



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ-ΔΙΑΘΕΣΗ

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.

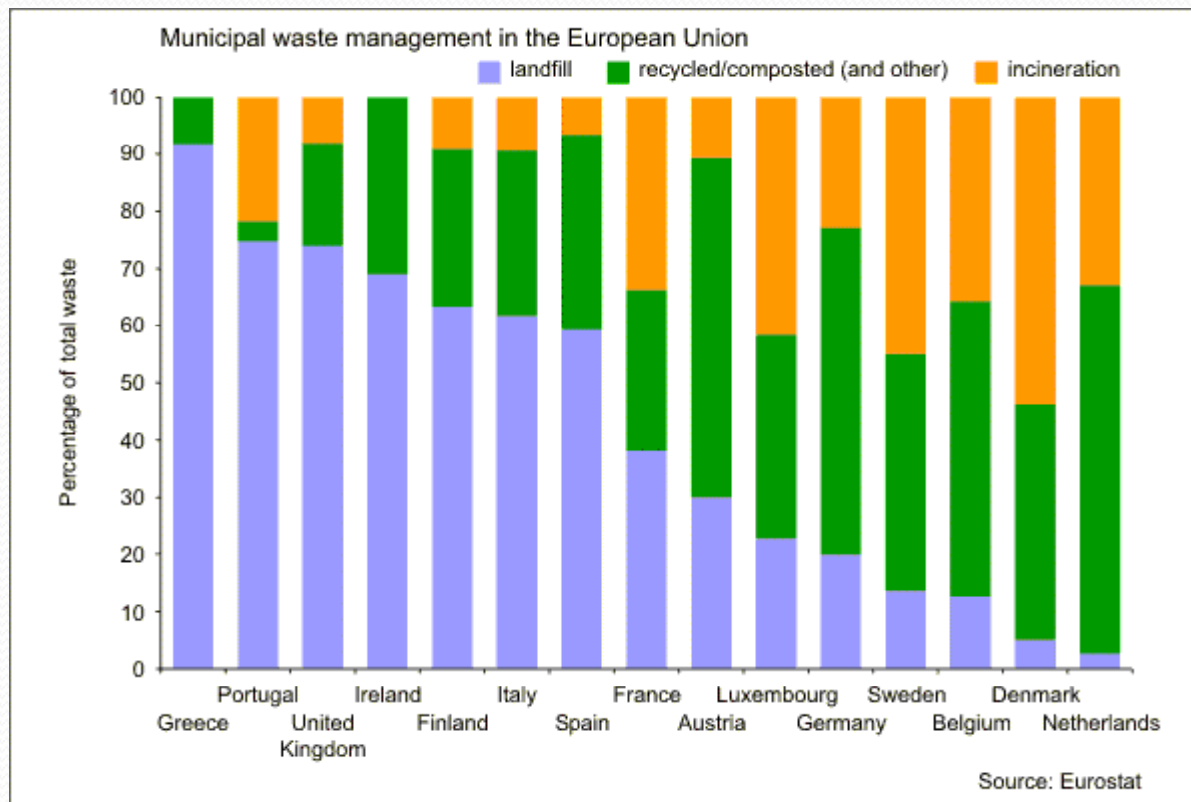


Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας





Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Λιπασματοποίηση

Λιπασματοποίηση: αερόβια αποδόμηση οργανικών υλών για παραγωγή εδαφοβελτιωτικού (compost)

Χαμηλή συγκέντρωση N, P για να ανταγωνιστεί χημικά λιπάσματα

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Λιπασματοποίηση

Πραγματοποίηση σε Ανοικτούς Χώρους ή Βιοαντιδραστήρες

Διάταξη υλικού σε μορφή σωρών ή σειραδίων (ύψος 2m, πλάτος 3-4 m)

Στραγγιστικό σύστημα για συλλογή και απομάκρυνση νερών βροχής

Περιοδική αναμόχλευση υλικού για διατήρηση αερόβιων συνθηκών (1 φορά ημερησίως τις πρώτες 30 μέρες) ή παροχή αέρα με μηχανικά μέσα





Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Λιπασματοποίηση

Ρόλος μικροοργανισμών:

