

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΡΑΣΙΝΑ ΣΗΜΕΙΑ

Τι είναι το Πράσινο Σημείο

Το Πράσινο Σημείο είναι ένας οριοθετημένος και διαμορφωμένος χώρος με κατάλληλη κτιριακή υποδομή και εξοπλισμό, οργανωμένος από το Δήμο, ώστε οι δημότες να εναποθέτουν ανακυκλώσιμα υλικά, τα οποία έχουν συλλέξει χωριστά, όπως χαρτί, γυαλί, μέταλλα, πλαστικά, υφάσματα, βρώσιμα έλαια ή χρησιμοποιημένα αντικείμενα και εξοπλισμό (όπως ρουχισμό, έπιπλα, ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό), προκειμένου να προωθηθούν στη συνέχεια για **ανακύκλωση** ή για **επαναχρησιμοποίηση**.

Η λειτουργία του Πράσινου Σημείου αποτελεί κεντρικό πυλώνα της Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων. Κάθε Δήμος δύναται να λειτουργεί τουλάχιστον ένα Πράσινο Σημείο, το οποίο θα είναι ενταγμένο στο Τοπικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) και στον οικείο Περιφερειακό Σχεδιασμό Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ).

Σκοπός και σκοπιμότητα υλοποίησης των Πράσινων Σημείων

Η ανάπτυξη των Πράσινων Σημείων αναμένεται να συμβάλλει στην αύξηση της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης συγκεκριμένων κατηγοριών αποβλήτων (π.χ. μέταλλα, χαρτί, γυαλί, ύφασμα και ξύλο) και άρα στη μείωση της διάθεσης τους σε χώρους τελικής διάθεσης (ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ).

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός δικτύου Πράσινων Σημείων αποσκοπεί στην περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελεσματική συλλογή και προσωρινή αποθήκευση των αποβλήτων, στη μείωση της ανεξέλεγκτης διάθεσης ογκωδών αποβλήτων προς ταφή, στην ευαισθητοποίηση και τη ενεργό συμμετοχή των πολιτών σε θέματα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων τους, επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης. Τα Πράσινα Σημεία εξυπηρετούν επίσης τους κατοίκους μικρών νησιωτικών, ορεινών και απομακρυσμένων περιοχών που ενδεχομένως δεν διαθέτουν άλλους τρόπους διαχείρισης των στερεών αποβλήτων τους.

Βασικός οικονομικός στόχος της λειτουργίας ενός δικτύου Πράσινων Σημείων είναι η επίτευξη της βιωσιμότητας του και η αύξηση των εσόδων από την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση των υλικών και των αντικειμένων που έχουν συλλεχθεί. Για μικρούς Δήμους ενδείκνυται η διαδημοτική συνεργασία, προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα περιβαλλοντικά και τα οικονομικά οφέλη.

Η φιλικότητα στο χρήστη, η ευελιξία, η ευκολία πρόσβασης και η βέλτιστη παροχή υπηρεσιών στα Πράσινα Σημεία είναι σημαντικές παράμετροι για την αποδοχή τους από τους χρήστες.

Χωροθέτηση και αδειοδότηση Πράσινου Σημείου

Εφόσον δεν υπάρχει ρητή πρόβλεψη στους οικείους χωροταξικούς και πολεοδομικούς σχεδιασμούς, η χωροθέτηση δύναται να πραγματοποιηθεί ως «εγκατάσταση αποθήκευσης», σύμφωνα με το Π.Δ. 23-2-87 (ΦΕΚ 166/Δ/1987) «Κατηγορίες και περιεχόμενο χρήσεων γης» και τον «Ν.4269/2014 (ΦΕΚ 142/Α) Χωροταξική και Πολεοδομική Μεταρρύθμιση – Βιώσιμη Ανάπτυξη».

Ένα Πράσινο Σημείο δύναται να κατασκευαστεί:

- μέσα σε περιοχές εντός πολεοδομικών σχεδίων μετά από τροποποίηση τους με βάση το Ν.4269/2014 (ΦΕΚ142/Α),
- μέσα σε οικισμούς μικρότερων των 2.000 κατοίκων ή υφιστάμενους πριν το 1923 όπου δεν έχουν καθοριστεί οι χρήσεις γης,
- μέσα σε υφιστάμενες Πολεοδομικά Σχέδια σε περιοχές με χρήση:
 - οχλούσας βιομηχανίας – βιοτεχνίας,
 - μη οχλούσας βιομηχανίας – βιοτεχνίας – βιοτεχνικού & βιομηχανικού πάρκου «ΒΙΠΑ και ΒΙΟΠΑ προς εξυγίανση»
 - χονδρεμπορίου
- σε πλατείες – χώρους πρασίνου
 - με την προϋπόθεση ότι προβλέπονται από τον πολεοδομικό κανονισμό ή το οικείο σχέδιο,
 - δε θα πρέπει να αναιρούν το χαρακτήρα και τον προορισμό της περιοχής και να είναι μικρής κλίμακας,
- μέσα σε όρια περιοχών εντός σχεδίου πόλης όπου δεν έχουν καθοριστεί χρήσεις γης.

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση των Πράσινων Σημείων υπόκεινται στις διατάξεις του Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209/Α) εμπίπτοντας στην κατηγορία δραστηριοτήτων της Ομάδας 4 «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», α/α 9 «Εγκαταστάσεις αποθήκευσης ανακυκλώσιμων αστικών στερεών αποβλήτων, όπως χαρτί, γυαλί, πλαστικό, αλουμίνιο, κλπ. (εργασίες R12 και R13)»:

- Υποκατηγορία Α2: για ικανότητα αποθήκευσης $Q \geq 1.000$ t εκτός ορίων οικισμών & πόλεων και $Q \geq 200$ t εντός ορίων οικισμών & πόλεων
- Υποκατηγορία Β: για ικανότητα αποθήκευσης $5t < Q < 1.000$ t εκτός ορίων οικισμών & πόλεων και $Q < 200$ t εντός ορίων οικισμών & πόλεων

Λαμβάνονται υπόψη επίσης οι διατάξεις της Υ.Α. 171914/2013 (ΦΕΚ 3072/Β) «Πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις για έργα και δραστηριότητες της κατηγορίας Β της Ομάδας 4: «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», του παραρτήματος IV της Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β), όπως εκάστοτε ισχύει».

Στην παρούσα φάση και λόγω ασαφειών και παραλείψεων στο θεσμικό πλαίσιο, αναμένεται από το αρμόδιο υπουργείο η έκδοση νέα διάταξης για τη χωροταξία, η οποία

θα περιλαμβάνει ως χρήση τα Πράσινα Σημεία και η τροποποίηση της Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β), ώστε να συμπεριληφθούν τα Πράσινα Σημεία ως διακριτή δραστηριότητα.

Όσον αφορά το βαθμό όχλησης, λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις της Κ.Υ.Α. 3137/191/Φ.15/2012 (ΦΕΚ 1048/Β), όπως αυτή τροποποιήθηκε με την Κ.Υ.Α. Φ15/48/5/2014 (ΦΕΚ 27/Β), ο βαθμός όχλησης της δραστηριότητας «Ανακύκλωση μεταλλικών και μη μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων (συμπεριλαμβάνονται οι εργασίες R12)» (α/α 272) ορίζεται ως:

- Μέσης για εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας > 250 kW
- Χαμηλής για εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας ≤ 250 kW

Επιτρεπόμενες κατηγορίες αποβλήτων των Πράσινων Σημείων – Υλικά που συλλέγονται στα Πράσινα Σημεία

Τα υλικά και τα αντικείμενα που συλλέγονται στα Πράσινα Σημεία κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- υλικά και αντικείμενα τα οποία μπορούν να οδηγηθούν προς επαναχρησιμοποίηση με ή χωρίς πρότερη επεξεργασία (π.χ. επισκευή)
- υλικά και αντικείμενα τα οποία μπορούν να οδηγηθούν προς ανακύκλωση ή ανάκτηση.

Η κατάσταση στην οποία προσκομίζονται τα αντικείμενα καθορίζει σε μεγάλο βαθμό εάν εν τέλει θα αξιοποιηθούν ή θα οδηγηθούν προς ανακύκλωση ή διάθεση.

Οι κατηγορίες και οι ποσότητες των υλικών και των αντικειμένων που συλλέγονται στα Πράσινα Σημεία διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή και καθορίζονται από:

- τη στόχευση του φορέα υλοποίησης (ο κάθε φορέας αποφασίζει, ανάλογα με τις ανάγκες του, ποια υλικά θα συλλέγει)
- τη συμμετοχή των χρηστών (η ανταπόκριση των χρηστών είναι απαραίτητη για τη συλλογή του κάθε ρεύματος)
- τις χρήσεις γης στην εξυπηρετούμενη περιοχή (οι ειδικές χρήσεις διαφοροποιούν την ποιοτική σύσταση των παραγόμενων ΑΣΑ και κατά συνέπεια τα εισερχόμενα ρεύματα υλικών)
- τις οικονομικές δυνατότητες κάθε Δήμου (η αύξηση των κατηγοριών υλικών που συλλέγονται αυξάνει τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας)

Η συλλογή των ρευμάτων που υπάγονται στην Εναλλακτική Διαχείριση (ΕΔ), με εξαίρεση τα υλικά συσκευασίας, δεν αποτελεί θεσμική υποχρέωση των Δήμων, ωστόσο μπορεί να παράγει έσοδα για το σύστημα διαχείρισης. Τα υλικά αυτά μπορούν να συλλέγονται μόνο μέσω συνεργασίας με τα αρμόδια Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΕΔ).

Μικρές Ποσότητες Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΜΠΕΑ) γίνονται αποδεκτά σε συνεχή βάση μόνο σε μεγάλα Πράσινα Σημεία και εφόσον υπάρχει η ανάλογη υποδομή και το

εξειδικευμένο προσωπικό. Η μεταφορά πραγματοποιείται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και με χρήση αδειοδοτημένων οχημάτων.

Τα ογκώδη υλικά (πράσινα, αδρανή, scrap μέταλλα κλπ.) θα πρέπει να συλλέγονται κατά προτεραιότητα στα Πράσινα Σημεία, καθώς συμβάλουν καθοριστικά στην αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης.

Σύμμεικτα απόβλητα προς διάθεση δε γίνονται αποδεκτά στα Πράσινα Σημεία και επιστρέφονται. Ενδείκνυται όμως να υπάρχει πρόβλεψη για την τοποθέτηση μικρού αριθμού κάδων για τη συλλογή σύμμεικτων αποβλήτων που εκ παραδρομής προσκομίζονται στα Πράσινα Σημεία ή άλλων άχρηστων υλικών που αφαιρούνται από άλλα ρεύματα ως προσμίξεις από τους εργαζόμενους στο Πράσινο Σημείο.

Αναλόγως των διαθέσιμων υποδομών, συνεργασιών και χωροθέτησης, τα Πράσινα Σημεία μπορούν να δέχονται ορισμένες ή και όλες από τις κατηγορίες αστικών αποβλήτων που παρουσιάζονται παρακάτω:

- χαρτί / χαρτόνι (συσκευασίες, έντυπο)
- γυαλί (συσκευασίες, λοιπά)
- πλαστικά (συσκευασίες, λοιπά)
- μέταλλα (συσκευασίες, λοιπά)
- ξύλινες συσκευασίες
- μικτές συσκευασίες (π.χ. tetra pack)
- ρούχα, υφάσματα, υποδήματα, αξεσουάρ
- λαμπτήρες
- απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού
- βρώσιμα λίπη και λάδια
- φορητές μπαταρίες
- κλαδέματα (βασικό πράσινο σημείο)

Μπορούν επίσης να δέχονται:

- φάρμακα (ληγμένα ή μη)
- μικρές ποσότητες αποβλήτων οικιακής χρήσης που ενδεχομένως εμπεριέχουν επικίνδυνα υπολείμματα (όπως συσκευασίες υγρών καθαρισμού, χρωμάτων, διαλυτών κλπ.)
- θερμόμετρα
- ογκώδη (όπως στρώματα, έπιπλα)

Τα απόβλητα που δύναται να διατεθούν στα Πράσινα Σημεία καλύπτουν επιμέρους κατηγορίες του Κωδικού ΕΚΑ 20 «Αστικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανίες και ιδρύματα), περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγέντων» και του Κωδικού ΕΚΑ 15 «Απόβλητα από συσκευασίες, απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα άλλως».

Πίνακας 1: Υλικά που συλλέγονται σε Πράσινα Σημεία, δυνατότητες διαχείρισης και εμπορευσιμότητα

Υλικά / Αντικείμενα / Απόβλητα	Επαναχρησιμοποίηση	Ανακύκλωση / Ανάκτηση	Δυνατότητα εσόδων
Χαρτί			
• Έντυπο	•	•	•
• Χαρτόνι		•	•
• Συσκευασίες		•	•
• Βιβλία	•	•	•
Πλαστικό			
• Συσκευασίες (φίλμ, HDPE κλπ.)		•	•
• Άλλα αντικείμενα	•	•	•
Γυαλί			
• Συσκευασίες (φιάλες, βάζα κλπ.)	•	•	•
• Θραύσματα γυαλιού		•	
• Άλλα αντικείμενα	•	•	•
Μέταλλα			
• Συσκευασίες		•	•
• Άλλα αντικείμενα	•	•	•
Μικτές συσκευασίες (tetra pack κλπ.)		•	•
Ξύλινες συσκευασίες, ροκανίδια		•	
Κλαδέματα, γρασιδι (πράσινα)		•	
Ηλεκτρικός & Ηλεκτρονικός εξοπλισμός (ΗΗΕ)			
• Ηλεκτρικές & Ηλεκτρονικές Συσκευές	•	•	•
• Λαμπτήρες		•	•
• Φωτιστικά	•	•	•
Φορητές ηλεκτρικές στήλες (μπαταρίες)		•	
Συσσωρευτές οχημάτων & βιομηχανίας (ΑΣΟΒ)		•	
Μεταχειρισμένα Ελαστικά Αυτοκινήτων (ΜΕΟ)	•	•	
Απόβλητα λιπαντικά έλαια (ΑΕ)		•	•
Βρώσιμα λίπη και έλαια		•	•
Ρούχα, υποδήματα, λευκά είδη, υφάσματα	•	•	•
Ογκώδη αντικείμενα οικιακής χρήσης			
• Έπιπλα, στρώματα, χαλιά, μοκέτες	•	•	•
• Ποδήλατα	•	•	•

• Υαλοπίνακες	•	•	•
• Καλοριφέρ	•	•	•
• Μεταλλικά Scrap, ογκώδη πλαστικά		•	•
Μικροαντικείμενα οικιακής χρήσης			
• Παιχνίδια, διακοσμητικά, αξεσουάρ	•	•	•
• CD-DVD – Δίσκοι – Βιντεοκασέτες	•	•	•
• Εργαλεία	•	•	•
Μικρές Ποσότητες Επικίνδυνων Αποβλήτων (Θερμόμετρα, ακτινογραφίες, χρώματα, διαλύτες, φάρμακα κλπ.)		•	
Αδρανή (μπάζα, πλακάκια, είδη υγιεινής κλπ. – δεν αφορά χωματισμούς)	•	•	•

Υποδομές και λειτουργία Πράσινων Σημείων

Η ανάπτυξη ενός δικτύου Πράσινων Σημείων ανήκει στην αρμοδιότητα του Δήμου και σχεδιάζεται σε επίπεδο Δήμου ή Δήμων, στο πλαίσιο των Τοπικών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΤΣΔΑ) ή και των Περιφερειακών Σχεδίων Διαχείρισης Αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ).

Ο στρατηγικός σχεδιασμός ενός Πράσινου Σημείου διαμορφώνεται ανάλογα με τις ανάγκες του Δήμου και τις ιδιαιτερότητες της περιοχής, εξασφαλίζει ευελιξία στον τρόπο λειτουργίας του δικτύου, αναθεωρείται ανάλογα με τα αποτελέσματα μετά από αξιολόγηση και είναι απόλυτα συνυφασμένος με το εκάστοτε ΤΣΔΑ και τον ΠΕΣΔΑ. Στον στρατηγικό σχεδιασμό καθορίζονται:

- οι στόχοι και τα προσδοκώμενα οφέλη
- τα υλικά και τα αντικείμενα που συλλέγονται
- η πυκνότητα του δικτύου
- οι απαιτούμενες κεντρικές και περιφερειακές εγκαταστάσεις
- ο τρόπος υλοποίησης και λειτουργίας
- οι συνεργασίες με άλλους φορείς και οι συνεργασίες με προγράμματα Διαλογής στην Πηγή
- τα στάδια υλοποίησης και λειτουργίας
- το σχέδιο παρακολούθησης και λειτουργίας
- οι φάσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης

Σχεδιασμός και Διάταξη

Ο αριθμός των συνολικών σημείων (κεντρικών και περιφερειακών) ενός δικτύου Πράσινων Σημείων εξαρτάται από:

- τις ποσότητες των εισερχόμενων υλικών και τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό
- την ευκολία πρόσβασης του πληθυσμού
- τα κόστη κατασκευής και λειτουργίας
- τα αναμενόμενα έσοδα.

Συνήθως, η ακτίνα εξυπηρέτησης των σταθερών Πράσινων Σημείων κυμαίνεται από 3 km έως 8 km και στις αραιοκατοικημένες περιοχές ως 11 km. Στα Κράτη Μέλη της Ε.Ε. παρατηρείται μεγάλο εύρος πυκνότητας Πράσινων Σημείων σε σχέση με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό, από 30.000 έως και 200.000 κατοίκους ανά εγκατάσταση, με μέσο όρο ένα Πράσινο Σημείο ανά 100.000 κατοίκους.

Ένα δίκτυο Πράσινων Σημείων αποτελείται από ένα σύνολο υποδομών, οι οποίες μπορεί να διαφοροποιούνται σε σχέση με τα βασικά χαρακτηριστικά τους, όπως το μέγεθος και η λειτουργία τους.

Ενδεικτικά τα κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης των διαφόρων εναλλακτικών τύπων Πράσινων Σημείων ομαδοποιούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Περιβαλλοντικά
 - Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
 - Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι σε έκτακτες περιπτώσεις
 - Κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία
 - Όχληση (θόρυβος, οπτική όχληση, κλπ.)
- Οικονομικά
 - Κόστος επένδυσης (κατασκευή / προμήθεια)
 - Κόστος λειτουργίας
 - Αναμενόμενα έσοδα
- Λειτουργικά
 - Εγγύτητα στους χρήστες
 - Ευκολία εργασιών διαχείρισης
 - Εξυπηρέτηση μη οικιακών παραγωγών αποβλήτων
- Απόδοσης
 - Δυνατότητες πληθυσμιακής κάλυψης
 - Ποσοστά ανακύκλωση που επιτυγχάνονται

Οι παράμετροι που εξετάζονται επίσης κατά την επιλογή τόσο του τύπου όσο και του μεγέθους των Πράσινων Σημείων κατά το σχεδιασμό είναι:

- ο πληθυσμός που θα εξυπηρετεί το Πράσινο Σημείο
- τα υλικά που θα συλλέγονται στο Πράσινο Σημείο
- η χωροταξία στην εξυπηρετούμενη περιοχή
- οι διαθέσιμες εκτάσεις ή / και κτιριακές εγκαταστάσεις
- οι χρήσεις γης στην εξυπηρετούμενη περιοχή
- η εποχιακή διακύμανση
- οι ιδιαιτερότητες της περιοχής

Τα **σταθερά Πράσινα Σημεία** είναι ο μόνος τύπος που μπορεί να εξυπηρετεί τη συλλογή όλων των εν δυνάμει κατηγοριών υλικών. Ωστόσο, η ακτίνα εξυπηρέτησης είναι μεγάλη καθώς κατασκευάζονται συνήθως εκτός αστικού ιστού. Επίσης, απαιτούν σημαντικές εκτάσεις για την εγκατάσταση τους και έχουν υψηλότερο κόστος κατασκευής και λειτουργίας σε σχέση με του άλλους τύπους. Τα σταθερά Πράσινα Σημεία κατασκευάζονται εντός οριοθετημένου, περιφραγμένου και κατάλληλα διαμορφωμένου χώρου. Η πρόσβαση των χρηστών σε αυτά γίνεται συνήθως με όχημα. Στα σταθερά Πράσινα Σημεία μπορούν να συλλέγονται όλα τα υλικά που προαναφέρθηκαν. Η συλλογή των υλικών γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένα μέσα συλλογής (containers, κάδοι) διαφόρων μεγεθών. Τα μεγάλης κλίμακας σταθερά Πράσινα Σημεία δύναται να λειτουργούν επιπλέον ως Σταθμοί Μεταφόρτωσης Αποβλήτων (ΣΜΑ). Η απαιτούμενη έκταση ενός σταθερού Πράσινου Σημείου κυμαίνεται συνήθως από 500 m² έως και άνω των 10.000 m².

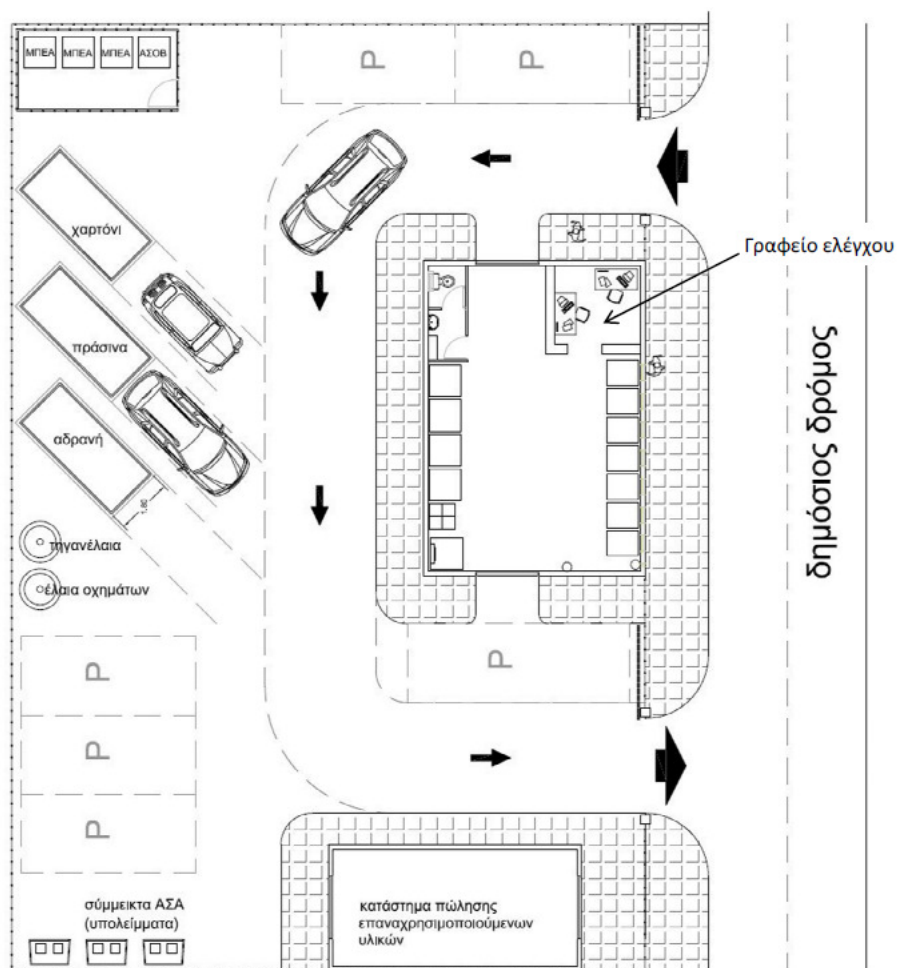
Τα **Πράσινα Σημεία γειτονιάς** («νησίδες») μπορούν να περιορίσουν κατά πολύ την απόσταση από τους χρήστες, αλλά χρησιμοποιούνται μόνο για μικρό αριθμό και μικρού όγκου υλικά, όπως π.χ. οι συσκευασίες. Πρόκειται για σημεία συλλογής μικρής κλίμακας που είτε περιλαμβάνουν μόνο κάδους, είτε μικρού μεγέθους compact εγκαταστάσεις συλλογής υλικών. Συνήθως εγκαθίσταται κοντά σε πολυκαταστήματα, σε μεγάλες επιχειρήσεις, σε μεγάλα οικοδομικά τετράγωνα ή σε κοινόχρηστους χώρους (πλατείες) στους οποίους εξασφαλίζεται η πρόσβαση του κοινού, δεδομένου ότι η έκταση του καταλαμβάνουν δεν ξεπερνά τα 50 m². Ένας τύπος Πράσινου Σημείου γειτονιάς είναι και τα αυτόματα μηχανήματα συλλογής υλικών, τα οποία μπορεί κατά περίπτωση να αποδίδουν ένα συμβολικό χρηματικό αντίτιμο στο χρήστη.

Τα **κέντρα ανακύκλωσης** αποτελούν περιφερειακές εγκαταστάσεις, οι οποίες στεγάζονται εντός κτιρίων περιορισμένης έκτασης. Δύναται να εγκατασταθούν εντός προκατασκευασμένων κτιρίων (> 50 m²) ή υφιστάμενων κτιρίων. Τα υλικά που μπορούν να συλλέγονται είναι κυρίως μικρού όγκου. Υπό προϋποθέσεις, μπορούν να εξυπηρετήσουν και τη συλλογή ογκωδών, αλλά απαιτούν συχνότερες μεταφορές, καθώς ο διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος είναι συνήθως περιορισμένος. Τα κέντρα ανακύκλωσης δύναται να λειτουργούν σε εποχιακή βάση κατά την τουριστική περίοδο ή κατά τους μήνες συντήρησης κήπων και πάρκων για τη συλλογή κλαδεμάτων. Επίσης, απαιτείται προσωπικό για τη λειτουργία τους, κάτι που δεν συμβαίνει με τα Πράσινα Σημεία γειτονιάς.

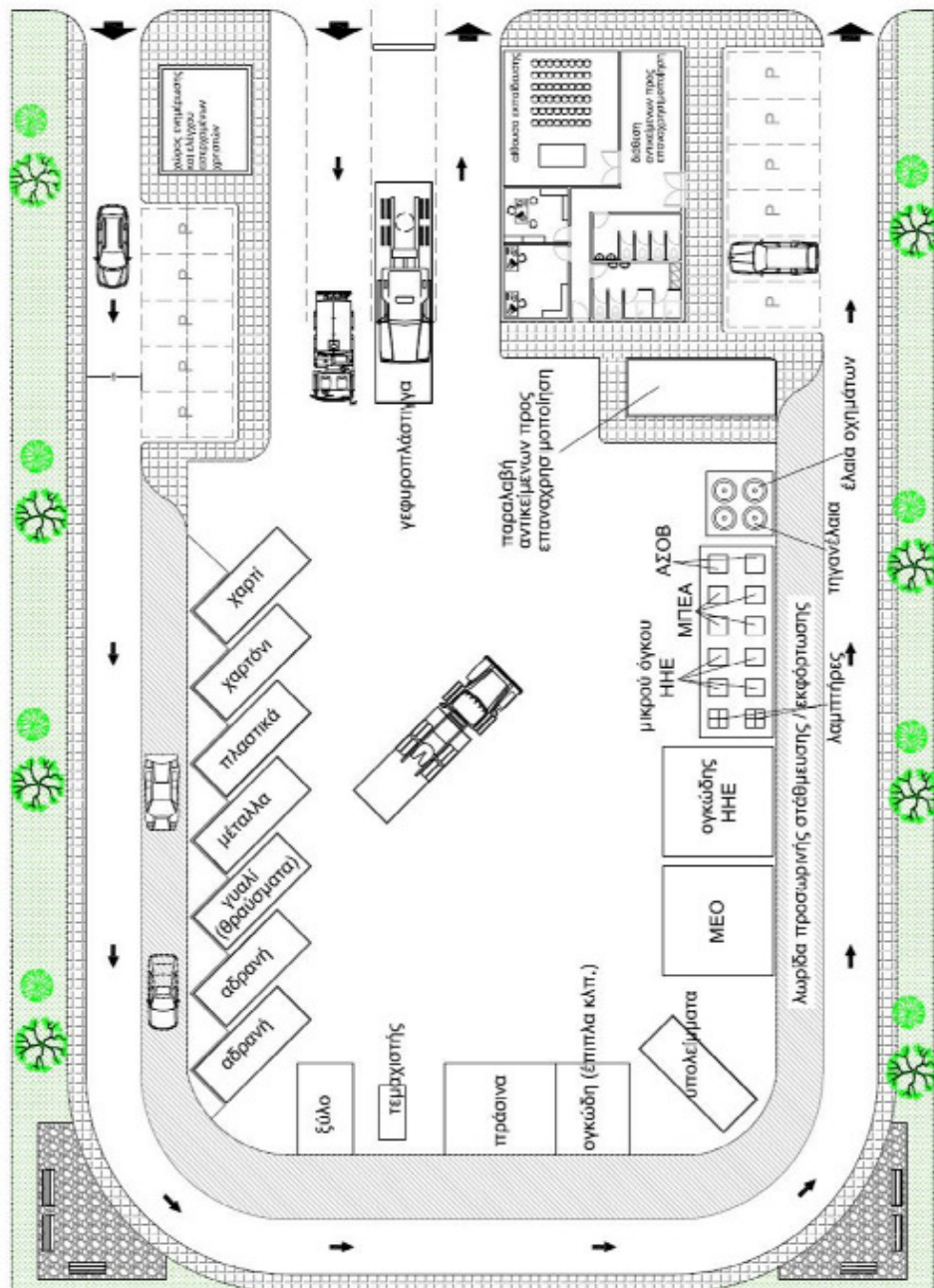
Τα **κινητά Πράσινα Σημεία** αποτελούν οχήματα αυτοκινούμενα ή ρυμουκλούμενα, τα οποία διαθέτουν ξεχωριστά μέσα συλλογής (κάδους, μικρά container) για κάθε επιμέρους υλικό που συλλέγεται. Ενδείκνυται για την εξυπηρέτηση απομακρυσμένων οικισμών, όπου οι ποσότητες των υλικών προς παράδοση είναι μικρές.

Απαιτούμενες υποδομές ανά τύπο Πράσινου Σημείου

Οι υποδομές που απαιτούνται για την κατασκευή **σταθερών Πράσινων Σημείων** περιλαμβάνουν οριοθέτηση και διαμόρφωση του χώρου, κτιριακές εγκαταστάσεις, εσωτερική οδοποιία και δίκτυα. Απαραίτητο είναι να διασφαλίζεται η ασφαλής πρόσβαση σε φορτηγά αυτοκίνητα μεταφοράς των υλικών εκτός Πράσινου Σημείου.

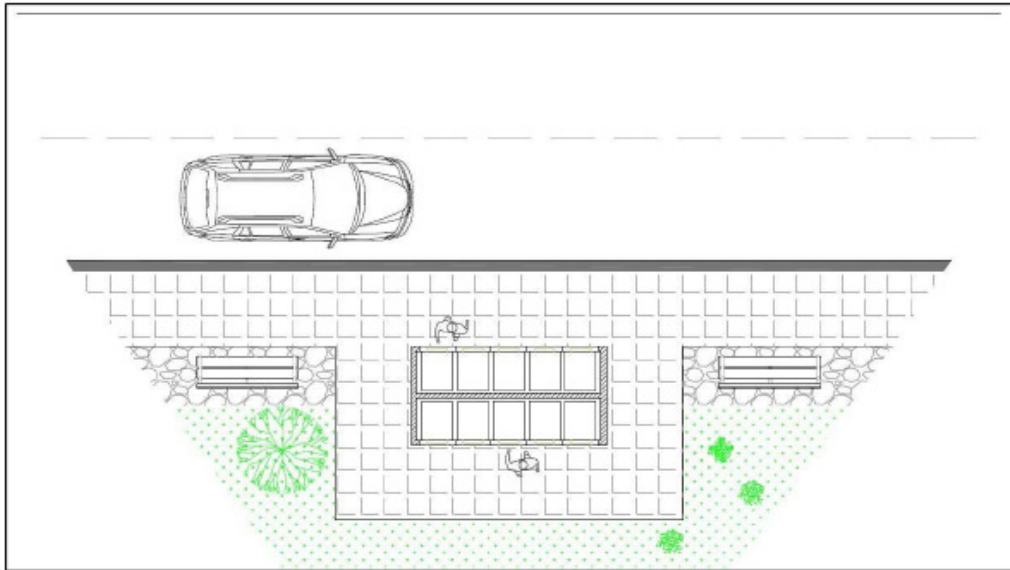


Εικόνα 1: Ενδεικτική γενική διάταξη μικρής κλίμακας σταθερού Πράσινου Σημείου σε χώρο έκτασης 600 m²



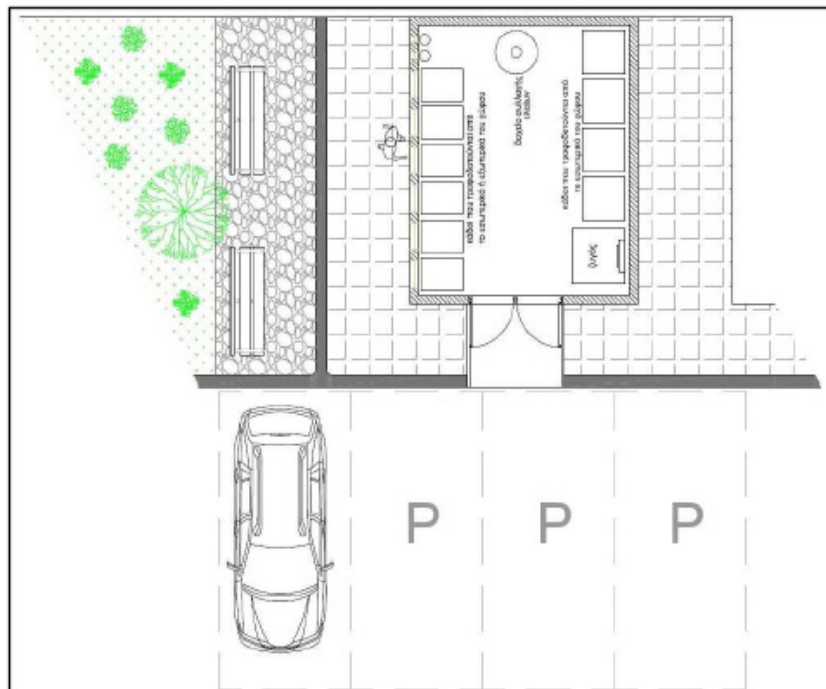
Εικόνα 2: Ενδεικτική γενική διάταξη μεσαίας κλίμακας σταθερού Πράσινου Σημείου σε χώρο έκτασης 3.500 m²

Για την εγκατάσταση **Πράσινων Σημείων γειτονιάς** δεν απαιτείται η κατασκευή υποδομών πέραν από ενδεχόμενες διαμορφώσεις του περιβάλλοντος χώρου για τη διευκόλυνση της πρόσβασης των πολιτών και των μεταφορέων. Σε περίπτωση που το Πράσινο Σημείο γειτονιάς δεν είναι κλειστό ή χρησιμοποιεί συμβατικούς κάδους, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος κλοπής των συλλεχθέντων υλικών.



Εικόνα 3: Ενδεικτική γενική διάταξη προσαρμογής Πράσινου Σημείου γειτονιάς («νησίδας») 8 m² σε δημόσιο χώρο

Για την εγκατάσταση **κέντρου ανακύκλωσης** μικρής κλίμακας, οι εναλλακτικές που αξιολογούνται είναι τρεις: α. η κατασκευή κτιρίου περιορισμένης έκτασης, β. η προμήθεια προκατασκευασμένου οικίσκου και γ. η αξιοποίηση υφιστάμενου κτιρίου. Εντός του κτιρίου τοποθετούνται τα μέσα συλλογής, ενώ για την πρόσβαση και τη διευκόλυνση των χρηστών απαιτούνται χώροι στάθμευσης και διαμορφώσεις περιβάλλοντος χώρου.



