

Σαχινίδης Συμεών

Σχεδιάσατε έναν ΧΥΤΑ ο οποίος εξυπηρετεί 150.000 κατοίκους.
Επιφάνεια ΧΥΤΑ 80 στρέμματα.
Διάρκεια ζωής του: 20 χρόνια + 20 χρόνια μετέπειτα φροντίδα.
Θεωρήσατε μετεωρολογικά στοιχεία από περιοχή της αρεσκείας σας.

Παραδοχές:

E: Ποσότητα εισερχόμενων υδάτων: 0
Υκ = Υδατοικανότητα: 0
A = 200 mm/έτος (μέση τιμή)
EΔ = 72mm/έτος (μέση τιμή)
K = σταθερά αποδόμησης 0,025 έτος⁻¹

- 1) Υπολογίσατε τις παραγόμενες ποσότητες α) στραγγίσματος και β) βιοαερίου.
- 2) Περιγράψατε :
 - α) τα έργα διαμόρφωσης της βάσης και των πρανών.
 - β) τα έργα διαχείρισης του στραγγίσματος
 - γ) τα έργα διαχείρισης του βιοαερίου
 - δ) τα απαραίτητα έργα για τον έλεγχο και την παρακολούθηση του ΧΥΤΑ

Επίσης αναφέρατε τον απαιτούμενο εξοπλισμό για τη λειτουργία του ΧΥΤΑ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

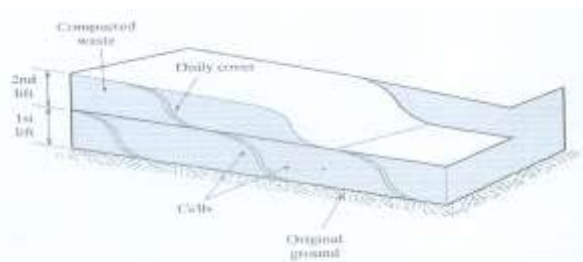
Η συγκέντρωση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα, η κοινωνική και τεχνολογική ανάπτυξη, καθώς επίσης και η αλλαγή των καταναλωτικών συνηθειών οδήγησαν σε τέτοια αύξηση της ποσότητας των στερεών αποβλήτων, ώστε τα απορρίμματα να αποτελούν σήμερα, ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα της σύγχρονης κοινωνίας. Πρόκειται πράγματι για ένα πρόβλημα πολυδιάστατο, με πλήθος αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που γίνεται εμφανέστερο στο τελευταίο του στάδιο, αυτό της διάθεσης των απορριμμάτων αφού αυτά δημιουργούν σημαντικά υγειονομικά προβλήματα. Αναφέρομαι συγκεκριμένα στη μόλυνση του περιβάλλοντος, και στη δημόσια υγεία και επιδημιολογία. Στη χώρα μας ιδιαίτερα έχει το ζήτημα αυτό προσλάβει εκρηκτική διάσταση, πέραν των άλλων και της έλλειψης, μέχρι τώρα, περιβαλλοντικής ευαισθησίας και της απουσίας σύγχρονης αλλά και ολοκληρωμένης πολιτικής για τα απορρίμματα. Σήμερα λειτουργούν περίπου 5.000 σκουπιδότοποι, χωρίς άδεια και τα 2/3 των οποίων μάλιστα χωρίς να τηρούν τους στοιχειώδεις κανόνες υγειονομικής ταφής. Η αυθαίρετη και ανεξέλεγκτη λειτουργία αυτών των χωματερών οδηγεί συχνά σε ρύπανση του υπεδάφους και των υπογείων υδάτων, ενώ η καύση των σκουπιδιών έχει ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του αέρα και την πρόκληση συχνά δασικών πυρκαγιών. Ξεχωριστή λοιπόν σημασία έχει να ασχοληθούμε με ζητήματα επίκαιρα που άπτονται, της λειτουργίας του ΧΥΤΑ, με δεδομένο ότι παρέχονται σήμερα τα μέσα, οι τεχνικές και επιστημονικές εγγυήσεις για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία του.

Κυρίως θέμα

1. Παραγωγή στραγγισμάτων και βιοαερίου

Σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. καθημερινά γίνεται απόθεση και συμπίεση των απορριμμάτων σε κυψέλες (*cell*), οι οποίες καλύπτονται στο τέλος της ημέρας με ένα λεπτό στρώμα χρώματος πάχους 0,15-0,30 m, με σκοπό την παρεμπόδιση διασποράς των

απορριμμάτων από τον αέρα, τον έλεγχο των εκπεμπόμενων οσμών και τη μείωση της ποσότητας του νερού που μπορεί να κατεισχύσει στις κυψέλες. Το πάχος των κυψελών εξαρτάται από τον καθημερινό όγκο των απορριμμάτων που αποτίθενται, αλλά συνήθως φθάνει τα 3 m, συμπεριλαμβανομένου του εδαφικού καλύμματος. Όταν ένα επίπεδο του Χ.Υ.Τ.Α. πληρωθεί με κυψέλες, προστίθενται νέα επίπεδα που καλούνται ταμπάνια. Κατά τη διαστασιολόγηση ενός Χ.Υ.Τ.Α. απαιτείται υπολογισμός της ημερήσιας διατιθέμενης ποσότητας των απορριμμάτων καθώς επίσης και εκτίμηση της τελικής τους πυκνότητας. Στην εικόνα 1 παρουσιάζονται οι κυψέλες και τα ταμπάνια ενός Χ.Υ.Τ.Α



