



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ (ΣΤΕΦ)
ΤΜΗΜΑ : ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ :

**Τεχνολογίες καύσης αστικών στερεών απορριμμάτων:
Τεχνικά χαρακτηριστικά και οικονομικά στοιχεία**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΕΟΝΤΑΡΑΚΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ, Α.Μ.: 4843

Επιβλέπων: ΚΕΝΑΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Ηράκλειο, Ιούνιος 2013

Πίνακας Περιεχομένων

1.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
2.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
	2.1 Ορισμός Στερεών Αποβλήτων:.....	5
	2.2 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση απορριμμάτων.....	9
3.	Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ.....	13
	3.1 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα.....	13
	3.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση	14
	3.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	19
4.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	21
	4.1 ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ (ΠΛΗΡΗΣ ΚΑΥΣΗ)	22
	4.1.1 Ορισμός	22
	4.1.2 Δυναμικότητα μονάδων αποτέφρωσης.....	22
	4.1.3 Συστήματα μιας εγκατάστασης αποτέφρωσης.....	24
	4.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ	26
	4.2.1. Ορισμός	26
	4.2.2 Περιγραφή τεχνολογίας πυρόλυσης.....	26
	4.2.3 Στάδια πυρόλυσης.....	28
	4.2.4 Διαφορές πυρόλυσης με αποτέφρωση.....	28
	4.3 Αεριοποίηση.....	28
	4.3.1 Ορισμός	28
	4.3.2 Περιγραφή τεχνολογίας Αεριοποίησης.....	29
	4.3.3 Διαφορές αεριοποίησης – πυρόλυσης	30
5.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ	33
	5.1 Επιπτώσεις στον άνθρωπο	33
	5.2 Επιπτώσεις στο περιβάλλον	34

6. Κόστος κατασκευής και λειτουργίας Μονάδων Θερμικής Επεξεργασίας Στερεών Απορριμάτων.....	37
7. Συμπεράσματα	41
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	43

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Διαχωρισμός αποβλήτων.....	8
Πίνακας 2: Ποσότητες παραγόμενων Α.Σ.Α. Περιφέρειας Κρήτης (2001) [1]	10
Πίνακας 3: Διαχρονική εξέλιξη Α.Σ.Α. Περιφέρειας Κρήτης (tn/year)	11
Πίνακας 4: Ποιοτική σύσταση Α.Σ.Α. Περιφέρειας Κρήτης έτους 2003-2004 [1].....	12
Πίνακας 5: Σύγκριση των κοινών τύπων συστημάτων αποτέφρωσης	25
Πίνακας 6: Αποτέφρωση	31
Πίνακας 7: Πυρόλυση.....	32
Πίνακας 8: Αεριοποίηση.....	32
Πίνακας 9: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε σχέση με την ταφή απορριμμάτων.....	35
Πίνακας 10: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας.....	35
Πίνακας 11: Εκπομπές από καύση και αεριοποίηση απορριμμάτων.....	36
Πίνακας 12: Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.....	38
Πίνακας 13: Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη (Ecorprog & Fraunhofer UMISICHT, 2006)	39
Πίνακας 14: Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη (Ecorprog & Fraunhofer MISICHT, 2006).....	39
Πίνακας 15: Ποσότητες & Στοιχεία Κόστους Αποτέφρωσης για το 2005 από Εγκατεστημένες μονάδες αποτέφρωσης με παραγωγή ενέργειας από ΑΣΑ στην Ευρώπη σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις κρατών.	40

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Ιεράρχηση διαχείρισης των στερεών αποβλήτων	16
Εικόνα 2: Μονάδα αποτέφρωσης Α.Σ.Α. στη Γερμανία	23
Εικόνα 3: Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αστικών στερεών αποβλήτων με	23
Εικόνα 4: Τυπική ροή μονάδας αποτέφρωσης	24
Εικόνα 5: Ροή της διεργασίας της πυρόλυσης.....	27
Εικόνα 6: Ροή της διεργασίας της αεριοποίησης.....	29

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τον τελευταίο καιρό γίνεται μεγάλη συζήτηση για την καύση των αποβλήτων και γενικότερα όλων των συγγενών τεχνολογιών θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παραθέσει όλους τους δυνατούς τρόπους διαχείρισης και επεξεργασίας των απορριμμάτων και τους τρόπους που αυτές μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να έχουν, όσο αυτό είναι εφικτό, λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, θα αναλυθούν τα συστήματα διαχείρισης των απορριμμάτων, θα παρουσιαστεί η σχετική νομοθεσία, Ελληνική αλλά και Ευρωπαϊκή, καθώς επίσης θα γίνει αναλυτική παρουσίαση των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή αξιοποίηση τους. Θα γίνει περιγραφή των μεθόδων, καταγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους, παράθεση στοιχείων σχετικά με την οικονομική τους βιωσιμότητα, σύγκριση μεταξύ τους καθώς και αναφορά ερευνητικών και πειραματικών μελετών, που έχουν κατά καιρούς εκπονηθεί, με σκοπό την πιο ολοκληρωμένη κάλυψη τους.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1 Ορισμός Στερεών Αποβλήτων:

«**Στερεά Απόβλητα** (ΣΑ) νοούνται ουσίες ή αντικείμενα που εμφανίζονται κυρίως σε στερεά φυσική κατάσταση, από τις οποίες ο κάτοχος τους θέλει ή υποχρεούται να απαλλαγεί, και δεν περιλαμβάνεται στον κατάλογο επικινδύνων αποβλήτων της Ευρωπαϊκή Ένωσης»

Ο παραπάνω όρος είναι γενικός και περιλαμβάνει την ετερογενή μάζα των ΣΑ από τις αστικές κοινότητες, όπως επίσης και την πιο ομοιογενή μάζα γεωργικών και βιομηχανικών αποβλήτων, όπως και μπαζών. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται διαγραμματικά μια γενικευμένη διάκριση των αποβλήτων.

Ο χαρακτηρισμός μιας ουσίας ως «απόβλητο» δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες της αλλά και από:

- Τις ισχύουσες οικονομικές συνθήκες (η αξία των υλικών μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά).
- Το κόστος της απόρριψης (μπορεί να αυξηθεί με την επιβολή τελών).
- Την ισχύουσα νομοθεσία (πρόστιμο πλημμελούς ή παράνομης απόρριψης).

Συγκεκριμένα στην κατηγορία των ΣΑ περιλαμβάνονται όλα τα απόβλητα με εξαίρεση:

- i. Απόβλητα σε υγρή φάση χωρίς αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ρύπων (υγρά απόβλητα).
- ii. Αέριους ρύπους.

Τα ΣΑ ομαδοποιούνται γενικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

α. Αστικά απόβλητα (απορρίμματα).

β. Ειδικά απόβλητα:

β1. Επικίνδυνα απόβλητα.

β2. Μη επικίνδυνα ειδικά.

β3. Ιατρικά απόβλητα.

Αναλυτικότερα τα ΣΑ περιλαμβάνουν:

- Αστικά απορρίμματα (οικιακά, βιοτεχνικά, εμπορικά, οδοκαθαρισμού κλπ.)
- Στερεά ή υδαρή (με αξιόλογο ποσοστό αιωρούμενων ουσιών) απόβλητα που δε μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά (ορισμένα βιομηχανικά, τοξικά ή αδρανή, και απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας).
- Πετρελαιοειδή απόβλητα (προέρχονται από την επεξεργασία του πετρελαίου, διυλιστήρια, χημικά εργοστάσια, ναυπηγεία, κλπ.).
- Απόβλητα γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων.
-
- Απόβλητα ορυχείων και μεταλλείων.
-
- Απόβλητα εκσκαφών (από ξηρά και θάλασσα).

Αστικά (δημοτικά) απόβλητα:

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα οικιακά απορρίμματα και όλα εκείνα που προσομοιάζουν με αυτά και παράγονται από τα εμπορικά καταστήματα, τα ιδρύματα και τις βιοτεχνίες. Εξαιρέση αποτελούν τα απόβλητα εκσκαφών και οικοδομικών κατεδαφίσεων, όπως επίσης και τα κατεστραμμένα αυτοκίνητα.

Τα οικιακά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ανομοιογενές συνοθύλευμα υλικών. Η ποιοτική ανάλυση των οικιακών απορριμμάτων αποσκοπεί στο να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιορισθεί πληροφωρία απαραίτητη για την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους (ανακύκλωση, ανάκτηση ενέργειας, κ.λπ.). Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληψιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις εξής ομάδες (κλάσματα) υλικών:

- ⌚ Ζυμώσιμα. Περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου.
- ⌚ Χαρτί. Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων.
- ⌚ Μέταλλα. Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών που απαντώνται στα απορρίμματα. Είναι δόκιμος ένας διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα

μέταλλα (κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων), με τα τελευταία να έχουν ως κυριότερο αντιπρόσωπο το αλουμίνιο. Σε ορισμένες αναλύσεις έχουν εξετασθεί ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.

- ⌚ Γυαλί. Η διαχείριση αποβλήτου γυαλιού στη χώρα_μας πάσχει κυρίως από την έλλειψη_υαλουργιών, κυρίως σε περιοχές μακριά από την Αττική. Είναι δόκιμος ο διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, όσον αφορά την ανακύκλωση, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού γυαλιού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.
- ⌚ Πλαστικό. Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Η κατηγορία αυτή_γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη κατά τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας ως συνέπεια της αλλαγής των καταναλωτικών συνηθειών (στροφή σε συσκευασμένα προϊόντα, κ.λπ.). Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).

Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Ύφασμα. Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα_(ΔΞΛΥ).

- ⌚ Αδρανή. Εδώ περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά_απορρίμματα (π.χ. χώματα, πέτρες, κ.λπ.).
- ⌚ Λοιπά. Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε_μπορούν να κατανεμηθούν σε_καμία από τις άλλες κατηγορίες.

Ειδικά απόβλητα:

- α. Επικίνδυνα απόβλητα*
 - β. Μη επικίνδυνα απόβλητα*
 - γ. Ιατρικά απόβλητα*
- Διακρίνονται σε:

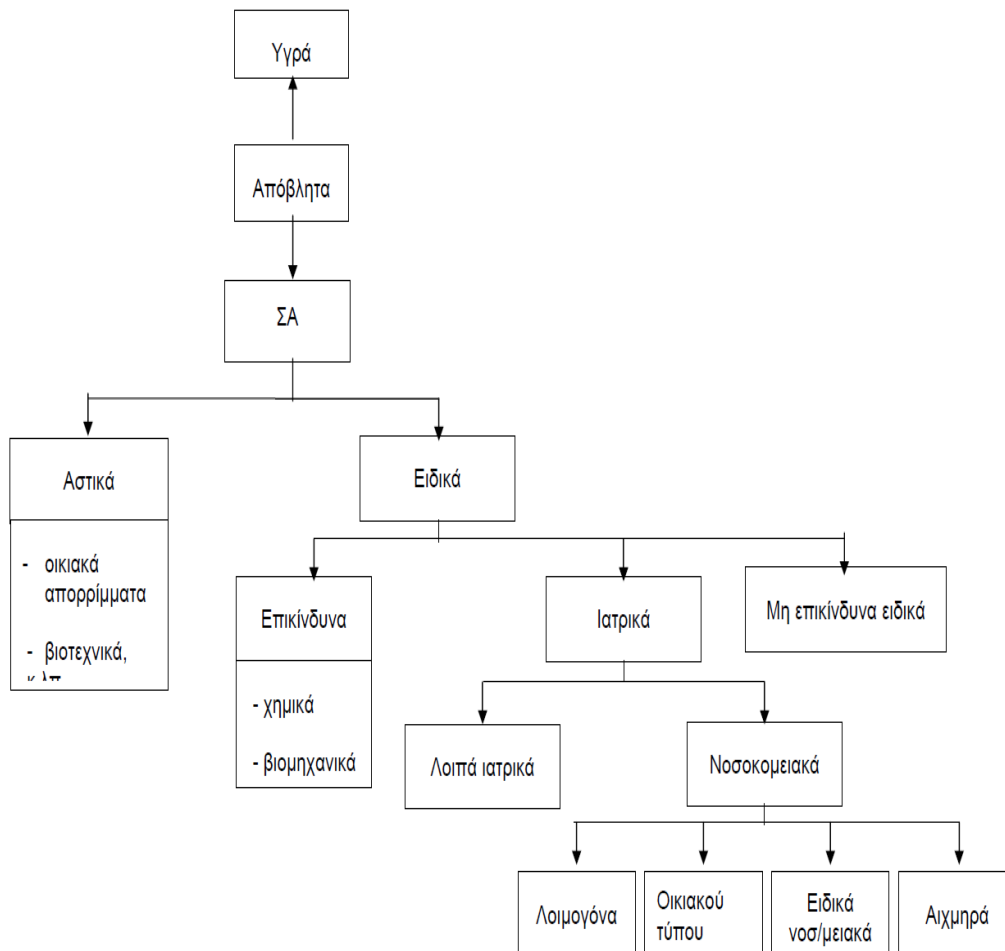
- Νοσοκομειακά.
- Λοιπά ιατρικά και φαρμακευτικά απόβλητα.

Ειδικά - βιομηχανικά στερεά απόβλητα:

- Αδρανή απόβλητα κατασκευαστικών δραστηριοτήτων
- Στερεά απόβλητα οχημάτων.
- Ελαστικά επίσωτρα.
- Αυτοκίνητα.
- Καταλύτες.
- Αγροτικά στερεά απόβλητα.
- Κτηνοτροφικά απόβλητα.
- Ιλείς
- Στερεά βιομηχανικά απόβλητα.
- Επικίνδυνα απόβλητα

Στο πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται αρκετά παραστατικά ο διαχωρισμός των αποβλήτων.