Εικόνα 4: Ενδεικτική γενική διάταξη μικρού κέντρου ανακύκλωσης

Τα **κινητά Πράσινα Σημεία** δεν απαιτούν υποδομές αλλά είναι απαραίτητο να υπάρχει επαρκής χώρος προσωρινής στάθμευσης για το όχημα μεταφοράς και για τα Ι.Χ. των χρηστών, ο οποίος θα πρέπει να είναι διαθέσιμος κατά την ημέρα λειτουργίας. Τα μέσα συλλογής μπορεί να είναι ενσωματωμένα στο πλαίσιο του οχήματος ή να είναι κινητά. Μέσω των κινητών Πράσινων Σημείων δύνανται να συλλέγονται έως και ορισμένα ογκώδη υλικά, όπως ηλεκτρικές συσκευές.



Εικόνα 5: Ρυμουλκούμενο κινητό Πράσινο Σημείο (αριστερά) και κινητό Πράσινο Σημείο σε χώρο στάθμευσης (δεξιά)

Για την προσωρινή αποθήκευση στα Πράσινα Σημεία των επιτρεπόμενων κατηγοριών αποβλήτων, χρησιμοποιημένων αντικειμένων και εξοπλισμού, πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι περιέκτες, όπως κάδοι, σκάφες (skips) ή εμπορευματοκιβώτια (containers), διαφόρων μεγεθών, αναλόγως της έκτασης του Πράσινου Σημείου και των αναμενόμενων παραλαμβανόμενων ποσοτήτων ανά υλικό. Τα Πράσινα Σημεία πρέπει επίσης να είναι εφοδιασμένα με εξοπλισμό ζύγισης, ενώ η απόδοσή τους μπορεί να βελτιωθεί πολύ με τη χρήση συμπιεστών, δεματοποιητών και κλαδοτεμαχιστών. Στα Πράσινα Σημεία προβλέπεται η ύπαρξη και ορισμένων βασικών υποδομών για την εξυπηρέτηση του προσωπικού (χώροι γραφείων, αποθήκη εργαλείων, χώρος αποδυτηρίων).

Η κατάλληλη σήμανση στα Πράσινα Σημεία αποτελεί μία από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους για τον αποδοτικότερο διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων και τη μείωση των υπολειμμάτων σε αυτά. Η χρήση χρωματικών κωδικών είναι ένας πολύ ορατός τρόπος διαφοροποίησης των σημείων συλλογής των υλικών που συμπληρώνει την σχηματική και λεκτική πληροφορία των πινακίδων. Τα χρώματα στις πινακίδες πρέπει να ακολουθούν το χρωματικό κώδικα που επιβάλλεται μέσω του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ) για τους κάδους των ανακυκλώσιμων (πορτοκαλί γυαλί, κίτρινο χαρτί-χαρτόνι, κόκκινο πλαστικά-μέταλλα ή μπλε για μέταλλα, καφέ βιοαποδομήσιμα, πράσινο ή γκρι μεταλλικό σύμμεκτα).

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα Πράσινα Σημεία εξυπηρετούν τη συλλογή και όχι την επεξεργασία, κρίνεται ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των Πράσινων Σημείων είναι μάλλον θετικές, παρά αρνητικές. Εντούτοις, αναγνωρίζονται τα εξής ως προς την περιβαλλοντική επίδραση της λειτουργίας των Πράσινων Σημείων:

- Αέριες εκπομπές: μεσαίας έντασης επιπτώσεις από την κυκλοφορία οχημάτων μεταφοράς υλικών και χρηστών από και προς τα Πράσινα Σημεία. Οι επιπτώσεις περιορίζονται με καλό σχεδιασμό λειτουργίας και αποτελεσματική σήμανση.
- Φυσικό περιβάλλον: μικρής έντασης επιπτώσεις στη μορφολογία και την βιοποικιλότητα. Περιορισμός με κατάλληλη επιλογή των γηπέδων εκτός ευαίσθητων & προστατευόμενων περιοχών.
- Σκόνη: περιορισμένης έντασης επιπτώσεις από την κίνηση οχημάτων μεταφοράς υλικών και χρηστών. Περιορισμός με κατάλληλη σήμανση των ορίων ταχύτητας.
- Θόρυβος: μικρής έντασης επιπτώσεις ηχορύπανσης από την απόθεση υλικών (κυρίως γυαλιών), τη μεταφορά κάδων και από τη λειτουργία μηχανημάτων π.χ. τεμαχιστής. Ελαχιστοποίηση με τη λήψη κατάλληλων μέτρων (αυστηρή τήρηση ωρών κοινής ησυχίας, κατάλληλη σήμανση, κ.ά.)

Παρακολούθηση και μέτρηση επίδοσης Πράσινων Σημείων

Η παρακολούθηση της λειτουργίας του δικτύου Πράσινων Σημείων συμβάλλει στη διαρκή βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών και των αποτελεσμάτων χρήσης. Ειδικά σε περιοχές όπου πρωτοεμφανίζεται το μέτρο, η βελτιστοποίηση της λειτουργίας αποτελεί μια διαδικασία συνεχούς παρακολούθησης και παρεμβάσεων, η οποία αποδίδει σε βάθος χρόνου. Η παρακολούθηση αφορά:

- Αποτελέσματα διαχείρισης
 - ποσότητες, ποιοτική σύσταση και κατηγοριοποίηση εισερχόμενων υλικών
 - ποσότητες ανακτώμενων υλικών
 - ποσοστά ανακύκλωσης
 - ποσοστά επαναχρησιμοποίησης
 - ποσοστά εκτροπής από την ταφή
 - καθαρότητα υλικών (ποσοστό προσμίξεων)
- Παρεχόμενες υπηρεσίες
 - αξιολόγηση από τους χρήστες
 - αξιολόγηση από αποδέκτες υλικών
- Περιβαλλοντική παρακολούθηση
 - κατανάλωση νερού και ενέργειας
 - κίνηση οχημάτων
 - παραγόμενα υγρά και στερεά απόβλητα
- Οικονομικά στοιχεία
 - κόστη λειτουργίας
 - έσοδα

Οι φορείς λειτουργίας θα πρέπει να εφαρμόζουν ένα σύστημα παρακολούθησης της απόδοσης των Πράσινων Σημείων. Ενδεικτικές παράμετροι που θα πρέπει να μπορούσαν να παρακολουθούνται κατά τη λειτουργία του Πράσινου Σημείου είναι οι εξής:

- Ποσοστά ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης και ανάκτησης. Η σημαντικότερη παράμετρος που αντικατοπτρίζει την απόδοση ενός Πράσινου Σημείου είναι το ποσοστό επί των υλικών που συλλέχθηκαν και που οδηγήθηκαν προς ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση.
- Εισερχόμενες ποσότητες. Τα συμπεράσματα που εξάγονται αφορούν κυρίως στην επισήμανση των ρευμάτων στα οποία υπάρχει έντονη ή χαμηλότερη ανταπόκριση του κοινού και στον εντοπισμό πιθανών ελλείψεων στις εγκαταστάσεις.
- Υπολείμματα προς ταφή. Οι ποσότητες των υπολειμμάτων που οδηγούνται προς ταφή (υλικά που παραδόθηκαν σύμμεικτα ή διαχωρίστηκαν ως προσμίξεις από άλλα ρεύματα), αποτελούν ισχυρή ένδειξη για το αν το Πράσινο Σημείο εξυπηρετεί ικανοποιητικά του στόχους του φορέα.
- Αξιολογήσεις Πράσινων Σημείων από τους χρήστες. Δεδομένου ότι η επιτυχία των Πράσινων Σημείων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμμετοχή του κοινού, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η γνώμη των πολιτών, μέσω ερωτηματολογίων ή ερευνών. Είναι σημαντικό επίσης να καταγράφεται η περιοχή διαμονής του χρήστη.
- Καταγραφή δεδομένων και δείκτες παρακολούθησης. Για τις ανάγκες της παρακολούθησης, καταγράφονται τα φορτία υλικών που εξέρχονται, ο τελικός τους προορισμός, το κόστος ή το όφελος που προκύπτει από τη διαχείριση κάθε φορτίου.

Πίνακας 2: Ενδεικτικοί δείκτες παρακολούθησης λειτουργίας Πράσινων Σημείων

Δείκτης	Μονάδα μέτρησης
Συνολική απόδοση εγκατάστασης	
Συνολικές ποσότητες συλλεχθέντων υλικών	τόνοι
Ποσότητες που οδηγήθηκαν προς ανακύκλωση	τόνοι
Ποσοστό υλικών που οδηγήθηκαν προς ανακύκλωση προς τις συνολικά εισερχόμενες ποσότητες	%
Ποσότητες που οδηγήθηκαν προς επαναχρησιμοποίηση	τόνοι
Ποσοστό υλικών που οδηγήθηκαν προς επαναχρησιμοποίηση προς τις συνολικά εισερχόμενες ποσότητες	%
Ποσότητες που οδηγήθηκαν προς διάθεση	τόνοι
Ποσοστό υλικών που οδηγήθηκαν προς διάθεση προς τις συνολικά εισερχόμενες ποσότητες	%
Απόδοση ανά υλικό	
Ποσότητες ΑΕΚΚ που συλλέχθηκαν	τόνοι
Ποσότητες συσκευασιών που συλλέχθηκαν	τόνοι
Ποσότητες πράσινων αποβλήτων που συλλέχθηκαν	τόνοι
Οικονομικά αποτελέσματα	
Κόστος λειτουργίας	€
Έσοδα	€
Λοιποί δείκτες	
Ποσότητες υλικών που παραδόθηκαν από πολίτες	τόνοι
Ποσότητες υλικών που παραδόθηκαν από επιχειρήσεις	τόνοι

Στοιχεία Κόστους Πράσινων Σημείων

Το κόστος των Πράσινων Σημείων παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το μέγεθος, την έκταση και τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κόστη κατασκευής και προμήθειας εξοπλισμού (κόστος επένδυσης), όπως εκτιμώνται από τον Οδηγό για το Σχεδιασμό, την Οργάνωση και Λειτουργία των Πράσινων Σημείων¹.

Πίνακας 3: Εκτιμώμενο επενδυτικό κόστος Πράσινων Σημείων

Εκτιμώμενο κόστος επένδυσης ανά κατηγορία Πράσινων Σημείων			
<u>Τύπος Πράσινου Σημείου</u>	<u>Κόστος κατασκευής</u>	<u>Κόστος προμήθειας εξοπλισμού</u>	<u>Σύνολο κόστους επένδυσης</u>
Κινητά ΠΣ	-	120,000 -150,000	120,000 -150,000 €
ΠΣ γειτονιάς	< 2,000	5,000 – 10,000	5,000 – 12,000 €
Κέντρα ανακύκλωσης μικρής κλίμακας	2,000 – 20,000	8,000 – 10,000	10,000 – 30,000 €
Μικρής κλίμακας σταθερά ΠΣ	150,000 – 250,000	25,000 – 30,000	175,000 – 300,000 €
Μέσης κλίμακας σταθερά ΠΣ	300,000 – 600,000	250,000 – 350,000	550,000 – 950,000 €
Μεγάλης κλίμακας σταθερά ΠΣ	600,000 – 900,000	350,000 – 450,000	950,000 – 1,350,000 €

Στον παραπάνω οδηγό γίνεται αναφορά και στους παράγοντες που διαμορφώνουν το λειτουργικό κόστος ενός ΠΣ, αλλά δεν γίνεται κάποια σαφής προσέγγιση για τα ελληνικά δεδομένα. Γενικότερα για την Ευρώπη, το μέσο λειτουργικό κόστος εκτιμάται σε **52€/tn** συλλεγόμενων αποβλήτων (συμπεριλαμβάνονται κόστη μεταφοράς στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας και δεν συμπεριλαμβάνονται κόστη ενοικίου έκτασης και ΦΠΑ).

¹ Οδηγός για το Σχεδιασμό, την Οργάνωση και Λειτουργία Πράσινων Σημείων, Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α, 2015

ΚΕΝΤΡΑ ΔΙΑΛΟΓΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (ΚΔΑΥ)

Τα Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) είναι εγκαταστάσεις όπου με συνδυασμό μεθόδων μηχανικής και χειρωνακτικής διαλογής, διαχωρίζονται ανάμεικτα μη επικίνδυνα στερεά απόβλητα ή ομάδες υλικών, τα οποία προέρχονται από διαλογή στην πηγή. Τα υλικά που ανακτώνται είναι αναβαθμισμένα ως προς την καθαρότητα τους, άρα και καλύτερα εμπορεύσιμα, και μετά τη δεματοποίηση των διαχωρισθέντων υλικών, αυτά προωθούνται στην αγορά.

Στα κέντρα αυτά καταλήγουν τα απόβλητα υλικών συσκευασίας που συγκεντρώνονται κατά κανόνα με το σύστημα του μπλε κάδου (χαρτί και χαρτόνι, πλαστικό, μέταλλα, γυαλί). Κέντρα Διαλογής και Ανακύκλωσης Υλικών υπάρχουν και για άλλα ρεύματα αποβλήτων, όπως τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα την οικονομική βιωσιμότητα ενός ΚΔΑΥ είναι ο σχεδιασμός του και φυσικά η ομαλή λειτουργία του. Για το σχεδιασμό και την επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού ενός ΚΔΑΥ, λαμβάνονται υπόψη οι εξής παράμετροι:

- οι αναμενόμενες εισερχόμενες ποσότητες κάθε ρεύματος
- η σύσταση σε κάθε υλικό της εισερχόμενης ποσότητας
- ο χρόνος παραμονής των εισερχόμενων ποσοτήτων πριν την επεξεργασία τους και των δεματοποιημένων υλικών πριν την προώθηση τους στις βιομηχανίες ανακύκλωσης
- οι προδιαγραφές των πρώτων υλών της βιομηχανίας ανακύκλωσης

Περιβαλλοντική αδειοδότηση

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση των Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) υπόκεινται στις διατάξεις του Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209/Α) εμπίπτοντας στην κατηγορία δραστηριοτήτων της Ομάδας 4 «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», α/α 10 «Μεμονωμένες εγκαταστάσεις ανάκτησης υλικών μέσω μηχανικής διαλογής (ΚΔΑΥ, ΕΜΑΚ, κλπ.) από μη επικίνδυνα απόβλητα (εργασίες R12)»:

- Υποκατηγορία Α2: Το σύνολο των εγκαταστάσεων
- Υποκατηγορία Β: Οι χώροι υποδοχής κινητών μονάδων

Λαμβάνονται υπόψη επίσης οι διατάξεις της Υ.Α. 171914/2013 (ΦΕΚ 3072/Β) «Πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις για έργα και δραστηριότητες της κατηγορίας Β της Ομάδας 4: «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», του παραρτήματος ΙV της Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β), όπως εκάστοτε ισχύει».

Όσον αφορά το βαθμό όχλησης, λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις της Κ.Υ.Α. 3137/191/Φ.15/2012 (ΦΕΚ 1048/Β), όπως αυτή τροποποιήθηκε με την Κ.Υ.Α. Φ15/48/5/2014 (ΦΕΚ 27/Β), ο βαθμός όχλησης της δραστηριότητας «Ανακύκλωση

μεταλλικών και μη μεταλλικών απορριμμάτων και υπολειμμάτων (συμπεριλαμβάνονται οι εργασίες R12)» (α/α 272) ορίζεται ως:

- Μέσης για εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας > 250 kW
- Χαμηλής για εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας ≤ 250 kW

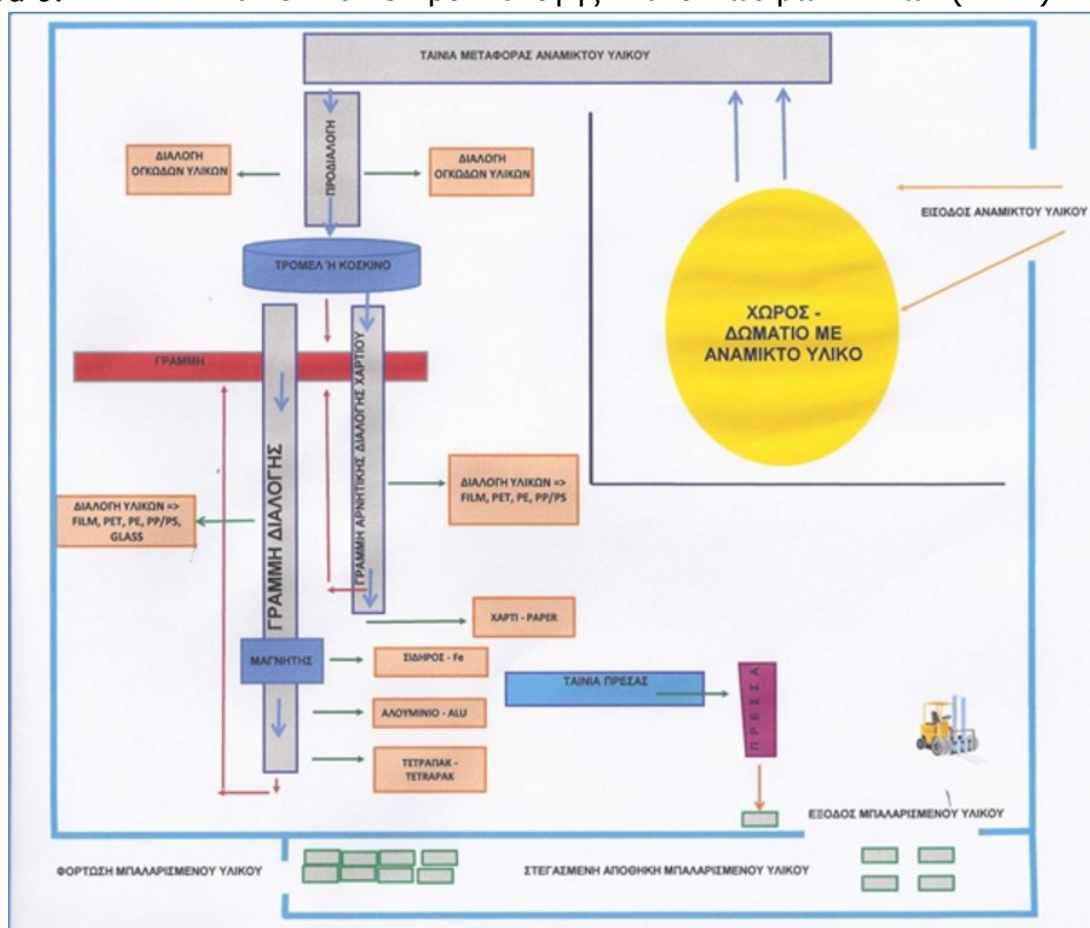
Λειτουργία ενός ΚΔΑΥ

Η βασική διαδικασία λειτουργίας ενός ΚΔΑΥ με χειρωνακτικό σύστημα περιγράφεται στη συνέχεια (σημειώνεται ότι στην περίπτωση μηχανοποιημένων συστημάτων μέρος των εργασιών πραγματοποιείται μηχανικά).

- Τα υλικά φθάνουν στο Κέντρο είτε σε ένα είτε σε δύο διαχωρισμένα μεταξύ τους ρεύματα: αυτό του χαρτιού και αυτό των υπόλοιπων ανάμεικτων υλικών.
- Τα οχήματα συλλογής, ανάλογα με το είδος του υλικού που μεταφέρουν, εκφορτώνουν στην αντίστοιχη χοάνη τροφοδοσίας.
- Στην περίπτωση που η χωρητικότητα της χοάνης δεν επαρκεί, στο κτίριο υπάρχει χώρος υποδοχής στον οποίο μπορούν τα υλικά να παραμένουν μέχρι την προώθηση τους στην ταινία διαχωρισμού, την επόμενη μέρα.
- Από τη χοάνη τα υλικά, με τη βοήθεια ανυψωτικής ταινίας, διέρχονται μέσω δονητικού κόσκινου για την κατακράτηση των θραυσμάτων γυαλιού, των μικροαντικειμένων, της σκόνης, κλπ.
- Στο χώρο της τροφοδοσίας και της ανυψωτικής ταινίας γίνεται χειρωνακικά προδιαχωρισμός των χαρτονιών, τα οποία και εύκολα αποσπώνται από τα υπόλοιπα υλικά, αλλά και πρόβλημα υπερφόρτωσης των γραμμών διαχωρισμού (λόγω του όγκου που καταλαμβάνουν) μπορούν να προκαλέσουν.
- Τα μη διερχόμενα από το κόσκινο υλικά μεταφέρονται στο κατ' εξοχήν τμήμα επεξεργασίας, που είναι η μεταφορική ταινία. Εκεί διαχωρίζονται χειρωνακτικά, ανάλογα με το είδος και την ποιότητα.
- Στο τέλος της μεταφορικής ταινίας υπάρχει μαγνήτης για τη συγκράτηση των σιδερένιων κουτιών.
- Τα υπόλοιπα, όσα δηλαδή έχουν εναπομένει μετά τη διαδικασία διαχωρισμού, πέφτουν σε κοινούς κάδους απορριμμάτων, οι οποίοι αδειάζονται από απορριμματοφόρο σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα υλικά αυτά στην ουσία αποτελούνται από τις προσμίξεις και το ποσοστό των υλικών που δεν ήταν δυνατόν να ανακτηθεί.
- Οι κάδοι, στους οποίους τοποθετούνται από τους διαλογείς τα υλικά, με τη βοήθεια περιστροφικού κλαρκ μεταφέρονται στο χώρο του δεματοποιητή. Εκεί τα υλικά τροφοδοτούν τη χοάνη της πρέσας και κατόπιν δεματοποιούνται.
- Τα δέματα του κάθε είδους υλικών μεταφέρονται σε χώρο αποθήκευσης.
- Τα τελικά προϊόντα μεταφέρονται στους αντίστοιχους αγοραστές για να κλείνει έτσι ο κύκλος της ανακύκλωσης.



Εικόνα 6: Ένα τυπικό Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ)



Εικόνα 7: Διάγραμμα ροής ενός τυπικού ΚΔΑΥ μέσης δυναμικότητας (Πηγή: <http://www.aeliamscd.gr/management-of-rsp.html>)



Εικόνα 8:

Εξωτερική άποψη του ΚΔΑΥ Δήμου Φυλής (Αττική)



Εικόνα 9:

Εσωτερική άποψη του ΚΔΑΥ Δήμου Φυλής (Αττική)

Ο βασικός διαχωρισμός από τα ρεύματα των υλικών που προσκομίζονται στη μονάδα, γίνεται από τους εργαζόμενους διαλογείς σε υπερυψωμένες γραμμές χειροδιαλογής και τα υλικά στόχοι τοποθετούνται σε κατάλληλα διαμερίσματα. Μία σειρά μεταφορικών συστημάτων χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των υλικών από το σημείο υποδοχής τους (εκφόρτωσης από τα οχήματα συλλογής) σε ποικίλες επεξεργασίες που μπορεί να περιλαμβάνουν προδιαχωρισμό, κοσκίνιση που γίνεται κυρίως για την απομάκρυνση των ξένων (άχρηστων) υλικών, διαχωρισμό των σιδηρούχων υλικών με ηλεκτρομαγνήτες, χειροδιαλογή. Τα υλικά - στόχοι όταν πληρωθούν οι χώροι συγκέντρωσης τους, οδηγούνται σε συμπιεστές - δεματοποιητές ή θραυστήρες, κοκκοποιητές κλπ. ανάλογα με το είδος του υλικού και τις απαιτήσεις της βιομηχανίας.

Η αναγκαιότητα να υπάρχει στάδιο προδιαλογής προκύπτει από το επίπεδο ρύπανσης του εισερχομένου ρεύματος απορριμμάτων π.χ. για την απομάκρυνση μπαταριών,

δοχείων χρωμάτων, πλαστικών φιλμς κλπ. Στο στάδιο όμως αυτό μπορεί να γίνει και ο διαχωρισμός ογκωδών υλικών (π.χ. χαρτονιών) τα οποία εύκολα αποσπώνται από τα υπόλοιπα, ενώ παράλληλα περιορίζεται το πρόβλημα υπερφόρτωσης των γραμμών διαχωρισμού. Τα υλικά - στόχοι μετά το διαχωρισμό και την επεξεργασία ζυγίζονται, στη συνέχεια αποθηκεύονται και τέλος οδηγούνται στην αγορά. Τα υπόλοιπα υλικά, δηλαδή όσα έχουν εναπομείνει μετά τη διαδικασία διαχωρισμού, οδηγούνται για τελική διάθεση.

Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των συστημάτων των ΚΔΑΥ που σχετίζονται με το είδος των υλικών που κάθε ένα από αυτά δέχονται. Μερικά δέχονται πλήρως αναμειγμένα ανακτήσιμα υλικά, δηλαδή προϊόντα χαρτιού μαζί με μεταλλικά κουτιά, γυάλινες συσκευασίες και πλαστικά.

Στα ΚΔΑΥ που δέχονται χωριστά το κλάσμα του χαρτιού από αυτό των υπόλοιπων υλικών, η επεξεργασία του αποτελεί σχετικά απλή διαδικασία. Το χαρτί διαχωρίζεται και δεματοποιείται ανά ποιότητα.

Ο διαχωρισμός των αναμειγμένων γυαλιών και μεταλλικών κουτιών αποτελεί την καρδιά του ΚΔΑΥ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα σιδηρά κουτιά αποσπώνται από τα υπόλοιπα υλικά με τη βοήθεια μαγνήτη. Για το διαχωρισμό των υπόλοιπων υλικών (γυαλιών, αλουμινίου, πλαστικών) στην περίπτωση μηχανικού συστήματος χρησιμοποιείται αεροδιαχωρισμός ή κεκλιμένος εξοπλισμός διαχωρισμού του ελαφρού κλάσματος, αλουμινίου και πλαστικού από το γυαλί.

Στα ΚΔΑΥ με χειρωνακτικά συστήματα απασχολούνται εργαζόμενοι για όλες αυτές τις λειτουργίες, όπως και για το διαχωρισμό του γυαλιού ανά χρώμα. Το αλουμίνιο διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα υλικά είτε χειρωνακτικά είτε με τη χρήση διαχωριστήρων.

Κατά την παραγωγική διαδικασία ενός ΚΔΑΥ διαχωρίζονται τα εξής δευτερογενή υλικά: ανάμεικτο χαρτί, χαρτόνι, PET, φιλμ PE, Tetrapack, HDPE, PP-PS, σίδηρος, αλουμίνιο, γυαλί και ανάμεικτο πλαστικό.

Η μορφή και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες τα προϊόντα ενός ΚΔΑΥ διοχετεύονται προς ανακύκλωση, εξαρτώνται από τις απαιτήσεις της αγοράς, σε συνάρτηση με την οικονομικότητα των μεθόδων επεξεργασίας. Τα είδη των τελικών προϊόντων που προέρχονται π.χ. από το εισερχόμενο ρεύμα χαρτιού, μπορούν να περιλαμβάνουν εφημερίδες, ανάμεικτο χαρτί, χαρτόνι, δεματοποιημένα ή όχι. Το γυαλί μπορεί να διαχωρίζεται ανά χρώμα, τα κουτιά αλουμινίου να παραδίδονται συμπιεσμένα (ή όχι) ή τεμαχισμένα, τα πλαστικά διαχωρισμένα ανά είδη ή ανάμικτα (π.χ. PP και PS μαζί) θρυμματισμένα ή κοκκοποιημένα, οι σιδηρούχοι περιέκτες συμπιεσμένοι (ή όχι), από ένα μέταλλο ή διμεταλλικοί.

Τα κυριότερα οφέλη από τη λειτουργία ενός ΚΔΑΥ συνοψίζονται στη μείωση του όγκου των απορριμμάτων που οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής, στην εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών, στην προστασία του περιβάλλοντος.

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Οι τυπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία ενός Κέντρου Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ) και τα μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας για κάθε μια από αυτές αναλύονται στη συνέχεια.

Αέρια απόβλητα

Τα αέρια απόβλητα από ένα τέτοιο Κέντρο περιλαμβάνουν τη σκόνη και τα αιωρούμενα σωματίδια που προκαλούνται από τη διέλευση των οχημάτων στις μη ασφαλτοστρωμένες οδούς, από τους χώρους αποθήκευσης των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων, από την επεξεργασία και τον διαχωρισμό τους.

Για την αποφυγή πρόκλησης και έκλυσης σκόνης, όλες οι οδοί πρέπει να είναι ασφαλτοστρωμένες. Επίσης, οι χώροι εκφόρτωσης των απορριμμάτων και οι χώροι επεξεργασίας τους θα πρέπει να είναι στεγασμένοι.

Εξυπηρετεί φυσικά η ύπαρξη κατάλληλων φίλτρων για την κατακράτηση της σκόνης που ενδεχομένως προκαλείται κατά την επεξεργασία των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων και των ανακυκλώσιμων υλικών στους στεγασμένους χώρους.

Η δεματοποίηση των προϊόντων του Κέντρου και η μεταφορά με σκεπασμένα οχήματα συμβάλει επίσης στον περιορισμό της πρόκλησης σκόνης και το διασκορπισμό μικροαντικειμένων (π.χ. μικρά κομμάτια χαρτιού).

Στο προσωπικό που απασχολείται στο Κέντρο θα πρέπει να παρέχονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ατομικής προστασίας.

Μέτρο σημαντικού περιορισμού της σκόνης που προκαλείται είναι και η διαβροχή με νερό, αλλά σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η αποφυγή παραγωγής υγρών αποβλήτων και δημιουργίας ανεπιθύμητης υγρασίας στους σωρού, οι οποίοι διαβρέχονται.

Υγρά απόβλητα

Καμία από τις διαδικασίες επεξεργασίας στο Κέντρο δεν παράγει υγρά απόβλητα. Εντούτοις, ενδέχεται να προκληθούν κατά την εκφόρτωση των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων συνήθως από ακάθαρτες συσκευασίες ή από απορρίμματα που κατά λάθος βρίσκονται μαζί με τα ανακυκλώσιμα (π.χ. αστικά) στο χώρο παραλαβής και στο χώρο αρχικής επεξεργασίας του εισερχόμενου φορτίου.

Το Κέντρο θα πρέπει να διαθέτει επαρκές αποχετευτικό δίκτυο για τη συλλογή ενδεχόμενων στραγγισμάτων που προκαλούνται κατά την εκφόρτωση και την προσωρινή αποθήκευση των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων, καθώς και την συγκέντρωση των όμβριων του περιβάλλοντα χώρου της εγκατάστασης. Ο χώρος εκφόρτωσης των απορριμμάτων θα πρέπει επίσης να είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα με κατάλληλο σύστημα αποχέτευσης για την αποφυγή διαρροών στο έδαφος.

Στερεά απόβλητα

Ένα ΚΔΑΥ είναι συνυφασμένο με την επεξεργασία στερεών απορριμμάτων. Από την άποψη αυτή, στερεά απόβλητα παράγονται κατά την επεξεργασία των εισερχόμενων ανακυκλώσιμων απορριμμάτων και μέχρι τον τελικό διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων υλικών και περιλαμβάνουν υλικά και απορρίμματα που δεν συμπεριλαμβάνονται στα ανακυκλώσιμα. Τα στερεά αυτά απόβλητα αποτελούν το υπόλειμμα της παραγωγικής διαδικασίας ενός ΚΔΑΥ, τα οποία και διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Θόρυβος

Θόρυβος προκαλείται κατά την κίνηση των οχημάτων από και προς το ΚΔΑΥ και κατά τη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. κόσκινα και εξαεριστήρες) εντός του στεγασμένου χώρου του ΚΔΑΥ. Το επίπεδο του θορύβου όμως θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλό, τόσο ώστε να μην απαιτείται να ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης.

Οσμές

Σε ένα ΚΔΑΥ ενδέχεται να προκληθούν δυσάρεστες οσμές στο χώρο εκφόρτωσης των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων. Δυσάρεστες οσμές μπορούν να προκληθούν και κατά την περαιτέρω επεξεργασία και τον διαχωρισμό των υλικών. Αυτές προκαλούνται συνήθως από τις ακαθάριστες συσκευασίες και τις διαδικασίες αποσύνθεσης που έχουν ήδη ξεκινήσει στα απορρίμματα.

Ο χώρος θα πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλο σύστημα εξαερισμού, ο χώρος εκφόρτωσης, διαχωρισμού και επεξεργασία των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων θα πρέπει να είναι στεγασμένος, η διαχείριση των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων θα πρέπει να ολοκληρώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα και να αποφεύγεται η παραμονή των ανακυκλώσιμων απορριμμάτων στο χώρο εκφόρτωσης. Οι εγκαταστάσεις του ΚΔΑΥ θα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά.

ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Θεσμικό Πλαίσιο – Περιβαλλοντική Αδειοδότηση

Με τον Ν.4042/2012 και την αναθεώρηση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ), καθιερώνεται πλέον στην Ελλάδα η χωριστή συλλογή του βιοαποβλήτων και προωθείται η ανάπτυξη δικτύου για την ανάκτηση τους.

Με τον Ν.4042/2012 (αρ. 41) έχει τεθεί ο εξής εθνικός στόχος: «Έως το 2015 το ποσοστό χωριστής συλλογής των βιολογικών αποβλήτων θα πρέπει να ανέλθει, κατ' ελάχιστο στο 5% του συνολικού βάρους και έως το 2020, κατ' ελάχιστο στο 10% του συνολικού βάρους.

Η επεξεργασία των βιοαποβλήτων και η εκτροφή τους από την ταφή προωθείται μέσω της Κ.Υ.Α. 29407/3508/2002 (αρ. 4), όπου τίθενται στόχοι εκτροφής των βιοαποικοδομήσιμων αστικών αποβλήτων (ΒΑΑ) από την ταφή. Έμμεσα ενθαρρύνεται μέσω της επιβολής του ειδικού τέλους ταφής με το αρ. 43 του Ν.4042/2012.

Σύμφωνα με την Υ.Α. 1958/2012, οι μονάδες κομποστοποίησης εμπίπτουν στην Ομάδα 4 «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», α/α 15 «Μεμονωμένες εγκαταστάσεις παρασκευής εδαφοβελτιωτικών – κομποστ από προδιαλεγμένο ή διαχωρισμένο οργανικό κλάσμα αστικών στερεών αποβλήτων σε βιομηχανικά κτίρια ή άλλες κατάλληλες κατασκευές π.χ. τύπου θερμοκηπίου, μη στεγασμένες, κλπ. (Εργασία R3)»:

- Υποκατηγορία Α2: για ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων αποβλήτων $Q \geq 20$ t/ημέρα
- Υποκατηγορία Β: για ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων αποβλήτων $1 \text{ t/ημέρα} \leq Q < 20 \text{ t/ημέρα}$

Λαμβάνονται υπόψη επίσης οι διατάξεις της Υ.Α. 171914/2013 (ΦΕΚ 3072/Β) «Πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις για έργα και δραστηριότητες της κατηγορίας Β της Ομάδας 4: «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», του παραρτήματος ΙV της Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β), όπως εκάστοτε ισχύει».