Τροχόζωα, νηματώδεις, σκουλήκια => διάσπαση υλικού σε μικρότερα μέρη

Βακτήρια, μύκητες => αποδόμηση υλικού

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Λιπασματοποίηση

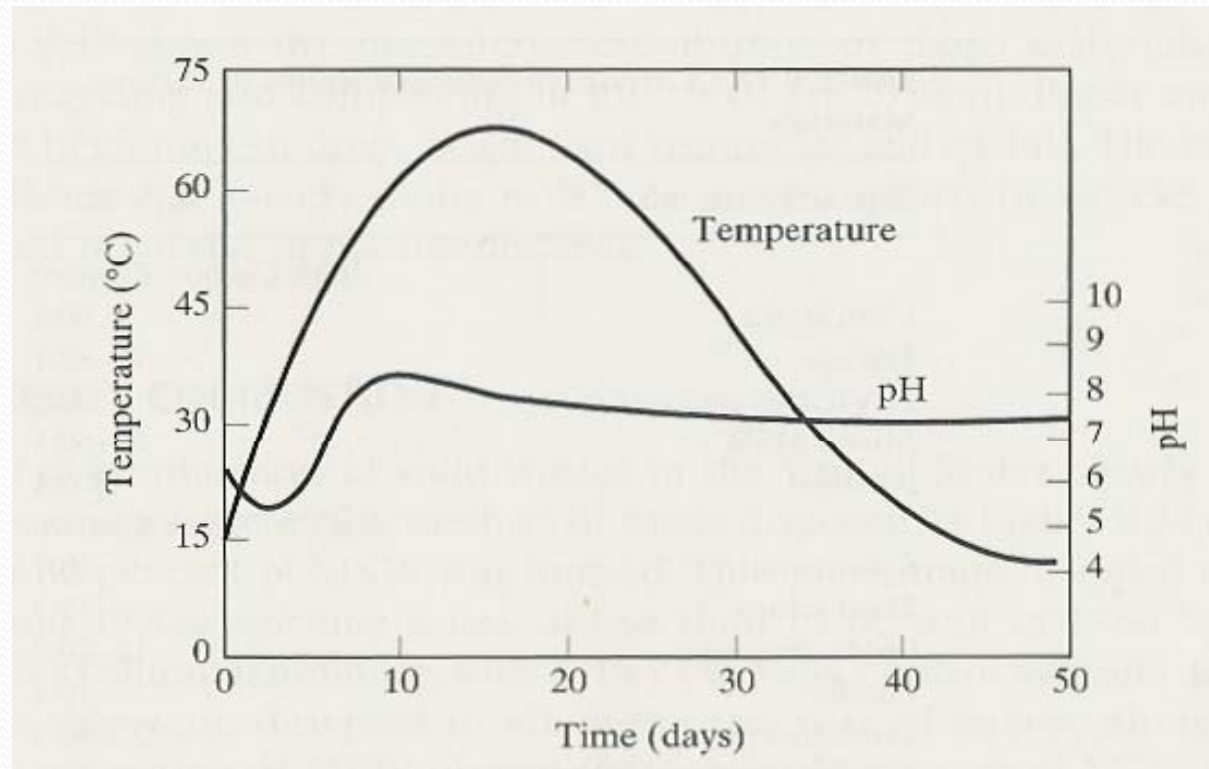
Ρόλος μικροοργανισμών:

1. Αρχικά ανάπτυξη μεσόφιλων μικροοργανισμών (25-45 °C)
2. Παραγωγή θερμότητας και οργανικών οξέων
3. Αύξηση θερμοκρασίας σωρών και μείωση pH σε τιμή 5
4. Επικράτηση θεرمόφιλων μικροοργανισμών (45-70 °C)
5. Μείωση συγκέντρωσης θρεπτικών => θανάτωση θεرمόφιλων
6. Μείωση θερμοκρασίας και επικράτηση μεσόφιλων μικροοργανισμών

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Λιπασματοποίηση



Διατήρηση $\theta > 55$ °C για περισσότερο από 72ώρες => θανάτωση παθογόνων

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Λιπασματοποίηση

Ρόλος θρεπτικών:

$$C/N = 25-35/1$$

Υψηλότεροι λόγοι C/N: αναχαιτίζουν την αύξηση μικροοργανισμών και επιβραδύνουν την αποδόμηση οργανικών ενώσεων

