

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Εκτίμηση αερίων εκπομπών από το Χώρο
Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Δ.Α.) Πέρα Γαλήνων
Ηρακλείου»

Κουτσιούκη Ευτυχία

Εξεταστική επιτροπή:
Γιδαράκος Ευάγγελος (Επιβλέπων καθηγητής)
Λαζαρίδης Μιχαήλ
Ψιλλάκη Ελευθερία

Χανιά, Μάρτιος 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	4
1.1.ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	4
1.2. ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	9
1.3. ΕΙΔΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ	11
1.4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	16
1.5. ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ Α.Σ.Α.	17
1.5.1. Τρόποι εδαφικής διάθεσης.....	18
1.5.2. Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων	19
1.5.3. Προβλήματα που προκύπτουν από την εδαφική διάθεση	20
1.5.4. Επιπτώσεις ανεξέλεγκτης και ημι – ελεγχόμενης διάθεσης.....	23
1.6. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΣΥΝΘΕΣΗ, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	26
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	26
2.2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	27
2.2.1. Κύρια αέρια	27
2.2.2.Ιχνοαέρια	29
2.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	31
2.3.1 Βιολογική παραγωγή βιοαερίου.....	31
2.3.1.1. Διάρκεια φάσεων	35
2.3.1.2. Μεταβολή της παραγωγής βιοαερίου με το χρόνο	36
2.3.2. Παραγωγή βιοαερίου λόγω εξάτμισης	39
2.3.3. Παραγωγή βιοαερίου λόγω χημικών αντιδράσεων	39
2.4. ΟΓΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	40
2.5. ΚΙΝΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	41
2.5.1. Κίνηση των κύριων αερίων	44
2.5.2. Ανοδική κίνηση του βιοαερίου	44
2.5.3. Καθοδική κίνηση του βιοαερίου.....	45
2.5.4. Κίνηση των ιχνοαερίων	46
2.5.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του βιοαερίου	48
2.6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	50

2.6.1. Συστήματα άντλησης βιοαερίου	50
2.6.2. Συστήματα συλλογής, μεταφοράς και ρύθμισης βιοαερίου	54
2.6.3. Καθαρισμός και επεξεργασία βιοαερίου	56
2.6.3.1. Βιολογική επεξεργασία.....	57
2.6.3.2. Επεξεργασία βιοαερίου για μετέπειτα αξιοποίησή του.....	58
2.6.4. Επιτόπια καύση του βιοαερίου	58
2.6.5. Χρήση του βιοαερίου	61
2.6.5.1. Θέρμανση.....	61
2.6.5.2. Χρήση του βιοαερίου σε συμπιεστές στερεών απορριμμάτων.....	61
2.6.5.3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	61
2.6.6. Λειτουργία – συντήρηση και έλεγχος μονάδας βιοαερίου	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	
ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΧΥΤΑ/ΧΛΑ	64
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	64
3.2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ	
ΜΕΘΑΝΙΟΥ.....	66
3.2.1. Οι κατευθυντήριες οδηγίες του Intergovenmental Panel on Climate	
Change (IPCC).....	66
3.2.2 Το μοντέλο “Landfill Gas Emissions Model” ή LandGEM.....	72
3.2.3 Το μοντέλο Tabasaran	73
3.3.ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	
ΚΡΗΤΗΣ.....	80
4.1. ΓΕΝΙΚΑ	80
4.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΑ ΣΤΗΝ	
ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ.....	85
4.3.ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 -ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ Α.Σ.Α. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ	
ΚΡΗΤΗΣ.....	90
5.1. ΓΕΝΙΚΑ – ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΣΑ.....	90
5.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	94
5.2.1 Μέθοδος δειγματοληψίας.....	94
5.2.2 Σημεία δειγματοληψίας και χρονικός προγραμματισμός.....	98

5.2.3 Εφαρμογή δειγματοληψίας.....	105
5.2.4 Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού δειγμάτων.....	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	116
6.1. ΓΕΝΙΚΑ	116
6.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ - ΑΛΕΣΗ.....	118
6.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
ΜΕΘΑΝΙΟΥ (Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	126
7.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ.....	126
7.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	128
7.2.1 ΧΥΤΑ Αμαρίου.....	128
7.2.2 ΧΥΤΑ Μαρουλά	130
7.2.3 ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	132
7.2.4 ΧΥΤΑ Ιεράπετρας.....	134
7.2.5 ΧΥΤΑ Χερσονήσου	136
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ	
ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.....	140
8.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	141
8.1.1 Ιστορικό του χώρου	141
8.1.2 Μορφολογία	141
8.1.3 Τρόπος λειτουργίας του χώρου – Έργα υποδομής.....	141
8.1.4. Εξυπηρετούμενοι Ο.Τ.Α. – Ποσότητες απορριμμάτων	143
8.2. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ LANDGEM	145
8.2.1. Εισαγωγή.....	145
8.2.2. Λειτουργία του μοντέλου	147
8.2.3. Αέριες εκπομπές – Αποτελέσματα	148
8.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΟ ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	
.....	149
8.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	154
8.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	157
8.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	158
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	161
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	197
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	201
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	203

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 - Πηγές στερεών απορριμμάτων σε μια κοινότητα	8
Πίνακας 1.2 - Παραγόμενες ποσότητες διαφόρων τύπων Σ.Α. στην Ελλάδα	16
Πίνακας 2.1 - Τυπική κατανομή και χαρακτηριστικά βιοαερίου.....	28
Πίνακας 2.2 - Μοριακό βάρος, πυκνότητα, ειδικό βάρος των βασικών συστατικών του βιοαερίου σε σταθερές συνθήκες (0 °C, 1 atm)	29
Πίνακας 2.3 - Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ιχνοαερίων	30
Πίνακας 2.4 - Τυπικοί δέκτες ηλεκτρονίων στις βιολογικές αντιδράσεις.....	33
Πίνακας 2.5 - % κατανομή των βασικότερων αερίων του βιοαερίου, όπως παρατηρήθηκαν κατά τους πρώτους 48 μήνες από το κλείσιμο ενός κελιού	36
Πίνακας 2.6 - Γρήγορα και αργά βιοδιασπάσιμα οργανικά συστατικά των ΑΣΑ.....	37
Πίνακας 2.7 - Επιλεγμένες φυσικές ιδιότητες 12 ιχνοαερίων	47
Πίνακας 2.8 - Μέγιστη μετρημένη συγκέντρωση και συγκέντρωση κορεσμού 10 ιχνοαερίων, όπως μετρήθηκαν σε 44 ΧΥΤΑ της Καλιφόρνια.....	48
Πίνακας 3.1 - Τιμές της παραμέτρου MCF, ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης των ΑΣΑ	68
Πίνακας 3.2 - Τιμές της παραμέτρου DOC σε σχέση με τα A, B, C, D.....	69
Πίνακας 3.3 - Εκπομπές μεθανίου από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ στην Ευρώπη	79
Πίνακας 4.1 - Παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου	81
Πίνακας 4.2 - Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα (kg/'ατομο/ημέρα) - Τυπικές τιμές	82
Πίνακας 4.3 - Εκτίμηση παραγωγής απορριμμάτων ν. Ρεθύμνης	87
Πίνακας 4.4 - Εκτίμηση παραγωγής απορριμμάτων ν. Ηρακλείου.....	88
Πίνακας 4.5 - Εκτίμηση παραγωγής απορριμμάτων ν. Λασιθίου.....	89
Πίνακας 4.6 - Εκτίμηση παραγόμενων απορριμμάτων νομών Ρεθύμνης, Ηρακλείου, Λασιθίου (πραγματικός πληθυσμός 2001, στοιχεία Ε.Ο.Τ. 2001 - 2002).....	89
Πίνακας 5.1 - Σύνθεση οικιακών στερεών απορριμμάτων (μέσες τιμές, % κατά βάρος) στους Ο.Τ.Α. της Ελλάδας (1997)	91
Πίνακας 5.2 - Μέση ποιοτική σύσταση παραγόμενων αστικών απορριμμάτων (1997)	92
Πίνακας 5.3 - Σύνθεση (% κατά βάρος) οικιακών στερεών απορριμμάτων σε διάφορες χώρες (μη συμπεριλαμβανομένων των υλικών που ανακυκλώνονται)	92

Πίνακας 5.4 - Σύνθεση (% κατά βάρος) οικιακών στερεών απορριμμάτων για τις πόλεις Κομοτηνή, Ξάνθη και Καβάλα (1993)	93
Πίνακας 5.5 - Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Ρεθύμνης	102
Πίνακας 5.6 - Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Ηρακλείου .	103
Πίνακας 5.7 - Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Λασιθίου	104
Πίνακας 5.8 - Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψιών σε κάθε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ.....	104
Πίνακας 5.9 - Τιμές του student test σε συνάρτηση με τον αριθμό των δειγμάτων και του επιπέδου εμπιστοσύνης.....	111
Πίνακας 5.10 - Στατιστικά στοιχεία για το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου, όπως υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις πεδίου για την περίοδο 15/9/2003 - 31/10/2003	112
Πίνακας 5.11 - Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού δειγμάτων για το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου.....	113
Πίνακας 5.12 - Υπολογισμός αριθμού δειγμάτων στους μικρότερους ΧΥΤΑ.....	114
Πίνακας 5.13 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Α' Φάση)	114
Πίνακας 5.14 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Β' Φάση).....	115
Πίνακας 5.15 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Γ' Φάση).....	115
Πίνακας 5.16 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Δ' Φάση)	115
Πίνακας 6.1 - Τεχνικά χαρακτηριστικά φούρνου ξήρανσης Innovens EU2118.....	118
Πίνακας 6.2 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Α' Φάση).....	119
Πίνακας 6.3 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Β' Φάση)	119
Πίνακας 6.4 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Γ' Φάση).....	120
Πίνακας 6.5 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Δ' Φάση)	120
Πίνακας 6.6 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αναλυτικού ζυγού AND HR 200 - EC	120
Πίνακας 6.7 - Τεχνικά χαρακτηριστικά μύλου Fritsch P - 19.....	121
Πίνακας 6.8 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Α' Φάση) ...	125

Πίνακας 6.9 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Γ' Φάση)	125
Πίνακας 6.10 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Β' Φάση) ..	125
Πίνακας 6.11 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Δ' Φάση) ..	125
Πίνακας 7.1 - Α' Φάση.....	128
Πίνακας 7.2 - Β' Φάση.....	128
Πίνακας 7.3 - Γ' Φάση	129
Πίνακας 7.4 - Δ' Φάση.....	129
Πίνακας 7.5 Α' Φάση.....	130
Πίνακας 7.6 - Β' Φάση.....	130
Πίνακας 7.7 - Γ' Φάση	131
Πίνακας 7.8 - Δ' Φάση.....	131
Πίνακας 7.9 - Α' Φάση	132
Πίνακας 7.10 - Β' Φάση	132
Πίνακας 7.11 - Γ' Φάση.....	133
Πίνακας 7.12 - Δ' Φάση.....	133
Πίνακας 7.13 - Α' Φάση	134
Πίνακας 7.14 - Β' Φάση.....	134
Πίνακας 7.15 - Γ' Φάση	135
Πίνακας 7.16 - Δ' Φάση.....	135
Πίνακας 7.17- Α' Φάση	136
Πίνακας 7.18 - Β' Φάση.....	136
Πίνακας 7.19 - Γ' Φάση	137
Πίνακας 7.20- Δ' Φάση.....	137
Πίνακας 7.21 - Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της παραμέτρου L_0 σε $\text{kg CH}_4/\text{tn}$ Α.Σ.Α.	138
Πίνακας 7.22 - Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της παραμέτρου L_0 σε $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{tn}$ Α.Σ.Α.....	138
Πίνακας 8.1 - Εισερχόμενα φορτία στο Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου...	144
Πίνακας 8.2 - Εισερχόμενες ποσότητες απορριμμάτων ετησίως.....	145

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 - Γενική ταξινόμηση στερεών απορριμμάτων	6
Εικόνα 1.2 - Μέση ποσοστιαία σύσταση οικιακών απορριμμάτων για το 1997	11
Εικόνα 1.3 - Τυπική δομή ενός Χ.Υ.Τ.Α.....	19
Εικόνα 2.1 - Μεταβολή της συγκέντρωσης των βασικότερων συστατικών του βιοαερίου και των διασταλλαγμάτων, με το χρόνο	31
Εικόνα 2.2 - Μονοπάτια που οδηγούν στην παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από την αναερόβια ζύμωση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ.....	33
Εικόνα 2.3 - Γραφική απεικόνιση της παραγωγής βιοαερίου για περίοδο 5 ετών, από γρήγορα και αργά διασπάσιμα οργανικά υλικά που υπάρχουν στο ΧΥΤΑ	38
Εικόνα 2.4 - Επίδραση της μειωμένης υγρασίας στην παραγωγή βιοαερίου	39
Εικόνα 2.5 - Όγκος ελέγχου για την κάθετη κίνηση του βιοαερίου	42
Εικόνα 2.6 - Γράφημα της κίνησης ιχνοαερίων μέσω της κάλυψης του ΧΥΤΑ	46
Εικόνα 2.7 - Σωστός σχεδιασμός συστήματος συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας βιοαερίου	51
Εικόνα 2.8 - Κάθετος συλλέκτης αερίου	53
Εικόνα 2.9 - Οριζόντιοι αγωγοί χωρίς και με αποστραγγιστικό σύστημα	54
Εικόνα 2.10 - Δυνατότητες σύνδεσης αγωγών μεταφοράς με σταθμό συλλογής.....	56
Εικόνα 2.11 - Πλυντρίδα για τον καθαρισμό του βιοαερίου	57
Εικόνα 2.12 - Βιόφιλτρο	57
Εικόνα 2.13 - Διαχωρισμός με μεμβράνες.....	58
Εικόνα 2.14 - Τυπικός καυστήρας αερίων ελεγχόμενης εναπόθεσης απορριμμάτων. 60	
Εικόνα 2.15 - Σύστημα επιτόπιας καύσης του βιοαερίου (πυρσός καύσης)	60
Εικόνα 2.16 - Εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο.....	62
Εικόνα 2.17 - Παραγωγή ατμού για θέρμανση και ηλεκτρική ενέργεια	62
Εικόνα 2.18 - Παραγωγή ατμού για θέρμανση με αεροκινητήρα και ηλεκτρική ενέργεια	63
Εικόνα 5.1 - Έντυπο καταγραφής των κλασμάτων της δειγματοληψίας στο πεδίο ...	97
Εικόνα 5.2 - Σημεία δειγματοληψίας και εξυπηρετούμενοι δήμοι στο Νομό Ρεθύμνης	99
Εικόνα 5.3 - Σημεία δειγματοληψίας και εξυπηρετούμενοι δήμοι στο Νομό Ηρακλείου.....	100
Εικόνα 5.4 - Σημεία δειγματοληψίας και εξυπηρετούμενοι δήμοι στο Νομό Λασιθίου	101

Εικόνα 5.5 - Ποσοστά του πληθυσμού που εξυπηρετεί κάθε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ της δειγματοληψίας.....	105
Εικόνα 5.6 - Διάταξη του χώρου δειγματοληψίας	106
Εικόνα 5.7 - Χώρος της χειροδιαλογής	107
Εικόνα 5.8 - Μεταφορά και άδεισμα δείγματος στο χώρο χειροδιαλογής	108
Εικόνα 5.9 - Διαχωρισμός κλασμάτων μετά τη χειροδιαλογή.....	108
Εικόνα 5.10 - Το κλάσμα των πλαστικών μετά τη χειροδιαλογή.....	109
Εικόνα 5.11 - Ογκώδη αντικείμενα που βρέθηκαν στο δείγμα, ζυγίστηκαν και αφαιρέθηκαν.....	109
Εικόνα 6.1 - Φούρνος ξήρανσης της εταιρίας Innovent μοντέλο Jouan EU2 118.....	119
Εικόνα 6.2 - Αναλυτικός ζυγός της AND μοντέλο HR 200 - EC	121
Εικόνα 6.3 - Κυκλώνας (cyclone exhauster) και ο μύλος της εταιρίας Fritsch μοντέλου P - 19	122
Εικόνα 6.4 - Μορφή των δειγμάτων μετά την άλεση.....	122
Εικόνα 6.5 - Αυτόματος στοιχειακός αναλυτής CHN - 600 της LEC.....	124
Εικόνα 8.1 - Το βασικό παράθυρο του LandGEM	150
Εικόνα 8.2 - Καθορισμός της παραμέτρου k.....	151
Εικόνα 8.3 - Καθορισμός της παραμέτρου Lo	151
Εικόνα 8.4 - Σύσταση βιοαερίου και καθορισμός της συγκέντρωσης των NMOCs..	151
Εικόνα 8.5 - Έτος παύσης λειτουργίας του χώρου	152
Εικόνα 8.6 - Παράθυρο επιλογής του αερίου στο οποίο αναφέρονται τα αποτελέσματα	152
Εικόνα 8.7 - Παραγόμενη ποσότητα μεθανίου από το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου.....	153
Εικόνα 8.8 - Παραγόμενη ποσότητα NMOCs στο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου	153
Εικόνα 8.9 - Αποτελέσματα μοντέλου για αυξομείωση της παραμέτρου k κατά 25%	154
Εικόνα 8.10 - Αποτελέσματα μοντέλου για αυξομείωση της παραμέτρου Lo κατά 25%	155
Εικόνα 8.11 - Σύγκριση αποτελεσμάτων μοντέλου	157

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο βασικός στόχος της εργασίας είναι ο υπολογισμός των εκπομπών βιοαερίου από Χώρους Υγειονομικής Ταφής (Χ.Υ.Τ.Α.) και Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Δ.Α) με συνδυαστική χρήση, βιβλιογραφικών στοιχείων και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από εργαστηριακές μετρήσεις, ώστε να ληφθούν υπόψη οι ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της Κρήτης.

Στα εισαγωγικά κεφάλαια, περιγράφονται γενικές έννοιες σχετικές με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, όπως τα αστικά στερεά απορρίμματα, τα ειδικά απόβλητα, η εδαφική διάθεση και η επεξεργασία των αποβλήτων.

Η ανάλυση επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά του βιοαερίου. Περιγράφεται τόσο η διαδικασία παραγωγής (βιολογικής ή μέσω χημικών αντιδράσεων) όσο και η σύνθεση του βιοαερίου. Εξετάζονται οι επιμέρους μηχανισμοί κίνησης (ανοδική, καθοδική, κίνηση ιχνοαερίων). Τέλος, αναλύονται οι δυνατότητες ελέγχου του βιοαερίου ως προς τις μεθόδους συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας του, συγκρίνονται εναλλακτικές όπως η βιολογική επεξεργασία και η *in situ* καύση και προτείνεται η χρήση του ως πηγής ενέργειας.

Σημαντική παράμετρος είναι η εκτίμηση της παραγωγής βιοαερίου όχι μόνο από οργανωμένους Χ.Υ.Τ.Α. αλλά και από τους πολυάριθμους Χ.Δ.Α., η ύπαρξη των οποίων αποτελεί σύνηθες φαινόμενο στον ελληνικό χώρο. Μετά από μία γενική επισκόπηση των μεθόδων μέτρησης των εκπομπών CH₄ καθώς και των σχετικών κατευθυντήριων οδηγιών, ακολουθεί παρουσίαση των μοντέλων LANDGEM και Tabasaran.

Για την εξέταση των ειδικών συνθηκών που επικρατούν στην Κρήτη, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία εργαστηριακών μετρήσεων για την εκτίμηση της τοπικής παραγωγής απορριμμάτων και για την ποιοτική ανάλυσή τους. Για το σκοπό αυτό καθορίζεται η διαδικασία δειγματοληψίας, ο ανάλογος χρονικός προγραμματισμός και οι εργαστηριακές αναλύσεις.

Αφού οι αναγκαίοι παράγοντες έχουν οριστεί σαφώς, υπολογίζεται η θεωρητική παραγωγή CH_4 (L_0) για την περιφέρεια Κρήτης και συγκεκριμένα για τους εξής χώρους εδαφικής διάθεσης:

- ΧΥΤΑ Αμαρίου
- ΧΥΤΑ Μαρουλά
- ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων
- ΧΥΤΑ Ιεράπετρας
- ΧΥΤΑ Χερσονήσου

Ειδική επιμέρους εξέταση πραγματοποιείται για το Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων. Αφού παρουσιαστεί η μορφολογία της περιοχής, το ιστορικό και ο τρόπος λειτουργίας του χώρου, υπολογίζεται η παραγωγή CH_4 με εφαρμογή του μοντέλου LANDGEM για την αποκόμιση μίας συνολικής και κυρίως αντιπροσωπευτικής εικόνας για τις εκπομπές βιοαερίου. Η παράμετρος L_0 – από τις βασικότερους του μοντέλου – αντιπροσωπεύει την ειδική ή θεωρητική παραγωγή βιοαερίου και προέκυψε από μετρήσεις πεδίου, ενώ για την παράμετρο k , που αντιπροσωπεύει το ρυθμό παραγωγής βιοαερίου, χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά στοιχεία. Τέλος, πραγματοποιείται ανάλυση ευαισθησίας για τις δύο παραπάνω παραμέτρους, τόσο ως προς τη μέγιστη παραγωγή μεθανίου όσο και ως προς τη χρονική περίοδο εκπομπών. Για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα του μοντέλου με αυτά που προκύπτουν χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη βιβλιογραφία για τις παραμέτρους L_0 και k .

ABSTRACT

The major goal of the project is to calculate the landfill gas emissions by using not bibliographical data but the results of laboratory analysis, so as to take into account the particular circumstances of Crete.

In the introductory chapters, some of the main principles and concepts concerning solid waste management are presented, such as municipal solid waste (MSW), special waste, landfill and waste treatment.

The analysis is focused on the characteristics of the landfill gas. The production process (biological/chemical production and vaporization) as well as the composition are described. The movement mechanisms of the basic gases and the factors that effect this movement are thoroughly examined. Apart from the physical and chemical parameters, the role of the emissions control and the methods for the collection, transportation and treatment is very important. Alternatives such as biological treatment and in situ combustion are compared and the use of the gas as a source of energy is proposed.

An important parameter is the estimation of landfill gas production not only from organized and technically efficient landfills but also from uncontrolled dumps, which are a common phenomenon in Greece. After a review of the methods for the measurement of the CH₄ emissions and the presentation of the relevant guidelines (Intergovernmental Panel on Climate), there is a description of the LANDGEM and Tabasaran models.

In order to examine the special conditions in the landfills of Crete, an analytical estimation of the MSW quantity and quality is essential. For that reason the sample taking procedure and the corresponding time programming, the calculation of the required representative samples and the laboratory analysis are defined.

After all the needed factors are clearly set, the theoretical CH₄ production (L₀) is calculated for the region of Crete and specifically for the landfills in:

- Amari
- Maroulas
- Pera Galinoi
- Ierapetra
- Hersonisos

A special examination is carried out for the landfill in Pera Galinoi. After the presentation of the geological and morphological aspects of the region and the functional parameters of the landfill, the CH₄ production is calculated and the LANDGEM model is implemented, in order to have an overall view of the landfill gas and its trace gases emissions. Finally, a sensitivity analysis is performed concerning the maximum CH₄ production as well as the time period of the emissions, in order to extract useful conclusions.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

1.1.ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

Ο ακριβής προσδιορισμός της έννοιας του αποβλήτου ή απορρίμματος είναι δύσκολος και μπορεί να είναι αρκετά υποκειμενικός. Κάτι που θεωρείται απόβλητο για κάποιον μπορεί να αποτελεί πόρο για κάποιον άλλο. Ωστόσο είναι απαραίτητο να αποδοθεί ένας ακριβής νομικός προσδιορισμός των απορριμμάτων που να συμμορφώνεται με τους νόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Κάθε υλικό υπάρχει ή δημιουργείται για να εξυπηρετήσει κάποιο σκοπό, για να καλύψει μια ανάγκη, που αναφέρεται στον ιδιοκτήτη του αγαθού. Αν το αγαθό αυτό σταματήσει να έχει σκοπό ύπαρξης, διότι ενδεχομένως η αρχική ανάγκη έχει εκλείψει και καμία νέα ανάγκη δεν έχει ανακύψει για το αγαθό, τότε αυτό θεωρείται «απόβλητο» για τον ιδιοκτήτη του. Ένας άλλος πολίτης, όμως, θα μπορούσε να έχει το αγαθό, δηλαδή να αποδώσει στο αγαθό νέο σκοπό ύπαρξης, αποβάλλοντας από

αυτό την ιδιότητα του αποβλήτου και αποδίδοντάς του και πάλι την ιδιότητα του αγαθού (κάτι που συμβαίνει συχνά με τα παλιά έπιπλα, τα μεταχειρισμένα ρούχα, τα ανακτώμενα χαρτιά, τα υλικά που προκύπτουν από κατεδαφίσεις, κ.ά.). Ως εκ τούτου, η έννοια «απόβλητο» σχετίζεται με ένα «υποκείμενο», έναν ιδιοκτήτη, δεδομένου μάλιστα ότι και η χρησιμότητα ενός αγαθού είναι υποκειμενική.

Ο προβληματισμός σχετικά με τη διάκριση μεταξύ αποβλήτων και αγαθών συνεχίζεται εδώ και είκοσι χρόνια, στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), χωρίς να έχουν διαμορφωθεί ακόμα ικανοποιητικοί ορισμοί, οι οποίοι να καθορίζουν τη διαφορά μεταξύ «προϊόντος» και «αποβλήτου», το πότε και πώς ένα προϊόν μετατρέπεται σε απόβλητο και το πότε και πώς ένα απόβλητο μετατρέπεται και πάλι σε προϊόν. Αυτό έχει τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις, δεδομένου ότι οι νόμοι και οι κανονισμοί που διέπουν τα προϊόντα διαφέρουν από αυτούς που διέπουν τα απορρίμματα, ως προς την παραγωγή, τη συσκευασία, τη μεταφορά, τη διασυννοριακή μετακίνηση, την αποθήκευση, την τελική διάθεση κ.ά.. Σύμφωνα με την ισχύουσα Ευρωπαϊκή νομοθεσία, ο χαρακτηρισμός «απόβλητο» είναι ανεξάρτητος της οικονομικής αξίας του «απορριπτόμενου» αντικειμένου.

Η χρησιμότητα ενός αγαθού (στην πρωτογενή ή σε μεταλλαγμένη μορφή) έχει κάποια διάρκεια ζωής η οποία δεν μπορεί να υπερβαίνει κάποιο όριο που σχετίζεται με τη φυσική φθορά των υλικών.

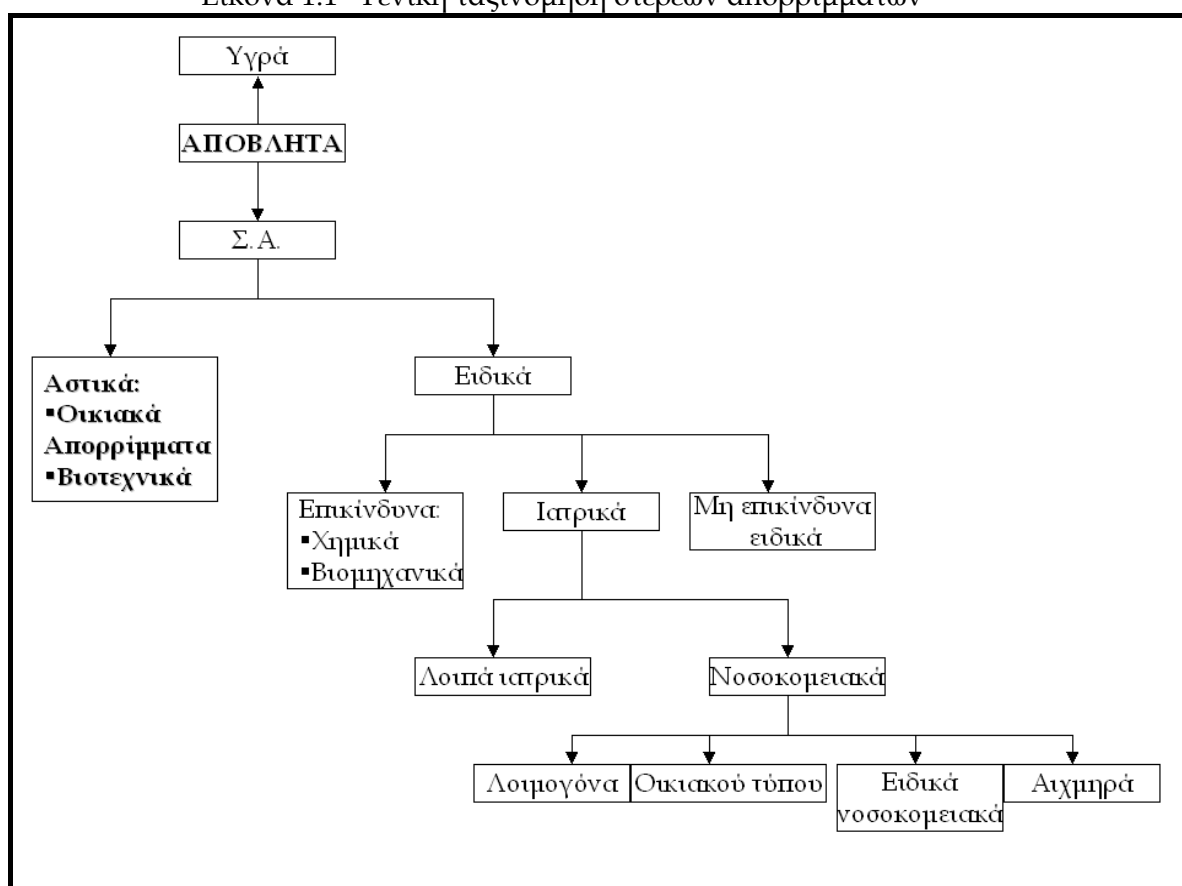
Παρόλ' αυτά έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς διάφοροι ορισμοί για τα στερεά απορρίμματα, οι οποίοι περιγράφουν αρκετά ικανοποιητικά της ιδιότητές τους.

«Στερεά απόβλητα είναι τα στερεά ή ημιστερεά υλικά τα οποία, κάτω από κάποιες συνθήκες, δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχό τους ώστε αυτός να συνεχίσει να υφίσταται τη δαπάνη, τη μέριμνα ή το βάρος της διατήρησής τους. Είναι τα στερεά υλικά που ανακύπτουν ως παραπροϊόντα από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών, των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των εμπορικών εγκαταστάσεων, των γεωργικών και εξορυκτικών δραστηριοτήτων, κτλ.»[4].

«Στερεά Απορρίμματα (Σ.Α.) νοούνται ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται κυρίως σε στερεά φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχός τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί, και δεν περιλαμβάνεται στον κατάλογο επικινδύνων αποβλήτων της Ευρωπαϊκή Ένωσης»[6].

Οι παραπάνω ορισμοί είναι γενικοί και φανερώνουν την ετερογενή φύση των ΣΑ από τις αστικές κοινότητες. Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζεται διαγραμματικά μια γενικευμένη διάκριση των αποβλήτων.

Εικόνα 1.1 - Γενική ταξινόμηση στερεών απορριμμάτων



Πηγή: [6]

Η γνώση των πηγών και των τύπων των στερεών απορριμμάτων, σε συνδυασμό με στοιχεία για τη σύνθεση και το ρυθμό παραγωγής τους είναι βασικά για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των στοιχείων που σχετίζονται με τη διαχείρισή τους. Ο όρος διαχείριση περιλαμβάνει το σύνολο των δραστηριοτήτων προσωρινής αποθήκευσης, συλλογής, μεταφοράς, μεταφόρτωσης, επεξεργασίας, αξιοποίησης, επαναχρησιμοποίησης, ή τελικής διάθεσης σε φυσικούς αποδέκτες,

συμπεριλαμβανομένης της εποπτείας των εργασιών αυτών, καθώς και της μετέπειτα φροντίδας των χώρων διάθεσης [4].

Σε γενικές γραμμές τα Σ.Α. περιλαμβάνουν όλα τα απόβλητα εκτός από αυτά σε υγρή φάση χωρίς αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ρύπων (υγρά απόβλητα) και τους αέριους ρύπους.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.1 τα Σ.Α. ομαδοποιούνται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Αστικά απόβλητα (απορρίμματα)
2. Ειδικά απόβλητα:

Τα ειδικά απόβλητα χωρίζονται στη συνέχεια στις εξής κατηγορίες:

- i: Επικίνδυνα απόβλητα
- ii: Μη επικίνδυνα ειδικά
- iii: Ιατρικά απόβλητα

Αναλυτικότερα τα Σ.Α. περιλαμβάνουν:

- Αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιοτεχνικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού κλπ.)
- Στερεά ή υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα που δε μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή και απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας)
- Πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγία κλπ.)
- Απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- Απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων
- Απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα).
- Απόβλητα οικοδομικών κατεδαφίσεων
- Ιλεις από την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων
- Απόβλητα εμπορικών δραστηριοτήτων
- Ιατρικά απόβλητα
- Ελαστικά
- Σκράπ (π.χ. αποσυρθέντων αυτοκινήτων, παλαιών ηλεκτρονικών υπολογιστών κλπ.) [6].

Τυπικές εγκαταστάσεις, δραστηριότητες ή περιοχές παραγωγής απορριμμάτων που ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες, φαίνονται στον Πίνακα 1.1, όπου τα αστικά στερεά απορρίμματα (Α.Σ.Α.) υποθέτεται να περιλαμβάνουν όλα τα κοινωνικά απορρίμματα εκτός από τα βιομηχανικά και τα γεωργικά.

Πίνακας 1.1 - Πηγές στερεών απορριμμάτων σε μια κοινότητα

Πηγή	Τυπικές εγκαταστάσεις, δραστηριότητες ή περιοχές που παράγονται τα απορρίμματα	Τύποι στερεών απορριμμάτων
Οικιακά	Μονοκατοικίες, πολυκατοικίες	Τροφικά υπολείμματα, χαρτί, χαρτόνι, πλαστικά, ύφασμα, δέρμα, απορρίμματα κήπου, ξύλο, γυαλί, τενεκέδες, αλουμίνιο, άλλα μέταλλα, στάχτη, απορρίμματα από τους δρόμους, ειδικά απορρίμματα (μαζί με ογκώδη αντικείμενα, αναλώσιμα ηλεκτρονικά, «λευκές συσκευές» που συλλέγονται ξεχωριστά), οικιακά επικίνδυνα απορρίμματα.
Εμπορικά	Καταστήματα, εστιατόρια, αγορές, εργασιακά κτήρια, ξενοδοχεία, συνεργεία αυτοκινήτων, κ.ά.	Χαρτί, χαρτόνι, πλαστικά, ξύλο, τροφικά υπολείμματα, γυαλί, μέταλλα, ειδικά απορρίμματα (όπως παραπάνω), επικίνδυνα απορρίμματα, κ.ά.
Ιδρύματα	Σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, κυβερνητικά κέντρα.	Όπως τα εμπορικά παραπάνω.
Μπάζα	Περιοχές που κατασκευάζονται, επισκευές ή ανακαίνιση δρόμων, κατεδάφιση κτηρίων, σπασμένα πεζοδρόμια.	Ξύλο, χάλυβας, τσιμέντα, κ.ά.
Από δημοτικές υπηρεσίες	Καθαρισμός δρόμων, διαμόρφωση εξωτερικών χώρων, πάρκα και ακτές, άλλες ψυχαγωγικές περιοχές.	Ειδικά απορρίμματα, απορρίμματα από τους δρόμους, κλάδεμα δέντρων, απορρίμματα από πάρκα, ακτές και ψυχαγωγικές περιοχές.
Εγκαταστάσεις	Νερό, λύματα και	

επεξεργασίας λυμάτων	απόβλητα βιομηχανικών διαδικασιών.	
Α.Σ.Α.	Όλα τα παραπάνω	Όλα τα παραπάνω
Βιομηχανικά	Κατασκευαστικές, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ενεργειακά εργοστάσια, κατεδαφίσεις.	Απορρίμματα από βιομηχανικές διαδικασίες, μη – βιομηχανικά απορρίμματα μαζί με τροφικά υπολείμματα, στάχτη, μπάζα, ειδικά απορρίμματα, επικίνδυνα απορρίμματα.
Γεωργικά	Φάρμες, αγροτικές περιοχές, περιοχές με οπωροφόρα δέντρα, γαλακτοκομεία, μέρη πάχυνσης ζώων, κ.ά.	Χαλασμένα τροφικά απορρίμματα, γεωργικά, επικίνδυνα απορρίμματα.

Πηγή: [1]

1.2. ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

Τα Α.Σ.Α. είναι τα στερεά απόβλητα που παράγονται από τις δραστηριότητες των νοικοκυριών (οικιακά στερεά απορρίμματα), των εμπορικών δραστηριοτήτων (εμπορικά στερεά απορρίμματα), τον καθαρισμό δρόμων και άλλων κοινόχρηστων χώρων, καθώς και άλλα στερεά απόβλητα (από ιδρύματα, επιχειρήσεις, κλπ.) τα οποία μπορούν από τη φύση τους ή τη σύνθεσή τους να εξομοιωθούν με τα οικιακά στερεά απορρίμματα. Εξαιρέση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, οι ιλύες βιολογικών καθαρισμών, τα υπολείμματα της καύσης, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα και τα απόβλητα των νοσοκομείων, εφόσον δεν έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα οικιακά απορρίμματα. Σε γενικές γραμμές πάντως το τι είναι ή δεν είναι Α.Σ.Α. είναι θέμα ορισμού ή σύμβασης.

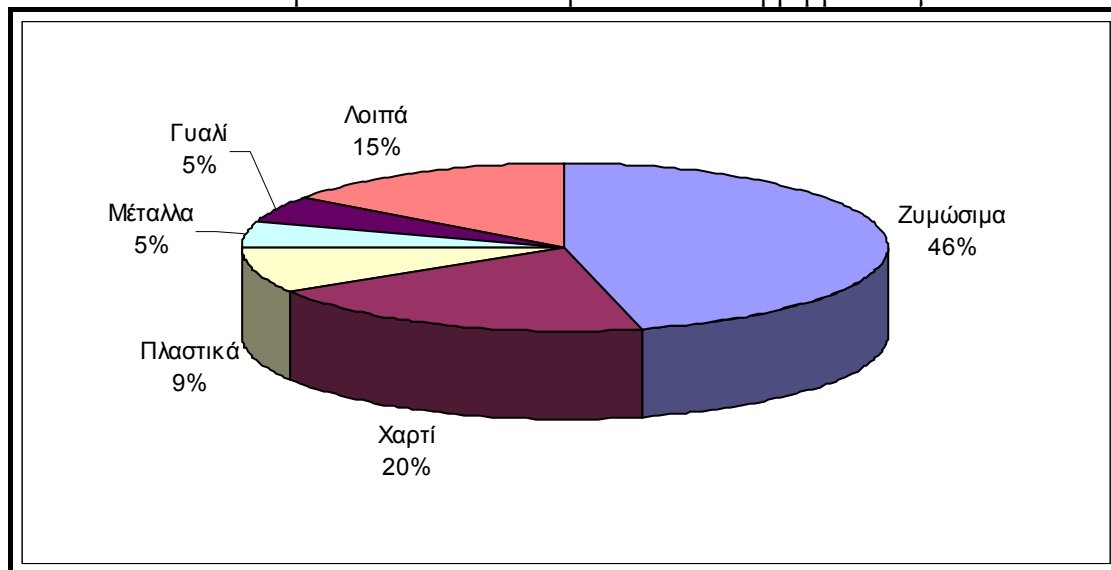
Τα οικιακά απορρίμματα παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιογένεια ως προς τη σύστασή τους. Η ποιοτική ανάλυση αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιοριστούν πληροφορίες απαραίτητες για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους. Η πιο συνηθισμένη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προέκυψε από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τα εξής κλάσματα:

- Ζυμώσιμα: τροφικά υπολείμματα και κήπου

- Χαρτί: κάθε είδους χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων
- Μέταλλα: περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Είναι δόκιμος ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες αναλύσεις έχουν εξετασθεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.
- Γυαλί: η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα μας πάσχει κυρίως από την έλλειψη υαλουργιών, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμα μόνο του ίδιου χρώματος.
- Πλαστικό: περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα, κ.λπ.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).
- Δέρμα, Ξύλο, Ύφασμα, Λάστιχο: χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα (Δ.Ξ.Υ.Λ.)
- Αδρανή: στην κατηγορία αυτή ανήκουν χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα, όπως πέτρες, χρώματα κλπ.
- Λοιπά: εδώ ανήκουν τα υλικά που δεν μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες [6], [2].

Στην Εικόνα 1.2 φαίνεται η μέση ποσοστιαία σύσταση των απορριμμάτων στην Ελλάδα για το 1997.

Εικόνα 1.2 - Μέση ποσοστιαία σύσταση οικιακών απορριμμάτων για το 1997



Πηγή: [6]

1.3. ΕΙΔΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ

- i. Επικίνδυνα απορρίμματα: ως επικίνδυνο απόβλητο ορίζεται κάθε Σ.Α. ή συνδυασμός Σ.Α., τα οποία λόγω της ποιότητάς τους, της συγκέντρωσης των συστατικών τους ή/και των φυσικών, χημικών ή μεταδοτικών χαρακτηριστικών τους, έχουν την ιδιότητα να προκαλούν ασθένειες που μπορούν να οδηγήσουν έως και το θάνατο ή/και μολύνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον (έδαφος, νερό και ατμόσφαιρα) με αποτέλεσμα την καταστροφή της χλωρίδας και της πανίδας.
- ii. Μη επικίνδυνα απορρίμματα: σε αυτή την κατηγορία ανήκουν όλα τα ειδικά απόβλητα που δεν είναι επικίνδυνα.
- iii. Ιατρικά απορρίμματα: αυτά διακρίνονται σε νοσοκομειακά και λοιπά ιατρικά και φαρμακευτικά απόβλητα.

Ο όρος «νοσοκομειακά απορρίμματα» αναφέρεται στα απόβλητα που προέρχονται (παράγονται) από κάθε οργανισμό ή υπηρεσία που ασχολείται με την υγεία των έμβιων όντων, όπως τα νοσοκομεία, τα ιατρικά κέντρα, τις κλινικές και τα ιατρικά και βιολογικά εργαστήρια. Η κατηγορία των ιατρικών απορριμμάτων είναι πιο γενική και περιλαμβάνει τα απόβλητα φαρμακευτικών βιομηχανιών και εκείνα που προέρχονται από την περίθαλψη των ασθενών εντός της οικίας τους. Στα ιατρικά απόβλητα περιλαμβάνονται ανατομικά, παθολογικά, μολυσματικά, επικίνδυνα και

άλλα μη επικίνδυνα απόβλητα. Η κοινή γνώμη εξαιτίας του διλήματος που προκάλεσε τις τελευταίες δεκαετίες η νόσος του AIDS και των υπολοίπων μεταδοτικών ασθενειών όπως η ηπατίτιδα Β, ανησυχεί διαρκώς και περισσότερο για τη διαχείριση των ιατρικών αποβλήτων. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία και επιτακτική η σωστή διαχείρισή τους, ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον, η υγεία των πολιτών και η ποιότητα ζωής τους.

iv. Βιομηχανικά στερεά απορρίμματα: περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους κατηγορίες

- a. Αδρανή απόβλητα κατασκευαστικών δραστηριοτήτων: προέρχονται από δραστηριότητες όπως ανεγέρσεις οικοδομών, κατεδαφίσεις και εκοκαφές, τόσο στις πόλεις όσο και στο ύπαιθρο. Αποτελούνται κυρίως από αδρανή και ογκώδη υλικά, όπως χώμα, άμμος, χαλίκι, σκυρόδεμα, πέτρες και τούβλα, ξύλο, μέταλλα, γυαλί, πλαστικά, χαρτί και ύφασμα. Τα απόβλητα που παράγονται από την κατασκευή ή την καταστροφή ενός κτηρίου ή ακόμα και ενός δρόμου διαφέρουν όχι μόνο ανάλογα από τον τύπο κατασκευής, αλλά ανάλογα και με την τοποθεσία. Η ποσότητα των αδρανών αποβλήτων που παράγονται παρουσιάζει μια αυξητική τάση τα τελευταία έτη, η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αυξημένη οικοδομική δραστηριότητα. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι παραγόμενες ποσότητες των αδρανών αποβλήτων είναι γενικά πολλαπλάσιες των οικιακών στη χώρα μας.
- b. Στερεά απόβλητα οχημάτων: στην κατηγορία αυτή μπορούν να ενταχθούν τα ελαστικά, οι χρησιμοποιούμενοι καταλύτες, αλλά και τα ίδια τα οχήματα όταν παύσουν να χρησιμοποιούνται.
- c. Ελαστικά: η διαχείριση των ελαστικών αποτελεί δισεπίλυτο πρόβλημα στη χώρα μας, εδώ και πολλά χρόνια. Ο μεγάλος όγκος τους – εξαιτίας του διαρκώς αυξανόμενου αριθμού αυτοκινήτων – και η επικινδυνότητά τους για τη δημόσια υγεία αποτελούν τα βασικότερα προβλήματα για τη διαχείρισή τους. Οι ποσότητες των ελαστικών που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους παρουσιάζουν σημαντική αύξηση κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας στην Ελλάδα. Ειδικότερα, παρατηρείται ότι κατά τη δεκαετία 1987 – 1997 τα ελαστικά αυξήθηκαν κατά 70%. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στην αύξηση

των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν, αλλά και στην απόσυρση μεγάλου αριθμού τους.

- d. Αυτοκίνητα: Το σύνολο των οχημάτων το 1997, στον Ελλαδικό χώρο, ανήλθε σε 3.280.000. Κατά το διάστημα 1988 – 1997 υπήρξε αύξηση των επιβατικών αυτοκινήτων της τάξης του 67%.
- e. Καταλύτες: οι καταλύτες έχουν όριο ζωής περίπου 100.000 χιλιόμετρα. Οι εξαντλημένοι καταλύτες είναι τοξικοί και επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και απαιτούν ειδική μεταχείριση. Ωστόσο, περιέχουν πολύτιμα μέταλλα (πλατίνα) και μπορούν να ενεργοποιηθούν ξανά με διάφορες μεθόδους. Η ενεργοποίησή τους μπορεί να γίνει από τα συνεργεία ή από τις παραγωγικές μονάδες (με μεγαλύτερο κόστος). Μετά από την επαν – εργοποίηση ο καταλύτης χάνει την ικανότητά του και πρέπει να ανακτηθούν τα πολύτιμα και ημί – πολύτιμα μέταλλα που περιέχει.
- f. Αγροτικά στερεά απορρίμματα: εδώ περιλαμβάνονται τα απορρίμματα από κτηνοτροφικές και γεωργικές δραστηριότητες. Κτηνοτροφικά χαρακτηρίζονται τα απόβλητα που παράγονται από κτηνοτροφικές και πτηνοτροφικές μονάδες. Γεωργικά Σ.Α. θεωρούνται τα φυτικά υπολείμματα και παραπροϊόντα διαφόρων καλλιεργειών. Στην Ελλάδα υπάρχει ένα σημαντικό δυναμικό σε αγροτικά υπολείμματα τα οποία όμως αξιοποιούνται κυρίως ως τροφή ζώων ελεύθερας βοσκής ή διατίθενται στη γη για τη βελτίωση του εδάφους. Επίσης παρατηρείται συχνά η ελεύθερη καύση τους ή τελικά καταλήγουν σε χωματερές, καταλαμβάνοντας ωφέλιμο χώρο και προφανώς μένουν αναξιοποίητα.
- g. Κτηνοτροφικά απόβλητα: περιλαμβάνει απόβλητα που παράγονται από μάντρες εκτροφής ζώων, από σφαγεία και από εργοστάσια παραγωγής κρέατος. Οι μεγαλύτερες ποσότητες των στερεών κτηνοτροφικών αποβλήτων αξιοποιούνται στη γεωργία ως βελτιωτικό εδάφους. Στις περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση κτηνοτροφικών μονάδων υπάρχουν μεγάλες ποσότητες αποβλήτων που δεν αξιοποιούνται και δημιουργούν δυσοσμία, ρύπανση της ατμόσφαιρας και νιτρορύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

- h. **Ιλεις:** κατά την επεξεργασία καθαρισμού των αποβλήτων, μαζί με την τελική απορροή, που πρέπει να διατεθεί κατάλληλα, παράγονται ταυτόχρονα και παραπροϊόντα όπως: σχαρίσματα, άμμος, ξαφρίσματα και λάσπη από τις δεξαμενές καθίζησης. Από τα παραπροϊόντα το σημαντικότερο σε όγκο και δυσκολότερο σε χειρισμό και διάθεση είναι η λάσπη ή ιλύς. Η λάσπη είναι ένα παχύρρευστο υγρό που περιέχει 40 περίπου φορές περισσότερες στερεές ουσίες από τα αστικά λύματα. Μετά την επεξεργασία της συμπύκνωσης, της χώνευσης και της αφυδάτωσης η λάσπη παίρνει μια σχετικά στερεή μορφή αν και διατηρεί αρκετή υγρασία (60%). Οι ιλεις παράγονται από τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού τόσο των αστικών όσο και των βιομηχανικών λυμάτων. Σημαντική παράμετρος για την περαιτέρω αξιοποίηση της λάσπης είναι η περιεκτικότητά της σε βαρέα μέταλλα και άλλους ρύπους, η οποία καθορίζεται από τη φύση των λυμάτων και το είδος της εγκατάστασης βιολογικού καθαρισμού.
- i. **Στερεά βιομηχανικά απόβλητα:** πρόκειται για όλα τα Σ.Α. που παράγονται από βιομηχανικές δραστηριότητες, τόσο από την παραγωγική διαδικασία όσο και τα απορρίμματα που μοιάζουν με τα οικιακά. Στην Ελλάδα δραστηριοποιείται ένας σημαντικός αριθμός βιομηχανικών μονάδων, από την παραγωγική διαδικασία των οποίων προκύπτουν Σ.Α. που δεν είναι επικίνδυνα. Οι βασικότεροι βιομηχανικοί κλάδοι στην Ελλάδα που παράγουν μη επικίνδυνα απόβλητα είναι: βιομηχανίες παραγωγής τροφίμων, ποτών και χυμών, ελαιουργεία, βιομηχανίες παραγωγής πολτού και χαρτιού, μονάδες εκτύπωσης έντυπου υλικού, βιομηχανίες πρωτογενούς παραγωγής μετάλλων και πλαστικών, βιομηχανίες παραγωγής ανόργανων λιπασμάτων, βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων ξυλείας, ατμοηλεκτρικοί σταθμοί. Η συνολική ποσότητα μη επικίνδυνων αποβλήτων που παρήχθησαν το 1988 από βιομηχανικές μονάδες ανέρχεται σε 4.486.000 τόνους, ενώ το 1997 η αντίστοιχη ποσότητα ανήλθε στους 3.617.000 τόνους. Η μείωση της παραγωγής κατά 19% αποδίδεται στην μείωση της παραγωγικής δυναμικότητας όπως και στην παύση λειτουργίας ορισμένων σημαντικών μονάδων.

j. Επικίνδυνα απόβλητα: τα επικίνδυνα απόβλητα προέρχονται από βιομηχανίες όπως βυρσοδεψία, μονάδες επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων, κλωστοϋφαντουργία, βαφεία - φινιριστήρια, μονάδες παραγωγής γεωργικών φαρμάκων, και συσσωρευτών μολύβδου. Στην κατηγορία των επικίνδυνων αποβλήτων εντάσσονται και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB's), τα οποία χρησιμοποιούνται ακόμη σε μεγάλο βαθμό ως διηλεκτρικά υγρά σε μετασχηματιστές της Δ.Ε.Η.. Η συνολική ποσότητα για τα έτη 1988 και 1998 ανέρχεται σε 340.000 τόνους και σε 280.000 τόνους αντίστοιχα. Το 1998 υπήρχαν περίπου 20 μεγάλες βιομηχανίες και περισσότερες από 600 μεσαίες και μικρές μονάδες (βυρσοδεψία, μονάδες επιφανειακής επεξεργασίας μετάλλων, κλωστοϋφαντουργία, βαφεία-φινιριστήρια, μονάδες παραγωγής γεωργικών φαρμάκων, και συσσωρευτών μολύβδου) που παρήγαγαν τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα. Επίσης, εκτός από τους βιομηχανικούς κλάδους, επικίνδυνα απόβλητα παράγονται και από τα ναυπηγεία. Βασικά χαρακτηριστικά των επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων, είναι:

1. Αναφλεξιμότητα.
2. Διαβρωτικότητα.
3. Δραστικότητα.
4. Τοξικότητα [5], [6].

Στον Πίνακα 1.2 φαίνονται οι παραγόμενες ποσότητες διαφόρων τύπων Σ.Α. στην Ελλάδα, κυρίως για τα έτη 1997 και 1998.

Πίνακας 1.2 - Παραγόμενες ποσότητες διαφόρων τύπων Σ.Α. στην Ελλάδα

Τύπος απορριμμάτων	Παραγόμενη ποσότητα
Μη επικίνδυνα βιομηχανικά	18.505.000 tn/yr (1997)
Ερυθρά ιλύς	1.100.000 m ³ /yr (1997)
Επικίνδυνα βιομηχανικά	280.000 tn/yr (1998)
Σκράπ αυτοκινήτων	3.279.330 οχήματα/yr (1997)
Χρησιμοποιημένα ελαστικά	41.170 tn/yr (1997)
Υλικά οικοδομών	1.800.000 tn/yr (1996)
Μπαταρίες	Pb: 17.000 tn/yr (1997)
	MnO ₂ : 3.500 tn/yr (1997)
	Ni-Cd: 400 tn/yr (1997)
	Others: 20 tn/yr (1997)
Ιατρικά	14.590 tn/yr (1998)

Πηγή: [6]

1.4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Η διαχείριση των Α.Σ.Α. συνεπάγεται μετασχηματισμούς των χαρακτηριστικών τους (επεξεργασίες), πριν και μετά την προσωρινή εναπόθεσή τους σε σακούλες ή σε κοινόχρηστους κάδους για αποκομιδή. Κάθε σύστημα διαχείρισης Α.Σ.Α. είναι ένας συνδυασμός επεξεργασιών και αποσκοπεί στην εκμετάλλευση της χωρητικότητας του φυσικού περιβάλλοντος να απορροφήσει απόβλητα χωρίς υπέρβαση των κοινωνικά αποδεκτών ορίων για την ποιότητά του [4].

Οι βασικότερες επεξεργασίες είναι:

- Ο διαχωρισμός στην πηγή: η διαλογή στην πηγή παραγωγής Α.Σ.Α. επιτυγχάνει μείωση της ποσότητας που οδηγείται προς τελική διάθεση, με παράλληλη αξιοποίηση υλικών. Αποτελεί εναλλακτικό και συμπληρωματικό στάδιο της συνολικής διαχείρισης των στερεών απορριμμάτων.
- Η ανακύκλωση (ανάκτηση και αξιοποίηση υλικών): κάθε διεργασία ανακύκλωσης αποτελεί μια τεχνική μετατροπής υλικών. Από ένα μίγμα απορριμμάτων είναι δυνατόν να ανακτηθούν ανακυκλώσιμα υλικά μέσα από διεργασίες διαχωρισμού και ταξινόμησης. Τα υλικά που ανακτώνται ονομάζονται δευτερογενείς πρώτες ύλες. Για το λόγο αυτό μια διεργασία ανακύκλωσης μπορεί να χαρακτηριστεί και ως διαδικασία παραγωγής νέων υλικών. Η παραγωγική αυτή διαδικασία αποτελείται από διαφορετικά στάδια τα οποία και αλληλοσυμπληρώνονται ώστε να αποτελέσουν τη βάση

για την τροποποίηση των υπαρχόντων υλικών και την ανάκτηση νέων υλικών από αυτά.

- Η βιολογική επεξεργασία (με ή χωρίς ανάκτηση compost και ενέργειας): η λιπασματοποίηση είναι μια μέθοδος διαχείρισης όπου το οργανικό κλάσμα αποικοδομείται βιολογικά υπό ελεγχόμενες συνθήκες με αποτέλεσμα τη σταδιακή μετατροπή του σε ένα υλικό βιολογικά σταθερό (compost), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό του εδάφους. Μόνο τα βιολογικής προέλευσης υλικά (όπως ξύλο, χαρτί, υπολείμματα κηπουρικής κ.ά.) μπορούν να ανοικοδομηθούν βιολογικά. Επίσης η βιολογική αποικοδόμηση σε αυτή την περίπτωση είναι διαφορετική από αυτή που συμβαίνει ελεύθερα στη φύση.
- Η θερμική επεξεργασία (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας): σκοπός της μεθόδου αυτής είναι η μείωση του όγκου των Α.Σ.Α., η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για τη υγεία του ανθρώπου και η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ενέργειας των απορριμμάτων ως θέρμανση, ατμό, ηλεκτρικό ρεύμα, ή καύσιμο υλικό.
- Η εδαφική διάθεση (με ή χωρίς ανάκτηση ενέργειας).

Μέχρι σήμερα στην Ελλάδα ο κανόνας ήταν μόνο η ταφή. Περισσότερο από το 90% των συλλεγόμενων Α.Σ.Α. οδηγείται σε εδαφική διάθεση, το 8% ανακυκλώνεται στη μονάδα μηχανικού διαχωρισμού των Άνω Λιουσίων και μια μικρή ποσότητα, λιγότερο από 1% οδηγείται για λιπασματοποίηση. Ωστόσο, το 51% των Α.Σ.Α. από αυτά που οδηγούνται σε εδαφική διάθεση, καταλήγουν σε χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης, είναι επομένως επιτακτική η ανάγκη εξάλειψης της ανεξέλεγκτης εναπόθεσης και η αύξηση της συμμετοχής σε Χ.Υ.Τ.Α. και σε άλλες μεθόδους αξιοποίησης των απορριμμάτων [4], [5], [6].

1.5. ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ Α.Σ.Α.

Ανέκαθεν ο τελικός αποδέκτης των υπολειμμάτων της κατανάλωσης και των καταλοίπων της παραγωγικής διαδικασίας υπήρξε το περιβάλλον. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των απορριμμάτων ήταν μια ιδανική λύση αφού η φύση είχε τη δυνατότητα να τα ανακυκλώνει. Σήμερα όμως η κατάσταση έχει μεταβληθεί, οι σύγχρονες κοινωνίες παραγνώρισαν το γεγονός ότι οι ποσότητες των απορριμμάτων και η

ποιοτική τους σύσταση, έχουν ξεπεράσει τις ικανότητες αυτοκαθαρισμού της φύσης, με αποτέλεσμα την ανατροπή της οικολογικής ισορροπίας.

1.5.1. Τρόποι εδαφικής διάθεσης

Διακρίνονται οι παρακάτω τρόποι εδαφικής διάθεσης:

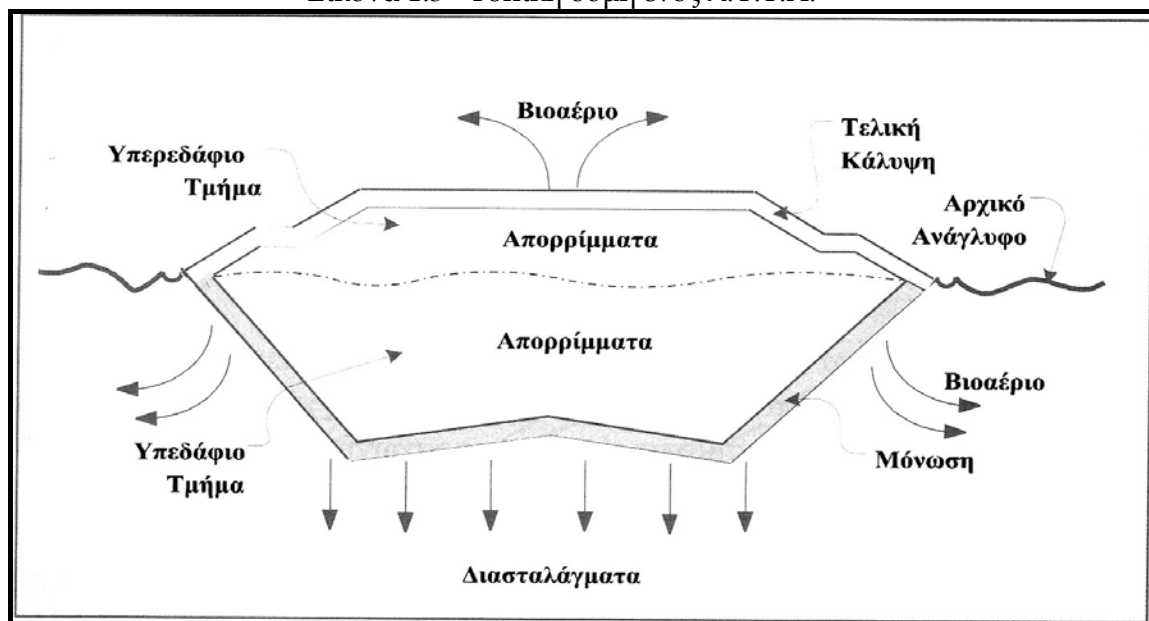
- **Ανεξέλεγκτη διάθεση:**
 - Διάθεση απορριμμάτων από μικρούς δήμους και κοινότητες σε συγκεκριμένους χώρους, χωρίς να λαμβάνεται κανένα μέτρο υγειονομικής ταφής.
 - Ανεξέλεγκτη καύση, χωρίς να λαμβάνεται κανένα μέτρο για τη μόλυνση του περιβάλλοντος και τους κινδύνους πυρκαγιών.
 - Διάθεση – απόρριψη από ιδιώτες κοντά σε χώρους υγειονομικής ταφής.
 - Διάθεση – απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων σε ανεξέλεγκτους χώρους.
 - Εγκατάλειψη απορριμμάτων από εκδρομείς.
- **Ημιελεγχόμενη διάθεση:**
 - Βρίσκεται ποιοτικά μεταξύ ανεξέλεγκτης και ελεγχόμενης
 - Δημιουργία κάποιου συγκεκριμένου χώρου διάθεσης, στον οποίο γίνεται μια επικάλυψη των απορριμμάτων και τηρούνται στοιχειώδη μέτρα ελέγχου.
 - Τα προβλήματα και οι κίνδυνοι που υπάρχουν στην ανεξέλεγκτη διάθεση εμφανίζονται και εδώ, αλλά με μικρότερη οξύτητα.
 - Ύπαρξη συνήθως καλής πρόθεσης εκ μέρους των αρμοδίων, η οποία όμως δεν είναι αρκετή για να λύσει το πρόβλημα.
 - Χαρακτηρίζονται ως «νόμιμοι» χώροι διάθεσης, γιατί συνήθως λειτουργούν υπό την εποπτεία της τοπικής αυτοδιοίκησης.
- **Υγειονομική ταφή (ελεγχόμενη διάθεση):** η πλέον ικανοποιητική και εγκεκριμένη λύση διάθεσης των απορριμμάτων στη φύση, σύμφωνα με τις παγκόσμιες προδιαγραφές προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, καθώς και με τη διεθνή νομοθεσία. Επιπλέον αποτελεί μια οικονομική λύση διάθεσης των απορριμμάτων. Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων συντελείται στους Χ.Υ.Τ.Α..

Στη βιβλιογραφία και στην καθημερινότητα οι ανεξέλεγκτοι και ημιελεγχόμενοι χώροι διάθεσης απορριμμάτων ονομάζονται κοινώς χωματερές ή σκουπιδότοποι. Αυτοί οι τρόποι βέβαια, σήμερα έχουν απαγορευτεί και μάλιστα γίνονται προσπάθειες για έλεγχο τους, εφόσον στην Ελλάδα αποτελούσαν σύνηθες φαινόμενο [5], [6].

