

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ

Ελένη Κυριάκου

Λεμεσός 2012

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΤΩΝ
ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ

της
Ελένης Κυριάκου

Λεμεσός 2012

ΕΝΤΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗΣ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Παραγωγή Ενέργειας Από Απόβλητα
Κρουαζιερόπλοιων**

Παρουσιάστηκε από

Ελένη Κυριάκου

Επιβλέπων καθηγητής _____

[ιδιότητα και όνομα]

Μέλος επιτροπής (Πρόεδρος) _____

[ιδιότητα και όνομα]

Μέλος επιτροπής _____

[ιδιότητα και όνομα]

Μέλος επιτροπής _____

[ιδιότητα και όνομα]

Μέλος επιτροπής _____

[ιδιότητα και όνομα]

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

[Δεκέμβριος,2012]

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ελένη Κυριάκου, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Πέτρο Σάββα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι σαφές πως οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι πολλές και καλύπτουν όλο το εύρος της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μία από τις πιο σημαντικές είναι και η διάθεση των απορριμμάτων, δεδομένου ότι χαρακτηρίζεται από επιπτώσεις μακροχρόνιες και ιδιαίτερα επικίνδυνες, τόσο για το φυσικό περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο. Με βάση την ισχύουσα οδηγία 2008/98/EK, τα κράτη μέλη της Ε.Ε. υποχρεούνται να θεσπίσουν ένα σχέδιο διαχείρισης των αποβλήτων που παράγουν καθώς και να εφαρμόσουν προγράμματα πρόληψης μέχρι το τέλος του 2013. Η ανάκτηση ενέργειας είναι μία από τις επιλογές που καθορίζονται στην οδηγία ως πιθανή λύση. Οι μέθοδοι επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή ενέργειας διαχωρίζονται σε θερμικές και μη-θερμικές τεχνολογίες και περιλαμβάνουν καύση, αναερόβια χώνευση και πυρόλυση.

Η παρούσα διατριβή εστιάζεται στην παραγωγή ενέργειας από τα απόβλητα των κρουαζιερόπλοιων που ενλιμανίζονται στο λιμάνι της Λεμεσού. Αρχικά, πραγματοποιείται εκτενής ανάλυση της διαχείρισης και της ποσότητας των αποβλήτων που συλλέγονται από τα κρουαζιερόπλοια στο λιμάνι της Λεμεσού, καθώς και περιγραφή των τεχνικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της κάθε μεθόδου. Επιπλέον, υπολογίζεται η ενέργεια που παράγεται από το κάθε είδος αποβλήτων για το έτος 2011 σε κιλοβατώρες, και αναλύονται όλα τα αντίστοιχα περιβαλλοντικά οφέλη και επιπτώσεις που συνοδεύονται από την ανέγερση μιας τέτοιας μονάδας. Τέλος, πραγματοποιήθηκε τεχνοοικονομική μελέτη η οποία αφορά την ανέγερση και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων, η οποία βασίστηκε στη διαθέσιμη βιβλιογραφία. Η κατασκευή της μονάδας θα είναι μεταλλική με βάση από σκυρόδεμα. Η μονάδα θα είναι σε θέση να αποτεφρώσει 60.000 τόνους απορριμμάτων ανά έτος. Η τεχνολογία επεξεργασίας των απορριμμάτων θα είναι η καύση. Τέλος, υπολογίστηκε ότι η μονάδα επεξεργασίας μέσα σε 50 χρόνια λειτουργίας θα επιφέρει 857,6 εκατομμύρια ευρώ κέρδος και ο χρόνος απόσβεσης της μονάδας υπολογίζεται περίπου στα 5-6 χρόνια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xiii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xiv
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xvi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xvii
Βιβλιογραφία	xxi
1 ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	1
1.1 Σύσταση Αποβλήτων.....	3
1.2 Χρέωση Πλοιοκτητών	5
1.2.1 Χρέωση για Συλλογή και Διαχείριση πετρελαιοειδών αποβλήτων πλοίων σε λιμενικές περιοχές.....	6
1.2.2 Χρέωση για Συλλογή Στερεών Απορριμμάτων.....	7
1.2.3 Απόβλητα Από Πλοία που Απορρίπτονται στην Θάλασσα	9
1.3 Κόστος Μεταφοράς Αποβλήτων	12
1.4 Προβλήματα που Παρουσιάζονται.....	12
Βιβλιογραφία	14
2 ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	15
2.1 Τοποθεσία Μονάδας.....	16
2.2 Μονάδα Επεξεργασίας Αποβλήτων	17
2.2.1 Μη-Θερμικές Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας	18
2.2.1.1 Επιλογή Συστήματος.....	21

2.2.1.2	Κλασσικό Σύστημα Αναερόβιας Χώνευσης Ενός Αντιδραστήρα.....	22
2.2.1.2.1	Επιλογή	25
2.2.1.3	Βασικές Σχεδιαστικές Παράμετροι Αναερόβιας Χώνευσης.....	26
2.2.1.4	Προϊόντα και Παραπροϊόντα της Αναερόβιας Χώνευσης.....	26
2.2.1.5	Τεχνική Περιγραφή Μονάδας Καύσης Βιοαερίου.....	27
2.2.2	Θερμική Επεξεργασία Αποβλήτων	29
2.2.2.1	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Θερμικής Επεξεργασίας.....	29
2.2.2.2	Βασικά Χαρακτηριστικά και Έννοιες της Καύσης.....	30
2.2.2.2.1	Τεχνική Περιγραφή Μονάδας Καύσης.....	31
2.2.2.3	Πυρόλυση.....	33
2.3	Συμπεράσματα.....	35
	Βιβλιογραφία	36
3	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ.....	39
3.1	Περιβαλλοντικά Προβλήματα από την Ανέγερση της Μονάδας.....	40
3.2	Περιβαλλοντικά Ζητήματα από τη Λειτουργία της Μονάδας	41
3.2.1	Ρύποι που Αποφεύγονται.....	41
3.2.1.1	Βαρέα Μέταλλα	42
3.2.1.2	Μείωση Εκπομπής Βαρέων Μετάλλων στον Αέρα.....	43
3.3	Συμπεράσματα.....	43
	Βιβλιογραφία	44
4	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	46
4.1	Παραγωγή Ενέργειας από Υπολείμματα Φαγητών.....	48
4.1.1	Παραγωγή Ενέργειας Από την Καύση Φαγητών	48
4.1.2	Παραγωγή ενέργειας από Αναερόβια Χώνευση Φαγητών	49
4.1.2.1	Σύγκριση των Δύο Τεχνολογιών.....	52

4.1.3	Παραγωγή Ενέργειας Από Πλαστικά Απόβλητα	52
4.1.4	Παραγωγή Ενέργειας Από την Κατηγορία “Άλλα”	53
4.2	Συμπέρασμα	56
	Βιβλιογραφία	58
5	ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	59
5.1	Κόστος Ανέγερσης και Λειτουργίας της Μονάδας	59
5.1.1	Μέγεθος και Όγκος Μονάδας	59
5.1.2	Επιλογή Τεχνολογίας Επεξεργασίας Αποβλήτων	61
5.1.3	Είδος και Κόστος Κτιριακών και Μηχανολογικών Εγκαταστάσεων.....	62
5.1.3.1	Είδος Κατασκευής.....	62
5.1.3.2	Κόστος Μηχανολογικών Εγκαταστάσεων	64
5.1.4	Ανάλυση Συγκεντρωτικού Κοστολογίου	64
5.2	Έσοδα	65
5.2.1	Έσοδα από Πώληση Ενέργειας	65
5.2.1.1	Υπολογισμός Εσόδων Από την Πώληση Ενέργειας στην ΑΗΚ με Επιχορήγηση.....	66
5.2.1.2	Υπολογισμός Εσόδων Από την Πώληση Ενέργειας στην ΑΗΚ Μετά το Τέλος της Επιδότησης	67
5.2.2	Έσοδα από Καταβολή Δικαιωμάτων από τους Πλοιοκτήτες.....	67
5.3	Απόσβεση	68
5.3.1	Συνολικό κόστος επένδυσης για 50 χρόνια	68
5.3.2	Συνολικά έσοδα μονάδας για 50 χρόνια.....	69
5.3.3	Συνολικά κέρδη Επένδυσης.....	69
5.3.4	Χρόνος Απόσβεσης	69
5.4	Συμπεράσματα.....	71
	Βιβλιογραφία	72

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3	79

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1: Απόβλητα πλοίων για τη χρονιά 2011.....	3
Πίνακας 1-2: Απόβλητα από κρουαζιερόπλοια	4
Πίνακας 1-3: Συνολικές ποσότητες αποβλήτων των κρουαζιερόπλοιων που απορρίπτονται στο λιμάνι της Λεμεσού τη χρονιά 2011.....	4
Πίνακας 1-4: Χρέωση για σκύβαλα κατηγορίας Α	7
Πίνακας 1-5: Άλλες χρεώσεις	8
Πίνακας 1-6: Απόβλητα που μπορούν να απορρίπτονται στην θάλασσα	10
Πίνακας 4-1: Συνολικές ποσότητες ανά κατηγορία για τα απόβλητα κρουαζιερόπλοιων κατά τη χρονιά 2011.....	46
Πίνακας 4-2: Ποσότητες και ποσοστά στερεών απορριμμάτων ανά είδος και συνολικά που παραδίδονται στην Αρχή Λιμένων Λεμεσού για τη χρονιά 2011.	47
Πίνακας 4-3: Αποτελέσματα χημικής σύστασης, περιεκτικότητας σε υγρασία και ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων τροφίμων από κρουαζιερόπλοια της ΗΠΑ	48
Πίνακας 4-4: Ενέργεια που εκλύεται κατά τη διάσπαση χημικών δεσμών	50
Πίνακας 4-5: Ενέργεια που παράγεται κατά την καύση μεθανίου.....	51
Πίνακας 4-6: Ποσοστό χαρτιού, μετάλλων και γυαλιού στην κατηγορία “άλλα”.....	54
Πίνακας 4-7: Σύνοψη της θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων χαρτιού	55
Πίνακας 4-8: Ενέργεια που παράγεται ανά είδος αποβλήτων.....	56
Πίνακας 4-9: Μέγιστη συνολική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί κατά το έτος 2011.....	57
Πίνακας 5-1: Απόβλητα πλοίων κατά το έτος 2011.....	60
Πίνακας 5-2: Συνολικός όγκος αποβλήτων για τους καλοκαιρινούς μήνες του έτους 2011. .	60
Πίνακας 5-3: Μετατροπή όγκου αποβλήτων σε μάζα.....	61
Πίνακας 5-4: Ενδεικτικό κόστος κεφαλαίου και λειτουργικό κόστος για μονάδες καύσης αποβλήτων με ανάκτηση ενέργειας.....	64

Πίνακας 5-5: Σχέδιο χορηγιών και συνολική τιμή πώλησης ανά kWh	66
Πίνακας 5-6: Υπολογισμός Χρόνου Απόσβεσης.	70

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1-1: Το λιμάνι της Λεμεσού	2
Εικόνα 1-2: Κάτοψη σχεδίου περιοχής λιμανιού Λεμεσού	2
Εικόνα 2-1: Ο κορεσμένος σκυβαλότοπος στο Βατί.....	16
Εικόνα 2-2: Οι φάσεις των βιολογικών διεργασιών της αναερόβιας χώνευσης	20
Εικόνα 2-3: Αναπαράσταση κλασσικού συστήματος ενός αντιδραστήρα.....	22
Εικόνα 2-4: Διάγραμμα ροής συστήματος Dranco	23
Εικόνα 2-5: Ο αντιδραστήρας της μεθόδου Valorga.	24
Εικόνα 2-6: Χαρακτηριστική γενική διάταξη μονάδας αναερόβιας χώνευσης	25
Εικόνα 2-7: Μονάδες γεννητριών	27
Εικόνα 2-8: Τομή μονάδας καύσης απορριμμάτων	32
Εικόνα 2-9: Σχηματική παράσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	33
Εικόνα 4-1: Ποσοστά ανά κατηγορία στερεών απορριμμάτων.	47
Εικόνα 4-2: Περιεκτικότητα άνθρακα στην τέφρα έναντι της τιμής (θερμοκρασία καύσης 1050°C)	52
Εικόνα 5-1: Μεταλλική κατασκευή.	63
Εικόνα 5-2: Κατασκευή με δομικά υλικά.	63

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Α.Π.Ε.	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Ε.Ε.	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΜΕΡC	Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος
Κ.Δ.Π.	Κώδικας Ποινικής Δικονομίας
nm	Ναυτικά Μίλια
κ.ο.	Κατά όγκο
CH ₄	Μεθάνιο
CO ₂	Διοξείδιο του άνθρακα
H ₂ S	Υδρόθειο
NH ₃	Αμμωνία
H ₂	Υδρογόνο
N ₂	Άζωτο
CO	Μονοξείδιο του άνθρακα

CaO	Υδροξείδιο του ασβεστίου
SO ₂	Διοξείδιο του θείου
CaCO ₃	Ανθρακικό ασβέστιο
CaSO ₄	Θεικό ασβέστιο
τ.μ.	Τετραγωνικό Μέτρο
A.H.K.	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Combustion	Καύση
Gasification	Αεριοποίηση
Pyrolysis	Πυρόλυση
Thermal depolymerization	Θερμικός αποπολυμερισμός
Plasma Arc Gasification	Αεριοποίηση Πλάσματος Τόξου
Anaerobic digestion	Αναερόβια Χώνευση
Fermentation	Ζύμωση
Biological Mechanical Treatment	Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αλλά και η παγκόσμια ενεργειακή κρίση εξαιτίας της ανεξέλεγκτης χρήσης των ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων, καθιστούν ως επιτακτική ανάγκη την άμεση αλλαγή του παγκόσμιου ενεργειακού μοντέλου. Η χρήση συμβατικών καυσίμων είναι ένα θέμα το οποίο έχει προκαλέσει τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον και ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης του είναι η αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων με τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) που είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Έτσι, τα τελευταία χρόνια, επιστημονική κοινότητα έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στην αναζήτηση βέλτιστων τρόπων εκμετάλλευσης της ενέργειας που παράγεται από τις Α.Π.Ε. Εξαντλώντας τα όρια της φύσης μέσω της υπερεκμετάλλευσης και την καταστροφή του περιβάλλοντος, ο άνθρωπος σήμερα επιστρέφει και πάλι στην φύση για να βρει λύσεις στα προβλήματα του [1, 2].

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποτελούν ήπιες μορφές ενέργειας και προέρχονται από φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως ισχύει με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Επιπλέον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεδεσμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι, οι Α.Π.Ε. θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη [3].

Η καταστροφή του περιβάλλοντος είναι ένα θέμα που απασχολεί το παγκόσμιο και όλες οι χώρες έχουν αρχίσει να λαμβάνουν μέτρα και να συμμορφώνονται με διεθνείς συμβάσεις για να σταματήσουν την καταστροφική πορεία που έχουν αρχίσει. Σε παγκόσμιο επίπεδο οι ΑΠΕ συνεισφέρουν περίπου στο 18% της παραγωγή ενέργειας [4]. Εξαπλώνονται συνεχώς και οι τεχνολογίες τους αναπτύσσονται ραγδαία, έτσι ώστε να μπορούν να συνεισφέρουν όσο το δυνατό σε περισσότερους τομείς αντικαθιστώντας τα συμβατικά καύσιμα.

Η Ευρώπη κατέχει ηγετική θέση στην εισαγωγή καυσίμων από τρίτες χώρες και καταβάλλει σημαντικές προσπάθειες να απεξαρτητοποιηθεί. Χρησιμοποιώντας το σύνθημα 20-20-20 όλα τα κράτη μέλη υποχρεούνται να επιτύχουν μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στο 20% και τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στο 20% μέχρι το 2020 [5]. Επίσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει στόχους για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, της αιολικής, της υδροηλεκτρικής και της βιομάζας ξεχωριστά. Επίσης, για να ενθαρρύνει όσο γίνεται την χρήση των Α.Π.Ε. δίνει επιχορηγήσεις για να παροτρύνει τα κράτη μέλη της. Η Κύπρος ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει να ακολουθήσει πιστά τις οδηγίες αυτές, όσον αφορά την ενεργειακή πολιτική.

Η Κύπρος είναι ένα νησί που εξαρτάται άμεσα από τα συμβατικά καύσιμα, αφού καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της με την εισαγωγή πετρελαίου. Το γεγονός αυτό, έχει σημαντικό αντίκτυπο τόσο στην οικονομία όσο και στο περιβάλλον του νησιού. Η καλύτερη λύση για την Κύπρο είναι η αξιοποίηση των Α.Π.Ε. που προσφέρονται σε μεγαλύτερο βαθμό. Μέχρι σήμερα, η συνεισφορά των Α.Π.Ε. αντιστοιχεί στο 4,7% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας και το ποσοστό αυτό προέρχεται κυρίως από την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας [2].

Υπάρχουν όμως και άλλες μέθοδοι που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας όπως είναι η εκμετάλλευση των αποβλήτων. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, δεδομένου ότι ο πληθυσμός του πλανήτη αυξάνεται, παρατηρείται μια τεράστια διόγκωση των αστικών αποβλήτων, με αποτέλεσμα η διαχείριση τους να αποτελεί όχι μόνο περιβαλλοντικό πρόβλημα για τις αρχές της κυβέρνησης, αλλά και ζήτημα εθνικής και παγκόσμιας σημασίας. Με βάση την ισχύουσα οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2008/98/ΕΚ, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να θεσπίσουν ένα σχέδιο διαχείρισης απόβλητων και προγράμματα πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων μέχρι το τέλος του 2013 και θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι το ευρύ κοινό θα έχει την ευκαιρία να συμμετέχει στην εκπόνηση των εν λόγω σχεδίων και προγραμμάτων. Η ανάκτηση ενέργειας από τα αστικά απόβλητα είναι μία από τις επιλογές που προβλέπονται στην προαναφερθείσα οδηγία ως πιθανή λύση [6].

Οι τεχνολογίες επεξεργασίας των αποβλήτων για την παραγωγή ενέργειας, χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις θερμικές και τις μη-θερμικές τεχνολογίες. Οι θερμικές τεχνολογίες

περιλαμβάνουν καύση (combustion), αεριοποίηση (gasification), θερμικό αποπολυμερισμό (thermal depolymerization), αεριοποίηση πλάσματος τόξου (plasma arc gasification) και πυρόλυση (pyrolysis). Η καύση γίνεται σε ειδικές κλειστές εγκαταστάσεις και τα στερεά κατάλοιπα της είναι η τέφρα και η σκουριά που έχουν μικρό όγκο σε σχέση με τα αρχικά απορρίμματα και είναι αποστειρωμένα. Η καύση επιτυγχάνει μείωση του όγκου των απορριμμάτων κατά 90% περίπου και του βάρους τους κατά 70%. Κατά την καύση παράγεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί. Η κοινοτική νομοθεσία απαγορεύει πλέον την καύση των απορριμμάτων χωρίς ανάκτηση ενέργειας και έχει εισάγει μια σειρά αυστηρών περιβαλλοντικών απαιτήσεων για τις εγκαταστάσεις καύσης. Ως αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής και λειτουργίας αυξήθηκε σημαντικά και τα τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί μια κάμψη στον αριθμό των εγκαταστάσεων καύσης στην Ευρώπη [6, 7].

Στην κατηγορία των μη-θερμικών τεχνολογιών περιλαμβάνονται η αναερόβια χώνευση (anaerobic digestion), η ζύμωση (fermentation) και η μηχανική βιολογική επεξεργασία (biological mechanical treatment). Η αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών απορριμμάτων που συγκεντρώνονται στις χωματερές, οδηγεί στην παραγωγή του βιοαερίου το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, μαζί με υδρατμούς και μικρές ποσότητες οργανικών ενώσεων. Η σημαντική ποσότητα του μεθανίου στο βιοαέριο το καθιστά κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Η αναερόβια αποσύνθεση των οργανικών απορριμμάτων που συγκεντρώνονται στις χωματερές οδηγεί στην παραγωγή του βιοαερίου το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, μαζί με υδρατμούς και μικρές ποσότητες οργανικών ενώσεων. Η σημαντική ποσότητα του μεθανίου στο βιοαέριο το καθιστά κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Οι πιο πάνω τεχνικές χρησιμοποιούνται σε όλο τον πλανήτη για την μετατροπή των αποβλήτων σε ενέργεια. Η επιλογή της μεθόδου γίνεται με βάση την σύσταση του ρεύματος των αποβλήτων [6, 7].

Στόχος της παρούσας Μεταπτυχιακής Διατριβής είναι η παραγωγή ενέργειας από απόβλητα που προκύπτουν από κρουαζιερόπλοια που ενλιμανίζονται στο λιμάνι της Λεμεσού. Έχει

πραγματοποιηθεί επί τόπου έρευνα στο λιμάνι της Λεμεσού, το μεγαλύτερο λιμάνι της Κύπρου, για τη συλλογή πληροφοριών που αφορούν τον μέσο όρο των αποβλήτων που προκύπτουν κάθε χρόνο και τη σύσταση τους και με βάση αυτών επιλέγεται η μονάδα επεξεργασίας των αποβλήτων. Επιπλέον, υπολογίζεται η ετήσια παραγωγή ενέργειας της μονάδας και οι ρύποι που θα προκύπτουν από τη λειτουργία της. Τέλος, πραγματοποιείται μια τεχνοοικονομική μελέτη για το κόστος λειτουργίας της μονάδας καθώς και τη μείωση της ρύπανσης που επιτυγχάνεται.

Βιβλιογραφία

- [1] Μετάβαση σε μια Πράσινη Ελλάδα 2010-2020 « *Η προώθηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα σε σχέση με τη δυνατότητα παραγωγής ενέργειας από υγρά απόβλητα, στο πλαίσιο της πράσινης ανάπτυξης* »
<http://www.diavouleusi.eliamep.gr/energy/>
- [2] Κωνσταντία Σιεηττάνη, 2008 «*Ενέργεια και Περιβάλλον - Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Κύπρο*»
http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/829/1/ptyxiaki_meleth.pdf
- [3] Βικιπαίδεια «*Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας* » <http://el.wikipedia.org/wiki>
- [4] Europe's Energy Portal <http://www.energy.eu/#CO2>
- [5] Deal News «*Στόχος της ΕΕ η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα*»
<http://www.dealnews.gr/perivallon/item/36687->
- [6] Παντελής Κούκος 2004, «*Συστήματα Διαχείρισης Απορριμμάτων για Παραγωγή και Εξοικονόμηση Ενέργειας*»
http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/ptyxiaki_ergasia_diaxeirisi_apo_rrimatwn_paragwgi.pdf
- [7] Alexandros Charalambides, Petros Savva, Costas Costa,
«*Waste and Biomass Valorization Environmental, Economical and Marketing Aspects of the Operation of a Waste-to-Energy Plant in the Kotsiatis Landfill in Cyprus - A Case Study*» Department of Environmental Science and Technology, Cyprus University of Technology

1 ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

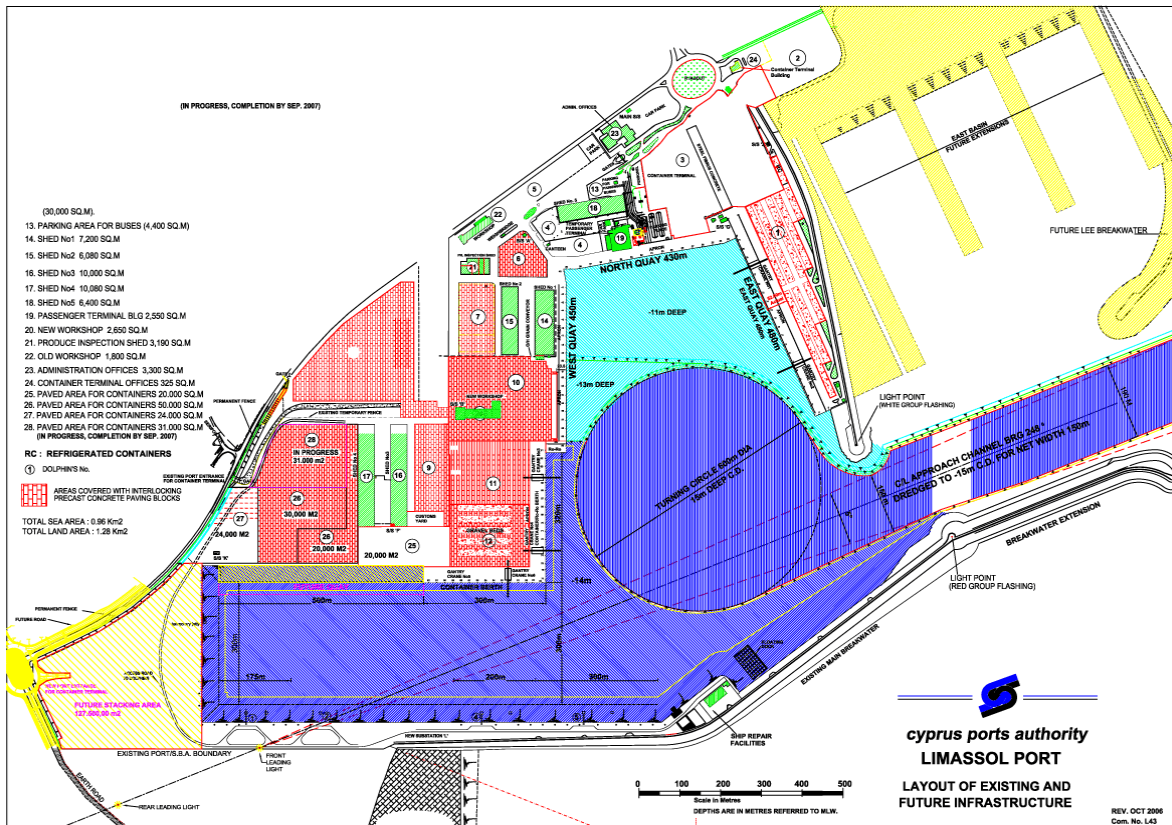
Στα πλαίσια της έρευνας για την παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε επί τόπου διερεύνηση στο λιμάνι Λεμεσού με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών για την υφιστάμενη κατάσταση στην Κύπρο, όσον αφορά την διαχείριση των αποβλήτων που προέρχονται από κρουαζιερόπλοια. Οι πληροφορίες οι οποίες συλλέχθηκαν προέρχονται από τον υπεύθυνο λειτουργό περιβάλλοντος της Αρχής Λιμένων Λεμεσού κ. Πέτρο Δία.