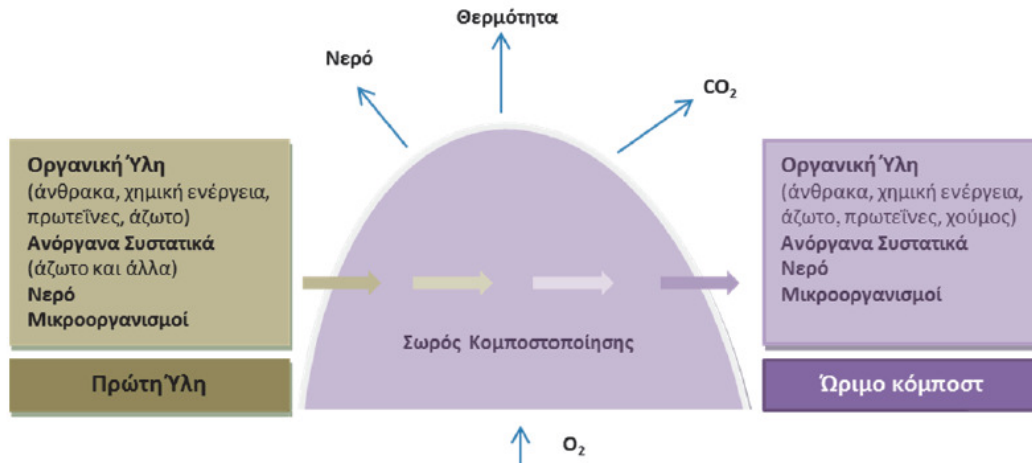
Περιγραφή διαδικασίας κομποστοποίησης

Με τον όρο κομποστοποίηση νοείται η ελεγχόμενη διαδικασία αποδόμησης οργανικού υλικού, από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες και η επανασύσταση του σε σταθεροποιημένη οργανική ύλη.

Διάφοροι μικροοργανισμοί (βακτήρια και μύκητες) σε κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και αερισμού και μέσω των ενζύμων που παράγουν, αποδομούν σύνθετες χημικές ενώσεις που βρίσκονται στην οργανική ύλη. Η μικροβιολογική αυτή δράση προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στη μάζα του υλικού, η οποία μειώνεται μέχρι τη θερμοκρασία περιβάλλοντος μετά την έντονη αποσύνθεση και σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών.

Με τον όρο κομποστοποίηση νοείται η ελεγχόμενη διαδικασία αποδόμησης οργανικού υλικού, από μικροοργανισμούς σε αερόβιες συνθήκες και η επανασύσταση του σε σταθεροποιημένη οργανική ύλη.

Διάφοροι μικροοργανισμοί (βακτήρια και μύκητες) σε κατάλληλες συνθήκες υγρασίας και αερισμού και μέσω των ενζύμων που παράγουν, αποδομούν σύνθετες χημικές ενώσεις που βρίσκονται στην οργανική ύλη. Η μικροβιολογική αυτή δράση προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στη μάζα του υλικού, η οποία μειώνεται μέχρι τη θερμοκρασία περιβάλλοντος μετά την έντονη αποσύνθεση και σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών.



Εικόνα 10: Η διαδικασία της κομποστοποίησης²

Η διαδικασία της κομποστοποίησης ολοκληρώνεται όταν έχει σταματήσει η έντονη αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και αυτές είναι βιολογικά και χημικά σταθερές.

Το έτοιμο κομπόστ συχνά αποκαλείται «σταθερό» ή «ώριμο» κομπόστ. Το «σταθερό» κομπόστ χαρακτηρίζει το βαθμό σταθερότητας του υλικού και την ολοκλήρωση της βιολογικής δραστηριότητας. Το «ώριμο» κομπόστ χαρακτηρίζει το βαθμό χουμοποίησης (μετατροπή οργανικών ουσιών χουμικές ουσίες, οι οποίες είναι ανθεκτικές στην μικροβιολογική αποδόμηση).

Κατά τη διαδικασία κομποστοποίησης πραγματοποιείται χημική διάσπαση της οργανικής ύλης μέσω των ενζύμων που παράγονται από τους μικροοργανισμούς. Τα ένζυμα λειτουργούν ως καταλύτες των χημικών αντιδράσεων κατά τις οποίες σύνθετες οργανικές ενώσεις, όπως τα σάκχαρα, τα άμυλα, οι πρωτεΐνες και άλλες ουσίες οξειδώνονται παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα, νερό, ενέργεια και άλλα συστατικά ανθεκτικά στην περαιτέρω αποδόμηση.

Τα φρούτα και τα λαχανικά αποσυντίθενται γρήγορα γιατί περιέχουν κυρίως απλούς υδατάνθρακες (σάκχαρα και άμυλο), ενώ αντίθετα τα φύλλα, οι μίσχοι, τα κελύφη και οι φλοιοί δέντρων αποσυντίθενται πιο αργά καθώς περιέχουν κυτταρίνη, ημικυταρρίνες και λιγνίνη.

² Οδηγός λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία) προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων, ΕΠΠΕΡΑΑ, Δεκέμβριος 2014 (Κεφάλαιο 2.1)

Η θερμοκρασία στην οποία δραστηριοποιούνται οι διάφοροι μικροοργανισμοί κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης κυμαίνεται από τους 20°C έως και τους 70°C, ενώ η βέλτιστη θερμοκρασία για τη βιοαποδόμηση είναι οι 50°C.

Κρίσιμες παράμετροι κομποστοποίησης

Οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την κομποστοποίηση είναι ο λόγος άνθρακα-αζώτου (C/N), η θερμοκρασία, το οξυγόνο, η υγρασία, το πορώδες και το pH.

Λόγος άνθρακα-αζώτου (C/N)

Αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο που απαιτεί ρύθμιση πριν την έναρξη της κομποστοποίησης. Σε υψηλές τιμές του λόγου (> 50:1) η διαδικασία της κομποστοποίησης επιβραδύνεται, ενώ σε χαμηλότερες τιμές παράγεται αμμωνία και άλλες αζωτούχες ενώσεις προκαλώντας οσμές.

Ο υψηλός δείκτης C/N ρυθμίζεται με προσθήκη αποβλήτων που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο (π.χ. φρέσκα λαχανικά). Ο χαμηλός δείκτης C/N ρυθμίζεται με προσθήκη αποβλήτων που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (π.χ. φλοιοί δένδρων).

Θερμοκρασία

Είναι ο δείκτης του βαθμού βιοαποδόμησης και της μικροβιακής δραστηριότητας. Αποτελεί το βασικότερη δείκτη για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της διαδικασίας κομποστοποίησης. Αποσκοπεί σε υγειονοποίηση (>55°C) και χουμοποίηση (45°C -55°C).

Η θερμοκρασία αυξάνεται ή μειώνεται αυτόματα ανάλογα με τη φάση κομποστοποίησης. Απαιτείται όμως ρύθμιση, καθώς η θερμοκρασία δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του κομποστ και δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 65°C.

Οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη δράση των αερόβιων μικροοργανισμών και την οξείδωση των οργανικών ουσιών. Χωρίς επαρκές οξυγόνο, η διαδικασία γίνεται αναερόβια και προκαλείται έκλυση οσμηρών ουσιών, όπως το υδρόθειο με τη χαρακτηριστική οσμή των κλούβιων αυγών.

Το οξυγόνο ρυθμίζεται με την ανάδευση και τον αερισμό του σωρού κομποστοποίησης. Η ανάγκη σε οξυγόνο εξαρτάται από το είδος των βιοαποβλήτων, τη γεωμετρία των σωρών, το πορώδες, την υγρασία και τη φάση αποδόμησης του υλικού.

Υγρασία

Σε ποσοστά υγρασίας μικρότερα του 40%, η οργανική ύλη δεν διασπάται με γρήγορους ρυθμούς, ενώ δύναται να σταματήσει η αποδόμηση και να γίνει ξηρή σταθεροποίηση του υλικού. Εάν το ποσοστό υγρασίας ξεπερνάει το 60%, η διαδικασία τείνει να γίνει αναερόβια. Για το λόγο αυτό απαιτείται αερισμός του υλικού.

Ένα χαμηλό ποσοστό υγρασίας ρυθμίζεται με προσθήκη υλικών με υψηλή υγρασία και με διαβροχή του μίγματος κομποστοποίησης. Ένα υψηλό ποσοστό υγρασίας ρυθμίζεται

με προσθήκη υλικών με χαμηλή υγρασία, με αερισμό του μίγματος κομποστοποίησης και με κάλυψη του σωρού κομποστοποίησης για αποφυγή διαβροχής.

Πορώδες

Όταν το πορώδες είναι πολύ μικρό, π.χ. σε τεμαχισμένα και συμπιεσμένα υλικά, τότε η κατάλληλη διάχυση αέρα μέσα στη μάζα δεν είναι εφικτή και δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες. Σχετίζεται άμεσα με την υγρασία του υλικού.

Το πορώδες ρυθμίζεται με την προσθήκη «υλικών δομής» στο αρχικό μίγμα κομποστοποίησης ή μετέπειτα στο σωρό. Επίσης, το πορώδες αυξάνεται με τη μείωση της υγρασίας στο υλικό.

pH

Η κομποστοποίηση δεν επηρεάζεται όταν το pH βρίσκεται στο βέλτιστο εύρος τιμών (σύννηθες για προδιαλεγμένα βιοαπόβλητα). Απαιτεί ρύθμιση όταν τα εισερχόμενα απόβλητα έχουν πολύ υψηλή ή χαμηλή τιμή pH (φρούτα, ωμό κρέας ή ψάρι).

Η ρύθμιση του pH επιτυγχάνεται κυρίως με την κατάλληλη αναλογία υλικών στο αρχικό μίγμα κομποστοποίησης, είτε με προσθήκη ασβεστίου ή κάποιου άλλου χημικού μέσου (πρόσθετο υλικό).

Βασικές κατηγορίες αποβλήτων προς κομποστοποίηση

Τα είδη αποβλήτων που δύναται να επεξεργαστεί μια μονάδα κομποστοποίησης είναι τα εξής:

- Απόβλητα τροφών και τροφίμων
Μίγμα μαγειρεμένων και ωμών υπολειμμάτων τροφών από τα νοικοκυριά ή τα καταστήματα υγειονομικού ενδιαφέροντος ή από καταστήματα λιανικής (μανάβικα, supermarkets, λαϊκές αγορές, κλπ).
- Απόβλητα κήπων και πάρκων
Φυτικά απόβλητα (π.χ. χόρτα, κλαδέματα, είδη ανθοκομίας) από ιδιωτικούς κήπους, δημοτικά πάρκα, χώρους όπως πλατείες, παιδικές χαρές. Απαραίτητη πρώτη ύλη για χρήση ως «υλικό δομής» στο αρχικό προς κομποστοποίηση μίγμα.
- Λοιπά οργανικά απόβλητα από εγκαταστάσεις μεταποίησης
Απόβλητα από την προετοιμασία και επεξεργασία τροφίμων και γεωργικών προϊόντων.
- Βιοαποδομήσιμα απόβλητα από τη γεωργία, την κηπευτική, την υδατοκαλλιέργεια, τη δασοκομία, τη θήρα και την αλιεία
Φυτικά και ζωικά υπολείμματα και ζωικά υποπροϊόντα από κτηνοτροφικές μονάδες
- Λοιπά βιοαποδομήσιμα απόβλητα
Προϊόντα κομποστοποίησης εκτός προδιαγραφών και λυματολάσπη από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ).

Τα απόβλητα που δύναται να διατεθούν σε μονάδες κομποστοποίησης καλύπτουν επιμέρους κατηγορίες του Κωδικού ΕΚΑ 02 «Απόβλητα από γεωργία, κηπευτική, υδατοκαλλιέργεια, δασοκομία, θήρα και αλιεία, προετοιμασία και επεξεργασία

τροφίμων», του Κωδικού 03 «Απόβλητα από την κατεργασία ξύλου και την παραγωγή ταμπλάδων και επίπλων, καθώς και πολτού, χαρτιού και χαρτονιού», του Κωδικού 04 «Απόβλητα από τις βιομηχανίες δέρματος, γούνας και υφαντουργίας», του Κωδικού 15 «Απόβλητα από συσκευασίες, απορροφητικά υλικά, υφάσματα σκουπίσματος, υλικά φίλτρων και προστατευτικός ρουχισμός μη προδιαγραφόμενα άλλως», του Κωδικού 19 «Απόβλητα από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων εκτός σημείου παραγωγής και την προετοιμασία ύδατος προοριζόμενου για κατανάλωση από τον άνθρωπο και ύδατος για βιομηχανική χρήση» και του Κωδικού 20 «Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, βιομηχανικές και ιδρύματα (περιλαμβανομένων μερών χωριστά συλλεγόντων».

Η ύπαρξη γυαλιού, πλαστικού και μετάλλων επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Το γυαλί θα πρέπει να αφαιρείται πριν την έναρξη της κομποστοποίησης, διότι με την ανάδευση τεμαχίζεται περαιτέρω και δεν μπορεί να απομακρυνθεί κατά το στάδιο της ραφιναρίας με συμβατικές διατάξεις. Η ύπαρξη γυαλιού στο κομπόστ υποβαθμίζει αισθητικά την εικόνα του τελικού προϊόντος και το καθιστά επικίνδυνο κατά τη χρήση του (ενδεχόμενο κοπής) μειώνοντας σημαντικά την εμπορική του αξία. Το πλαστικό που εντοπίζεται τεμαχισμένο στο τελικό προϊόν μπορεί να απομακρυνθεί μόνο με ειδικές διατάξεις. Υποβαθμίζει αισθητικά την εικόνα του τελικού προϊόντος μειώνοντας επίσης σημαντικά την εμπορική του αξία. Τα σιδηρούχα μέταλλα ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την ύπαρξη βαρέων μετάλλων στο κομπόστ (κυρίως Cr, Ni, Hg). Καλό είναι να αφαιρούνται κατά το στάδιο της προεπεξεργασίας.

Πρόσθετα

Τα πρόσθετα είναι οργανικά, ανόργανα ή αδρανή υλικά που προστίθενται σε μικρές ποσότητες στο αρχικό προς κομποστοποίηση μίγμα με σκοπό τη βελτίωση της διαδικασίας της κομποστοποίησης και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Τα πρόσθετα επίσης μπορούν να είναι υλικά που αναμιγνύονται στο τελικό προϊόν για τη βελτίωση της εμπορικής τους αξίας (π.χ. προσθήκη θρεπτικών). Ως πρόσθετα ορίζονται τα εξής:

- Ενεργοποιητές: ώριμο κομπόστ που είναι πάντα διαθέσιμο στην εγκατάσταση, χώμα από εύφορο έδαφος, άλλοι ειδικοί ενεργοποιητές
Αποτελούνται από μικροοργανισμούς και ένζυμα που προστίθενται στο μίγμα για την ταχεία έναρξη της βιοαποδόμησης. Επιτυγχάνεται αύξηση του πληθυσμού των αερόβιων μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την άμεση εκκίνηση της διαδικασίας κομποστοποίησης και την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών.
- Πρόσθετα στο αρχικό μίγμα: υλικά δομής όπως τεμαχισμένα κλαδιά, φλοιοί, άχυρο, πριονίδια, κλπ., άλλα υλικά όπως σκόνη ορυκτών (ζεόλιθος, βασάλτης, περλίτης, ελαφρόπετρα), άργιλος μπετονίτη, γεωργικός ασβέστης σε μορφή σκόνης ή πέτρας, τέφρα και μη επικίνδυνη από την καύση βιομάζας, χώμα εκσκαφών
Υλικά ή ουσίες που προστίθενται για τη ρύθμιση των κρίσιμων παραμέτρων της κομποστοποίησης (C/N, pH, πορώδες, υγρασία), την αποφυγή αναερόβιων συνθηκών και τη μείωση των οσμών κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης.
- Πρόσθετα στο τελικό μίγμα: ζεόλιθος, περλίτης, τύρφη, άμμος, κλπ.

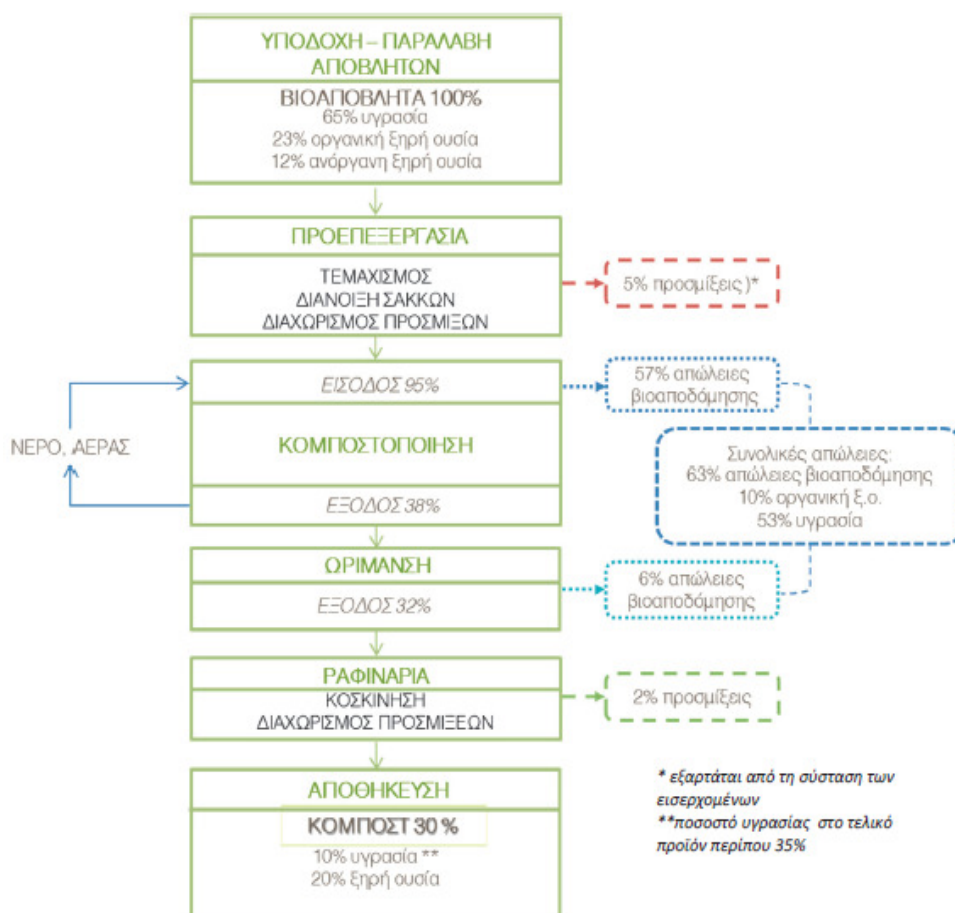
Υλικά που προστίθενται στο ώριμο κομπόστ, προκειμένου να αποκτήσει εμπορική αξία ή να είναι κατάλληλο για συγκεκριμένες γεωργικές χρήσεις.

Στάδια μονάδας κομποστοποίησης – Βασικές Λειτουργίες

Τα παραγωγικά στάδια μιας μονάδας κομποστοποίησης και οι βασικές της λειτουργίες είναι οι εξής παρακάτω:

- Υποδοχή και παραλαβή αποβλήτων
- Προεπεξεργασία
- Κομποστοποίηση (5-10 εβδομάδες)
- Ωρίμανση (8 εβδομάδες)
- Ραφιναρία
- Αποθήκευση κομπόστ

Ως στάδια νοούνται όλα τα παραγωγικά στάδια της μονάδας και όχι μόνο η διαδικασία της κομποστοποίησης. Ως φάσεις νοούνται οι φάσεις της διαδικασίας κομποστοποίησης.



Εικόνα 11: Τυπικό διάγραμμα ροής – ισοζύγιο μάζας μονάδας κομποστοποίησης³

³ Οδηγός λειτουργίας ανοιχτών εγκαταστάσεων κομποστοποίησης (αερόβια επεξεργασία) προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων, ΕΠΠΕΡΑΑ, Δεκέμβριος 2014 (Κεφάλαιο 4.1)

Οι βασικές λειτουργίες μιας μονάδας κομποστοποίησης είναι οι εξής ακόλουθες:

- Υποδοχή και παραλαβή αποβλήτων
 - Εκφόρτωση των εισερχόμενων υλικών από τα οχήματα συλλογής – μεταφοράς, σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο ανάλογα με το είδος του υλικού.
 - Οπτικός έλεγχος των εισερχόμενων υλικών.
 - Οριστική παραλαβή υλικού ή μη αποδοχή του στη μονάδα.
 - Προσωρινή αποθήκευση εν αναμονή της προεπεξεργασίας.
- Προεπεξεργασία
 - Αφαίρεση των ξένων προσμίξεων.
 - Διάνοιξη των σάκων σε περίπτωση που η Διαλογή στην Πηγή των βιοαποβλήτων γίνεται εντός πλαστικών σάκων.
 - Τεμαχισμός ξυλωδών υλικών (κλαδιά, δέντρα, κλπ.) για τη δημιουργία υλικού δομής.
 - Ανάμιξη και ομογενοποίηση των υλικών για τη ρύθμιση των παραμέτρων λόγος C/N, πορώδες και υγρασία.
- Κομποστοποίηση (ενεργή βιοαποδόμηση)
 - Συνεχής αποδόμηση των οργανικών ουσιών.
 - Υγειονοποίηση του υλικού.
 - Δημιουργία ενός σχετικά άοσμου προϊόντος, το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω (ωρίμανση, ραφιναρία) για τη δημιουργία του τελικού προϊόντος.
 - Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται σε σειράδια τριγωνικού ή τραπεζοειδούς σχήματος.
- Ωρίμανση
 - Διάσπαση δύσκολα αποδομήσιμων οργανικών ουσιών (κυτταρίνη, λιγνίνη) που περιέχονται π.χ. σε ξυλώδη απόβλητα.
 - Δημιουργία ενός σχετικά άοσμου προϊόντος, το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω (ραφιναρία) για τη δημιουργία του τελικού προϊόντος.
 - Η ωρίμανση πραγματοποιείται σε σωρούς τριγωνικού τραπεζοειδούς σχήματος.
- Ραφιναρία
 - Διαχωρισμός των εναπομεινάντων προσμίξεων, όπως πλαστικά, μέταλλα, γυαλί, κλπ.
 - Παραγωγή κομπόστ με σταθερά ποιοτικά χαρακτηριστικά.
- Αποθήκευση
 - Διασφάλιση κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης ώστε το τελικό προϊόν να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σκοπό που έχει παραχθεί.
 - Προστασία του έτοιμου κομπόστ από έντονα καιρικά φαινόμενα (βροχή, ξηρασία, άνεμο).

Συστήματα κομποστοποίησης

Τα συστήματα κομποστοποίησης μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Ανοιχτά συστήματα, με κύριο χαρακτηριστικό ότι η κομποστοποίηση γίνεται σε επιμήκεις σωρούς (σειράδια) σε πλήρως ανοιχτούς ή στεγασμένους χώρους.
- Κλειστά συστήματα, με κύριο χαρακτηριστικό ότι η κομποστοποίηση λαμβάνει χώρα σε κλειστούς χώρους, κτίρια ή βιοαντιδραστήρες.

Τα ανοικτά συστήματα διακρίνονται περαιτέρω σε εκείνα με φυσικό αερισμό και μηχανική ανάδευση (με χρήση αναστροφέα ή φορτωτή) και σε εκείνα με εξαναγκασμένο αερισμό (εμφύσηση ή αναρρόφηση) με ή χωρίς μηχανική ανάδευση. Τα κλειστά συστήματα διακρίνονται σε εκείνα με εξαναγκασμένο αερισμό με ή χωρίς μηχανική ανάδευση, στα container κομποστοποίησης με τυποποιημένες διαστάσεις και ενσωματωμένο σύστημα αερισμού, ύγρυνσης και ελέγχου και στα κελιά κομποστοποίησης με ενσωματωμένο σύστημα αερισμού, ύγρυνσης και ελέγχου.

Διαδικασίες μονάδας κομποστοποίησης

Οι διαδικασίες οι οποίες θα πρέπει να εφαρμόζονται από τους φορείς λειτουργίας παρουσιάζονται στη συνέχεια και η αντίστοιχη τους με τα διάφορα παραγωγικά στάδια της μονάδας παρουσιάζονται παρακάτω:

- Υποδοχή – Παραλαβή εισερχόμενων υλικών
Περιλαμβάνει την είσοδο, ενδεχομένως ζύγιση, εκφόρτωση, οπτικό έλεγχο και οριστική παραλαβή των αποβλήτων.
- Τεμαχισμός πρασίνων (ξυλωδών αποβλήτων)
Περιλαμβάνει τον τεμαχισμό ξυλωδών υλικών (δέντρα, κλαδιά, κλπ.)
- Διάνοιξη σάκων
Περιλαμβάνει εναλλακτικές μεθόδους για τη διάνοιξη των σάκων, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα προδιαλεγμένα αστικά βιοαπόβλητα παραλαμβάνονται στη μονάδα μέσα σε κλειστούς σάκους (βιοδιασπώμενους ή μη).
- Διαχωρισμός και απομάκρυνση προσμίξεων κατά την προεπεξεργασία
Περιλαμβάνει την αφαίρεση μόνο ευδιάκριτων υλικών μεγάλου μεγέθους. Το μεγαλύτερο ποσοστό προσμίξεων μπορεί να αφαιρεθεί πιο αποτελεσματικά (λόγω χαμηλότερου ποσοστού υγρασίας) στο στάδιο της ραφιναρίας.
- Ομογενοποίηση – Δημιουργία υλικού προς κομποστοποίηση
Περιλαμβάνει την ομογενοποίηση των διαφόρων υλικών με τη χρήση αναμίκτη και τη δημιουργία του κατάλληλου μίγματος κομποστοποίησης.
- Διαμόρφωση σωρών
Περιλαμβάνει τη διάστρωση των υλικών στο χώρο κομποστοποίησης και τη διαμόρφωση ενός σωρού τριγωνικού ή τραπεζοειδούς σχήματος.
Εφόσον δεν έχει προηγηθεί ανάμιξη, η διάστρωση των υλικών γίνεται με τη σωστή αναλογία των διαφόρων υλικών, ώστε να επιτευχθούν οι βέλτιστες τιμές του λόγου C/N, υγρασίας, πορώδους.
- Αερισμός και ανάδευση σε συστήματα χωρίς/με εξαναγκασμένο αερισμό

Ο αερισμός του σωρού σε συστήματα χωρίς εξαναγκασμένο αερισμό γίνεται με την ανάδευση του σωρού μέσω αναστροφέα ή μέσω φορτωτή (για πολύ μικρές μονάδες). Αποτελεί μια ιδιαίτερη κρίσιμη διαδικασία για την κομποστοποίηση, καθώς ρυθμίζει πολλές παραμέτρους.

Ο αερισμός του σωρού σε συστήματα με εξαναγκασμένο αερισμό γίνεται με την παροχή αέρα στη μάζα του σωρού μέσω αεραγωγών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή αέρα και υγρασίας μέσα στο σωρό. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συνδυάζονται με τη μηχανική ανάδευση του σωρού μέσω αναστροφέα.

- Υγειονοποίηση υλικού κομποστοποίησης

Κατά τη φάση της ενεργής κομποστοποίησης, θα πρέπει να διασφαλίζεται η υγειονοποίηση του υλικού, δεδομένου ότι τα βιοαπόβλητα περιλαμβάνουν υλικά ζωικής προέλευσης.

- Διαβροχή σωρού

Με τη διαβροχή, η υγρασία στο σωρό παραμένει εντός του βέλτιστου εύρους τιμών (45%-60% κ.β.). Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η επιβράδυνση της διαδικασίας κομποστοποίησης ή και η παύση της. Η διαβροχή ενδείκνυται να εκτελείται, ταυτόχρονα με την ανάδευση.

- Κάλυψη σωρών με ημιπερατές μεμβράνες

Περιλαμβάνει την κάλυψη των σωρών με ημιπερατή μεμβράνη τύπου fleece για την προστασία τους από τις διάφορες καιρικές συνθήκες (βροχόπτωση, ήλιο, άνεμο).

- Διαχωρισμός και απομάκρυνση προσμίξεων κατά τη ραφιναρία

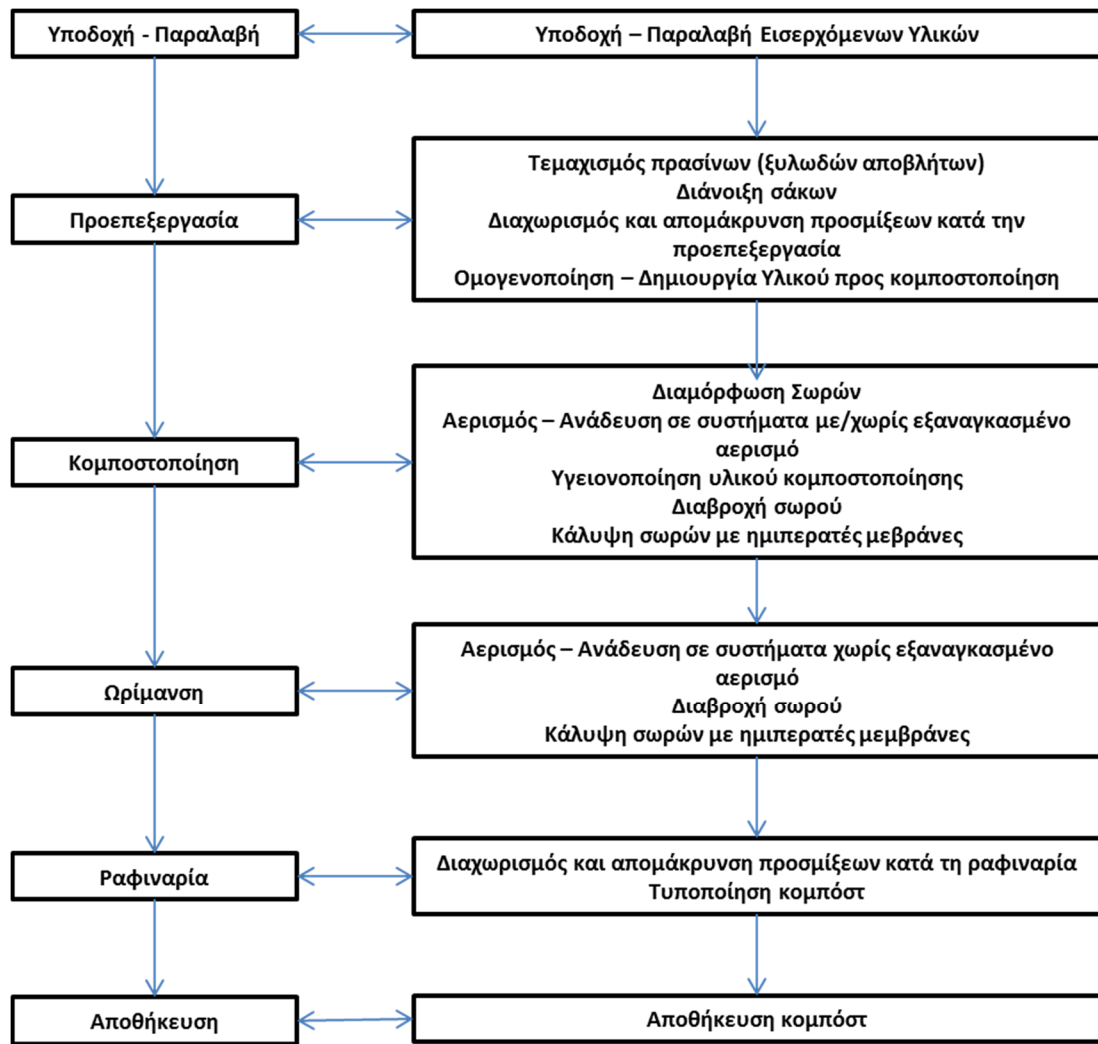
Περιλαμβάνει την απομάκρυνση των προσμίξεων από το κομπόστ (λόγω της μη καθαρότητας των εισερχόμενων υλικών) αλλά και το διαχωρισμό των υλικών που δεν έχουν βιοαποδομηθεί (ξυλώδη υλικά που προστέθηκαν ως υλικό δομής). Περιλαμβάνει υποχρεωτικά το κοσκίνισμα του υλικού και προαιρετικά τον αεροδιαχωρισμό και το μαγνητικό διαχωρισμό.

- Τυποποίηση κομπόστ

Περιλαμβάνει την περαιτέρω μηχανική επεξεργασία του κομπόστ, προκειμένου να αποκτήσει συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και εμπορική αξία.

- Αποθήκευση κομπόστ

Περιλαμβάνει την αποθήκευση του έτοιμου κομπόστ σε κατάλληλες συνθήκες και για ένα εύλογο χρονικό διάστημα για την αποφυγή αλλοίωσης της ποιότητας του. Η αποθήκευση θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να προστατεύεται το κομπόστ από έντονα καιρικά φαινόμενα (βροχή, ξηρασία, άνεμο).



Εικόνα 12: Διαδικασίες μονάδας κομποστοποίησης ανά στάδιο (αριστερά τα παραγωγικά στάδια της μονάδας και δεξιά οι διαδικασίες)

Τελικό προϊόν

Το κομπόστ που παράγεται από τις μονάδες κομποστοποίησης χαρακτηρίζεται ως **προϊόν** όταν καλύπτει συγκεκριμένες προδιαγραφές ή κριτήρια, βάσει του ευρωπαϊκού ή εθνικού πλαισίου και συγκεκριμένα όταν:

- το υλικό χρησιμοποιείται συνήθως για συγκεκριμένους σκοπούς,
- υπάρχει αγορά ή ζήτηση για τη συγκεκριμένη ουσία ή αντικείμενο,
- το υλικό πληροί τις τεχνικές απαιτήσεις για τους συγκεκριμένους σκοπούς και συμμορφώνεται προς την κείμενη νομοθεσία και τα πρότυπα που ισχύουν για τα προϊόντα,
- η χρήση του υλικού δεν πρόκειται να έχει δυσμενή αντίκτυπο στο περιβάλλον ή τη δημόσια υγεία.

Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως **εδαφοβελτιωτικό**, καθώς με την εφαρμογή του βελτιώνονται οι φυσικές, βιολογικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Η χρήση του στο έδαφος συμβάλλει σε:

- αύξηση της οργανικής ύλης,
- μείωση της διάβρωσης,
- βελτίωση της υδατοϊκανότητας (ιδιαίτερα σημαντικό για περιοχές με ξηρασία),
- αύξηση του pH (ιδιαίτερα σε όξινα εδάφη),
- βελτίωση της δομής του εδάφους (τόσο για αμμώδη όσο και αργιλώδη εδάφη), και
- βελτίωση της βιολογικής δραστηριότητας του εδάφους.

Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή **οργανικών λιπασμάτων**, δεδομένου ότι από μόνο του δεν καλύπτει συνήθως τις απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά. Το πλεονέκτημα χρήσης οργανικών λιπασμάτων έναντι άλλων είναι ότι η ανοργανοποίηση τους (παροχή των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά) και τα τελικά προϊόντα της ανοργανοποίησης προκύπτουν σε αρκετά μεγάλο διάστημα. Η βραδεία αυτή αποδέσμευση συμβάλλει στο συνεχή εφοδιασμό του εδάφους και για μεγάλο διάστημα που σε πολλές περιπτώσεις καλύπτει τις ανάγκες των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Μια άλλη χρήση του κομπόστ είναι ως **υπόστρωμα καλλιεργειών** δηλαδή ως φυτόχωμα για την ανάπτυξη των φυτών. Υψηλά ποσοστά όμως θεωρείται ότι επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών λόγω της υψηλής αγωγιμότητας του κομπόστ, ενώ συνίσταται να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τύρφη ή άλλα κατάλληλα υποστρώματα, όπως φλοιούς δένδρων και προϊόντα δασοκομίας.

