ειδικό βάρος του ζυμωμένου οργανικού κλάσματος, των γυαλιών και των μικροτεμαχιδίων πλαστικού, που πέρασαν από το κόσκινο, γίνεται ο διαχωρισμός τους. Έτσι τελικά το ζυμωμένο οργανικό υλικό απαλλάσσεται από τα γυαλιά και τα υπολείμματα των πλαστικών.

Η εξαφάνιση των γυαλιών μετά την απομάκρυνση και των τελευταίων τεμαχιδίων πλαστικού, γίνεται ακόμη και με το πέρασμα του ζυμωμένου υλικού μεταξύ δύο αντίστροφα και σε επαφή περιστρεφόμενων μεταλλικών κυλίνδρων οπότε τα τεμαχίδια του γυαλιού αλευροποιούνται.

9.Διάθεση :

Το compost προσφέρεται στην αγορά σε κατάσταση χύμα και σε πλαστικούς σάκους των 25 KG ή και μικρότερου βάρους, χωρίς καμιά προσθήκη ή μετά από την προσθήκη χημικών λιπασμάτων. Σε κατάσταση χύμα μεταφέρεται σε φορτηγά αυτοκίνητα στις διάφορες γεωργικές επιχειρήσεις, ενώ το ενσασκισμένο compost διαθέτεται στην αγορά κυρίως για ερασιτέχνες κηπουρούς και τους οικογενειακούς ανθόκηπους. Η τιμή διάθεσης κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια και εξαρτάται βασικά από την ποιότητα του προϊόντος. Το πρώτης ποιότητας compost, καλά ζυμωμένο και ώριμο με 35 % περίπου υγρασία και πλήρως απαλλαγμένο από ανεπιθύμητα υλικά (γυαλιά, μέταλλα, πλαστικά), διαθέτεται χύμα και για μεγάλες ποσότητες γύρω στη 1 δραχμή/kg, ενώ ενσασκισμένο στην τιμή των 3-4 δρχ./kg. Οι άλλες ποσότητες composts που σήμερα παράγονται στον ευρωπαϊκό χώρο διαθέτονται κάτω τις 1 δρχ./kg ανάλογα με το βαθμό καθαρότητάς τους. Τα χονδροειδή αυτά composts (coarse composts) χρησιμοποιούνται κυρίως σε αμπελουργικές και δενδροκομικές καλλιέργειες.

Στη διαδικασία επεξεργασίας και ζύμωσης που περιληπτικά περιγράφηκε παραπάνω, υπάρχουν ορισμένες παραλλαγές από τις οποίες οι σημαντικότερες είναι:

- α) η αντικατάσταση του υπεδάφιου σιλό με επίπεδη πλατφόρμα, με στόχο τον ευκολότερο καθαρισμό της.
- β) η διαλογή με τα χέρια των μεταλλικών αντικειμένων, χαρτιών, γυαλιών κ.λ.π πριν από το μύλο. Εφαρμόζεται σε περιοχές όπου υπάρχουν διαθέσιμα εργατικά χέρια.
- γ) η κατάργηση του μύλου άλεσης και η ζύμωση ολόκληρης της ποσότητας των σκουπιδιών σε σωρούς, μετά από μια σχετική μηχανική ομογενοποίηση τους. Ακολουθεί η μηχανική απομάκρυνση του compost από τα άλλα αντικείμενα.
- δ) η αντικατάσταση του ζυμωτήρα (περιστρεφόμενο τύμπανο) από κατακόρυφους ζυμωτήρες από μπετό, για το πρώτο στάδιο ζύμωσης των σκουπιδιών.

4.3.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του composting

Το composting ως μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκαλούν, μπορεί να θεωρηθεί ως η περισσότερο κατάλληλη, σε σχέση με τις δύο άλλες μεθόδους που κυρίως χρησιμοποιούνται, δηλαδή την υγειονομική ταφή και την καύση, για δύο κυρίως λόγους:

- α) γιατί είναι, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, μια φυσική βιολογική διεργασία και σαν τέτοια δεν προκαλεί καμιά διαταραχή και σε κανένα οικοσύστημα και

β) γιατί παρέχει τη δυνατότητα επιστροφής της οργανικής ύλης, με τη μορφή του χούμου, στο έδαφος και συμβάλλει έτσι στη διατήρηση της γονιμότητας των εδαφών κι ακόμη τη μείωση της διάβρωσης σε επικλινείς αναδασωτές περιοχές.

Έχει όμως κι αυτή τα μειονεκτήματά της από τα οποία τα κυριότερα είναι:

α) το μεγάλο κόστος της και

β) η ανάγκη ταφής τουλάχιστο ενός μέρους από το μη ζυμώσιμο κλάσμα των σκουπιδιών.

Το κόστος της λιπασματοποίησης ανά τόνο σκουπιδιών είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος της ελεγχόμενης απόρριψης, ενώ δεν διαφέρει σημαντικά από την απλή καύση. Δεδομένου όμως ότι ένα μέρος της δαπάνης καλύπτεται από τη διάθεση του παραγόμενου compost το τελικό κόστος της λιπασματοποίησης των οικιακών απορριμμάτων, σε πολλές περιπτώσεις, είναι μικρότερο της καύσης αλλά πάντα μεγαλύτερο της ελεγχόμενης απόρριψης.

Ως προς το κλάσμα των σκουπιδιών, που με την εφαρμογή της λιπασματοποίησης οδηγείται τελικά σε ταφή, σημειώνεται ότι προέρχεται βασικά από το μη ζυμωμένο κλάσμα (ανόργανα υλικά) και επομένως το ύψος του εξαρτάται: α) από τη σύνθεση των σκουπιδιών και β) από τη δυνατότητα που υπάρχει ή όχι στην περιοχή για τη διάθεση των διαχωριζόμενων μετάλλων, γυαλιών κ.λ.π σε αντίστοιχες βιομηχανίες. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι αυτό το ποσοστό είναι σχετικά χαμηλό και μηδενικής σχεδόν ρυπαντικής ικανότητας.

4.3.6. Θετικά και αρνητικά στοιχεία του compost

Το παραγόμενο compost από τη λιπασματοποίηση των οικιακών απορριμμάτων είναι ένα οργανοχημικό υλικό που η προσθήκη του στο χώμα βελτιώνει τα φυσικά (πορώδες, υδατοϊκανότητα) και χημικά (CEC, pH) χαρακτηριστικά του τελευταίου. Ακόμη, η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά, έστω και χαμηλή, και η βραδεία απόδοσή τους αποτελεί ένα ακόμη αγρονομικό στοιχείο θετικό, που συμβάλλει στην αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών.

Το compost όμως έχει και αρνητικά στοιχεία που έχουν σαν αποτέλεσμα να καθιστούν τουλάχιστο σε μερικές περιπτώσεις προβληματική τη διάθεσή του. Ένα από αυτά είναι η περιεκτικότητά του σε τεμαχίδια γυαλιού, μετάλλων και πλαστικών που καθιστούν δύσκολο το χειρισμό του και επικίνδυνες τις διάφορες επεμβάσεις, με τα χέρια. Το πρόβλημα όμως αυτό φαίνεται ότι συνεχώς μειώνεται με την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας του οδηγεί στην παραγωγή όλο και περισσότερο καθαρού compost αλλά

φυσικά με μεγαλύτερο κόστος. Ένα άλλο πρόβλημα του compost των οικιακών απορριμμάτων αλλά και του compost της λάσπης του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των πόλεων, είναι η περιεκτικότητά τους σε βαριά μέταλλα. Η περιεκτικότητα αυτή εξαρτάται από την ποιοτική σύσταση των σκουπιδιών και ο έλεγχός τους είναι δυνατός και απαραίτητος πριν από την επιλογή της λιπασματοποίησης αλλά και περιοδικά μετά από αυτήν.

Οι κίνδυνοι που δημιουργούνται από την προσθήκη του compost στο έδαφος με μεγάλη περιεκτικότητα σε βαριά μέταλλα, είναι δύο: α) η τοξική επίδραση τους στην ανάπτυξη των φυτών και β) η μεταφορά των βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο και στα ζώα που καταναλώνουν την παραγωγή των φυτών που αναπτύχθηκαν σε αυτά τα εδάφη, δεδομένου ότι τα βαριά μέταλλα απορροφούνται από τα φυτά και συγκεντρώνονται στους φυτικούς ιστούς.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος καταβάλλονται σήμερα, σε ερευνητικό επίπεδο, μεγάλες προσπάθειες σε ολόκληρο σχεδόν τον κόσμο, και ήδη φαίνεται πως υπάρχουν ελπιδοφόρες προοπτικές. Συγκεκριμένα, έχουν διαπιστωθεί τα εξής:

1. η απορρόφηση ή όχι των βαρέων μετάλλων από το φυτό σχετίζεται άμεσα με το είδος του φυτού. Έτσι, άλλα φυτά απορροφούν περισσότερο και άλλα λιγότερο τα βαριά μέταλλα,
2. όταν το pH του εδάφους που προστίθεται το compost είναι μεγαλύτερο από 6,5 τότε η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων είναι περιορισμένη,
3. σε πειραματικό στάδιο ακόμη χρησιμοποιούνται ορισμένες χημικές ουσίες (κατιονικοί εναλλάκτες) που έχουν την ικανότητα να αδρανοποιούν τα βαριά μέταλλα κι έτσι να παρεμποδίζεται η απορρόφησή τους από τα φυτά, όπως επίσης και η τοξική επίδρασή τους σε αυτά.

4.3.7. Κριτήρια επιλογής του composting για τη διάθεση των οικιακών απορριμμάτων.

Πριν από τη λήψη απόφασης εγκατάστασης μονάδας χουμοποίησης (λιπασματοποίησης) των οικιακών απορριμμάτων μιας δεδομένης περιοχής ή πόλης, θα πρέπει να εξεταστούν ορισμένοι παράγοντες που έχουν σχέση με τα απορρίμματα και την περιοχή. Οι σημαντικότεροι από αυτούς τους παράγοντες είναι:

α) οι ανάγκες της πλησιέστερης αγροτικής ή δασικής περιοχής ή του πράσινου της πόλης σε οργανοχημικό εδαφοβελτιωτικό compost και οι δυνατότητες διάθεσής του. Περιοχές ξηροθερμικές, όπως π.χ. είναι η Ν.Α. νησιωτική Ελλάδα, έχουν πάντα

αυξημένες ανάγκες σε οργανικά εδαφοβελτιωτικά. Ταυτόχρονα η ανάπτυξη στις περιοχές αυτές εκτός εποχής προστατευόμενων (θερμοκήπια) καλλιεργειών αυξάνει τη ζήτηση.

β) η μηχανική σύνθεση των απορριμμάτων. Η αυξημένη περιεκτικότητά τους σε οργανικά υλικά (υπολείμματα τροφών) αυξάνει την απόδοση των σκουπιδιών σε compost και μειώνει το κόστος παραγωγής κατά χιλιόγραμμο προϊόντος.

γ) η χημική σύσταση των απορριμμάτων. Η χαμηλή περιεκτικότητά τους σε βαριά μέταλλα σημαίνει και χαμηλή περιεκτικότητα σε αυτά του compost που θα παράγεται. Σε περίπτωση αυξημένης περιεκτικότητας σε βαριά μέταλλα μπορεί να γίνει σχετική έρευνα για τον εντοπισμό της προέλευσής τους και να εξεταστεί η περίπτωση αποφυγής της ρύπανσης των απορριμμάτων απ' αυτά.

δ) η ημερήσια ποσότητα των απορριμμάτων. Αυτή θα πρέπει να είναι γύρω στους 130 τόνους την ημέρα, ή πολλαπλάσιο του 130, για την οικονομική λειτουργία της μονάδας ή των πολλών γραμμών που μπορούν να εγκατασταθούν.

ε) η ύπαρξη άλλων υπολειμμάτων (γεωργικής παραγωγής, γεωργικών βιομηχανιών κ.λ.π) στην περιοχή δεδομένου ότι η προσθήκη τους στο ζυμώσιμο κλάσμα αυξάνει την απόδοση σε compost, μειώνει το κόστος παραγωγής και βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα.

4.3.8. Εφαρμογή του composting στη λάσπη του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων των πόλεων.

Η λάσπη που απομένει από το βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων των πόλεων περιέχει συνήθως από 5-10% ξερή ουσία (στερεά υλικά) με μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο (γύρω στο 10%).