Χαμηλότεροι λόγοι C/N: επιταχύνουν αρχικά την αποδόμηση, αλλά γρήγορη κατανάλωση οξυγόνου (οσμές)

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Καύση

Πλεονεκτήματα:

Μείωση όγκου απορριμμάτων

Άμεση επεξεργασία

Μικρότερη έκταση γης

Δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας

Μειονεκτήματα:

Απελευθέρωση τοξικών ουσιών στην ατμόσφαιρα

Διάθεση τέφρας (επικίνδυνο υλικό)

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Καύση

Υλικό	Θερμογόνος Δύναμη (KJ/Kg)
Μίγμα χαρτιών	15.800
Μίγμα υπολειμμάτων τροφής	5.500
Μίγμα πλαστικών	32.800
Ελαστικά	26.100
Υπολείμματα ξύλων	16.000
Δέρματα	18.500
Υφάσματα	18.700
Πετρέλαιο Νο 6	42.500
Φυσικό αέριο	55.000
Κάρβουνο	28.500

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Καύση

Διαφοροποίηση ενεργειακού περιεχομένου από χώρα σε χώρα

Πίνακας 4.3 Παραγόμενη ενέργεια από την καύση 100 Kg απορριμμάτων στις Η.Π.Α. και στην Ελλάδα.

Υλικό	Θερμογόνος Δύναμη (KJ/Kg)	ΗΠΑ		Ελλάδα	
		Βάρος Υλικού (Kg)	Παραγόμενη Ενέργεια (KJ)	Βάρος Υλικού (Kg)	Παραγόμενη Ενέργεια (KJ)
Χαρτί	15.800	37	584.600	22	347.600
Πλαστικό	32.800	9	295.200	7	229.600
Υπολ. Τροφής	5.500	7	38.500	57	313.500
Ξύλο	16.000	7	112.000	1,5	24.000
Ύφασμα	18.700	16	299.200	1,5	28.050
Μέταλλο	0	8	0	4	0
Γυαλί	0	7	0	3	0
Άλλα	0	9	0	4	0
Σύνολο	-	100	1.329.500	100	942.750

Παράδειγμα 4.4

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Καύση

Είδος καυσίμου

Άμεση μεταφορά απορριμμάτων σε αποτεφρωτήρες (8.000 - 15.000 KJ/Kg)

Προεπεξεργασία, παραγωγή RDF (refuge-derived fuel) (14.000 - 18.000 KJ/Kg)

Περιβαλλοντική επιβάρυνση

Κατακρημιζόμενη Τέφρα → Διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α

Ιπτάμενη Τέφρα: συγκρατείται με χρήση συστημάτων ελέγχου αιωρούμενων στερεών και διάθεση ως επικίνδυνο υλικό

Αέριοι Ρύποι (NO_x, SO_x, CO, αέρια οξέα HCl, HF, διοξίνες, φουράνια, PCBs, PAHs, μέταλλα)

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Καύση

Διοξίνες, φουράνια:

Χλωριωμένες ενώσεις, πιθανά καρκινογόνες, ορμονικές διαταραχές

Περιορισμός παραγωγής τους με καύση στους 900 °C

Υπαρξη πρόδρομων ενώσεων (HCl, φαινόλες, PAHs)



Σχηματισμός νέων διοξινών

Μέταλλα (Pb, Zn, Cd, As, Hg)

Ψύξη αερίων => συμπύκνωση και προσρόφηση σε τέφρα και συγκράτηση σε συστήματα ελέγχου αιωρούμενων σωματιδίων

Εξαίρεση Hg (χαμηλό σημείο ζέσεως)

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Υγειονομική Ταφή: η πιο διαδεδομένη μέθοδος διάθεσης απορριμμάτων

Απαίτηση διάθεσης υπολειμμάτων σε περίπτωση υιοθέτησης εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης (λιπασματοποίηση, αποτέφρωση)