Ανάμεσα στις βασικότερες εφαρμογές του κομπόστ περιλαμβάνεται η εφαρμογή ως εδαφοβελτιωτικό, οργανικό λίπασμα ή υπόστρωμα στη γεωργία και τη φυτοκομία (κηπευτική, ανθοκομία, δενδροκομία, φυτώρια), ως εδαφοβελτιωτικό μετά από ανάμιξη με εδαφικό υλικό για τη διαμόρφωση – διατήρηση τοπίων, για την αποκατάσταση εδαφών και τη διαμόρφωση εδαφικού στρώματος για επανακαλλιέργεια που δεν προορίζεται για τρόφιμα ή ζωοτροφές, όπως αθλητικά πεδία, χώροι αναψυχής, κ.ά., ως συστατικό μίγματος για την παραγωγή εδαφικού υλικού για τη στρώση επιφάνειας (φυτόχωμα) σε ΧΥΤΑ/ΧΥΤΥ προς αποκατάσταση ή ως υλικό επικάλυψης / αποκατάστασης, ως συστατικό μίγματος για την παραγωγή εδαφικού υλικού με πολλαπλές εφαρμογές. Το κομπόστ από μόνο του ή μετά από ανάμιξη με άλλα υλικά αποτελεί ιδανικό υλικό για χρήση ως βιοφίλτρο σε μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδων κομποστοποίησης

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο κομποστοποίησης και τη φύση των εισερχόμενων αποβλήτων, η λειτουργία μιας μονάδας κομποστοποίησης δύναται να έχει δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες μπορούν να προληφθούν ή να αντιμετωπιστούν με τα κατάλληλα μέτρα.

Οσμές

Σε όλες τις μεθόδους κομποστοποίησης εκλύονται οσμές, οι οποίες αποτελούν το συνηθέστερο και σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι φορείς λειτουργίας μιας μονάδας.

Οι οσμές προέρχονται από την έκλυση ποικίλων πτητικών χημικών ενώσεων και γίνονται αντιληπτές από τον άνθρωπο έστω και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Εντοπίζονται τρεις βασικές κατηγορίες οσμών:

- Οσμές των εισερχόμενων υλικών. Τα περισσότερα οργανικά υλικά περιέχουν οσμηρά χημικά συστατικά (το λιμονένιο στα εσπεριδοειδή ή το πινένιο στα ξυλώδη υλικά). Όταν αναμιχθούν, δημιουργούν ένα έντονο σε οσμές μίγμα.
- Οσμές από τη βιοαποδόμηση. Η διάσπαση σύνθετων χημικών ενώσεων, όπως λίπη, υδατάνθρακες και πρωτεΐνες στις αρχικές φάσεις της κομποστοποίησης προκαλεί την έκλυση οσμηρών ουσιών όπως λιπαρά οξέα, αμίνες, σουλφίδια, αμμωνία, κ.ά.
- Οσμές που δημιουργούνται από αναερόβιες συνθήκες. Όταν στο μίγμα δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες (έλλειψη οξυγόνου, μη κατάλληλο πορώδες), τότε εκλύονται χημικές ουσίες, όπως το υδρόθειο (χαρακτηριστική οσμή κλούβιων αυγών), που είναι ιδιαίτερα οσμηρές.

Σε όλα τα στάδια, ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την αποφυγή έντονων οσμών είναι να μην επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, οι οποίες και εμφανίζονται κατά τη μη ορθή λειτουργία της μονάδας.

Η ένταση των οσμών στη φάση της κομποστοποίησης εξαρτάται από:

- την παροχή οξυγόνου: ανεπαρκής αερισμός οδηγεί πάντα σε αναερόβιες συνθήκες,
- την υγρασία: περίσσεια υγρασίας ή επιφανειακή συγκέντρωση υδάτων οδηγεί σε αναερόβιες συνθήκες,
- το μέγεθος του σωρού: μεγάλοι σωροί τείνουν να μην αερίζονται ικανοποιητικά,
- τη θερμοκρασία: όταν ξεπερνάει τους 60°C-65°C καταστρέφονται αερόβιοι μικροοργανισμοί και δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες,
- το πορώδες, όταν στο υλικό κομποστοποίησης υπάρχουν συμπιεσμένα υλικά (π.χ. φύλλα) δεν επιτρέπεται η διάχυση του αέρα και δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες.

Οι τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισης των οσμών περιγράφονται στη συνέχεια:

Στάδια Μονάδας	Πρόληψη – Αντιμετώπιση
Υποδοχή – Προεπεξεργασία	- Άμεση επεξεργασία των εισερχόμενων υλικών ώστε να μειώνεται όσο το δυνατόν ο χρόνος παραμονής τους στο χώρο υποδοχής. - Σε περιπτώσεις προσωρινής αποθήκευσης α. ανάμιξη των αποβλήτων με υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και υγρασία (π.χ. υπολείμματα τροφίμων) με υλικό δομής και β. κάλυψη των αποβλήτων με υλικό δομής. - Άμεση απομάκρυνση των διαχωρισθέντων προσμίξεων προς ταφή ώστε να μειώνεται όσο το δυνατόν ο χρόνος παραμονής τους στη μονάδα.
Κομποστοποίηση (ενεργή βιοαποδόμηση)	- Δημιουργία του κατάλληλου μίγματος κομποστοποίησης. - Συνεχή ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά την ενεργή φάση της κομποστοποίησης με συχνές αναστροφές του σωρού, ώστε να μην αυξηθεί πέρα από τις επιθυμητές τιμές. - Αναστροφή του σωρού με κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες (π.χ. διεύθυνση ανέμου), ιδιαίτερα εάν υπάρχουν σε κοντινή απόσταση ευαίσθητοι αποδέκτες. - Κάλυψη με ημιπερατές μεμβράνες για να αποφεύγεται η υπερβολική είσοδος νερού. - Μείωση μεγέθους σωρού για την καλύτερη διάχυση του αέρα στη μάζα του ειδικά όταν εμφανίζονται υψηλές θερμοκρασίες. - Προσθήκη υλικού δομής όταν το πορώδες δεν είναι ικανοποιητικό.
Με συστήματα εξαναγκασμένου αερισμού	- Στα συστήματα εμφύσησης του αέρα, θεωρείται βέλτιστο αυτά να συνδυάζονται με συστήματα επεξεργασίας – απόσμησης του αέρα (βιόφιλτρα). - Στα συστήματα αρνητικής πίεσης (αναρρόφηση), το βιόφιλτρο κρίνεται απαραίτητο.
Ωρίμανση	- Αναστροφή του σωρού για την αποφυγή αναερόβιων συνθηκών. - Κάλυψη με ημιπερατές μεμβράνες για να αποφεύγεται η υπερβολική είσοδος νερού.
Ραφιναρία - Αποθήκευση	- Έλεγχος εάν το κομπόστ έχει σταθεροποιηθεί - Άμεση απομάκρυνση των διαχωρισθέντων προσμίξεων προς ταφή ώστε να μειώνεται όσο το δυνατόν ο χρόνος παραμονής τους στη μονάδα.

Βιοαεrolύματα και παθογόνοι μικροοργανισμοί

Τα βιοαεrolύματα είναι αιωρούμενα σωματίδια, μη ορατά με το μάτι, που περιέχουν μικροοργανισμούς και άλλα βιολογικά σωματίδια (βακτήρια, μύκητες, ακτινοβακτήρια, ένζυμα, ενδοτοξίνες, μυκοτοξίνες, γλυκάνες). Βιοαεrolύματα συναντώνται στο περιβάλλον και από φυσικές διεργασίες, όπως τα φυτά, τα ζώα, τους ανθρώπους.

Οι κύριες πηγές εκπομπής βιοαεrolυμάτων σε μια μονάδα είναι όλες οι διεργασίες μηχανικής ανάδευσης και επεξεργασίας των υλικών. Η προεπεξεργασία, η ανάμιξη, η ανάδευση των σωρών, η ραφιναρία, η μεταφορά υλικών, η κίνηση των οχημάτων αποτελούν βασικές πηγές.

Οι εκπομπές μάλιστα αυξάνονται όταν επικρατούν ξηρές και θερμές συνθήκες, ενώ η διασπορά τους εξαρτάται από το εάν μια εγκατάσταση είναι ανοικτή ή κλειστή, από τις κλιματολογικές συνθήκες και τη μορφολογία του εδάφους.

Τα μέτρα μείωσης των εκπομπών βιοαεrolυμάτων περιγράφονται στη συνέχεια:

Μέτρα μείωσης των εκπομπών	Περιγραφή
Καθαρισμός	Όλοι οι χώροι διαχείρισης των υλικών και οι χώροι κίνησης των οχημάτων πρέπει να διατηρούνται καθαροί και να διαβρέχονται τακτικά προσέχοντας ιδιαίτερα την αποφυγή λίμνασης των υδάτων και την ορθή αποστράγγιση τους. Ο καθαρισμός γίνεται με ειδικούς καθαριστές ή βιομηχανικές ηλεκτρικές σκούπες και όχι με κοινές σκούπες (πάντα με τη χρήση αναπνευστικής μάσκας με φίλτρο).
Κατάλληλη ανάδευση σωρών	Η αναστροφή των σωρών και ο χειρισμός των υλικών πρέπει να γίνεται μόνο εφόσον έχουν εξασφαλιστεί οι κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, οι οποίες ευνοούν τη διασπορά των βιοαερολυμάτων. Το ίδιο ισχύει και για τα βιοφίλτρα. Επίσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ημερήσιες κλιματολογικές συνθήκες (π.χ. κατεύθυνση ανέμου).
Αποφυγή ξηρασίας υλικού	Οι μικροί σωροί πρέπει να καλύπτονται με ημιπερατές μεμβράνες, ώστε να αποφεύγεται η ξήρανση (ειδικά τους θερινούς μήνες). Οι επιφάνειες πάνω στις οποίες γίνεται η αποθήκευση του ώριμου κομποστ πρέπει να διαβρέχονται τακτικά και να καλύπτονται με ημιπερατές μεμβράνες.

Σκόνη

Ως σκόνη νοούνται τα αιωρούμενα σωματίδια, που εκλύονται στην ατμόσφαιρα από τις διάφορες δραστηριότητες της μονάδας κομποστοποίησης, σε όλα τα στάδια που εκτελούνται μηχανικές διεργασίες όπως η προεπεξεργασία των υλικών, η ανάδευση των σωρών, η ραφιναρία, η μεταφορά υλικών, η κίνηση των οχημάτων.

Τα μέτρα αντιμετώπισης της σκόνης είναι τα ίδια όπως και στην περίπτωση των βιοαερολυμάτων.

Υγρά απόβλητα

Για την εκτίμηση των συνολικών παραγόμενων υγρών αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- όγκος βρόχινου νερού που εισέρχεται στους παραγωγικούς χώρους της μονάδας (λαμβάνοντας τη μέση ετήσια βροχόπτωση στην περιοχή και την κάλυψη ή όχι του χώρου με στέγαστρο)
- όγκος νερού που ανακυκλοφορείται
- όγκος νερού για τις πλύσεις και τον καθαρισμό της εγκατάστασης

Τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης της παραγωγής υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν τις εξής ενέργειες:

- Κάλυψη των σωρών που βρίσκονται σε ανοιχτό χώρο με ημιπερατές μεμβράνες ή κατασκευή στεγάστρων. Τα μέτρα αυτά εξυπηρετούν τη μείωση των στραγγισμάτων και τη βελτίωση της διαχείρισης των απορρεόντων υδάτων.
- Ανάμιξη των εισερχόμενων υλικών με υλικά δομής ή πρόσθετα που εξασφαλίζουν για το μίγμα ικανοποιητική δομή και ικανότητα συγκράτησης του νερού (όπως τεμάχισμα ξύλου, φλοιοί, άχυρο, υπερμεγέθη κλάσματα της κοσκίνισης, αργιλώδη χώματα και ώριμο κομποστ).
- Αναστροφή των σωρών για την αύξηση του ρυθμού εξάτμισης του νερού.

Τα υγρά απόβλητα της μονάδας θα πρέπει να συλλέγονται, να επαναχρησιμοποιούνται και στη συνέχεια, η περίσσεια τους να οδηγείται σε εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (ΕΕΛ) της ίδιας της μονάδας κομποστοποίησης ή του οικείου Δήμου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καθαρού νερού κατά τη διαβροχή των σωρών.

Θόρυβος

Σε μια μονάδα κομποστοποίησης, το σύνολο του μηχανολογικού εξοπλισμού αποτελεί πηγή θορύβου. Ειδικότερα, ως πηγές θορύβου μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

- Η κίνηση των φορτωτών και των αναστροφέων που απαιτούνται για τη λειτουργία της.
- Η κίνηση των οχημάτων μεταφοράς αποβλήτων, η εκφόρτωση των υλικών και η απομάκρυνση του κομποστ και των υπολειμμάτων.
- Τα συστήματα μηχανικής προεπεξεργασίας και ραφιναρίας (τεμαχιστής, κόσκινο, κ.ά.).
- Τα συστήματα εξαναγκασμένου αερισμού (π.χ. φυσητήρες) και επεξεργασίας του αέρα κομποστοποίησης (εφόσον είναι διαθέσιμα).

Συνοψίζοντας, οι ελάχιστες παράμετροι που θα πρέπει να παρακολουθούνται για την ορθή λειτουργία της μονάδας κομποστοποίησης είναι οι εξής παρακάτω:

- Θερμοκρασία: αποτελεί ένδειξη της πορείας της κομποστοποίησης
- Οξυγόνο και άλλα αέρια: έλεγχος των αερόβιων συνθηκών στο σωρό και ρύθμιση της συχνότητας ανάδευσης
- Υγρασία: ρύθμιση της διαδικασιών λειτουργίας της μονάδας
- pH: έλεγχος της πορείας της κομποστοποίησης αλλά και ρύθμιση των διαδικασιών λειτουργίας της μονάδας
- Σταθερότητα και ωριμότητα του κομποστ: το κομποστ θεωρείται έτοιμο όταν έχει σταματήσει η έντονη αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και αυτές είναι βιολογικά και χημικά σταθερές

Άλλες αέριες εκπομπές

α. Αέρια του θερμοκηπίου

Στα αέρια του θερμοκηπίου συγκαταλέγονται το μεθάνιο (CH_4) και το υποξείδιο του αζώτου (N_2O). Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) παρόλο που αποτελεί ένα από τα βασικά αέρια του θερμοκηπίου δεν συνυπολογίζεται όταν προέρχεται από τη διαδικασία της κομποστοποίησης, καθώς παράγεται από φυσικά οργανικά υλικά με διαδικασία παρόμοια με εκείνη του φυσικού κύκλου του άνθρακα.

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και του CO_2 εξαρτώνται κατά πολύ από τη συγκέντρωση του άνθρακα και του αζώτου στο αρχικό μίγμα του υλικού, τη βιοαποδομησιμότητα του και τις συνθήκες της κομποστοποίησης.

Το μεθάνιο (CH_4) παράγεται όταν δημιουργούνται αναερόβιες συνθήκες κατά την κομποστοποίηση. Συνδέεται με την έλλειψη επαρκούς οξυγόνου στο σωρό λόγω μη

επαρκούς αερισμού. Το κατάλληλο πορώδες του αρχικού μίγματος με προσθήκη υλικού δομής, καθώς και ο αερισμός του μίγματος (είτε με συστήματα εξαναγκασμένου αερισμού είτε με τακτική ανάδευση) μειώνουν το σχηματισμό CH_4 .

Ο σχηματισμός του υποξειδίου του αζώτου (N_2O) τείνει να συμβαίνει κατά τη διάρκεια των μεσοφιλικών σταδίων και του σταδίου ωρίμανσης σε θερμοκρασίες κάτω από 40°C . Η παραγωγή του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το λόγο C/N του αρχικού μίγματος. Ένας χαμηλός λόγος C/N (μίγμα με περίσσεια αζώτου, π.χ. πολλά υπολείμματα φρούτων και λαχανικών) παράγει κατά την βιοαποδόμηση περισσότερο N_2O από ένα μίγμα με υψηλό λόγο C/N. Επιπλέον, το N_2O σχηματίζεται κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού της αμμωνίας στο βιόφιλτρο, όπου δεν μπορεί να αποσυντεθεί περαιτέρω. Όμοια μέτρα όπως και στην περίπτωση του CH_4 καθώς και μείωση της συχνότητας ανάδευσης ή αερισμού κατά τη φάση της ωρίμανσης συμβάλουν στη μείωση της παραγωγής N_2O .

β. Άλλα αέρια

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2): Το CO_2 και οι υδρατμοί αποτελούν τις βασικές εκπομπές αερίων κατά τη διαδικασία της βιοαποδόμησης. Εφόσον επικρατούν αερόβιες συνθήκες, το CO_2 αποτελεί και την κύρια απώλεια άνθρακα από τη μάζα του υλικού κατά την κομποστοποίηση. Μάλιστα, το CO_2 αποτελεί και δείκτη για το βαθμό βιοαποδόμησης.

Αμμωνία (NH_3): Η εκπομπή αμμωνίας (κάτι που γίνεται αντιληπτό μέσω της χαρακτηριστικής της οσμής) είναι πολύ συχνό φαινόμενο στις μονάδες κομποστοποίησης. Σχηματίζεται σε αερόβιες και αναερόβιες συνθήκες και οφείλεται κυρίως στο χαμηλό λόγο C/N του αρχικού μίγματος (δηλ. περίσσεια αζώτου). Επίσης, το pH επηρεάζει το βαθμό εκπομπής. Σε όξινο περιβάλλον σπάνια εκλύεται αμμωνία, γι' αυτό ανεβάζοντας το pH του μίγματος (π.χ. με προσθήκη ανθρακικού ασβεστίου) αυξάνονται οι εκπομπές.

Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs): Η αποδόμηση της οργανικής ύλης αποτελεί πηγή μεγάλου αριθμού πτητικών οργανικών ουσιών (VOCs), όπως: αλκοόλες, τερπένια, κετόνες, οξέα, αμίνες και ενώσεις του θείου, κάποιες από τις οποίες αποτελούν βιοτικές ουσίες που εκλύονται από τα φυτά και κάποιες προέρχονται από ξένα υλικά στην πρώτη ύλη. Η πλειοψηφία των εκπομπών VOCs παράγεται κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης και ιδιαίτερα κατά τις πρώτες ημέρες της βιοαποδόμησης όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του αρχικού μίγματος. Ως μέτρα μείωσης και πρόληψης της εκπομπής VOCs λαμβάνεται η κάλυψη του σωρού στα ανοικτά συστήματα κομποστοποίησης κατά τη διάρκεια της ενεργής βιοαποδόμησης (κύρια φάση της κομποστοποίησης) και η χρήση βιοφίλτρων.

H_2S , CO , NO : Άλλα αέρια τα εκλύονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες είναι το υδρόθειο (H_2S) και τα μονοξείδια του άνθρακα και του αζώτου (CO , NO).

Στοιχεία Κόστους Εγκαταστάσεων Κομποστοποίησης

Το αρχικό κόστος επένδυσης για μια εγκατάσταση κομποστοποίησης παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με την επιλεγόμενη μέθοδο (ανοιχτή, κλειστή), το μηχανολογικό εξοπλισμό, την αγορά γης, αλλά ακόμα και από το κόστος διαμόρφωσης του γηπέδου, ανάλογα με το ανάγλυφο του χώρου. Στο κόστος συμπεριλαμβάνονται τα απαραίτητα μηχανήματα έργου (φορτωτής, ανατροπέας σειραδίων, κ.α.), καθώς και τα απαραίτητα συνοδά έργα υποδομής (οδοποιία, συλλογή στραγγισμάτων, κ.α.). Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικές τιμές κόστους επένδυσης για τους δύο βασικούς τύπους μονάδων κομποστοποίησης (ανοιχτού και κλειστού τύπου), όπως υπολογίζονται στον Οδηγό εφαρμογής προγραμμάτων ΔσΠ και διαχείρισης των βιοαποβλήτων⁴ (δεν συμπεριλαμβάνονται κόστη απόκτησης γηπέδου). Επίσης, παρουσιάζεται προσέγγιση του λειτουργικού κόστους, με βάση ήδη κατασκευασμένες εγκαταστάσεις στην Ευρώπη, όπως εκτιμήθηκε από άλλες αξιόπιστες πηγές⁵.

Πίνακας 4: Προσέγγιση επενδυτικού και λειτουργικού κόστους σε εγκαταστάσεις κομποστοποίησης

Εκτιμώμενο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος για εγκαταστάσεις κομποστοποίησης		
<u>Τύπος μονάδας κομποστοποίησης</u>	<u>Επενδυτικό κόστος (€) ως προς τη δυναμικότητα (P)</u>	<u>Ετήσιο Λειτουργικό κόστος (€) ως προς τη δυναμικότητα (P)</u> *
Ανοιχτού τύπου	$1.000.000+20 \cdot P$	$8682,3 \cdot P^{0,39}$
Ανοιχτού τύπου (καλυμμένα σειράδια)	$2.000.000+112,64 \cdot P$	$8682,3 \cdot P^{0,39}$
Κλειστού τύπου	$2.000.000+322,98 \cdot P$	$2043,7 \cdot P^{0,52}$

*: Η μελέτη υπολογίζει τις τιμές με βάση το έτος 2003, γι' αυτό έγινε αναγωγή με βάση τις τιμές Δείκτη Τιμών Καταναλωτή του 2015

⁴ Οδηγός εφαρμογής προγραμμάτων ΔσΠ και διαχείρισης των βιοαποβλήτων, Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α., 2012

⁵ Tsilemou, K., Panagiotakopoulos, D., Approximate cost functions for solid waste treatment facilities, Waste Manage Res 2006: 24: 310–322

ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (ΣΜΑ)

Η μεταφορά και η μεταφόρτωση των στερεών αποβλήτων λαμβάνει χώρα συνήθως όταν ο χώρος παραγωγής και ο χώρος επεξεργασίας των αποβλήτων απέχουν σημαντικά μεταξύ τους. Προκειμένου η μεταφορά των στερεών αποβλήτων από το χώρο παραγωγής (συνήθως ΟΤΑ) στο χώρο επεξεργασίας (ΚΔΑΥ, Μονάδα Επεξεργασίας κ.ά.) ή στο χώρο διάθεσης (ΧΥΤ) να έχει το λιγότερο δυνατό κόστος, χρησιμοποιούνται οι Σταθμοί Μεταφόρτωσης Αποβλήτων (ΣΜΑ). Στους Σταθμούς αυτούς ουσιαστικά πραγματοποιείται η μεταφόρτωση των στερεών αποβλήτων από τα απορριμματοφόρα οχήματα που πραγματοποιούν τη συλλογή σε οχήματα μεγαλύτερου όγκου που διαθέτουν κι αυτά συστήματα συμπίεσης προκειμένου να πραγματοποιήσουν αυτά τη μεταφορά. Κατά το σχεδιασμό των ολοκληρωμένων συστημάτων επεξεργασίας στερεών αποβλήτων, επιλέγονται οι θέσεις τόσο των σημείων επεξεργασίας και τελικής διάθεσης, όσο και των σημείων μεταφόρτωσης, προκειμένου το συνολικό κόστος διαχείρισης να είναι το μικρότερο δυνατό.

Ως μεταφόρτωση καλείται ο κύκλος εργασιών μεταφοράς των αποβλήτων από τα μέσα συλλογής σε άλλα μέσα συγκέντρωσης τους, με συμπίεση τους, προκειμένου στη συνέχεια να μεταφερθούν προς περεταίρω διαχείριση. Στους σταθμούς μεταφόρτωσης (ΣΜΑ) τα απορρίμματα μεταφορτώνονται σε ειδικά οχήματα κατάλληλα για κίνηση σε μεγάλες αποστάσεις. Οι σταθμοί αυτοί πρέπει να χωροθετούνται σε κεντροβαρικά σημεία ως προς τις πηγές δημιουργίας των απορριμμάτων, ώστε τα απορριμματοφόρα οχήματα μετά τη συμπλήρωση του φορτίου τους να διανύουν την ελάχιστη δυνατή απόσταση μέχρι τον ΣΜΑ, όπου ξεφορτώνουν και επιστρέφουν και πάλι στο έργο της αποκομιδής. Στη συνέχεια, τα οχήματα από το ΣΜΑ μεταφέρουν τα απορρίμματα σε μονάδες επεξεργασίας και τελικής διάθεσης, έχοντας πολλαπλάσιο ωφέλιμο φορτίο από εκείνο των απορριμματοφόρων.

Περιβαλλοντική αδειοδότηση

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση των Σταθμών Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) υπόκεινται στις διατάξεις του Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209/Α) εμπίπτοντας στην κατηγορία δραστηριοτήτων της Ομάδας 4 «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», α/α 7 «Εγκαταστάσεις αποθήκευσης και μεταφόρτωσης (ΣΜΑ) στερεών μη επικίνδυνων αποβλήτων (εργασίες R12, R13, D13, D15), πλην των αναφερόμενων στους α/α 8,9»:

- Υποκατηγορία Α2: Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων αποβλήτων $Q \geq 50$ t/ημέρα
- Υποκατηγορία Β: Ημερήσια ποσότητα εισερχόμενων αποβλήτων $2 \text{ t/ημέρα} < Q < 50$ t/ημέρα και οι χώροι υποδοχής κινητών μονάδων μεταφόρτωσης στερεών αποβλήτων

Λαμβάνονται υπόψη επίσης οι διατάξεις της Υ.Α. 171914/2013 (ΦΕΚ 3072/Β) «Πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις για έργα και δραστηριότητες της κατηγορίας Β της Ομάδας 4: «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», του παραρτήματος ΙV της Υ.Α. 1958/2012 (ΦΕΚ 21/Β), όπως εκάστοτε ισχύει».

Κατηγορίες σταθμών μεταφόρτωσης

Οι Σταθμοί Μεταφόρτωσης ταξινομούνται με βάση τα εξής κριτήρια:

- Δυναμικότητα υποδοχής και μεταφόρτωσης αποβλήτων
- Είδος των πάγιων εγκαταστάσεων (σταθεροί ή κινητοί)
- Σύστημα μεταφόρτωσης με ή χωρίς συμπίεση
- Μέθοδος μεταφόρτωσης και μεταφοράς

Αναφορικά με τη δυναμικότητα υποδοχής και μεταφόρτωσης απορριμμάτων γίνεται διαχωρισμός των μονάδων ανάλογα με τα φορτία που είναι ικανές να διαχειριστούν τόσο κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, όσο και κατά την ώρα αιχμής αφίξεως των οχημάτων.

Αναφορικά με τον τύπο του σταθμού μεταφόρτωσης, η ταξινόμηση περιλαμβάνει τις εξής παραμέτρους:

- Σταθερός καλείται εκείνος ο σταθμός μεταφόρτωσης, στον οποίο η συμπίεση των απορριμμάτων για τη μεταφόρτωση τους λαμβάνει χώρα σε πάγιες κτιριακές εγκαταστάσεις με τη χρήση σταθερών συμπιεστών και μονάδων απόθεσης των απορριμμάτων.
- Κινητός καλείται εκείνος ο σταθμός μεταφόρτωσης, όπου η εκφόρτωση των απορριμματοφόρων ή η συμπίεση τους γίνεται επί οχημάτων, τα οποία εκτελούν την εργασία της συμπίεσης κατά την μετακίνηση τους σε διαφορετικά σημεία.

Όσον αφορά στα συστήματα μεταφόρτωσης χωρίς συμπίεση, διακρίνονται οι εξής μέθοδοι:

- Μεταφόρτωση απευθείας σε container
Απλή τεχνολογία η οποία αποτελείται από ράμπα σε υψηλότερο επίπεδο όπου τα απορριμματοφόρα αδειάζουν τα απορρίμματα σε ανοικτό container. Όταν το container πληρωθεί, αντικαθίσταται από άλλο άδειο και αυτό μεταφέρεται με τράκτορα στη Μονάδα Επεξεργασίας.
- Μεταφόρτωση απευθείας σε trailer
Απλή τεχνολογία όμοια με την προηγούμενη μόνο που το container αντικαθίσταται από trailer. Για την εκφόρτωση του trailer έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες όπως του ενεργού πυθμένα, το οποίο είναι ικανοποιητικό για μικρούς και μεσαίους σταθμούς μεταφόρτωσης, όπου στην περίπτωση αυτή περιστρεφόμενες μπάρες τοποθετημένες στον πυθμένα του μετακινούν τα απορρίμματα και τα εκφορτώνουν.
- Μεταφόρτωση με χρήση φορτωτή
Χρησιμοποιείται κυρίως σε εγκαταστάσεις με δυναμικότητα άνω των 500 t / ημέρα. Τα απορριμματοφόρα εκφορτώνουν τα απορρίμματα σε συγκεκριμένη περιοχή από όπου ο φορτωτής τα σπρώχνει προς το trailer.

Όσον αφορά στα συστήματα μεταφόρτωσης με συμπίεση, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

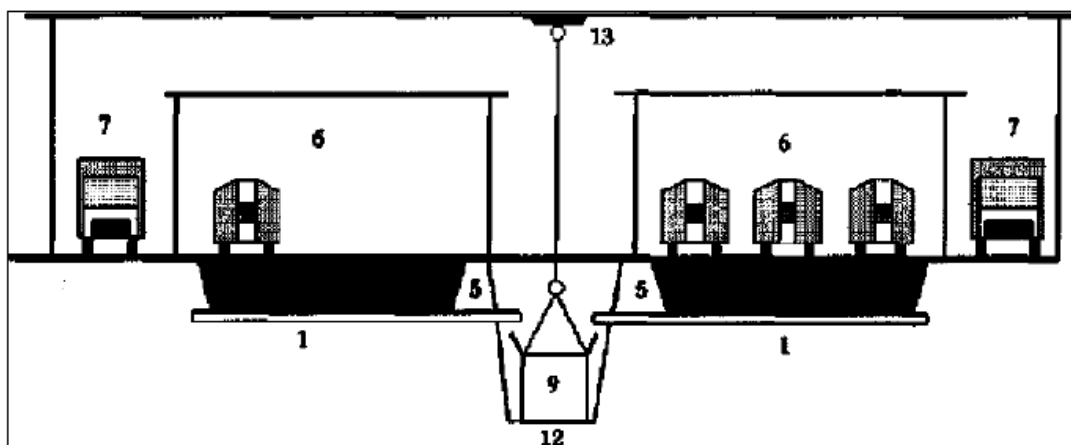
- Αυτούς που διαθέτουν πάγιες κτιριακές εγκαταστάσεις (σταθερού τύπου)
- Αυτούς που έχουν μόνο κινητό εξοπλισμό (κινητά συστήματα μεταφόρτωσης)

Οι σταθεροῦ τύπου ΣΜΑ εἶναι κατάλληλοι για περιπτώσεις μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων > 150 t / ημέρα, ενώ οι κινητοί ενδείκνυται για μικρότερες ποσότητες απορριμμάτων.

Τα απόβλητα, κατά τη διαδικασία αυτή, υφίστανται συμπίεση, η οποία στοχεύει στην επίτευξη του μέγιστου επιτρεπόμενου, κατά περίπτωση, ωφέλιμου φορτίου για την περαιτέρω μεταφορά τους. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, ενδέχεται να πραγματοποιείται και δεματοποίηση των αποβλήτων με χρήση εγκαταστάσεων υψηλού βαθμού συμπίεσης.

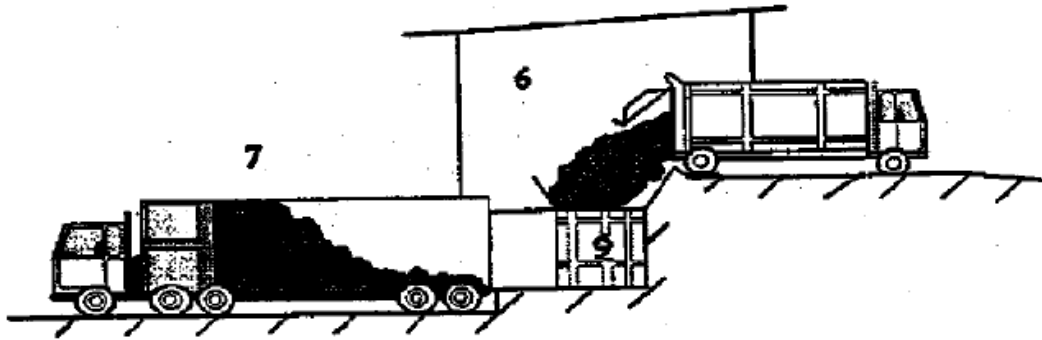
Σταθμοί Μεταφόρτωσης με πάγιες κτιριακές εγκαταστάσεις (με σταθερό συμπιεστή)

Στην περίπτωση αυτή, η συμπίεση μπορεί να φτάσει από 1:2,5 έως 1:4 ανάλογα με τις πρέσες και το σύστημα μεταφόρτωσης που χρησιμοποιείται. Το ειδικό βάρος των συμπιεσμένων απορριμμάτων μπορεί να ανέρχεται έως και 800 kg/m³. Τα απορριμματοφόρα αδειάζουν το περιεχόμενο τους σε χοάνη τροφοδοσίας της πρέσας ή σε σιλό αποθήκευσης. Τα απορρίμματα συμπιέζονται με τη βοήθεια της πρέσας μέσα στα containers. Η μεταφορά των containers στη Μονάδα Επεξεργασίας γίνεται με ρυμουλκά οχήματα. Υπάρχει επίσης σύστημα, όπου τα απορρίμματα συμπιέζονται στην πρέσα σε μεγάλο βαθμό σε μπάλες, που μπορούν αυτόματα να δένονται με σύρμα. Οι μπάλες που βγαίνουν από την πρέσα φορτώνονται με τη βοήθεια ανυψωτικού μηχανήματος στα αυτοκίνητα μεταφοράς.



Εικόνα 13: Τύπος σταθερού τύπου Σταθμού Μεταφόρτωσης ενός επιπέδου

Όπως παρουσιάζεται και στην προηγούμενη εικόνα, τα απορριμματοφόρα και τα μεγάλα φορτηγά (7) βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Τα απορριμματοφόρα εισέρχονται στο Σταθμό Μεταφόρτωσης (6) και εκφορτώνουν στο σιλό (5). Με μεταφορική ταινία (1) τα απορρίμματα μεταφέρονται και πέφτουν στη χοάνη της πρέσας (9) που βρίσκεται βαθύτερα και συμπιέζονται σε containers (12). Για την τοποθέτηση των containers στα μεγάλα φορτηγά χρησιμοποιείται γερανός (13).



Εικόνα 14: Τύπος σταθερού τύπου Σταθμού Μεταφόρτωσης δύο επιπέδων

Τα απορριμματοφόρα εισέρχονται στο Σταθμό Μεταφόρτωσης (6) και εκφορτώνουν στη χοάνη της πρέσας, η οποία συμπιέζει τα απορρίμματα στα μεγάλα φορτηγά ή ρυμουλκούμενα οχήματα (7).

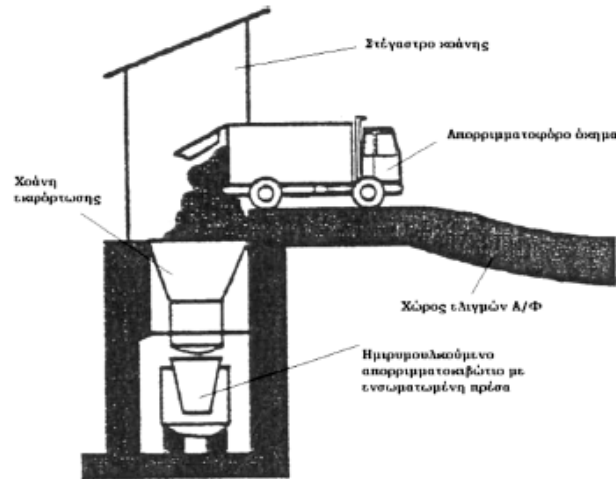
Κινητό Σύστημα Μεταφόρτωσης με συμπίεση

Στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται μικρότερη συμπίεση της τάξης των 500 kg/m^3 - 700 kg/m^3 . Τα απορριμματοφόρα αδειάζουν κατευθείαν μέσα στα απορριμματοκιβώτια (containers), τα οποία διαθέτουν εσωτερικά πρέσα κατά μήκος και πάνω από τα containers της οποίας η πλάκα της συμπίεσης ανεβοκατεβαίνει μέσα σε αυτά.