1.5.2. Η υγειονομική ταφή των απορριμμάτων

Ο Χ.Υ.Τ.Α. είναι ένας χώρος υπεδάφιος ή υπερεδάφιος, κατάλληλα διαμορφωμένος ώστε να αποτίθενται σε αυτόν στερεά απορρίμματα και να ελέγχονται τα προϊόντα της αποσύνθεσής τους μέχρι να καταστούν μη επικίνδυνα για το περιβάλλον και την υγεία. Ο πυθμένας και οι πλευρές (της υπεδάφιας διαμόρφωσης) «στεγανοποιούνται» με φυσικά ή συνθετικά υλικά. Η εναπόθεση γίνεται με διάσπρωση των απορριμμάτων σε στρώσεις, συμπίεσή τους σε προκαθορισμένο βαθμό και κάλυψή τους με εδαφικό ή άλλο υλικό σε περιοδική βάση (συνήθως καθημερινή). Μετά την πλήρωση του διαθέσιμου χώρου εντός του επιτρεπόμενου ανάγλυφου, ο χώρος καλύπτεται με στεγανό κάλυμμα επί του οποίου μπορεί να αναπτύσσεται βλάστηση. Ο διαχειριστής του χώρου υποχρεούται να μεριμνήσει για απόδοση του χώρου για μελλοντική χρήση συμβατή με τις χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή. Ένας Χ.Υ.Τ.Α. θεωρείται βιώσιμος αν εντός μιας γενιάς (30 έτη) από τη διάθεση των Α.Σ.Α., επιτυγχάνεται πραγματικά κατάσταση οριστικής τελικής διάθεσης, με την έννοια ότι τόσο η εναπομείνουσα μάζα στο σώμα του Χ.Υ.Τ.Α. όσο και οι κάθε είδους εκροές και εκπομπές από αυτόν είναι περιβαλλοντικά αποδεκτές χωρίς επιπλέον επεξεργασία. [6]

Εικόνα 1.3 - Τυπική δομή ενός Χ.Υ.Τ.Α.



Πηγή: [4]

1.5.3. Προβλήματα που προκύπτουν από την εδαφική διάθεση

Τα πιο σημαντικά προβλήματα που σχετίζονται με την ταφή απορριμμάτων είναι η παραγωγή στραγγισμάτων (διασταλλαζόντων) και βιοαερίου.

- Διασταλλάζοντα: είναι υγρά που δημιουργούνται από την αποσύνθεση του οργανικού μέρους των απορριμμάτων και από τη διείσδυση στη μάζα τους των νερών της βροχής. Κατά την πορεία των υγρών μέσα από τη μάζα των απορριμμάτων διαλύονται και παρασύρονται διάφοροι ρύποι. Αν τα στραγγίσματα διαφύγουν στο περιβάλλον μπορούν να μολύνουν επιφανειακά και υπόγεια νερά. Οι ρυπαντές που απελευθερώνονται από τα απορρίμματα με διάφορες φυσικοχημικές και βιολογικές διαδικασίες περνούν μέσα στο νερό και το επιβαρύνουν με οργανικά και ανόργανα υλικά.

Τα κυριότερα ρυπαντικά συστατικά των διασταλλαζόντων είναι: ανόργανα κατιόντα όπως ασβέστιο (Ca^{+2}), μαγνήσιο (Mg^{+2}), νάτριο (Na^{+}), κάλιο (K^{+}), αμμώνιο (NH_4^{+}), σίδηρος (Fe^{+2}), μαγγάνιο (Mn^{+2}), ανόργανα ανιόντα όπως χλωριόντα (Cl^{-}), θειικά (SO_4^{-2}) και όξινα ανθρακικά (HCO_3^{-}), βαρέα μέταλλα όπως: κάδμιο (Cd), ψευδάργυρος (Zn), μόλυβδος (Pb), χαλκός (Cu), νικέλιο (Ni) και κοβάλτιο (Co), οργανικά υλικά εκφρασμένα ως BOD και COD, ειδικά οργανικά υλικά (συνήθως περιεκτικότητας μικρότερης της 0,1 mg/l) όπως αρωματικοί υδρογονάνθρακες, φαινόλες και χλωριωμένες αλειφατικές

ενώσεις, διάφορα άλλα συστατικά όπως βορικά, θειούχα, αρσενικά και ελαιώδη (δευτερεύουσα σημασία), υδράργυρος και βάριο (δευτερεύουσα σημασία).

Για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις των διασταλλαγμάτων στο περιβάλλον, αλλά και να προταθούν τρόποι επεξεργασίας τους, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί και να μελετηθεί η ποιοτική τους σύσταση. Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση των διασταλλαγμάτων:

- Ηλικία χώρου διάθεσης: αρχικά η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών γίνεται κάτω από αερόβιες συνθήκες. Οι συνθήκες όμως σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα μεταβάλλονται σε αναερόβιες, εξαιτίας της εξάντλησης του οξυγόνου. Το μεγαλύτερο μέρος των οργανικών ουσιών αποικοδομείται κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Τα διασταλλάγματα που παράγονται από ένα νεαρό χώρο διάθεσης (2 ετών) χαρακτηρίζονται από μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικών οξέων, αμμωνίας και συνολικών διαλυτών στερεών. Όσο η ηλικία του χώρου μεγαλώνει, το μεγαλύτερο μέρος των οργανικών ουσιών αποικοδομείται και επομένως το οργανικό μέρος των οργανικών ουσιών ελαττώνεται. Επίσης μειώνονται οι συγκεντρώσεις των ανόργανων ουσιών, με το χρόνο. Πιο σπουδαίος παράγοντας για την ποιοτική μελέτη των διασταλλαγμάτων είναι η μεταβολή της συγκέντρωσης των οργανικών ουσιών (εκφρασμένες ως BOD και ως COD) κατά το πέρασμα από την οξυγενή φάση στη μεθανογενή. Η οξυγενής φάση χαρακτηρίζεται από υψηλή συγκέντρωση οργανικών ουσιών, με τιμή λόγου BOD₅/COD: 0,4 και χαμηλή τιμή pH, παρουσία μεθανίου και παραγωγή αερίου. Μετά το πέρασμα στη μεθανογενή φάση η συγκέντρωση του μεθανίου και η τιμή του pH είναι υψηλές αλλά το BOD₅ και η τιμή του λόγου BOD₅/COD ελαττώνεται κάτω από την τιμή 0,1 με αποτέλεσμα ασήμαντη βιοαποικοδόμηση του οργανικού φορτίου. Τα διασταλλάγματα τότε θεωρούνται σταθεροποιημένα.
- Ύψος χώρου διάθεσης: Αύξηση του ύψους χώρου διάθεσης ή αύξηση της πυκνότητας των απορριμμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την καθυστέρηση της βιοαποικοδόμησης, γιατί παρεμποδίζεται η

διείσδυση του νερού στα απορρίμματα. Τα διασταλλάγματα έχουν μειωμένο ρυπαντικό φορτίο αλλά παράγονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αύξηση όμως του ποσοστού υγρασίας των απορριμμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ρυπαντικού φορτίου. Με την αύξηση των βροχοπτώσεων επέρχεται μείωση του ρυπαντικού φορτίου λόγω της αραίωσης.

- Θερμοκρασία: αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη βιοαποικοδόμηση και επομένως την αύξηση του ρυπαντικού φορτίου (μεγαλύτερη τιμή BOD).
 - Εκπομπή αερίων από το χώρο διάθεσης: τα οργανικά οξέα προέρχονται από την αποικοδόμηση άλλων πιο σύνθετων οξέων. Τα οξέα αυτά εμπλέκονται σε παραπέρα αντιδράσεις παράγοντας αέρια ή αποπλύνονται από το χώρο διάθεσης αυξάνοντας έτσι το BOD₅ των διασταλλαγμάτων. Επομένως όσο αυξάνει η εκπομπή αερίων από το χώρο διάθεσης τόσο μειώνεται το οργανικό φορτίο των διασταλλαγμάτων.
 - Προεπεξεργασία απορριμμάτων: τα διασταλλάγματα που παράγονται από τεμαχισμένα απορρίμματα έχουν υψηλότερες τιμές BOD₅ και COD από τα διασταλλάζοντα που προέρχονται από τα ακατέργαστα απορρίμματα, επειδή αυξάνεται η επιφάνεια των απορριμμάτων με αποτέλεσμα τη γρήγορη βιοαποικοδόμηση.
 - Είδος και ηλικία απορριμμάτων
 - Κλιματολογικές συνθήκες
 - Υδρογεωλογία εδάφους
 - Τρόποι διάθεσης των απορριμμάτων
- Βιοαέριο: κατά την αποσύνθεση των οργανικών υλικών στο χώρο ταφής, απουσία οξυγόνου, εκλύονται διάφορα αέρια που συνολικά χαρακτηρίζονται ως βιοαέριο. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μονοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο σε ίσες περίπου αναλογίες, ενώ σε μικρότερες ποσότητες περιλαμβάνει αμμωνία, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, υδρόθειο, άζωτο και οξυγόνο. Η ανεξέλεγκτη παραγωγή βιοαερίου μπορεί να προκαλέσει εκρήξεις και πυρκαγιές, ενώ το μεθάνιο συνεισφέρει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Υπάρχει όμως η δυνατότητα να συλλεχθεί με κατάλληλα συστήματα και να χρησιμοποιηθεί

για την παραγωγή ενέργειας από τα απορρίμματα. Επίσης η παραγωγή βιοαερίου σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων δημιουργεί προβλήματα στην ανάκτηση του χώρου, τα οποία σχετίζονται με τις κατασκευές και την υπάρχουσα βλάστηση. Γενικά το βιοαέριο προκαλεί: ασφυξία στα φυτά, πιθανές εκρήξεις, οσμές, επικίνδυνες εκπομπές και ρωγμές στο έδαφος. Αναλυτικότερα το βιοαέριο περιγράφεται στο Κεφάλαιο 2 [5], [6].

1.5.4. Επιπτώσεις ανεξέλεγκτης και ημι – ελεγχόμενης διάθεσης

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

Η διατάραξη της ισορροπίας καθορίζεται από τους εξής παράγοντες:

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

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

- Μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδροφορέων (τα υγρά που προκύπτουν από τη διήθηση των αποβλήτων που βρίσκονται υπό αποσύνθεση, καταλήγουν σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους και απειλούν τα μελλοντικά αποθέματα νερού)
- Ρύπανση μεγάλων περιοχών, ακτών και θαλασσών
- Ρύπανση ατμόσφαιρας από τυχόν καύση και δυσοσμίες των απορριμμάτων
- Ανεξέλεγκτη δημιουργία και απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα νοσηρών αερίων τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη
- Τίθεται σε κίνδυνο η δημόσια υγεία (μετάδοση ασθενειών)
- Άμεσος κίνδυνος για τη χερσαία και τη θαλάσσια πανίδα πολλών περιοχών
- Αισθητική υποβάθμιση του τοπίου
- Η αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων μπορεί να διαρκέσει πολλές δεκαετίες

- Υφίσταται αρνητικές επιδράσεις ο τουρισμός
- Κίνδυνοι εκρήξεων
- Πρόκληση πυρκαγιών (συχνά μέσα ή κοντά σε δασικές εκτάσεις) σε ποσοστό 10% περίπου
- Οι χωματερές καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις, πολύτιμο χώρο που είναι αναγκαίος για τις κοινότητες [5], [6].

1.6. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σύμφωνα με το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., κατά την περίοδο του 1994, η κύρια πρακτική διαχείρισης των Α.Σ.Α. ήταν η ανεξέλεγκτη διάθεση, ενώ η υγειονομική ταφή ήταν περιορισμένη. Τα αστικά απορρίμματα απορρίπτονταν σε κάθε γωνιά της χώρας και μάλιστα σε μέρη εντελώς ακατάλληλα, όπως σε ακτές και ρέματα. Σε επίπεδο χώρας είχαν καταγραφεί 3.430 χώροι «ανεξέλεγκτης» απόρριψης οι οποίοι δέχονταν το 35% των οικιακών απορριμμάτων. Επίσης, υπήρχαν 1.420 εγκεκριμένοι χώροι που δέχονταν το 65% περίπου της συνολικής ποσότητας των παραγόμενων απορριμμάτων. Στην ουσία και αυτοί οι χώροι λειτουργούν ανεξέλεγκτα, αλλά με αδειοδότηση. Μάλιστα σε μια σχετική μελέτη του 1993, εξετάστηκαν 302 χώροι από τους 1.420 εγκεκριμένους και διαπιστώθηκε ότι το 81% δεν πληροί ούτε τους βασικούς και κρίσιμους όρους καταλληλότητας.

Αυτός ο τρόπος διάθεσης των απορριμμάτων προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και κατ' επέκταση μπορεί να αποτελέσει κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Σε πολλούς τέτοιους χώρους τα απορρίμματα καίγονταν συστηματικά σε μια προσπάθεια περιορισμού του όγκου τους, με σοβαρές επιπτώσεις στα γειτονικά δάση. Επιπλέον, δεν υπήρχε η παραμικρή πρόνοια για τη συγκέντρωση των διασταλλαγμάτων με αποτέλεσμα να κινδυνεύει ο υδροφόρος ορίζας, στην περίπτωση που οι ποσότητες τους είναι μεγάλες.

Από το 1991 και μέχρι το 1997 έγιναν σημαντικά βήματα από την πολιτεία για τον έλεγχο της κατάστασης. Μάλιστα, το 1997 το 50,3% των απορριμμάτων οδηγούνταν σε Χ.Υ.Τ.Α. και το υπόλοιπο 49,7% σε χωματερές. Σημειώνεται βέβαια ότι υπάρχουν Χ.Υ.Τ.Α. που λειτουργούν ανεπαρκώς, κυρίως λόγω ελλιπούς τεχνικής κατάρτισης του προσωπικού. Ωστόσο, το 72% των φορέων λειτουργίας των Χ.Υ.Τ.Α. δε δίνει

στοιχεία για τις ποσότητες των παραγόμενων στραγγισμάτων και όσοι δίνουν είναι προφανές πως πρόκειται για εκτιμήσεις. Το ίδιο συμβαίνει και με το βιοαέριο, όπου το 50% των Χ.Υ.Τ.Α. δεν έχουν σύστημα διαχείρισής του.

Η ορθολογική διαχείριση των απορριμμάτων αποτελεί σήμερα μία από τις βασικές προτεραιότητες της εθνικής περιβαλλοντικής πολιτικής. Έχει ξεκινήσει, λοιπόν, μια μεγάλη προσπάθεια κλεισίματος και αποκατάστασης των παλιών χωματερών και δημιουργίας νέων Χ.Υ.Τ.Α., οι οποίοι θα πληρούν τις σύγχρονες προδιαγραφές [10], [11].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΣΥΝΘΕΣΗ, ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας χώρος απόθεσης στερεών απορριμμάτων μπορεί να γίνει αντιληπτός σαν ένας βιοχημικός αντιδραστήρας. Τα υλικά που αποθηκεύονται στο χώρο περιλαμβάνουν μερικά οργανικά υλικά και άλλα ανόργανα. Τα οργανικά είναι αυτά που αποδομούνται σταδιακά μέσα στο χώρο. Η βιοαποδόμηση οφείλεται σε συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών και παράγει στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα (βιοαέριο). Τα στερεά απορρίμματα και το νερό είναι οι σημαντικότερες μεταβλητές εισόδου ενώ το βιοαέριο και τα διασταλλάγματα, οι κύριες μεταβλητές εξόδου του συστήματος.

Η ακριβής εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων βιοαερίου είναι εξαιρετικά δύσκολη. Έχει αναπτυχθεί πλήθος υπολογιστικών μοντέλων και συνεχώς ανακλύπουν νέα και πιο αξιόπιστα, βασιζόμενα στη συνεχώς αυξανόμενη εμπειρία και τα νέα δεδομένα. Το βασικό πρόβλημα είναι η κατανόηση και η μοντελοποίηση των μικροβιακών και βιοχημικών διεργασιών.

Τα συστήματα ελέγχου που χρησιμοποιούνται για το βιοαέριο, εμποδίζουν τις ανεπιθύμητες κινήσεις του βιοαερίου στην ατμόσφαιρα ή τις πλευρικές και κάθετες κινήσεις διαμέσου του περιβάλλοντος εδάφους. Το ανακτημένο βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή

ενέργειας ή μπορεί να αναφλεχθεί υπό ελεγχόμενες συνθήκες ώστε να εξαλειφθεί η απελευθέρωση επικίνδυνων αερίων στην ατμόσφαιρα. Στην πραγματικότητα σπανίως συλλέγεται περισσότερο από το 60% του παραγόμενου βιοαερίου, ενώ σε καλά οργανωμένους, μεγάλους ΧΥΤΑ συνήθως συλλέγεται περίπου το 35% [1].

2.2. ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Το βιοαέριο αποτελείται από έναν αριθμό αερίων τα οποία βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες (τα κύρια αέρια) και έναν αριθμό αερίων τα οποία βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες (τα ιχνοαέρια). Τα κύρια αέρια και τα ιχνοαέρια παράγονται από την αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων. Μερικά από τα ιχνοαέρια, αν και βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες, μπορεί να είναι τοξικά και να αποτελέσουν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία.

2.2.1. Κύρια αέρια

Τα βασικά αέρια που δημιουργούνται σε ένα ΧΥΤΑ περιλαμβάνουν: αμμωνία (NH_3), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογόνο (H_2), υδρόθειο (H_2S), μεθάνιο (CH_4), άζωτο (N_2) και οξυγόνο (O_2). Μια τυπική επί της εκατό κατανομή και χαρακτηριστικά των αερίων που δημιουργούνται σε ένα ΧΥΤΑ φαίνεται στον Πίνακα 2.1 . Όπως φαίνεται το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα είναι τα βασικότερα συστατικά.

Πίνακας 2.1 - Τυπική κατανομή και χαρακτηριστικά βιοαερίου

Συστατικό	% ξηρού όγκου	Χαρακτηριστικά
Μεθάνιο (CH ₄)	45-60	Το μεθάνιο είναι ένα φυσικό αέριο. Είναι άχρωμο και άοσμο. Οι ΧΥΤΑ είναι η μεγαλύτερη πηγή ανθρώπινης παραγωγής μεθανίου.
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	40-60	Το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται φυσικά στην ατμόσφαιρα σε μικρές συγκεντρώσεις (0,03%). Είναι άχρωμο, άοσμο και λίγο όξινο.
Αζωτο (N ₂)	2-5	Το άζωτο αποτελεί περίπου το 79% της ατμόσφαιρας. Είναι άχρωμο, άοσμο και άγευστο.
Οξυγόνο (O ₂)	0,1-1	Το οξυγόνο αποτελεί περίπου το 21% της ατμόσφαιρας. Είναι άχρωμο, άγευστο και άοσμο.
Αμμωνία (NH ₃)	0,1-1	Η αμμωνία είναι άχρωμο αέριο με έντονη οσμή.
Σουλφίδια	0-1	Σουλφίδια (όπως υδρόθειο, μερκαπτάνες κ.ά.) είναι φυσικά αέρια που δίνουν στο βιοαέριο την οσμή του χαλασμένου αυγού. Τα σουλφίδια μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστες οσμές ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.
Υδρογόνο (H ₂)	0-0,2	Το υδρογόνο είναι ένα άοσμο και άχρωμο αέριο.
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	0-0,2	Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι άοσμο και άχρωμο αέριο.
Ιχνοαέρια (NMOCs)	0.01-0.6	Τα NMOCs είναι οργανικά μίγματα (όπως μίγματα που περιέχουν άνθρακα). (Το μεθάνιο είναι ένα οργανικό μίγμα αλλά δεν λαμβάνεται ως NMOCs). Τα NMOCs μπορεί να βρεθούν φυσικά ή να σχηματιστούν από συνθετικές χημικές διαδικασίες.

Πηγή: [1], [28]

Ο Πίνακας 2.2 δείχνει το μοριακό βάρος, την πυκνότητα και το ειδικό βάρος των κύριων συστατικών του βιοαερίου.

Πίνακας 2.2 - Μοριακό βάρος, πυκνότητα, ειδικό βάρος των βασικών συστατικών του βιοαερίου σε σταθερές συνθήκες (0 °C, 1 atm)

Αέριο	Μοριακό βάρος	Πυκνότητα (g/L)	Ειδικό βάρος (lb/ft ³)
Αέρας	28,97	1,2928	0,0808
Αμμωνία (NH ₃)	17,03	0,7708	0,0482
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	44,00	1,9768	0,1235
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	28,00	1,2501	0,0781
Υδρογόνο (H ₂)	2,016	0,0898	0,0056
Υδρόθειο (H ₂ S)	34,08	1,5392	0,0961
Μεθάνιο (CH ₄)	16,03	0,7167	0,0448
Αζωτο (N ₂)	28,02	1,2507	0,0782
Οξυγόνο (O ₂)	32,00	1,4289	0,0892

Πηγή: [1]

Μίγματα μεθανίου στον αέρα σε συγκεντρώσεις μεταξύ 5 και 15 %, είναι εκρηκτικά. Ωστόσο επειδή σε ένα ΧΥΤΑ υπάρχουν περιορισμένες ποσότητες οξυγόνου, όταν οι συγκεντρώσεις μεθανίου φτάνουν στην παραπάνω κρίσιμη περιοχή, υπάρχει μόνο μικρός κίνδυνος για έκρηξη. Όμως, μπορούν να σχηματιστούν μίγματα μεθανίου σε εκρηκτική κλίμακα, αν το βιοαέριο φύγει εκτός χώρου και αναμιχθεί με τον αέρα [1], [28].

2.2.2.Ιχνοαέρια

Στον Πίνακα 2.3 φαίνονται οι συγκεντρώσεις των ιχνοαερίων συστατικών του βιοαερίου όπως καταγράφηκαν σε 66 χώρους διάθεσης στερεών απορριμμάτων στην Καλιφόρνια . Τα αέρια αυτά είναι τα πλέον αντιπροσωπευτικά των ιχνοαερίων που απατώνται στους περισσότερους ΧΥΤΑ, τουλάχιστον στις Η.Π.Α..

Η παρουσία αυτών των αερίων στα στραγγίσματα εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις τους στο βιοαέριο που είναι σε ισορροπία με τα στραγγίσματα και μπορούν να υπολογιστούν με το νόμο του Henry.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι η παρουσία σημαντικών ποσοτήτων πτητικών οργανικών ουσιών (VOCs) απαντάται συνήθως σε παλαιότερους ΧΥΤΑ σε σχέση με νεότερους. Αυτό οφείλεται στη σημαντική ελάττωση των βιομηχανικών και επικίνδυνων απορριμμάτων [1].

Πίνακας 2.3 - Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ιχνοαερίων

Compound	Concentration, ppbV ^b		
	Median	Mean	Maximum
Acetone	0	6,838	240,000
Benzene	932	2,057	39,000
Chlorobenzene	0	82	1,640
Chloroform	0	245	12,000
1,1-Dichloroethane	0	2,801	36,000
Dichloromethane	1,150	25,694	620,000
1,1-Dichloroethene	0	130	4,000
Diethylene chloride	0	2,835	20,000
<i>trans</i> -1,2-Dichloroethane	0	36	850
2,3-Dichloropropane	0	0	0
1,2-Dichloropropane	0	0	0
Ethylene bromide	0	0	0
Ethylene dichloride	0	59	2,100
Ethylene oxide	0	0	0
Ethyl benzene	0	7,334	87,500
Methyl ethyl ketone	0	3,092	130,000
1,1,2-Trichloroethane	0	0	0
1,1,1-Trichloroethane	0	615	14,500
Trichloroethylene	0	2,079	32,000
Toluene	8,125	34,907	280,000
1,1,2,2-Tetrachloroethane	0	246	16,000
Tetrachloroethylene	260	5,244	180,000
Vinyl chloride	1,150	3,508	32,000
Styrenes	0	1,517	87,000
Vinyl acetate	0	5,663	240,000
Xylenes	0	2,651	38,000

^a Adapted from Ref. 5.

^b ppbV = parts per billion by volume.

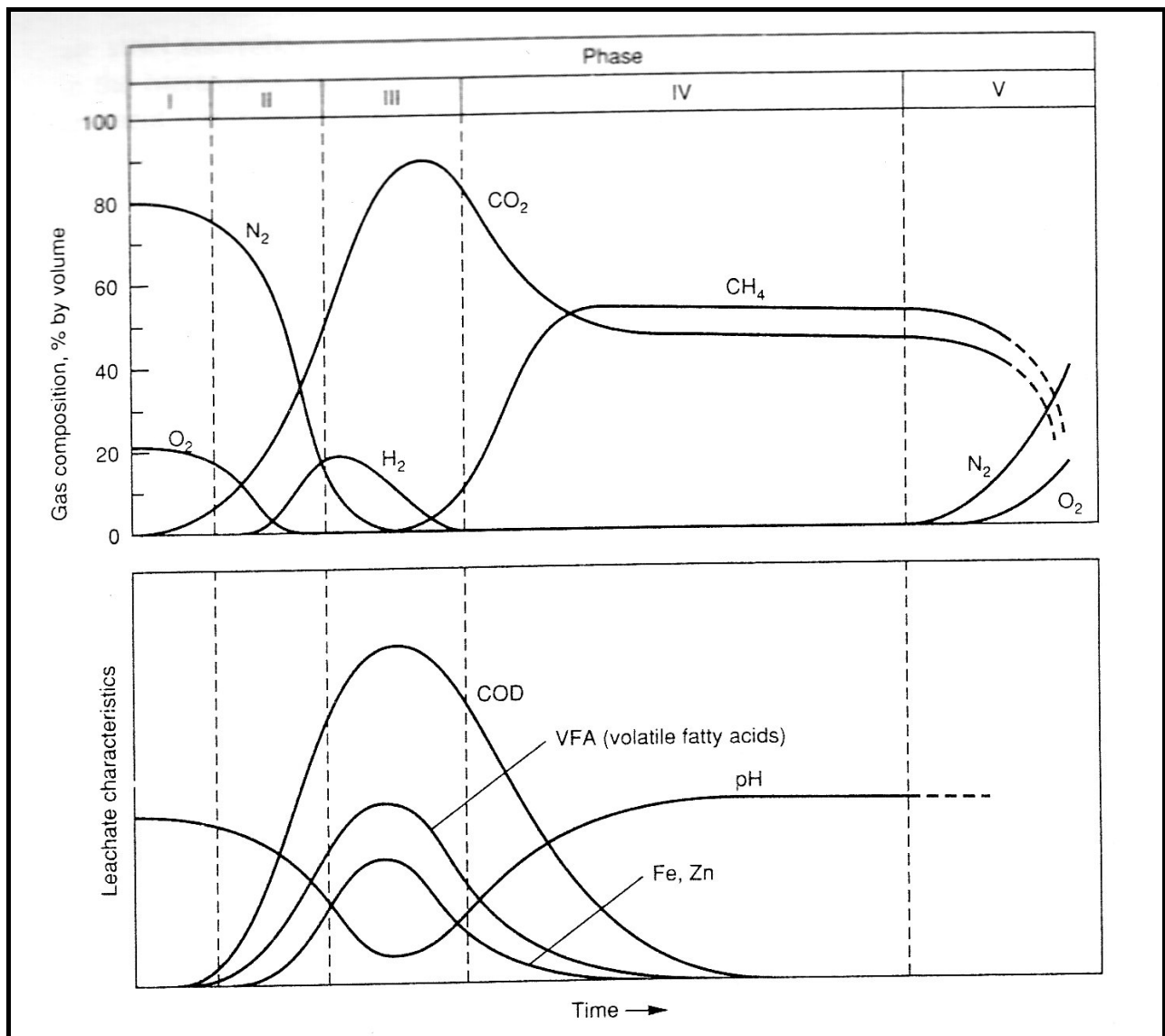
Πηγή: [1]

2.3. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

2.3.1 Βιολογική παραγωγή βιοαερίου

Η βιοδιάσπαση των οργανικών υλικών ενός ΧΥΤΑ και η παραγωγή αερίων θεωρείται ότι συμβαίνει σε πέντε, λίγο πολύ, διαδοχικές φάσεις, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1.

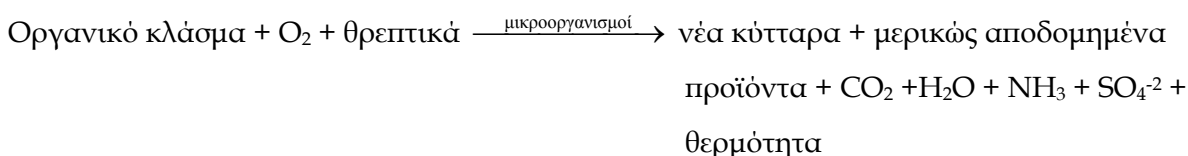
Εικόνα 2.1 - Μεταβολή της συγκέντρωσης των βασικότερων συστατικών του βιοαερίου και των διασταλλαγμάτων, με το χρόνο



Πηγή: [1]

Φάση 1- Αρχική προσαρμογή (αερόβια φάση). Στην πρώτη αυτή φάση η οργανική ύλη υφίσταται αερόβια αποδόμηση. Το οξυγόνο προέρχεται από τη μικρή σχετικά ποσότητα παγιδευμένου αέρα στη μάζα των απορριμμάτων. Αερόβια βακτήρια (βακτήρια που ζουν μόνο παρουσία οξυγόνου) καταναλώνουν οξυγόνο καθώς αποδομούν υδρογονάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπίδια που περιέχονται στο οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων. Το βασικότερο προϊόν αυτής της διαδικασίας είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Η βασική πηγή μικροοργανισμών, που είναι υπεύθυνοι για την αποσύνθεση των απορριμμάτων, είναι το χώμα που χρησιμοποιείται για την καθημερινή και την τελικά κάλυψη, τα ανακυκλούμενα στραγγίσματα και η υλός βιολογικού καθαρισμού, που πιθανόν να έχει διατεθεί μαζί με τα στερεά απορρίμματα.

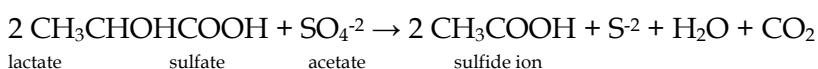
Η παρακάτω γενική εξίσωση περιγράφει τον αερόβιο μετασχηματισμό του οργανικού υλικού των στερεών απορριμμάτων:

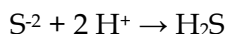
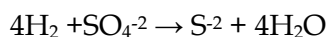


Ο βαθμός της αποσύνθεσης των απορριμμάτων και ο χρόνος στον οποίο πραγματοποιείται, εξαρτάται από τη φύση τους, την περιεχόμενη υγρασία, τα διαθέσιμα θρεπτικά και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Σε ελεγχόμενες συνθήκες η αερόβια μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων πραγματοποιείται σε 4 με 6 εβδομάδες. Στην πράξη η διάρκεια αυτής της φάσης κυμαίνεται από μερικές μέρες έως κάποιες εβδομάδες. Τα μερικώς αποδομημένα προϊόντα συνήθως περιέχουν υψηλά ποσοστά λιγνίνης, η οποία δύσκολα μετατρέπεται βιολογικά σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Η λιγνίνη συνήθως βρίσκεται στο χαρτί, είναι το οργανικό πολυμερές που κρατά ενωμένες τις κυτταρικές ίνες στα δέντρα και στα φυτά.

Στη φάση αυτή τα διασταλλάγματα έχουν αυξημένη οξύτητα, εξαιτίας της απορρόφησης του CO₂, που παράγεται, προκαλώντας σχηματισμό οξέων.

Φάση 2 - Μεταβατική φάση. Στη φάση αυτή, το οξυγόνο εξαντλείται και αρχίζουν να αναπτύσσονται αναερόβιες συνθήκες. Καθώς επικρατούν αναερόβιες συνθήκες, τα νιτρικά και τα θειικά ιόντα, που μπορούν να δράσουν σα δέκτες ηλεκτρονίων (Πίνακας 2.4) στις βιολογικές αντιδράσεις μετατροπής, συχνά ανάγονται σε αέριο άζωτο και υδρόθειο, όπως φαίνεται στις παρακάτω εξισώσεις:





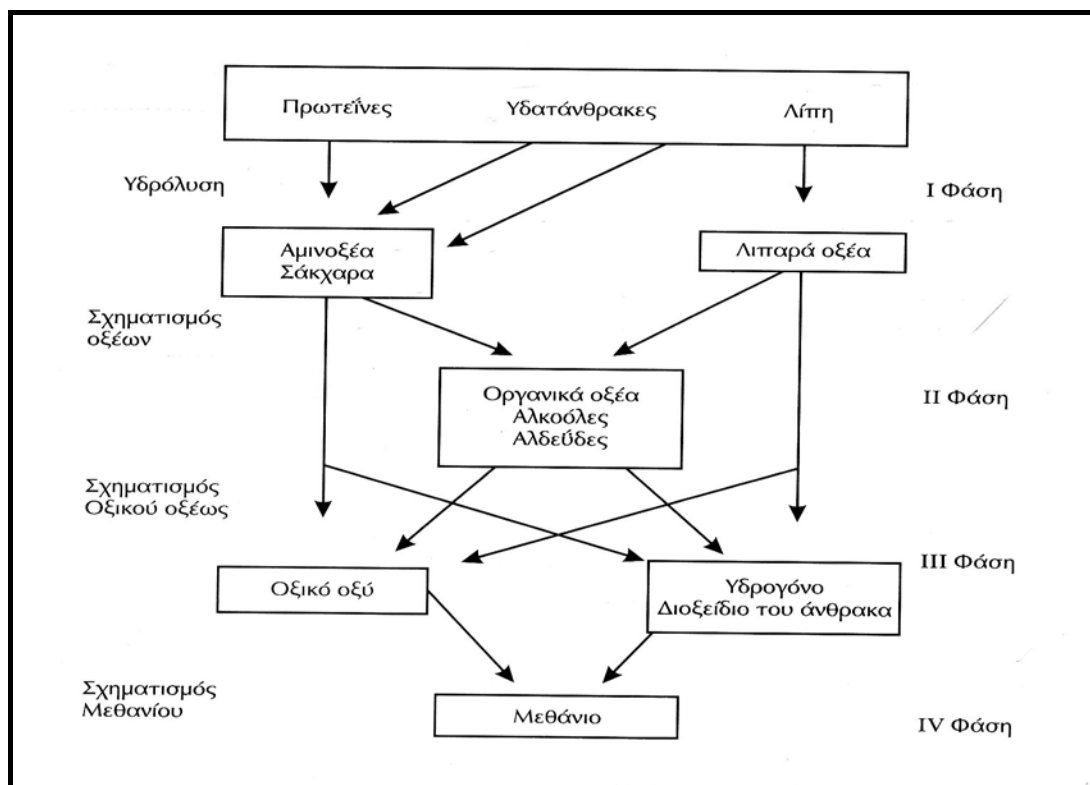
Πίνακας 2.4 - Τυπικοί δέκτες ηλεκτρονίων στις βιολογικές αντιδράσεις

Περιβάλλον	Δέκτες ηλεκτρονίων	Διαδικασία
Αερόβιο	Οξυγόνο, O_2	Αερόβιος μεταβολισμός
	Νιτρική ρίζα, NO_3^-	Αποαζωτοποίηση
Αναερόβιο	Θεική ρίζα, SO_4^{2-}	Μείωση Θεικών
	Διοξείδιο του άνθρακα, CO_2	Μεθανογένεση

Πηγή: [1]

Το απαιτούμενο δυναμικό οξειδοαναγωγής για αυτές τις αντιδράσεις είναι -50 έως -100 mV, ενώ για την παραγωγή μεθανίου απαιτείται δυναμικό οξειδοαναγωγής -150 έως -300 mV. Καθώς μειώνεται η ελάττωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής, οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τη μετατροπή του οργανικού υλικού των απορριμμάτων σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα ξεκινούν την διαδικασία των τριών σταδίων (Εικόνα 2.2), με την μετατροπή του σύνθετου οργανικού υλικού σε οργανικά οξέα και άλλα ενδιάμεσα προϊόντα, όπως περιγράφεται στη φάση 3. Επίσης το pH των στραγγισμάτων ελαττώνεται, λόγω της έντονης παρουσίας CO_2 [1].

Εικόνα 2.2 - Μονοπάτια που οδηγούν στην παραγωγή μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα από την αναερόβια ζύμωση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ



Πηγή: [3]

Η διάρκεια αυτής της φάσης κυμαίνεται από 1 έως 6 μήνες.

Φάση 3- Όξινη φάση. Στη φάση 3, την όξινη φάση, η μικροβιακή δράση που ξεκινά στη φάση 2 επισημαίνεται με την παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων οργανικών οξέων και μικρότερων ποσοτήτων αερίου υδρογόνου. Στο πρώτο στάδιο συμβαίνει μετατροπή, με την ενζυμική μεσολάβηση (υδρόλυση), των μιγμάτων με μεγάλα μοριακά βάρη (π.χ. λιπίδια, πολυσακχαρίδια, πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα) σε μίγματα με μικρότερο μοριακό βάρος, τα οποία είναι κατάλληλα για χρήση από τους μικροοργανισμούς σαν πηγή ενέργειας και άνθρακα. Στο δεύτερο στάδιο (παραγωγή οξέων), συμβαίνει ζύμωση των παραπάνω προϊόντων και παραγωγή καρβοξυλικών οξέων μικρότερου μοριακού βάρους (προπιονικού, βουτυρικού και οξικού οξέος, τα οποία είναι πρόδρομες ενώσεις του μεθανίου), CO₂, και H₂. Στο τρίτο στάδιο συμβαίνει οξεογένεση (παραγωγή οξικού οξέος, CO₂ και H₂) από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου (προπιονικό και βουτυρικό) από οξεογενή βακτήρια.

Το pH των διασταλλαγμάτων, αν έχουν σχηματιστεί, συχνά πέφτει στην τιμή των 5 ή χαμηλότερα εξαιτίας της παρουσίας των οργανικών οξέων και τις αυξημένες συγκεντρώσεις του CO₂ μέσα στο ΧΥΤΑ. Το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (BOD₅), το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και η αγωγιμότητα των στραγγισμάτων αυξάνονται σημαντικά κατά τη διάρκεια της φάσης 3 εξαιτίας της διάλυσης των οργανικών οξέων στα στραγγίσματα. Επίσης, εξαιτίας της μικρής τιμής του pH των στραγγισμάτων, ένας αριθμός ανόργανων συστατικών, κυρίως βαρέα μέταλλα, διαλύονται ευκολότερα. Επιπλέον πολλά βασικά θρεπτικά μετακινούνται με τα στραγγίσματα. Αν τα στραγγίσματα δεν ανακυκλώνονται, τα βασικά θρεπτικά θα χαθούν από το σύστημα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αν δεν έχουν σχηματιστεί τα διασταλλάγματα, τα προϊόντα μετατροπής που παράγονται στη φάση 3 παραμένουν μέσα στο ΧΥΤΑ σαν απορροφημένα συστατικά και μέσα στο νερό των απορριμμάτων.

Φάση 4-Φάση μεθανικής ζύμωσης. Στη φάση 4, τη φάση της μεθανικής ζύμωσης, μια δεύτερη ομάδα μικροοργανισμών, τα οποία μετατρέπουν τα οργανικά οξέα και το αέριο υδρογόνο, που σχηματίστηκαν από τα οξεογενή βακτήρια στην οξική φάση, σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, γίνονται επικρατέστερα. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτοί οι οργανισμοί αρχίζουν να αναπτύσσονται προς το τέλος της φάσης 3. Οι μικροοργανισμοί που είναι υπεύθυνοι γι' αυτή τη μετατροπή είναι αυστηρά αναερόβιοι και ονομάζονται μεθανογενετικοί (methanogenic). Στη φάση 4, η διαδικασία σχηματισμού μεθανίου και οξέων γίνεται ταυτόχρονα, αν και ο ρυθμός σχηματισμού οξέων μειώνεται αξιοσημείωτα. Είναι η κύρια, χρονικά, φάση και η διάρκειά της κυμαίνεται από 5 έως 50 έτη.

Επειδή, τα οξέα και το αέριο υδρογόνο που παράχθηκαν από τα οξεογενή βακτήρια έχουν μετατραπεί σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα στη φάση 4, το pH μέσα στο ΧΥΤΑ αυξάνεται σε πιο ουδέτερες τιμές και κυμαίνεται μεταξύ 6 και 8. Επομένως και το pH των διασταλλαγμάτων, αν έχουν σχηματιστεί, αυξάνεται, και η συγκέντρωση του BOD₅ και του COD και η αγωγιμότητα των στραγγισμάτων, μειώνονται. Με τις υψηλότερες τιμές του pH, λιγότερα ανόργανα συστατικά, μπορούν να μείνουν σε διάλυση, με αποτέλεσμα, οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων που βρίσκονται στα στραγγίσματα επίσης να μειωθούν.

Φάση 5-Φάση ωρίμανσης. Η φάση 5, φάση ωρίμανσης, έρχεται αμέσως μετά τη μετατροπή του διαθέσιμου βιοδιασπώμενου οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και διαρκεί από 1 έως 40 έτη. Καθώς η υγρασία συνεχίζει να κινείται μέσα από τα απορρίμματα, τμήμα του βιοδιασπώμενου υλικού που δεν ήταν πριν διαθέσιμο, μετατρέπεται. Ο ρυθμός γένεσης του μεθανίου μειώνεται σημαντικά στη φάση 5, επειδή τα περισσότερα από τα διαθέσιμα θρεπτικά είτε έχουν μετακινηθεί με τα στραγγίσματα είτε έχουν εξαντληθεί κατά τη διάρκεια της προηγούμενης φάσης. Το οξυγόνο και το άζωτο αρχίζουν να επανεμφανίζονται στα αέρια καθώς νέοι αερόβιοι μικροοργανισμοί αντικαθιστούν τους αναερόβιους που κυριαρχούσαν στο προηγούμενο στάδιο.

Σχετικά με τα διασταλλάγματα, κατά τη διάρκεια της φάσης ωρίμανσης, το pH παραμένει σε ουδέτερες τιμές. Επίσης παρουσιάζονται οργανικά και φυλβικά οξέα σε μεγάλες ποσότητες, που είναι δύσκολο να εξελιχθούν περαιτέρω βιολογικά [1], [28].

2.3.1.1. Διάρκεια φάσεων

Η διάρκεια της κάθε φάσης για την παραγωγή βιοαερίου εξαρτάται από την κατανομή των οργανικών συστατικών στο ΧΥΤΑ, τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών, την περιεχόμενη υγρασία στα απορρίμματα, την υγρασία που κινείται μέσα στο χώρο και το βαθμό της αρχικής συμπίεσης.

Η παραγωγή του βιοαερίου επιβραδύνεται αν δεν είναι διαθέσιμη αρκετή υγρασία. Όταν αυξάνεται η πυκνότητα των απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ μειώνεται η πιθανότητα η υγρασία να φτάσει σε όλα τα σημεία και γι' αυτό το λόγο μειώνεται ο ρυθμός βιομετατροπής και παραγωγής αερίου. Στον Πίνακα 2.5 φαίνονται τυπικά δεδομένα για την % κατανομή των βασικών αερίων του βιοαερίου σε συνάρτηση του χρόνου, όπως βρέθηκαν σε ΧΥΤΑ που έχουν σταματήσει να λειτουργούν [1].

Πίνακας 2.5 - % κατανομή των βασικότερων αερίων του βιοαερίου, όπως παρατηρήθηκαν κατά τους πρώτους 48 μήνες από το κλείσιμο ενός κελιού

Χρόνος που έχει περάσει από τη συμπλήρωση του κελιού, μήνες	Μέση % κατ' όγκο		
	Άζωτο, N ₂	Διοξείδιο του άνθρακα, CO ₂	Μεθάνιο, CH ₄
0 - 3	5,2	88	5
3 - 6	3,8	76	21
6 - 12	0,4	65	29
12 - 18	1,1	52	40
18 - 24	0,4	53	47
24 - 30	0,2	52	48
30 - 36	1,3	46	51
36 - 42	0,9	50	47
42 - 48	0,4	51	48

Πηγή: [1]

2.3.1.2. Μεταβολή της παραγωγής βιοαερίου με το χρόνο

Υπό κανονικές συνθήκες, ο ρυθμός αποσύνθεσης, όπως μετράται από την παραγωγή βιοαερίου, φτάνει στο μέγιστο μέσα στα πρώτα δύο χρόνια και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά, συνεχίζοντας σε πολλές περιπτώσεις για 25 χρόνια ή και περισσότερο.

Γενικά, τα οργανικά υλικά που υπάρχουν στα στερεά απορρίμματα μπορούν να χωριστούν σε 2 κατηγορίες: (1) αυτά τα υλικά που αποδομούνται γρήγορα (από 3 μήνες σε 5 χρόνια) και (2) αυτά τα υλικά που αποδομούνται αργά (μέχρι 50 χρόνια ή περισσότερο). Μερικά από τα αργά και γρήγορα αποσυνθέσιμα συστατικά του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ φαίνονται στον Πίνακα 2.6 [1].

Πίνακας 2.6 - Γρήγορα και αργά βιοδιασπάσιμα οργανικά συστατικά των ΑΣΑ

Οργανικά συστατικά των απορριμμάτων	Γρήγορα βιοαποικοδομίσιμα	Αργά βιοαποικοδομίσιμα
Τρόφιμα	✓	
Εφημερίδες	✓	
Χαρτί γραφείου	✓	
Χαρτόνι	✓	
Πλαστικά ¹		
Υφασμα		✓
Λάστιχο		✓
Δέρμα		✓
Απορρίμματα «κήπου»	✓ ²	
Ξύλο		✓ ³
Misc. Organics		✓

Πηγή: [1]

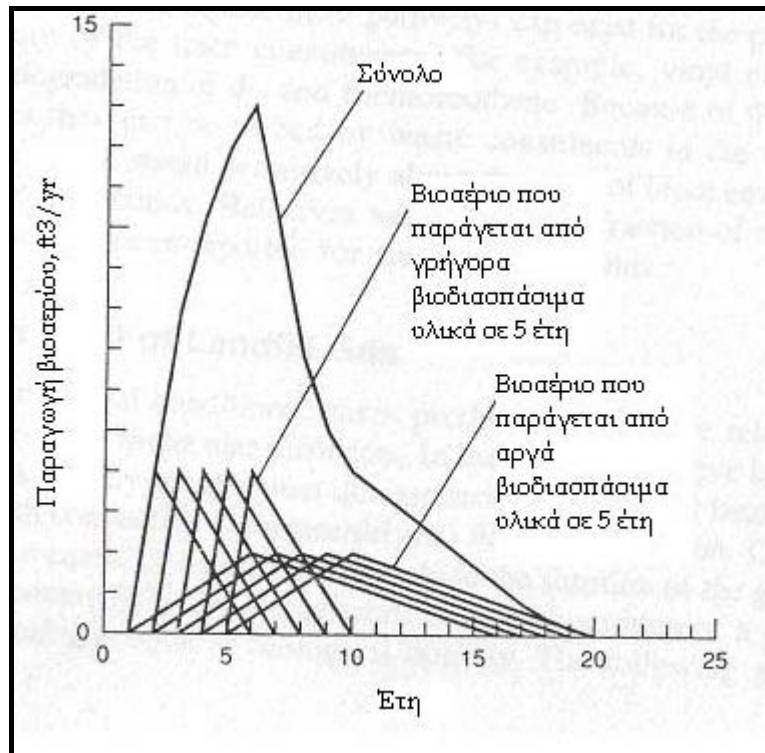
1. Τα πλαστικά γενικά δεν θεωρούνται βιοαποικοδομίσιμα.
2. Φύλλα και χόρτα υπολείμματα. Περίπου 60% των απορριμμάτων «κήπου».
3. Ξύλινο τμήμα των απορριμμάτων «κήπου».

Η διακύμανση του ρυθμού παραγωγής βιοαερίου από την αναερόβια αποσύνθεση των γρήγορα και αργά βιοδιασπάσιμων οργανικών υλικών των ΑΣΑ, μπορεί να μοντελοποιηθεί όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3. Όπως φαίνεται, οι ετήσιοι ρυθμοί αποσύνθεσης για γρήγορα και αργά βιοδιασπάσιμα υλικά βασίζονται σε ένα τριγωνικό μοντέλο, στο οποίο η αιχμή του ρυθμού παραγωγής επέρχεται σε ένα και πέντε χρόνια, αντίστοιχα, από την αρχή παραγωγής. Η παραγωγή βιοαερίου υποθέτεται ότι ξεκινά στο τέλος του πρώτου ολοκληρωμένου έτους λειτουργίας του ΧΥΤΑ. Η περιοχή κάτω από το τρίγωνο ισούται με το μισό της βάσης του χρόνου επί το ύψος, γι' αυτό, η συνολική ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου από τα απορρίμματα που τοποθετήθηκαν τον πρώτο χρόνο της λειτουργίας είναι ίση με:

Συνολικό παραγόμενο βιοαέριο, $\text{ft}^3 / \text{lb} =$

$\frac{1}{2} (\text{base, yr}) * (\text{ύψος, μέγιστος ρυθμός παραγωγής βιοαερίου, } \text{ft}^3 / \text{lb} * \text{yr})$

Εικόνα 2.3 - Γραφική απεικόνιση της παραγωγής βιοαερίου για περίοδο 5 ετών, από γρήγορα και αργά διασπάσιμα οργανικά υλικά που υπάρχουν στο ΧΥΤΑ

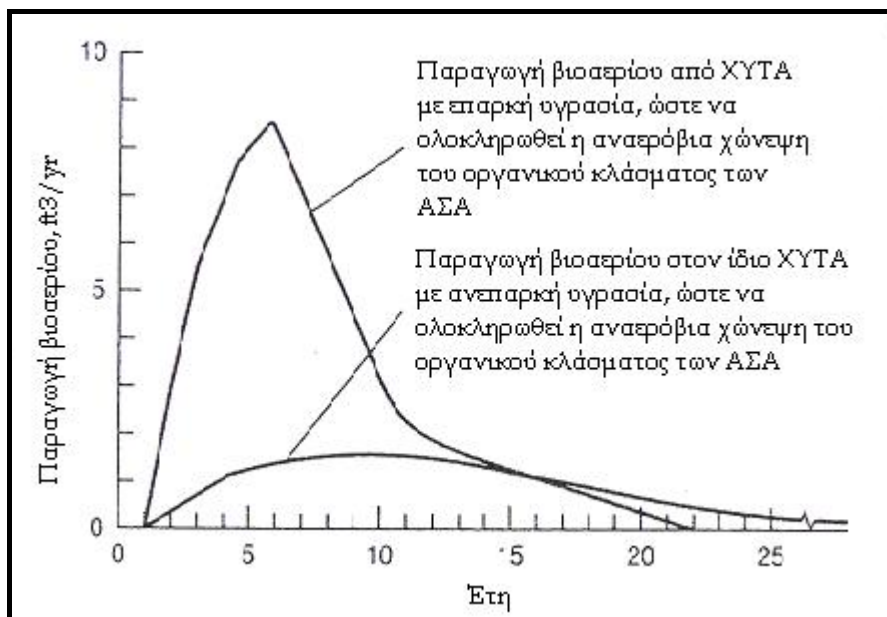


Πηγή: [1]

Χρησιμοποιώντας το τριγωνικό μοντέλο, ο συνολικός ρυθμός παραγωγής βιοαερίου από ΧΥΤΑ στον οποίο τα απορρίμματα έχουν τοποθετηθεί για περίοδο 5 χρόνων εξασφαλίζεται γραφικά, αθροίζοντας το παραγόμενο βιοαέριο από τα γρήγορα και αργά βιοδιασπάσιμα υλικά των ΑΣΑ που τοποθετούνται κάθε χρόνο (Εικόνα 2.3). Η συνολική ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου αντιστοιχεί στην περιοχή κάτω από την αθροιστική καμπύλη του ρυθμού.

Όπως σημειώθηκε παραπάνω, σε πολλούς ΧΥΤΑ η διαθέσιμη υγρασία είναι ανεπαρκής ώστε να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η πλήρης μετατροπή των βιοδιασπάσιμων οργανικών υλικών των Α.Σ.Α.. Η βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία για την μετατροπή του βιοαποικοδομήσιμου οργανικού κλάσματος, είναι της τάξης του 50 με 60%. Επίσης, σε πολλούς ΧΥΤΑ, η υπάρχουσα υγρασία δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένη. Όταν η περιεχόμενη υγρασία είναι περιορισμένη, η καμπύλη της παραγωγής βιοαερίου είναι πιο ευθύγραμμη και εκτείνεται σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ένα παράδειγμα της επίδρασης της μειωμένης υγρασίας στην παραγωγή βιοαερίου φαίνεται στην Εικόνα 2.4 [1].

Εικόνα 2.4 - Επίδραση της μειωμένης υγρασίας στην παραγωγή βιοαερίου



Πηγή: [1]

2.3.2. Παραγωγή βιοαερίου λόγω εξάτμισης

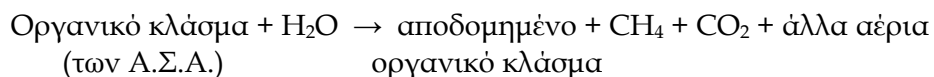
Το βιοαέριο μπορεί επίσης να παραχθεί όταν κάποια απορρίμματα, κυρίως οργανικά υλικά, μετατρέπονται από την υγρή ή τη στερεή μορφή σε αέρια. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως εξάτμιση. Τα NMOCs που πιθανόν να περιέχονται στο βιοαέριο μπορεί να είναι αποτέλεσμα της εξάτμισης συγκεκριμένων χημικών που υπάρχουν στο ΧΥΤΑ. [28].

2.3.3. Παραγωγή βιοαερίου λόγω χημικών αντιδράσεων

Το βιοαέριο, μαζί με τα NMOCs, μπορεί να δημιουργηθούν από αντιδράσεις συγκεκριμένων χημικών που μπορεί να βρίσκονται στα απορρίμματα. Για παράδειγμα, αν χλωρίνη και αμμωνία έρθουν σε επαφή μέσα στο ΧΥΤΑ, τότε παράγεται ένα επιβλαβές αέριο [28].

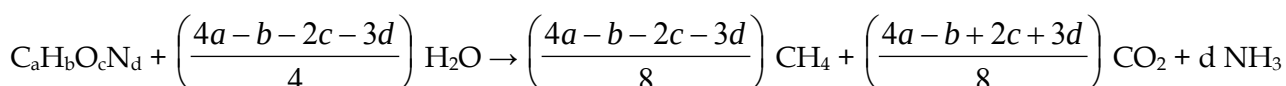
2.4. ΟΓΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η γενικευμένη χημική αντίδραση της αναερόβιας αποσύνθεσης των στερεών απορριμμάτων περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:



Σημειώνεται ότι η αντίδραση απαιτεί την παρουσία νερού. ΧΥΤΑ που στερούνται αρκετή υγρασία έχουν βρεθεί σε «ταριχευμένη» κατάσταση, με χαρτί δεκαετιών ακόμα σε αναγνώσιμη κατάσταση. Για το λόγο αυτό, αν και η συνολική ποσότητα αερίου που παράγεται από τα στερεά απορρίμματα προέρχεται άμεσα από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης, οι τοπικές υδρολογικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά το ρυθμό και το χρόνο στον οποίο λαμβάνει χώρα τελικά η παραγωγή αυτού του βιοαερίου.

Ο όγκος των αερίων που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας αποσύνθεσης μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, αν τα οργανικά συστατικά που υπάρχουν στα ΑΣΑ περιγράφονται από τον γενικό τύπο $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$ (με εξαίρεση τα πλαστικά), τότε ο όγκος του αερίου μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση, υποθέτοντας πλήρη μετατροπή των βιοδιασπάσιμων οργανικών απορριμμάτων σε CH_4 και CO_2 [28].



2.5. ΚΙΝΗΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Σε γενικές γραμμές το βιοαέριο από τη στιγμή που παράγεται, έχει την τάση να φύγει από το ΧΥΤΑ. Τα αέρια έχουν την τάση να εξαπλώνονται και να γεμίζουν τα διαθέσιμα κενά, γι' αυτό κινούνται ή «μεταναστεύουν» μέσω των πόρων των απορριμμάτων και του χώματος που χρησιμοποιείται σαν υλικό κάλυψης. Η φυσική τάση των συστατικών του βιοαερίου που είναι ελαφρύτερα από τον αέρα, όπως το μεθάνιο, είναι να κινείται ανοδικά, συνήθως μέσω της επιφάνειας του ΧΥΤΑ. Η ανοδική κίνηση του βιοαερίου μπορεί να περιοριστεί από πυκνά τοποθετημένα απορρίμματα ή υλικό κάλυψης. Όταν περιορίζεται η ανοδική κίνηση του, τότε το βιοαέριο τείνει να κινηθεί οριζόντια σε άλλες περιοχές μέσα στο ΧΥΤΑ ή σε περιοχές έξω από το χώρο, όπου μπορεί να ξαναβρεί κάποιο ανοδικό μονοπάτι. Βασικά, τα αέρια ακολουθούν το μονοπάτι στο οποίο συναντούν τη μικρότερη αντίσταση. Κάποια από τα αέρια, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, που είναι βαρύτερα από τον αέρα συγκεντρώνονται στο κάτω μέρος του ΧΥΤΑ. [25].

Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την κίνηση του βιοαερίου:

- Διάχυση (συγκέντρωση). Η διάχυση περιγράφει τη φυσική τάση των αερίων να φτάσουν σε μια σταθερή συγκέντρωση σε συγκεκριμένο χώρο, είτε αυτός είναι ένα δωμάτιο είτε η ατμόσφαιρα της Γης. Τα αέρια σε ένα ΧΥΤΑ κινούνται από περιοχές με υψηλή συγκέντρωση σε περιοχές με χαμηλότερη συγκέντρωση. Επειδή, σε γενικές γραμμές η συγκέντρωση των αερίων μέσα στο ΧΥΤΑ είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την γύρω περιοχή, το βιοαέριο διαχέεται στις γύρω περιοχές.
- Πίεση. Η συσσώρευση των αερίων στο ΧΥΤΑ δημιουργεί περιοχές με υψηλή πίεση στις οποίες η κίνηση του βιοαερίου περιορίζεται από τα πυκνά απορρίμματα και το υλικό κάλυψης και περιοχές με χαμηλότερη πίεση που η κίνηση του βιοαερίου δεν περιορίζεται. Η διακύμανση της πίεσης στη μάζα των απορριμμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση του βιοαερίου από περιοχές με υψηλή πίεση σε περιοχές με χαμηλότερη πίεση. Αυτή η κίνηση λέγεται μεταγωγή θερμότητας. Καθώς παράγεται περισσότερο βιοαέριο, η πίεση εντός του ΧΥΤΑ αυξάνεται σε επίπεδα υψηλότερα από την ατμοσφαιρική και την εσωτερική. Τότε το βιοαέριο τείνει να κινηθεί στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον του ΧΥΤΑ.
- Διαπερατότητα. Επίσης το βιοαέριο κινείται στα μονοπάτια που συναντά τη μικρότερη αντίσταση. Η διαπερατότητα είναι ένας τρόπος μέτρησης του πόσο εύκολα τα αέρια και

τα υγρά ρέουν μέσω των κενών και των πόρων των απορριμμάτων και του εδάφους. Ξηρά, αμμώδη εδάφη είναι πολύ διαπερατά (πολλοί συνδεδεμένοι πόροι) ενώ υγρά, λασπώδη εδάφη είναι λιγότερο διαπερατά (λίγοι συνδεδεμένοι πόροι). Τα αέρια προτιμούν να κινούνται σε εδάφη με μεγάλη διαπερατότητα, παρά σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα. Το υλικό κάλυψης συνήθως είναι έδαφος με μικρή διαπερατότητα, γι' αυτό και τα αέρια, σε ένα καλυμμένο ΧΥΤΑ, τείνουν να κινούνται οριζόντια παρά κάθετα [25].

Η παρακάτω γενική εξίσωση σχετίζεται με αυτούς τους παράγοντες σε έναν όγκο ελέγχου μίας διάστασης (κάθετη) (Εικόνα 2.5).

$$\alpha^*(1+\beta) \frac{\partial C_A}{\partial t} = -V_z \frac{\partial C_A}{\partial z} + D_z \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} + G \quad (1)$$

όπου

α : ολικό πορώδες, $\text{cm}^3 / \text{cm}^3$

β : συντελεστής επιβράδυνσης εξαιτίας της απορρόφησης και της αλλαγής φάσης

C_A : συγκέντρωση της ουσίας A, g / cm^3

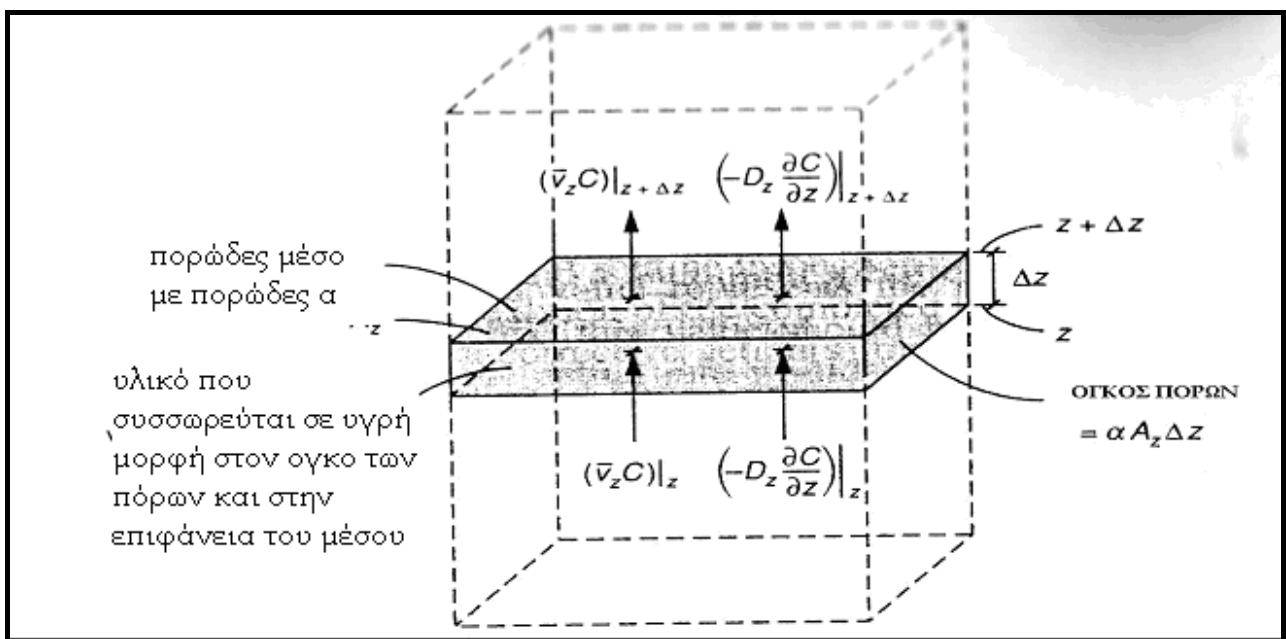
V_z : ταχύτητα κίνησης στην κατακόρυφη διάσταση, cm / s (convective velocity)

D_z : σταθερά ενεργής διάχυσης, cm^2 / s

G : αθροιστική παράμετρος που συμπεριλαμβάνει τους παράγοντες παραγωγής, $\text{g} / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$

Z : βάθος, m

Εικόνα 2.5 - Όγκος ελέγχου για την κάθετη κίνηση του βιοαερίου



Πηγή: [1]

Η ταχύτητα κίνησης (V_z) στην κατακόρυφη διεύθυνση μπορεί να εκτιμηθεί από το νόμο του Darcy:

$$V_z = -\frac{k}{\mu} \frac{dP}{dz} \quad (2)$$

όπου

V_z : ταχύτητα κίνησης, m/s

k : πραγματική διαπερατότητα (intrinsic permeability), m²

μ : ιξώδες του αέριου μίγματος, N*s/m²

P : πίεση, N/m²

z : βάθος, m

Τυπικές τιμές της ταχύτητας κίνησης για τα κύρια αέρια του βιοαερίου είναι της τάξης του 1 με 15 cm/d. Οι λύσεις της εξίσωσης (1) προκύπτουν με ολοκλήρωση με χρήση αριθμητικών μεθόδων πεπερασμένων διαφορών ή πεπερασμένων στοιχείων σε συνδυασμό με γρήγορους υπολογιστές. Απλοποιημένες μορφές της εξίσωσης (1) μπορεί να είναι βοηθητικές για την εκτίμηση εκπομπών χωρίς τη βοήθεια πολύπλοκων αριθμητικών τεχνικών λύσης που βασίζονται σε υπολογιστή. Για παράδειγμα, αν αμεληθούν οι επιδράσεις της απορρόφησης και της παραγωγής, τότε η εξίσωση (1) απλοποιείται και σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, είναι:

$$0 = -V_z \frac{dC_A}{dz} + D_z \frac{d^2 C_A}{dz^2} \quad (3)$$

Αν το βιοαέριο δεν παράγεται πια σε σημαντικές ποσότητες, παραμένει μόνο το τμήμα της διάχυσης στην εξίσωση (3), το οποίο μπορεί να ολοκληρωθεί για να δώσει την παρακάτω έκφραση:

$$N_A = -D_z \frac{dC_A}{dz} \quad (4)$$

όπου

N_A : ροή (flux) αερίου, g/cm²*s

Η σταθερά ενεργής διάχυσης είναι μία συνάρτηση και της μοριακής διάχυσης και του πορώδους του εδάφους. Η παρακάτω σχέση καθορίστηκε εμπειρικά για την εξατμισμό μέσω του εδάφους:

$$D_z = D \frac{(a_{gas})^{10/3}}{a^2} \quad (5)$$

όπου

D_z : σταθερά ενεργής διάχυσης, cm^2/s

D : σταθερά διάχυσης, cm^2/s

a_{gas} : τμήμα του πόρου που καλύπτεται από αέριο, cm^3/cm^3

a : ολικό πορώδες, cm^3/cm^3

Μια άλλη προσέγγιση που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της σταθεράς ενεργής διάχυσης είναι η παρακάτω:

$$D_z = D \cdot \alpha \cdot \tau \quad (6)$$

όπου

τ : παράγοντας τύρβης (τυπική τιμή=0,67) [1].