Η λάσπη αυτή μετά τη σχετική αφυδάτωσή της μπορεί να προστεθεί στο οργανικό κλάσμα των στερεών απορριμμάτων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, αν φυσικά υπάρχει μονάδα λιπασματοποίησης, και να ζυμωθεί με αυτό, επιταχύνοντας τη ζύμωση και εμπλουτίζοντας το παραγόμενο compost.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει μονάδα λιπασματοποίησης, η λάσπη μπορεί μετά την ξήρανσή της να ζυμωθεί με την ίδια διαδικασία του composting για παραγωγή compost. Σε αυτήν την περίπτωση για τη διευκόλυνση της ζύμωσης προστίθεται στη λάσπη ροκανίδια ή άλλα χονδροειδή υλικά, ακόμη και θρυμματισμένα λάστιχα αυτοκινήτων. Τα τελευταία μετά τη ζύμωση απομακρύνονται από το compost κι επαναχρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό.

Η μεγάλη προσφορά του compost στην παραπάνω μεταχείριση της λάσπης είναι η σχεδόν εξ' ολοκλήρου καταστροφή των παθογόνων του ανθρώπου που περιέχονται σε αυτήν με τις υψηλότερες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη ζύμωση.

4.3.9. Οικονομική ανάλυση

1. Κόστος επενδύσεων :

Σε αυτό περιλαμβάνονται οι επενδυτικές δαπάνες που αφορούν την αγορά και διαμόρφωση του χώρου. Την δαπάνη για τη σύνδεσή του με τα δίκτυα υποδομής όπως και την εγκατάσταση δικτύου για την μεταφορά ατμού (σε περίπτωση που ανακτάται θερμότητα). Επίσης συμπεριλαμβάνονται και οι δαπάνες για την απόκτηση χώρου μελλοντικής επέκτασης. Ακόμη περιλαμβάνονται οι δαπάνες που αφορούν τις κτιριακές εγκαταστάσεις, την συντήρηση όπως και τον εξειδικευμένο μηχανολογικό εξοπλισμό (μηχανήματα διαλογής, μηχανήματα τεμαχισμού, μηχανήματα που χρειάζονται για την παραγωγή humus κ.α.).

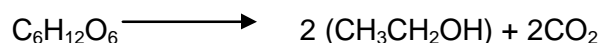
2. Κόστος λειτουργίας :

Περιλαμβάνονται οι δαπάνες προσωπικού, οι δαπάνες απομάκρυνσης καταλοίπων επεξεργασίας, τα γενικά έξοδα (φόροι, απόσβεση τοκοχρεολυσίων κ.α.), οι δαπάνες μικροσυντηρήσεων, οι δαπάνες ανανέωσης του εξοπλισμού και τέλος τα έσοδα από την πώληση του humus.

Μια λεπτομερής ανάλυση για την οικονομική βιωσιμότητα εγκαταστάσεων κομποστοποίησης στερεών απορριμμάτων, καθώς και μια εφαρμογή του οικονομικού μοντέλου για εγκατάσταση στο Νομό Θράκης, βρίσκονται στο [Παράρτημα Ι](#).

4.4. Αλκοολική ζύμωση

Η αλκοολική ζύμωση είναι μια διαδικασία γνωστή από την αρχαιότητα. Η αιθυλική αλκοόλη $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (αιθανόλη) σχηματίζεται από τη διάσπαση της γλυκόζης κατά τη συνοπτική αντίδραση:



Συνήθως, χρησιμοποιείται ζύμη, η οποία περιέχει διάφορους σακχαρομύκητες. Πολλοί υδατάνθρακες είναι δυνατό να διασπαστούν σε ζυμώσιμα σάκχαρα και στη συνέχεια να ζυμωθούν και να δώσουν τελικό προϊόν την αιθανόλη. Έτσι, είναι δυνατό να πάρουμε αιθανόλη από άμυλο, ξύλο, άχυρο κτλ.

Η αλκοολική ζύμωση σακχαρούχων διαλυμάτων μπορεί να είναι ασυνεχής (Batch Process), ημισυνεχής (Semi-Continuous), ή συνεχής (Continuous). Η πρώτη είναι η συνηθέστερη, αν και η τελευταία είναι δυνατό να έχει μεγαλύτερες αποδόσεις κατά 1-2% και ο χρόνος για την παραγωγή μιας ίδιας ποσότητας προϊόντος είναι αρκετά μικρότερος. Η ασυνεχής διαδικασία είναι απλούστερη και δε χρειάζονται διαδικασίες αποστείρωσης της ζύμης όπως στη συνεχή, όπου οι επιπτώσεις ενδεχόμενης μόλυνσης της ζύμης είναι πολύ σοβαρότερες.

Ένα πολύ σοβαρότερο πρόβλημα στην παραγωγή αιθανόλης με αλκοολική ζύμωση είναι ότι η ζύμωση σταματά, όταν η συγκέντρωση της αιθανόλης στο διάλυμα φτάσει στο 9-10% περίπου. Επομένως το αρχικό διάλυμα πρέπει να έχει χαμηλή συγκέντρωση σακχάρου (10-10%), οπότε το κόστος για την απόσταξη μιας ποσότητας αιθανόλης είναι σημαντικό. Έχει γίνει προσπάθεια, με θετικά αποτελέσματα, για την ανάπτυξη ειδικών τύπων σακχαρομυκητών που αντέχουν και ζυμώνουν διαλύματα με περιεκτικότητα σε αιθανόλη μέχρι 12%. Παραπέρα έρευνα έχει γίνει για το συνεχή διαχωρισμό της αιθανόλης από τα ζυμούμενα διαλύματα με διάφορες μεθόδους. Τέτοια έρευνα είναι δυνατό να γίνει και στη χώρα μας. Πιστεύουμε ότι, αν δεν έχουν γίνει σοβαρές προσπάθειες μέχρι σήμερα, οφείλεται στο ότι το κόστος των υγρών καυσίμων ήταν χαμηλό.

Το pH του αρχικού διαλύματος για ζύμωση πρέπει να είναι περίπου 4-5. προστίθεται ζύμη περίπου 5% κατά όγκο. Η οξύτητα μειώνεται με NH_3 . Κατά τη ζύμωση έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος, η οποία πρέπει να διατηρείται στους 30-32 °C. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως με την εξάτμιση νερού και τη διαφυγή του CO_2 καθώς και με κάποιο εναλλάκτη θερμότητας, στον οποίο κυκλοφορεί νερό στη φυσική του θερμοκρασία. Πολύ σπάνια απαιτείται ψύξη με τεχνητά μέσα (σε πολύ θερμά κλίματα).

Πριν από την απόσταξη το διάλυμα καθαρίζεται σε ένα διαχωριστή Laval από τυχόν ξένα σωματίδια και από τη ζύμη, η οποία περιέχει πρωτεΐνες και είναι θαυμάσια ζωοτροφή. Τελικά, το καθαρό διάλυμα οδηγείται σε στήλες απόσταξης από όπου παίρνουμε αλκοόλη 95% κατά όγκο. Πρέπει να σημειώσουμε ότι κατά τη ζύμωση (εξώθερμη αντίδραση) έχουμε μικρή μόνο απώλεια ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 7-10% της ενέργειας της γλυκόζης χάνεται κατά την αλκοολική ζύμωση, ενώ το υπόλοιπο περιέχεται στην παραγόμενη αιθανόλη. Μέρος της ζύμης, που προέρχεται από το διαχωριστή Laval, επανενεργοποιείται με προσθήκη H_2SO_4 σε ειδικό δοχείο με αναδευτήρα και επαναφέρεται στα δοχεία ζύμωσης.

Η παραγωγή αιθανόλης από άμυλο είναι πιο πολύπλοκη από την απλή ζύμωση των σακχάρων, επειδή απαιτείται διάσπαση του αμύλου σε ζυμώσιμα σάκχαρα. Χημικά, το κύριο συστατικό του αμύλου αποτελείται από δύο είδη μακρομορίων: την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη, σε κυμαινόμενες αναλογίες. Και τα δύο αυτά μακρομόρια αποτελούνται από μονάδες γλυκόζης, ενωμένες, με μοριακά βάρη περίπου 100.000 και 500.000 αντίστοιχα. Η διάσπαση σε γλυκόζη μπορεί να γίνει με οξέα σε pH 1,5-2 και υπό πίεση υδρατμού ($2,1 \text{ kg/cm}^2$) για μισή ώρα περίπου. Άλλος τρόπος είναι με τη χρήση ενζύμων, που βρίσκονται σε φυτρωμένο κριθάρι. Η πρώτη μέθοδος δίνει 43-74% της θεωρητικής μέγιστης τιμής σε αλκοόλη, ενώ η δεύτερη 70-75%. Μετά τη διάσπαση του αμύλου, τα υπόλοιπα στάδια είναι όμοια με αυτά που περιγράφηκαν για τη ζύμωση των σακχαρούχων διαλυμάτων. Η μέθοδος έχει μικρή σημασία για την Ελλάδα. Μέχρι σήμερα τα περισσότερα πειράματα έχουν γίνει στη Βραζιλία, στην οποία υπάρχει το φυτό Cassava, που περιέχει 25-32% άμυλο. Στη χώρα μας θα μπορούσε να παραχθεί οινόπνευμα από το άμυλο πατάτας, αλλά η ανταγωνιστική χρήση για τροφή δε νομίζουμε ότι αφήνει μεγάλα περιθώρια για πιθανή χρήση.

4.5. Χημική αναγωγή

Με χημικές και φυσικές μεθόδους μετατρέπεται η βιομάζα σε χρήσιμο υγρό καύσιμο ή υποκατάστατο φυσικού αερίου (Substitute Natural Gas = SNG). Χρησιμοποιούνται αλκαλικοί καταλύτες (π.χ. Na_2CO_3) και ατμός σε θερμοκρασίες $300\text{--}400^\circ\text{C}$. Η πίεση είναι $14\text{--}28 \cdot 10^6 \text{N/m}^2$ και η πρώτη ύλη (κυρίως κυτταρίνη) περιέχει περίπου 85% νερό. Χρειάζεται επίσης ισχυρή ανάδευση και παράγεται ένα υγρό καύσιμο (λάδι) με τον εμπειρικό τύπο $(\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O})_n$. Το ενεργειακό περιεχόμενο είναι 40 MJ/kg . Οι χημικές αντιδράσεις, που οδηγούν στο τελικό προϊόν, δεν έχουν διευκρινιστεί τελείως. Με τις συνθήκες της αντίδρασης σχηματίζεται υδρογόνο $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$. Το υδρογόνο ανάγει τους υδατάνθρακες σε υδρογονάνθρακες. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι μετατρέπονται τόσο η κυτταρίνη όσο και η λιγνίνη που περιέχονται στους ξυλώδεις ιστούς. Ακόμα και τοξικές ουσίες είναι δεκτές, πράγμα σημαντικό για τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων.

Η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο αναπτυγμένη από τις προηγούμενες δύο.

4.6. Πυρόλυση

4.6.1. Περιγραφή διαδικασίας

Πυρόλυση είναι η μέθοδος ανάκτησης ενέργειας με την παραγωγή αερίου καυσίμου, κατά την οποία λαμβάνει χώρα φυσική και χημική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών που βρίσκονται στα απορρίμματα υπό την επίδραση θερμότητας σε περιβάλλον απουσίας αέρα ή οξυγόνου. Είναι μια πολύ ελαστική διαδικασία, η οποία παρέχει τη δυνατότητα για παρασκευή πολλών καυσίμων από μια ποικιλία πρώτων υλών.

Κατά την πυρόλυση διασπώνται χημικοί δεσμοί και λαμβάνονται προϊόντα υψηλού ενεργειακού περιεχομένου, τα οποία ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να είναι στερεά, υγρά ή αέρια. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα μέσα σε ειδικό κλίβανο υπό πίεση, λίγο μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική σε θερμοκρασία 500°C , για την παραγωγή υγρού (λαδιού), ή μέχρι 700°C , οπότε παράγεται κυρίως αέριο και κάρβουνο. Η τροφοδοσία του κλιβάνου, ανάλογα με τον τύπο του, μπορεί να γίνεται είτε με ακατέργαστα απορρίμματα, είτε με κατεργασμένα σε μορφή μικρών τεμαχίων.

Η ενέργεια (θερμότητα) που απαιτείται για την επίτευξη της πυρόλυσης, συνήθως αντλείται από την καύση ενός μέρους (1:5) των παραγόμενων αερίων καυσίμων. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί, ότι η περιεκτικότητα σε νερό της πρώτης ύλης πρέπει να είναι μικρότερη από 40%, διαφορετικά δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί η μέθοδος.

Κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης οι περισσότερες από τις θερμικά ασταθείς οργανικές ενώσεις μετατρέπονται σε χρήσιμα καύσιμα αέρια (κυρίως H_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_2H_4 , C_2H_6 (αιθάνιο), C_6H_6 (βενζόλιο), C_7H_8 (τουλουένιο) κλπ) των οποίων η θερμογόνο δύναμη εξαρτάται από το είδος του πυρολυτικού αντιδραστήρα, όπου γίνεται η αντίδραση χαμηλής ή υψηλής θερμοκρασίας και από τη σύσταση των απορριμμάτων.