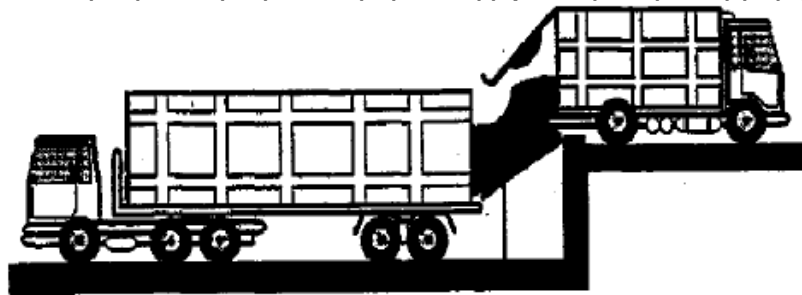
Οι κινητοί ΣΜΑ με συμπίεση δεν απαιτούν κτιριακή ή ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση με μοναδική εξαίρεση τη διαμόρφωση μιας μικρής ράμπας δύο επιπέδων. Πέρα από αυτό οι μέθοδοι κινητής μεταφόρτωσης είναι:

- α. Κινητός Σταθμός Μεταφόρτωσης, ο οποίος βασίζεται στη χρησιμοποίηση ημιρυμουλκούμενων απορριμματοκιβωτίων με ενσωματωμένη πρέσα.
- β. Κινητός Σταθμός Μεταφόρτωσης, ο οποίος βασίζεται στη χρησιμοποίηση containers (απορριμματοκιβώτια) με ενσωματωμένη πρέσα.

Η διαστασιολόγηση των έργων μεταφόρτωσης πραγματοποιείται για την περίοδο αιχμής, εφόσον η περιοχή μελέτης παρουσιάζει αυξημένη παραγωγή λόγω του καλοκαιρινού ή χειμερινού τουρισμού. Συνεπώς, ο εξοπλισμός που κρίνεται απαραίτητος πρέπει να εξασφαλίζει ότι ο ΣΜΑ θα διαθέτει απορριμματοκιβώτια μεγάλου όγκου (για τις ποσότητες αιχμής), αλλά ταυτόχρονα και ευέλικτα σε ό,τι αφορά στην κίνηση τους σε επαρχιακούς δρόμους.



Εικόνα 15: Κινητός Σταθμός Μεταφόρτωσης (ενδιάμεση απόρριψη σε χοάνη)



Εικόνα 16: Κινητός Σταθμός Μεταφόρτωσης (απευθείας απόρριψη)

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Ένας Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) περισσότερο συμβάλει θετικά στην διαχείριση των Στερεών Αστικών Απορριμμάτων (ΑΣΑ) παρά επιβαρύνοντας το περιβάλλον. Εντούτοις, οι εν δυνάμει περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν περιγράφονται στη συνέχεια.

Αέρια απόβλητα

Η ομαλή λειτουργία ενός ΣΜΑ δεν συνοδεύεται ιδιαίτερα από τη δημιουργία σκόνης, εφόσον οι οδοί των εγκαταστάσεων του ΣΜΑ είναι ασφαλτοστρωμένοι. Μικρές ποσότητες σκόνης ενδέχεται να εκλύονται κατά την εκφόρτωση των απορριμμάτων από τα απορριματοφόρα, όμως δεν προκαλούν σημαντική επίπτωση, δεδομένης επιπρόσθετα και της αυξημένης υγρασίας των απορριμμάτων.

Η ασφαλτόστρωση των οδών της εγκατάστασης του ΣΜΑ αποτελεί την καλύτερη μέθοδο πρόληψης για την έκλυση σκόνης κατά την μετακίνηση τους εντός της εγκατάστασης.

Υγρά απόβλητα

Στην εγκατάσταση του ΣΜΑ, υγρά απόβλητα παράγονται είτε κατά τη συμπίεση των απορριμμάτων είτε κατά τις πλύσεις στις πλατείες μεταφόρτωσης. Θα πρέπει να

προβλεφθεί η κατασκευή κατάλληλου δικτύου συλλογής των στραγγισμάτων και των νερών έκπλυσης και η συγκέντρωσης τους σε κατάλληλη δεξαμενή για την προώθηση τους στη συνέχεια σε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων.

Στερεά απόβλητα

Κατά τη λειτουργία του ΣΜΑ δεν παράγονται στερεά απόβλητα, αφού τα απορρίμματα εκφορτώνονται απευθείας μέσω της χοάνης εντός των containers, τα οποία είναι κλειστά.

Ένα σύνηθες φαινόμενο είναι η διασπορά ελαφρών αντικειμένων με τη βοήθεια του αέρα. Τα μικροαπορρίμματα αυτά παράγονται κυρίως κατά την ανεπιτυχή μεταφόρτωση των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα και δευτερευόντως από το προσωπικό το οποίο εργάζεται στο ΣΜΑ.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της διαφυγής και της διασποράς των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα, συνίσταται η επιμελημένη πλήρωση τους και η χρήση ειδικών σκεπασμάτων για την κάλυψη των μεταφερομένων απορριμμάτων.

Οι θέσεις εκφόρτωσης θα πρέπει να είναι προστατευμένες για την αποφυγή διασποράς μικροαντικειμένων (π.χ. μικρών χαρτιών) στον περιβάλλοντα χώρο. Δεν θα πρέπει επίσης να επιτρέπεται η προσωρινή αποθήκευση απορριμμάτων εκτός των απορριμματοφόρων και των κλειστών χώρων στην περίπτωση των σταθερών ΣΜΑ.

Θόρυβος

Κατά τη λειτουργία του ΣΜΑ, η όποια ηχορύπανση οφείλεται στην κυκλοφορία των απορριμματοφόρων και στη λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού και των εργασιών που λαμβάνουν χώρα στο ΣΜΑ.

Εκτιμάται ότι τα επίπεδα θορύβου είναι αρκετά χαμηλά από τα επιτρεπόμενα όρια βάσει της κείμενης νομοθεσίας. Στο προσωπικό παρέχονται τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας.

Οσμές

Πρόβλημα δημιουργίας οσμών παρουσιάζεται σε ένα ΣΜΑ μόνο υπό συνθήκες μη ορθής τήρησης των κανόνων καθαριότητας του σταθμού ή στην καθυστέρηση μεταφοράς των απορριμμάτων από την εγκατάσταση του ΣΜΑ στην περαιτέρω μονάδες επεξεργασίας ή διάθεσης.

Η έκλυση δυσάρεστων οσμών, λόγω αποσύνθεσης της οργανικής ύλης εκτιμάται ότι δεν είναι πιθανή, διότι τα απορρίμματα εκφορτώνονται μέσω της χοάνης εντός των containers και απομακρύνονται άμεσα χωρίς να πραγματοποιείται προσωρινή αποθήκευση.

Ακόμα όμως και στην περίπτωση παραμονής των συμπιεσμένων απορριμμάτων εντός των containers στο ΣΜΑ, δεν αναμένεται πρόβλημα έκλυσης οσμών, καθώς τα containers είναι κλειστά και σφραγίζουν αποτρέποντας έτσι την έκλυση σκόνης και οσμών.

Στοιχεία Κόστους Σταθμών Μεταφόρτωσης

Όπως και στις υπόλοιπες υποδομές διαχείρισης, έτσι και στους ΣΜΑ το κόστος επένδυσης, κυρίως, αλλά και το κόστος λειτουργίας παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις στα ήδη κατασκευασμένα έργα. Βασικά στοιχεία ενός απλού ΣΜΑ είναι το κοντέινερ συμπίεσης (με ενσωματωμένη πρέσα) και ο τράκτορας μεταφοράς του. Με δεδομένο ότι για κάθε τράκτορα αντιστοιχούν περισσότερα κοντέινερ (συνήθως 2-4) και ότι κάθε κοντέινερ έχει χωρητικότητα περίπου 50m³, μπορεί να γίνει μια γενική εκτίμηση του κόστους.

Με βάση τις εκτιμώμενες τιμές των βασικών στοιχείων εξοπλισμού και λειτουργίας ενός σταθμού, παρακάτω παρουσιάζεται μια προσέγγιση του συνολικού κόστους (στο λειτουργικό κόστος συμπεριλαμβάνεται και η μεταφορά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας)

Πίνακας 5: Προσέγγιση επενδυτικού και λειτουργικού κόστους ΣΜΑ

Εκτιμώμενο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος για Σταθμούς Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων			
<u>Επενδυτικό κόστος (€) σε σχέση με τα κοντέινερ (C) και τους τράκτορες (T)</u>	<u>Παραδοχές</u>	<u>Ετήσιο Λειτουργικό κόστος (€), σε σχέση με τα διανυόμενα χιλιόμετρα ανά δρομολόγιο (x), τη συνολική ποσότητα μεταφόρτωσης (P) και τον αριθμό εργαζομένων (HR)</u>	<u>Παραδοχές</u>
$=120.000 \cdot C + 100.000 \cdot T + 80.000 - 500.000$	Έχει θεωρηθεί: Κόστος κοντέινερ με πρέσα: 120.000 € Κόστος τράκτορα: 100.000 € Διαμόρφωση χώρου: 80.000 € - 500.000 €	$= 5.000 + 18.000 \cdot HR + (P/20) \cdot x \cdot 0,99 \cdot 1,05$	Έχει θεωρηθεί: Κόστος παροχών (ελάχιστο): 5.000 Κόστος εργασίας: 18.000 €/άτομο/έτος Κόστος μεταφοράς: 20 τόνοι ανά δρομολόγιο με κατανάλωση καυσίμου 0,99 lt/km και κόστος πετρελαίου 1,05 €/λτ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Βασικά Στοιχεία Μεθόδου

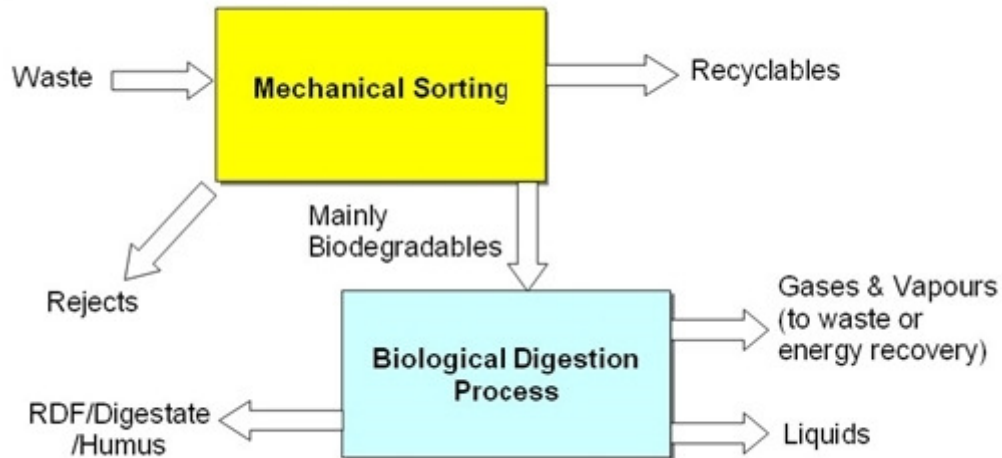
Η Μηχανική-Βιολογική μέθοδος επεξεργάζεται μερικώς τα σύμμεικτα ΑΣΑ, απομακρύνοντας μηχανικά ορισμένα ρεύματά τους και τροποποιώντας βιολογικά κάποια άλλα, ώστε να μειωθεί το υπόλειμμα, να γίνει περισσότερο σταθερό και καταλληλότερο για μελλοντικές χρήσεις.

Ο όρος Μηχανική-Βιολογική επεξεργασία δεν αναφέρεται σε μία μόνο τεχνολογία και μέθοδο διαχείρισης, αλλά σε μία πληθώρα τεχνολογικών επιλογών, με διάφορους βαθμούς αυτοματοποίησης. Οι μέθοδοι Βιολογικής Επεξεργασίας των ΑΣΑ, όπως η κομποστοποίηση, η αναερόβια χώνευση και η βιολογική ξήρανση, σε συνδυασμό με την Μηχανική Επεξεργασία, παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην ορθολογική διαχείριση τους, σύμφωνα με τις τάσεις που υπαγορεύονται από τις Ευρωπαϊκές κοινοτικές οδηγίες.

Οι τεχνολογίες Μηχανικής Επεξεργασίας έχουν ως στόχο το διαχωρισμό του των διαφόρων ανακτήσιμων κλασμάτων από τα σύμμεικτα απορρίμματα, μέσω μηχανικών μέσων, με σκοπό την ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών (πλαστικό, χαρτί, σίδηρος, λευκοσίδηρος, αλουμίνιο, γυαλί), την παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου RDF και την περαιτέρω επεξεργασία-ανάκτηση των υπόλοιπων καθαρών κλασμάτων. Μέσω των διεργασιών της κομποστοποίησης, υπό αερόβιες συνθήκες και της αναερόβιας χώνευσης, υπό αναερόβιες συνθήκες, πραγματοποιείται η ανάκτηση του διαχωρισμένου βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αστικών απορριμμάτων. Η σπανιότερα χρησιμοποιούμενη βιολογική ξήρανση μετατρέπει υπό αερόβιες συνθήκες το κλάσμα των σύμμεικτων απορριμμάτων, απαλλαγμένο από μέταλλα, σε δευτερογενές καύσιμο SRF πλουσιότερο σε οργανική ύλη.

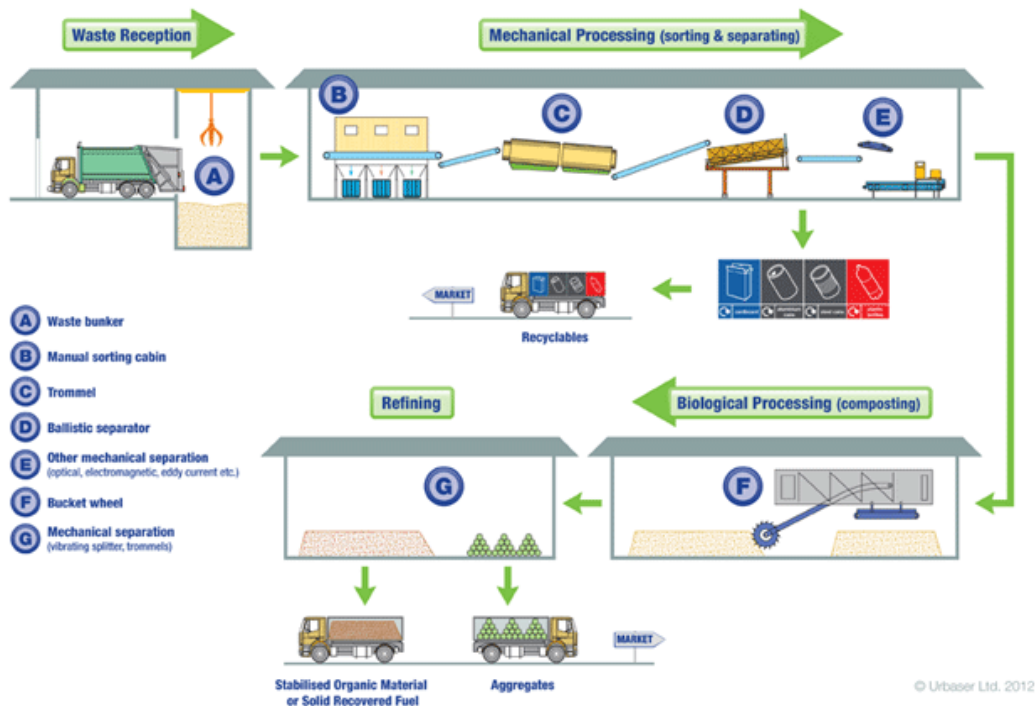
Οι παραπάνω διεργασίες εφαρμόζονται στη πράξη μέσω διάφορων τεχνολογικών συστημάτων. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος για την κατασκευή μιας μονάδας Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ) είναι σε άμεση εξάρτηση με πολλούς παράγοντες, όπως το βαθμό διαλογής στην πηγή, τη γεωγραφική θέση και τη δυναμικότητα.

Όπως γίνεται σαφές από τα παραπάνω, επί της ουσίας η ΜΒΕ περιλαμβάνει δύο ή περισσότερα ξεχωριστά συστήματα επεξεργασίας συνδεδεμένα σε σειρά. Τα συστήματα που περιλαμβάνει το καθένα από τα δύο αυτά στοιχεία, αλλά και η σειρά με την οποία αυτά τοποθετούνται (πρώτα η μηχανική επεξεργασία και μετά η βιολογική ή το αντίστροφο), έχει να κάνει κυρίως με τα επιθυμητά τελικά προϊόντα, αλλά και με τη σύσταση των εισερχόμενων αποβλήτων.



Εικόνα 17: Διάγραμμα ροής μιας μονάδας ΜΒΕ όπου προηγείται η Μηχανική Επεξεργασία⁶

MBT – Mechanical Biological Treatment



Εικόνα 18: Επεξηγηματικό Διάγραμμα Ροής μιας ΜΒΕ με αερόβια κομποστοποίηση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος⁷

⁶ <http://www.ciwm.co.uk>

⁷ <http://ubbessex.co.uk>

Πίνακας 6: Τεχνολογίες ΜΒΕ και παραγόμενα προϊόντα⁸

Τεχνολογία	Προϊόντα
Μηχανική επεξεργασία + αερόβια κομποστοποίηση	• Ανακυκλώσιμα ή/και RDF • Βιοσταθεροποιημένο υλικό για κομπόστ, κάλυψη Χ.Υ.Τ.Α. ή αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία + αναερόβια χώνευση	• Ανακυκλώσιμα ή/και RDF • Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας • Βιοσταθεροποιημένο υπόλειμμα
Μηχανική επεξεργασία + αναερόβια χώνευση + αερόβια κομποστοποίηση	• Ανακυκλώσιμα ή/και RDF • Βιοαέριο για παραγωγή ενέργειας • Υλικό για αποκατάσταση εδαφών
Μηχανική επεξεργασία + βιολογική ξήρανση	• Ανακυκλώσιμα (μέταλλα) • SRF

Υποεγκατάσταση Μηχανικής Επεξεργασίας

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

Οι στόχοι της μηχανικής επεξεργασίας, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μετέπειτα στάδιο βιολογικής επεξεργασίας είναι:

- Η μεγιστοποίηση της ανάκτησης υλικών
- Ο διαχωρισμός και προετοιμασία των αποβλήτων για το επόμενο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας
- Αφαίρεση ανεπιθύμητων συστατικών από τα εισερχόμενα απόβλητα, όπως ογκωδών και άλλων προβληματικών υλικών
- Ο διαχωρισμός του κλάσματος με υψηλό θερμιδικό περιεχόμενο

Σε περίπτωση που απαιτείται (κυρίως σε εφαρμογές όπου το επιθυμητό προϊόν είναι το κομπόστ), υπάρχει και ένα στάδιο μηχανικής επεξεργασίας μετά τη βιολογική επεξεργασία, (κόσκινα κ.α.), για το ραφινάρισμα του τελικού προϊόντος. Ο βαθμός της μηχανικής επεξεργασίας εξαρτάται από:

- Τα είδη των εισερχόμενων αποβλήτων (μικτά αστικά απορρίμματα, υπόλειμμα από διαλογή στην πηγή, κλπ)
- Το ποσοστό των ανακυκλώσιμων στα εισερχόμενα απόβλητα
- Την απαιτούμενη ποιότητα της εξόδου

⁸ <http://www.eedsa.gr>

- Το επιθυμητό ποσοστό ανάκτησης των ανακυκλώσιμων

Η πολυπλοκότητα του εφαρμοζόμενου συστήματος εξαρτάται από:

- Τα διαθέσιμα κεφάλαια
- Τη δυναμικότητα
- Τη διαθεσιμότητα γης
- Το εφαρμοζόμενο σύστημα Διαλογής στην Πηγή
- Τις απαιτήσεις της αγοράς ανακύκλωσης
- Τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και τους εθνικούς στόχους

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται επαρκώς τα βασικά επιμέρους στάδια της μηχανικής επεξεργασίας.

Υποδοχή και προετοιμασία των αποβλήτων

Σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνονται ο χώρος υποδοχής των απορριμμάτων, αλλά και οι τεχνολογίες προετοιμασίας αυτών, για τη διευκόλυνση του διαχωρισμού. Ο χώρος της υποδοχής συνήθως διαμορφώνεται ως κλειστό κτίριο, όπου τα οχήματα συλλογής (μετά τη ζύγισή τους), εκφορτώνουν σε κατάλληλα διαμορφωμένους υποδοχείς (χώρος εκκένωσης των απορριμματοφόρων), οι οποίοι λειτουργούν ως προσωρινός αποθηκευτικός χώρος παρέχοντας τη δυνατότητα αποθήκευσης των απορριμμάτων, έως τη σταδιακή επεξεργασία τους.

Οι υποδοχείς συνήθως διαμορφώνονται ως δεξαμενές (bunkers), αν και υπάρχουν μονάδες όπου η εκφόρτωση γίνεται κατευθείαν σε πλατεία. Σε κάθε περίπτωση, κατά μήκος του μετώπου του τμήματος υποδοχής προβλέπεται επαρκής χώρος, ο οποίος εξασφαλίζει τους ελιγμούς των απορριμματοφόρων, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εκφόρτωση των απορριμμάτων. Τα οχήματα εισέρχονται εξ' ολοκλήρου στο κτίριο υποδοχής, του οποίου οι πόρτες κλείνουν αυτόματα μετά την απομάκρυνση του οχήματος. Με τη διαδικασία αυτή εξασφαλίζεται η ελαχιστοποίηση των οσμών προς το περιβάλλον, διότι οι πόρτες παραμένουν ανοικτές κατά τον ελάχιστο δυνατό χρόνο και τα οχήματα βρίσκονται εντός κλειστού και καλά εξαεριζόμενου κτιρίου κατά τη διάρκεια της εκκένωσης.

Για την παραλαβή των απορριμμάτων από τον υποδοχέα και την εκφόρτωσή τους στη χοάνη τροφοδοσίας, συνήθως χρησιμοποιούνται γερανογέφυρες και αρπάγες. Η αρπάγη χρησιμοποιείται τόσο για τη μεταφορά των απορριμμάτων από τον υποδοχέα προς τις χοάνες παραλαβής, όσο και για τη διάστρωση των απορριμμάτων εντός του κάθε υποδοχέα. Επίσης, με κατάλληλο χειρισμό των αρπαγών γίνεται απομάκρυνση τυχόν ογκωδών/ανεπιθύμητων απορριμμάτων, όπως λάστιχα αυτοκινήτων, καρέκλες, ποδήλατα, κλπ, που τυχόν έχουν προσαχθεί με τα απορριμματοφόρα. Τα απορρίμματα αυτά οδηγούνται σε χώρο αποθήκευσης (π.χ. εντός container) προς κατάλληλη διαχείριση. Στην περίπτωση εκφόρτωσης σε πλατεία, γίνεται χρήση κινητού εξοπλισμού (φορτωτές, οχήματα εξοπλισμένα με αρπάγες) για την προώθηση των ΑΣΑ. στις διεργασίες και την απομάκρυνση ογκωδών/ανεπιθύμητων απορριμμάτων.

Για το χειρισμό του εξοπλισμού υποδοχής και την ομαλή εξέλιξη της εργασίας του προσωπικού προβλέπονται, εντός του χώρου υποδοχής, κατάλληλα control rooms που εξασφαλίζονται με φρέσκο αέρα.

Η προετοιμασία των αποβλήτων αποτελεί το επόμενο στάδιο μετά την υποδοχή και περιλαμβάνει τεχνολογίες σκισίματος σάκων, ελάττωσης του μεγέθους και αποκατάστασης της ομοιομορφίας των αποβλήτων, οι κυριότερες των οποίων παρουσιάζονται στην παρακάτω.

Πίνακας 7: Τεχνολογίες προετοιμασίας αποβλήτων⁹

Τεχνολογία	Αρχή λειτουργίας	Προβλήματα-περιορισμοί
Περιστρεφόμενα τύμπανα ή θραυστήρες κυλίνδρου (Rotating drum)	Το υλικό ανυψώνεται καθώς προσκολλάται στα τοιχώματα του τυμπάνου και κατόπιν πέφτει στο κέντρο, λόγω της βαρύτητας, επιτυγχάνοντας ανάδευση και ομογενοποίηση των αποβλήτων. Τα κοφτερά αντικείμενα που ενυπάρχουν στα απόβλητα (γυαλί, μέταλλα) συνεισφέρουν στη μείωση του μεγέθους των πιο μαλακών υλικών, όπως το χαρτί και τα βιοαποδομήσιμα, χωρίς να κονιορτοποιούνται τα ίδια.	Ήπια δράση – τεμαχισμός. Μπορεί να υπάρξει πρόβλημα για απόβλητα υψηλής υγρασίας.
Περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης με κόπτες (wet rotating drum with knives)	Μετά από την προσθήκη νερού, τα απόβλητα δημιουργούν μεγάλα συσσωματώματα που θρύβονται από τους κόπτες κατά την περιστροφή του τυμπάνου.	Σχετικά μικρή μείωση μεγέθους. Πιθανότητα καταστροφής του κόπτη από μεγάλα σκληρά αντικείμενα.
Περιστροφικοί κόπτες (Shredder)	Περιστρεφόμενα μαχαίρια ή δίσκοι περιστρέφονται με χαμηλή ταχύτητα και υψηλή ροπή. Η διατμητική τους δράση σχίζει ή τέμνει τα περισσότερα υλικά.	Τα μεγάλα σκληρά αντικείμενα μπορούν να καταστρέψουν τους κόπτες, ακατάλληλοι για δοχεία υπό πίεση
Σφαιρόμυλοι (Ball mill)	Περιστρεφόμενα τύμπανα φέρουν βαριές σφαίρες για να τεμαχίσουν ή να κονιορτοποιήσουν τα απόβλητα.	Καταπόνηση – φθορά των σφαιρών, κονιορτοποίηση γυαλιού / αδρανών.
Σφυρόμυλοι (Hammer mill)	Τα απόβλητα υφίστανται σημαντική μείωση του μεγέθους τους με τη βοήθεια σφυριών που ταλαντώνονται.	Καταπόνηση - φθορά των σφυρών, κονιορτοποίηση γυαλιού / αδρανών, ακατάλληλοι για δοχεία υπό πίεση
Σχίστες πλαστικών σάκων (Bag splitter, opener)	Μπορεί να είναι τύπου περιστροφικού κόπτη (με αυξημένες ανοχές μεταξύ των περιστρεφόμενων μαχαιριών κοπής, ώστε να σχίζεται μόνο ο σάκος και να μην τεμαχίζεται το περιεχόμενο), παλινδρομικής χτένας ή οδοντοφόρων αλυσίδων.	Δεν μειώνει το μέγεθος των αποβλήτων. Πιθανότητα καταστροφής από μεγάλα σκληρά αντικείμενα.

⁹ Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Ν. Αττικής (2008)

Μηχανικός Διαχωρισμός των αποβλήτων

Σε αυτό το τμήμα της μηχανικής επεξεργασίας περιλαμβάνονται τεχνολογίες που επιτυγχάνουν το διαχωρισμό της εισερχόμενης μάζας των αποβλήτων σε επιμέρους ανακτήσιμα ρεύματα (διάφορες κατηγορίες ανακυκλώσιμων, οργανικά, αδρανή, κ.α.). Συνήθως κάθε τεχνολογία διαχωρίζει τα υλικά σε δύο ρεύματα, από τα οποία το ένα περιέχει το προς ανάκτηση υλικό σε υψηλή συγκέντρωση ενώ το άλλο είναι σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένο από την παρουσία του. Οι κυριότερες τεχνολογίες διαχωρισμού παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 8: Βασικές τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων¹⁰

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

¹⁰ Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Ν. Αττικής (2008)

* Κοσκίνισμα

Κατά τη διάρκεια του κοσκινίσματος διαχωρίζουμε τα υλικά με διαφορετικά μεγέθη τεμαχίων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διοχέτευση του υλικού πάνω σε διάτρητη επιφάνεια. Η διάσταση των οπών καθορίζει το ελάχιστο μέγεθος των μη διερχομένων και το μέγιστο των διερχομένων τεμαχίων. Επειδή το κοσκίνισμα είναι μια στατική διεργασία, το τέλος αυτής της διεργασίας ορίζεται βάσει ενός πρότυπου χρόνου κοσκινίσματος ή του ρυθμού των διερχομένων τεμαχίων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι κοσκίνων όπως το κόσκινο δόνησης, το κόσκινο τυμπάνου ανάμειξης-ομογενοποίησης και το απλό κόσκινο τυμπάνου. Παρακάτω περιγράφονται οι κυριότερες κατηγορίες κοσκίνων.

- Δονούμενα κόσκινα

Τα δονούμενα κόσκινα είναι κατασκευασμένα έτσι, ώστε οι δονήσεις να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες σε όλη την επιφάνεια για να επιτυγχάνεται σωστή επιστρωμάτωση του υλικού. Η κίνηση επιτυγχάνεται μέσω του κινητήρα ιμάντων-τροχαλίων ή απευθείας με σύζευξη (συμπλέκτης). Το κόσκινο στηρίζεται στο βασικό πλαίσιο και τα ελατήρια. Η δόνηση, ο αριθμός των ταλαντώσεων και η γωνία του κόσκινου ορίζονται ανάλογα με το υλικό. Μεταξύ έδρασης και κόσκινου υπάρχουν αποσβεστικά ελατήρια υψηλής αντοχής. Για τον καθαρισμό του κόσκινου χρησιμοποιείται ειδική βούρτσα.



Εικόνα 19: Δονητικό κόσκινο¹¹

- Περιστροφικά κόσκινα

Το περιστροφικά κόσκινά είναι η συνηθισμένη μορφή πρωτογενούς κοσκινίσματος. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι το τύμπανο (κύλινδρος). Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού είναι η διάμετρος, η ταχύτητα περιστροφής, το μήκος της εσχάρας, το μέγεθος και το σχήμα της οπής. Τα απορρίμματα, αφού πέσουν στον κύλινδρο,

¹¹ www.pkmachinery.com

κυλίνουνται κατά μήκος της επιφάνειας της εσχάρας, στην αρχή με μικρή ταχύτητα περιστροφής, η οποία όμως μεγαλώνει έως ότου φθάσει την κρίσιμη ταχύτητα περιστροφής.



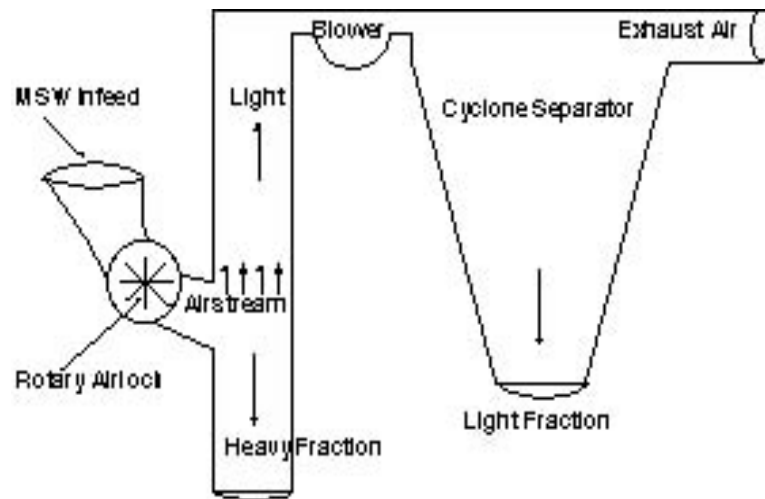
Εικόνα 20: Περιστροφικό κόσκινο¹²

* Αεροδιαχωρισμός

Κατά τον αεροδιαχωρισμό πραγματοποιείται ταξινόμηση του μίγματος σε διάφορα υλικά υπό την επίδραση στρώματος αέρα. Ο διαχωρισμός βασίζεται στις διαφορετικές τροχιές σωματιδίων, τα οποία υποβάλλονται σε ένα στρώμα αέρα και την επίδραση της βαρύτητας. Βασική ιδιότητα των απορριμμάτων ως προς τον αεροδιαχωρισμό είναι το ειδικό βάρος της κάθε κατηγορίας.

Μία εγκατάσταση αεροδιαχωρισμού περιλαμβάνει ουσιαστικά τον ανεμιστήρα, τους αεραγωγούς και το φυγοκεντρικό διαχωριστή (κυκλώνα). Ο χρησιμοποιούμενος ανεμιστήρας είναι συνήθως φυγοκεντρικός. Καθώς ο αεροδιαχωρισμός των υλικών γίνεται πρώτα στους αεραγωγούς και κατόπιν στον κυκλώνα, η ιδιαιτερότητα των χρησιμοποιούμενων και δοκιμαζόμενων τεχνολογιών έγκειται κυρίως στο σχεδιασμό των αεραγωγών. Συνήθως καθορίζεται ένα σχήμα "ζικ-ζακ" στα κατακόρυφα τμήματά τους, καθώς η διαδρομή αυτή προκαλεί την ταχύτερη απώλεια της κινητικής ενέργειας των βαρύτερων αντικειμένων και την κατακρήμνισή τους, επιτυγχάνοντας καλύτερο διαχωρισμό των υλικών. Στον κυκλώνα συλλέγονται τα πνευματικώς μεταφερθέντα στερεά και το ρεύμα αέρα οδηγείται στην είσοδο της διεργασίας ή απορρίπτεται στην ατμόσφαιρα.

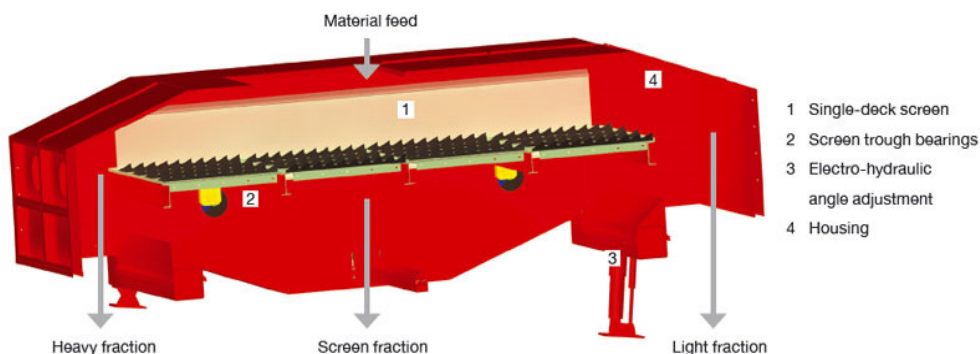
¹² www.pkmachinery.com



Εικόνα 21: Σκαρίφημα συστήματος αεροδιαχωρισμού¹³

* Βαλλιστικός διαχωρισμός

Οι βαλλιστικοί διαχωριστές χωρίζουν τα τεμαχισμένα απορρίμματα σε τρεις κατηγορίες: βαρέα, ελαφρά και λεπτά. Οι βαλλιστικοί διαχωριστές αποτελούνται από τη χοάνη τροφοδοσίας, το βαλλιστικό διαχωριστή, τα διαφράγματα και τις χοάνες διαχωρισμού των υλικών, καθώς και τη φέρουσα κατασκευή. Μέσω της παλινδρομικής κίνησης και της κλίσης του διαχωριστή, τα υλικά ακολουθούν διαφορετικές πορείες κίνησης. Τα σκληρά και ελαστικά αντικείμενα εκτοξεύονται και αποτελούν την κατηγορία των βαρέων, ενώ τα ελαφρά επιταχύνονται από την παλινδρομική κίνηση του κόσκινου προς τα επάνω. Με αυτόν τρόπο διαχωρίζονται το χαρτί, χαρτόνι, υφάσματα κλπ. Κατά τη διάρκεια της παλινδρόμησης τα λεπτά μέρη, όπως αδρανή, γυαλί, ξύλα περνούν από τις οπές και αποτελούν την κατηγορία των λεπτών.