Πίνακας 1: Διαχωρισμός αποβλήτων



2.2 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση απορριμμάτων

Ποσοτική ανάλυση

Στην Ελλάδα παράγονται περίπου 3.900.000 (1997) τόνοι αστικών ΣΑ το χρόνο, δηλαδή στον κάθε πολίτη αντιστοιχεί περίπου μία παραγωγή **ενός κιλού απορριμμάτων ανά ημέρα**. Στην Εικόνα 3 φαίνονται οι ποσότητες των παραγόμενων αστικών αποβλήτων για τα έτη 1991 και 1997 καθώς και η μέση ημερήσια παραγωγή αποβλήτων ανά κάτοικο για τα παραπάνω έτη.

Από τη συνολική ετήσια παραγόμενη ποσότητα (στοιχεία 1997) προκύπτει ότι:

- Το 85% συλλέγεται και διατίθεται συστηματικά, ενώ για το υπόλοιπο 15%, που αφορά κυρίως σε απομονωμένες ορεινές και νησιωτικές περιοχές, οι επιστήμονες έχουν εντοπίσει σοβαρά προβλήματα ακόμα και στο σύστημα συλλογής, πέρα από το σύστημα διαχείρισής τους.
- Το 20% αφορά απορριπτόμενα υλικά συσκευασίας.

Κάθε κάτοικος στην Ελλάδα παράγει περίπου 500 κιλά απορρίμματα το έτος. Τα τελευταία 10 έτη η αύξηση παραγωγής σκουπιδιών στην Ελλάδα ξεπέρασε το 40%. Μόνο οι κάτοικοι της Αθήνας παράγουν περί τους 6.500 τόνους σκουπιδιών ημερησίως (χωρίς να έχουν συνυπολογιστεί οι χιλιάδες τόνοι βιομηχανικών και νοσοκομειακών αποβλήτων). Στο σύνολο της η Ελλάδα παράγει ετησίως 20 εκατομμύρια τόνους αστικών απορριμμάτων.

Για τα αστικά απόβλητα πρέπει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα ανακυκλώνεται μόλις το 17% και κομποστοποιείται μόλις το 2%. Το υπόλοιπο 81% οδηγείται σε ΧΥΤΑ ή ΧΥΤΥ. Σε αντίθεση με την Ελλάδα, στην Αυστρία κομποστοποιείται το 40% των απορριμμάτων, στην Ιταλία το 32%, ενώ στην Ολλανδία το 28%.

Στην Ελλάδα:

- 500 κιλά απορρίμματα ετησίως παράγει κάθε κάτοικος.
- 40% αυξήθηκαν οι ποσότητες των απορριμμάτων την τελευταία 10ετία.
- 1 δισ. Ευρο κοστίζει η αποκομιδή τους ετησίως.
- 5,2 εκατομμύρια τόνοι κάθε χρόνο πετιούνται στους κάδους.
- 25% μόνο οδηγείται σε ανακύκλωση.
- 300 είναι οι ανεξέλεγκτες «παράνομες» χωματερές.
- 15%-30% των μπλε κάδων καταλήγει στις χωματερές.
- 44.000 τόνοι λίπασμα παράγονται από οργανικά απόβλητα.
- 800.000 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα παράγονται ετησίως σε ΧΥΤΑ που εξυπηρετεί 1 εκατ. κατοίκους.

Σύμφωνα με τη μελέτη του Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΠΕΣΔΑ) που εκπονήθηκε για την Κρήτη, η ετήσια παραγωγή Αστικών Στερεών

Αποβλήτων (Α.Σ.Α.), κατά το έτος 2001, ανερχόταν σε 229.162 τόνους ή 678.445

κιλά/ημέρα (1,14 kg/ άτομο/ημέρα).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες των παραγόμενων Α.Σ.Α. στους επιμέρους Νομούς, όπως επίσης και στο σύνολο της Περιφέρειας Κρήτης, για τον πραγματικό και εποχιακό πληθυσμό.

Πίνακας 2: Ποσότητες παραγόμενων Α.Σ.Α. Περιφέρειας Κρήτης (2001) [1]

ΝΟΜΟΙ	Ημερήσια παραγωγή απορριμμάτων (kg/d)		Ετήσια παραγωγή απορριμμάτων (tn/yr)	
	Πραγματικός πληθυσμός	Εποχιακός πληθυσμός	Πραγματικός πληθυσμός	Εποχιακός πληθυσμός
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	289.522	52.936	105.676	11.117
ΛΑΣΙΘΙΟΥ	66.301	24.113	24.200	5.064
ΡΕΘΥΜΝΟΥ	71.378	16.671	26.053	3.501
ΧΑΝΙΩΝ	132.043	25.481	48.200	5.351
ΣΥΝΟΛΟ	559.244	119.201	204.129	25.032
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	678.445		229.162	

Η διαχρονική εξέλιξη στην παραγωγή των Α.Σ.Α. για την εν λόγω Περιφέρεια παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 3: Διαχρονική εξέλιξη Α.Σ.Α. Περιφέρειας Κρήτης (tn/year)

ΕΤΟΣ	ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ	ΠΙΘΑΝΟΤΕΡΟ ΣΕΝΑΡΙΟ	ΧΕΙΡΙΣΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ
2001	229162	229162	229162
2002	232599	233172	237183
2003	236088	237253	245484
2004	239630	241405	254076
2005	243224	245629	262969
2006	246873	249928	272173
2007	250576	254302	281699
2008	254334	258752	291558
2009	258149	263280	301763
2010	262022	267887	312324
2011	265952	272575	323256
2012	269941	277346	334570
2013	273990	282199	346280
2014	278100	287138	358399
2015	282272	292162	370943
2016	286506	297275	383926
2017	290803	302478	397364
2018	295165	307771	411271
2019	299593	313157	425666
2020	304087	318637	440564
2021	308648	324213	455984
2022	313278	329887	471943
2023	317977	335660	488461
2024	322747	341534	505558
2025	327588	347511	523252

Σύμφωνα με τη μελέτη του ΠΕΣΔΑ και με αναλύσεις που έγιναν σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων της Κρήτης παρουσιάζονται παρακάτω :

Πίνακας 4: Ποιοτική σύσταση Α.Σ.Α. Περιφέρειας Κρήτης έτους 2003-2004 [1]

%	1 ^η φάση Φθινόπωρο	2 ^η φάση Χειμώνα	3 ^η φάση Άνοιξη	4 ^η φάση Καλοκαίρι	Συγκεντρωτικά
ΑΔΡΑΝΗ	2,02	1,65	3,85	3,17	2,67
ΜΕΤΑΛΛΑ	3,63	3,08	3,44	3,89	3,51
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	2,10	0,69	1,23	1,75	1,44
ΓΥΑΛΙ	6,89	3,12	4,76	6,55	5,33
ΔΞΥΛ	4,62	5,49	5,52	5,34	5,24
ΧΑΡΤΙ	20,41	22,21	20,03	17,09	19,94
ΤΡΟΦ.ΥΠΟΛ.	35,66	39,61	40,94	40,38	39,15
ΠΛΑΣΤΙΚΑ	20,02	17,83	14,66	14,89	16,85
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	4,65	6,32	5,56	6,94	5,87

Συμπερασματικά, οι κατηγορίες απορριμμάτων που κυριαρχούν στην προκείμενη Περιφέρεια είναι τα οργανικά υλικά (τροφικά υπολείμματα) με ποσοστό 39,15%, το χαρτί με ποσοστό 19,94% και τα πλαστικά με ποσοστό 16,85%.Επιπρόσθετα, στην Κρήτη, το 64,33% των Α.Σ.Α. είναι βιοαποδομήσιμα και το 29,468% είναι υλικά συσκευασίας.

Αξιοσημείωτη είναι δε η παραγωγή πλαστικού και γυαλιού που φτάνει το 76% του συνόλου των απορριμμάτων, ποσοστό σημαντικά μεγαλύτερο συγκριτικά με το σύνολο της Ελλάδας.

Τα διαθέσιμα οργανικά στερεά απόβλητα στην εν λόγω Περιφέρεια είναι 147.000 τόνοι που ισοδυναμούν σε $2984 \text{ m}^3 \cdot 10^4$ βιοαέριο.

3. Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ

3.1 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων σε Εθνικό Επίπεδο.

Βάση του θεσμικού μας πλαισίου για το περιβάλλον και κατ' επέκταση τη διαχείριση των αποβλήτων, αποτελεί ο Νόμος 1650/1986 «για την προστασία του περιβάλλοντος». Ο νόμος αυτός θέτει το γενικό πλαίσιο, τους στόχους και τα μέσα για την προστασία του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με το άρθρο 12, ορίζονταν αρμόδιοι φορείς για τη διαχείριση των αστικών στερεών αποβλήτων είναι οι ΟΤΑ, οι οποίοι όμως έχουν τη δυνατότητα να μην διαχειρίζονται απόβλητα που λόγω της σύστασής τους δεν μπορούν να διατεθούν μαζί με τα οικιακά απορρίμματα.

Πρόσφατα το άρθρο αυτό αναθεωρήθηκε με το άρθρο 30 του Ν.3536/2007, όπου ορίστηκε πλέον ότι αρμόδιοι για τη διαχείριση των ΑΣΑ θα είναι οι Φορείς Διαχείρισης (ΦοΔΣΑ) που θα συστήσουν οι ΟΤΑ που αποτελούν μια συγκεκριμένη γεωγραφική ενότητα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ΚΥΑ 50910/2003).

Η ΚΥΑ 114218/97 «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων», ουσιαστικά εξειδικεύει το νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, θέτοντας συγκεκριμένες προδιαγραφές για τα έργα. Ωστόσο, οι προδιαγραφές αυτές θεωρούνται ότι δεν συνάδουν με το γενικότερο πλαίσιο και τις τάσεις που διαμορφώνονται σε ευρωπαϊκό επίπεδο και θα πρέπει άμεσα να επικαιροποιηθούν.

Ο Νόμος 2939/2001 διαμορφώνει το θεσμικό πλαίσιο «για την εναλλακτική διαχείριση συσκευασιών και άλλων προϊόντων». Με το νόμο αυτό ενσωματώνεται η Οδηγία 94/62/ΕΟΚ στο Εθνικό Δίκαιο και καθορίζεται το πλαίσιο για την υλοποίηση προγραμμάτων ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης, αξιοποίησης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (μπαταρίες, ηλεκτρονικά, ελαστικά κ.α.), με τη θέσπιση συγκεκριμένων ποσοτικών στόχων και χρονικών ορίων για την προσέγγισή τους. Ειδικά, τα σχετικά προεδρικά διατάγματα καθορίζουν τους επιμέρους όρους για το κάθε ρεύμα αποβλήτου. Ως σήμερα έχουν εκδοθεί τα Π.Δ. 82/2004, 109/2004, 115/2004, 116/2004, 117/2004 και 15/2006 για τα ορυκτέλαια, τα ελαστικά, τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές, τα οχήματα στο τέλος κύκλου ζωής τους και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, αντίστοιχα.

Η ΚΥΑ 29407/2002 θέτει τους «όρους και τις προϋποθέσεις για την εφαρμογή της υγειονομικής ταφής των στερεών αποβλήτων», προς συμμόρφωση με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 99/31/ΕΚ.

Το 2003 δημοσιεύεται η ΚΥΑ 37591/2031/2003 «για τη διαχείριση των αποβλήτων από Υγειονομικές Μονάδες». Με βάση την ΚΥΑ αυτή υποχρεούνται οι Υγειονομικές Μονάδες να εκπονήσουν Εσωτερικό Κανονισμό Διαχείρισης Επικινδύνων Ιατρικών Αποβλήτων (ΕΙΑ), ενώ απαιτείται και η παράλληλη ενεργοποίηση και συμμετοχή των Επιτροπών Υγιεινής και Ασφάλειας των Υγειονομικών Μονάδων, οι οποίες θα πρέπει να παίξουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην ενημέρωση των εργαζομένων, όσο και στην εποπτεία της ορθής λειτουργίας του συστήματος διαχείρισης των ΕΙΑ.

Την ίδια χρονιά δημοσιεύεται η ΚΥΑ 50910/2727/2003 «Μέτρα και Όροι για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης» για την πλήρη συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/156/ΕΟΚ. Στην ΚΥΑ αυτή καθορίζονται οι στόχοι και οι αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, καθώς και οι προδιαγραφές του εθνικού (ΕΣΔΑ) αλλά και των περιφερειακών σχεδίων (ΠΕΣΔΑ) για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Επιπλέον, καθορίζονται οι υπόχρεοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ΦοΣΔΑ), καθώς και μέτρα για την αποκατάσταση και αξιοποίηση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων.

Τέλος, η πιο πρόσφατη νομοθετική ρύθμιση αναφορικά με τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, είναι η ΚΥΑ 13588/725/2006 «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων». Στην απόφαση αυτή καθορίζονται οι υποχρεώσεις των παραγωγών και των φορέων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων, ενώ πρόσφατα καθορίστηκαν και οι τεχνικές προδιαγραφές για τη διαχείριση των επικινδύνων στερεών αποβλήτων (ΚΥΑ 24944/1159/2006), καθώς και το περιεχόμενο του εθνικού σχεδιασμού διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων, ο οποίος εκπονήθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ (ΚΥΑ 8668/2007).

