

ΠΜΣ "Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

ΣΑΚΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Α. ΚΟΥΓΚΟΛΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Δ. ΓΟΥΣΙΟΣ

Ο. ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ

ΒΟΛΟΣ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι σημερινές, ανεπτυγμένες κυρίως, κοινωνίες είναι αυτό της ολοκληρωμένης διαχείρισης των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ), τα οποία παράγονται σε ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες. Η ανάγκη εφαρμογής συγκεκριμένων μεθοδολογιών γίνεται όλο και πιο επιτακτική, ιδιαίτερα αν αναλογιστούμε τις δυσάρεστες επιπτώσεις που έχει για τον άνθρωπο και το περιβάλλον η ανεξέλεγκτη διάθεση των απορριμμάτων.

Στη παρούσα εργασία γίνεται παρουσίαση των κυριότερων τεχνολογιών επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων. Οι μέθοδοι επεξεργασίας χωρίζονται γενικά σε δύο κατηγορίες, αυτή της Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών και κομποστοποίηση ή αναερόβια χώνευση του οργανικού κλάσματος) και αυτή της Θερμικής Επεξεργασίας (αποτέφρωση, πυρόλυση, αεριοποίηση, τεχνολογία πλάσματος).

Μετά την περιγραφή των βασικών αρχών, του τρόπου λειτουργίας, των παραγόμενων προϊόντων και των επιπτώσεων στον άνθρωπο και το περιβάλλον των τεχνολογιών, επιλέγονται τέσσερα πιθανά σενάρια εφαρμογής τους στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Με δεδομένα τις παραγόμενες ποσότητες των απορριμμάτων, σε συνδυασμό με τη χρήση των αντιστοίχων ισοζυγίων μάζας – ρύπων – ενέργειας, γίνεται μια πολύ ρεαλιστική παρουσίαση των πιθανών εφαρμογών τους στην περιοχή μελέτης.

Βασικός σκοπός της εργασίας αποτελεί η ουσιαστική παρουσίαση των διαθέσιμων τεχνολογιών επεξεργασίας στερεών αποβλήτων και η διερεύνηση της εφαρμογής τους στη Θεσσαλία, με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων από τους αρμόδιους φορείς.

Λέξεις κλειδιά: αστικά στερεά απόβλητα, τεχνολογίες επεξεργασίας απορριμμάτων, Περιφέρεια Θεσσαλίας

ABSTRACT

One of the major issues facing the current, developed mainly, societies is that of the integrated management of Municipal Solid Waste (MSW), produced in larger quantities. The need for specific methodologies application is becoming increasingly urgent, especially considering the unpleasant consequences for humans and environment, from uncontrolled waste disposal.

In this thesis are being presented the main technologies for solid waste treatment. The treatments are divided generally into two categories, that of Mechanical and Biological treatment (recovery of recyclable materials and composting or anaerobic digestion of organic fraction) and the one of Thermal treatment (incineration, pyrolysis, gasification, plasma technology).

After describing the basic principles, the mode, the products and the impact on humans and environment of the technologies, four possible scenarios are being selected for the application of technologies in the region of Thessaly. Using as data the quantities of waste generated, combined to mass, emissions and energy balances, the result is a very realistic presentation of potential applications in the study area.

The main purpose of this thesis is an effective presentation, of the available treatment technologies of solid waste, so as to become a useful tool in decision making bodies.

Key words: municipal solid waste, technologies for waste treatment, region of Thessaly

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	14
2.1. ΟΡΙΣΜΟΙ.....	14
2.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΣΑ.....	16
3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	18
3.1. ΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΜΒΕ)	18
3.1.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	18
3.1.2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	21
3.1.2.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	22
3.1.2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	23
3.1.2.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	23
3.1.2.3.1 ΑΕΡΙΑ.....	23
3.1.2.3.2. ΥΓΡΑ	24
3.1.2.3.3. ΣΤΕΡΕΑ	24
3.1.2.3.4. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	24
3.1.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	25
3.1.3.1. ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	27
3.1.3.1.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	27
3.1.3.1.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	31
3.1.3.1.2.1. ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	31
3.1.3.1.2.2. ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	33
3.1.3.1.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	33
3.1.3.1.3.1. ΑΕΡΙΑ.....	33
3.1.3.1.3.2. ΥΓΡΑ	34
3.1.3.1.3.3. ΣΤΕΡΕΑ	34
3.1.3.1.3.4. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	35
3.1.3.2. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ - ΖΥΜΩΣΗ.....	36
3.1.3.2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	36
3.1.3.2.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	41
3.1.3.2.3.1. ΑΕΡΙΑ.....	41
3.1.3.2.3.2. ΥΓΡΑ	42
3.1.3.2.3.3. ΣΤΕΡΕΑ	42

3.1.3.2.3.4. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ.....	42
3.1.3.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ	43
3.1.3.3.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	43
3.1.3.3.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	44
3.1.3.3.2.1. ΑΕΡΙΑ	44
3.1.3.3.2.2. ΥΓΡΑ	44
3.1.3.3.2.3. ΣΤΕΡΕΑ	44
3.2. ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΒΕ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ	45
3.2.1. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ	45
3.2.1.1. ΥΛΙΚΟ ΤΥΠΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ – CLO	45
3.2.1.2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ	47
3.2.1.2.1. ΧΑΡΤΙ.....	47
3.2.1.2.2. ΠΛΑΣΤΙΚΟ	47
3.2.1.2.3. ΓΥΑΛΙ	48
3.2.1.2.4. ΜΕΤΑΛΛΑ	49
3.2.1.2.4.1. ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	49
3.2.1.2.4.2. ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	49
3.2.1.2.5. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ	49
3.3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ.....	53
3.3.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ - ΚΑΥΣΗΣ.....	56
3.3.1.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΗΣΗΣ	65
3.3.1.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	67
3.3.1.2.1. ΑΕΡΙΑ	67
3.3.1.2.2. ΥΓΡΑ	68
3.3.1.2.3. ΣΤΕΡΕΑ	68
3.3.2. ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	69
3.3.2.1. ΠΥΡΟΛΥΣΗ	69
3.3.2.1.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	69
3.3.2.2. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	71
3.3.2.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	71
3.2.2.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ	73
3.2.2.3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	73
4. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	76
4.1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	76

4.2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	80
4.2.1. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	82
5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	85
5.1. ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ.....	85
5.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	89
6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	93
6.1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1. ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΜΕ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ).....	93
6.1.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	93
6.1.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	94
6.1.3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	94
6.1.4. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ.....	95
6.1.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	96
6.1.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
6.2. ΣΕΝΑΡΙΟ 2. ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΜΕ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ)	98
6.2.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	98
6.2.3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	99
6.2.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	101
6.2.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	101
6.3. ΣΕΝΑΡΙΟ 3. ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ)	103
6.3.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	103
6.3.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	104
6.4. ΣΕΝΑΡΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	105
6.4.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	105
6.4.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ	105
6.4.3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....	106
6.4.4. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ.....	107
6.4.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	107
6.4.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	107
7. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	109
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	113

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1 Ποσοστιαία σύσταση αστικών στερεών αποβλήτων (ΚΥΑ 50910/2727/03).....	16
Εικόνα 2 Αναστροφέας σειραδιών (Γιδαράκος,2006).....	32
Εικόνα 3 Μέθοδος δυναμικά αεριζόμενων σωρών (Γιδαράκος,2006).....	32
Εικόνα 4 Σχηματική αναπαράσταση κλασσικού συστήματος ενός αντιδραστήρα (Σ1) (Λαζαρίδη κ.ά, 2002).....	39
Εικόνα 5 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος υψηλού ρυθμού (Σ2) (Λαζαρίδη κ.ά, 2002).....	40
Εικόνα 6 Αντιδραστήρες αναερόβιας χώνευσης.....	40
Εικόνα 7 Αερόβια επεξεργασία χωνεμένου υλικού (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης,2002).....	41
Εικόνα 8 Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης βιολογικής ξήρανσης (Juniper Consultancy Services Ltd., 2005).....	43
Εικόνα 9 Πελλετοποιημένο RDF (Japanese Advanced Environment Equipment, 2008).....	50
Εικόνα 10 Διατάξεις παραγωγής RDF (Diaz and Savage, 2006).....	51
Εικόνα 11 Μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ στη Γερμανία (TA Lauta, 2008).....	57
Εικόνα 12 Τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Λάλας κ.α., 2007).....	57
Εικόνα 13 Διάγραμμα ροής μιας τυπικής σύγχρονης εγκατάστασης αποτέφρωσης ΑΣΑ (Γιδαράκος,2007).....	58
Εικόνα 14 Χαρακτηριστικά της μαζικής καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες (Γιδαράκος,2006).....	60
Εικόνα 15 α) Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (La Grega M. et al., 2001), β) κάθετη τομή περιστρεφόμενου κλιβάνου (Freeman, 1998)	61
Εικόνα 16 Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (La Grega M. et al, 2001).....	61
Εικόνα 17 Τεχνολογίες απομάκρυνσης ιπτάμενων στερών σωματιδίων, (α) κυκλώνας, (β) σακκόφιλτρο, (γ) ηλεκτροστατικό φίλτρο, (Vehlow,2006).....	66
Εικόνα 18 Εγκατάσταση πυρόλυσης (Φάττα, 2007).....	69
Εικόνα 19 Διάγραμμα ροής της πυρόλυσης (Γιδαράκος,2006).....	70
Εικόνα 20 Υποσυστήματα πυρολυτικού αντιδραστήρα (Γιδαράκος,2006).....	70
Εικόνα 21 Εγκατάσταση αεριοποίησης (Φάττα,2007).....	72
Εικόνα 22 Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης (Γιδαράκος,2007).....	72
Εικόνα 23 Εγκατάσταση πλάσματος (Φάττα,2007).....	73
Εικόνα 24 Αεριοποιητής πλάσματος (Φάττα,2007).....	74

Εικόνα 25 Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.....	77
Εικόνα 26 Διάγραμμα ροής και το ισοζύγιο μάζας μιας τυπικής εγκατάστασης ΜΒΕ (ανάκτηση υλικών και κομποστοποίηση) (Econομοpoulos, 2007).....	94
Εικόνα 27 Διάγραμμα ροής και το ισοζύγιο μάζας μιας τυπικής εγκατάστασης ΜΒΕ (ανάκτηση υλικών και αναερόβια χώνευση) (Econομοpoulos, 2007).....	99
Εικόνα 28 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης ΜΒΕ (ανάκτηση υλικών, αναερόβια χώνευση, κομποστοποίηση).....	103
Εικόνα 29 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης μίας μονάδας καύσης, που θα εξυπηρετεί όλες τις ΔΕ.....	106

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Ποσοστιαία σύσταση ΑΣΑ ανά ΔΕ (Expert Consulting, 2008).....	17
Πίνακας 2 Στοιχεία κατανομής της δυναμικότητας των υφιστάμενων μονάδων ΜΒΕ (Juniper Consultancy Services Ltd.,2005).....	20
Πίνακας 3 Κυριότερες τεχνολογίες μηχανικής προετοιμασίας αποβλήτων (Bardos 2004, Defra 2005b, EEA 2000).....	22
Πίνακας 4 Κυριότερες τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων (Archer et al. 2005a, Bardos 2004, DEFRA 2005b, EEA 2000).....	23
Πίνακας 5 Συστήματα κομποστοποίησης (Tchobanoglous et al, 2007).....	31
Πίνακας 6 Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντα των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (European Commission, 2005).....	54
Πίνακας 7 Σύγκριση των πιο κοινών συστημάτων αποτέφρωσης (ΕΠΕΜ κ.α. 2008).....	63,64
Πίνακας 8 Εκτίμηση κόστους επένδυσης και λειτουργίας (Tsilemou and Panagiotakopoulos 2005).....	86
Πίνακας 9 Ποσότητες απορριμμάτων ανά ΔΕ και ρεύματα εισόδου.....	88
Πίνακας 10 Ποσότητες εισερχομένων απορριμμάτων και εξερχομένων προϊόντων στις μονάδες επεξεργασίας, για το 1 ^ο Σενάριο.....	93
Πίνακας 11 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδων 1ου Σεναρίου.....	96
Πίνακας 12 Ποσότητες εισερχομένων απορριμμάτων και εξερχομένων προϊόντων στις μονάδες επεξεργασίας, για το 2 ^ο Σενάριο.....	98
Πίνακας 13 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδων 2 ^{ου} Σεναρίου.....	101
Πίνακας 14 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδων 3 ^{ου} Σεναρίου.....	104

Πίνακας 15 Ποσότητες εισερχομένων απορριμμάτων και εξερχομένων προϊόντων στη μονάδα αποτέφρωσης, για το 4 ^ο Σενάριο.....	105
Πίνακας 16 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδας 4 ^ο Σεναρίου.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΟΝΥΜΙΩΝ

MBT: Mechanical Biological Treatment

RDF: Refused Derived Fuel

SRF: Solid Recovered Fuel

ΑΣΑ: Αστικά Στερεά Απόβλητα

ΒΑΑ: Βιοαποδομήσιμα Αστικά Απόβλητα

ΔΕ: Διαχειριστική Ενότητα

ΔσΠ: Διαλογή στην Πηγή

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΕΑΛ: Εγκατάσταση Επεξεργασίας Αστικών Λυμάτων

ΕΚΑ: Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

ΕΜΑΚ: Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης

ΕΣΔΣΑ: Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

ΚΔΑΥ: Κέντρο Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών

ΚΥΑ: Κοινή Υπουργική Απόφαση

ΜΒΕ: Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία

ΜΕΚ: Μηχανή Εσωτερικής Κάυσης

ΟΤΑ: Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης

ΠΕΣΔΑ: Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

ΣΔΙΤ: Σύμπραξη Δημόσιου Ιδιωτικού Τομέα

ΦΟΔΣΑ: Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

ΧΑΔΑ: Χώρος Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων

ΧΥΤΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΧΥΤΥ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σημερινές, ανεπτυγμένες κυρίως, κοινωνίες είναι αυτό της παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων. Οι αγοραστικές τάσεις, οι υπερκαταναλωτικές συνήθειες σε συνδυασμό με την έλλειψη περιβαλλοντικής ευαισθησίας, από ένα μεγάλο μέρος του κόσμου, συντελούν στην όξυνση του φαινομένου. Γεννάται επομένως η ανάγκη χάραξης και υλοποίησης ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης στερεών αποβλήτων, με γνώμονα κυρίως, ότι η διάθεση των ανεπεξέργαστων στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής αποτελεί την τελευταία εναλλακτική λύση, καθώς συνεπάγεται σπατάλη πόρων οι οποίοι θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν.

Από τη μέχρι τώρα εμπειρία στη διαχείριση των αποβλήτων, τόσο στις ευρωπαϊκές χώρες όσο και στις ΗΠΑ και στην Ιαπωνία, αυτό που προκύπτει αρχικά είναι η μεγάλη διαφοροποίηση στα στοιχεία κόστους, στην τιμολόγηση των υπηρεσιών και των τελικών προϊόντων που προκύπτουν. Μεγάλο ρόλο στη διαφοροποίηση αυτή παίζουν οι κατά τόπους προτεραιότητες που έχουν οριστεί, τα τοπικά οικονομικά δεδομένα και τεχνικές υποδομές καθώς και οι δυσκολίες που μπορεί να υφίστανται. Όλες οι μονάδες σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις διαχείρισης στερεών αποβλήτων συγκεκριμένης ποσότητας και σύστασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διαφοροποιούνται μεταξύ τους, αφού δεν πρόκειται για τυποποιημένες μονάδες, και να προκύπτουν κατόπιν διαστασιολόγησης και προσαρμογής στα τοπικά δεδομένα.

Σε επίπεδο Ελλάδας, το θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων θεωρούνταν μέχρι και πριν λίγες δεκαετίες δευτερεύουσας σημασίας, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ουσιαστικές προσπάθειες με συγκεκριμένο στόχο και φιλοσοφία. Η αντιμετώπιση του ζητήματος γινόταν μέσω ευκαιριακών και πρόχειρων μέτρων και το μόνο αποτέλεσμα που είχαν ήταν η μεγέθυνση του προβλήματος.

Η προσπάθεια ολοκληρωμένης διαχείρισης των στερεών αποβλήτων στην Ελλάδα δεν έχει προχωρήσει ακόμα σε τέτοιο βαθμό έτσι ώστε να είναι δυνατή η ικανοποίηση όλων των σχετικών ευρωπαϊκών οδηγιών. Από τη μια οι παρατάσεις των προθεσμιών για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων, και από την άλλη η αδυναμία λήψης αποφάσεων από τα αρμόδια όργανα, οδηγούν σε μία στασιμότητα η οποία μόνο σε διόγκωση των προβλημάτων διαχείρισης των απορριμμάτων οδηγεί τελικά.

Η κατάσταση αυτή καταβάλλεται προσπάθεια να αλλάξει, ειδικά και μετά την επιβολή προστίμων από μέρους της ΕΕ. Η Ελλάδα καλείται να εφαρμόσει μια σειρά από εθνικές αποφάσεις και οδηγίες της ΕΕ οι οποίες την υποχρεώνουν στην χάραξη στρατηγικής μέσω της εισαγωγής τεχνολογιών επεξεργασίας αποβλήτων. Οι αποφάσεις και οι οδηγίες στηριζόμενες σε βασικές αρχές όπως αυτές της πρόληψης, της ελαχιστοποίησης, της επαναχρησιμοποίησης, της ανακύκλωσης και της ανάκτησης ενέργειας από απόβλητα δεσμεύουν την Ελλάδα ως προς την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων εκτροπής ποσοστού του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των ΑΣΑ, που καταλήγει σε απ' ευθείας ταφή, καθώς και ανάκτησης ανακυκλώσιμων υλικών.

Η φιλοσοφία της αποκλειστικής χρήσης ΧΥΤΑ (και στη χειρότερη ΧΑΔΑ) για τη διάθεση των απορριμμάτων θα πρέπει να δώσει τη θέση της στην εφαρμογή ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης μέσω της χρήσης τεχνολογιών, οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους, και λαμβάνοντας υπόψη τον κύκλο ζωής των στερεών αποβλήτων, να συντελέσουν στην επίτευξη των επιθυμητών στόχων.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των κυριότερων τεχνολογιών επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων. Η κατηγοριοποίηση των τεχνολογιών γίνεται σε αυτές της Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας και σε αυτές της Θερμικής Επεξεργασίας. Μέσω της παρουσίασης των τεχνολογιών γίνεται η προσπάθεια ώστε να καταστούν κατανοητές οι διεργασίες που περιλαμβάνουν, των προϊόντων που παράγονται και των επιπτώσεων που έχουν στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Στη συνέχεια ακολουθεί η διερεύνηση του κατά πόσο θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή, είτε συνδυασμένες είτε μεμονωμένες, στην Περιφέρεια Θεσσαλίας. Τα τέσσερα σενάρια που παρουσιάζονται χρησιμοποιούν ως δεδομένα τις ποσότητες των απορριμμάτων που έχει υπολογιστεί, βάσει της μελέτης του ΠΕΣΔΑ, ότι θα παράγονται στην περιοχή της Θεσσαλίας, ανά διαχειριστική ενότητα, για το έτος 2013. Γνωρίζοντας τις ποσότητες των εισερχομένων ΑΣΑ και με τη χρήση ισοζυγίων μάζας είναι δυνατός ο υπολογισμός των αέριων εκπομπών, του υπολείμματος, των εκμεταλλεύσιμων προϊόντων και της παραγόμενης ενέργειας.