Εικόνα 22: Σχέδιο βαλλιστικού διαχωριστή¹⁴

¹³ <http://compost.css.cornell.edu>

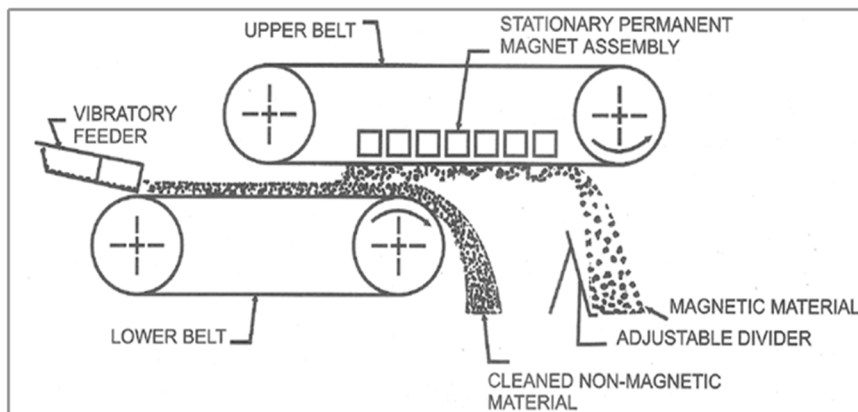
¹⁴ www.imt-separator.at

* Ηλεκτρομαγνητικός διαχωρισμός

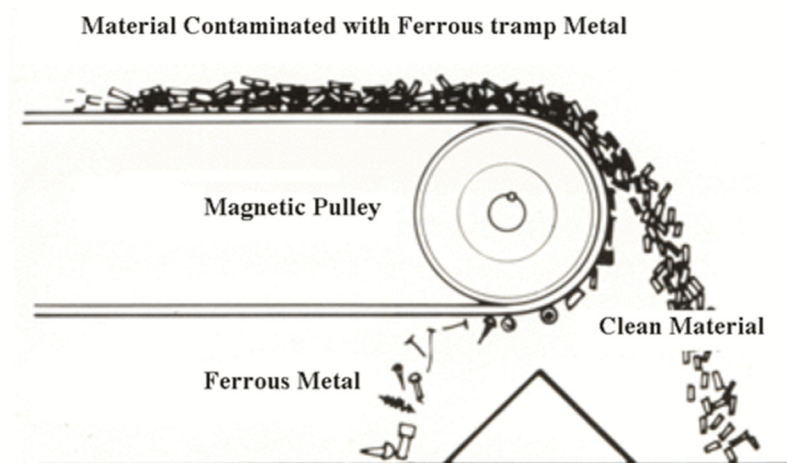
Οι τεχνολογίες ηλεκτρομαγνητικού διαχωρισμού χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων από τα ΑΣΑ. Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι μαγνητικοί διαχωριστές και οι διαχωριστές δινορευμάτων.

• Μαγνητικοί διαχωριστές

Οι μαγνητικοί διαχωριστές χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων μέσω εφαρμογής μαγνητικού πεδίου. Οι κυριότερες τεχνολογίες είναι η τεχνολογία του μαγνητικού τυμπάνου και αυτή του μαγνητικού ιμάντα. Καθώς τα απορρίμματα προωθούνται, μέσω μεταφορικής ταινίας, το μαγνητικό πεδίο έλκει και εκτρέπει τα σιδηρούχα μέταλλα σε ξεχωριστή κατεύθυνση.



Εικόνα 23: Σκαρίφημα συστήματος διαχωρισμού με μαγνητικό ιμάντα¹⁵



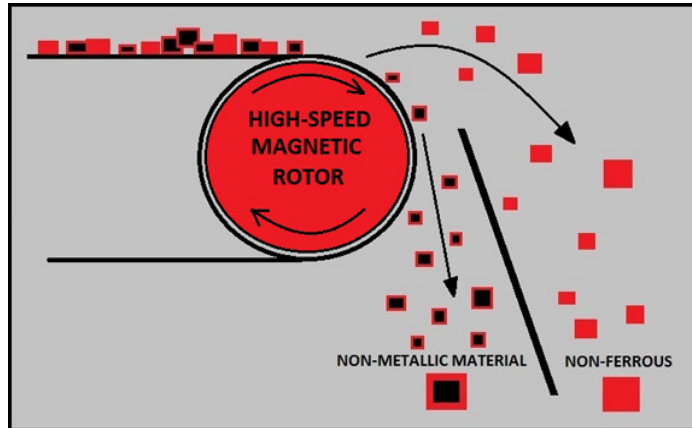
Εικόνα 24: Σκαρίφημα συστήματος διαχωρισμού με μαγνητικό τύμπανο¹⁶

¹⁵ www.jupitermagnetics.com

¹⁶ allaboutmagnets.wikispaces.com

- Διαχωριστές δινоруεμάτων (Eddy current separators)

Οι διαχωριστές δινоруεμάτων (ή επαγωγικοί διαχωριστές) χρησιμοποιούν το φαινόμενο της επαγωγής και το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται μέσω αυτής για την εκτροπή των μη σιδηρούχων μετάλλων από το ρεύμα των υπολοίπων. Πρέπει να αναφερθεί ότι πριν το στάδιο των διαχωριστών δινоруεμάτων πρέπει να έχει προηγηθεί ο μαγνητικός διαχωρισμός των σιδηρούχων μετάλλων.



Εικόνα 25: Σκαρίφημα συστήματος διαχωρισμού μέσω δινоруεμάτων¹⁷

- * Διαχωρισμός επιπλεύσεως

Οι διαχωριστές επιπλεύσεως χρησιμοποιούν τη διαφορετική πυκνότητα των υλικών ως προς το διαχωριστικό μέσο (νερό ή άλλο υγρό με διαχεόμενο αέρα), έτσι ώστε να διαχωρίσουν τα υλικά χαμηλής πυκνότητας (πλαστικά, οργανικά) από τα υλικά υψηλής πυκνότητας (μέταλλα, πέτρες, γυαλί, κ.α.). Μέσω της ροής των υλικών κατά μήκος μιας δεξαμενής, τα βαριά υλικά κατακάθονται στον πάτο, ενώ τα ελαφριά υλικά επιπλέουν, επιτρέποντας έτσι τη χωριστή συλλογή των ρευμάτων. Επιπλέον, σε αυτή τη μέθοδο μπορούν να αξιοποιηθούν τα υδροφιλικά/υδροφοβικά χαρακτηριστικά των διαφόρων υλικών για το διαχωρισμό. Με χρήση περισσότερων δεξαμενών, με ρευστά διαφορετικής πυκνότητας, συνδεδεμένες σε σειρά είναι δυνατός ο περαιτέρω διαχωρισμός των διαφόρων κλασμάτων υλικών.

- * Οπτικός διαχωρισμός

Κατά τον οπτικό διαχωρισμό γίνεται χρήση αισθητήρων οπτικής ανάλυσης (κάμερες, λέιζερ, κ.α.), έτσι ώστε να αναγνωριστούν βασικές ιδιότητες του κάθε υλικού (χρώμα, σχήμα, μέγεθος, κ.α.). Κατόπιν, ανάλογα με την κατάταξη του κάθε υλικού, γίνεται η προώθησή του στο αντίστοιχο ρεύμα. Η ποιότητα και η αποτελεσματικότητα της οπτικής διαλογής εξαρτάται από την τεχνολογία και τις δυνατότητες των αισθητήρων.

¹⁷ <http://www.mastermagnets.com>

Υποεγκατάσταση Βιολογικής Επεξεργασίας

Η υποεγκατάσταση Βιολογικής Επεξεργασίας, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, αφορά στην επεξεργασία/ανάκτηση βιοαποδομήσιμων υλικών και μπορεί να επιτευχθεί μέσω διαφορετικών μεθόδων. Οι δύο βασικότερες μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας είναι η αερόβια και η αναερόβια χώνευση.

Η αερόβια χώνευση (κομποστοποίηση) περιγράφεται ενδελεχώς σε άλλη ενότητα του Παραρτήματος. Παρακάτω παρουσιάζονται επαρκώς οι διαδικασίες της αναερόβιας χώνευσης.

Εισαγωγικά στοιχεία – θεωρητικό υπόβαθρο

Ο όρος «αναερόβια χώνευση» (ΑΧ) αναφέρεται στην ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μείγμα CH₄ και CO₂, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας) και ενός υδαρούς υπολείμματος (digestate ή χωνεμένη ιλύς). Η χωνεμένη ιλύς πρέπει να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία είτε για τη σταθεροποίησή της και τη μετατροπή της σε κομπόστ και χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό, είτε για την ξήρανσή της και τη χρήση της ως καύσιμης ύλης.

Η αναερόβια χώνευση στερεών αποβλήτων συχνά αναφέρεται και ως βιοαεριοποίηση (biogasification). Ο τελευταίος όρος υπονοεί τη μερική μετατροπή των στερεών αποβλήτων σε αέριο (βιοαέριο), κύριο συστατικό του οποίου είναι το καύσιμο μεθάνιο. Η παραγωγή του μεθανίου κάνει την αναερόβια χώνευση μία βιολογική διεργασία μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια (waste to energy). Η αναερόβια χώνευση, η οποία αποτελεί μία διεργασία που λαμβάνει χώρα αυθόρμητα σε αναερόβια περιβάλλοντα, όπως οι ορυζώνες, τα έλη, οι ΧΥΤΑ και οι ΧΑΔΑ, μπορεί να λειτουργήσει κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες σε ειδικές εγκαταστάσεις, με στόχο τη μεγιστοποίηση του παραγόμενου μεθανίου, καθώς και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών προβλημάτων και οχλήσεων (π.χ. διαφυγή μεθανίου, οσμές).

Ο βασικός στόχος της μεθόδου είναι η ανάκτηση ενέργειας (υπό μορφή μεθανίου). Δευτερεύων στόχος είναι η μείωση του όγκου και του βάρους των αποβλήτων, η βιολογική σταθεροποίησή τους και η πιθανή ανάκτηση θρεπτικών συστατικών, μέσω της χρήσης του παραγόμενου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικού. Όταν η καταστροφή των παθογόνων οργανισμών είναι ελλιπής μέσω της χώνευσης, απαιτείται η ύπαρξη μιας δεξαμενής παστερίωσης, πριν ή μετά τον αντιδραστήρα.

Η αναερόβια χώνευση έχει χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για αρκετές δεκαετίες για την επεξεργασία της βιολογικής ιλύος από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων ή ρευστών αγροτικών αποβλήτων, αλλά μόνο σχετικά πρόσφατα άρχισε να εφαρμόζεται ως μέθοδος βιοεπεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, συχνά σε συνδυασμό με την ιλύ βιολογικών καθαρισμών, κτηνοτροφικά απόβλητα και γεωργικά απόβλητα.

* Βιολογικές διεργασίες αναερόβιας χώνευσης

Η αναερόβια χώνευση περιλαμβάνει βιολογικές διεργασίες που μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω διακριτές φάσεις:

- Υδρόλυση των πολυμερών οργανικών ενώσεων (λίπη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες) με τη βοήθεια ενζύμων που εκλύονται από υδρολυτικά βακτήρια και μετατροπή τους σε υδατοδιαλυτά προϊόντα μικρότερου μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, κλπ).
- Οξυδογένεση, δηλαδή ζύμωση των παραπάνω διαλυτών προϊόντων και μετατροπή τους σε μια ποικιλία ενδιάμεσων προϊόντων, όπως μικρού μήκους οργανικά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία.
- Ακετογένεση, δηλαδή παραγωγή οξικού οξέος, διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου με τη βοήθεια οξεογενών βακτηρίων. Στη φάση αυτή το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου.
- Μεθανογένεση, κατά την οποία τα προϊόντα της προηγούμενης φάσης μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από τα μεθανογενή βακτήρια.

* Περιβαλλοντικοί παράγοντες Αναερόβιας Χώνευσης

- Θερμοκρασία

Η αναερόβια χώνευση μπορεί να λειτουργήσει σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, ωστόσο υπάρχουν δύο περιοχές θερμοκρασίας όπου η απόδοσή της βελτιστοποιείται: η μεσόφιλη (περίπου 35 °C), με εύρος από 30 °C έως 40 °C, και η θερμόφιλη περιοχή (περίπου 55 °C), με εύρος από 50 °C έως 55 °C. Καθώς οι αναερόβιες διεργασίες δεν είναι έντονα εξώθερμες, η βιολογικά παραγόμενη θερμότητα δεν επαρκεί για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στο βέλτιστο επίπεδο, ακόμη και για τη μεσόφιλη χώνευση. Έτσι, χρειάζεται η παροχή πρόσθετης εξωτερικής θερμότητας, η οποία όμως μπορεί να προέλθει από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου, η ποσότητα του οποίου επαρκεί τόσο για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας, όσο και για την παραγωγή περίσσειας ενέργειας (ηλεκτρισμού ή/και θερμότητας).

- Μέγεθος σωματιδίων

Το βέλτιστο μέγεθος των σωματιδίων εξαρτάται από το βαθμό βιοδιασπασιμότητας του υποστρώματος. Έτσι, υποστρώματα με μικρή έως μέτρια βιοαποδομησιμότητα (π.χ. χαρτί) θα πρέπει να είναι τεμαχισμένα σε ένα σχετικά μικρό μέγεθος σωματιδίων. Αντίθετα, για ταχέως βιοαποδομήσιμα απόβλητα (π.χ. υπολείμματα φαγητών), το μικρό μέγεθος αποτελεί μειονέκτημα αφού οδηγεί σε μεγάλη παραγωγή οξέων τα οποία χαμηλώνουν το pH παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη των περισσότερων «ευαίσθητων» μεθανογενών βακτηρίων.

- Λόγος C/N

Για υποστρώματα με μέτρια έως υψηλή βιοαποδομησιμότητα (π.χ. χαρτί, υπολείμματα τροφών), ο βέλτιστος λόγος άνθρακα προς άζωτο κυμαίνεται μεταξύ 25 και 30, ενώ για

βραδέως βιοαποδομούμενα υποστρώματα (π.χ. ξύλα), ο λόγος αυτός μπορεί και να ανέρχεται στο 40, καθώς σε αυτή την περίπτωση μόνο ένα μικρό μέρος του άνθρακα είναι άμεσα διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς. Χαμηλές τιμές C/N γενικά έχουν σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εκπομπή αζώτου με τη μορφή αέριας αμμωνίας, η συγκέντρωση της οποίας μπορεί να αποβεί τοξική για τον μικροβιακό πληθυσμό. Οι βέλτιστες τιμές C/N επιτυγχάνονται με την κατάλληλη μίξη συστατικών των αποβλήτων, κάτι που απαιτεί καλό σχεδιασμό για τα απόβλητα που δέχεται κάθε εγκατάσταση, την αποθήκευσή τους και την τροφοδοσία του βιοαντιδραστήρα.

- pH

Σε pH μικρότερο του 5 σταματά η εξέλιξη του σταδίου της οξυδογένεσης, ενώ η βέλτιστη περιοχή είναι μεταξύ 5,3 – 5,7. Αντίστοιχα σε τιμές pH μεταξύ 5,8-7,2 βελτιστοποιείται το στάδιο της μεθανογένεσης, το οποίο αναστέλλεται σε pH < 5. Επομένως, το βέλτιστο εύρος τιμών είναι 5,5 -8,0.

- Παρουσία τοξικών ουσιών στο υπόστρωμα

Η ύπαρξη ουσιών που μπορούν να έχουν αρνητική επίδραση στον μικροβιακό πληθυσμό είναι πιθανή σε ένα υπόστρωμα όπως τα ΑΣΑ (βαρέα μέταλλα, τοξικές οργανικές ενώσεις κλπ). Κάποιες ουσίες (π.χ. ορισμένα μέταλλα όπως Cu και Zn) είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών κάτω από συγκεκριμένες συγκεντρώσεις, μεγαλύτερες όμως συγκεντρώσεις μπορούν να αποβούν τοξικές.

Συστήματα και τεχνολογίες Αναερόβιας Χώνευσης

Τα συστήματα αναερόβιας χώνευσης που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων μπορούν να ταξινομηθούν στη βάση τεσσάρων κύριων χαρακτηριστικών που προσδιορίζουν και τον τύπο της εφαρμοζόμενης τεχνολογίας: α) τη συγκέντρωση των στερεών, β) τη θερμοκρασία, γ) το σύστημα ανάμειξης και δ) τον αριθμό των φάσεων / αντιδραστήρων.

Πίνακας 9: Λειτουργικές παράμετροι των συστημάτων αναερόβιας χώνευσης¹⁸

Θερμοκρασία	Συγκέντρωση στερεών	Σύστημα μίξης	Αριθμός σταδίων
Μεσόφιλο (~35 °C)	Χαμηλά στερεά (<10% ξ.ο.)	Μηχανική ανάδευση	Ενός σταδίου (ένας αντιδραστήρας)
Θερμόφιλο (~55 °C)	Μεσαία στερεά (10-25% ξ.ο.)	Ανάδευση μέσω των αερίων	Πολλαπλών σταδίων
	Υψηλά στερεά (>25% ξ.ο.)	Στρωτής ροής	
		Διακοπτόμενης τροφοδοσίας	

¹⁸ Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Ν. Αττικής (2008)

Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί να περιγράψει τα περισσότερα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα, αν και κάποια συστήματα παραμένουν ενδιάμεσως αυτών των κατηγοριοποιήσεων.

* Θερμοκρασία

Όπως προαναφέρθηκε, η αναερόβια χώνευση λειτουργεί σε δύο εύρη θερμοκρασιών, το μεσόφιλο, περίπου στους 35oC και το θερμόφιλο, περίπου στους 55oC. Το πλεονέκτημα της μεσόφιλης αναερόβιας χώνευσης είναι ότι είναι επαρκώς γνωστή και κατανοητή ως διεργασία, απαιτεί λιγότερη θέρμανση για τη λειτουργία της, επιτυγχάνει μεγαλύτερο βαθμό βιοσταθεροποίησης του οργανικού κλάσματος και θεωρείται πιο σταθερή/ανθεκτική, λόγω της μεγαλύτερης βιοποικιλότητας των μικροοργανισμών που συμμετέχουν. Ωστόσο, η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση θεωρείται ότι επιτυγχάνει υψηλότερη ταχύτητα βιοαποδόμησης, συνεπώς χρειάζεται μικρότερους χρόνους παραμονής, ενώ τα επιχειρήματα για μικρότερο βαθμό σταθεροποίησης του υποστρώματος δεν έχουν επιβεβαιωθεί στην πράξη σε εγκαταστάσεις πλήρους κλίμακας. Επιπλέον, η λειτουργία σε θερμόφιλα επίπεδα επιτυγχάνει ταχύτερη και πληρέστερη υγιεινοποίηση των αποβλήτων. Η επιλογή του λειτουργικού συστήματος αναερόβιας χώνευσης ανάμεσα σε μεσόφιλα και θερμόφιλα συστήματα εξαρτάται από τις ειδικές τοπικές συνθήκες (διαθέσιμος χώρος, επιθυμητός βαθμός σταθεροποίησης, περεταίρω επεξεργασία και χρήση της χωνεμένης ιλύος, θεσμικές απαιτήσεις υγιεινοποίησης κλπ).

* Συγκέντρωση στερεών

Τα παραδοσιακά συστήματα αναερόβιας χώνευσης ιλύος και υγρών αποβλήτων λειτουργούν σε μια πολύ χαμηλή συγκέντρωση στερεών, της τάξης του 5%, το οποίο προσιδιάζει στη φύση του υποστρώματος. Η χρήση της αναερόβιας χώνευσης για την επεξεργασία ΑΣΑ δίνει τη δυνατότητα αύξησης της συγκέντρωσης των στερεών στο βιοαντιδραστήρα, γεγονός που προσφέρει δύο πλεονεκτήματα: αύξηση της παραγωγής βιοαερίου ανά μονάδα όγκου του βιοαντιδραστήρα και μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση του υποστρώματος. Ωστόσο, υπάρχουν όρια στη δυνατότητα αύξησης της συγκέντρωσης των στερεών. Οι μικροβιακές διεργασίες λαμβάνουν χώρα σε υγρή φάση και κατά συνέπεια απαιτούν ένα ελάχιστο ποσοστό υγρασίας της τάξης του 50%. Επιπλέον, τα τεχνικά προβλήματα άντλησης των αποβλήτων προς και από το βιοαντιδραστήρα απαιτούν το υπόστρωμα να είναι αρκετά ρευστό, περιορίζοντας έτσι τη μέγιστη συγκέντρωση στερεών στο 30-35%. Κάποια συστήματα παρακάμπτουν αυτό το πρόβλημα αποφεύγοντας πλήρως την άντληση των αποβλήτων και συνεπώς και τη συνεχή τροφοδότηση της μονάδας. Σε αυτά, ο βιοαντιδραστήρας είναι διακοπτόμενης τροφοδοσίας και η φόρτιση και το άδειασμα του γίνονται με τη βοήθεια μεταφορικών ταινιών.

* Σύστημα μίξης

Η ανάγκη μίξης των αποβλήτων στο βιοαντιδραστήρα προκύπτει από την απαίτηση για καλή και ομοιόμορφη επαφή των μικροοργανισμών με το υπόστρωμα και για αποφυγή της τοπικής συγκέντρωσης των προϊόντων της χώνευσης, καθώς και του διαχωρισμού των αποβλήτων σε ελαφρύ και βαρύ κλάσμα εντός του βιοαντιδραστήρα. Επιπλέον, στα

περισσότερα συστήματα υπάρχουν κάποια προβλήματα διαχωρισμού και συγκέντρωσης του βιοαερίου, τα οποία αντιμετωπίζονται με τη μίξη. Υπάρχουν δύο τρόποι ανάδευσης των αποβλήτων στο βιοαντιδραστήρα: μηχανική ανάδευση ή ανάδευση μέσω των αερίων, με διαφορετικά πλεονεκτήματα και τεχνικές δυσκολίες το καθένα. Επιπλέον, υπάρχουν συστήματα που αποφεύγουν πλήρως την ανάδευση εντός του αντιδραστήρα και τις τεχνικές δυσκολίες που αυτή συνεπάγεται, χρησιμοποιώντας διακοπτόμενη τροφοδοσία. Σε αυτή την περίπτωση, η απαιτούμενη μίξη επιτυγχάνεται με την κατάλληλη προετοιμασία του υποστρώματος εκτός του αντιδραστήρα καθώς επίσης και με την ανακύκλωση μέρους της επεξεργασμένης χωνεμένης ιλύος. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός ανάδευσης σε αυτή την περίπτωση είναι εξωτερικός του βιοαντιδραστήρα, επιτρέποντας καλύτερο έλεγχο και συντήρηση. Τα συστήματα αυτά παρέχουν και μεγαλύτερη ασφάλεια στην εκτίμηση του χρόνου παραμονής των αποβλήτων σε ορισμένη θερμοκρασία, όπως απαιτείται για την υγιειονοποίησή τους.

* Αριθμός σταδίων

Οι βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες για τις βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στις διακριτές φάσεις της αναερόβιας χώνευσης διαφέρουν ελαφρώς από φάση σε φάση. Συνεπώς, όταν η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα εξ' ολοκλήρου σε ένα βιοαντιδραστήρα, δεν μπορούν να βελτιστοποιηθούν οι επιμέρους φάσεις της. Αντίθετα, ο διαχωρισμός της διεργασίας σε χωριστούς αντιδραστήρες, έτσι ώστε η υδρόλυση/οξεογένεση να λαμβάνουν χώρα ανεξάρτητα από τη μεθανογένεση, επιτρέπει την ταυτόχρονη βελτιστοποίηση των διαφορετικών φάσεων και αυξάνει τη συνολική ταχύτητα και την απόδοση όλης της αναερόβιας χώνευσης. Βέβαια, αυτό το πλεονέκτημα αντισταθμίζεται από το μειονέκτημα του αυξημένου κόστους του πρόσθετου βιοαντιδραστήρα και των συστημάτων μεταφοράς των αποβλήτων. Καθώς τα ΑΣΑ, λόγω της ανομοιογένειάς τους, έχουν κάποιες πρόσθετες δυσκολίες χειρισμού, οι περισσότερες εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες τείνουν να προτιμούν τις απλούστερες λύσεις και έτσι σήμερα επικρατούν στην αγορά τα συστήματα ενός σταδίου, παρά τη μειωμένη απόδοση σε σχέση με τα συστήματα δύο φάσεων.

Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση, διακρίνονται δύο κύρια συστήματα αναερόβιας χώνευσης στερεών αποβλήτων: το κλασσικό σύστημα και το σύστημα υψηλού ρυθμού ή δύο σταδίων, τα οποία και παρουσιάζονται παρακάτω.

- Κλασσικό σύστημα αναερόβιας χώνευσης (ένας αντιδραστήρας)

Αποτελείται από έναν αντιδραστήρα, με χρόνο παραμονής κάποιων εβδομάδων, στον οποίο συνήθως πραγματοποιείται ανάμιξη του περιεχομένου. Στόχος της ανάμιξης είναι η αποφυγή συσσώρευσης μεταβολικών προϊόντων που μπορούν να οδηγήσουν στη θανάτωση των ενεργών μικροβίων. Στην περίπτωση μη ανάμιξης, δημιουργούνται τέσσερα στρώματα εντός του αντιδραστήρα, ενώ στην κορυφή αυτού γίνεται συλλογή του παραγόμενου αερίου.

- Σύστημα δύο σταδίων

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν τουλάχιστον δύο αντιδραστήρες που λειτουργούν σε σειρά. Τα στάδια της υδρόλυσης και παραγωγής οξέων πραγματοποιούνται στον

πρώτο αντιδραστήρα. Τα περιεχόμενα του πρώτου αντιδραστήρα αναμιγνύονται πλήρως (με προσθήκη νερού) και ο χρόνος παραμονής είναι μερικές ημέρες. Στη συνέχεια, το περιεχόμενο του πρώτου αντιδραστήρα περνάει στο στάδιο 2, δηλαδή στο δεύτερο αντιδραστήρα. Στο στάδιο αυτό λαμβάνει χώρα η μεθανογένεση (κατά κύριο λόγο), χωρίς να παρεμποδίζεται από τα σχετικά χαμηλά pH των πρώτων σταδίων. Στην πραγματικότητα βέβαια, τα στάδια της αναερόβιας χώνευσης δεν διαχωρίζονται πλήρως κι έτσι το συλλεγόμενο αέριο του δεύτερου σταδίου συνδυάζεται με το συλλεγόμενο αέριο του πρώτου σταδίου, αφού και σε αυτό παράγεται βιοαέριο.

* Βασικές σχεδιαστικές παράμετροι Αναερόβιας Χώνευσης

Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού για την αναερόβια χώνευση είναι ο όγκος του αντιδραστήρα και οι απαιτήσεις σε θερμότητα. Και οι δύο παραπάνω παράμετροι εξαρτώνται από την ποσότητα των αποβλήτων που θα χωνευτεί, το χρόνο παραμονής, τις ποσότητες των τελικών προϊόντων που θα διατίθενται καθημερινά και τη χρήση τους, καθώς και το σύστημα για τη θέρμανση και ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του αντιδραστήρα.

Ο όγκος του αντιδραστήρα εξαρτάται από την ημερήσια ποσότητα των αποβλήτων προς επεξεργασία, την υγρασία τους, τη συγκέντρωση των πτητικών στερεών, το ρυθμό φόρτισης του αντιδραστήρα, τη συγκέντρωση στερεών του μίγματος αποβλήτων-νερού, καθώς και το χρόνο παραμονής. Είναι πιο σύνηθες να σχεδιάζονται οι αντιδραστήρες με βάση έναν επιθυμητό ρυθμό φόρτισης πτητικών στερεών, κάτι που φυσικά απαιτεί γνώση του ποσοστού πτητικών στερεών των αποβλήτων. Η απαιτούμενη θέρμανση εξαρτάται από τις θερμοκρασίες λειτουργίας του αντιδραστήρα (μεσόφιλες – θερμόφιλες). Η θέρμανση γίνεται με σωληνώσεις εντός του αντιδραστήρα στους οποίους ανακυκλώνεται θερμό νερό. Για μεγαλύτερους αντιδραστήρες, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που απαιτείται καταναλώνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού στο επιθυμητό επίπεδο, και όχι για τη διατήρησή της στην τιμή αυτή. Οι απαιτήσεις σε ενέργεια εξαρτώνται από τον ρυθμό εισόδου των αποβλήτων στον αντιδραστήρα, τη θερμοκρασία των αποβλήτων εκτός του αντιδραστήρα και την (επιθυμητή) θερμοκρασία εντός του αντιδραστήρα.

Ο χρόνος παραμονής σε αναερόβιους αντιδραστήρες αναφέρεται στον υδραυλικό χρόνο παραμονής και εξαρτάται από τον ωφέλιμο όγκο και το ρυθμό παροχής των αποβλήτων εντός του αντιδραστήρα. Ο ιδανικός χρόνος παραμονής είναι εκείνος κατά τον οποίο: ο μικροβιακός πληθυσμός, ιδιαίτερα των μεθανογενών, διατηρείται στο εκθετικό στάδιο ανάπτυξης και το μεγαλύτερο μέρος της ανακτώμενης χημικής ενέργειας των αποβλήτων μετατρέπεται σε χημική ενέργεια του μεθανίου.

Γενικότερα, ο κατάλληλος χρόνος παραμονής είναι συνάρτηση πολλών περιβαλλοντικών και λειτουργικών παραγόντων, καθώς και της σύστασης του υποστρώματος. Όσο περισσότερο οι περιβαλλοντικές (π.χ. θερμοκρασία) και λειτουργικές (π.χ. λόγος C/N) συνθήκες πλησιάζουν τις βέλτιστες τιμές και όσο πιο εύκολα βιοαποδομήσιμο είναι το υπόστρωμα, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος παραμονής και άρα μικρότερος είναι και ο ωφέλιμος όγκος του αντιδραστήρα που απαιτείται για μία συγκεκριμένη παροχή. Λόγω της φύσης των μεθανογενών βακτηρίων, που είναι γενικά αργά αναπτυσσόμενοι

μικροοργανισμοί, οι χρόνοι παραμονής σε αναερόβιους αντιδραστήρες οργανικών υποστρωμάτων είναι της τάξης των εβδομάδων και όχι ωρών. Για τυπικά αστικά απόβλητα, ένας ικανοποιητικός χρόνος παραμονής είναι περίπου 15-20 ημέρες.

Τελικά προϊόντα Αναερόβιας Χώνευσης

* Βιοαέριο

Το βιοαέριο που παράγεται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), με μικρότερες ποσότητες υδρόθειου (H_2S) και αμμωνίας (NH_3). Ίχνη υδρογόνου (H_2), αζώτου (N_2), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και οξυγόνου (O_2) παρουσιάζονται περιστασιακά στη σύσταση του βιοαερίου. Συνήθως, το σύνθετο αυτό αέριο είναι κορεσμένο με υδρατμούς που μπορεί να περιέχουν σωματίδια σκόνης και σιλοξάνες. Η σύνθεση του βιοαερίου συνδέεται με τη σύνθεση των αποβλήτων και μπορεί να διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Το βιοαέριο συνήθως καίγεται σε υποεγκατάσταση της ΜΒΕ για την παραγωγή θερμότητας (μέρος ή το σύνολο της οποίας παρέχεται στην υποεγκατάσταση της αναερόβιας χώνευσης) και ηλεκτρισμού.

* Χωνεμένη ιλύς (digestate)

Πρόκειται για ένα λασπώδες ή υδαρό προϊόν, το οποίο μπορεί να αφυδατωθεί και να επεξεργαστεί περαιτέρω, όπως για παράδειγμα να υποστεί αερόβια επεξεργασία, έτσι ώστε να προκύψει ένα βιοσταθεροποιημένο τελικό προϊόν. Το μερικώς σταθεροποιημένο αυτό υλικό που προκύπτει κατά την αναερόβια επεξεργασία απαιτεί μείωση υγρασίας, που πραγματοποιείται μέσω παχυντών βαρύτητας και συστημάτων φυγοκέντρισης.

Το υγρό κλάσμα που προκύπτει από την αφυδάτωση του προϊόντος μπορεί να ανακυκλοφορήσει στην παραπάνω διεργασία για τη ρύθμιση της υγρασίας στα εισερχόμενα απόβλητα, ενώ το πλεόνασμα, λόγω των αυξημένων συγκεντρώσεων ρύπων (COD της τάξης των 2.000-12.000mg/l, λόγος COD/BOD=4-11, αμμωνιακό άζωτο έως και 1.200mg/l) απαιτεί προχωρημένες τεχνολογίες επεξεργασίας.

Το στερεό κλάσμα που προκύπτει από την αφυδάτωση της χωνεμένης ιλύος απαιτεί αερόβια μετεπεξεργασία για 2-3 εβδομάδες. Από αυτή τη διαδικασία παράγεται ένα υλικό που έχει τα χαρακτηριστικά του κομπόστ και μπορεί και να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, σε ιδιωτικούς κήπους, σε αναπλάσεις τοπίου ή να χρησιμοποιηθεί ως κάλυμμα σε ΧΥΤΑ/Υ.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδων ΜΒΕ

Όπως όλες οι διεργασίες και εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, η ΜΒΕ δημιουργεί μια σειρά περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον αέρα, τα νερά, το έδαφος και τον άνθρωπο. Καθώς, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, οι μονάδες ΜΒΕ έχουν πολύ μεγάλη ποικιλία σχεδιασμών και συνδυασμών υποεγκαταστάσεων, το είδος και το μέγεθος αυτών των επιπτώσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό, τους στόχους της μονάδας και τα διαχειριζόμενα προϊόντα. Για παράδειγμα, διαφορετικά θέματα προκύπτουν για μια μονάδα που έχει στόχο την παραγωγή ενός προϊόντος

τύπου κομπόστ και τη διάθεσή του στο έδαφος και διαφορετικά για μια εγκατάσταση που αποσκοπεί κυρίως στην παραγωγή RDF και την παραγωγή ενέργειας από αυτό.