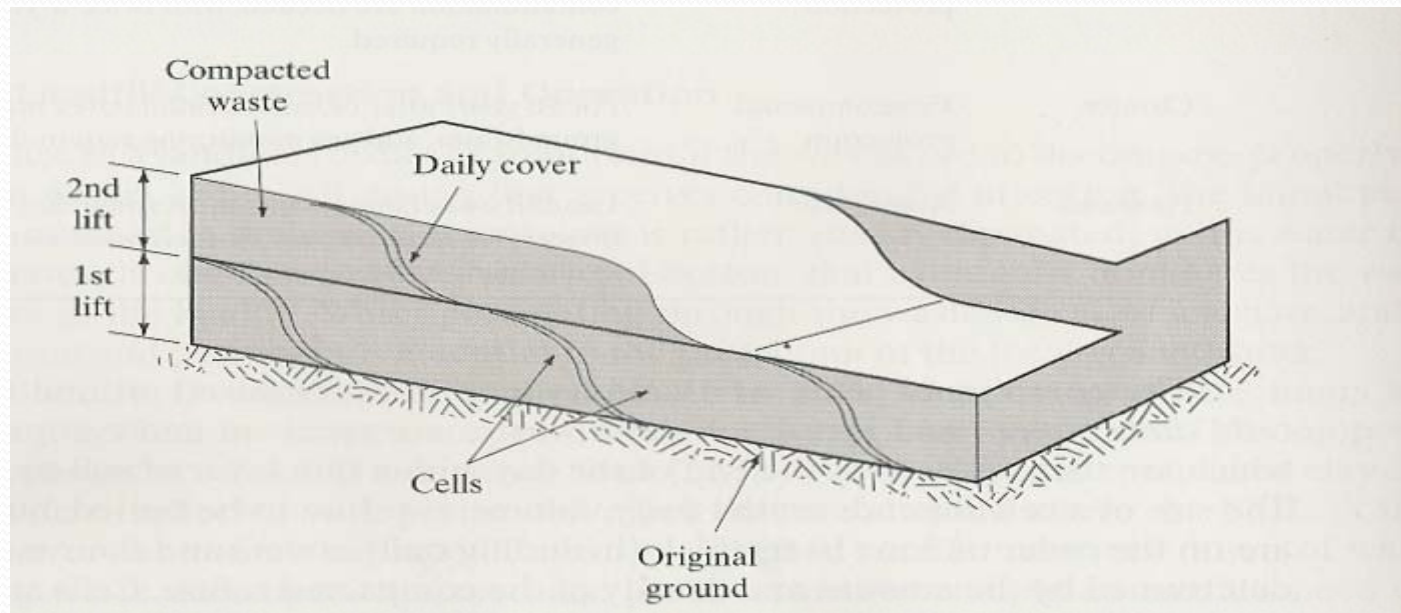
Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Απόθεση και συμπίεση απορριμμάτων σε κυψέλες (cells) πάχους 3 m