Εικόνα 1. Απεικόνιση κυψελών (Cells) και ταμπανίων (lifts) σε Χ.Υ.Τ.Α

Η αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων μέσα στο Χ.Υ.Τ.Α πραγματοποιείται παρουσία υγρασίας και κατάλληλης θερμοκρασίας. Η απαραίτητη υγρασία προέρχεται από τη φυσική υγρασία των απορριμμάτων, από την κατεισχύση της βροχόπτωσης και από το νερό που παράγεται από τις χημικές αντιδράσεις της αποσύνθεσης. Το σύνολο του νερού που παράγεται από τις παραπάνω διεργασίες καλείται **στράγγισμα** και παρουσιάζει την τάση να κινείται διαμέσου της μάζας των απορριμμάτων, διαλύοντας και παρασύροντας διάφορες ουσίες που αυξάνουν το ρυπαντικό του φορτίο. Αν διαπεράσουν το πυθμένα του Χ.Υ.Τ.Α. τα στραγγίσματα αυτά διεισδύουν στο έδαφος με κίνδυνο ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα.

Κατά την αποσύνθεση των απορριμμάτων παράγεται επίσης **βιοαέριο** που συνίσταται κατά 50-70% από μεθάνιο και κατά 30-40% από διοξείδιο του άνθρακα. Το βιοαέριο ανέρχεται προς την επιφάνεια των απορριμμάτων, εγκλωβίζεται κάτω από την επιφανειακή στρώση κάλυψης και τελικά διαφεύγει στην ατμόσφαιρα μέσω ρωγμών που προκαλεί στην επιφανειακή στρώση κάλυψης. (Στασινάκης, 2003)

Προέχει λοιπόν η ποσοτική εκτίμηση αυτών των επικίνδυνων παραγώγων ενός ΧΥΤΑ προκειμένου να γίνει σωστά η διαχείρισή τους. Με την παρούσα εργασία επιδιώκουμε να δώσουμε μια ποσοτική εκτίμηση των παραγόμενων στραγγισμάτων και βιοαερίου από ένα Χ.Υ.Τ.Α, 80 στρεμμάτων σε μια πόλη με 150000 κατοίκους.

Στη συνέχεια να αναφερθούμε στα α) έργα διαμόρφωσης της βάσης και των πρανών.

β) έργα διαχείρισης του στραγγίσματος γ) έργα διαχείρισης του βιοαερίου, δ) στον έλεγχο και την παρακολούθηση του ΧΥΤΑ και ε) στον απαιτούμενο εξοπλισμό για την λειτουργία του ΧΥΤΑ. Η διατύπωση έστω και με επιγραμματικό τρόπο κάποιων τελικών συμπερασμάτων από την παρουσίαση αυτή, θα είχε ίσως μία χρησιμότητα.

Η ποσοτική εκτίμηση των στραγγισμάτων και βιοαερίου που παρουσιάζουμε αφορά ΧΥΤΑ 80 στρεμμάτων σε μια πόλη 150000 κατοίκων. Η διάρκεια ζωής του ΧΥΤΑ αυτού είναι 20 χρόνια + 20 χρόνια μετέπειτα φροντίδα. Ως δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν: 1) τα μετεωρολογικά ως προς το ύψος την βροχοπτώσεων. Στο πίνακα 1 αναφέρονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της Δράμας. 2) Η σχεδόν οριζόντια κλίση της βάσης του ΧΥΤΑ 3) ότι κάθε κάτοικος να παράγει κατά μέσο όρο 1Kg απορρίμματα την ημέρα, και 4) ότι η μέση θερμοκρασία των σκουπιδιών 25 °C.

1.α. Ποσοτική εκτίμηση στραγγισμάτων.

Μήνες	Ύψος βροχής μέση τιμή (mm)	Μέση τιμή °C
Ιανουάριος	137,5	10,7
Φεβρουάριος	147,7	9,2
Μάρτιος	111,6	11,1
Απρίλιος	63,5	15,4
Μάιος	43,9	21,3
Ιούνιος	18,1	24,2
Ιούλιος	10,1	29,0
Αύγουστος	24,2	27,3
Σεπτέμβριος	71,0	22,3
Οκτώβριος	153,3	17,7
Νοέμβριος	200,1	11,9
Δεκέμβριος	172,3	10,1
Σύνολο	1153,3	