Το λιμάνι Λεμεσού είναι λιμάνι πολλαπλής χρήσης και αποτελεί το κύριο λιμάνι της Κύπρου. Ξεκίνησε να λειτουργεί το 1974, αμέσως μετά το πραξικόπημα και την Τούρκικη εισβολή. Στην ουσία ξεκίνησε να εργάζεται ως το βασικό λιμάνι της χώρας, μόνο μετά που καταλήφθηκε από τους Τούρκους το λιμάνι της Αμμοχώστου που χειριζόταν τότε το 83% του συνόλου των φορτίων της Κύπρου. Είναι το μόνο λιμάνι στην Κύπρο που μπορεί να φιλοξενεί κρουαζιερόπλοια, και για αυτό το λόγο και η παρούσα διατριβή εστιάζεται μόνο στο λιμάνι Λεμεσού.

Προσφέρει υπηρεσίες για εξυπηρέτηση πλοίων, φορτοεκφόρτωση φορτίων και διακίνηση επιβατών. Ο λιμενικός θαλάσσιος χώρος του καλύπτει έκταση 1 km² και φτάνει ως τον θαλάσσιο χώρο της περιοχής εναερίου, ενώ ο χερσαίος χώρος καλύπτει έκταση 1,3 km². Την ευθύνη για την εύρυθμη λειτουργία του Λιμανιού έχει ο Διευθυντής του Λιμανιού Λεμεσού βοηθούμενος από τον Ανώτερο Πλοηγό. Η κατασκευή του λιμανιού Λεμεσού άρχισε το 1971 σαν αντικατάσταση του παλιού λιμανιού και έκτοτε συνεχίζεται η επέκταση και αναβάθμιση των εγκαταστάσεών του, σύμφωνα με το εκάστοτε στρατηγικό ρυθμιστικό σχέδιο.



Εικόνα 1-1: Το λιμάνι της Λεμεσού [1].



Εικόνα 1-2: Κάτοψη σχεδίου περιοχής λιμανιού Λεμεσού [1].

1.1 Σύσταση Αποβλήτων

Το Λιμάνι Λεμεσού εκτός από τα απόβλητα των κρουαζιερόπλοιων, συλλέγει και τα απόβλητα των εμπορικών πλοίων. Τα απόβλητα συλλέγονται από τα πλοία μέσα σε απλές μαύρες σακούλες διαχωρισμένα ανά κατηγορία. Συνήθως, η σύσταση των αποβλήτων αποτελείται από πετρελαιοειδή κατάλοιπα, τρόφιμα, πλαστικά, γυαλί και μέταλλα. Η καταγραφή των ποσοτήτων των αποβλήτων (σε κυβικά μέτρα - m³) όλων των πλοίων (εμπορικών-επιβατικών) χωρισμένα ανά είδος για την περασμένη χρονιά (2011) πραγματοποιήθηκε από τον υπεύθυνο λειτουργό περιβάλλοντος και κάποια στοιχεία παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα (Πίνακας 1-1). Αναλυτικά όλα τα στοιχεία για τη χρονία 2011 δίνονται στο Παράρτημα 1.

Πίνακας 1-1: Απόβλητα πλοίων για τη χρονιά 2011 [1].

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2011										
ΛΙΠΑΡΑ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ			ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ			ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ			Date	ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ
ΥΔΡΟΣΥΛΛΕΚ			ΦΑΓΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΑ	ΑΛΛΑ	ΑΠΟΠΛΥ ΜΑΤΑ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ	ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟ ΠΛΟΙΑ		
ΛΑΣΠΕΣ	ΤΕΣ	ΑΛΛΑ								
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	1/1/11
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.20 m ³	0.10 m ³	0.20 m ³	0	0.00 m ³	0	1/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.04 m ³	0.20 m ³	0	1.12 m ³	0	1/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	1/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	2/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.02 m ³	0.30 m ³	0.40 m ³	0	0.00 m ³	0	3/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³	0	0.00 m ³	0	3/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	3/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	3/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	1.00 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³	1	3/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.01 m ³	0.24 m ³	0.35 m ³	0	0.00 m ³	0	3/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	4/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	4/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	4/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	2.00 m ³	3.00 m ³	0	0.00 m ³	0	4/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	4/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	4/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.02 m ³	2.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	5/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	5/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	2.00 m ³	0	5/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	0	5/1/11	
20.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³	0	5/1/11	
8.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.20 m ³	0.20 m ³	0.40 m ³	0	0.00 m ³	0	5/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.30 m ³	0.50 m ³	2.00 m ³	0	0.00 m ³	0	6/1/11	

Η παρούσα διατριβή βασίζεται μόνο στα απόβλητα που προκύπτουν από τα κρουαζιερόπλοια. Στον Πίνακα 1-2 παρουσιάζονται κάποια στοιχεία των αποβλήτων που προέρχονται από τα κρουαζιερόπλοια. Αναλυτικά όλα τα στοιχεία για τα απόβλητα μόνο των κρουαζιερόπλοιων της χρονιάς 2011 δίνονται στο Παράρτημα 2.

Πίνακας 1-2: Απόβλητα από κρουαζιερόπλοια [1].

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2011											
ΛΙΠΑΡΑ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ			ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ			ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ					
ΥΔΡΟΣΥΛΛΕΚ						ΑΠΟΠΛΥΜΑΤΑ			ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟ ΠΛΟΙΑ		
ΛΑΣΠΕΣ	ΤΕΣ	ΑΛΛΑ	ΦΑΓΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΗ	ΑΛΛΑ	ΜΑΤΑ	ΟΧΕΤΩΝ	ΠΛΟΙΑ	Date	ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	1.00 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³		1	3/1/11	
8.00 m ³	11.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	5.00 m ³	0	55.00 m ³		1	19/1/11	
15.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	6.00 m ³	0	0.00 m ³		1	30/1/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	0.50 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³		1	3/2/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	8.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³		1	3/2/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	0.50 m ³	10.00 m ³	0	0.00 m ³		1	6/2/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.50 m ³	6.00 m ³	0	0.00 m ³		1	8/2/11	
15.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	4.00 m ³	0	0.00 m ³		1	9/2/11	MSC Magnifica
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.50 m ³	6.50 m ³	0	0.00 m ³		1	15/2/11	
10.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	8.00 m ³	8.00 m ³	8.00 m ³	0	0.00 m ³		1	20/2/11	
15.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	4.00 m ³	0	0.00 m ³		1	21/2/11	MSC Magnifica
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	10.00 m ³	25.00 m ³	25.00 m ³	0	104.00 m ³		1	25/2/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	10.00 m ³	5.00 m ³	4.00 m ³	0	0.00 m ³		1	28/2/11	
8.00 m ³	2.00 m ³	0.00 m ³	4.00 m ³	10.00 m ³	6.00 m ³	0	0.00 m ³		1	28/2/11	Thomson Spirit
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.50 m ³	6.50 m ³	0	0.00 m ³		1	1/3/11	
24.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	8.00 m ³	10.00 m ³	0	0.00 m ³		1	30/3/11	
25.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	12.00 m ³	18.00 m ³	0	0.00 m ³		1	6/4/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	8.00 m ³	12.00 m ³	0	0.00 m ³		1	9/4/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	1.00 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³		1	11/4/11	
6.50 m ³	2.00 m ³	0.00 m ³	0.80 m ³	0.70 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³		1	16/4/11	
14.00 m ³	500.00 m ³	0.00 m ³	0.50 m ³	5.50 m ³	3.00 m ³	0	0.00 m ³		1	16/4/11	
5.00 m ³	10.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	4.00 m ³	0	0.00 m ³		1	19/4/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	8.00 m ³	12.00 m ³	0	0.00 m ³		1	20/4/11	
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	5.00 m ³	5.00 m ³	5.00 m ³	0	0.00 m ³		1	21/4/11	

Σύμφωνα με την Αρχή Λιμένων, κατά το έτος 2011 συλλέχθηκαν απόβλητα από 175 κρουαζιερόπλοια. Στον Πίνακα 1-3 δίνονται οι συνολικές ποσότητες των αποβλήτων που συλλέχθηκαν ανά κατηγορία. Η μονάδα παραγωγής ενέργειας θα επεξεργάζεται απόβλητα της κατηγορίας “στερεά απορρίμματα”.

Πίνακας 1-3: Συνολικές ποσότητες αποβλήτων των κρουαζιερόπλοιων που απορρίπτονται στο λιμάνι της Λεμεσού τη χρονιά 2011.

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2011									
ΛΙΠΑΡΑ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ				ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ			ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ		
ΛΑΣΠΕΣ	ΥΔΡΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ		ΑΛΛΑ	ΦΑΓΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΑ	ΑΛΛΑ	ΑΠΟΠΛΥΜΑΤΑ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ	ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ
835.90 m ³	664,8 m ³	205.60 m ³	428.79 m ³	824.42 m ³	1492.50 m ³	0	1550.40 m ³	175	

Τα πιο πάνω στοιχεία είναι θεωρητικά, δηλαδή είναι αυτά που δηλώνουν τα πλοία και όχι αυτά που επιμετρούνται. Η πραγματική σύσταση των αποβλήτων μπορεί να παρατηρηθεί μόνο κατόπιν επιτόπιας μελέτης. Η κατηγορία «στερεά απορρίμματα» συλλέγεται και απορρίπτεται αυτούσια στο Βατί χωρίς να υφίστανται άλλη επεξεργασία. Τα πετρελαιοειδή απόβλητα διαχειρίζονται από την εταιρεία "VGN Sludge Ltd". Η Αρχή Λιμένων Κύπρου μέσα στα πλαίσια εναρμόνισης της με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2000/59/EK στις 13.1.2006, συνήψε συμφωνία με την εταιρεία VGN Sludge Ltd, που ήταν η μόνη αδειοδοτημένη εταιρεία περισυλλογής των πετρελαιοειδών καταλοίπων στην Κύπρο, για περίοδο 10 ετών, από 1.1.2005 μέχρι 31.12.2014. Αφού πραγματοποιηθεί η συλλογή, τα κατάλοιπα μετά παραδίδονται από την εταιρεία VGN σε άλλη αδειοδοτημένη μονάδα διαχείρισης (ECOFUEL (Cyprus) Ltd) που εδρεύει στο Βασιλικό [1, 2].

1.2 Χρέωση Πλοιοκτητών

Τα δικαιώματα που καταβάλλονται στην Αρχή και που καθορίζονται σύμφωνα με τους εκάστοτε ισχύοντες κανονισμούς, αναπροσαρμόζονται στις αρχές κάθε έτους ανάλογα με το ρυθμό πληθωρισμού του αμέσως προηγούμενου έτους, όπως αυτός προκύπτει με βάση το δείκτη τιμών καταναλωτή που καταρτίζει η Στατιστική Υπηρεσία της Κυπριακής Δημοκρατίας, κατόπιν αποφάσεως του Διοικητικού Συμβουλίου της Αρχής που δημοσιεύεται στην Επίσημη Εφημερίδα της Δημοκρατίας.

Στην Κύπρο εφαρμόζονται δύο συστήματα χρέωσης: το άμεσο σύστημα και το έμμεσο σύστημα χρέωσης. Το σύστημα άμεσης χρέωσης ενσωματώνει την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει” και αφορά δικαίωμα που χρεώνεται ανά τόνο παράδοσης αποβλήτων. Διάκριση είναι δυνατή ανάλογα με το είδος των αποβλήτων. Το σύστημα έμμεσης χρέωσης αφορά το δικαίωμα που πληρώνεται από κάθε πλοίο που προσεγγίζει τα λιμάνια της Κύπρου ανεξάρτητα αν θα παραδώσει ή όχι απόβλητα. Το πλεονέκτημα αυτού του είδους χρέωσης είναι ότι παρέχει κίνητρο στα πλοία να παραδώσουν τα απόβλητα τους στις ευκολίες υποδοχής αποβλήτων στα λιμάνια, έτσι ώστε να αποφεύγεται η απόρριψη τους στη θάλασσα.

1.2.1 Χρέωση για Συλλογή και Διαχείριση πετρελαιοειδών αποβλήτων πλοίων σε λιμενικές περιοχές

Η χρέωση των πλοιοκτητών γίνεται με βάση τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες και το βάρος που μεταφέρει το κάθε πλοίο. Το κάθε πλοίο χρεώνεται ξεχωριστά για τη συλλογή:

- Κάθε σκάφος που φτάνει σε περιοχή λιμανιού από λιμάνι άλλης χώρας, με συχνότητα άφιξης τουλάχιστον 2 φορές την εβδομάδα, καταβάλλει δικαίωμα €715,08 το μήνα το οποίο καλύπτει μια παράδοση αποβλήτων το μήνα για ποσότητα μέχρι 15 m^3 .
- Κάθε πλοίο με μήκος 45 m που φτάνει σε περιοχή λιμανιού, από λιμάνι άλλης χώρας, καταβάλλει δικαίωμα €19,92 το μήνα, το οποίο καλύπτει μια παράδοση αποβλήτων το μήνα για ποσότητα μέχρι 3 m^3 .
- Επίσης, κάθε σκάφος αναψυχής και κάθε σκάφος παράκτιας κρουαζιέρας που χρησιμοποιεί ως βάση του οποιοδήποτε λιμάνι της Αρχής καταβάλλει δικαίωμα €10,23 το μήνα για παράδοση, χωρίς περιορισμό των αποβλήτων του στις διαθέσιμες φορητές δεξαμενές.
- Κάθε πλοίο που παραδίδει απόβλητα στον αδειούχο μέσα σε περιοχή λιμανιού κατά τις εργάσιμες ώρες δηλαδή, από τις 07:00 μέχρι τις 18:00 καταβάλλει δικαίωμα €30,65 για κάθε πρόσθετο κυβικό μέτρο πετρελαιοειδών αποβλήτων πέραν από αυτά που αντιστοιχούν στο δικαίωμα. Σε περίπτωση παράδοσης αποβλήτων πέραν των 100 m^3 , το δικαίωμα θα καθορίζεται με διαπραγμάτευση.
- Αν η παράδοση αποβλήτων γίνει εκτός εργάσιμων ωρών, δηλαδή από 18:00 μέχρι 07:00, η χρέωση αυξάνεται κατά ποσοστό 30%. Αν η παράδοσή τους γίνει Σάββατο, Κυριακή ή αργία, η χρέωση αυξάνεται κατά ποσοστό 50%.

Οι πιο πάνω χρεώσεις αφορούν ρυθμό παράδοσης αποβλήτων 10 m^3 σε 2 ώρες. Σε περίπτωση που η παράδοση αποβλήτων 10 m^3 ξεπερνά τις δυο ώρες με υπαιτιότητα του πλοίου θα υπάρχει πρόσθετη χρέωση €61,29/h. Αν η καθυστέρηση οφείλεται στον αδειούχο, τότε ο τελευταίος θα πληρώνει στην Αρχή €61,2/h. Το δικαίωμα των €30,65/ m^3 μειώνεται κατά ποσοστό 10%, εφόσον η περιβαλλοντική διαχείριση του πλοίου, ο σχεδιασμός, ο εξοπλισμός και η λειτουργία του είναι τέτοια ώστε ο πλοίαρχος να μπορεί να αποδείξει ότι

το πλοίο παράγει μειωμένες ποσότητες αποβλήτων. Τα πλοία που θα δικαιούνται τη μείωση αποφασίζονται από την Αρχή [2].

1.2.2 Χρέωση για Συλλογή Στερεών Απορριμμάτων

Το υφιστάμενο, σύστημα χρέωσης των υπηρεσιών που παρέχει η Αρχή Λιμένων Κύπρου για τη συλλογή στερεών απορριμμάτων από τα πλοία, αφορά 100% έμμεσο δικαίωμα που πληρώνεται από κάθε πλοίο που καταπλέει στα λιμάνια Λεμεσού και Λάρνακας ανεξάρτητα αν θα παραδώσει στερεά απορρίμματα.

Σύμφωνα με τις Κ.Δ.Π. 165/92 & Κ.Δ.Π. 322/2006 (Κ.Δ.Π.: Κώδικας Ποινικής Δικονομίας) «σκύβαλα κατηγορίας Α» σημαίνει σκύβαλα συνηθισμένης φύσης όπως υπολείμματα φαγητών ή άχρηστα αντικείμενα που προέρχονται από την κουζίνα ή από χώρους ενδιαίτησης του πληρώματος του πλοίου περιλαμβανομένου και αλιευτικού σκάφους ή σκάφους που χρησιμοποιεί ως βάση του περιοχή λιμανιού ύστερα από ειδική άδεια της Αρχής και «σκύβαλα κατηγορίας Β» σημαίνει άχρηστα υπολείμματα φορτίου ή μερών συσκευασίας φορτίου ή εφοδίων ή υλικών ή άλλων αντικειμένων από πλοίο.

Για κάθε πλοίο που φτάνει στην περιοχή του λιμανιού της Λάρνακας ή της Λεμεσού από λιμάνι του εξωτερικού πληρώνονται τα πιο κάτω δικαιώματα αποκομιδής σκυβάλων κατηγορίας Α (Κ.Δ.Π. 101/2001):

Πίνακας 1-4: Χρέωση για σκύβαλα κατηγορίας Α [2].

Τύπος/λειτουργία πλοίου στο λιμένα	Σταθερό τέλος ανά μέρα ή μέρος της στο λιμένα
Επιβατικά πλοία	€111,22
Πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	€33,40
Ro-Ro πλοία	€44,51
Πλοία φορτίου χύμα (bulk cargo)	€29,64
Συμβατικά πλοία	€37,07

Πλοία εν αναμονή εντολών (on orders)	€22,23
Πλοία υπό επισκευή, πλοία που εισέρχονται στους λιμένες για πετρέλευση, αλλαγή, επάνδρωσης, λήψη τροφοεφοδίων, κ.α.	€14,84

Ανεξάρτητα από τις πρόνοιες της προηγούμενης παραγράφου, οι ακόλουθες κατηγορίες σκαφών καταβάλλουν τα έναντι της κάθε κατηγορίας καθοριζόμενα δικαιώματα:

Πίνακας 1-5: Άλλες χρεώσεις [2].

Τύπος/λειτουργία σκάφους στο λιμένα	Σταθερό τέλος ανά μέρα/μήνα ή μέρος της/του στο λιμένα
Αλιευτικό σκάφος/ τράτα / ξιφιάδικο	€19,92
Σκάφος που έχει εξασφαλίσει γραπτή άδεια από την Αρχή για να προμηθεύει με καύσιμα άλλα σκάφη	€14,84 την ημέρα
Σκάφος παράκτιας κρουαζιέρας με μήκος μέχρι 15 μετρά ή με γυάλινο πυθμένα, για την περίοδο που πραγματοποιεί παράκτιες κρουαζιέρες	€19,92 το μήνα
Σκάφος παράκτιας κρουαζιέρας με μήκος πάνω από 15 μετρά , για την περίοδο που πραγματοποιεί παράκτιες κρουαζιέρες	€59,77 το μήνα
Σκάφος που έχει εξασφαλίσει ειδική γραπτή άδεια από την Αρχή για να χρησιμοποιεί ως βάση του περιοχή λιμανιού για να εξαγάγει βοηθητικές λιμενικές εργασίες	€19,92 το μήνα

Για την αποκομιδή των σκυβάλων της κατηγορίας Β που προέρχονται από πλοία που βρίσκονται στην περιοχή του λιμανιού της Λάρνακας ή της Λεμεσού πληρώνονται δικαιώματα, ανάλογα με την ποσότητα και το είδος των σκυβάλων για αποκομιδή, έπειτα από ειδική συμφωνία. Για κάθε απόδειξη που εκδίδεται για παράδοση σκουπιδιών στην ξηρά, καταβάλλεται δικαίωμα ύψους €2,00 [2].

1.2.3 Απόβλητα Από Πλοία που Απορρίπτονται στην Θάλασσα

Το πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων πλοίων καθορίζεται από τη Διεθνή, Ευρωπαϊκή και Εθνική Νομοθεσία και πρακτική. Πιο συγκεκριμένα στηρίζεται στη Διεθνή Σύμβαση MARPOL 73/78 όπως ενσωματώθηκε στο δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με την Οδηγία ΕΕ 2000/59 και στο Εθνικό Δίκαιο με την ΚΥΑ 3418/07/2002 [4].

Στον Πίνακα 1-6 παρουσιάζονται το είδος των αποβλήτων που τα πλοία μπορούν να απορρίπτουν στην θάλασσα μέσα ή έξω από ειδικές περιοχές, όπως καθορίζεται από την διεθνή οδηγία MARPOL 73/78 ANNEX V [5]. Όταν τα απόβλητα έχουν αναμιχθεί ή μολυνθεί με άλλες επιβλαβή ουσίες, απαγορεύεται η απόρριψη και ισχύουν οι αυστηρότερες απαιτήσεις. Τα πολτοποιημένα ή αλεσμένα απόβλητα τροφίμων πρέπει να έχουν διάμετρο όχι μεγαλύτερη από 25 mm. Για παράδειγμα, η απόρριψη προϊόντων που προέρχονται από πτηνά (κυρίως φαγητά) δεν επιτρέπεται στην περιοχή της Ανταρκτικής, εκτός εάν αποτεφρωθούν ή αποστειρωθούν.

Οι υπεράκτιες πλατφόρμες και τα συναφή πλοία βρίσκονται τουλάχιστο 12 ναυτικά μίλια από την πλησιέστερη ακτή, και περιλαμβάνουν όλες τις σταθερές ή πλωτές εξέδρες που ασχολούνται με την εξερεύνηση ή εκμετάλλευση ή τη σχετική επεξεργασία των ορυκτών πόρων στο βυθό. Στην κατηγορία “κατάλοιπα φορτίου” (βλέπε Πίνακα 1-6), θεωρούνται μόνο τα κατάλοιπα που δεν μπορούν να ανακτηθούν με τη χρήση διαθέσιμων μεθόδων. Τα “καθαριστικά και τα άλλα πρόσθετα καθαρισμού” δεν πρέπει να είναι επιβλαβή για το θαλάσσιο περιβάλλον [5].