Παρακάτω παρουσιάζονται εξειδικευμένα οι επιπτώσεις από τις βασικές υποεγκαταστάσεις που περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες και απαρτίζουν μια συνηθισμένη μονάδα ΜΒΕ. Για την κομποστοποίηση δεν αναφέρονται επιπτώσεις, καθώς έχουν παρουσιαστεί ενδελεχώς στην αντίστοιχη ενότητα του Παραρτήματος. Πρέπει να αναφερθεί ότι παρακάτω παρουσιάζεται μια γενική προσέγγιση των επιπτώσεων. Οι επιπτώσεις μεταξύ συγκεκριμένων έργων μπορεί να διαφέρουν και σε κάθε περίπτωση θα παρουσιάζονται πλήρως στην αντίστοιχη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις Μηχανικής Επεξεργασίας

* Αέρας

Οι κυριότερες αέριες εκπομπές από τις διεργασίες μηχανικής επεξεργασίας των αποβλήτων είναι οι οσμές και η σκόνη. Η μηχανική επεξεργασία και διαχωρισμός των σύμμεικτων ΑΣΑ ή του κλάσματος των υπολειμματικών αποβλήτων μπορεί να έχει σημαντική έκλυση οσμών στο περιβάλλον, η οποία αντιμετωπίζεται με κατάλληλη χωροθέτηση της μονάδας και χρήση κατάλληλων τεχνολογιών ελέγχου των οσμών. Η σκόνη μπορεί να ελεγχθεί με την παροχή αποτελεσματικού αερισμού. Ιδιαίτερη σημασία έχει η σκόνη βιολογικής προέλευσης (βιοαερολύματα), η οποία θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την υγεία των εργαζομένων, αλλά και των κατοίκων γειτονικών περιοχών. Συνήθως ο αέρας στα κτίρια της εγκατάστασης διατηρείται σε υποπίεση και συλλέγεται προς επεξεργασία σε βιόφιλτρα ή συστήματα θερμικής και χημικής οξειδωσης απαερίων.

* Νερά

Κατά τη μηχανική επεξεργασία και διαχωρισμό σύμμεικτων αποβλήτων με υψηλή περιεκτικότητα βιοαποδομήσιμων, μπορούν να παραχθούν ποσότητες στραγγισμάτων. Σε αυτήν την περίπτωση, θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για τη συλλογή και επεξεργασία τους. Κάποιες τεχνολογίες ΜΒΕ πραγματοποιούν διαχωρισμό των αποβλήτων στην υγρή φάση, μετά από προσθήκη νερού. Αυτές παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες στραγγισμάτων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον αντιδραστήρα αναερόβιας χώνευσης που συνήθως υπάρχει σε αυτόν τον τύπο ΜΒΕ.

* Έδαφος

Κατά το μηχανικό διαχωρισμό των αποβλήτων ένα ποσοστό 10-15% κ.β. του εισερχόμενου ρεύματος απορρίπτεται ως ακατάλληλο προς ανάκτηση/αξιοποίηση. Ανάλογα με το σχεδιασμό και το βασικό στόχο επεξεργασίας της μονάδας, καθώς και τις διαθέσιμες αγορές, ένα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό μπορεί να χρειαστεί εδαφική διάθεση. Έτσι, σε μια ΜΒΕ που στοχεύει στην παραγωγή βιοσταθεροποιημένων αποβλήτων για διάθεση σε ΧΥΤΑ, περίπου το 20-50% κ.β. των εισερχόμενων αποβλήτων θα χρειαστεί εδαφική διάθεση. Αν στόχος είναι η παραγωγή «κομπόστ», περίπου το 50% κ.β. του εισερχόμενου ρεύματος αποβλήτων θα πρέπει να διατεθεί σε ΧΥΤ στην περίπτωση που δεν εξασφαλιστεί μακροπρόθεσμη πρόσβαση σε κάποια

αγορά. Τέλος, οι ΜΒΕ που αποσκοπούν κυρίως στην παραγωγή RDF έχουν υπολειμματικό ρεύμα για εδαφική διάθεση που ανέρχεται σε περίπου 20% κ.β. των εισερχόμενων ΑΣΑ. Το ποσοστό αυτό αυξάνει στο 70% στην περίπτωση που δεν εξασφαλιστούν αγορές για το RDF, οπότε αναγκαστικά και αυτό διατίθεται εδαφικά. Αν η ΜΒΕ συνοδεύεται από δική της μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης του RDF, τότε παράγονται τέφρες που και αυτές με τη σειρά τους απαιτούν ειδική διαχείριση.

* Θόρυβος

Καθώς η επεξεργασία των αποβλήτων λαμβάνει χώρα σε κλειστά κτίρια και οι σύγχρονες τεχνολογίες έχουν σχετικά χαμηλά επίπεδα θορύβου, δεν αναμένονται σημαντικά προβλήματα θορύβου. Επιπλέον, οι ΜΒΕ κατασκευάζονται συνήθως δίπλα στην εγκατάσταση του ΧΥΤ ή σε βιομηχανικές περιοχές όπου υπάρχουν και άλλες οχλούσες εγκαταστάσεις και όχι κοντά σε κατοικίες. Ίσως η μεγαλύτερη πηγή όχλησης και θορύβου να προέρχεται από την κυκλοφορία των απορριμματοφόρων οχημάτων που προσεγγίζουν τη ΜΒΕ.

* Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Από το μηχανικό μέρος της επεξεργασίας δεν παράγονται προϊόντα για άμεση χρήση ή εφαρμογή στο έδαφος. Συνεπώς ο κίνδυνος επαφής με παθογόνα αφορά στους εργαζομένους στη μονάδα, για τους οποίους θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνυόμενα μέτρα προστασίας (π.χ. προστασία από αιχμηρά αντικείμενα, χρήση μάσκας κλπ), όπως και για όλους τους εργαζομένους στη συλλογή, επεξεργασία και διάθεση αποβλήτων.

Ένα θέμα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και αφορά και το γενικό πληθυσμό σε γειτνίαση με τη μονάδα είναι η πιθανή εκπομπή βιοαερολυμάτων, δηλαδή βιολογικά ενεργών συστατικών που αιωρούνται στον αέρα με τη μορφή σκόνης και μπορεί να περιλαμβάνουν μύκητες και τα σπόριά τους, βακτήρια, ακτινομύκητες, ενδοτοξίνες και μυκοτοξίνες. Τα βιοαερολύματα συνδέονται με αλλεργικές παθήσεις (αλλεργική ρινίτιδα, άσθμα, βρογχίτιδα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια) και άλλες βλάβες του αναπνευστικού συστήματος, ενώ θα μπορούσαν να αποβούν θανατηφόρα για ανοσοκατεσταλμένα άτομα. Οι περισσότερες μελέτες για τα βιοαερολύματα αφορούν μονάδες κομποστοποίησης και έχουν εστιάσει στη μέτρηση της συγκέντρωσης και διασποράς τους. Ωστόσο, δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα επιδημιολογική σύνδεση με την κατάσταση υγείας των εργαζομένων (ούτε βέβαια του γειτονικού γενικού πληθυσμού), ενώ δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία και έρευνες για μονάδες ΜΒΕ.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις Αναερόβιας Χώνευσης

* Αέρας

Καθώς η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα σε κλειστούς βιοαντιδραστήρες και το παραγόμενο αέριο συλλέγεται προς επεξεργασία και αξιοποίηση, δεν υπάρχουν αξιολογες εκπομπές αέριων ρύπων κατά τη διεργασία. Οι αέριες εκπομπές της αναερόβιας χώνευσης σχετίζονται με την καύση του βιοαερίου και συνίστανται κυρίως σε οξείδια του αζώτου και του θείου και δευτερευόντως σε άλλα προϊόντα της καύσης.

Οι εκπομπές αυτές είναι παρόμοιες με τις εκπομπές από την καύση φυσικού αερίου, με ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα SO_x, λόγω του υδρόθειου που περιέχει το βιοαέριο. Ο έλεγχος των αέριων εκπομπών από την καύση του βιοαερίου στις περισσότερες χώρες είναι σχετικά περιορισμένος λόγω της χαμηλής επικινδυνότητάς τους, με την προϋπόθεση της απομάκρυνσης του υδρόθειου πριν από την καύση.

Στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης σύμμεικτων αποβλήτων, ενδέχεται να υπάρχουν και ουσίες υψηλότερης τοξικότητας στο βιοαέριο λόγω της πιθανής παρουσίας διαλυτών και άλλων επικινδυνών ουσιών στο υπόστρωμα. Ο έλεγχος των αποβλήτων που εισέρχονται στη μονάδα θεωρείται επαρκής για την αντιμετώπιση αυτού του κινδύνου.

Οι αέριες εκπομπές από την καύση του βιοαερίου αντισταθμίζονται, τουλάχιστον εν μέρει, από την υποκατάσταση άλλων καυσίμων λόγω της παραγωγής ενέργειας. Οι εκπομπές ανά μονάδα παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο είναι συνήθως υψηλότερες από αυτές των μονάδων φυσικού αερίου, αλλά χαμηλότερες από αυτές που χρησιμοποιούν άνθρακα.

Κατά την αναερόβια χώνευση, οσμές παράγονται μόνο κατά την προετοιμασία του ρεύματος τροφοδοσίας και την επεξεργασία της χωνεμένης ιλύος, οι οποίες λαμβάνουν χώρα εκτός του βιοαντιδραστήρα. Ωστόσο, και αυτές οι διεργασίες πραγματοποιούνται εντός κτιρίων και ο αέρας υφίσταται επεξεργασία με βιόφιλτρα ή χημική έκπλυση, με αποτέλεσμα οι οσμές που απελευθερώνονται στο περιβάλλον να είναι πολύ χαμηλές. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πολλές περιπτώσεις, μονάδες αναερόβιας χώνευσης είναι χωροθετημένες σε βιομηχανικές περιοχές, σε απόσταση μικρότερη από 10 μέτρα από άλλα κτίρια, χωρίς να γίνονται παράπονα για όχληση.

* Νερά

Κατά την αναερόβια χώνευση υπάρχει περίσσεια νερού, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί εντός της διεργασίας. Η ποσότητα των παραγόμενων υγρών αποβλήτων κατά την αναερόβια επεξεργασία επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο βαθμός βιοαποδόμησης, η υγρασία των εισερχομένων ΑΣΑ και το ποσοστό ανακύκλωσης του νερού.

Οι μονάδες που επεξεργάζονται οργανικά απόβλητα μετά από διαλογή στην πηγή τείνουν να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες υγρών αποβλήτων, καθώς η υγρασία του ρεύματος τροφοδοσίας τους είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα σύμμεικτα ΑΣΑ. Κάποιες μονάδες επεξεργασίας σύμμεικτων ΑΣΑ δεν έχουν καθόλου υγρά απόβλητα, ενώ άλλες έχουν σημαντικές ποσότητες. Βασικές μέθοδοι ελαχιστοποίησης της παραγωγής υγρών αποβλήτων είναι η δημιουργία κλειστών συστημάτων κυκλοφορίας και η ανακύκλωση των παραγόμενων αποβλήτων στην παραγωγική διαδικασία.

* Έδαφος

Οι κίνδυνοι για πιθανή ρύπανση του εδάφους από την εφαρμογή της χωνεμένης ιλύος είναι ίδιοι με την περίπτωση της κομποστοποίησης. Εξάλλου, τις περισσότερες φορές η χωνεμένη ιλύς υφίσταται περεταίρω αερόβια επεξεργασία (κομποστοποίηση) πριν

εφαρμοστεί στο έδαφος. Κατά συνέπεια, ο προβληματισμός και οι προδιαγραφές ποιότητας που αναφέρθηκαν στην κομποστοποίηση ισχύουν και στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης, ενώ αντίστοιχα είναι και τα περιβαλλοντικά οφέλη από την εδαφική εφαρμογή χωνεμένης ιλύος μετά από περεταίρω σταθεροποίηση.

* Θόρυβος

Καθώς η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα σε κλειστά κτίρια, μειώνονται οι εκπομπές θορύβου από τον τεμαχισμό και την επεξεργασία των αποβλήτων και της χωνεμένης ιλύος. Ωστόσο, αρκετές εγκαταστάσεις δέχονται παράπονα για θόρυβο, κυρίως από τη λειτουργία των ανεμιστήρων και των αντλιών κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης, σε περίπτωση παραγωγής ηλεκτρισμού από το βιοαέριο στην ίδια την εγκατάσταση όχληση προκαλούν και οι γεννήτριες, οι οποίες συχνά προκαλούν θόρυβο που υπερβαίνει τα 100 dB στο 1 μέτρο, απαιτώντας κατάλληλη ηχητική προστασία.

* Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Λόγω της ύψιστης σημασίας που έχει η προστασία της δημόσιας υγείας από τον κίνδυνο διάδοσης μολυσματικών ασθενειών, όλες οι χώρες έχουν θεσπίσει κριτήρια για την υγιεινοποίηση των αποβλήτων. Τα κριτήρια αυτά είναι τα ίδια για όλα τα προϊόντα βιολογικής επεξεργασίας, είτε προέρχονται από αερόβιες είτε από αναερόβιες διεργασίες, και αφορούν τη διεργασία (δηλαδή απαιτούν έκθεση του υλικού σε υψηλή θερμοκρασία για ορισμένο χρονικό διάστημα) ή το προϊόν (θέσπιση ανώτατων επιτρεπόμενων ορίων για δείκτες παθογόνων μικροοργανισμών) ή συνδυασμό τους.

Η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση είναι πιο αποτελεσματική από τη μεσόφιλη στην καταστροφή των παθογόνων. Ωστόσο, η περεταίρω αερόβια επεξεργασία της χωνεμένης ιλύος εξασφαλίζει και στις δύο περιπτώσεις καλή υγιεινοποίηση και σταθεροποίηση του υποστρώματος.

Η αναερόβια χώνευση έχει το πρόσθετο ρίσκο της πρόκλησης ασφυξίας ή έκρηξης από το βιοαέριο που μπορεί να συσσωρευτεί σε κλειστούς χώρους. Για το λόγο αυτό, η εγκατάσταση πρέπει να αερίζεται καλά, ειδικά στους χώρους που γίνεται ο χειρισμός του στερεού υποστρώματος μετά τη χώνευση, και να χρησιμοποιούνται επιτοίχιοι ή προσωπικοί ανιχνευτές αερίων.

Περιβαλλοντική κατάταξη και βαθμός όχλησης δραστηριότητας ΜΒΕ

Σύμφωνα με την Υ.Α. 1958/2012, οι μονάδες ΜΒΕ εμπίπτουν στην Ομάδα 4 «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», α/α 13 «Εγκαταστάσεις που εκτελούν εργασίες R3, R10, D8, D9, D13 σε αστικά στερεά απόβλητα». Εφόσον οι εγκαταστάσεις βρίσκονται εκτός περιοχών Natura, τότε κατατάσσονται στην Κατηγορία Α1, αν ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός είναι μεγαλύτερος ή ίσος από 300.000. Σε αντίθετη περίπτωση κατατάσσονται στην Κατηγορία Α2. Το ίδιο ισχύει και για τις μονάδες ΜΒΕ που βρίσκονται σε περιοχή Natura, όμως τότε το όριο κατάταξης είναι 100.000 κάτοικοι.

Ως προς το βαθμό όχλησης, με βάση την Κ.Υ.Α. οικ. 3137/191/Φ.15, παρακάτω παρουσιάζονται οι σχετικές αναφερόμενες κατηγορίες. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο βαθμός όχλησης εξαρτάται από τις σχετικές υποεγκαταστάσεις της κάθε μονάδας ΜΒΕ

(π.χ. αν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, επεξεργασία υγρών λυμάτων, κλπ), επομένως ο βαθμός όχλησης θα προσδιορίζεται ρητά στην Άδεια Εγκατάστασης κάθε μονάδας.

Πίνακας 10: Βαθμοί όχλησης επιμέρους πιθανών δραστηριοτήτων μιας μονάδας ΜΒΕ

Είδος έργου ή δραστηριότητας	Κωδικός	Βαθμός όχλησης			Παρατηρήσεις
		Υψηλή	Μέση	Χαμηλή	
Παραγωγή λιπασμάτων και αζωτούχων ενώσεων	20.15	Παραγωγή χημικών λιπασμάτων με χημική σύνθεση	Παραγωγή χημικών λιπασμάτων μόνο με απλή ανάμειξη ή ενυδάτωση συστατικών	Παραγωγή οργανοχημικών λιπασμάτων με κομποστοποίηση βιομάζας ή στερών αποβλήτων	
Παραγωγή βιοκαυσίμων (στερεών, υγρών ή αερίων)	20.59		Το σύνολο		
Υπηρεσίες βιολογικού καθαρισμού λυμάτων	37.00		Το σύνολο		
Σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με χρήση βιοαερίου			>0,5MW	≤0,5MW	Αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύς
Αποθήκευση αερίων καυσίμων	52.1		>10κ.μ.	<10κ.μ.	

Στοιχεία Κόστους Μονάδων ΜΒΕ

Η εκτίμηση του κόστους επένδυσης και λειτουργίας μιας μονάδας ΜΒΕ παρουσιάζει πολύ μεγάλες διακυμάνσεις και εμπεριέχει επίσης μεγάλες αβεβαιότητες. Η πληθώρα διαφορετικών τεχνολογιών και μεθόδων, η μεγάλη ποικιλία μηχανολογικού εξοπλισμού, η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και οι απαιτήσεις διαμόρφωσης του γηπέδου και κατασκευής συνοδών υποδομών (βιολογικός, οδοποιία, κ.α.) δημιουργούν πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς επεξεργασίας και συνεπακόλουθου κόστους επένδυσης. Επίσης, οι απαιτήσεις σε προσωπικό, ενέργεια, συντηρήσεις, κλπ επηρεάζουν σαφώς το ετήσιο λειτουργικό κόστος της μονάδας. Σε γενικές γραμμές το επενδυτικό κόστος της μηχανικής επεξεργασίας αυξάνεται με τη χρήση περισσότερων επιμέρους μονάδων για καλύτερο διαχωρισμό των υλικών, ενώ αυτό της βιολογικής επεξεργασίας είναι αυξημένο κατά την αναερόβια χώνευση σε σχέση με την

κομποστοποίηση. Προφανώς η εγκατάσταση σταθμού ηλεκτροπαραγωγής αυξάνει περαιτέρω το κόστος, όμως ταυτόχρονα προσφέρει και έσοδα στην εγκατάσταση.

Παρακάτω παρουσιάζεται η προσέγγιση του επενδυτικού κόστους για μια ΜΒΕ αερόβιας μηχανικής επεξεργασίας με και χωρίς καύση, με βάση την πιο αξιόπιστη διαθέσιμη πηγή¹⁹. Χαρακτηριστικές ως προς τη διακύμανση του κόστους είναι οι αποκλίσεις μεταξύ ήδη δημοπρατηθέντων έργων, όπως η ΜΒΕ Αμαρίου (ΑΔΑ: ΒΙΗΥ1-ΜΑΨ) με δυναμικότητα 36.500 tn σύμμεικτων και 7.400 tn προδιαλεγμένων βιοαποβλήτων (αναερόβια επεξεργασία με ΧΥΤΥ) και κόστος περίπου 40.000.000 € και η ΜΒΕ 2^{ης} Δ.Ε. Βοιωτίας (ΑΔΑ: ΒΙΞΡΟΡ10-Λ69) με δυναμικότητα 35.000 tn σύμμεικτων και 7.000 tn ιλύος (αναερόβια επεξεργασία χωρίς ΧΥΤΥ) και κόστος περίπου 20.000.000 €.

Πίνακας 11: Εκτίμηση επενδυτικού κόστους μονάδων ΜΒΕ (αερόβια επεξεργασία)

<u>Εκτιμώμενο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος για εγκαταστάσεις ΜΒΕ</u>	
<u>Τεχνολογία</u>	<u>Επενδυτικό κόστος (€) ως προς τη δυναμικότητα επεξεργασίας σύμμεικτων (P)*</u>
Αερόβια ΜΒΕ χωρίς καύση	$-511,8*(P/1.000)^2+264.636,8*(P/1.000)+3.082.998,9$
Αερόβια ΜΒΕ με καύση RDF	$-717,5*(P/1.000)^2+342.158,1*(P/1.000)+1.843.564,2$

* Η μελέτη υπολογίζει τις τιμές με βάση το έτος 2009, γι' αυτό έγινε αναγωγή με βάση τις τιμές Δείκτη Τιμών Καταναλωτή του 2015

¹⁹ A.P. Economopoulos, Technoeconomic aspects of alternative municipal solid wastes treatment methods, Waste Management 30 (2010) 707-715

ΧΩΡΟΙ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ (ΧΥΤΥ)

Η Κοινοτική και Εθνική νομοθεσία εστιάζει στο σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη λειτουργία χώρων ελεγχόμενης απόθεσης των στερεών απορριμμάτων, μέσω εφαρμογής της μεθόδου της υγειονομικής ταφής. Όλες οι άλλες μέθοδοι διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων (θερμικές μέθοδοι, μηχανική διαλογή, βιολογικές μέθοδοι) οδηγούν ανάμεσα σε άλλα, στην παραγωγή υπολειμμάτων για τα οποία είναι απαραίτητη η τελική διάθεση. Έτσι, η υγειονομική ταφή δεν είναι απλά μια εναλλακτική τεχνική διάθεσης στερεών αποβλήτων, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο στάδιο της συνολικής διαχείρισης τους.

Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ του Συμβουλίου της 26ης Απριλίου 1999 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων περί υγειονομικής ταφής αποβλήτων, στοχεύει στην πρόληψη και στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον και ειδικότερα στις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα και στην υγεία του ανθρώπου. Με την Οδηγία 1999/31/ΕΚ έχει δοθεί ιδιαίτερο βάρος στην επεξεργασία του συνόλου των αποβλήτων πριν από την ταφή τους.

Κάθε Χώρος Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων (ΧΥΤΑ) χωρίς επεξεργασία κρίνεται πλέον παράνομος, σύμφωνα με την Οδηγία 1999/31/ΕΚ, όπως αυτή ενσωματώθηκε στο εθνικό δίκαιο με την Υ.Α. 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572/Β) «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων». Σύμφωνα με την Υ.Α. και την Οδηγία, οι χώροι υγειονομικής ταφής ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Χώροι υγειονομικής ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- Χώροι υγειονομικής ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων
- Χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων

Σύμφωνα με το αρ. 7 της εν λόγω Υ.Α., σε χώρους υγειονομικής ταφής πραγματοποιείται διάθεση μόνο αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία και η οποία συμβάλλει στη μείωση της ποσότητας τους και των κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος. Οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων μπορούν να χρησιμοποιούνται για αστικά απόβλητα, για μη επικίνδυνα απόβλητα κάθε άλλης προέλευσης, τα οποία πληρούν τα κριτήρια για την αποδοχή αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων και για σταθερά μη ενεργά απόβλητα με συμπεριφορά έκπλυσης αντίστοιχη προς τη συμπεριφορά των μη επικίνδυνων αποβλήτων, τα οποία πληρούν τα κριτήρια αποδοχής.

Η υγειονομική ταφή αποτελεί το τελευταίο στάδιο στη διαχείριση των αποβλήτων. Στόχος των εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας είναι η ελάττωση του ρυπογόνου φορτίου των απορριμμάτων (όπου αυτό είναι εφικτό), η επαναχρησιμοποίηση όσων υλικών μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, η ενεργειακή αξιοποίηση του κλάσματος εκείνου των απορριμμάτων που μπορεί να αξιοποιηθεί και η διάθεση του τελικού υπολείμματος (πολύ μικρότερο σε ποσότητα και όγκο σε σχέση με την αρχική ποσότητα του αποβλήτου) σε ΧΥΤΥ.

Σύμφωνα με την Οδηγία για τα Απόβλητα (20008/98/EK) με τον όρο «επεξεργασία» νοούνται οι εργασίες ανάκτησης ή διάθεσης, στις οποίες περιλαμβάνεται η προετοιμασία πριν από την ανάκτηση ή τη διάθεση. Έμφαση στην εν λόγω Οδηγία δίνεται στη χωριστή συλλογή των αποβλήτων: «Για τη διευκόλυνση ή τη βελτίωση της ανάκτησης, τα απόβλητα συλλέγονται χωριστά και εάν είναι εφικτό από τεχνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής άποψης, δεν αναμιγνύονται με άλλα απόβλητα ή με άλλα υλικά με διαφορετικές ιδιότητες».

Η υγειονομική ταφή αποτελεί το τελευταίο στάδιο στη διαχείριση των αποβλήτων. Εκεί οδηγούνται τα απόβλητα που είτε δεν μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω, είτε αποτελούν το υπόλειμμα της επεξεργασίας.

Περιβαλλοντική αδειοδότηση

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ) υπόκεινται στις διατάξεις του Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209/Α) εμπίπτοντας στην κατηγορία δραστηριοτήτων της Ομάδας 4 «Συστήματα Περιβαλλοντικών Υποδομών», α/α 14 «Υγειονομική ταφή μη επικίνδυνων αστικών στερεών υπολειμμάτων ή αποβλήτων (ΧΥΤΥ ή ΧΥΤΑ) (εργασίες D1, D5)»:

- Υποκατηγορία Α1:
 - * α. Εκτός Natura μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού ≥ 300.000
 - * β. Εντός Natura μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού ≥ 100.000
- Υποκατηγορία Α2:
 - * α. Εκτός Natura μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού < 300.000
 - * β. Εντός Natura μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού < 100.000

Σχεδιασμός ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής

Ένας Χώρος Υγειονομικής Ταφής σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να εγγυάται τη σταθερότητα στο σύνολο της εγκατάστασης (έργο και έδαφος). Απαιτείται μελέτη των χαρακτηριστικών του εδάφους όπου θα κατασκευασθεί ο ΧΥΤΑ (γεωμορφολογική και γεωλογική μελέτη της περιοχής). Κατά τον έλεγχο της ευστάθειας του ΧΥΤΑ εξετάζονται οι παρακάτω παράμετροι:

- τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος έδρασης,
- το είδος και το βάρος των υπερκείμενων στερεών αποβλήτων,
- οι κλίσεις των πρανών,
- το είδος της επιφανειακής κάλυψης.

Βασικό στοιχείο σχεδιασμού ενός χώρου υγειονομικής ταφής αποτελεί ο προσδιορισμός της μεθόδου που θα ακολουθηθεί για τη διάσπρωση 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.

Μέθοδοι υγειονομικής ταφής

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι υγειονομικής ταφής, η επιφανειακή μέθοδος, η μέθοδος των διαδοχικών τάφρων και η μέθοδος πλήρωσης λάκκων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εφαρμόζεται ένας συνδυασμός των τριών αυτών μεθόδων.

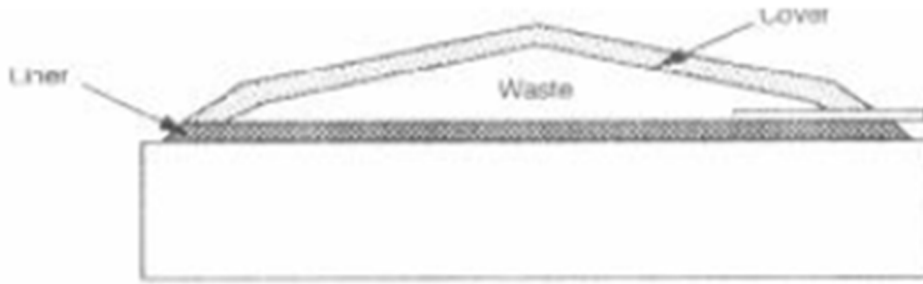
α. Επιφανειακή μέθοδος

Εφαρμόζεται όταν είναι δύσκολη η εκσκαφή του εδάφους για τη διάνοιξη τάφρων. Τα απορρίμματα εκφορτώνονται και διαστρώνονται σε στενές λωρίδες στην επιφάνεια του εδάφους σχηματίζοντας στρώσεις ύψους περίπου 50 m - 80 m. Κάθε στρώση συμπίεζεται καθώς προχωρεί η διαδικασία πλήρωσης του χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας, έως το πάχος των συμπιεσμένων απορριμμάτων φθάσει τα 2,50 m – 3 m.

Στο τέλος της ημέρας, τα απορρίμματα καλύπτονται με στρώση κατάλληλου αδρανούς υλικού, πάχους περίπου 15 cm - 30 cm, το οποίο επίσης πρέπει να συμπιεσθεί. 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 χώρου στον οποίο εναποτίθενται και διαστρώνονται τα απορρίμματα κυμαίνεται από 3 m έως 8 m.

Το μήκος του χώρου που χρησιμοποιείται κάθε μέρα υπολογίζεται έτσι ώστε στο τέλος της ημέρας, το βάθος των απορριμμάτων να φθάνει τα 2,50 m – 3 m. 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 να 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 η διάστρωση των απορριμμάτων γίνεται όπως και στην επιφανειακή μέθοδο, αλλά καλύπτονται, μερικώς ή πλήρως, από χώμα που προέρχεται από εκσκαφή του πυθμένα του ΧΥΤΥ. 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.



Εικόνα 26: Επιφανειακή μέθοδος πλήρωσης²⁰

β. 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 m -120 m, βάθους 1 m -2 m και πλάτους 5 m – 8 m. 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 m - 80 m 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 εκφορτώσουν. Το υλικό επικάλυψης εξασφαλίζεται με την εκσκαφή της διπλανής τάφρου ή συνεχίζοντας την εκσκαφή της τάφρου που ήδη χρησιμοποιείται.



Εικόνα 27: Μέθοδος διαδοχικών τάφρων²¹

²⁰ «Μαθηματική Προσομείωση Υδραυλικής Συμπεριφοράς Στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ», Θεόδωρος Ν. Αγγελίδης (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)

²¹ «Μαθηματική Προσομείωση Υδραυλικής Συμπεριφοράς Στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ», Θεόδωρος Ν. Αγγελίδης (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)

γ. Μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων του εδάφους

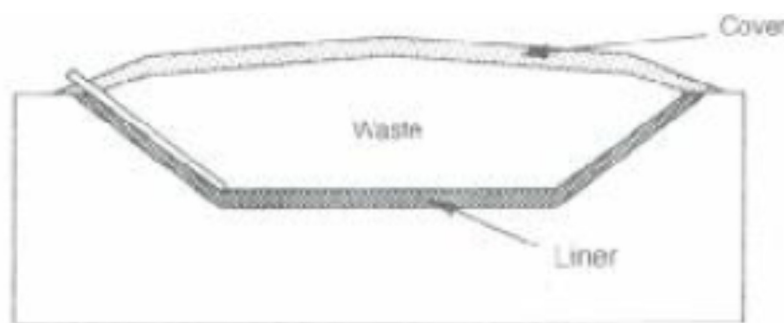
Σε περιοχές που υπάρχουν φυσικές ή τεχνητές κοιλότητες του εδάφους (χαράδρες, ρεματιές, ορυχεία, λατομεία) μπορούν κάλλιστα αυτές να χρησιμοποιηθούν για υγειονομική ταφή των απορριμμάτων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη διάσθρωση και τη συμπίεση των απορριμμάτων στις διάφορες κοιλότητες εξαρτώνται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

Σε χαράδρες που ο πυθμένας είναι κάπως επίπεδος, η πρώτη στρώση μπορεί να τοποθετηθεί όπως στη μέθοδο των διαδοχικών τάφρων. Όταν συμπληρωθεί η πρώτη στρώση, η πλήρωση 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 και έτσι εξασφαλίζεται υψηλή συμπίεση.

Τα ορυχεία και τα λατομεία βρίσκονται συνήθως χαμηλότερα από την επιφάνεια του γύρω εδάφους και για αυτό είναι αναγκαίο να ληφθεί μέριμνα για τον έλεγχο των επιφανειακών υδάτων. Και στα ορυχεία και στα λατομεία η πλήρωση γίνεται όπως 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 από μια 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 ως υλικό επικάλυψης και για το υπόλοιπο χώρο, όπου θα εφαρμοσθεί η επιφανειακή μέθοδος.



Εικόνα 28: Μέθοδος πλήρωσης κοιλοτήτων εδάφους²²

²² «Μαθηματική Προσομείωση Υδραυλικής Συμπεριφοράς Στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ», Θεόδωρος Ν. Αγγελίδης (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)

Τεχνικά χαρακτηριστικά Χώρου Υγειονομικής Ταφής

Η μεταφορά και η εκφόρτωση των υπολειμμάτων γίνεται με απορριματοφόρα. Η διαδικασία διάθεσης των υπολειμμάτων ξεκινά από τον πυθμένα και ανέρχεται προς τα πάνω με διαδοχικές στρώσεις υπολειμμάτων. Τα ταμπάνια από στρώσεις υπολειμμάτων, όπως ανέρχονται διαδοχικά, διαμορφώνονται με μετωπικά πρηνή ήπιας κλίσης ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η διάθεση των υπολειμμάτων αρχίζει από τα κατάντη της λεκάνης και τα ταμπάνια σβήνουν προς τα ανάντη. Κατά τη διάσθρωση κάθε στρώσης λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για τη δημιουργία μικρής κλίσης με αντίθετη φορά προς το μέτωπο εργασιών.

Χαρακτηριστικό στοιχείο της μεθόδου της Υγειονομικής Ταφής είναι το «ημερήσιο κύτταρο». Ως ημερήσιο κύτταρο θεωρείται ο ημερήσιος όγκος υπολειμμάτων, ο οποίος στο τέλος της ημέρας καλύπτεται με υλικό κάλυψης και συμπιέζεται. Οι διαστάσεις του κυττάρου θα πρέπει να διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στην κίνηση των οχημάτων και την εκφόρτωση των απορριμμάτων.

Το υλικό επικάλυψης θα πρέπει να επιτρέπει την αποστράγγιση των όμβριων με κατάλληλη κλίση της επιφάνειας και την αργή κατείσδυση των στραγγισμάτων από στρώση σε στρώση.

Η διάθεση των υπολειμμάτων γίνεται κατά σωρούς, στην επιφάνεια της υπό διαμόρφωση στρώσης και στη βάση του μετωπικού πρηνούς. Στη συνέχεια, ο συμπιεστής διαστρώνει και συμπιέζει τα υπολείμματα. Η εναπόθεση των υπολειμμάτων γίνεται προοδευτικά μέχρι την κάλυψη ολόκληρης της επιφάνειας του χώρου διάθεσης της στρώσης. Επισημαίνεται, ιδιαίτερα ότι θα πρέπει να γίνεται καθημερινή επικάλυψη των υπολειμμάτων.

α. Έργα στεγανοποίησης

Τα έργα στεγανοποίησης του πυθμένα και των πρηνών ενός Χώρου Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων θα πρέπει να υλοποιούνται με γνώμονα την αποφυγή διαρροών τόσο των στραγγισμάτων όσο και του βιοαερίου που παράγονται σε ένα ΧΥΤΥ.

Για την ολοκληρωμένη προστασία του περιβάλλοντος τα έργα στεγανοποίησης εφαρμόζονται τόσο πριν τη έναρξη λειτουργίας του έργου, οπότε και κατασκευάζεται η μόνωση του πυθμένα και των πρηνών, όσο και μετά το πέρας της λειτουργίας του έργου, όποτε και τοποθετείται η τελική κάλυψη του χώρου με την ολοκλήρωση της λειτουργίας όλων των τμημάτων του χώρου.

Όσον αφορά τη στεγανοποίηση του Χώρου Υγειονομικής Ταφής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι προδιαγραφές της Κοινοτικής Οδηγίας 1999/31/ΕΚ και της Υ.Α. 29407/3508/2002, οι οποίες αναφέρουν τα εξής:

- Η προστασία του εδάφους και των υπόγειων υδάτων επιτυγχάνεται με το συνδυασμό ενός γεωλογικού φραγμού και επιπλέον μόνωσης του πυθμένα με γεωσυνθετικά υλικά.
- Ο πυθμένας του ΧΥΤΥ και τα πρηνή του πρέπει να αποτελούνται από ένα «ορυκτό» στρώμα, το οποίο ικανοποιεί τις απαιτήσεις διαπερατότητας και πάχους. Όταν το

φυσικό έδαφος δεν ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις, θα πρέπει να συμπληρώνεται τεχνητά και να ενισχύεται με άλλους τρόπους, οι οποίοι δίδουν ισοδύναμη προστασία.