Πίνακας 1. Μετεωρολογικά δεδομένα Δράμας. Πηγή Δήμος Δράμας

Λαμβάνουμε υπόψην όλων των δεδομένων υπολογίζεται ότι από τον ΧΥΤΑ που θεωρητικά περιγράψαμε η ποσότητα των στραγγισμάτων Q , σύμφωνα με το υδατικό ισοζύγιο, θα είναι:

$$Q = K - A - E_{\Delta}$$

όπου: K = το συνολικό ύψος των βροχοπτώσεων

A = οι συνολικές απορροές

E_{Δ} = η εξατμισοδιαπνοή

Η ετήσια ποσότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων Q ανά μονάδα επιφάνειας, σύμφωνα με το υδατικό ισοζύγιο, θα είναι:

$$Q = 1153,3 - 200 - 72 = 881 \text{ mm}$$

Λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική επιφάνεια του ΧΥΤΑ προκύπτει ότι η συνολική ετήσια ποσότητα των παραγόμενων στραγγισμάτων:

$$Q = 881 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \cdot 80000 \text{ m}^2 = 70480 \text{ m}^3$$

Παραδοχή. Η πλάγια μόνωση πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα στραγγίσματα που προέρχονται από δίπλα (λόγω πιθανής ροής από αποστραγγίσεις γαιών) να είναι μηδέν.

Το 1Kgr για κάθε κάτοικο δίνει $150000 \times 365 = 54750$ τόνους απορριμμάτων ανά έτος.

Για μεσαίους και μεγάλους ΧΥΤΑ απαιτούνται ειδικά μηχανήματα τα οποία μπορούν να

πετύχουν πυκνότητα $0,5-0,95 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$. Αν δεχθούμε την τιμή $0,8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$ βρίσκουμε

$$54750:0,8=68437,5 \text{ m}^3$$

Θα παράγουν στραγγίσματα $15 \text{ lit} \times 68437,5:1000=1026,563 \text{ m}^3$ για τον 1^ο χρόνο
Για τα επόμενα 5 χρόνια θα παράγουν στραγγίσματα

$$\frac{2 \text{ lit} \times 5 \times 68437,5}{1000} = 684,375 \text{ m}^3$$

Αθροιστικά παράγονται $1026,563 \text{ m}^3 + 684,375 \text{ m}^3 = 1710,938 \text{ H m}^3$.

Η συνολική ποσότητα παραγόμενων στραγγισμάτων από τη βιολογική αποδόμηση των απορριμμάτων που εισήχθησαν σε ένα χρόνο είναι:

$$20 \times 1710,938 = 34218,75 \text{ m}^3$$

Ο Χ.Υ.Τ.Α θα δέχεται $40 \times 70480 = 2819200 \text{ m}^3$

Και $34218,75 \text{ m}^3 + 2819200 \text{ m}^3 = 2853419 \text{ m}^3$ συνολικά στραγγίσματα.

Ο ΧΥΤΑ στην παρούσα μελέτη και υπό τις προαναφερθείσες παραδοχές παράγει στραγγίσματα μέχρι 26 χρόνια. Μετά από αυτό το χρονικό σημείο μπορούμε να συλλέγουμε στραγγίσματα μόνο από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Εδώ όμως πρέπει να κάνουμε και άλλη **παραδοχή** ότι οι κάτοικοι πρέπει να έχουν παιδεία για την απόρριψη οικιακών απορριμμάτων. Δηλ. θα πρέπει να συλλέγονται ξεχωριστά κάποια υλικά όπως μπαταρίες (ξηρού τύπου), και κάποιες ηλ. συσκευές, λάμπες φθορισμού κλπ, διότι αυτά τα υλικά δημιουργούν πρόβλημα στην μετέπειτα κατεργασία και τον καθαρισμό των στραγγισμάτων. Μέριμα πρέπει επίσης να ληφθεί και για το ζυμώσιμο τμήμα των απορριμμάτων λόγω της πιθανής ύπαρξης βαρέων μετάλλων στα λαχανικά.

1.β. Ποσοτική εκτίμηση βιοαερίου

Κατά τη βιολογική διαδικασία αποδόμησης των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων, από 1Kg οργανικού άνθρακα παράγονται $1,868 \text{ m}^3$ βιοαερίου. Κατά μέσο όρο, περίπου ένας τόνος απορριμμάτων περιέχει 200Kg οργανικού άνθρακα. Η μέχρι σήμερα εμπειρία δείχνει, εξάλλου ότι η παραγωγή του μεθανίου, μετά από ένα - δύο χρόνια βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη και διαρκεί από 20 έως 50 χρόνια! (Σκορδίλης Α., Κομνίτσας Κ., 2004)

Το βιοαέριο που μπορεί να συλλεχθεί από το σκουπιδότοπο δίνεται από τη σχέση του Tabasaran $V = 1,868 \chi C \chi (0,014T + 0,28) \chi (1 - 10^{-kt})$

Πρώτα θα βρούμε τα παραγόμενα αέρια ανά τόνο απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ που σχεδιάσαμε.

$$\text{Έτσι : } V = 1,868 \chi 200 \chi (0,014 \chi 25 + 0,28) \chi (1 - 10^{-0,025 \chi 20}) \chi 54750 =$$

$$= 8.811.361 \text{ m}^3 \text{ αερίων / ton απορριμμάτων.}$$

Όπου 54750 προκύπτει από $150000 \chi 365$ και $C=200$

$$\text{Στη συνέχεια το } 8811361 \chi 20 = 176227 \text{ m}^3$$

Άρα 176227 m^3 βιοαερίου θα παραχθεί από το συγκεκριμένο ΧΥΤΑ.