Η ανεξέλεγκτη απόρριψη των αποβλήτων από πλοία στον θαλάσσιο χώρο έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η Αρχή Λιμένων δεν είναι σε

θέση να γνωρίζει τι πραγματικά απορρίπτον τα πλοία και που. Με σκοπό τον περιορισμό της θαλάσσιας ρύπανσης προβάλλει επιτακτική η ανάγκη οργάνωσης κατάλληλων λιμενικών εγκαταστάσεων υποδοχής και διαχείρισης των αποβλήτων που παράγονται από τα πλοία.

Πίνακας 1-6: Απόβλητα που μπορούν να απορρίπτονται στην θάλασσα [5].

Είδος Αποβλήτων	Όλα τα πλοία εκτός Πλατφόρμες		Υπεράκτιες πλατφόρμες πέραν των 12 nm από την πλησιέστερη ακτή και πλοία (παράλληλα ή σε απόσταση 500 m από πλατφόρμες)
	Έξω από ειδικές περιοχές (οι αποστάσεις είναι από την πιο κοντινή ακτή)	Μέσα σε ειδικές περιοχές (οι αποστάσεις είναι από την πιο κοντινή ακτή)	
Απόβλητα τροφίμων πολτοποιημένα ή αλεσμένα	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 3 nm (ναυτικά μίλια)	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 12 nm (ναυτικά μίλια)	Απόρριψη Επιτρέπεται
Απόβλητα τροφίμων ΜΗ πολτοποιημένα ή αλεσμένα	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 12 nm	Απόρριψη Απαγορεύεται	Απόρριψη Απαγορεύεται
Κατάλοιπα φορτίου που ΔΕΝ περιέχονται σε νερό πλύσης	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 12 nm είναι εφικτό	Απόρριψη Απαγορεύεται	Απόρριψη Απαγορεύεται

Κατάλοιπα που περιέχονται σε νερό πλύσης	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 12 nm	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 12 nm	Απόρριψη Απαγορεύεται
Καθαριστικά και άλλα πρόσθετα που περιέχονται σε νερό πλύσης	Απόρριψη Επιτρέπεται	Απόρριψη Επιτρέπεται Σε απόσταση ≥ 12 nm	Απόρριψη Απαγορεύεται
Καθαριστικά και άλλα πρόσθετα καθαρισμού καταστρώματος και εξωτερικών επιφανειών σε νερό πλύσης	Απόρριψη Επιτρέπεται	Απόρριψη Επιτρέπεται	Απόρριψη Απαγορεύεται
Κατάλοιπα από σφαγές των ζώων (πρέπει να χωριστούν ή να υποβάλλονται σε άλλες επεξεργασίες για να εξασφαλιστεί ότι θα βυθιστούν αμέσως)	Απόρριψη Επιτρέπεται Πρέπει να γίνει κατά μήκος και όσο πιο μακριά γίνεται από την κοντινή ακτή, σε βάθος ≥ 100 nm	Απόρριψη Απαγορεύεται	Απόρριψη Απαγορεύεται

Απαγορεύεται αυστηρά η απόρριψη όλων των άλλων σκουπιδιών όπως πλαστικά, συνθετικά σχοινιά, αλιευτικά εργαλεία, πλαστικές σακούλες σκουπιδιών, στάχτες, μαγειρικό λάδι, υλικά συσκευασίας, χαρτί, κουρέλια, μεταλλικά σκεύη, γυάλινα μπουκάλια και παρόμοια απορρίμματα.

1.3 Κόστος Μεταφοράς Αποβλήτων

Η συλλογή και διάθεση των λυμάτων από τα πλοία στα λιμάνια Λεμεσού και Λάρνακας, γίνεται με βυτιοφόρα οχήματα που ανήκουν σε αδειούχα ιδιωτική εταιρεία συλλογής λυμάτων. Όσον αφορά το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων στο Βατί, δεν έχει γίνει συνοπτική μελέτη για το λιμάνι Λεμεσού, άλλα τα στοιχεία από το λιμάνι Λάρνακας υποδεικνύουν ότι για κάθε εκφόρτωση το κόστος ανέρχεται περίπου στα €10 για 1,5 ώρα κίνησης το όχημα καταναλώνει περίπου 12 λίτρα καυσίμου (πετρέλαιο), ενώ το κόστος μισθοδοσίας των υπαλλήλων είναι €10/ώρα. Υπολογίζεται ότι σε κάθε εκφόρτωση, εκφορτώνονται 2 τόνοι αποβλήτων και χρειάζονται 2 υπάλληλοι. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπάλληλοι δραστηριοποιούνται και εντός του λιμανιού για τουλάχιστο το διπλάσιο χρόνο από την εκφόρτωση, δηλαδή για κάθε 1 ώρα εκφόρτωσης με 2 υπαλλήλους, ακόμη 1 υπάλληλος έχει δουλέψει εντός του λιμανιού για 2 ώρες, αλλά οι εργασίες τους δεν είναι αποκλειστικά για τη διαχείριση των αποβλήτων των πλοίων [1].

1.4 Προβλήματα που Παρουσιάζονται

Η πιο πάνω διαδικασία έχει δημιουργήσει αρκετά προβλήματα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην κοινωνία. Τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν είναι η μη αναστρέψιμη μόλυνση και η υποβάθμιση της ποιότητας εδαφών στο Βατί από τη συνεχή απόρριψη αποβλήτων, η μόλυνση της ποιότητας του αέρα και η δυσοσμία στην περιοχή [1, 4]. Τα σκουπίδια από τα πλοία μπορεί να είναι εξίσου θανατηφόρα με τη θαλάσσια ζωή, όπως το πετρέλαιο ή τα χημικά. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος προέρχεται από τα πλαστικά, τα οποία μπορούν να επιπλέουν για χρόνια. Είναι σαφές ότι ένα μεγάλο μέρος των σκουπιδιών που ξεβράζονται στις παραλίες προέρχεται από παραθεριστές που αφήνουν τα σκουπίδια τους στην παραλία, ψαράδες ή από τις πόλεις που απορρίπτουν τα σκουπίδια σε ποτάμια ή στη θάλασσα. Όμως, σε ορισμένους τομείς περισσότερο από τα σκουπίδια που βρέθηκαν προέρχονται από διερχόμενα πλοία που βρίσκουν βολικό να απορρίψουν τα σκουπίδια τους στη θάλασσα αντί στα λιμάνια.

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) κατά την 55η σύνοδό της τον Οκτώβριο του 2006, συνέστησε μια ομάδα για συνολική αναθεώρηση της σύμβασης MARPOL Παράρτημα V “Κανονισμοί για την πρόληψη της ρύπανσης από απορρίμματα από τα πλοία που σχετίζονται με αναθεωρημένες κατευθυντήριες γραμμές για την εφαρμογή της σύμβασης MARPOL Παράρτημα V”. Η ομάδα ολοκλήρωσε τις εργασίες της το Φθινόπωρο του 2010 όπου και ενεκρίθησαν από την 61^η σύνοδο της MEPC. Το αναθεωρημένο Παράρτημα V απαγορεύει την απόρριψη του συνόλου των απορριμμάτων στη θάλασσα, εκτός αν προβλέπεται διαφορετικά [6].

Από την άλλη πλευρά ο παρακείμενος πληθυσμός και άλλοι πολιτικοί παράγοντες πιέζουν για καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων, εναρμόνιση με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης άλλα και τη βελτίωση της εικόνας της Αρχής όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιδόσεις της. Οι μεγάλες εταιρίες κρουαζιερόπλοιων δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην περιβαλλοντική πολιτική της Αρχής. Τέλος, παρουσιάζονται και κάποια οικονομικά προβλήματα που αφορούν το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων στο Βατί και τους μισθούς υπαλλήλων [1, 4].

Βιβλιογραφία

- [1] Στοιχεία που δόθηκαν από την Αρχή Λιμένων Λεμεσού (κ. Πέτρος Δία υπεύθυνος λειτουργός περιβάλλοντος).
- [2] Αρχή Λιμένων Λεμεσού, «*Σχέδιο Παραλαβής και Διαχείρισης Απόβλητων Πλοίων*».
- [3] Alexandros Charalambides, Petros Savva, Costas Costa, «*Waste and Biomass Valorization Environmental, Economical and Marketing Aspects of the Operation of a Waste-to-Energy Plant in the Kotsiatis Landfill in Cyprus - A Case Study*»
Department of Environmental Science and Technology, Cyprus University of Technology
- [4] Χρυσάνθη Κοντογιώργη, Ιωάννης Θεοχάρης «*Λιμενικές Εγκαταστάσεις Διαχείρισης Αποβλήτων Πλοίων*», Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς ΑΕ (ΟΛΠ ΑΕ).
<http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11777>
- [5] Marpol 73/78 Annex V - Regulation for Preventing Pollution by Ships.
<http://www.delitek.no/Delitek/Rules-Regulations/Marpol-73-78-Annex-V>
- [6] International Maritime Organization, “*Prevention of Pollution by Garbage From Ships*”.
<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Garbage/Pages/Default.aspx>

2 ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όπως έχει προαναφερθεί, η ελεύθερη απόρριψη των στερεών αποβλήτων στο περιβάλλον και η αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση, δημιουργεί έντονα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα. Για το λόγο αυτό, κρίνεται επιτακτική η ανεύρεση εναλλακτικών μεθόδων επεξεργασίας των αποβλήτων και παραγωγής ενέργειας.

Η Κύπρος ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να εναρμονίζεται με τις σχετικές νομοθεσίες και διατάξεις. Σύμφωνα με τις διατάξεις της κοινοτικής Οδηγίας 2000/59, οι διαδικασίες παραλαβής, συλλογής, αποθήκευσης, επεξεργασίας και διάθεσης των αποβλήτων των πλοίων πρέπει να συμμορφώνονται, από κάθε άποψη, προς ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης κατάλληλο για τη σταδιακή μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Επιπλέον, με βάση την ισχύουσα οδηγία 2008/98/EK, τα κράτη μέλη υποχρεούνται να θεσπίσουν ένα σχέδιο διαχείρισης των απόβλητων τους καθώς και προγράμματα πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων μέχρι το τέλος του 2013 [1]. Τα προγράμματα θα διασφαλίζουν ότι το ευρύ κοινό θα έχει την ευκαιρία να συμμετέχει στην εκπόνηση των εν λόγω σχεδίων και προγραμμάτων.

Από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιώντας το σύνθημα 20-20-20, όλα τα κράτη μέλη υποχρεούνται να επιτύχουν τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στο 20% και τη συμμετοχή των Α.Π.Ε. στο 20% μέχρι το 2020. Η Κύπρος είναι ένα νησί που εξαρτάται άμεσα από τα συμβατικά καύσιμα, αφού καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες μέσω της εισαγωγής πετρελαίου. Το γεγονός αυτό έχει σημαντικό αντίκτυπο τόσο στην οικονομία όσο και στο περιβάλλον του νησιού [2].

Η εκμετάλλευση των αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας αποτελεί μία από τις επιλογές που προβλέπονται στην οδηγία ως πιθανή λύση. Τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν δείξει ότι η κατασκευή μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας από απόβλητα βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ζωής, μειώνει τα περιβαλλοντικά προβλήματα, και είναι οικονομικά βιώσιμη χωρίς κυβερνητική επιδότηση.

Η παρούσα ενότητα εστιάζεται στη δημιουργία μονάδας παραγωγής ενέργειας από τα απόβλητα των κρουαζιερόπλοιων. Αρχικά, επιλέγεται η πιθανή τοποθεσία εγκατάστασης της μονάδας και ακολούθως αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας της και τα πλεονεκτήματά της.

2.1 Τοποθεσία Μονάδας

Η εύρεση κατάλληλου χώρου και η βέλτιστη χωροθέτηση της μονάδας αποτελούν προϋπόθεση για την οικονομικά αποδοτική και κοινωνικά αποδεκτή λειτουργία της. Η μελέτη χωροθέτησης λαμβάνει υπόψη τόσο το ιδιοκτησιακό καθεστώς της επιλεγμένης περιοχής όσο και τη στάση της τοπικής κοινωνίας στην εγκατάσταση μιας μονάδας διαχείρισης απορριμμάτων προερχόμενα από κρουαζιερόπλοια. Παραδείγματα μακρόχρονων καθυστερήσεων, ακόμη και ματαίωσης έργων στον Κυπριακό χώρο υπάρχουν πολλά. Η διαθεσιμότητα των εκτάσεων, ο σαφής καθορισμός της αξίας της γης και η δεδηλωμένη αποδοχή από την τοπική κοινότητα της προτεινόμενης θέσης είναι παράγοντες επικινδυνότητας που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν την έναρξη του έργου.

Η περιοχή του λιμανιού της Λεμεσού είναι χώρος πολύτιμος καθώς ενοικιάζεται σε πολύ ψηλά ποσά και δεν προσφέρεται για αυτού του είδους την εργασία. Ο χώρος είναι απαραίτητος για τη λειτουργία υπηρεσιών που δεν μπορούν να λειτουργήσουν εκτός λιμενικού χώρου και πρέπει να αποφεύγεται η πιθανή οχληρία που θα δημιουργούσε η ανέγερση και λειτουργία της μονάδας. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εγγύτητα του λιμανιού Λεμεσού σε χώρους περιβαλλοντικά ευαίσθητους όπως είναι ο βαλτότοπος Μερρά, οι Βάσεις Ακρωτηρίου καθώς και η οικιστική περιοχή Ζακάκι [3].

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα πιο πάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ανέγερση της μονάδας θα πρέπει να γίνει σε χώρο εκτός της περιοχής λιμανιού. Η πιο πιθανή τοποθεσία ανέγερσης της μονάδας είναι μια περιοχή μη περιβαλλοντικά ευαίσθητη και πλησίον του λιμανιού. Το πλεονέκτημα της τοποθεσίας αυτής είναι η μείωση των εξόδων μεταφοράς των απορριμμάτων.



Εικόνα 2-1: Ο κορεσμένος σκυβαλότοπος στο Βατί.

2.2 Μονάδα Επεξεργασίας Αποβλήτων

Βασική προϋπόθεση για τη λειτουργία της μονάδας είναι ο διαχωρισμός όλων των αποβλήτων που θα συλλέγονται από τα κρουαζιερόπλοια σε αντίστοιχα ρεύματα, και όλα τα ρεύματα αποβλήτων να θεωρούνται ως "πόροι" (resources). Ρεαλιστικά αυτό μπορεί να γίνει για τα οργανικά απόβλητα, ενώ για τα ανακυκλώσιμα μπορεί να γίνει η διαχείρισή τους δωρεάν και να τα αναλάβει όλα μία ιδιωτική εταιρεία.

Τα διαχωρισμένα απόβλητα θα μεταφέρονται στη μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων, όπου θα υφίστανται και την ανάλογη επεξεργασία. Οι τεχνολογίες επεξεργασίας και μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις θερμικές και μη-θερμικές τεχνολογίες. Οι θερμικές τεχνολογίες περιλαμβάνουν καύση (combustion), αεριοποίηση (gasification), θερμικό αποπολυμερισμό (thermal depolymerization), αεριοποίηση πλάσματος τόξου (plasma arc gasification) και πυρόλυση (pyrolysis), ενώ οι μη-θερμικές τεχνολογίες είναι η αναερόβια χώνευση (anaerobic digestion), η ζύμωση (fermentation) και η μηχανική βιολογική επεξεργασία (biological mechanical treatment). Οι παραπάνω τεχνικές χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο για την παραγωγή ενέργειας από απόβλητα και η επιλογή τεχνολογίας (θερμική ή μη-θερμική) γίνεται με βάση τη σύσταση του ρεύματος των αποβλήτων που θα εισέρχονται στη μονάδα [1, 4].

Τα στερεά απορρίμματα που προέρχονται από τα κρουαζιερόπλοια περιλαμβάνουν τις πιο κάτω κατηγορίες: φαγητά, πλαστικά και άλλα, όπως φαίνονται στον Πίνακα 1-3. Στην κατηγορία “άλλα” περιλαμβάνονται υλικά που δεν μπορούν να διαχωριστούν όπως μέταλλα, γυαλί και χαρτί. Κάθε κατηγορία θα υποβάλλεται σε διαφορετική επεξεργασία με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Με βάση τις τεχνολογίες επεξεργασίας των αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας, προκύπτουν δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά τη δημιουργία δύο μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων και περιλαμβάνει μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας (καύσης ή πυρόλυσης) και μία μονάδα μη-θερμικής επεξεργασίας (αναερόβια χώνευση). Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει μόνο μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας. Η επιλογή σεναρίου θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια.

2.2.1 Μη-Θερμικές Τεχνολογίες Παραγωγής Ενέργειας

Στη μάζα των απορριμμάτων μέσα σε ένα χώρο διάθεσης συμβαίνουν πλήθος φυσικών και χημικών αντιδράσεων τα οποία αφορούν στην αποσύνθεση των απορριμμάτων και τη μετατροπή τους σε σταθερές χημικές ενώσεις. Μεταξύ άλλων, παρατηρείται και το φαινόμενο της μεθανογένεσης, δηλαδή της δημιουργίας και εκπομπής βιοαερίου. Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, μαζί με υδρατμούς και μικρές ποσότητες οργανικών ενώσεων. Τόσο το διοξείδιο του άνθρακα, όσο και το μεθάνιο είναι άχρωμα και άοσμα και δρουν επιβαρυντικά στο περιβάλλον, αφού συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, με το μεθάνιο να είναι 31 φορές δραστικότερο από το διοξείδιο του άνθρακα. Η σημαντική ποσότητα του μεθανίου στο βιοαέριο το καθιστά κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας.

Η βιολογική μέθοδος που παράγει ενέργεια είναι κατά κύριο λόγο η αναερόβια χώνευση, η οποία παράγει βιοαέριο. Η μέθοδος αυτή είναι η ηπιότερη μιας και είναι φυσική και δεν χαρακτηρίζεται από τις μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που είναι συνυφασμένες με τις θερμικές μεθόδους επεξεργασίας.

Με τον όρο αναερόβια χώνευση αναφερόμαστε στη διεργασία κατά την οποία η οργανική ύλη μετατρέπεται σε CH₄ (μεθάνιο) και CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα) με τη συνδυασμένη δράση μεικτού πληθυσμού μικροοργανισμών και απουσία οξυγόνου. Ο βασικός στόχος της μεθόδου είναι η ανάκτηση ενέργειας (υπό μορφή μεθανίου). Δευτερεύων στόχος είναι η μείωση του όγκου και του βάρους των αποβλήτων, η βιολογική σταθεροποίησή τους, και η πιθανή ανάκτηση θρεπτικών συστατικών για το έδαφος μέσω της χρήσης του παραγόμενου υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικού.

Πιο κάτω παρατίθεται η συνολική χημική αντίδραση η οποία λαμβάνει χώρα κατά την αναερόβια χώνευση:

Οργανική ύλη + νερό → CH₄ + CO₂ + NH₃ + H₂S + νέα κύτταρα + θερμότητα (εξίσωση 2.1)

Η αναερόβια αποσύνθεση του οργανικού κλάσματος παράγει βιοαέριο, CH₄: 30-35% κ.ο., CO₂: 65-70% κ.ο. (κ.ο.: κατά όγκο).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση είναι οι εξής:

- σύσταση οργανικής ύλης,
- pH,
- θερμοκρασία,
- θρεπτικά συστατικά (N, P),
- τοξικές ουσίες- παρεμποδιστές [5].

Η εκμετάλλευση του βιοαερίου που παράγεται κατά την υγειονομική ταφή, αποτελεί σημαντική μέθοδο ανάκτησης ενέργειας. Η μέθοδος όμως αυτή χαρακτηρίζεται από πολύ βραδύ ρυθμό που συνήθως διαρκεί 5 - 10 έτη. Η επιτάχυνση της απελευθέρωσης του βιοαερίου μπορεί να επιτευχθεί σε ειδικούς αντιδραστήρες υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Επιπλέον, οι αντιδραστήρες αυτοί αποδίδουν το υπόλειμμα της αποσύνθεσης για περαιτέρω επεξεργασία και χρήση του ως εδαφοβελτιωτικό, με αερόβια λιπασματοποίηση.

Χρησιμοποιούνται δύο τύποι αναερόβιων συστημάτων:

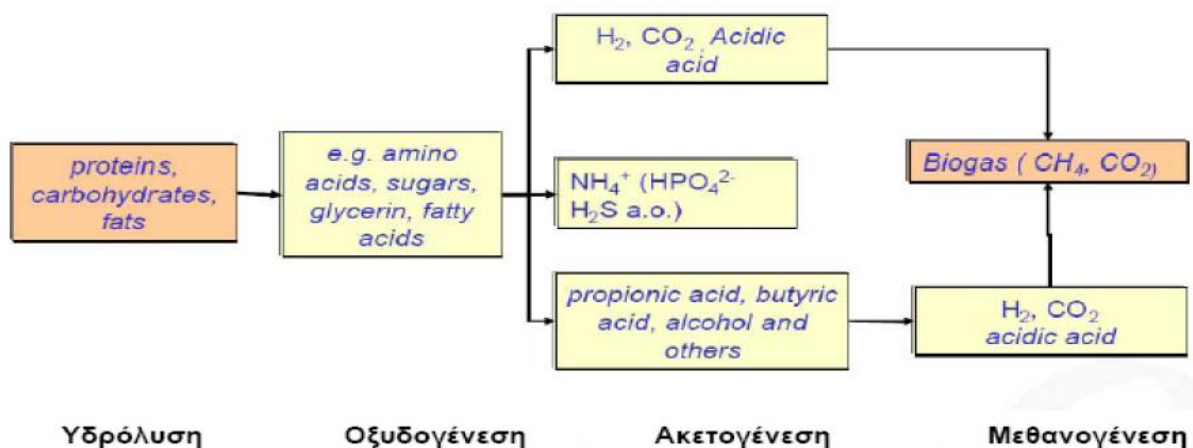
1. τα υγρά συστήματα,
2. τα ξηρά συστήματα.

Τα ξηρά συστήματα απαιτούν λιγότερη χρήση νερού σε σύγκριση με τα υγρά συστήματα, αλλά και αντιδραστήρα σύγχρονης τεχνολογίας. Οι αντιδραστήρες λειτουργούν είτε σε μεσοφιλικές θερμοκρασίες (33 - 37°C), είτε σε θερμοφιλικές (55 - 60°C) συνθήκες. Οι απαιτούμενοι χρόνοι παραμονής είναι μικρότεροι στα θερμοφιλικά συστήματα, το υψηλότερο ενεργειακό κόστος ωστόσο τα καθιστά ασύμφορα [5, 6].

Σε μια τυπική μονάδα αναερόβιας επεξεργασίας πραγματοποιούνται οι παρακάτω διαδικασίες [6]:

- Διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος από τα μέταλλα, τα πλαστικά, το γυαλί. Η μονάδα επεξεργάζεται μόνο απόβλητα της κατηγορίας “φαγητά”.
- Υδρόλυση των οργανικών ενώσεων (λίπη, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες) με τη βοήθεια ενζύμων που εκλύονται από υδρολυτικά βακτήρια και μετατροπή τους σε υδατοδιαλυτά προϊόντα μικρότερου μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, αμινοξέα, κλπ).

- Οξυδογένεση, δηλαδή ζύμωση των παραπάνω διαλυτών προϊόντων και μετατροπή τους σε μια ποικιλία ενδιάμεσων προϊόντων, όπως μικρού μοριακού βάρους οργανικά οξέα, αλκοόλες, CO_2 , H_2 και NH_3 .
- Ακετογένεση, δηλαδή παραγωγή οξικού οξέος, CO_2 και H_2 από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου με τη βοήθεια οξεογενών βακτηρίων. Στη φάση αυτή, το CO_2 είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου.
- Μεθανογένεση, κατά την οποία τα προϊόντα της προηγούμενης φάσης μετατρέπονται σε CH_4 και CO_2 από τα μεθανογενή βακτήρια.
- Διήθηση ή φυγοκέντριση αναερόβιας ιλύος.
- Αερόβια σταθεροποίηση αναερόβιας ιλύος.



Εικόνα 2-2: Οι φάσεις των βιολογικών διεργασιών της αναερόβιας χώνευσης [6].

Καθεμία από τις παραπάνω φάσεις πραγματοποιείται με τη βοήθεια συγκεκριμένων ομάδων βακτηρίων, τα οποία ταξινομούνται με βάση τις τροφικές τους απαιτήσεις. Ταυτόχρονα, λαμβάνουν χώρα πολλές άλλες αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν και ομάδες βακτηρίων ανταγωνιστικές με τα μεθανογενή [7].