Επίσης, προκύπτει ένα κλάσμα που αποτελείται από πίσσα και διάφορα ελαιώδη προϊόντα, που υπό κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι σε υγρή κατάσταση και περιέχει χημικές ενώσεις όπως οξικό οξύ, ακετόνη, μεθανόλη, ακεταλδεΰδη κλπ. Η θερμογόνο δύναμη του κλάσματος αυτού είναι 10000 BTU/Lb.

Τέλος, προκύπτει ένα στερεό υπόλειμμα που περιέχει στερεό άνθρακα και μερικά άλλα αδρανή υλικά, με πολύ μικρή θερμογόνο δύναμη που στην ουσία το καθιστούν άχρηστο ως καύσιμο.

Οι χημικές αντιδράσεις της πυρόλυσης είναι ενδόθερμες (σε αντίθεση με αυτές της καύσης) και η ενέργεια που παράγεται είναι 4 φορές μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για την πυρόλυση θερμότητα.

Από το παραγόμενο λοιπόν αέριο, ένα μέρος χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες της εγκατάστασης σε ενέργεια και το υπόλοιπο μπορεί να καεί επί τόπου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τη βοήθεια αεριοστροβίλου ή και να πουληθεί.

4.6.2. Τύποι κλιβάνων

Υπάρχουν διάφοροι τύποι φούρνων πυρόλυσης. Ο πιο οικονομικός είναι ο κατακόρυφος (Vertical Shaft), στον οποίο η πρώτη ύλη προσάγεται από την κορυφή και κατακάθεται με τη βαρύτητα. Τα αέρια από την πυρόλυση συγκεντρώνονται στην κορυφή του φούρνου και απάγονται με σωλήνα προς το αεριοφυλάκιο, αφού προηγουμένως περάσουν από οξέα (Acid Scrubbers) αλκάλια (Caustic Scrubbers), για να απαλλαγούν από ανεπιθύμητες προσμίξεις. Τα καύσιμα, στερεά και υγρά, συλλέγονται στον πυθμένα του φούρνου. Άλλοι τύποι είναι οι οριζόντιοι, οι κλίβανοι περιστροφικού τυμπάνου και οι κλίβανοι ρευστοποιημένης κλίνης (Fluidized Bed Combustion).

4.6.3. Περιγραφή απλής μονάδας πυρόλυσης

Εδώ θα αναφερθούμε σε ένα σύστημα που λειτούργησε αρχικά σαν πιλοτική μονάδα για την επεξεργασία 35 τόνων / ημέρα και επεκτάθηκε σε μονάδα που θα μπορεί να επεξεργάζεται 1000 τόνους / ημέρα. Το κόστος της μονάδας φτάνει τα 16 εκατ. Δολάρια. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τέσσερις φάσεις, οι οποίες φαίνονται στο διάγραμμα ροής του σχήματος 1. Οι φάσεις αυτές είναι :

1. Υποδοχή, τεμαχισμός, πυρόλυση
2. Ψύξη και διαχωρισμός υπολείμματος
3. Παραγωγή ατμού
4. Καθαρισμός των αερίων

Η τροφοδοσία είναι συνεχής σε ένα περιστρεφόμενο κλίβανο και τα εξερχόμενα αέρια περνάνε πάνω από τα εισερχόμενα απορρίμματα για να υποβοηθηθεί η πυρόλυση. Επίσης, χρειάζονται μεγάλες ποσότητες βοηθητικού καυσίμου.

Τα εξερχόμενα αέρια περνάνε σε άλλη μονάδα καύσης όπου αναμειγνύονται με τον αέρα και καίγονται. Η θερμοκρασία σε αυτή τη φάση είναι πολύ υψηλή (1000°C). Στη συνέχεια περνούν από ένα εναλλάκτη θερμότητας για την παραγωγή ατμού. Τα αέρια πριν διοχετευθούν στην ατμόσφαιρα πρέπει να καθαριστούν αλλά η διαδικασία είναι απλούστερη από ότι στην περίπτωση της καύσης, διότι τα αιωρούμενα σωματίδια είναι πολύ λιγότερα.

Η μονάδα αυτή παράγει αέριο με χαμηλή θερμογόνο δύναμη αλλά λόγω της πολύ χαμηλής περιεκτικότητάς του σε αιωρούμενα σωματίδια έχει το πλεονέκτημα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μαζί με το φυσικό αέριο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι επέρχεται μεγάλη μείωση του όγκου μέχρι και 95% του αρχικού, καθώς επίσης και του βάρους μέχρι 75%.



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα ροής φάσεων πυρόλυσης.

4.6.4. Πλεονεκτήματα

Γενικά, η τεχνική της πυρόλυσης απαιτεί υψηλής τεχνολογίας και επένδυσης μηχανολογικές εγκαταστάσεις, παρουσιάζει όμως και ουσιώδη πλεονεκτήματα όπως:

1. Η θερμοκρασία διάσπασης είναι πολύ χαμηλότερη από τη θερμοκρασία καύσης, με ανάλογη πολύ μικρότερη θερμική καταπόνηση όλης της εγκατάστασης.
2. Η διάσπαση γίνεται σε αναγωγική ατμόσφαιρα και όχι οξειδωτική όπως η καύση.

3. Η περιεκτικότητα της τέφρας σε άνθρακα είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι στην καύση.
4. Τα μέταλλα που περιέχουν τα απορρίμματα δεν οξειδώνονται κατά την πυρόλυση και είναι πιο εύκολα εμπορεύσιμα.
5. Το παραγόμενο αέριο αξιοποιείται σε άλλη εστία και ίσως σε άλλο χώρο από τον πυρολυτικό αντιδραστήρα.
6. Από την καύση του αερίου της πυρόλυσης δεν παράγεται τέφρα και ο καθαρισμός των αερίων είναι απλούστερος.
7. Ο αρχικός όγκος των απορριμμάτων μειώνεται περισσότερο απ' ό,τι στην καύση.

4.6.5. Μειονεκτήματα

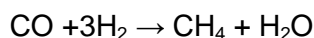
1. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται τεμαχισμός και διαχωρισμός των απορριμμάτων πριν την πυρόλυση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αρκετά υψηλό κόστος για την εγκατάσταση και τη λειτουργία μιας τέτοιας μονάδας.
2. Επίσης, η συνεχής χρησιμοποίηση βοηθητικού καύσιμου για να γίνει η πυρόλυση, δρα σαν ανασταλτικός παράγοντας.
3. Τα παράγωγα της πυρόλυσης έχουν αρκετά προβλήματα και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να διατεθούν στο περιβάλλον όπως έχουν.
4. Οι εγκαταστάσεις καθαρισμού των αερίων και των υγρών αποβλήτων απαιτούν πολύ μεγάλο κόστος.
5. Η τεχνική της πυρόλυσης των απορριμμάτων είναι μια σχετικά νέα, αρκετά υποσχόμενη μέθοδος, η οποία όμως από εμπειρία εγκαταστάσεων που λειτουργούν κυρίως στις ΗΠΑ και την πρώην Δ. Γερμανία, δεν έχει δώσει ακόμα ικανοποιητικά αποτελέσματα σε εφαρμογές βιομηχανικής κλίμακας, ιδιαίτερα για τα οικιακά απορρίμματα. Μεγαλύτερες προοπτικές εξέλιξης δείχνουν πάντως να έχουν οι αντιδραστήρες μέσης θερμοκρασίας με τη μορφή περιστροφικού τυμπάνου ή ρευστοποιημένης κλίνης.

4.7. Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια και συνδυάζει το μετασχηματισμό πολύπλοκων οργανικών μορίων, σε υγρή ή στερεή κατάσταση, και άνθρακα σε απλά αέρια. Ενώ κατά την πυρόλυση έχουμε θέρμανση χωρίς παρουσία οξυγόνου, κατά την αεριοποίηση τα προς επεξεργασία απορρίμματα θερμαίνονται παρουσία περιορισμένων ποσοτήτων οξυγόνου, για τη μέγιστη απελευθέρωση CO και H₂. Το μείγμα CO και H₂ είναι γνωστό σαν αέριο σύνθεσης (Synthesis Gas).

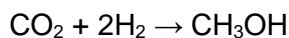
Η αεριοποίηση μπορεί να γίνει με O₂ ή αέρα. Στη δεύτερη περίπτωση το τελικό αέριο περιέχει περίπου 40% N₂, πράγμα που μειώνει τη θερμαντική αξία του αερίου από 13 MJ/m₃ σε 7 MJ/m₃. Επίσης, επειδή επιδιώκεται μετατροπή του αερίου σε κάποιο πιο χρήσιμο προϊόν, και συγκεκριμένα μεθανόλη, ή αμμωνία, υπό υψηλή πίεση, καλό είναι να αποφεύγεται η παρουσία του N₂, που είναι αδρανές.

Για τη μετατροπή του SNG γίνονται οι αντιδράσεις:



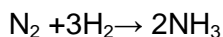
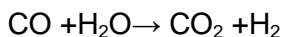
Η πρώτη αντίδραση είναι απαραίτητη για την αύξηση του H₂ στο μίγμα, στην αναλογία περίπου 1CO:3H₂. Η δεύτερη είναι ισχυρά εξώθερμη αντίδραση γι' αυτό πρέπει να απάγεται θερμότητα, ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται γύρω στους 400°C.

Η μετατροπή σε μεθανόλη γίνεται σύμφωνα με την αντίδραση:



Η αντίδραση αυτή, όπως και οι προηγούμενες, γίνεται παρουσία κατάλληλων καταλυτών. Το τελικό προϊόν περιέχει σαν πρόσμιξη αιθανόλη, νερό και ανώτερες αλκοόλες, αλλά η περιεκτικότητα σε μεθανόλη είναι 98% περίπου.

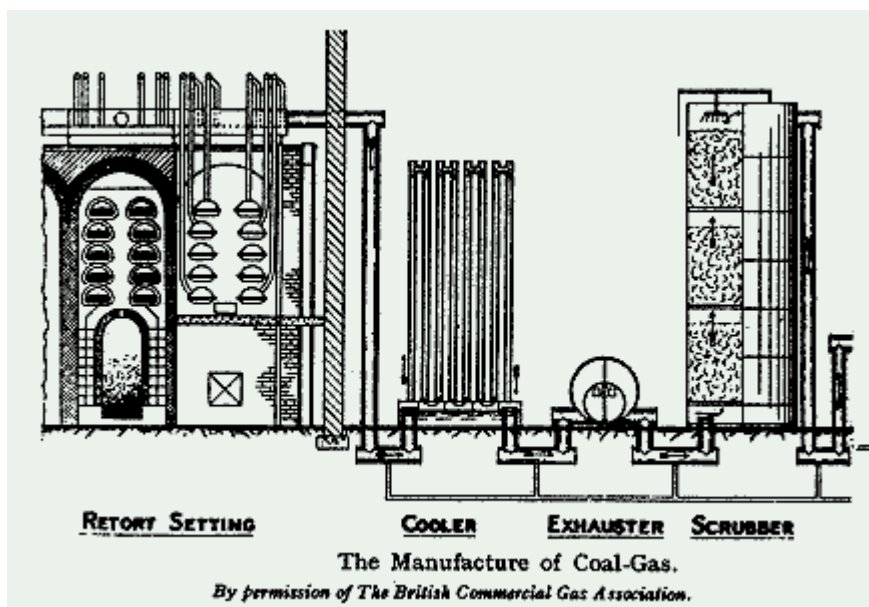
Για τη μετατροπή σε αμμωνία απαιτείται απομάκρυνση όλου του CO, το οποίο μετατρέπεται, κατά το μεγαλύτερο μέρος, σε CO₂ και δίνει H₂:



Γενικά η αεριοποίηση, παρά το γεγονός ότι είναι μια πολύ παλιά μέθοδος, παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα και προβλήματα.

4.7.1. Αεριοποίηση με τη μέθοδο πλάσματος

Η πρόοδος της τεχνολογίας και οι μακροχρόνιες έρευνες για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων της αεριοποίησης κατέληξαν στην ανακάλυψη μιας νέας μεθόδου, της αεριοποίησης πλάσματος, το 1995, η οποία αποτελεί ίσως την πιο σύγχρονη τεχνολογία επεξεργασίας απορριμμάτων.



Πλάσμα ονομάζεται το αέριο που έχει ιονιστεί. Τα αέρια ιονίζονται όταν θερμανθούν σε πολύ υψηλή θερμοκρασία ($>5.000\text{ }^{\circ}\text{C}$). Το πλάσμα δημιουργείται κατά την ηλεκτρική εκκένωση ενός αερίου. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, τα αέρια δεν είναι αγωγίμα. Αν όμως εφαρμοστεί υψηλή τάση, τα αέρια χάνουν τις μονωτικές τους ιδιότητες και καθώς ο ηλεκτρισμός ρέει μέσα από αυτά, θερμαίνονται και άγουν ολοένα και περισσότερο.