2.α. Διαμόρφωση βάσης και πρανόν ΧΥΤΑ

Το σύστημα μόνωσης των χώρων διάθεσης των στερεών αποβλήτων, αποτελεί βασικό παράγοντα για τη σωστή λειτουργία του ΧΥΤΑ. Είναι η απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση όσο το δυνατόν λιγότερων επιπτώσεων στο περιβάλλον, διότι αποφεύγεται η διαρροή στραγγισμάτων και η διαφυγή ή μετανάστευση βιοαερίου από τη βάση και τα

πλευρικά τοιχώματα του χώρου, ενώ εξασφαλίζεται η αποτελεσματική συλλογή των στραγγισμάτων και του βιοαερίου.

Γενικά, ένα σύστημα μόνωσης περιλαμβάνει:

- Μόνωση του πυθμένα (βάσης)
- Μόνωση των πλευρικών τοιχωμάτων (πρανών)
- Μόνωση της τελικής επιφάνειας

Το σύστημα μόνωσης του πυθμένα και των πρανών του ΧΥΤΑ πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις υδροπερατότητας και πάχους, οι οποίες αντιστοιχούν σε στρώμα ενός μέτρου αργίλου με συντελεστή υδροπερατότητας, $K=1.10^{-9}$ m/sec.

Πριν 15-20 έτη, η μόνωση της βάσεως ενός ΧΥΤΑ αποτελούνταν από 0,3-1,7 m συμπιεσμένα εδαφικά υλικά χαμηλής διαπερατότητας. Τα αργιλικά υλικά χρησιμοποιούνταν τότε, χρησιμοποιούνται και τώρα, επειδή είναι φυσικά, σχετικώς αδρανή και γενικώς διαθέσιμα. Αν δεν υπάρχουν στο χώρο ταφής, είναι δυνατόν να ευρεθούν σε παραπλήσιες περιοχές. Αν και οι αργιλοκοί φραγμοί ελαχιστοποιούν την διαρροή διασταλαγμάτων, δεν είναι δυνατόν όμως να τη σταματήσουν. Για το λόγο αυτό, έχουν προταθεί συνθετικοί φραγμοί με εξαιρετικά χαμηλή διαπερατότητα, που είναι οι γεωμεμβράνες (γνωστές και ως εύκαμπτες μεμβράνες). Σήμερα υπάρχει μεγάλη ποικιλία γεωμεμβρανών, όλες όμως ενδέχεται να υποστούν βλάβες από τα διάφορα συστατικά των διασταλαγμάτων και αυτό είναι ένα θέμα. Σημαντικές παράμετροι για τις αντιδράσεις αυτές είναι η συγκέντρωση των χημικών και το είδος της γεωμεμβράνης. Για παράδειγμα οι γεωμεμβράνες HDPE εμφανίζουν μεγαλύτερη χημική αντοχή σε σχέση με άλλα είδη και γι' αυτό χρησιμοποιούνται περισσότερο. Άλλες χρησιμοποιούνται λιγότερο όπως πχ. οι μεμβράνες PVC. (Cadwallader *et al.* 1991) (Sharma *et al.* 1994)

Για μακροπρόθεσμες εφαρμογές μόνωσης βάσεως ΧΥΤΑ, δεν κρίνεται επαρκής η αποκλειστική χρήση γεωμεμβρανών ενώ, κάτω από ορισμένες συνθήκες, αυτές να καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες μιας μόνωσης για βραχυπρόθεσμες εφαρμογές. Αναλυτικότερα οι χημικές ουσίες που περιέχονται στο υγρό στραγγισμα μπορούν να προσβάλουν τη συμπυκνωμένη αργιλική στρώση και να μεταβάλουν τις ιδιότητές της.

Συγκεκριμένα:

(α) Ισχυρά οξέα και βάσεις μπορούν να διαλύσουν τα αργιλικά ορυκτά και να διαβρώσουν την αργιλική μεμβράνη.