3.2 Νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Κοινοτική πολιτική για την προστασία του περιβάλλοντος ξεκίνησε ουσιαστικά με τη Σύνοδο Κορυφής των Παρισίων, το 1974. Ακολούθησαν τα “προγράμματα δράσης” της Κοινότητας και ήδη από το 1975 προβλέπονται στον κοινοτικό προϋπολογισμό κονδύλια για την προστασία του περιβάλλοντος. Το 1981, οι ως τότε διάσπαρτες περιβαλλοντικές υπηρεσίες συγχωνεύονται στη Γενική Διεύθυνση XI (περιβάλλον, πυρηνική ασφάλεια, προστασία πολιτών) και υπό το πρίσμα των εξελίξεων υιοθετείται η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (1η Ιουλίου 1987), ως ανεξάρτητη πολιτική για το περιβάλλον. Την ίδια χρονιά, υιοθετείται το 4ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, με βασικό στόχο την αποτελεσματική εφαρμογή της κοινοτικής νομοθεσίας για το περιβάλλον από τα κράτη μέλη.

Ακολούθησε το 5ο Πρόγραμμα Δράσεως για το Περιβάλλον “προς μια αειφόρο ανάπτυξη”, το οποίο θέσπισε τις αρχές μιας πιο ενεργητικής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για την περίοδο 1992-2000 και σηματοδότησε την αρχή μιας οριζόντιας κοινοτικής δράσεως, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες ρύπανσης (βιομηχανία, ενέργεια, τουρισμός, μεταφορές, γεωργία).

Σήμερα, είναι σε εξέλιξη το 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, το οποίο προσδιορίζει γενικούς στόχους και καθορίζει κατάλογο περιβαλλοντικών προτεραιοτήτων μέχρι και το έτος 2010.

Τα βασικότερα σημεία της περιβαλλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι τα εξής:

- Η πρόληψη είναι προτιμότερη από τη λήψη διορθωτικών μέτρων.
- Τα περιβαλλοντικά προβλήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται στην πηγή τους.
- Ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει το κόστος των μέτρων που θα ληφθούν για την

προστασία του περιβάλλοντος.

- Η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί τμήμα των

άλλων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

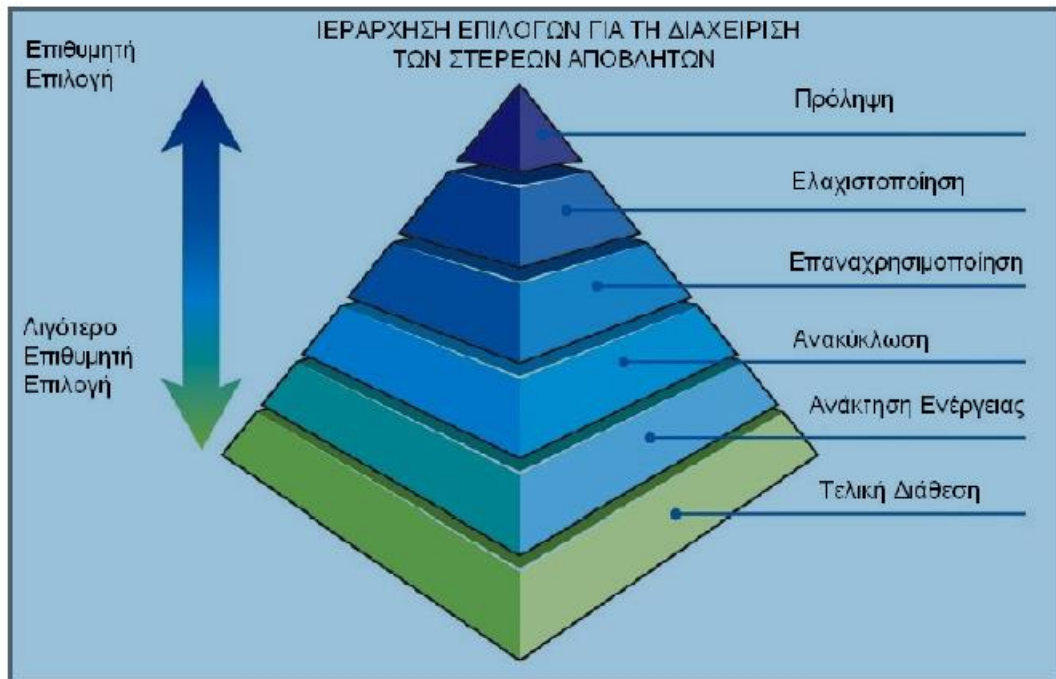
Ολόκληρη η περιβαλλοντική πολιτική της Ε.Ε. βασίζεται στην αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει".

Οι πληρωμές μπορεί να πραγματοποιηθούν με τη μορφή επενδύσεων για να επιτευχθεί

συμμόρφωση προς αυστηρότερα πρότυπα ή με τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις

επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).

Ειδικότερα, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων - με βάση τις κοινοτικές Οδηγίες - ιεραρχείται βάσει του παρακάτω διαγράμματος στις εξής αρχές:



Εικόνα 1: Ιεράρχηση διαχείρισης των στερεών αποβλήτων

Αρχή της πρόληψης ή και μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων :

Βασικό ζήτημα στην πρόληψη παραγωγής απορριμμάτων, αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από το στάδιο της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, της επεξεργασίας, μεταποίησης, μεταφοράς και χρήσης. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν, σε αρκετά παγιωμένη μορφή, μέθοδοι αναλύσεων κύκλου ζωής για τα κάθε είδους προϊόντα, κατασκευές κλπ. Ήδη, όμως, έχουν ληφθεί αποφάσεις που υλοποιούνται είτε μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων (π.χ. LIFE), είτε μέσω θεσμοθέτησης τεχνικών προτύπων στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τυποποίησης (CEN).

Σε ειδικές περιπτώσεις, η πρόληψη μπορεί να γίνεται μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων), ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων.

Άλλοι τρόποι συνεισφοράς στην πρόληψη, είναι τα προγράμματα οικολογικών ελέγχων με παράλληλη θέσπιση κινήτρων ή και αντικινήτρων σε οικονομικούς φορείς του Δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα (οικολογικό σήμα) και η ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.

Αρχή επαναχρησιμοποίησης των υλικών:

Με βάση και την ευθύνη του παραγωγού, ο κατασκευαστής οφείλει να εξασφαλίζει τα μέσα, όχι μόνο για να περιορίσει τη δημιουργία αποβλήτων (με συνετή χρήση των φυσικών πόρων, ανανεώσιμων πρώτων υλών ή μη επικίνδυνων υλικών), αλλά και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται η επαναχρησιμοποίηση και η ανάκτησή τους.

Αρχή ανακύκλωσης και αξιοποίησης των υλικών:

Η ανάκτηση από τα απορρίμματα αποτελεί τον πυρήνα κάθε αειφόρου πολιτικής διαχείρισής τους. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις όπου η δημιουργία τους δεν μπορεί να αποφεύγεται, θα πρέπει να επαναχρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών.

Βασική διαδικασία για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή. Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των καταναλωτών και των τελικών χρηστών στην αλυσίδα διαχείρισης και τους καθιστά περισσότερο ευαίσθητους ως προς την ανάγκη μείωσης της παραγωγής αποβλήτων.

Σημαντική, επίσης, προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα συστημάτων ανακύκλωσης και η δημιουργία αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

Αρχή ανάκτησης ενέργειας:

Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών - λόγω τεχνικών περιορισμών- θα πρέπει να οδηγούνται τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμενο σε μονάδες καύσης, με στόχο την ανάκτηση ενέργειας, ώστε να διατεθεί τελικώς μόνο το κλάσμα που δεν δύναται να αξιοποιηθεί.

Αρχή της ασφαλούς διάθεσης:

Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης έχει βαρύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση.

Χρησιμοποιείται εκτενώς μιας και είναι η οικονομικότερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο να καταλήγουν σε χώρους διάθεσης μόνο τα μη ανακτήσιμα και αδρανή απόβλητα.

Το Δεκέμβριο του 2005, ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέα θεματική στρατηγική για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (COM(2005)666/EK: Θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων).

Στόχος της στρατηγικής είναι να μειωθούν οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεσή τους, μέσω της ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει να αντιμετωπίζεται κάθε είδος αποβλήτων όχι μόνο ως πηγή ρύπανσης που επιβάλλεται να μειωθεί, αλλά και ως ενδεχόμενος πόρος που προσφέρεται για εκμετάλλευση. Η νέα στρατηγική προβλέπει την απλοποίηση της κείμενης νομοθεσίας, αποσκοπώντας στην συγχώνευση της οδηγίας για τα επικίνδυνα απόβλητα και της οδηγίας για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια, αλλά και στην εξάλειψη των αλληλεπικαλύψεων μεταξύ της οδηγίας πλαισίου για τα απόβλητα και της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης.

Επιπροσθέτως, προβλέπει την ενθάρρυνση του τομέα της ανακύκλωσης, με στόχο την επανένταξη με ελάχιστο περιβαλλοντικό αντίκτυπο των αποβλήτων στον οικονομικό κύκλο με τη μορφή προϊόντων ποιότητας. Η νέα στρατηγική προβλέπει και άλλα μέτρα, όπως η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τη φορολογία της οριστικής εναπόθεσης των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο καθώς και, μακροπρόθεσμα, τη λήψη μέτρων βάσει της φύσης των υλικών και ενδεχομένως μέτρων συμπλήρωσης των μηχανισμών της αγοράς, σε περίπτωση που δεν επαρκέσουν για την εξασφάλιση της ανάπτυξης της ανακύκλωσης.

Η εξειδίκευση της νέας αυτής θεματικής στρατηγικής για τα απόβλητα πραγματοποιήθηκε με τη θέσπιση της Οδηγίας 2006/12/EK για τα απόβλητα, η

οποία και αντικαθιστά την Οδηγία πλαίσιο 75/442/ΕΟΚ (είχε επανειλημμένα τροποποιηθεί και για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμη για λόγους σαφήνειας και ορθολογισμού η κωδικοποίηση της εν λόγω Οδηγίας).

Στη νέα αυτή Οδηγία τίθεται, πλέον σαφώς, η έννοια της προεπεξεργασίας του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων, ως αναγκαιότητα για την αξιοποίησή τους είτε σαν πρώτη ύλη που θα εισέλθει στην παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή νέου προϊόντος, είτε σαν φυσικός πόρος για την παραγωγή ενέργειας, πριν την τελική διάθεσή τους. Αξίζει να επισημανθεί ότι η έννοια της προεπεξεργασίας των ΑΣΑ, ως υποχρέωση πριν την ταφή των απορριμμάτων, έχει τεθεί με την Οδηγία 99/31/ΕΚ.

Επιπλέον, τίθενται με την Οδηγία 2006/12/ΕΚ μια σειρά από άλλα μέτρα, όπως το ότι τα κράτη μέλη οφείλουν να εκπονήσουν το ταχύτερο δυνατό σχέδια για τη συλλογή, την αξιοποίηση, αλλά και τον περιορισμό της παραγωγής των αποβλήτων, καθώς και να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα ώστε να περιοριστούν οι μεταφορές των αποβλήτων.

Παράλληλα, καθορίζονται οι διαδικασίες που απαιτούνται για την αδειοδότηση μονάδων επεξεργασίας και επισημαίνεται ότι η δαπάνη της διαχείρισης των αποβλήτων βαρύνει τον παραγωγό ή και τελικό κάτοχο αυτών.

Προκειμένου να γίνει αποτελεσματικότερη η διαχείριση των αποβλήτων στην Κοινότητα, απαιτούνται κοινή ορολογία και ορισμός των αποβλήτων. Με βάση την προσπάθεια για κοινή στρατηγική στο θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ) με την Απόφαση 94/32/ΕΚ.

Ο ΕΚΑ είναι ένας εναρμονισμένος, μη εξαντλητικός κατάλογος αποβλήτων, δηλαδή κατάλογος ο οποίος πρόκειται ανά τακτά διαστήματα να αναθεωρείται και εφόσον είναι απαραίτητο, να ανασκευάζεται σύμφωνα με την διαδικασία της Επιτροπής. Ο ΕΚΑ αποτελεί σήμερα ονοματολογία αναφοράς, παρέχοντας κοινή για όλη την Κοινότητα ορολογία, με σκοπό την αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποβλήτων.

Τα απόβλητα του ΕΚΑ που θεωρούνται επικίνδυνα σημειώνονται με αστερίσκο, όπως ορίζει η Απόφαση 2000/532/ΕΚ. Θα πρέπει τέλος, να τονιστεί ότι ένα υλικό που περιλαμβάνεται στον ΕΚΑ, δεν είναι απόβλητο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες. Ο όρος είναι δόκιμος μόνο όταν ικανοποιείται ο ορισμός του με βάση το άρθρο 1 της Οδηγίας 75/442/ΕΟΚ.

Η Οδηγία 91/689/ΕΟΚ «για τα επικίνδυνα απόβλητα» διατυπώνει αυστηρούς όρους και προϋποθέσεις για τη συλλογή, μεταφορά, αξιοποίηση και διάθεση των τοξικών και επικίνδυνων κατηγοριών απορριμμάτων, καθώς και ειδικές απαιτήσεις που τα κράτη μέλη υποχρεώνονται να εφαρμόζουν.

Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ «περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων» στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον και ειδικότερα στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου.

Η Οδηγία ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις (3) κατηγορίες:

- χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων
- χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων.

Επιπροσθέτως, προβλέπει τη διαδικασία για τη χορήγηση αδειών εκμετάλλευσης χώρου ταφής και απαγορεύει τη διάθεση αποβλήτων όπως τα ελαστικά, τα νοσοκομειακά απόβλητα κ.α. Με βάση την Οδηγία, τα κράτη μέλη οφείλουν να διαμορφώσουν εθνική στρατηγική για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που καταλήγει σε χώρους ταφής, καθώς θεσπίζονται συγκεκριμένοι ποσοτικοί στόχοι.

3.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Με τον όρο «θερμική επεξεργασία» αστικών στερεών αποβλήτων (ΑΣΑ) εννοούνται συγκεκριμένες διαδικασίες μετατροπής των απορριμμάτων σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, με ταυτόχρονη ή συνεπακόλουθη έκλυση θερμικής ενέργειας.