2.5.1. Κίνηση των κύριων αερίων

Αν και το περισσότερο από το μεθάνιο διαφεύγει στην ατμόσφαιρα, και το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα έχουν βρεθεί σε συγκεντρώσεις μέχρι και 40% σε πλευρικές αποστάσεις μέχρι και 400 ft από τα όρια του χώρου. Σε ΧΥΤΑ χωρίς αγωγούς εξαγωγής αερίων, η έκταση αυτής της πλευρικής κίνησης μεταβάλλεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του υλικού κάλυψης και του περιβάλλοντος εδάφους. Αν το μεθάνιο συλλέγεται με τρόπο μη ελεγχόμενο, μπορεί να συσσωρευτεί (εξαιτίας του ειδικού του βάρους που είναι μικρότερο από αυτό του αέρα) κάτω από κτήρια ή σε άλλα έγκλειστα κενά μέσα ή κοντά στο ΧΥΤΑ. Με κατάλληλο σύστημα συλλογής, το μεθάνιο δε δημιουργεί προβλήματα (εκτός του ότι είναι αέριο του θερμοκηπίου). Το διοξείδιο του άνθρακα, από την άλλη πλευρά, είναι επιβαρυντικό εξαιτίας της πυκνότητάς του. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 παραπάνω, το διοξείδιο του άνθρακα είναι περίπου 1,5 φορά πιο πυκνό από τον αέρα και 2,8 φορές πιο πυκνό από το μεθάνιο· έτσι έχει την τάση να κινείται κοντά στον πυθμένα του ΧΥΤΑ. Επομένως, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στα κατώτερα στρώματα του ΧΥΤΑ μπορεί να είναι υψηλή για χρόνια [1].

2.5.2. Ανοδική κίνηση του βιοαερίου

Το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα μέσω της επιφάνειας του ΧΥΤΑ, εξαιτίας της διάχυσης και της μεταγωγής θερμότητας. Η ροή λόγω μεταγωγής θερμότητας εκτιμάται από τις εξισώσεις (4) και (5) παραπάνω, υποθέτοντας ότι η κλίση της συγκέντρωσης είναι γραμμική και το έδαφος είναι στεγνό, γι' αυτό $a_{\text{gas}} = a$. Υποθέτοντας

συνθήκες στεγνού εδάφους, συνίσταται ένας συντελεστής ασφαλείας, ώστε οποιαδήποτε διείσδυση νερού στο ΧΥΤΑ να μειώσει τον όγκο των πόρων καλυμμένων με αέριο και με αυτό τον τρόπο να μειωθεί η ροή εξάτμισης από το ΧΥΤΑ.

$$N_A = - \frac{D * \alpha^{4/3} * (C_{A_{atm}} - C_{A_{fill}})}{L} \quad (7)$$

όπου:

N_A : ροή της ουσίας A, g/cm²*s

$C_{A_{atm}}$: συγκέντρωση της ουσίας A στην επιφάνεια της κάλυψης του ΧΥΤΑ, g/cm³

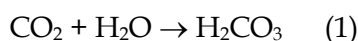
$C_{A_{fill}}$: συγκέντρωση της ουσίας A στον πυθμένα της κάλυψης του ΧΥΤΑ, g/cm³

L : βάθος της κάλυψης του ΧΥΤΑ, cm

Τυπικές τιμές του συντελεστή διάχυσης για το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα είναι 0,2 cm²/s και 0,13 cm²/s, αντίστοιχα [1].

2.5.3. Καθοδική κίνηση του βιοαερίου

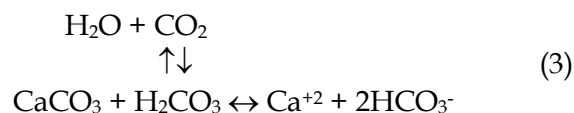
Το διοξείδιο του άνθρακα, εξαιτίας της πυκνότητάς του, συγκεντρώνεται στον πυθμένα του ΧΥΤΑ. Αν χρησιμοποιείται χώμα για την κάλυψη του πυθμένα, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να κινηθεί από εκεί και πιο κάτω, κυρίως λόγω της διάχυσης και μέσω της βασικής δομής μέχρι να φτάσει το υπόγειο νερό (σημειώνεται ότι η κίνηση του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να περιοριστεί με τη χρήση γεωμεμβράνης). Το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται γρήγορα στο νερό και μπορεί να αντιδράσει με αυτό για το σχηματισμό ανθρακικού οξέος, ή:



Αυτή η αντίδραση οδηγεί στη μείωση του pH, και διαδοχικά στην αύξηση της σκληρότητας και του μεταλλικού περιεχόμενου του υπογείου νερού, λόγω της αυξημένης διαλυτότητας. Για παράδειγμα, αν υπάρχει στη δομή του εδάφους στερεό ανθρακικό ασβέστιο, θα αντιδράσει με το ανθρακικό οξύ για το σχηματισμό διαλυτού όξινου ανθρακικού οξέος σύμφωνα με την αντίδραση:



Παρόμοιες αντιδράσεις συμβαίνουν και με ανθρακικό μαγνήσιο. Για μία συγκεκριμένη συγκέντρωση αερίου διοξειδίου του άνθρακα, η αντίδραση (1) συνεχίζεται μέχρι να επέλθει ισορροπία:



Για τις οριακές συνθήκες της Εικόνας 2.6, η εξίσωση 7 μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να χρησιμοποιηθεί για τα ιχνοαέρια του βιοαερίου, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$C_{i_s} W_i: \text{συγκέντρωση του } i \text{ χνους } i \text{ στον πυθμένα της κάλυψης του ΧΥΤΑ, g/cm}^3$$

Πηγή: [1]

Η εξίσωση (7) μπορεί να απλοποιηθεί υποθέτοντας ότι $C_{i_{atm}}=0$. Αυτή η παραδοχή είναι λογική, επειδή η συγκέντρωση του ιχνοαερίου που φτάνει στην επιφάνεια του ΧΥΤΑ γρήγορα μειώνεται (σχεδόν μηδενίζεται) και λόγω του ανέμου και λόγω της διάχυσης στον αέρα. Με βάση αυτή την παραδοχή, η εκτίμηση για την πυκνότητα ροής μάζας των αερίων είναι συντηρητική. Όποια αύξηση στην τιμή της $C_{i_{atm}}$ θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της πυκνότητας ροής. Η απλοποιημένη μορφή της εξίσωσης (8) είναι:

$$N_i = - \frac{D * \alpha^{4/3} * (C_{i_s} * W_i)}{L} \quad (9)$$

Οι εκτιμώμενες τιμές για το συντελεστή διάχυσης για 12 ιχνοαέρια, φαίνονται στον Πίνακα 2.7, για θερμοκρασίες από 0 – 50° C.

Πίνακας 2.7 - Επιλεγμένες φυσικές ιδιότητες 12 ιχνοαερίων

ΙΧΝΟΑΕΡΙΑ	0°C			10°C			20°C			30°C			40°C			50°C		
	D^b	vp^c	C_s^d	D	vp	C_s	D	vp	C_s	D	vp	C_s	D	vp	C_s	D	vp	C_s
Ethyl benzene	.052	2.0	12.48	.055	3.9	23.47	.059	7.3	42.44	.062	13	73.08	.066	22	119.7	.069	36	189.9
Toluene	.056	6.7	36.26	.060	12	62.65	.064	22	110.9	.068	37	180.4	.073	59	278.5	.077	92	420.9
Tetrachloro-ethene	.053	4.1	39.95	.057	7.9	74.27	.061	15.6	127.1	.065	24	210.7	.069	40	340.0	.073	63	581.9
Benzene	.066	27	123.9	.070	47	208.1	.075	76	325.0	.081	122	504.6	.086	185	740.7	.091	274	1063
1,2-Dichloro-ethane	.063	24	139.6	.068	41	230.0	.072	62	363.0	.077	107	560.7	.082	164	831.9	.088	243	1194
Trichloro-ethene	.059	20	154.5	.063	36	268.4	.067	60	424.8	.072	94	654.5	.077	146	984.1	.082	217	1417
1,1,1-Trichloro-ethane	.058	36	282.2	.062	61	461.3	.067	100	715.9	.071	153	1081	.076	231	1580	.081	338	2240
Carbon tetra-chloride	.058	32	289.3	.062	54	470.9	.066	90	741.2	.071	138	1124	.075	209	1648	.080	308	2353
Chloroform	.065	61	427.9	.070	100	676.7	.075	160	1026	.080	240	1517	.085	354	2166	.090	508	3012
1,2-Dichloro-ethene	.077	110	626.7	.082	175	961.8	.087	269	1428	.092	399	2048	.097	576	2862	.102	810	3901
Dichloro-methane	.074	155	773.6	.080	242	1165	.085	349	1702	.091	536	2410	.097	763	3322	.103	1060	4472
Vinyl chloride	.080	1280	4701	.085	1810	6413	.091	2548	8521	.098	3350	11090	.104	4410	14130	.110	5690	17660

Πηγή: [1]

Οι τιμές του πορώδους κυμαίνονται από 0,01 έως 0,3 για διαφορετικούς τύπους αργίλου. Ο όρος $C_{i_s} W_i$ αναφέρεται στη συγκέντρωση του ιχνοαερίου που μελετάται, στην κορυφή του ΧΥΤΑ και στο κάτω μέρος του υλικού κάλυψης. Αν δεν υπάρχουν μετρήσεις πεδίου, οι τιμές του όρου $C_{i_s} W_i$ υπολογίζεται χρησιμοποιώντας δεδομένα από τη βιβλιογραφία (Πίνακας 2.8). Αν κάποιο ιχνοαέριο δεν περιλαμβάνεται στη βιβλιογραφία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή 0,001 σαν μια εκτίμηση [1].

Πίνακας 2.8 - Μέγιστη μετρημένη συγκέντρωση και συγκέντρωση κορεσμού 10 ιχνοαερίων, όπως μετρήθηκαν σε 44 ΧΥΤΑ της Καλιφόρνια

Συγκέντρωση, mg/m ³			
Ιχνοαέρια	Μέγιστη μέτρηση	Τιμή κορεσμού	Παράγοντας W _i
Benzene	135,9	319.000	0,0004
Chlorobenzene	6,8	54.000	0,0001
Ethylbenzene	414,5	40.000	0,01
1,1,1 – Trichlorethane	86,3	715.900	0,0001
Chloroethene	89,2	8.521.000	0,00001
Tetrachloroethene	1.331,7	126.000	0,01
Trichloroethene	85,1	415.000	0,0002
Dichloremethane	871,5	1.702.000	0,0005
Trichloromethane	63,9	1.027.000	0,00001
Toluene	1.150,5	110.000	0,01

Πηγή: [1]

2.5.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του βιοαερίου

Η κατεύθυνση, η ταχύτητα και η απόσταση της πλευρικής διαφυγής του βιοαερίου εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, που περιγράφονται παρακάτω:

- Τύπος κάλυψης του ΧΥΤΑ. Αν η κάλυψη του ΧΥΤΑ γίνεται με σχετικά διαπερατά υλικά, όπως άμμος ή χαλίκι, τότε το βιοαέριο διαφεύγει προς τα πάνω μέσω του υλικού κάλυψης. Αν το υλικό κάλυψης δεν είναι διαπερατό, π.χ. άργιλος, το βιοαέριο τείνει να κινείται υπόγεια και οριζόντια. Αν κάποια περιοχή του ΧΥΤΑ είναι πιο διαπερατή από άλλες, το βιοαέριο θα διαφύγει από αυτό το σημείο.
- Φυσικά και τεχνητά μονοπάτια. Αυλάκια, χαντάκια και χρηστικά υπόγεια μονοπάτια (όπως τούνελ και κανάλια) μπορούν να ενεργήσουν ως διάδρομοι μεταφοράς του βιοαερίου. Η φυσική γεωλογία της περιοχής συχνά παρέχει υπόγεια μονοπάτια, όπως ρήγματα σε βράχους, πόρους στο έδαφος και υπόγεια κανάλια, μέσα από τα οποία το βιοαέριο μπορεί να διαφύγει.
- Διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου. Το βιοαέριο που διαφεύγει από την επιφάνεια του ΧΥΤΑ μεταφέρεται με τον αέρα. Το βιοαέριο αναμιγνύεται με τον αέρα και διαλύεται καθώς κινείται σε περιοχές πάνω από το ΧΥΤΑ. Η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου καθορίζουν τη συγκέντρωσή του στον αέρα, η οποία διαφοροποιείται σημαντικά από

μέρα σε μέρα, ακόμα και από ώρα σε ώρα. Για παράδειγμα, νωρίς το πρωί ο άνεμος τείνει να είναι μέτριος με αποτέλεσμα η διάλυση και η διασπορά του βιοαερίου να είναι μικρή.

- Υγρασία. Όταν η επιφάνεια του ΧΥΤΑ είναι υγρή εμποδίζεται η διαφυγή του βιοαερίου προς την ατμόσφαιρα. Η βροχή και η υγρασία καταλαμβάνουν τον όγκο των πόρων «σπρώχνοντας» το βιοαέριο από τους πόρους.
- Επίπεδα υπογείου νερού. Η κίνηση του βιοαερίου επηρεάζεται από διακυμάνσεις του υπογείου νερού. Αν το νερό ανέβει σε κάποια περιοχή, αναγκάζει το βιοαέριο να κινηθεί ανοδικά.
- Θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί την κίνηση του βιοαερίου, τείνοντας να αυξήσει τη διάχυση, με αποτέλεσμα να διαχέεται πιο γρήγορα σε συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας. Αν και ο ΧΥΤΑ σε γενικές γραμμές διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία, οι μετεωρολογικές συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν το σπάσιμο της επιφάνειας του ΧΥΤΑ, προκαλώντας τη διαφυγή του βιοαερίου κάθετα ή οριζόντια. Ένα φυσικό εμπόδιο για την ανοδική κίνηση του βιοαερίου είναι το παγωμένο έδαφος στην επιφάνεια του ΧΥΤΑ, προκαλώντας την πλευρική κίνηση του.
- Βαρομετρική πίεση και πίεση του αερίου. Η διαφορά μεταξύ της βαρομετρικής πίεσης και της πίεσης του βιοαερίου επιτρέπουν την κίνησή του κάθετα ή οριζόντια, που εξαρτάται από το αν η βαρομετρική πίεση είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την πίεση του βιοαερίου. Όταν η βαρομετρική πίεση πέφτει, το βιοαέριο τείνει να διαφύγει από το ΧΥΤΑ. Καθώς η βαρομετρική πίεση αυξάνεται, το βιοαέριο παραμένει στο ΧΥΤΑ προσωρινά μέχρι να υπάρξει και πάλι ισορροπία.

Είναι δύσκολο να προβλεφθεί η απόσταση που μπορεί να φτάσει το βιοαέριο, διότι πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την ικανότητά του να ταξιδεύει υπόγεια. Ωστόσο έχουν παρατηρηθεί και αποστάσεις μεγαλύτερες των 1.500 ft. Υπολογιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούν στοιχεία για το ΧΥΤΑ και τις γεωλογικές συνθήκες της γύρω περιοχής, μπορούν να προβλέψουν τον τρόπο της διαφυγής του βιοαερίου από το ΧΥΤΑ.

Τα αέρια που διαφεύγουν από ΧΥΤΑ μπορεί τελικά να φτάσουν σε κτήρια και σπίτια. Ρωγμές και κενά στα θεμέλια, η διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής πίεσης σε κτήρια ή σπίτια και τα συστήματα εξαερισμού εξασφαλίζουν σημεία εισόδου για τα αέρια. Σπίτια και κτήρια που διαθέτουν υπόγειο γενικά παρέχουν πιο εύκολη πρόσβαση στα αέρια. Η ποσότητα των αερίων που τελικά διεισδύει σε κτήρια και σπίτια εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των πρακτικών κατασκευής και συντήρησης. Η εσωτερική συγκέντρωση

του βιοαερίου εξαρτάται επίσης από το σχεδιασμό των κτηρίων και των σπιτιών, το ρυθμό ανταλλαγής αέρα και την απόσταση από το ΧΥΤΑ. [28].

2.6. ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

2.6.1. Συστήματα άντλησης βιοαερίου

Οι βασικοί στόχοι των συστημάτων συλλογής βιοαερίου είναι η μείωση των ατμοσφαιρικών εκπομπών, η ελαχιστοποίηση των οσμών και η ελαχιστοποίηση της πλευρικής διαφυγής και στη συνέχεια η ενδεχόμενη αξιοποίησή του. Για την επίτευξη αυτών των στόχων τα συστήματα πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

- Μεγάλο βαθμό συλλογής του αερίου
- Μεγάλη διάρκεια λειτουργίας
- Αντοχή στις συνθήκες λειτουργίας (π.χ. καθιζήσεις κτλ.)
- Αποφυγή δημιουργίας εκρηκτικού μίγματος αέρα/αερίου
- Καλή δυνατότητα ρύθμισης των συλλεκτών.

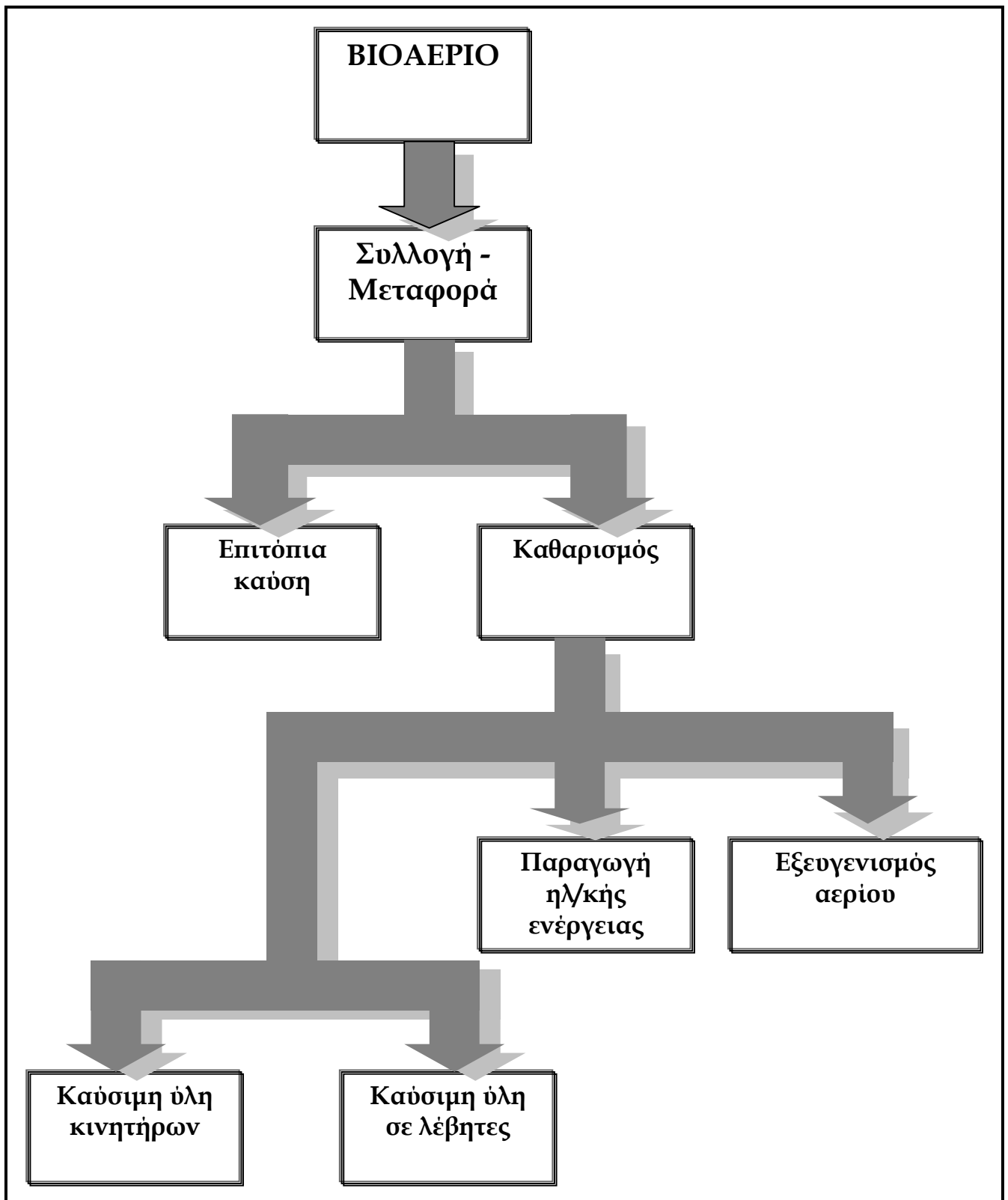
Τα συστήματα ελέγχου ταξινομούνται σε παθητικά ή ενεργητικά. Στα παθητικά συστήματα ελέγχου η συλλογή και η μεταφορά του βιοαερίου διεξάγεται με τη δική του πίεση και εφαρμόζεται κυρίως σε παλαιούς χώρους διάθεσης ΑΣΑ. Στα ενεργητικά συστήματα ελέγχου οι εγκαταστάσεις λειτουργούν με υποπίεση. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα εξής:

- Αποτελεσματική υποπίεση σε όλο το χώρο
- Ελαχιστοποίηση της άντλησης αέρα
- Τέτοια κατασκευή ώστε να αντέχει όχι μόνο κατά τη διάρκεια λειτουργίας του χώρου, αλλά και κατά τη μετέπειτα φροντίδα
- Η δυναμικότητα του να ανταποκρίνεται στην παραγωγή βιοαερίου.

Η ιδανική απαερίωση συντελείται με συνδυασμό της αποτελεσματικής μόνωσης του πυθμένα και των πρανών, του σωστού δικτύου συλλογής – μεταφοράς, του συστηματικού ελέγχου και της συντήρησης των παραπάνω συστημάτων.

Ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας βιοαερίου (Εικόνα 2.7), απαιτεί ακριβή γνώση της παραγωγής βιοαερίου. Η παραγωγή του βιοαερίου υπολογίζεται με διάφορα μοντέλα όπως περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 [3].

Εικόνα 2.7 - Σωστός σχεδιασμός συστήματος συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας βιοαερίου



Πηγή: [3]

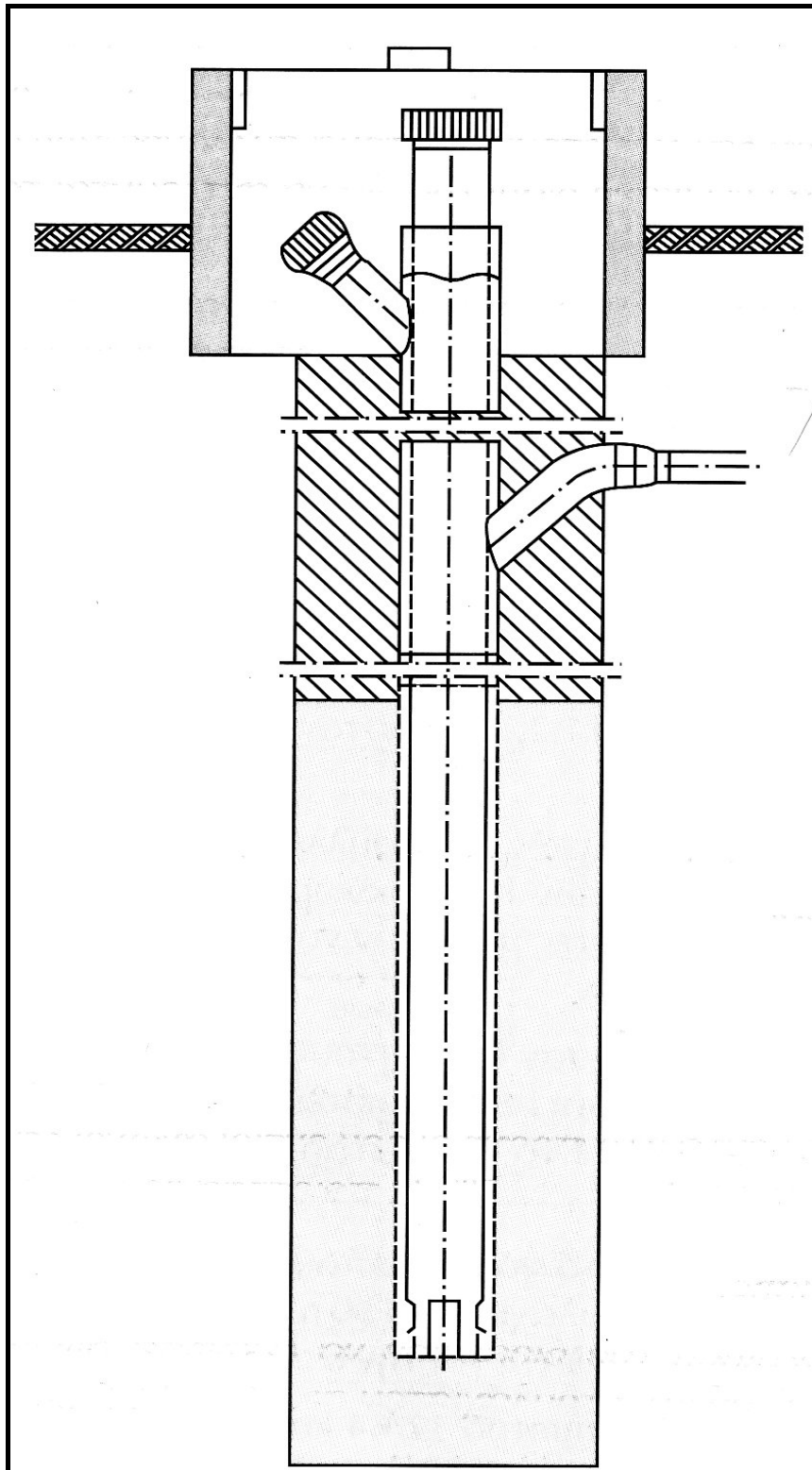
Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τους συλλεκτές, του αγωγούς μεταφοράς, το σύστημα καύσης ή το σύστημα αφύγρανσης και επεξεργασίας, καθώς και το σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης.

Οι συλλεκτές διακρίνονται σε:

- Θύλακες άντλησης: φρεάτια γεμάτα χοντροκομμένο υλικό (χαλίκι χοντρό), τα οποία μετά το κλείσιμο του χώρου ανοίγονται και με αγωγό αντλείται το βιοαέριο. Ωστόσο συναντάται μεγάλη δυσκολία άντλησης, εξαιτίας του συσσωρευμένου νερού.
- Κάθετα στοιχεία: κατασκευάζονται από χονδρόκοκα υλικά και έχουν σκοπό την παρεμπόδιση εξάπλωσης του αερίου. Για την αποφυγή δημιουργίας οσμών και διασκορπισμού του αερίου, μονώνονται (κάλυψη με μεμβράνη).
- Κάθετοι συλλέκτες αερίων: (Εικόνα 2.8) έχουν σχήμα πηγαδιού, φρεατίου ή στήλης από χαλίκι. Λόγω της οριζόντιας διαστρωμάτωσης των απορριμμάτων, η οριζόντια ροή του βιοαερίου είναι μεγαλύτερη της κάθετης και με αυτό τον τρόπο καλύπτεται πλήρως ο χώρος. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα άντλησης των συμπυκνωμάτων και των διασταλλαγμάτων από τον πυθμένα. Μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα και όταν παύσει να λειτουργεί ο χώρος. Στο κέντρο της στήλης από χαλίκι τοποθετείται ένας διάτρητος αγωγός από πλαστικό, με διάμετρο τουλάχιστον 150 mm. Το πάνω μέρος φέρει οπές και η στήλη μονώνεται για την αποφυγή διαφυγής αερίου. Για την αποφυγή μεγάλου φορτίου στη μεμβράνη, τοποθετείται πάνω από τη βάση στρώμα προστασίας από τεμαχισμένα απορρίμματα ή άλλο υλικό. Το χαλίκι πλήρωσης πρέπει να σταματά 15 – 20 % κάτω από το ύψος των απορριμμάτων. Η ένωση των αγωγών άντλησης με τους οριζόντιους αγωγούς μεταφοράς γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι καθιζήσεις και αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ευέλικτων αγωγών. Σημειώνεται, βέβαια, ότι οι συλλεκτές αερίων δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να συνδέονται με τα συστήματα συλλογής των διασταλλαγμάτων στη βάση του χώρου. Συνήθως χρησιμοποιείται πλαστικό (HDPE ή PVC) ως υλικό κατασκευής των αγωγών άντλησης. Επιπλέον, η ακτίνα επιρροής των κάθετων συλλεκτών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 – 30 m.
- Οριζόντιοι τάφροι: ένα οριζόντιο στρώμα από χοντρόκοκκο υλικό χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον κάτω από τη μόνωση της επιφάνειας.
- Οριζόντιοι αγωγοί: οι αγωγοί αυτοί περιβάλλονται από χονδρόκοκκο υλικό. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην αντλείται αέρας. Για το λόγο αυτό, κοντά στα πρανή οι οριζόντιοι αγωγοί δεν είναι διάτρητοι και η κλίση τους είναι τουλάχιστον 5%.

- Συνδυασμός συστημάτων: πρακτικά η βέλτιστη συλλογή του βιοαερίου επιτυγχάνεται με συνδυασμό συστημάτων, ανάλογα με το χώρο [3].

Εικόνα 2.8 - Κάθετος συλλέκτης αερίου



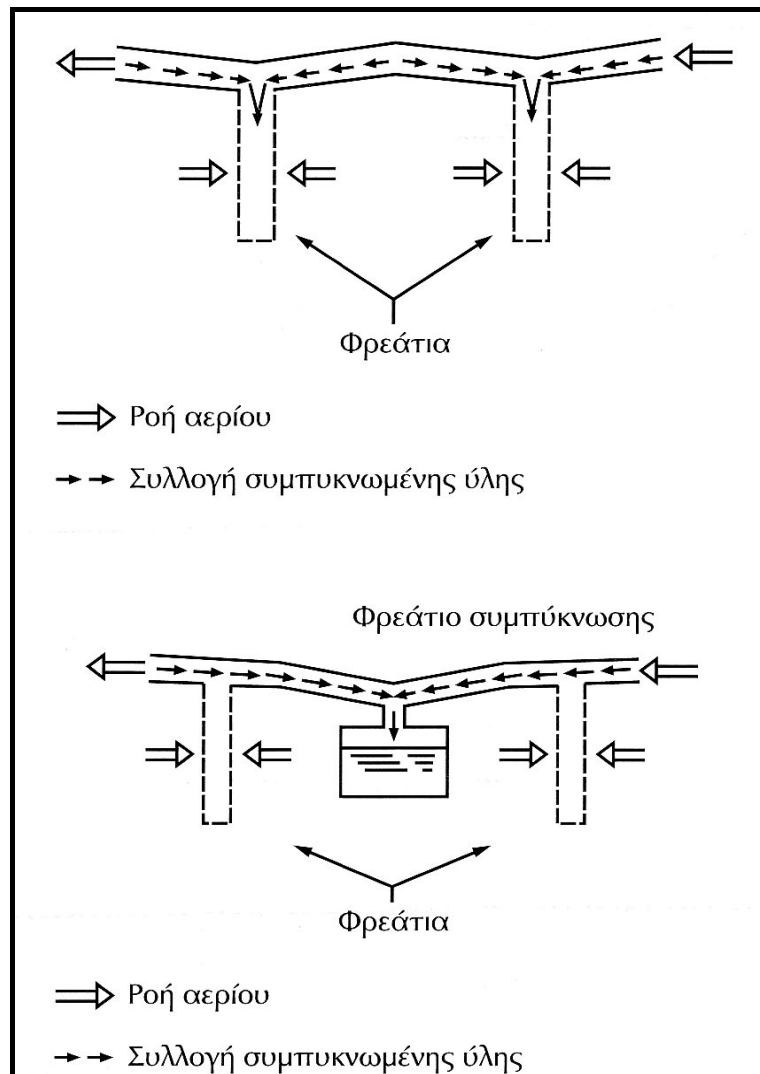
Πηγή: [3]

2.6.2. Συστήματα συλλογής, μεταφοράς και ρύθμισης βιοαερίου

Τα συστήματα άντλησης πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η διαρροή βιοαερίου και να εμποδίζεται η εισροή αέρα στο βιοαέριο. Γι' αυτό σε κάθε σύστημα άντλησης υπάρχει η κεφαλή, η οποία ρυθμίζεται σε υποπίεση 30 mbar.

Ένα από τα κρισιμότερα σημεία στον έλεγχο του βιοαερίου, είναι η εγκατάσταση των αγωγών συλλογής και μεταφοράς. Στους αγωγούς οι υδρατμοί συμπυκνώνονται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας. Επίσης οι αγωγοί μπορεί να λυγίσουν, εξαιτίας καθιζήσεων, με αποτέλεσμα στα σημεία αυτά να συγκεντρώνεται το συμπύκνωμα και για την απομάκρυνσή τους, ή άλλων υγρών, τοποθετούνται ειδικά αποστραγγιστικά συστήματα (Εικόνα 2.9) [3].

Εικόνα 2.9 - Οριζόντιοι αγωγοί χωρίς και με αποστραγγιστικό σύστημα



Πηγή: [3]

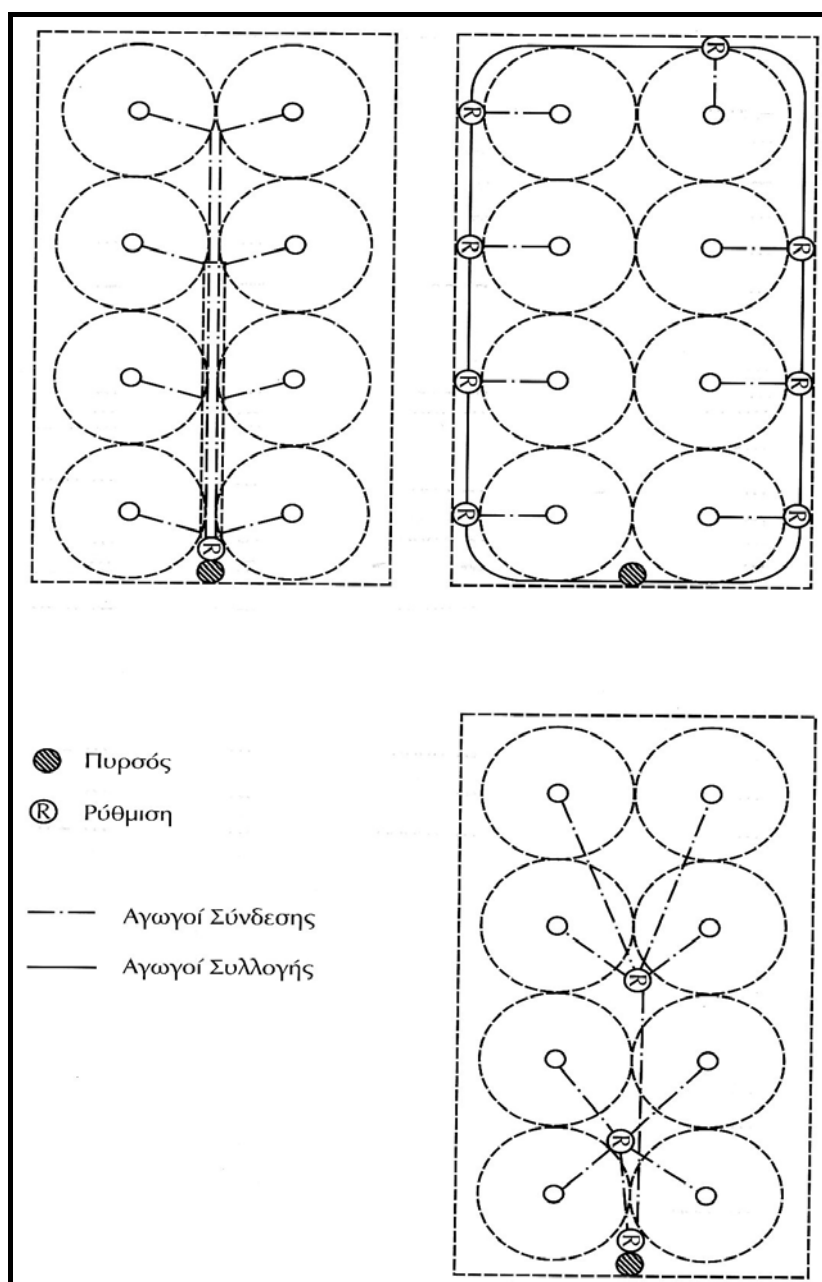
Επιπλέον οι αγωγοί πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε οποιεσδήποτε χημικές ουσίες και να απέχουν τουλάχιστον 1 m από δρόμους κυκλοφορίας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις συνδέσεις των αγωγών. Το ιδανικό πάχος είναι τουλάχιστον 10 mm και η εσωτερική διάμετρος 100 mm.

Οι αγωγοί συνίσταται να είναι υπόγειοι, ενώ στην περίπτωση που αυτό είναι αδύνατο, οι υπέργειοι αγωγοί πρέπει να καλύπτονται και να είναι κατασκευασμένοι από ηλεκτροστατικό πλαστικό ή άλλο υλικό.

Ένα άλλο σημαντικό θέμα στα συστήματα άντλησης και μεταφοράς του βιοαερίου είναι η ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων και αέρα, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία μίγματος το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Η ρύθμιση επιτυγχάνεται με στραγγαλισμό της υποπίεσης ή της ροής του βιοαερίου. Για το σκοπό αυτό απαιτείται να υπάρχει μια βαλβίδα ή δικλείδα στην κεφαλή των συστημάτων άντλησης. Βέβαια στοιχεία ρύθμισης είναι η μέτρηση της ποιότητας και της ποσότητας του αερίου, γι' αυτό απαιτείται σε κάθε κεφαλή να υπάρχει σύστημα: α) για δειγματοληψία και β) για μέτρηση της ροής του αερίου. Παράμετροι μέτρησης είναι το μεθάνιο, το οξυγόνο, το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα. Όταν εντοπιστεί αέρας και η αναλογία οξυγόνου/αζώτου είναι ίδια με αυτή της ατμόσφαιρας, τότε σημαίνει ότι υπάρχει πρόβλημα στο σύστημα συλλογής και μεταφοράς.

Η μεταφορά του βιοαερίου στο κεντρικό σύστημα συλλογής μπορεί να γίνει: α) με απ' ευθείας μεμονωμένους αγωγούς από τα φρεάτια άντλησης, β) με ενδιάμεσους σταθμούς και γ) με το σύστημα των δακτυλίων (Εικόνα 2.10) [3].

Εικόνα 2.10 - Δυνατότητες σύνδεσης αγωγών μεταφοράς με σταθμό συλλογής



Πηγή: [3]

2.6.3. Καθαρισμός και επεξεργασία βιοαερίου

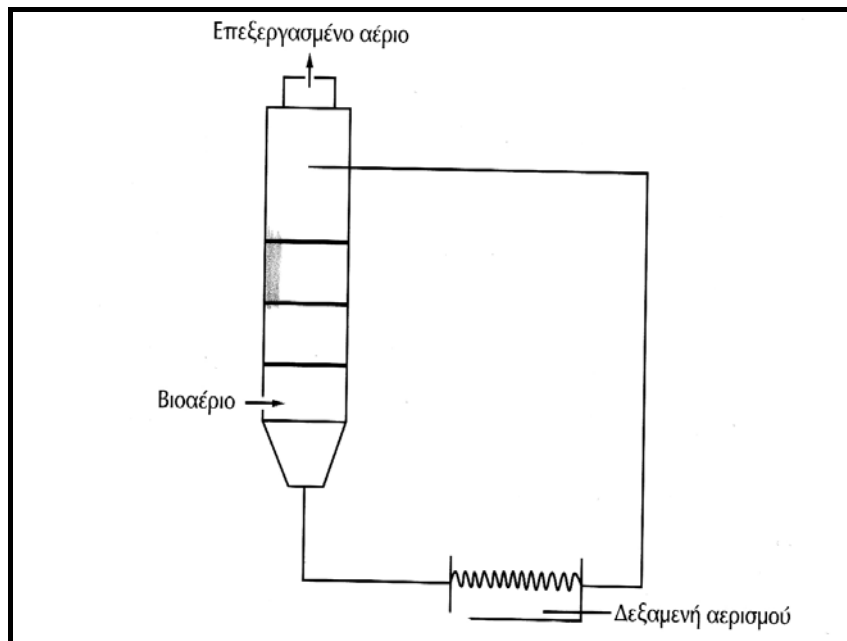
Η θερμογόνος δύναμη του βιοαερίου είναι αρκετά υψηλή ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως. Ωστόσο από τη σύνθεσή του φαίνεται ότι περιέχει πολλά ιχνοαέρια τα οποία είναι δηλητηριώδη ή/και μπορούν να προκαλέσουν οσμές. Ιδιαίτερα οι αλογενείς υδρογονάνθρακες καθώς και το υδρόθειο δημιουργούν προβλήματα κατά την ενεργειακή αξιοποίησή του. Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί το βιοαέριο απαιτείται ο καθαρισμός του από τις ουσίες:

υδρατμούς, υδρόθειο, υδρογονάνθρακες (ιδιαίτερα τους χλωριωμένους και τους φθοριωμένους), καθώς και διαχωρισμός του μεθανίου από το διοξείδιο του άνθρακα [3].

2.6.3.1. Βιολογική επεξεργασία

Σχεδόν όλες οι ουσίες που δημιουργούν τις οσμές μπορούν να αποδομηθούν βιολογικά με μικροοργανισμούς. Το βιολογικά επεξεργασμένο βιοαέριο μπορεί είτε να ελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα, είτε να καεί επιτόπου σε ειδική συσκευή. Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται με βιοπλυντρίδες (Εικόνα 2.11) ή βιόφιλτρα.

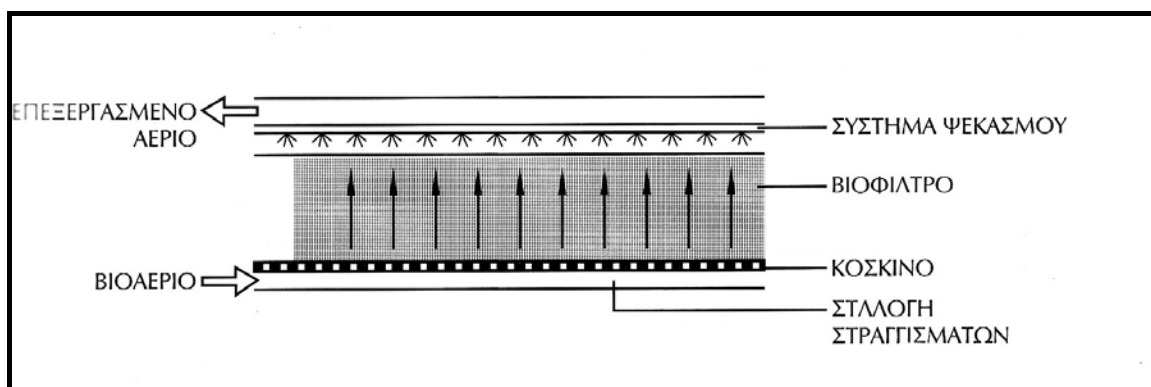
Εικόνα 2.11 - Πλυντρίδα για τον καθαρισμό του βιοαερίου



Πηγή: [3]

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καθαρισμού των αερίων είναι αυτή των βιοφίλτρων (Εικόνα 2.12), διότι είναι απλή, τεχνικά και οικονομικά εφικτή. Το βιοαέριο διοχετεύεται στο φίλτρο μέσω οπών στο κάτω μέρος του. Μέσω ρόφησης και μικροβιολογικής αποδόμησης, απομακρύνονται οι ανεπιθύμητες ουσίες. Ως φίλτρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί Κομπόστ. Το υλικό αυτό πρέπει να έχει την κατάλληλη υγρασία (40 -60 %).

Εικόνα 2.12 - Βιόφιλτρο



Πηγή: [3]

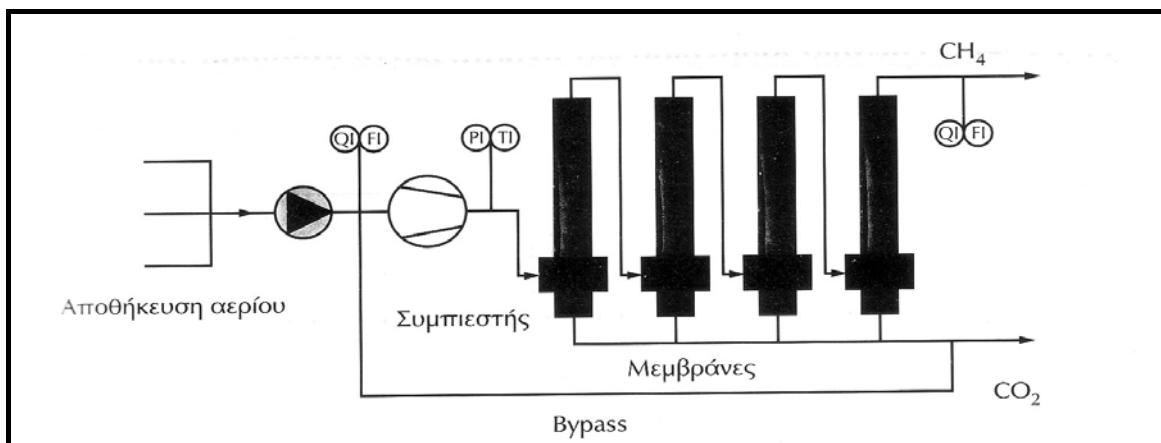
2.6.3.2. Επεξεργασία βιοαερίου για μετέπειτα αξιοποίησή του

Η επεξεργασία του βιοαερίου απαιτεί:

1. Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα: επιτυγχάνεται η προσρόφηση του υδρόθειου και των οργανικών ενώσεων. Το υδρόθειο υπό την παρουσία οξυγόνου και την καταλυτική επιρροή του ενεργού άνθρακα μετατρέπεται σε θείο. Σε δεύτερο στάδιο απομακρύνονται οι οργανικές ενώσεις.
2. Απορρόφηση με νερό ή άλλα διαλύματα.

Ο διαχωρισμός του μεθανίου από το διοξείδιο του άνθρακα πραγματοποιείται είτε με προσρόφηση υπό πίεση, είτε με φυσικές και χημικές μεθόδους, είτε με τη χρήση μη πορωδών μεμβρανών. Στην τελευταία περίπτωση χρησιμοποιούνται μεμβράνες από πολυμερή (Εικόνα 2.13). Ο διαχωρισμός του αερίου μίγματος γίνεται λόγω των διαφορετικών ταχυτήτων μεταφοράς των αερίων. Οι γνωστές μεμβράνες είναι λιγότερο περατές από το άζωτο και το μεθάνιο σε αντίθεση με το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο, το υδρόθειο και το νερό [3].

Εικόνα 2.13 - Διαχωρισμός με μεμβράνες



Πηγή: [3]

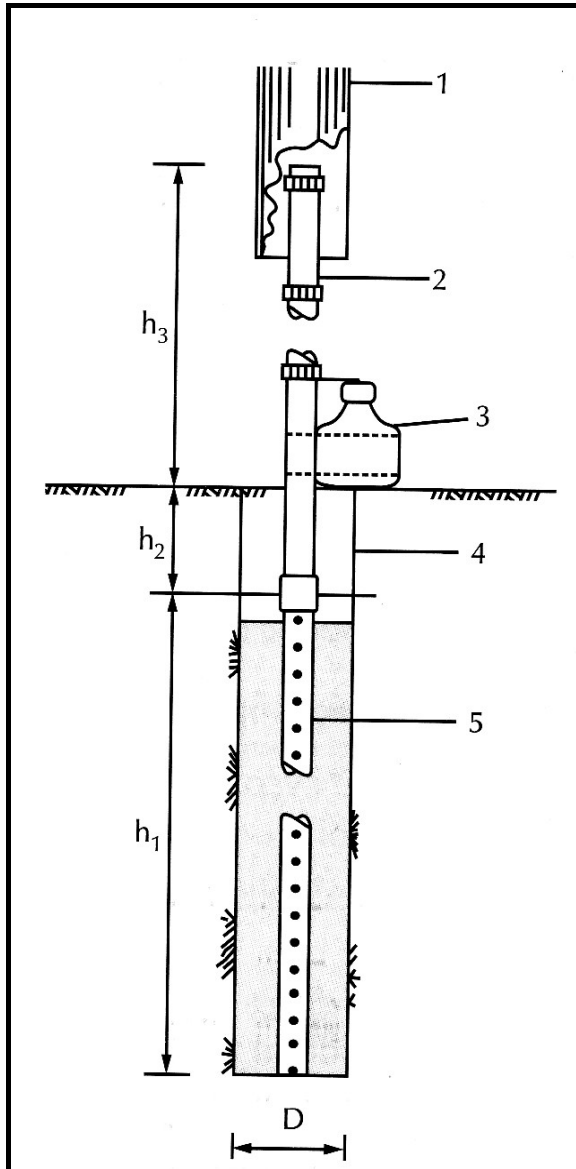
2.6.4. Επιτόπια καύση του βιοαερίου

Σε περίπτωση που δεν αξιοποιηθεί ενεργειακά το βιοαέριο, πριν διοχετευτεί στην ατμόσφαιρα πρέπει να καθαριστεί ή να καεί σε ειδικές και σχετικά απλές συσκευές (πυρσούς καύσης), για περιβαλλοντικούς λόγους.

Με την καύση, καίγονται όλες οι ουσίες που δημιουργούν τις οσμές. Η ελάχιστη θερμοκρασία στον πυρσό καύσης είναι 850 °C και ο χρόνος παραμονής 0,2 sec. Υπάρχουν διάφορα συστήματα καύσης του βιοαερίου για την επιτόπια καύση. Στις Εικόνες 2.14 και 2.15 φαίνονται οι τομές δύο

τέτοιων συστημάτων. Το αέριο εισέρχεται μέσω των κύριων αγωγών και αναμιγνύεται στον αγωγό ανάμιξης με τον αέρα. Το μίγμα αερίου – αέρα οδηγείται στον αγωγό καύσης και μέσω ενός συστήματος ανάφλεξης, αναφλέγεται. Με μία σύνθεση βιοαερίου 28 – 34 % CH₄, 22 – 35 % CO₂ και 3,5 – 5,5 % O₂ και ποσότητες αερίου 200 – 800 m³, οι εκπομπές ρύπων μετά την καύση στον πυρσό, είναι αρκετά υψηλές. Πιο συγκεκριμένα, τα NO_x κυμαίνονται μεταξύ 5 και 30 ppb, το SO₂ λιγότερο από 1 g/Nm³, το CO₂ μεταξύ 30 – 300 ppb, το υδροχλώριο και το υδροφθόριο λιγότερο από 1 mg/Nm³, τα πτητικά οργανικά, εκφράζονται ως προπάνιο, κυμαίνονται μεταξύ 1 και 10 ppb. Τέλος, οι διοξίνες και οι φουράνες βρίσκονται στο επίπεδο των 0,02 ng/Nm³ [3].

Εικόνα 2.14 - Τυπικός καυστήρας αερίων ελεγχόμενης εναπόθεσης απορριμμάτων



Πηγή: [3]

1. Οπή για καύση ή διάχυση αερίων
2. Σωλήνας ρύθμισης ροής αερίου
3. Φιάλη συγκέντρωσης αερίων
4. Συμπιεσμένο χρώμα
5. Διάτρητος αποάλινος σωλήνας (PVC) $\Phi = 2 - 3$ ίντσες

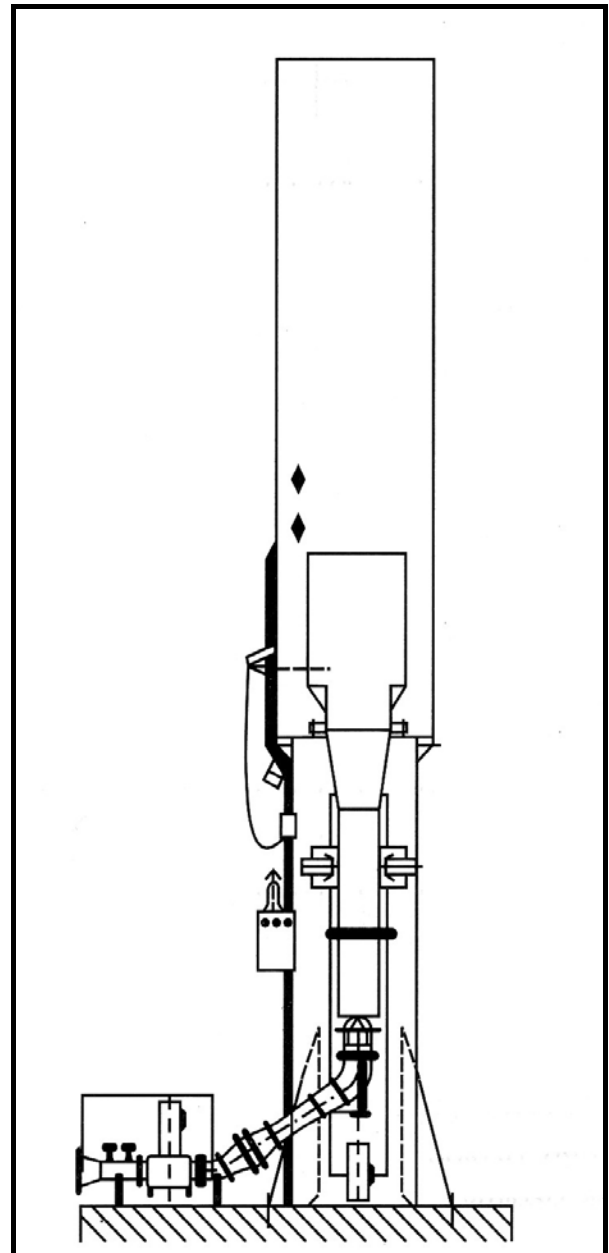
Το ύψος h_1 είναι μεταβλητό

$h_2 = 2$ ft

$h_3 = 1$ ft

$D = 2$ ft

Εικόνα 2.15 - Σύστημα επιτόπιας καύσης του βιοαερίου (πυρσός καύσης)



Πηγή: [3]

2.6.5. Χρήση του βιοαερίου

2.6.5.1. Θέρμανση

Για κάθε τεχνική και οικονομική εξέταση χρήσης του βιοαερίου, είναι απαραίτητη η γνώση της ποσότητας και της σύνθεσής του. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το βιοαέριο είναι επιβαρημένο με επικίνδυνα ιχνοαέρια, τα οποία πρέπει οπωσδήποτε να απομακρυνθούν. Οξείδωση αυτών των ουσιών στην εστία καύσης μπορεί να δημιουργήσει αέρια που διαβρώνουν την εγκατάσταση. Χαρακτηριστικά αναφέρονται το χλώριο και το φθόριο τα οποία δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 200 mg/m³. Βέβαια οι ουσίες αυτές μπορούν να απομακρυνθούν είτε με φίλτρα, είτε με πλήρη συστήματα καθαρισμού.

Το αέριο συλλέγεται στα φρεάτια και μεταφέρεται με αγωγούς. Κατά διαστήματα υπάρχουν διαχωριστές νερού. Για τη χρήση του βιοαερίου απαιτείται:

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

Ο συμπιεστής μπορεί να λειτουργήσει τόσο με πετρέλαιο, όσο και με μεθάνιο και με πετρέλαιο. Για να λειτουργήσει με μεθάνιο πρέπει λόγω της εξάρτησης του αριθμού στροφών, να χρησιμοποιηθεί για την ανάφλεξη 10 – 20 % diesel [3].

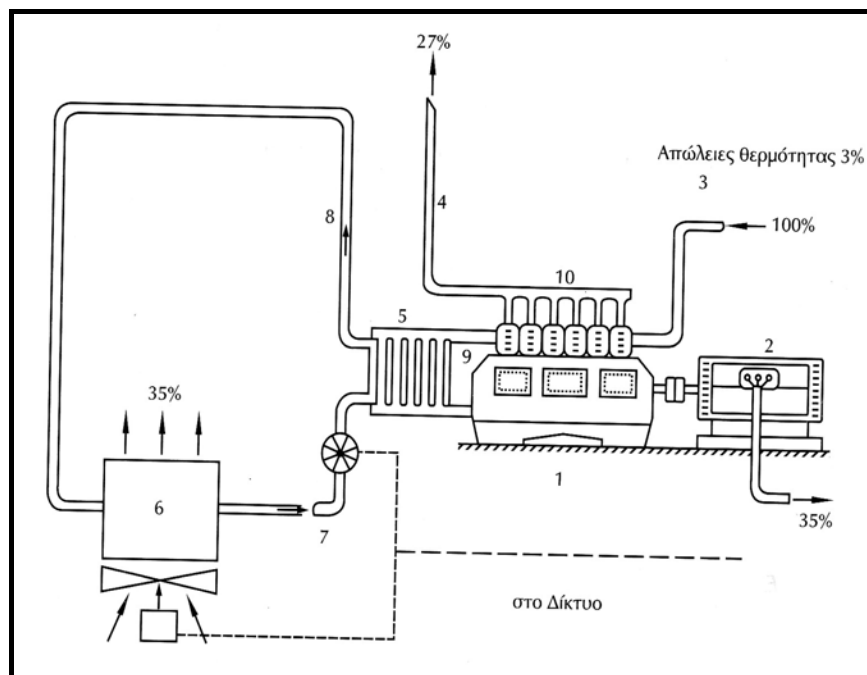
2.6.5.2. Χρήση του βιοαερίου σε συμπιεστές στερεών απορριμμάτων

Το βιοαέριο με υψηλή θερμογόνο τιμή, περίπου 5 kw/m³, αποτελεί πηγή ενέργειας. Μετά από επεξεργασία μπορεί το μεθάνιο να φτάσει σε βαθμό καθαρότητας 95 – 98 % και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη στους συμπιεστές στερεών απορριμμάτων [3].

2.6.5.3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η καύση του βιοαερίου σε κινητήρες αερίου, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει προσαρμοστεί σε αρκετές εγκαταστάσεις. Η αξιοποίηση του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Εικόνα 2.16) σε χώρους ελεγχόμενης απόθεσης αντιστοιχεί στο 30% της συνολικής διαθέσιμης ενέργειας. Στις Εικόνες 2.17 και 2.18 παρουσιάζονται οι δυνατές εναλλακτικές λύσεις για την παραγωγή θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας [3].

Εικόνα 2.16 - Εγκατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο

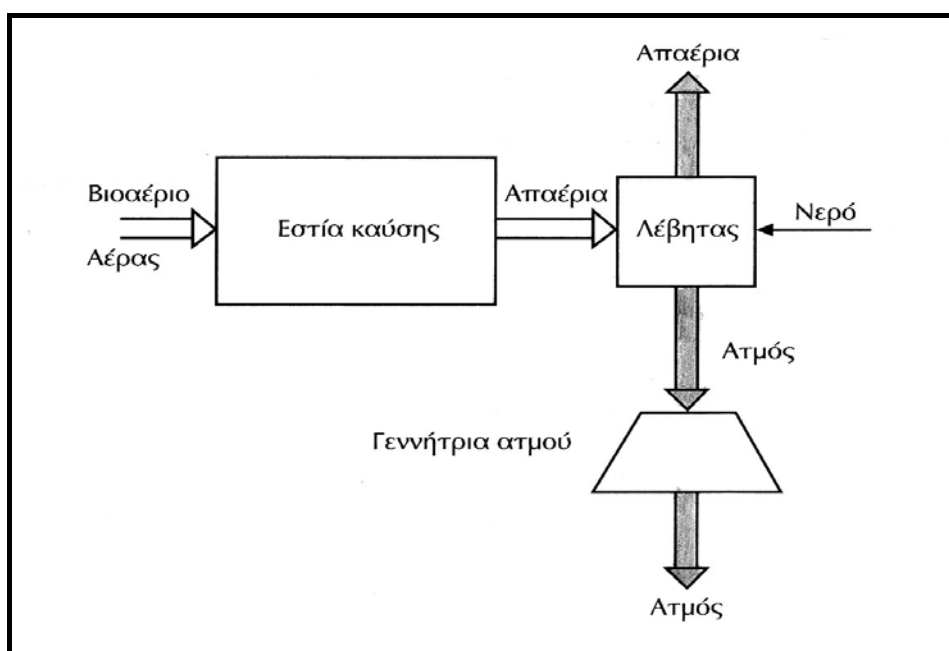


Πηγή: [3]

Στο δίκτυο

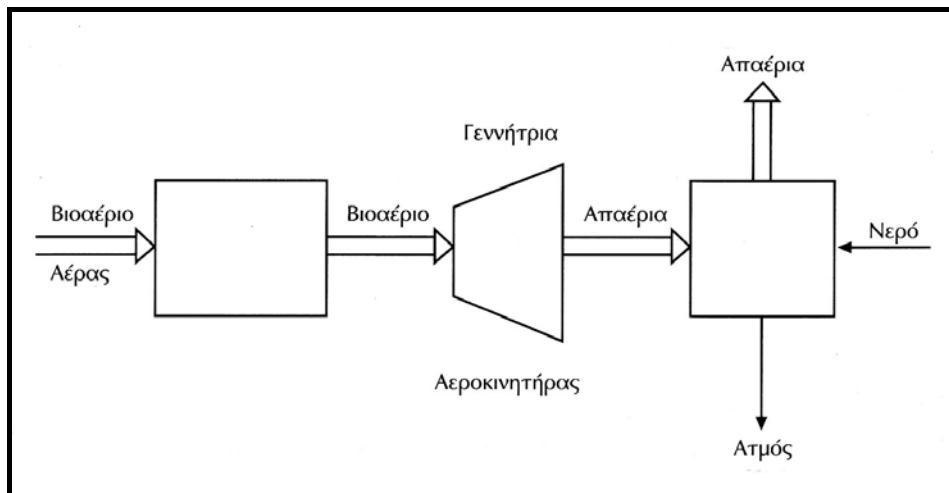
- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Αεροκινητήρας | 6. Ψύκτης |
| 2. Γεννήτρια | 7. Είσοδος θερμού νερού |
| 3. Βιοαέριο | 8. Έξοδος θερμού νερού |
| 4. Απαέρια | 9. Ψύξη κινητήρα |
| 5. Εναλλάκτης θερμότητας | 10. Συλλέκτης απασερ |

Εικόνα 2.17 - Παραγωγή ατμού για θέρμανση και ηλεκτρική ενέργεια



Πηγή: [3]

Εικόνα 2.18 - Παραγωγή ατμού για θέρμανση με αεροκινητήρα και ηλεκτρική ενέργεια



Πηγή: [3]

2.6.6. Λειτουργία - συντήρηση και έλεγχος μονάδας βιοαερίου

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου, ιδιαίτερα κατά την πρώτη φάση λειτουργίας τους, απαιτούν ιδιαίτερη φροντίδα. Αυτό επιτυγχάνεται με συνεχείς μετρήσεις της ποσότητας και ποιότητας του αερίου και σε κάθε σύστημα συλλογής. Συνήθως, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στα συστήματα άντλησης μέχρι μετά από ένα χρονικό διάστημα σταθεροποιηθούν. Μετά την πρώτη φάση λειτουργίας, το σύστημα πρέπει να παρακολουθείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. μονώσεις, βαλβίδες κ.ά.).