Τα στοιχεία που προκύπτουν μπορούν να αξιολογηθούν με βάση τους στόχους που καλείται να επιτύχει η Ελλάδα, τόσο σε εθνικό επίπεδο όσο και τοπικά. Στόχοι που όπως έχουμε πει περιγράφονται πλήρως στην εθνική νομοθεσία, η οποία έχει εναρμονιστεί με τις ευρωπαϊκές οδηγίες. Δίνοντας παραδείγματα από τις εφαρμογές των τεχνολογιών σε

διεθνές επίπεδο, εξετάζεται το κατά πόσο οι στόχοι που επιτυγχάνονται συμβαδίζουν με τις επιταγές της ΕΕ καθώς και με όσα περιλαμβάνονται στο ΠΕΣΔΑ. Δίνοντας επίσης μια τάξη των οικονομικών μεγεθών που απαιτούνται για την κατασκευή και τη λειτουργία τους προκύπτει το κατά πόσο μπορεί να είναι βιώσιμη εφαρμογή τους στην περιοχή της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

2.1.ΟΡΙΣΜΟΙ

Ως στερεά απόβλητα, βάσει της ΚΥΑ 50910/2727/03 «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών (μη επικίνδυνων) αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης», ορίζονται ως: 'Κάθε ουσία ή αντικείμενο που υπάγεται στις κατηγορίες των παραρτημάτων ΙΑ και ΙΒ της παρούσας και το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή επιθυμεί να απορρίψει. Στην έννοια του στερεού (μη επικίνδυνου) αποβλήτου δεν υπάγονται τα απόβλητα εκείνα από τον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων (ΕΚΑ) του παραρτήματος ΙΒ της παρούσας απόφασης που επισημαίνονται με αστερίσκο και τα οποία χαρακτηρίζονται ως εν δυνάμει επικίνδυνα απόβλητα, σύμφωνα με την Απόφαση 2001/118/ΕΚ'.

Ένας πιο απλός και ουσιαστικός ορισμός των *στερεών αποβλήτων* είναι ο εξής: 'Στερεά ή ημιστερεά υλικά τα οποία, κάτω από κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες, δεν έχουν αρκετή αξία ή χρησιμότητα για τον κάτοχό τους έτσι ώστε αυτός να συνεχίσει να υφίσταται τη δαπάνη, τη μέριμνα ή το βάρος της διατήρησής τους. Το κόστος απόρριψης ή αποβολής των υλικών αυτών είναι μικρότερο από το κόστος διατήρησής τους' (Παναγιωτακόπουλος,2002).

Ως *Αστικά Στερεά Απόβλητα* ορίζονται τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα, που λόγω της φύσης ή της σύνθεσής τους προσομοιάζουν με τα οικιακά, όπως τα δημοτικά απόβλητα (ΚΥΑ 50910/272703). Ειδικότερα, ως ΑΣΑ νοούνται τα απόβλητα που παράγονται από δραστηριότητες νοικοκυριών (οικιακά στερεά απόβλητα), εμπορικές δραστηριότητες (εμπορικά στερεά απόβλητα), από τον καθαρισμό οδών και άλλων κοινόχρηστων χώρων καθώς και άλλα στερεά απόβλητα που λόγω της φύσεως ή της σύνθεσής τους εξομοιώνονται με τα οικιακά απόβλητα (Παναγιωτακόπουλος,2002).

Παραγωγός, είναι κάθε πρόσωπο φυσικό ή νομικό του οποίου η δραστηριότητα παράγαγε απόβλητα ή κάθε πρόσωπο που έχει πραγματοποιήσει εργασίες προεπεξεργασίας, ανάμειξης ή άλλες οι οποίες οδηγούν σε μεταβολή της φύσης ή της σύνθεσης των αποβλήτων αυτών (ΚΥΑ 50910/2727/03) .

Επεξεργασία, είναι η εφαρμογή ή ο συνδυασμός φυσικών, χημικών, θερμικών και βιολογικών διεργασιών που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων έτσι ώστε

να περιορίζεται ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, να διευκολύνεται ο χειρισμός τους και να επιτυγχάνεται η ανάκτηση υλικών ή ενέργειας (ΚΥΑ 50910/2727/03) .

Αξιοποίηση, είναι κάθε εργασία ανακύκλωσης ή και ανάκτησης υλικών και ενέργειας από τα απόβλητα (ΚΥΑ 50910/2727/03).

Για την εκτίμηση του συνολικά παραγόμενου φορτίου στερεών αποβλήτων πρέπει να ληφθεί υπόψη επιπλέον το θέμα της διαχείρισης της ιλύος των εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών λυμάτων (ΕΕΑΛ), καθώς και των γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων.

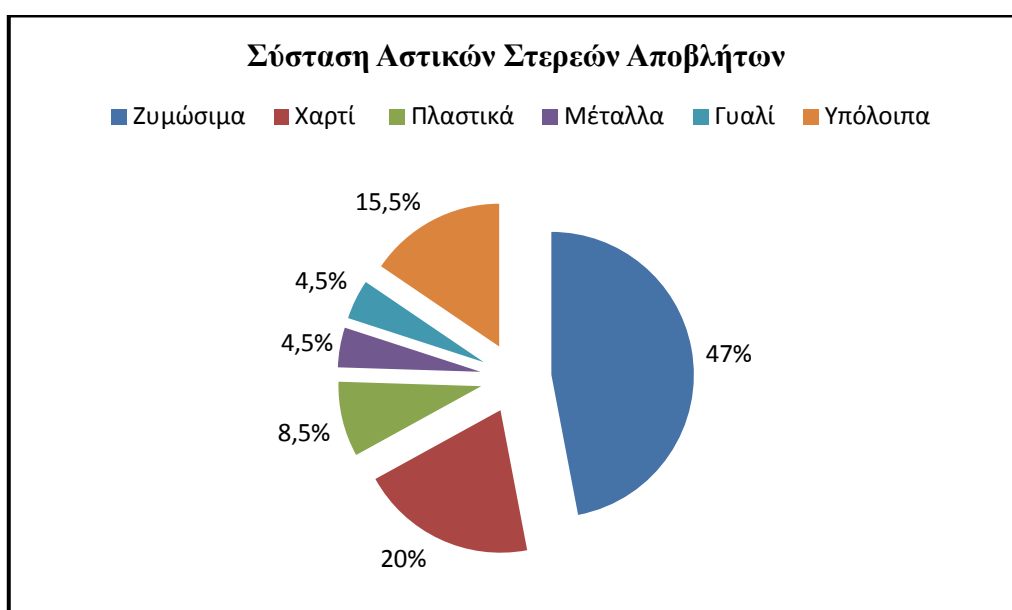
Η ιλύς, η παραγόμενη στις ΕΕΑΛ, αποτελεί ευθύνη του παραγωγού και κατόχου. Σήμερα ένα μεγάλο μέρος των παραγόμενων ποσοτήτων καταλήγει στους ΧΥΤΑ, κατέχοντας το ποσοστό τους στο οργανικό κλάσμα του συνόλου των ΑΣΑ. Βάσει της μελέτης του ΠΕΣΔΑ προκύπτει ότι σε επίπεδο Θεσσαλίας σήμερα παράγονται ετησίως 7.200 τόνοι λυματολάσπης (Expert Consulting, 2008). Η ποσότητα αυτή αναμένεται να αυξηθεί ακόμη περισσότερο, σύμφωνα με εκτιμήσεις, καθώς τα προγράμματα δημιουργίας νέων μονάδων βρίσκονται σε εξέλιξη.

Αντίστοιχα, και στην περίπτωση των γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων, σημαντικές ποσότητες καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, γι' αυτό και πρέπει να εξεταστούν οι δυνατότητες συνδιαχείρισης με τα βιαποδομήσιμα αστικά απόβλητα. Γενικά, τα κτηνοτροφικά απόβλητα προέρχονται κυρίως από τα σταβλισμένα ζώα και αντιμετωπίζονται σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία. Η λειτουργία των μονάδων αυτών επιτρέπεται μετά από Περιβαλλοντική Αδειοδότηση βάσει της οποίας προβλέπεται η χρήση βόθρων για τα υγρά απόβλητα και ειδικών χώρων για τα στερεά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λίπασμα. Από τα γεωργικά απόβλητα το ενδιαφέρον εστιάζεται κυρίως σε εκείνα που αναφέρονται στα υλικά συσκευασίας των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται από τους αγρότες και τα οποία, όπως έχει διαπιστωθεί, διατίθενται ανεξέλεγκτα μερικές φορές σε τυχαίους χώρους απόθεσης. Επειδή η προμήθεια αυτών των προϊόντων γίνεται εκτός από τις Συνεταιριστικές Ενώσεις και από ιδιωτικά καταστήματα, ο μόνος εφικτός τρόπος διαχείρισης αυτών των αποβλήτων περνά από τους χώρους πώλησης των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων.

2.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΣΑ

Η γνώση της σύστασης των παραγόμενων ΑΣΑ είναι ιδιαίτερης σημασίας για την εκπόνηση οποιουδήποτε σχεδίου διαχείρισής τους. Οι ενδεχόμενες μεταβολές στην ποιοτική σύσταση των παραγόμενων αποβλήτων, στη πορεία του χρόνου, περιγράφουν πρακτικά τη μεταστροφή των καταναλωτικών συνηθειών και διαμορφώνουν τις μελλοντικές τάσεις παραγωγής ΑΣΑ. Τα στοιχεία αυτά είναι ιδιαίτερης σημασίας για τη χάραξη στρατηγικής διαχείρισης αποβλήτων σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο.

Σε ό,τι αφορά στη σύσταση των ΑΣΑ σε εθνικό επίπεδο, τα υπάρχοντα στοιχεία αναφέρονται στην ΚΥΑ 50910/2727/03 και φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 8 Ποσοστιαία σύσταση αστικών στερεών αποβλήτων (ΚΥΑ 50910/2727/03).

Ζυμώσιμα: περιλαμβάνει τα υπολείμματα της κουζίνα και του κήπου.

Χαρτί: περιλαμβάνονται όλα τα είδη χαρτιών και χαρτονιών που προέρχονται κυρίως από συσκευασμένα προϊόντα και έντυπο υλικό.

Μέταλλα: περιλαμβάνονται όλα τα μεταλλικά υλικά που καταλήγουν στους κάδους των απορριμμάτων, τα οποία είναι σιδηρούχα ή μη.

Γυαλί: περιλαμβάνονται γυάλινα προϊόντα συσκευασίας, διαφόρων χρωμάτων και ποιότητας.

Πλαστικά: περιλαμβάνονται απόβλητα πλαστικά προϊόντα που συνήθως χαρακτηρίζονται από έντονη ανομοιογένεια εξαιτίας της ποικιλίας των χρησιμοποιούμενων πολυμερών.

Υπόλοιπα: περιλαμβάνονται υλικά από δέρμα, ξύλο, λάστιχο, ύφασμα, αδρανή.

Αν και η σύσταση, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα, είναι γενικά αποδεκτή ως η αντιπροσωπευτικότερη μέση σύσταση των ελληνικών ΑΣΑ και υιοθετείται από τους εθνικούς σχεδιασμούς, η πραγματική σύσταση στη χώρα παρουσιάζει τόσο γεωγραφική διακύμανση όσο και διαχρονική μεταβολή. Η ποσοστιαία μείωση των ζυμώσιμων και η αντίστοιχη αύξηση των αποβλήτων συσκευασίας και χαρτιού εμφανίζονται ως οι σημαντικότερες τάσεις.

Οι διαχειριστικές ενότητες στην Περιφέρεια Θεσσαλίας έχουν οριστεί ως εξής: 1^η ΔΕ Ν. Καρδίτσας & Ν. Τρικάλων, 2^η ΔΕ Ν. Λάρισας, 3^η ΔΕ Ν. Μαγνησίας. Τα αντίστοιχα ποσοστά των συστατικών, στο σύνολο των ΑΣΑ, είναι:

Πίνακας 7 Ποσοστιαία σύσταση ΑΣΑ ανά ΔΕ (Expert Consulting, 2008)

	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ
Σύσταση ΑΣΑ			
Ζυμώσιμα	61,2%	50,8%	49,4%
Χαρτί – Χαρτόνι	18,2%	13,4%	19,8%
Πλαστικά	12,1%	15,2%	21,6%
Μέταλλα	1,7%	5,6%	4,1%
Γυαλί	4,6%	13,6%	2,2%
Υπόλοιπα	2,3%	1,7%	2,7%

Οι συνολικές ποσότητες των ΑΣΑ που υπολογίζονται ανά ΔΕ, βάσει εκτιμήσεων μελέτης ΠΕΣΔΑ, για το έτος 2013 είναι οι εξής (Expert Consulting, 2008):

1^η ΔΕ Ν. Καρδίτσας & Ν. Τρικάλων: 128.923 τόνοι

2^η ΔΕ Ν. Λάρισας: 136.966 τόνοι

3^η ΔΕ Ν. Μαγνησίας (ηπειρωτικός) : 109.521 τόνοι

Στην ποσότητα των ζυμώσιμων αποβλήτων συμπεριλαμβάνονται :

- Τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα.
- Τα γεωργοκτηνοτροφικά οργανικά απόβλητα.
- Η ιλύς από τις ΕΕΑΛ.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες διαθέσιμων τεχνικών για την επεξεργασία των αστικών και γεωργοκτηνοτροφικών στερεών αποβλήτων:

1. Η Μηχανική Βιολογική Επεξεργασία (ΜΒΕ)
2. Η Θερμική Επεξεργασία (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση, τεχνολογία πλάσματος)

Οι κατάλληλες μέθοδοι επεξεργασίας, σε κάθε περίπτωση, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο συλλογής των στερεών αποβλήτων.

3.1. ΜΗΧΑΝΙΚΗ – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΜΒΕ)

3.1.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Με τον όρο Μηχανική – Βιολογική Επεξεργασία περιγράφεται ένα ευρύτερο σύνολο διεργασιών, οι οποίες συνδυάζονται μεταξύ τους και έχουν ως στόχο τον διαχωρισμό και την ανάκτηση υλικών από τα ΑΣΑ. Πρόκειται δηλαδή για μια ομάδα τεχνολογιών, με σκοπό την επεξεργασία των αποβλήτων, οι οποίες διαφοροποιούνται μεταξύ τους όσον αφορά στην πολυπλοκότητα και το τελικό αποτέλεσμα. Η μεγάλη ποικιλία στο συνδυασμό τους οδηγεί σε διάφορους τρόπους προσέγγισης του ζητούμενου αποτελέσματος, με τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στην κάθε περίπτωση. Δεν υπάρχει συνδυασμός ο οποίος να αποτελεί τη «βέλτιστη λύση», αλλά κάποιοι συνδυασμοί μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο κατάλληλοι για συγκεκριμένες συνθήκες και έργα (DEFRA, 2005b, Archer et al. 2005a).

Στις εγκαταστάσεις ΜΒΕ συνδυάζονται διάφορες μηχανικές και βιολογικές διεργασίες, με μια ποικιλία τρόπων, ανάλογα με τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα (επιθυμητά προϊόντα – στόχοι). Για την ανάκτηση των ξηρών ανακυκλώσιμων και την παραγωγή ενός ομογενοποιημένου στερεού καυσίμου (RDF – refused derived fuel) χρησιμοποιούνται οι μηχανικές διεργασίες, ενώ για την απομάκρυνση της υγρασίας (ξήρανση), τη σταθεροποίηση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος και την παραγωγή υλικών τύπου κομπόστ ή/και βιοαερίου χρησιμοποιούνται οι βιολογικές επεξεργασίες. Σε γενικές γραμμές η ΜΒΕ αποτελεί τον συνδυασμό μιας μονάδας ανάκτησης υλικών και μιας μονάδας βιολογικής επεξεργασίας. Οι κυριότερες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα περιλαμβάνουν (DEFRA, 2005b):

- Τεχνικές διάνοιξης σάκων (διατάξεις τύπου μεταλλικών ταινιών, κοχλία, χτενιού, λάμας, κλπ).
- Τεχνικές μείωσης του μεγέθους (κονιορτοποιήση και τεμαχισμός σε τεμαχιστές, περιστρεφόμενα τύμπανα κλπ).
- Τεχνικές διαχωρισμού (βάσει μεγέθους, αεροδιαχωρισμού, βαλλιστικού διαχωρισμού και άλλες διεργασίες μηχανικής ταξινόμησης των αποβλήτων).
- Τεχνικές μαγνητικού διαχωρισμού για την ανάκτηση των σιδηρούχων μετάλλων και επαγωγικών ρευμάτων για το αλουμίνιο.
- Βιολογική ξήρανση.
- Αναερόβια χώνευση.
- Κομποστοποίηση του εμπλουτισμένου οργανικού κλάσματος.

Κοινό χαρακτηριστικό των μονάδων ΜΒΕ είναι η χρήση διεργασιών για το διαχωρισμό των σύμμεικτων αποβλήτων σε διαφορετικά ρεύματα σύμφωνα με την κοινή τους φύση. Ανάλογα με το σχεδιασμό των μονάδων επιδιώκονται ένας ή περισσότεροι από τους ακόλουθους στόχους (Γιδαράκος,2006):

- Να επιτευχθεί επαρκής σταθεροποίηση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος, ώστε να είναι δυνατή η χρήση του ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ ή να μπορεί να ταφεί χωρίς να θεωρείται βιοαποδομήσιμο απόβλητο, όπως περιγράφεται στους στόχους της οδηγίας για την υγειονομική ταφή (99/31/ΕΕ).
- Να παραχθεί ένα εμπλουτισμένο οργανικό κλάσμα για κομποστοποίηση ή αναερόβια χώνευση. Το τελικό προϊόν σε αυτή την περίπτωση είναι χαμηλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ καθώς και για την αποκατάσταση λατομείων και ορυχείων.
- Να παραχθεί κλάσμα αποτελούμενο κυρίως από χαρτί, πλαστικά και άλλα καύσιμα υλικά (RDF, SRF), το οποίο να χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμογόνο δύναμη, προς αξιοποίησή του για την ανάκτηση ενέργειας (μέσω θερμικής επεξεργασίας ή σε υπάρχοντες βιομηχανικούς καυστήρες).
- Να ανακτηθούν ανακυκλώσιμα υλικά.