Ο ήλιος και η αστραπή είναι δυο, φυσικά και μη ελεγχόμενα, παραδείγματα πλάσματος. Το πλάσμα, στην τεχνητή και ελεγχόμενη μορφή του, χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια στη βιομηχανία σε διάφορες εφαρμογές, όπως στη χημική ανάλυση και στη μεταλλουργία.

Τα τελευταία χρόνια, το πλάσμα εφαρμόζεται και στην ενεργειακή αξιοποίηση των απορριμμάτων, με τη μέθοδο της αεριοποίησης πλάσματος.

4.7.1.1. Περιγραφή διαδικασίας

Η διαδικασία της επεξεργασίας των απορριμμάτων με τη μέθοδο της αεριοποίησης πλάσματος μπορεί να χωριστεί σε 4 φάσεις:

- (1) το χειρισμό των υλικών,
- (2) το θερμικό μετασχηματισμό ή την αεριοποίηση του πλάσματος,
- (3) την ανάκτηση αερίου και
- (4) την παραγωγή ατμού και ενέργειας.

4.7.1.2. Χειρισμός υλικών

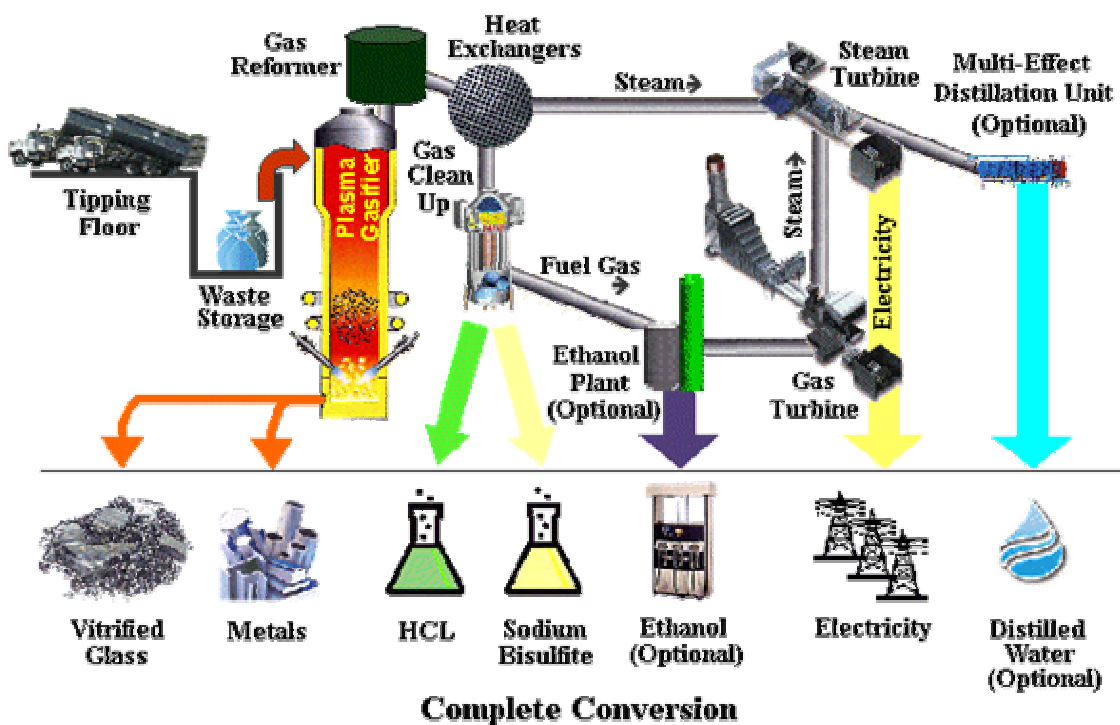
Αρχικά, τα εισερχόμενα απορρίμματα ζυγίζονται και μετά αποτίθενται σε κάποιο από τα φορτηγά που χρησιμοποιούνται ως μεταφορικά μέσα για να μεταφέρουν τα απορρίμματα. Δεν είναι απαραίτητος κάποιος ιδιαίτερος χειρισμός. Ο μόνος διαχωρισμός που απαιτείται θα γίνει σε υπερμεγέθη κομμάτια που δεν χωράνε στο φορτηγό, σε βαριά μεταλλικά αντικείμενα όπως μηχανές, που μπορούν να μειώσουν την ταχύτητα του φορτηγού, ή αντικείμενα που χρειάζονται ειδική προεπεξεργασία, όπως ψυγεία, καταψύκτες και A.C. που χρειάζεται να μετακινηθεί το Freon. Επικίνδυνα απορρίμματα και ιατρικά απόβλητα χειρίζονται ξεχωριστά και δεν αναμιγνύονται με άλλα απόβλητα.

Το σύστημα είναι σχεδιασμένο ώστε να επεξεργάζεται απορρίμματα όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Κατά τη διάρκεια των ωρών διανομής τα απορρίμματα διανέμονται πιο γρήγορα από ότι αεριοποιούνται. Μέρος των απορριμμάτων αποθηκεύεται για επεξεργασία τη νύχτα, τα σαββατοκύριακα και τις διακοπές. Τα υπερμεγέθη υλικά μεταφέρονται και κατόπιν οδηγούνται στην αποθήκευση.

Ο κύκλος των απορριμμάτων ολοκληρώνεται κάθε 3-4 μέρες. Αν για οποιοδήποτε λόγο η εγκατάσταση σταματήσει να λειτουργεί τα απορρίμματα που λαμβάνονται οδηγούνται σε περιοχές αποθήκευσης που έχουν σχεδιασθεί για να χειρίζονται αυτό τον ξαφνικό φόρτο.

4.7.1.3. Ο θερμικός μετασχηματισμός των απορριμμάτων

Τα απορρίμματα εγχέονται στο επάνω μέρος του θερμικού μετασχηματιστή (αναφέρεται και ως αεριοποιητής πλάσματος ή αντιδραστήρας) και συσσωρεύεται στο σώμα του αντιδραστήρα. Το πλάσμα βρίσκεται στον πάτο του αντιδραστήρα και παράγει φλόγα μεταξύ 5.000-8.000 F.



Το οργανικό υλικό δεν καίγεται γιατί δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο, αλλά μετατρέπεται σε αέριο που αποτελείται από CO , H_2 και N . Αυτό το αέριο περιέχει ουσιαστική ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους.

Το καυτό αέριο ανεβαίνει μέσω των συσσωρευμένων απορριμμάτων στον αντιδραστήρα και ξεκινά η αεριοποίηση στο υλικό που είναι συσσωρευμένο στον αντιδραστήρα. Μέχρι να φτάσουν τα απορρίμματα στον πάτο του αντιδραστήρα, μέσω της υψηλής θερμοκρασίας, όλες οι οργανικές ενώσεις έχουν μετατραπεί σε αέρια.

Το αέριο που διαφεύγει από την κορυφή του αντιδραστήρα είναι φτιαγμένο πρωταρχικά από CO , H_2 , H_2O και N . Περιέχονται επίσης μικρές ποσότητες χλωρίου, σουλφιδίου του υδρογόνου, CO_2 και μέταλλα με σημεία βρασμού λιγότερο από 2280 F. Λόγω της έλλειψης οξυγόνου και της υψηλής θερμοκρασίας, τα βασικά στοιχεία του αερίου δεν μπορούν να σχηματίσουν τοξικές ενώσεις όπως φουράνες, διοξίνες NO_x , ή διοξείδιο του θείου στον αντιδραστήρα.

Καθώς το αέριο βγαίνει από τον αντιδραστήρα πρώτα πηγαίνει σε ένα ιδιόκτητο αναμορφωτή αερίου και μετά ψύχεται σε μια σειρά εναλλακτών θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία μειώνεται στους 270 F περίπου και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

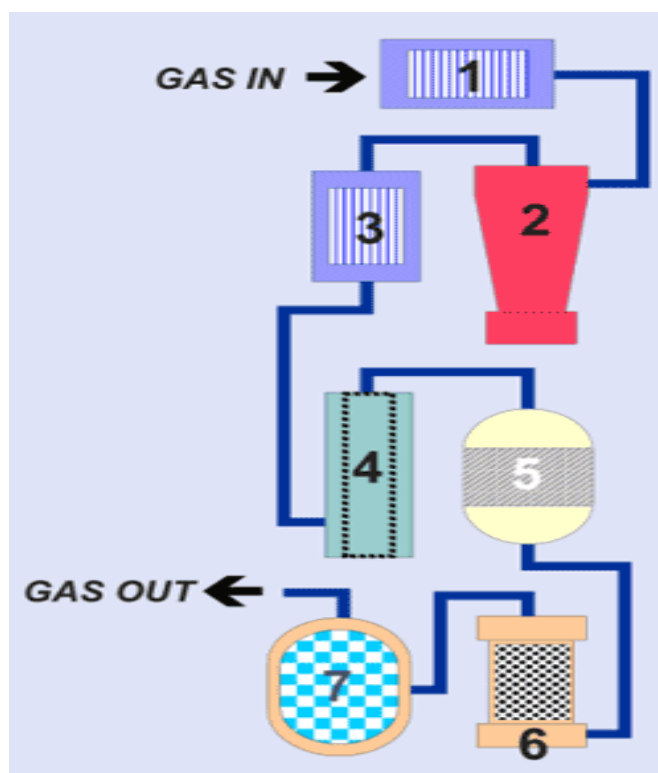
Οι υψηλές θερμοκρασίες από το πλάσμα υγροποιούν όλα τα ανόργανα υλικά όπως τα μέταλλα, το γυαλί, το διοξείδιο του πυριτίου κ.λπ. Τα μέταλλα και το γυαλί ρέουν από τον αντιδραστήρα και οδηγούνται σε ένα χώρο που καθαρίζονται με νερό.

Στο τέλος του θερμικού μετασχηματισμού δεν έχουν μείνει άλλα απορρίμματα. Όλα τα απορρίμματα ανακυκλώθηκαν σε μέταλλο, γυαλί ή έχουν μετατραπεί σε αέριο καύσιμο.

4.7.1.4. Επεξεργασία παραγόμενων αερίων

Το αέριο εξερχόμενο από τον αντιδραστήρα ακολουθεί την πορεία που φαίνεται στο σχήμα, και είναι η ακόλουθη:

- Περνά από τον αρχικό εναλλάκτη θερμότητας, όπου η θερμοκρασία του μειώνεται από τους 1000°C στους 650°C.
- Έπειτα, το αέριο περνά στον διαχωριστή κυκλώνα υψηλής θερμοκρασίας όπου, περίπου το 85% των σωματιδίων απομακρύνεται. Ένα μικρότερο ποσοστό των μετάλλων παρασύρεται μαζί τους και εγχέονται στο λιωμένο γυαλί. Τα συστατικά του γυαλιού είναι κλειδωμένα στη μήτρα του αντιδραστήρα και δεν μπορούν να διαφύγουν.



- Περνά από έναν ακόμα εναλλάκτη θερμότητας. Σε αυτή τη φάση μπορεί να γίνει και ανάκτηση θερμότητας εάν αυτό είναι επιθυμητό.
- Το αέριο περνά μέσα από μια συσκευή καθαρισμού αερίων όπου το υδροχλωρικό οξύ καθαρίζεται. Το υγρό αυτό περνά από μια σειρά μεμβρανών όπου τα σωματίδια και τα μέταλλα απομακρύνονται. Τα μέταλλα και τα σωματίδια σε αυτό το στάδιο δεν μπορούν να επιστραφούν στο γυαλί, αλλά μπορούν να πωληθούν σε ένα διυλιστήριο ή να μεταφερθούν σε ΧΥΤΑ. Αυτό το μικρό ποσοστό υλικού είναι το μόνο υλικό που μπορεί να γυρίσει πίσω στον ΧΥΤΑ και αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 1% των πρώτων υλών τροφοδοσίας.
- Υφίσταται επιλεκτική καταλυτική οξειδωση για την απομάκρυνση των NO_x .
- Περνά από κατακόρυφο διαχωριστή για την απομάκρυνση των οξέων και των πτητικών ουσιών.
- Τελικός καθαρισμός με ενεργό άνθρακα.

Οι υδρατμοί στο αέριο συμπυκνώνεται και χρησιμοποιείται για να δώσει στην υπόλοιπη εγκατάσταση καθαρό νερό. Το αέριο τότε πηγαίνει στην τουρμπίνα αερίου. Το H_2S μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου. Μετά την εκκένωση της τουρμπίνας, τα αέρια οδηγούνται σε μια συσκευή καθαρισμού όπου το SO_2 μετατρέπεται σε NaSH . Η τελευταία διαδικασία έχει μικρότερο κόστος αλλά απαιτεί περισσότερο υδροξείδιο του νατρίου και έχει μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας.