Εκτός από τη μακροσκοπική παρακολούθηση, ο έλεγχος στην επιφάνεια του χώρου για τυχόν διαφυγή αερίου μπορεί να γίνει με ανιχνευτή. Επίσης, εξωτερικά του χώρου ελεγχόμενης απόθεσης κατασκευάζονται γεωτρήσεις παρακολούθησης, ώστε να εντοπισθούν οποιεσδήποτε διαρροές βιοαερίου [3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΧΥΤΑ/ΧΔΑ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή βιοαερίου και κατ' επέκταση μεθανίου: Σύνθεση απορριμμάτων: όσο μεγαλύτερο είναι το οργανικό κλάσμα στα απορρίμματα, τόσο περισσότερο βιοαέριο παράγεται από την αποσύνθεσή τους. Μερικά είδη οργανικών απορριμμάτων περιέχουν θρεπτικά, όπως νάτριο, κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο, που βοηθούν στην ανάπτυξη των βακτηρίων. Η παραγωγή βιοαερίου αυξάνεται με την παρουσία αυτών των θρεπτικών. Εναλλακτικά, μερικά απορρίμματα περιέχουν ουσίες που βλάπτουν τα βακτήρια, μειώνοντας την παραγωγή αερίων. Για παράδειγμα, τα βακτήρια που βοηθούν στη μεθανογένεση βλάπτονται, με την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων αλάτων.

Οξυγόνο στο ΧΥΤΑ: μόνο όταν το οξυγόνο αρχίζει να εξαντλείται, τα βακτήρια ξεκινούν την παραγωγή μεθανίου. Όσο περισσότερο οξυγόνο βρίσκεται στο ΧΥΤΑ, τόσο περισσότερο αερόβια βακτήρια διασπούν τα απορρίμματα στη φάση 1. Αν τα απορρίμματα θάβονται ελεύθερα ή μετακινούνται συχνά, το οξυγόνο είναι περισσότερο διαθέσιμο, και τα αερόβια βακτήρια ζουν για μεγαλύτερο διάστημα και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα και νερό για μεγαλύτερη περίοδο. Αν τα απορρίμματα είναι αρκετά συμπεσμένα, η παραγωγή μεθανίου ξεκινά νωρίτερα

καθώς τα αερόβια βακτήρια αντικαθιστούνται από αναερόβια που βοηθούν στη μεθανογένεση. Η παραγωγή μεθανίου ξεκινά, από τα αναερόβια βακτήρια, μόνο όταν το οξυγόνο εξαντληθεί από τα αναερόβια, γι' αυτό η παραγωγή μεθανίου μειώνεται με την παρουσία οξυγόνου. Το υψηλό βαρομετρικό τείνει να εισάγει ατμοσφαιρικό οξυγόνο στην επιφάνεια του ΧΥΤΑ, πιθανώς μεταβάλλοντας τη βακτηριακή δραστηριότητα. Αυτό σημαίνει, ότι απορρίμματα που βρίσκονται στην τρίτη φάση μπορεί να επιστρέψουν στην πρώτη φάση μέχρι την εξάντληση του οξυγόνου.

Περιεχόμενη υγρασία: η παρουσία κάποιας ποσότητας νερού στα απορρίμματα αυξάνει την παραγωγή αερίων, επειδή η υγρασία βοηθά την ανάπτυξη των βακτηρίων και τη μεταφορά θρεπτικών και βακτηρίων σε όλες τις περιοχές του ΧΥΤΑ. Περίπου 40% ή και περισσότερη υγρασία, βασιζόμενη σε υγρή μάζα απορριμμάτων, προάγει την παραγωγή αερίων. Η συμπίεση των απορριμμάτων μειώνει την παραγωγή αερίων, επειδή αυξάνει την πυκνότητά τους μειώνοντας το ρυθμό διείσδυσης της υγρασίας. Επίσης, η έντονη βροχόπτωση βοηθά τη παραγωγή αερίων και/ή η διαπερατή κάλυψη του ΧΥΤΑ προσθέτοντας επιπλέον νερό.

Θερμοκρασία: η αυξημένη θερμοκρασία αυξάνει τη βακτηριακή δραστηριότητα και κατ' επέκταση το ρυθμό παραγωγής αερίων. Αντίθετα, η μειωμένη θερμοκρασία εμποδίζει τη βακτηριακή δραστηριότητα. Οι αλλαγές του καιρού έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην παραγωγή αερίων σε ρηχούς ΧΥΤΑ. Αυτό συμβαίνει διότι τα βακτήρια δεν είναι τόσο απομονωμένα στις αλλαγές θερμοκρασίας όσο σε βαθύτερους χώρους με παχύ στρώμα κάλυψης. Ένας καλυμμένος ΧΥΤΑ διατηρεί σχετικά σταθερή θερμοκρασία, μεγιστοποιώντας την παραγωγή αερίων. Η βακτηριακή δραστηριότητα συνοδεύεται από απελευθέρωση θερμότητας, σταθεροποιώντας τη θερμοκρασία στο ΧΥΤΑ. Επιπλέον, η αυξημένη θερμοκρασία προάγει την εξάτμιση και τις χημικές αντιδράσεις. Σε γενικούς κανόνες, οι εκπομπές NMOCs διπλασιάζονται για αύξηση θερμοκρασίας 18° F.

Ηλικία απορριμμάτων: νεότερα απορρίμματα παράγουν περισσότερα αέρια από παλαιότερα απορρίμματα. Οι ΧΥΤΑ παράγουν, συνήθως, περισσότερο βιοαέριο μέσα σε 1 έως 3 έτη. Η μέγιστη παραγωγή αερίων λαμβάνει χώρα σε 5 έως 7 έτη από την αρχική τοποθέτηση των απορριμμάτων. Σχεδόν όλο το βιοαέριο παράγεται στα πρώτα 20 έτη. Ωστόσο μικρές ποσότητες αερίων μπορεί να συνεχίσουν να εκπέμπονται από το ΧΥΤΑ για 50 ή και περισσότερα έτη. Διαφορετικά τμήματα του

ΧΥΤΑ μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετική φάση αποσύνθεσης, ταυτόχρονα, ανάλογα με το πότε τοποθετήθηκαν τα απορρίμματα σε κάθε περιοχή [13].

3.2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΘΑΝΙΟΥ

Χρησιμοποιούνται σήμερα διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση των εκπομπών βιοαερίου από χώρους διάθεσης στερεών απορριμμάτων. Αυτές οι μέθοδοι διαφέρουν σημαντικά, όχι μόνο στις παραδοχές τις οποίες κάνουν, αλλά και ως προς την πολυπλοκότητά τους και τα στοιχεία που απαιτούν για να λειτουργήσουν. Ωστόσο, η αβεβαιότητα των εκτιμήσεων είναι μεγάλη, διότι ο ίδιος ο μηχανισμός των εκπομπών είναι πολύπλοκος και κατ' επέκταση οι υπολογισμοί είναι δύσκολοι. Επίσης, είναι δύσκολη η συλλογή αξιόπιστων στοιχείων για τα απορρίμματα.

Περιγράφονται τώρα αναλυτικά οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον υπολογισμό των ανεξέλεγκτων εκπομπών βιοαερίου.

3.2.1. Οι κατευθυντήριες οδηγίες του Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Προτείνονται δύο μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών CH₄ από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ:

- Η εξ' ορισμού μεθοδολογία του IPCC (default IPCC methodology), η οποία βασίζεται στη θεωρητική παραγωγή μεθανίου (εξίσωση ισοζυγίου μάζας). Η μέθοδος αυτή δεν λαμβάνει υπόψη της την παράμετρο του χρόνου στη διάθεση των απορριμμάτων και στις διεργασίες αποδόμησης. Υποθέτει ότι όλη η ποσότητα μεθανίου απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια απόθεσης των απορριμμάτων, γεγονός που δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα. Οι εκτιμήσεις της μεθόδου είναι λογικές στην περίπτωση που οι ετήσιες ποσότητες, η σύνθεση των απορριμμάτων και ο τρόπος απόθεσής τους παραμένουν αμετάβλητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Η μέθοδος βασίζεται στην εξίσωση:

$$\text{CH}_4 \text{ (Gg/yr)} = (\text{MSW}_T * \text{MSW}_F * \text{MCF} * \text{DOC} * \text{DOC}_F * F * 16 / 12 - R) * (1 - \text{OX}) \quad (1)$$

όπου:

MSW_T : η συνολική ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων, Gg/yr

MSW_F : το κλάσμα των απορριμμάτων που καταλήγει σε χώρους διάθεσης

MCF : συντελεστής διόρθωσης μεθανίου (κλάσμα)

DOC : το κλάσμα αποδομήσιμου οργανικού άνθρακα, kg C/kg ΑΣΑ

DOC_F : το κλάσμα του DOC που γίνεται τελικά μεθάνιο

F : το κλάσμα του μεθανίου στο βιοαέριο (IPCC default 0,5)

$16/12$:μετατροπή του C σε CH_4

OX : το κλάσμα του μεθανίου που οξειδώνεται (IPCC default 0)

R : ανακτώμενο CH_4 (Gg/yr)

Οι τιμές των παραμέτρων, όπως προτείνονται από το IPCC είναι:

MSW_T → από πίνακες που παρέχουν τιμές ειδικής παραγωγής απορριμμάτων, kg ΑΣΑ/ κάτοικο/ ημέρα (Παράρτημα 2)

MSW_F → από πίνακες που παρέχουν τιμές ειδικής ταφής απορριμμάτων, kg ΑΣΑ/ κάτοικο/ ημέρα (Παράρτημα 2)

MCF → προτείνονται 3 τιμές από 0,4 – 1, ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης του χώρου διάθεσης (γενική τιμή 0,6)

Τα αστικά απορρίμματα μπορούν να αποτεθούν με ένα ευρύ φάσμα συνθηκών πεδίου. Οι σύγχρονοι ΧΥΤΑ χαρακτηρίζονται από ευνοϊκές συνθήκες για αναερόβια αποσύνθεση. Πιο συγκεκριμένα:

- ο Μεγάλο βάθος ταφής (ελάχιστο 10 μέτρα)
- ο Υψηλή συμπίεση με ειδικά μηχανήματα
- ο Σωστά σχεδιασμένα συστήματα συλλογής στραγγισμάτων και όμβριων υδάτων
- ο Έλεγχος της ποσότητας και της σύστασης των εισερχομένων στο χώρο απορριμμάτων
- ο Συχνή επικάλυψη με χώμα
- ο Αποφυγή των πυρκαγιών
- ο Αποφυγή της εισόδου ζώων στο χώρο
- ο Εγκατάσταση συστήματος συλλογής, ελέγχου και ανάκτησης του βιοαερίου

Αντιθέτως, οι συνθήκες που επικρατούν στους ανεξέλεγκτους ή ημι-ελεγχόμενους χώρους ταφής απορριμμάτων, ευνοούν την αερόβια αποσύνθεση. Πιο συγκεκριμένα:

- ο Μικρά βάθη ταφής (< 5 μέτρα)

- ο Φτωχός μηχανολογικός εξοπλισμός με αποτέλεσμα τη μικρή συμπίεση των απορριμμάτων
- ο Καθόλου ή περιορισμένη κάλυψη της επιφάνειας
- ο Αναμόχλευση των απορριμμάτων από ανθρώπους και ζώα
- ο Συχνές φωτιές, πολλές από τις οποίες προκαλούνται σκόπιμα για τη μείωση του όγκου των απορριμμάτων.

Οι πραγματικές συνθήκες, στις περισσότερες περιπτώσεις, βρίσκονται κάπου ανάμεσα στους δύο παραπάνω τρόπους διάθεσης. Το IPCC προτείνει τις παρακάτω τιμές για τον συντελεστή MCF.

Πίνακας 3.1 - Τιμές της παραμέτρου MCF, ανάλογα με τον τρόπο διάθεσης των ΑΣΑ

Τρόπος διάθεσης ΑΣΑ	MCF
Ελεγχόμενοι χώροι	1
Μη ελεγχόμενοι - βάθος > 5 m	0,8
Μη ελεγχόμενοι - βάθος < 5 m	0,4
Μη καθορισμένοι χώροι	0,6

Πηγή: [13]

DOC → από πίνακες που δίνουν το ποσοστό του DOC στα απορρίμματα ανά χώρα (Παράρτημα 2). Επίσης προτείνεται η εξίσωση:

$$\text{DOC (\%)} = 0,4(A) + 0,17(B) + 0,15(C) + 0,3(D)$$

όπου:

A : το ποσοστό των χαρτιών και των υφασμάτων στα ΑΣΑ

B : το ποσοστό των απορριμμάτων κήπου και άλλων οργανικών που αποσυντίθενται, εκτός από τα τροφικά υπολείμματα, στα ΑΣΑ

C : το ποσοστό των τροφικών υπολειμμάτων στα ΑΣΑ

D : το ποσοστό του ξύλου στα ΑΣΑ

Τα παραπάνω ποσοστά όπως προτείνονται από το IPCC, φαίνονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 - Τιμές της παραμέτρου DOC σε σχέση με τα A, B, C, D.

Κλάσμα ΑΣΑ	DOC (% κατά βάρος)
A. Χαρτί και ύφασμα	40
B. Απορρίμματα κήπου και άλλα οργανικά που μπορούν να αποσυντεθούν, εκτός από τροφικά υπολείμματα	17
C. Τροφικά υπολείμματα	15
D. Ξύλο	30

Πηγή: [13]

DOC_F → από τη θεωρητική εξίσωση του Tabasaran: $DOC_F = 0,014 \cdot T + 0,28$, όπου T η θερμοκρασία των απορριμμάτων.

Ωστόσο, σήμερα, οι τιμές αυτής της παραμέτρου είναι υπό εξέταση και το IPCC προτείνει μια μέση τιμή της τάξης του 0,5. Παρόλα αυτά, δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο σε ποιο βαθμό η θερμοκρασία στην αναερόβια ζώνη επηρεάζει το ποσοστό του DOC που μετατρέπεται σε μεθάνιο, κατά την αποδόμηση.

F → Το βιοαέριο στη βασική αναερόβια φάση, αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα και από ένα μεγάλο αριθμό ιχνοαερίων. Το IPCC προτείνει την τιμή 0,5, δηλαδή θεωρείται ότι το βιοαέριο αποτελείται από 50% CH₄ και 50% CO₂.

OX → Το IPCC προτείνει 0 γι' αυτή την παράμετρο, αν και τα τελευταία έτη υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την πραγματική τιμή της. Πειράματα πεδίου δείχνουν ξεκάθαρα ότι υπάρχει το φαινόμενο της οξείδωσης, αν και τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν σταθερότητα.

Σε γενικές γραμμές η μέθοδος είναι απλή και οι υπολογισμοί απαιτούν περιορισμένο αριθμό παραμέτρων. Ωστόσο οι υπολογιζόμενες εκπομπές δεν αντανakλούν τις αλλαγές της σύστασης, των ποσοτήτων και των τρόπων διάθεσης των απορριμμάτων με το χρόνο [13].

- Οι θεωρητικές μεθοδολογίες κινητικής πρώτης τάξης. Από αυτή την ομάδα μεθόδων υπολογίζονται εκπομπές μεθανίου συναρτήσει του χρόνου και τα αποτελέσματά τους είναι ακριβέστερα σε σχέση με την πρώτη μέθοδο.

Από αυτές το IPCC εισάγει το μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης FOD – First Order Decay Model (1996). Το μοντέλο παρουσιάζεται μέσα από 3 εξισώσεις. Η πρώτη εφαρμόζεται για έναν ή για μια επιλογή από ορισμένους ΧΥΤΑ/ΧΔΑ:

$$Q = L_0 * R * (e^{-kc} - e^{-kt})$$

όπου:

Q : η παραγωγή μεθανίου το τρέχον έτος, m^3/yr

L_0 : το δυναμικό παραγωγής μεθανίου, $m^3 CH_4/ tn$ απορριμμάτων

R : ο μέσος ετήσιος ρυθμός αποδοχής απορριμμάτων κατά τη διάρκεια ενεργής ζωής του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ, Mg/yr

k : η σταθερά του ρυθμού παραγωγής μεθανίου, yr^{-1}

c : χρόνος μετά την παύση λειτουργίας του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ, yr

t : χρόνος από την αρχή λειτουργίας του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ, yr

Σημειώνεται ότι το μοντέλο αυτό αρχικά σχεδιάστηκε για τον υπολογισμό της παραγωγής μεθανίου και όχι των εκπομπών μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο υπάρχουν φαινόμενα που επηρεάζουν την τύχη του μεθανίου από την παραγωγή του και μέχρι την τελική εκπομπή του, όπως η πλευρική «μετανάστευσή» του, η δέσμευσή του και ο οξειδωσή στο εδαφικό υλικό κάλυψης. Μέχρι σήμερα, όμως δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για την ικανοποιητική περιγραφή αυτών των φαινομένων, με αποτέλεσμα να είναι γενικά αποδεκτό ότι σχεδόν όλο το μεθάνιο που παράγεται απελευθερώνεται τελικά στην ατμόσφαιρα. Μάλιστα, σε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ χωρίς συστήματα συλλογής βιοαερίου και τελική εδαφική κάλυψη, το σφάλμα ελαχιστοποιείται [13], [29].

Η παρακάτω εξίσωση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της παραγωγής μεθανίου το έτος T από όλα τα απορρίμματα που ενταφιάστηκαν το έτος x , μετά τον υπολογισμό των εκπομπών σε τοπικό ή εθνικό επίπεδο:

$$Q_{T,x} = k * R_x * L_0 * e^{-k(T-x)}$$

όπου:

$Q_{T,x}$: η ποσότητα μεθανίου που παράγεται το έτος T από τα απορρίμματα R_x ,
Mg

x : το έτος απόθεσης των απορριμμάτων

R_x : η ποσότητα των απορριμμάτων που ενταφιάστηκαν το έτος x

T : το τρέχον έτος

Για τον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών μεθανίου το έτος T από τα απορρίμματα που ενταφιάστηκαν τα προηγούμενα έτη, μπορεί να λυθεί η παραπάνω εξίσωση για όλες τις τιμές του R_x και να αθροιστούν τα αποτελέσματα με χρήση της εξίσωσης:

$$Q_T = \sum Q_{T,x}$$

όπου:

x : χρόνος από το έτος έναρξης λειτουργίας του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ έως το τρέχον έτος T

Q_T : οι συνολικές εκπομπές μεθανίου το έτος T από τα απορρίμματα που ενταφιάστηκαν τα προηγούμενα έτη (συμπεριλαμβανομένου και του τρέχοντος έτους T).

Το IPCC δεν προτείνει συγκεκριμένες τιμές για τις παραμέτρους k και L_0 , αλλά μόνο το εύρος τους: $100 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn ΑΣΑ} < L_0 < 200 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn ΑΣΑ}$ και $0,005 \text{ yr}^{-1} < k < 0,4 \text{ yr}^{-1}$.

Ωστόσο πολλές χώρες έχουν τροποποιήσει το μοντέλο FOD εισάγοντας συμπληρωματικές παραμέτρους στις παραπάνω εξισώσεις [13].

- Το 2000 το IPCC πρότεινε μια βελτιωμένη εξίσωση μοντέλου κινητικής πρώτης τάξης, σε σχέση με αυτή του 1996, όσον αφορά τη διάσταση του χρόνου:

$$\text{CH}_4(t) = [Q_t - R_t] * [1 - OX]$$

Το Q_t δίνεται από τη σχέση:

$$Q_t = \sum \left[\left(A * k * MSW_{T(x)} * MSW_{F(x)} * L_{o(x)} \right) * e^{-k(t-x)} \right]$$

όπου:

Q_t : η παραγωγή μεθανίου το έτος t , Gg/yr

x : τα έτη για τα οποία προστίθενται τα δεδομένα, yr

k : σταθερά του ρυθμού παραγωγής μεθανίου, yr⁻¹

$MSW_{T(x)}$: η συνολική ποσότητα των παραγόμενων απορριμμάτων το έτος x , Gg/yr

$MSW_{F(x)}$: το κλάσμα των απορριμμάτων που καταλήγει σε χώρους διάθεσης το έτος x

$L_{o(x)}$: η ειδική παραγωγή μεθανίου ($=MCF_{(x)}*DOC_{(x)}*DOC_F*F*16/12$)

$MCF_{(x)}$: συντελεστής διόρθωσης μεθανίου (κλάσμα)

$DOC_{(x)}$: το κλάσμα του αποδομήσιμου οργανικού C, kg C/kg ΑΣΑ

F : το κλάσμα του μεθανίου στο βιοαέριο (IPCC default 0,5)

$16/12$: μετατροπή του C σε μεθάνιο

$R_{(t)}$: η ανάκτηση μεθανίου το έτος t , Gg/yr

OX : παράγοντας οξείδωσης

Για τον υπολογισμό της παραμέτρου k , το IPCC προτείνει το 2000τη σχέση:

$$k = \ln(2)/t_{1/2}$$

όπου $t_{1/2}$ είναι ο χρόνος μέχρι να φτάσει η αποδόμηση στο 50%. Ο χρόνος ημιζωής κυμαίνεται συνήθως από 4 έως 10 έτη για τα αστικά απορρίμματα. Ωστόσο η αποδόμηση γίνεται με διαφορετικό ρυθμό για κάθε κλάσμα απορριμμάτων. Για παράδειγμα, τα τροφικά υπολείμματα αποδομούνται πολύ γρήγορα, ενώ υλικά όπως το χαρτί και το ξύλο αποδομούνται με αργό ρυθμό. Αν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για τα κλάσματα των απορριμμάτων μπορεί να υπολογιστεί ένας συνολικός χρόνος ημιζωής. Αλλιώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τιμές από τη βιβλιογραφία, ανάλογα με το κλίμα και τη σύσταση των απορριμμάτων [14].

3.2.2 Το μοντέλο “Landfill Gas Emissions Model” ή LandGEM

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η EPA προτείνει τη χρήση του μοντέλου “Landfill Gas Emissions Model” ή LandGEM. [16]

Η βασική εξίσωση του μοντέλου είναι:

$$Q_{t_{CH_4}} = L_o * R * (e^{-k_c} - e^{-k_t})$$

όπου:

Q_{CH_4} : η παραγωγή βιοαερίου το έτος t, m³/yr

L_o : η θεωρητική παραγωγή βιοαερίου, m³/kg ΑΣΑ

R : ο ρυθμός απόθεσης των απορριμμάτων, kg/yr

t : έτη από την έναρξη λειτουργίας του χώρου, yr

k : ο ετήσιος ρυθμός παραγωγής βιοαερίου, yr⁻¹

3.2.3 Το μοντέλο Tabasaran

Το πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο στην Ευρώπη είναι του Tabasaran, το οποίο αρχικά δημιουργήθηκε για την αναερόβια χώνεψη λυμάτων και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$Ga = Ge*(1 - e^{-ka})$$

όπου:

G_a : η ειδική παραγωγή βιοαερίου το έτος α, m³ /tn ΑΣΑ/yr

G_e : η συνολική ειδική παραγωγή βιοαερίου, m³/tn ΑΣΑ

k : η σταθερά αποδόμησης, yr⁻¹

a : ο χρόνος, yr

Η ειδική παραγωγή βιοαερίου δίνεται από τη σχέση:

$$Ge = 1,868*Co*(0,014*T + 0,28)$$

όπου:

Co : το ποσοστό του βιοαποικοδομήσιμου άνθρακα στα απορρίμματα, kg C/tn ΑΣΑ

T : η θερμοκρασία, °C

Επομένως, η συνολική εξίσωση παραγωγής βιοαερίου είναι:

$$Ga = 1,868*Co*(0,014*T + 0,28)*(1 - e^{-ka})$$

Σημειώνεται ο τρόπος εξαγωγής του συντελεστή 1,868 στην εξίσωση παραγωγής βιοαερίου. Από 1 mol C παράγεται 1 mol βιοαερίου (δηλαδή CH₄ + CO₂) ή 22,4 lt βιοαερίου. Δηλαδή από 12 gr C παράγονται 22,4 lt βιοαερίου. Επομένως από 1 gr C παράγονται 22,4/12 = 1,868 lt βιοαερίου. Επιπλέον σε 1 tn ΑΣΑ περιέχονται περίπου 170 - 220 kg C, άρα από 1 tn ΑΣΑ παράγονται συνολικά 318 - 411 m³ βιοαερίου.

Αυτός είναι ένας θεωρητικός υπολογισμός της παραγωγής βιοαερίου, που όμως δίνει υπερεκτιμημένα αποτελέσματα σε σχέση με τα πραγματικά που κυμαίνονται από 100 – 200 m³/tn Α.Σ.Α. [11].

3.3.ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Το Νοέμβριο του 2003, η Γερμανία συμφώνησε να συντάξει ένα υποστηρικτικό έγγραφο για τις μεθόδους υπολογισμού των εκπομπών από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ ΑΣΑ, για το Ευρωπαϊκό Μητρώο Ρυπογόνων Εκπομπών (EPER). Ήδη κατά την πρώτη περίοδο σύνταξης της έκθεσης έγινε φανερό ότι υπήρχαν κάποια προβλήματα στον καθορισμό των αερίων εκπομπών από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ σε αρκετές χώρες της Ευρώπης.

Ακολουθεί ο πίνακας με σύντομη περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιούν διάφορες χώρες της Ευρώπης, για τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών από Χ.Υ.Τ.Α./Χ.Δ.Α. [20].

Χώρα	Μέθοδος	Που βασίζεται η μέθοδος	Λεπτομέρειες
Αυστρία	- ο Διαφορετική προσέγγιση για ανακυκλώσιμα και μη – ανακυκλώσιμα απορρίμματα - ο Ανακυκλώσιμα υλικά: μέθοδος Tabasaran και Rettenberger (1998) - Για τον καθορισμό των συνολικών εκπομπών βιοαερίου για κάποιο έτος, αθροίζονται οι ποσότητες που παράγονται από τα απορρίμματα που έχουν ταφεί τα τελευταία 31 έτη - Τελικά λαμβάνεται η ποσότητα του μεθανίου που παράγεται από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ ΑΣΑ, αφαιρώντας το βιοαέριο που συλλέγεται και πολλαπλασιάζοντας με το ποσοστό του μεθανίου στο βιοαέριο (περίπου 55%) - ο Μη ανακυκλώσιμα υλικά: μέθοδος Marticorena (1998) - Τα θαμμένα μη ανακυκλώσιμα απορρίμματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες και υπολογίστηκε η ποσότητα βιοαερίου για κάθε ομάδα. 1. αρκετά βιοαποικοδομήσιμα απορρίμματα (χρόνος ημιζωής 1 – 20 έτη) 2. δύσκολα βιοαποικοδομήσιμα απορρίμματα (χρόνος ημιζωής 20 – 100 έτη) - αφού οι υπολογιστούν οι εκπομπές για κάθε ομάδα απορριμμάτων αθροίζονται για τον υπολογισμό των συνολικών εκπομπών - πολλαπλασιάζεται η παραπάνω τιμή με τον παράγοντα συλλογής και το ποσοστό του μεθανίου στο βιοαέριο - ο Το μεθάνιο που συλλέγεται, αφαιρείται από της συνολικές εκπομπές	Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης	Ανακυκλώσιμα απορρίμματα: λαμβάνεται υπόψη το βιοαέριο που παράγεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων το τρέχον έτος και 30 έτη πριν Μη ανακυκλώσιμα απορρίμματα: δε λαμβάνονται υπόψη τα πολύ δύσκολα βιοαποικοδομήσιμα απορρίμματα
Βέλγιο	- ο Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης που λαμβάνει υπόψη του διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό και το βαθμό της παραγωγής και απελευθέρωσης μεθανίου από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ - ο Γενική μέθοδος του IPCC $S_{P,Y} = Q_Y * DOC * k * C * e^{(-k\Delta t)}$ όπου: $S_{P,Y}$: ο ρυθμός παραγωγής βιοαερίου το έτος P, m³ Q_Y : η ποσότητα των απορριμμάτων που θάφτηκαν το έτος Y, Mg DOC : αρχικός βιοαποδομήσιμος οργανικός άνθρακας, kg/Mg k : σταθερά ρυθμού αποδόμησης (%/yr) C : % του DOC που πραγματικά αλλοιώνεται (%)	Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης σύμφωνα με την προσέγγιση του IPCC	Το μοντέλο υποθέτει: Η αποσύνθεση των απορριμμάτων διαρκεί 25 έτη, υπάρχει μια αερόβια φάση ενός έτους στην οποία δεν υπάρχει παραγωγή μεθανίου, το βιοαέριο περιέχει 55% CH ₄ και 45% CO ₂ , υπάρχει οξείδωση του μεθανίου στο ανώτερο στρώμα

	Δt : χρόνος από την αρχή λειτουργίας του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ (Υ-Ρ), γρ ο Το μεθάνιο που συλλέγεται αφαιρείται από τις συνολικές εκπομπές		κάλυψης (10%), DOC, k, και C είναι σταθερές που καθορίζονται για αστικά και βιομηχανικά απορρίμματα
Ιρλανδία	LandGEM (USEPA) ο Εξίσωση αποσύνθεσης πρώτης τάξης, που χρειάζεται τις παρακάτω πληροφορίες: - Ο χωρητικότητα για την οποία έχει σχεδιαστεί ο ΧΥΤΑ/ΧΔΑ - Η ποσότητα των απορριμμάτων που έχουν ήδη ταφεί ή ο ετήσιος ρυθμός απόθεσης - Ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου (k) - Η θεωρητική παραγωγή μεθανίου (L₀) - Η συγκέντρωση των οργανικών μιγμάτων εκτός του μεθανίου (NMOC) που βρίσκονται στο βιοαέριο - Τα έτη που ο ΧΥΤΑ/ΧΔΑ βρίσκεται σε λειτουργία - Αν ο ΧΥΤΑ/ΧΔΑ δέχεται και επικίνδυνα απορρίμματα (co-disposal)	Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης	
Ολλανδία	TON – Μοντέλο πρώτης τάξης ο Ο σχηματισμός του βιοαερίου από μια συγκεκριμένη ποσότητα απορριμμάτων υποθέτεται ότι μειώνεται εκθετικά με το χρόνο: $\alpha_t = \zeta \cdot 1,87 \cdot A \cdot C_o \cdot k_1 \cdot e^{-k_1 t}$ όπου: α_t : ο σχηματισμός βιοαερίου σε δεδομένο χρόνο, m³/γρ ζ : παράγοντας ανομοιοότητας A : η ποσότητα των απορριμμάτων που έχουν ταφεί, Mg C_o : ποσότητα του οργανικού άνθρακα στα απορρίμματα, kg/Mg απορριμμάτων k₁ : παράμετρος του μοντέλου πρώτης τάξης, γρ⁻¹ t : χρόνος που έχει περάσει από την εναπόθεση, γρ Afvalzorg – Μοντέλο πολλαπλών φάσεων ο Λαμβάνει υπόψη του τοπικά κλάσματα αργά, μέτρια και γρήγορα αποδομήσιμα απορρίμματα $\alpha_t = \zeta \cdot \sum_{j=1}^3 1,87 \cdot A \cdot C_{o,i} \cdot k_{1,i} \cdot e^{-k_{1,i} t}$ Για τα δύο μοντέλα: το μεθάνιο που συλλέγεται και οξειδώνεται αφαιρείται από τις συνολικές εκπομπές.	Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης	Είναι διαθέσιμα και τα δύο μοντέλα

Πορτογαλία	- ο LandGEM (USEPA) – μοντέλο κινητικής πρώτης τάξης για την παραγωγή μεθανίου $Q_{CH_4} = L_o \cdot R \cdot (e^{-k \cdot c} - e^{-k \cdot t})$ όπου: Q_{CH_4} : ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου το έτος t, m³/yr L_o : η θεωρητική παραγωγή μεθανίου, m³ CH₄/Mg απορριμμάτων R : μέσος ετήσιος ρυθμός εισροής απορριμμάτων στο ΧΥΤΑ/ΧΔΑ κατά τη διάρκεια λειτουργίας του χώρου, Mg/yr k : σταθερά ρυθμού παραγωγής μεθανίου, yr⁻¹ c : χρόνος που έχει περάσει από την παύση λειτουργίας του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ, yr (c=0 για ενεργούς ΧΥΤΑ/ΧΔΑ) t : χρόνος από την αρχή λειτουργίας του ΧΥΤΑ/ΧΔΑ, yr - ο Από το ρυθμό παραγωγής μεθανίου (m³/yr) υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι που οδηγούν στις εκπομπές μάζας.	Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης	Το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για την εκτίμηση της παραγωγής βιοαερίου και όχι των εκπομπών βιοαερίου στην ατμόσφαιρα.
Ηνωμένο Βασίλειο	GasSimLite ο Πολλαπλές φάσεις, εξίσωση αποσύνθεσης πρώτης τάξης $C_t = C_o - (C_{o,1} \cdot e^{-k_1 t} + C_{o,2} \cdot e^{-k_2 t} + C_{o,3} \cdot e^{-k_3 t})$ όπου: C_t : μάζα του διασπάσιμου άνθρακα που έχει διασπαστεί μέχρι το έτος t, Mg C_o : μάζα του διασπάσιμου άνθρακα τη χρονική στιγμή t=0, Mg $C_{o,i}$: μάζα του διασπάσιμου άνθρακα τη χρονική στιγμή t=0 για κάθε κλάσμα (1,2,3 αργά, μέτρια και γρήγορα διασπάσιμα κλάσματα αντίστοιχα), Mg C_x : μάζα του άνθρακα που διασπάστηκε το έτος t, Mg t : χρόνος μεταξύ της εναπόθεσης των απορριμμάτων και της παραγωγής βιοαερίου, yr k_i : σταθερά ρυθμού αποσύνθεσης για κάθε κλάσμα, ανά yr	Μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης	Υπολογίζει το ρυθμό παραγωγής βιοαερίου για τα βασικά αέρια (CH ₄ , CO ₂ , H ₂) χρησιμοποιώντας την ποσότητα των απορριμμάτων, αποσύνθεση/ σύνθεση, το ρυθμό αποσύνθεσης, την περιεχόμενη υγρασία και την αναλογία CH ₄ και CO ₂ . Ασχολείται με τα τρία διασπάσιμα κλάσματα και αθροίζει την ποσότητα του άνθρακα που μετατρέπεται σε βιοαέριο.
Γαλλία	Ademe ο Προσέγγιση βήμα – βήμα που διακρίνει τις περιπτώσεις που υπάρχουν ή όχι δεδομένα πεδίου	Μοντέλο πρώτης τάξης ή εκτίμηση από μετρήσεις ροής του	Δεν είναι απαραίτητα τα εργαλεία, αντί για τη χρήση ενός

	- ο Λαμβάνει υπόψη του τυπικές τιμές για τα αργά, μέτρια και γρήγορα διασπάσιμα κλάσματα και τέσσερις κατηγορίες ηλικίας - ο Πολλαπλασιασμός της ποσότητας των απορριμμάτων (Mg/yr) κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου που εξαρτάται από την ηλικία των απορριμμάτων, με ένα ειδικό παράγοντα για την παραγωγή μεθανίου (m^3/Mg) για κάθε ηλικία - ο Άθροιση της παραγωγής μεθανίου για τις χρονικές περιόδους - ο Το μεθάνιο που συλλέγεται αφαιρείται από τις συνολικές εκπομπές	βιοαερίου	μαθηματικού μοντέλου είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δεδομένα πεδίου.
Γερμανία	ο Εκτίμηση των εκπομπών μεθανίου από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ με χρήση της γενικής μεθόδου του IPCC, σύμφωνα με την εξίσωση: $ME = M \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot F \cdot D \cdot C$ όπου: ME : εκπομπές μεθανίου, Mg/a M : ποσότητα των ετήσιων θαμμένων απορριμμάτων που σχετίζονται με την παραγωγή βιοαερίου (οικιακά απορρίμματα, απόλυτα οικιακά απορρίμματα ή παρόμοια) DOC : κλάσμα του βιολογικά διασπάσιμου άνθρακα στα απορρίμματα, Mg C/Mg απορριμμάτων DOC_f : κλάσμα του άνθρακα που μετατρέπεται σε βιοαέριο στις συνθήκες που επικρατούν στο ΧΥΤΑ/ΧΔΑ F : παράγοντας για υπολογισμό του άνθρακα που μετατρέπεται σε μεθάνιο D : κλάσμα του μεθανίου που δε συλλέγεται ή οξειδώνεται βιολογικά C : συγκέντρωση του μεθανίου στο βιοαέριο	Προσέγγιση του IPCC	Αναφέρεται σε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ με οικιακά απορρίμματα, Εκπομπές CO ₂ κάτω από την τιμή κατωφλίου, Αναφέρεται σε χώρους που λειτουργούν, Λαμβάνει υπόψη τα απορρίμματα που έχουν ταφεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 10 ετών, Τρεις κατηγορίες κλασμάτων του μεθανίου που δε συλλέγεται ή δεν οξειδώνεται βιολογικά, Περιέχει στοιχεία από τη δεύτερη προσέγγιση του IPCC.

Πηγή : [20]

Στον Πίνακα 3.3, που ακολουθεί, φαίνονται οι εκπομπές μεθανίου σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και στην Ελλάδα για τα έτη 1990 και 1995. Σημειώνεται ότι οι ποσότητες αυτές αφορούν το μεθάνιο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και δεν συμπεριλαμβάνει το μεθάνιο που συλλέγεται ή καίγεται.

Πίνακας 3.3 - Εκπομπές μεθανίου από ΧΥΤΑ/ΧΔΑ στην Ευρώπη

Χώρα	CH ₄ (ktn) 1990	CH ₄ (ktn) 1995
Αυστρία	193	185
Βέλγιο	173	184
Δανία	71	72
Γαλλία	780	606
Γερμανία	1842	1029
Ελλάδα	102	105
Ιρλανδία	136	136
Ιταλία	302	464
Ολλανδία	562	479
Πορτογαλία	493	528
Ισπανία	471	659
Ηνωμένο Βασίλειο	1117	912
Σουηδία	85	61
Σύνολο	6560	5101

Πηγή: [14]

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο υπολογισμός των αερίων εκπομπών από το Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου. Από τις παραπάνω μεθόδους επιλέχθηκε το μοντέλο LandGEM της U.S.EPA.. Ο λόγος που επιλέχθηκε το μοντέλο LandGEM ήταν η αξιοποίηση των στοιχείων από άλλες μελέτες στο συγκεκριμένο χώρο, ώστε να προσομοιωθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες. Επομένως, οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν σε πραγματικά στοιχεία πεδίου, όπως προέκυψαν από δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια ενός έτους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα ποσοτικά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ΑΣΑ ποικίλουν μεταξύ περιοχών και πόλεων, από χρόνο σε χρόνο, αλλά και από μήνα σε μήνα (γεωγραφικά, διαχρονικά, διεποχικά). Οι ποσότητες που παράγονται ανά περίοδο (μέρα ή έτος) σε μια περιοχή (πόλη, νομό ή περιφέρεια), όπως και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι τα πλέον βασικά στοιχεία για οποιαδήποτε ανάλυση.

Οι ποσότητες των ΑΣΑ και των βασικών συστατικών τους εκφράζονται σε βάρος. Το βάρος έχει τα πλεονεκτήματα ότι μετριέται πιο εύκολα από τον όγκο και είναι ανεξάρτητο από το βαθμό συμπίεσης, ο οποίος δεν είναι ούτε ελεγχόμενος ούτε προβλέψιμος με ακρίβεια στις διάφορες φάσεις της διαχείρισης. Κατά κανόνα, οι ποσότητες των οικιακών αποβλήτων και των ΑΣΑ εκφράζονται σε μονάδες βάρους ανά κάτοικο ανά ημέρα (kg/κάτοικο/ημέρα) και αναφέρεται ως μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων (ΜΠΑ), κυρίως διότι, με βάση αυτή την τιμή μπορούν να εκτιμηθούν περιοδικές ποσότητες για διάφορα μεγέθη πληθυσμού και για διαφορετικής διάρκειας χρονικές περιόδους.

Εδώ και δεκαετίες, η ανά άτομο παραγωγή ΑΣΑ παρουσιάζει αυξητική τάση – παράλληλα με την αύξηση του «οικονομικού» επιπέδου της ζωής. Η παραγωγή σήμερα κυμαίνεται από σχεδόν μηδενική (σε πολύ φτωχές χώρες), μέχρι και 4 kg/άτομο/ημέρα, σε ορισμένες περιοχές των ΗΠΑ. Στον επόμενο πίνακα δίνονται κάποιες ενδεικτικές τιμές παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου [9].

Πίνακας 4.1 - Παραγόμενες ποσότητες απορριμμάτων σε διάφορες περιοχές του κόσμου

Χώρα	Ποσότητα απορριμμάτων (kg/άτομο/ημέρα)
Κίνα	0,5
Σουηδία	0,8
Ηνωμένο Βασίλειο	0,9
Ιαπωνία	0,9
Ελλάδα	1,0
Κάτω Χώρες	1,1
Ελβετία	1,3
Δυτ. Γερμανία	1,4
Η.Π.Α.	1,6
Αυστραλία	1,6
Καναδάς	1,7

Πηγή:[9]

Για την Ελλάδα, η τιμή της ΜΠΑ κυμαίνεται από 0,6 kg/άτομο/ημέρα για τις αγροτικές περιοχές μέχρι 1,4 kg/άτομο/ημέρα για τις οικονομικά ακμαίες αστικές περιοχές (για το 2002). Πιο συγκεκριμένα για τη Θεσσαλονίκη, όπου έχουν γίνει επί σειρά ετών σχετικές μετρήσεις, η ΜΠΑ υπολογίζεται σε 1,25 kg/κάτοικο/ημέρα. Επίσης, οι εκτιμήσεις που έχουν γίνει κατά καιρούς τόσο στην Αττική όσο και σε άλλες Ελληνικές πόλεις και νησιά πλησιάζουν κατά μέσο όρο το

1 kg/κάτοικο/ημέρα. Άλλωστε η πρόσφατη νομοθεσία, με βάση τα στοιχεία του 2001, υπολογίζει τη μέση παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων σε 1,14 kg/κάτοικο/ημέρα. Στον Πίνακα 4.2 φαίνονται οι τυπικές τιμές της ΜΠΑ ανάλογα με τον πληθυσμό. Σημειώνεται βέβαια, ότι οι τιμές αυτές είναι ενδεικτικές. Άλλωστε η παραγωγή μπορεί να διαφοροποιείται ακόμα και μέσα στην ίδια πόλη, από συνοικία σε συνοικία.

Πίνακας 4.2 - Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα (kg/'ατομο/ημέρα) - Τυπικές τιμές

Πληθυσμός οικισμού ή πόλης	Μοναδιαία παραγωγή ΑΣΑ
< 2.000	0,7
2.000 – 10.000	0,9
10.000 – 100.000	1,0
> 100.000	1,3

Πηγή:[4]

Ο Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ) για μια περιοχή, προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τη ΜΠΑ με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.

Ο ΡΠΑ επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- Πληθυσμιακή πυκνότητα (αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας αντιστοιχεί σε αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων)
- Πληθυσμιακές διακυμάνσεις (κυρίως για τουριστικές περιοχές)
- Εποχές χρόνου
- Συχνότητα συλλογής (αύξηση της συχνότητας συλλογής αντιστοιχεί σε αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων)
- Κοινωνικό-οικονομικό επίπεδο
- Πολιτισμικό επίπεδο
- Μορφωτικό επίπεδο
- Γεωγραφική περιοχή αναφοράς
- Ηλικία καταναλωτών
- Τύπος εμπορικής δραστηριότητας
- Είδος βιομηχανικής δραστηριότητας
- Ύπαρξη προγραμμάτων ανακύκλωσης ή κομποστοποίησης
- Ενημέρωση καταναλωτών

- Όγκος και είδη κάδων
- Εφαρμογή και άλλων δυνατοτήτων διάθεσης [6].

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι καθορισμού του ΡΠΑ μιας περιοχής:

Α) *Απευθείας ζύγιση των συλλεγόμενων απορριμμάτων για ορισμένη χρονική περίοδο (ζύγιση των απορριμματοφόρων πάνω σε γεφυροπλάστιγγα) και χρήση της σχέσης:*

$$ΡΠΑ = \frac{\sum (BZi - BAi)}{T}$$

όπου:

BZi : βάρος ζύγισης για κάθε απορριμματοφόρο (kg)

$B Ai$: απόβαρο του απορριμματοφόρου (kg)

T : η χρονική περίοδος παρακολούθησης και μέτρησης, η οποία πρέπει να είναι μεγάλη και να αποφεύγεται η επίδραση των εποχιακών διακυμάνσεων (ημέρες).

Β) *Ανάλυση φορτίων:* καταμέτρηση των φορτίων των απορριμματοφόρων σε μια δεδομένη χρονική περίοδο και ανά τακτά χρονικά διαστήματα για λόγους αντιπροσωπευτικότητας. Το φορτίο του απορριμματοφόρου (βάρος) προκύπτει από ειδικό βάρος των απορριμμάτων (kg/m³). Τα φορτία είναι περίπου γνωστά από τη χωρητικότητα των απορριμματοφόρων ή υπολογίζονται από τη συνολική χωρητικότητα των κάδων που εκκενώνονται εντός αυτού. Ο ρυθμός παραγωγής απορριμμάτων δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$ΡΠΑ = \frac{\sum (Ci * Ei)}{T}$$

όπου:

Ci : η χωρητικότητα του απορριμματοφόρου ή του κάδου (m³)

Ei : το ειδικό βάρος των απορριμμάτων σε κάθε περίπτωση (kg/m³)

T : η χρονική περίοδος παρακολούθησης και μέτρησης, η οποία πρέπει να είναι μεγάλη για να αποφεύγεται η επίδραση των εποχιακών διακυμάνσεων (ημέρες).

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση της μεθόδου είναι η γνώση των παρακάτω στοιχείων:

- Χωρητικότητα των απορριματοφόρων (ή κάδων)
- Πληρότητα των απορριματοφόρων στο τέλος του δρομολογίου συλλογής (ή πληρότητα κάδων κατά την εκκένωσή τους)
- Τύπος απορριματοφόρου
- Ειδικό βάρος απορριμμάτων.

Η μέθοδος αυτή δίνει αποτελέσματα μικρότερης ακρίβειας από την πρώτη, είναι περισσότερο χρονοβόρα, αλλά είναι κατάλληλη στην περίπτωση έλλειψης γεφυροπλάστιγγας που είναι απαραίτητη στην πρώτη μέθοδο.

Γ) *Ανάλυση ισοζυγίου υλικών*: η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αρχή του ισοζυγίου μάζας που επικρατεί σε ένα σύστημα (νοικοκυριό, περιοχή, δήμος, χώρα κτλ.). Τα υλικά που εισέρχονται σε ένα σύστημα παραμένουν ένα χρονικό διάστημα (μικρό ή μεγάλο αναλόγως το υλικό, π.χ. τα απορρίμματα των τροφίμων εξέρχονται αυθημερόν ενώ τα έπιπλα μετά από χρόνια) και στη συνέχεια εξέρχονται απορριπτόμενα. Με τη μέθοδο αυτή ο υπολογισμός της παραγωγής απορριμμάτων στηρίζεται στον υπολογισμό των υλικών που καταναλώνονται.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου επικεντρώνονται στα παρακάτω:

- Δε λαμβάνονται υπόψη οι παράμετροι που επηρεάζουν την καταναλωτική συμπεριφορά των πολιτών, άρα και την παραγωγή των απορριμμάτων ποιοτικά και ποσοτικά
- Πολυπλοκότητα υπολογισμών
- Εξάρτηση της μεθόδου από τα στοιχεία κατανάλωσης/παραγωγής που δεν είναι πάντα διαθέσιμα για όλα τα προϊόντα.

Τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Δυνατότητα μελέτης ενός προϊόντος ή ομάδας προϊόντων
- Ακριβής υπολογισμός του ΡΠΑ
- Δυνατότητα πρόβλεψης μελλοντικής παραγωγής απορριμμάτων [6].

4.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ

Αν και η ισχύουσα νομοθεσία επιβάλλει την τήρηση αρχείων για ακριβή προσδιορισμό των διαχρονικών διακυμάνσεων διαφόρων χαρακτηριστικών των απορριμμάτων, στην Κρήτη – όπως και στην υπόλοιπη Ελλάδα – δεν υπάρχει η τήρηση τέτοιων αρχείων και πιο συγκεκριμένα αρχείων για τον ακριβή προσδιορισμό των παραγόμενων απορριμμάτων. Στην παρούσα μελέτη οι εκτιμώμενες ποσότητες στηρίχθηκαν σε προηγούμενες μελέτες, σε στοιχεία των υπό μελέτη δήμων, σε επίσημα στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας της απογραφής του 2001 καθώς και σε στοιχεία του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού (ΕΟΤ) για τα έτη 2001/2002.

Οι εκτιμώμενες ποσότητες για κάθε δημοτικό διαμέρισμα του νησιού στηρίχθηκαν στον πληθυσμό των αντίστοιχων Δήμων σε συνδυασμό με τις παρακάτω παραδοχές:

- Κοινότητες με πληθυσμό μικρότερο των 10.000 κατοίκων :
0,8 kg απορριμμάτων/κάτοικο/ημέρα
- Κοινότητες με πληθυσμό μεγαλύτερο των 10.000 κατοίκων :
1 kg απορριμμάτων/κάτοικο/ημέρα
- Δήμοι: Ρεθύμνης, Αγίου Νικολάου, Ιεράπετρας :
1 kg απορριμμάτων/κάτοικο/ημέρα
- Δήμος Ηρακλείου : 1,2 kg απορριμμάτων/κάτοικο/ημέρα.

Οι παραδοχές για τους μεγαλύτερους δήμους στηρίζονται κυρίως στις εκτιμήσεις της Υπηρεσίας Καθαριότητας των Δήμων, καθώς και στο πλαίσιο «Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Νομού Ρεθύμνης, Νομού Λασιθίου και Νομού Ηρακλείου» που εντάσσεται στον «Ολοκληρωμένο Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων της Περιφέρειας Κρήτης». Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από την πρόσφατη ελληνική νομοθεσία «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων, Εθνικός και περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης», η οποία δέχεται ως μέση τιμή παραγωγής απορριμμάτων 1,14 kg/κάτοικο/ημέρα. Η αυξημένη μέση παραγωγή απορριμμάτων στους μεγαλύτερους δήμους, σε σχέση με τις υπόλοιπες αστικές περιοχές του Νομού, οφείλεται στις δραστηριότητες που έχουν αναπτυχθεί γύρω από τον πολεοδομικό ιστό (σφαγεία, συνεργεία αυτοκινήτων, μεγάλες τουριστικές μονάδες κ.ά.).

Εκτός από τις παραπάνω ποσότητες πρέπει να υπολογιστούν και οι μέγιστες ημερήσιες ποσότητες απορριμμάτων, που παράγονται εξαιτίας του τουρισμού. Για την εκτίμηση της τουριστικής κίνησης έγινε χρήση των επίσημων στοιχείων του ΕΟΤ. Η εκτίμηση των ποσοτήτων αυτών έγινε ως εξής:

- 1) Από τα στοιχεία του ΕΟΤ ελήφθη το σύνολο των κλινών σε κάθε Δήμο ή Κοινότητα που διαθέτει κύρια ξενοδοχειακά καταλύματα.
- 2) Από τα στοιχεία του ΕΟΤ σχετικά με την πληρότητα των κλινών προσδιορίστηκε η μέση % πληρότητα για τους θερινούς μήνες και με βάση αυτή υπολογίστηκε η συνολική παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων λόγω τουρισμού.
- 3) Θεωρήθηκε ότι η μέση παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων για κάθε τουρίστα είναι 1,2 kg/ημέρα. Αυτή η τιμή στηρίχθηκε, όπως και για τον μόνιμο πληθυσμό, στις υπάρχουσες μελέτες διαχείρισης απορριμμάτων, στη μελέτη «Προγραμματισμός – Σχεδιασμός Έργων Διαχείρισης Απορριμμάτων σε Επίπεδο Χώρας» (ΥΠΕΧΩΔΕ 1996). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ποσότητα αυτή είναι υπερεκτιμημένη, ώστε να συνυπολογίζονται και τα μη καταχωρημένα ενοικιαζόμενα δωμάτια (που δεν συμπεριλαμβάνονται στα στοιχεία του ΕΟΤ), οι διερχόμενοι τουρίστες, οι επισκέπτες κ.ά..

Με βάση τα παραπάνω επισημαίνονται τα εξής:

- Η κύρια ποσότητα απορριμμάτων παράγεται στις αστικές περιοχές, όπου υπάρχει η μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού.
- Οι περιοχές αυτές μαζί με τις παραθαλάσσιες έχουν έντονο τουριστικό χαρακτήρα, σύμφωνα με τα στοιχεία του Ε.Ο.Τ. [9].

4.3.ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ

Στους πίνακες 4.3 – 4.5 φαίνεται η διαδικασία και οι εκτιμώμενες ποσότητες των παραγόμενων απορριμμάτων ανά δημοτικό διαμέρισμα, των Νομών Ρεθύμνης, Ηρακλείου και Λασιθίου.

Αναλυτικότερα:

Στήλη 1,2 – όνομα δήμου ή δημοτικού διαμερίσματος και πραγματικός πληθυσμός του δήμου σύμφωνα με την απογραφή του 2001.

Στήλη 3 – ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων (kg/ημέρα), με βάση τις παραδοχές για τη μοναδιαία παραγωγή απορριμμάτων (ΜΠΑ) και τον πληθυσμό.

Στήλη 4 – ετήσια παραγωγή απορριμμάτων (tn/έτος), πολλαπλασιάζοντας με 365 ημέρες.

Στήλη 5 - μέση ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων λόγω τουρισμού, θεωρώντας ΜΠΑ=1,2 kg/τουρίστα/ημέρα και λαμβάνοντας τη μέση πληρότητα σύμφωνα με τα στοιχεία του ΕΟΤ για το έτος 2002 σε μόνιμες κλίνες μόνο των κύριων ξενοδοχειακών καταλυμάτων.

Στήλη 6 - ετήσια παραγωγή απορριμμάτων λόγω τουρισμού (tn/έτος), πολλαπλασιάζοντας με 210 ημέρες (τουριστική περίοδος).

Στήλη 7 - συνολική ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων (kg/ημέρα) θεωρώντας συντελεστή ασφαλείας 10%.

Στήλη 8 - συνολική ετήσια παραγωγή απορριμμάτων (tn/έτος), προσθέτοντας τις τιμές από τις στήλες 4 και 6 και θεωρώντας προσαύξηση 10% [9].

Πίνακας 4.3 - Εκτίμηση παραγωγής απορριμμάτων ν. Ρεθύμνης

Δήμος, Δημοτικό διαμέρισμα	Πληθυσμός	Ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)	Μέση ημερήσια παραγωγή απορ. λόγω τουρισμού (kg/ημέρα)	Μέση ετήσια παραγωγή απορ. λόγω τουρισμού (tn/έτος)	Συνολική ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Συνολική ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	31.678	31.147	11.369	10.940	2.297	46.296	15.033
ΑΝΩΓΕΙΩΝ	4.812	3.850	1.405			4.235	1.546
ΑΡΚΑΔΙΟΥ	5.644	4.515	1.648	7.053	1.481	12.725	3.442
ΓΕΡΟΠΟΠΤΑΜΟΥ	8.323	6.658	2.430	2.653	557	10.242	3.286
ΚΟΥΛΟΥΚΩΝΑ	5.949	4.759	1.737	8	2	5.244	1.913
ΚΟΥΡΗΤΩΝ	2.703	2.162	789			2.379	868
ΛΑΜΠΗΣ	6.173	4.938	1.803	1.444	303	7.020	2.316
ΛΑΠΠΑΙΩΝ	2.628	2.102	767			2.313	844
ΝΙΚΗΦΟΡΟΥ	6.599	5.279	1.927	216	45	6.045	2.170
ΦΩΚΑ							
ΣΙΒΡΙΤΟΥ	3.512	2.810	1.026			3.091	1.128
ΦΟΙΝΙΚΑ	3.946	3.157	1.152	1.799	378	5.451	1.683
ΣΥΝΟΛΟ	81.976	71.378	26.053	24.113	5.064	105.040	34.228

Πηγή: [9]

Πίνακας 4.4 - Εκτίμηση παραγωγής απορριμμάτων ν. Ηρακλείου

Δήμος, Δημοτικό διαμέρισμα	Πληθυσμός	Ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)	Μέση ημερήσια παραγωγή απορ. λόγω τουρισμού (kg/ημέρα)	Μέση ετήσια παραγωγή απορ. λόγω τουρισμού (tn/έτος)	Συνολική ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Συνολική ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	137.711	163.374	59.631	3.104	652	183.125	66.311
ΑΓ. ΒΑΡΒΑΡΑΣ	5.310	4.248	1.551			4.673	1.706
ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	10.897	8.718	3.182	55	12	9.650	3.513
ΑΡΧΑΝΩΝ	4.548	3.638	1.328	20	4	4.024	1.465
ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	6.303	5.042	1.840			5.547	2.025
ΒΙΑΝΝΟΥ	6.463	5.170	1.887			5.687	2.076
ΓΑΖΙΟΥ	13.581	10.865	3.966	9.405	1.975	22.296	6.535
ΓΟΡΓΟΛΑΙΝΗ	3.171	2.537	926			2.790	1.019
ΓΟΡΤΥΝΑΣ	5.292	4.234	1.545	23	5	4.682	1.705
ΓΟΥΒΩΝ	7.761	6.209	2.266	7.736	1.625	15.340	4.280
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	2.533	2.026	740			2.229	814
ΖΑΡΟΥ	3.370	2.696	984	124	27	3.106	1.112
ΘΡΑΨΑΝΟΥ	2.616	2.093	764			2.302	840
ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ	6.819	5.455	1.991			6.001	2.190
ΚΟΦΙΝΑ	5.338	4.270	1.559			4.697	1.715
ΚΡΟΥΣΩΝΑ	4.059	3.247	1.185			3.572	1.304
ΜΑΛΙΩΝ	6.212	4.970	1.814	9.719	2.041	16.158	4.240
ΜΟΙΡΩΝ	10.857	8.686	3.170	20	4	9.576	3.492
ΝΕΑΣ ΑΛΙΚΑΡΝΑΣΟΥ	12.542	12.360	4.511	228	48	13.846	5.015
ΝΙΚΟΥ	7.171	5.737	2.094			6.310	2.303
ΚΑΖΑΝΤΖΑΚΗ ΡΟΥΒΑ	2.324	1.859	679			2.045	746
ΤΕΜΕΝΟΥΣ	3.218	2.574	940	10	2	2.843	1.036
ΤΕΤΡΑΧΩΡΙΟΥ	2.404	1.923	702			2.116	772
ΤΥΛΙΣΟΥ	3.491	2.793	1.019	62	13	3.141	1.136
ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	10.001	8.001	2.920	1.393	293	10.333	3.534
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	8.497	6.798	2.481	21.032	4.417	30.612	7.588
ΣΥΝΟΛΟ	292.489	289.522	105.676	52.936	11.117	376.704	128.471

Πηγή: [9]

Πίνακας 4.5 - Εκτίμηση παραγωγής απορριμμάτων ν. Λασιθίου

Δήμος, Δημοτικό διαμέρισμα	Πληθυσμός	Ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)	Μέση ημερήσια παραγωγή απορ., λόγω τουρισμού (tn/έτος)	Μέση ετήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Συνολική ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Συνολική ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)
ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	19462	17751	6479	9494	1994	29969	9320
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	23707	22030	8041	2797	587	27310	9491
ΙΤΑΝΟΥ	2514	2011	734	219	46	2453	858
ΛΕΥΚΗΣ	2177	1742	636			1916	699
ΜΑΚΡΥ ΓΥΑΛΟΥ	4204	3363	1228	997	209	4796	1581
ΝΕΑΠΟΛΗΣ	6765	5412	1975	2007	421	8161	2636
ΟΡΟΠΕΔΙΟ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	3152	2522	920	33	7	2810	1020
ΣΗΤΕΙΑΣ	14338	11470	4187	1124	236	13854	4865
ΣΥΝΟΛΟ	76319	66301	24200	16670	3501	91268	30471

Πηγή: [9]

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας, στον οποίο φαίνονται οι συνολικές ποσότητες απορριμμάτων για τους νομούς Ρεθύμνης, Ηρακλείου και Λασιθίου.

Πίνακας 4.6 - Εκτίμηση παραγόμενων απορριμμάτων νομών Ρεθύμνης, Ηρακλείου, Λασιθίου (πραγματικός πληθυσμός 2001, στοιχεία Ε.Ο.Τ. 2001 - 2002)

Νομός	Πληθυσμός	Ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Ετήσια παραγωγή απορ. (tn/έτος)	Μέση ημερήσια παραγωγή απορ., λόγω τουρισμού (kg/ημέρα)	Μέση ετήσια παραγωγή απορ., λόγω τουρισμού (tn/έτος)	Συνολική ημερήσια παραγωγή απορ. (kg/ημέρα)	Συνολική ετήσια παραγωγή απορ. (tn /έτος)
ΡΕΘΥΜΝΗΣ	81.976	71.378	26.053	24.113	5.064	105.040	34.228
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	292.489	289.522	105.676	52.936	11.117	376.704	128.471
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	57.290	66.301	24.200	16.670	3.501	75.499	30.471
ΣΥΝΟΛΟ	431.755	427.201	155.928	93.719	19.681	557.243	193.170

Πηγή: [9]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ Α.Σ.Α. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ – ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΣΑ

Ο όρος «σύνθεση» αναφέρεται στη φυσική σύνθεση των απορριμμάτων, δηλαδή στο ποσοστό κατά βάρος των διάφορων υλικών που συνθέτουν τα απορρίμματα (π.χ. πλαστικά, χαρτιά, μέταλλα, κ.ά.). Πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση των στερεών απορριμμάτων είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό της σύνθεσης και της ποσότητας του βιοαερίου που παράγεται από την αναερόβια αποσύνθεσή τους.