Τα βασικά είδη μονάδων MBE είναι:

- Μηχανική Επεξεργασία + Αερόβια Κομποστοποίηση.
- Μηχανική Επεξεργασία + Αναερόβια Χώνευση.
- Μηχανική Επεξεργασία + Αναερόβια Χώνευση + Αερόβια Κομποστοποίηση.
- Μηχανική επεξεργασία + Βιολογική Ξήρανση.

Στα τέλη του 2004 καταγράφηκαν 27 οίκοι στην Ευρώπη, οι οποίοι είχαν κατασκευάσει επιτυχώς τουλάχιστον ένα εργοστάσιο μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας. Οι κατασκευαστικοί αυτοί οίκοι είχαν στο ενεργητικό τους 80 μονάδες (εξαιρούμενων των πολυάριθμων μικρών μονάδων), ενώ είχαν ανακοινώσει 43 ακόμα μονάδες (μερικές εκ των οποίων είναι ακόμα υπό κατασκευή). Η συνολική δυναμικότητα των υφιστάμενων μονάδων εκτιμάται ότι ανέρχεται σε πάνω από 8.500.000 t/y και αν συνυπολογιστούν και οι υπό κατασκευή, σε πάνω από 13.000.000 t/y (Juniper Consultancy Services Ltd., 2005). Η δυναμικότητα των υφιστάμενων μονάδων κατανέμεται ως ακολούθως:

Πίνακας 8 Στοιχεία κατανομής της δυναμικότητας των υφιστάμενων μονάδων MBE (Juniper Consultancy Services Ltd.,2005)

Δυναμικότητα (t/y)	Πλήθος μονάδων MBE
< 50.000	18
50.000 – 100.000	30
100.000 – 200.000	21
>200.000	11
Σύνολο	80

3.1.2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Οι στόχοι της Μηχανικής Επεξεργασίας, όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μετέπειτα στάδιο βιολογικής επεξεργασίας, περιλαμβάνουν (Γιδαράκος,2006) :

- Τη μέγιστη, κατά το δυνατόν, ανάκτηση υλικών.
- Την προετοιμασία των αποβλήτων για το επόμενο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας.
- Την αφαίρεση ανεπιθύμητων συστατικών από τα εισερχόμενα απόβλητα.

Στην περίπτωση που απαιτείται, υπάρχει και ένα στάδιο μηχανικής επεξεργασίας μετά τη βιολογική επεξεργασία, για το ραφινάρισμα του τελικού προϊόντος.

Ο βαθμός της μηχανικής επεξεργασίας εξαρτάται από (Γιδαράκος,2006) :

- Το είδος και τη σύνθεση των εισερχομένων αποβλήτων (μεικτά αστικά απορρίμματα, υπόλειμμα από διαλογή στην πηγή κλπ).
- Την απαιτούμενη ποιότητα στην έξοδο.
- Το επιθυμητό ποσοστό ανάκτησης προϊόντων.

Οι τεχνολογίες μηχανικής επεξεργασίας κατηγοριοποιούνται στις τεχνολογίες προετοιμασίας των αποβλήτων και στις τεχνολογίες διαχωρισμού αυτών.

Οι τεχνολογίες προετοιμασίας των αποβλήτων αποσκοπούν στο σκίσιμο των σάκων, την ελάττωση του μεγέθους και την αποκατάσταση της ομοιομορφίας των αποβλήτων. Περιλαμβάνουν κυρίως σφυρόμυλους, περιστροφικούς κόπτες, περιστρεφόμενα τύμπανα, σφαιρόμυλους, θραυστήρες κλπ.

Οι τεχνολογίες διαχωρισμού αποβλήτων επιτυγχάνουν το διαχωρισμό της εισερχόμενης μάζας των αποβλήτων σε δύο ρεύματα, από τα οποία το ένα περιέχει το προς ανάκτηση υλικό, σε υψηλή συγκέντρωση, ενώ το άλλο είναι σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένο από την παρουσία του πρώτου.

3.1.2.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι κυριότερες τεχνολογίες προετοιμασίας των απορριμμάτων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 9 Κυριότερες τεχνολογίες μηχανικής προετοιμασίας αποβλήτων (ΕΕΑ, 2000, Bardos, 2004, DEFRA, 2005b)

Τεχνολογία	Αρχή Λειτουργίας	Προβλήματα - Περιορισμοί
σφυρόμυλοι (hammer mill)	τα απόβλητα υφίστανται σημαντική μείωση του μεγέθους με τη βοήθεια σφυριών που ταλαντώνονται	καταπόνηση – φθορά των σφυριών, κονιορτοποίηση γυαλιού – αδρανών, ακατάλληλοι για δοχεία υπό πίεση
περιστροφικοί κόπτες (shredder)	μαχαίρια ή δίσκοι περιστρέφονται με χαμηλή ταχύτητα και υψηλή ροπή, η διατμητική τους τάση σχίζει ή τέμνει τα πιο πολλά υλικά	καταστροφή των κοπτών από μεγάλα και σκληρά αντικείμενα, ακατάλληλοι για δοχεία υπό πίεση
περιστρεφόμενα τύμπανα ή θραυστήρες κυλίνδρου (rotating drum)	το υλικό ανυψώνεται καθώς προσκολλάται στα τοιχώματα του τυμπάνου και στη συνέχεια πέφτει στο κέντρο εξαιτίας της βαρύτητας, επιτυγχάνοντας ανάδευση και ομογενοποίηση των αποβλήτων. Τα κομτερά αντικείμενα που περιέχονται στα απόβλητα (γυαλιά, μέταλλα) συνεισφέρουν στη μείωση του μεγέθους των πιο μαλακών υλικών (χαρτί, βιοαποδομήσιμα), χωρίς να κονιορτοποιούνται τα ίδια	ήπιος τεμαχισμός, ενδεχόμενο πρόβλημα για απόβλητα με υψηλό ποσοστό υγρασίας
σφαιρόμυλοι (ball mill)	περιστρεφόμενα τύμπανα, τα οποία φέρουν βαριές σφαίρες για τον τεμαχισμό ή κονιορτοποίηση των αποβλήτων	καταπόνηση – φθορά των σφαιρών, κονιορτοποίηση γυαλιού – αδρανών
περιστρεφόμενα τύμπανα υγρής φάσης με κόπτες (wet rotating drum with knives)	τα συσσωματώματα που δημιουργούνται από την προσθήκη νερού στα απόβλητα, θρύβονται από τους κόπτες, κατά τη περιστροφή του τυμπάνου	μικρή μείωση μεγέθους, καταστροφή των κοπτών από μεγάλα και σκληρά αντικείμενα
θραυστήρες πλαστικών σάκων (bag splitter)	μπορεί να είναι τύπου περιστροφικού κόπτη, παλινδρομικής χτένας ή οδοντοφόρων αλυσίδων	δεν μειώνεται το μέγεθος των απορριμμάτων, ενδεχόμενες ζημιές από μεγάλα και σκληρά αντικείμενα

3.1.2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των αποβλήτων παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 10 Κυριότερες τεχνολογίες διαχωρισμού των αποβλήτων (ΕΕΑ, 2000, Bardos, 2004, Archer et al., 2005a , DEFRA, 2005b,)

Τεχνολογία	Τρόπος – ιδιότητες διαχωρισμού	Υλικά	Προβλήματα – περιορισμοί
κόσκινα (trammels and screens)	μέγεθος και πυκνότητα	μεγάλου μεγέθους χαρτί – χαρτόνι, πλαστικό/ μικρού μεγέθους οργανικά, γυαλί, λεπτόκοκκα υλικά.	καθαρισμός
χειρωνακτικός διαχωρισμός	οπτικά	πλαστικά, προσμίξεις, ξένα σώματα.	υγιεινή και ασφάλεια εργασίας.
μαγνητικοί διαχωριστές	μαγνητισμός	σιδηρούχα υλικά	
διαχωριστές επαγωγικών ρευμάτων	ηλεκτρική αγωγιμότητα	μη σιδηρούχα μέταλλα	
διαχωριστές επίπλευσης αφρού	διαφορές πυκνότητας	επιπλέοντα (πλαστικά και οργανικά)/ βυθιζόμενα (γυαλιά, αδρανή)	δημιουργία υγρών ρευμάτων αποβλήτων
αεροδιαχωριστές	βάρος	ελαφρά (πλαστικά, χαρτί)/ βαριά (γυαλιά, αδρανή)	
οπτικοί διαχωριστές	οπτικά	καθορισμένα πλαστικά πολυμερή	απόδοση

3.1.2.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Κατά τη μηχανική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων προκύπτουν εκπομπές με τις ανάλογες επιπτώσεις στο ευρύτερο περιβάλλον (ΕΕΑ, 2000, Mc Dougall et al.,2001) :

3.1.2.3.1 ΑΕΡΙΑ

Κατά τις διεργασίες της μηχανικής επεξεργασίας των αποβλήτων, σε μια μονάδα ΜΒΕ, οι κυριότερες αέριες εκπομπές είναι οι οσμές και η σκόνη.

Η αντιμετώπιση της έκλυσης των οσμών γίνεται μέσω της κατάλληλης χωροθέτησης της μονάδας, σε συνδυασμό με τη χρήση κατάλληλων τεχνολογιών για τον έλεγχο των οσμών.

Για την προστασία των εργαζομένων πρέπει να διασφαλίζεται επαρκής αερισμός, ενώ και ο αέρας εντός των εγκαταστάσεων πρέπει να συλλέγεται και να υφίσταται επεξεργασία σε βιοφίλτρα ή συστήματα θερμικής και χημικής οξειδωσης απαερίων.

3.1.2.3.2. ΥΓΡΑ

Κατά το διαχωρισμό των σύμμεικτων αποβλήτων, στα πλαίσια της μηχανικής επεξεργασίας, παράγονται ποσότητες στραγγισμάτων, οι οποίες θα πρέπει να συλλέγονται και να επεξεργάζονται. Ειδικά για τη περίπτωση όπου γίνεται προσθήκη νερού, για το διαχωρισμό των αποβλήτων στην υγρή φάση, τα στραγγίσματα που παράγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον αντιδραστήρα που υπάρχει στη φάση της αναερόβιας χώνευσης.

3.1.2.3.3. ΣΤΕΡΕΑ

Κατά τη διαδικασία του μηχανικού διαχωρισμού των αποβλήτων, από το συνολικό εισερχόμενο ρεύμα, ένα ποσοστό 10% - 15% κ.β. κρίνεται ως ακατάλληλο για ανάκτηση και περαιτέρω αξιοποίηση. Από εκεί και πέρα τα στερεά απόβλητα είτε μετατρέπονται σε ένα απλό βιοσταθεροποιημένο υλικό το οποίο καταλήγει κυρίως σε ΧΥΤΑ, είτε παράγεται κομπόστ, το οποίο αν δεν διατεθεί στην αγορά, καταλήγει και αυτό σε ΧΥΤΑ. Στις μονάδες ΜΒΕ στις οποίες γίνεται παραγωγή δευτερογενούς καυσίμου RDF, το ρεύμα του υπολείμματος που καταλήγει σε ΧΥΤΑ ανέρχεται στο 20% κ. β. των εισερχομένων ΑΣΑ, και αυξάνεται στο 70% στην περίπτωση που δεν υπάρχει αγορά για το RDF. Στην ιδανική περίπτωση που η ίδια η μονάδα χρησιμοποιεί το καύσιμο, τότε οι παραγόμενες τέφρες είναι αυτές που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ (ή ΧΥΤΥ).

3.1.2.3.4. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Από τη μηχανική επεξεργασία δεν παράγονται προϊόντα για άμεση χρήση ή εφαρμογή στο έδαφος. Ο κίνδυνος επαφής με παθογόνα αφορά εργαζομένους στη μονάδα, οι οποίοι θα πρέπει να χρησιμοποιούν όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

3.1.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Στα απόβλητα τα οποία περιέχουν βιοαποδομήσιμο κλάσμα μπορούν να εφαρμοστούν οι μέθοδοι βιολογικής επεξεργασίας. Σε αυτή την κατηγορία αποβλήτων περιλαμβάνονται τα γεωργοκτηνοτροφικά (υπολείμματα καλλιεργειών, κοπριές κλπ), η ιλύς που προκύπτει από το βιολογικό καθαρισμό αστικών λυμάτων, καθώς και το βιοαποδομήσιμο κλάσμα που περιέχεται στα αστικά απόβλητα (BAA). Για το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των αστικών αποβλήτων υπάρχει οδηγία για την υγειονομική ταφή (99/31/ΕΕ), η οποία επιβάλλει, τη σταδιακή εκτροπή από τη διάθεση σε ΧΥΤΑ, ξεκινώντας από το 2010 έως το 2020.

Όταν το βιοαποδομήσιμο κλάσμα προέρχεται από διαλογή στην πηγή, κατά την επεξεργασία του παράγεται ένα υψηλής ποιότητας υλικό κομπόστ, το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων και πολλές δυνατότητες διάθεσης.

Το βιοαποδομήσιμο κλάσμα που προκύπτει κατόπιν της φάσης της μηχανικής επεξεργασίας χαρακτηρίζεται από χαμηλότερη ποιότητα σε σχέση με το αντίστοιχο που προκύπτει κατά τη διαλογή στην πηγή, εξαιτίας των προσμίξεων που περιέχει και οι οποίες δεν είναι δυνατόν να αφαιρεθούν ολοκληρωτικά. Κατά τη βιολογική επεξεργασία μπορεί να επιτευχθεί καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και βιοσταθεροποίηση, το τελικό προϊόν όμως θα εμπεριέχει τις μη βιοδιασπώμενες προσμίξεις οι οποίες το καθιστούν χαμηλής ποιότητας και επομένως είναι δύσκολη η διάθεσή του. Συνήθως τέτοιου είδους υλικό διατίθεται σε ΧΥΤΑ (εφόσον προέρχεται από επεξεργασία δεν παραβιάζει την αντίστοιχη οδηγία).

Οι βιολογικές μέθοδοι επεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων διακρίνονται στις εξής:

- Κομποστοποίηση – αερόβια επεξεργασία, παράγεται υλικό τύπου κομπόστ, σταθεροποιημένο εδαφοβελτιωτικό.
- Αναερόβια χώνευση - ζύμωση, παράγεται βιοαέριο (παραγωγή ενέργειας), ενώ το σταθεροποιημένο υπόλειμμα εφόσον υποστεί αερόβια επεξεργασία μετατρέπεται σε κομπόστ.
- Βιολογική ξήρανση, παράγεται SRF (solid recovered fuel) κατάλληλο για θερμική αξιοποίηση.

Κοινός παρονομαστής των βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας των αποβλήτων αποτελεί η παρουσία και η δράση μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί μέσω φυσικών διεργασιών χρησιμοποιούνται για τη διάσπαση των οργανικών αποβλήτων. Το βασικό όφελος των

βιολογικών μεθόδων επεξεργασίας των αποβλήτων έγκειται στη δυνατότητα επιστροφής των οργανικών υλικών στο έδαφος ολοκληρώνοντας έτσι ένα σημαντικό οικολογικό κύκλο και υποκαθιστώντας μέρος των εισροών χημικών λιπασμάτων στη γεωργία. Η βιοεπεξεργασία έχει ιδιαίτερη σημασία για τις μεσογειακές χώρες όπου οι κλιματικές συνθήκες και οι καλλιεργητικές πρακτικές έχουν σαν αποτέλεσμα έναν υψηλό ρυθμό αποδόμησης της οργανικής ουσίας στο έδαφος, φέρνοντας πολλές περιοχές στα όρια της απερίμωσης. Η βιοεπεξεργασία των οργανικών αποβλήτων, κάτω από προϋποθέσεις, έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει στην αντιμετώπιση και των δύο αυτών προβλημάτων, της διαχείρισης των αποβλήτων και της υποβάθμισης της ποιότητας του εδάφους, προσθέτοντας τον κρίκο που λείπει ώστε να κλείσει αειφορικά ο κύκλος της οργανικής ύλης (Θεοχάρη κ.ά., 2006).

Απαραίτητα προϋπόθεση για την αξιοποίηση του οργανικού μέρους των αποβλήτων είναι η τήρηση υψηλών προδιαγραφών που να διασφαλίζουν τόσο την υγεία όσο και τη προστασία του περιβάλλοντος γενικότερα (Λαζαρίδη κ.ά., 2002, Lasaridi et al., 2006). Παράμετροι, ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, που συνήθως ρυθμίζονται από τη σχετική νομοθεσία, αποτελούν η συγκέντρωση σε βαρέα μέταλλα και άλλους πιθανούς τοξικούς ρυπαντές (PCBs, PAH, διοξίνες, υπολείμματα φυτοφαρμάκων), η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών για τον άνθρωπο ή τα φυτά, οι ξένες προσμίξεις (πλαστικά, αιχμηρά), η φυτοτοξικότητα κ.ά. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι σήμερα η κυρίαρχη άποψη είναι πως δεν είναι εφικτό να παρασκευαστεί υψηλής ποιότητας, ασφαλές για αγροτική χρήση κομπόστ, από ΑΣΑ που δεν έχουν υποστεί διαλογή στην πηγή (Λαζαρίδη κ.ά., 2002, Lasaridi et al., 2006,).

Στην επιλογή μεθόδων βιοεπεξεργασίας των οργανικών αποβλήτων, σημαντικό ρόλο παίζει ο στόχος της επεξεργασίας και η δυνατότητα διάθεσης των προϊόντων, η οποία θα πρέπει να εξετάζεται από τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού. Το κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος αγροτικών και θερμοκηπευτικών εφαρμογών, μπορεί να περιορίσει τη διάβρωση του εδάφους, να βελτιώσει τη δομή και τη υδατο-ικανότητα του εδάφους, να περιορίσει την ανάγκη χρήσης λιπασμάτων και να συμβάλλει στον έλεγχο ορισμένων φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών. Ωστόσο το κομπόστ που προέρχεται από αστικά απόβλητα και λάσπες δεν είναι πάντα κατάλληλο για αγροτική εφαρμογή, ειδικά αν δεν πληροί υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές και η διάθεσή του δεν πρέπει να θεωρείται εκ των προτέρων εξασφαλισμένη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση της αναερόβιας χώνευσης, όπου η δυνατότητα αξιοποίησης της ενέργειας του παραγόμενου βιοαερίου,

καθώς και η διασφάλιση της διάθεσης του στερεού κατάλοιπου πρέπει να εξετάζονται από την αρχή, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Σήμερα και έτσι όπως διαμορφώνονται οι ενεργειακές προτεραιότητες στην ΕΕ, ο κατάλληλος σχεδιασμός μπορεί να εξασφαλίσει την αξιοποίηση του βιοαερίου και σε συνδυασμό με συγκεκριμένες πολιτικές, να οδηγήσει σε οικονομικά βιώσιμες συνδυασμένες λύσεις αναερόβιας και αερόβιας επεξεργασίας (Last, 2006).