(β) Ποικίλες ανόργανες και οργανικές ουσίες του υγρού στραγγίσματος μπορούν να μεταβάλουν το πάχος της διπλής στρώσης των αργιλικών ορυκτών, να τροποποιήσουν τη δομή τους και να μεταβάλουν την υδραυλική τους αγωγιμότητα. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διάφοροι ρύποι προκαλούν μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας πράγμα που είναι ευνοϊκό για τη λειτουργία της στεγανωτικής μεμβράνης. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, προκαλείται θρόμβωση (floculation) της δομής των αργιλικών ορυκτών με συνέπεια τη ρηγμάτωση της αργίλου και την αύξηση της διαπερατότητας. Για τους ανωτέρω λόγους, θα πρέπει να εκτελούνται ειδικές δοκιμές συμβατότητας για τον έλεγχο της επιρροής του αναμενόμενου στραγγίσματος των απορριμμάτων στα συγκεκριμένα αργιλικά υλικά που προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της αργιλικής στεγανωτικής μεμβράνης. (Καββαδάς, 2004)

Η στρώση αργίλου και η γεωμεμβράνη αποτελούν ένα σύνθετο φραγμό για την κίνηση αερίων και διασταλαγμάτων. Η στρώση άμμου και χαλικιών δημιουργούν στρώση αποστράγγισης και συλλογής διασταλαγμάτων. Το γεώφασμα χρησιμοποιείται για ελαχιστοποίηση αναμίξεως του εδάφους με την στρώση άμμου και χαλικιών. Σύνθετη μόνωση αργίλου και γεωμεμβράνης είναι πολύ πιο αποτελεσματική από ό,τι η άργιλος και η γεωμεμβράνη χωριστά. (Βούδριας, 2001)

2.β. Διαχείριση στραγγισμάτων.

Η διείσδυση του νερού της βροχής και επιφανειακών υδάτων οδηγεί στην παραγωγή στραγγισμάτων. Κύριο χαρακτηριστικό των παραγόμενων στραγγισμάτων είναι το υψηλό και

ποικίλο ρυπαντικό φορτίο, το οποίο επιπλέον παρουσιάζει σημαντική χρονική διαφοροποίηση καθώς αυξάνεται το διάστημα λειτουργίας του ΧΥΤΑ. Για το σκοπό αυτό απαιτείται σχεδιασμός, κατασκευή και λειτουργία κατάλληλου συστήματος για τη συλλογή, απομάκρυνση και επεξεργασία τους.

Η διάμετρος των αγωγών πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπει την ελεύθερη ροή των στραγγισμάτων προς τα σημεία συλλογής κατάντι του ΧΥΤΑ, τον εύκολο καθαρισμό τους από συμυκνώματα, καθώς και τον ευχερή έλεγχο της λειτουργικής τους κατάστασης. Η διαστασιολόγηση των αγωγών του συστήματος συλλογής και μεταφοράς των στραγγισμάτων, γίνεται σε συνάρτηση με τη μέγιστη διάρκεια και την ένταση της βροχόπτωσης της τελευταίας εικοσαετίας. (www.ucm.org.cy)

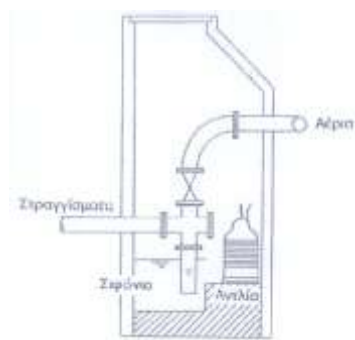
Επιπλέον πρέπει να υπάρχει σε όλα τα σημεία της βάσεως και μια ελάχιστη κλίση 5%

(ενδεικτική), η οποία πρέπει να διατηρηθεί και μετά το κλείσιμο του ΧΥΤΑ. Γι' αυτό, απαιτείται μία γεωτεχνική μελέτη της περιοχής, που θα προσδιορίσει τη συμπιεστότητα του υπεδάφους. Αυτή πρέπει να συνυπολογισθεί στην επιλογή της αρχικής κλίσεως της βάσεως. Εάν το υπέδαφος είναι βράχος ή πολύ σκληρά γεωλογικά υλικά, οι καθιζήσεις θα είναι αμελητέες και μπορεί να είναι αδύνατη η διαμόρφωση κατάλληλης κλίσεως. Στις περιπτώσεις αυτές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κλίση < 5%, αλλά και να τοποθετηθούν περισσότεροι σωλήνες συλλογής με στραγγιστική ζώνη μεγαλύτερης διαπερατότητας, ώστε η μέγιστη στάθμη των διασταλαγμάτων να μην υπερβαίνει μία ορισμένη τιμή (συνήθως 30 cm). Αξίζει τέλος σημειωθεί ότι η κλίση της βάσεως μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την σταθερότητα του όλου συστήματος και, γι' αυτό, το ανώτερο επιτρεπτό της όριο ενδέχεται να καθορίζεται από κριτήρια σταθερότητας της μόνωσης και του ευρύτερου συστήματος.

(Βούδριας ,2001)

2.γ. Διαχείριση βιοαερίου.