Τα ΑΣΑ που απορρίπτονται χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία όσον αφορά τη σύνθεση των υλικών από τα οποία αποτελούνται. Ωστόσο, παρά την ποικιλία, διαφαίνεται μια σχετική «ομοιομορφία» από πόλη σε πόλη ή και από χώρα σε χώρα, ως προς τα είδη των συστατικών υλικών, συχνά δε και ως προς τα ποσοστά τους. Η «ομοιομορφία» αυτή στη σύνθεση εκφράζεται στατιστικώς και μπορεί να προβλεφθεί σε στατιστική βάση.

Στους Πίνακες 5.1 και 5.2 παρουσιάζεται η σύνθεση των οικιακών στερεών απορριμμάτων στη χώρα μας καθώς και η υφιστάμενη κατάσταση, όπως αποτυπώνεται στην εθνική νομοθεσία. Συνήθως, οι

μελέτες για εκτίμηση της σύνθεσης αφορούν στα οικιακά απορρίμματα και αυτό γιατί βασίζονται σε δειγματοληψίες που γίνονται στις γειτονιές (στους κάδους) πριν από τη συλλογή. Γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ανάγνωση και στη χρήση αυτών των στοιχείων και η αποφυγή σύγχυσης μεταξύ οικιακών και αστικών απορριμμάτων [4].

Πίνακας 5.1 - Σύνθεση οικιακών στερεών απορριμμάτων (μέσες τιμές, % κατά βάρος) στους Ο.Τ.Α. της Ελλάδας (1997)

Συστατικά /Υλικά στα οικιακά, στερεά απορρίμματα	Πληθυσμός Ο.Τ.Α. > 10.000		Πληθυσμός Ο.Τ.Α. < 10.000	
	Διακύμανση μέσων τιμών	Τυπική τιμή	Διακύμανση μέσων τιμών	Τυπική τιμή
<u>Οργανικά υλικά</u>				
Τροφικά υπολείμματα	35-60	46	50-75	62
Χαρτί - Χαρτόνι	15-25	20	12-20	16
Πλαστικά	7-15	8,5	3-10	7
Δέρμα, Ξύλο, Ύφασμα, Λάστιχο (Δ.Ξ.Υ.Λ.)	4-8	5	2-6	3
Απορρίμματα κήπων		1,5		1
<u>Ανόργανα υλικά</u>				
Γυαλί	2,5-16	4,5	2-12	2,5
Αλουμίνιο, κουτιά κασσίτερου και άλλα μέταλλα	2,8-10	5	2-5	3,5
Άλλα αδρανή (χώμα, τέφρα κ.ά.)	2-12	3	2-20	1
Υπόλοιπα		6,5		4

Πηγή: [4]

Πίνακας 5.2 - Μέση ποιοτική σύσταση παραγόμενων αστικών απορριμμάτων (1997)

Κλάσμα	Ποσοστό(%)
Ζυμώσιμα	47
Χαρτί	20
Πλαστικά	8,5
Μέταλλα	4,5
Γυαλί	4,5
Υπόλοιπα	15,5

Πηγή:[9]

Οι τιμές του Πίνακα 5.2 είναι μέσες τιμές που έχουν εκτιμηθεί σε διάρκεια μηνών ή ετών. Ο Πίνακας 5.3 αναφέρεται σε αντίστοιχα στοιχεία για άλλες χώρες.

Πίνακας 5.3 - Σύνθεση (% κατά βάρος) οικιακών στερεών απορριμμάτων σε διάφορες χώρες (μη συμπεριλαμβανομένων των υλικών που ανακυκλώνονται)

Συστατικά/ Υλικά στα οικιακά στερεά απορρίμματα	Χώρες χαμηλού εισοδήματος ¹	Χώρες μεσαίου εισοδήματος	Χώρες υψηλού εισοδήματος
<u>Οργανικά συστατικά</u>			
Τροφικά υπολείμματα	40 – 85	20 – 65	6 – 30
Χαρτί – Χαρτόνι	1 – 10	8 – 30	20 – 45
Πλαστικά	1 – 5	2 – 6	2 – 8
Υφάσματα	1 – 5	2 – 10	2 – 6
Λάστιχα – Δέρματα	1 – 5	1 – 4	0 – 2
Απορρίμματα κήπου	1 – 5	1 – 10	10 – 20
Ξύλα	1 – 5	1 – 10	1 – 4
<u>Ανόργανα συστατικά</u>			
Γυαλί	1 – 10	1 – 10	4 – 12
Κουτιά κασσίτερου, αλουμινίου, άλλα μέταλλα	1 – 5	1 – 5	2 – 8 0 – 1 1 – 4
Αδρανή (χώμα, τέφρα, κλπ)	1 – 40	1 – 30	0 – 10

Πηγή:[4]

1. Χαμηλό εισόδημα: < 750\$/άτομο/έτος
Μεσαίο εισόδημα: Μεταξύ 750\$ και 5000\$ /άτομο/έτος
Υψηλό εισόδημα: > 5000\$ /άτομο/έτος

Μελετώντας τους παραπάνω πίνακες παρατηρούνται υψηλότερα ποσοστά τροφικών υπολειμμάτων στους μικρούς οικισμούς, στα χωριά και στις φτωχές χώρες σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά στις μεγαλύτερες πόλεις και στις πλουσιότερες χώρες. Στις φτωχότερες περιοχές είναι μικρότερη η κατανάλωση προκαθορισμένων και συσκευασμένων φρούτων και λαχανικών (σε σχέση με προπαρασκευασμένες τροφές), υπάρχει μικρότερη χρήση περιοδικών και εφημερίδων και γενικότερα υπάρχει δυσχέρεια αγοράς καταναλωτικών προϊόντων. Επίσης, στις πλουσιότερες χώρες επεκτείνεται σταδιακά η χρήση συσκευών αλέσεως των τροφικών υπολειμμάτων τα οποία καταλήγουν, ως υγρά απόβλητα, στο σύστημα αποχέτευσης και όχι στον κάδο των οικιακών απορριμμάτων. Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται τα αποτελέσματα έρευνας για την εκτίμηση των οικιακών απορριμμάτων, το 1992 – 1993, σε τρεις πόλεις της Β. Ελλάδος. Επίσης φαίνονται οι μέσες τιμές για όλη τη χώρα για το 1990 και το 1997. Οι τιμές για τις πόλεις προέκυψαν από πραγματικές μετρήσεις, ενώ οι τιμές για τη χώρα είναι προσεγγιστικές εκτιμήσεις [4].

Πίνακας 5.4 - Σύνθεση (% κατά βάρος) οικιακών στερεών απορριμμάτων για τις πόλεις Κομοτηνή, Ξάνθη και Καβάλα (1993)

Κατηγορία υλικού	Ετήσια σταθμισμένη τιμή (%)			Μέση σταθμισμένη τιμή για τις 3 πόλεις	«Μέση» σύνθεση οικιακών στερεών απορριμμάτων στην Ελλάδα	
	Κομοτηνή	Ξάνθη	Καβάλα		1990	1997
Τροφικά υπολείμματα	68,9	62,7	61,8	63,9	59,8	47
Χαρτί	9,1	14,7	11,6	11,8	19,5	20
Πλαστικά	5,6	6,9	7,1	6,7	7	8,5
Γυαλί	1,7	2	2,4	2,1	2,6	4,5
Μέταλλα	2,8	3,1	2,3	2,7	3,8	4,5
Άλλα - Λοιπά	11,9	10,6	14,7	12,8	7,3	15,5

Πηγή:[4]

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά (και ποσοτικά) χαρακτηριστικά των ΑΣΑ μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερα επίπεδα:

1ο Επίπεδο – Το Νοικοκυριό: το βιοτικό επίπεδο, οι καταναλωτικές συνήθειες, ο τρόπος ζωής, το μέγεθος του νοικοκυριού, η συχνότητα συλλογής των ΑΣΑ κτλ.

2ο Επίπεδο – Το Γεωγραφικό Διαμέρισμα: το μέγεθος του διαμερίσματος, η τουριστική κίνηση, τα συστήματα θέρμανσης των κατοικιών, τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά, η διευκόλυνση που παρέχεται από το φορέα συλλογής (π.χ. αν αποκομίζεται κάθε τι που αφήνεται στον κάδο) κ.ά.

3ο Επίπεδο – Μακροοικονομία: Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, το οικογενειακό εισόδημα κ.ά.

4ο Επίπεδο – Τα Προϊόντα: τα υλικά παραγωγής, η συσκευασία, η διάρκεια ζωής και χρήσης κ.ά.

Στην παρούσα μελέτη η εκτίμηση των ποσοστών των διαφόρων συστατικών υλικών των ΑΣΑ έγινε με δειγματοληπτικές αναλύσεις [10].

5.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

5.2.1 Μέθοδος δειγματοληψίας

Η δειγματοληψία σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε με βάση τις διεθνείς προδιαγραφές όπως αυτές αναφέρονται στο πρότυπο ASTM D5231-92(2003) – “Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste” και στον κανονισμό RCRA (Waste Sampling Draft Technical Guidance, EPA 530-D-02-002).

Οι κατηγορίες των υλικών στις οποίες διαχωρίστηκαν τα απορρίμματα είναι: [9]

A) Οργανικά

- Χαρτί (κάθε είδους, περιοδικά, εφημερίδες, βιβλία, συσκευασίες, χαρτόνι)
- Τροφικά υπολείμματα (αποφάγια, κλαδιά, φύλλα)
- Πλαστικά (κάθε είδους)
- Δέρματα, Ξύλα, Υφάσματα, Λάστιχα (Δ.Ξ.Υ.Λ.)

B) Ανόργανα

- Γυαλί (κάθε είδους)
- Μέταλλα (κάθε είδους εκτός του αλουμινίου)
- Αλουμίνιο (κάθε είδους)
- Αδρανή υλικά (πέτρες, χώμα, σοβάδες)

Γ) Υπόλοιπα (Πάνες, σερβιέτες, υλικά που δεν υπάγονται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες).

Η διαδικασία της δειγματοληψίας περιγράφεται αναλυτικά στα παρακάτω βήματα: [9],[15]

1. Επιλέγεται μια επίπεδη επιφάνεια στο χώρο του ΧΥΤΑ για το άδειασμα του φορτίου του απορριμματοφόρου που επιλέγεται για δειγματοληψία. Η επιφάνεια καλύπτεται με ειδικό πλαστικό κάλυμμα.
2. Τοποθετείται ο ζυγός σε μια καθαρή, επίπεδη επιφάνεια και ρυθμίζεται.
3. Ζυγίζονται όλα τα άδεια δοχεία και καταγράφονται τα βάρη τους.
4. Αδειάζεται το φορτίο του απορριμματοφόρου και με τη χρήση των φτυαριών και τσουγκράνων αναμιγνύεται και σωριάζεται το φορτίο (mix and cone) ώστε να σχηματιστεί ένας ομοιόμορφος σωρός. Χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα και επιλέγεται τυχαία το ένα τέταρτο (quartering).
5. Σε περίπτωση που υπάρχουν μεγάλα αντικείμενα (π.χ. θερμοσίφωνας) τα οποία αποτελούν μεγάλο ποσοστό του συνολικού βάρους, τότε καταγράφονται και ζυγίζονται.
6. Τυπικά πρέπει να επιλεγούν 91 – 136 kg απορριμμάτων προκειμένου το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό. Η λήψη της ποσότητας αυτής υπερκαλύπτεται με την επιλογή ~1m³ απορριμμάτων με τη χρήση κατάλληλου κάδου ώστε να προκύψει το τελικό ημερήσιο δείγμα (ΤΗΔ). Στην περίπτωση που κρίνεται απαραίτητο λαμβάνεται πολλαπλάσια ποσότητα δείγματος. Για τη λήψη του δείγματος από το σωρό των απορριμμάτων χρησιμοποιείται – αν είναι διαθέσιμος – λαστιχοφόρος φορτωτής, αλλιώς γίνεται επιλογή με το χέρι.
7. Τα δοχεία για το διαχωρισμό των κλασμάτων τοποθετούνται γύρω από το χώρο εναπόθεσης του ΤΗΔ.
8. Ανοίγονται και αδειάζονται όλα τα δοχεία, τσάντες, σάκοι και μπουκάλια που περιέχονται στο ΤΗΔ. Τα υγρά από τα μπουκάλια αδειάζονται σε ξεχωριστό δοχείο.
9. Όπου υπάρχουν σύνθετα αντικείμενα στο ΤΗΔ (π.χ. καλώδια, σύνθετα υλικά) διαχωρίζονται τα υλικά όπου είναι δυνατόν και τοποθετούνται στα ειδικά δοχεία. Σε άλλη περίπτωση τοποθετούνται στο πιο αντιπροσωπευτικό δοχείο ανάλογα με το ποσοστό του κάθε υλικού. Σε περίπτωση που παρατηρείται μεγάλη ποσότητα από συγκεκριμένα υλικά δημιουργείται ανάλογη νέα κατηγορία διαχωρισμού. Σε κάθε άλλη περίπτωση σύνθετων υλικών, τοποθετούνται στο δοχείο με την ένδειξη «Υπόλοιπα».
10. Τα αντικείμενα που βρίσκονται σκόρπια στο σωρό του ΤΗΔ μετά από οπτικό έλεγχο τοποθετούνται στο αντίστοιχο κλάσμα.

11. Σύμφωνα με την οδηγία ASTM D5231-92(2003) ο διαχωρισμός συνεχίζεται μέχρι το μέγεθος των υλικών προς διαχωρισμό να είναι μικρότερο από 12,7 mm. Σε αυτό το σημείο γίνεται κατανομή των εναπομεινάντων συστατικών στα αντίστοιχα δοχεία διαχωρισμού σύμφωνα με την εξ' όψεως εκτίμηση του ποσοστού του κάθε κλάσματος.
12. Καταγράφονται τα βάρη των δοχείων διαχωρισμού και άλλων υλικών που δεν τοποθετήθηκαν στα δοχεία αν και διαχωρίστηκαν. Για την καταγραφή χρησιμοποιείται ειδικό έγγραφο της Εικόνας 5.1.
13. Μετά την καταγραφή αδειάζονται τα δοχεία και αν χρειάζεται επαναζυγίζονται. Η επανάληψη της ζύγισης απαιτείται σε περιπτώσεις που τα δοχεία διαχωρισμού κατακρατούν υγρασία από εξαιρετικά υγρά απορρίμματα.
14. Τέλος, καθαρίζεται ο χώρος απόθεσης του φορτίου του απορριμματοφόρου (με τη βοήθεια φορτωτή αν υπάρχει), ο χώρος χειροδιαλογής και προετοιμάζονται τα υλικά (δοχεία, ζυγός) για την επόμενη δειγματοληψία.

Εικόνα 5.1 - Έντυπο καταγραφής των κλασμάτων της δειγματοληψίας στο πεδίο

Ημερομηνία / Ώρα:		Είδος Α/Φ:		30 m ³	12 m ³	8 m ³	
ΧΥΤΑ:		Διαδρομή:					
Καιρός:							
Συστατικό	Βάρος σε Kgr			% του συνόλου			
	Απόβαρο	Μικτό	Καθαρό				
Αδρανή							
Μέταλλα							
Αλουμίνιο							
Γυαλί							
Δ.Ξ.Υ.Λ.							
Χαρτί							
Τροφ. Υπολείμματα							
Πλαστικά							
Υπόλοιπα							
ΣΥΝΟΛΟ							
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ							
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ:							

Πηγή: [9]

5.2.2 Σημεία δειγματοληψίας και χρονικός προγραμματισμός

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις φάσεις κατά τη διάρκεια ενός έτους σε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ των νομών Ρεθύμνης, Ηρακλείου και Λασιθίου.

Η επιλογή των χώρων δειγματοληψίας αστικών απορριμμάτων έγινε με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

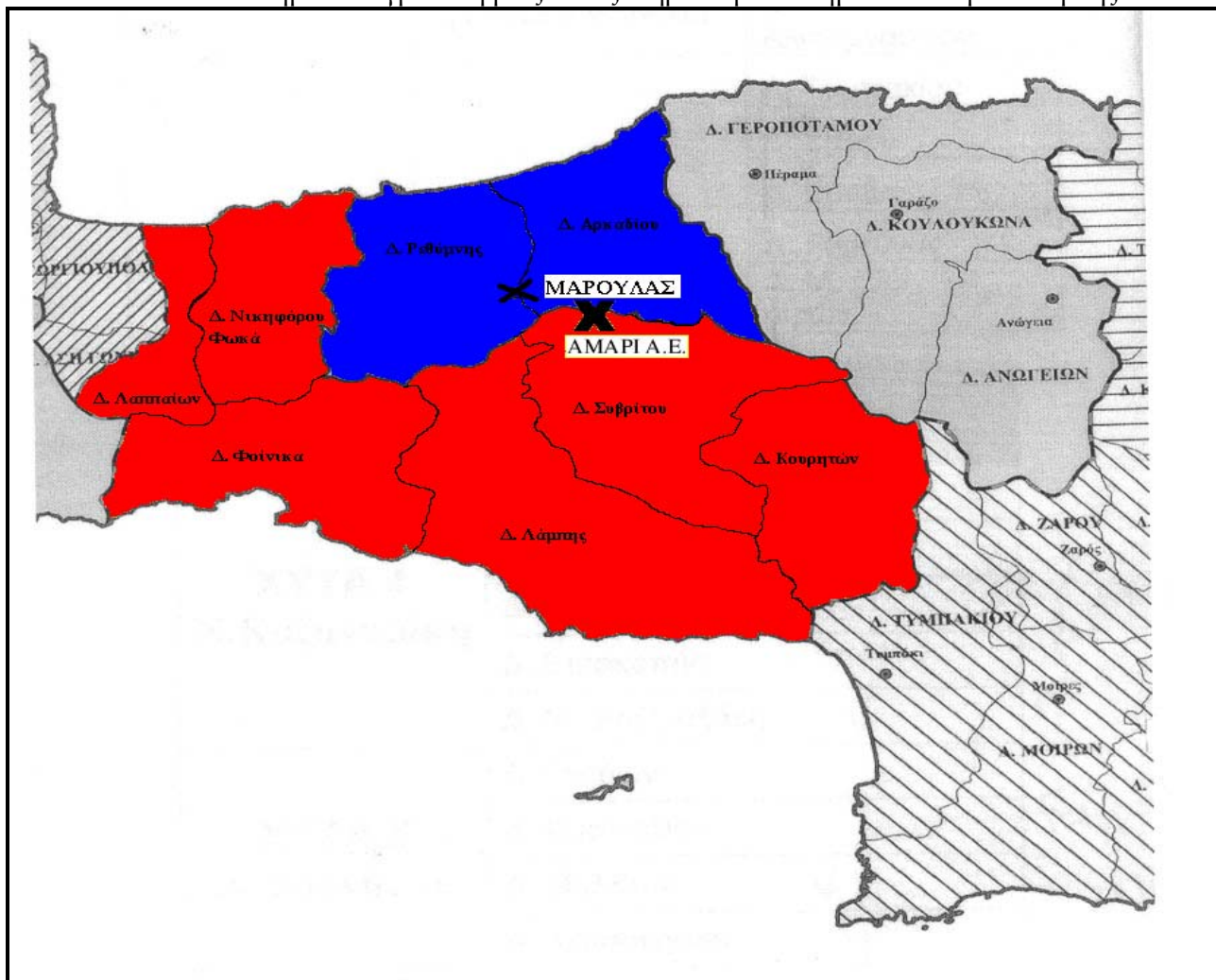
1. την κάλυψη τόσο αστικών – τουριστικών περιοχών, όσο και ορεινών – αγροτικών περιοχών
2. την κάλυψη του 60% περίπου της συνολικής παραγωγής απορριμμάτων στους τρεις νομούς
3. τη λήψη δειγμάτων από περιοχές που αναμένεται μεγάλη συγκέντρωση ανακυκλώσιμων υλικών (π.χ. Χερσόνησος)
4. τη διαθεσιμότητα του εκάστοτε ΧΥΤΑ τις περιόδους της δειγματοληψίας
5. το τι ακριβώς ζητείται να εκτιμηθεί (π.χ. η ποσότητα απορριμμάτων kg/κάτοικο/ημέρα δεν υπολογίζεται αλλά εκτιμάται λόγω έλλειψης γεφυροπλάστιγγας) [9].

Τελικά οι χώροι που επιλέχθηκαν είναι:

- Νομός Ρεθύμνης
 - a) ΧΥΤΑ Αμαρίου
 - b) ΧΥΤΑ Μαρουλά
- Νομός Ηρακλείου
 - a) ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων
 - b) ΧΥΤΑ Χερσονήσου
- Νομός Λασιθίου
 - a) ΧΔΑ Ιεράπετρας

Τα σημεία δειγματοληψίας φαίνονται στους παρακάτω χάρτες. [9]

Εικόνα 5.2 - Σημεία δειγματοληψίας και εξυπηρετούμενοι δήμοι στο Νομό Ρεθύμνης

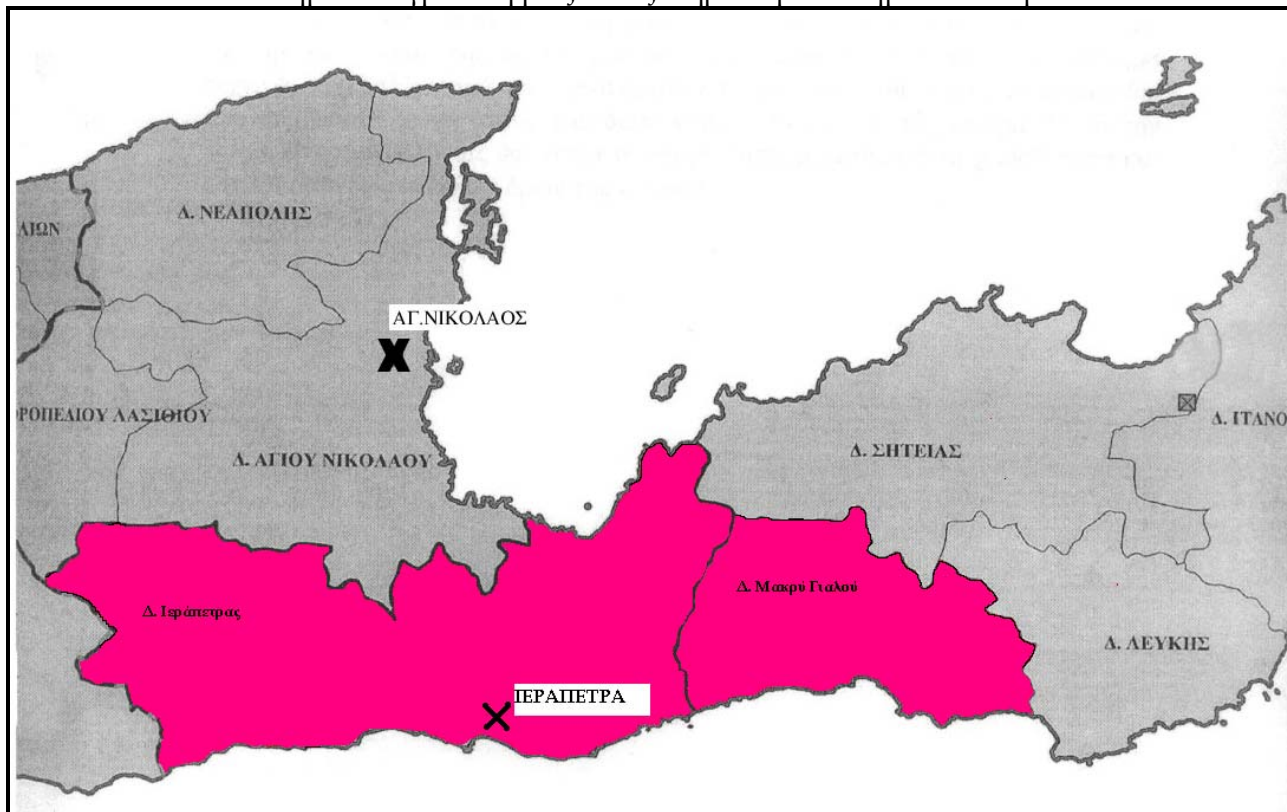


Πηγή: [9]

1



Εικόνα 5.4 - Σημεία δειγματοληψίας και εξυπηρετούμενοι δήμοι στο Νομό Λασιθίου



Πηγή: [9]

Οι Πίνακες 5.5 – 5.7 αναφέρονται στην υφιστάμενη κατάσταση σχετικά με τη διαχείριση των απορριμμάτων στους Δήμους των Νομών Ρεθύμνης, Ηρακλείου και Λασιθίου.

Πίνακας 5.5 - Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Ρεθύμνης

Δήμος	Πληθυσμός	Υφιστάμενη κατάσταση
Ρεθύμνου	31.687	ΧΥΤΑ Ρεθύμνου (κορεσμένος-επέκταση του χώρου ΟΑΝΑΚ) Ανοιχτή χωματερή Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένη χωματερή με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί) Ανεξέλεγκτη διάθεση σε 5 θέσεις. Σε δύο θέσεις υπάρχει πρόσβαση σε νερό
Γεροποτάμου	8.323	
Κουλούκωνα	5.949	
Κουρητών	2.703	ΧΥΤΑ Αμάρι
Λάμπης	6.133	Σύμβαση με ΧΥΤΑ Αμάρι
Λαππαίων	2.628	Σύμβαση με ΧΥΤΑ Αμάρι
Νικηφ. Φωκά	6.599	Σύμβαση με ΧΥΤΑ Αμάρι
Συβρίτου	3.512	ΧΥΤΑ Αμάρι
Φοίνικα	3.946	Σύμβαση με ΧΥΤΑ Αμάρι
Ανωγείων	4.812	1 ΧΔΑ με πυροσβεστικούς κρουνοί και αντιπυρική ζώνη
Αρκαδίου	5.644	ΧΥΤΑ Ρεθύμνου (κορεσμένος-επέκταση του χώρου ΟΑΝΑΚ)
ΣΥΝΟΛΟ	81.936	

Πίνακας 5.6 - Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Ηρακλείου

Δήμος	Πληθυσμός	Υφιστάμενη κατάσταση
Ηρακλείου	137.711	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί, επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα) Ανεξέλεγκτη διάθεση σε δύο θέσεις ΧΥΤΑ στη θέση Ρημάμπελα Μεταξωχωρίου Ανεξέλεγκτη διάθεση σε τέσσερις θέσεις Ανεξέλεγκτη διάθεση σε τέσσερις θέσεις
Αρκαλοχωρίου	10.897	
Αρχάνων	4.548	
Αστερουσίων	6.303	
Βιάννου	6.463	
Γοργολαίνη	3.171	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί, επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα) Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση
Γουβών	7.761	
Επισκόπης	2.533	
Ζαρού	3.370	1 ΧΔΑ (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη και πυροσβεστικούς κρουνοί)
Θραψάνου	2.616	ΧΔΑ Καστελίου
Καστελίου	6.819	1 ΧΔΑ (επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα, μέτρα πυροπροστασίας)
Κοφίνα	5.338	Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση
Κρουσσώνα	4.059	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί, επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα)
Μαλλίων	6.212	Πέρα Γαλήνων – Ανοιχτός ΧΔΑ Χερσονήσου
Μοιρών	10.857	3 ΧΔΑ (με αντιπυρική ζώνη)
Ν. Αλικαρνασσοῦ	12.542	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί, επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα) ΧΥΤΑ στη θέση Ρημάμπελα Μεταξωχωρίου
Ν. Καζαντζάκη	7.171	
Ρούβα	2.324	1 ΧΔΑ (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη, αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί)
Τεμένους	3.218	ΧΥΤΑ στη θέση Ρημάμπελα Μεταξωχωρίου
Τετραχωρίου	2.404	1 ΧΔΑ (περιφραγμένος χώρος με μέτρα πυροπροστασίας)
Τυλίσσου	3.491	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί, επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα) Ανεξέλεγκτη διάθεση σε δύο θέσεις
Τυμπακίου	10.001	
Χερσονήσου	8.497	Ανοιχτός ΧΔΑ Χερσονήσου
Γάζι	13.581	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (περιφραγμένος χώρος με αντιπυρική ζώνη αλλά χωρίς πυροσβεστικούς κρουνοί, επικάλυψη απορριμμάτων με χώμα) Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση
Γόρτυνα	5.292	
Αγ. Βαρβάρα	5.310	Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση
ΣΥΝΟΛΟ	292.489	

Πίνακας 5.7 - Υφιστάμενη κατάσταση διαχείρισης απορριμμάτων Ν. Λασιθίου

Δήμος	Πληθυσμός	Υφιστάμενη κατάσταση
Αγ. Νικολάου	19.462	ΧΥΤΑ Αγ. Νικολάου
Ιεράπετρας	23.707	1 ΧΔΑ με πυροσβεστικούς κρουνοὺς και αντιπυρική ζώνη
Ιτάνου	2.514	1 ΧΔΑ με πυροσβεστικούς κρουνοὺς και αντιπυρική ζώνη, καύση απορριμμάτων
Μακρύγιαλου	4.204	Σύμβαση με ΧΥΤΑ Ιεράπετρας
Νεάπολης	6.765	Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση
Ορ. Λασιθίου	3.152	Ανεξέλεγκτη διάθεση σε μία θέση
Σητείας	14.338	ΧΥΤΑ Σητείας
Λεύκης	2.177	Ανεξέλεγκτη διάθεση σε τρεις θέσεις
ΣΥΝΟΛΟ	76.319	

Στον Πίνακα 5.8 φαίνονται αναλυτικά οι ημερομηνίες των δειγματοληψιών. Οι τέσσερις φάσεις αντιπροσωπεύουν τις τέσσερις εποχές του έτους.

Πίνακας 5.8 - Χρονοδιάγραμμα δειγματοληψιών σε κάθε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Α' Φάση (Φθινόπωρο)	Β' Φάση (Χειμώνας)	Γ' Φάση (Ανοιξη)	Δ' Φάση (Καλοκαίρι)
ΧΥΤΑ Αμάρι Α.Ε.	15/9 – 19/9	17/11 – 21/11	15/3 – 19/3	14/6 – 18/6
ΧΥΤΑ Μαρουλά	22/9 – 26/9	24/11 – 28/11	22/3 – 26/3	21/6 – 25/6
ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	29/9 – 3/10	1/12 – 5/12	29/3 – 2/4	28/6 – 2/7
ΧΥΤΑ Χερσονήσου	13/10 – 17/10	15/12 – 19/12	26/4 – 30/4	12/7 – 16/7
ΧΔΑ Ιεράπετρας	27/10 – 31/10	19/1 – 23/1	9/5 – 14/5	26/7 – 30/7

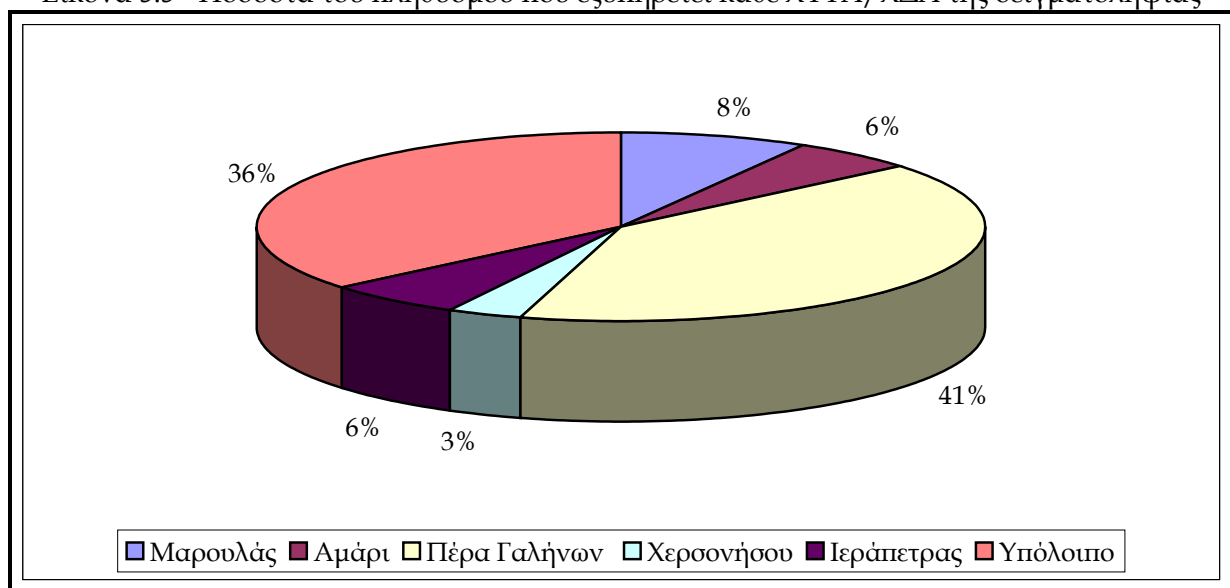
Πηγή: [9]

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι ο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων από τη Β' φάση και μετά αντικαταστάθηκε από το Σταθμό Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (ΣΜΑ) Ηρακλείου. Ωστόσο επειδή

τα απορρίμματα του ΣΜΑ τελικά καταλήγουν στο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων στους υπολογισμούς παρακάτω οι δυο χώροι ταυτίζονται.

Στο επόμενο Γράφημα φαίνεται η κατανομή του πληθυσμού στους ΧΥΤΑ/ΧΔΑ στους οποίους πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία. Είναι φανερό ότι ο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου είναι ο χώρος που συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό (63%), γι' αυτό και επιλέχθηκε για τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών.

Εικόνα 5.5 - Ποσοστά του πληθυσμού που εξυπηρετεί κάθε ΧΥΤΑ/ΧΔΑ της δειγματοληψίας



Πηγή: [9]

5.2.3 Εφαρμογή δειγματοληψίας

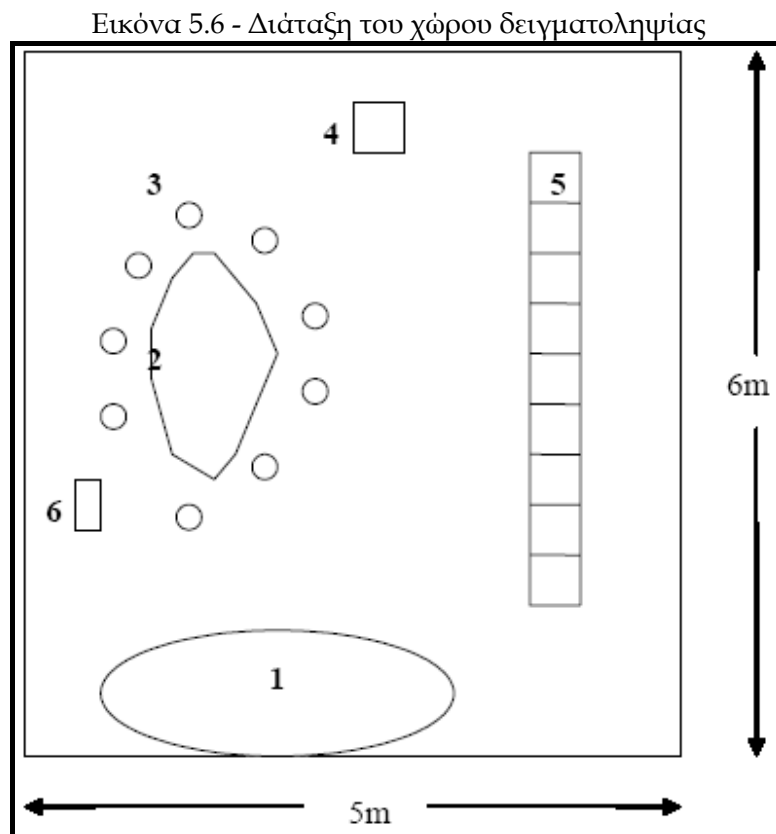
Για τη δειγματοληψία της απαιτούμενης κάθε φορά ποσότητας απορριμμάτων είναι απαραίτητα, σε κάθε χώρο, τα παρακάτω: [9]

- Δύο εργάτες για τη χειροδιαλογή
- Ένας λαστιχοφόρος φορτωτής
- Ένας κάδος περίπου 1m³ για την επιλογή της κατάλληλης ποσότητας δείγματος
- Ένας ζυγός για τη ζύγιση των κλασμάτων
- Φτυάρι, τσουγκράνα, σκούπα

- Καθαρός, στεγασμένος χώρος (υπόστεγο) για τη χειροδιαλογή και για την προστασία από δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε κατά τις πρωινές ώρες, μετά τη συλλογή των απορριμμάτων από τα απορριμματοφόρα του δήμου.

Στην Εικόνα 5.6 φαίνεται η διάταξη του χώρου χειροδιαλογής.



Πηγή: [9]

Αναλυτικότερα:

Σημείο 1: Ημερήσιο φορτίο απορριμματοφόρου που επιλέγεται προς χειροδιαλογή

Σημείο 2: Επιλεγόμενη ποσότητα περίπου 1m^3 από το φορτίο του απορριμματοφόρου

Σημείο 3: Κάδοι διαχωρισμού κλασμάτων

Σημείο 4: Ζυγός ζύγισης κλασμάτων

Σημείο 5: Κάδοι συνολικών ποσοτήτων των κλασμάτων ημερήσιας διαλογής

Σημείο 6: Δοχείο για το άδειασμα των υγρών από μπουκάλια – δοχεία.

Βεβαίως πρέπει να σημειωθεί ότι το εμβαδόν του απαιτούμενου χώρου υπολογίζεται σε 30m², ο οποίος στεγάζεται προσωρινά για την προστασία της χειροδιαλογής από τις καιρικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, βροχή, κ.ά.). Επίσης σημαντικό είναι ότι ο χώρος δίπλα και κάτω από το σωρό στο σημείο 2 καλύπτεται με πλαστικό κάλυμμα περίπου 10m², για την προστασία του εδάφους.

Παρακάτω φαίνονται στιγμιότυπα από διάφορες φάσεις της δειγματοληψίας. [9]

Εικόνα 5.7 - Χώρος της χειροδιαλογής



Πηγή: [9]

Εικόνα 5.8 - Μεταφορά και άδειασμα δείγματος στο χώρο χειροδιαλογής, Πηγή: [9]



Εικόνα 5.9 - Διαχωρισμός κλασμάτων μετά τη χειροδιαλογή, Πηγή: [9]



Εικόνα 5.10 - Το κλάσμα των πλαστικών μετά τη χειροδιαλογή, Πηγή: [9]



Εικόνα 5.11 - Ογκώδη αντικείμενα που βρέθηκαν στο δείγμα, ζυγίστηκαν και αφαιρέθηκαν, Πηγή: [9]



5.2.4 Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού δειγμάτων

Η επιλογή του μεγέθους και του αριθμού των δειγμάτων (n) της δειγματοληψίας γίνεται με τη χρήση στατιστικά παραδεκτής μεθόδου. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το διεθνές πρότυπο ASTM D5231-92(2003) – “Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste” [15], [9].

Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό συνίσταται η λήψη δειγμάτων μεγέθους 91 – 136 kg ή 200 – 300 lb. Ο αριθμός των δειγμάτων (n) υπολογίζεται με τη βοήθεια της υπολογιστικής μεθόδου που περιγράφεται παρακάτω. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος αυτή έχει αναπτυχθεί και δοκιμαστεί σε εφαρμογές δειγματοληψίας σε ΧΥΤΑ των ΗΠΑ όπου υπάρχει ικανός αριθμός στατιστικών στοιχείων για τη σύνθεση των απορριμμάτων. Επίσης η μέθοδος αναφέρεται σε μεγάλους ΧΥΤΑ (πόλεις >100.000) εφόσον στις ΗΠΑ δεν υπάρχουν ΧΥΤΑ που να εξυπηρετούν πόλεις με μικρότερο πληθυσμό.

Ο αριθμός των δειγμάτων που απαιτούνται για την εξασφάλιση 10% βαθμού ακρίβειας, είναι συνάρτηση των κλασμάτων που λαμβάνονται υπόψη και του επιπέδου εμπιστοσύνης (90%). Ο αριθμός των δειγμάτων n δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$n = \left(\frac{t^* * s}{e * \bar{x}} \right)^2 \quad (5-1)$$

όπου:

t^* : τιμή του student test (Πίνακας παρακάτω) που εξαρτάται από το επίπεδο εμπιστοσύνης

s : εκτιμώμενη τυπική απόκλιση

e : βαθμός ακρίβειας (0,1)

$\bar{x}$: εκτιμώμενη μέση τιμή

Η εφαρμογή του τύπου και τελικά ο υπολογισμός του απαιτούμενου αριθμού δειγμάτων περιγράφεται στα παρακάτω βήματα: [9]

1. Χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 5.9 για $n=\infty$ και για κάθε επιμέρους κλάσμα (π.χ. γυαλιά, μέταλλα, πλαστικά, κ.ά.) υπολογίζεται ο αντίστοιχος αριθμός δειγμάτων n' .

Πίνακας 5.9 - Τιμές του student test σε συνάρτηση με τον αριθμό των δειγμάτων και του επιπέδου εμπιστοσύνης

Number of Samples, n	90 %	95 %
2	6.314	12.706
3	2.920	4.303
4	2.353	3.182
5	2.132	2.776
6	2.015	2.571
7	1.943	2.447
8	1.895	2.365
9	1.860	2.306
10	1.833	2.262
11	1.812	2.228
12	1.796	2.201
13	1.782	2.179
14	1.771	2.160
15	1.761	2.145
16	1.753	2.131
17	1.746	2.120
18	1.740	2.110
19	1.734	2.101
20	1.729	2.093
21	1.725	2.086
22	1.721	2.080
23	1.717	2.074
24	1.714	2.069
25	1.711	2.064
26	1.708	2.060
27	1.706	2.056
28	1.703	2.052
29	1.701	2.048
30	1.699	2.045
31	1.697	2.042
36	1.690	2.030
41	1.684	2.021
46	1.679	2.014
51	1.676	2.009
61	1.671	2.000
71	1.667	1.994
81	1.664	1.990
91	1.662	1.987
101	1.660	1.984
121	1.658	1.980
141	1.656	1.977
161	1.654	1.975
189	1.653	1.973
201	1.653	1.972
∞	1.645	1.960

Πηγή: [15]

- Επιλέγεται ο μεγαλύτερος αριθμός και συμβολίζεται με n_0 και το κλάσμα στο οποίο αντιστοιχεί ονομάζεται «κυρίαρχο συστατικό».

3. Για τον αριθμό n που επιλέχθηκε στο προηγούμενο βήμα βρίσκεται η αντίστοιχη τιμή του t^* , από τον Πίνακα 5.9 , και από την εξίσωση (5-1) υπολογίζεται εκ νέου ο αριθμός των δειγμάτων n' .
4. Γίνεται σύγκριση του μεγαλύτερου n' με το n_0 και αν διαφέρουν πάνω από 10% τότε επιστρέφουμε στο Βήμα 1, αλλιώς προχωράμε στο επόμενο βήμα.
5. Τελικά επιλέγεται το μεγαλύτερο από τα n' και n_0 ως ο ζητούμενος αριθμός δειγμάτων που απαιτούνται για κάθε ΧΥΤΑ.

Επίσης, κατά την εφαρμογή της παραπάνω μεθόδου είναι απαραίτητη η γνώση της τοπικής απόκλισης και της μέσης τιμής για τα κλάσματα των ΑΣΑ. Ωστόσο στην περιφέρεια Κρήτης δεν υπάρχει ικανός αριθμός συγκρίσιμων στατιστικών στοιχείων σύνθεσης των ΑΣΑ από προηγούμενα έτη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τις μετρήσεις πεδίου που διεξήχθησαν κατά την περίοδο 15/9/2003 - 31/10/2003 στο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου (Πίνακας 5.10). Η επιλογή του χώρου βασίστηκε στο ότι δέχεται το μεγαλύτερο μέρος των απορριμμάτων της περιφέρειας Κρήτης και είναι ο μοναδικός που αντιστοιχεί σε πληθυσμό >100.000 κατοίκους [9].

Πίνακας 5.10 - Στατιστικά στοιχεία για το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου, όπως υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις πεδίου για την περίοδο 15/9/2003 - 31/10/2003

Κλάσματα	Τοπική απόκλιση s	Μέση τιμή $\bar{x}$
Αδρανή	0,46	1,93
Μέταλλα	1,79	4,44
Αλουμίνιο	0,66	3,01
Γυαλί	0,52	4,58
ΔΕΥΛ	1,22	3,60
Χαρτί	6,74	19,71
Τροφικά Υπολείμματα	1,96	35,45
Πλαστικά	5,61	22,49
Υπόλοιπα	1,33	4,49

Πηγή: [9]

Χρησιμοποιώντας αυτά τα στατιστικά στοιχεία έγινε η εφαρμογή της μεθόδου όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.11. Η πρώτη στήλη αναφέρεται στα κλάσματα των ΑΣΑ, η δεύτερη στη στρογγυλοποιημένη τιμή του n' , όπως υπολογίστηκε με χρήση της

σχέσης (1) και για $t^*=1,645$ που αντιστοιχεί σε άπειρο αριθμό δειγμάτων. Από τη στήλη αυτή επιλέγεται η μεγαλύτερη τιμή (44) και το κυρίαρχο συστατικό είναι τα μέταλλα. Στη συνέχεια υπολογίζεται εκ νέου το n' για $t^*=1,681$, που αντιστοιχεί σε 44 δείγματα και τα αποτελέσματα φαίνονται στην τρίτη στήλη. Η μεγαλύτερη τιμή σε αυτή την περίπτωση είναι το 46. Το 46 με το 44 διαφέρουν λιγότερο από 10%, επομένως 46 είναι τα απαιτούμενα δείγματα για το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου. Σημειώνεται ότι χρησιμοποιήθηκε ακρίβεια 0,1 και επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.

Η δειγματοληψία, όμως, στο συγκεκριμένο χώρο διαρκεί συνολικά 20 ημέρες και επομένως ο απαιτούμενος αριθμός δειγμάτων καθημερινά είναι: $\frac{46}{20} = 2,3$. Θεωρώντας ότι το μέγεθος κάθε δείγματος είναι 130 kg περίπου, πρέπει να λαμβάνονται καθημερινά 300 kg ΑΣΑ.

Πίνακας 5.11 - Υπολογισμός απαιτούμενου αριθμού δειγμάτων για το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου

Κλάσματα	n' για $t^*=1,645$	n' για $t^*=1,681$
Αδρανή	15	16
Μέταλλα	44	46
Αλουμίνιο	13	14
Γυαλί	3	4
ΔΕΥΛ	31	32
Χαρτί	32	33
Τροφικά υπολείμματα	1	1
Πλαστικά	17	18
Υπόλοιπα	21	22

Πηγή: [9]

Η ποσότητα των 300 kg αντιστοιχεί στο 0.13% της μέγιστης ποσότητας απορριμμάτων που δέχεται ο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων (239.013 kg/d). Το ποσοστό αυτό χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του μεγέθους του δείγματος από του άλλους, μικρότερους ΧΥΤΑ. Τα αποτελέσματα είναι αυτά που φαίνονται στον Πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.12 - Υπολογισμός αριθμού δειγμάτων στους μικρότερους ΧΥΤΑ

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων (kg/d)	Υπολογιζόμενο μέγεθος ελάχιστου ημερήσιου δείγματος (kg)	Αριθμός ημερήσιων δειγμάτων
ΧΥΤΑ Αμαρί Α.Ε.	26.298	34	1
ΧΥΤΑ Μαρουλά	59.021	76	1
ΧΥΤΑ Χερσονήσου	46.770	60	1
ΧΔΑ Ιεράπετρας	32.106	42	1

Πηγή: [9]

Σημειώνεται ότι η λήψη ενός δείγματος αναφέρεται σε 130 kg ΑΣΑ.

Μετά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πεδίου, προέκυψε η σύνθεση των ΑΣΑ για τους χώρους που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία και για τις τέσσερις φάσεις. Στους Πίνακες 5.13 – 5.16 φαίνονται οι μέσες τιμές των ποσοστών (%) σύνθεσης των κλασμάτων της δειγματοληψίας. [9]

Πίνακας 5.13 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Α' Φάση)

	ΧΥΤΑ Αμαρίου	ΧΥΤΑ Μαρουλά	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	ΧΥΤΑ Χερσονήσου	ΧΔΑ Ιεράπετρας
Αδρανή	1,90	2,50	1,93	2,43	1,54
Μέταλλα	4,00	2,65	4,44	2,12	2,65
Αλουμίνιο	1,08	1,29	3,01	0,97	0,97
Γυαλί	3,24	11,56	4,58	18,05	3,86
Δ.Ξ.Υ.Λ.	10,56	4,71	3,60	4,36	5,26
Χαρτί	29,66	24,20	19,71	16,04	16,14
Τροφικά υπολείμματα	29,56	34,82	35,45	35,97	37,95
Πλαστικά	17,54	14,88	22,49	15,20	26,15
Υπόλοιπα	2,47	3,39	4,79	4,85	5,49

Πηγή: [9]

Πίνακας 5.14 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Β' Φάση), Πηγή: [9]

	ΧΥΤΑ Αμαρίου	ΧΥΤΑ Μαρουλά	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	ΧΥΤΑ Χερσονήσου	ΧΔΑ Ιεράπετρας
Αδρανή	1,66	1,45	1,58	1,49	1,86
Μέταλλα	4,47	3,08	3,01	2,43	3,28
Αλουμίνιο	0,54	0,61	0,74	0,49	0,89
Γυαλί	2,23	3,62	3,08	2,99	3,63
Δ.Ξ.Υ.Λ.	8,35	4,23	5,11	5,68	5,55
Χαρτί	19,96	27,56	23,39	19,66	17,96
Τροφικά υπολείμματα	39,00	36,71	39,09	41,08	41,28
Πλαστικά	18,03	16,86	18,59	18,72	16,83
Υπόλοιπα	5,77	5,87	5,41	7,46	8,74

Πίνακας 5.15 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Γ' Φάση), Πηγή: [9]

	ΧΥΤΑ Αμαρίου	ΧΥΤΑ Μαρουλά	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	ΧΥΤΑ Χερσονήσου	ΧΔΑ Ιεράπετρας
Αδρανή	4,05	2,71	3,97	5,20	2,18
Μέταλλα	6,06	2,05	3,65	3,47	2,89
Αλουμίνιο	0,63	1,05	1,48	0,97	1,35
Γυαλί	2,28	3,95	3,96	11,29	3,80
Δ.Ξ.Υ.Λ.	6,91	7,28	4,67	5,97	8,21
Χαρτί	17,44	21,86	22,06	17,61	15,13
Τροφικά υπολείμματα	38,18	44,46	39,66	38,63	44,63
Πλαστικά	15,64	13,18	15,01	13,41	15,86
Υπόλοιπα	8,83	3,47	5,53	3,44	5,95

Πίνακας 5.16 - Μέσες τιμές σύνθεσης των ΑΣΑ στους χώρους δειγματοληψίας (Δ' Φάση), Πηγή: [9]

	ΧΥΤΑ Αμαρίου	ΧΥΤΑ Μαρουλά	ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	ΧΥΤΑ Χερσονήσου	ΧΔΑ Ιεράπετρας
Αδρανή	2,88	1,01	4,66	1,80	1,80
Μέταλλα	6,05	3,06	4,51	2,81	2,38
Αλουμίνιο	0,68	1,07	2,26	1,75	0,80
Γυαλί	2,39	6,18	5,38	16,86	3,23
Δ.Ξ.Υ.Λ.	9,94	3,22	5,37	4,20	9,24
Χαρτί	16,84	19,13	16,88	15,94	19,35
Τροφικά υπολείμματα	39,08	40,71	40,66	35,16	38,54
Πλαστικά	12,68	17,65	13,83	15,96	15,70
Υπόλοιπα	9,47	7,96	6,45	5,51	8,96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι εργαστηριακές αναλύσεις των ΑΣΑ πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων (Ε.Δ.Τ.Ε.Α.) του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, στα εξής κλάσματα:

- Οργανικά
- Δ.Ξ.Υ.Λ.
- Πλαστικά
- Χαρτί

Μετρήθηκαν:

- a) Το ποσοστό (%) της υγρασίας που περιέχεται στα ΑΣΑ
- b) Η % σύσταση σε άνθρακα (στοιχειακή ανάλυση)

Για την καλύτερη οργάνωση των αναλύσεων χρησιμοποιείται η παρακάτω αντιστοιχία:

A → Οργανικά

B → Δ.Ξ.Υ.Λ.

Γ → Πλαστικά

Δ → Χαρτί

Το εργαστηριακό δείγμα αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά (τροφικά υπολείμματα), Δ.Ξ.Υ.Λ. , πλαστικά συσκευασίας και χαρτιά (χαρτί, χαρτόνι εκτός από χαρτιά προσωπικής υγιεινής). Στο πεδίο έγινε ο διαχωρισμός των κλασμάτων, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, και στο εργαστήριο έγινε η παρασκευή των τεσσάρων κλασμάτων. Για τη συλλογή των ποσοτήτων απορριμμάτων από κάθε κλάσμα δε χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός που ήταν πιθανόν να αλληλεπιδράσει με το δείγμα και να το αλλοιώσει. Γι' αυτό η επιλογή έγινε με το χέρι και από τα ίδια κάθε φορά άτομα και με όσο το δυνατόν καλύτερη αντιπροσωπευτικότητα επιλεγμένων υλικών. Η ποσότητα κάθε κλάσματος ήταν περίπου 200 – 500 gr. Η προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά του εργαστηριακού δείγματος έγινε σε υδατοστεγείς σακούλες απορριμμάτων σφραγισμένες με ταινία. Ο χρόνος που μεσολαβούσε μεταξύ συλλογής και ανάλυσης κυμαίνονταν από 1 έως 4 ώρες.

Η παρασκευή του εργαστηριακού δείγματος χρησιμοποιήθηκε ο απαραίτητος μηχανισμός ασφαλείας (γάντια, μάσκες) ενώ η μείωση του μεγέθους των υλικών έγινε με μαχαίρια και ψαλίδια (εργασία με το χέρι) ώστε να μην επηρεαστεί το περιεχόμενο σε υγρασία των απορριμμάτων [9].

Οι εργαστηριακές αναλύσεις έγιναν με την παρακάτω σειρά:



6.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ - ΑΛΕΞΗ

Ο φούρνος ξήρανσης που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της υγρασίας, είναι της εταιρίας Innovens μοντέλο Jouan EU2 118 (Εικόνα 6.1). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά δίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1 - Τεχνικά χαρακτηριστικά φούρνου ξήρανσης Innovens EU2118

Χωρητικότητα (L)	118
Εξωτερικές διαστάσεις (ΠxΥxΒ)	635x635x711
Μέγιστη θερμοκρασία (°C)	250
Χωρική απόκλιση θερμοκρασίας (± °C)	1,5 (105 °C)
Χρονική απόκλιση θερμοκρασίας (± °C)(DIN 12880)	0,3
Χρονόμετρο	NAI (0-999)
Ψηφιακή ένδειξη θερμοκρασίας	NAI ANA 1 ΒΑΘΜΟ
Αλλά	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ALARM, CE

Πηγή: [9]

Για τη μέτρηση της υγρασίας αντιπροσωπευτικό δείγμα ζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό με ακρίβεια 0,1 mg και θερμαίνεται για 24 ώρες στους 107 ± 3 °C. Στη συνέχεια φυλάσσεται σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας έως ότου έρθει στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου και κατόπιν ζυγίζεται ξανά. Η υγρασία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία (\%)} = \left[\frac{(W - B)}{W} \right] * 100$$

όπου:

W : το αρχικό βάρος του δείγματος (gr)

B : το τελικό βάρος του δείγματος μετά την ξήρανση (gr)

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τις τέσσερις φάσεις της δειγματοληψίας φαίνονται στους Πίνακες 6.2 – 6.5 [9].

Εικόνα 6.1 - Φούρνος ξήρανσης της εταιρίας Innovens μοντέλο Jouan EU2118



Πηγή: [9]

Πίνακας 6.2 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Α' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	% Υγρασία
ΑΜΑΡΙ	Οργανικά	70,98
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	31,55
	Πλαστικά	1,62
	Χαρτί	10,21
ΜΑΡΟΥΛΑ	Οργανικά	67,85
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	27,58
	Πλαστικά	3,32
	Χαρτί	12,02
ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ	Οργανικά	73,85
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	18,35
	Πλαστικά	1,66
	Χαρτί	14,82
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	Οργανικά	73,96
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	24,88
	Πλαστικά	3,06
	Χαρτί	22,55
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	Οργανικά	65,53
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	12,65
	Πλαστικά	3,00
	Χαρτί	13,23

Πηγή: [9]

Πίνακας 6.3 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Β' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	% Υγρασία
ΑΜΑΡΙ	Οργανικά	63,54
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	12,58
	Πλαστικά	2,98
	Χαρτί	12,54
ΜΑΡΟΥΛΑ	Οργανικά	66,45
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	19,54
	Πλαστικά	4,09
	Χαρτί	22,03
ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ	Οργανικά	62,63
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	23,45
	Πλαστικά	2,30
	Χαρτί	23,79
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	Οργανικά	61,87
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	21,72
	Πλαστικά	3,02
	Χαρτί	20,23
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	Οργανικά	63,25
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	21,78
	Πλαστικά	4,25
	Χαρτί	19,68

Πηγή: [9]

Πίνακας 6.4 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Γ' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	% Υγρασία
ΑΜΑΡΙ	Οργανικά	82,58
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	17,45
	Πλαστικά	15,40
	Χαρτί	18,62
ΜΑΡΟΥΛΑ	Οργανικά	85,03
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	14,34
	Πλαστικά	11,00
	Χαρτί	15,83
ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ	Οργανικά	84,60
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	14,24
	Πλαστικά	6,18
	Χαρτί	12,15
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	Οργανικά	86,08
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	26,21
	Πλαστικά	2,80
	Χαρτί	15,99
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	Οργανικά	70,32
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	24,73
	Πλαστικά	5,60
	Χαρτί	14,25

Πηγή: [9]

Πίνακας 6.5 - Μετρήσεις υγρασίας των κλασμάτων των ΑΣΑ στην περιφέρεια Κρήτης (Δ' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	% Υγρασία
ΑΜΑΡΙ	Οργανικά	71,88
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	9,52
	Πλαστικά	2,15
	Χαρτί	17,78
ΜΑΡΟΥΛΑ	Οργανικά	76,17
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	10,69
	Πλαστικά	4,43
	Χαρτί	6,46
ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ	Οργανικά	71,27
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	28,50
	Πλαστικά	1,99
	Χαρτί	11,11
ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ	Οργανικά	76,40
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	32,41
	Πλαστικά	2,17
	Χαρτί	16,80
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ	Οργανικά	77,84
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	11,07
	Πλαστικά	1,77
	Χαρτί	11,48

Πηγή: [9]

Για τη ζύγιση ακριβείας των εργαστηριακών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε αναλυτικός ζυγός της AND μοντέλο HR 200 – EC (Εικόνα 6.2). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ζυγού δίνονται στον Πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6 - Τεχνικά χαρακτηριστικά αναλυτικού ζυγού AND HR 200 - EC

Διαστάσεις(ΓxΒxΥ)(mm x mm x mm)	213x319x301
Μέγιστο βάρος ζύγισης (gr)	210
Διάμετρος δίσκου ζύγισης (mm)	85
Ακρίβεια (mg)	0,1
Άλλα	Πολλαπλές μονάδες ζύγισης, λειτουργία ποσοστού % μέτρησης κομματιών, αυτόματη ρύθμιση με βάση τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, άγκιστρο ανάρτησης δείγματος.

Πηγή: [9]

Εικόνα 6.2 - Αναλυτικός ζυγός της AND μοντέλο HR 200 - EC



Πηγή: [9]

Στη συνέχεια τα δείγματα αλέθονται με χρήση του μύλου (μαχαιρόμυλος) της εταιρίας Fritsch μοντέλο P-19 σε συνδυασμό με cyclone separator (Εικόνα 6.3). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μύλου άλεσης φαίνονται στον Πίνακα 6.7. Ο συγκεκριμένος μύλος είναι ικανός για την επεξεργασία υλικών όπως:

- κόκαλα, ξύλο, δέρμα, πλακέτες H/Y,
- άνθρακας, βακελίτης, γύψος, έδαφος, αδρανή υλικά κατεδάφισης
- ανόργανα άλατα, εποξικές ρητίνες, κονίες, χρωστικές, τροφές,
- πλαστικά, ελαστικά, υφάσματα, αποξηραμένα φυτά, δημητριακά, κυτταρίνη, απορρίμματα.

[9]

Πίνακας 6.7 - Τεχνικά χαρακτηριστικά μύλου Fritsch P - 19

Πλάτος x Ύψος x Βάθος (mm x mm x mm)	450x630x550
Καθαρό βάρος (kg)	56
Κινητήρας	3φασικού εναλλασσόμενου ρεύματος με μηχανικό φρένο
Στάθμη θορύβου	73 dB(A), 95 dB(A)
Τάση λειτουργίας (V) / Κατανάλωση (W)	230 / 1800
Ισχύς (W)/ Ένταση ρεύματος (A)	1500 / 16
Μέγιστο μέγεθος τροφοδοσίας (mm x mm)	70x80
Μέγιστη χωρητικότητα (kg/h)	60
Τελικό μέγεθος κόκκων (mm)	0,25 – 6
Ταχύτητα περιστροφής ρότορα (rpm)	3000

Πηγή: [9]

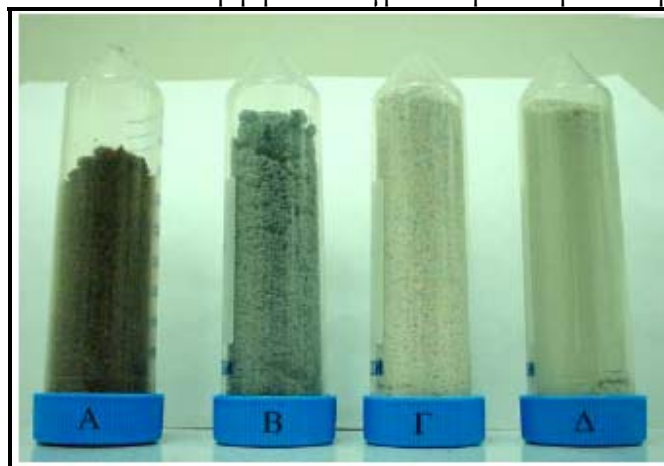
Εικόνα 6.3 - Κυκλώνας (cyclone exhauster) και ο μύλος της εταιρίας Fritsch μοντέλου P - 19



Πηγή: [9]

Η μορφή των δειγμάτων μετά την άλεση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 6.4 - Μορφή των δειγμάτων μετά την άλεση



Πηγή: [9]

6.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

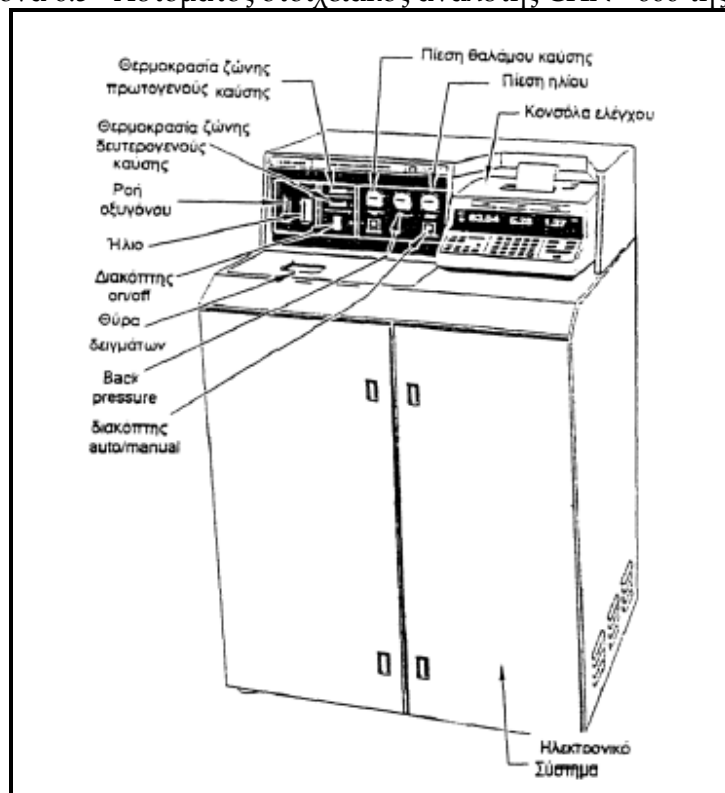
Η στοιχειακή ανάλυση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό του άνθρακα (C), του υδρογόνου (H) και του αζώτου (N) των δειγμάτων. Στην παρούσα μελέτη μετρήθηκε μόνο ο άνθρακας (C).