- Σε συνδυασμό με το γεωλογικό φραγμό, πρέπει να προστεθεί ένα σύστημα συλλογής στραγγισμάτων και επιπρόσθετης στεγανοποίησης του πυθμένα με συνθετική γεωμεμβράνη και στρώση αποστράγγισης.

Συμβατικά στοιχεία του συστήματος στεγανοποίησης του πυθμένα και των πρανών του ΧΥΤΥ περιλαμβάνουν από κάτω προς τα πάνω τα εξής:

- Στρώση υπόβασης – έδρασης γεωσυνθετικής αργιλικής στρώσης

Πρόκειται για συμπυκνωμένη στρώση γαιώδους και εδαφικού υλικού, η οποία συντελεί στην εξομάλυνση του υποβάθρου και στην εξασφάλιση ομαλού υποκείμενου στρώματος πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί ο τεχνητός γεωλογικός φραγμός.

- Γεωλογικός φραγμός

Αποτελεί και στρώση υπόβασης της συνθετικής γεωμεμβράνης. Με τη στρώση αυτή καλύπτεται η περίπτωση αστοχίας της μεμβράνης.

- Συνθετική γεωμεμβράνη HDPE

Τοποθετείται σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα και των πρανών και έρχεται σε επαφή με τα απορρίμματα.

- Κατώτερη στρώση προστασίας της υποκείμενης συνθετικής μεμβράνης

Τοποθετείται σε όλη την έκταση της λεκάνης του ΧΥΤΥ γεώφασμα κατάλληλων αντοχών για την προστασία της υποκείμενης συνθετικής μεμβράνης από διάτρηση που είναι δυνατόν να προκληθεί κατά τη διάσθρωση της υπερκείμενης αποστραγγιστικής στρώσης ή κατά τη διευθέτηση των απορριμμάτων.

- Ανώτερη στρώση προστασίας.

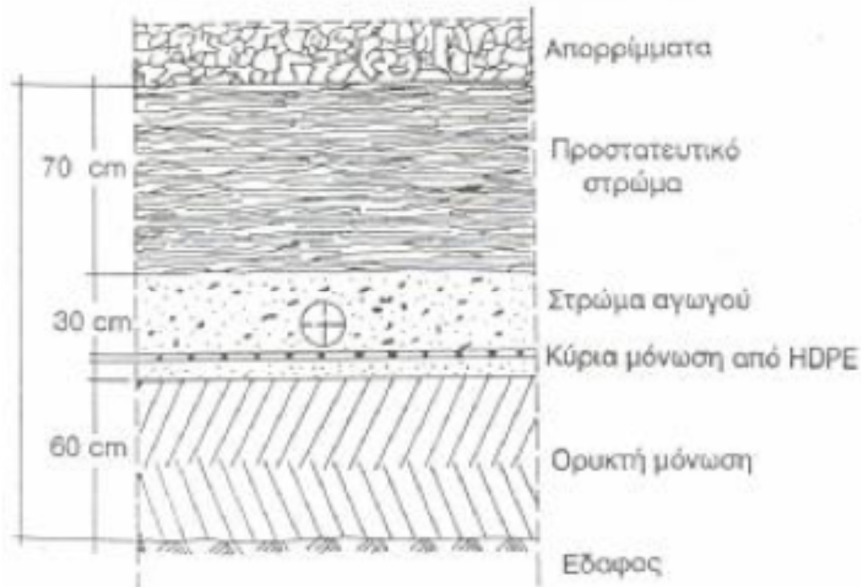
Αποτελείται από στρώση άμμου, η οποία τοποθετείται στην περιοχή του πυθμένα αλλά και των αναβαθμών, όπου και τοποθετείται χαλικώδης στρώση αποστράγγισης. Τοποθετείται για την προστασία της υποκείμενης συνθετικής μεμβράνης από διάτρηση.

- Στρώση αποστράγγισης στραγγισμάτων

Εντός της στρώσης τοποθετούνται οι κεντρικοί αγωγοί συλλογής των στραγγισμάτων του πυθμένα.

- Γεώφασμα διαχωρισμού

Προστατεύει και διαχωρίζει την υποκείμενη αποστραγγιστική στρώση από τα υπερκείμενα απορρίμματα. Τοποθετείται σε όλη την έκταση του χώρου.



Εικόνα 29: Συνδυασμός τεχνητής μόνωσης και μόνωσης με ορυκτά με ενδιάμεσο σύστημα συλλογής στραγγισμάτων²³

Αφού καθαρισθεί από απορρίμματα και μπάζα όλη η έκταση της λεκάνης του ΧΥΤΥ και απομακρυνθεί η φυτική γη, θα γίνει διαμόρφωση της λεκάνης σύμφωνα με το σχεδιασμό. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η κατασκευή της στρώσης υπόβασης – έδρασης της γεωσυνθετικής αργιλικής στρώσης. Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνεται μια συμπίεσμένη στρώση επί της οποίας τοποθετείται η γεωσυνθετική αργιλική στρώση. Έπειτα, τοποθετείται γεωμεμβράνη από HDPE σε όλη την έκταση της λεκάνης του ΧΥΤΥ. Με αυτή την κατασκευή δημιουργείται μια ενιαία προστατευτική επιφάνεια στον πυθμένα και στα πρηνή του χώρου με σκοπό την προστασία από τον κίνδυνο διαφυγής στραγγισμάτων. Επί της μεμβράνης, τοποθετείται γεωύφασμα προστασίας πολυπροπυλενίου και ακολούθως σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα του, αλλά και των αναχωμάτων και των εσωτερικών αναβαθμών τοποθετείται στρώση προστασίας άμμου. Στη συνέχεια, τοποθετείται η χαλικώδης στρώση αποστράγγισης για τον πυθμένα, τα αναχώματα και τους εσωτερικούς αναβαθμούς και γεωσυνθετική αποστραγγιστική στρώση με ενσωματωμένο άνωθεν γεωύφασμα στα πρηνή. Τέλος, επί της χαλικώδους στρώσης, διαστρώνεται γεωύφασμα διαχωρισμού πολυπροπυλενίου.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την άρτια λειτουργία του χώρου, αποτελεί η διαμόρφωση του πυθμένα του με σκοπό να δημιουργηθούν κατάλληλες κλίσεις, όσο το δυνατόν πιο ήπιες, ώστε η κίνηση μέσα στο χώρο να γίνει ευκολότερη και η κατασκευή των έργων υποδομής πιο ασφαλής. Βασική προϋπόθεση αποτελεί επίσης και η αφαίρεση της επιφανειακής γης σε όλη την έκταση που θα στεγανοποιηθεί, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι στην υπόβαση δεν έχει απομείνει κανένα υπόλειμμα ριζικού συστήματος που θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο το σύστημα στεγανοποίησης. Το

²³ «Μαθηματική Προσομείωση Υδραυλικής Συμπεριφοράς Στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ», Θεόδωρος Ν. Αγγελίδης (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)

εδafικό υλικό που θα απομακρυνθεί δύναται να χρησιμοποιηθεί ως υλικό επικάλυψης των απορριμμάτων και ως υλικό επικάλυψης των κυττάρων και της αποκατάστασης του ΧΥΤΥ.

β. Έργα αποκατάστασης

Η αποκατάσταση του ΧΥΤΥ αφορά στη χρονική περίοδο μετά το πέρας λειτουργίας όλων των φάσεων ανάπτυξης του χώρου. Η αποκατάσταση πραγματοποιείται με βάση την ομαλή επανένταξη του χώρου στο φυσικό του περιβάλλον, την άρση των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την απόδοση του χώρου σε νέες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Ως προς τις εναλλακτικές μεθόδους προσέγγισης για την τελική επιλογή του τρόπου κάλυψης των ΧΥΤΥ, αυτές είναι οι εξής:

- Δημιουργία ενός αδιαπέρατου, στεγανού καλύμματος

Η δημιουργία ενός αδιαπέρατου στεγανού καλύμματος έχει ως σκοπό την πλήρη αποτροπή της διήθησης των επιφανειακών υδάτων μέσα στο χώρο των απορριμμάτων. Η δημιουργία ενός τέτοιου καλύμματος προϋποθέτει την κατασκευή μιας τελείως αδιαπέρατης ζώνης με την τοποθέτηση και εύκαμπτων συνθετικών μεμβρανών. Γενικά, η κατασκευή ενός αδιαπέρατου καλύμματος έχει σαν αποτέλεσμα την καθυστέρηση των διαδικασιών δημιουργίας διηθημάτων και βιοαερίου, καθώς και την μείωση της ποσότητας τους.

- Δημιουργία ενός καλύμματος με σχετικά μικρή διαπερατότητα (ημι-διαπερατό), το οποίο επιτρέπει την διήθηση κάποιας ποσότητας επιφανειακών υδάτων

Η κατασκευή ενός ημι-διαπερατού καλύμματος γίνεται για τη μείωση των διηθούμενων υδάτων στο εσωτερικό του ΧΥΤΥ, τον έλεγχο του εκλυόμενου βιοαερίου στην επιφάνεια και το περιβάλλον και τη δημιουργία μιας εξωτερικής επιφάνειας του χώρου για πολλαπλές χρήσεις (π.χ. πάρκα, γήπεδα γκολφ, κλπ.). Η κατασκευή ημι-διαπερατών καλυμμάτων γίνεται συνήθως με τη δημιουργία μιας αδιαπέρατης ζώνης στο κάλυμμα από συμπυκνωμένα γαιώδη υλικά (π.χ. αργιλικά).

- Δημιουργία ενός διαπερατού καλύμματος, το οποίο επιτρέπει τη διείσδυση των επιφανειακών υδάτων

Η κατασκευή διαπερατών καλυμμάτων γίνεται στις περιπτώσεις που η δημιουργία διηθημάτων και η έκλυση βιοαερίου στο περιβάλλον είναι γενικά μικρή. Διαπερατά καλύμματα μπορούν να κατασκευαστούν σε περιοχές που έχουν έντονη ξηρασία, τα απορρίμματα είναι σχετικά αδρανή, ο περιβαλλοντικός κίνδυνος από τη δημιουργία διηθημάτων και την έκλυση βιοαερίου είναι μικρός (π.χ. υπάρχει έλλειψη υδροφόρου ορίζοντα, ύπαρξη αδιαπέρατων σχηματισμών σε μεγάλα πάχη, απουσία δασών στα οποία μπορεί να δημιουργηθεί πυρκαγιά, δεν προβλέπεται χρήση της επιφάνειας του ΧΥΤΥ).

Διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο ΧΥΤΥ

Τα απορρίμματα που εναποτίθενται σε ένα ΧΥΤΥ υφίστανται μια σειρά αλλαγών, φυσικών, βιολογικών και χημικών που έχουν δύο κυρίως αποτελέσματα: την παραγωγή στραγγισμάτων και την παραγωγή βιοαερίου.

α. Παραγωγή βιοαερίου

Η βιολογική και βιομηχανική αποδόμηση των οργανικών ουσιών που υπάρχουν στα απορρίμματα, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αερίων (βιοαέριο). Ο ρυθμός παραγωγής και η σύνθεση των αερίων εξαρτώνται από μια σειρά παράγοντες όπως η σύνθεση των απορριμμάτων, η περιεκτικότητα σε υγρασία, η θερμοκρασία, ο βαθμός συμπίεσης, ο χρόνος που έχει περάσει από τη στιγμή της εναπόθεσης των απορριμμάτων κλπ.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα παραγόμενα αέρια αποτελούνται περισσότερο από 90% από CH_4 και CO_2 , ενώ περιέχουν επίσης NH_3 , CO , H_2 , H_2S , O_2 και N_2 .

Στην αρχή που η αποδόμηση των οργανικών ουσιών γίνεται σε αερόβιες συνθήκες, η περιεκτικότητα των αερίων σε CO_2 είναι υψηλή σε σχέση με το CH_4 . Με την πάροδο του χρόνου όμως που εξαντλείται η ποσότητα του αέρα που υπάρχει στα απορρίμματα και οι συνθήκες γίνονται αναερόβιες, αυξάνεται η περιεκτικότητα σε CH_4 .

Η παραγωγή του βιοαερίου συνεχίζεται πολλά χρόνια μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΥ (πολλές φορές φθάνει τα 25 χρόνια ή και περισσότερο) εκτιμάται όμως ότι περίπου 30%-60% της συνολικής ποσότητας παράγεται μέσα στα 2 πρώτα χρόνια και περίπου 70% μέσα στα 5 πρώτα χρόνια.

Το παραγόμενο βιοαέριο μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον. Τους σοβαρότερους κινδύνους περικλείει η ύπαρξη του μεθανίου, το οποίο όταν υπάρχει στον αέρα σε συγκεντρώσεις 5%-15% μπορεί να προκαλέσει εκρήξεις ή πυρκαγιές. Στους ΧΥΤΥ, δεδομένου ότι η όλη διαδικασία είναι ελεγχόμενη, δεν υπάρχει τέτοιος κίνδυνος. Όταν όμως το μεθάνιο δεν έχει δυνατότητα διαφυγής προς την ατμόσφαιρα λόγω ύπαρξης αδιαπέρατου υλικού επικάλυψης των απορριμμάτων, τότε έχει την τάση να διαφεύγει διαμέσου κενών των ρωγμών στο υπέδαφος.

Άλλοι κίνδυνοι οφείλονται στη συγκέντρωση του CH_4 σε φρεάτια, υπονόμους ή και κτίρια σε αρκετή απόσταση από το ΧΥΤΥ, και στην πρόκληση εκρήξεων και πυρκαγιών αν η περιεκτικότητα του CH_4 στον αέρα φθάσει σε κρίσιμες συγκεντρώσεις. Η λύση για την αποφυγή των παραπάνω κινδύνων είναι η ελεγχόμενη διαφυγή του CH_4 προς την ατμόσφαιρα, μέσω ειδικών έργων εξαερισμού.

Το CO_2 από την άλλη μεριά δημιουργεί προβλήματα λόγω της μεγάλης πυκνότητάς του. Είναι περίπου 1,5 φορά βαρύτερο από τον αέρα και 2,8 φορές βαρύτερο από το CH_4 , και έχει επομένως την τάση να κινείται προς τον πυθμένα του ΧΥΤΥ. Μπορεί να διαπεράσει τα στρώματα του εδάφους κάτω από το ΧΥΤΥ και να φθάσει τα υπόγεια ύδατα. Εκεί αντιδρά με το νερό και παράγει H_2CO_3 , το οποίο με τη σειρά του αντιδρά με τα άλατα που υπάρχουν στα υπόγεια εδάφη με αποτέλεσμα την αύξηση της σκληρότητας του νερού.

Το σύστημα διαχείρισης του βιοαερίου αποτελείται από κατακόρυφο δίκτυο συλλογής βιοαερίου, δίκτυο μεταφοράς βιοαερίου και σταθμό άντλησης και καύσης βιοαερίου. Συνήθως εφαρμόζονται δύο τρόποι διαχείρισης του βιοαερίου:

- παθητικός εξαερισμός, μέσω της επιφάνειας καθώς και με κατακόρυφους σωλήνες και απόσμηση των απαγόμενων βιοαερίων,
- ενεργητική απαγωγή βιοαερίου και καύση του σε πυρσό καύσης ή ενεργητική αξιοποίηση του βιοαερίου, ανάλογα με τις διαθέσιμες ποσότητες.

β. Παραγωγή στραγγισμάτων

Τα στραγγίσματα δημιουργούνται κυρίως από την εισροή βρόχινου νερού στο χώρο διάθεσης των απορριμμάτων. Το βρόχινο νερό διαπερνά τα συσσωρευμένα απορρίμματα με αποτέλεσμα να διαλύονται διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες τους και να συμπαρασύρονται στον πυθμένα ή στα πλάγια τοιχώματα του χώρου διάθεσης.

Ένα μέρος των στραγγισμάτων, που είναι όμως περιορισμένης ποσότητας, αποτελείται από τα υγρά που παράγονται κατά τη βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων.

Η ποσότητα των στραγγισμάτων εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα της βροχής που πέφτει στο χώρο διάθεσης ανά έτος, τον όγκο των απορριμμάτων που θάβονται κατά τη διάρκεια του έτους, από την επιφάνεια του χώρου εναπόθεσης, την ποιότητα του ολικού επικάλυψης, την εξατμισοδιαπνοή, την υγρασία των απορριμμάτων και τέλος από τα μέτρα που έχουν ληφθεί για την απομάκρυνση των όμβριων υδάτων.

Τα στραγγίσματα διαπερνούν τα εδάφη κάτω από τους χώρους διάθεσης απορριμμάτων, όταν δεν υπάρχουν τα αναγκαία έργα υποδομής, και ρυπαίνουν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων και του υπεδάφους μπορεί να παραμείνει απαρατήρητη για μεγάλο χρονικό διάστημα και να διαπιστωθεί μόλις γίνει λήψη νερού από υπόγεια γεώτρηση ή από την έξοδο του στην επιφάνεια μέσω πηγών. Τα στραγγίσματα συλλέγονται από αγωγούς που τοποθετούνται στον πυθμένα της λεκάνης, όπως αυτό διαμορφώνεται μετά την κατασκευή της μόνωσης του πυθμένα και της προστασίας της μεμβράνης. Οι αγωγοί κάθε κυττάρου οδηγούν τα στραγγίσματα εκτός της λεκάνης του ΧΥΤΥ προς δεξαμενή εξισορρόπησης με σκοπό την προσωρινή αποθήκευση και την ομογενοποίηση του ρυπαντικού τους φορτίου.

Η αποτροπή της διαφυγής των στραγγισμάτων μέσω του πυθμένα και των πρανών του ΧΥΤΥ επιτυγχάνεται μέσω του συστήματος στεγανοποίησης. Η μείωση του ποσοστού των στραγγισμάτων που κατεισδύει κατακόρυφα προς τον πυθμένα του χώρου επιτυγχάνεται τόσο μέσω του εφαρμοζόμενου συστήματος τελικής και προσωρινής κάλυψης, όσο και μέσω του σωστού σχεδιασμού του χώρου (κλίσεις διαμορφωμένου ανάγλυφου για αύξηση της απορροής, αντιπλημμυρική προστασία, κλπ.). Η αποφυγή της πλευρικής εκβολής των στραγγισμάτων κατά τη λειτουργία του χώρου επιτυγχάνεται μέσω της επίτευξης υδραυλικής συνέχειας μεταξύ των ταμπανιών των απορριμμάτων. Η επαρκής συλλογή του συνόλου των στραγγισμάτων ακόμα και κατά

τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση του συστήματος αποστράγγισης.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Αέρας

Τα αέρια που εκλύονται από τους ΧΥΤΥ, προκαλούν παγκόσμια υπερθέρμανση και δυσάρεστη ατμόσφαιρα στη γύρω περιοχή λόγω των οσμών. Η ατμοσφαιρική ρύπανση ελαττώνεται σημαντικά με τις νέες τεχνολογίες που εφαρμόζονται με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία. Ωστόσο, η λειτουργικότητα αυτών των τεχνικών δεν είναι απόλυτα επιτυχής και προβλήματα που σχετίζονται με τη συντήρηση και τη σωστή λειτουργία αυτών των τεχνικών παρουσιάζονται σε παγκόσμιο επίπεδο.

Έδαφος

Η ρύπανση των εδαφών προέρχεται από τα στραγγίσματα και τα αέρια που απελευθερώνονται κατά την υγειονομική ταφή. Τα στραγγίσματα αποτελούνται από μια μεγάλη ποικιλία χημικών ουσιών, οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο του υλικού που ενταφιάζεται κάθε φορά καθώς επίσης και από την κλιματολογία της εκάστοτε περιοχής. Όλοι αυτοί οι παράγοντες καθορίζουν τις ιδιότητες και την επικινδυνότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων και αερίων του ΧΥΤΥ.

Τα συνηθέστερα συστατικά στα στραγγίσματα είναι οργανικές ενώσεις, βαρέα μέταλλα, αλάτια και αέρια. Τα αέρια μπορούν να απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα μέσα από ρωγμές ή αδύναμα σημεία της προστατευτικής ζώνης του ΧΥΤΥ. Στη συνέχεια μετακινούνται σε διάφορα τμήματα του εδάφους μέχρι να βρουν διέξοδο στην επιφάνεια. Αυτό το σημείο θα μπορούσε να είναι αρκετά μακριά από το χώρο υγειονομικής ταφής γεγονός που εξαρτάται άμεσα από τη μορφολογία και τον τύπο του εδάφους. Επιπλέον, θα μπορούσαν να μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα σε απόσταση αρκετά μεγάλη από το χωροθετημένο ΧΥΤΑ.

Νερό

Οι ΧΥΤΑ μπορούν να προκαλέσουν μόλυνση στα υπόγεια νερά, η οποία θα προέρχεται από κακή λειτουργία των έργων μόνωσης τους και φαινόμενα έκπλυσης. Οι κύριες ρυπογόνες παράμετροι του υδροφόρου ορίζοντα είναι οργανικές ουσίες, διάφορα είδη ορμονών και τα αέρια που εκλύονται από το ΧΥΤΥ ουσίες, οι οποίες έχουν μεγάλη διαλυτότητα στο νερό.

Περιορισμοί – Απαιτήσεις

Για να γίνει η μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του χώρου και για να μην αποτελέσει εστία ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής, πρέπει η λειτουργία του να ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες.

Η εναπόθεση και διάστρωση των απορριμμάτων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με ένα καθορισμένο πρόγραμμα εργασιών το οποίο πρέπει να έχει εκπονηθεί πριν την έναρξη λειτουργίας του χώρου. Η μέθοδος που ακολουθείται εξαρτάται από τη μορφολογία του

χώρου και από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής και πρέπει να είναι σύμφωνη με τους κανόνες της υγειονομικής ταφής αποβλήτων.

Πρέπει να μην παραλείπεται η καθημερινή επικάλυψη των απορριμμάτων, ώστε να αποφεύγεται η διασπορά μικροαπορριμμάτων, η διαφυγή οσμών σκόνης, κλπ.

Τα βιομηχανικά απόβλητα δεν μπορούν να διατεθούν ανεξέλεγκτα στο ΧΥΤΑ. Πρέπει να γίνεται ειδικός έλεγχος και να συγκεντρώνονται στοιχεία από τις βιομηχανίες που τα παράγουν, ώστε να εξασφαλίζεται ότι η διάθεση τους δεν θα προκαλέσει προβλήματα τόσο στο περιβάλλον, όσο και στην υγεία του απασχολούμενου προσωπικού. Αν τελικά αποφασισθεί η διάθεση τους, θα πρέπει να υπάρξει ειδική μέριμνα για την αποφυγή της ρύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.

Πρέπει πάντα να υπάρχει ένα εφεδρικό μέτωπο απόρριψης κοντά στο δρόμο προσπέλασης, ώστε αν υπάρξουν έκτακτα περιστατικά (παρατεινόμενες βροχοπτώσεις, κλπ.) να χρησιμοποιηθεί και να μη διακοπεί η λειτουργία του χώρου.

Το υλικό επικάλυψης πρέπει να είναι διαθέσιμο σε σωρούς κοντά στο μέτωπο εργασίας, ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στην εξασφάλιση του και να αντιμετωπίζονται έκτακτα περιστατικά.

Η στάθμη της δεξαμενής των στραγγισμάτων θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά, το ίδιο και η κατάσταση της αντλίας, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος διαφυγής τους. Για τον έλεγχο της διαρροής στραγγισμάτων, επιλέγονται θέσεις ελέγχου βάσει των στοιχείων που προκύπτουν από υδρογεωλογική μελέτη. Για την επίτευξη αποτελεσματικού ελέγχου απαιτείται η επίγνωση του άμεσου ή έμμεσου κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και να πραγματοποιείται επισταμένος έλεγχος σχετικά με την πιθανή ρύπανση του εδάφους και των υπογείων υδάτων από ενδεχόμενη διαρροή στραγγισμάτων. Για το σκοπό αυτό θεωρείται απαραίτητη η διάνοιξη γεωτρήσεων για τον έλεγχο της ποιότητας των υπογείων υδάτων. Οι σχετικά με τα υπόγεια ύδατα μετρήσεις πρέπει να παρέχουν πληροφορίες για ενδεχόμενη επίδραση σε αυτά από διαρροή αποβλήτων, με ένα τουλάχιστον σημείο μέτρησης ανάντι και δύο κατάντι μέσα στην ίδια υδρογεωλογική λεκάνη. Ο αριθμός αυτός μπορεί να αυξάνεται βάσει ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης και με γνώμονα την ανάγκη να εντοπίζεται εγκαίρως κάθε τυχαία διαρροή στραγγισμάτων στα υπόγεια ύδατα.

Προκειμένου να επιτευχθεί η ορθολογική συλλογή και διαχείριση των στραγγισμάτων απαιτούνται επίσης αντίστοιχα συστήματα που χαρακτηρίζονται από λειτουργική ικανότητα.

Επίσης, χρειάζεται η εγκατάσταση λειτουργικών συστημάτων συλλογής και διαχείρισης του βιοαερίου. Η παρακολούθηση του βιοαερίου πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική για κάθε τμήμα του χώρου ταφής. Τα συστατικά εκείνα που πρέπει να μετρούνται σε μακροπρόθεσμη βάση είναι: μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα, οξυγόνο, ολικό χλώριο, ολικό θείο, άζωτο, ολικό φθόριο. Ανάλογα βέβαια με τη σύνθεση του βιοαερίου και την εφαρμοζόμενη μέθοδο διαχείρισης, και συγκεκριμένα σε περίπτωση αξιοποίησης ή καύσης μπορεί να μετρούνται και άλλα συστατικά.

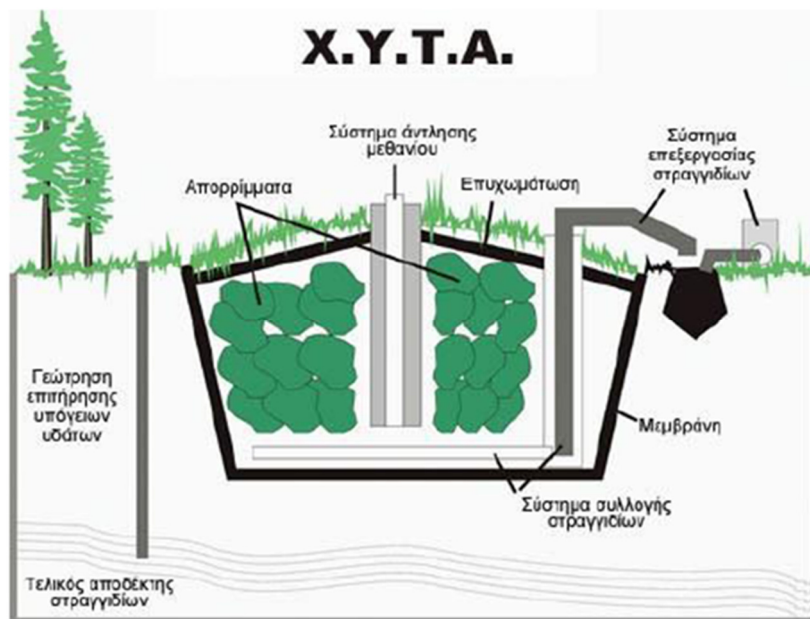
Επιδιώκοντας τη διαπίστωση τυχόν παραμορφώσεων στο σύστημα στεγάνωσης της βάσης του ΧΥΤΥ, σε ετήσια βάση γίνεται ο έλεγχος της θέσης των αγωγών στη ζώνη αποστράγγισης. Οι διαπιστωθείσες παραμορφώσεις συγκρίνονται με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους υπολογισμούς των καθιζήσεων και των παραμορφώσεων κατά το στάδιο σχεδιασμού του ΧΥΤΥ.

Η συντήρηση του εξοπλισμού πρέπει να είναι τακτική, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος διακοπής της λειτουργίας του ΧΥΤΥ. Έτσι, συνίσταται η περιοδική συντήρηση του συστήματος συλλογής όμβριων, του οδικού δικτύου, του συστήματος συλλογής και διαχείρισης στραγγισμάτων και του βιοαερίου.

Περιβαλλοντική παρακολούθηση

Η περιβαλλοντική παρακολούθηση περιλαμβάνει τους ακόλουθους τομείς:

- καταγραφή μετεωρολογικών δεδομένων
- έλεγχος υπόγειων υδάτων
- έλεγχος στραγγισμάτων και επιφανειακών υδάτων
- έλεγχος αέριων αποβλήτων και συγκεκριμένα έλεγχος διαφυγών βιοαερίου
- έλεγχος όγκου υγειονομικής ταφής και καθιζήσεων
- εσωτερικός έλεγχος που αποσκοπεί στην καταγραφή της διαχρονικής συμπεριφοράς του ΧΥΤΥ



Εικόνα 30: Σύστημα περιβαλλοντικής παρακολούθησης ΧΥΤΥ/ΧΥΤΑ μετά το πέρας λειτουργίας του και αφού έχει αποκατασταθεί²⁴

²⁴ «Μαθηματική Προσομοίωση Υδραυλικής Συμπεριφοράς Στραγγισμάτων σε ΧΥΤΑ», Θεόδωρος Ν. Αγγελίδης (μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία)

Στοιχεία Κόστους ΧΥΤ

Το επενδυτικό κόστος ενός ΧΥΤΥ παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Σε αυτή την τεχνολογία βασικό κόστος αποτελούν τα χωματουργικά έργα και τα έργα διαμόρφωσης του αναγλύφου του εδάφους, καθώς και τα απαιτούμενα συνοδά έργα (επεξεργασία στραγγιδίων, κ.α.). Καθώς δεν βρέθηκαν αξιόπιστες πηγές κοστολόγησης, χρησιμοποιήθηκαν ήδη κοστολογηθέντα και προκηρυχθέντα έργα για την εκτίμηση του επενδυτικού κόστους. Τα έργα που αναλύθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 12: Κοστολογημένα έργα ΧΥΤ που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του επενδυτικού κόστους

<u>Διαθέσιμα κοστολογημένα έργα ΧΥΤ που έχουν προκηρυχθεί στην Ελλάδα</u>							
<u>Διαύγεια</u>	<u>Ημερομηνία</u>	<u>Τοποθεσία - Ονομασία</u>	<u>Κόστος (€)</u>	<u>Δυναμικότητα (tn/έτος)</u>	<u>Όγκος (m³)</u>	<u>Ειδικός όγκος (m³/tn)</u>	<u>Χρόνος ζωής</u>
ΑΔΑ: ΒΛ4Ζ46Ψ8ΟΝ-ΑΗΓ	19/7/2013	ΧΥΤΑ Ν. Ρόδου	6.960.000	-	-	-	-
ΑΔΑ: Β4Γ7ΩΞΠ-ΥΛΡ	20/7/2012	Συμπληρωματικά ΧΥΤΑ Ξυλοκάστρου	1.134.289	-	-	-	-
ΑΔΑ: ΒΕΔ27ΛΩ-ΡΟΖ	11/3/2013	Βελτίωση πρόσβασης ΧΥΤΑ Ν. Χίου	4.599.000	15.000	-	-	-
ΑΔΑ: Β4Λ01-ΤΕΒ	13/6/2012	ΧΥΤΑ Νάξου	8.850.000	15.450	463.500	30	20
ΑΔΑ: ΒΕΙΞ1-Κ2Ι	31/1/2013	ΧΥΤΑ Κέας	4.000.000	3.077	75.000	24	20
ΑΔΑ: ΒΕΑΤ1-Λ5Ζ	12/4/2013	ΧΥΤΑ Μήλου	3.200.000	3.346	100.380	30	20
ΑΔΑ: ΒΛ11Ω9Θ-ΠΗΛ	11/11/2013	Κομποστοποίηση και ΧΥΤΑ Φωκίδας	9.130.000	20.000	362.487	18	13
ΑΔΑ: ΒΙΡ87ΛΡ-ΚΞΗ	11/2/2014	Β Φάση ΧΥΤΑ Ν. Τρικάλων	9.140.919	-	-	-	-

Διαθέσιμα κοστολογημένα έργα ΧΥΤ που έχουν προκηρυχθεί στην Ελλάδα

<u>Διαύγεια</u>	<u>Ημερομηνία</u>	<u>Τοποθεσία - Ονομασία</u>	<u>Κόστος (€)</u>	<u>Δυναμικότητα (tn/έτος)</u>	<u>Όγκος (m3)</u>	<u>Ειδικός όγκος (m3/tn)</u>	<u>Χρόνος ζωής</u>
ΑΔΑ: 71ΛΩΩΨΟ-636	1/12/2014	ΧΥΤΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ (ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ)	6.194.042	-	-	-	-
ΑΔΑ: 71ΨΓΩΗΑ-ΘΤΠ	27/8/2014	Επέκταση ΧΥΤΑ Κ. Εύβοιας	7.524.900	-	705.885	-	-
ΑΔΑ: Β4Β47ΛΛ-Μ7Ξ	28/3/2012	ΧΥΤΥ Δ. Αριστοτέλη	14.856.463	16.500	467.000	28	24
-	-	ΧΥΤΥ 1ης ΔΕ Ηπείρου (Ιωάννινα)	12.694.137	-	-	-	-
-	-	ΧΥΤΥ Ηλείας	10.224.256	-	-	-	-
-	-	Επέκταση ΧΥΤΥ Καβάλας	9.421.426	-	-	-	-
-	-	ΧΥΤΥ Δυτ. Αιγιάλειας (3η ΔΕ Αχαΐας)	7.434.948	11.000	330.000		20
-	-	Επέκταση ΧΥΤΥ Β. Ρόδου	3.548.659	-	-	-	-
-	-	Επέκταση ΧΥΤΥ Αγ. Νικολάου Κρήτης	1.591.522	10.000	-	-	7,5

Τα παραπάνω έργα δεν περιλαμβάνουν στο σύνολό τους τις πλήρεις υποδομές ενός ΧΥΤ (κάποια αφορούν σε συνοδά έργα ή σε επεκτάσεις), επομένως δεν μπορεί να εξαχθεί απλά ένας μέσος όρος-τάση κόστους για την προσέγγιση. Αναλύοντας τις εγκαταστάσεις στα επιμέρους στοιχεία τους και συγκρίνοντας τις διαφορετικές τιμές, μπορεί να γίνει μια γενική εκτίμηση του επενδυτικού κόστους, η οποία φυσικά φέρει μεγάλη αβεβαιότητα. Για την προσέγγιση του λειτουργικού κόστους γίνεται μια λογική προσέγγιση του κόστους των επιμέρους στοιχείων λειτουργίας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνολικές εκτιμήσεις κόστους για τους ΧΥΤ.

Πίνακας 13: Προσέγγιση επενδυτικού και λειτουργικού κόστους ΧΥΤ

Εκτιμώμενο επενδυτικό και λειτουργικό κόστος για Χώρους Υγειονομική Ταφής			
<u>Δυναμικότητα</u>	<u>Επενδυτικό κόστος (€) ως προς την ετήσια δυναμικότητα (P) και τα έτη λειτουργίας (t)</u>	<u>Ετήσιο Λειτουργικό κόστος (€) ως προς την ετήσια δυναμικότητα (P) και το επενδυτικό κόστος (C)</u>	<u>Παραδοχές</u>
>15.000 tn/έτος	$= 28 * P * t$	$= 157.000 + 6,5 * P + 0,015 * C$	Προσωπικό: 92.000 €/έτος Υλικά επικάλυψης: 0 €/m ³ Μηχανοκίνητος εξοπλισμός: 6,5 €/τόνο Συντήρηση εξοπλισμού: 0,01 του κόστους κατασκευής Ηλεκτρική ενέργεια: 25.000 €/έτος Ασφάλιση: 0,005 του κόστους κατασκευής Περιβαλλοντική παρακολούθηση: 30.000 €/έτος Γενικά έξοδα: 10.000 €/έτος
<15.000 tn/έτος	$= 29 * P * t$		