Αναφορικά με την «αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων», αυτή καλύπτεται από την Οδηγία 2000/76/ΕΚ. Στόχος της Οδηγίας, είναι η πρόληψη ή ο περιορισμός των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων, καθώς και των κινδύνων που απορρέουν για την ανθρώπινη υγεία.

Η Οδηγία αφορά όχι μόνο τις προοριζόμενες για την αποτέφρωση αποβλήτων εγκαταστάσεις (“ειδικευμένες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης”), αλλά και τις εγκαταστάσεις “συνδυασμένης αποτέφρωσης”.

Οι τελευταίες, είναι εγκαταστάσεις των οποίων βασικός σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας ή υλικών προϊόντων και οι οποίες χρησιμοποιούν ως κύριο ή βοηθητικό καύσιμο τα απόβλητα, αφού αυτά υποβληθούν σε θερμική επεξεργασία για την τελική διάθεσή τους.

Η σχετική Κοινοτική Νομοθεσία δίνει έμφαση στην ανάκτηση υλικών και ενέργειας από τα απορρίμματα και θεωρεί την τελική διάθεση ως επιτρεπόμενη μόνο για τα υπολείμματα θερμικών επεξεργασιών και στη περίπτωση ανάκτησης ενέργειας από το παραγόμενο βιοαέριο. Ειδικότερα για τη θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα εξέδωσε το 1998 τις πρώτες οδηγίες για νέες και υπάρχουσες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων (Οδηγίες 88/609/ΕΟΚ 89/369/ΕΟΚ 89/429/ΕΟΚ & 94/67/ΕΚ).

Σήμερα οι εγκαταστάσεις δυναμικότητας μικρότερης των 250 t/day είναι εξαιρετικά δαπανηρές έως και απαγορευτικές. Η εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης βασισμένη στη διαλογή χρήσιμων υλικών, επιφέρει αλλαγές στο σχεδιασμό και τη λειτουργία των μονάδων θερμικής επεξεργασίας. Οι επεμβάσεις στις μονάδες θερμικής επεξεργασίας με τα νέα δεδομένα (εφαρμογή προγραμμάτων διαλογής χρήσιμων υλικών στη πηγή) θα τελειοποιηθούν μετά από έρευνα και ανάπτυξη και θα αφορούν τα συστήματα εισαγωγής και τροφοδοσίας απορριμμάτων, ρύθμισης των εστιών καύσης, λεβήτων, των μονάδων καθαρισμού των αερίων και γενικά των παραμέτρων θερμοκρασίας, πίεσης χρόνου και παραμονής των παραγόμενων αερίων στην εστία καύσης. Σήμερα καίγονται στην Ευρώπη 33 εκατομύρια τόνοι οικιακών απορριμμάτων με ενεργειακή αξιοποίηση.

Η ανάκτηση ενέργειας από τα απορρίμματα είναι ανύπαρκτη στην Ελλάδα. Με την επεξεργασία ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων των απορριμμάτων διαμορφώνονται τα τελευταία χρόνια διάφορα σενάρια, τα οποία προσβλέπουν στην υλοποίηση προγραμμάτων θερμικής επεξεργασίας στην Ελληνική Επικράτεια, αλλά προσκρούουν σε έλλειψη πολιτικής βούλησης και τεχνογνωσίας, όπως επίσης και σε κακή ενημέρωση.

Παράλληλα, έχουν θεσπιστεί ειδικοί όροι και προδιαγραφές για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τον έλεγχο εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και άλλων ειδών αποβλήτων (Οδηγία 2000/76/ΕΚ «Για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», ΚΥΑ 22912/1117/2005 «Μέτρα και Όροι για την Πρόληψη και τον Περιορισμό της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος από την Αποτέφρωση των Αποβλήτων»), προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος από τους αέριους κυρίως ρύπους, που δύναται να παραχθούν κατά την λειτουργία τους.

Γενικά η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω των Οδηγιών που εκδίδει για τα κράτη μέλη της, προάγει έμμεσα την εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, ως έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης των ποσοτήτων και των κλασμάτων των ΑΣΑ, που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και άμβλυσης του υφιστάμενου ενεργειακού προβλήματος, μέσω της αξιοποίησης του θερμικού περιεχομένου των απορριμμάτων για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 114218/1997 για την «Κατάρτιση Πλαισίου Προδιαγραφών και Γενικών Προγραμμάτων Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων» ο σκοπός της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ είναι τριπλός:

- ...η ελάττωση του όγκου τους... (για την ευκολότερη διαχείριση τους και τη μείωση του αναγκαίου χώρου τελικής απόθεσης αυτών).
- ...η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία... (για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος).
- ...η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στα απορρίμματα ενέργειας... (για την αξιοποίηση του ενεργειακού τους περιεχομένου και την μείωση των αναγκών σε μη ανανεώσιμα καύσιμα, όπως π.χ. λιγνίτη).

Παράλληλα, έχουν θεσπιστεί ειδικοί όροι και προδιαγραφές για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τον έλεγχο εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ και άλλων ειδών αποβλήτων (Οδηγία 2000/76/ΕΚ «Για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», ΚΥΑ 22912/1117/2005 «Μέτρα και Όροι για την Πρόληψη και τον Περιορισμό της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος από την Αποτέφρωση των Αποβλήτων»), προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος από τους αέριους κυρίως ρύπους, που δύναται να παραχθούν κατά την λειτουργία τους.

Γενικά η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω των Οδηγιών που εκδίδει για τα κράτη μέλη της, προάγει έμμεσα την εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, ως έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης των ποσοτήτων και των κλασμάτων των ΑΣΑ, που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής και άμβλυσης του υφιστάμενου ενεργειακού προβλήματος, μέσω της αξιοποίησης του θερμικού περιεχομένου των απορριμμάτων για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

Οι πλέον βασικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας, κατηγοριοποιημένες βάσει των απαιτήσεων τους σε αέρα, είναι οι εξής:

- **Αποτέφρωση(πλήρης καύση)**, ορίζεται ως η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, με οξειδωση της οργανικής ύλης των ΑΣΑ, υπό συνθήκες περίσσειας οξυγόνου, προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Τα ανόργανα συστατικά των απορριμμάτων παραμένουν στο παραγόμενο στερεό υπόλειμμα.
- **Πυρόλυση**, ορίζεται ως η αποδόμηση των οργανικών ουσιών των ΑΣΑ, απουσία οξυγόνου (ή ελαχίστων ποσοτήτων). Τα προϊόντα πυρόλυσης είναι στερεά, υγρά και αέρια και η σύστασή τους εξαρτάται από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μονάδας, όπως τη θερμοκρασία και τον χρόνο παραμονής των απορριμμάτων στον πυρολυτικό θάλαμο.
- **Αεριοποίηση**, ορίζεται ως η μερική οξειδωση (με αέρα ή οξυγόνο) της οργανικής ύλης των ΑΣΑ, η οποία μετατρέπεται σε μείγμα αερίων (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο). Σε όλα τα στάδια αυτής της διαδικασίας παράγονται αέρια, στερεό υπόλειμμα και θερμική ενέργεια, η οποία απαιτείται για την πραγματοποίηση αλυσιδωτών αντιδράσεων.

4.1 ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ (ΠΛΗΡΗΣ ΚΑΥΣΗ)

4.1.1 Ορισμός

Ως πυρόλυση ορίζεται η αποδόμηση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων, απουσία (ή παρουσία ελαχίστου) οξυγόνου. Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ τα τελευταία 20-30 χρόνια. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της.

4.1.2 Δυναμικότητα μονάδων αποτέφρωσης

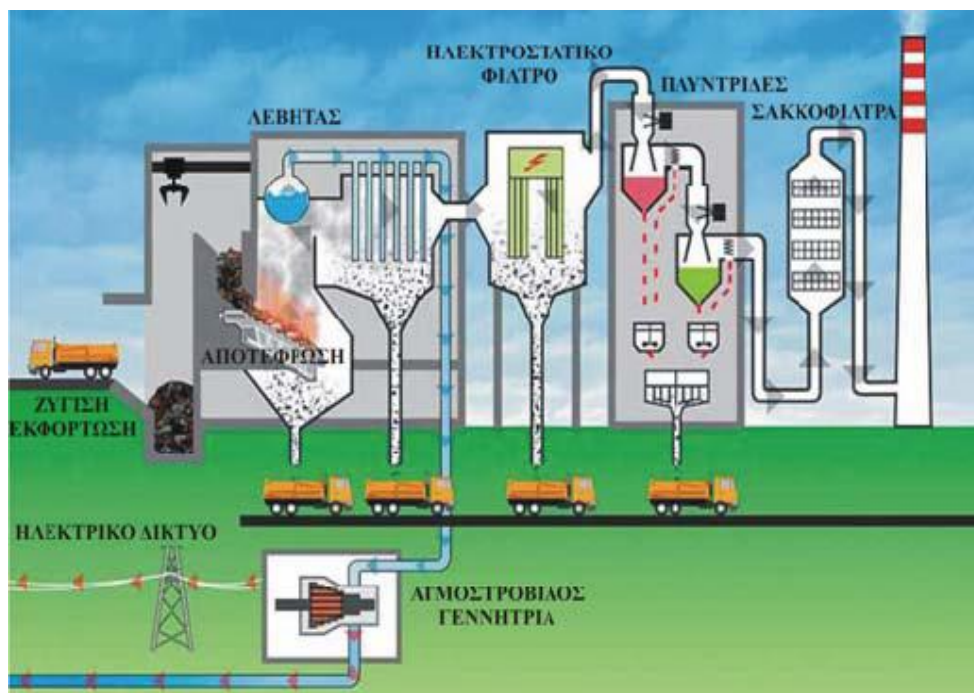
Η δυναμικότητα των μονάδων αποτέφρωσης κυμαίνεται μεταξύ 8 – 25 t/h και οι πλέον διαδεδομένοι τύποι είναι οι μονάδες αποτέφρωσης κινούμενων εσχαρών, περιστρεφόμενου κλιβάνου και ρευστοποιημένης κλίνης.

Για απόβλητα με κατώτερη θερμογόνο δύναμη της τάξης των 8 MJ/kg (1.910 kcal/kg), η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτιμάται σε 520 kWh/t αποβλήτων. Εάν από την παραπάνω ποσότητα αφαιρεθεί η ίδια κατανάλωση του εργοστασίου, που ανέρχεται σε 70 kWh/t, η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας, που μπορεί να διατεθεί, είναι της τάξης των 450 kWh/t αποβλήτων.

Για την εφαρμογή της αποτέφρωσης προϋπόθεση είναι τα ΑΣΑ να έχουν μια ελάχιστη κατώτερη θερμογόνο δύναμη 6 MJ/kg (1.433 kcal/kg), σε όλες τις εποχές του έτους και μια μέση ετήσια κατώτερη θερμογόνο δύναμη τουλάχιστον 7 MJ/kg (1.672 kcal/kg).

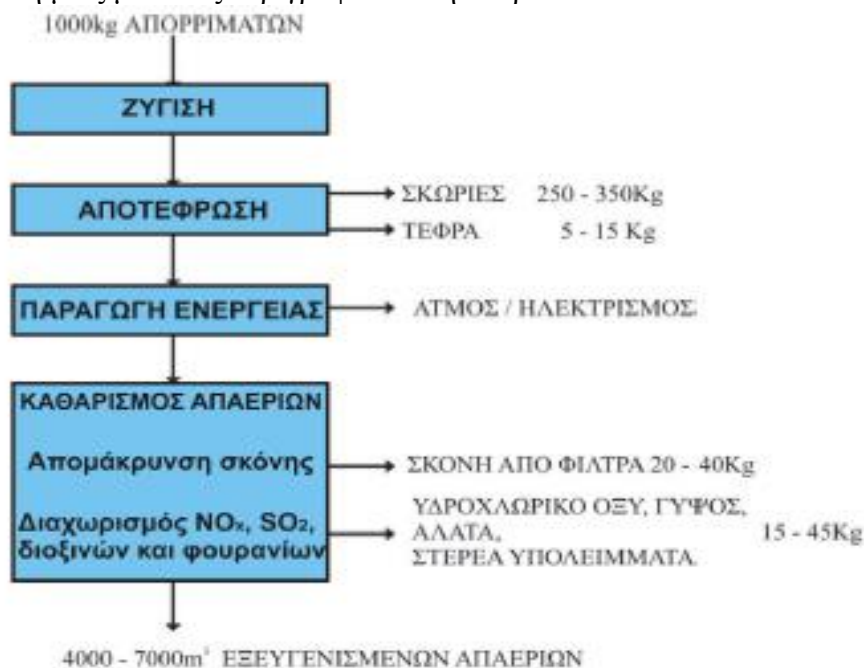


Εικόνα 2: Μονάδα αποτέφρωσης Α.Σ.Α. στη Γερμανία



Εικόνα 3: Τυπική μονάδα αποτέφρωσης αστικών στερεών αποβλήτων με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Μια τυπική ροή μιας μονάδας περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 4: Τυπική ροή μονάδας αποτέφρωσης

4.1.3 Συστήματα μιας εγκατάστασης αποτέφρωσης

Μια εγκατάσταση αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων αποτελείται, στη γενική περίπτωση, από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

- Πύλη και ζυγιστήριο για έλεγχο και καταγραφή των εισερχομένων φορτίων
Χώρος υποδοχής και προσωρινής αποθήκευσης εισερχομένων ΑΣΑ για ομαλοποίηση της τροφοδοσίας.
- Σύστημα τροφοδοσίας (γερανός, ταινία) προσαρμοσμένο στο ρυθμό λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Εστία αποτέφρωσης με σύστημα εσχάρων ή, σε ειδικές περιπτώσεις, με σύστημα περιστροφικού κλιβάνου ή ρευστοποιημένης κλίνης. Ειδικός καυστήρας με βοηθητικό καύσιμο κάνει την αρχική ανάφλεξη και εξασφαλίζει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία των απαερίων σε περιπτώσεις που απαιτείται.
- Λέβητας, ο οποίος χρησιμοποιεί τα θερμά απαέρια για παραγωγή ατμού.
- Σύστημα απομάκρυνσης υπολειμμάτων, τα οποία παράγονται από την αποτέφρωση. Η ιπτάμενη τέφρα αποτελεί το 3-8% του αρχικού βάρους των απορριμμάτων και η τέφρα πυθμένα το 15 – 28% (Bilitewski, 2008). Τα υπολείμματα δημιουργούνται κυρίως στην εσχάρα, απ' όπου με ειδικό

σύστημα απάγονται και μεταφέρονται για ψύξη, και στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων, απ' όπου συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα.