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του άνθρακα έγινε με τον αυτόματο στοιχειακό αναλυτή της LECO τύπου CHN – 600. Το μηχάνημα απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 6.5) και η αρχή λειτουργίας του είναι η ακόλουθη:

Ποσότητα του δείγματος, της τάξης των mgts εισάγεται σε ειδικό υποδοχέα του μηχανήματος και καίγεται πλήρως σε καθαρή ατμόσφαιρα οξυγόνου. Κατά την καύση παράγονται υδρατμοί, CO_2 , NO_x , N_2 και SO_x . Από το CO_2 υπολογίζεται ο άνθρακας. Επίσης, από τους υδρατμούς μπορεί να υπολογιστεί το υδρογόνο και από το υπόλοιπο αέριο το άζωτο.

Αρχικά με μια δευτερογενή καύση, παρουσία CaO , δεσμεύονται τα SO_x με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας H_2SO_4 το οποίο θα έφθειρε τη συσκευή. Στη συνέχεια δεσμεύονται σε δύο στήλες οι υδρατμοί και το CO_2 , ενώ το οξυγόνο απομακρύνεται με χρήση κατάλληλου καταλύτη. Στο αέριο που διαφεύγει με χρήση υπέρθερμου χαλκού μετατρέπονται τα NO_x σε N_2 . Έπειτα το αέριο μεταφέρεται σε ένα ηλεκτρονικό στοιχείο που αποτελείται από μια γέφυρα Wheatstone, όπου λόγω διαφορετικής αγωγιμότητας αζώτου και ηλίου (το ήλιο μεταφέρεται από την αρχή με το αέριο της καύσης) μετριέται το άζωτο. Από τους υδρατμούς και το CO_2 που έχουν δεσμευτεί υπολογίζονται φασματοφωτομετρικά το H_2 και ο C [9].

Εικόνα 6.5 - Αυτόματος στοιχειακός αναλυτής CHN - 600 της LEC



Πηγή: [9]

Αφού ολοκληρωθούν όλες οι διαδικασίες γίνονται διορθώσεις ως προς τη βαρυτομετρική πίεση και ως προς άλλες παρεμβολές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της καύσης και λαμβάνονται καταγεγραμμένα τα συνολικά ποσοστά C και H, N, συμπεριλαμβανομένων του άνθρακα των ανθρακικών ενώσεων, του υδρογόνου της υγρασίας και της ενυδάτωσης των πυριτικών ενώσεων, στις περιπτώσεις που είναι απαραίτητο.

Τα αποτελέσματα της στοιχειακής ανάλυσης για τις τέσσερις φάσεις της δειγματοληψίας φαίνονται αναλυτικά στους Πίνακες 6.8 – 6.11 [9].

Πίνακας 6.8 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Α' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	C (%)
Αμάρι	Οργανικά	44,66
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	47,03
	Πλαστικά	81,41
	Χαρτί	44,09
Μαρουλάς	Οργανικά	44,22
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	49,59
	Πλαστικά	70,78
	Χαρτί	44,59
Πέρα Γαλήνων	Οργανικά	52,78
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	37,09
	Πλαστικά	80,67
	Χαρτί	45,21
Χερσονήσου	Οργανικά	44,68
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	43,78
	Πλαστικά	77,54
	Χαρτί	47,62
Ιεράπετρας	Οργανικά	44,67
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	43,56
	Πλαστικά	78,96
	Χαρτί	44,12

Πίνακας 6.9 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Γ' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	C (%)
Αμάρι	Οργανικά	44,41
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	47,00
	Πλαστικά	83,44
	Χαρτί	38,81
Μαρουλάς	Οργανικά	41,48
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	52,57
	Πλαστικά	80,75
	Χαρτί	34,13
Πέρα Γαλήνων	Οργανικά	43,76
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	46,05
	Πλαστικά	81,39
	Χαρτί	36,50
Χερσονήσου	Οργανικά	44,55
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	45,17
	Πλαστικά	77,35
	Χαρτί	35,67
Ιεράπετρας	Οργανικά	46,50
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	43,11
	Πλαστικά	80,00
	Χαρτί	41,59

Πίνακας 6.10 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Β' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	C (%)
Αμάρι	Οργανικά	44,45
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	49,65
	Πλαστικά	82,13
	Χαρτί	45,23
Μαρουλάς	Οργανικά	49,54
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	35,85
	Πλαστικά	82,92
	Χαρτί	44,11
Πέρα Γαλήνων	Οργανικά	44,66
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	47,03
	Πλαστικά	81,41
	Χαρτί	44,09
Χερσονήσου	Οργανικά	42,34
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	48,45
	Πλαστικά	80,11
	Χαρτί	44,22
Ιεράπετρας	Οργανικά	43,56
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	47,82
	Πλαστικά	79,32
	Χαρτί	41,56

Πίνακας 6.11 - Στοιχειακή ανάλυση των ΑΣΑ της περιφέρειας Κρήτης (Δ' Φάση)

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Κλάσματα	C (%)
Αμάρι	Οργανικά	44,93
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	48,07
	Πλαστικά	63,24
	Χαρτί	39,23
Μαρουλάς	Οργανικά	46,73
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	47,60
	Πλαστικά	82,66
	Χαρτί	36,21
Πέρα Γαλήνων	Οργανικά	46,65
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	45,76
	Πλαστικά	81,56
	Χαρτί	35,89
Χερσονήσου	Οργανικά	45,19
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	47,43
	Πλαστικά	84,05
	Χαρτί	39,02
Ιεράπετρας	Οργανικά	47,18
	Δ.Ξ.Υ.Λ.	51,41
	Πλαστικά	73,77
	Χαρτί	41,16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ (Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία προσδιορισμού της θεωρητικής ποσότητας μεθανίου (CH_4) που παράγεται ανά τόνο απορριμμάτων (Lo) σε 5 ΧΥΤΑ/ΧΔΑ στην Περιφέρεια Κρήτης.

7.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Στους επόμενους Πίνακες 7.1 - 7.20 φαίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για όλους τους χώρους της δειγματοληψίας και για τις τέσσερις φάσεις χωριστά. Τελικά προκύπτει μία τιμή για το Lo για κάθε χώρο, από το μέσο όρο των Lo για κάθε εποχή.

Αναλυτικά:

Γραμμή 1: Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων (kg/d), όπως εκτιμήθηκε στο Κεφάλαιο 4.

Στήλη 1,2: Κλάσματα στα οποία χωρίστηκαν τα απορρίμματα και τα αντίστοιχα ποσοστά τους, όπως προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων πεδίου (Κεφάλαιο 5).

Στήλη 3: Ημερήσια ποσότητα των κλασμάτων (kg/d), με βάση τα ποσοστά της ποιοτικής ανάλυσης και την ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων.

Στήλη 4: Ποσοστά της υγρασίας ανά κλάσμα, όπως προσδιορίστηκαν στο εργαστήριο (Κεφάλαιο 6).

Στήλη 5: Ημερήσια ποσότητα των κλασμάτων μετά την αφαίρεση της υγρασίας (kg/d).

Στήλη 6: Ποσοστά του στοιχειακού άνθρακα, όπως μετρήθηκαν στο εργαστήριο.

Στήλη 7: Ποσότητα του στοιχειακού άνθρακα που περιέχεται στα κλάσματα των απορριμμάτων σε ξηρή βάση (kg/d).

Ο υπολογισμός του Lo έγινε με χρήση του τύπου:

$$Lo = \frac{(Mc * Fb * S)}{2}$$

όπου:

Mc: οι τόνοι άνθρακα (C) ανά τόνο απορριμμάτων σε ξηρή βάση. Ωστόσο ο άνθρακας στα απορρίμματα χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, στον βιοδιασπάσιμο C και στον αδρανή C που δεν αποικοδομείται. Ο βιοαποικοδομήσιμος C περιέχεται σε αντικείμενα όπως: τροφικά υπολείμματα και χαρτί. Ο αδρανής C περιέχεται κυρίως σε πλαστικά και γενικώς σε αντικείμενα που αλλοιώνονται πολύ αργά και γι' αυτό το λόγο δε συμβάλλουν στην παραγωγή αερίων.

Fb: εκφράζει το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα του άνθρακα, το οποίο προκύπτει με τη διαίρεση της ποσότητας οργανικού C και της ποσότητας ολικού C. Ο οργανικός C είναι ο C που περιέχεται στα τροφικά υπολείμματα και τα χαρτιά.

S: στοιχειομετρικός συντελεστής. Λαμβάνεται ίσος με 16/12, δηλαδή η αναλογία του μοριακού βάρους του CH₄ προς τον C.

Σημειώνεται ότι το παραπάνω γινόμενο διαιρείται με 2 εφόσον υποθέτεται ότι το 50% του αερίου που παράγεται είναι CH₄ και το 50% είναι CO₂.

Τελικά η παράμετρος Lo εκφράζεται σε kg CH₄ ανά τη απορριμμάτων [26].

7.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.2.1 ΧΥΤΑ Αμαρίου

Πίνακας 7.1 -Α' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 26.298 kg/ d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	10,56	2.777,1	31,55	1.900,9	47,03	893,9
Χαρτί	29,66	7.799,9	10,21	7.003,6	44,09	3.087,9
Οργανικά	29,56	7.773,7	70,98	2.255,9	44,66	1.007,5
Πλαστικά	17,54	4.612,7	1,62	4.537,9	81,41	3.694,3
ΣΥΝΟΛΟ				15.698,3		8.683,6

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,55
Fb (Οργανικός C/ Ολικό C)	0,47
S	16/12
Lo kg CH₄/tn απορριμμάτων	173,91

Πίνακας 7.2 - 'Β Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 26.298 kg/ d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	8,35	2.195,9	12,54	1.920,5	49,65	953,5
Χαρτί	19,96	5.249,1	12,54	4.590,8	45,23	2.076,4
Οργανικά	39	10.256,2	63,54	3.739,4	44,45	1.662,2
Πλαστικά	18,03	4.741,5	2,98	4.600,2	82,13	3.778,2
ΣΥΝΟΛΟ				14.851		8.470,3

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,57
Fb (Οργανικός C/ Ολικό C)	0,44
S	16/12
Lo kg CH₄/tn απορριμμάτων	167,83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ
(Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Πίνακας 7.3 - Γ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 26.298 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	6,91	1.817,2	17,45	1.500,1	47	705,1
Χαρτί	17,44	4.586,4	18,62	3.732,4	38,81	1.448,5
Οργανικά	38,18	10.040,6	82,58	1.749,1	44,41	776,8
Πλαστικά	15,64	4.113,1	15,4	3.479,6	83,44	2.903,4
ΣΥΝΟΛΟ				10.461,2		5.833,5

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,56
Fb (Οργανικός C/ Ολικό C)	0,38
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	141,81

Πίνακας 7.4 - Δ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 26.298 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	9,94	2.614,1	9,52	2.365,2	48,07	1.136,9
Χαρτί	16,84	4.428,6	17,78	3.641,2	39,23	1.428,4
Οργανικά	39,08	10.277,3	71,88	2.889,9	44,93	1.298,5
Πλαστικά	12,68	3.334,6	2,15	3.262,9	63,24	2.063,5
ΣΥΝΟΛΟ				12.159,2		5.927,3

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,49
Fb (Οργανικός C/ Ολικό C)	0,46
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	149,51

Τελικά για το ΧΥΤΑ Αμάρι: **Lo = 158,3 kg CH₄/tn απορριμμάτων**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ
(Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

7.2.2 ΧΥΤΑ Μαρουλά

Πίνακας 7.5 Α' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 59.021 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	4,71	2.779,9	27,58	2.013,2	49,59	998,3
Χαρτί	24,2	14.283,1	12,02	12.566,3	44,59	5.603,3
Οργανικά	34,82	20.551,1	70,89	5.982,4	44,22	2.645,4
Πλαστικά	14,88	8.782,3	1,62	8.640,1	70,78	6.115,4
ΣΥΝΟΛΟ				29.202		15.362,4

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,53
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,54
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	188,31

Πίνακας 7.6 - Β' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 59.021 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	4,23	2.496,6	19,54	2.008,7	35,85	720,1
Χαρτί	27,56	16.266,2	22,03	12.682,7	44,11	5.594,3
Οργανικά	36,71	21.666,6	66,45	7.269,1	49,54	3.601,1
Πλαστικά	16,86	9.950,9	4,09	9.543,9	82,92	7.913,8
ΣΥΝΟΛΟ				31.504,4		17.829,3

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,56
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,51
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	194,58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ
(Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Πίνακας 7.7 - Γ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 59.021 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	7,28	4.296,7	14,34	3.680,6	52,57	1.934,9
Χαρτί	21,86	12.901,9	18,62	10.499,6	34,13	3.583,5
Οργανικά	44,46	26.240,7	82,58	4.571,1	41,48	1.896,1
Πλαστικά	13,18	7.778,9	15,4	6.581,1	80,75	5.314,2
ΣΥΝΟΛΟ				25.332,4		12.728,7

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,5
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,43
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	144,21

Πίνακας 7.8 - Δ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 59.021 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	3,22	1.900,5	10,69	1.697,3	47,6	807,9
Χαρτί	19,13	11.290,7	6,46	10.561,3	36,21	3.824,3
Οργανικά	40,71	24.027,4	76,17	5.725,7	46,73	2.675,6
Πλαστικά	17,65	10.417,2	4,43	9.955,7	82,66	8.229,4
ΣΥΝΟΛΟ				27.940		15.537,2

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,56
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,42
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	155,1

Τελικά για το ΧΥΤΑ Μαρούλα: **Lo = 170,55 kg CH₄/tn απορριμμάτων**

7.2.3 ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων

Πίνακας 7.9 - Α' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 239.013 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	3,6	8.604,5	18,35	7.025,5	37,09	2.605,8
Χαρτί	19,71	47.109,5	14,82	40.127,8	45,21	18.141,8
Οργανικά	35,45	84.730,1	73,85	22.156,9	52,78	11.694,4
Πλαστικά	22,49	53.754,1	1,66	52.861,7	80,67	42.643,5
ΣΥΝΟΛΟ				122.171,9		75.085,5

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,61
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,4
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	162,8

Πίνακας 7.10 – Β' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 239.013 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	5,11	12.213,6	23,45	9.349,5	47,03	4.397,1
Χαρτί	23,39	55.905,1	23,79	42.605,3	44,09	18.784,7
Οργανικά	39,09	93.430,2	62,63	34.914,9	44,66	15.592,9
Πλαστικά	18,59	44.432,5	2,3	43.410,6	81,41	35.340,5
ΣΥΝΟΛΟ				130.280,3		74.115,2

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,57
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,46
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	175,9

Πίνακας 7.11 - Γ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 239.013kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	4,67	11.161,9	14,24	9.572,5	46,05	4.408,1
Χαρτί	22,06	52.726,3	12,15	46.320,1	36,5	16.906,8
Οργανικά	39,66	94.792,6	84,6	14.598,1	43,76	6.388,1
Πλαστικά	15,01	35.875,8	6,18	33.658,7	81,39	27.394,8
ΣΥΝΟΛΟ				104.149,4		55.097,8

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,53
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,42
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	149,1

Πίνακας 7.12 - Δ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 239.013 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	5,37	12.835	28,5	9.177,1	45,76	4.199,4
Χαρτί	16,88	40.345,4	11,11	35.863,1	35,89	12.871,2
Οργανικά	40,66	97.182,7	71,27	27.920,6	46,65	13.024,9
Πλαστικά	13,83	33.055,5	1,99	32.397,7	81,56	26.423,6
ΣΥΝΟΛΟ				105.358,5		56.519,1

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,54
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,46
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	163,86

Τελικά για το ΧΥΤΑ Πέρα Γαλήνων: **Lo = 162,9 kg CH₄/tn απορριμμάτων**

7.2.4 ΧΥΤΑ Ιεράπετρας

Πίνακας 7.13 - Α' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 32.106 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	5,26	1.688,8	12,65	1.475,1	43,56	642,6
Χαρτί	16,14	5.181,9	13,23	4.496,3	44,12	1.983,8
Οργανικά	37,95	12.184,2	65,53	4.199,9	44,67	1.876,1
Πλαστικά	26,15	8.395,7	3	8.143,8	78,96	6.430,4
ΣΥΝΟΛΟ				18.315,1		10.932,9

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,59
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,35
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	140,5

Πίνακας 7.14 - Β' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 32.106 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	5,55	1.781,9	21,78	1.393,8	47,82	666,5
Χαρτί	17,96	5.766,2	19,68	4.631,4	41,56	1.924,8
Οργανικά	41,28	13.253,4	63,25	4.870,6	43,56	2.121,6
Πλαστικά	16,83	5.403,4	4,25	5.173,8	79,32	4.103,8
ΣΥΝΟΛΟ				16.069,6		8.816,7

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,55
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,46
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	167,87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ
(Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Πίνακας 7.15 - Γ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 32.106 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	8,21	2.635,9	24,73	1.984,1	43,11	855,3
Χαρτί	15,13	4.857,6	14,25	4.165,4	41,59	1.732,4
Οργανικά	44,63	14.328,9	70,32	4.252,8	46,5	1.977,6
Πλαστικά	15,86	5.092,1	5,6	4.806,8	80	3.845,5
ΣΥΝΟΛΟ				15.209,1		8.410,8

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,55
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,44
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	162,62

Πίνακας 7.16 - Δ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 32.160 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	9,24	2.966,6	11,07	2.638,2	51,41	1.356,3
Χαρτί	19,35	6.212,5	11,48	5.499,3	41,16	2.263,5
Οργανικά	38,54	12.373,6	77,84	2.742,1	47,18	1.293,7
Πλαστικά	15,7	5.040,6	1,77	4.951,4	73,77	3.652,7
ΣΥΝΟΛΟ				15.831		8.566,2

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,54
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,41
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	149,8

Τελικά για το ΧΥΤΑ Ιεράπετρας: **Lo = 155,19 kg CH₄/tn απορριμμάτων**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ
(Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

7.2.5 ΧΥΤΑ Χερσονήσου

Πίνακας 7.17- Α' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 46.770 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	4,36	2.039,2	24,88	1.531,8	43,78	670,6
Χαρτί	16,04	7.501,9	22,55	5.810,2	47,62	2.766,8
Οργανικά	35,97	16.823,2	73,96	4.380,7	44,68	1.957,3
Πλαστικά	15,2	7.109,1	3,06	6.891,5	77,54	5.343,7
ΣΥΝΟΛΟ				18.614,2		10.738,5

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,58
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,44
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	169,19

Πίνακας 7.18 - Β' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 46.770 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	5,68	2.656,5	21,72	2.079,5	48,45	1.007,5
Χαρτί	19,66	9.194,9	20,23	7.334,8	44,22	3.243,5
Οργανικά	41,08	19.213,1	61,87	7.325,9	42,34	3.101,8
Πλαστικά	18,72	8.755,3	3,02	8.490,9	80,11	6.802,1
ΣΥΝΟΛΟ				25.231,1		14.154,9

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,56
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,45
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	167,65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ
(Lo) ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ

Πίνακας 7.19 - Γ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 46.770 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	5,97	2.792,2	26,21	2.060,3	45,17	930,6
Χαρτί	17,61	8.236,2	15,99	6.919,2	35,67	2.468,1
Οργανικά	38,63	18.067,2	86,08	2.514,9	44,55	1.120,4
Πλαστικά	13,41	6.271,8	2,8	6.096,2	77,35	4.715,4
ΣΥΝΟΛΟ				17.590,6		9.234,5

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,52
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,39
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	136

Πίνακας 7.20- Δ' Φάση

Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων: 46.770 kg/d						
Κλάσματα	Σύνθεση ΑΣΑ	Ποσότητες κλασμάτων (kg/d)	Υγρασία (%)	Ποσότητες κλασμάτων σε ξηρή βάση (kg/d)	Στοιχειακός άνθρακας (%)	Ποσότητα στοιχειακού C ανά κλάσμα σε ξηρή βάση (kg/d)
Δ.Ξ.Υ.Λ.	4,2	1.964,3	32,41	1.327,7	47,43	629,7
Χαρτί	15,94	7.455,1	16,8	6.202,7	39,02	2.420,3
Οργανικά	35,16	16.444,3	76,4	3.880,9	45,19	1.753,8
Πλαστικά	15,96	7.464,5	2,17	7.302,5	84,05	6.137,8
ΣΥΝΟΛΟ				18.713,8		10.941,6

Mc (kg C/kg απορριμμάτων)	0,58
Fb (Οργανικός C/Ολικό C)	0,38
S	16/12
Lo (kg CH₄/tn απορριμμάτων)	148,7

Τελικά για το ΧΥΤΑ Χερσονήσου: **Lo = 155,4 kg CH₄/tn απορριμμάτων**

Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας για τις τιμές του Lo σε κάθε χώρο.

Πίνακας 7.21 - Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της παραμέτρου Lo σε kg CH₄/tn A.Σ.Α

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Lo (kg CH ₄ /tn απορριμμάτων)
ΧΥΤΑ Αμαρίου	158,3
ΧΥΤΑ Μαρουλά	170,5
ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	162,9
ΧΔΑ Ιεράπετρας	155,2
ΧΥΤΑ Χερσονήσου	155,4

Η πυκνότητα του μεθανίου στους 20^ο C και σε πίεση 1 Atm είναι: 0,667 kg/m³ .

Τελικά, η παράμετρος Lo σε m³ CH₄/kg A.Σ.Α. είναι:

Πίνακας 7.22 - Συγκεντρωτικά αποτελέσματα της παραμέτρου Lo σε m³CH₄/tn A.Σ.Α

ΧΥΤΑ/ΧΔΑ	Lo (m ³ CH ₄ /tn απορριμμάτων)
ΧΥΤΑ Αμαρίου	237,3
ΧΥΤΑ Μαρουλά	255,6
ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων	244,2
ΧΔΑ Ιεράπετρας	232,7
ΧΥΤΑ Χερσονήσου	233

Η παράμετρος Lo αντιπροσωπεύει τη δυναμικότητα των Α.Σ.Α. να παράγουν βιοαέριο. Είναι, δηλαδή, η θεωρητική ποσότητα βιοαερίου που θα παραγόταν από κάθε τόνο απορριμμάτων σε ιδανικές συνθήκες αναερόβιας αποσύνθεσης. Βεβαίως, το βιοαέριο που στην πραγματικότητα παράγεται και εκπέμπεται είναι μικρότερο από αυτή την τιμή, εφόσον οι συνθήκες που επικρατούν σε ένα Χ.Υ.Τ.Α. είναι εξαιρετικά ανομοιογενείς σε ότι αφορά την κατανομή υγρασίας και θρεπτικών, που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση.

Ο λόγος που υπολογίστηκε αυτή η παράμετρος είναι αφενός η χρήση της σε διάφορα υπολογιστικά μοντέλα για την παραγωγή βιοαερίου και αφετέρου παρέχει μια ένδειξη για τα παραγόμενα αέρια από Χ.Υ.Τ.Α., αν και είναι υπερεκτιμημένη.

Εξαρτάται αποκλειστικά από τη σύνθεση των απορριμμάτων και αυξάνεται με την αύξηση του οργανικού κλάσματος σε ξηρή βάση, γεγονός που επιβεβαιώνεται και στους παραπάνω χώρους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΜΕΘΑΝΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Το Κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στον υπολογισμό των αερίων και πιο συγκεκριμένα του μεθανίου, και των NMOCs, από το ΧΔΑ των Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου με χρήση του μοντέλου LandGEM. Ο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων έχει σταματήσει να λειτουργεί σήμερα. Ωστόσο μέχρι σήμερα δεχόταν περίπου το 37% της συνολικής ποσότητας απορριμμάτων που παράγονται στην περιφέρεια Κρήτης, ποσοστό που επιβεβαιώνει τη σπουδαιότητά του. Η αποδόμηση των απορριμμάτων, βεβαίως, συνεχίζεται ακόμα και μετά από την παύση λειτουργίας του χώρου με συνεχή παραγωγή αερίων. Το μοντέλο LandGEM χρησιμοποιήθηκε με συνδυασμό πραγματικών στοιχείων, όπως προέκυψαν από μετρήσεις πεδίου, και στοιχείων από τη βιβλιογραφία.

8.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

8.1.1 Ιστορικό του χώρου

Ο χώρος διάθεσης απορριμμάτων στην περιοχή των Πέρα Γαλήνων βρίσκεται σε απόσταση 32 km περίπου από την πόλη του Ηρακλείου, προς τα δυτικά, στα διοικητικά όρια του Δήμου Γαζίου. Η εναπόθεση των απορριμμάτων στο χώρο άρχισε το καλοκαίρι του 1992, όταν σταμάτησε η λειτουργία του ΧΔΑ στο Σκαφιδάρα του Δήμου Γαζίου, 5 km δυτικά της πόλης του Ηρακλείου. Ο χώρος αυτός λειτούργησε για διάστημα 30 περίπου ετών. Η λειτουργία αυτού του χώρου σταμάτησε απότομα λόγω υπερκορεσμού και λόγω του αυξημένου κινδύνου που παρουσιάστηκε για τους χειριστές των μηχανημάτων, όταν η στάθμη των απορριμμάτων πλησίασε καλώδια υψηλής τάσης που διέρχονταν πάνω από το χώρο [7].

8.1.2 Μορφολογία

Η συνολική έκταση του χώρου, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για τη διάθεση των απορριμμάτων αλλά και για βοηθητικές λειτουργίες, είναι περίπου 180 στρέμματα. Το χαμηλότερο τμήμα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί απορρίμματα είχε αρχικό υψόμετρο περίπου 104 m και το υψηλότερο τμήμα περίπου 170 m. Στη διάρκεια λειτουργίας του χώρου, απορρίμματα έχουν αποτεθεί σε έκταση 85 περίπου στρεμμάτων, ενώ έχει δεσμευτεί συνολική έκταση περίπου 180 στρεμμάτων, που συμπεριλαμβάνει δρόμους πρόσβασης, χώρους απόληψης εδαφικού υλικού, μέτωπο εργασίας κλπ.. Η απόθεση άρχισε από χαμηλά και συνεχίστηκε προς τα υψηλότερα μέχρι του φυσικού υψομέτρου των 170 m. Επιπλέον, στο χώρο αποτίθεται και η λάσπη από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του Δ. Ηρακλείου.

Στο χώρο σήμερα έχουν διαμορφωθεί πέντε ταμπάνια απορριμμάτων σε μέσο υψόμετρο 122m, 135m, 152m, 158m και 170,5m [7].

8.1.3 Τρόπος λειτουργίας του χώρου – Έργα υποδομής

Η απόθεση απορριμμάτων στην περιοχή των Πέρα Γαλήνων ξεκίνησε χωρίς να έχουν γίνει οποιαδήποτε έργα υποδομής, όπως στεγανοποίηση του πυθμένα, δίκτυο αποστράγγισης όμβριων, σύστημα διαχείρισης διασταλλαγμάτων και βιοαερίου. Από την αρχή της λειτουργίας του χώρου τα

απορρίμματα καλύπτονταν με χώμα κι έτσι δεν υπήρξαν προβλήματα αυταναφλέξεων ή εκδήλωση πυρκαγιών. Μετά από μικρό διάστημα λειτουργίας, επειδή διαπιστώθηκε ότι υπήρχε επιφανειακή διαφυγή στραγγισμάτων προς το παρακείμενο ρέμα κατασκευάστηκαν κατάντη του αναχώματος δύο ανοικτές δεξαμενές συλλογής διαμέτρου 3m και βάθους 4m από προκατασκευασμένους τοιμεντοσωλήνες πάχους 15 cm. Τα στραγγίσματα από τις δεξαμενές αυτές οδηγούνται μέσω αγωγού ανακυκλοφορίας στην επιφάνεια της χωματερής. Το σύστημα ανακυκλοφορίας ενεργοποιείται χειροκίνητα και επειδή η χωρητικότητα των δεξαμενών είναι ανεπαρκής συμβαίνουν συνεχώς υπερχειλίσσεις και διαφυγή στραγγισμάτων στο �έμα. Πλησίον των δεξαμενών και για τον περιορισμό του παραπάνω προβλήματος, έχει κατασκευαστεί τοιχίο από μπετόν σε πλάτος 12 m (καλύπτει όλο το άνοιγμα του ρέματος στη θέση αυτή), ύψους 1 m και πάχους 15 cm.

Μέχρι σήμερα όμως δεν έχει ληφθεί καμία μέριμνα για τη συλλογή του παραγόμενου βιοαερίου, το οποίο λόγω της μέτριας χωματοκάλυψης και του ελάχιστου βαθμού συμπίεσης των απορριμμάτων, διαφεύγει ανεξέλεγκτα και σε διάφορα σημεία του χώρου υπάρχουν έντονες οσμές υδρόθειου. Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η συγκέντρωση αιγοπροβάτων στο χώρο, δεδομένου ότι η ευρύτερη περιοχή χρησιμοποιείται κυρίως ως βοσκότοπος. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος ο Δήμος Ηρακλείου, ως ο επίσημος και κύριος χρήστης του χώρου προχώρησε στην περίφραξη συνολικής έκτασης 280 περίπου στρεμμάτων που εκμισθώνει για τη διάθεση των απορριμμάτων. Ωστόσο, παρά τη φύλαξη του χώρου (σε 24ωρη βάση) συχνά παραβιάζεται η περίφραξη με αποτέλεσμα να απαντώνται συχνά κοπάδια αιγοπροβάτων.

Με την άνοδο της στάθμης των απορριμμάτων παρουσιάστηκαν επιπρόσθετα προβλήματα οπτικής όχλησης, δεδομένου ότι τα απορρίμματα ήταν ορατά από την εθνική οδό Ηρακλείου – Ρεθύμνου, που διέρχεται σε μικρή απόσταση στα βόρεια του χώρου. Αυτός ήταν ένας λόγος που οδήγησε στην επέκταση της χωματερής προς τα νοτιοανατολικά κι επέβαλλε την ανάγκη μετακινήσεων μεγάλων μαζών απορριμμάτων εντός του χώρου με σκοπό τη μείωση του υψομέτρου. Το γεγονός αυτό δημιουργεί δυσκολία στον προσδιορισμό διακριτών ζωνών απόθεσης απορριμμάτων.

Συμπερασματικά, λοιπόν, οι διεργασίες που συντελούνται στο χώρο συνοψίζονται παρακάτω:

- Δε γίνεται κανονική συμπίεση και χωματοκάλυψη των απορριμμάτων,
- Δεν υπάρχουν σαφείς διαστρωματώσεις των απορριμμάτων,
- Κατά καιρούς γίνονται μετακινήσεις των απορριμμάτων με σκοπό τη μείωση του ύψους, ώστε να μην υπάρχει ορατότητα από την εθνική οδό,
- Είναι δύσκολο να προσδιοριστούν με ακρίβεια διακριτές ζώνες απόθεσης με το χρόνο.

Με βάση αυτές τις συνθήκες, αναμένεται στα κατώτερα στρώματα των απορριμμάτων, και λόγω του μεγάλου βάθους ταφής, να κυριαρχούν αναερόβιες διεργασίες ενώ στα ανώτερα στρώματα θα υπάρχουν αερόβιες διεργασίες [7].

8.1.4. Εξυπηρετούμενοι Ο.Τ.Α. – Ποσότητες απορριμμάτων

Στο ΧΔΑ των Πέρα Γαλήνων αποθέτουν τα απορρίμματά τους οι δήμοι: Ηρακλείου, Ν. Αλικαρνασσοῦ, Γαζίου, Τυλίσσου και Κρούσωνα του Νομού Ηρακλείου και πρόσφατα ο Δήμος Γεροποτάμου του Νομού Ρεθύμνης. Συνολικά εξυπηρετείται πληθυσμός **171.022** κατοίκων, που αντιστοιχεί στο 29% περίπου του πληθυσμού της Περιφέρειας Κρήτης.

Στο χώρο δεν υπάρχει γεφυροπλάστιγγα κι έτσι δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία σχετικά με τις ποσότητες των απορριμμάτων που εισέρχονται. Η εκτίμηση των ποσοτήτων στηρίχθηκε σε στοιχεία απογραφών και προβλέψεων για το μόνιμο πληθυσμό αλλά και σε στοιχεία του Ε.Ο.Τ. σχετικά με τις διανυκτερεύσεις τουριστών, για τους Ο.Τ.Α. που παρουσιάζουν τουριστικές δραστηριότητες. Έτσι εκτιμήθηκε ότι στο χώρο αποτίθενται περίπου 60.880 τόνοι απορριμμάτων το χρόνο, ποσοστό 26,84% των συνολικά παραγόμενων απορριμμάτων στην Περιφέρεια Κρήτης. Με βάση στατιστικά στοιχεία από τους εξυπηρετούμενους Ο.Τ.Α. σχετικά με τα απορρίμματα που εισέρχονται στο χώρο, προκύπτει ότι κατά μέσο όρο σε ημερήσια βάση προσέρχονται στο χώρο 27.900 τόνοι στερεών απορριμμάτων. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται και 30 τόνοι την ημέρα από ιδιώτες καθώς και ογκώδη υλικά, μπάζα και απορρίμματα κήπου από τις αρμόδιες Υπηρεσίες των εξυπηρετούμενων Δήμων και της Περιφέρειας. Επίσης σε καθημερινή βάση μεταφέρεται στο χώρο και η λάσπη από τη μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του Δήμου Ηρακλείου, περίπου 25 m³ την ημέρα ή 7.650 τόνοι σε ετήσια βάση. Με βάση, λοιπόν, τα πραγματικά στοιχεία υπολογίστηκε ότι στο χώρο αποτίθενται περίπου **280 τόνοι** στερεών απορριμμάτων την ημέρα ή σε ετήσια βάση **83.791 τόνοι**. Η ετήσια αυτή ποσότητα απορριμμάτων αντιστοιχεί στο 36,95% της ποσότητας που έχει εκτιμηθεί για όλη την Περιφέρεια Κρήτης. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις και με ετήσια αύξηση 5% στις ήδη υπάρχουσες στο χώρο ποσότητες απορριμμάτων, υπολογίζεται ότι συνολικά στη διάρκεια της δεκαετούς λειτουργίας του χώρου έχουν αποτεθεί **730.803 τόνοι** απορριμμάτων. Είναι φανερό ότι ο χώρος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την Περιφέρεια Κρήτης.

Για τον ακριβέστερο προσδιορισμό των ποσοτήτων των απορριμμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία για τα εισερχόμενα φορτία των τελευταίων δύο χρόνων, για τα οποία υπάρχει μια αρκετά

καλή αποτύπωση, σε συνδυασμό με τις ποσότητες απορριμμάτων που προκύπτουν από τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό. Τα εισερχόμενα φορτία στο χώρο σύμφωνα με στοιχεία από το Δήμο Ηρακλείου, που διαχειρίζεται το χώρο, φαίνονται στον Πίνακα 8.1 [7].

Πίνακας 8.1 - Εισερχόμενα φορτία στο Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου

	Οχήματα /ημέρα	Όγκος /όχημα (m ³)	Πυκνότητα (τόνοι/m ³)	Βάρος (τόνοι /ημέρα)	Βάρος (τόνοι /έτος)*
Δ. Ηρακλείου (ΣΜΑ)	10	56,00	0/37	207,20	62.160
Δ.Ν. Αρκαρνασσού (ΣΜΑ)	1	56,00	0,37	14,50	4.351,2
Δ. Γαζίου	3	8,00	0,23	5,52	1.656
Δ. Γαζίου	3	16,00	0,23	11,04	3.312
Δ. Τυλίσσου	1	12,00	0,23	2,76	828
Δ. Κρούσωνα	1	12,00	0,23	2,76	828
Λοιπά φορτία δήμων	3	8,00	0,23	5,52	1.656
Απορρίμματα από ιδιώτες				30,00	9.000
ΣΥΝΟΛΟ απορριμμάτων				279,30	83.791,2

Πηγή: [7]

*η ετήσια ποσότητα προκύπτει με 300 μέρες λειτουργίας ανά έτος

Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα στοιχεία και γνωρίζοντας ότι, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των διαχειριστών του χώρου η ετήσια αύξηση των εισερχομένων απορριμμάτων είναι της τάξης του 5%, ποσοστό που δικαιολογείται μόνο από το γεγονός ότι σταδιακά μεγάλωνει και η εξυπηρετούμενη περιοχή, μπορεί να θεωρηθεί ότι η ετήσια είσοδος απορριμμάτων είναι αυτή που φαίνεται στον Πίνακα 8.2.

Πίνακας 8.2 - Εισερχόμενες ποσότητες απορριμμάτων ετησίως

Έτος	Τόνοι/έτος
1992	51.440
1993	54.012
1994	56.713
1995	59.549
1996	62.526
1997	65.652
1998	68.935
1999	72.382
2000	76.001
2001	79.801
2002	83.791
ΣΥΝΟΛΟ	730.803

Πηγή: [7]

8.2. TO MONTELO LANDGEM

8.2.1. Εισαγωγή

Το μοντέλο Landfill Emissions Model (LandGEM) αποτελεί ένα αυτοματοποιημένο όργανο για την ποσοτικοποίηση των αέριων εκπομπών από χώρους διάθεσης αστικών απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α. ή Χ.Δ.Α.) και χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων από το Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου. Αναπτύχθηκε από το Κέντρο Ελέγχου Τεχνολογίας της Αμερικανικής Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος (U.S. EPA) και μπορεί να βρεθεί στο διαδίκτυο, στην ηλεκτρονική διεύθυνση www.epa.gov/ttn/catc.

Οι αέριες εκπομπές από Χ.Υ.Τ.Α. αναφέρονται ως βιοαέριο, το οποίο παράγεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων. Αποτελείται βασικά από CH₄ και CO₂ και σε αρκετά μικρότερες συγκεντρώσεις από άλλους αέριους ρύπους. Για την εκτίμηση των εκπομπών βιοαερίου από Χ.Υ.Τ.Α. το μοντέλο χρειάζεται τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Τη χωρητικότητα για την οποία έχει σχεδιαστεί ο χώρος
- Την ποσότητα των απορριμμάτων που έχουν ήδη ταφεί ή τον ετήσιο ρυθμό αποδοχής απορριμμάτων
- Τη σταθερά του ρυθμού παραγωγής μεθανίου (k)
- Τη θεωρητική παραγωγή μεθανίου (L_0)
- Τη συγκέντρωση των συνολικών οργανικών μιγμάτων εκτός του μεθανίου (NMOCs)
- Τα έτη που ο χώρος βρίσκεται σε λειτουργία
- Αν ο χώρος έχει σχεδιαστεί ώστε να δέχεται και επικίνδυνα απορρίμματα ή όχι (disposal ή co-disposal).

Το μοντέλο χρησιμοποιεί μια απλή πρώτης τάξης εξίσωση για την περιγραφή του ρυθμού αποδόμησης των απορριμμάτων. Αποφεύγεται η χρήση μιας πιο πολύπλοκης μεθόδου, επειδή συνήθως είναι περιορισμένες οι πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα, την ηλικία και τη σύνθεση των απορριμμάτων.

Για τον υπολογισμό των εκτιμώμενων εκπομπών βιοαερίου, το μοντέλο παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων είτε προκαθορισμένων (default) είτε επιλεγμένων από το χρήστη που βασίζονται σε μετρήσεις πεδίου. Υπάρχουν δύο ομάδες προκαθορισμένων παραμέτρων, οι οποίες προέκυψαν από μετρήσεις και κανονισμούς που ισχύουν στις Η.Π.Α. για τα έτη 1991 και 1997, αντίστοιχα :

- Η πρώτη ομάδα (CAA default) χρησιμοποιείται για εκτιμήσεις εκπομπών με σκοπό να καθοριστεί η εφαρμοσιμότητα των κανονισμών του Clean Air Act (CAA) για εκπομπές από χώρους απόθεσης Α.Σ.Α. και πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή των κανόνων του New Source Performance Standards (NSPS) για νέους Χ.Υ.Τ.Α. και των οδηγιών για εκπομπές από υπάρχοντες Χ.Υ.Τ.Α..
- Η δεύτερη ομάδα προκαθορισμένων παραμέτρων εξασφαλίζει την εκτίμηση των τυπικών εκπομπών βιοαερίου. Οι τιμές των παραμέτρων της ομάδας αυτής βασίζονται στους συντελεστές εκπομπής από την U.S. Environmental Protection Agency's Compilation of Air Pollutant Emission Factor, AP-42.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου μπορούν να αποτυπωθούν είτε σε πίνακες ή σε γραφήματα και αναφέρονται στις συγκεντρώσεις όχι μόνο των βασικών ρύπων – μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα – αλλά και των ιχνοαερίων που αποτελούν λιγότερο από το 1% του παραγόμενου βιοαερίου, σε

σχέση με το χρόνο. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται και στον υπολογισμό των NMOCs, που παίζουν σημαντικό ρόλο στις φωτοχημικές αντιδράσεις [8], [23], [24], [22].

8.2.2. Λειτουργία του μοντέλου

Το μοντέλο θεωρεί ότι η αποδόμηση των απορριμμάτων περιγράφεται από κινητική πρώτης τάξης και εκτιμά τις ετήσιες εκπομπές για όλες τις παραμέτρους του βιοαερίου για 200 έτη μετά από το κλείσιμο του χώρου και η τιμή αυτή δεν μπορεί να αλλάξει. Άλλωστε, βιοαέριο συνεχίζει να παράγεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων ακόμα και όταν σταματήσει η εισροή νέων απορριμμάτων. Οι συνολικές εκπομπές βιοαερίου εκτιμώνται από τον υπολογισμό της παραγωγής μεθανίου και διπλασιασμό της, διότι υποθέτεται ότι το βιοαέριο περιέχει 50% μεθάνιο και 50% διοξείδιο του άνθρακα, αν και αυτά τα ποσοστά μπορούν εύκολα να αλλάξουν. Η βασική εξίσωση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεθανίου είναι:

$$Q = L_0 * R * (e^{-kc} - e^{-kt})$$

όπου:

Q : οι εκπομπές μεθανίου ανά έτος, m^3/yr

L_0 : η θεωρητική παραγωγή μεθανίου, $m^3 CH_4/t$ Α.Σ.Α.

R : ο ετήσιος ρυθμός ταφής απορριμμάτων, tn ΑΣΑ/yr

k : η σταθερά του ρυθμού παραγωγής μεθανίου, yr^{-1}

c : τα έτη που έχουν περάσει από το κλείσιμο του Χ.Υ.Τ.Α. ($c=0$ για ενεργούς Χ.Υ.Τ.Α.) (yr)

t : τα έτη που έχουν περάσει από την πρώτη εναπόθεση απορριμμάτων, yr

Αναλυτικότερα:

Θεωρητική παραγωγή μεθανίου, L_0 : είναι η σταθερά που αντιπροσωπεύει την εν δυνάμει ικανότητα των απορριμμάτων να παράγουν μεθάνιο και εξαρτάται από το ποσοστό κυτταρίνης και ημικυτταρίνης των απορριμμάτων, δηλαδή από το είδος των απορριμμάτων. Όσο μεγαλύτερο είναι το οργανικό κλάσμα στα απορρίμματα, τόσο υψηλότερη είναι η τιμή του L_0 . Η τιμή της σταθεράς κυμαίνεται μεταξύ 6,2 και 270 $m^3 CH_4/t$ Α.Σ.Α., με βάση τη βιβλιογραφία. Στην πρώτη ομάδα προκαθορισμένων τιμών του μοντέλου, που βασίζονται στους κανονισμούς του Clean Air Act (CAA), η τιμή του L_0 λαμβάνεται ίση με 170 $m^3 CH_4/t$ Α.Σ.Α., ενώ στη δεύτερη ομάδα, που βασίζεται στους συντελεστές εκπομπής της U.S. EPA (AP-42), η τιμή του L_0 είναι 100 m^3/t Α.Σ.Α.. Προφανώς το 1997 οι κανονισμοί λειτουργίας υποχρέωσαν τους φορείς λειτουργίας των Χ.Υ.Τ.Α.

να μειώσουν το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων που εναποτίθεται, γι' αυτό και μειώθηκε το L_0 .

Σταθερά του ρυθμού παραγωγής μεθανίου, k : καθορίζει το ρυθμό παραγωγής μεθανίου. Υπολογίζει, δηλαδή, το πόσο γρήγορα μειώνεται ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου από τη στιγμή που θα φτάσει στο μέγιστο ρυθμό του. Το μοντέλο αποσύνθεσης πρώτης τάξης κάνει την παραδοχή ότι οι τιμές του k πριν και μετά το μέγιστο ρυθμό παραγωγής μεθανίου είναι ίδιες. Επίσης υποθέτεται ότι ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου γίνεται μέγιστος όταν ο Χ.Υ.Τ.Α. σταματήσει να λειτουργεί ή όταν τοποθετηθούν τα τελευταία απορρίμματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του k , τόσο πιο γρήγορα παράγεται το μεθάνιο. Η τιμή της εξαρτάται από: την υγρασία των απορριμμάτων, τη διαθεσιμότητα θρεπτικών για τη μεθανογένεση, το pH και τη θερμοκρασία. Οι τιμές του k κυμαίνονται μεταξύ 0,003 και 0,21 yr^{-1} . Στην ομάδα προκαθορισμένων τιμών CAA, το k λαμβάνεται ίσο με 0,05 yr^{-1} και στην ομάδα AP-42 ίση με 0,04 yr^{-1} [8], [23], [24], [22].

8.2.3. Αέριες εκπομπές - Αποτελέσματα

Οι αέριες εκπομπές από χώρους διάθεσης Α.Σ.Α. συμβάλλουν σημαντικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση και κατ' επέκταση θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Μερικά NMOC είναι γνωστό ή υπάρχουν υπόνοιες ότι είναι καρκινογενή, ή προκαλούν άλλες μη καρκινικές επιπτώσεις στην υγεία. Επίσης το μεθάνιο είναι γνωστό αέριο του θερμοκηπίου και συμβάλει στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι Ηνωμένες Πολιτείες συνέβαλαν με 8 - 16 teragrams ανά έτος (Tg/yr) μεθανίου στην ατμόσφαιρα το 1990, δηλαδή περίπου το 40% της παγκόσμιας ποσότητας μεθανίου που εκπέμπεται από Χ.Υ.Τ.Α. και ανοιχτές απορρίψεις. Ενδιαφέρον υπάρχει επιπλέον και για τις οσμές που προκαλούνται από το βιοαέριο, καθώς και για τους κινδύνους εκρήξεων ή πυρκαγιών εξαιτίας της διαφυγής μεθανίου εντός και εκτός του χώρου του Χ.Υ.Τ.Α..

Παρόλο που το NSPS απαιτεί εκτιμήσεις μόνο για τις συγκεντρώσεις των NMOCs, το μοντέλο παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης και των συγκεντρώσεων των βασικών συνιστωσών του βιοαερίου, μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, αλλά και των άλλων αέριων ρύπων που αποτελούν λιγότερο από το 1% του βιοαερίου.

Η συγκέντρωση των NMOC στο βιοαέριο είναι συνάρτηση του τύπου των απορριμμάτων και της έκτασης των αναερόβιων αντιδράσεων αποδόμησης των απορριμμάτων που παράγουν διάφορα μίγματα. Η συγκέντρωσή τους μπορεί να μετρηθεί με βάση τη μέθοδο 25 C της E.P.A. και στο

μοντέλο εκφράζεται ως εξάνιο. Η συγκέντρωση των ΝΜΟC, όπως μετρήθηκε σε 23 χώρους διάθεσης απορριμμάτων στις Η.Π.Α., κυμαίνεται από 240 έως 14.300 ppmv. Το μοντέλο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τρεις προκαθορισμένες τιμές για τη συγκέντρωση των ΝΜΟC. Στην ομάδα CAA χρησιμοποιείται η τιμή 4.000 ppmv, στην ομάδα AP-42 και για Χ.Υ.Τ.Α. με συνδιάθεση επικίνδυνων απορριμμάτων χρησιμοποιείται η τιμή 2.420 ppmv και για Χ.Υ.Τ.Α. χωρίς συνδιάθεση 595 ppmv.

Οι εκπομπές των αερίων ρύπων βασίζονται στις συγκεντρώσεις τους στο βιοαέριο. Το μοντέλο περιέχει προκαθορισμένες συγκεντρώσεις για συγκεκριμένους αέριους ρύπους, αλλά ο χρήστης μπορεί να ορίσει συγκεντρώσεις που βασίζονται σε μετρήσεις πεδίου, όπου υπάρχουν. Υπάρχει μια λίστα 47 αερίων ρύπων που αναμένεται να εκπεμφθούν με το βιοαέριο, οι συγκεντρώσεις των οποίων έχουν προκύψει από μετρήσεις πεδίου (η λίστα των 47 ρύπων με τα μοριακά τους βάρη και τις default συγκεντρώσεις τους, φαίνονται στο Παράρτημα 3). Οι προκαθορισμένοι αέριοι ρύποι που περιλαμβάνονται στο μοντέλο έχουν χαρακτηριστεί ως επικίνδυνοι αέριοι ρύποι (HAPs) ή πτητικά οργανικά μίγματα (VOCs), με τον χαρακτηρισμό HAP ή VOC μετά το χημικό τους όνομα.

8.3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΟ ΧΔΑ ΠΕΡΑ ΓΑΛΗΝΩΝ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Ξεκινώντας τη λειτουργία του μοντέλου, από το *Menu* επιλέγεται *File* και *New* για τη δημιουργία ενός νέου σεναρίου και εμφανίζεται το γενικό παράθυρο του LandGEM. Σε αυτό εισάγονται τα στοιχεία που χρειάζεται το μοντέλο:

1. Έτος έναρξης λειτουργίας του χώρου: **1992**
2. Τρέχον έτος: **2005**
3. Έτος παύσης λειτουργίας του χώρου: **2005**. Παρόλο που σύμφωνα με την πηγή [7] ο χώρος προβλεπόταν να σταματήσει να λειτουργεί το 2002, αυτό δεν έχει συμβεί. Εδώ θεωρούμε ότι το 2004 ήταν τα τελευταία έτος που δέχτηκε απορρίμματα ο χώρος.
4. Χωρητικότητα: **911.161 τόνοι** περίπου. Χρησιμοποιήθηκε αυτή η χωρητικότητα, διότι το μοντέλο έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί για μεγάλους χώρους, με χωρητικότητα τουλάχιστον 1.000.000 τόνους.
5. Θεωρητική παραγωγή μεθανίου, L_0 : όπως προέκυψε από την επεξεργασία των μετρήσεων πεδίου, είναι 162,9 kg CH₄/tn απορριμμάτων. Ωστόσο η πυκνότητα του μεθανίου σε θερμοκρασία 20° C και πίεση 1 atm είναι 0,667 kg/m³, άρα

$$L_0 = \frac{162,9 \text{ kg CH}_4 / \text{tn απορριμμάτων}}{0,667 \text{ kg} / \text{m}^3} = \underline{\underline{244,2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{tn απορριμμάτων}}}$$

6. Σταθερά ρυθμού αποδόμησης, k : **0,05 yr⁻¹**. Γενικά, οι τυπικές τιμές για τους κανονισμούς του 1991 (CAA ομάδα του μοντέλου) είναι πιο κοντά στις συνθήκες λειτουργίας της Ελλάδας, λαμβάνοντας υπόψη τους «ελαστικούς» κανονισμούς λειτουργίας των Χ.Υ.Τ.Α. και του συγκεκριμένου χώρου ειδικά. Η παράμετρος k έχει μεγάλο εύρος τιμών και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ωστόσο η βιβλιογραφία προτείνει την τιμή 0,02 yr⁻¹ για άνυδρες περιοχές. Η Κρήτη, σε γενικές γραμμές, έχει μικρή βροχόπτωση και έντονη ηλιοφάνεια, αλλά δεν θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως άνυδρη, εφόσον αυτός ο χαρακτηρισμός αναφέρεται σε περιοχές της Κεντρικής και Δυτικής Αμερικής. Στο συγκεκριμένο χώρο όμως, τα απορρίμματα συμπίεζονται ελάχιστα και καλύπτονται μέτρια με χώμα ημερησίως. Επιπλέον συχνά μετακινούνται εντός του χώρου, με σκοπό τη μείωση του υψομέτρου ώστε να ελαχιστοποιηθεί η οπτική όχληση. Αυτές οι συνθήκες δημιουργούν περισσότερα μονοπάτια για την κίνηση της υγρασίας, των θρεπτικών και των μικροοργανισμών, που μάλιστα αυξάνονται από τη λάσπη που μεταφέρεται στο χώρο από το βιολογικό καθαρισμού του Δ. Ηρακλείου και την ανακυκλοφορία των διασταλλαγμάτων, με αποτέλεσμα τη γρηγορότερη σταθεροποίηση των απορριμμάτων.
7. Ετήσιες απορριπτόμενες ποσότητες απορριμμάτων: όπως φαίνονται στον Πίνακα 8.2.
8. Ο χώρος δεν δέχεται και επικίνδυνα απορρίμματα.

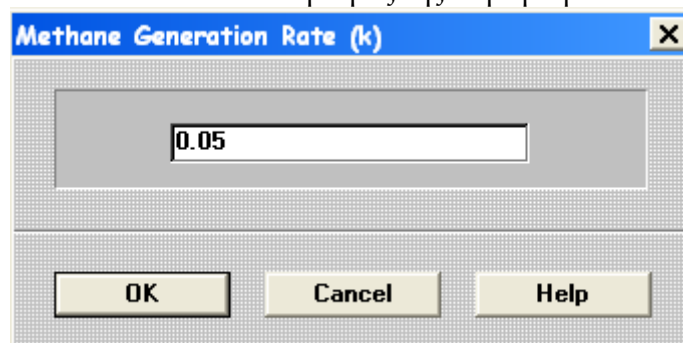
Με την εισαγωγή των παραπάνω στοιχείων, η μορφή του βασικού παραθύρου του μοντέλου είναι:

Εικόνα 8.-1 - Το βασικό παράθυρο του LandGEM

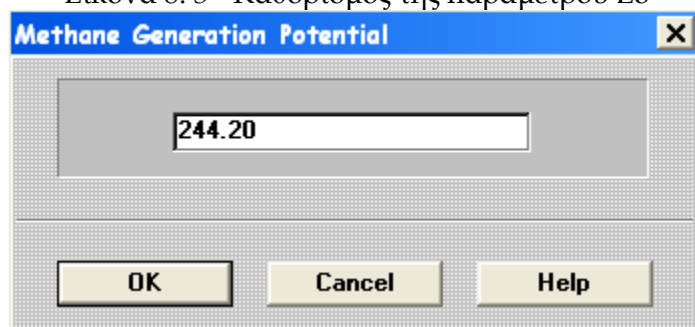
Year	Acceptance Rate (Mg)	Refuse In Place (Mg)
1992	5.144000E+04	0.000000E+00
1993	5.401200E+04	5.144000E+04
1994	5.671300E+04	1.054520E+05
1995	5.954900E+04	1.621650E+05
1996	6.252600E+04	2.217140E+05
1997	6.565200E+04	2.842400E+05
1998	6.893500E+04	3.498920E+05
1999	7.238200E+04	4.188270E+05
2000	7.600100E+04	4.912090E+05
2001	7.980100E+04	5.672100E+05
2002	8.379100E+04	6.470110E+05
2003	8.798000E+04	7.308020E+05
2004	9.237900E+04	8.187820E+05
2005	0.000000E+00	9.111610E+05

Σημειώνεται ότι η ποσότητα των εισερχόμενων απορριμμάτων για τα έτη 2003 και 2004 προέκυψαν αυξάνοντας κατά 5% την τιμή του έτους 2002 και 2003 αντίστοιχα και είναι 87.980 και 92.379 τόνοι. Στις επόμενες εικόνες φαίνονται τα παράθυρα: εισαγωγής των παραμέτρων k και L_0 και προσδιορισμού της συγκέντρωσης των NMOCs και της σύστασης του βιοαερίου. Για τον καθορισμό αυτών των παραμέτρων από το *Menu* επιλέγεται *Parameters* και στη συνέχεια για κάθε παράμετρο που προσδιορίζεται *user spesified*.

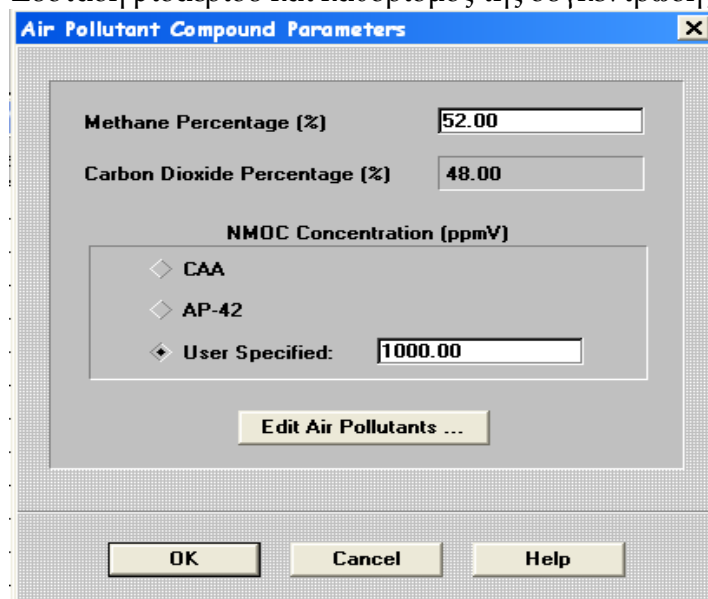
Εικόνα 8. 2 - Καθορισμός της παραμέτρου k



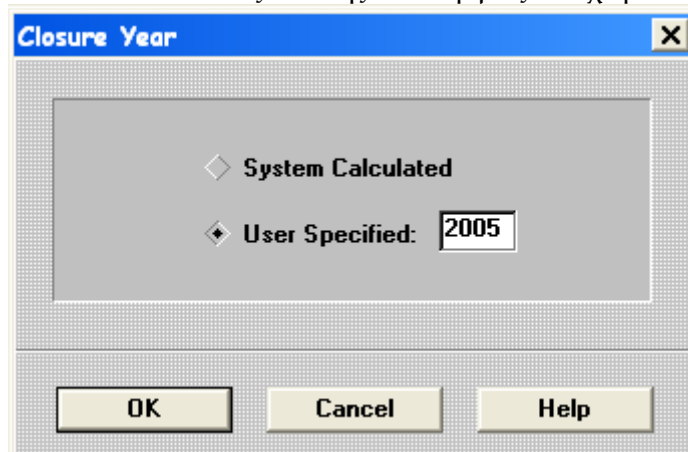
Εικόνα 8. 3 - Καθορισμός της παραμέτρου L_0



Εικόνα 8. 4 - Σύσταση βιοαερίου και καθορισμός της συγκέντρωσης των NMOCs

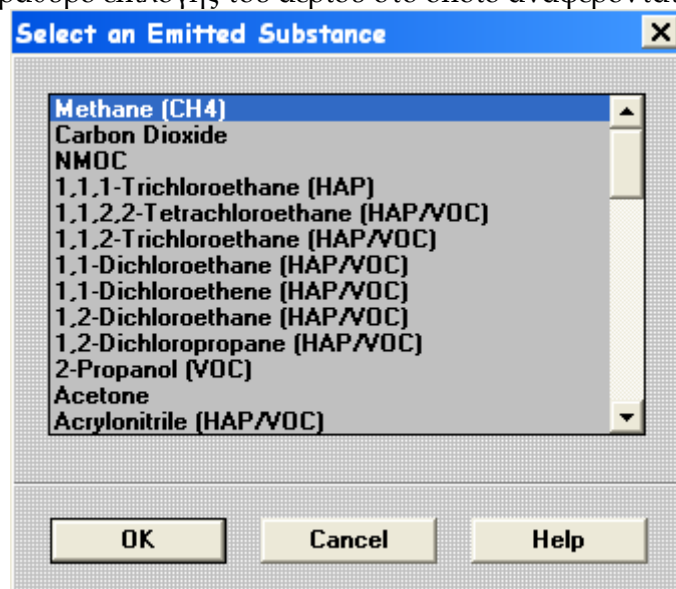


Εικόνα 8. 5 - Έτος παύσης λειτουργίας του χώρου

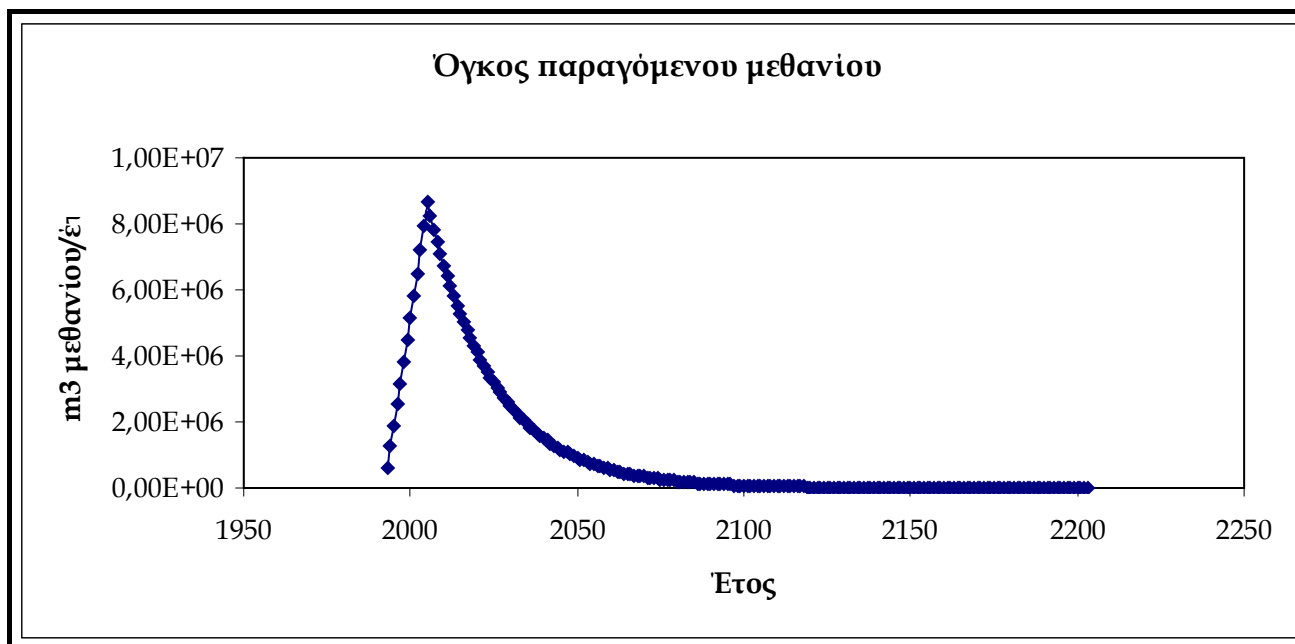


Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης προκύπτουν από το *Menu* επιλέγεται *Reports* και από εκεί *Text* ή *Graphics*. Στη συνέχεια εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο (Εικόνα 8.6) από το οποίο επιλέγεται το αέριο στο οποίο αναφέρονται τα αποτελέσματα. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν: το μεθάνιο και τα NMOCs. Με την επιλογή *Text* προκύπτει μια λίστα με την ποσότητα του επιλεγμένου αερίου σε σχέση με το χρόνο σε Mg και σε m³ (Παράρτημα). Με την επιλογή *Graphics* προκύπτουν τα επόμενα γραφήματα.