2.2.1.1 Επιλογή Συστήματος

Τα συστήματα της αναερόβιας χώνευσης διακρίνονται, ανάλογα με τον αριθμό των αντιδραστήρων που χρησιμοποιούν σε:

- συστήματα ενός σταδίου, όταν όλες οι φάσεις της βιολογικής μετατροπής πραγματοποιούνται σε έναν αντιδραστήρα, και
- συστήματα πολλών σταδίων όταν η υδρόλυση και μεθανιογένεση πραγματοποιούνται σε ξεχωριστούς αντιδραστήρες.

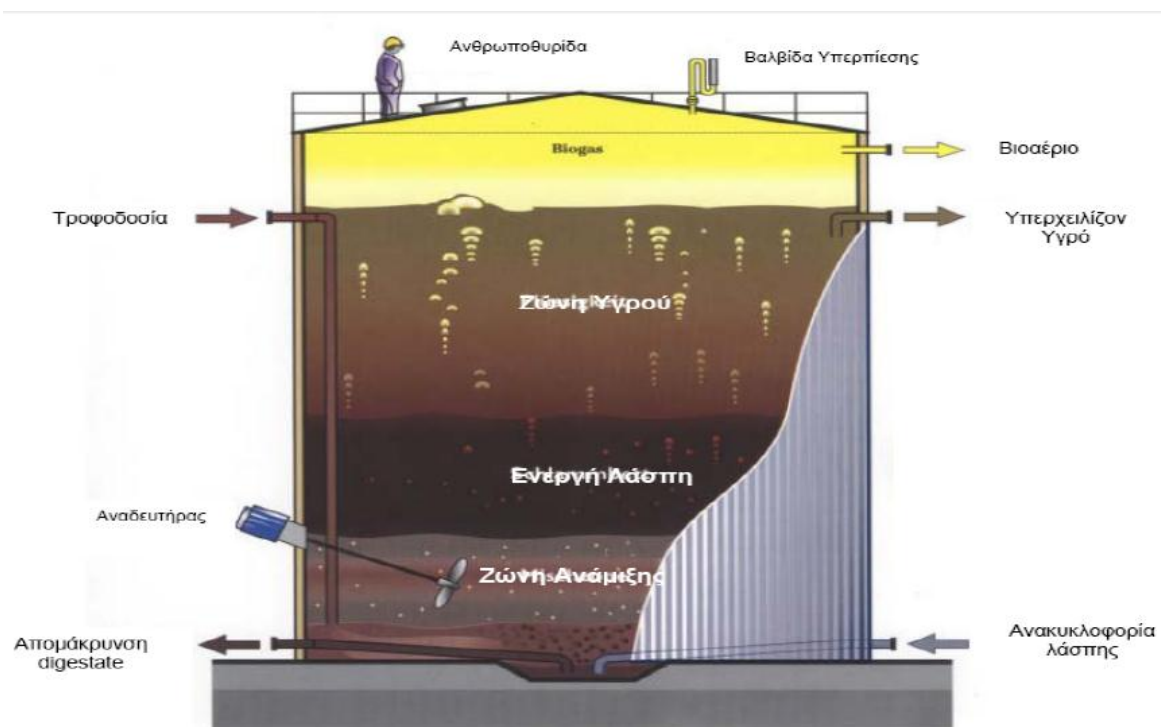
Οι βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες για τις βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στις διακριτές φάσεις της αναερόβιας χώνευσης διαφέρουν ελαφρώς από φάση σε φάση. Συνεπώς, όταν η αναερόβια χώνευση λαμβάνει χώρα εξ' ολοκλήρου σε ένα βιοαντιδραστήρα, δεν μπορούν να βελτιστοποιηθούν οι επιμέρους φάσεις της. Αντίθετα, ο διαχωρισμός της διεργασίας σε ξεχωριστούς αντιδραστήρες, έτσι ώστε η υδρόλυση/οξεογένεση να λαμβάνουν χώρα ανεξάρτητα από τη μεθανιογένεση επιτρέπει την ταυτόχρονη βελτιστοποίηση των διαφορετικών φάσεων και αυξάνει τη συνολική ταχύτητα και απόδοση της όλης διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης. Βέβαια, αυτό το πλεονέκτημα αντισταθμίζεται από το μειονέκτημα του αυξημένου κόστους του πρόσθετου βιοαντιδραστήρα και των συστημάτων μεταφοράς των αποβλήτων.

Οι περισσότερες εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες τείνουν να προτιμούν τις απλούστερες λύσεις γι' αυτό και σήμερα επικρατούν στην αγορά τα συστήματα ενός σταδίου, παρά τη μειωμένη απόδοση τους σε σχέση με τα συστήματα των δύο σταδίων. Έτσι, στη μονάδα προτείνεται να χρησιμοποιηθεί κλασσικό σύστημα αναερόβιας χώνευσης ενός αντιδραστήρα [6, 8]. Στη συνέχεια αναλύεται η λειτουργία του συστήματος που προτείνεται να τοποθετηθεί στη μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων που προκύπτουν από τα κρουαζιερόπλοια τα οποία ενλιμανίζονται στο λιμάνι της Λεμεσού.

2.2.1.2 Κλαστικό Σύστημα Αναερόβιας Χώνευσης Ενός Αντιδραστήρα

Κατά το στάδιο της προεπεξεργασίας, απομακρύνονται τα μέταλλα, το γυαλί, τα πλαστικά και τα άλλα ανόργανα υλικά και εξασφαλίζεται η κατάλληλη κοκκομετρία. Στη διαδικασία αυτή πραγματοποιείται επεξεργασία μονό της κατηγορίας “φαγητά” όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-1. Αφού επιτευχθεί ο διαχωρισμός, προστίθεται νερό. Ακολούθως, το αιώρημα οδηγείται σε αντιδραστήρα όπου χωνεύεται με χρόνο παραμονής 2-3 εβδομάδες. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα αντιδραστήρα, με χρόνο παραμονής κάποιων εβδομάδων, στον οποίο συνήθως πραγματοποιείται ανάδευση του περιεχομένου. Στόχος της ανάδευσης είναι η αποφυγή συσσώρευσης μεταβολικών προϊόντων που μπορούν να οδηγήσουν στη θανάτωση των ενεργών μικροβίων.

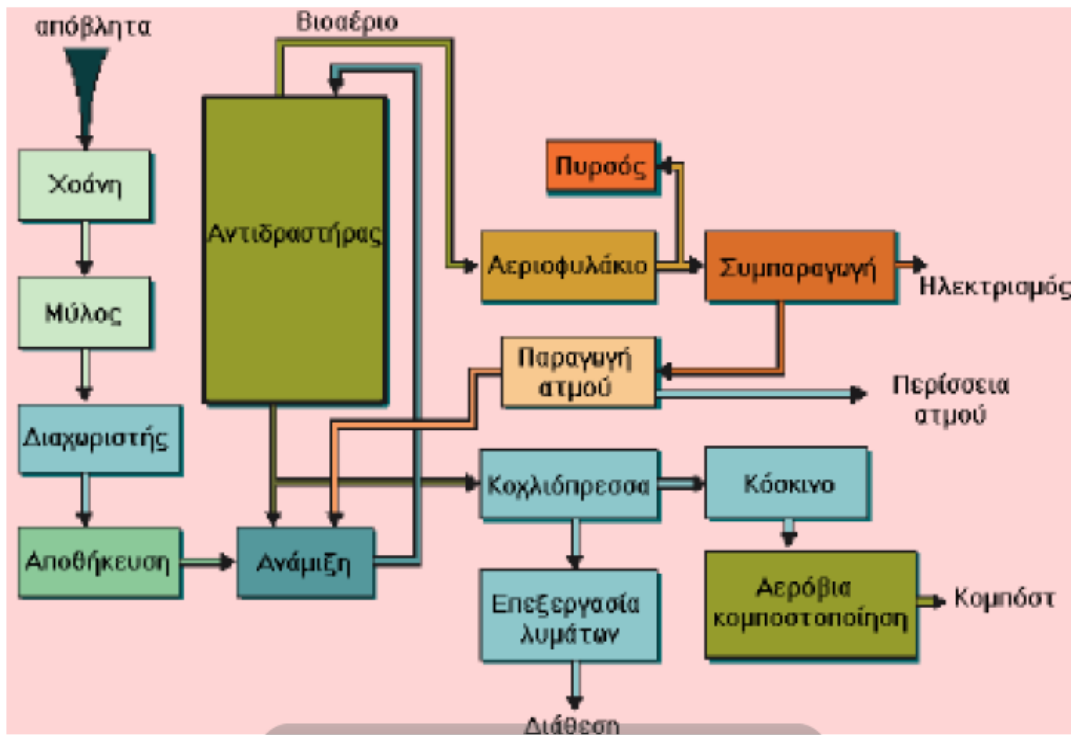
Στην περίπτωση μη ανάδευσης, δημιουργούνται τέσσερα στρώματα εντός του αντιδραστήρα (Εικόνα 2-3), ενώ στην κορυφή αυτού γίνεται συλλογή του παραγόμενου αερίου. Αφού παραχθεί το βιοαέριο, η ίλύς λιπασματοποιείται αερόβια (κομποστοποίηση) και απομακρύνεται. Το υλικό αυτό είναι σταθεροποιημένο και απαλλαγμένο από παθογόνους οργανισμούς με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό ή ως επικαλυπτικό στην υγειονομική ταφή απορριμμάτων [8].



Εικόνα 2-3: Αναπαράσταση κλασικού συστήματος ενός αντιδραστήρα.

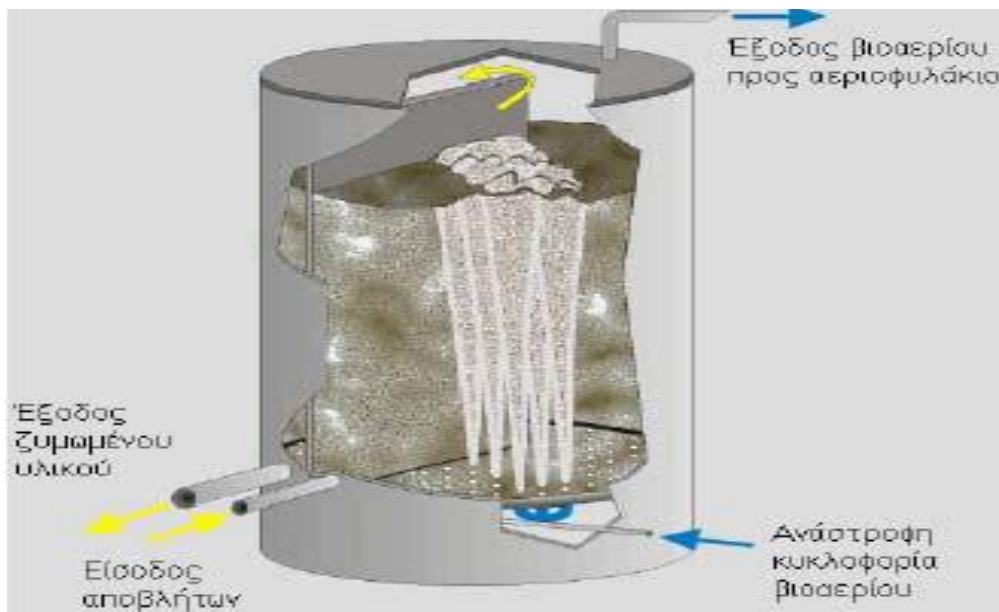
Τα πιο γνωστά και συνήθη συστήματα αυτού του τύπου αναερόβιας επεξεργασίας είναι το Dranco, Valorga και Komprogas, τα οποία λειτουργούν σε ένα στάδιο και με υψηλή συγκέντρωση στερεών.

- i. **Dranco:** Είναι ένα μονοβάθμιο ανερόβιο σύστημα υψηλής συγκέντρωσης σε στερεά, που λειτουργεί σε θερμοφίλες (ψηλές) θερμοκρασίες. Η τροφοδοσία εισάγεται στην κορυφή του αντιδραστήρα και μετακινείται προς τα κάτω μέχρι την κωνική βάση, όπου ένα τρυπάνι απομακρύνει το υπόλειμμα (χωνεμένη ιλύς). Ένα κλάσμα της ιλύος μεταφέρεται στην αντλία ανάμειξης, όπου εκεί αναμειγνύεται με τη νέα τροφοδοσία προκειμένου η δεύτερη να έρθει σε θερμοκρασία λειτουργίας. Το υπόλοιπο της ιλύος αφυδατώνεται και παράγει νερό και το στερεό υλικό τύπου κόμποστ. Δεν υπάρχει ανάδευση στο εσωτερικό του αντιδραστήρα, περά από αυτήν που προκαλείται από την κίνηση των αποβλήτων προς τα κάτω, και την κίνηση των φυσαλίδων των βιογενών αερίων που παράγονται, προς τα πάνω [6, 9].



Εικόνα 2-4: Διάγραμμα ροής συστήματος Dranco [6].

- ii. **Valorga:** Η διαδικασία Valorga αναπτύχθηκε το 1981 για την επεξεργασία οργανικών στερεών αποβλήτων. Ένας υψηλής περιεκτικότητας σε στερεά χωνευτήρας τροφοδοτείται με το οργανικό κλάσμα. Χρησιμοποιείται ατμός για τη θέρμανση και το νερό που προκύπτει από τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για την αραίωση της τροφοδοσίας στο βαθμό που απαιτείται. Μεσόφιλα ή θερμοφιλα συστήματα χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις πρώτες ύλες αλλά και τις οικονομικές παραμέτρους. Ο αντιδραστήρας αποτελείται από ένα κατακόρυφο εξωτερικό κύλινδρο με ένα εσωτερικό τείχος που εκτείνεται περίπου στα $\frac{2}{3}$ της διαμέτρου της δεξαμενής. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων είναι 18 - 23 ημέρες και μετά τη χώνευση, η κομποστοποίηση του υπολείμματος διαρκεί περίπου δύο εβδομάδες [6, 7].



Εικόνα 2-5: Ο αντιδραστήρας της μεθόδου Valorga [6].

- iii. **Kompogas:** Αντίθετα με τους δύο δημοφιλείς ενός σταδίου «ξηρούς» χωνευτήρες που προαναφέρθηκαν, το σύστημα Kompogas χρησιμοποιεί ένα οριζόντιο χωνευτήρα εμβολικής ροής, με εσωτερικούς έλικες που συμβάλλουν στην εξαέρωση και στην ομογενοποίηση των αποβλήτων. Οι μεγαλύτερες δυναμικότητες επιτυγχάνονται μέσω παράλληλης σύνδεσης των μονάδων. Η συγκέντρωση της υγρασίας πρέπει να διατηρείται στο 72-77%, προκειμένου στο σύστημα να υπάρχει η κατάλληλη ροή και ως εκ τούτου ένα μέρος του νερού που προκύπτει από τη διαδικασία ή/και την ξήρανση της ιλύος αναμειγνύεται με το εισερχόμενο οργανικό απόβλητο [8].

2.2.1.2.1 Επιλογή

Τα υπάρχοντα εμπορικά συστήματα Dranco έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία ότι έχουν απόδοση παραγωγής βιοαερίου 0,103 - 0,147 m³/kg και λειτουργούν σε ψηλές θερμοκρασίες [8]. Η διαδικασία Dranco παράγει ένα προϊόν τύπου κόμποστ και θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να κυμαίνεται από 0.15 – 0.32 MWh/ton τροφοδοσίας. Υπάρχουν επτά μονάδες τεχνολογίας Dranco που λειτουργούν στην Ευρώπη, με δυναμικότητα που κυμαίνεται από 10.000 έως 35.000 τόνους / έτος [10].

Αντίθετα, οι υπάρχουσες μονάδες Valorga έχουν αποδόσεις παραγωγής βιοαερίου 0,22 έως 0,27 m³/kg. Ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων είναι 15- 23 ημέρες και μετά την χώνευση, η κομποστοποίηση του υπολείμματος διαρκεί περίπου δύο εβδομάδες. Τα βιολογικά φίλτρα και οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού εξασφαλίζουν ότι οι μονάδες Valorga ελέγχουν όλες τις εκπομπές αέρα και νερού για την κάλυψη των τοπικών κανονισμών. Μέχρι το 2002 υπήρχαν 10 περίπου μονάδες Valorga στην Ευρώπη. Τέλος, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, τα συστήματα Komprogas δεν είναι τόσο διαδεδομένα και έχουν αποδόσεις παραγωγής βιοαερίου 0,1 m³/kg [10].

Με βάση τα τρία πιο πάνω συστήματα το κατάλληλο για την μονάδα που προτείνεται για εγκατάσταση είναι το Valorga. Στην Εικόνα 2-6, απεικονίζεται μια τυπική εγκατάσταση αναερόβιας χώνευσης.



1: Υποδοχή, 2: Σνάμειξη/Υγειονοποίηση (θέρμανση στους 70 °C αν γίνεται συν-επεξεργασία με κτηνοτροφικά), 3: Δεξαμενή νερού, 4: Σνάμειξη με νερό, 5: Αναερόβιος χωνευτήρας, 6: Δεξαμενή βιοαερίου, 7: Αντλιοστάσιο, 8: Καμινάδα μηχανών ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου

Εικόνα 2-6: Χαρακτηριστική γενική διάταξη μονάδας αναερόβιας χώνευσης [8].

2.2.1.3 Βασικές Σχεδιαστικές Παράμετροι Αναερόβιας Χώνευσης

Οι βασικές παράμετροι σχεδιασμού για την αναερόβια χώνευση είναι:

- ο όγκος του αντιδραστήρα,
- οι απαιτήσεις σε θερμότητα, και
- ο χρόνος παραμονής.

Και οι τρεις παραπάνω παράμετροι εξαρτώνται από την ημερήσια ποσότητα των αποβλήτων που θα χωνευτούν, τον χρόνο παραμονής, τις ποσότητες των τελικών προϊόντων που θα διατίθενται καθημερινά και τη χρήση τους, καθώς και το σύστημα για τη θέρμανση και ανακύκλωση του νερού που χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του αντιδραστήρα [11].

2.2.1.4 Προϊόντα και Παραπροϊόντα της Αναερόβιας Χώνευσης

Τα κύρια προϊόντα της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο και η χωνευμένη ίλύς. Το βιοαέριο που παράγεται κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), με μικρότερες συγκεντρώσεις υδρόθειου (H_2S) και αμμωνίας (NH_3). Ίχνη υδρογόνου (H_2), αζώτου (N_2), μονοξειδίου του άνθρακα (CO), κορεσμένων ή αλογονωμένων υδατανθράκων και οξυγόνου (O_2) παρουσιάζονται περιστασιακά στο μίγμα του βιοαερίου. Συνήθως, το σύνθετο αυτό αέριο είναι κορεσμένο με υδρατμούς που μπορεί να περιέχουν σωματίδια σκόνης και σιλοζάνες. Η σύνθεση του βιοαερίου είναι διαφορετική από εκείνη του φυσικού αερίου, αλλά είναι αρκετά παρόμοια με το βιοαέριο που παράγεται στα ΧΥΤΑ/Υ. Η σύνθεση του βιοαερίου φυσικά συνδέεται με τη σύνθεση των αποβλήτων και μπορεί να διαφέρει σε κάθε περίπτωση.

Η χωνευμένη ίλύς αποτελεί ένα λασπώδες ή υδαρό προϊόν, το οποίο μπορεί να αφυδατωθεί και να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία, όπως για παράδειγμα να υποστεί αερόβια επεξεργασία, ώστε να προκύψει ένα βιοσταθεροποιημένο τελικό προϊόν. Το μερικώς σταθεροποιημένο αυτό υλικό που προκύπτει κατά την αναερόβια επεξεργασία απαιτεί μείωση της υγρασίας. Το υγρό κλάσμα που προκύπτει από την αφυδάτωση του προϊόντος μπορεί να επανακυκλοφορήσει στην παραπάνω διεργασία για τη ρύθμιση της υγρασίας στα εισερχόμενα απόβλητα ενώ το πλεόνασμα, λόγω των αυξημένων συγκεντρώσεων ρύπων απαιτεί περεταίρω τεχνολογίες επεξεργασίας [8].

2.2.1.5 Τεχνική Περιγραφή Μονάδας Καύσης Βιοαερίου

Η καύση του βιοαερίου που θα παράγεται από την αναερόβια χώνευση, θα είναι ένας σταθμός συμπαραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Ο σταθμός συμπαραγωγής αποτελείται από μονάδες γεννήτριας τοποθετημένες πάνω σε βάση από σκυρόδεμα. Σε κάθε μονάδα υπάρχει ενσωματωμένος ο εξοπλισμός ισχύος, ο βοηθητικός εξοπλισμός και τα ψυγεία. Η μονάδα δύναται να είναι πλήρως αυτόνομη με όλα τα απαραίτητα υποσυστήματα για τη λειτουργία της, όπως προσαγωγή αέρα καύσης και αερισμό, ψυγεία για την απαγωγή θερμότητας από τα κυκλώματα ψύξης των μηχανών, ανεμιστήρα προσαγωγής καυσίμου, μετασχηματιστή και σύστημα ελέγχου.



Εικόνα 2-7: Μονάδες γεννητριών [1].

Επιπλέον, ο σταθμός μπορεί να περιλαμβάνει πυρσούς καύσης βιοαερίου για την τήρηση των περιβαλλοντικών όρων που έχουν τεθεί και για την εξασφάλιση της λειτουργίας των πυρσών. Σε περίπτωση διακοπής της παραγωγής από τον σταθμό, θα υπάρχει βοηθητική γεννήτρια, η οποία αναλαμβάνει την εκκίνηση και τη λειτουργία των πυρσών, καθώς και την ηλεκτροδότηση των εγκαταστάσεων και του κέντρου ελέγχου του σταθμού. Ο σταθμός περιλαμβάνει ακόμη σύστημα επεξεργασίας του καυσίμου, κτίρια διοίκησης, αποθήκη και μηχανουργείο. Τέλος, θα πρέπει να είναι δυνατή η επέκταση του σταθμού καθώς και η αύξηση της ηλεκτρικής της ισχύος.

Η άντληση και η συλλογή του βιοαερίου γίνεται μέσω συστήματος κατακόρυφων φρεατίων και οριζοντίου δικτύου σωληνώσεων. Τα φρεάτια άντλησης ομαδοποιούνται σε υποσταθμούς, για καλύτερο έλεγχο και ευκολότερη ρύθμιση (ροής και ποιότητας του βιοαερίου) κάθε φρεατίου ξεχωριστά. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στην Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου μέσω υπόγειας διπλής γραμμής διασύνδεσης. Η θερμική ενέργεια μπορεί να διατίθεται για εφαρμογές εντός ή πλησίον της μονάδας.

Εντός της μονάδας η οποία είναι κατάλληλα ηχομονωμένη βρίσκονται εκτός από την μηχανή, τα παρελκόμενά της και ο ακόλουθος εξοπλισμός:

- γεννήτρια,
- μετασχηματιστής,
- ηλεκτρολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός προστασίας και ελέγχου,
- σύστημα εξαερισμού εξαναγκασμένης κυκλοφορίας,
- δεξαμενές ελαίου λίπανσης,
- φυσητήρας, σωληνώσεις και ασφαλιστικές διατάξεις για την τροφοδοσία του βιοαερίου στην μηχανή.

Επί της οροφής βρίσκεται τοποθετημένος ο υπόλοιπος βοηθητικός εξοπλισμός, ο οποίος θα περιλαμβάνει:

- Σύστημα σίγασης, εξάτμισης και καμινάδα εξαγωγής καυσαερίων με υψηλή ταχύτητα.
- Ψυγείο για την απαγωγή της θερμότητας που μεταφέρει το ψυκτικό υγρό του κυκλώματος ψύξης της μηχανής, το οποίο αποτελείται από δύο ξεχωριστά ψυγεία, χαμηλής (για τη ψύξη του μίγματος μετά τον υπερσυμπιεστή) και υψηλής θερμοκρασίας (για τη ψύξη της ίδιας της μηχανής).
- Πίνακα που περιέχει συστήματα ελέγχου των στροφών των κινητήρων, για τον φυσητήρα βιοαερίου, τους ανεμιστήρες εξαερισμού και τους ανεμιστήρες του ψυγείου.
- Σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής του ψυκτικού υγρού από τη μηχανή στο ψυγείο και αντίστροφα, καθώς και σωληνώσεις ροής βιοαερίου με τα απαραίτητα συστήματα ασφαλείας.