- Σύστημα ελέγχου εκπομπών, για έλεγχο σωματιδίων, HCl, HF, SO₂, διοξινών και βαρέων μετάλλων.

Στο παρακάτω πίνακα γίνεται μια σύντομη σύγκριση των κοινών τύπων συστημάτων αποτέφρωσης :

Πίνακας 5: Σύγκριση των κοινών τύπων συστημάτων αποτέφρωσης

Τεχνολογία	Χαρακτηριστικά αποβλήτων	Δυναμικότητα (ανά γραμμή λειτουργίας)	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Κινούμενη εσχάρα αερόψυκτη	Κατώτερη θερμoγόνος δύναμη 5 – 16,5 GJ/t Αστικά και άλλα ανομοιογενή στερεά απόβλητα Μπορεί να δεχτεί ιλύ και ιατρικά Εφαρμόζεται σε όλες τις σύγχρονες εγκαταστάσεις	1-50 t/h συνήθως (5-30 t/h)	Ευρέως δοκιμασμένη σε μεγάλες δυναμικότητες Αξιοπίστη Μπορεί να δεχτεί ανομοιογενή υλικά χωρίς προ-επεξεργασία	Ακατάλληλη για υλικά σε μορφή πούδρας, υγρά ή υλικά που λιώνουν στις εσχάρες
Κινούμενη εσχάρα υγρόψυκτη	Ομοίως με παραπάνω αλλά κατώτερη θερμoγόνος δύναμη 10 – 20 GJ/t	1-50 t/h συνήθως (5-30 t/h)	Ομοίως με παραπάνω και επιπλέον: Κατάλληλη για υλικά υψηλότερης θερμoγόνου δύναμης Δυνατότητα μεγαλύτερου ελέγχου της καύσης	Ομοίως με παραπάνω αλλά: Κίνδυνοι διαρροών που καταστρέφουν τις εσχάρες Μεγαλύτερη πολυπλοκότητα
Περιστρεφόμενος κλιβανός	Μπορεί να δεχτεί υγρά και ιλύ Συχνά εφαρμόζεται σε επικίνδυνα απόβλητα Περισσότεροι περιορισμοί σε τροφοδοσίες στερεών (πιθανή βλάβη πυρίμαχων υλικών κλιβανού)	< 10 t/h	Δοκιμασμένη Μεγάλο εύρος αποβλήτων Καλή καύση ακόμη και για τα επικίνδυνα Δυνατότητα καλού ελέγχου καύσης	Μικρότερες δυναμικότητες από τα συστήματα εσχάρας
Bubbling fluidized bed	Διαχωρισμένα και σταθερής σύστασης υλικά Περιορισμένη χρήση σε ανεπεξέργαστα απόβλητα Συχνή εφαρμογή για ιλύ – απορριμματογενή καύσιμα	1-10 t/h	Καλή ανάμιξη Ιπτάμενη τέφρα με καλή συμπεριφορά σε τεστ εκπλυσιμότητας	Απαιτείται προσεκτική λειτουργία για αποφυγή συσσωμάτων Μεγαλύτερες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας από συστήματα εσχάρας
Rotating Fluidised bed	Για θερμoγόνo δύναμη 7-18 GJ/t Μπορούν να τροφοδοτηθούν τεμάχια μεγάλης διαμέτρου Συναποτέφρωση ιλύος	3 – 22 t/h	Καλή ανάμιξη – τυρβώδης ροή Μεγάλο εύρος θερμoγόνου δύναμης Καλή καύση	Απαιτείται τεμαχισμός υλικών Μεγαλύτερες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας από συστήματα εσχάρας
Circulating fluidized bed	Διαχωρισμένα και σταθερής σύστασης υλικά Εφαρμογή σε ιλύ και απορριμματογενή καύσιμα	1-20 t/h Συνήθως >10 t/h	Καλή ανάμιξη – τυρβώδης ροή Μεγαλύτερη ευελιξία σε αποδεκτά υλικά από Bubbling fluidized bed Ιπτάμενη τέφρα με καλή συμπεριφορά σε τεστ εκπλυσιμότητας	Απαιτείται κυκλώνας για συγκράτηση υλικού της κλίνης Μεγαλύτερες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας από συστήματα εσχάρας

4.2 ΠΥΡΟΛΥΣΗ

4.2.1. Ορισμός

Ως πυρόλυση ορίζεται η αποδόμηση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων, απουσία (ή παρουσία ελαχίστου) οξυγόνου. Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ τα τελευταία 20-30 χρόνια. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της.

Η πυρόλυση εκπροσωπεί την θερμική αποσύνθεση των οργανικών συστατικών των απορριμμάτων, απουσία οξυγόνου (ή ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου) και άλλων παραγόντων πρόκλησης αεριοποίησης, όπως CO₂, ατμού, κ.α.

4.2.2 Περιγραφή τεχνολογίας πυρόλυσης

Κατά τη διαδικασία της πυρόλυσης, τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ασάλινους αγωγούς και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με φλόγα, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή αερίων, χωρίς την άμεση αποτέφρωσή τους. Οι αρχικές αντιδράσεις της όλης διαδικασίας είναι ενδόθερμες, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι για την πραγματοποίησή τους απαιτείται η παροχή ενέργειας, είτε εξωτερικά, είτε εσωτερικά από την ελεγχόμενη αποτέφρωση των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

Η πυρόλυση σε χαμηλές θερμοκρασίες παράγει υγρό καύσιμο. Με την μέθοδο αυτή το απόβλητο τεμαχίζεται σε διάσταση μικρότερη των 50 mm, κατόπιν γίνεται διαχωρισμός με αέρα του οργανικού κλάσματος και ξήρανση σε ξηραντήριο αέρα. Το οργανικό κλάσμα κοσκινίζεται, περνά από σφαιρόμυλο για περαιτέρω μείωση μεγέθους σε κάτω των 3 mm, και τέλος πυρολύεται σε αντιδραστήρα υπό ατμοσφαιρική πίεση.

Το στερεό απόβλητο μετατρέπεται σε ιξώδες υγρό στους 500 °C.

Άλλη παραλλαγή της πυρόλυσης περιλαμβάνει διάσπαση του οργανικού κλάσματος σε θερμοκρασία 1400-1500 °C απουσία O₂, σε αέριο καύσιμο (syngas, 35% CO, 35% H₂, 20% CO₂, 10% N₂ κλπ), το οποίο στην συνέχεια οξειδώνεται θερμικά, καθαρίζεται από στερεά και χρησιμοποιείται σε ατμολέβητα για παραγωγή ατμού και στην συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ατμοστρόβιλου, ή απευθείας σε Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) με ηλεκτρογεννήτρια.

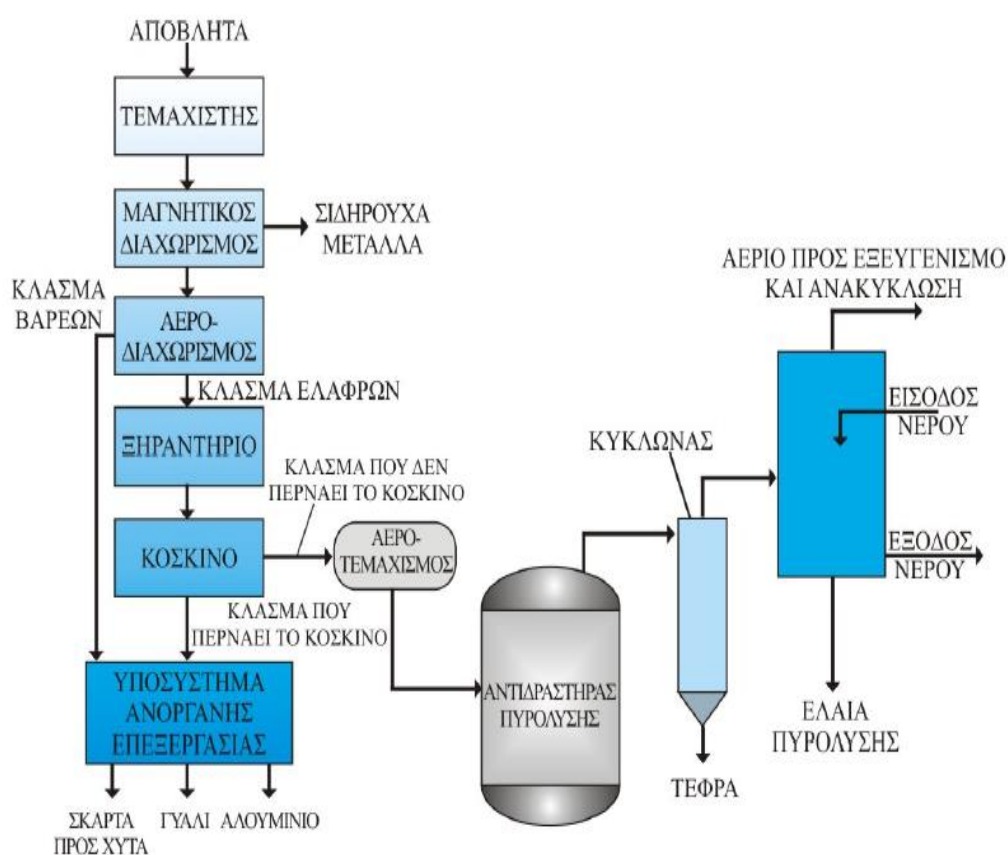
Το στερεό υποπροϊόν που παράγεται (είδος τέφρας), είτε χρησιμοποιείται στην κάλυψη ΧΥΤΥ, είτε σε διάφορες εμπορικές εφαρμογές ανάλογα με την σύνθεση και επεξεργασία του.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα.

Για την εφαρμογή της διεργασίας της πυρόλυσης απαιτείται προεπεξεργασία των απορριμμάτων (απομάκρυνση μετάλλων, γυαλιού, κ.α.), έτσι ώστε στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων.

Η πυρόλυση συνήθως λαμβάνει χώρα σε κοινούς αποτεφρωτές, όπου απλά αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την αποτέφρωση, διαθέτοντας όμως τις ίδιες δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας και παράλληλα παραγωγής «καυσίμων» (αέριων και υγρών).

Στην παρακάτω εικόνα περιγράφεται η ροή της διεργασίας της πυρόλυσης.



Εικόνα 5: Ροή της διεργασίας της πυρόλυσης

Αν η πυρόλυση λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (~500°C), τότε στα απαέρια υπάρχουν και αρωματικές ενώσεις και φαινόλες. Για το λόγο αυτό, τις περισσότερες φορές η πυρόλυση συνδυάζεται με τη διεργασία της αποτέφρωσης των παραγόμενων απαερίων σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η αναλογία των προαναφερόμενων προϊόντων εξαρτάται σημαντικά από τις κάτωθι παραμέτρους:

- Τη σύσταση του αποβλήτου.
- Τις συνθήκες θέρμανσης.
- Τη θερμοκρασία πυρόλυσης.
- Τον χρόνο αντίδρασης.

4.2.3 Στάδια πυρόλυσης

Η πυρόλυση διακρίνεται στις ακόλουθες επτά φάσεις:

- Ξήρανση (100-200°C).
- Οξειδωση και αποθείωση στους 200°C, όπου και πραγματοποιείται διάσπαση του υδρόθειου και του διοξειδίου του άνθρακα.
- Διάσπαση των συνδέσμων των αλειφατικών ενώσεων (μεθάνιο) στους 340°C.
- Διάσπαση των δεσμών του άνθρακα με οξυγόνο και άζωτο αντίστοιχα στους 400°C.
- Μετατροπή των πισσασφαλούχων σε καύσιμη ύλη και πίσσα (400-600°C).
- Διάσπαση πισσασφαλούχων (600°C).
- Δημιουργία αρωματικών ενώσεων και αφυδρογόνωση βουταδιενίου (πάνω από 600°C).

4.2.4 Διαφορές πυρόλυσης με αποτέφρωση

Η πυρόλυση διαφοροποιείται από την καύση αποβλήτων σε δύο παράγοντες:

- Τη θερμοκρασία λειτουργίας, όπου στην πυρόλυση είναι χαμηλότερη.
- Την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου, όπου για την πυρόλυση είναι κατά πολύ μικρότερη απ' ό,τι για την καύση.