4.7.1.5. Παραγωγή ατμού και ενέργειας

- Ο ατμός υψηλής πίεσης από τον πρώτο εναλλάκτη θερμότητας πηγαίνει σε μια τουρμπίνα ατμού όπου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται καλύπτει τις περισσότερες απαιτήσεις για εσωτερική ενέργεια.
- Το καύσιμο αέριο πηγαίνει σε μια τουρμπίνα αερίου/ ατμού για να παράξει ηλεκτρική ενέργεια.
- Όλη η διαθέσιμη θερμότητα χρησιμοποιείται για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια ή ατμός. Η θερμοκρασία εκκένωσης της τουρμπίνας είναι λιγότερο από 270 F.
- Μια εγκατάσταση σχεδιασμένη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να παράξει περίπου 1 MW ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε τόνο απορριμμάτων, που όμως εξαρτάται από το περιεχόμενο υγρασίας και τον χαρακτηρισμό των απορριμμάτων.

4.7.1.6. Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Η αεριοποίηση του πλάσματος είναι μια τεχνική με πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Έχει μικρές εκπομπές αερίων επιβλαβών για το περιβάλλον. Όταν το πλάσμα που έχει μετατραπεί σε αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας, προκαλεί κάποιες εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Παρόλα αυτά, καθώς το πλάσμα μετατρέπεται σε αέριο καθαρίζεται και έτσι η απελευθέρωση ουσιών που μολύνουν όπως το SO_2 , κάποια μέταλλα, οι διοξίνες θα είναι πολύ χαμηλότερη από ότι π.χ. στην αποτέφρωση.
- Η αεριοποίηση του πλάσματος μπορεί να μεταχειριστεί επικίνδυνα και μη απορρίμματα. Μια εγκατάσταση αεριοποίησης πλάσματος μπορεί να επεξεργαστεί αστικά, τοξικά και νοσοκομειακά απόβλητα ή μίξη και των τριών.
- Η αεριοποίηση του πλάσματος είναι μια τεχνική όπου τα απορρίμματα δεν αποτεφρώνονται. Έτσι δεν έχει τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται στην αποτέφρωση.
- Η αεριοποίηση του πλάσματος δεν παράγει τέφρα ή άλλα παραπροϊόντα όπως αλλοιωμένη βιομάζα που πρέπει να αποτεθεί σε ΧΥΤΑ μετά την αρχική επεξεργασία. Έτσι δεν έχουμε κόστος διάθεσης για τα παραπροϊόντα.
- Η ανάκτηση υλικών είναι μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη θερμική τεχνική. Έτσι από το να χρησιμοποιεί ακατέργαστα υλικά η αεριοποίηση του πλάσματος τα παράγει.



- Η ανάκτηση ενέργειας είναι μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη τεχνική. Γι' αυτό τα έσοδα από την πώληση ενέργειας μεγιστοποιούνται.
- Οι εκπομπές σε αέρα, νερό και έδαφος είναι οι χαμηλότερες από κάθε άλλη διαδικασία.
- Η αεριοποίηση του πλάσματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας από μη αέρια καύσιμα.
- Οι εκπομπές στην ατμόσφαιρα κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίσες με αυτές από εγκαταστάσεις με φυσικό αέριο. Αφού το πλάσμα που μετατρέπεται σε αέριο είναι ίδιας ποιότητας με το φυσικό αέριο, το προφίλ των εκπομπών είναι όμοιο. Το ακριβές προφίλ των εκπομπών εξαρτάται από το σύστημα καύσης που χρησιμοποιείται (όσο καλύτερο σύστημα τόσο καλύτερο προφίλ).
- Αφού κάθε ουσία βασισμένη στον C που υπάρχει στον αεριοποιητή πλάσματος μετατρέπεται σε αέριο, έτσι καθεμία από αυτές τις ουσίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Αυτό προσφέρει μεγάλη λειτουργική προσαρμοστικότητα σε όποιον χρησιμοποιεί την αεριοποίηση του πλάσματος. Την πρώτη εβδομάδα μπορεί να χρησιμοποιήσει C ως καύσιμο, την άλλη αργό πετρέλαιο ή επίσης οποιουδήποτε είδους βιομάζα. Αυτό προσφέρει την ικανότητα να επιτύχουμε τους στόχους μας για ανάκτηση ενέργειας και χωρίς μετατροπή σε πολύπλοκα συστήματα.
- Αφού το αέριο που προκύπτει με τη μέθοδο πλάσματος, τροφοδοτείται σε τουρμπίνες αερίου μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη ικανότητα μετατροπής. Παρόλο που η ικανότητα μετατροπής δεν μπορεί να φτάσει αυτήν ενός κύκλου εγκατάστασης (γιατί πρέπει ο αεριοποιητής να επανατροφοδοτείται με ενέργεια) η ικανότητα μετατροπής φυσιολογικά θα είναι μεγαλύτερη από ένα σύστημα ατμογεννήτριας.

5. Προτεινόμενες εφαρμογές

5.1. Μονάδα Compact για ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου και κομποστοποίηση- Kompogas compact system

- Τι είναι το Kompogas compact system

Το Kompogas compact system αποτελεί μία τεχνολογία για τη μετατροπή των οργανικών απορριμμάτων σε βιοαέριο και compost κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Το βιοαέριο, που παράγεται κατά τη διαδικασία της αποσύνθεσης, οδηγείται στο συνοδευτικό θερμοηλεκτρικό σταθμό όπου και παράγεται θερμική και ηλεκτρική ενέργεια. Η 'οικολογική' ηλεκτρική ισχύς στη συνέχεια μπορεί να τροφοδοτήσει το δίκτυο της ΔΕΗ. Εναλλακτικά, το βιοαέριο μπορεί να αναβαθμιστεί σε αέριο με προδιαγραφές φυσικού αερίου ώστε να τροφοδοτήσει το δίκτυο φυσικού αερίου ή/και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε οχήματα που καταναλώνουν φυσικό αέριο. Ταυτόχρονα, μένει στο σύστημα compost υψηλής ποιότητας και λίπασμα σε υγρή μορφή.

- Περιγραφή επεξεργασίας

Για την ορθή λειτουργία της εγκατάστασης, στο σύστημα πρέπει να εισέρχεται μόνο το οργανικό κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται, είτε εφαρμόζοντας κάποιο σύστημα διαλογής στην πηγή, είτε με μηχανική επεξεργασία (κόσκινα, μεταφορικές ταινίες, μαγνήτες, θραύση, κλπ).



Αφού αφαιρεθούν από το οργανικό κλάσμα οι μη ζυμώσιμες ύλες, που δυσχεραίνουν τη λειτουργία της εγκατάστασης, τα απορρίμματα εισέρχονται στον αντιδραστήρα και προθερμαίνονται στους 60 °C. Ταυτόχρονα, προστίθεται κατάλληλη ποσότητα νερού ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή υγρασία. Το περιεχόμενο του αντιδραστήρα ανακινείται

αργά ώστε να παραχθεί ένα ομογενές μείγμα, με περιεκτικότητα σε στερεά περίπου 25%.

Ένας τυπικός αντιδραστήρας του Komprogas compact system έχει διαστάσεις 32 μ. μήκος και 6 μέτρα πλάτος και επεξεργάζεται έως και 10,000 τόνους οργανικού κλάσματος ετησίως.



Ο αντιδραστήρας είναι αεροστεγώς σφραγισμένος ώστε να διασφαλίζονται αναερόβιες συνθήκες. Μέσα στον αντιδραστήρα, οι μικροοργανισμοί μετατρέπουν την οργανική ύλη σε compost και βιοαέριο. Η θερμοφιλική φάση λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασίες 55 – 60 °C και διαρκεί 15 με 20 μέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι ανεπιθύμητοι μικροοργανισμοί, όπως θερμοφιλά μικρόβια και διάφορα παράσιτα, εξαλείφονται.

Το βιοαέριο, που παράγεται κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης, μετατρέπεται σε θερμική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια, στον συνοδευτικό θερμοηλεκτρικό σταθμό, εξασφαλίζοντας τόσο την αυτόνομη λειτουργία της μονάδας όσο και την οικονομική αξιοποίηση της πλεονάζουσας ενέργειας.

Το 1/3 από τα υγρά της μονάδας επαναχρησιμοποιείται, ενώ το υπόλοιπο οδηγείται σε ένα κλειστό σύστημα οξυγόνωσης.

- Τεχνικά Χαρακτηριστικά Μονάδας

Μία τυπική μονάδα για ισοδύναμο πληθυσμό 100,000 κατοίκων έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά

Δυναμικότητα μονάδας (Οργανικό κλάσμα) ετησίως	10.000	tn
--	--------	----

Δυναμικότητα μονάδας ημερησίως	30	tn
--------------------------------	----	----

Χρόνος παραμονής στον αντιδραστήρα	3	εβδομάδες
Τελικό προϊόν – compost	3.500	tn/ ετησίως
Τελικό προϊόν – λίπασμα σε υγρή μορφή	2.500	tn/ ετησίως
Παραγωγή Βιοαέριου	150	m ³ / h
Ετήσια παραγωγή ενέργειας	2,5	GWh/ ετησίως
Ηλεκτρική ενέργεια	330	kWh
Θερμική ενέργεια	408	kWh

- Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή παρέχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Εξασφαλίζει την οικολογική αξιοποίηση των οργανικών απορριμμάτων
- «Κλείνει» οικολογικά τον κύκλο ζωής των υλικών (κόμποστ και υγρό λίπασμα)
- Παράγει ενέργεια χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
- Ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις υγιεινής και ασφάλειας
- Διασφαλίζει την καλή λειτουργία της μονάδας – ένας μεγάλος αριθμός ήδη λειτουργεί παγκοσμίως
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά με άλλες μονάδες κομποστοποίησης
- Απαιτεί μικρή έκταση για την εγκατάσταση και λειτουργία της
- Είναι βέλτιστη λύση για τουριστικές περιοχές, προκειμένου να καλυφθεί η περίοδος αιχμής σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

5.2. Ενεργειακή εκμετάλλευση βιοαερίου από ΧΥΤΑ με μ-αεροστρόβιλους

Στην παρακάτω παρουσίαση της μεθόδου “Ενεργειακή εκμετάλλευση βιοαερίου από ΧΥΤΑ με μ-αεροστρόβιλους” θα αναφερθούμε στα:

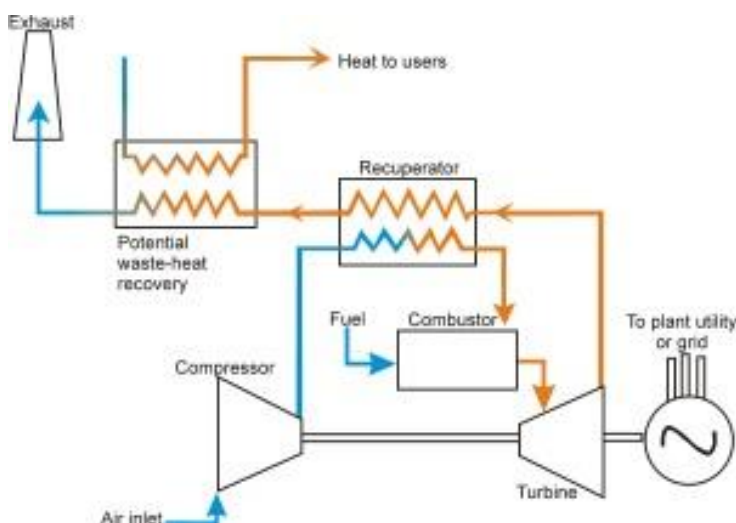
1. Τεχνολογία μ-αεροστρόβιλων
2. Χρήση βιοκαυσίμων
3. Κατασκευαστές μ-αεροστρόβιλων
4. Εφαρμογές
5. Εκτίμηση αγοράς

1. Τεχνολογία μ-αεροστρόβιλων

Οι μ-αεροστρόβιλοι ισχύος 10-200 Kw, αποτελούνται από: ένα μόνο περιστρεφόμενο μέρος (άξονας, δρομείς, γεννήτρια), θάλαμο καύσης και τέλος μονάδα ανάκτησης θερμότητας και εναλλάκτη θερμότητας για περιπτώσεις ΣΗΘ.