- Σύστημα ανάκτησης θερμότητας από την απορριπτόμενη θερμότητα του νερού ψύξης της μηχανής.

Η αξιοποίησή του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το έργο αυτό θα συμβάλλει στην περαιτέρω αποφυγή εκπομπής τόνων CO₂ που θα προέρχονταν από την καύση λιγνίτη σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ενώ παράλληλα θα εξοικονομεί πρωτογενείς ενεργειακούς πόρους (λιγνίτη). Επιπλέον, το έργο αυτό θα συμβάλλει σημαντικά στην αναβάθμιση του επιβαρημένου περιβάλλοντος της περιοχής, αφού θα ελέγχει την ανεξέλεγκτη έκλυση βιοαερίου από τα απορρίμματα επιτυγχάνοντας έτσι την εξάλειψη των οσμών και την αποφυγή εκδήλωσης πυρκαγιών, μέσω της συλλογής και της καύσης του [1, 6, 12].

2.2.2 Θερμική Επεξεργασία Αποβλήτων

Στη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων ανήκουν ως επί το πλείστον η καύση και η πυρόλυση. Στη σύγχρονη διαχείριση των απορριμμάτων η καύση ή η πυρόλυση επεξεργάζεται τα μη δυνάμενα να χρησιμοποιηθούν απορρίμματα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αδρανοποιηθούν με παράλληλη μείωση του όγκου τους και χρήση της θερμογόνου δύναμης τους.

Είναι φανερό ότι τα απορρίμματα δεν αποτελούν μια εύκολη καύσιμη ύλη λόγω της ασταθούς και ανομοιογενούς σύνθεσης τους από οργανική και ανόργανη ύλη. Είναι μια δοκιμασμένη μέθοδος διάθεσης των απορριμμάτων και εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σε χώρες οι οποίες αντιμετωπίζουν πρόβλημα χώρου. Σκοπός της θερμικής επεξεργασίας είναι η ελάττωση του όγκου των απορριμμάτων, η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία και η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στα απορρίμματα ενέργειας ως θέρμανση, ατμό, ηλεκτρικό ρεύμα, ή καύσιμο υλικό [1, 12].

2.2.2.1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Θερμικής Επεξεργασίας

Σήμερα, η καύση κατέχει παγκοσμίως την δεύτερη θέση στη διάθεση των απορριμμάτων. Η θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων διαθέτει τρία βασικά πλεονεκτήματα:

1. ελαττώνει τον όγκο των απορριμμάτων κατά 90% και τη μάζα κατά 70%,
2. μπορεί να σχεδιασθεί και για μικρές και για μεγάλες ποσότητες,
3. επιτυγχάνεται ανάκτηση και αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.

Τα μειονεκτήματα της είναι:

1. το υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας,
2. η απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού,
3. η μη χρησιμοποίηση (αξιοποίηση) υλικών από τα απορρίμματα,
4. η δυσκολία χρήσης της παραγόμενης θερμότητας, κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις,
5. χρήση δαπανηρών συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης [1, 13].

2.2.2.2 Βασικά Χαρακτηριστικά και Έννοιες της Καύσης

Καύση είναι η οξείδωση δηλαδή η ένωση των χημικών στοιχείων με οξυγόνο. Τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι: η φλόγα, η θερμοκρασία του θαλάμου καύσης, ο έλεγχος της, η δύννη των αερίων στο θάλαμο και ο χρόνος παραμονής της καύσιμης ύλης και των αερίων.

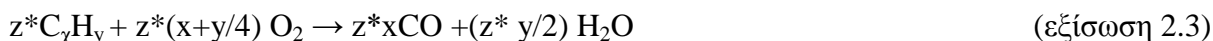
Η φλόγα είναι η ζώνη όπου λαμβάνουν χώρα οι αντιδράσεις της καύσης και παράγεται ορατή ακτινοβολία. Το μέτωπο της φλόγας ορίζεται ως η περιοχή μεταξύ του μίγματος των απορριμμάτων - αέρα και των προϊόντων της καύσης. Η πραγματική θερμοκρασία της φλόγας διαφέρει από τη θεωρητική, γιατί η ενθαλπία των προϊόντων της καύσης δεν είναι ισοδύναμη με την ενθαλπία των αντιδρώντων. Η ενθαλπία είναι θερμοδυναμικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει το ολικό ποσό θερμότητας που περιέχει ένα θερμοδυναμικό σύστημα. Συγκεκριμένα, αποτελεί το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας ενός σώματος και του γινομένου της εξωτερικής πίεσης επί του όγκου που καταλαμβάνει μια ουσία [14]. Η θερμοκρασία του θαλάμου καύσης εξαρτάται από τη θερμογόνο τιμή των απορριμμάτων, τον σχεδιασμό του θαλάμου, την παροχή του αέρα και τον έλεγχο της καύσης.

Η δύννη εκφράζει τη σχέση της καύσιμης ύλης και του αέρα για καύση στο θάλαμο καύσης. Όλες οι μονάδες καύσης χρησιμοποιούν για την καταστροφή του κλάσματος, αέρα και θερμότητα. Γι' αυτό το λόγο οι υπολογισμοί για την καύση είναι στην ουσία οι ίδιοι για κάθε σύστημα. Όλες οι αντιδράσεις στην καύση είναι εξώθερμες και σε μια πλήρη καύση από τους υδρογονάνθρακες σχηματίζεται CO₂ και ατμός ενώ κατά την ατελή καύση παράγονται CO, CO₂ και κάπνα (άνθρακας).

Κατά την πλήρη καύση λαμβάνουν χώρα οι εξής αντιδράσεις:



Στη μη πλήρη καύση:



Οι προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν για να επιτευχθεί πλήρης καύση είναι:

1. αρκετό καύσιμο υλικό και οξειδωτικό μέσο (O_2) στην εστία καύσης,
2. εφικτή θερμοκρασία ανάφλεξης,
3. σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης-οξυγόνου),
4. συνεχής απομάκρυνση των αερίων τα οποία παράγονται κατά την καύση,
5. συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης,

Η ταχύτητα της θερμικής διαδικασίας επηρεάζεται από την ειδική επιφάνεια και τη θερμική αγωγιμότητα των απορριμμάτων κάτι που ήταν αδύνατο μέχρι σήμερα να προσδιορισθεί λόγω της ετερογενούς σύνθεσης των απορριμμάτων. Μια βασική παράμετρος στην καύση είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης η οποία συνήθως είναι 400°C [6, 12, 13].

2.2.2.2.1 Τεχνική Περιγραφή Μονάδας Καύσης

Κατά την καύση λαμβάνουν χώρα οι εξής φυσικές και χημικές διεργασίες:

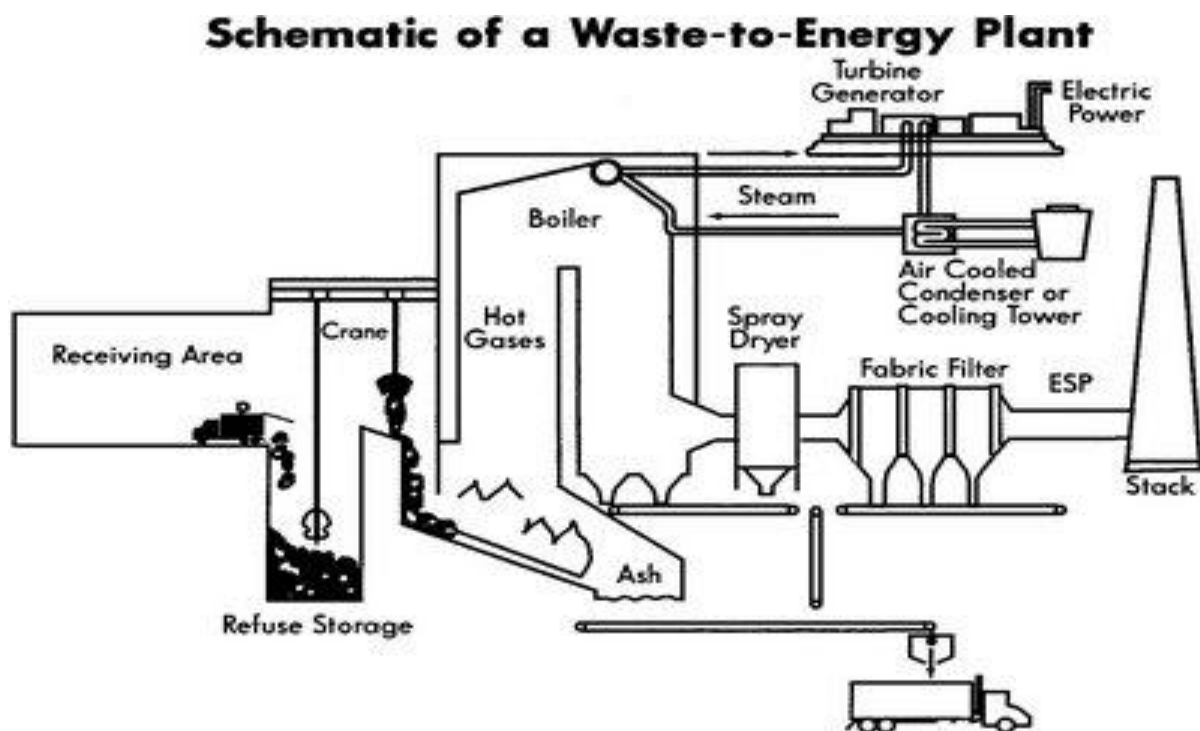
1. Ξήρανση: Η ξήρανση των απορριμμάτων επιτυγχάνεται από την ακτινοβολία περίπου στους 100°C . Η απαιτούμενη για την ξήρανση θερμότητα εξαρτάται από τη σύνθεση των απορριμμάτων και την περιεκτικότητά τους σε υγρασία.
2. Απαερίωση: Συντελείται στους $250 - 900^\circ\text{C}$, κατά την οποία απομακρύνονται οι πτητικές ουσίες.
3. Εξαερίωση: Περιλαμβάνει τη μετατροπή των ανθρακούχων υλικών με υψηλές θερμοκρασίες, σε αέριο καύσιμο υλικό. Η θερμοκρασία σε αυτή τη ζώνη είναι $800^\circ\text{C} - 1115^\circ\text{C}$ και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να ξεπεράσει τους 1150°C . Εάν

ξεπεράσει αυτή τη θερμοκρασία θα δημιουργηθεί πρόβλημα διάβρωσης από την τήξη της στάχτης.

4. Καύση: Μια μονάδα καύσης αποτελείται από τα εξής τμήματα:

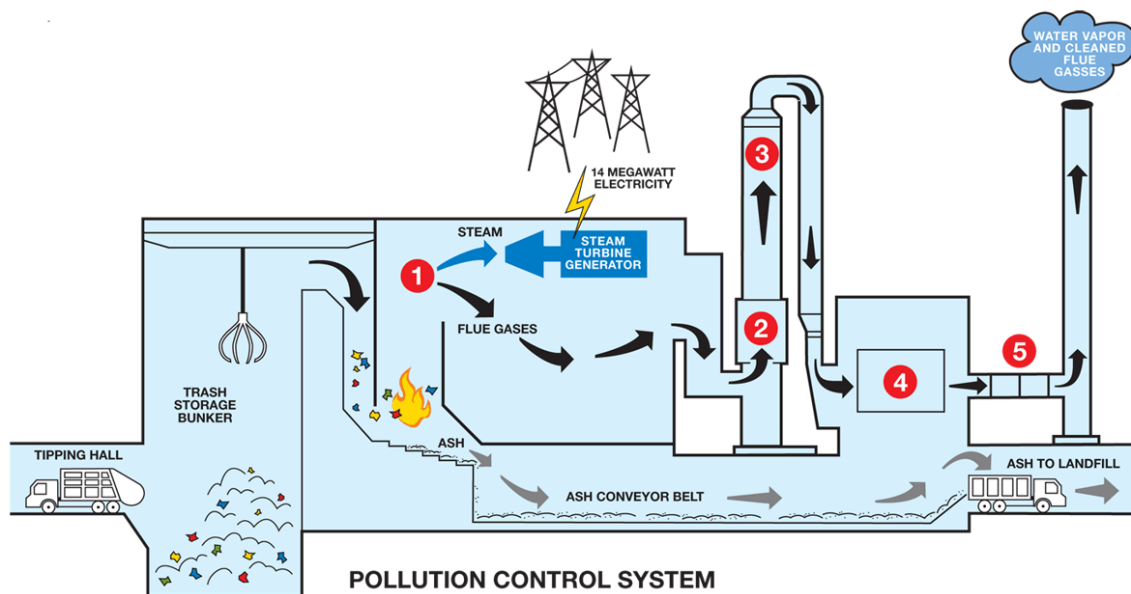
- παραλαβής των απορριμμάτων (χώρος υποδοχής),
- προεπεξεργασίας,
- τροφοδοσίας,
- εστίας καύσης,
- λέβητα - αξιοποίησης θερμότητας,
- απομάκρυνσης υπολειμμάτων (σκωρίας),
- καθαρισμού αερίων – καπνοδόχου.

Ο βαθμός απόδοσης μπορεί να προσδιορισθεί, ως η διαφορά της ανακτώμενης θερμότητας ατμού ή θερμού νερού από την ποσότητα θερμότητας ως καύσιμη ύλη. Ο βαθμός απόδοσης των μονάδων καύσης κυμαίνεται από 68,5% έως 93% και εξαρτάται από το είδος της εστίας καύσης, την κατασκευή του λέβητα καθώς και την ποιότητα των παραγόμενων αερίων.



Εικόνα 2-8: Τομή μονάδας καύσης απορριμμάτων [1].

Η καύση μετατρέπει το περιεχόμενο της ενέργειας των απορριμμάτων σε θερμότητα με την παραγωγή θερμών αερίων. Τα θερμά αέρια ψύχονται σε εναλλάκτες θερμότητας (150 - 200°C) όπου η περιεκτικότητά τους σε θερμότητα μεταφέρεται σε νερό και αυτό σε ατμό. Ο ατμός παράγει μηχανική ενέργεια σε ένα ατμοστρόβιλο την οποία μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Θεωρητικά, ο βαθμός ανάκτησης φθάνει το 80% και εξαρτάται από το σύστημα ανάκτησης που χρησιμοποιείται. Η παραγωγή του ατμού κυμαίνεται μεταξύ 1 - 4 kg/kg απορρίμματα. Οι θερμοκρασίες καθώς και οι ταχύτητες των αερίων αποτελούν βασικές παραμέτρους στον σχεδιασμό [1, 12, 15].



Εικόνα 2-9: Σχηματική παράσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας [1].

2.2.2.3 Πυρόλυση

Η πλέον συνηθισμένη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων είναι η καύση. Παρότι παρατηρήθηκε σημαντική πρόοδος στην τεχνολογία της καύσης, εξακολουθούν και υπάρχουν μερικά κενά, ιδιαίτερα στον τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος. Με στόχο την καλύτερευση της θερμικής επεξεργασίας οι ερευνητές οδηγήθηκαν στη θερμική διάσπαση των οργανικών χωρίς ή με ελάχιστη την παρουσία του ελεύθερου οξυγόνου, στην πυρόλυση.

Στην πυρόλυση των απορριμμάτων κύριο ρόλο έχουν τα οργανικά υλικά. Ο εμπειρικός τύπος των απορριμμάτων είναι ($C_6H_{10}O_5$). Μια πολύ σημαντική παράμετρος είναι η υγρασία των

απορριμμάτων η οποία στα απορρίμματα είναι μεγαλύτερη του 30%. Κατά την πυρόλυση των απορριμμάτων παράγεται αέριο, νερό και καύσιμη ύλη. Η ποσότητα και ποιότητα αυτών των προϊόντων εξαρτάται, από την πρώτη ύλη (απορρίμματα), τον αντιδραστήρα και τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης.

Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρόλυση είναι:

- Η ξήρανση (100-200°C).
- Αποθείωση, αρχή της διάσπασης του υδρόθειου και διοξειδίου του άνθρακα (250°C).
- Διάσπαση των συνδέσμων των αλιφατικών ενώσεων.
- Εμπλουτισμός του υλικού σε άνθρακα (380°C).
- Διάσπαση των δεσμών του άνθρακα-οξυγόνου και άνθρακα-αζώτου (400°C).
- Μετατροπή των πισσασφαλτούχων υλικών σε καύσιμη ύλη και πίσσα.
- Σχάση των πισσασφαλτούχων υλικών σε υλικά ανθεκτικά στη θερμότητα.
- Θερμική δημιουργία σε βενζόλιο και άλλες αρωματικές ενώσεις.
- Τα παραγόμενα προϊόντα διαφέρουν στη σύνθεση τους και εξαρτώνται από τη θερμοκρασία της αντίδρασης, την πίεση στον αντιδραστήρα και την ποσότητα του αέρα η οποία εισέρχεται στον αντιδραστήρα.

Τα απορρίμματα όταν εισέλθουν στον αντιδραστήρα θερμαίνονται και ξηραίνονται στους 100°C, όπου και απομακρύνεται το νερό με τη μορφή του ατμού. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας αρχίζει η πυρολυτική διαδικασία. Ελευθερώνονται οι υδρογονάνθρακες έως ότου μείνει ένα στερεό υπόλειμμα. Τα παραγόμενα αέρια της πυρόλυσης λαμβάνουν υψηλή θερμοκρασία και διασπώνται σε χαμηλού μοριακού βάρους υδρογονάνθρακες.

Πλεονεκτήματα της πυρόλυσης ως προς το περιβάλλον είναι αφενός ο μικρός όγκος των αερίων σε σύγκριση με τα καπναέρια της καύσης, αφετέρου η μειωμένη συγκέντρωση των επιβλαβών ουσιών στα υπολείμματα [8].

2.3 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα πιο πάνω προκύπτουν δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά τη δημιουργία δύο μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων και περιλαμβάνει μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας (καύσης) και μία μονάδα μη-θερμικής επεξεργασίας (αναερόβια χώνευση). Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει μόνο μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας. Η επιλογή σεναρίου θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια ανάλογα με τα ποσά ενέργειας που παράγει η κάθε μονάδα. Όσον αφορά τη θερμική επεξεργασία η κατάλληλη μέθοδος είναι η καύση επειδή μπορεί να επεξεργαστεί όλα τα είδη των στερεών απορριμμάτων (οργανικά και ανόργανα) ενώ η πυρόλυση επεξεργάζεται μόνο τα οργανικά υλικά.

Βιβλιογραφία

- [1] Παντελής Κούκος 2004, «Συστήματα Διαχείρισης Απορριμμάτων για Παραγωγή και Εξοικονόμηση Ενέργειας»
http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/ptyxiaki_ergasia_diaxeirisi_aporrmatwn_paragwgi.pdf
- [2] Deal News «Στόχος της ΕΕ η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα»
<http://www.dealnews.gr/perivallon/item/36687->
- [3] Στοιχεία που δόθηκαν από την Αρχή Λιμένων Λεμεσού (κ. Πέτρος Δία υπεύθυνος λειτουργός περιβάλλοντος).
- [4] Alexandros Charalambides, Petros Savva, Costas Costa,
«Waste and Biomass Valorization Environmental, Economical and Marketing Aspects of the Operation of a Waste-to-Energy Plant in the Kotsiatis Landfill in Cyprus - A Case Study» Department of Environmental Science and Technology, Cyprus University of Technology.
- [5] Γεράσιμος Λυμπεράτος, «Παραγωγή Ενέργειας μέσω Αναερόβιας Χώνευσης και Υπολειμμάτων» Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών
http://library.tee.gr/digital/m2494/m2494_liberatos.pdf
- [6] Ευαγγελία Π. Βαρελά « Αξιολόγηση Τεχνολογιών Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας Αστικών Στερεών Αποβλήτων, Διπλωματική Μελέτη», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Χημικών Μηχανικών
<http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/>
- [7] Joshua Rapport , Ruihong , Bryan M. Jenkins, Robert B. Williams(March 2008),
“Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal

Organic Solid Waste”, Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California.

<http://www.calrecycle.ca.gov/Publications/Documents/Organics%5C2008011.pdf>

[8] Γιαννόπουλος Δ., Βουδριάς Ε., Αϊβαζίδης Α. (Φεβρουάριος 2005), «*Αναερόβια επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων: εξέλιξη και προοπτικές*», Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

http://library.tte.gr/digital/m2045/m2045_giannopoulos.pdf

[9] Vandevivere, P., L. De Baere, and W. Verstraete (2002) “*Types of anaerobic digesters for solid wastes, in Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes*”, J. Mata-Alvarez, Editor, IWA Publishing: Barcelona. p. 111-140.

[10] Ιωάννης Κ. Σανδάλης Αθήνα, Μάρτιος 2002 «*Παραγωγή Βιοαερίου από Αναερόβια Χώνευση Απορριμάτων*».

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6052/3/sandalisi_biogas.pdf

[11] Α. Μαλαμάκης, Α. Καραγιαννίδης, «*Παραγωγή Ενέργειας με καύση Βιοαερίου από Απορρίματα και Βιομάζα σε Απομακρυσμένες και Απομονωμένες από τι Δίκτυο Κοινότητες. Εξετάζοντας την σκοπιμότητα υλοποίησης παρόμοιων προγραμμάτων με βάση το παράδειγμα του νησιού στο Phu Quoc Βιετναμ*».

www.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/082.doc

[12] Μ. Αθανασιάδη, Αθήνα 2011 «*Αποτίμηση Τεχνολογιών Ενεργειακής Αξιοποίησης Αστικών Απορριμάτων*» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Σχολή Χημικών Μηχανικών.

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4988/3/athanasiadim_plasma.pdf

[13] Βικιπαίδεια, «Ενθαλπία».

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%B8%CE%B1%CE%BB%CF%80%CE%AF%CE%B1>

[14] Kalia V.C. and Joshi A.P.: «*Conversion of waste biomass (pea-shells) into hydrogen and methane through anaerobic digestion. Bioresource Technology (1995)*».

3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Όπως προαναφέρθηκε, τα στερεά απορρίμματα που προέρχονται από κρουαζιερόπλοια μέχρι τώρα δεν υφίστανται καμία επεξεργασία αλλά απορρίπτονται αυτούσια στο Βατί. Η ανεξέλεγκτη διάθεση των απορριμμάτων εγκυμονεί πολλές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις και κινδύνους.

Η συστηματική απόρριψη των απορριμμάτων επιβαρύνει το περιβάλλον κυρίως εξαιτίας της διαφυγής ρυπογόνων και μολυσματικών στραγγισμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα, αλλά και μέσω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όπως CH_4 και CO_2 . Οι χώροι ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία καθότι τα τροφικά και τα λοιπά ζώα που έρχονται σε επαφή με αυτά, δημιουργούν σοβαρό ενδεχόμενο μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών στον άνθρωπο και τα ζώα.

Οι δυσοσμίες είναι μία άλλη αρνητική συνέπεια της ύπαρξης τέτοιων χώρων. Οι οσμές από τους χώρους ταφής απορριμμάτων μπορούν να γίνουν αισθητές χιλιόμετρα μακριά από τους χώρους αυτούς. Καθοριστικός παράγοντας για τη διάδοση των οσμών είναι οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και η κατεύθυνση των ανέμων. Μια ακόμα παράμετρος που επηρεάζει τη διασπορά των οσμών από το χώρο απόθεσης είναι και το υψόμετρο. Το τελευταίο σε συνδυασμό με τους επικρατούντες στην περιοχή ανέμους, μπορεί να διασπείρει τις οσμές σε ακόμα μεγαλύτερη απόσταση [1, 2].