4.3 Αεριοποίηση

4.3.1 Ορισμός

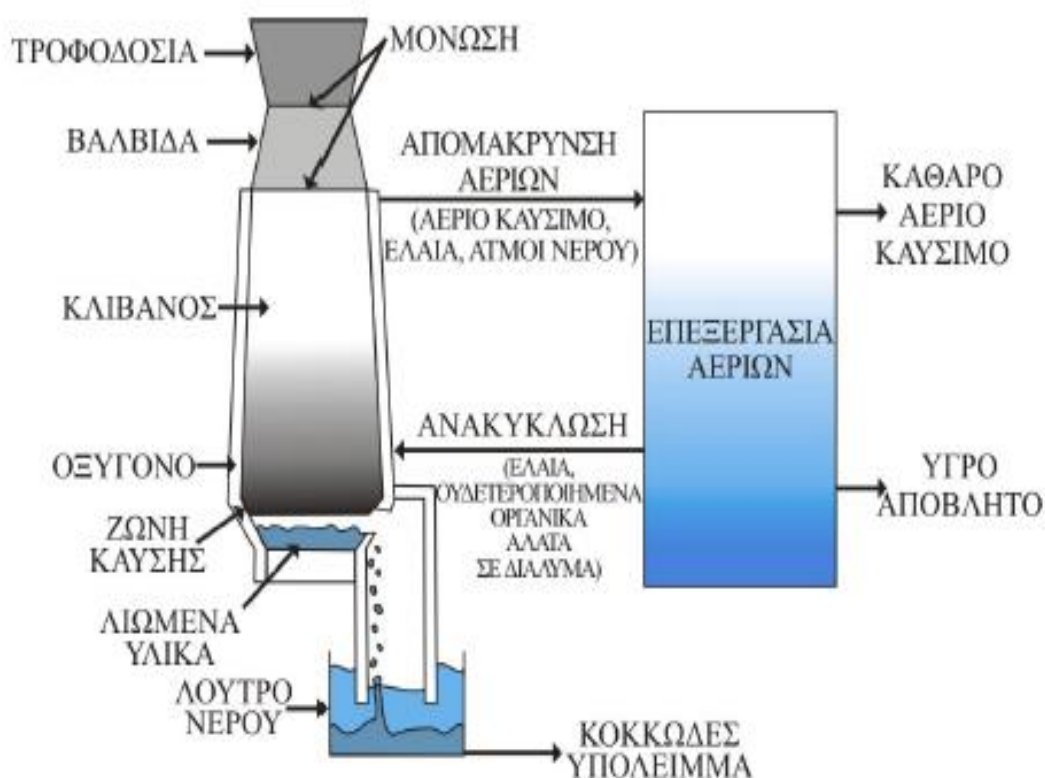
Η αεριοποίηση είναι μια ενδόθερμη θερμική διεργασία κατά την οποία τα στερεά απορρίμματα μετατρέπονται σε καύσιμο αέριο. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης.

4.3.2 Περιγραφή τεχνολογίας Αεριοποίησης

Η αεριοποίηση αποτελεί επίσης μια σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Ουσιαστικά περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500°C).

Στόχος της αεριοποίησης είναι η ατελής καύση των απορριμμάτων και η παραγωγή αερίου αποτελούμενου από CO₂, H₂ και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο.

Στην παρακάτω εικόνα περιγράφεται η ροή της διεργασίας της αεριοποίησης.



Εικόνα 6: Ροή της διεργασίας της αεριοποίησης

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- Αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.
- Στερεό υπόλειμμα, που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή.
- Συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα, που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή του υγρού κλάσματος, που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Η ταχύτητα και η πορεία της αντίδρασης αεριοποίησης, καθώς επίσης και η σύσταση των παραγόμενων προϊόντων εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους:

- Το μέγεθος, τη διάμετρο των πόρων και την εσωτερική δομή της καύσιμης ύλης.
- Την περιεχόμενη υγρασία.
- Την επιφάνεια επαφής στερεών –αερίων.
- Την αναπτυσσόμενη πίεση και θερμοκρασία.
- Τον χρόνο παραμονής των ΑΣΑ εντός του θαλάμου πυρόλυσης.

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους, όπως για:

- Καύση και παραγωγή ατμού.
- Τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Κίνηση αεριοστροβίλου και ατμοπαραγωγή σε συνδυασμένο κύκλο.
- Τροφοδοσία του δικτύου αερίου πόλης.
- Τροφοδοσία σε βιομηχανία, όπως τσιμεντοβιομηχανία, για απ' ευθείας καύση σε εστία.

Το στερεό υπόλειμμα παρουσιάζει προσροφητικές ιδιότητες παρόμοιες με του ενεργού άνθρακα του εμπορίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ή νερού, που προορίζεται για διάφορες χρήσεις.

4.3.3 Διαφορές αεριοποίησης – πυρόλυσης

Ένα από τα πιο συνηθισμένα λάθη είναι η ταύτιση της πυρόλυσης με την αεριοποίηση των απορριμμάτων.

Οι δύο μέθοδοι έχουν ομοιότητες, όπως τη μετατροπή των απορριμμάτων σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, αλλά παρουσιάζουν και βασική διαφορά κατά την εφαρμογή τους, η οποία μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- Η πυρόλυση χρησιμοποιεί εξωτερική πηγή θερμότητας για να ενεργοποιηθούν οι ενδόθερμες αντιδράσεις θερμικής διάσπασης των απορριμμάτων, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου.
- Η αεριοποίηση είναι αυτοσυντηρούμενη (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης) και χρησιμοποιεί πρόσθετο καύσιμο αέριο, όπως για παράδειγμα ατμό, διοξείδιο του άνθρακα, αέρα ή οξυγόνο, για την επιπλέον μετατροπή των οργανικών υπολειμμάτων σε αέρια προϊόντα. Η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης.

Κλείνοντας αυτό το κεφάλαιο θα ήθελα να κάνω μια σύντομη και επιγραμματική αναφορά σε πίνακες για τις Δυνατότητες(Strengths), τις

Αδυναμίες(Weaknesses), τις Ευκαιρίες(Opportunities) και τους Φόβους(Threats) για κάθε μια από τις παραπάνω τεχνικές(Αποτέφρωση, Πυρόλυση και Αεριοποίηση).

Πίνακας 6: Αποτέφρωση

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Δυνατότητα λειτουργίας με ελάχιστη προεπεξεργασία των ΑΣΑ. ➤ Μονάδες υψηλής δυναμικότητας. ➤ Καλά εγκατεστημένη αγορά. ➤ Τεχνολογιών αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο. ➤ Ελαστικότητα στην εποχική διακύμανση της ποσότητας προς επεξεργασία. ➤ Επίτευξη μεγάλης μείωσης του όγκου των απορριμμάτων. ➤ Με την χρήση συστημάτων συμπαραγωγής η απόβλητη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τοπικές χρήσεις. ➤ Δυνατότητα ανάκτησης μετάλλων από την παραγόμενη τέφρα. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Υψηλό κόστος κατασκευής. ➤ Υψηλό κόστος απορρύπανσης των απερίων. ➤ Απαίτηση ύπαρξης Χώρου Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων για την παραγόμενη ιπτάμενη τέφρα. ➤ Για την επίτευξη βέλτιστης οικονομίας κλίμακας απαιτούνται μονάδες μεγάλης δυναμικότητας και συμβόλαια παροχής αποβλήτων μεγάλης διάρκειας Χαμηλή ποιότητα ανακτημένων μετάλλων από την τέφρα.
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Επίτευξη οικονομίας κλίμακας. ➤ Επίτευξη στόχων εκτροπής ΑΣΑ από την τελική διάθεση. ➤ Η εισαγωγή πιλοτικού μεγέθους και χαμηλών εκπομπών μονάδων μπορεί να ανατρέψει την αρνητική δημόσια εικόνα της αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Κίνδυνος αστοχίας των συστημάτων επεξεργασίας απερίων. ➤ Κίνδυνος αύξησης του κόστους λόγω τελών πύλης του ΧΥΤ Επικινδύνων. ➤ Μπορεί να θεωρηθεί ως αντικίνητρο για την ενδυνάμωση συστημάτων διαλογής στην πηγή. ➤ Οι προδιαγραφές ασφάλειας και εκπομπών μπορεί να αυξήσουν σημαντικά το κόστος. ➤ Οι τοπικές αντιδράσεις μπορούν να προκαλέσουν καθυστερήσεις στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μονάδων αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων. ➤ Η ανάγκη για ύπαρξη σημαντικού καταναλωτή θερμότητας πλησίον της μονάδας συμπαραγωγής περιορίζει σημαντικά τις επιλογές χωροθέτησης.

Πίνακας 7: Πυρόλυση

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Μείωση του όγκου των ΑΣΑ προς τελική διάθεση. ➤ Περισσότερο ευέλικτη τεχνολογία σε μεταβολές όγκου ροής εισερχόμενων ΑΣΑ. ➤ Λιγότερες εκπομπές αέριων ρύπων σε σχέση με την αποτέφρωση. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Νέα τεχνολογία, μη δοκιμασμένη επαρκώς σε εμπορικές εφαρμογές. ➤ Ανάγκη για προεπεξεργασία των ΑΣΑ = αύξηση του κόστους. ➤ Το υπόλειμμα της πυρόλυσης δεν έχει εμπορικές εφαρμογές και πιθανώς απαιτεί εξειδικευμένο χειρισμό για την τελική διάθεση.
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Μπορεί να αποτελέσει μέρος ενός συνολικού συστήματος διαχείρισης ΑΣΑ. ➤ Οι τυπικές μονάδες πυρόλυσης είναι σχετικά μικρότερες σε μέγεθος και με χαμηλότερες εκπομπές από τις μονάδες αποτέφρωσης. ➤ Πιο εύκολα αποδεκτή τεχνολογία από τη δημόσια γνώμη – λιγότερες πιθανότητες να παρουσιαστούν εμπόδια στην υλοποίηση. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η βιωσιμότητα της μονάδας εξαρτάται αποκλειστικά στην πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. ➤ Με λανθασμένη ενημέρωση του κοινού μπορεί να θεωρηθεί παρόμοια τεχνολογία με την αποτέφρωση με αποτέλεσμα αντίστοιχες αντιδράσεις. ➤ Η επιλογή της πυρόλυσης μπορεί να μειώσει τις προσπάθειες ενδυνάμωσης προγραμμάτων ανακύκλωσης και ελαχιστοποίησης στην πηγή.

Πίνακας 8: Αεριοποίηση

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Τεχνολογία χαμηλών εκπομπών αέριων ρύπων. ➤ Δεν παρουσιάζονται τα προβλήματα μεταφοράς θερμότητας που υπάρχουν στην πυρόλυση. ➤ Χαμηλή στάθμη θορύβου και οσμών. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Νέα τεχνολογία, μη δοκιμασμένη επαρκώς σε εμπορικές εφαρμογές. ➤ Ανάγκη για προεπεξεργασία των ΑΣΑ = αύξηση του κόστους. ➤ Το υπόλειμμα της αεριοποίησης δεν έχει εμπορικές εφαρμογές και πιθανώς απαιτεί εξειδικευμένο χειρισμό για την τελική διάθεση. ➤ Το παραγόμενο αέριο συχνά έχει χαμηλή θερμογόνο δύναμη.
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Μπορεί να αποτελέσει μέρος ενός συνολικού συστήματος διαχείρισης ΑΣΑ. ➤ Οι τυπικές μονάδες αεριοποίησης είναι σχετικά μικρότερες σε μέγεθος και με χαμηλότερες εκπομπές από τις μονάδες αποτέφρωσης. ➤ Πιο εύκολα αποδεκτή τεχνολογία από τη δημόσια γνώμη – λιγότερες πιθανότητες να παρουσιαστούν εμπόδια στην υλοποίηση. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Η βιωσιμότητα της μονάδας εξαρτάται αποκλειστικά στην πώληση ηλεκτρικής ενέργειας. ➤ Με λανθασμένη ενημέρωση του κοινού μπορεί να θεωρηθεί παρόμοια τεχνολογία με την αποτέφρωση με αποτέλεσμα αντίστοιχες αντιδράσεις. ➤ Η επιλογή της αεριοποίησης μπορεί να μειώσει τις προσπάθειες ενδυνάμωσης προγραμμάτων ανακύκλωσης και ελαχιστοποίησης στην πηγή.

5. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ

5.1 Επιπτώσεις στον άνθρωπο

Η καύση των αποβλήτων περιγράφεται ως μία μέθοδος για τη μετατροπή σύνθετων οργανικών ενώσεων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Αυτό δεν σημαίνει βέβαια ότι η καύση (ή όποια άλλη θερμική επεξεργασία) δημιουργεί ή καταστρέφει την ύλη. Αλλάζει απλώς τη χημική σύνθεση και μεταβάλλει την τοξικότητα των καιγόμενων ουσιών.

Ακόμη κι αν υπήρχε τεχνικά η δυνατότητα της πλήρους ή τέλει καύσης, θα παρέμενε το πρόβλημα των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), το οποίο αποτελεί το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου και το οποίο ευθύνεται για την αποσταθεροποίηση της ατμόσφαιρας του πλανήτη και τις εν εξελίξει κλιματικές αλλαγές.

Στην πράξη βέβαια, τα προβλήματα είναι περισσότερα και πιο πολύπλοκα. Η τέλεια καύση είναι μόνο ένα θεωρητικό κατασκεύασμα, που κανένας καυστήρας δεν μπορεί να πετύχει καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του. Επιπλέον, τα αέρια υποπροϊόντα της καύσης, οδεύοντα προς την καμινάδα, ψύχονται και ορισμένα άτομα επανασυνδέονται για να σχηματίσουν νέες επικίνδυνες ενώσεις, οι οποίες είναι πολλές φορές τοξικότερες από τις ουσίες που καίγονται. Ακόμη και με την καλύτερη δυνατή τεχνολογία, οι αποτεφρωτήρες εκπέμπουν τοξικά βαρέα μέταλλα, άκαυστα απόβλητα και προϊόντα ατελούς καύσης. Παράλληλα με τις αέριες εκπομπές, κάθε εργοστάσιο καύσης παράγει επίσης στερεά τοξικά απόβλητα (με τη μορφή σκουριάς και τέφρας), καθώς και τοξικά υγρά απόβλητα, τα οποία βέβαια απαιτούν ειδική διαχείριση. Όσο πιο αναπτυγμένα συστήματα αντιρρύπανσης διαθέτει ένα εργοστάσιο καύσης αποβλήτων, τόσο περισσότερες τοξικές ουσίες συσσωρεύονται στα υγρά και στερεά απόβλητα και τόσο δυσκολότερη και ακριβότερη γίνεται η διαχείρισή τους.