Εικόνα 8. 6 - Παράθυρο επιλογής του αερίου στο οποίο αναφέρονται τα αποτελέσματα



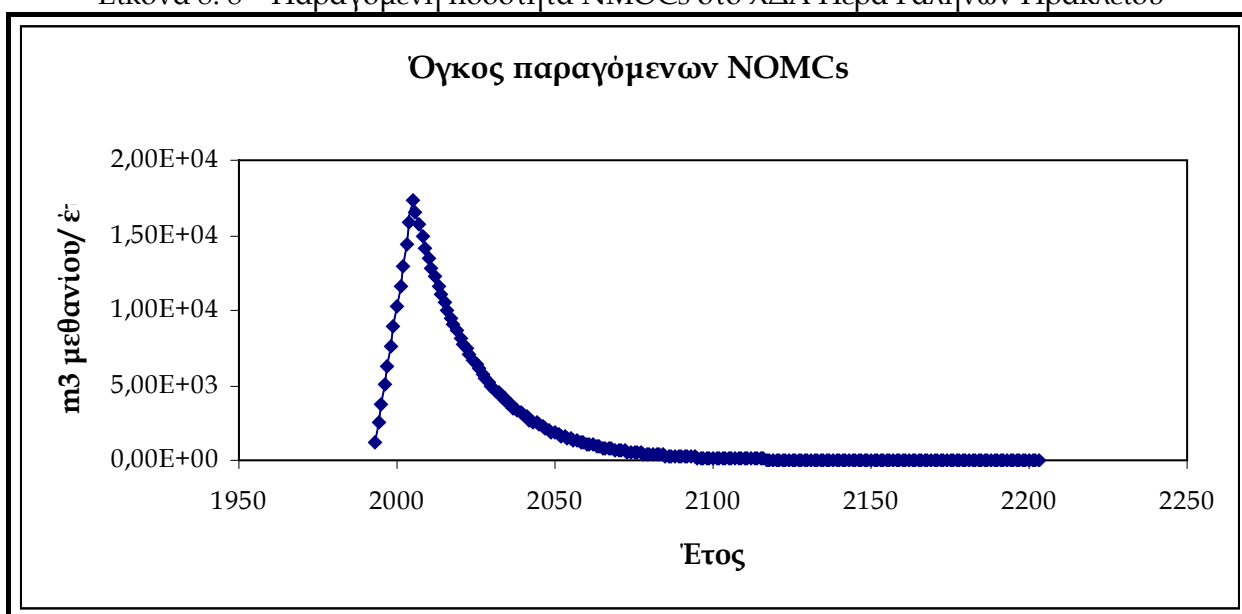
Εικόνα 8. 7 - Παραγόμενη ποσότητα μεθανίου από το ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου



Παρατηρώντας το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι η μέγιστη παραγωγή μεθανίου λαμβάνει χώρα το 2005, δηλαδή το πρώτο έτος που ο χώρος σταματά να δέχεται απορρίμματα και μάλιστα ο όγκος είναι $8,67 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Από το έτος αυτό και μετά ο όγκος μειώνεται σταδιακά. Η νομοθεσία ορίζει ότι η περίοδος μεταφροντίδας ενός Χ.Υ.Τ.Α. είναι 15 έτη. Επομένως το 2020 ο όγκος του παραγόμενου βιοαερίου μειώνεται στα $4,1 \cdot 10^6$, δηλαδή μειώνεται κατά 53% περίπου, ενώ το 2030 οι εκπομπές μειώνονται στα $2,48 \cdot 10^6$, δηλαδή σε ποσοστό 71,5% περίπου.

Αντίστοιχα, η παραγωγή των NMOCs φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

Εικόνα 8. 8 - Παραγόμενη ποσότητα NMOCs στο ΧΔΑ Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου



Αντίστοιχα για τα NMOCs, οι μέγιστες εκπομπές λαμβάνουν χώρα το 2005 και είναι $1,73 \cdot 10^4 \text{ m}^3$. Το 2020 οι εκπομπές μειώνονται στα $8,19 \cdot 10^3$, μείωση της τάξης του 53%. Αντίστοιχα το 2030 οι εκπομπές είναι $4,97 \cdot 10^3$, μείωση της τάξης του 71% περίπου.

8.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

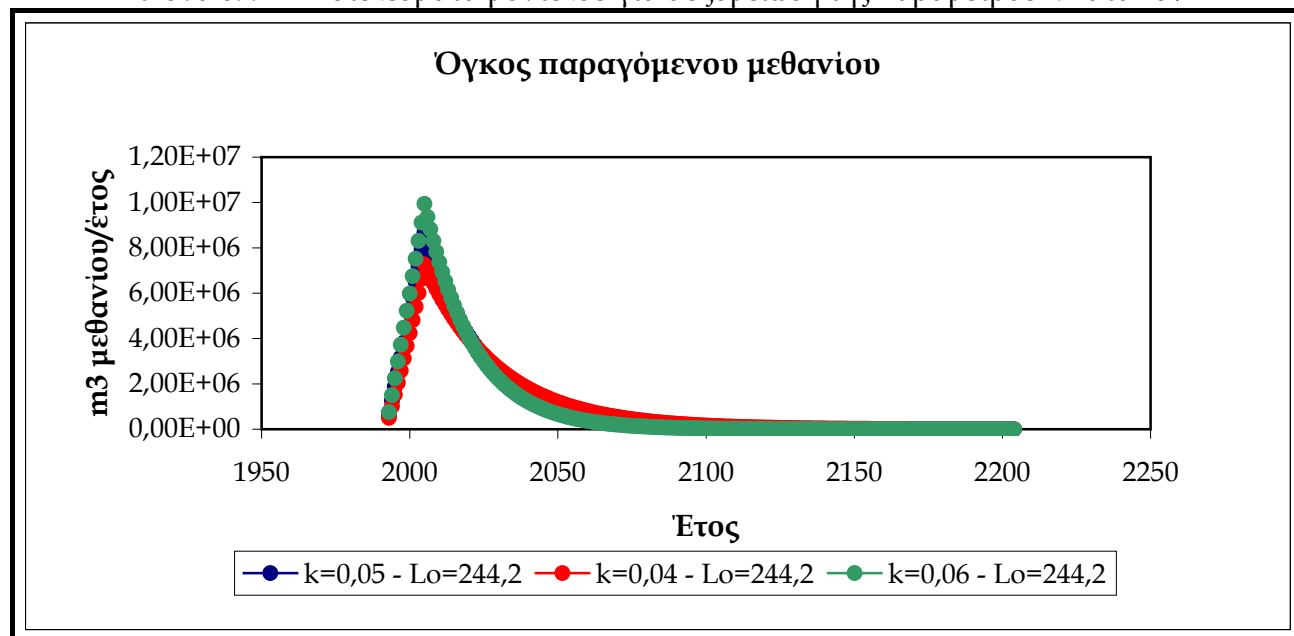
Στην παράγραφο αυτή πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας για τις δύο βασικές παραμέτρους του μοντέλου, k και L_0 . Ελέγχθηκε, δηλαδή, η μεταβολή των αποτελεσμάτων στις αλλαγές των βασικών παραμέτρων. Σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός της πιο ευαίσθητης παραμέτρου, δηλαδή αυτής που επηρεάζει περισσότερο τα αποτελέσματα. Για το σκοπό αυτό μεταβλήθηκαν οι παράμετροι κατά $\pm 25\%$ και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα για την παραγόμενη ποσότητα μεθανίου.

▪ Παράμετρος k

Διατηρώντας την τιμή του L_0 σταθερή και ίση με $244,2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{tn A.Σ.Α.}$, αυξήθηκε και μειώθηκε η παράμετρος k κατά 25%, δηλαδή από 0,05 σε 0,06 και 0,04 αντίστοιχα.

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται τα αποτελέσματα του μοντέλου για τις τρεις αυτές περιπτώσεις, συγκριτικά.

Εικόνα 8. 9 - Αποτελέσματα μοντέλου για αύξομείωση της παραμέτρου k κατά 25%



Σύγκριση αποτελεσμάτων ως προς τη μέγιστη ποσότητα του παραγόμενου μεθανίου:

Για $k=0,06$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Μέγιστη παραγωγή μεθανίου = $9,94 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

Για $k=0,05$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Μέγιστη παραγωγή μεθανίου = $8,67 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

Για $k=0,04$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Μέγιστη παραγωγή μεθανίου = $7,27 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

Επομένως, 25% αύξηση του k προκαλεί 15% αύξηση της μέγιστης παραγωγής μεθανίου.

Αντίστοιχα, 25% μείωση του k προκαλεί 16,1% μείωση της μέγιστης παραγωγής μεθανίου.

Σύγκριση των αποτελεσμάτων ως προς το ποσοστό μείωσης των εκπομπών το έτος 2030.

Για $k=0,06$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Ποσοστό μείωσης του παραγόμενου μεθανίου το 2030: 78%

Για $k=0,05$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Ποσοστό μείωσης του παραγόμενου μεθανίου το 2030: 71%

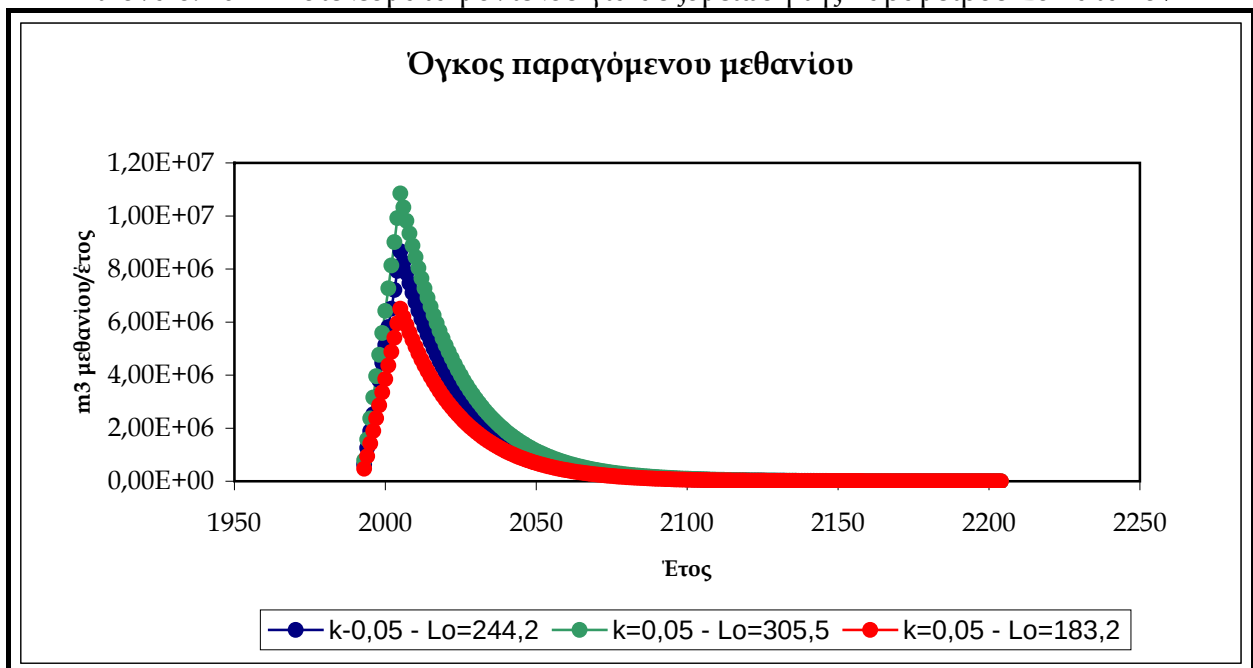
Για $k=0,04$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Ποσοστό μείωσης του παραγόμενου μεθανίου το 2030: 63%

▪ Παράμετρος Lo

Διατηρώντας σταθερή την τιμή της παραμέτρου k και ίση με 0,05, αυξήθηκε και μειώθηκε η τιμή του Lo κατά 25%, δηλαδή από $244,2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{th A.Σ.Α.}$ σε $305,5 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{th A.Σ.Α}$ και $183,2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{th A.Σ.Α}$ αντίστοιχα.

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται τα αποτελέσματα του μοντέλου για τις τρεις αυτές περιπτώσεις, συγκριτικά.

Εικόνα 8. 10 - Αποτελέσματα μοντέλου για αυξομείωση της παραμέτρου Lo κατά 25%



Σύγκριση αποτελεσμάτων ως προς τη μέγιστη ποσότητα του παραγόμενου μεθανίου:

Για $k=0,05$ και $Lo=305,5 \rightarrow$ Μέγιστη παραγωγή μεθανίου = $1,09 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

Για $k=0,05$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Μέγιστη παραγωγή μεθανίου = $8,67 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

Για $k=0,05$ και $Lo=183,2 \rightarrow$ Μέγιστη παραγωγή μεθανίου = $6,51 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

Επομένως, 25% αύξηση του Lo προκαλεί 26% αύξηση της μέγιστης παραγωγής μεθανίου.

Αντίστοιχα, 25% μείωση του Lo προκαλεί 25% μείωση της μέγιστης παραγωγής μεθανίου.

Σύγκριση των αποτελεσμάτων ως προς το ποσοστό μείωσης των εκπομπών το έτος 2030.

Για $k=0,05$ και $Lo=183,2 \rightarrow$ Ποσοστό μείωσης του παραγόμενου μεθανίου το 2030: 71,5%

Για $k=0,05$ και $Lo=244,2 \rightarrow$ Ποσοστό μείωσης του παραγόμενου μεθανίου το 2030: 71,5%

Για $k=0,05$ και $Lo=305,5 \rightarrow$ Ποσοστό μείωσης του παραγόμενου μεθανίου το 2030: 71,5%

Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι το μοντέλο είναι ευαίσθητο και ως προς τις δύο παραμέτρους, ανάλογα με την πλευρά εκτίμησης των αποτελεσμάτων. Έτσι, σχετικά με την μέγιστη παραγόμενη ποσότητα αερίων η μεταβολή της παραμέτρου Lo προκάλεσε εντονότερη αλλαγή στα αποτελέσματα σε σχέση με τη μεταβολή του k . Στο σημείο αυτό επιβεβαιώνεται ο σκοπός της παρούσας μελέτης, εφόσον η ευαίσθητη αυτή παράμετρος υπολογίστηκε με βάση πραγματικά στοιχεία από μετρήσεις πεδίου και δεν χρησιμοποιήθηκε τιμή από τη βιβλιογραφία. Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα εκτιμηθούν με βάση το ποσοστό μείωσης των παραγόμενων αερίων μετά από συγκεκριμένη περίοδο, εδώ 25 χρόνια, παρατηρούμε ότι η μεταβολή της παραμέτρου Lo δεν προκαλεί καμία αλλαγή, ενώ η αλλαγή του k προκάλεσε μεταβολή σε αυτό το ποσοστό. Αυτό σημαίνει ότι όταν αυξάνεται η τιμή του k αυξάνεται ο ρυθμός μείωσης των παραγόμενων αερίων, αντίθετα όσο μειώνεται το k μειώνεται ο ρυθμός μείωσης των παραγόμενων αερίων. Για το λόγο αυτό, για ακριβέστερο προσδιορισμό της παραμέτρου k μπορούν να γίνουν επιπλέον μετρήσεις πεδίου σε μελλοντικές μελέτες.

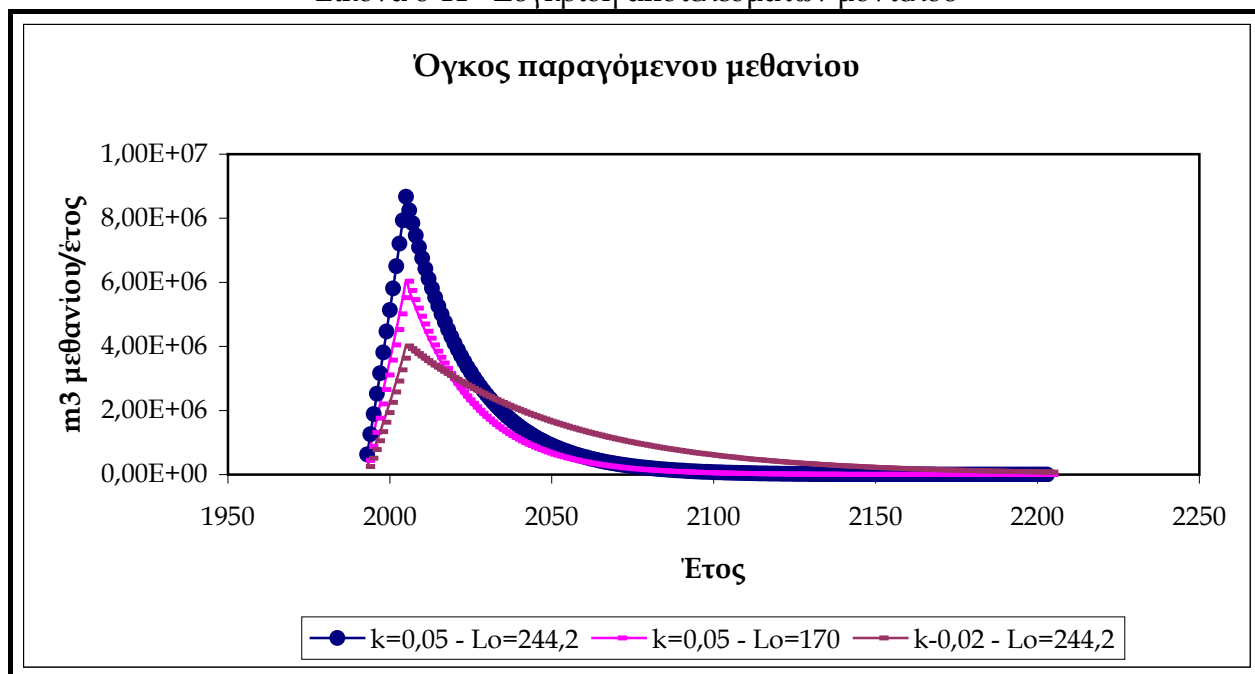
8.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η Ελληνική πραγματικότητα σε σχέση με τη λειτουργία των Χ.Υ.Τ.Α., είναι πιο κοντά στην πρώτη ομάδα προκαθορισμένων παραμέτρων του μοντέλου (CAA default). Ωστόσο ακόμα και αυτές οι τιμές ίσως τελικά δεν ανταποκρίνονται πλήρως στην πραγματική κατάσταση και παρέχουν αποτελέσματα μικρότερα από αυτά που ισχύουν στην πράξη. Πιο συγκεκριμένα η παράμετρος Lo δίνεται από το μοντέλο ίση με $170 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn A.Σ.Α.}$. Η τιμή αυτή είναι μικρή για τα Ελληνικά δεδομένα, εφόσον το μέσο ποσοστό του οργανικού κλάσματος των Α.Σ.Α. στην Ελλάδα είναι περίπου 40% σήμερα, σε αντίθεση με τις Η.Π.Α. που είναι περίπου 20%.

Στην επόμενη Εικόνα συγκρίνονται τα αποτελέσματα του μοντέλου όπως προέκυψαν με χρήση:

- Α) των τιμών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ($k=0,05\text{yr}^{-1}$ - $Lo=244,2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn A.Σ.Α.}$)
- Β) των προκαθορισμένων παραμέτρων CAA ($k=0,05 \text{ yr}^{-1}$ - $Lo=170 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn A.Σ.Α.}$)
- Γ) των τιμών $k=0,02 \text{ yr}^{-1}$ (τιμή που προτείνει το μοντέλο για άνυδρες περιοχές) και $Lo=244,2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{tn A.Σ.Α.}$

Εικόνα 8-11 - Σύγκριση αποτελεσμάτων μοντέλου



Όπως ήταν αναμενόμενο η μέγιστη εκπομπή μεθανίου συμβαίνει με χρήση των παραμέτρων όπως εκτιμήθηκαν στην παρούσα μελέτη και η ελάχιστη με χρήση των τιμών $k=0,02$ και $L_0=244,2$. Μάλιστα η διαφορά είναι της τάξης του 38% ως προς τη μέγιστη παραγωγή βιοαερίου. Αυτή η διαφορά οφείλεται στις διαφορετικές συνθήκες που επικρατούν στους Χ.Υ.Τ.Α. στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στην Κρήτη και τις Η.Π.Α.. Στο Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων, όπως εκτιμήθηκε από την ανάλυση της σύνθεσης των Α.Σ.Α., το οργανικό κλάσμα φτάνει περίπου το 38,7%. Η υψηλό αυτό ποσοστό είναι σύνηθες φαινόμενο στην Ελλάδα. Επιπλέον οι περιοχές που εξυπηρετούνται από το συγκεκριμένο χώρο περιλαμβάνουν εκτάσεις με οπωροφόρα δέντρα και παρατηρείται συχνά το φαινόμενο μεγάλες ποσότητες φρούτων να καταλήγουν στη χωματερή, αυξάνοντας τη δυναμικότητα των απορριμμάτων για παραγωγή βιοαερίου.

8.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διάθεση των αστικών απορριμμάτων μπορεί να παράγει εκπομπές των πιο σημαντικών αερίων του θερμοκηπίου, με σημαντικότερο εκπρόσωπο αυτής της κατηγορίας το μεθάνιο. Περίπου το 5-20 % της παγκόσμιας ετήσιας παραγωγής μεθανίου από ανθρώπινες δραστηριότητες, είναι παραπροϊόν της αναερόβιας αποσύνθεσης των απορριμμάτων. Βακτήρια που βοηθούν τη μεθανογένεση, αποσυνθέτουν το οργανικό υλικό των απορριμμάτων και παράγουν μεθάνιο. Οι χώροι διάθεσης Α.Σ.Α. χαρακτηρίζονται ως «χωματερές» ή « χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων», και οι δύο μπορούν να παράγουν μεθάνιο αν τα απορρίμματα που θάβονται σε αυτούς περιέχουν οργανικό υλικό. Οι χωματερές ουσιαστικά είναι ρηχοί, ανοιχτοί σωροί, γενικά μόνο ελεύθερα συμπίεσμένοι και χωρίς πρόβλεψη για έλεγχο των ρύπων που παράγονται. Οι χώροι υγειονομικής ταφής, αντιθέτως, είναι χώροι ειδικά σχεδιασμένοι να λαμβάνουν απορρίμματα, και η διαχείρισή τους γίνεται με πρακτικές όπως η συμπίεση, ημερήσια κάλυψη, η μόνωση και η τελική κάλυψη. Στην Ελλάδα η διάκριση αυτών των δύο πρακτικών δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρη. Συχνά χώροι αδειοδοτημένοι ως Χ.Υ.Τ.Α. είναι ουσιαστικά χωματερές με μερικά μόνο μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος.

Οι ανεξέλεγκτοι και ημιελεγχόμενοι χώροι απόθεσης απορριμμάτων αποτελούν ένα μείζον πρόβλημα για την Ελλάδα. Αν και σήμερα αυτή η πρακτική διαχείρισης έχει απαγορευτεί, αποτελούσε κατά το παρελθόν τη συνηθέστερη μορφή διαχείρισης των απορριμμάτων. Για το λόγο αυτό συντελείται σήμερα μια προσπάθεια αποκατάστασης αυτών των χώρων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν κατά το δυνατόν οι επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον, εφόσον έχει γίνει πλέον γνωστό ότι τέτοιοι χώροι συνεχίζουν να παράγουν υγρά και αέρια απόβλητα ακόμα

και 30 ή περισσότερα χρόνια από την παύση λειτουργίας τους. Ο Χ.Δ.Α. Πέρα Γαλήνων που εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη χαρακτηρίζεται ως ημιελεγχόμενος, εφόσον έχουν ληφθεί κάποια μέτρα προστασίας από τα παραγόμενα διασταλλάγματα – αν και είναι ανεπαρκή – χωρίς όμως να διαχειρίζεται με οποιονδήποτε τρόπο το παραγόμενο βιοαέριο.

Όπως διαπιστώθηκε από τη χρήση του μοντέλου LandGEM, η μέγιστη παραγωγή μεθανίου συντελείται το έτος 2005, το έτος δηλαδή που ο χώρος σταματά να δέχεται απορρίμματα. Από εκεί και πέρα ο ρυθμός παραγωγής μειώνεται εκθετικά. Η νομοθεσία προτείνει 15 χρόνια ως περίοδο μεταφροντίδας ενός χώρου διάθεσης απορριμμάτων. Στην προκειμένη περίπτωση αυτό το διάστημα δεν είναι αρκετό, εφόσον το παραγόμενο μεθάνιο μειώνεται σε ποσοστό 53% περίπου. Ικανοποιητική μείωση του παραγόμενου μεθανίου, της τάξης του 71,5%, συντελείται σε 25 χρόνια από την παύση λειτουργίας του χώρου.

Το βιοαέριο αποτελείται από ίσες περίπου ποσότητες μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα. Αυτά τα δύο αέρια και κυρίως το μεθάνιο είναι αέρια του θερμοκηπίου και παίζουν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια ατμοσφαιρική αλλαγή. Ιδιαίτερα το μεθάνιο από Χ.Υ.Τ.Α./Χ.Δ.Α. συμβάλει σημαντικά στις ετήσιες παγκόσμιες ποσότητες μεθανίου, αν και η εκτίμηση είναι θέμα με μεγάλη αβεβαιότητα.

Οι Χ.Υ.Τ.Α./Χ.Δ.Α είναι από τη φύση τους ετερογενείς. Μικροβιολογικές έρευνες στα χαρακτηριστικά του χώρου έχουν δείξει ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ακόμα και σε διαφορετικές περιοχές μέσα στον ίδιο χώρο. Αυτό κάνει πολύ δύσκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων για την πρόβλεψη των γενικών εκπομπών μεθανίου. Ωστόσο, μια καλύτερη ερμηνεία της έννοιας των παραγόντων που επηρεάζουν πιο ουσιαστικά την παραγωγή μεθανίου από χώρους διάθεσης στερεών απορριμμάτων μπορεί να μειώσει την αβεβαιότητα που σχετίζεται με τις εκτιμήσεις των εκπομπών. Άλλωστε αυτός είναι και ο σκοπός της παρούσας μελέτης.

Για την εξαγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων έγινε προσπάθεια να εξαλειφθεί η αβεβαιότητα σχετικά με τις ποσότητες απορριμμάτων που εισέρχονται στο χώρο, καθώς και τη σύστασή τους. Σχετικά με τις ποσότητες χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την πηγή [7], που βασίστηκαν στον ακριβή πληθυσμό που εξυπηρετείται από το συγκεκριμένο χώρο (μόνιμοι κάτοικοι και τουρίστες σύμφωνα με στοιχεία του Ε.Ο.Τ.) και στοιχεία από τα εισερχόμενα φορτία για τα τελευταία 2 έτη από το Δ. Ηρακλείου. Η σύνθεση των απορριμμάτων προέκυψε από δειγματοληψίες στο χώρο που είχαν διάρκεια περίπου ένα χρόνο. Με αυτό τον τρόπο προέκυψαν οι μέσοι όροι των ποσοστών των σημαντικότερων κλασμάτων των Α.Σ.Α. που συντελούν στην παραγωγή βιοαερίου.

Το αποτέλεσμα που προέκυψε από το μοντέλο έδωσε αυξημένη ποσότητα μεθανίου σε σχέση με αυτή που θα προέκυπτε με χρήση των προκαθορισμένων παραμέτρων. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο αυξημένο ποσοστό των οργανικών στο συγκεκριμένο χώρο. Άλλωστε εκεί αποτίθεται και η λάσπη από το βιολογικό καθαρισμό του Δ. Ηρακλείου και συχνά μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες φρούτων, εφόσον η ευρύτερη περιοχή καλύπτεται από οπωροφόρα δέντρα.

Η διαχείριση των ανεξέλεγκτων εκπομπών βιοαερίου κρίνεται απαραίτητη ακόμα και τώρα, δηλαδή μετά την παύση λειτουργίας του χώρου. Εκτός από τις μακροπρόθεσμες αρνητικές επιπτώσεις του μεθανίου είναι έντονος ο κίνδυνος εκρήξεων. Το μεθάνιο σε ποσοστό 5-15% στον αέρα είναι έντονα εκρηκτικό.

Για τον περιορισμό των εκπομπών βιοαερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί παθητικό σύστημα συλλογής. Τα παθητικά συστήματα χρησιμοποιούν τις υπάρχουσες διαφορές στην πίεση στον χώρο και στις συγκεντρώσεις των αερίων, ώστε να δώσουν διέξοδο στο βιοαέριο προς την ατμόσφαιρα ή προς ένα σύστημα επεξεργασίας. Χρησιμοποιούνται πηγάδια συλλογής, τα οποία αναφέρονται ως πηγάδια εξαγωγής, για τη συλλογή του βιοαερίου. Κατασκευάζονται από διάτρητο πλαστικό και εγκαθίσταται κατακόρυφα σε όλη την έκταση του χώρου και σε βάθη που κυμαίνονται από 50% έως 90% του πάχους των απορριμμάτων. Μετά τη συλλογή του, το βιοαέριο μπορεί είτε να διοχετευτεί απευθείας στην ατμόσφαιρα ή να οδηγηθεί σε κάποιο σύστημα επεξεργασίας. Οι πιο συνηθισμένοι μέθοδοι επεξεργασίας του βιοαερίου είναι η επιτόπια καύση και η βιολογική επεξεργασία με βιόφιλτρα ή βιοπλυντρίδες.

Πάντως, η μεγάλη ποσότητα οργανικών στη μάζα των Α.Σ.Α. καθώς και η έλλειψη συστήματος συλλογής και επεξεργασίας του βιοαερίου είναι συχνά φαινόμενα στην Ελλάδα, με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή αερίων που αποτελούν σημαντικό περιβαλλοντικό κίνδυνο. Ωστόσο για την εναρμόνιση με την Οδηγία 99/31/ΕΚ πρέπει μέχρι το 2010 τα βιοαποικοδομήσιμα υλικά που καταλήγουν στους Χ.Υ.Τ.Α. να μειωθούν κατά 25% με βάση τις ποσότητες του 1995, μέχρι το 2013 κατά 50% και μέχρι το 2020 κατά 65%. [30] Αυτή η διαδικασία σε συνδυασμό με σωστότερο σχεδιασμό των νέων Χ.Υ.Τ.Α. σε ότι αφορά τη διαχείριση του βιοαερίου και την αποκατάσταση των χωματερών μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ποσότητα του βιοαερίου που τελικά εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Model Parameters

Lo : 244.20 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0500 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	4.190E+02	6.281E+05
1994	1.055E+05	8.386E+02	1.257E+06
1995	1.622E+05	1.260E+03	1.888E+06
1996	2.217E+05	1.683E+03	2.523E+06
1997	2.842E+05	2.111E+03	3.163E+06
1998	3.499E+05	2.542E+03	3.811E+06
1999	4.188E+05	2.980E+03	4.467E+06
2000	4.912E+05	3.424E+03	5.133E+06
2001	5.672E+05	3.876E+03	5.810E+06
2002	6.470E+05	4.337E+03	6.501E+06
2003	7.308E+05	4.808E+03	7.207E+06
2004	8.188E+05	5.290E+03	7.930E+06
2005	8.188E+05	5.032E+03	7.543E+06
2006	8.188E+05	4.787E+03	7.175E+06
2007	8.188E+05	4.554E+03	6.825E+06
2008	8.188E+05	4.331E+03	6.493E+06
2009	8.188E+05	4.120E+03	6.176E+06
2010	8.188E+05	3.919E+03	5.875E+06
2011	8.188E+05	3.728E+03	5.588E+06
2012	8.188E+05	3.546E+03	5.316E+06

2013	8.188E+05	3.373E+03	5.056E+06
2014	8.188E+05	3.209E+03	4.810E+06
2015	8.188E+05	3.052E+03	4.575E+06
2016	8.188E+05	2.903E+03	4.352E+06
2017	8.188E+05	2.762E+03	4.140E+06
2018	8.188E+05	2.627E+03	3.938E+06
2019	8.188E+05	2.499E+03	3.746E+06
2020	8.188E+05	2.377E+03	3.563E+06
2021	8.188E+05	2.261E+03	3.389E+06
2022	8.188E+05	2.151E+03	3.224E+06
2023	8.188E+05	2.046E+03	3.067E+06
2024	8.188E+05	1.946E+03	2.917E+06
2025	8.188E+05	1.851E+03	2.775E+06
2026	8.188E+05	1.761E+03	2.640E+06
2027	8.188E+05	1.675E+03	2.511E+06
2028	8.188E+05	1.593E+03	2.388E+06
2029	8.188E+05	1.516E+03	2.272E+06
2030	8.188E+05	1.442E+03	2.161E+06
2031	8.188E+05	1.372E+03	2.056E+06
2032	8.188E+05	1.305E+03	1.956E+06
2033	8.188E+05	1.241E+03	1.860E+06
2034	8.188E+05	1.180E+03	1.769E+06
2035	8.188E+05	1.123E+03	1.683E+06
2036	8.188E+05	1.068E+03	1.601E+06
2037	8.188E+05	1.016E+03	1.523E+06
2038	8.188E+05	9.665E+02	1.449E+06
2039	8.188E+05	9.193E+02	1.378E+06
2040	8.188E+05	8.745E+02	1.311E+06
2041	8.188E+05	8.319E+02	1.247E+06
2042	8.188E+05	7.913E+02	1.186E+06
2043	8.188E+05	7.527E+02	1.128E+06
2044	8.188E+05	7.160E+02	1.073E+06
2045	8.188E+05	6.811E+02	1.021E+06
2046	8.188E+05	6.479E+02	9.711E+05
2047	8.188E+05	6.163E+02	9.237E+05
2048	8.188E+05	5.862E+02	8.787E+05
2049	8.188E+05	5.576E+02	8.358E+05
2050	8.188E+05	5.304E+02	7.951E+05
2051	8.188E+05	5.045E+02	7.563E+05
2052	8.188E+05	4.799E+02	7.194E+05
2053	8.188E+05	4.565E+02	6.843E+05
2054	8.188E+05	4.343E+02	6.509E+05
2055	8.188E+05	4.131E+02	6.192E+05
2056	8.188E+05	3.929E+02	5.890E+05
2057	8.188E+05	3.738E+02	5.603E+05
2058	8.188E+05	3.556E+02	5.329E+05
2059	8.188E+05	3.382E+02	5.069E+05
2060	8.188E+05	3.217E+02	4.822E+05
2061	8.188E+05	3.060E+02	4.587E+05
2062	8.188E+05	2.911E+02	4.363E+05
2063	8.188E+05	2.769E+02	4.151E+05

2064	8.188E+05	2.634E+02	3.948E+05
2065	8.188E+05	2.506E+02	3.756E+05
2066	8.188E+05	2.383E+02	3.572E+05
2067	8.188E+05	2.267E+02	3.398E+05
2068	8.188E+05	2.157E+02	3.232E+05
2069	8.188E+05	2.051E+02	3.075E+05
2070	8.188E+05	1.951E+02	2.925E+05
2071	8.188E+05	1.856E+02	2.782E+05
2072	8.188E+05	1.766E+02	2.647E+05
2073	8.188E+05	1.680E+02	2.517E+05
2074	8.188E+05	1.598E+02	2.395E+05
2075	8.188E+05	1.520E+02	2.278E+05
2076	8.188E+05	1.446E+02	2.167E+05
2077	8.188E+05	1.375E+02	2.061E+05
2078	8.188E+05	1.308E+02	1.961E+05
2079	8.188E+05	1.244E+02	1.865E+05
2080	8.188E+05	1.184E+02	1.774E+05
2081	8.188E+05	1.126E+02	1.687E+05
2082	8.188E+05	1.071E+02	1.605E+05
2083	8.188E+05	1.019E+02	1.527E+05
2084	8.188E+05	9.690E+01	1.452E+05
2085	8.188E+05	9.217E+01	1.382E+05
2086	8.188E+05	8.768E+01	1.314E+05
2087	8.188E+05	8.340E+01	1.250E+05
2088	8.188E+05	7.933E+01	1.189E+05
2089	8.188E+05	7.546E+01	1.131E+05
2090	8.188E+05	7.178E+01	1.076E+05
2091	8.188E+05	6.828E+01	1.024E+05
2092	8.188E+05	6.495E+01	9.736E+04
2093	8.188E+05	6.179E+01	9.261E+04
2094	8.188E+05	5.877E+01	8.809E+04
2095	8.188E+05	5.591E+01	8.380E+04
2096	8.188E+05	5.318E+01	7.971E+04
2097	8.188E+05	5.059E+01	7.582E+04
2098	8.188E+05	4.812E+01	7.213E+04
2099	8.188E+05	4.577E+01	6.861E+04
2100	8.188E+05	4.354E+01	6.526E+04
2101	8.188E+05	4.142E+01	6.208E+04
2102	8.188E+05	3.940E+01	5.905E+04
2103	8.188E+05	3.747E+01	5.617E+04
2104	8.188E+05	3.565E+01	5.343E+04
2105	8.188E+05	3.391E+01	5.083E+04
2106	8.188E+05	3.225E+01	4.835E+04
2107	8.188E+05	3.068E+01	4.599E+04
2108	8.188E+05	2.919E+01	4.375E+04
2109	8.188E+05	2.776E+01	4.161E+04
2110	8.188E+05	2.641E+01	3.958E+04
2111	8.188E+05	2.512E+01	3.765E+04
2112	8.188E+05	2.389E+01	3.582E+04
2113	8.188E+05	2.273E+01	3.407E+04
2114	8.188E+05	2.162E+01	3.241E+04

2115	8.188E+05	2.057E+01	3.083E+04
2116	8.188E+05	1.956E+01	2.932E+04
2117	8.188E+05	1.861E+01	2.789E+04
2118	8.188E+05	1.770E+01	2.653E+04
2119	8.188E+05	1.684E+01	2.524E+04
2120	8.188E+05	1.602E+01	2.401E+04
2121	8.188E+05	1.524E+01	2.284E+04
2122	8.188E+05	1.449E+01	2.172E+04
2123	8.188E+05	1.379E+01	2.066E+04
2124	8.188E+05	1.311E+01	1.966E+04
2125	8.188E+05	1.247E+01	1.870E+04
2126	8.188E+05	1.187E+01	1.779E+04
2127	8.188E+05	1.129E+01	1.692E+04
2128	8.188E+05	1.074E+01	1.609E+04
2129	8.188E+05	1.021E+01	1.531E+04
2130	8.188E+05	9.715E+00	1.456E+04
2131	8.188E+05	9.241E+00	1.385E+04
2132	8.188E+05	8.790E+00	1.318E+04
2133	8.188E+05	8.362E+00	1.253E+04
2134	8.188E+05	7.954E+00	1.192E+04
2135	8.188E+05	7.566E+00	1.134E+04
2136	8.188E+05	7.197E+00	1.079E+04
2137	8.188E+05	6.846E+00	1.026E+04
2138	8.188E+05	6.512E+00	9.761E+03
2139	8.188E+05	6.195E+00	9.285E+03
2140	8.188E+05	5.892E+00	8.832E+03
2141	8.188E+05	5.605E+00	8.401E+03
2142	8.188E+05	5.332E+00	7.992E+03
2143	8.188E+05	5.072E+00	7.602E+03
2144	8.188E+05	4.824E+00	7.231E+03
2145	8.188E+05	4.589E+00	6.879E+03
2146	8.188E+05	4.365E+00	6.543E+03
2147	8.188E+05	4.152E+00	6.224E+03
2148	8.188E+05	3.950E+00	5.920E+03
2149	8.188E+05	3.757E+00	5.632E+03
2150	8.188E+05	3.574E+00	5.357E+03
2151	8.188E+05	3.400E+00	5.096E+03
2152	8.188E+05	3.234E+00	4.847E+03
2153	8.188E+05	3.076E+00	4.611E+03
2154	8.188E+05	2.926E+00	4.386E+03
2155	8.188E+05	2.783E+00	4.172E+03
2156	8.188E+05	2.648E+00	3.969E+03
2157	8.188E+05	2.519E+00	3.775E+03
2158	8.188E+05	2.396E+00	3.591E+03
2159	8.188E+05	2.279E+00	3.416E+03
2160	8.188E+05	2.168E+00	3.249E+03
2161	8.188E+05	2.062E+00	3.091E+03
2162	8.188E+05	1.961E+00	2.940E+03
2163	8.188E+05	1.866E+00	2.797E+03
2164	8.188E+05	1.775E+00	2.660E+03
2165	8.188E+05	1.688E+00	2.530E+03

2166	8.188E+05	1.606E+00	2.407E+03
2167	8.188E+05	1.528E+00	2.290E+03
2168	8.188E+05	1.453E+00	2.178E+03
2169	8.188E+05	1.382E+00	2.072E+03
2170	8.188E+05	1.315E+00	1.971E+03
2171	8.188E+05	1.251E+00	1.875E+03
2172	8.188E+05	1.190E+00	1.783E+03
2173	8.188E+05	1.132E+00	1.696E+03
2174	8.188E+05	1.076E+00	1.614E+03
2175	8.188E+05	1.024E+00	1.535E+03
2176	8.188E+05	9.740E-01	1.460E+03
2177	8.188E+05	9.265E-01	1.389E+03
2178	8.188E+05	8.813E-01	1.321E+03
2179	8.188E+05	8.383E-01	1.257E+03
2180	8.188E+05	7.975E-01	1.195E+03
2181	8.188E+05	7.586E-01	1.137E+03
2182	8.188E+05	7.216E-01	1.082E+03
2183	8.188E+05	6.864E-01	1.029E+03
2184	8.188E+05	6.529E-01	9.786E+02
2185	8.188E+05	6.211E-01	9.309E+02
2186	8.188E+05	5.908E-01	8.855E+02
2187	8.188E+05	5.620E-01	8.423E+02
2188	8.188E+05	5.345E-01	8.012E+02
2189	8.188E+05	5.085E-01	7.622E+02
2190	8.188E+05	4.837E-01	7.250E+02
2191	8.188E+05	4.601E-01	6.896E+02
2192	8.188E+05	4.377E-01	6.560E+02
2193	8.188E+05	4.163E-01	6.240E+02
2194	8.188E+05	3.960E-01	5.936E+02
2195	8.188E+05	3.767E-01	5.646E+02
2196	8.188E+05	3.583E-01	5.371E+02
2197	8.188E+05	3.408E-01	5.109E+02
2198	8.188E+05	3.242E-01	4.860E+02
2199	8.188E+05	3.084E-01	4.623E+02
2200	8.188E+05	2.934E-01	4.397E+02
2201	8.188E+05	2.791E-01	4.183E+02
2202	8.188E+05	2.654E-01	3.979E+02
2203	8.188E+05	2.525E-01	3.785E+02

Model Parameters

Lo : 244.20 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0600 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	5.028E+02	7.537E+05
1994	1.055E+05	1.002E+03	1.501E+06
1995	1.622E+05	1.498E+03	2.245E+06
1996	2.217E+05	1.992E+03	2.987E+06
1997	2.842E+05	2.488E+03	3.729E+06
1998	3.499E+05	2.984E+03	4.474E+06
1999	4.188E+05	3.485E+03	5.223E+06
2000	4.912E+05	3.989E+03	5.979E+06
2001	5.672E+05	4.500E+03	6.745E+06
2002	6.470E+05	5.018E+03	7.521E+06
2003	7.308E+05	5.545E+03	8.311E+06
2004	8.188E+05	6.082E+03	9.116E+06
2005	8.188E+05	5.728E+03	8.585E+06
2006	8.188E+05	5.394E+03	8.085E+06
2007	8.188E+05	5.080E+03	7.614E+06
2008	8.188E+05	4.784E+03	7.171E+06
2009	8.188E+05	4.505E+03	6.753E+06
2010	8.188E+05	4.243E+03	6.360E+06
2011	8.188E+05	3.996E+03	5.990E+06
2012	8.188E+05	3.763E+03	5.641E+06

2013	8.188E+05	3.544E+03	5.312E+06
2014	8.188E+05	3.338E+03	5.003E+06
2015	8.188E+05	3.143E+03	4.712E+06
2016	8.188E+05	2.960E+03	4.437E+06
2017	8.188E+05	2.788E+03	4.179E+06
2018	8.188E+05	2.626E+03	3.935E+06
2019	8.188E+05	2.473E+03	3.706E+06
2020	8.188E+05	2.329E+03	3.490E+06
2021	8.188E+05	2.193E+03	3.287E+06
2022	8.188E+05	2.065E+03	3.096E+06
2023	8.188E+05	1.945E+03	2.915E+06
2024	8.188E+05	1.832E+03	2.746E+06
2025	8.188E+05	1.725E+03	2.586E+06
2026	8.188E+05	1.625E+03	2.435E+06
2027	8.188E+05	1.530E+03	2.293E+06
2028	8.188E+05	1.441E+03	2.160E+06
2029	8.188E+05	1.357E+03	2.034E+06
2030	8.188E+05	1.278E+03	1.916E+06
2031	8.188E+05	1.204E+03	1.804E+06
2032	8.188E+05	1.133E+03	1.699E+06
2033	8.188E+05	1.067E+03	1.600E+06
2034	8.188E+05	1.005E+03	1.507E+06
2035	8.188E+05	9.468E+02	1.419E+06
2036	8.188E+05	8.916E+02	1.336E+06
2037	8.188E+05	8.397E+02	1.259E+06
2038	8.188E+05	7.908E+02	1.185E+06
2039	8.188E+05	7.447E+02	1.116E+06
2040	8.188E+05	7.014E+02	1.051E+06
2041	8.188E+05	6.605E+02	9.901E+05
2042	8.188E+05	6.221E+02	9.324E+05
2043	8.188E+05	5.858E+02	8.781E+05
2044	8.188E+05	5.517E+02	8.270E+05
2045	8.188E+05	5.196E+02	7.788E+05
2046	8.188E+05	4.893E+02	7.335E+05
2047	8.188E+05	4.608E+02	6.908E+05
2048	8.188E+05	4.340E+02	6.505E+05
2049	8.188E+05	4.087E+02	6.126E+05
2050	8.188E+05	3.849E+02	5.770E+05
2051	8.188E+05	3.625E+02	5.434E+05
2052	8.188E+05	3.414E+02	5.117E+05
2053	8.188E+05	3.215E+02	4.819E+05
2054	8.188E+05	3.028E+02	4.539E+05
2055	8.188E+05	2.852E+02	4.274E+05
2056	8.188E+05	2.686E+02	4.025E+05
2057	8.188E+05	2.529E+02	3.791E+05
2058	8.188E+05	2.382E+02	3.570E+05
2059	8.188E+05	2.243E+02	3.362E+05
2060	8.188E+05	2.113E+02	3.166E+05
2061	8.188E+05	1.989E+02	2.982E+05
2062	8.188E+05	1.874E+02	2.808E+05
2063	8.188E+05	1.765E+02	2.645E+05

2064	8.188E+05	1.662E+02	2.491E+05
2065	8.188E+05	1.565E+02	2.346E+05
2066	8.188E+05	1.474E+02	2.209E+05
2067	8.188E+05	1.388E+02	2.081E+05
2068	8.188E+05	1.307E+02	1.959E+05
2069	8.188E+05	1.231E+02	1.845E+05
2070	8.188E+05	1.159E+02	1.738E+05
2071	8.188E+05	1.092E+02	1.637E+05
2072	8.188E+05	1.028E+02	1.541E+05
2073	8.188E+05	9.684E+01	1.452E+05
2074	8.188E+05	9.120E+01	1.367E+05
2075	8.188E+05	8.589E+01	1.287E+05
2076	8.188E+05	8.089E+01	1.212E+05
2077	8.188E+05	7.618E+01	1.142E+05
2078	8.188E+05	7.174E+01	1.075E+05
2079	8.188E+05	6.756E+01	1.013E+05
2080	8.188E+05	6.363E+01	9.537E+04
2081	8.188E+05	5.992E+01	8.982E+04
2082	8.188E+05	5.643E+01	8.459E+04
2083	8.188E+05	5.315E+01	7.966E+04
2084	8.188E+05	5.005E+01	7.502E+04
2085	8.188E+05	4.714E+01	7.065E+04
2086	8.188E+05	4.439E+01	6.654E+04
2087	8.188E+05	4.181E+01	6.266E+04
2088	8.188E+05	3.937E+01	5.901E+04
2089	8.188E+05	3.708E+01	5.558E+04
2090	8.188E+05	3.492E+01	5.234E+04
2091	8.188E+05	3.289E+01	4.929E+04
2092	8.188E+05	3.097E+01	4.642E+04
2093	8.188E+05	2.917E+01	4.372E+04
2094	8.188E+05	2.747E+01	4.117E+04
2095	8.188E+05	2.587E+01	3.878E+04
2096	8.188E+05	2.436E+01	3.652E+04
2097	8.188E+05	2.294E+01	3.439E+04
2098	8.188E+05	2.161E+01	3.239E+04
2099	8.188E+05	2.035E+01	3.050E+04
2100	8.188E+05	1.916E+01	2.873E+04
2101	8.188E+05	1.805E+01	2.705E+04
2102	8.188E+05	1.700E+01	2.548E+04
2103	8.188E+05	1.601E+01	2.399E+04
2104	8.188E+05	1.508E+01	2.260E+04
2105	8.188E+05	1.420E+01	2.128E+04
2106	8.188E+05	1.337E+01	2.004E+04
2107	8.188E+05	1.259E+01	1.887E+04
2108	8.188E+05	1.186E+01	1.777E+04
2109	8.188E+05	1.117E+01	1.674E+04
2110	8.188E+05	1.052E+01	1.576E+04
2111	8.188E+05	9.905E+00	1.485E+04
2112	8.188E+05	9.328E+00	1.398E+04
2113	8.188E+05	8.785E+00	1.317E+04
2114	8.188E+05	8.273E+00	1.240E+04

2115	8.188E+05	7.792E+00	1.168E+04
2116	8.188E+05	7.338E+00	1.100E+04
2117	8.188E+05	6.911E+00	1.036E+04
2118	8.188E+05	6.508E+00	9.755E+03
2119	8.188E+05	6.129E+00	9.187E+03
2120	8.188E+05	5.772E+00	8.652E+03
2121	8.188E+05	5.436E+00	8.148E+03
2122	8.188E+05	5.119E+00	7.674E+03
2123	8.188E+05	4.821E+00	7.227E+03
2124	8.188E+05	4.541E+00	6.806E+03
2125	8.188E+05	4.276E+00	6.410E+03
2126	8.188E+05	4.027E+00	6.036E+03
2127	8.188E+05	3.793E+00	5.685E+03
2128	8.188E+05	3.572E+00	5.354E+03
2129	8.188E+05	3.364E+00	5.042E+03
2130	8.188E+05	3.168E+00	4.748E+03
2131	8.188E+05	2.983E+00	4.472E+03
2132	8.188E+05	2.810E+00	4.211E+03
2133	8.188E+05	2.646E+00	3.966E+03
2134	8.188E+05	2.492E+00	3.735E+03
2135	8.188E+05	2.347E+00	3.518E+03
2136	8.188E+05	2.210E+00	3.313E+03
2137	8.188E+05	2.081E+00	3.120E+03
2138	8.188E+05	1.960E+00	2.938E+03
2139	8.188E+05	1.846E+00	2.767E+03
2140	8.188E+05	1.739E+00	2.606E+03
2141	8.188E+05	1.637E+00	2.454E+03
2142	8.188E+05	1.542E+00	2.311E+03
2143	8.188E+05	1.452E+00	2.177E+03
2144	8.188E+05	1.368E+00	2.050E+03
2145	8.188E+05	1.288E+00	1.931E+03
2146	8.188E+05	1.213E+00	1.818E+03
2147	8.188E+05	1.142E+00	1.712E+03
2148	8.188E+05	1.076E+00	1.613E+03
2149	8.188E+05	1.013E+00	1.519E+03
2150	8.188E+05	9.541E-01	1.430E+03
2151	8.188E+05	8.986E-01	1.347E+03
2152	8.188E+05	8.462E-01	1.268E+03
2153	8.188E+05	7.970E-01	1.195E+03
2154	8.188E+05	7.505E-01	1.125E+03
2155	8.188E+05	7.068E-01	1.059E+03
2156	8.188E+05	6.657E-01	9.978E+02
2157	8.188E+05	6.269E-01	9.397E+02
2158	8.188E+05	5.904E-01	8.850E+02
2159	8.188E+05	5.560E-01	8.334E+02
2160	8.188E+05	5.236E-01	7.849E+02
2161	8.188E+05	4.931E-01	7.392E+02
2162	8.188E+05	4.644E-01	6.961E+02
2163	8.188E+05	4.374E-01	6.556E+02
2164	8.188E+05	4.119E-01	6.174E+02
2165	8.188E+05	3.879E-01	5.815E+02

2166	8.188E+05	3.653E-01	5.476E+02
2167	8.188E+05	3.441E-01	5.157E+02
2168	8.188E+05	3.240E-01	4.857E+02
2169	8.188E+05	3.051E-01	4.574E+02
2170	8.188E+05	2.874E-01	4.308E+02
2171	8.188E+05	2.706E-01	4.057E+02
2172	8.188E+05	2.549E-01	3.820E+02
2173	8.188E+05	2.400E-01	3.598E+02
2174	8.188E+05	2.261E-01	3.388E+02
2175	8.188E+05	2.129E-01	3.191E+02
2176	8.188E+05	2.005E-01	3.005E+02
2177	8.188E+05	1.888E-01	2.830E+02
2178	8.188E+05	1.778E-01	2.665E+02
2179	8.188E+05	1.675E-01	2.510E+02
2180	8.188E+05	1.577E-01	2.364E+02
2181	8.188E+05	1.485E-01	2.226E+02
2182	8.188E+05	1.399E-01	2.097E+02
2183	8.188E+05	1.317E-01	1.975E+02
2184	8.188E+05	1.241E-01	1.860E+02
2185	8.188E+05	1.168E-01	1.751E+02
2186	8.188E+05	1.100E-01	1.649E+02
2187	8.188E+05	1.036E-01	1.553E+02
2188	8.188E+05	9.759E-02	1.463E+02
2189	8.188E+05	9.191E-02	1.378E+02
2190	8.188E+05	8.656E-02	1.297E+02
2191	8.188E+05	8.152E-02	1.222E+02
2192	8.188E+05	7.677E-02	1.151E+02
2193	8.188E+05	7.230E-02	1.084E+02
2194	8.188E+05	6.809E-02	1.021E+02
2195	8.188E+05	6.412E-02	9.611E+01
2196	8.188E+05	6.039E-02	9.052E+01
2197	8.188E+05	5.687E-02	8.525E+01
2198	8.188E+05	5.356E-02	8.028E+01
2199	8.188E+05	5.044E-02	7.561E+01
2200	8.188E+05	4.750E-02	7.120E+01
2201	8.188E+05	4.474E-02	6.706E+01
2202	8.188E+05	4.213E-02	6.315E+01
2203	8.188E+05	3.968E-02	5.947E+01

Model Parameters

Lo : 244.20 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0400 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	3.352E+02	5.025E+05
1994	1.055E+05	6.741E+02	1.010E+06
1995	1.622E+05	1.017E+03	1.525E+06
1996	2.217E+05	1.365E+03	2.047E+06
1997	2.842E+05	1.719E+03	2.577E+06
1998	3.499E+05	2.080E+03	3.117E+06
1999	4.188E+05	2.447E+03	3.668E+06
2000	4.912E+05	2.823E+03	4.232E+06
2001	5.672E+05	3.208E+03	4.808E+06
2002	6.470E+05	3.602E+03	5.399E+06
2003	7.308E+05	4.007E+03	6.006E+06
2004	8.188E+05	4.423E+03	6.630E+06
2005	8.188E+05	4.250E+03	6.370E+06
2006	8.188E+05	4.083E+03	6.120E+06
2007	8.188E+05	3.923E+03	5.880E+06
2008	8.188E+05	3.769E+03	5.649E+06
2009	8.188E+05	3.621E+03	5.428E+06
2010	8.188E+05	3.479E+03	5.215E+06
2011	8.188E+05	3.343E+03	5.011E+06
2012	8.188E+05	3.212E+03	4.814E+06

2013	8.188E+05	3.086E+03	4.625E+06
2014	8.188E+05	2.965E+03	4.444E+06
2015	8.188E+05	2.849E+03	4.270E+06
2016	8.188E+05	2.737E+03	4.102E+06
2017	8.188E+05	2.630E+03	3.942E+06
2018	8.188E+05	2.526E+03	3.787E+06
2019	8.188E+05	2.427E+03	3.638E+06
2020	8.188E+05	2.332E+03	3.496E+06
2021	8.188E+05	2.241E+03	3.359E+06
2022	8.188E+05	2.153E+03	3.227E+06
2023	8.188E+05	2.068E+03	3.101E+06
2024	8.188E+05	1.987E+03	2.979E+06
2025	8.188E+05	1.909E+03	2.862E+06
2026	8.188E+05	1.835E+03	2.750E+06
2027	8.188E+05	1.763E+03	2.642E+06
2028	8.188E+05	1.694E+03	2.538E+06
2029	8.188E+05	1.627E+03	2.439E+06
2030	8.188E+05	1.563E+03	2.343E+06
2031	8.188E+05	1.502E+03	2.251E+06
2032	8.188E+05	1.443E+03	2.163E+06
2033	8.188E+05	1.387E+03	2.078E+06
2034	8.188E+05	1.332E+03	1.997E+06
2035	8.188E+05	1.280E+03	1.919E+06
2036	8.188E+05	1.230E+03	1.843E+06
2037	8.188E+05	1.182E+03	1.771E+06
2038	8.188E+05	1.135E+03	1.702E+06
2039	8.188E+05	1.091E+03	1.635E+06
2040	8.188E+05	1.048E+03	1.571E+06
2041	8.188E+05	1.007E+03	1.509E+06
2042	8.188E+05	9.674E+02	1.450E+06
2043	8.188E+05	9.294E+02	1.393E+06
2044	8.188E+05	8.930E+02	1.339E+06
2045	8.188E+05	8.580E+02	1.286E+06
2046	8.188E+05	8.243E+02	1.236E+06
2047	8.188E+05	7.920E+02	1.187E+06
2048	8.188E+05	7.610E+02	1.141E+06
2049	8.188E+05	7.311E+02	1.096E+06
2050	8.188E+05	7.025E+02	1.053E+06
2051	8.188E+05	6.749E+02	1.012E+06
2052	8.188E+05	6.484E+02	9.720E+05
2053	8.188E+05	6.230E+02	9.339E+05
2054	8.188E+05	5.986E+02	8.972E+05
2055	8.188E+05	5.751E+02	8.621E+05
2056	8.188E+05	5.526E+02	8.283E+05
2057	8.188E+05	5.309E+02	7.958E+05
2058	8.188E+05	5.101E+02	7.646E+05
2059	8.188E+05	4.901E+02	7.346E+05
2060	8.188E+05	4.709E+02	7.058E+05
2061	8.188E+05	4.524E+02	6.781E+05
2062	8.188E+05	4.347E+02	6.515E+05
2063	8.188E+05	4.176E+02	6.260E+05

2064	8.188E+05	4.012E+02	6.014E+05
2065	8.188E+05	3.855E+02	5.779E+05
2066	8.188E+05	3.704E+02	5.552E+05
2067	8.188E+05	3.559E+02	5.334E+05
2068	8.188E+05	3.419E+02	5.125E+05
2069	8.188E+05	3.285E+02	4.924E+05
2070	8.188E+05	3.156E+02	4.731E+05
2071	8.188E+05	3.033E+02	4.546E+05
2072	8.188E+05	2.914E+02	4.367E+05
2073	8.188E+05	2.799E+02	4.196E+05
2074	8.188E+05	2.690E+02	4.032E+05
2075	8.188E+05	2.584E+02	3.873E+05
2076	8.188E+05	2.483E+02	3.722E+05
2077	8.188E+05	2.385E+02	3.576E+05
2078	8.188E+05	2.292E+02	3.435E+05
2079	8.188E+05	2.202E+02	3.301E+05
2080	8.188E+05	2.116E+02	3.171E+05
2081	8.188E+05	2.033E+02	3.047E+05
2082	8.188E+05	1.953E+02	2.928E+05
2083	8.188E+05	1.876E+02	2.813E+05
2084	8.188E+05	1.803E+02	2.702E+05
2085	8.188E+05	1.732E+02	2.596E+05
2086	8.188E+05	1.664E+02	2.495E+05
2087	8.188E+05	1.599E+02	2.397E+05
2088	8.188E+05	1.536E+02	2.303E+05
2089	8.188E+05	1.476E+02	2.213E+05
2090	8.188E+05	1.418E+02	2.126E+05
2091	8.188E+05	1.363E+02	2.042E+05
2092	8.188E+05	1.309E+02	1.962E+05
2093	8.188E+05	1.258E+02	1.885E+05
2094	8.188E+05	1.209E+02	1.811E+05
2095	8.188E+05	1.161E+02	1.740E+05
2096	8.188E+05	1.116E+02	1.672E+05
2097	8.188E+05	1.072E+02	1.607E+05
2098	8.188E+05	1.030E+02	1.544E+05
2099	8.188E+05	9.895E+01	1.483E+05
2100	8.188E+05	9.507E+01	1.425E+05
2101	8.188E+05	9.134E+01	1.369E+05
2102	8.188E+05	8.776E+01	1.315E+05
2103	8.188E+05	8.432E+01	1.264E+05
2104	8.188E+05	8.101E+01	1.214E+05
2105	8.188E+05	7.783E+01	1.167E+05
2106	8.188E+05	7.478E+01	1.121E+05
2107	8.188E+05	7.185E+01	1.077E+05
2108	8.188E+05	6.903E+01	1.035E+05
2109	8.188E+05	6.633E+01	9.942E+04
2110	8.188E+05	6.373E+01	9.552E+04
2111	8.188E+05	6.123E+01	9.177E+04
2112	8.188E+05	5.883E+01	8.817E+04
2113	8.188E+05	5.652E+01	8.472E+04
2114	8.188E+05	5.430E+01	8.140E+04