Επίσης, μεγάλος είναι και ο κίνδυνος αυτανάφλεξης από τις εκπομπές μεθανίου, με αποτέλεσμα την εκδήλωση πυρκαγιών. Η φωτιά σε ένα τέτοιο χώρο, πέρα από τον κίνδυνο πυρκαγιών, ευθύνεται και για την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα επικίνδυνων σωματιδίων, που επίσης θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία. Ένας άλλος παράγοντας που υποβαθμίζει την ποιότητα του περιβάλλοντος είναι η εκπομπή ρύπων από τα απορριμματοφόρα που μεταφέρουν τα απορρίμματα από το λιμάνι στο Βατί. Οι επιπτώσεις αυτές έχουν να κάνουν με το θόρυβο, τις οσμές, την όχληση στην κυκλοφορία των οχημάτων και τις εκπομπές καυσαερίων από τα απορριμματοφόρα που έχουν θερμικό κινητήρα (diesel). Οι εκπομπές

περιλαμβάνουν διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και του θείου τα οποία είναι πολύ βλαβερά για τη δημόσια υγεία και επηρεάζουν αρνητικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Τα οξείδια του αζώτου και του θείου συμμετέχουν στην εμφάνιση ποικιλίας αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, όπως οι σημαντικές αλλαγές στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης υδροβιοτόπων και χερσαίων εκτάσεων, η εμφάνιση της όξινης βροχής και η αύξηση επιπέδων τοξινών διαφόρων ειδών ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων [3, 4].

Η παραγωγή μεθανίου είναι η πιο σημαντική διαδικασία καθώς επηρεάζει σημαντικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου και θα πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Σύμφωνα με μελέτες, το μεθάνιο είναι το κύριο αέριο που εκπέμπεται σε χώρους ΧΥΤΑ. Από την αναερόβια χώνευση εκτός από μεθάνιο παράγεται και οξείδιο του θείου (H_2S), το οποίο είναι υπεύθυνο για την έντονη μυρωδιά των περιοχών. Η γλωρίδα και η πανίδα της περιοχής, πλήττονται σοβαρά καθώς και τα υπόγεια ύδατα και το έδαφος είναι μολυσμένα. Με βάση τα πιο πάνω, κρίνεται επιτακτική η εφαρμογή συγκεκριμένων τεχνολογιών για μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή μονάδας επεξεργασίας των αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας. Μόνο με τη κατασκευή της μονάδας επεξεργασίας το περιβάλλον θα αναβιώσει και πάλι. Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα που πιθανό να εμφανιστούν κατά την κατασκευή και λειτουργία της μονάδας καθώς και οι ρύποι που αποφεύγονται με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών [1, 5].

3.1 Περιβαλλοντικά Προβλήματα από την Ανέγερση της Μονάδας

Κατά την κατασκευή της μονάδας, η ατμοσφαιρική ρύπανση της γύρω περιοχής θα είναι αναπόφευκτη. Θα δημιουργηθούν υψηλά επίπεδα σκόνης, η οποία θα εξαπλωθεί με τον άνεμο. Η σκόνη μπορεί να προκαλέσει λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος, άσθμα και βρογχίτιδα. Τα επίπεδα σκόνης μπορούν να ελεγχθούν με τη χρήση σπρέι νερού που θα καλύπτει τους κάδους και τα φορτηγά που θα είναι φορτωμένα με οικοδομικά υλικά.

Τα βαρέα μηχανήματα που θα εργάζονται στην περιοχή θα συμβάλουν στην υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού αέρα, καθώς εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα επιβλαβή αέρια όπως CO_2 , CO , SO_2 , NO_x και σωματίδια. Η ρύπανση από τα μηχανήματα κατασκευής μπορεί να περιορισθεί

με τη χρήση καυσίμων ντίζελ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε όλους τους κινητήρες των οχημάτων και με την ενσωμάτωση φίλτρων και καταλυτικών μετατροπέων. Επιπλέον, τα επίπεδα θορύβου θα είναι πολύ υψηλά λόγω των οχημάτων, μηχανημάτων και του ανθρώπινου δυναμικού. Οι εργαζόμενοι μπορούν να προστατεύονται με τη χρήση ακουστικών ασφαλείας που θα μειώνουν σημαντικά το επίπεδο θορύβου. Τέλος, για την αποφυγή περαιτέρω ρύπανση των υπόγειων υδάτων, όλα τα λύματα που θα παράγονται από τις δραστηριότητες θα συλλέγονται σε δεξαμενές και θα απορρίπτονται οικολογικά [5, 9].

3.2 Περιβαλλοντικά Ζητήματα από τη Λειτουργία της Μονάδας

Κατά τη λειτουργία της μονάδας όλα τα απόβλητα από τα κρουαζιερόπλοια θα μεταφέρονται κατευθείαν στην μονάδα -που σε άλλες περιπτώσεις θα απελευθερώνονταν στην ατμόσφαιρα- και με κατάλληλες επεξεργασίες θα γίνεται συλλογή του αερίου CH_4 και θα παράγεται ενέργεια. Η μονάδα θα συνεισφέρει σημαντικά στην εναρμόνιση της χώρας με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την μείωση των εκπομπών του CO_2 στο 20%, τη συμμετοχή των ΑΠΕ στο 20% μέχρι το 2020, καθώς και με την ισχύουσα οδηγία 2008/98/ΕΚ που αφορά τη θέσπιση ενός σχεδίου διαχείρισης απόβλητων και προγραμμάτων πρόληψης της δημιουργίας [6].

3.2.1 Ρύποι που Αποφεύγονται

Μία από τις σημαντικότερες εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι τα NO_x , τα οποία προέρχονται από την καύση. Ο αέρας περιέχει άζωτο (N_2) το οποίο σε υψηλές θερμοκρασίες αντιδρά με το οξυγόνο (O_2) και παράγονται τα NO_x . Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, αναπτύχθηκε μια επιλεκτική καταλυτική διαδικασία κατά την οποία με τη χρήση της αιθανόλης και του κατάλληλου καταλύτη, τα NO_x διασπώνται σε N_2 και O_2 . Αυτή η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί από τα εργαστήριο περιβαλλοντικής κατάλυσης του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου και χρησιμοποιείται σε πιλοτικές εγκαταστάσεις ενώ έχει ήδη εκδοθεί δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Η χρήση της πιο πάνω καταλυτικής τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των επιβλαβών εκπομπών NO_x στην ατμόσφαιρα περίπου κατά 80-90% στην ροή των καυσαερίων [5, 7].

Τα οξειδία του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα άλλα σωματίδια που εκπέμπονται από τη μονάδα μπορούν να απομακρυνθούν με τη χρήση μιας παγίδας από υδροξείδιο του ασβεστίου CaO. Το ρεύμα του καυσαερίου διέρχεται από μια πλυντιρίδα που περιέχει CaO διαλυμένο σε νερό. Τα CO, CO₂ και τα SO₂ αντιδρούν με το διαλυμένο CaO, σχηματίζοντας ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) και θειϊκό ασβέστιο (CaSO₄) αντίστοιχα. Χρησιμοποιώντας την πλυντιρίδα τα σωματίδια απομακρύνονται και συλλέγονται με διήθηση [5].

3.2.1.1 Βαρέα Μέταλλα

Τα απόβλητα που εισέρχονται στη μονάδα καύσης περιέχουν διάφορα μέταλλα. Όταν τα απόβλητα εισέλθουν στη μονάδα, αποτεφρώνονται και το τελικό προϊόν που προκύπτει περιέχει μέταλλα, όπως χαλκό, αλουμίνιο, μόλυβδο και χρώμιο. Εάν είναι εφικτό, θα πρέπει να γίνουν ειδικές προεπεξεργασίες των αποβλήτων πριν εισέλθουν στην μονάδα, προκειμένου να γίνει απομάκρυνση των μετάλλων για συμμόρφωση με τις λειτουργικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις της μονάδας. Μια μέθοδος διαχωρισμού των βαρέων μετάλλων από τα απόβλητα είναι ο φυσικός διαχωρισμός των μετάλλων με βάση το σημείο τήξεωσ τους.

Σε περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει διαχωρισμός, η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την αποτέφρωση των επικίνδυνων αποβλήτων είναι με τη χρήση περιστροφικών κλιβάνων. Σχεδόν όλα τα απόβλητα που περιέχουν υψηλά επίπεδα οργανικής ύλης μπορούν να αποτεφρωθούν αποφεύγοντας περαιτέρω μόλυνση του περιβάλλοντος. Για την αποτέφρωση χρησιμοποιούνται ψηλές θερμοκρασίες στους κλίβανους και αναλόγως των αποβλήτων η θερμοκρασία λειτουργίας τους ποικίλει (850 - 1200°C). Η καύση σε ψηλές θερμοκρασίες έχει σαν αποτέλεσμα την πλήρη καύση οργανικών ουσιών και διοξινών που θεωρούνται η κυριότερη αιτία μόλυνσης του αέρα. Στο τέλος της θερμικής επεξεργασίας, τα υπολειμματικά απόβλητα θα πρέπει να συλλέγονται και να τοποθετούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής, σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Πυρηνικής Ασφάλειας και της Υπηρεσίας Επιθεώρησης και Ελέγχου Εκπομπών, η οποία είναι υπεύθυνη για την προστασία από εκπομπές, την πυρηνική ασφάλεια και τη διαχείριση αποβλήτων [5].

3.2.1.2 Μείωση Εκπομπής Βαρέων Μετάλλων στον Αέρα

Μολονότι οι προαναφερόμενες τεχνολογίες είναι αποτελεσματικές, τα βαρέα μέταλλα μπορούν να εκπέμπονται στο περιβάλλον ως αέρια σωματίδια μέσω της τέφρας, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο εισπνοής. Ο υδράργυρος, ο οποίος είναι ιδιαίτερα πτητικός μπορεί να περνά μέσα από ρεύμα καυσαερίων. Οι οριακές τιμές εκπομπών για τον υδράργυρο κυμαίνονται μεταξύ 0,03 έως 0,05 mg/m³, όπως υποδεικνύεται από την οδηγία για την αποτέφρωση 200/76/EC των αποβλήτων.

Ο υδράργυρος εξατμίζεται πλήρως σε θερμοκρασία 357°C και παραμένει αέρια στο ρεύμα των καυσαερίων. Ο μεταλλικός υδράργυρος μπορεί να απομακρυνθεί από τα καυσαέρια, προσθέτοντας ρεύμα από οξειδωτικούς παράγοντες (μετασχηματισμός υδράργυρου σε ιόν) και στη συνέχεια εναποτίθεται στην πλυντιρίδα. Η τελική διάθεση περιλαμβάνει την μετατροπή του ιοντικού υδραργύρου σε ένα πιο σταθερό σύμπλοκο.

Μια άλλη τεχνική για την απομάκρυνση μεταλλικού υδραργύρου από τα καυσαέρια, είναι η εναπόθεση θείου ενισχυμένο με προσμείξεις άνθρακα και ζεολίθων [5, 8].

3.3 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η ανέγερση της μονάδας θα μειώσει σημαντικά τα υπάρχοντα περιβαλλοντικά προβλήματα και θα συντελέσει στην ουσιαστική αναβάθμιση του περιβάλλοντος. Βασική προϋπόθεση για τη σωστή περιβαλλοντική λειτουργία της μονάδας είναι η εφαρμογή των πιο πάνω τεχνικών.

Βιβλιογραφία

- [1] Η. Γραμματικογιάννης, Αθήνα 2009, «*Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από Χώρους Διάθεσης Απορριμμάτων, Ανάλυση Κύκλου Ζωής.*» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3454/1/grammatikogiannise_landfill.pdf
- [2] Ε. Τρουμπούνη «*Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Από Ένα Νοικοκυριό στο Δήμο της Αθήνας*» Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας.
<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/648/1/troumpounh.pdf>
- [3] Green way Structure «*Τοξικοί Αέριοι Ρύποι*».
<http://greenwaystructure.wordpress.com/tag/>
- [4] Α. Περτέση «*Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα επιβατικά αυτοκίνητα στην Ελλάδα κατά το 2006*» Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας.
<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/909/1/pertesh.pdf>
- [5] Alexandros Charalambides, Petros Savva, Costas Costa, «*Waste and Biomass Valorization Environmental, Economical and Marketing Aspects of the Operation of a Waste-to-Energy Plant in the Kotsiatis Landfill in Cyprus - A Case Study*» Department of Environmental Science and Technology, Cyprus University of Technology.
- [6] Deal News «*Στόχος της ΕΕ η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα*».
<http://www.dealnews.gr/perivallon/item/36687->
- [7] Kalia V.C. and Joshi A.P.: «*Conversion of waste biomass (pea-shells) into hydrogen and methane through anaerobic digestion. Bioresource Technology (1995)*».

[8] European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control: Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration (2006).

[9] Παντελής Κούκος 2004, «Συστήματα Διαχείρισης Απορριμάτων για Παραγωγή και Εξοικονόμηση Ενέργειας».

http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/ptyxiaki_ergasia_diaxeirisi_aporri_matwn_paragwgi.pdf

4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη για τα πιθανά ποσά ενέργειας που θα παράξει η μονάδα κατά την περίοδο ενός έτους. Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν λήφθηκαν από την Αρχή Λιμένων και αφορούν το έτος 2011. Με βάση αυτά, θα γίνει ο υπολογισμός της ενέργειας που παράγεται από το κάθε είδος (φαγητά, πλαστικά, άλλα). Ο υπολογισμός της ενέργειας είναι πολύ σημαντικός, αφού έτσι μπορεί να υπολογιστεί το μέγεθος της μονάδας και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να χρησιμοποιηθούν στην τεχνοοικονομική μελέτη που θα γίνει στην επόμενη ενότητα.

Τα απόβλητα που συλλέχθηκαν μόνο από τα κρουαζιερόπλοια κατά το έτος 2011 δίνονται στον Πίνακα 4-1 και είναι διαχωρισμένα ανά κατηγορία.

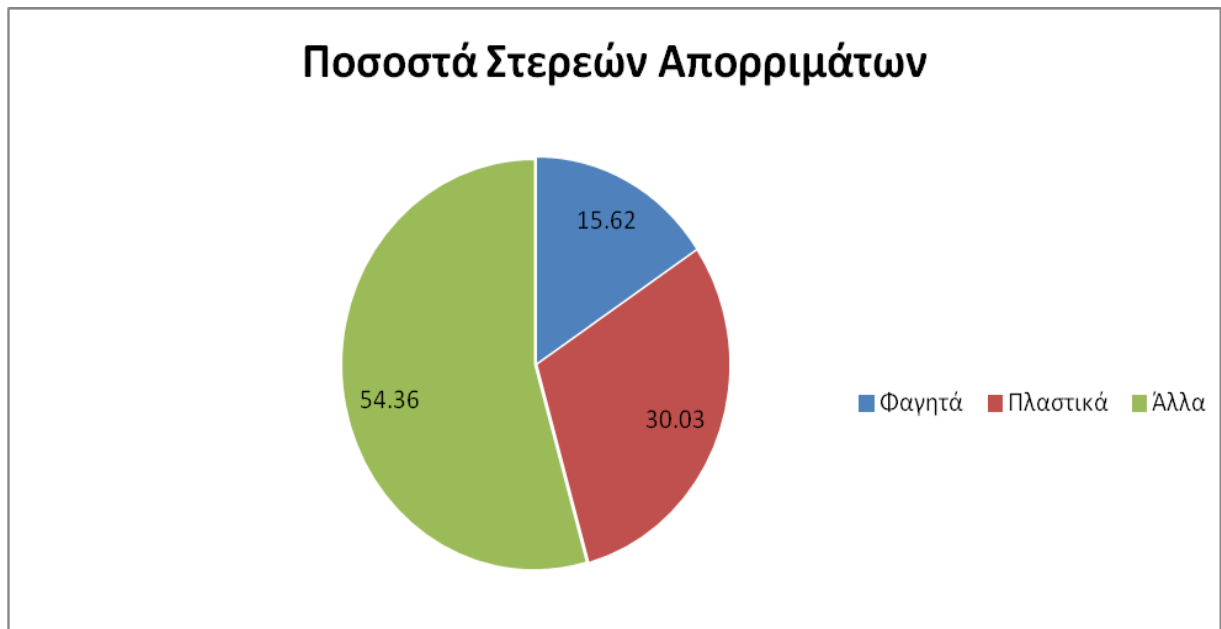
Πίνακας 4-1: Συνολικές ποσότητες ανά κατηγορία για τα απόβλητα κρουαζιερόπλοιων κατά τη χρονιά 2011.

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2011								
ΛΙΠΑΡΑ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ			ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ				ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ	
ΛΑΣΠΕΣ	ΥΔΡΟΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	ΆΛΛΑ	ΦΑΓΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΑ	ΆΛΛΑ	ΑΠΟΠΛΥΜΑΤΑ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ	ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ
835.90 m ³	664,8 m ³	205.60 m ³	428.79 m ³	824.42 m ³	1492.50 m ³	0	1550.40 m ³	175

Η μονάδα θα επεξεργάζεται μόνο τα στερεά απορρίμματα. Ο συνολικός όγκος των απορριμμάτων για το έτος 2011 είναι 2.745,71 m³. Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.2) υπολογίζονται τα ποσοστά ανά είδος και δίνονται διαγραμματικά.

Πίνακας 4-2: Ποσότητες και ποσοστά στερεών απορριμμάτων ανά είδος και συνολικά που παραδίδονται στην Αρχή Λιμένων Λεμεσού για τη χρονιά 2011.

ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ		
Είδος	Όγκος (m³)	Ποσοστό (%)
Φαγητά	428,79	15,62
Πλαστικά	824,42	30,03
Άλλα	1.492,5	54,36
Σύνολο	2.745,71 m³	100%



Εικόνα 4-1: Ποσοστά ανά κατηγορία στερεών απορριμμάτων.

4.1 Παραγωγή Ενέργειας από Υπολείμματα Φαγητών

4.1.1 Παραγωγή Ενέργειας Από την Καύση Φαγητών

Τα φαγητά αποτελούν το 15,6% του όγκου των στερεών απορριμμάτων που θα επεξεργαστεί η μονάδα. Για τον υπολογισμό της ενέργειας θα πρέπει να γίνει μετατροπή του όγκου των φαγητών σε μάζα (από m^3 σε kg), χρησιμοποιώντας τον τύπο $\rho = m/V$ (όπου ρ η πυκνότητα των φαγητών, m η μάζα και V ο όγκος) [1].

Με βάση τη βιβλιογραφία η πυκνότητα των φαγητών είναι περίπου 500 kg/m^3 . Έτσι,

$$m = 428,79 \text{ m}^3 * 500 \text{ kg/m}^3 = 214.395 \text{ kg} \quad [2] \quad (\text{εξίσωση 4.1})$$

Η θερμογόνος δύναμη που παράγεται από την καύση των φαγητών μελετήθηκε από τους Caton, Carr, Kim και Beautyman, οι οποίοι υπολόγισαν την ανάκτηση ενέργειας από τα απόβλητα τροφίμων με τη βοήθεια της υπηρεσίας τροφίμων της Ναυτικής Ακαδημίας των ΗΠΑ. Τα απόβλητα τροφίμων αναλύθηκαν για τη χημική σύνθεση τους και την περιεκτικότητά τους σε νερό καθώς και για το ενεργειακό τους περιεχόμενο. Στον Πίνακα 4-3 δίνονται τα αποτελέσματα για τη χημική σύνθεση, το περιεχόμενο σε υγρασία και το ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων τροφίμων επί ξηρού από τη λήψη δείγματος για τρεις ημέρες. Σημειώνεται ότι παρά τη σημαντική μεταβολή στο μενού, τα αποτελέσματα και για τις τρεις ημέρες είναι πολύ παρόμοια. Η μέση τιμή της θερμογόνου δύναμης είναι $21,7 \text{ MJ/kg}$ [3].

Πίνακας 4-3: Αποτελέσματα χημικής σύστασης, περιεκτικότητας σε υγρασία και ενεργειακό περιεχόμενο των αποβλήτων τροφίμων από κρουαζιερόπλοια στις ΗΠΑ [3].

	Daily sample #1	Daily sample #2	Daily sample #3
C (wt.% dry) ^a	52.07	50.44	49.55
H (wt.% dry) ^a	7.09	7.18	6.91
O (wt.% dry) ^a	33.01	29.38	32.20
N (wt.% dry) ^a	3.33	4.60	3.41
S (wt.% dry) ^a	0.24	0.34	0.23
Cl (wt.% dry) ^a	0.92	1.13	1.37
Ash (wt.% dry) ^a	3.34	6.93	6.33
Fixed C (wt.% dry) ^b	12.9	12.1	13.1
Volatiles (wt.% dry) ^c	84.9	82.8	82.0
Moisture (wt.%) ^d	71.4	70.4	72.0
HHV (MJ/kg dry) ^e	21.90	22.42	20.64

Έτσι:

1 kg φαγητών → παράγει 21,7 MJ ενέργεια.

Τα 214.395 kg φαγητών → παράγουν $x = 4.652.371,5$ MJ ενέργεια.

Επιπλέον,

Το 1 MJ / kg → αντιστοιχεί σε 0,278 kWh/kg [4] (εξίσωση 4.2)

Τα $465.2371,5$ MJ = $465.2371,5 * 0,278 = 1,3$ GWh

Η συνολική ενέργεια που παράγεται από την καύση των φαγητών είναι **1,3GWh/ έτος**.

4.1.2 Παραγωγή ενέργειας από Αναερόβια Χώνευση Φαγητών

Θα πρέπει να εξεταστεί και το δεύτερο σενάριο που αφορά την κατασκευή ξεχωριστής μονάδας επεξεργασίας των φαγητών με αναερόβια χώνευση. Καθοριστικός παράγοντας για την επιλογή της βέλτιστης τεχνολογίας, αποτελούν τα ποσά ενέργειας που θα παράγονται από την κάθε τεχνολογία. Στην αναερόβια επεξεργασία τα απόβλητα εισέρχονται στη μονάδα, υδρολύονται και ο χρόνος παραμονής τους είναι 2 εβδομάδες. Όσο τα απόβλητα βρίσκονται στη μονάδα παράγεται μεθάνιο, το οποίο ακολούθως καίγεται με σκοπό την παραγωγή ενέργειας.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση 4.1, η μονάδα θα επεξεργαστεί 214,395 τόνους υπολειμμάτων φαγητών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [5], ένας τόνος υπολειμμάτων φαγητών, με χρόνο παραμονής στη μονάδα 15 ημέρες, ο μέσος όρος του ρυθμού παραγωγής μεθανίου είναι περίπου 100 m³/τόνο. Άρα:

1 τόνος φαγητών → παράγει 100 m³ CH₄

Οι 214,395 τόνοι φαγητών → παράγουν $x = 21.439,5$ m³ CH₄

Ο συνολικός όγκος CH₄ που θα παραχθεί από την αναερόβια χώνευση είναι 21.439,5 m³.

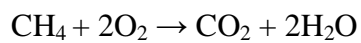
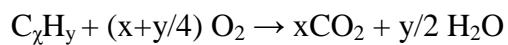
Μετατροπή όγκου CH₄ σε μάζα:

$$\rho_{\text{CH}_4} = 0,717 \text{ Kg/m}^3, V = 21439,5 \text{ m}^3$$

Με βάση την εξίσωση 4.1

$$m = 21439,5 \text{ m}^3 * 0,717 \text{ Kg/m}^3 = 15.372,13 \text{ kg CH}_4$$

Ακολουθως, υπολογίζεται η ενέργεια από την καύση του μεθανίου. Πιο κάτω δίνεται η χημική αντίδραση της πλήρους καύσης του μεθανίου και στον Πίνακα 4-5 υπολογίζεται η ενέργεια που παράγεται ανά μάζα καυσίμου [6].



Πίνακας 4-4: Ενέργεια που εκλύεται κατά τη διάσπαση χημικών δεσμών [6].

Είδος Δεσμού	Απλός (C-C)	Διπλός (C=C)	Τριπλός (C≡C)	C - H	H - H	O - O	O = O	C = O (CO ₂)	H - O
Ενέργεια Δεσμού (kJ/mol)	347	611	837	413	436	146	498	803	464

Πίνακας 4-5: Ενέργεια που παράγεται κατά την καύση μεθανίου.

<u>Καύση Μεθανίου</u>	<u>Ενέργεια Δεσμών</u>
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2$	$7 \cdot 347 + 4 \cdot 413 + 2 \cdot 498 = 5077 \text{ kJ/mol}$
$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$2 \cdot 803 + 2 \cdot 2 \cdot 464 = 3462 \text{ kJ/mol}$
Διαφορά	$5077 - 3462 = 1615$
Ενέργεια που απελευθερώνεται (ανά άτομο H)	$1615 / (4) = 403,75$
Ενέργεια που απελευθερώνεται (ανά μάζα καυσίμου)	$1615 / (12 + 4) = 100,93 \text{ kJ/g}$
Ενέργεια που θα απελευθερωθεί από 15372,13 kg CH_4	$1 \text{ kg} \rightarrow 1000 \text{ g}$ $15372,13 \text{ kg} \rightarrow x = 15.372.130 \text{ g}$ Ενέργεια: $1 \text{ g} \rightarrow 100,93 \text{ kJ}$ $15372130 \text{ g} \rightarrow x = \mathbf{1.551.509,081 \text{ MJ}}$ Σε kWh: $1.551.509,081 \cdot 0,278 = \mathbf{431.319,52 \text{ kWh}}$

Η συνολική ενέργεια που παράγεται από την αναερόβια χώνευση των φαγητών είναι **0,43 GWh/έτος**.