Τα απόβλητα προτού εισέλθουν στη μονάδα βιολογικής επεξεργασίας υφίστανται την απαιτούμενη προεπεξεργασία. Η προεπεξεργασία αυτή είναι είτε τμήμα της μηχανικής επεξεργασίας, η οποία προηγείται, και αφορά κυρίως στα σύμμεικτα απορρίμματα είτε είναι απαραίτητο στάδιο ακόμα και για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα που συλλέγονται στην πηγή. Η προεπεξεργασία του οργανικού κλάσματος που συλλέγεται στην πηγή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συνείδηση των πολιτών που συμμετέχουν.

3.1.3.1. ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

3.1.3.1.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Με τον όρο κομποστοποίηση περιγράφεται η ελεγχόμενη αερόβια, βιολογική, οξειδωτική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης οργανικών υλικών, η οποία λαμβάνει χώρα κάτω από συνθήκες που οδηγούν στην ανάπτυξη θερμοκρασιών της θερμοφίλης περιοχής. Το κομπόστ, ως τελικό προϊόν, πρέπει να είναι αρκετά σταθεροποιημένο ώστε να μπορεί να αποθηκεύεται και να διατίθεται στο έδαφος χωρίς ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μέσω της δημιουργίας συνθηκών υγρασίας και αερισμού, τέτοιων ώστε να εξασφαλίζεται η ανάπτυξη θερμοφίλων μικροοργανισμών, η κομποστοποίηση συντελεί στη βιοσταθεροποίηση των αποβλήτων (Λαζαρίδη κ.ά., 2002). Αποτελεί μια ελεγχόμενη βιο-οξειδωτική διεργασία, η οποία (Zucconi & de Bertoldi, 1987 a,b) :

- Αφορά ετερογενή υλικά σε στερεή κατάσταση.
- Περνάει από μία αρχική φάση αποικοδόμησης κατά την οποία αναπτύσσονται θερμοκρασίες της θερμοφίλης περιοχής και παράγονται πρόσκαιρα φυτοτοξικές ουσίες.
- Οδηγεί σε μια κατάσταση σταθεροποίησης, το τελικό προϊόν της οποίας χαρακτηρίζεται ως ώριμο κομπόστ.

Κατά την κομποστοποίηση με τη βοήθεια της μικροβιακής κοινότητας (βακτήρια, μύκητες) και της μεταβολικής δραστηριότητας με τη βοήθεια ενδοκυτταρικών και εξωκυτταρικών ενζύμων, επιτυγχάνεται η τροποποίηση και αποικοδόμηση της οργανικής ύλης που οδηγεί (Haug, 1993):

- Στο σχηματισμό ενός πλήθους μεταβολικών προϊόντων και κλασμάτων, όπως χουμικών ενώσεων και λιγνο – πρωτεϊνών,
- Στην απελευθέρωση θρεπτικών στοιχείων από οργανικές ενώσεις και μεταφορά τους σε διαλυτά ή αδιάλυτα ανόργανα άλατα,
- Στην έκλυση αερίων, όπως διοξειδίου του άνθρακα, υδρατμών, αμμωνίας, οξειδίων του αζώτου, και από πιθανούς αναερόβιους θύλακες, μεθανίου και υδρόθειου.

Οι κυριότερες ομάδες οργανικών ουσιών που βρίσκονται στο οργανικό κλάσμα των στερεών αποβλήτων είναι οι πρωτεΐνες (3-4%), τα σάκχαρα (8-10%), οι κυτταρίνες και ημικυτταρίνες (44-50%) και οι λιγνίνες (12-15%). Ανάλογα με το βαθμό αποδόμησης, τα υλικά που αποτελούν τα ΒΑΑ χωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Λαζαρίδη κ.ά.,2002):

- Εύκολα αποδομήσιμα, όπως σάκχαρο, άμυλο, ημικυτταρίνες, κάποιες πρωτεΐνες.
- Αυτά που απαιτούν αρκετό διάστημα και κατάλληλες συνθήκες για την αποδόμηση, όπως κυτταρίνες, λίπη και ορισμένες πρωτεΐνες.
- Σε εκείνα τα οποία είναι αρκετά ανθεκτικά στην αποδόμηση όπως οι λιγνίνες και οι κερατίνες.

Οι διακριτές φάσεις κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης είναι οι εξής (Lasaridi,1998):

- i. Δραστηριοποίηση των μεσόφιλων οργανισμών, φθάνοντας τη θερμοκρασία στους 50° C.
- ii. Περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας στους 65° C και επικράτηση των θερμόφιλων οργανισμών. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αερισμού της οργανικής μάζας, αφού η φάση αυτή εξαρτάται από τα αποθέματα οξυγόνου. Για τη διασφάλιση της διεργασίας πρέπει να υπάρχει μέριμνα για την απομάκρυνση της θερμότητας που παράγεται, είτε με συχνή ανάδευση είτε με πρόσθετο αερισμό, για την αποφυγή του θανάτου των μικροοργανισμών. Το παραγόμενο προϊόν που προκύπτει χαρακτηρίζεται ως ‘φρέσκο κομπόστ’, είναι υγιεινοποιημένο (sanitized), ενώ σχεδόν όλοι οι μικροοργανισμοί καταστρέφονται. Το ‘φρέσκο κομπόστ’ έχει αποδομηθεί μόνο μερικώς, δεν είναι σταθεροποιημένο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί

όμως με κατάλληλο τρόπο για καλλιέργειες (σαν εδαφοβελτιωτικό, για προετοιμασία εδάφους). Η συνέχιση της αποδόμησης και σταθεροποίησης συνεχίζεται στο έδαφος.

- iii. Κατά τη φάση αυτή η οργανική μάζα σταθεροποιείται, η θερμοκρασία πέφτει βαθμιαία και η δράση των μικροοργανισμών σταματά. Εξαιτίας του ότι η μικροβιακή δραστηριότητα μπορεί να ανασταλεί από αρκετούς παράγοντες, όπως η χαμηλή υγρασία, η πτώση της θερμοκρασίας δεν αποτελεί ασφαλές κριτήριο ένδειξης σταθεροποίησης του υλικού. Το παραγόμενο σταθεροποιημένο κομπόστ βρίσκεται σε κατάσταση χουμοποίησης και μπορεί να διατεθεί στο έδαφος, αφού δεν υπάρχει κίνδυνος φυτοτοξικότητας.
- iv. Το κομπόστ ωριμάζει μέσω μιας μεγάλης περιόδου χουμοποίησης. Το 'ώριμο κομπόστ' που προκύπτει είναι υγειονομικά ασφαλές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε φυτώρια και καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Οι τρεις πρώτες φάσεις εκτυλίσσονται εντός μικρών χρονικών διαστημάτων, συνήθως από 2 έως 8 εβδομάδες, ενώ η ωρίμανση απαιτεί περίπου 3 με 6 μήνες.

Οι παράμετροι που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη της κομποστοποίησης είναι (Λαζαρίδη κ.ά., 2002):

- *Η θερμοκρασία:* Η αύξηση της θερμοκρασίας (ακόμα και πάνω από 75° C) εξαιτίας της δράσης των μικροοργανισμών μπορεί να προκαλέσει την αδρανοποίηση ή και τον θάνατό τους. Η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται μεταξύ 55° C και 65° C για τρεις τουλάχιστον ημέρες. Με αυτόν τον τρόπο εξαλείφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και διασφαλίζεται η εξυγίανση του προϊόντος. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν την καταστροφή μικροοργανισμών που χρησιμεύουν για την αποδόμηση ανθεκτικών συστατικών του οργανικού κλάσματος, όπως οι κυτταρίνες και οι λιγνίνες. Η διατήρηση της θερμοκρασίας σε επιθυμητά επίπεδα επιτυγχάνεται μέσω τακτικών αναδεύσεων ή παροχής αερισμού.
- *Η αναλογία θρεπτικών συστατικών:* Τα βακτήρια χρησιμοποιούν τον άνθρακα (C) ως πηγή ενέργειας και το άζωτο (N) για την ανάπτυξή τους, καθιστώντας το λόγο C/N καθοριστικό για την όλη διαδικασία. Στο οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ ο λόγος C/N κυμαίνεται από 20:1 έως 60:1. Γενικά ισχύει πως ο συγκεκριμένος λόγος

πρέπει να είναι μεταξύ 25:1 και 35:1. Υψηλές τιμές του λόγου C/N προκαλούν αργή αποσύνθεση, ενώ χαμηλές τιμές ευνοούν τις απώλειες αζώτου.

Όταν ο λόγος C/N είναι υψηλός συχνά γίνεται η προσθήκη ιλύος, ενώ όταν ο λόγος είναι μικρός γίνεται προσθήκη C μέσω υλικών όπως κλαδιά και άχυρα. Στο κομπόστ που θα προκύψει από τη διαδικασία ο λόγος C/N δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 30:1 επειδή υπάρχει κίνδυνος συνέχισης της αποδόμησης κατά την εδαφική εφαρμογή του (μέσω της απορρόφησης αζώτου, το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών).

- *Η υγρασία*: Η μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών λαμβάνει χώρα στην υγρή φάση καθιστώντας την υγρασία βασικό παράγοντα της βιοσταθεροποίησης. Η σύσταση, το μέγεθος των σωματιδίων, ο αερισμός και η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο υπόστρωμα καθορίζουν τη βέλτιστη υγρασία που απαιτείται. Με τη μέθοδο των αντιστρεφόμενων σωρών, για τη βιοσταθεροποίηση η ιδανική υγρασία είναι μεταξύ 40% και 60%. Όταν είναι μικρότερη του 40% υπάρχει κίνδυνος αφυδάτωσης του υποστρώματος ενώ όταν είναι μεγαλύτερη του 70% η περίσσεια νερού δημιουργεί αναερόβιους θύλακες και εμποδίζεται ο αερισμός.
- *Ο αερισμός και η παροχή οξυγόνου*: Κατά τη διαδικασία της κομποστοποίησης το οξυγόνο είναι το απαραίτητο στοιχείο για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων μέσω του μεταβολισμού και της μικροβιακής αναπνοής. Κατά την εξέλιξη της διαδικασίας μειώνεται σταδιακά η συγκέντρωση του O₂ και αυξάνεται αυτή του CO₂, δημιουργώντας τον κίνδυνο σχηματισμού αναερόβιων θυλάκων. Οι παράγοντες που καθορίζουν τον αερισμό είναι οι διαστάσεις των σωρών καθώς και ο λεπτοτεμαχισμός των αποβλήτων. Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου παρατηρείται σε θερμοκρασίες 45° C – 55° C, και είναι ανάλογη της μικροβιακής δραστηριότητας. Παράλληλα, με τον αερισμό, εκτός από τη διασφάλιση των αερόβιων συνθηκών, επιτυγχάνεται και έλεγχος της θερμοκρασίας των σωρών, έτσι ώστε να διατηρηθεί στα επιθυμητά επίπεδα.
- *Το pH*: Το αρχικό οργανικό κλάσμα έχει pH περίπου 7 (οι βέλτιστες τιμές για κομποστοποίηση είναι από 5,5 μέχρι 8). Τα βακτήρια προτιμούν pH ουδέτερο ενώ οι μύκητες όξινο. Κατά την έναρξη της βιοσταθεροποίησης το pH μειώνεται, επειδή κατά τα πρώτα στάδια της αποσύνθεσης και με τη δράση μιας οξυγενούς βακτηριακής μικροχλωρίδας, παράγονται οργανικά οξέα (π.χ. αμινοξέα). Στη συνέχεια η τιμή του αυξάνεται, επειδή αφενός τα οργανικά οξέα καταναλώνονται

και αφετέρου με την έναρξη της πρωτεϊνολυτικής διαδικασίας παράγεται άζωτο και αμμωνία, το δε υλικό μετατρέπεται σε αλκαλικό (pH περίπου 8). Τελικά, το pH πέφτει λίγο και σταθεροποιείται σε ελαφρά αλκαλική περιοχή (7,5 – 8,5), ενώ για την κανονική ανάπτυξη των φυτών συνίσταται περιοχή pH 5,5 έως 8.

3.1.3.1.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η κομποστοποίηση πραγματοποιείται με κλειστά ή ανοιχτά συστήματα, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας 11 Συστήματα κομποστοποίησης (Tchobanoglous et al, 1993)

Ανοιχτά Συστήματα (σειράδια - σωροί)	Κλειστά Συστήματα (βιοαντιδραστήρες και κλειστά κτήρια)
<ul style="list-style-type: none"> • Αναδεδυόμενοι σωροί (windrows) • Στατικοί σωροί (aerated static piles - ASP) <ul style="list-style-type: none"> ▪ με απορρόφηση αέρα ▪ με εμφύσηση αέρα ▪ με μεταβαλλόμενο αερισμό (απορρόφηση και εμφύσηση) ▪ με εμφύσηση ή/και απορρόφηση αέρα σε συνδυασμό με έλεγχο θερμοκρασίας 	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθετοι αντιδραστήρες <ul style="list-style-type: none"> ▪ συνεχούς ροής ▪ ασυνεχούς ροής • Οριζόντιοι αντιδραστήρες <ul style="list-style-type: none"> ▪ στατικοί ▪ με κίνηση υλικού

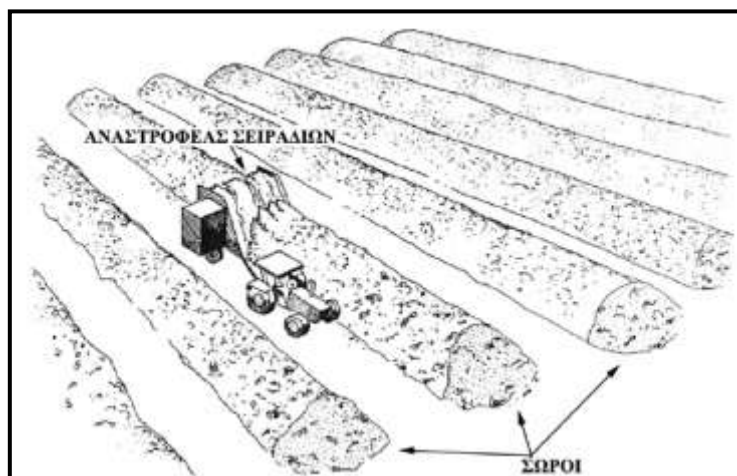
3.1.3.1.2.1. ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στα ανοιχτά συστήματα η κομποστοποίηση πραγματοποιείται στην ύπαιθρο ή σε ημίκλειστους χώρους. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ανοιχτών συστημάτων : οι αναδεδυόμενοι σωροί και οι στατικοί σωροί.

Αναδεδυόμενοι σωροί

Οι σωροί – σειράδια, βρίσκονται πάνω σε επιφάνεια η οποία είναι επιστρωμένη και εξοπλισμένη με σύστημα ύδρευσης και αποχέτευσης. Το ύψος των σωρών κυμαίνεται από 1,5m έως 3 m, έτσι ώστε να διασφαλίζονται οι ιδανικές θερμοκρασίες και να αποφεύγεται ο κίνδυνος δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών. Μια συνηθισμένη διάταξη σωρών φτάνει μέχρι 100m μήκος και 5m πλάτος και η διατομή τους είναι τριγωνική με λόγο βάση/ύψος = 2.

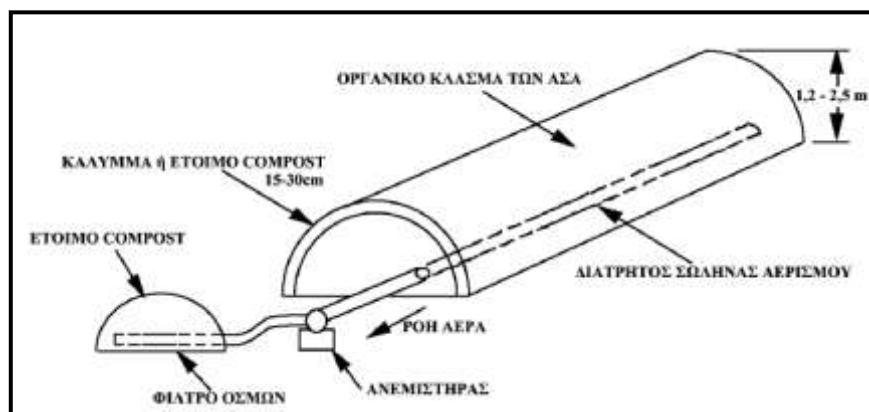
Για την παροχή οξυγόνου και τον έλεγχο της θερμοκρασίας γίνεται ανάδευση των σωρών (1-2 φορές κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας) είτε με φορτωτές είτε με ειδικά μηχανήματα αναστροφής (Γιδαράκος,2006) .



Εικόνα 9 Αναστροφέας σειραδιών (Γιδαράκος,2006)

Στατικοί σωροί

Κατά τη μέθοδο αυτή, οι σωροί των υλικών προς κομποστοποίηση τοποθετούνται πάνω σε ένα δίκτυο αεριστήρων οι οποίοι παρέχουν τον απαραίτητο αέρα, είτε με θετική πίεση (παροχή αέρα στο σωρό) είτε με αρνητική πίεση (αναρρόφηση αέρα από το σωρό). Μέσω της απορρόφησης ή εμφύσησης αέρα ελέγχεται και η θερμοκρασία των σωρών. Εξαιτίας της έλλειψης της διαδικασίας ανάδευσης, και για τη διατήρηση επιθυμητής θερμοκρασίας σε ολόκληρο το σώμα των σωρών, αυτοί σκεπάζονται εξωτερικά με ένα στρώμα έτοιμου κομπόστ, το οποίο λειτουργεί θερμομονωτικά. Η περίοδος της διαδικασίας κυμαίνεται από 6 έως 12 βδομάδες (Γιδαράκος,2006).



Εικόνα 10 Μέθοδος δυναμικά αεριζόμενων σωρών (Γιδαράκος,2006)

3.1.3.1.2.2. ΚΛΕΙΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το προς κομποστοποίηση οργανικό κλάσμα των αποβλήτων τοποθετείται μέσα σε βιοαντιδραστήρα, όπου και πραγματοποιείται η διαδικασία της αποδόμησης κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες αερισμού, υγρασίας, και ανάδευσης. Οι αντιδραστήρες μπορούν να περιλαμβάνουν περισσότερα του ενός διαμερίσματα, να περιστρέφονται ή να έχουν μηχανισμούς περιστροφής και ανάδευσης των υλικών. Η όλη διαδικασία λαμβάνει χώρα υπό ελεγχόμενες συνθήκες, ενώ και οι οσμές και τα στραγγίσματα που παράγονται είναι σαφώς λιγότερα σε σχέση με τη μέθοδο των σωρών. Με χρήση αισθητήρων οξυγόνου ο αέρας κατευθύνεται στις περιοχές όπου υπάρχει έλλειμμα. Ο χρόνος ωρίμανσης του κομποστ είναι από 1 έως 4 εβδομάδες (Γιδαράκος, 2006).