Κατά την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών παράγονται σημαντικές ποσότητες αερίων (βιοαέριο). Και ενώ κατά την αερόβια αποσύνθεση των οργανικών ουσιών παράγεται κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), κατά την αναερόβια αποσύνθεση παράγεται κυρίως μεθάνιο (CH_4) αλλά και διοξείδιο του άνθρακα. Το στοιχείο αυτό ως γνωστόν είναι βαρύτερο από τον αέρα και συνεπώς κινείται κυρίως προς τον πυθμένα της “χωματερής”, όπου τελικώς διαλύεται εντός του υγρού στραγγίσματος. Αντίθετα, το μεθάνιο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και ως εκ τούτου ανέρχεται προς την επιφάνεια των απορριμμάτων, εγκλωβίζεται κάτω από τη στρώση κάλυψης και τελικώς, αν δεν υπάρχει κατάλληλο σύστημα ελεγχόμενης απομάκρυνσής του, διαφεύγει στον αέρα μέσω των ρωγμών της σφραγιστικής στρώσης. Για την αποφυγή των ανωτέρω ανεξέλεγκτων διαφυγών του μεθανίου, οι αποδέκτες αστικών απορριμμάτων θα πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με σύστημα συλλογής και ελεγχόμενης απαγωγής του βιοαερίου. Στην εικόνα 2 απεικονίζεται το φρεάτιο συλλογής των στραγγισμάτων και των αερίων.



Εικόνα 2.Φρεάτιο συλλογής στραγγισμάτων και αερίων

Τα συστήματα συλλογής και απαγωγής του βιοαερίου υπάγονται σε δυο κατηγορίες: τα συστήματα παθητικής απαγωγής και τα συστήματα ενεργητικής απαγωγής. Τα συστήματα παθητικής απαγωγής συνήθως χρησιμοποιούνται σε μικρές “χωματερές” αστικών απορριμμάτων (δηλαδή χωρητικότητας μέχρι 40000 m³ περίπου) και σε όλους τους υπόλοιπους τύπους αποδεκτών στερεών αποβλήτων, δηλαδή γενικώς στις περιπτώσεις όπου αναμένονται μικρές ποσότητες βιοαερίου. Το σύστημα αποτελείται από απλούς αγωγούς εξαερισμού που τοποθετούνται στα υψηλότερα σημεία της στρώσης κάλυψης της “χωματερός”. Η συχνότητα των αεραγωγών είναι συνήθως ένας αγωγός ανά 4-8 στρέμματα. Τα συστήματα ενεργητικής απαγωγής αποτελούνται από μια συστοιχία βαθιών γεωτρήσεων που είναι εφοδιασμένες με διάτρητους σωλήνες. Οι κεφαλές των σωλήνων είναι συνδεδεμένες με οριζόντιους αγωγούς που καταλήγουν σε αντλητικό συγκρότημα το οποίο εφαρμόζει υποπίεση (αναρρόφηση). Με τον τρόπο αυτό το βιοαέριο αντλείται και στη συνέχεια οδηγείται σε σύστημα απλής καύσης ή παραγωγής ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το βιοαέριο απλώς απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Ο έλεγχος της κίνησης των αερίων ενός ΧΥΤΑ αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των ατμοσφαιρικών εκπομπών και οσμών, στην ελαχιστοποίηση επίσης της υπόγειας κίνησης εύφλεκτων αερίων και στην ανάκτηση ενέργειας. Τα συστήματα ελέγχου διακρίνονται και εδώ σε παθητικά και ενεργητικά. Στα παθητικά συστήματα, η κίνηση του αερίου καθορίζεται από την πιεσή του μέσα στον ΧΥΤΑ. Στα ενεργητικά συστήματα καταναλώνεται ενέργεια για να παραχθεί υποπίεση (κενό), που καθορίζει την κίνηση του αερίου. Στους σύγχρονους ΧΥΤΑ, η κίνηση αερίων ελέγχεται με την κατασκευή συστημάτων μόνωσης, πριν αρχίσει η τοποθέτηση των απορριμμάτων. Αν και έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί διάφορα είδη υλικών, έχει επικρατήσει η χρησιμοποίηση αργιλικών φραγμών, γεωμεμβρανών ή/και συνδυασμός αυτών (σύνθετη μόνωση). Η τελευταία είναι προτιμητέα ως η πλέον αποτελεσματική για τον έλεγχο της κίνησης αερίων, διότι η αργιλική μόνωση από μόνη της επιτρέπει τη διαφυγή αερίων, λόγω φαινομένων μοριακής διαχύσεως. (Βούδριας ,2001)

2.δ. Έλεγχος και παρακολούθηση του ΧΥΤΑ

Ο φορέας που ασχολείται με το ΧΥΤΑ είναι υποχρεωμένος να προβαίνει σε ελέγχους και παρακολούθηση του χώρου και να τηρεί τους περιβαλλοντικούς όρους για τη σωστή λειτουργία του ΧΥΤΑ. Να ενημερώνει άμεσα την αρμόδια αρχή σχετικά με τις τυχόν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις που διαπιστώθηκαν κατά τις διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης και συμμορφώνεται προς την απόφαση της αρμόδιας αρχής, όσον αφορά στο είδος και το χρονοδιάγραμμα των επανορθωτικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν.

Τέλος να αναφέρει στις αρμόδιες αρχές τα αποτελέσματα του ετήσιου ελέγχου και του τρόπου παρακολούθησης της λειτουργίας του ΧΥΤΑ, με βάση τα συγκεντρωτικά στοιχεία που καταγράφονται στο μητρώο της εγκατάστασης, για να αποδεικνύεται και να εξασφαλίζεται η τήρηση των όρων που περιλαμβάνονται στην άδεια λειτουργίας.