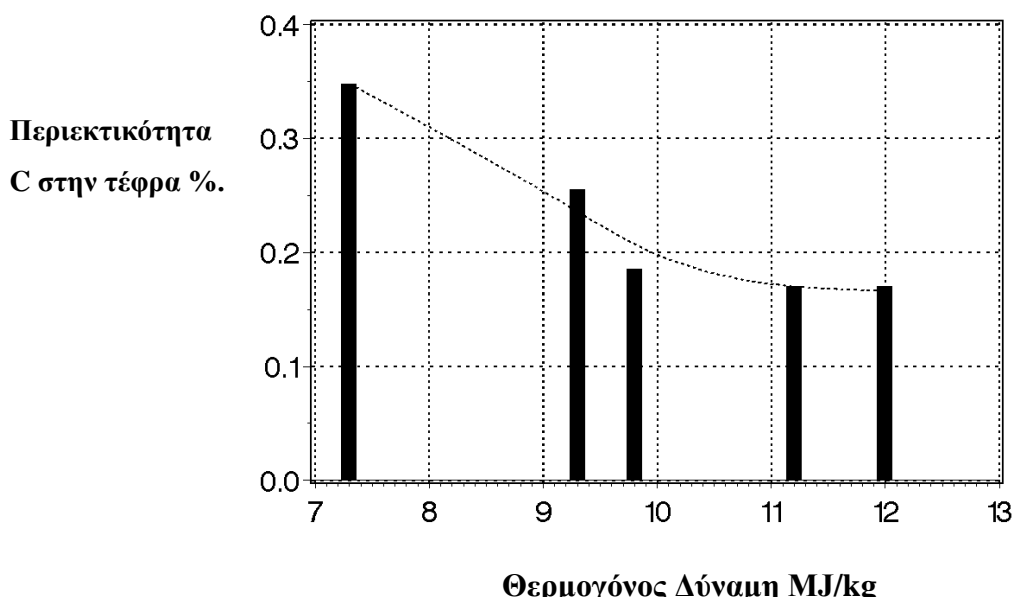
4.1.2.1 Σύγκριση των Δύο Τεχνολογιών

Αφού υπολογίστηκε η ενεργεία που παράγεται από τις δύο διαδικασίες εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μονάδα καύσης φαγητών παράγει περισσότερη ενέργεια από την αναερόβια χώνευση. Ωστόσο, η τελική επιλογή της μονάδας θα γίνει αφού πραγματοποιηθεί και η τεchnοοικονομική μελέτη.

4.1.3 Παραγωγή Ενέργειας Από Πλαστικά Απόβλητα

Μία από τις πρώτες δοκιμές για παραγωγή ενέργειας από την καύση πλαστικού πραγματοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του εβδομήντα. Σε αυτά τα πειράματα η περιεκτικότητα του πλαστικού κυμαινόταν μεταξύ 1 και 2% κ.β. και η καθαρή αξία θέρμανσης ήταν περίπου 7 MJ/kg. Ως εκ τούτου, το κύριο συμπέρασμα των πειραμάτων ήταν ότι τα πλαστικά περιέχουν ψηλά ποσοστά ενέργειας που είναι επωφελή για την συμπεριφορά τους κατά την καύση καθώς γίνεται ευκολότερη και πιο ολοκληρωμένη.

Σήμερα, με αυξημένες μέσες τιμές θέρμανσης, περίπου 10 MJ / kg, τα πειράματα δείχνουν ότι η υψηλή θερμογόνος δύναμη των πλαστικών, βελτιώνει σημαντικά την καύση και τα επίπεδα των “άκαυστων” οργανικών ουσιών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-2, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή θέρμανσης τόσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα του άνθρακα στην τέφρα [7].



Εικόνα 4-2: Περιεκτικότητα άνθρακα στην τέφρα έναντι της τιμής (θερμοκρασία καύσης 1050°C) [6].

Τα πλαστικά αποτελούν το 30% του όγκου των στερεών απορριμμάτων που θα επεξεργαστεί η μονάδα. Για τον υπολογισμό της ενέργειας πρέπει πάλι να γίνει μετατροπή του όγκου των πλαστικών σε μάζα (από m^3 σε kg), χρησιμοποιώντας τον τύπο $\rho=m/V$ (εξίσωση 4.1). Με βάση τη βιβλιογραφία [2] η πυκνότητα των πλαστικών είναι περίπου 25 kg/m^3 .

$$m= 824,42 \text{ m}^3 *25 \text{ kg/m}^3 = 20610,5 \text{ kg}$$

Σύμφωνα με τα πιο πάνω, η θερμογόνος δύναμη που παράγεται σήμερα από την καύση των πλαστικών είναι περίπου 10 MJ/kg (ισοζύγιο ενέργειας). Έτσι,

1 kg πλαστικών \rightarrow παράγει 10 MJ ενέργεια

Τα 20610.5 kg πλαστικών \rightarrow παράγουν $x= 206.105 \text{ MJ}$ ενέργεια

Σύμφωνα με την εξίσωση 4.2:

$1 \text{ MJ / kg} \rightarrow$ ισοδυναμεί $0,278 \text{ kWh/kg}$

Τα $206.105 \text{ MJ} \rightarrow$ αντιστοιχούν $x= (0,278 * 206105) = 57.297,2 \text{ kWh}$

Η συνολική ενέργεια που παράγεται από την καύση των πλαστικών είναι **$57,3 \text{ MWh/ έτος}$** .

4.1.4 Παραγωγή Ενέργειας Από την Κατηγορία “Άλλα”

Η κατηγορία “άλλα” καταλαμβάνει το 54.36% του συνολικού όγκου των αποβλήτων. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται ανάμικτα υλικά που δεν μπορούν να διαχωριστούν όπως μέταλλα, γυαλί και χαρτί. Για τους σκοπούς της παρούσας διατριβής έχει γίνει μια πιθανή προσέγγιση των ποσοστών του κάθε είδους (χαρτί, πλαστικό, μέταλλα) που περιλαμβάνονται στην κατηγορία αυτή, και δίνονται στον Πίνακα 4-6.

Πίνακας 4-6: Ποσοστό χαρτιού, μετάλλων και γυαλιού στην κατηγορία “άλλα”.

Υλικά	Ποσοστό (%)	Όγκος (m³)
Χαρτί	50%	746,25
Μέταλλα	15 %	223,875
Γυαλί	35%	522,375
Σύνολο	100 %	1492,5 m³

Τα μέταλλα και το γυαλί δεν καίγονται, έτσι ενέργεια θα παραχθεί μόνο από την καύση του χαρτιού. Για τον υπολογισμό της ενέργειας θα πρέπει πρώτα να γίνει μετατροπή του όγκου του χαρτιού σε μάζα χρησιμοποιώντας τον τύπο $\rho=m/V$ της εξίσωσης 4.1. Με βάση την βιβλιογραφία [2] η πυκνότητα του χαρτιού είναι περίπου 366 kg/m^3 . Έτσι,

$$m= 746, 25 \text{ m}^3 *366 \text{ kg/m}^3 = 273.127,5 \text{ kg}$$

Η εργαστηριακή ανάλυση της ενεργειακής αξίας των ανάμεικτων απορριμμάτων χαρτιού εξαρτάται από το βαθμό ομοιογένειας του δείγματος. Η σύνθεση των ανάμεικτων απορριμμάτων χαρτιού διαφέρει σε μεγάλο βαθμό, και είναι αδύνατο να ληφθούν μικτά απορρίμματα χαρτιού της ίδιας σύνθεσης σε διαφορετικούς χρόνους. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [8], προκειμένου να ληφθούν οι τιμές ενέργειας που παράγονται σε μικτά απορρίμματα χαρτιού, χωρίστηκαν ανάλογα με τις ιδιότητες του χαρτιού σε έντεκα ομάδες. Οι ομάδες είναι ταξινομημένες σε:

1. Εφημερίδες.
2. Χαρτοκιβώτια.
3. Λευκό χαρτί γραφείου.
4. Έγχρωμο χαρτί γραφείου.
5. Φάκελοι.
6. Επεξεργασμένο χαρτί.
7. Ποτά και κουτιά γάλα.
8. Γυαλιστερό χαρτί.

9. Κράφτ (πολτοποιημένο χαρτί).
10. Χαρτόνι.
11. Χαρτοπετσέτες, χαρτί κουζίνας, χαρτί τουαλέτας.

Χρησιμοποιώντας τις ατομικές τιμές της θερμογόνου δύναμης των μικτών συστατικών των αποβλήτων χαρτιού, η θερμική αξία ενός τυπικού δείγματος των μικτών απορριμμάτων χαρτιού υπολογίζεται ότι είναι 6477 Btu/lb. Η τιμή αυτή προσδιορίστηκε πειραματικά [8].

Πίνακας 4-7: Σύνοψη της θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων χαρτιού [8]

TYPE OF PAPER	MEAN GROSS CALORIFIC VALUE (Btu/lb)
Newspaper	7540
Cardboard	6907
Kraft	6897
Beverage and Milk Boxes	6855
Boxboard	6703
Tissue	6518
Colored Office Paper	6348
White Office Paper	6234
Envelopes	6160
Treated Paper (NCR)	5983
Glossy Paper	6370
MIXED	6477

Χρησιμοποιώντας τη σχέση 6.477 Btu/lb υπολογίζεται η ενέργεια που θα παραχθεί από την καύση 273.127,5 kg χαρτιού. Για τον υπολογισμό της ενέργειας που παράγεται θα πρέπει να γίνει μετατροπή των kg σε lb και των Btu σε kWh.

Μετατροπή kg σε lb:

1 kg → αντιστοιχεί σε 2,2 lb

Τα 273.127,5 kg → ισοδυναμούν με $x = (2,2 * 273.127,5) = 602.142,62 \text{ lb}$

Μετατροπή Btu σε kWh:

1 Btu → αντιστοιχεί σε 0,000293 kWh

Τα 6.477 Btu → ισοδυναμούν με $x = (6477 * 0,000293) = 1,897 \text{ kWh}$

Άρα η συνολική ενέργεια που παράγεται από την καύση χαρτιού είναι:

1 lb → παράγει 1,897 kWh ενέργεια

Οι 602.142,62 lb → παράγουν $x = (602.142,62 * 1,897) = 1,13 \text{ GWh/έτος}$

4.2 Συμπέρασμα

Με βάση τους πιο πάνω υπολογισμούς η ενέργεια που παράγεται από κάθε είδος είναι:

Πίνακας 4-8: Ενέργεια που παράγεται ανά είδος αποβλήτων.

Είδος	Ενέργεια
Φαγητά μετά από καύση	1,3 GWh
Φαγητά από αναερόβια χώνευση	0,43 GWh
Πλαστικά	57,7 MWh
Χαρτί	1,13 GWh

Είναι φανερό ότι η καύση χαρτιού και φαγητών δίνουν την μεγαλύτερη ενέργεια σε σύγκριση με την καύση των πλαστικών. Επιπλέον, από ενεργειακής άποψης, είναι πιο συμφέρουσα η ανέγερση της μονάδας καύσης των φαγητών παρά η μονάδα αναερόβιας χώνευσης. Η μέγιστη συνολική ενέργεια που παράγεται το έτος 2011 είναι **2,4GWh** (Πίνακας 4-9).

Πίνακας 4-9: Μέγιστη συνολική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί κατά το έτος 2011.

Είδος	Ενέργεια
Φαγητά μετά από καύση	1.293.359,3 kWh
Πλαστικά	57.709,4 kWh
Χαρτί	1.132.722,8 kWh
Συνολική Ενέργεια:	2,4GWh

Βιβλιογραφία

1. Scribd, “Γνωρίσματα της ύλης”. <http://www.scribd.com/doc/20010457/>
2. Wrap 2009, *Summary Report – Material Bulk Densities, Report prepared by Resource Futures*.
3. P.A. Caton *, M.A. Carr, S.S. Kim, M.J. Beautyman, «*Energy recovery from waste food by combustion or gasification with the potential for regenerative dehydration: A case study*».
4. Agr.com, “Μετατροπές Μονάδων Μέτρησης”.
<http://www.agricom.gr/database/downloads/article5.pdf>
5. “*Anaerobic Digestion of Food Waste*” final report by East Bay Municipal Utility District.
6. Πέτρος Σάββα 2011, Σημειώσεις μαθήματος «*ΕΤΕΠ 502: Συστήματα και Εργαλεία Αειφορικής Διαχείρισης*»
7. L.P.M. Rijkema, December 1999, “*PVC and municipal solid waste combustion: Burden or benefit?*”.
8. Aysen Ucuncu “*Energy recovery from mixed paper waste*”, Department of Civil and Environmental Engineering Duke University.

5 ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιείται μια οικονομική αξιολόγηση της λειτουργίας και εγκατάστασης της μονάδας επεξεργασίας στερεών απορριμμάτων με σκοπό την παραγωγή ενέργειας. Οι διάφορες παράμετροι για αυτή τη μελέτη προήλθαν από τη βιβλιογραφία και βασίστηκαν στη διάθεση των αποβλήτων της χρονιάς 2011, όπως λήφθηκαν από την Αρχή Λιμένων Λεμεσού. Επιπλέον, ανάλογα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της μονάδας και την τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στην Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου, είναι δυνατός ο υπολογισμός τού χρόνου απόσβεσης της μονάδας.

5.1 Κόστος Ανέγερσης και Λειτουργίας της Μονάδας

Το κόστος ανέγερσης και λειτουργίας της μονάδας υπολογίζεται με βάση το είδος (μεταλλική ή από σκυρόδεμα) και το μέγεθος της κατασκευής, τον όγκο των αποβλήτων που θα επεξεργάζεται η μονάδα καθώς και την τεχνολογία επεξεργασίας των αποβλήτων (θερμική ή μη-θερμική).

5.1.1 Μέγεθος και Όγκος Μονάδας

Ο μέγιστος όγκος των αποβλήτων που θα επεξεργάζεται ημερησίως η μονάδα, υπολογίζεται με βάση τους καλοκαιρινούς μήνες. Το καλοκαίρι ενλιμανίζονται τα περισσότερα κρουαζιερόπλοια με τους περισσότερους επιβάτες και συλλέγονται τα περισσότερα απόβλητα. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα της Αρχής Λιμένων (Παράρτημα 3), τους μήνες Ιούνιο - Ιούλιο - Αύγουστο ενλιμανίστηκαν 70 κρουαζιερόπλοια και ο συνολικός όγκος όλων των στερεών αποβλήτων από αυτά (φαγητά, πλαστικά, άλλα) για τους μήνες αυτούς είναι 1.016,62 m³ (Πίνακας 5-2). Για τον υπολογισμό του όγκου των αποβλήτων που θα επεξεργάζεται ημερησίως η μονάδα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η Αρχή Λιμένων προβλέπει σε μελλοντική αύξηση των κρουαζιερόπλοιων που θα ενλιμανίζονται στα λιμάνια της Κύπρου και υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο η μονάδα που προτείνεται να μπορεί να επεξεργάζεται και τα οικιακά απόβλητα της περιοχής στο μέλλον. Στην παρούσα διατριβή υπολογίζεται ότι η μονάδα θα επεξεργάζεται περίπου 1.000 m³ απόβλητα ημερησίως.

Πίνακας 5-1: Απόβλητα πλοίων κατά το έτος 2011.

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2011											
ΛΙΠΑΡΑ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ ΑΠΟΒΛΗΤΑ			ΣΚΟΥΠΙΔΙΑ			ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ					
ΥΔΡΟΣΥΛΛΕΚ						ΑΠΟΠΛΥ		ΑΠΟΒΛΗΤΑ		ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟ	ΟΝΟ
ΛΑΣΠΕΣ	ΤΕΣ	ΑΛΛΑ	ΦΑΓΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΑ	ΑΛΛΑ	ΜΑΤΑ	ΟΧΕΤΩΝ	ΠΛΟΙΑ	Date	ΠΛΟ	
3.50 m ³	2.20 m ³	2.10 m ³	0.50 m ³	0.30 m ³	0.30 m ³	0	0.00 m ³	1	10/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	4.00 m ³	4.00 m ³	5.00 m ³	0	0.00 m ³	1	10/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	10.00 m ³	10.00 m ³	0	0.00 m ³	1	12/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	2.00 m ³	8.00 m ³	0	0.00 m ³	1	17/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	3.00 m ³	2.00 m ³	0	0.00 m ³	1	18/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	4.00 m ³	4.00 m ³	4.00 m ³	0	0.00 m ³	1	18/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	3.00 m ³	7.00 m ³	0	0.00 m ³	1	20/6/11		
10.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	4.00 m ³	8.00 m ³	0	100.00 m ³	1	20/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	12.00 m ³	13.00 m ³	11.00 m ³	0	0.00 m ³	1	22/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	0.70 m ³	1.00 m ³	0	0.00 m ³	1	24/6/11		
10.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	5.00 m ³	10.00 m ³	0.00 m ³	0	0.00 m ³	1	24/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	3.00 m ³	12.00 m ³	0	0.00 m ³	1	24/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	3.00 m ³	5.00 m ³	0	0.00 m ³	1	26/6/11		
8.20 m ³	10.70 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	3.00 m ³	12.00 m ³	0	0.00 m ³	1	27/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	2.00 m ³	6.00 m ³	0	0.00 m ³	1	29/6/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	9.00 m ³	0	0.00 m ³	1	1/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	10.00 m ³	8.00 m ³	12.00 m ³	0	0.00 m ³	1	2/7/11		
16.00 m ³	0.00 m ³	29.00 m ³	5.16 m ³	11.70 m ³	16.00 m ³	0	0.00 m ³	1	5/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	1.00 m ³	2.00 m ³	8.00 m ³	0	0.00 m ³	1	6/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	2.00 m ³	7.00 m ³	0	45.00 m ³	1	8/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	2.00 m ³	2.00 m ³	7.00 m ³	0	0.00 m ³	1	8/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	4.00 m ³	0	0.00 m ³	1	11/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	4.00 m ³	0	50.00 m ³	1	11/7/11		
0.00 m ³	0.00 m ³	0.00 m ³	3.00 m ³	3.00 m ³	6.00 m ³	0	0.00 m ³	1	13/7/11		

Πίνακας 5-2: Συνολικός όγκος αποβλήτων για τους καλοκαιρινούς μήνες του έτους 2011.

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΟΝΙΑ 2011										
ΛΙΠΑΡΑ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΗ			ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΑ			ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΧΕΤΩΝ				
ΥΔΡΟΣΥΛΛΕΚ						ΑΠΟΠΛΥ		ΑΠΟΒΛΗΤΑ		ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟ
ΛΑΣΠΕΣ	ΤΕΣ	ΑΛΛΑ	ΦΑΓΗΤΑ	ΠΛΑΣΤΙΚΑ	ΑΛΛΑ	ΜΑΤΑ	ΟΧΕΤΩΝ	ΠΛΟΙΑ		
207,40 m ³	43,80 m ³	89,10 m ³	171,50 m ³	283,62 m ³	561.5 m ³	0	425,10 m ³	70		

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση 4.1, μπορεί να μετατραπεί ο όγκος σε μάζα και να βρεθεί η συνολική μάζα των στερεών απορριμμάτων που θα επεξεργάζεται η μονάδα ημερησίως (Πίνακας 5-3).

Πίνακας 5-3: Μετατροπή όγκου αποβλήτων σε μάζα.

ΕΙΔΟΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (ρ)	ΟΓΚΟΣ (V)	ΜΑΖΑ
Φαγητά	500 kg/m ³	171,50 m ³	500 kg/m ³ * 171,50 m ³ = 85,75 τόνοι
Πλαστικά	25 kg/m ³	283,62 m ³	25 kg/m ³ * 283,62 m ³ = 7,091 τόνοι
Χαρτί	366 kg/m ³	561,5 m ³ /2 = 280,75 m ³	366 kg/m ³ * 280,75 m ³ = 102,755 τόνοι
Σύνολο			195,596 τόνοι <i>απορριμμάτων για το</i> <i>καλοκαίρι του 2011</i>

Στον Πίνακα 5-3 έγινε μετατροπή του όγκου όλων των αποβλήτων που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι του 2011 από τα κρουαζιερόπλοια σε μάζα. Έτσι, με βάση τον πιο πάνω πίνακα και λαμβάνοντας υπόψη την μελλοντική αύξηση των κρουαζιερόπλοιων που θα ενλιμανίζονται στην Κύπρο, υπολογίζεται ότι η μονάδα θα επεξεργάζεται περίπου 160 τόνους απορριμμάτων ημερησίως ή 60.000 τόνους απορριμμάτων ανά έτος. Στην περίπτωση που εισέλθουν περισσότεροι όγκοι αποβλήτων από αυτούς που μπορεί να επεξεργαστεί η μονάδα ημερησίως δηλαδή σε περίοδο αιχμής, θα υπάρχει χώρος αποθήκευσης, έτσι ώστε η μονάδα να τα επεξεργαστεί σε περίοδο που υπάρχει λιγότερη ροή αποβλήτων.

5.1.2 Επιλογή Τεχνολογίας Επεξεργασίας Αποβλήτων

Όπως προαναφέρθηκε, με βάση τις τεχνολογίες επεξεργασίας των αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας, προέκυψαν δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά τη δημιουργία δύο μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων και περιλαμβάνει μία μονάδα μη-θερμικής επεξεργασίας (αναερόβια χώνευση) για τα φαγητά και μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας (καύσης) των πλαστικών, του χαρτιού και του βιοαερίου που θα παράγεται από την αναερόβια χώνευση. Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει μόνο μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας.

Με βάση τα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου, από ενεργειακή άποψη, είναι πιο συμφέρουσα η ανέγερση της μονάδας καύσης των φαγητών παρά η μονάδα αναερόβιας χώνευσης. Από την καύση των φαγητών το 2011, παράχθηκε 1,3 GWh ενέργεια ενώ από την αναερόβια χώνευση και την καύση βιοαερίου παράγεται 0,43 GWh ενέργεια. Επιπλέον, η ανέγερση δύο μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων θα στοιχίσει πολύ περισσότερο και πιθανό να μην είναι οικονομικά βιώσιμη, καθώς η απόκλιση μεταξύ της ενέργειας που παράγεται από την καύση των φαγητών και της ενέργειας από την αναερόβια χώνευση είναι περίπου 1 GWh. Τονίζεται, ότι οποιοδήποτε από τα δύο σενάρια και αν επιλεγθεί, οι μονάδες θα πρέπει να μπορούν να επεξεργάζονται συνολικά 160 τόνους απορριμμάτων ημερησίως.

Με βάση τα πιο πάνω, επιλέγεται το δεύτερο σενάριο το οποίο περιλαμβάνει μόνο μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας. Η θερμική τεχνολογία που θα υφίστανται τα στερεά απόβλητα θα είναι η καύση.

5.1.3 Είδος και Κόστος Κτιριακών και Μηχανολογικών Εγκαταστάσεων

Στο σημείο αυτό, θα γίνει αναφορά στον εξοπλισμό και τις κτιριακές εγκαταστάσεις του εργοστασίου και τις πιθανές επιλογές που για την κατασκευή του.

5.1.3.1 Είδος Κατασκευής

Όσον αφορά τις κτιριακές εγκαταστάσεις υπάρχουν οι εξής δυο λύσεις: η ενοικίαση μιας κτιριακής εγκατάστασης που να πληρεί τις προδιαγραφές για την εγκατάσταση της επιχείρησης στο χώρο αυτό, ή η αγορά ενός υπάρχοντος κτιρίου ή ενός αγροτεμαχίου για την εγκατάσταση της μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων.