Η ύπαρξη των μ-αεροστρόβιλων παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως:

- Μικρό μέγεθος (1/2 ΚΕΚ)
- Μικρό βάρος ανά μονάδα ισχύος
- Μικρό αριθμό κινούμενων μερών, που σημαίνει μικρό κόστος συντήρησης με μικρές ανάγκες σε λίπανση
- Χαμηλά επίπεδα θορύβου και χαμηλές εκπομπές αερίων
- Δυνατότητα καύσης διάφορων καυσίμων
- Καλύτερης ποιότητας απορριπτόμενη θερμότητα (ΣΗΘ)

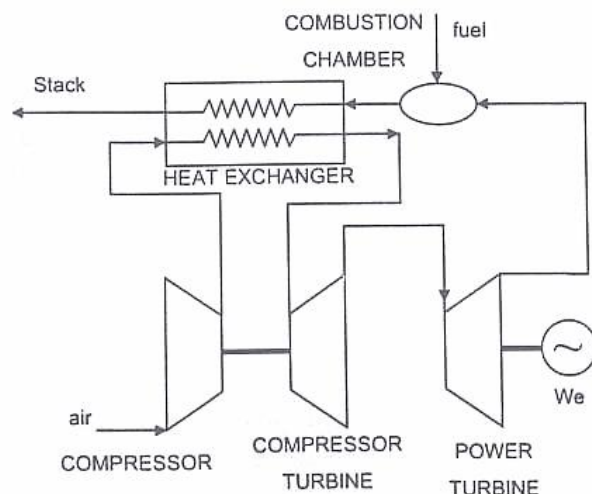


Βέβαια οι μ-αεροστρόβιλοι παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα όπως:

- Χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από ΚΕΚ για παραγωγή ισχύος, ειδικά σε μερικό φορτίο
- Είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικών ισχύος για διασύνδεση με το δίκτυο
- Τα υπάρχοντα ηλεκτρικά δίκτυα δεν είναι φτιαγμένα για συστήματα διάσπαρτης παραγωγής
- Έχουν υψηλό κόστος
 - (α) για εφαρμογές ισχύος 1.500 €/Kw
 - (β) για εφαρμογές ΣΗΘ 2.000 €/KW
 - (γ) για ΧΥΤΑ 2.400 €/KW λόγω ανάγκης καθαρισμού του παραγόμενου βιοκαυσίμου
 - (δ) για παραγωγή ισχύος, θερμότητας και ψύχους 4.000 €/KW

2. Χρήση βιοκαυσίμων

Για τη χρήση βιοκαυσίμων θα αναφερθούμε σε 2 μεθόδους: την άμεση και την έμμεση καύση. Στην άμεση καύση υπάρχει απευθείας καύση ή αεριοποίηση ενώ στην έμμεση χρησιμοποιείται κεραμικός εναλλάκτης.



Για έμμεση χρήση βιοαερίου από ΧΥΤΑ σε μ-αεροστρόβιλους απαιτείται η επεξεργασία του βιοαερίου μέσω: συμπιεστή (booster), ξήρανσης, κατακράτησης οργανικών οξειδίων του πυριτίου και μέσω φίλτρων ενεργού άνθρακα. Το επιπλέον κόστος όμως για αυτή την επεξεργασία είναι 1-2 c€/kWh.

Τα επιτρεπόμενα όρια των προσμίξεων είναι:

Θειικό οξύ	25ppm κ.ό. μέγιστο
Αλογονούχες οργανικές ενώσεις	200 ppm κ.ό. μέγιστο
Μη-μεθυλικές οργανικές ενώσεις	1.500 ppm κ.ό. μέγιστο
Σωματίδια	3 micron μέσος όρος μεγέθους
Θειικά αλκάλια (Na, K, Li)	0,6 ppm κατά μέγιστη μάζα
Οργανικά οξείδια του πυριτίου	10ppb κατά μέγιστο όγκο
Υδρατμοί	150ppm
Υδρόθειο	45ppm

3. Κατασκευαστές μ-αεροστρόβιλων

Παρακάτω θα αναφέρουμε ενδεικτικά κάποιες κατασκευάστριες εταιρείες μ-αεροστρόβιλων:

(α) Η εταιρεία TURBEC που εδρεύει στη Σουηδία έχει 150 μονάδες. Παράγει το μοντέλο T100 με τεχνικά χαρακτηριστικά: 105 KW_e, 167 KW_{th}, $\eta_e=30\%$, $\eta_{total}=78\%$ και NO_x < 15ppm. Επίσης παράγει για χρήση βιοαερίου το μοντέλο New Enco (UK) και το pro 2 (DE).

(β) Η εταιρεία Bowman Power που εδρεύει στη Γαλλία χρησιμοποιεί κινητήρες Elliot και έχει 100 μονάδες/έτος. Παράγει το μοντέλο TG 80 με τεχνικά χαρακτηριστικά: 80 KW_e, 136 KW_{th}, $\eta_e=28\%$, $\eta_{total}=75\%$ και NO_x < 15ppm.

(γ) Η εταιρεία Bowman Power που εδρεύει στην Αγγλία έχει δημιουργήσει σύστημα έμμεσης καύσης για βιομάζα που κοστίζει 10.000 €/KW

(δ) Η εταιρεία Capstone που εδρεύει στις ΗΠΑ έχει 2.400 μονάδες και >5 εκ ώρες λειτουργίας. Παράγει το μοντέλο C 30 & C 60 με τεχνικά χαρακτηριστικά: 30 KW_e, 136 KW_{th}, $\eta_e=26\%$, $\eta_{total}=75\%$ και NO_x < 15ppm. Η εταιρεία Capstone έχει επίσης δώσει έμφαση σε συστήματα για βιοαέριο από ΧΥΤΑ, έχει σειρά ειδικού εξοπλισμού (booster, filters) για εφαρμογές σε ΧΥΤΑ και τέλος έχει δυνατότητα σύνδεσης 100 μονάδων.

(ε) Η εταιρεία Ingersoll Rand που εδρεύει στις ΗΠΑ ήταν αρχικά κατασκευαστής συστημάτων ανάκτησης θερμότητας. Τώρα έχει 2.000 μ-αεροστρόβιλους και 2 μονάδες 75 και 250 Kw με $\eta_e=28\%$.

(στ) Η εταιρεία Elliot Energy Systems που εδρεύει στις ΗΠΑ κατασκευάζει μόνο τον κινητήρα των μ-αεροστρόβιλων. Παράγει τα μοντέλα TA-35R, TA-45, TA-60R, TA-80R και TA-200.



4. Εφαρμογές

Η μέθοδος που αναλύουμε έχει εφαρμοστεί:

- (1) στη μονάδα βιολογικού καθαρισμού στο Kilmington (UK) με 750 m³ λύματα/μέρα, παραγωγή CH₄ 68% και παραγωγή CO₂ 32%. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πληρωμή του προμηθευτή γίνεται μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας.
- (2) στη μονάδα βιολογικού καθαρισμού στο Mariestad (S) έχουμε παραγωγή 800 (400) Nm³/hr αερίου και 20-25 KW_e. Βέβαια το κόστος της εγκατάστασης είναι υψηλό και φτάνει τα 80.000 €.

5. Εκτίμηση αγοράς

Οι μ-αεροστρόβιλοι ταιριάζουν σε εφαρμογές βιομάζας λόγω του “διάσπαρτου” χαρακτήρα του καυσίμου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η αγορά της ΕΚ για συστήματα μ-ΣΗΘ εκτιμάται σε 8 Gw_e το 2010, η αγορά για ΣΗΘ με καύσιμο βιομάζα εκτιμάται σε 10 Gw_e το 2010, όπου τα 2 Gw_e αφορούν τα μ-ΣΗΘ και ότι η αγορά για μ-αεροστρόβιλους εκτιμάται σε 33 Gw_e το 2020. (θα φτάσει τις 460.000 μονάδες ενώ το 2003 είχαμε 10.000).

Τέλος σύμφωνα με την εκτίμηση της αγοράς, οι ΧΥΤΑ και οι μονάδες βιολογικού καθαρισμού θεωρούνται από τις πλέον επιτυχείς εφαρμογές για μ-αεροστρόβιλους αφού έχουμε μηδενικό κόστος καυσίμου.

5.3. Εκμετάλλευση βιοαερίου - JENBACHER

Η εταιρεία Jenbacher έχει ασχοληθεί πολύ με το μη-φυσικό αέριο και έχει δημιουργήσει πολλές εφαρμογές, όπως επίσης έχει εξειδικευθεί στην παραγωγή και χρησιμοποίηση της ενέργειας από αυτό. Το μη φυσικό αέριο μπορεί να είναι βιοαέριο ή άλλα αέρια που προέρχονται από γεωργικές εργασίες, εγκαταστάσεις αποβλήτων, βιομάζα, ΧΥΤΑ, λατομεία, βιομηχανικές διεργασίες. Οι κύριοι λόγοι εφαρμογής είναι: (1) η οικονομική διάθεση των οικολογικά βλαβερών αερίων μέσω της συμπαραγωγής και (2) η χρησιμοποίηση ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών.

Η εμβέλεια παροχών της εταιρείας αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (μηχανή και γεννήτρια), εγκαταστάσεις συμπαραγωγής με συνδυασμό παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας (μηχανή, γεννήτρια και εναλλάκτης θερμότητας), ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου, περιφερειακό εξοπλισμό (π.χ. καπνοδόχος εγκατάστασης επεξεργασίας αερίου), ετοιμοπαράδοτες εγκαταστάσεις, επισκευή και συντήρηση, ανταλλακτικά. Με τις εφαρμογές αυτές πετυχαίνουμε:

- Υψηλή ηλεκτρική απόδοση
- Τις χαμηλότερες εκπομπές αερίου
- “συμπαγές” σχεδιασμό μηχανής
- μεγάλη αξιοπιστία και εύκολη επισκευή

Δυναμικό βιοαερίου από ΧΥΤΑ

Το συνολικό ποσό βιοαερίου που παράγεται από ΧΥΤΑ είναι:

$$G_e = 1,868 \times C_o \times (0,014 \times \delta + 0,28)$$

όπου: C_o =οργανικός άνθρακας (στα αστικά απορρίμματα περίπου 200 kg/t)

δ =θερμοκρασία που επικρατεί στον ΧΥΤΑ (20-40°C)

Η ακριβής ποσότητα βιοαερίου από ΧΥΤΑ σε σχέση με το χρόνο είναι:

$$G_t = G_e \times (1 - 10e^{-k \times t})$$

όπου: G_t =η ποσότητα βιοαερίου από ΧΥΤΑ σε χρόνο t (m^3/t)

t =ο χρόνος σε έτη

k =η σταθερά αποσύνθεσης (0,03-0,06)

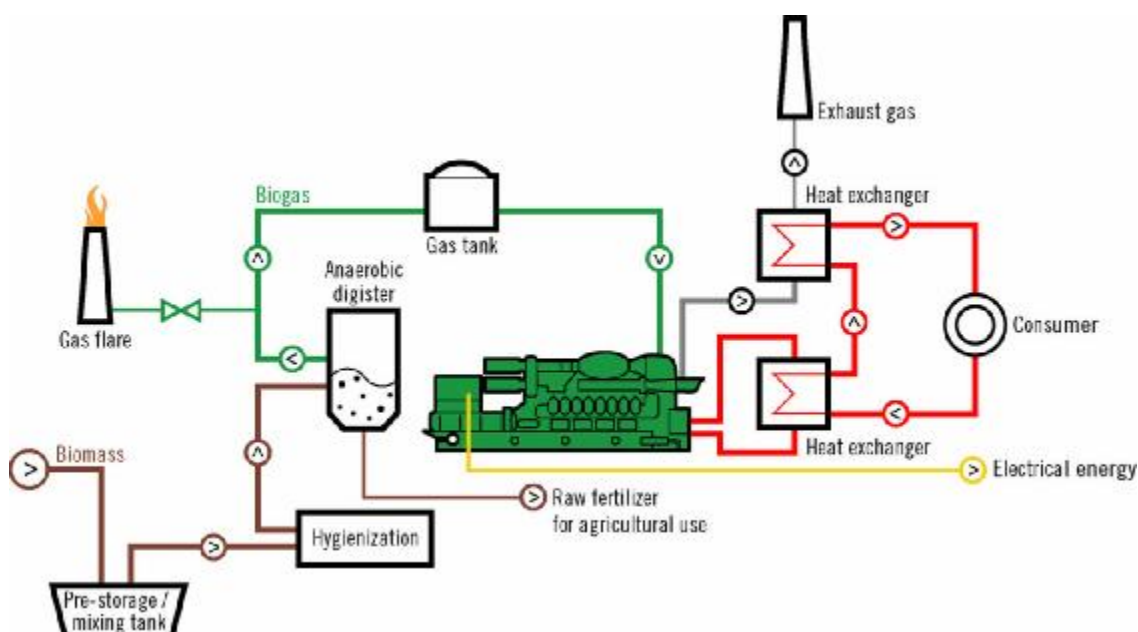
Από σχετική πείρα έχει διαπιστωθεί ότι 1 τόνος οικιακών απορριμμάτων μπορεί να προσφέρει 150-250 Nm^3 βιοαέριο από ΧΥΤΑ σε περίοδο 15-25 χρόνων.