2115	8.188E+05	5.217E+01	7.820E+04
2116	8.188E+05	5.013E+01	7.514E+04
2117	8.188E+05	4.816E+01	7.219E+04
2118	8.188E+05	4.627E+01	6.936E+04
2119	8.188E+05	4.446E+01	6.664E+04
2120	8.188E+05	4.272E+01	6.403E+04
2121	8.188E+05	4.104E+01	6.152E+04
2122	8.188E+05	3.943E+01	5.911E+04
2123	8.188E+05	3.789E+01	5.679E+04
2124	8.188E+05	3.640E+01	5.456E+04
2125	8.188E+05	3.497E+01	5.242E+04
2126	8.188E+05	3.360E+01	5.037E+04
2127	8.188E+05	3.228E+01	4.839E+04
2128	8.188E+05	3.102E+01	4.649E+04
2129	8.188E+05	2.980E+01	4.467E+04
2130	8.188E+05	2.863E+01	4.292E+04
2131	8.188E+05	2.751E+01	4.124E+04
2132	8.188E+05	2.643E+01	3.962E+04
2133	8.188E+05	2.540E+01	3.807E+04
2134	8.188E+05	2.440E+01	3.657E+04
2135	8.188E+05	2.344E+01	3.514E+04
2136	8.188E+05	2.252E+01	3.376E+04
2137	8.188E+05	2.164E+01	3.244E+04
2138	8.188E+05	2.079E+01	3.117E+04
2139	8.188E+05	1.998E+01	2.994E+04
2140	8.188E+05	1.919E+01	2.877E+04
2141	8.188E+05	1.844E+01	2.764E+04
2142	8.188E+05	1.772E+01	2.656E+04
2143	8.188E+05	1.702E+01	2.552E+04
2144	8.188E+05	1.636E+01	2.452E+04
2145	8.188E+05	1.571E+01	2.355E+04
2146	8.188E+05	1.510E+01	2.263E+04
2147	8.188E+05	1.451E+01	2.174E+04
2148	8.188E+05	1.394E+01	2.089E+04
2149	8.188E+05	1.339E+01	2.007E+04
2150	8.188E+05	1.287E+01	1.928E+04
2151	8.188E+05	1.236E+01	1.853E+04
2152	8.188E+05	1.188E+01	1.780E+04
2153	8.188E+05	1.141E+01	1.710E+04
2154	8.188E+05	1.096E+01	1.643E+04
2155	8.188E+05	1.053E+01	1.579E+04
2156	8.188E+05	1.012E+01	1.517E+04
2157	8.188E+05	9.724E+00	1.458E+04
2158	8.188E+05	9.343E+00	1.400E+04
2159	8.188E+05	8.976E+00	1.345E+04
2160	8.188E+05	8.624E+00	1.293E+04
2161	8.188E+05	8.286E+00	1.242E+04
2162	8.188E+05	7.961E+00	1.193E+04
2163	8.188E+05	7.649E+00	1.147E+04
2164	8.188E+05	7.349E+00	1.102E+04
2165	8.188E+05	7.061E+00	1.058E+04

2166	8.188E+05	6.784E+00	1.017E+04
2167	8.188E+05	6.518E+00	9.770E+03
2168	8.188E+05	6.262E+00	9.387E+03
2169	8.188E+05	6.017E+00	9.019E+03
2170	8.188E+05	5.781E+00	8.665E+03
2171	8.188E+05	5.554E+00	8.325E+03
2172	8.188E+05	5.337E+00	7.999E+03
2173	8.188E+05	5.127E+00	7.685E+03
2174	8.188E+05	4.926E+00	7.384E+03
2175	8.188E+05	4.733E+00	7.095E+03
2176	8.188E+05	4.548E+00	6.816E+03
2177	8.188E+05	4.369E+00	6.549E+03
2178	8.188E+05	4.198E+00	6.292E+03
2179	8.188E+05	4.033E+00	6.046E+03
2180	8.188E+05	3.875E+00	5.808E+03
2181	8.188E+05	3.723E+00	5.581E+03
2182	8.188E+05	3.577E+00	5.362E+03
2183	8.188E+05	3.437E+00	5.152E+03
2184	8.188E+05	3.302E+00	4.950E+03
2185	8.188E+05	3.173E+00	4.756E+03
2186	8.188E+05	3.048E+00	4.569E+03
2187	8.188E+05	2.929E+00	4.390E+03
2188	8.188E+05	2.814E+00	4.218E+03
2189	8.188E+05	2.704E+00	4.052E+03
2190	8.188E+05	2.598E+00	3.894E+03
2191	8.188E+05	2.496E+00	3.741E+03
2192	8.188E+05	2.398E+00	3.594E+03
2193	8.188E+05	2.304E+00	3.453E+03
2194	8.188E+05	2.214E+00	3.318E+03
2195	8.188E+05	2.127E+00	3.188E+03
2196	8.188E+05	2.043E+00	3.063E+03
2197	8.188E+05	1.963E+00	2.943E+03
2198	8.188E+05	1.886E+00	2.827E+03
2199	8.188E+05	1.812E+00	2.716E+03
2200	8.188E+05	1.741E+00	2.610E+03
2201	8.188E+05	1.673E+00	2.508E+03
2202	8.188E+05	1.607E+00	2.409E+03
2203	8.188E+05	1.544E+00	2.315E+03

Model Parameters

Lo : 305.50 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0500 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	5.242E+02	7.857E+05
1994	1.055E+05	1.049E+03	1.572E+06
1995	1.622E+05	1.576E+03	2.362E+06
1996	2.217E+05	2.106E+03	3.156E+06
1997	2.842E+05	2.640E+03	3.958E+06
1998	3.499E+05	3.181E+03	4.767E+06
1999	4.188E+05	3.728E+03	5.588E+06
2000	4.912E+05	4.284E+03	6.421E+06
2001	5.672E+05	4.849E+03	7.269E+06
2002	6.470E+05	5.426E+03	8.133E+06
2003	7.308E+05	6.015E+03	9.016E+06
2004	8.188E+05	6.619E+03	9.921E+06
2005	8.188E+05	6.296E+03	9.437E+06
2006	8.188E+05	5.989E+03	8.977E+06
2007	8.188E+05	5.697E+03	8.539E+06
2008	8.188E+05	5.419E+03	8.122E+06
2009	8.188E+05	5.155E+03	7.726E+06
2010	8.188E+05	4.903E+03	7.349E+06
2011	8.188E+05	4.664E+03	6.991E+06
2012	8.188E+05	4.437E+03	6.650E+06

2013	8.188E+05	4.220E+03	6.326E+06
2014	8.188E+05	4.014E+03	6.017E+06
2015	8.188E+05	3.819E+03	5.724E+06
2016	8.188E+05	3.632E+03	5.445E+06
2017	8.188E+05	3.455E+03	5.179E+06
2018	8.188E+05	3.287E+03	4.926E+06
2019	8.188E+05	3.126E+03	4.686E+06
2020	8.188E+05	2.974E+03	4.458E+06
2021	8.188E+05	2.829E+03	4.240E+06
2022	8.188E+05	2.691E+03	4.033E+06
2023	8.188E+05	2.560E+03	3.837E+06
2024	8.188E+05	2.435E+03	3.650E+06
2025	8.188E+05	2.316E+03	3.472E+06
2026	8.188E+05	2.203E+03	3.302E+06
2027	8.188E+05	2.096E+03	3.141E+06
2028	8.188E+05	1.993E+03	2.988E+06
2029	8.188E+05	1.896E+03	2.842E+06
2030	8.188E+05	1.804E+03	2.704E+06
2031	8.188E+05	1.716E+03	2.572E+06
2032	8.188E+05	1.632E+03	2.446E+06
2033	8.188E+05	1.553E+03	2.327E+06
2034	8.188E+05	1.477E+03	2.214E+06
2035	8.188E+05	1.405E+03	2.106E+06
2036	8.188E+05	1.336E+03	2.003E+06
2037	8.188E+05	1.271E+03	1.905E+06
2038	8.188E+05	1.209E+03	1.812E+06
2039	8.188E+05	1.150E+03	1.724E+06
2040	8.188E+05	1.094E+03	1.640E+06
2041	8.188E+05	1.041E+03	1.560E+06
2042	8.188E+05	9.899E+02	1.484E+06
2043	8.188E+05	9.416E+02	1.411E+06
2044	8.188E+05	8.957E+02	1.343E+06
2045	8.188E+05	8.520E+02	1.277E+06
2046	8.188E+05	8.105E+02	1.215E+06
2047	8.188E+05	7.710E+02	1.156E+06
2048	8.188E+05	7.334E+02	1.099E+06
2049	8.188E+05	6.976E+02	1.046E+06
2050	8.188E+05	6.636E+02	9.946E+05
2051	8.188E+05	6.312E+02	9.461E+05
2052	8.188E+05	6.004E+02	9.000E+05
2053	8.188E+05	5.711E+02	8.561E+05
2054	8.188E+05	5.433E+02	8.143E+05
2055	8.188E+05	5.168E+02	7.746E+05
2056	8.188E+05	4.916E+02	7.368E+05
2057	8.188E+05	4.676E+02	7.009E+05
2058	8.188E+05	4.448E+02	6.667E+05
2059	8.188E+05	4.231E+02	6.342E+05
2060	8.188E+05	4.025E+02	6.033E+05
2061	8.188E+05	3.828E+02	5.739E+05
2062	8.188E+05	3.642E+02	5.459E+05
2063	8.188E+05	3.464E+02	5.192E+05

2064	8.188E+05	3.295E+02	4.939E+05
2065	8.188E+05	3.134E+02	4.698E+05
2066	8.188E+05	2.982E+02	4.469E+05
2067	8.188E+05	2.836E+02	4.251E+05
2068	8.188E+05	2.698E+02	4.044E+05
2069	8.188E+05	2.566E+02	3.847E+05
2070	8.188E+05	2.441E+02	3.659E+05
2071	8.188E+05	2.322E+02	3.481E+05
2072	8.188E+05	2.209E+02	3.311E+05
2073	8.188E+05	2.101E+02	3.149E+05
2074	8.188E+05	1.999E+02	2.996E+05
2075	8.188E+05	1.901E+02	2.850E+05
2076	8.188E+05	1.808E+02	2.711E+05
2077	8.188E+05	1.720E+02	2.578E+05
2078	8.188E+05	1.636E+02	2.453E+05
2079	8.188E+05	1.557E+02	2.333E+05
2080	8.188E+05	1.481E+02	2.219E+05
2081	8.188E+05	1.408E+02	2.111E+05
2082	8.188E+05	1.340E+02	2.008E+05
2083	8.188E+05	1.274E+02	1.910E+05
2084	8.188E+05	1.212E+02	1.817E+05
2085	8.188E+05	1.153E+02	1.728E+05
2086	8.188E+05	1.097E+02	1.644E+05
2087	8.188E+05	1.043E+02	1.564E+05
2088	8.188E+05	9.925E+01	1.488E+05
2089	8.188E+05	9.441E+01	1.415E+05
2090	8.188E+05	8.980E+01	1.346E+05
2091	8.188E+05	8.542E+01	1.280E+05
2092	8.188E+05	8.126E+01	1.218E+05
2093	8.188E+05	7.729E+01	1.159E+05
2094	8.188E+05	7.353E+01	1.102E+05
2095	8.188E+05	6.994E+01	1.048E+05
2096	8.188E+05	6.653E+01	9.972E+04
2097	8.188E+05	6.328E+01	9.486E+04
2098	8.188E+05	6.020E+01	9.023E+04
2099	8.188E+05	5.726E+01	8.583E+04
2100	8.188E+05	5.447E+01	8.164E+04
2101	8.188E+05	5.181E+01	7.766E+04
2102	8.188E+05	4.929E+01	7.387E+04
2103	8.188E+05	4.688E+01	7.027E+04
2104	8.188E+05	4.460E+01	6.684E+04
2105	8.188E+05	4.242E+01	6.358E+04
2106	8.188E+05	4.035E+01	6.048E+04
2107	8.188E+05	3.838E+01	5.753E+04
2108	8.188E+05	3.651E+01	5.473E+04
2109	8.188E+05	3.473E+01	5.206E+04
2110	8.188E+05	3.304E+01	4.952E+04
2111	8.188E+05	3.143E+01	4.710E+04
2112	8.188E+05	2.989E+01	4.481E+04
2113	8.188E+05	2.844E+01	4.262E+04
2114	8.188E+05	2.705E+01	4.054E+04

2115	8.188E+05	2.573E+01	3.857E+04
2116	8.188E+05	2.447E+01	3.669E+04
2117	8.188E+05	2.328E+01	3.490E+04
2118	8.188E+05	2.215E+01	3.319E+04
2119	8.188E+05	2.107E+01	3.158E+04
2120	8.188E+05	2.004E+01	3.004E+04
2121	8.188E+05	1.906E+01	2.857E+04
2122	8.188E+05	1.813E+01	2.718E+04
2123	8.188E+05	1.725E+01	2.585E+04
2124	8.188E+05	1.641E+01	2.459E+04
2125	8.188E+05	1.561E+01	2.339E+04
2126	8.188E+05	1.484E+01	2.225E+04
2127	8.188E+05	1.412E+01	2.117E+04
2128	8.188E+05	1.343E+01	2.013E+04
2129	8.188E+05	1.278E+01	1.915E+04
2130	8.188E+05	1.215E+01	1.822E+04
2131	8.188E+05	1.156E+01	1.733E+04
2132	8.188E+05	1.100E+01	1.648E+04
2133	8.188E+05	1.046E+01	1.568E+04
2134	8.188E+05	9.951E+00	1.492E+04
2135	8.188E+05	9.465E+00	1.419E+04
2136	8.188E+05	9.004E+00	1.350E+04
2137	8.188E+05	8.565E+00	1.284E+04
2138	8.188E+05	8.147E+00	1.221E+04
2139	8.188E+05	7.750E+00	1.162E+04
2140	8.188E+05	7.372E+00	1.105E+04
2141	8.188E+05	7.012E+00	1.051E+04
2142	8.188E+05	6.670E+00	9.998E+03
2143	8.188E+05	6.345E+00	9.510E+03
2144	8.188E+05	6.035E+00	9.046E+03
2145	8.188E+05	5.741E+00	8.605E+03
2146	8.188E+05	5.461E+00	8.186E+03
2147	8.188E+05	5.195E+00	7.786E+03
2148	8.188E+05	4.941E+00	7.407E+03
2149	8.188E+05	4.700E+00	7.045E+03
2150	8.188E+05	4.471E+00	6.702E+03
2151	8.188E+05	4.253E+00	6.375E+03
2152	8.188E+05	4.046E+00	6.064E+03
2153	8.188E+05	3.848E+00	5.768E+03
2154	8.188E+05	3.661E+00	5.487E+03
2155	8.188E+05	3.482E+00	5.219E+03
2156	8.188E+05	3.312E+00	4.965E+03
2157	8.188E+05	3.151E+00	4.723E+03
2158	8.188E+05	2.997E+00	4.492E+03
2159	8.188E+05	2.851E+00	4.273E+03
2160	8.188E+05	2.712E+00	4.065E+03
2161	8.188E+05	2.580E+00	3.867E+03
2162	8.188E+05	2.454E+00	3.678E+03
2163	8.188E+05	2.334E+00	3.499E+03
2164	8.188E+05	2.220E+00	3.328E+03
2165	8.188E+05	2.112E+00	3.166E+03

2166	8.188E+05	2.009E+00	3.011E+03
2167	8.188E+05	1.911E+00	2.864E+03
2168	8.188E+05	1.818E+00	2.725E+03
2169	8.188E+05	1.729E+00	2.592E+03
2170	8.188E+05	1.645E+00	2.465E+03
2171	8.188E+05	1.565E+00	2.345E+03
2172	8.188E+05	1.488E+00	2.231E+03
2173	8.188E+05	1.416E+00	2.122E+03
2174	8.188E+05	1.347E+00	2.019E+03
2175	8.188E+05	1.281E+00	1.920E+03
2176	8.188E+05	1.219E+00	1.826E+03
2177	8.188E+05	1.159E+00	1.737E+03
2178	8.188E+05	1.103E+00	1.653E+03
2179	8.188E+05	1.049E+00	1.572E+03
2180	8.188E+05	9.976E-01	1.495E+03
2181	8.188E+05	9.490E-01	1.422E+03
2182	8.188E+05	9.027E-01	1.353E+03
2183	8.188E+05	8.587E-01	1.287E+03
2184	8.188E+05	8.168E-01	1.224E+03
2185	8.188E+05	7.770E-01	1.165E+03
2186	8.188E+05	7.391E-01	1.108E+03
2187	8.188E+05	7.030E-01	1.054E+03
2188	8.188E+05	6.687E-01	1.002E+03
2189	8.188E+05	6.361E-01	9.535E+02
2190	8.188E+05	6.051E-01	9.070E+02
2191	8.188E+05	5.756E-01	8.628E+02
2192	8.188E+05	5.475E-01	8.207E+02
2193	8.188E+05	5.208E-01	7.807E+02
2194	8.188E+05	4.954E-01	7.426E+02
2195	8.188E+05	4.712E-01	7.064E+02
2196	8.188E+05	4.483E-01	6.719E+02
2197	8.188E+05	4.264E-01	6.391E+02
2198	8.188E+05	4.056E-01	6.080E+02
2199	8.188E+05	3.858E-01	5.783E+02
2200	8.188E+05	3.670E-01	5.501E+02
2201	8.188E+05	3.491E-01	5.233E+02
2202	8.188E+05	3.321E-01	4.978E+02
2203	8.188E+05	3.159E-01	4.735E+02

Model Parameters

Lo : 183.20 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0500 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	3.144E+02	4.712E+05
1994	1.055E+05	6.291E+02	9.430E+05
1995	1.622E+05	9.450E+02	1.416E+06
1996	2.217E+05	1.263E+03	1.893E+06
1997	2.842E+05	1.583E+03	2.373E+06
1998	3.499E+05	1.907E+03	2.859E+06
1999	4.188E+05	2.236E+03	3.351E+06
2000	4.912E+05	2.569E+03	3.851E+06
2001	5.672E+05	2.908E+03	4.359E+06
2002	6.470E+05	3.254E+03	4.877E+06
2003	7.308E+05	3.607E+03	5.407E+06
2004	8.188E+05	3.969E+03	5.949E+06
2005	8.188E+05	3.775E+03	5.659E+06
2006	8.188E+05	3.591E+03	5.383E+06
2007	8.188E+05	3.416E+03	5.120E+06
2008	8.188E+05	3.250E+03	4.871E+06
2009	8.188E+05	3.091E+03	4.633E+06
2010	8.188E+05	2.940E+03	4.407E+06
2011	8.188E+05	2.797E+03	4.192E+06
2012	8.188E+05	2.660E+03	3.988E+06

2013	8.188E+05	2.531E+03	3.793E+06
2014	8.188E+05	2.407E+03	3.608E+06
2015	8.188E+05	2.290E+03	3.432E+06
2016	8.188E+05	2.178E+03	3.265E+06
2017	8.188E+05	2.072E+03	3.106E+06
2018	8.188E+05	1.971E+03	2.954E+06
2019	8.188E+05	1.875E+03	2.810E+06
2020	8.188E+05	1.783E+03	2.673E+06
2021	8.188E+05	1.696E+03	2.543E+06
2022	8.188E+05	1.614E+03	2.419E+06
2023	8.188E+05	1.535E+03	2.301E+06
2024	8.188E+05	1.460E+03	2.189E+06
2025	8.188E+05	1.389E+03	2.082E+06
2026	8.188E+05	1.321E+03	1.980E+06
2027	8.188E+05	1.257E+03	1.884E+06
2028	8.188E+05	1.195E+03	1.792E+06
2029	8.188E+05	1.137E+03	1.704E+06
2030	8.188E+05	1.082E+03	1.621E+06
2031	8.188E+05	1.029E+03	1.542E+06
2032	8.188E+05	9.787E+02	1.467E+06
2033	8.188E+05	9.310E+02	1.395E+06
2034	8.188E+05	8.856E+02	1.327E+06
2035	8.188E+05	8.424E+02	1.263E+06
2036	8.188E+05	8.013E+02	1.201E+06
2037	8.188E+05	7.622E+02	1.143E+06
2038	8.188E+05	7.251E+02	1.087E+06
2039	8.188E+05	6.897E+02	1.034E+06
2040	8.188E+05	6.561E+02	9.834E+05
2041	8.188E+05	6.241E+02	9.354E+05
2042	8.188E+05	5.936E+02	8.898E+05
2043	8.188E+05	5.647E+02	8.464E+05
2044	8.188E+05	5.371E+02	8.051E+05
2045	8.188E+05	5.109E+02	7.659E+05
2046	8.188E+05	4.860E+02	7.285E+05
2047	8.188E+05	4.623E+02	6.930E+05
2048	8.188E+05	4.398E+02	6.592E+05
2049	8.188E+05	4.183E+02	6.270E+05
2050	8.188E+05	3.979E+02	5.965E+05
2051	8.188E+05	3.785E+02	5.674E+05
2052	8.188E+05	3.601E+02	5.397E+05
2053	8.188E+05	3.425E+02	5.134E+05
2054	8.188E+05	3.258E+02	4.883E+05
2055	8.188E+05	3.099E+02	4.645E+05
2056	8.188E+05	2.948E+02	4.419E+05
2057	8.188E+05	2.804E+02	4.203E+05
2058	8.188E+05	2.667E+02	3.998E+05
2059	8.188E+05	2.537E+02	3.803E+05
2060	8.188E+05	2.414E+02	3.618E+05
2061	8.188E+05	2.296E+02	3.441E+05
2062	8.188E+05	2.184E+02	3.273E+05
2063	8.188E+05	2.077E+02	3.114E+05

2064	8.188E+05	1.976E+02	2.962E+05
2065	8.188E+05	1.880E+02	2.817E+05
2066	8.188E+05	1.788E+02	2.680E+05
2067	8.188E+05	1.701E+02	2.549E+05
2068	8.188E+05	1.618E+02	2.425E+05
2069	8.188E+05	1.539E+02	2.307E+05
2070	8.188E+05	1.464E+02	2.194E+05
2071	8.188E+05	1.392E+02	2.087E+05
2072	8.188E+05	1.325E+02	1.985E+05
2073	8.188E+05	1.260E+02	1.889E+05
2074	8.188E+05	1.199E+02	1.796E+05
2075	8.188E+05	1.140E+02	1.709E+05
2076	8.188E+05	1.084E+02	1.626E+05
2077	8.188E+05	1.032E+02	1.546E+05
2078	8.188E+05	9.813E+01	1.471E+05
2079	8.188E+05	9.334E+01	1.399E+05
2080	8.188E+05	8.879E+01	1.331E+05
2081	8.188E+05	8.446E+01	1.266E+05
2082	8.188E+05	8.034E+01	1.204E+05
2083	8.188E+05	7.642E+01	1.145E+05
2084	8.188E+05	7.269E+01	1.090E+05
2085	8.188E+05	6.915E+01	1.036E+05
2086	8.188E+05	6.578E+01	9.859E+04
2087	8.188E+05	6.257E+01	9.378E+04
2088	8.188E+05	5.952E+01	8.921E+04
2089	8.188E+05	5.661E+01	8.486E+04
2090	8.188E+05	5.385E+01	8.072E+04
2091	8.188E+05	5.123E+01	7.678E+04
2092	8.188E+05	4.873E+01	7.304E+04
2093	8.188E+05	4.635E+01	6.948E+04
2094	8.188E+05	4.409E+01	6.609E+04
2095	8.188E+05	4.194E+01	6.287E+04
2096	8.188E+05	3.990E+01	5.980E+04
2097	8.188E+05	3.795E+01	5.688E+04
2098	8.188E+05	3.610E+01	5.411E+04
2099	8.188E+05	3.434E+01	5.147E+04
2100	8.188E+05	3.266E+01	4.896E+04
2101	8.188E+05	3.107E+01	4.657E+04
2102	8.188E+05	2.956E+01	4.430E+04
2103	8.188E+05	2.811E+01	4.214E+04
2104	8.188E+05	2.674E+01	4.008E+04
2105	8.188E+05	2.544E+01	3.813E+04
2106	8.188E+05	2.420E+01	3.627E+04
2107	8.188E+05	2.302E+01	3.450E+04
2108	8.188E+05	2.189E+01	3.282E+04
2109	8.188E+05	2.083E+01	3.122E+04
2110	8.188E+05	1.981E+01	2.970E+04
2111	8.188E+05	1.885E+01	2.825E+04
2112	8.188E+05	1.793E+01	2.687E+04
2113	8.188E+05	1.705E+01	2.556E+04
2114	8.188E+05	1.622E+01	2.431E+04

2115	8.188E+05	1.543E+01	2.313E+04
2116	8.188E+05	1.468E+01	2.200E+04
2117	8.188E+05	1.396E+01	2.093E+04
2118	8.188E+05	1.328E+01	1.991E+04
2119	8.188E+05	1.263E+01	1.893E+04
2120	8.188E+05	1.202E+01	1.801E+04
2121	8.188E+05	1.143E+01	1.713E+04
2122	8.188E+05	1.087E+01	1.630E+04
2123	8.188E+05	1.034E+01	1.550E+04
2124	8.188E+05	9.838E+00	1.475E+04
2125	8.188E+05	9.358E+00	1.403E+04
2126	8.188E+05	8.902E+00	1.334E+04
2127	8.188E+05	8.468E+00	1.269E+04
2128	8.188E+05	8.055E+00	1.207E+04
2129	8.188E+05	7.662E+00	1.148E+04
2130	8.188E+05	7.288E+00	1.092E+04
2131	8.188E+05	6.933E+00	1.039E+04
2132	8.188E+05	6.595E+00	9.885E+03
2133	8.188E+05	6.273E+00	9.403E+03
2134	8.188E+05	5.967E+00	8.944E+03
2135	8.188E+05	5.676E+00	8.508E+03
2136	8.188E+05	5.399E+00	8.093E+03
2137	8.188E+05	5.136E+00	7.698E+03
2138	8.188E+05	4.885E+00	7.323E+03
2139	8.188E+05	4.647E+00	6.966E+03
2140	8.188E+05	4.421E+00	6.626E+03
2141	8.188E+05	4.205E+00	6.303E+03
2142	8.188E+05	4.000E+00	5.995E+03
2143	8.188E+05	3.805E+00	5.703E+03
2144	8.188E+05	3.619E+00	5.425E+03
2145	8.188E+05	3.443E+00	5.160E+03
2146	8.188E+05	3.275E+00	4.909E+03
2147	8.188E+05	3.115E+00	4.669E+03
2148	8.188E+05	2.963E+00	4.442E+03
2149	8.188E+05	2.819E+00	4.225E+03
2150	8.188E+05	2.681E+00	4.019E+03
2151	8.188E+05	2.550E+00	3.823E+03
2152	8.188E+05	2.426E+00	3.636E+03
2153	8.188E+05	2.308E+00	3.459E+03
2154	8.188E+05	2.195E+00	3.290E+03
2155	8.188E+05	2.088E+00	3.130E+03
2156	8.188E+05	1.986E+00	2.977E+03
2157	8.188E+05	1.889E+00	2.832E+03
2158	8.188E+05	1.797E+00	2.694E+03
2159	8.188E+05	1.710E+00	2.563E+03
2160	8.188E+05	1.626E+00	2.438E+03
2161	8.188E+05	1.547E+00	2.319E+03
2162	8.188E+05	1.471E+00	2.206E+03
2163	8.188E+05	1.400E+00	2.098E+03
2164	8.188E+05	1.331E+00	1.996E+03
2165	8.188E+05	1.267E+00	1.898E+03

2166	8.188E+05	1.205E+00	1.806E+03
2167	8.188E+05	1.146E+00	1.718E+03
2168	8.188E+05	1.090E+00	1.634E+03
2169	8.188E+05	1.037E+00	1.554E+03
2170	8.188E+05	9.864E-01	1.478E+03
2171	8.188E+05	9.382E-01	1.406E+03
2172	8.188E+05	8.925E-01	1.338E+03
2173	8.188E+05	8.490E-01	1.273E+03
2174	8.188E+05	8.076E-01	1.210E+03
2175	8.188E+05	7.682E-01	1.151E+03
2176	8.188E+05	7.307E-01	1.095E+03
2177	8.188E+05	6.951E-01	1.042E+03
2178	8.188E+05	6.612E-01	9.910E+02
2179	8.188E+05	6.289E-01	9.427E+02
2180	8.188E+05	5.983E-01	8.967E+02
2181	8.188E+05	5.691E-01	8.530E+02
2182	8.188E+05	5.413E-01	8.114E+02
2183	8.188E+05	5.149E-01	7.718E+02
2184	8.188E+05	4.898E-01	7.342E+02
2185	8.188E+05	4.659E-01	6.984E+02
2186	8.188E+05	4.432E-01	6.643E+02
2187	8.188E+05	4.216E-01	6.319E+02
2188	8.188E+05	4.010E-01	6.011E+02
2189	8.188E+05	3.815E-01	5.718E+02
2190	8.188E+05	3.629E-01	5.439E+02
2191	8.188E+05	3.452E-01	5.174E+02
2192	8.188E+05	3.283E-01	4.921E+02
2193	8.188E+05	3.123E-01	4.681E+02
2194	8.188E+05	2.971E-01	4.453E+02
2195	8.188E+05	2.826E-01	4.236E+02
2196	8.188E+05	2.688E-01	4.029E+02
2197	8.188E+05	2.557E-01	3.833E+02
2198	8.188E+05	2.432E-01	3.646E+02
2199	8.188E+05	2.314E-01	3.468E+02
2200	8.188E+05	2.201E-01	3.299E+02
2201	8.188E+05	2.094E-01	3.138E+02
2202	8.188E+05	1.991E-01	2.985E+02
2203	8.188E+05	1.894E-01	2.839E+02

Model Parameters

Lo : 170.00 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0500 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	2.917E+02	4.372E+05
1994	1.055E+05	5.838E+02	8.750E+05
1995	1.622E+05	8.769E+02	1.314E+06
1996	2.217E+05	1.172E+03	1.756E+06
1997	2.842E+05	1.469E+03	2.202E+06
1998	3.499E+05	1.770E+03	2.653E+06
1999	4.188E+05	2.074E+03	3.109E+06
2000	4.912E+05	2.384E+03	3.573E+06
2001	5.672E+05	2.698E+03	4.045E+06
2002	6.470E+05	3.019E+03	4.526E+06
2003	7.308E+05	3.347E+03	5.017E+06
2004	8.188E+05	3.683E+03	5.520E+06
2005	8.188E+05	3.503E+03	5.251E+06
2006	8.188E+05	3.332E+03	4.995E+06
2007	8.188E+05	3.170E+03	4.752E+06
2008	8.188E+05	3.015E+03	4.520E+06
2009	8.188E+05	2.868E+03	4.299E+06
2010	8.188E+05	2.728E+03	4.090E+06
2011	8.188E+05	2.595E+03	3.890E+06
2012	8.188E+05	2.469E+03	3.700E+06

2013	8.188E+05	2.348E+03	3.520E+06
2014	8.188E+05	2.234E+03	3.348E+06
2015	8.188E+05	2.125E+03	3.185E+06
2016	8.188E+05	2.021E+03	3.030E+06
2017	8.188E+05	1.923E+03	2.882E+06
2018	8.188E+05	1.829E+03	2.741E+06
2019	8.188E+05	1.740E+03	2.608E+06
2020	8.188E+05	1.655E+03	2.481E+06
2021	8.188E+05	1.574E+03	2.360E+06
2022	8.188E+05	1.497E+03	2.244E+06
2023	8.188E+05	1.424E+03	2.135E+06
2024	8.188E+05	1.355E+03	2.031E+06
2025	8.188E+05	1.289E+03	1.932E+06
2026	8.188E+05	1.226E+03	1.838E+06
2027	8.188E+05	1.166E+03	1.748E+06
2028	8.188E+05	1.109E+03	1.663E+06
2029	8.188E+05	1.055E+03	1.582E+06
2030	8.188E+05	1.004E+03	1.505E+06
2031	8.188E+05	9.548E+02	1.431E+06
2032	8.188E+05	9.082E+02	1.361E+06
2033	8.188E+05	8.639E+02	1.295E+06
2034	8.188E+05	8.218E+02	1.232E+06
2035	8.188E+05	7.817E+02	1.172E+06
2036	8.188E+05	7.436E+02	1.115E+06
2037	8.188E+05	7.073E+02	1.060E+06
2038	8.188E+05	6.728E+02	1.009E+06
2039	8.188E+05	6.400E+02	9.593E+05
2040	8.188E+05	6.088E+02	9.125E+05
2041	8.188E+05	5.791E+02	8.680E+05
2042	8.188E+05	5.509E+02	8.257E+05
2043	8.188E+05	5.240E+02	7.854E+05
2044	8.188E+05	4.984E+02	7.471E+05
2045	8.188E+05	4.741E+02	7.107E+05
2046	8.188E+05	4.510E+02	6.760E+05
2047	8.188E+05	4.290E+02	6.430E+05
2048	8.188E+05	4.081E+02	6.117E+05
2049	8.188E+05	3.882E+02	5.819E+05
2050	8.188E+05	3.693E+02	5.535E+05
2051	8.188E+05	3.512E+02	5.265E+05
2052	8.188E+05	3.341E+02	5.008E+05
2053	8.188E+05	3.178E+02	4.764E+05
2054	8.188E+05	3.023E+02	4.531E+05
2055	8.188E+05	2.876E+02	4.310E+05
2056	8.188E+05	2.735E+02	4.100E+05
2057	8.188E+05	2.602E+02	3.900E+05
2058	8.188E+05	2.475E+02	3.710E+05
2059	8.188E+05	2.354E+02	3.529E+05
2060	8.188E+05	2.240E+02	3.357E+05
2061	8.188E+05	2.130E+02	3.193E+05
2062	8.188E+05	2.026E+02	3.038E+05
2063	8.188E+05	1.928E+02	2.889E+05

2064	8.188E+05	1.834E+02	2.748E+05
2065	8.188E+05	1.744E+02	2.614E+05
2066	8.188E+05	1.659E+02	2.487E+05
2067	8.188E+05	1.578E+02	2.366E+05
2068	8.188E+05	1.501E+02	2.250E+05
2069	8.188E+05	1.428E+02	2.141E+05
2070	8.188E+05	1.358E+02	2.036E+05
2071	8.188E+05	1.292E+02	1.937E+05
2072	8.188E+05	1.229E+02	1.842E+05
2073	8.188E+05	1.169E+02	1.753E+05
2074	8.188E+05	1.112E+02	1.667E+05
2075	8.188E+05	1.058E+02	1.586E+05
2076	8.188E+05	1.006E+02	1.508E+05
2077	8.188E+05	9.572E+01	1.435E+05
2078	8.188E+05	9.106E+01	1.365E+05
2079	8.188E+05	8.662E+01	1.298E+05
2080	8.188E+05	8.239E+01	1.235E+05
2081	8.188E+05	7.837E+01	1.175E+05
2082	8.188E+05	7.455E+01	1.117E+05
2083	8.188E+05	7.091E+01	1.063E+05
2084	8.188E+05	6.746E+01	1.011E+05
2085	8.188E+05	6.417E+01	9.618E+04
2086	8.188E+05	6.104E+01	9.149E+04
2087	8.188E+05	5.806E+01	8.703E+04
2088	8.188E+05	5.523E+01	8.278E+04
2089	8.188E+05	5.253E+01	7.875E+04
2090	8.188E+05	4.997E+01	7.490E+04
2091	8.188E+05	4.754E+01	7.125E+04
2092	8.188E+05	4.522E+01	6.778E+04
2093	8.188E+05	4.301E+01	6.447E+04
2094	8.188E+05	4.091E+01	6.133E+04
2095	8.188E+05	3.892E+01	5.834E+04
2096	8.188E+05	3.702E+01	5.549E+04
2097	8.188E+05	3.522E+01	5.278E+04
2098	8.188E+05	3.350E+01	5.021E+04
2099	8.188E+05	3.186E+01	4.776E+04
2100	8.188E+05	3.031E+01	4.543E+04
2101	8.188E+05	2.883E+01	4.322E+04
2102	8.188E+05	2.743E+01	4.111E+04
2103	8.188E+05	2.609E+01	3.910E+04
2104	8.188E+05	2.482E+01	3.720E+04
2105	8.188E+05	2.361E+01	3.538E+04
2106	8.188E+05	2.245E+01	3.366E+04
2107	8.188E+05	2.136E+01	3.202E+04
2108	8.188E+05	2.032E+01	3.045E+04
2109	8.188E+05	1.933E+01	2.897E+04
2110	8.188E+05	1.838E+01	2.756E+04
2111	8.188E+05	1.749E+01	2.621E+04
2112	8.188E+05	1.663E+01	2.493E+04
2113	8.188E+05	1.582E+01	2.372E+04
2114	8.188E+05	1.505E+01	2.256E+04

2115	8.188E+05	1.432E+01	2.146E+04
2116	8.188E+05	1.362E+01	2.041E+04
2117	8.188E+05	1.295E+01	1.942E+04
2118	8.188E+05	1.232E+01	1.847E+04
2119	8.188E+05	1.172E+01	1.757E+04
2120	8.188E+05	1.115E+01	1.671E+04
2121	8.188E+05	1.061E+01	1.590E+04
2122	8.188E+05	1.009E+01	1.512E+04
2123	8.188E+05	9.597E+00	1.439E+04
2124	8.188E+05	9.129E+00	1.368E+04
2125	8.188E+05	8.684E+00	1.302E+04
2126	8.188E+05	8.260E+00	1.238E+04
2127	8.188E+05	7.858E+00	1.178E+04
2128	8.188E+05	7.474E+00	1.120E+04
2129	8.188E+05	7.110E+00	1.066E+04
2130	8.188E+05	6.763E+00	1.014E+04
2131	8.188E+05	6.433E+00	9.643E+03
2132	8.188E+05	6.119E+00	9.173E+03
2133	8.188E+05	5.821E+00	8.725E+03
2134	8.188E+05	5.537E+00	8.300E+03
2135	8.188E+05	5.267E+00	7.895E+03
2136	8.188E+05	5.010E+00	7.510E+03
2137	8.188E+05	4.766E+00	7.144E+03
2138	8.188E+05	4.533E+00	6.795E+03
2139	8.188E+05	4.312E+00	6.464E+03
2140	8.188E+05	4.102E+00	6.149E+03
2141	8.188E+05	3.902E+00	5.849E+03
2142	8.188E+05	3.712E+00	5.563E+03
2143	8.188E+05	3.531E+00	5.292E+03
2144	8.188E+05	3.358E+00	5.034E+03
2145	8.188E+05	3.195E+00	4.789E+03
2146	8.188E+05	3.039E+00	4.555E+03
2147	8.188E+05	2.891E+00	4.333E+03
2148	8.188E+05	2.750E+00	4.122E+03
2149	8.188E+05	2.616E+00	3.921E+03
2150	8.188E+05	2.488E+00	3.729E+03
2151	8.188E+05	2.367E+00	3.547E+03
2152	8.188E+05	2.251E+00	3.374E+03
2153	8.188E+05	2.141E+00	3.210E+03
2154	8.188E+05	2.037E+00	3.053E+03
2155	8.188E+05	1.938E+00	2.904E+03
2156	8.188E+05	1.843E+00	2.763E+03
2157	8.188E+05	1.753E+00	2.628E+03
2158	8.188E+05	1.668E+00	2.500E+03
2159	8.188E+05	1.586E+00	2.378E+03
2160	8.188E+05	1.509E+00	2.262E+03
2161	8.188E+05	1.435E+00	2.152E+03
2162	8.188E+05	1.365E+00	2.047E+03
2163	8.188E+05	1.299E+00	1.947E+03
2164	8.188E+05	1.236E+00	1.852E+03
2165	8.188E+05	1.175E+00	1.762E+03

2166	8.188E+05	1.118E+00	1.676E+03
2167	8.188E+05	1.063E+00	1.594E+03
2168	8.188E+05	1.012E+00	1.516E+03
2169	8.188E+05	9.622E-01	1.442E+03
2170	8.188E+05	9.153E-01	1.372E+03
2171	8.188E+05	8.706E-01	1.305E+03
2172	8.188E+05	8.282E-01	1.241E+03
2173	8.188E+05	7.878E-01	1.181E+03
2174	8.188E+05	7.494E-01	1.123E+03
2175	8.188E+05	7.128E-01	1.068E+03
2176	8.188E+05	6.781E-01	1.016E+03
2177	8.188E+05	6.450E-01	9.668E+02
2178	8.188E+05	6.135E-01	9.196E+02
2179	8.188E+05	5.836E-01	8.748E+02
2180	8.188E+05	5.551E-01	8.321E+02
2181	8.188E+05	5.281E-01	7.915E+02
2182	8.188E+05	5.023E-01	7.529E+02
2183	8.188E+05	4.778E-01	7.162E+02
2184	8.188E+05	4.545E-01	6.813E+02
2185	8.188E+05	4.323E-01	6.481E+02
2186	8.188E+05	4.113E-01	6.164E+02
2187	8.188E+05	3.912E-01	5.864E+02
2188	8.188E+05	3.721E-01	5.578E+02
2189	8.188E+05	3.540E-01	5.306E+02
2190	8.188E+05	3.367E-01	5.047E+02
2191	8.188E+05	3.203E-01	4.801E+02
2192	8.188E+05	3.047E-01	4.567E+02
2193	8.188E+05	2.898E-01	4.344E+02
2194	8.188E+05	2.757E-01	4.132E+02
2195	8.188E+05	2.622E-01	3.931E+02
2196	8.188E+05	2.494E-01	3.739E+02
2197	8.188E+05	2.373E-01	3.557E+02
2198	8.188E+05	2.257E-01	3.383E+02
2199	8.188E+05	2.147E-01	3.218E+02
2200	8.188E+05	2.042E-01	3.061E+02
2201	8.188E+05	1.943E-01	2.912E+02
2202	8.188E+05	1.848E-01	2.770E+02
2203	8.188E+05	1.758E-01	2.635E+02

Model Parameters

Lo : 244.20 m³/Mg ***** User Mode Selection *****
 k : 0.0200 1/yr ***** User Mode Selection *****
 NMOC : 1000.00 ppmv ***** User Mode Selection *****
 Methane : 50.0000 % volume
 Carbon Dioxide : 50.0000 % volume

Landfill Parameters

Landfill type : No Co-Disposal
 Year Opened : 1992 Current Year : 2005 Closure Year: 2004
 Capacity : 1000000 Mg
 Average Acceptance Rate Required from
 Current Year to Closure Year : -181218.00 Mg/year

Model Results

Methane Emission Rate			
Year	Refuse In Place (Mg)	(Mg/yr)	(Cubic m/yr)
1993	5.144E+04	1.676E+02	2.512E+05
1994	1.055E+05	3.403E+02	5.101E+05
1995	1.622E+05	5.183E+02	7.769E+05
1996	2.217E+05	7.021E+02	1.052E+06
1997	2.842E+05	8.919E+02	1.337E+06
1998	3.499E+05	1.088E+03	1.631E+06
1999	4.188E+05	1.291E+03	1.935E+06
2000	4.912E+05	1.502E+03	2.251E+06
2001	5.672E+05	1.719E+03	2.577E+06
2002	6.470E+05	1.945E+03	2.916E+06
2003	7.308E+05	2.180E+03	3.268E+06
2004	8.188E+05	2.423E+03	3.632E+06
2005	8.188E+05	2.375E+03	3.561E+06
2006	8.188E+05	2.328E+03	3.490E+06
2007	8.188E+05	2.282E+03	3.421E+06
2008	8.188E+05	2.237E+03	3.353E+06
2009	8.188E+05	2.193E+03	3.287E+06
2010	8.188E+05	2.149E+03	3.222E+06
2011	8.188E+05	2.107E+03	3.158E+06
2012	8.188E+05	2.065E+03	3.095E+06

2013	8.188E+05	2.024E+03	3.034E+06
2014	8.188E+05	1.984E+03	2.974E+06
2015	8.188E+05	1.945E+03	2.915E+06
2016	8.188E+05	1.906E+03	2.857E+06
2017	8.188E+05	1.869E+03	2.801E+06
2018	8.188E+05	1.832E+03	2.745E+06
2019	8.188E+05	1.795E+03	2.691E+06
2020	8.188E+05	1.760E+03	2.638E+06
2021	8.188E+05	1.725E+03	2.586E+06
2022	8.188E+05	1.691E+03	2.534E+06
2023	8.188E+05	1.657E+03	2.484E+06
2024	8.188E+05	1.624E+03	2.435E+06
2025	8.188E+05	1.592E+03	2.387E+06
2026	8.188E+05	1.561E+03	2.339E+06
2027	8.188E+05	1.530E+03	2.293E+06
2028	8.188E+05	1.500E+03	2.248E+06
2029	8.188E+05	1.470E+03	2.203E+06
2030	8.188E+05	1.441E+03	2.160E+06
2031	8.188E+05	1.412E+03	2.117E+06
2032	8.188E+05	1.384E+03	2.075E+06
2033	8.188E+05	1.357E+03	2.034E+06
2034	8.188E+05	1.330E+03	1.994E+06
2035	8.188E+05	1.304E+03	1.954E+06
2036	8.188E+05	1.278E+03	1.915E+06
2037	8.188E+05	1.253E+03	1.877E+06
2038	8.188E+05	1.228E+03	1.840E+06
2039	8.188E+05	1.203E+03	1.804E+06
2040	8.188E+05	1.180E+03	1.768E+06
2041	8.188E+05	1.156E+03	1.733E+06
2042	8.188E+05	1.133E+03	1.699E+06
2043	8.188E+05	1.111E+03	1.665E+06
2044	8.188E+05	1.089E+03	1.632E+06
2045	8.188E+05	1.067E+03	1.600E+06
2046	8.188E+05	1.046E+03	1.568E+06
2047	8.188E+05	1.025E+03	1.537E+06
2048	8.188E+05	1.005E+03	1.507E+06
2049	8.188E+05	9.853E+02	1.477E+06
2050	8.188E+05	9.658E+02	1.448E+06
2051	8.188E+05	9.467E+02	1.419E+06
2052	8.188E+05	9.279E+02	1.391E+06
2053	8.188E+05	9.095E+02	1.363E+06
2054	8.188E+05	8.915E+02	1.336E+06
2055	8.188E+05	8.739E+02	1.310E+06
2056	8.188E+05	8.566E+02	1.284E+06
2057	8.188E+05	8.396E+02	1.258E+06
2058	8.188E+05	8.230E+02	1.234E+06
2059	8.188E+05	8.067E+02	1.209E+06
2060	8.188E+05	7.907E+02	1.185E+06
2061	8.188E+05	7.751E+02	1.162E+06
2062	8.188E+05	7.597E+02	1.139E+06
2063	8.188E+05	7.447E+02	1.116E+06

2064	8.188E+05	7.299E+02	1.094E+06
2065	8.188E+05	7.155E+02	1.072E+06
2066	8.188E+05	7.013E+02	1.051E+06
2067	8.188E+05	6.874E+02	1.030E+06
2068	8.188E+05	6.738E+02	1.010E+06
2069	8.188E+05	6.605E+02	9.900E+05
2070	8.188E+05	6.474E+02	9.704E+05
2071	8.188E+05	6.346E+02	9.512E+05
2072	8.188E+05	6.220E+02	9.323E+05
2073	8.188E+05	6.097E+02	9.139E+05
2074	8.188E+05	5.976E+02	8.958E+05
2075	8.188E+05	5.858E+02	8.780E+05
2076	8.188E+05	5.742E+02	8.606E+05
2077	8.188E+05	5.628E+02	8.436E+05
2078	8.188E+05	5.517E+02	8.269E+05
2079	8.188E+05	5.407E+02	8.105E+05
2080	8.188E+05	5.300E+02	7.945E+05
2081	8.188E+05	5.195E+02	7.787E+05
2082	8.188E+05	5.092E+02	7.633E+05
2083	8.188E+05	4.992E+02	7.482E+05
2084	8.188E+05	4.893E+02	7.334E+05
2085	8.188E+05	4.796E+02	7.189E+05
2086	8.188E+05	4.701E+02	7.046E+05
2087	8.188E+05	4.608E+02	6.907E+05
2088	8.188E+05	4.517E+02	6.770E+05
2089	8.188E+05	4.427E+02	6.636E+05
2090	8.188E+05	4.340E+02	6.505E+05
2091	8.188E+05	4.254E+02	6.376E+05
2092	8.188E+05	4.169E+02	6.250E+05
2093	8.188E+05	4.087E+02	6.126E+05
2094	8.188E+05	4.006E+02	6.004E+05
2095	8.188E+05	3.927E+02	5.886E+05
2096	8.188E+05	3.849E+02	5.769E+05
2097	8.188E+05	3.773E+02	5.655E+05
2098	8.188E+05	3.698E+02	5.543E+05
2099	8.188E+05	3.625E+02	5.433E+05
2100	8.188E+05	3.553E+02	5.325E+05
2101	8.188E+05	3.483E+02	5.220E+05
2102	8.188E+05	3.414E+02	5.117E+05
2103	8.188E+05	3.346E+02	5.015E+05
2104	8.188E+05	3.280E+02	4.916E+05
2105	8.188E+05	3.215E+02	4.819E+05
2106	8.188E+05	3.151E+02	4.723E+05
2107	8.188E+05	3.089E+02	4.630E+05
2108	8.188E+05	3.028E+02	4.538E+05
2109	8.188E+05	2.968E+02	4.448E+05
2110	8.188E+05	2.909E+02	4.360E+05
2111	8.188E+05	2.851E+02	4.274E+05
2112	8.188E+05	2.795E+02	4.189E+05
2113	8.188E+05	2.739E+02	4.106E+05
2114	8.188E+05	2.685E+02	4.025E+05

2115	8.188E+05	2.632E+02	3.945E+05
2116	8.188E+05	2.580E+02	3.867E+05
2117	8.188E+05	2.529E+02	3.791E+05
2118	8.188E+05	2.479E+02	3.715E+05
2119	8.188E+05	2.430E+02	3.642E+05
2120	8.188E+05	2.382E+02	3.570E+05
2121	8.188E+05	2.334E+02	3.499E+05
2122	8.188E+05	2.288E+02	3.430E+05
2123	8.188E+05	2.243E+02	3.362E+05
2124	8.188E+05	2.198E+02	3.295E+05
2125	8.188E+05	2.155E+02	3.230E+05
2126	8.188E+05	2.112E+02	3.166E+05
2127	8.188E+05	2.070E+02	3.103E+05
2128	8.188E+05	2.029E+02	3.042E+05
2129	8.188E+05	1.989E+02	2.982E+05
2130	8.188E+05	1.950E+02	2.923E+05
2131	8.188E+05	1.911E+02	2.865E+05
2132	8.188E+05	1.873E+02	2.808E+05
2133	8.188E+05	1.836E+02	2.752E+05
2134	8.188E+05	1.800E+02	2.698E+05
2135	8.188E+05	1.764E+02	2.645E+05
2136	8.188E+05	1.729E+02	2.592E+05
2137	8.188E+05	1.695E+02	2.541E+05
2138	8.188E+05	1.662E+02	2.491E+05
2139	8.188E+05	1.629E+02	2.441E+05
2140	8.188E+05	1.596E+02	2.393E+05
2141	8.188E+05	1.565E+02	2.346E+05
2142	8.188E+05	1.534E+02	2.299E+05
2143	8.188E+05	1.503E+02	2.254E+05
2144	8.188E+05	1.474E+02	2.209E+05
2145	8.188E+05	1.444E+02	2.165E+05
2146	8.188E+05	1.416E+02	2.122E+05
2147	8.188E+05	1.388E+02	2.080E+05
2148	8.188E+05	1.360E+02	2.039E+05
2149	8.188E+05	1.333E+02	1.999E+05
2150	8.188E+05	1.307E+02	1.959E+05
2151	8.188E+05	1.281E+02	1.920E+05
2152	8.188E+05	1.256E+02	1.882E+05
2153	8.188E+05	1.231E+02	1.845E+05
2154	8.188E+05	1.207E+02	1.809E+05
2155	8.188E+05	1.183E+02	1.773E+05
2156	8.188E+05	1.159E+02	1.738E+05
2157	8.188E+05	1.136E+02	1.703E+05
2158	8.188E+05	1.114E+02	1.669E+05
2159	8.188E+05	1.092E+02	1.636E+05
2160	8.188E+05	1.070E+02	1.604E+05
2161	8.188E+05	1.049E+02	1.572E+05
2162	8.188E+05	1.028E+02	1.541E+05
2163	8.188E+05	1.008E+02	1.511E+05
2164	8.188E+05	9.878E+01	1.481E+05
2165	8.188E+05	9.683E+01	1.451E+05

2166	8.188E+05	9.491E+01	1.423E+05
2167	8.188E+05	9.303E+01	1.394E+05
2168	8.188E+05	9.119E+01	1.367E+05
2169	8.188E+05	8.938E+01	1.340E+05
2170	8.188E+05	8.761E+01	1.313E+05
2171	8.188E+05	8.588E+01	1.287E+05
2172	8.188E+05	8.418E+01	1.262E+05
2173	8.188E+05	8.251E+01	1.237E+05
2174	8.188E+05	8.088E+01	1.212E+05
2175	8.188E+05	7.928E+01	1.188E+05
2176	8.188E+05	7.771E+01	1.165E+05
2177	8.188E+05	7.617E+01	1.142E+05
2178	8.188E+05	7.466E+01	1.119E+05
2179	8.188E+05	7.318E+01	1.097E+05
2180	8.188E+05	7.173E+01	1.075E+05
2181	8.188E+05	7.031E+01	1.054E+05
2182	8.188E+05	6.892E+01	1.033E+05
2183	8.188E+05	6.755E+01	1.013E+05
2184	8.188E+05	6.622E+01	9.925E+04
2185	8.188E+05	6.491E+01	9.729E+04
2186	8.188E+05	6.362E+01	9.536E+04
2187	8.188E+05	6.236E+01	9.347E+04
2188	8.188E+05	6.113E+01	9.162E+04
2189	8.188E+05	5.992E+01	8.981E+04
2190	8.188E+05	5.873E+01	8.803E+04
2191	8.188E+05	5.757E+01	8.629E+04
2192	8.188E+05	5.643E+01	8.458E+04
2193	8.188E+05	5.531E+01	8.290E+04
2194	8.188E+05	5.421E+01	8.126E+04
2195	8.188E+05	5.314E+01	7.965E+04
2196	8.188E+05	5.209E+01	7.808E+04
2197	8.188E+05	5.106E+01	7.653E+04
2198	8.188E+05	5.005E+01	7.501E+04
2199	8.188E+05	4.905E+01	7.353E+04
2200	8.188E+05	4.808E+01	7.207E+04
2201	8.188E+05	4.713E+01	7.065E+04
2202	8.188E+05	4.620E+01	6.925E+04
2203	8.188E+05	4.528E+01	6.788E+04

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΤΗ
ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ
ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΗ
ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

Χώρα/ Περιοχή	Ρυθμός παραγωγής ΑΣΑ (kg/ κάτοικο/ ημέρα)	Κλάσμα των ΑΣΑ που καταλήγει σε χώρους διάθεσης	Κλάσμα του DOC στα ΑΣΑ	Ρυθμός απόθεσης ΑΣΑ (kg/ κάτοικο/ ημέρα)
Βόρεια Αμερική			0,18 – 0,21	
Η.Π.Α.	2	0,62		1,24
Καναδάς	1,81	0,75		1,35
Ωκεανία				
Αυστραλία	1,26	1	0,15	1,26
Νέα Ζηλανδία	1,33	1	0,19	1,33
Ηνωμ. Βασίλειο/ Δυτική Ευρώπη/ Σκανδιναβία			0,08 – 0,19	
Ηνωμένο Βασίλειο	1,9	0,9	0,1	1,7
Ιρλανδία	0,85	1		0,85
Αυστρία	0,92	0,4		0,36
Βέλγιο	1,1	0,43		0,47
Δανία	1,26	0,2		0,25
Φιλανδία	1,7	0,77		1,3
Γαλλία	1,29	0,46		0,6
Γερμανία	0,99	0,66		0,65
Ελλάδα	0,85	0,93		0,79
Ιταλία	0,94	0,88		0,83
Λουξεμβούργο	1,34	0,35		0,47
Ολλανδία	1,58	0,67	0,14	1,06
Νορβηγία	1,4	0,75		1,05
Πορτογαλία	0,9	0,86		0,78
Ισπανία	0,99	0,85		0,83
Σουηδία	1,01	0,23		0,25
Ελβετία	1,1	0,23		0,25
Ανατολική Ευρώπη				
Πολωνία			0,15	0,54
Ρωσία	0,93	0,94	0,17	0,87
Ασία				
Ιαπωνία	1,12	0,38		0,43
Ινδία	0,33	0,6	0,18	0,2
Κίνα			0,09	0,84
Ινδονησία			0,17	0,51
Κεντρική Αμερική				
Γουατεμάλα			0,13	0,46
Νότια Αμερική				
Βραζιλία			0,12	1,47

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΗ
ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΕΣ

Περου	0,15	0,98
Χιλι	0,18	0,59
Αφρική		
Αίγυπτος	0,21	0,4
Νιγηρία	0,11	0,4
Νότια Αφρική	1	

Πηγή: "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC), 1996, Revised IPCC Guidelines for
National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2 - 3.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ
ΟΠΟΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΝΕΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
ΔΙΝΕΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Chemical	Molecular Weight	Concentration (ppmv)			
		Codisposal		No Codisposal	
1,1,1-Trichloroethane (HAP)	133.41	0.48		0.48	
1,1,2,2-Tetrachloroethane (HAP/VOC)	167.85	1.11		1.11	
1,1,2-Trichloroethane (HAP/VOC)	133.41	0.1		0.1	
1,1-Dichloroethane (HAP/VOC)	98.96	2.35		2.35	
1,1-Dichloroethene (HAP/VOC)	96.94	0.2		0.2	
1,2-Dichloroethane (HAP/VOC)	98.96	0.41		0.41	
1,2-Dichloropropane (HAP/VOC)	112.99	0.18		0.18	
2-Propanol (VOC)	60.11	50.1		50.1	
Acetone	58.08	7.01		7.01	
Acrylonitrile (HAP/VOC)	53.06	6.33		6.33	
Benzene (HAP/VOC)	78.12	11.1		1.91	
Bromodichloromethane (VOC)	163.83	3.13		3.13	
Butane (VOC)	58.12	5.03		5.03	
Carbon Disulfide (HAP/VOC)	76.14	0.58		0.58	
Carbon Monoxide	28.01	141		141	
Carbon Tetrachloride (HAP/VOC)	153.84	0.004		0.004	
Carbonyl Sulfide (HAP/VOC)	60.07	0.49		0.49	
Chlorobenzene (HAP/VOC)	112.56	0.25		0.25	
Chlorodifluoromethane (VOC)	86.47	1.3		1.3	
Chloroethane (HAP/VOC)	64.52	1.25		1.25	
Chloroform (HAP/VOC)	119.38	0.024		0.024	
Chloromethane (HAP/VOC)	50.49	1.21		1.21	
Dichlorobenzene (VOC/HAP for 1,4 isomer)	147	0.21		0.21	
Dichlorodifluoromethane (VOC)	120.91	15.7		15.7	
Dichlorofluoromethane (VOC)	102.92	2.62		2.62	
Dichloromethane (HAP)	84.93	14.3		14.3	
Dimethyl Sulfide (VOC)	62.13	7.82		7.82	
Ethane	30.07	889		889	
Ethanol (VOC)	46.08	27.2		27.2	
Ethylbenzene (HAP/VOC)	106.17	4.61		4.61	
Ethyl Mercaptan (VOC)	62.13	1.25		1.25	
Ethylene Dibromide (HAP/VOC)	187.88	0.001		0.001	
Fluorotrichloromethane (VOC)	137.37	0.76		0.76	
Hexane (HAP/VOC)	86.18	6.57		6.57	
Hydrogen Sulfide	34.08	35.5		35.5	
Mercury (HAP)	200.61	0.000253		0.000253	
Methyl Ethyl Ketone (HAP/VOC)	72.11	7.09		7.09	
Methyl Isobutyl Ketone (HAP/VOC)	100.16	1.87		1.87	
Methyl Mercaptan (VOC)	48.11	2.49		2.49	
Pentane (VOC)	72.15	3.29		3.29	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΟΠΟΙΑ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
ΔΙΝΕΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Perchloroethylene (HAP/VOC)	165.83		3.73		3.73	
Propane (VOC)	44.1		11.1		11.1	
Toluene (HAP/VOC)	92.14		165		39.3	
Trichloroethene (HAP/VOC)	131.38		2.82		2.82	
t-1,2-Dichloroethene	96.94		2.84		2.84	
Vinyl Chloride (HAP/VOC)	62.5		7.34		7.34	
Xylene (HAP/VOC)	106.17		12.1		12.1	

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Tchobanoglous, G. H. Theissen, and S.A. Vigil, 1993, "Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues".
- [2] Williams P., 1992, "Waste Treatment and Disposal"
- [3] Σκορδιλής Α., 2001, «Ελεγχόμενη Εναπόθεση Στερεών μη Επικίνδυνων Αποβλήτων».
- [4] Παναγιωτακόπουλος Δ., 2002, «Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων».
- [5] Μανιός Θ., 2001, «Σημειώσεις στο μάθημα Διαχείριση και Επεξεργασία Αστικών Απορριμμάτων».
- [6] Μουσιόπουλος Μ., 2002, «Σημειώσεις στο μάθημα διαχείριση απορριμμάτων».
- [7] Περιβαλλοντική Μελέτη, 2001, «Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για το Έργο "Αποκατάσταση ΧΔΑ στους Πέρα Γαλήνους του Δήμου Γαζίου"».
- [8] U.S. E.P.A., 1998, "User's Manual, Landfill Gas Emissions Model, Version, 2.0".
- [9] Ντζαμίλης Π., Χάβας Γ., 2004, «Ποιοτική και Ποσοτική Ανάλυση Απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης».
- [10] Γρηγορόπουλος Ν., 2003, «Συναρτήσεις Κόστους και Υπολογισμός Όγκου Διασταλλαγματων, Διαρροών και εκπομπών από ΧΥΤΑ».
- [11] Γενειατάκης Μ, 2004, «In situ μετρήσεις βιοαερίου και εκτίμηση ανεξέλεγκτων εκπομπών CH₄ στο χώρο διάθεσης απορριμμάτων (Χ.Δ.Α.) Πέρα Γαλήνων Ηρακλείου»
- [12] Μακρυπόδης Γ., 2005, «Σχεδιασμός και εγκατάσταση εργαστηριακής μονάδας βιολογικής αποδόμησης αποβλήτων»
- [13] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1996, Revised IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2 – 3.
- [14] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2000, Good Practice Guidance and Uncertainty management in Greenhouse Gas Inventories.
- World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch, 2001, " Global Atmosphere Watch Measurements Guide".
- [15] ASTM, 1998, "Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste".
- [16] Rosa – Laura Meraz, Ana – Maria Vilades, Armando Dominguez, 2003, "A fractal – like kinetics equation to calculate landfill methane production".

- [17] Jin - Won Park, Ho - Chul Shin, 2001, "Surface emission of landfill gas from solid waste landfill".
- [18] P.M. Czepiel, J.H. Shorter, B. Mosher, E. Allwine, J.B. McManus, R.C. Harriss, C.E. Kolb, B.K. Lamb, 2003, "The influence of atmospheric pressure on landfill methane emissions".
- [19] U.S. E.P.A., 1998, "Municipal Solid Waste Landfill New Source Performance Standards (NSPS) and Emission Guidelines (EG) - Questions and Answers.
- [20] EPER (European Pollutant Emission Register), 2003, "Supporting Document for the determination of diffuse methane emissions from landfill sites".
- [21] U.S. E.P.A. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, 2004, "Direct Emissions from Municipal Solid Waste Landfilling".
- [22] S.A. Thorneloe, A. Reisdorph, M. Laur, R. Pelt, R.L. Bass, C. Burklin, 1999, "The U.S. Environmental Protection Agency's Landfill Gas Emissions Model (LandGEM).
- [23] The Second Intercontinental Landfill Research Symposium, 2002, "Development of Model Parameters for the Prediction of Methane Production from Paper Industry Landfills".
- [24] Landfill Methane Outreach Programm, 2001, "Part 5: Evaluating Landfill Gas Potential".
- [25] E.P.A., 1995, "Land Disposal", Decision Maker's Guide to Solid Waste Management - Vol. II
- [26] Greenhouse Gas Sources and Sinks, 2000, "Landfill Gas Capture and Combustion Quantification Protocol".
- [27] Gunnar Borjesson, 1997, "Methane Oxidation in Landfill Cover Soils"
- [28] ATSDR (Department of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Health Assessment and Consultation), 2001, "Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals"
- [29] Gunnar Borjesson, 1997, "Methane oxidation in landfill cover soils"
- [30] Οδηγία 99/31/EK