Καθημερινή κάλυψη κυψελών με χώμα πάχους 0,15-0,3 m



Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

➤ Κάλυψη κυψελών με χώμα

Αποφυγή διασκορπισμού απορριμμάτων από αέρα

Αποφυγή επαφής τρωκτικών, πουλιών με απορρίμματα

Αποφυγή εισροής νερού από κατακρημνίσματα

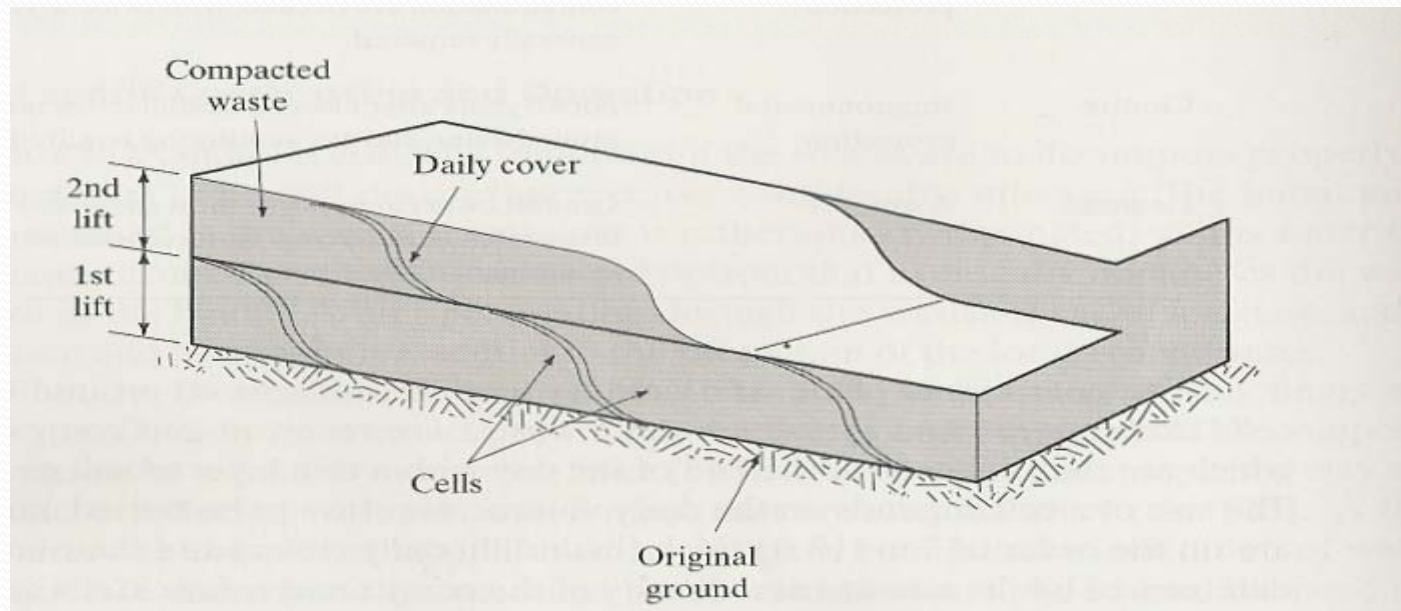
Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Ολοκλήρωση ενός επιπέδου με κυψέλες

Προσθήκη νέου επιπέδου (ταμπάνι ή lift)



Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Τελική κάλυψη με διαδοχικά στρώματα εδάφους, γεωμεμβράνη



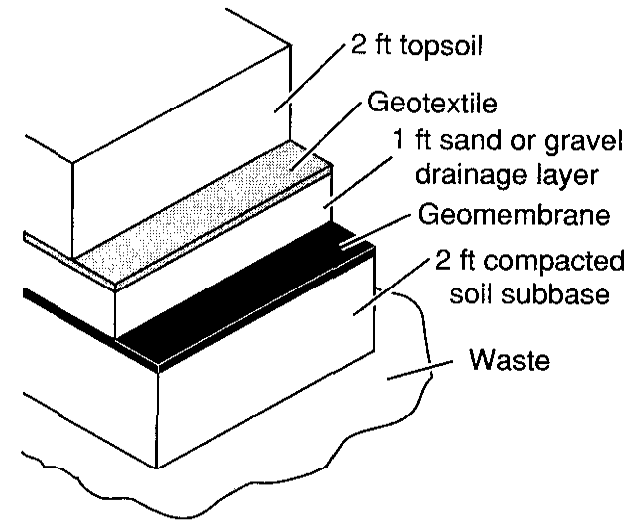
Απορροή υδάτων

Παρεμπόδιση εισροής νερού

Παρεμπόδιση διαφυγής οσμών

Αποφυγή πυρκαγιών

Υποστήριξη φυσικής βλάστησης



Παράδειγμα 4.5

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Παραγωγή εκχυλισμάτων

Όμβρια ύδατα

Απορροή λοιπών υδάτων

Υγρασία απορριμμάτων

Στεγάνωση πυθμένα (συμπυκνωμένος άργιλος, συνθετικές μεμβράνες)

Συλλογή στραγγιδίων για αποφυγή:

Επιβάρυνσης υπόγειων και επιφανειακών υδάτων

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Σύσταση εκχυλισμάτων

	Ηλικία <2 έτη	Ηλικία >10 έτη
BOD (mg/l)	10000	100-200
COD (mg/l)	18000	100-500
TSS (mg/l)	500	100-400
Οργανικό N (mg/l)	200	80-120
NH ₃ (mg/l)	200	20-40
Ολικός P (mg/l)	30	5-10
pH (mg/l)	6	6,6-7,5

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Παραγωγή βιοαερίου (CH_4 , CO_2 , λοιπές οργανικές ενώσεις)