3.1.3.1.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Τα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την αερόβια επεξεργασία αφορούν στις αέριες εκπομπές (και τις οσμές), στα στραγγίσματα που παράγονται (κίνδυνος για τη ρύπανση των υδάτων), στο τελικό προϊόν – κομποστ, στους παθογόνους μικροοργανισμούς και στην κατανάλωση ενέργειας (Imppola et al., 2001, Mc Dougall et al., 2001, Lasaridi et al., 2006,):

3.1.3.1.3.1. ΑΕΡΙΑ

Το υπόστρωμα το οποίο προορίζεται για την παραγωγή του κομποστ μπορεί να είναι πράσινα απόβλητα, βιοαπόβλητα με διαλογή στην πηγή, οργανικό κλάσμα που προέκυψε από τη μηχανική διαλογή. Οποιαδήποτε από τα παραπάνω μπορούν να είναι συστατικά του υποστρώματος, δεν επηρεάζουν τις αέριες εκπομπές. Αυτό που παίζει ρόλο στις αέριες εκπομπές είναι το είδος της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, π.χ. στα ανοιχτά συστήματα παρατηρούνται οι περισσότερες ανεξέλεγκτες εκπομπές. Οι εκπομπές είναι συνήθως βιοαερολύματα (bioaerosols), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), οσμές και σκόνη.

Τα βιοαερολύματα είναι αιωρούμενα στον αέρα σωματίδια, βιολογικής προέλευσης και αποτελούνται από ζωντανούς ή νεκρούς μικροοργανισμούς ή σπόρια που αυτοί παράγουν. Όλες οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων παράγουν βιοαερολύματα, τα οποία αποτελούν κίνδυνο, ιδιαίτερα για τη υγεία των εργαζομένων, αφού μπορούν να προκαλέσουν αλλεργίες ή και ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος. Οι εκπομπές είναι σαφώς πιο έντονες στα ανοιχτά συστήματα, όπου γίνεται ανάδευση των σωρών.

Οι οσμές μπορούν να περιοριστούν ως ένα βαθμό μόνο όταν εφαρμόζονται πιστά πρακτικές ορθής χρήσης της διεργασίας, ιδιαίτερα όταν υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών σε κατά τα άλλα ανοιχτά συστήματα. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση όμως οι εκπομπές οσμών είναι συνήθως κάτι αναπόφευκτο. Υπάρχουν πάντως και συστήματα, όπως τα κλειστά, στα οποία τα απαέρια της διεργασίας συγκεντρώνονται και επεξεργάζονται ελαχιστοποιώντας και το πρόβλημα των ανεξέλεγκτων οσμών.

3.1.3.1.3.2. ΥΓΡΑ

Τα υγρά που παράγονται κατά την αερόβια επεξεργασία είναι είτε στραγγίσματα, που προέρχονται από τη μάζα του οργανικού κλάσματος είτε νερά της βροχής που εισέρχονται στη μάζα. Τα υγρά αυτά πρέπει να υφίστανται επεξεργασία για την αποφυγή της ρύπανσης των υδάτων. Η κομποστοποίηση είναι μια διεργασία που εξελίσσεται πάνω σε αδιαπέρατη επιφάνεια από σκυρόδεμα ή άσφαλτο με κατάλληλη κλίση ώστε να συγκεντρώνονται όλα τα υγρά που παράγονται. Από εκεί και πέρα ένα μέρος των υγρών οδηγείται για επεξεργασία, ενώ ένα άλλο επαναχρησιμοποιείται για τη διαβροχή της μάζας των αποβλήτων, ώστε να διασφαλιστεί υγρασία η οποία αποτελεί και απαραίτητη προϋπόθεση για την διεργασία.

3.1.3.1.3.3. ΣΤΕΡΕΑ

Το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να αποτελέσει αιτία ρύπανσης του εδάφους εξαιτίας ρύπων και προσμίξεων που ίσως περιέχει, γι' αυτό και υπάρχουν προβλέψεις τόσο στη νομοθεσία των κρατών μελών της ΕΕ, όσο και στη θεματική στρατηγική για το έδαφος (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2006). Στις προβλέψεις αυτές ορίζονται τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια για ανεπιθύμητες ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα, ξένες προσμίξεις (π.χ. γυαλί, πλαστικό), καθώς και τα κατώτατα όρια για επιθυμητά χαρακτηριστικά όπως η οργανική ουσία. Οι προδιαγραφές γενικά διαφέρουν από χώρα σε χώρα, π.χ. στη βόρεια και κεντρική Ευρώπη (όπου τα εδάφη είναι πιο πλούσια σε οργανική ύλη) υπάρχει μια πιο αυστηρή προσέγγιση, ενώ στη νότια Ευρώπη το κομπόστ, ως μέσο αντιμετώπισης της ερημοποίησης, αντιμετωπίζεται με πιο ανεκτικά όρια (Brinton, 2000, Lazaridi et al., 2006, Λαζαρίδη κ.ά., 2002).

Η ποιότητα του αρχικού υλικού που προορίζεται για την παραγωγή του κομπόστ παίζει σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων και προσμίξεων. Πράσινα απόβλητα και γενικά το βιοαποδομήσιμο κλάσμα των ΑΣΑ που διαχωρίζεται στην πηγή περιέχουν χαμηλά ποσοστά σε ρύπους και ξένες προσμίξεις, γι' αυτό και το κομπόστ που

παράγεται έχει ευκολότερη εφαρμογή στη γεωργία. Από την άλλη, το κομπόστ που παράγεται από το οργανικό κλάσμα σύμμεικτων αποβλήτων, είναι περισσότερο επιβαρυνόμενο, καθιστώντας το χαμηλής ποιότητας, γι' αυτό και συνήθως καταλήγει πάλι στο ΧΥΤΑ, ως υλικό επικάλυψης.

Σε γενικές γραμμές η οργανική ουσία του κομπόστ βελτιώνει την υδατο – ικανότητα του εδάφους, ενισχύει τη δράση των χημικών λιπασμάτων, καταστέλλει τους φυτοπαθογόνους οργανισμούς και αυξάνει την παραγωγικότητα των εδαφών (Λαζαριδη κ.ά., 2002).

3.1.3.1.3.4. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Στα υγειονομικά κριτήρια ποιότητας του κομπόστ περιλαμβάνεται η παρουσία των παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι, εκτός από τον άνθρωπο, μπορούν να είναι επικίνδυνοι για τα ζώα και τα φυτά. Ένα μεγάλο μέρος των μικροοργανισμών αυτών καταστρέφεται μέσω της διεργασίας της κομποστοποίησης εξαιτίας του ότι είναι κατά βάση θερμοφιλή, οδηγώντας τους σε θερμικό θάνατο.

Τα κριτήρια που ορίζονται μέσω των προδιαγραφών απαιτούν από το τελικό προϊόν την απουσία σαλμονέλας, εντεροβακτηρίων, περιττωματικών στρεπτόκοκκων, νηματοειδών, κυστοειδών καθώς και άλλων φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών. Η διαδικασία της υγειονομποίησης του κομπόστ επιτυγχάνεται μέσω της παραμονής του υλικού πάνω από μία θερμοκρασία και συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (συνήθως 55° C – 60° C, για 3 έως 5 ημέρες) (Lasaridi et al., 2006). Οι απαιτήσεις αυτές αναφέρονται συνήθως σε συστήματα αναστροφόμενων σωρών, όπου η έκθεση του υλικού σε υψηλές θερμοκρασίες δεν γίνεται ομοιόμορφα, καθυστερώντας τη διαδικασία της ομογενοποίησης.

Για την καλύτερη καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στο οργανικό κλάσμα των σύμμεικτων ΑΣΑ, χρησιμοποιούνται κλειστοί βιοαντιδραστήρες, οι οποίοι παρέχουν καλύτερο έλεγχο και ομοιογένεια της θερμοκρασίας. Η ποικιλία των πιθανών παθογόνων μικροοργανισμών στα σύμμεικτα ΑΣΑ είναι μεγάλη, γι' αυτό και θα πρέπει να τηρούνται σχολαστικά οι απαιτούμενες προφυλάξεις (De'portes et. al, 1995).

3.1.3.2. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ - ΖΥΜΩΣΗ

3.1.3.2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια διεργασία που λαμβάνει χώρα αυθόρμητα σε αναερόβια περιβάλλοντα, όπως οι ορυζώνες, τα έλη και οι χώροι διάθεσης αποβλήτων. Μπορεί ωστόσο να λάβει χώρα και κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες σε ειδικές εγκαταστάσεις, με στόχο τη μεγιστοποίηση του παραγόμενου μεθανίου, καθώς και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών προβλημάτων και οχλήσεων (π.χ. διαφυγή μεθανίου, οσμές). Ο όρος «αναερόβια χώνευση» αναφέρεται στην ελεγχόμενη βιολογική αποδόμηση των οργανικών αποβλήτων κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες) και οδηγεί στην παραγωγή βιοαερίου (ένα μίγμα CH_4 και CO_2) και ενός υδαρούς υπολείμματος (digestate = χωνεμένη ιλύς). Η χωνεμένη ιλύς μπορεί να διατεθεί απ' ευθείας στο έδαφος ή να υποστεί περαιτέρω αερόβια επεξεργασία για τη σταθεροποίησή της και να μετατραπεί σε κομπόστ (με την προϋπόθεση ότι ικανοποιεί κάποια θεσμοθετημένα κριτήρια ποιότητας) (Last, 2006).

Η αναερόβια χώνευση έχει χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως, και για αρκετές δεκαετίες, για την επεξεργασία της βιολογικής ιλύος από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΑΛ) ή ρευστών αγροτικών αποβλήτων, αλλά μόνο σχετικά πρόσφατα εφαρμόζεται ως μέθοδος βιοεπεξεργασίας του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, συχνά σε συνδυασμό με ιλύ βιολογικών καθαρισμών ή/και κτηνοτροφικά απόβλητα. (Λαζαρίδη κ.ά., 2002, DEFRA 2005b).

Η αναερόβια χώνευση στερεών αποβλήτων συχνά αναφέρεται και ως βιοαεριοποίηση (biogasification). Ο τελευταίος όρος υπονοεί τη μερική μετατροπή των στερεών αποβλήτων σε αέριο (βιοαέριο), κύριο συστατικό του οποίου είναι το καύσιμο μεθάνιο. Η παραγωγή του μεθανίου κάνει την αναερόβια χώνευση μια βιολογική διεργασία μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια (waste to energy) (Παναγιωτακόπουλος, 2002).

Παρουσιάζοντας συνοπτικά την διαδικασία θα μπορούσαμε να πούμε ότι το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ πολτοποιείται με νερό και παραμένει έτσι υφιστάμενο υδρόλυση. Με την υδρόλυση τα οργανικά μακρομόρια διασπώνται σε μικρότερα, που μπορούν ευκολότερα να βιοαποδομηθούν. Το στάδιο της υδρόλυσης δεν είναι πάντοτε απαραίτητο και εξαρτάται από το είδος του καιγόμενου κλάσματος. Μετά την υδρόλυση το οργανικό κλάσμα περνάει σε ειδικά σχεδιασμένους βιοαντιδραστήρες, όπου υφίσταται βακτηριακή αποικοδόμηση απουσία αέρα (αναερόβια ζύμωση).

Τα αέρια προϊόντα της ζύμωσης είναι CH_4 45 – 55%, CO_2 40 – 50% και H_2S . Το CH_4 χρησιμοποιείται, μετά από αφύγρανση και αποθείωση, απευθείας σε ζεύγος MEK-ηλεκτρογεννήτριας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μέρος της παραγόμενης ενέργειας χρησιμοποιείται για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στον αντιδραστήρα και για τις υπόλοιπες ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να διατεθεί σε δραστηριότητες εκτός εγκατάστασης (διάθεση στο δίκτυο της ΔΕΗ) (Λαζαρίδη κ.ά., 2002).

Σε περίπτωση που το οργανικό κλάσμα προέρχεται από διαλογή στην πηγή και όχι μετά από μηχανικό διαχωρισμό σύμμεικτων ΑΣΑ, τότε το υδαρές υπόλειμμα μετά από χώνευση μπορεί να αποτελέσει λίπασμα καλής ποιότητας. Το νερό είτε ανακυκλώνεται στο στάδιο της υδρόλυσης, είτε διατίθεται για πότισμα καλλιεργειών. Η συμπαραγόμενη θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται στους βιοαντιδραστήρες για την διατήρηση της θερμοκρασίας σε κατάλληλο επίπεδο βέλτιστης απόδοσης της ζύμωσης (Λαζαρίδη κ.ά., 2002).

Η αναερόβια χώνευση περιλαμβάνει βιολογικές διεργασίες που μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις διακριτές φάσεις. (Παναγιωτακόπουλος, 2002):

- Υδρόλυση των πολυμερών 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.)
- Ζύμωση των παραπάνω διαλυτών προϊόντων και μετατροπή τους σε μια ποικιλία ενδιάμεσων προϊόντων, όπως μικρού μήκους οργανικά οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και αμμωνία.
- Οξεογένεση, δηλαδή παραγωγή οξικού οξέος, διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου από τα προϊόντα του προηγούμενου σταδίου με τη βοήθεια υποχρεωτικά οξεογενών βακτηρίων. Στη φάση αυτή το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο συστατικό του βιοαερίου.
- Μεθανιογένεση, κατά την οποία τα προϊόντα της προηγούμενης φάσης μετατρέπονται σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από τα μεθανιογενή βακτήρια.

Οι παραπάνω φάσεις πραγματοποιούνται με τη βοήθεια βακτηρίων, με συγκεκριμένες τροφικές απαιτήσεις. Όλες αυτές οι ομάδες μικροοργανισμών μπορεί να επιτελούν

διαφορετικό ρόλο η κάθε μια, για τη σωστή λειτουργία όμως του συστήματος πρέπει να διασφαλίζεται η ισορροπία και η αλληλοσυμπλήρωση μεταξύ τους.

Η αναερόβια χώνευση είναι μια διεργασία που πραγματοποιείται στην υγρή φάση και χρησιμοποιείται σε απόβλητα με σχετικά χαμηλή συγκέντρωση στερεών με ποσοστά υγρασίας από 60% έως 95%, γι' αυτό και τα ΑΣΑ πρέπει να αναμιχθούν με νερό ή άλλα υγρά απόβλητα για να επιτευχθούν τα επιθυμητά ποσοστά υγρασίας.

Το εύρος των θερμοκρασιών είναι μεγάλο, ωστόσο για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης υπάρχουν δύο περιοχές θερμοκρασίας (Λαζαρίδη κ.ά., 2002):

- Η μεσόφιλη, με εύρος από 30° C έως 40° C.
- Η θερμοφιλη, με εύρος από 50° C έως 65° C.

Οι αναερόβιες διεργασίες δεν είναι έντονα εξώθερμες, γι' αυτό και απαιτείται παροχή πρόσθετης εξωτερικής θερμότητας για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ιδανικό επίπεδο. Η πρόσθετη θερμότητα μπορεί να προέλθει από την καύση του παραγόμενου βιοαερίου, το οποίο εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται και για την παραγωγή θερμότητας.

Ανάλογα με την ποιότητα και ποσότητα των ΑΣΑ και τις τοπικές κλιματικές συνθήκες, υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της αναερόβιας ζύμωσης. Σε όλες τις περιπτώσεις εφαρμόζονται τα παρακάτω στάδια (Last, 2006):

- Διαλογή. Διαχωρισμός του οργανικού κλάσματος, είτε με διαλογή στην πηγή είτε μηχανικά.
- Μείωση μεγέθους. Η μείωση μεγέθους παρέχει μέγιστη επιφάνεια δράσης για τα βακτήρια και γίνεται με ποικιλία τρόπων (κοπή, άλεση, τεμαχισμός κοχλία, τύμπανο κ.λπ.).
- Αναερόβια ζύμωση. Το οργανικό κλάσμα εισέρχεται στον βιοαντιδραστήρα, όπου υφίσταται βακτηριακή αποικοδόμηση για την παραγωγή βιοαερίου.
- Μετεπεξεργασία. Το υδαρές υπόλειμμα παραμένει σε χώνευση για 2 – 4 εβδομάδες.

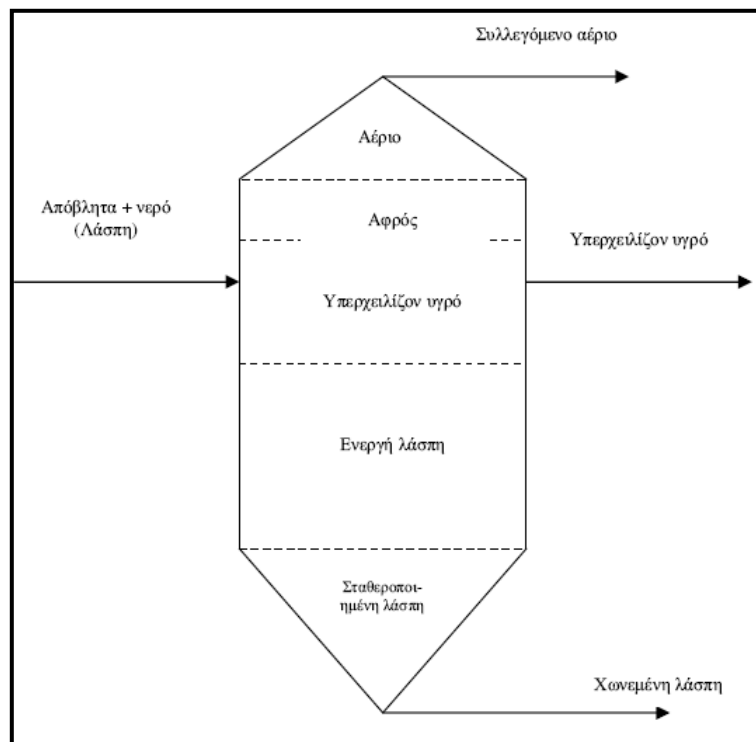
3.1.3.2.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ

Όσον αφορά στην αναερόβια ζύμωση – χώνευση των στερεών αποβλήτων διακρίνονται δύο κύρια συστήματα (Λαζαρίδη κ.ά, 2002):

- Το κλασσικό (Σ1).
- Το σύστημα υψηλού ρυθμού (Σ2).

Σ1, κλασσικό σύστημα αναερόβιας ζύμωσης

Αποτελείται από έναν αντιδραστήρα, ο χρόνος παραμονής των αποβλήτων είναι 2-3 εβδομάδες και συνήθως πραγματοποιείται ανάμιξη του περιεχομένου. Η ανάμιξη γίνεται για την αποφυγή της θανάτωσης ενεργών μικροβίων, μέσω της συσσώρευσης μεταβολικών προϊόντων. Στην περίπτωση που δε γίνεται ανάμιξη, δημιουργούνται τέσσερα στρώματα εντός του βιοαντιδραστήρα, όπως φαίνεται στο σχήμα, ενώ από τη κορυφή του συλλέγεται το παραγόμενο βιοαέριο.