Όλο και περισσότεροι καταλαβαίνουν πόσο αποδοτική είναι η εκμετάλλευση του βιοαερίου. Στο Rautenweg της Αυστρίας χρησιμοποιούνται 12 μηχανές τύπου JMC 316 GS L.L και η εγκατάσταση παράγει 7.884 KW ηλεκτρικής ενέργειας. Μια συνοπτική

περιγραφή της διαδικασίας που πραγματοποιείται είναι η ακόλουθη: Από τις πηγές βιοαερίου του ΧΥΤΑ το βιοαέριο φιλτράρεται και καταλήγει στη γραμμή συλλογής του βιοαερίου. Κατόπιν περνά από ένα σύστημα αερισμού και φιλτραρίσματος, οδηγείται σε μια μονάδα της Jenbacher και από εκεί οδεύει σε ένα μετατροπέα. Τέλος η έξοδος του μετατροπέα οδηγείται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Μια τέτοια εφαρμογή έχουμε επίσης και στο Arpley της Αγγλίας. Εκεί χρησιμοποιούνται 18 μηχανές τύπου JGC 320 GS L.L και έχουμε έξοδο ηλεκτρικής ενέργειας 18,612 KW_{el}.

Μια τυπική πορεία της εκμετάλλευσης του βιοαερίου ακολουθεί:

Η βιομάζα εισέρχεται και αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή ανάμιξης. Το μίγμα υγειονομοποιείται και πηγαίνει σε έναν αναερόβιο χωνευτήρα. Τα υπολείμματα από τον αναερόβιο χωνευτήρα χρησιμοποιούνται ως ακατέργαστο λίπασμα για γεωργική χρήση. Στην έξοδό του εκλύεται βιοαέριο που οδηγείται σε μια δεξαμενή που το οδηγεί σε μια μονάδα (της Jenbacher) που το μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Από άλλη έξοδο της μηχανής το βιοαέριο περνά από έναν εναλλάκτη θερμότητας και έναν καταναλωτή και ξαναεισέρχεται στη μονάδα. Υπάρχει όμως και άλλη δίοδος διαφυγής που είναι η καμινάδα όπου εκλύεται το αέριο.



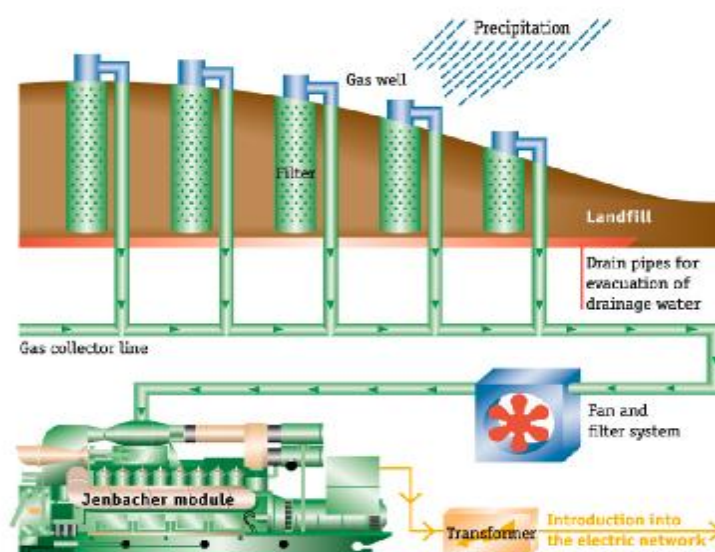
Στην εγκατάσταση στο Siggerwiesen της Αυστρίας χρησιμοποιούνται 3 μηχανές τύπου JMS 316 GS B/L.L με ηλεκτρική έξοδο $1,629 \text{ KW}_{\text{el}}$ και έξοδο θερμικής ενέργειας $2,373 \text{ KW}_{\text{th}}$. Έχουμε επίσης και κάποια άλλα ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία. Η εισερχόμενη βιομάζα ανέρχεται στους 19.900 t/έτος , η παραγωγή βιοαερίου από ΧΥΤΑ στα $2.371.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$, η παραγωγή βιοαερίου στα $3.036.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα 6.510 MWh/έτος και παραγωγή θερμότητας 3.260 MWh/έτος .

Μια συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθείται είναι η επόμενη:

Εισάγονται βιοαπορρίμματα που υπόκεινται σε κάποιου είδους επεξεργασία και οδηγούνται σε μια δεξαμενή χώνευσης. Από εκεί ένα μέρος υφίσταται αφυδάτωση, κατόπιν συμπίεση και τέλος ξήρανση μέσω αέρα, έτσι καταλήγει ως compost για γεωργική χρήση. Στην ίδια εγκατάσταση εισάγεται βιοαέριο που συλλέγεται σε μια δεξαμενή, μετά οδηγείται σε μια δεξαμενή ανάμιξης που αναμιγνύεται με τα αέρια από τη δεξαμενή χώνευσης. Κατόπιν συμπιέζονται, περνούν από τη μονάδα της Jenbacher και στην έξοδο της μονάδας αυτής παίρνουμε ηλεκτρική ενέργεια.

Στην εγκατάσταση στο Siggerwiesen έχουμε επίσης συμπαραγωγή βιοαερίου που περιγράφεται παρακάτω:

Εισέρχεται βιοαέριο και βιοαέριο από ΧΥΤΑ σε μια διάταξη μέτρησης αερίου, όγκου 2.500 m^3 , από εκεί διοχετεύεται και αποσουλφουροποιείται, περνάει από ένα συμπιεστή και είτε διαφεύγει ως φλόγα, είτε οδεύει προς μια ατμογεννήτρια και παίρνουμε ηλεκτρική ενέργεια. Μπορεί επίσης να κατευθυνθεί προς κάποιες άλλες μηχανές που στην έξοδό τους θα πάρουμε θερμότητα και ηλεκτρισμό.



Μια επίσης πολύ ενδιαφέρουσα εγκατάσταση είναι αυτή στο Pastiz της Γερμανίας. Η εγκατάσταση έχει 2 μηχανές τύπου JMS 312 GS B.L. Η επεξεργασία είναι θερμοφίλη και ολοκληρώνεται σε ένα στάδιο ζύμωσης. Η δυναμικότητα της εγκατάστασης είναι 100.000 t/έτος (60% λίπασμα και 40% οργανικά απορρίμματα). Ο όγκος του αντιδραστήρα του βιοαερίου είναι $2 \times 2.100 \text{ m}^3$ και της παστεριοποίησης $3 \times 30 \text{ m}^3$ σε $70^\circ\text{C}/1\text{h}$. Η παραγωγή βιοαερίου είναι περίπου 3,8 Μιο. m^3 /έτος (περίπου $35\text{-}40 \text{ m}^3/\text{t}$ εισόδου) και η παραγωγή λιπάσματος είναι περίπου 95.000 t/έτος. Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται είναι $2 \times 495 \text{ KW}_{\text{el}}$ και η συνολική θερμική ενέργεια είναι $2 \times 740 \text{ KW}_{\text{th}}$.



5.4. Σύστημα πλάσματος για την ενεργειακή διαχείριση απορριμμάτων-ΠΥΡΟΓΕΝΕΣΙΣ

Η εταιρεία ΠΥΡΟΓΕΝΕΣΙΣ ABEE έχει αναπτύξει ένα πολύ ενδιαφέρον σύστημα αξιοποίησης αστικών απορριμμάτων με την τεχνολογία του πλάσματος. Το σύστημα αποτελείται από:

- (1) Σύστημα τροφοδοσίας/προεπεξεργασίας
- (2) Σύστημα αεριοποίησης/υαλοποίησης πλάσματος
- (3) Σύστημα καθαρισμού αερίου σύνθεσης
- (4) Σύστημα ανάκτησης ενέργειας

Το σκεπτικό έχει να κάνει με την ανάκτηση πόρων από τα απόβλητα και με την εναρμόνιση με τις ευρωπαϊκές οδηγίες (1999/31/EC).

Οι κύριοι στόχοι είναι:

- Η μείωση των αποβλήτων προς τελική αναπόθεση και ταφή (ελαχιστοποίηση της μεταφοράς αποβλήτων μεταξύ των τοπικών κοινωνιών)
- Η μείωση των οργανικών/βιοδιασπάσιμων αποβλήτων που οδηγούνται προς υγειονομική ταφή (ελαχιστοποίηση των εκπομπών GHG από τους ΧΥΤΑ)
- Η μεγιστοποίηση της ανάκτησης εκμεταλλεύσιμων πόρων από τα απόβλητα (μετατροπή των μη ανακυκλώσιμων αποβλήτων σε εμπορεύσιμα προϊόντα)
- Η τοπική εκμετάλλευση των πόρων από τα απόβλητα (σύστημα μικρού όγκου, χαμηλό κόστος, περιβαλλοντικά φιλικό και απλά στη λειτουργία που επιτρέπουν σε αυτόν που παράγει τα απόβλητα να επωφεληθεί από την επαναχρησιμοποίηση/αξιοποίηση αυτών)

Το σύστημα της Pyrogenesis μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

Για την αεριοποίηση χρησιμοποιείται αέρας, απόβλητα και ηλεκτρική ενέργεια και από αυτήν προκύπτουν εμπορεύσιμα υλικά. Το πρωτογενές αέριο σύνθεσης της αεριοποίησης καθαρίζεται και έχουμε ανακύκλωση των παραπροϊόντων που οδηγούνται στην αεριοποίηση. Το καθαρό πλέον αέριο σύνθεσης μαζί με τον αέρα μεσω ανάκτησης ενέργειας μας δίνει ατμό και ηλεκτρική ενέργεια.

Η κύρια κάμιнос πλάσματος στο σύστημα αεριοποίησης αποβλήτων αποτελείται από πύλες τροφοδοσίας, ηλεκτρόδια γραφίτη, πυρίμαχη μόνωση, πύλη εξόδου και απορροή τηγμένων υλικών. Ο δευτερεύων αεριοποιητής πλάσματος μοιάζει με ένα σωλήνα που αποτελείται από ημιτελές αεριοποιημένο υλικό από την κύρια κάμινο, από ζώνη θερμικής επεξεργασίας, περιέχει τόξο πλάσματος και μέσα εκεί εγχέεται το πρωτογενές

αέριο σύνθεσης. Στον δευτερεύοντα αεριοποιητή πλάσματος γίνεται η ολοκλήρωση της μετατροπής οργανικών υλικών σε CO και H₂.

Το εξερχόμενο πρωτογενές αέριο σύνθεσης οδηγείται διαδοχικά σε: ένα θάλαμο απότομης ψύξης, ένα διαχωριστή στερεών Venturi, ένα διαχωριστή όξινων αερίων, μια συσκευή διαχωρισμού H₂S για επανάκτηση θείου, ένα φίλτρο HEPA, ένα φίλτρο ενεργού άνθρακα και τέλος σε έναν ανεμιστήρα επαγωγής αερίων.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- Η παραγωγή καθαρού καύσιμου αερίου (το αέριο καθαρίζεται πριν τη χρήση του στο σύστημα ανάκτησης και δεν παράγονται διοξίνες και φουράνες)
- Εξ' ορισμού στη διεργασία της αεριοποίησης δεν παράγονται διοξίνες και φουράνες (οι υψηλές θερμοκρασίες καταστρέφουν κάθε ένωση διοξινών και φουράνων και το αναγωγικό περιβάλλον στο φούρνο εμποδίζει το σχηματισμό ελεύθερου χλωρίου)
- Επιπλέον και αφού το αέριο καθαρίστηκε από τα αιωρούμενα σωματίδια και ενώσεις χλωρίου πριν την καύση σε έναν καυστήρα, τα συστατικά για το σχηματισμό διοξινών εξαλείφονται

Έχει κατασκευαστεί μια πιλοτική μονάδα της Pyrogenesis με δυναμικότητα 2t/ημέρα. Το σύστημα κατασκευάστηκε με την υποστήριξη του Natural Resources του Καναδά και είναι σε λειτουργία 4 χρόνια. Η Pyrogenesis κατέχει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τον αεριοποιητή πλάσματος. Η εταιρεία συνεργάζεται με τη Natural Resources του Καναδά, το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ και την Carnival Corp. Μια πολύ εμπορική εφαρμογή είναι αυτή του συμπαγούς συστήματος πλάσματος για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων σε μεγάλα επιβατικά πλοία και αεροπλανοφόρα.

Σύστημα μικρού όγκου της Pyrogenesis:

Στο σύστημα αυτό :

- (1) χρησιμοποιείται 8 φορές μικρότερη ποσότητα αέρα σε σχέση με ένα θάλαμο καύσης
- (2) χρησιμοποιείται 4 φορές μικρότερη ποσότητα αερίων για καθαρισμό
- (3) χρησιμοποιείται 2 φορές μικρότερη ποσότητα αερίων εκπομπών στο περιβάλλον

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι:

- (1) σύστημα πολύ μικρού όγκου
- (2) μικρή αρχική επένδυση
- (3) χαμηλό λειτουργικό κόστος
- (4) απαιτεί μικρότερη έκταση εγκατάστασης.