Προϊόντα αναερόβιας αποδόμησης οργανικών ενώσεων

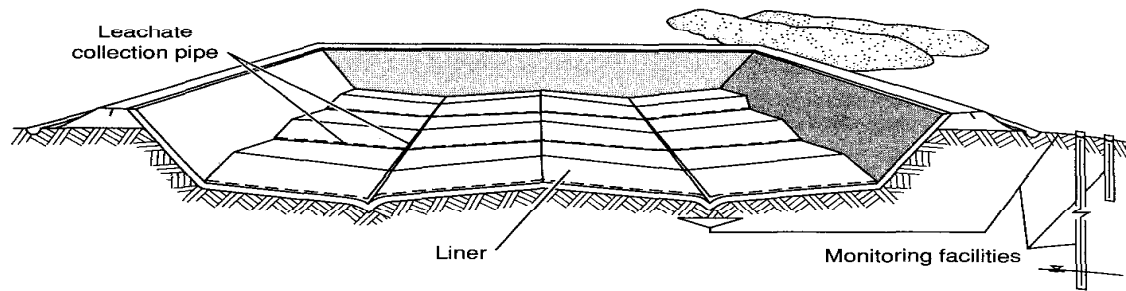
Συλλογή βιοαερίου για αποφυγή:

- Ρωγμών
- Καθιζήσεων
- Εκρήξεων
- Συμβολή σε φαινόμενο θερμοκηπίου
- Απελευθέρωση άλλων επικίνδυνων ρύπων

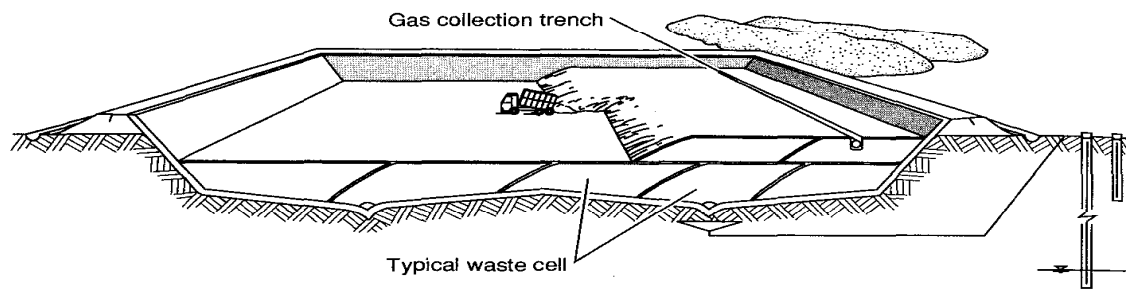
Καύση ή Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

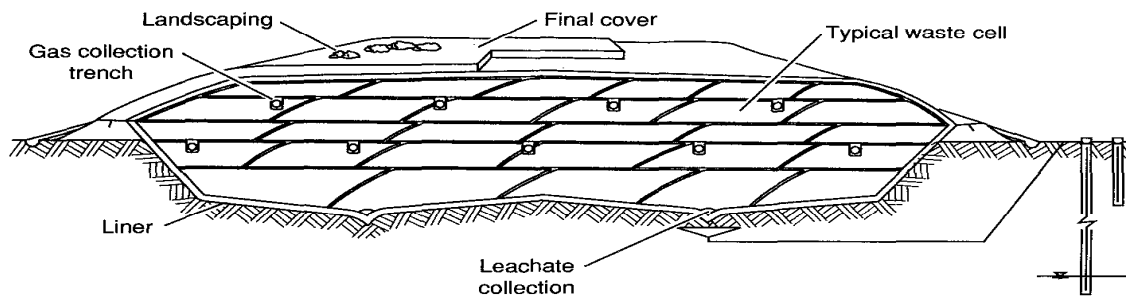
Φάσεις Κατασκευής Χ.Υ.Τ.Α



(a)