Συγκεκριμένα επιβάλλεται:

α) για τον έλεγχο υπογείων υδάτων να διερευνηθεί επισταμένως η ύπαρξη πιθανής διαρροής στραγγισμάτων. Αυτό προϋποθέτει την επιλογή των θέσεων ελέγχου να γίνεται με βάση τα στοιχεία υδρογεωλογικής μελέτης. Διανοίγονται δηλ. γεωτρήσεις για τον έλεγχο της ποιότητας των υπογείων υδάτων, με ένα τουλάχιστον σημείο μέτρησης ανάντι και δύο κατάντι μέσα στην ίδια υδρογεωλογική λεκάνη. Ο αριθμός αυτός μπορεί βέβαια να αυξηθεί ανάλογα με τα αποτελέσματα της υδρογεωλογικής μελέτης και με γνώμονα πάντα την ανάγκη να εντοπίζεται εγκαίρως κάθε τυχαία διαρροή στραγγισμάτων προς τα υπόγεια ύδατα. Ελέγχονται φυσικά όλες οι ρυπαντικές παράμετροι: pH, οργανικό φορτίο (BOD₅, COD, TOC), θειικά, ανόργανο και οργανικό άζωτο, χλωριόντα, φαινόλες, φωσφορικά, και βαρέα. Οι ρυπαντικές παράμετροι που ελέγχονται στα στραγγίσματα είναι ίδιες με εκείνες των υπογείων υδάτων. Η συχνότητα δειγματοληψίας για έλεγχο της ποιότητας των στραγγισμάτων και των επιφανειακών υδάτων είναι η εξής:

- Όγκος στραγγισμάτων: Ανά μήνα (φάση λειτουργίας) – ανά εξάμηνο (φάση μετέπειτα φροντίδας).

- Σύσταση στραγγισμάτων: Ανά τρίμηνο (φάση λειτουργίας) – ανά εξάμηνο (φάση μετέπειτα φροντίδας).
- Όγκος και σύσταση επιφανειακών υδάτων: Ανά τρίμηνο (φάση λειτουργίας) – ανά εξάμηνο (φάση μετέπειτα φροντίδας).

γ) για τον έλεγχο αερίων εκπομπών να υπάρχει επίσης πρόνοια.

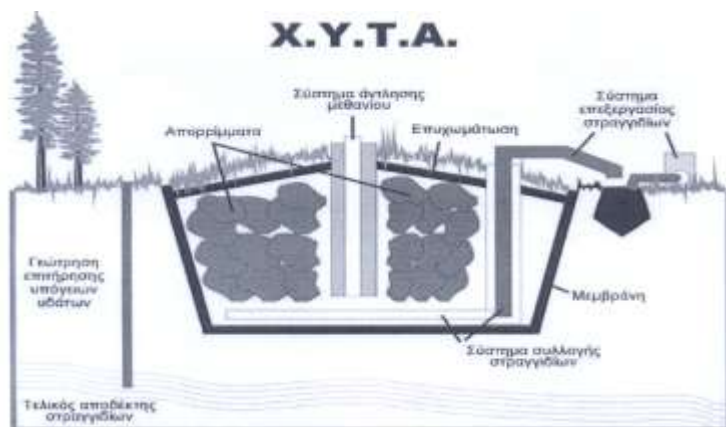
δ) και για άλλους ελέγχους προβλέπονται ρυθμίσεις όπως για τη:

1) δημιουργία συμπακνωμάτων στους αγωγούς. Ο έλεγχος αυτός γίνεται ανά τετράμηνο, εκτός αν ο κίνδυνος δημιουργίας συμπακνωμάτων είναι μικρός, οπότε γίνεται σε ετήσια βάση, ενώ τα συμπακνώματα απομακρύνονται με πλύση των αγωγών.

2) Για τις τιμές θερμοκρασίας στους αγωγούς καταγράφονται σε ετήσια βάση επειδή η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται πάντα πριν τον καθαρισμό των αγωγών, αν παρατηρηθεί σταθερή καθοδική πορεία της θερμοκρασίας, ο έλεγχος γίνεται ανά διετία.

3) Για τα μετεωρολογικά στοιχεία, (τόσο κατά τη φάση λειτουργίας όσο και κατά τη φάση της μετέπειτα φροντίδας) η καταγραφή γίνεται σε καθημερινή βάση όπως: Ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, θερμοκρασία, εξάτμιση (λυσίμετρο ή άλλη κατάλληλη μέθοδος) και ατμοσφαιρική υγρασία.

Στην εικόνα 3 απεικονίζεται ένα σύστημα παρακολούθησης Χ.Υ.Τ.Α



Εικόνα 3. Σύστημα παρακολούθησης Χ.Υ.Τ.Α.

ε. Απαιτούμενος εξοπλισμός υγειονομικής ταφής.