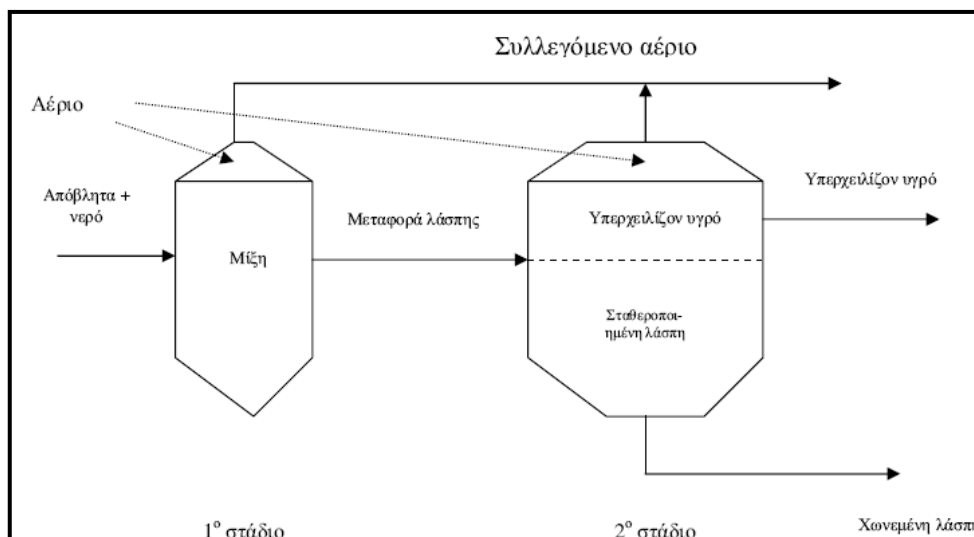


Εικόνα 11 Σχηματική αναπαράσταση κλασσικού συστήματος ενός αντιδραστήρα (Σ1) (Λαζαρίδη κ.ά, 2002)

Σ2, σύστημα υψηλού ρυθμού αναερόβιας ζύμωσης

Το σύστημα υψηλού ρυθμού περιλαμβάνει δύο αντιδραστήρες σε σειρά, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Το ενεργό στάδιο της χώνευσης πραγματοποιείται στον πρώτο αντιδραστήρα. Το περιεχόμενο του αντιδραστήρα, εφόσον αναμιχθεί πλήρως και προστεθεί και νερό,

παραμένει έτσι για μερικές ημέρες. Μετά την πάροδο των ημερών, το περιεχόμενο του πρώτου αντιδραστήρα περνάει στον δεύτερο. Στον δεύτερο αντιδραστήρα πραγματοποιείται καθίζηση του στερεού κλάσματος, διαχωρισμός του υγρού κλάσματος και συλλογή του βιοαερίου στην κορυφή του αντιδραστήρα. Βιοαέριο παράγεται και συλλέγεται και από τους δύο αντιδραστήρες.

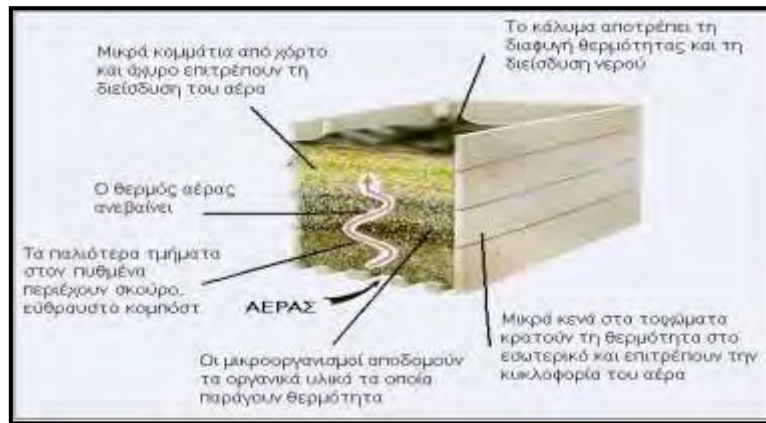


Εικόνα 12 Σχηματική αναπαράσταση συστήματος υψηλού ρυθμού (Σ2) (Λαζαρίδη κ.ά, 2002)



Εικόνα 13 Αντιδραστήρες αναερόβιας χώνευσης (Λαζαρίδη κ.ά, 2002)

Αφού ολοκληρωθεί η αναερόβια διεργασία εντός του αντιδραστήρα, το ζυμωμένο στερεό υπόλειμμα υφίσταται περαιτέρω επεξεργασία έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί τελικά ως κομπόστ. Η αερόβια αυτή επεξεργασία φαίνεται στο σχήμα (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002).



Εικόνα 14 Αερόβια επεξεργασία χωνεμένου υλικού (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης, 2002)

3.1.3.2.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφορούν στις αέριες εκπομπές (και των οσμών), στα υγρά που προκύπτουν, στο χωνεμένο υλικό που παράγεται, καθώς και στους παθογόνους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται (ΕΕΑ, 2000, Λαζαρίδη κ.ά, 2002, Mc Dougall et al., 2001):

3.1.3.2.3.1. ΑΕΡΙΑ

Η αναερόβια χώνευση, όπως είπαμε, είναι μια διεργασία που λαμβάνει χώρα εντός κλειστών βιοαντιδραστήρων. Το βιοαέριο που παράγεται συλλέγεται και είτε καίγεται απ' ευθείας είτε χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας.

Οι αέριες εκπομπές που σχετίζονται με την καύση του βιοαερίου συνίστανται κυρίως σε οξείδια του αζώτου και του θείου (όπως και στο φυσικό αέριο). Οι εκπομπές αυτές είναι παρόμοιες με την καύση φυσικού αερίου, με ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα SO_x , λόγω του υδρόθειου που περιέχει το βιοαέριο. Ο έλεγχος των αέριων εκπομπών από την καύση του βιοαερίου, στις περισσότερες χώρες, είναι σχετικά περιορισμένος λόγω της χαμηλής επικινδυνότητά τους, εφόσον έχει προηγηθεί απομάκρυνση του υδρόθειου πριν την καύση.

Όταν το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι αέριες εκπομπές που προκύπτουν είναι βεβαίως υψηλότερες σε σχέση με το φυσικό αέριο αλλά σαφώς χαμηλότερες σε σχέση με τη χρήση άνθρακα.

Οι οσμές που παράγονται, είτε κατά την προετοιμασία του υλικού που πρόκειται να υποστεί ζύμωση, είτε κατά τη διάρκεια της ζύμωσης εντός του αντιδραστήρα,

ελαχιστοποιούνται εξαιτίας της επεξεργασίας που υφίσταται ο συλλεγόμενος αέρας μέσω βιοφίλτρων ή χημικής έκπλυσης.

3.1.3.2.3.2. ΥΓΡΑ

Η αναερόβια χώνευση είναι μια διεργασία που, όπως έχουμε ήδη πει, πραγματοποιείται στην υγρή φάση, με την προσθήκη νερού. Ένα μέρος του νερού μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί εντός της διεργασίας, ενώ αυτό που περισσεύει απαιτεί επεξεργασία μέσω βιολογικού καθαρισμού.

Γενικά, ανά τόνο εισερχομένων αποβλήτων, παράγονται 100m^3 – 300m^3 υγρών αποβλήτων, εξαιτίας της προσθήκης του νερού καθώς και λόγω της περιεχόμενης υγρασίας τους (Last, 2006).

3.1.3.2.3.3. ΣΤΕΡΕΑ

Το προϊόν της αναερόβιας ζύμωσης, όταν διατίθεται στο έδαφος, ελλοχεύει παρόμοιους κινδύνους με το παραγόμενο κομπόστ της αερόβιας επεξεργασίας. Συνήθως το χωνεμένο υλικό υφίσταται και αυτό αερόβια επεξεργασία πριν γίνει η εδαφική του διάθεση. Επομένως ό,τι ισχύει σχετικά με του προβληματισμούς, τις προδιαγραφές ποιότητας, καθώς και τα οφέλη από τη χρήση του κομπόστ, έχει εφαρμογή και στην περίπτωση του χωνεμένου υλικού της αναερόβιας διεργασίας.

3.1.3.2.3.4. ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Η αναερόβια ζύμωση έχει βέλτιστη απόδοση όταν πραγματοποιείται στη θερμόφιλη περιοχή, περίπου στους 55°C και είναι πιο αποτελεσματική, όσον αφορά στην καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Η περαιτέρω υγιεινοποίηση του χωνεμένου υλικού επιτυγχάνεται μέσω της αερόβιας επεξεργασίας από όπου προκύπτει υλικό εφάμιλλο του κομπόστ.

3.1.3.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ

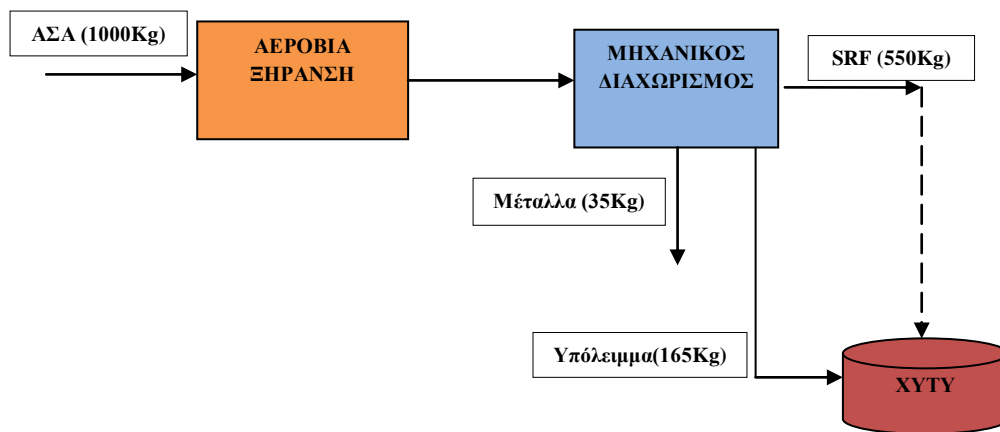
3.1.3.3.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η βιολογική ξήρανση αποτελεί προεπεξεργασία και έχει ως βασικό σκοπό την αναβάθμιση των ΑΣΑ έτσι ώστε να καταστούν κατάλληλα για θερμική αξιοποίηση. Τα ΑΣΑ επειδή περιέχουν αυξημένη υγρασία (στην Ελλάδα το ποσοστό υγρασίας ανέρχεται στο 40% περίπου κατά βάρος) η κατώτερη θερμογόνος δύναμή τους είναι χαμηλή. Η βιολογική ξήρανση (Biological Drying) στοχεύει στη (Juniper Consultancy Services, 2005):

- Μείωση της υγρασίας των ΑΣΑ στο 12% έως 15% κατά βάρος.
- Διευκόλυνση του μηχανικού διαχωρισμού ανακυκλώσιμων σιδηρούχων μετάλλων και αλουμινίου.
- Παραγωγή SRF (Solid Recovered Fuel) από τον εναπομένον κλάσμα, με κατώτερη θερμογόνο δύναμη περίπου 15 MJ/kg.

Η ξήρανση επιτυγχάνεται μέσω αερόβιας αποδόμησης περιορισμένου ποσοστού οργανικών που περιέχονται στα ΑΣΑ σε συνδυασμό παροχής εξωτερικής ενέργειας για εξάτμιση μέρους της περιεχόμενης υγρασίας.

Για κάθε 1000 Kg αποβλήτων παράγονται περί τα 550kg SRF, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ροής:



Εικόνα 8 Διάγραμμα ροής και ισοζύγιο μάζας τυπικής εγκατάστασης βιολογικής ξήρανσης (Juniper Consultancy Services Ltd., 2005)

Το διάγραμμα ροής μιας εγκατάστασης βιολογικής ξήρανσης περιλαμβάνει τα εξής στάδια (Θεοχάρη κ.ά., 2006):

- Χώρος υποδοχής, προσωρινής αποθήκευσης και τροφοδοσίας.
- Πρωτοβάθμιος λειοτεμαχισμός των εισερχόμενων ΑΣΑ.
- Βιολογική ξήρανση σε βιοαντιδραστήρα, όπου μεταφέρονται τα λειοτεμαχισμένα ΑΣΑ. Τοποθετούνται σε σωρούς και παραμένουν 5 με 7 ημέρες. Οι μικροοργανισμοί αποδομούν μέρος του οργανικού κλάσματος και αυξάνουν τη θερμοκρασία στους 55° C. Σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας πρέπει να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση των συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας, αφού καθορίζουν τις βιολογικές διεργασίες.
- -Εξευγενισμός του SRF, μέσω διέλευσης του υλικού από κόσκινα για να απαλλαγεί από τα άχρηστα υλικά, καθώς και από μαγνητικούς διαχωριστές για ανάκτηση μετάλλων. Το υπόλειμμα υποβάλλεται σε δευτεροβάθμιο τεμαχισμό.

3.1.3.3.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

3.1.3.3.2.1. ΑΕΡΙΑ

Ο εξερχόμενος αέρας από τους βιοαντιδραστήρες περιέχει υδρατμούς και πτητικά προϊόντα μεταβολισμού του βιοαποδομήσιμου κλάσματος. Ο αέρας συλλέγεται, συμπυκνώνεται σε διάταξη ψύξης, αποσμεύεται πλήρως σε διάταξη θερμικής οξείδωσης και στη συνέχεια χρησιμοποιείται εσωτερικά στη μονάδα (Θεοχάρη κ.ά., 2006) .

3.1.3.3.2.2. ΥΓΡΑ

Οι όποιες ποσότητες υγρών αποβλήτων προκύπτουν υφίστανται καθαρισμό, σε ενσωματωμένη γραμμή επεξεργασίας και στη συνέχεια επαναχρησιμοποιούνται στη μονάδα.

3.1.3.3.2.3. ΣΤΕΡΕΑ

Η βιολογική ξήρανση είναι μια μέθοδος προεπεξεργασίας των σύμμεικτων αστικών αποβλήτων και ως εκ τούτου το ξηρό κλάσμα που προκύπτει από τους βιοαντιδραστήρες, οδηγείται στη μονάδα διαλογής που ακολουθεί και έχουμε επισημάνει τις αρχές που τη διέπουν όσον αφορά στα στερεά που παράγονται.

3.2. ΠΡΟΙΟΝΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΒΕ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

Η νομοθεσία για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και ιδιαίτερα η απαίτηση για μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων υλικών που οδηγούνται προς ταφή και για ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη τεχνολογιών, που όπως είδαμε βασίζονται στη μηχανική επεξεργασία σε συνδυασμό με βιολογικές διεργασίες.

Το πρόβλημα, τόσο σε τοπικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, είναι η διάθεση των προϊόντων που προκύπτουν από τη μηχανική – βιολογική επεξεργασία των ΑΣΑ, η οποία δεν είναι εξασφαλισμένη, δημιουργώντας σημαντικούς περιορισμούς στις δυνατότητες αξιοποίησης των αποβλήτων.

3.2.1. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

Η διάθεση των προϊόντων που παράγονται από τη μηχανική – βιολογική επεξεργασία των ΑΣΑ αποτελεί μια παράμετρο η οποία εμποδίζει σημαντικά την αυτονομία της πρακτικής αυτής ως μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης.

Γενικότερα, οι βασικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν τη δυνατότητα διάθεσης των προϊόντων της μηχανικής και βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνουν (ΑΕΑ Technology Environment, 1999):

- Τεχνικούς / νομοθετικούς περιορισμούς.
- Υφιστάμενες ή μη προδιαγραφές.
- Μεγάλες ποσότητες πρωτογενών ή ανταγωνιστικών προϊόντων.
- Θέματα υγιεινής και ασφάλειας.
- Τιμή πώλησης.
- Διασφάλιση διαθεσιμότητας.
- Μέγεθος αγοράς.
- Ενημέρωση των ενδιαφερομένων.

3.2.1.1. ΥΛΙΚΟ ΤΥΠΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ – CLO

Σύμφωνα με τη στρατηγική της ΕΕ για την προστασία των εδαφών, η χρήση του κομποστοποιημένου υλικού (compost), προερχόμενου από απόβλητα, στα εδάφη, προτείνεται μόνο εφόσον το υλικό είναι πολύ καλής ποιότητας και η εφαρμογή του γίνεται σύμφωνα με τους κανόνες της ορθής αγροτικής πολιτικής. Η χρησιμότητα του υλικού αυτού προτείνεται για τους εξής λόγους (Bardos, 2004):

- Διατηρεί το απαραίτητο επίπεδο οργανικού κλάσματος των εδαφών.
- Ελαττώνει τη διάβρωση των εδαφών.
- Βελτιώνει το βάθος άροσης διατηρώντας το νερό και μειώνει τη διάχυση των θρεπτικών συστατικών.
- Συντελεί στην ολοκλήρωση του κύκλου ζωής των θρεπτικών συστατικών, μέσω της επιστροφής τους στο έδαφος.
- Συντελεί στη μείωση της παραγωγής του διοξειδίου του άνθρακα (το οποίο συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου).
- Η εφαρμογή του σε ευαίσθητες περιοχές αυξάνει το θρεπτικό περιεχόμενό τους.
- Το υλικό τύπου κομπόστ που παράγεται στις μονάδες MBE, όταν δεν προέρχεται από διαλογή στην πηγή αλλά είναι κλάσμα σύμμεικτων απορριμμάτων, χαρακτηρίζεται από χαμηλή ποιότητα εξαιτίας των προσμίξεων που περιέχει. Ο παράγοντας αυτός το καθιστά ένα προϊόν που δύσκολα διατίθεται στην αγορά.

Η αγορά τόσο στην Ελλάδα, όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο για την αξιοποίηση του υλικού τύπου κομπόστ ως εδαφοβελτιωτικό ή για άλλες χρήσεις, από τις οποίες θα μπορούσαν να αναμένονται έσοδα, είναι περιορισμένη αφού το προϊόν είναι χαμηλής ποιότητας. Μόνο για το κομπόστ που παράγεται από υλικά διαχωρισμένα στην πηγή είναι δυνατή η άμεση διάθεσή του στην αγορά, με σχετικά χαμηλό κόστος. Όταν τα υλικά είναι σύμμεικτα απαιτείται σημαντική αύξηση του κόστους επεξεργασίας, η οποία όμως μπορεί να καταστήσει τη βιωσιμότητα της εγκατάστασης εξαιρετικά αμφίβολη (Λαζαρίδη κ.ά., 2002).

Η μέχρι τώρα εμπειρία (σε τοπικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο) έχει δείξει ότι οι δυνατότητες αξιοποίησης του CLO περιορίζονται ως υλικό επικάλυψης σε ΧΥΤΑ, για τη αποκατάσταση λατομείων και άλλων επιβαρυσμένων χώρων καθώς και σε κατασκευές. Η βασική προτεραιότητα, στην περίπτωση που γίνει η διάθεση του σε κάποιον αγοραστή, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι η κάλυψη των απαιτήσεων του, ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα αποζημίωσης (Θεοχάρη κ.ά., 2006).