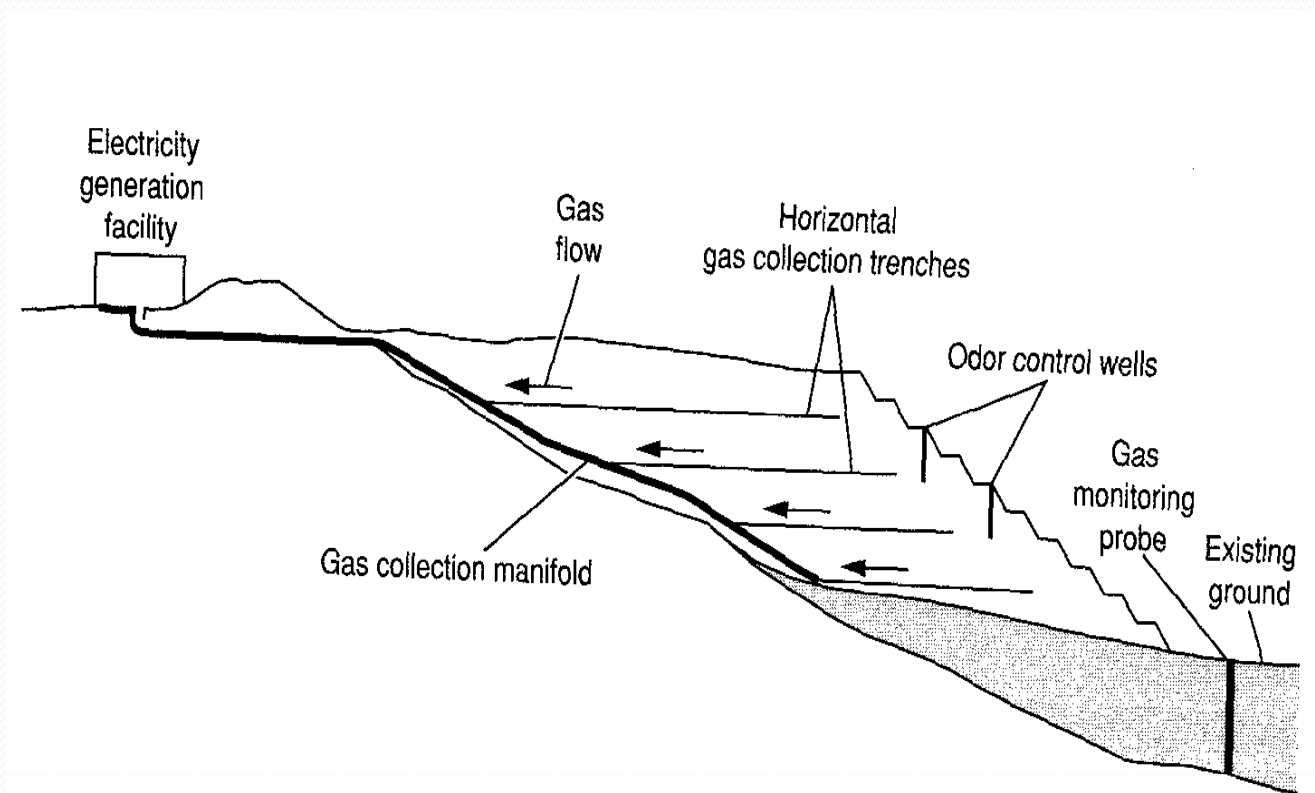
(b)



(c)

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Φάσεις Κατασκευής Χ.Υ.Τ.Α



Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Στάδια αποδόμησης απορριμμάτων σε Χ.Υ.Τ.Α

Φάση I: Αερόβια Φάση (λίγες μέρες)

Φάση II: Μεταβατική Φάση (δέκτες e⁻ νιτρικά, θειικά)

Φάση III: Οξική Φάση, διάσπαση σύνθετων ενώσεων σε απλούστερες και παραγωγή οργανικών οξέων, CO₂, H₂