Ένας αγαπημένος μύθος της βιομηχανίας καύσης είναι ότι η τεχνολογία αυτή μειώνει δραστικά το βάρος και τον όγκο των απορριμμάτων. Συχνά, οι πλασιέ και τα ιλουστρασιόν διαφημιστικά φυλλάδια των εταιριών που εμπορεύονται τις σχετικές τεχνολογίες κάνουν λόγο για μείωση του όγκου των αποβλήτων που φτάνει το 90%. Ακόμη όμως κι αν υπολογίσει κανείς μόνο τις εναπομένουσες τέφρες, το πραγματικό νούμερο αγγίζει μετά βίας το 45%. Το δε βάρος των αποβλήτων υποτίθεται ότι μειώνεται στο ένα τρίτο του αρχικού. Η εκτίμηση αυτή όμως αναφέρεται μόνο στα τελικά στερεά απόβλητα και δεν συνυπολογίζει τις αέριες εκπομπές. Αν κανείς συνυπολογίσει όλες τις εκλύσεις και απορρίψεις από ένα εργοστάσιο καύσης, το συνολικό βάρος των εξερχόμενων αποβλήτων και ρύπων ξεπερνά το βάρος των εισερχόμενων.

Κατά την καύση εκλύονται, λοιπόν:

A) Διοξίνες

B) Τοξικά βαρέα μέταλλα

1)Υδράργυρος

2)Μόλυβδος

3)Κάδμιο

4)Αρσενικό

5)Χρώμιο

6)Βηρύλλιο

Γ) Διάφορα μικροσωματίδια επιβλαβής για την υγεία

Δ) Τέφρες

5.2 Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η θερμική επεξεργασία των απορριμμάτων δεν είναι μόνο επιβλαβής για τον άνθρωπο αλλά και για το περιβάλλον.

Ακόμη κι αν υπήρχε τεχνολογικά η δυνατότητα της τέλει καύσης, θα παρέμενε το πρόβλημα της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αερίων του θερμοκηπίου από τα εργοστάσια καύσης. Κατά μέσο όρο, κάθε φορά που καίμε ένα τόνο οικιακών απορριμμάτων, παράγονται 557 κιλά CO₂. Η ποσότητα αυτή εκλύεται στην ατμόσφαιρα και συμβάλλει στην αλλαγή του κλίματος. Το επιχείρημα της βιομηχανίας καύσης είναι πως η ταφή των απορριμμάτων συμβάλλει περισσότερο στην έκλυση αερίων του θερμοκηπίου και συνεπώς στην αποσταθεροποίηση της ατμόσφαιρας. Όταν μάλιστα η καύση συνοδεύεται και από παραγωγή ενέργειας, τότε τα οφέλη από την επιλογή αυτή είναι μεγαλύτερα.

Όλες οι πρόσφατες μελέτες (σε Ευρώπη και ΗΠΑ) δείχνουν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα τόσο της μείωσης στην πηγή, όσο και της ανακύκλωσης και της κομποστοποίησης έναντι της καύσης, με βάση το κριτήριο συμβολής τους στις κλιματικές αλλαγές. Αν θέλουμε να προστατέψουμε το κλίμα, τότε πρέπει να μειώσουμε και να ανακυκλώσουμε τα απορρίμματά μας, όχι να τα κάψουμε.

Ο παρακάτω πίνακας, συνοψίζει τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποίησε η Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ το 2002 και συγκρίνει τις εκπομπές από τη μείωση στην πηγή, την ανακύκλωση και την καύση σε σχέση με τις αντίστοιχες από την ταφή των απορριμμάτων. Οι αριθμοί μιλάνε από μόνοι τους και δείχνουν ότι οι εναλλακτικές της καύσης μέθοδοι προστατεύουν τελικά το κλίμα, αφού αποτρέπουν την έκλυση επικίνδυνων αερίων στην ατμόσφαιρα (αυτό μαρτυρά το αρνητικό πρόσημο).

Πίνακας 9: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε σχέση με την ταφή απορριμμάτων

Καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συγκριτικά με την ταφή των απορριμμάτων (τόνοι CO₂ ανά τόνο απορριμμάτων)			
Υλικό	Μείωση στην πηγή	Ανακύκλωση	Καύση
Κουτιά αλουμινίου	-17,15	-15,11	+0,02
Γυαλί	-0,61	-0,32	+0,01
Πολυαιθυλένιο (HDPE)	-1,99	-1,44	+0,81
Πολυαιθυλένιο (LDPE)	-2,38	-1,75	+0,81
PEΤ	-2,18	-1,59	+1,00
Χαρτόνι	-3,79	-2,88	-0,96
Περιοδικά	-3,94	-2,26	-0,05
Εφημερίδες	-4,07	-2,72	-0,01
Ξύλο	-1,63	-2,07	-0,43
MDF	-1,82	-2,09	-0,43

Πίνακας 10: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας

Καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας (κιλά CO₂ ανά τόνο απορριμμάτων)		
Καύση	Χωρίς παραγωγή ηλεκτρισμού	+181
	Με παραγωγή ηλεκτρισμού	-10
	Με συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας	-348
Αεριοποίηση - Πυρόλυση	Με παραγωγή ηλεκτρισμού	-3
Καύση RDF	Σε ρευστοποιημένη κλίνη	+73
	Σε ανθρακικούς σταθμούς	-337
	Σε τσιμεντοβιομηχανίες υποκαθιστώντας άνθρακα ή λιγνίτη	-337

Όσον αφορά την αεριοποίηση μια μελέτη της οργάνωσης Blue Ridge Environmental Defense League στις ΗΠΑ, συνέκρινε τις αέριες εκπομπές από την καύση και την αεριοποίηση απορριμμάτων. Τα αποτελέσματα αυτής της συγκριτικής μελέτης δίνονται στον παρακάτω πίνακα και αφορούν στην καύση ή αεριοποίηση 100 τόνων απορριμμάτων ημερησίως

Πίνακας 11: Εκπομπές από καύση και αεριοποίηση απορριμμάτων

Αέριες εκπομπές από την καύση και την αεριοποίηση απορριμμάτων (σε κιλά ρύπων ετησίως)			
Ρύπος	Καύση	Αεριοποίηση	Ποσοστιαία διαφορά αεριοποίησης σε σχέση με καύση
Διοξίνες & Φουράνια	0,027	0,050	+85%
Υδράργυρος	92,6	92,6	0%
Μόλυβδος	50	46,8	-6,4%
Διοξείδιο του θείου	57.335	53.524	-6,7%
Οξείδια αζώτου	40.930	52.364	+28%
Μονοξείδιο του άνθρακα	7.673	4.955	-35,4%

Όσον αφορά την αποτέφρωση, Η τέφρα που δεσμεύεται στα φίλτρα των μονάδων καύσης και η τέφρα που παραμένει μετά από την καύση περιέχουν πολυάριθμες επικίνδυνες χημικές ουσίες, όπως διοξίνες και βαρέα μέταλλα. Παρά τη βέβαιη τοξικότητα των τεφρών, δεν υπάρχει κανένα όριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Λόγω της μόλυνσής τους, η διάθεση των τεφρών αποτεφρωτήρων παρουσιάζει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς η πλειοψηφία της οδηγείται σε υγειονομική ταφή κάτι που μπορεί να οδηγήσει στη μόλυνση του υπεδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα.

Έρευνα απέδειξε ότι -παλαιότεροι και σύγχρονοι- αποτεφρωτήρες μπορούν να συμβάλουν στη μόλυνση του τοπικού χώματος και της βλάστησης. Ομοίως, σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, το γάλα της αγελάδας από τα γειτονικά σε αποτεφρωτήρες αγροκτήματα έχει βρεθεί να περιέχει υψηλά επίπεδα διοξινών. Οι πληθυσμοί που κατοικούν κοντά στους αποτεφρωτήρες εκτίθενται ενδεχομένως στις χημικές ουσίες μέσω της εισπνοής του μολυσμένου αέρα ή από την κατανάλωση μολυσμένων γεωργικών προϊόντων και από τη δερματική επαφή με το μολυσμένο χώμα. Ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα διοξινών έχουν βρεθεί στους ιστούς των κατοίκων κοντά σε αποτεφρωτήρες στην Αγγλία, την Ισπανία, στη Φιλανδία και την Ιαπωνία.

Παρόλα αυτά, οι σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης, η ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς επίσης και η θέσπιση αυστηρών ορίων εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ από τη διεθνή νομοθεσία, έρχονται να ανατρέψουν το υπάρχον σκηνικό, καθιστώντας τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας λιγότερο «επικίνδυνες» και περιβαλλοντικά φιλικότερες, τουλάχιστον σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως τη βιομηχανία και την κυκλοφοριακή κίνηση. Το εν λόγω γεγονός επιβεβαιώνεται από την σύγκριση παλαιών και νεότερων στοιχείων εκπομπών επικίνδυνων αέριων ρύπων (όπως διοξινών) από εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Μάλιστα πριν 3 έτη, Αμερικανική ΕΡΑ δημοσίευσε στοιχεία σύμφωνα με τα οποία οι συγκεκριμένες εγκαταστάσεις παράγουν 2.800MW ηλεκτρικής ενέργειας, με λιγότερες εκπομπές από σχεδόν οποιαδήποτε άλλη δυνατή μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού.

6. Κόστος κατασκευής και λειτουργίας Μονάδων Θερμικής Επεξεργασίας Στερεών Απορριμμάτων.

Οι μέθοδοι της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αδιαμφισβήτητα παρουσιάζουν αρκετά υψηλό κόστος εφαρμογής, το οποίο αναλύεται τόσο στο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης της αντίστοιχης μονάδας, όσο και στο κόστος λειτουργίας δευτερευόντων μονάδων, όπως για παράδειγμα συστημάτων επεξεργασίας των παραγόμενων αέριων εκπομπών και στερεών υπολειμμάτων.

Το ύψος του τελικού κόστους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- το είδος της μεθόδου που εφαρμόζεται (π.χ. η πυρόλυση εμφανίζεται να είναι αρκετά πιο ακριβή από ότι η αποτέφρωση),
- τη δυναμικότητα της αναγκαίας μονάδας θερμικής επεξεργασίας,
- το βαθμό απόδοσης της μονάδας,
- τη σύσταση και την αναγκαία επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων,
- τις γενικότερες οικονομικές παραμέτρους κάθε χώρας (κόστος γης, εργατικό κόστος, κόστος πρώτων υλών, κτλ.),
- το κόστος πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας,
- τη δυνατότητα ανάκτησης και πώλησης υλικών,
- τους περιορισμούς και στόχους, που θέτει η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία.

Πρόσφατα στοιχεία για την απαιτούμενη αρχική επένδυση δείχνουν ότι ένας τυπικός αποτεφρωτής κοστίζει εκατοντάδες εκατομμύρια €. Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, κατασκευή ενός αποτεφρωτή δυναμικότητας 2.000ton ημερησίως

κόστισε (στα μέσα της δεκαετίας του '90) περίπου 500 εκατ. δολάρια. Πιο πρόσφατα στοιχεία από την Ιαπωνία ανεβάζουν σημαντικά αυτό το κόστος. Δύο αποτεφρωτές που ολοκληρώθηκαν το 1999 κόστισαν 658 εκατ. δολάρια (για δυναμικότητα 200 τόνων απορριμμάτων ημερησίως) και 808 εκατ. δολάρια, αντίστοιχα (για δυναμικότητα 400 τόνων απορριμμάτων ημερησίως).

Το λειτουργικό κόστος είναι εξίσου υψηλό. Το κόστος προ φόρων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, κυμαίνεται από 21 έως 332 € ανά τόνο (ανάλογα με τον όγκο των προς καύση απορριμμάτων), ενώ στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσει κανείς και το κόστος για την επιπλέον διάθεση των τοξικών στερεών αποβλήτων της καύσης, το οποίο με τη σειρά του κυμαίνεται από 8 έως 363€ ανά τόνο.

Για σύγκριση αναφέρεται ότι στη Ελλάδα, η δαπάνη κατασκευής των εν λειτουργία χώρων υγειονομικής ταφής ξεπερνά τα 54 εκατ. €, ενώ οι υπό κατασκευή ή υπό δημοπράτηση ΧΥΤΑ έχουν προϋπολογισμό που ξεπερνά τα 29 εκατ. €. Το λειτουργικό κόστος των χώρων υγειονομικής ταφής κυμαίνεται από 5 – 20€/tn και είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τη δυναμικότητα τους.

Πίνακας 12: Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες

Χώρα	Κόστος καύσης (προ φόρων) σε €/tn	Κόστος διαχείρισης τεφρών
Αυστρία	97-332	Τέφρα βάσης 63€/τόνο, υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 363€/τόνο
Βέλγιο	62-83	-
Βρετανία	65-86	Ιπτάμενη τέφρα 100€/τόνο
Γαλλία	67-129	13-18 €/τόνο
Γερμανία	65-250	Τέφρα βάσης 28,1 €/τόνο, ιπτάμενη τέφρα και υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 255,6€/τόνο
Δανία	43	Τέφρα βάσης και υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 34€/τόνο
Ελβετία	21-53	-
Ιρλανδία	46	-
Ισπανία	34-56	-
Ιταλία	41,3-93	Τέφρα βάσης 75€/τόνο, ιπτάμενη τέφρα και υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 129€/τόνο
Λουξεμβούργο	97	Τέφρα βάσης 16€/τόνο, υπολείμματα συστημάτων αντιρρύπανσης 8€/τόνο
Ολλανδία	71-110	-

Σύμφωνα με εθνικές εκθέσεις, που παρουσιάστηκαν στο τελευταίο συνέδριο της CEWEP (Confederation of Waste-to-Energy Plants) στην Βιέννη το Μάιο του 2006, η αξιοποίηση των ΑΣΑ για παραγωγή ενέργειας, είτε ηλεκτρικής, είτε θερμικής, είναι ήδη σημαντική, με κόστος της ίδιας τάξης μεγέθους με εκείνο της ταφής.