6. Ευαισθητοποίηση και περιβαλλοντική συνείδηση

Όπως για κάθε πρόβλημα έτσι και γι' αυτό των απορριμμάτων, η καλύτερη αντιμετώπιση είναι η πρόληψη. Και για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη, περισσότερο από οτιδήποτε άλλο, η ενεργή συμμετοχή του πολίτη. Εξάλλου είναι γνωστό, ότι η επιτυχία των συστημάτων διαχείρισης και ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συνδρομή του, καθώς αυτός είναι που θα κάνει τη διαλογή και τον διαχωρισμό των υλικών, με σκοπό την ανακύκλωση ή την ανάκτηση τους. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι τα συστήματα διαχείρισης με διαλογή στην πηγή είναι τα πιο αποτελεσματικά.

Αρχικά, η κοινή γνώμη, πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι το περιβάλλον δεν μας ανήκει. Δεν το έχουμε κληρονομήσει από τις προηγούμενες γενιές, το έχουμε δανειστεί από τις επόμενες και γι' αυτό πρέπει να το διαφυλάξουμε.

Επίσης, ο πολίτης πρέπει να ενημερωθεί για τις αρνητικές επιπτώσεις των απορριμμάτων, όταν αυτά δεν διαχειρίζονται σωστά (επιπτώσεις της παραγωγής βιοαερίου σε ανεξέλεγκτες χωματερές), αλλά πολύ περισσότερο για το πόσο σημαντική πηγή ενέργειας είναι τα απορρίμματα όταν αξιοποιηθούν. Η προσπάθεια σε σχολεία για την ανακύκλωση και το πρόβλημα των σκουπιδιών.

Σ' αυτό το σημείο θα παίξει καθοριστικό ρόλο η πολιτεία και οι αρμόδιοι φορείς με τα μέτρα που θα πάρουν και την τακτική που θα ακολουθήσουν. Η ενημέρωση είναι το σημαντικότερο όπλο της πολιτείας έναντι του όλο και απειλητικότερου προβλήματος των απορριμμάτων. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες ενέργειες που θα μπορούσε να ακολουθήσει η πολιτεία για την εκπλήρωση του σκοπού αυτού:

- Πρωταρχικά, η προσπάθεια ενημέρωσης του πολίτη πρέπει να ξεκινήσει από το σχολείο. Γιατί, ο ενημερωμένος πολίτης από μικρή ηλικία, γίνεται ακόμα πιο ευαισθητοποιημένος και συνειδητοποιημένος όταν μεγαλώσει, αφού η προστασία του περιβάλλοντος, του έχει γίνει τρόπος ζωής. Το σχολείο, δίνει τη δυνατότητα, όχι μόνο να ενημερωθεί ο πολίτης σχετικά με την ανακύκλωση και την ανάκτηση υλικών και ενέργειας, αλλά και να τις βιώσει.
- Ενημέρωση στους δημότες από τους Δήμους και άλλους αρμόδιους φορείς (όπως ο ΕΣΔΚΝΑ) για την ανακύκλωση και τη σημασία της μείωσης των απορριμμάτων που παράγονται ανά άτομο.
- Στις ενημερώσεις για την ανακύκλωση καλό θα ήταν να αναφερθούν εκτενώς οι θετικές επιπτώσεις της και το πρόβλημα της εξάντλησης των πρώτων υλών.

(μικρότερος αντίκτυπος στο περιβάλλον αφού μειώνεται ο όγκος παραγόμενων απορριμμάτων, εξοικονόμηση στις όλο και λιγότερες πρώτες ύλες κ.λπ.)

- Τοποθέτηση ειδικών κάδων συλλογής (για ανακυκλώσιμα υλικά: χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο) στους δρόμους. Με αυτό επιτυγχάνεται: (1) εξοικονόμηση χρημάτων από το στάδιο του διαχωρισμού και (2) όταν ο πολίτης βλέπει καθημερινά τους κάδους έξω από το σπίτι του θα πάρει πιο εύκολα την απόφαση να ανακυκλώσει κάποια από τα σκουπίδια του.
- Ενημέρωση των πολιτών που μένουν σε περιοχές που βρίσκονται ΧΥΤΑ ότι σε βάθος χρόνου οι χώροι αυτοί θα διαμορφωθούν σε πάρκα και “πνεύμονες οξυγόνου”, το οποίο συνεπάγεται αναβάθμιση και καλύτερη αισθητική για την περιοχή τους.
- Ενημέρωση των πολιτών για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ύπαρξη ανεξέλεγκτων χωματερών, ίσως αυτός είναι ένας τρόπος να σταματήσουν οι αντιδράσεις τους όταν στο Δήμο τους αποφασιστεί να δημιουργηθεί ένας νέος ΧΥΤΑ.
- Ενημέρωση σε βιομηχανίες και εργοστάσια για τις μεθόδους διαχείρισης απορριμμάτων (π.χ. μέθοδος compost) με σκοπό την εξοικονόμηση χρημάτων.
- Ενημέρωση σε ΧΥΤΑ και εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών και στερεών αποβλήτων για μεθόδους ανάκτησης ενέργειας. (π.χ. ηλεκτρική και θερμική ενέργεια)
- Διάθεση κινήτρων και κονδυλίων από το κράτος προς τις ιδιωτικές επιχειρήσεις που (1) τα προϊόντα τους είναι ανακυκλώσιμα, έχουν ανταλλακτικά που ανακυκλώνονται κ.λπ. (2) βρίσκουν τρόπους να χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια για τη λειτουργία τους (3) παράγουν λιγότερα απορρίμματα και (4) είναι γενικότερα ευαισθητοποιημένες στον περιβαλλοντικό τομέα.
- Πριμοδότηση εταιρειών που τα προϊόντα τους είναι επαναχρησιμοποιήσιμα (π.χ. μπουκάλια που γεμίζονται ξανά)
- Θέσπιση αυστηρότερων νόμων που αφορούν όσους μολύνουν το περιβάλλον (επιβολή χρηματικών προστίμων κ.ο.κ.)
- Επανεξέταση της νομοθεσίας που αφορά τις συσκευασίες των προϊόντων με σκοπό τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων που προέρχονται από αυτές.

7. Συμπεράσματα - Επίλογος

Στη μελέτη που προηγήθηκε, παρουσιάστηκαν με λεπτομέρεια όλοι τρόποι ενεργειακής αξιοποίησης των απορριμμάτων. Ωστόσο, δεν θα μπορούσαμε να καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα γενικής εφαρμογής και να χαρακτηρίσουμε κάποια από τις μεθόδους ως περισσότερο αποτελεσματική. Και αυτό συμβαίνει, για τον πολύ απλό λόγο, ότι η επιλογή του τρόπου διαχείρισης των απορριμμάτων διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Η σωστή επιλογή εξαρτάται από τις συνθήκες της περιοχής, καθώς και από την σύνθεση και το ενεργειακό περιεχόμενο των παραγόμενων απορριμμάτων, το οποίο μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα, η σύσταση και το ενεργειακό περιεχόμενο των απορριμμάτων που παράγονται στις Βορειοευρωπαϊκές χώρες θεωρείται καταλληλότερο για επεξεργασία με τη μέθοδο της καύσης, από αυτών που παράγονται στις Μεσογειακές. Η καύση, λοιπόν, αποφεύγεται στις Μεσογειακές χώρες, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των απορριμμάτων των χωρών αυτών σε ζυμώσιμα υλικά.

Ο σκοπός της εργασίας είναι να δώσει στον αναγνώστη μια πλήρη εικόνα του συνόλου των μεθόδων επεξεργασίας απορριμμάτων και των σύγχρονων εφαρμογών τους, των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους, αλλά και τρόπων αντιμετώπισής τους και ει δυνατόν εξάλειψής τους, ώστε να είναι σε θέση να αποφασίσει ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος ανάλογα με τα δεδομένα και τις ανάγκες της περίπτωσης που τον ενδιαφέρει.

Αναμφισβήτητα, όλες οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν έχουν μειονεκτήματα, και μάλιστα πολλές φορές, σημαντικά. Γι' αυτό, θα πρέπει ο πρωταρχικός στόχος να είναι μείωση των απορριμμάτων, μέσω της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης των υλικών. Η επεξεργασία θα πρέπει να περιορίζεται στα αναπόφευκτα απορρίμματα.

Τέλος, θα αναφέρω το πιο σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει κανείς μέσα από αυτή την εργασία. Μέσα από τη μελέτη της, λοιπόν, αποδεικνύεται ότι τα απορρίμματα μπορούν, με την κατάλληλη διαχείριση, να αποτελέσουν σημαντική πηγή ενέργειας και έτσι πρέπει να αντιμετωπίζονται. Στη σύγχρονη κοινωνία όπου ο ρυθμός εξάντλησης των φυσικών πόρων αυξάνεται συνεχώς, τα απορρίμματα μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας. Με τη βοήθεια της τεχνολογίας μπορούμε πλέον να πάρουμε ενέργεια από κάτι που μέχρι πρότεινως θεωρούσαμε άχρηστο.

ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας παρατηρήσαμε την έλλειψη πληροφοριών και βιβλιογραφίας για κάποια θέματα που κατά τη γνώμη μας αξίζει να μελετηθούν. Έτσι εισηγούμαστε τα παρακάτω θέματα:

- Ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων με τη μέθοδο της χημικής αναγωγής.
- Ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων με τη μέθοδο της αλκοολικής ζύμωσης.
- Ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση συστημάτων επεξεργασίας βιοαερίου σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.
- Εφαρμογή προϊόντων λιπασματοποίησης στη γεωργία.
- Ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας και υπολειμμάτων γεωργικών και κτηνοτροφικών μονάδων.
- Συστήματα Τεχνολογίας Πλάσματος για την ενεργειακή αξιοποίηση απορριμμάτων.
- Μονάδες επεξεργασίας στραγγισμάτων.
- Κατάρτιση Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για αδειοδότηση Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων.
- Διαδικασία προκήρυξης, αξιολόγησης και ανάθεσης εγκαταστάσεων στερεών/υγρών αποβλήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Προστασία του περιβάλλοντος από τις βιομηχανικές δραστηριότητες – Πρόληψη βιομηχανικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης – Διαχείριση στερεών αποβλήτων – Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)
2. Τριήμερη Συνάντηση για τη Διαχείριση των Απορριμμάτων στην Ελλάδα – Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων & Κοινοτήτων Ν. Αττικής – Αθήνα, Οκτώβριος 1984
3. 4^ο Διεθνές Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας - Μόλυβος Λέσβου – Σεπτέμβριος 1995
4. 6^ο Διεθνές Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας - Πυθαγόρειο Σάμου 30/8-2/9/99
5. 7^ο Διεθνές Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης & Τεχνολογίας - Ερμούπολη Σύρου – Σεπτέμβριος 2001
6. Δυνατότητες και προοπτικές για την αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα – Θέματα Προγραμματισμού 38 – Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών – Αθήνα 1988
7. Περιοδικό Οικόπολις – Τεύχος 2
8. Ενεργειακή Αξιοποίηση Απορριμμάτων (ημερίδα) – Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών – Αθήνα, Φεβρουάριος 2004
9. Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων – Σκορδίλης Αδαμάντιος Δ. 1993
10. Στοιχεία υγιεινής περιβάλλοντος και υγειονομικής μηχανικής – Μαρκαντωνάτος Γρηγόρης Π.
11. Ρύπανση περιβάλλοντος επιστήμη και τεχνική αντιμετώπισης – Βαλκάνας Γεώργιος, Εκδόσεις Παπαζήση
12. Ανακύκλωση απορριμμάτων στη Λάρισα δυνατότητες και προοπτικές – Τζαχάνης Άγγελος, Βαλακώστας Μιχάλης, Τσιρικόγλου Θεόδωρος
13. Στοιχεία για τον ΧΥΤΑ Α.Λιοσίων από τον ΕΣΔΚΝΑ
14. Geotechnical Practice for Waste Disposal – David. E. Daniel
15. Waste Management – Bilitewski B., Hardtle G., Marek K., Weissbach A., Boeddicker H., Εκδόσεις Springer
16. Sustaining the earth, an integrated approach
17. Municipal solid waste management, Strategies and technologies for sustainable solutions – Ludwig Christian, Hellweg Stefanie, Stucki Samuel

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. www.europa.eu.int
2. www.eea.eu.int
3. www.minenv.gr
4. www.hyper.gr/asstota
5. www.tee.gr
6. www.kedke.gr
7. www.kepe.gr
8. www.ecorec.gr
9. www.recycle.gr
10. www.hachp.gr
11. www.tomi.gr
12. www.safewasteandpower.com
13. www.juniper.co.uk
14. www.recoveredenergy.com
15. www.rae.gr
16. www.cres.gr
17. www.elinyae.gr
18. www.globalmicroturbining.com