Ανάλογα με τη δυναμικότητα του ΧΥΤΑ, την τεχνική εκμετάλλευσης και τον τρόπο της διάθεσης των αποβλήτων, στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται περιλαμβάνονται:

- Τροχοφόροι αυτοκινούμενοι συμπίεστες στερεών αποβλήτων.
- Ερπυστριοφόροι προωθητήρες γαιών (“μουλντόζες”) με πρόσθετο εξοπλισμό προστασίας και ενισχυμένη λεπίδα προώθησης.
- Ερπυστριοφόροι φορτωτές
- Τροχοφόροι φορτωτές με σκαπτικό βραχίονα.
- Περονοφόρα μηχανήματα, αποκλειστικά για την περίπτωση των αποβλήτων που έχουν υποστεί δεματοποίηση.

Όλα τα μηχανήματα πρέπει να πληρούν τους όρους ατομικής προστασίας και ασφάλειας του προσωπικού. (Tchobanoglous *et al.* 1993)

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι :

α) ότι η σύνθετη μόνωση αργίλου και γεωμεμβράνης, στοιχεία που δημιουργούν ένα σύνθετο φραγμό για την κίνηση αερίων και διασταλλαγμάτων, είναι πολύ πιο αποτελεσματική από ό,τι η άργιλος και η γεωμεμβράνη χωριστά. β) Οι αγωγοί αποστράγγισης πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε χημικές επιδράσεις, μηχανικά σταθεροί και υδραυλικά αποδοτικοί τόσο κατά τη φάση της λειτουργίας, όσο και κατά τη φάση της μετέπειτα φροντίδας του ΧΥΤΑ. Τέλος, οι αγωγοί πρέπει να τοποθετούνται στα κατώτερα

σημεία της ζώνης αποστράγγισης, όπως ακριβώς προβλέπει η ελληνική νομοθεσία δηλ. στο κατώτερο επίπεδο της στραγγιστικής στρώσης και να έχουν κλίση $> 5\%$. Οι αποστάσεις επίσης μεταξύ των αγωγών δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 40 m γ) να γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι σε όλους τους εμπλεκόμενους φορείς σε κάθε φάση της λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ σε τακτά χρονικά διαστήματα από κατάλληλο επιστημονικό προσωπικό και να αποδίδονται οι ευθύνες που προκύπτουν για την προβληματική κατάστασή τους.

δ) Επειδή η καθημερινή πρακτική έχει αποδείξει ότι η επιτυχία ή μη των εφαρμοζόμενων διαδικασιών επιλογής νέων ΧΥΤΑ εξαρτάται αφενός από τη συμμετοχή η μη όλων των ενδιαφερομένων στις διαδικασίες αυτές, αφετέρου από την αξιοπιστία ή μη των διενεργούντων την επιλογή, πρέπει να εξασφαλιστεί ο ρυθμιζόμενος τους ρόλος διότι οι εμπλεκόμενοι τοπικοί φορείς μπορούν να αποκοούν πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαδικασία λήψης απόφασης, συμμετέχοντας ενεργά και αποτελεσματικά στη διαμόρφωση της τελικής επιλογής, βάσει των κανόνων που έχουν τεθεί και συμφωνηθεί εξαρχής.
(Βασιλόγλου Β.,2000).

Βιβλιογραφία

- Βασιλόγλου Β., 2000. "Εργαλείο για αντικειμενικοποίηση της επιλογής νέων χώρων διάθεσης απορριμμάτων", Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ.
- Βούδριας Ε.,2001.Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων., Εκδόσεις Εταιρεία Αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης ,Ξάνθη ,σελ: 152,154)
- Βούδριας Ε.,2001.Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων. Εκδόσεις Εταιρεία Αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης ,Ξάνθη, σελ : 175)
- Βούδριας Ε.,2001.Υγειονομική Ταφή Απορριμμάτων. Εκδόσεις Εταιρεία Αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης , Ξάνθη, σελ: 203,206)
- Καββαδάς Μ .,2004.Σημειώσεις Θεμελιώσεων Τεχνικών Έργων. Έκδοση ΕΜΠ
- Σκορδίλης Α., Κομνίτσας Κ.,2004. Οικιακά και άλλα μη επικίνδυνα απόβλητα- Διαχείριση στερεών αποβλήτων .Πάτρα σελ: 149,150,151,152.
- Στασινάκης Α., 2003.Εισαγωγή στη περιβαλλοντική Μηχανική, Μυτιλήνη
- Cadwallader, M.W. and Burkinshaw, J.R. Molecular and rheological changes in polyethylene occurring from heat seaming HDPE liners. In Geosynthetics 97, Conference Proceedings, IFAI, Atlanta, Georgia (1991).
- Sharma, H.D., Lewis, S. P. "Waste containment systems, waste stabilization and landfills". John Wiley and Sons, New York (1994).
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. "Integrated solid waste management". McGraw-Hill, New York (1993).
- http://www.ucm.org.cy/gr/Depository/Document/551/Document_551_File.doc