Πίνακας 13: Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους επιλεγμένων εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη (Ecorprog & Fraunhofer UMISICHT, 2006)

Περιοχή	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα (τόνοι / έτος)	Κόστος επένδυσης (σε εκατ. €)	Ειδικό κόστος επένδυσης (€ / τόνο)
Kempton, Γερμανία	1996	78.000	82	1.051
Pirmasens, Γερμανία	1998	155.500	189	1.215
Hamburg R. Damm, Γερμανία	1999	225.000	140	622
Niklasdorf, Αυστρία	2003	100.000	55	550
Freiburg, Γερμανία	2005	150.000	77	513
Zorbau, Γερμανία	2005	300.000	100	333
Antwerpen, Βέλγιο	2005	400.000	180	450
Ringaskiddy, Ιρλανδία	2007	100.000	75	750
Garranstown, Ιρλανδία	2007	150.000	85	567
Halle, Γερμανία	2007	80.000	47	588
Amsterdam, Ολλανδία	2006	500.000	340	680
Posieux, Ελβετία	2006	45.000	20	444
Roosendaal, Ολλανδία	2007	180.000	90	500
Urvier, Ελβετία	2007	60.000	30	500
Barzenheit, Ελβετία	2008	40.000	30	750

Πίνακας 14: Μέσος επιμερισμός κόστους επένδυσης εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ευρώπη (Ecorprog & Fraunhofer MISICHT, 2006)

Παράμετρος κόστους	Ανεξάρτητη της δυναμικότητας της μονάδας	Εξαρτημένη από τη δυναμικότητα της μονάδας
Αξία γης και προετοιμασία	Περίπου 3%	
Έργα ΠΜ (κτίρια, θέρμανση, αερισμός, υγιεινή, παρασφάλεια)	Περίπου 19%	
Έργα διεργασιών (αποτεφρωτής και παραγωγή ατμού)		Περίπου 38%
Καθαρισμός απαερίων και συγκέντρωση υγρών αποβλήτων		Περίπου 18%
Εξοπλισμός ελέγχου και παρακολούθησης της λειτουργίας		Περίπου 13%
Εξοπλισμός ενέργειας (τουρμπίνες, εναλλάκτες)		Περίπου 3%
Επεξεργασία υπολειμμάτων		Περίπου 1%
Παρακολούθηση έργου (project management) Συμπεριλαμβανομένων πιστοποιητικών συμμόρφωσης, επιθεωρήσεων, τεχνικών ελέγχων και απόδοσης	Περίπου 3,5%	
Αρχική λειτουργία και εκπαίδευση προσωπικού	Περίπου 0,5%	
Άλλα	Περίπου 3%	
Σύνολο	Περίπου 27%	Περίπου 73%

Πίνακας 15: Ποσότητες & Στοιχεία Κόστους Αποτέφρωσης για το 2005 από Εγκατεστημένες μονάδες αποτέφρωσης με παραγωγή ενέργειας από ΑΣΑ στην Ευρώπη σύμφωνα με τις τελευταίες εκθέσεις κρατών.

Κράτος – Μέλος	Αριθμός αποτεφρωτών	Ποσότητα αποτεφρ. ΑΣΑ (επί συνόλου) (Gton/yr)	Παραχθείσα ενέργεια (ηλεκ/θερμ σε GWh)	Τιμή αποτέφρωσης (€/ton)	Μέσο κόστος επένδυσης (€/ton δυναμικότητας)
Αυστρία	8	1.46 (3.14)	189/2094	120-250	500-800
Βέλγιο	1	0.9 (3.38)	320/1800	17-58	500
Γερμανία	67	16.5 (20.5)	6800/16370	90-340	ΜΔ
Δανία	30	NA (3.4)	1447/6582	13-29	ΜΔ
Ισπανία	1	1.76 (22.7)	982/640	30-90	400
Ιταλία	47	3.1 (31.1)	2356/575	80-110	ΜΔ
Ολλανδία	11	5.4 (10.2)	2495/2646	75-135	ΜΔ
Ουγγαρία	1	0.3 (4.7)	120/133	38	ΜΔ
Πορτογαλία	3	1.1 (4.55)	593/NA	21-87	330-660
Σουηδία	29	3.2 (4.2)	739/855	30-60	ΜΔ
Τσεχία	3	0.4 (4.4)	17/34	30-80	400-790
Ιρλανδία	-	NA (3.0)	0/0	NA	ΜΔ

7. Συμπεράσματα

Ο όγκος των παραγόμενων αποβλήτων στην Ελλάδα είναι αρκετά μεγάλος και κρίνεται επιτακτική απ' τη μια η μείωσή του και απ' την άλλη η όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη εκμετάλλευσή τους πχ για τη παραγωγή ενέργειας.

Στη παρούσα εργασία περιγράφηκαν αναλυτικά οι τρόποι εκμετάλλευσης/αξιοποίησης των αστικών στερεών απορριμμάτων μέσω τεχνολογιών καύσης. Όλες οι προτεινόμενες μέθοδοι αυτοί είναι αρκετά αποτελεσματικές θεωρητικά αλλά ταυτόχρονα είναι δύσκολα υλοποιήσιμες λόγω του αυξημένου κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας.

Όλες οι εκτιμήσεις, τόσο οι προηγούμενες όσο και από αυτές στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, καταδεικνύουν την συνεχιζόμενη τάση αύξησης της ποσότητας των αποβλήτων και μάλιστα με σχετικά μεγάλα ποσοστά, της τάξης του 2-3% ετησίως για τα επόμενα 20 χρόνια. Αυτό βέβαια υπογραμμίζει την ανάγκη άμεσης επιλογής και εφαρμογής μεθόδων για τη βέλτιστη διαχείριση και κατά το δυνατόν αξιοποίηση των αστικών αποβλήτων.

Αναμφισβήτητα όλες οι μέθοδοι που παρουσιάστηκαν έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, και μάλιστα πολλές φορές σημαντικά. Είναι δεδομένο λοιπόν ότι η οποιαδήποτε στρατηγική αντιμετώπισης του προβλήματος δεν μπορεί παρά να περιλαμβάνει αναγκαστικά μέτρα μείωσης της παραγωγής στη πηγή. Η σχεδίαση συγκεκριμένων δράσεων και η εφαρμογή μέτρων μείωσης δεν αποτέλεσε αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Εν τούτοις εκτιμάται ότι υπάρχουν σημαντικά περιθώρια μείωσης της παραγόμενης ποσότητας στην Ελλάδα αφού μέχρι στιγμής δεν έχει θεσμοθετηθεί κανένα μέτρο προς την κατεύθυνση αυτή. Έτσι η προσπάθεια μείωσης θεωρείται μεν δεδομένη, αλλά ακόμη και στην περίπτωση επιτυχούς υλοποίησης σχετικών προγραμμάτων, οι εκτιμήσεις, οι πληροφορίες και τα βασικά συμπεράσματα της μελέτης δεν επηρεάζονται σημαντικά.

Η μελέτη θεώρησε επίσης δεδομένη την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη προσπάθεια ανακύκλωσης υλικών στη πηγή, ειδικά αυτών που έχουν ήση ανεπτυγμένο, έστω και σε στοιχειώδη βαθμό, δίκτυο συλλογής και ωφέλιμο οικονομικό αντικείμενο όπως χαρτί, αλουμίνιο και σιδηρούχα μέταλλα.

Τέλος η μελέτη δεν περιλαμβάνει στοιχεία για το μεγάλο θέμα της επίτευξης γενικής αποδοχής της χωροθέτησης των εγκαταστάσεων σε δήμους ή περιοχές άλλων χώρων. Οι αναγκαίες δράσεις της λεγόμενης κοινωνικής μηχανής (social engineering) για την ενημέρωση, ανταλλαγή απόψεων και στοιχείων και ζύμωση με συναινετικές διαδικασίες ώστε να προχωρήσει ανεμπόδιστα η υλοποίηση των έργων, πρέπει να αποτελέσουν και αυτά μέρος της σχεδίασης, αφού άλλωστε η διαβούλευση είναι πλέον υποχρεωτική σύμφωνα με την ελληνική και Κοινωνική νομοθεσία.

Ένα πρώτο συμπέρασμα της μελέτης που προκύπτει αμέσως από την επισκόπηση των στοιχείων για τη διαχείριση αποβλήτων είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης και

λειτουργίας των μονάδων αυτών. Επίσης, προκαλεί εντύπωση η μεγάλη διακύμανση των στοιχείων κόστους και τιμολόγησης των υπηρεσιών, των τελών και των προϊόντων. Αυτό είναι αποτέλεσμα των τοπικών προτεραιοτήτων, των οικονομικών και τοπικών τεχνικών υποδομών και δυσκολιών. Υπάρχουν ακόμη διαφορές τιμών και στον τεχνικό εξοπλισμό αφού δεν πρόκειται για τυποποιημένες μονάδες αλλά για εγκαταστάσεις που σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων συγκεκριμένης ποσότητας και σύνθεσης, και για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό εντείνεται και από τις διαφορές στην αξία γης ειδικά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Έτσι είναι αναπόφευκτη η ανάλυση κάθε περίπτωσης ξεχωριστά ώστε να ληφθούν υπόψη σωστά οι τοπικές και ειδικές συνθήκες.

Ένα ακόμη συμπέρασμα που συνδέεται με το προηγούμενο είναι η σημασία των όρων χρηματοδότησης της επένδυσης για τις όποιες εγκαταστάσεις κριθούν αναγκαίες για τη λειτουργία του συστήματος διαχείρισης. Το κόστος επένδυσης είναι γενικά πολύ υψηλό. Ειδικά για κατασκευή μονάδων ΜΒΕ ή καύσης, το κόστος είναι πιθανόν διπλάσιο αυτού ενός ΧΥΤΑ. Επίσης, παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις, με αποτέλεσμα την πιθανή ανατροπή της ιεράρχησης επιλογών ανάλογα με την τελική τιμή κατασκευής που προσφέρεται.

Ένα τελευταίο συμπέρασμα και αρκετά πιο σοβαρό για να παρθεί μια απόφαση, για το εάν συμφωνούμε ή όχι στη καύση των απορριμμάτων είναι να αναλογιστεί κανείς πόσο επιβλαβές και επικίνδυνο είναι για την υγεία του ανθρώπου. Παραπάνω φαίνονται καθαρά οι επιπτώσεις και το πόσο αποτρεπτικό είναι το εγχείρημα αυτό, ιδιαίτερα σε μία χώρα που τόσα χρόνια πάσχει από τη προστασία της δημόσιας υγείας.

Η μελέτη αυτή, λοιπόν, κλείνει με ένα τρίπτυχο, το οποίο είναι και ο τίτλος μιας έρευνας σχετικής με το θέμα αυτής της μελέτης την οποία εκπόνησε η Greenpeace:

ΚΑΥΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ακριβή – Αναποτελεσματική – Επικίνδυνη

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μαυρόπουλος Α. (2003), «Επεξεργασία αποβλήτων: από την ιδέα στην υλοποίηση», ΟΙΚΟΠΟΛΙΣ Τεύχος 1, Σεπτέμβριος
2. Ελληνική Εταιρία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2006). Τεχνικές Διαχείρισης
3. Αστικών Αποβλήτων [<http://eeds.gr>].
4. Κ.Υ.Α 14312/1302 ΦΕΚ 723 Β'/9.6.2000 «Συμπλήρωση και Εξειδίκευση της υπ' αριθ.
5. 113944/1997 ΚΥΑ με θέμα Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων».
6. Κόλλιας Π. (1993). Απορρίμματα Αστικά & Βιομηχανικά: Συλλογή – Μεταφορά –
7. Ανακύκλωση – Υγειονομική Ταφή – Λιπασματοποίηση – Καύση.
8. Ψωμάς Σ. (2005). Καύση Αποβλήτων: Ακριβή – Αναποτελεσματική – Επικίνδυνη.
9. Έκθεση του Ελληνικού Γραφείου της Greenpeace [www.oikologos.gr].
10. Stengler E. (2006). Developments and Perspectives for Energy Recovery from Waste in Europe. Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium,
11. Organized by International Waste Working Group (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC).
12. Municipal solid waste management, Strategies and technologies for sustainable
13. solution – Ludwig Christian, Hellweg Stefanie, Stucki Samuel.
14. ΕΠΕΜ Α.Ε., “Ζητήματα Διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων”, Αθήνα, 2005

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ (Internet)

1. <http://www.minerv.gr>
2. <http://www.hyper.gr/asstota>
3. <http://www.ecorec.gr>
4. <http://www.recycle.gr>
5. <http://www.hachp.gr>
6. <http://www.safewasteandpower.com>
7. <http://www.recoveredenergy.com>
8. <http://www.cres.gr>
9. <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/what.html>
10. <http://www.kleanindustries.com/s/KleanResources.asp>
11. <http://www.energia.gr>
12. <http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=96>
13. http://www.cres.gr/energy-saving/technologies_n_gas.htm
14. <http://www.rae.gr/>
15. <http://www.kepe.gr/>
16. <http://www.greenpeace.gr>