Στην παρούσα περίπτωση, θα κατασκευαστεί ένα νέο κτιριακό συγκρότημα. Το είδος της κατασκευής του κτιρίου μπορεί να είναι εξ'ολοκλήρου από σκυρόδεμα, ή η δημιουργία κτιρίου μεταλλικής κατασκευής με βάση από σκυρόδεμα. Η δεύτερη περίπτωση είναι σχετικά πιο γρήγορη στην κατασκευή της και συνηθίζεται σε κατασκευές εργοστασίων. Στη συνέχεια παραθέτονται ενδεικτικές φωτογραφίες για να γίνουν κατανοητές αυτές οι επιλογές.



Εικόνα 5-1: Μεταλλική κατασκευή.



Εικόνα 5-2: Κατασκευή με δομικά υλικά.

Το κόστος ανέγερσης της κατασκευής από μεταλλικό σκελετό, βάση από σκυρόδεμα, συμπεριλαμβανομένης της τοιχοποιίας με την επένδυσή της και όλο τον ηλεκτροδραυλικό εξοπλισμό, ανέρχεται στα €200/m². Στην περίπτωση που η κατασκευή του κτιρίου γίνει από δομικά υλικά η τιμή ανέρχεται στα €820/m². Οπότε για ευνόητους λόγους, κυρίως οικονομικούς επιλέγεται η κατασκευή του κτιρίου να γίνει με μεταλλικά υλικά. Η έκταση που θα καλύπτει η μεταλλική κατασκευή θα είναι περίπου 3.000 m², το κόστος της κτιριακής εγκατάστασης είναι: 3.000 m² * €200/m² = €600.000 [1, 2].

5.1.3.2 Κόστος Μηχανολογικών Εγκαταστάσεων

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, στον Πίνακα 5-4 δίνονται πληροφορίες για το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας μονάδων καύσης. Η προτεινόμενη μονάδα είναι δυναμικότητας 60.000 τόνων ανά έτος. Έτσι, με γραμμική παρεμβολή το κόστος ανέγερσης ανέρχεται στα €36,8 εκατομμύρια και το τυπικό λειτουργικό κόστος €2,5 εκατομμύρια ανά έτος [3].

Πίνακας 5-4: Ενδεικτικό κόστος κεφαλαίου και λειτουργικό κόστος για μονάδες καύσης αποβλήτων με ανάκτηση ενέργειας [3].

Δυναμικότητα (tn/έτος)	Τυπικό κόστος κεφαλαίου (Μ€)	Τυπικό λειτουργικό κόστος (€/έτος)
50 000	32.25	2 232 500
100 000	55	3 765 000
200 000	109.8	6 600 000
500 000	180.8	14 276 000

5.1.4 Ανάλυση Συγκεντρωτικού Κοστολογίου

1. Κτιριακή εγκατάσταση: 3,000 τ.μ. * €200/τ.μ. = €600.000 [2].
2. Οικόπεδο: 4,000 τ.μ. = €450.000 [4].
3. Μηχανολογικός εξοπλισμός = €36,8 Μ (εκατομμύρια) [3].

4. Κόστος λειτουργικότητας ανά έτος = €2,5M [3].

Το κόστος ανέγερσης της κατασκευής υπολογίζεται περίπου €37,9 εκατομμύρια, ενώ κάθε έτος θα ξοδεύονται €2,5 εκατομμύρια για τη λειτουργία της μονάδας.

5.2 Έσοδα

5.2.1 Έσοδα από Πώληση Ενέργειας

Οι Α.Π.Ε. συμβάλλουν στην απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους υπό εξάντληση φυσικούς πόρους και αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας με δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Η Κυπριακή Δημοκρατία, ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δεσμεύεται βάσει της ευρωπαϊκής οδηγίας 2009/28/ΕΚ, να παράγει το 13% της ετήσιας ενεργειακής της κατανάλωσης από Α.Π.Ε. μέχρι το 2020. Το Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου έχει προκηρύξει κατά καιρούς προγράμματα επιχορήγησης που αφορούν στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Σκοπός του σχεδίου χορηγιών για ενθάρρυνση της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι η παροχή οικονομικών κινήτρων για την προώθηση των επενδύσεων στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας με ταυτόχρονη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 5-5), παρουσιάζεται το σχέδιο χορηγιών για ενίσχυση της χρήσης των Α.Π.Ε. καθώς και η συνολική τιμή πώλησης (ανά kWh) η οποία διοχετεύεται στο δίκτυο διανομής/μεταφοράς. Για την περίπτωση της μονάδας παραγωγής ενέργειας από την καύση στερεών απορριμμάτων, η κυβέρνηση χορηγεί επιδότηση για τα πρώτα 20 χρόνια και η συνολική τιμή πώλησης kWh μαζί με την επιδότηση είναι €0,135/kWh. Όταν περάσουν τα 20 χρόνια, η τιμή πώλησης είναι €0,017/kWh [5].

Πίνακας 5-5: Σχέδιο χορηγιών και συνολική τιμή πώλησης ανά kWh [5].

Αξιοποίηση Βιομάζας και βιοαερίου εκλούμενου από χώρους Υγειονομικής ταφής απορριμμάτων		
Παραγωγή ηλεκτρισμού από αξιοποίηση βιομάζας.	Επιδότηση της παραγόμενης ενέργειας για τα πρώτα 20 χρόνια λειτουργίας του συστήματος.	€0.135/kWh (Επιδότηση= €0,1179+ €0,0171 πριματοδότηση*-τιμή αγοράς ΑΗΚ).
Παραγωγή ηλεκτρισμού από αξιοποίηση βιοαερίου από ΧΥΤΑ.	Επιδότηση της παραγόμενης ενέργειας για τα πρώτα 20 χρόνια λειτουργίας του συστήματος.	€0.1145/kWh (Επιδότηση= €0,0974+ €0,0171 πριματοδότηση*-τιμή αγοράς ΑΗΚ).

5.2.1.1 Υπολογισμός Εσόδων Από την Πώληση Ενέργειας στην ΑΗΚ με Επιχορήγηση

Η συνολική ενέργεια που παράχθηκε από την καύση των στερεών απορριμμάτων το έτος 2011 είναι 2,5 GWh. Η συνολική μάζα των στερεών απορριμμάτων το 2011 είναι 510 τόνοι. Επειδή η υπό-ανέγερση μονάδα είναι δυναμικότητας 60.000 τόνων υπολογίζεται αναλογικά η ενέργεια που θα παράγεται από την καύση 60.000 τόνων στερεών απορριμμάτων:

510 τόνοι απορριμμάτων δίνουν 2,4 GWh

60.000 τόνοι απορριμμάτων $\rightarrow x = [(2,4 * 10^6 * 60.000) / 508] = 280 \text{ GWh}$.

Επομένως, τα συνολικά έσοδα από την πώληση στην ΑΗΚ συμπεριλαμβανομένης της επιδότησης είναι:

$$(280 * 10^6) * 0,135 \text{ σε\text{ν\text{t}} = \text{€ } 37.800.000$$

5.2.1.2 Υπολογισμός Εσόδων Από την Πώληση Ενέργειας στην ΑΗΚ Μετά το Τέλος της Επιδότησης

$$(283,2 \cdot 10^6) \cdot 0,0171 \text{ σεντ} = \mathbf{\text{€}4.788.000}$$

5.2.2 Έσοδα από Καταβολή Δικαιωμάτων από τους Πλοιοκτήτες

Όπως προαναφέρθηκε, οι πλοιοκτήτες καταβάλλουν δικαιώματα στην Αρχή Λιμένων για τη διαχείριση των αποβλήτων τους. Τα δικαιώματα καθορίζονται σύμφωνα με τους εκάστοτε ισχύοντες κανονισμούς και αναπροσαρμόζονται στις αρχές κάθε έτους ανάλογα με το ρυθμό πληθωρισμού. Με την ανέγερση της μονάδας οι πλοιοκτήτες θα καλούνται να πληρώνουν δικαιώματα στον υπεύθυνο λειτουργό της μονάδας και όχι στην Αρχή Λιμένων για τη διαχείριση των στερεών τους αποβλήτων. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και τη νομοθεσία, το ποσό που πρέπει να καταβάλλουν οι πλοιοκτήτες ανέρχεται στα 70-100 ευρώ ανά τόνο απορριμμάτων (gate fee) [6]. Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, το ποσό καταβολής θα είναι 80 ευρώ/τόνο.

Επιπλέον, με βάση τα στοιχεία του 2011 η συνολική ποσότητα των αποβλήτων που συλλέχθηκαν από κρουαζιερόπλοια ήταν μόλις 510 τόνοι. Η μονάδα είναι δυναμικότητας 60.000 τόνων, έτσι για να γίνει πληρότητα πρέπει να εισέρχονται και απόβλητα από άλλες πηγές όπως οικίες και ξενοδοχεία. Το δικαίωμα που καλούνται να καταβάλουν οι ιδιοκτήτες των πιο πάνω πηγών είναι 40 ευρώ/τόνο.

Έτσι, υπολογίζεται ότι τα απόβλητα από κρουαζιερόπλοια θα είναι περίπου 1.000 τόνοι/έτος και οι υπόλοιποι 59.000 τόνοι θα εισέρχονται από άλλες πηγές. Τα συνολικά έσοδα είναι:

Για κρουαζιερόπλοια: $1.000 \text{ τόνοι} \cdot 70 \text{ ευρώ} = \mathbf{\text{€}70.000/\text{έτος}}$

Για άλλες πηγές: $59.000 \cdot 40 \text{ ευρώ} = \mathbf{\text{€}2.360.000/\text{έτος}}$

Σύνολο: €2.430.000/έτος

5.3 Απόσβεση

Ο υπολογισμός του χρόνου απόσβεσης είναι πολύ χρήσιμος αφού με αυτό μπορεί να υπολογιστεί εάν μια επένδυση είναι οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα. Το κόστος απόσβεσης ισούται με το συνολικό κόστος επένδυσης και λειτουργίας της κατασκευής προς τα ετήσια έσοδα της κατασκευής [6]. Η διάρκεια ζωής της μονάδας υπολογίζεται να είναι 50 χρόνια. Συνοψίζοντας όλα τα ποιά πάνω στοιχεία, υπολογίζεται στη συνέχεια ο χρόνος απόσβεσης της μονάδας καθώς και τα καθαρά έσοδα.

Δεδομένα:

- Κόστος ανέγερσης μονάδας = €37,9M.
- Κόστος λειτουργικότητας = €2,4M /έτος.
- Διάρκεια ζωής μονάδας: 50 χρόνια.
- Μέγεθος μονάδας = 60.000 τόνοι/έτος.
- Χρέωση πλοιοκτητών = 70 ευρώ/τόνο στερεών απορριμμάτων.
- Χρέωση άλλων πηγών = 40 ευρώ/τόνο στερεών απορριμμάτων.
- Παραγόμενη Ενέργεια ανά έτος = 283,2 GWh.
- Πώληση ενέργειας στην Α.Η.Κ. για τα πρώτα 20 χρόνια (επιχορήγηση) = €0,135 /kWh.
- Πώληση ενέργειας στην Α.Η.Κ για τα χρόνια 21-50 (χωρίς επιχορήγηση) = €0,0171/ kWh.

5.3.1 Συνολικό κόστος επένδυσης για 50 χρόνια

Το συνολικό κόστος επένδυσης είναι ίσο με το κόστος ανέγερσης της μονάδας συμπεριλαμβανομένου του κόστους λειτουργικότητας για 50 χρόνια.

Συνολικό Κόστος Επένδυσης = Συνολικό Κόστος Ανέγερσης Μονάδας + Κόστος Λειτουργικότητας για 50 χρόνια

Συνολικό Κόστος Επένδυσης = 37.900.000 + (2.500.000*50) = **€162,9M**

Το συνολικό κόστος ανέγερσης και λειτουργίας της μονάδας για 50 χρόνια είναι **€162,9M**.

5.3.2 Συνολικά έσοδα μονάδας για 50 χρόνια

Τα συνολικά κέρδη ανά έτος θα είναι διαφορετικά τα πρώτα 20 χρόνια λόγω της επιχορήγησης. Τα πρώτα 20 χρόνια λειτουργίας της μονάδας η Α.Η.Κ. θα αγοράζει 1,35 σεντ την 1 kWh. Τα επόμενα 30 χρόνια 1 kWh θα πωλείται προς €0,0171.

Έτσι τα συνολικά έσοδα της επένδυσης είναι:

$$\text{Έσοδα (20 χρόνια)} = 20 * [(280 * 10^6 * 0,135 \text{ σεντ}) + (2.430.000)] = \text{€}804 \text{ M}$$

$$\text{Έσοδα (30 χρόνια)} = 30 * [(280 * 10^6 * 0,0171 \text{ σεντ}) + (2.430.000)] = \text{€}216,5\text{M}$$

$$\text{Συνολικά Έσοδα Μονάδας} = \text{Έσοδα (20 χρόνια)} + \text{Έσοδα (30 χρόνια)} = \text{€}1.020,5\text{M}$$

5.3.3 Συνολικά κέρδη Επένδυσης

Το συνολικό κέρδος της επένδυσης από την 50χρονη λειτουργία της ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ των συνολικών εσόδων της μονάδας προς το συνολικό κόστος ανέγερσης και λειτουργία της μονάδας.

$$\text{Συνολικά κέρδη Επένδυσης} = \text{€}1.020,5\text{M} - \text{€}162,9\text{M} = \text{€}857,6\text{M}$$

Η μονάδα επεξεργασίας μέσα σε 50 χρόνια λειτουργίας θα επιφέρει **857,6M** εκατομμύρια ευρώ κέρδος.

5.3.4 Χρόνος Απόσβεσης

Ο χρόνος απόσβεσης υπολογίζεται με βάση το κόστος αγοράς και λειτουργίας της κατασκευής ως προς τα ετήσια έσοδα της κατασκευής. Στον Πίνακα 5-6 υπολογίζονται τα έξοδα και τα έσοδα της κατασκευής ανά έτος και ο χρόνος απόσβεσης.

Πίνακας 5-6: Υπολογισμός Χρόνου Απόσβεσης.

Έτος	Κόστος Κατασκευής (€)	Κόστος Λειτουργίας (€)	Έσοδα Μονάδας (€)	Κέρδη (€)
0	-37,9 M			- 37,9 M
1		-2,5M	40,2 M	- 0, 2 M
2		-2,5M	40,2 M	+ 37,5 M
3		-2,5M	40,2 M	+ 75,2 M
4		-2,5M	40,2 M	+ 112,9 M
5		-2,5M	40,2 M	+ 150,6 M
6		-2,5M	40,2 M	+ 188,3 M
7		-2,5M	40,2 M	+ 226 M
8		-2,5M	40,2 M	+ 263,7 M
9		-2,5M	40,2 M	+ 301,4 M
10		-2,5M	40,2 M	+ 339,1M

Με βάση τον πίνακα, η απόσβεση της κατασκευής θα γίνει από το δεύτερο έτος λειτουργίας της. Επιπλέον, τα συνολικά έσοδα ανά έτος είναι περίπου 37,7 M ευρώ, ενώ για 10 χρόνια λειτουργίας τα συνολικά κέρδη της μονάδας υπολογίζονται στα 339,1M ευρώ. Όπως αναφέρθηκε, μετά τα πρώτα 20 χρόνια λειτουργίας η Α.Η.Κ θα αγοράζει την κιλοβατώρα προς 0,0171 έτσι, τα ετήσια κέρδη θα μειωθούν. Τα αποτελέσματα είναι θεωρητικά και στηρίζονται στο γεγονός ότι η μονάδα από το πρώτο έτος λειτουργίας της θα επεξεργάζεται 60.000 τόνους αποβλήτων. Αυτό όμως δεν είναι εφικτό, έτσι ο χρόνος απόσβεσης της κατασκευής αυξάνεται και υπολογίζεται ότι θα είναι περίπου στα 5-6 χρόνια.

5.4 Συμπεράσματα

Είναι φανερό ότι μια τέτοια κατασκευή είναι οικονομικά συμφέρουσα, αφού με βάση τους πιο πάνω υπολογισμούς η μονάδα μέσα σε 50 χρόνια λειτουργίας θα επιφέρει € 857,6Μ εκατομμύρια ευρώ κέρδος. Επιπλέον, με βάση τα ετήσια έσοδα η απόσβεση της κατασκευής θα γίνει από το δεύτερο έτος λειτουργίας. Τα πιο πάνω αποτελέσματα στηρίζονται στο γεγονός ότι η μονάδα από το πρώτο έτος λειτουργίας της θα επεξεργάζεται 60.000 τόνους αποβλήτων. Αυτό όμως δεν είναι εφικτό, έτσι ο χρόνος απόσβεσης της κατασκευής αυξάνεται και υπολογίζεται ότι θα είναι περίπου στα 5-6 χρόνια. Τέλος, τα αποτελέσματα κρίνονται πολύ θετικά αφού εκτός από τα οικονομικά οφέλη, η μονάδα θα συνεισφέρει θετικά και στην ταυτόχρονη απεξάρτηση της Κύπρου από τα συμβατικά καύσιμα

Βιβλιογραφία

- [1] Γ. Παπαδογιωργάκης, Ηράκλειο, 2010 “*Τεχνοοικονομική μελέτη μονάδας παραγωγής καύσιμων προϊόντων από υπολείμματα βιομηχανίας ξύλου*” Τ.Ε.Ι Κρήτης Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολογίας
<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2010/PapadogiorgakisGiorgos/attached-document-1293003697-149223-21824/Papadogiorgakis2010.pdf>
- [2] Κατασκευή Κτιρίου Από Μεταλλικό Σκελετό,
http://prokat-kavalas.blogspot.com/2011/08/blog-post_3591.html
- [3] Οδηγός Σχεδιασμού Βιοενεργειακών Συστημάτων, «*Στοιχεία που συνθέτουν το συνολικό κόστος συστήματος*»
<http://bisoplan.bioenarea.eu/html-files-gr/05-04.html>
- [4] Το σπίτι μου, “*Αγγελίες Ακινήτων*”
http://www.tospitimou.gr/main/properties_results.jsp?searchType=1&mainAreaId=1207&qsubArea=1243&transactionTypeId=1&qpropertyCategory=4&qpropertySubCategory=27
- [5] *Feasibility Study of Thermal Waste Treatment/ Recovery Options in the Limerick/Clare/Kerry Region; Mc O’Sullivan, 2005*
[http://www.managewaste.ie/docs/WMPNov2005/FeasabilityStudy/LCK%20Thermal%20Feasibility%20Report-Ful%20\(web\).pdf](http://www.managewaste.ie/docs/WMPNov2005/FeasabilityStudy/LCK%20Thermal%20Feasibility%20Report-Ful%20(web).pdf)
- [6] Green Dot Cyprus, “*Κόστος ΧΥΤΥ-Μας εκπλήττει το αυτονόητο;*”
<http://www.greendot.com.cy/gr/view-subpage-greeniversity/53/%CE%9A%CF%8C%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%82->
- [7] Απόσβεση, «*Μέθοδος Απόσβεσης*»
http://www.metal.ntua.gr/uploads/3914/772/kostos_ktisis_expoplismou.pdf

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Κύπρος είναι ένα νησί που εξαρτάται άμεσα από τα συμβατικά καύσιμα, αφού καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της με την εισαγωγή πετρελαίου. Η ανάκτηση ενέργειας από τα αστικά απόβλητα είναι μία από τις επιλογές που προβλέπονται στις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως πιθανή λύση για την αλλαγή του ενεργειακού ισοζυγίου. Η παρούσα διατριβή βασίστηκε στην ανάκτηση ενέργειας από τα στερεά απόβλητα των κρουαζιερόπλοιων στην Κύπρο. Με βάση τα στοιχεία που κατέγραψε η Αρχή Λιμένων Λεμεσού, το έτος 2011 συλλέχθηκαν απόβλητα από 175 κρουαζιερόπλοια και οι ποσότητες που καταγράφηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1-3 (Κεφάλαιο 1). Οι πλοιοκτήτες καταβάλλουν δικαιώματα στην Αρχή Λιμένων για τα απόβλητα τους, υπάρχουν όμως και κάποιες κατηγορίες αποβλήτων που μπορούν να απορρίπτονται στη θάλασσα.

Η μονάδα παραγωγής ενέργειας θα επεξεργάζεται απόβλητα της κατηγορίας “στερεά απορρίμματα”. Η περιοχή του λιμανιού της Λεμεσού είναι χώρος σημαντικός καθώς ενοικιάζεται σε πολύ ψιλά ποσά και δεν προσφέρεται για την ανέγερση της μονάδας έτσι η ανέγερση της μονάδας θα γίνει σε χώρο εκτός περιοχής λιμανιού και η πιο πιθανή τοποθεσία μια περιοχή μη περιβαλλοντικά ευαίσθητη και πλησίον του λιμανιού. Οι τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τις θερμικές και τις μη-θερμικές τεχνολογίες. Με βάση τις δύο πιο πάνω τεχνολογίες δύο σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορούσε την δημιουργία δύο μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων και περιλαμβάνει μία μονάδα θερμικής επεξεργασίας (καύσης) και μία μονάδα μη-θερμικής επεξεργασίας (αναερόβια χώνευση). Το δεύτερο σενάριο περιλαμβάνει μόνο μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας. Επιλέχθηκε το δεύτερο σενάριο λόγω οικονομικών και ενεργειακών πλεονεκτημάτων.

Ο υπολογισμός της ενέργειας που παράγεται από κάθε είδος υπολογίστηκε με βάση την διεθνή βιβλιογραφία και την πυκνότητα του κάθε υλικού και δίνονται στον Πίνακα 5-6.

Πίνακας 5-6: Ενέργεια που παράγεται ανά είδος αποβλήτων.

Είδος	Ενέργεια
Φαγητά μετά από καύση	1,3 GWh
Φαγητά από αναερόβια χώνευση	0,43 GWh
Πλαστικά	57,7 MWh
Χαρτί	1,13 GWh

Είναι φανερό ότι η καύση χαρτιού και φαγητών δίνουν την πιο μεγάλη ενέργεια σε σύγκριση με την καύση των πλαστικών. Επιπλέον, από ενεργειακή άποψη, είναι πιο συμφέρουσα η ανέγερση της μονάδας καύσης των φαγητών παρά η μονάδα αναερόβιας χώνευσης. Η μέγιστη συνολική ενέργεια που παράγεται το έτος 2011 είναι 2,4 GWh.

Επιπρόσθετα, κατά την κατασκευή της μονάδας επεξεργασίας αποβλήτων θα εμφανιστούν πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, τα υψηλά επίπεδα σκόνης και η υποβάθμιση του ατμοσφαιρικού αέρα τα οποία μπορούν να περιορισθούν με τη χρήση καυσίμων ντίζελ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και με την ενσωμάτωση φίλτρων και καταλυτικών μετατροπέων. Από τη λειτουργία της μονάδας, οι ρύποι που θα εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα είναι τα NO_x, τα οξειδία του άνθρακα και του θείου τα οποία προέρχονται από την καύση. Με τη χρήση αιθανόλης και του κατάλληλου καταλύτη, τα NO_x διασπώνται και τα οξειδία του θείου μπορούν να εξαλειφθούν με τη χρήση μιας παγίδας από υδροξείδιο του ασβεστίου.

Συμπερασματικά, είναι φανερό ότι μια τέτοια κατασκευή είναι οικονομικά συμφέρουσα. Με βάση την τεχνοοικονομική μελέτη που πραγματοποιήθηκε υπολογίστηκε ότι η μονάδα επεξεργασίας μέσα σε 50 χρόνια λειτουργίας θα επιφέρει 857,6 εκατομμύρια ευρώ κέρδος και ο χρόνος απόσβεσης της μονάδας υπολογίζεται περίπου στα 5-6 χρόνια. Τα πιο πάνω αποτελέσματα κρίνονται πολύ θετικά αφού εκτός από τα οικονομικά οφέλη που θα επιφέρει η μονάδα, θα συνεισφέρει θετικά στην μείωση της εξάρτησης της χώρας από τα συμβατικά καύσιμα και στον εναρμονισμό της με τις Ευρωπαϊκές οδηγίες που αφορούν τη διαχείριση

των αποβλήτων και την μείωση των εκπομπών επιβλαβών αερίων στην ατμόσφαιρα. Τέλος, η μονάδα θα μπορούσε με την κατάλληλη επέκταση να επεξεργαστεί και οικιακά απόβλητα και σίγουρα τα κέρδη θα ήταν πολύ περισσότερα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2011
(ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΑ)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2011

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

**ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ ΜΟΝΟ ΓΙΑ ΤΟΥΣ
ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ 2011**