Ακόμα και στην ακραία περίπτωση πάντως που το τελικό προϊόν παραμείνει αδιάθετο και καταλήξει στο ΧΥΤΑ, θα έχει επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό η σημαντική μείωση του όγκου του (παρατείνοντας το χρόνο ζωής του αποδέκτη) καθώς και η σταθεροποίησή του (προκαλώντας λιγότερες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον).

3.2.1.2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ

Τα βασικά ανακυκλώσιμα υλικά που προέρχονται από τη μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ είναι το χαρτί, το πλαστικό, το γυαλί καθώς και μέταλλα (σιδηρούχα ή μη). Τα υλικά αυτά όταν προέρχονται από σύμμεικτα ΑΣΑ δεν είναι καθαρά, αφού περιέχουν διάφορες προσμίξεις οργανικού κυρίως υλικού. Συγκρινόμενα επομένως με τα αντίστοιχα τα οποία προκύπτουν από διαλογή στην πηγή, διατίθενται πολύ πιο δύσκολα στην αγορά δευτερογενών προϊόντων. Στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία αναφορικά με τις δυνατότητες και τα προβλήματα καθενός υλικού στην αγορά.

3.2.1.2.1. ΧΑΡΤΙ

Το χαρτί των απορριμμάτων χωρίζεται σε κατηγορίες και ποιότητες, ανάλογα με τη ποιότητα των ινών και την ύπαρξη ξένων προσμίξεων. Όταν το χαρτί προέρχεται από σύμμεικτα απορρίμματα, αν και με τη χειροδιαλογή κυρίως μπορούν να ανακτηθούν μεγάλα ποσοστά ανά κατηγορία, η εμπορευσιμότητά του επιβαρύνεται λόγω των προσμίξεων (AEA Technology Environment, 1999):

- Πλαστικά που δεν έχουν πλήρως διαχωριστεί (πχ film), τα οποία καταστρέφουν τον εξοπλισμό επεξεργασίας του χαρτιού.
- Οργανικά (πχ στερεές τροφές ή υγρά).
- Κομμάτια μετάλλων (συνδετήρες).

Το χαρτί αποτελεί μία από της ταχύτερα αναπτυσσόμενες αγορές για δευτερογενή υλικά, γι' αυτό και στις μονάδες μηχανικής επεξεργασίας αποτελεί έναν από τους βασικότερους στόχους ανάκτησης. Η ζήτηση για χαρτί με σκοπό την ανακύκλωσή του παρουσιάζει γενικά αυξητικές τάσεις και ειδικά στις περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι απαλλαγμένο από προσμίξεις άλλων υλικών (ζελατίνες, πλαστικά, μέταλλα, οργανικά).

3.2.1.2.2. ΠΛΑΣΤΙΚΟ

Τα πλαστικά υλικά είναι υψηλής τεχνολογίας και ποιότητας, χαμηλής τιμής, πολύ πρακτικά και χρήσιμα ειδικά ως μέσο συσκευασίας πολλών προϊόντων. Τα διάφορα είδη πλαστικών συσκευασιών σχετίζονται με την πρώτη ύλη του πολυμερούς (πολυαιθυλένιο – PE, τετραφθαλκικό πολυαιθυλένιο – PET, πολυπροπυλένιο – PP, πολυστυρένιο – PS κλπ.).

Ο βαθμός ανάκτησης, και κατ' επέκταση ανακύκλωσης, επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες (Καλογήρου, 2009):

- Τις πολλές ποιότητες και τύπους πλαστικών, με διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και χημική σύσταση, γεγονός που καθιστά μη εφικτή την από κοινού αναγέννησή τους, δεδομένου ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχουν τέτοιου είδους μονάδες.
- Τη δυσκολία αναγνώρισης των διαφόρων ειδών πλαστικού.
- Την ύπαρξη πολλών προσμίξεων, αφού οι περισσότερες συσκευασίες χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων.
- Το υψηλό κόστος ανάκτησης.

Οι γενικές απαιτήσεις που τίθενται από τους μεσάζοντες αγοραστές και τις επιχειρήσεις ανακύκλωσης συνοψίζονται στα παρακάτω (Καλογήρου, 2009):

- Τα κάθε είδους πλαστικά απαιτείται να είναι σχεδόν απολύτως διαχωρισμένα μεταξύ τους, με μηδενικές προσμίξεις από άλλης κατηγορίας πλαστικά.
- Τα ανακτώμενα πλαστικά πρέπει να διατίθενται απολύτως καθαρά, χωρίς προσμίξεις ξένων ουσιών, όπως υπολείμματα τροφών.

3.2.1.2.3. ΓΥΑΛΙ

Το γυαλί, σε αντίθεση με το χαρτί, μπορεί να ανακυκλωθεί πολλές φορές χωρίς αλλοίωση. Κατά τη συλλογή θραύεται προκειμένου να μειωθεί ο όγκος του και δημιουργείται το υαλόθραυσμα. Το τελικό προϊόν της ανακύκλωσης γυαλιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή προϊόντων της βιομηχανίας γυαλιού, υαλοβάμβακα, fiberglass κλπ.

Οι παράγοντες που καθορίζουν κυρίως το ρυθμό ανακύκλωσης του γυαλιού αφορούν κυρίως στη διαφορετική χημική σύσταση του πρωτογενούς γυάλινου προϊόντος, στους διαφορετικούς χρωματισμούς του καθώς και στο κόστος μεταφοράς.

Οι βασικές προϋποθέσεις που τίθενται για τη διάθεση του γυαλιού είναι (AEA Technology Environment, 1999):

- Να είναι απαλλαγμένο από οποιαδήποτε πρόσμιξη (ετικέτες, καπάκια, ξύλα, μέταλλα, πλαστικά, χώμα κλπ).
- Να είναι διαχωρισμένο ανά χρώμα (ο διαχωρισμός είναι απαραίτητος για λόγους ποιότητας και χρώματος).
- Να προέρχεται από φιάλες και δοχεία γνωστής χημικής σύνθεσης (να μην υπάρχουν προσμίξεις με πορσελάνες, τζάμια, κρύσταλλα).

3.2.1.2.4. ΜΕΤΑΛΛΑ

3.2.1.2.4.1. ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Η ανακύκλωση σιδηρούχων αφορά κυρίως στα δοχεία και κουτιά που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία προϊόντων καθώς και οτιδήποτε άλλο περιέχει σίδηρο και μπορεί να καταλήξει ανάμεσα στα κοινά αστικά απορρίμματα. Οι απαιτήσεις που τίθενται από τις ενδιαφερόμενες εταιρείες προκειμένου να απορροφήσουν τις ανακτώμενες ποσότητες εστιάζονται στα εξής (Καλογήρου, 2009):

- Τα σιδηρούχα μέταλλα πρέπει να είναι διαχωρισμένα και απαλλαγμένα από ξένα σώματα (πλαστικά, χρώματα κλπ), για να είναι και ευκολότερη η ανακύκλωσή τους.
- Όσο καλύτερος είναι ο διαχωρισμός τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή πώλησης.

3.2.1.2.4.2. ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Το βασικό μέταλλο που δεν ανήκει στα σιδηρούχα είναι το αλουμίνιο και περιέχεται κυρίως σε κουτιά αναψυκτικών και μπύρας. Τα κουτιά του αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν πολλές φορές χωρίς το τελικό προϊόν να υστερεί σε ποιότητα, όπως συμβαίνει με το χαρτί. Οι τιμή ανά τόνο των ανακτώμενου αλουμινίου εξαρτάται από την παρουσία ή όχι προσμίξεων καθώς και από τις τάσεις στο χρηματιστήριο των μετάλλων.

3.2.1.2.5. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΚΑΥΣΙΜΑ

Στις μονάδες Μηχανικής Βιολογικής Επεξεργασίας (ΜΒΕ) είναι δυνατόν να παραχθεί ένα διαχωρισμένο, σχετικά ομογενοποιημένο κλάσμα υψηλής θερμογόνου δύναμης, το οποίο αποτελείται από χαρτί, πλαστικά και άλλα καύσιμα υλικά, προς χρήση ως δευτερογενές καύσιμο (εικόνα 8). Το καύσιμο αυτό ονομάζεται συχνότερα RDF. Άλλοι παρεμφερείς όροι που χρησιμοποιούνται είναι REF (Recovered Fuel), PPF (Paper and Plastic Fraction) και PEF (Processed Engineered Fuel), ενώ υπάρχουν και καύσιμα από χρησιμοποιημένα ελαστικά, τα TDF (Tire Derived Fuel) (European Commission, 2003).

Τα δευτερογενή καύσιμα από συσκευασίες PDF (Packaging Derived Fuel) και τα PEF είναι συνήθως ανώτερης ποιότητας από το RDF, καθώς αποτελούνται από στερεό κλάσμα υλικών, που ενώ έχουν διαχωριστεί στην πηγή, δεν οδηγούνται προς ανακύκλωση, όπως είναι οι χάρτινες συσκευασίες ροφημάτων και δοχεία PE/PET με προσμίξεις PVC. Πρόσφατα έχει αρχίσει επίσης να χρησιμοποιείται ο όρος SRF (Solid Recovered Fuel) (Λάλας κ.ά, 2007).



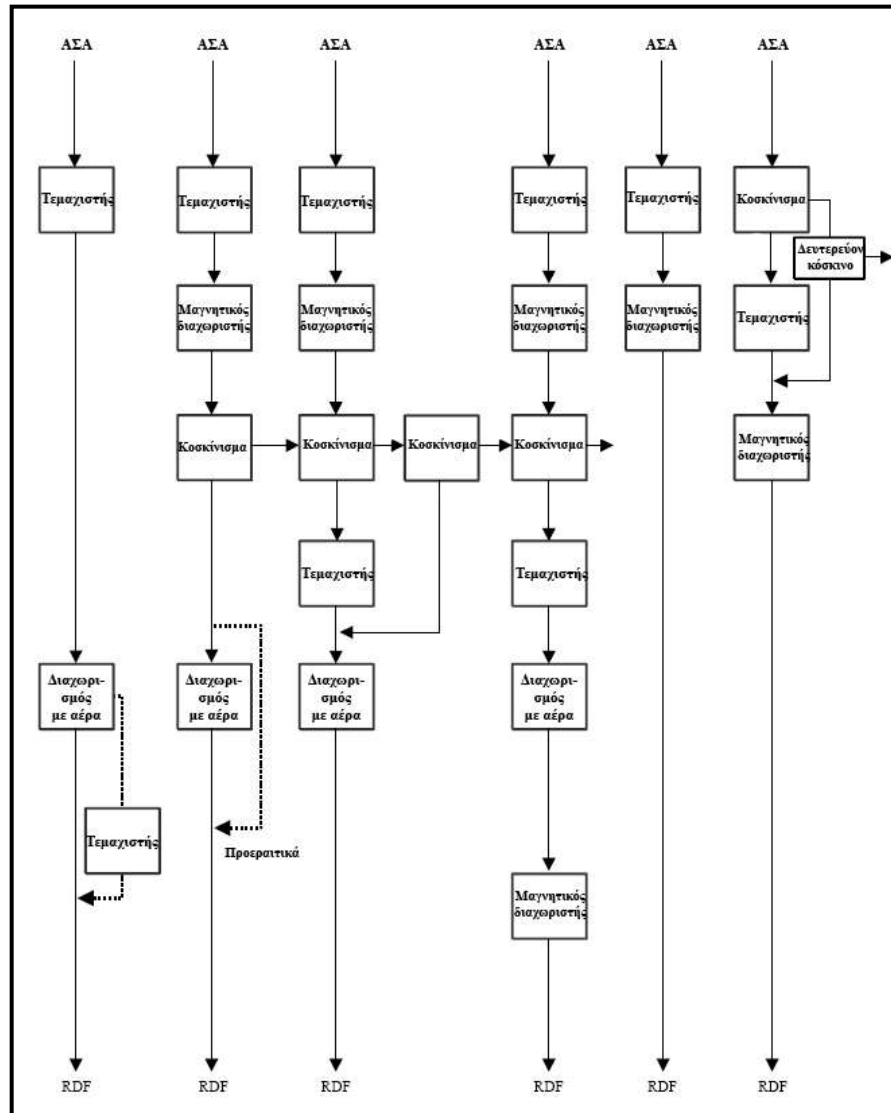
Εικόνα 9 Πελλετοποιημένο RDF (Japanese Advanced Environment Equipment, 2008)

Δυο είναι οι τεχνολογίες παραγωγής δευτερογενών καυσίμων από ΑΣΑ: η μηχανική και η βιολογική επεξεργασία των απορριμμάτων. Συνήθως τα συστήματα που χρησιμοποιούνται κατά τη μηχανική επεξεργασία των ΑΣΑ περιλαμβάνουν μείωση του μεγέθους, κοσκίνισμα, διαχωρισμό με αέρα και μαγνητικό διαχωρισμό. Τα συνηθέστερα παραδείγματα αναφέρονται στην εικόνα 12.

Η διάταξη των διεργασιών βασίζεται στην ποιότητα και στη φύση των εισερχόμενων αποβλήτων καθώς και στη διαθεσιμότητα, χωροθέτηση και προδιαγραφές της αγοράς των ανακτώμενων υλικών. Άλλες διεργασίες που μπορεί να συμπεριλαμβάνονται σε αυτές τις εγκαταστάσεις είναι ο χειρωνακτικός διαχωρισμός, ο διαχωρισμός με επαγωγικά ρεύματα (ανάκτηση μη σιδηρούχων υλικών) και η αύξηση της πυκνότητας (παραγωγή pellets) (Archer et al., 2005, Diaz and Savage, 1996, Diaz and Savage, 2006). Ως αποτέλεσμα, μετά τη μηχανική επεξεργασία ανακτώνται υλικά προς ανακύκλωση, όπως επίσης καθίσταται δυνατή και η παραγωγή RDF, το οποίο αποτελείται κυρίως από πλαστικά χαρτί και ξύλα.

Εκτός της μηχανικής επεξεργασίας, δευτερογενές καύσιμο μπορεί να προκύψει και μετά τη βιολογική ξήρανση του βιοαποδομήσιμου κλάσματος απορριμμάτων. Αφού διαχωριστούν και στην περίπτωση αυτή τα αδρανή υλικά και τα μέταλλα, το εναπομένον κλάσμα, εκτός από χαρτί και πλαστικό, περιέχει επίσης μεγάλο ποσοστό ζυμώσιμων, τα οποία ξηραίνονται και σταθεροποιούνται. Κατά συνέπεια προκύπτει καύσιμο υψηλής θερμογόνου δύναμης κατάλληλο προς αποτέφρωση (European Commission, 2003, Schirmer et al., 2003, Λάλας κ.ά., 2007). Ο όρος RDF χρησιμοποιείται συχνότερα για δευτερογενές καύσιμο που παράγεται κατά τη φάση της μηχανικής επεξεργασίας και αποτελείται κυρίως από πλαστικά, χαρτί και ξύλα. Το SRF είναι δευτερογενές καύσιμο και

ως όρος χρησιμοποιείται συχνότερα για το καύσιμο που παράγεται μετά το πέρας της βιολογικής ξήρανσης.



Εικόνα 10 Διατάξεις παραγωγής RDF (Diaz and Savage, 2006)

Τα δευτερογενή καύσιμα έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να αξιοποιηθούν σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις, οι οποίες για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα (Wiltsee, 2000). Οι κυριότερες από τις εγκαταστάσεις αυτές είναι οι εξής:

- Τσιμεντοβιομηχανίες.
- Εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.
- Χαρτοποιίες.
- Κεραμοποιίες.
- Χαλυβουργεία.

- Ασβεστοκάμινοι.

Η χρήση δευτερογενών καυσίμων παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση ανεπεξέργαστων ΑΣΑ, τα οποία δεν δύνανται να συναποτεφρωθούν σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Από αυτά, τα κυριότερα είναι (Λάλας κ.ά., 2007):

- η υψηλή θερμογόνος δύναμη, η οποία παραμένει σχετικά σταθερή,
- η ομοιογένεια της φυσικής – χημικής σύνθεσης,
- η ευκολία στην αποθήκευση, διαχείριση και μεταφορά,
- ο μειωμένος απαιτούμενος αέρας κατά τη διάρκεια της αποτέφρωσης.

Ωστόσο, βασικότερο μειονέκτημα των δευτερογενών καυσίμων είναι το υψηλό κόστος παραγωγής.

Όσον αφορά στην Ελλάδα, προδιαγραφές που καθορίζουν την ποιότητα του RDF αναφέρονται στην ΚΥΑ 114218 /1997. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτές:

- Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη να είναι τουλάχιστον 4.000 kcal/kg (16,7 MJ/kg).
- Η υγρασία μικρότερη από 20%.
- Η περιεκτικότητα σε χαρτί και πλαστικό να είναι μεγαλύτερη από 95% επί του ξηρού βάρους.

3.3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΣΑ

Ο όρος θερμική επεξεργασία στερεών αστικών αποβλήτων περιλαμβάνει μια σειρά από συγκεκριμένες διαδικασίες, κατά τις οποίες τα απορρίμματα μετατρέπονται σε αέρια, υγρά και στερεά προϊόντα, ενώ παράλληλα εκλύεται και θερμική ενέργεια. Οι βασικές μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας είναι η αποτέφρωση – καύση (incineration-combustion), η πυρόλυση (pyrolysis), η αεριοποίηση (gasification) και η τεχνολογία πλάσματος (plasma technology) .

Στην σχετική ΚΥΑ 114218/1997 αναφέρεται πως οι βασικοί στόχοι της θερμικής επεξεργασίας των αποβλήτων είναι:

- η ελάττωση του όγκου τους (για την ευκολότερη διαχείριση τους και τη μείωση του αναγκαίου χώρου της τελικής διάθεσής τους).
- η μετατροπή τους σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία (για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος).
- η κατά το δυνατόν της ευρισκόμενης στα απορρίμματα ενέργειας (για την αξιοποίηση του ενεργειακού τους περιεχομένου και τη μείωση των αναγκών σε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας).

Παράλληλα, προκειμένου να εξασφαλιστεί η προστασία του περιβάλλοντος από τους αέριους κυρίως ρύπους, η νομοθεσία περιλαμβάνει την οδηγία 2000/76/EK «Για την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», την ΚΥΑ 22912/1117/2005 «Μέτρα και Όροι για την Πρόληψη και τον Περιορισμό της Ρύπανσης του Περιβάλλοντος από την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», έτσι ώστε να θεσπιστούν ειδικοί όροι και προδιαγραφές για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τον έλεγχο των εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων. Σε γενικές γραμμές, οι βασικές αρχές λειτουργίας και οι προδιαγραφές, που πρέπει να πληρούνται, σε όλες τις εγκαταστάσεις θερμικής επεξεργασίας αστικών στερεών αποβλήτων, είναι κοινές και μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν τις εξής (Λάλας κ.ά., 2007):

- Σταθερές συνθήκες λειτουργίας.
- Ευχέρεια προσαρμογής σε απότομες αλλαγές της σύστασης και της ποσότητας της τροφοδοσίας.
- Ευελιξία προσαρμογής στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες διακυμάνσεις της σύνθεσης και της ποσότητας του χρησιμοποιούμενου καυσίμου.
- Πλήρης έλεγχος των ρύπων στις εκπομπές.