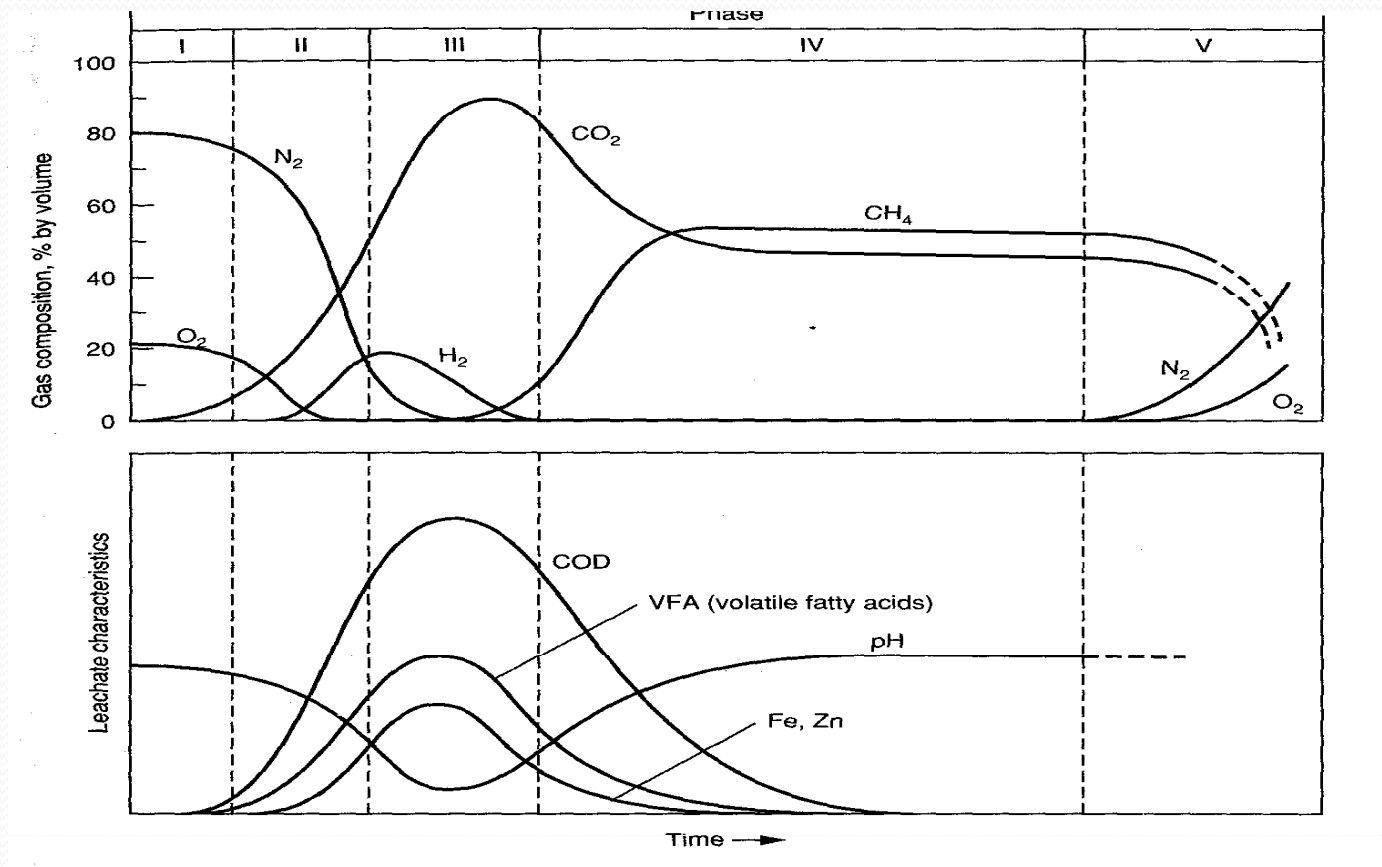
Φάση IV: Μεθανογένεση, μετατροπή οργανικών οξέων και H₂ σε CH₄ και CO₂

Φάση V: Ωρίμανση

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α



Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Χωροθέτηση Χ.Υ.Τ.Α

Επαρκής έκταση (τουλάχιστον 5 χρόνια χρήση)

Χρήσεις γης (προστατευτέες περιοχές, αεροδρόμια, περιοχές με υψηλή οικονομική αξία)

Τοπογραφία περιοχής

Ύπαρξη χώματος για κάλυψη

Κλιματολογικές συνθήκες (άνεμοι, χιόνι)

Υδρολογία περιοχής (αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων)

Υδρογεωλογία περιοχής (αποφυγή επιβάρυνσης υπόγειων υδάτων)

Διαχείριση Στερεών Αστικών Αποβλήτων

Συστήματα Επεξεργασίας

Υγειονομική Ταφή – Χ.Υ.Τ.Α

Κλείσιμο Χ.Υ.Τ.Α

Σχεδιασμός χρήσης αποκατεστημένης περιοχής

Επιλογή φυτικής κάλυψης

Εκτίμηση επιφανειακής απορροής και έργα συλλογής υδάτων

Παρακολούθηση εκπομπών βιοαερίου

Παρακολούθηση και επεξεργασία εκχυλισμάτων

Επιλογή θέσεων δειγματοληψίας και είδη ουσιών που ανιχνεύονται