- Μεγιστοποίηση της αξιοποίησης της θερμικής ενέργειας, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας, όσον αφορά στις συνθήκες λειτουργίας των αντίστοιχων εγκαταστάσεων και τα προϊόντα που προκύπτουν.

Πίνακας 12 Τυπικές συνθήκες λειτουργίας και προϊόντα των τριών βασικότερων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ (European Commission, 2005)

	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Αποτέφρωση
Συνθήκες λειτουργίας			
Θερμοκρασίες αντίδρασης (°C)	250 -700	500 - 1600	800 - 1450
Πίεση (bar)	1	1 - 45	1
Ατμόσφαιρα	Αδρανής / Άζωτο	Παράγοντας αεριοποίησης: O ₂ , H ₂ O	Αέρας
Στοιχειομετρική αναλογία	0	<1	>1
Προϊόντα			
Αέρια φάση	H ₂ , CO, H ₂ O, N ₂ , υδρογονάνθρακες	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂
Στερεά φάση	Τέφρα, κωκ	Τέφρα, σκωρία	Τέφρα, σκωρία
Υγρή φάση	Έλαια πυρόλυσης και νερό		

Στα θετικά σημεία της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων, εκτός από τη μείωση της μάζας τους, του όγκου τους και της παραγωγής ενέργειας συγκαταλέγονται η δυνατότητα χρήσης της τόσο για μεγάλες όσο και για μικρές ποσότητες αποβλήτων, καθώς και το γεγονός ότι είναι ανταγωνιστική σε σχέση με τα συμβατικά καυσίμων (κάρβουνο, αέριο, πετρέλαιο).

Από την άλλη όμως πρέπει να τονιστεί πως οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων έχουν υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, απαιτούν την ανάγκη εξειδικευμένου

προσωπικού, δεν συντελούν στην άμεση ανάκτηση υλικών που περιέχονται στα απορρίμματα καθώς και ότι ο μεγάλος κίνδυνος εκπομπής επικίνδυνων ρύπων, μέσω των καυσαερίων, καθιστά επιτακτική τη χρήση δαπανηρών συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης της προκαλούμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

3.3.1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ - ΚΑΥΣΗΣ

Η αποτέφρωση – καύση των στερεών αποβλήτων αποτελεί μια διεργασία η οποία περιλαμβάνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών ($850 - 1500^{\circ}\text{C}$), με παρουσία φλόγας για την οξείδωση των επιμέρους στοιχείων αυτών, την ένωσή τους δηλαδή με το οξυγόνο (Γιδαράκος,2006). Στόχος της εν λόγω διαδικασίας είναι η εξάτμιση, η αποσύνθεση ή/και η καταστροφή των οργανικών στοιχείων των απορριμμάτων παρουσία οξυγόνου (είτε σε στοιχειομετρική αναλογία είτε σε περίσσεια), καθώς και η ταυτόχρονη μείωση του προς τελική διάθεση όγκου τους (Γιδαράκος και Αϊβαλιώτη, 2007).

Τα προϊόντα της διαδικασίας περιλαμβάνουν αέριες ενώσεις (CO_2 , οξείδια του αζώτου, όξινα αέρια, κ.α.), οι οποίες πρέπει να υποστούν κατάλληλη επεξεργασία πριν την έκλυσή τους στην ατμόσφαιρα, καθώς και σχετικά αδρανή στερεά υπολείμματα (τέφρα), τα οποία περιέχουν σημαντικούς ανόργανους ρύπους όπως βαρέα μέταλλα. Στην περίπτωση της έλλειψης οξυγόνου, που οδηγεί σε ατελή καύση και η οποία είναι ανεπιθύμητη, στα παραγόμενα απαέρια συμπεριλαμβάνεται και CO . Για τη διασφάλιση της πλήρους καύσης των ΑΣΑ πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις (Γιδαράκος,2006):

- Επαρκής ποσότητα καύσιμου υλικού και οξειδωτικού μέσου (O_2) στην εστία καύσης.
- Επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης.
- Σωστή αναλογία του μίγματος καύσιμης ύλης – οξυγόνου.
- Συνεχής απομάκρυνση των απαερίων που παράγονται κατά την καύση.
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης.

Τα κυριότερα είδη μονάδων αποτέφρωσης, που έχουν αναπτυχθεί, είναι δύο (Λάλας κ.ά., 2007):

- Μονάδες που δεν απαιτούν προεπεξεργασία των απορριμμάτων (μονάδες τύπου mass – fired, εικόνα 11).
- Μονάδες όπου χρησιμοποιούνται δευτερογενή καύσιμα (RDF ή SRF)

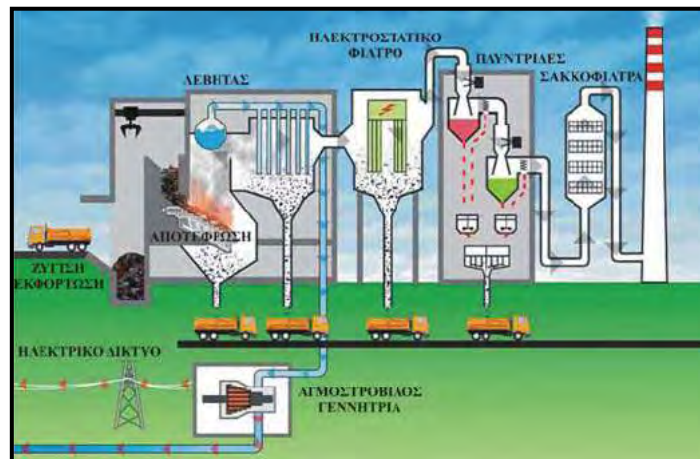
Η δυναμικότητα των μονάδων αποτέφρωσης κυμαίνεται μεταξύ $8 - 25 \text{ t/h}$ και οι πλέον διαδεδομένοι τύποι είναι οι μονάδες αποτέφρωσης κινούμενων εσχάρων, περιστρεφόμενου κλιβάνου και ρευστοποιημένης κλίνης (Vehlow,2006). Για απόβλητα με κατώτερη θερμογόνο δύναμη της τάξης των 8 MJ/kg (1.910 kcal/kg), 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 (McDougall et al., 2001). 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) (Rand et al., 2000).

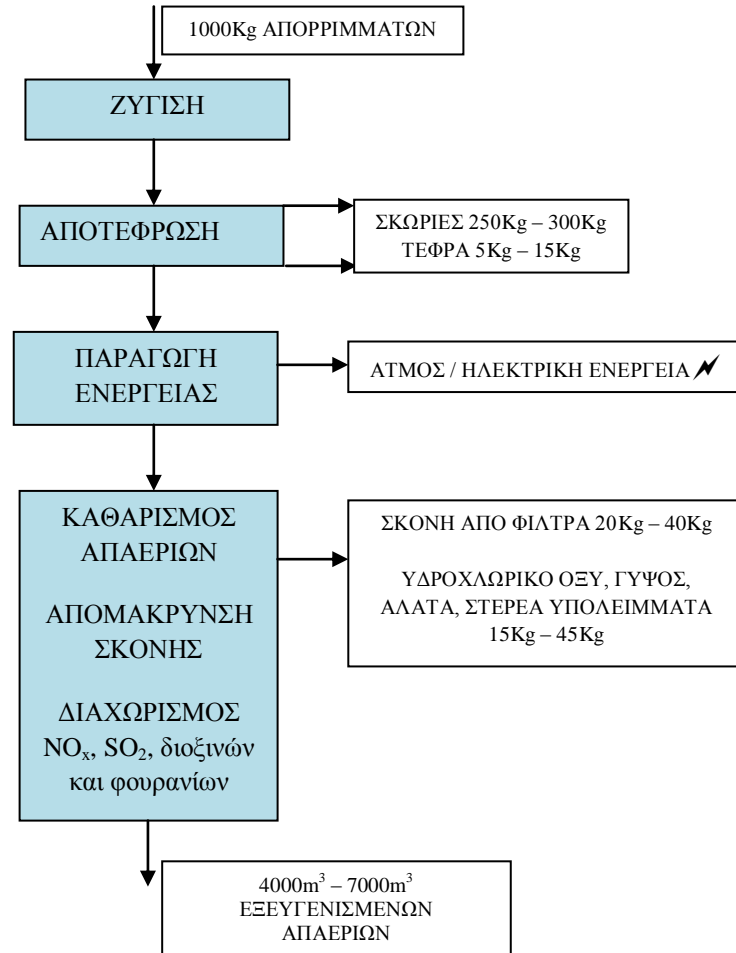
Στην εικόνα 12 απεικονίζονται τα υποσυστήματα μιας τυπικής μονάδας αποτέφρωσης Α.Σ.Α. με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στην εικόνα 13 ένα ενδεικτικό διάγραμμα ροής μιας τέτοιας μονάδας.



Εικόνα 11 Μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ στη Γερμανία (TA Lauta, 2008)



Εικόνα 12 Τυπική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ με ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Λάλας κ.α., 2007)



Εικόνα 13 Διάγραμμα ροής μιας τυπικής σύγχρονης εγκατάστασης αποτέφρωσης ΑΣΑ (Γιδαράκος, 2007)

Μια εγκατάσταση αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων αποτελείται, στη γενική περίπτωση, από τα εξής συστήματα (Λάλας κ.ά., 2007):

- Πύλη και ζυγιστήριο, για τον έλεγχο και την 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, και στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων.
- Σύστημα ελέγχου εκπομπών για έλεγχο σωματιδίων, HCl, HF, SO₂, διοξινών και βαρέων μετάλλων.

Οι μονάδες τύπου μαζικής καύσης (mass fired) αποτελούν την πλειοψηφία των εγκατεστημένων μονάδων. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι τα απορρίμματα εισάγονται χωρίς καμιά προεπεξεργασία στο θάλαμο καύσης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της όλης μονάδας να είναι απλή. Οι κίνδυνοι που ίσως εγκυμονούν, από την εισαγωγή ογκωδών ή επικίνδυνων αποβλήτων, προλαμβάνονται μέσω της αυστηρής επίβλεψης των εισερχομένων ΑΣΑ, καθώς και μέσω της χειροκίνητης διακοπής της εισαγωγής τους (Γιδαράκος,2007).

Οι πλέον διαδεδομένοι τύποι αποτεφρωτήρων όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι:

- Αποτεφρωτής κινούμενων εσχαρών.
- Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου.
- Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης.

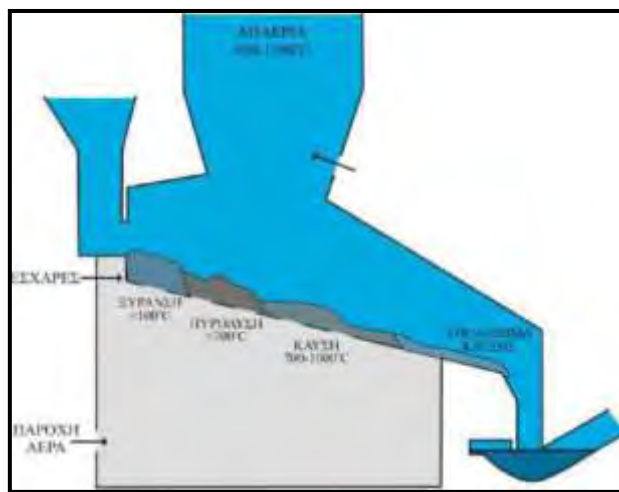
Αποτεφρωτής κινούμενων εσχαρών

Σε γενικές γραμμές οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα εντός του αποτεφρωτή κατά τη λειτουργία του είναι οι εξής (Γιδαράκος,2007) :

- *Ξήρανση*: Τα εισερχόμενα απορρίμματα λαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα και με συναγωγή από την παροχή θερμού αέρα. Το αποτέλεσμα είναι η εξάτμιση της περιεχόμενης στα απορρίμματα υγρασίας και των πτητικών συστατικών.
- *Πυρόλυση*: Με την αύξηση της θερμοκρασίας τα περισσότερα πτητικά συστατικά εξατμίζονται.
- *Ανάφλεξη*: Η απαιτούμενη θερμότητα για την ανάφλεξη της καύσιμης ύλης προσδίδεται στα απορρίμματα μέσω ακτινοβολίας από τη φλόγα και τα τοιχώματα του φλογοθαλάμου.

- *Αεριοποίηση και καύση:* Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους ανάφλεξης των απορριμμάτων προκαλεί την αεριοποίηση μιας ποικιλίας υλικών, που περιέχονται σε αυτά. Ο άνθρακας που απομένει οξειδώνεται πλήρως, ενώ στο φλογοθάλαμο καίγονται τα απαέρια που παράχθηκαν από τις φάσεις της πυρόλυσης και της αεριοποίησης.
- *Ολοκλήρωση της καύσης:* Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει ένα αρκετά αδρανοποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της εσχάρας.

Στην εικόνα 14 παρουσιάζεται ένας τυπικός αποτεφρωτής κινούμενων εσχάρων και οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την αποτέφρωση των ΑΣΑ.

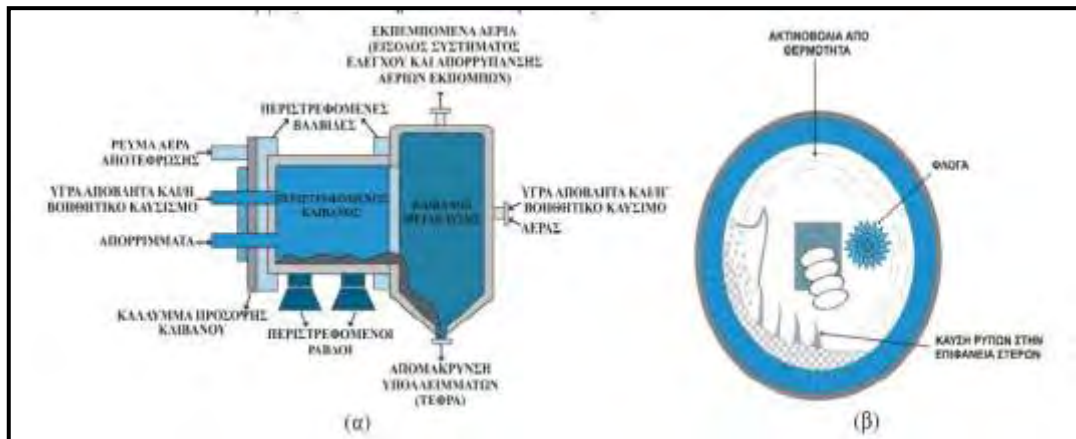


Εικόνα 14 Χαρακτηριστικά της μαζικής καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες (Γιδαράκος,2006).

Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου

Ο αποτεφρωτής αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο κλίβανο, έναν μετακαυστήρα και ένα σύστημα ελέγχου των παραγόμενων αέριων εκπομπών. Μπορεί και δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας πολλών ειδών απορριμμάτων που άλλες τεχνολογίες δυσκολεύονται να αντιμετωπίσουν.

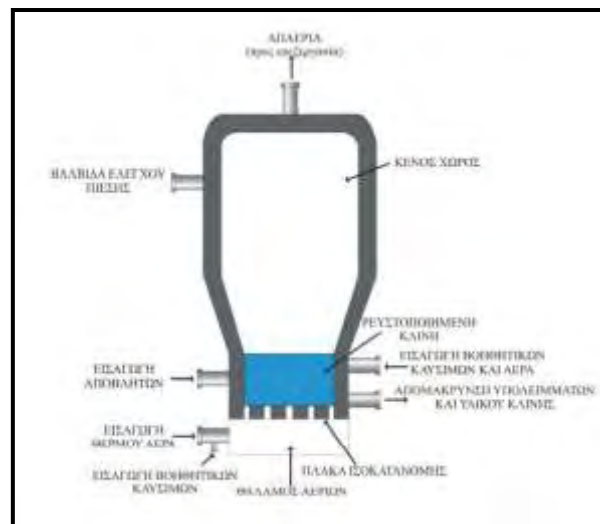
Στους συμβατικούς περιστρεφόμενους κλιβάνους ο κύλινδρος είναι οριζόντιος και περιστρέφεται περί του άξονά του. Το υλικό αναδεύεται, καίγεται και οδηγείται στο άλλο άκρο, με την κατάλληλα κλίση. Η καταστροφή των οργανικών επιτυγχάνεται με συνδυασμό υψηλών θερμοκρασιών και κατάλληλου χρόνου παραμονής, ο οποίο επηρεάζει και το βαθμό ανάμιξης. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος παραμονής που απαιτείται για την καύση (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης,2002).



Εικόνα 15 α) Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου (La Grega et al., 2001), β) κάθετη τομή περιστρεφόμενου κλιβάνου (Freeman, 1998) .

Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης

Ο αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (εικόνα 16) χρησιμοποιεί ένα στρώμα άμμου ή αλουμίνας (κλίνη), πάνω στο οποίο εισάγονται τα απορρίμματα. Κάτω από το στρώμα αυτό διοχετεύεται αέρας με τέτοια παροχή ώστε ολόκληρη η κλίνη να βρίσκεται σε αιώρηση και σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία ανάφλεξης των υφιστάμενων αποβλήτων. Το παρεχόμενο οξυγόνο, οι έντονες συνθήκες ανάμιξης και η αυξημένη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση και την καταστροφή των οργανικών αποβλήτων.



Εικόνα 16 Αποτεφρωτής ρευστοποιημένης κλίνης (La Grega M. et al, 2001)

Βασική λειτουργική παράμετρος για το συγκεκριμένο είδος αποτεφρωτών αποτελεί η θερμοκρασία, η οποία ορίζεται σύμφωνα με την τροφοδοσία των απορριμμάτων, των παραγόμενων αερίων και ενός βοηθητικού υλικού καύσης. Η τιμή της κυμαίνεται μεταξύ 750 – 880 °C, χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες αποτέφρωσης,

γεγονός που οφείλεται στην καλή ανάμιξη του προς επεξεργασία αποβλήτου. Το απαιτούμενο οξυγόνο καύσης και ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων αποτελούν επίσης σημαντικές παραμέτρους λειτουργίας ενός αποτεφρωτή ρευστοποιημένης κλίνης, ο οποίος καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία απορριμμάτων (Μουσιόπουλος και Καραγιαννίδης,2002).

Η ικανότητα των καυστήρων ρευστοποιημένης κλίνης να συμμορφώνονται με τα αυστηρά κριτήρια για την ατμοσφαιρική ρύπανση και η αξιοσημείωτη αξιοπιστία και σταθερότητα αυτού του συστήματος, καθιστούν τη διεργασία της ρευστοποιημένης κλίνης ως προς την πιο ενδεδειγμένη επιλογή.

Για την αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας και την ανάκτηση ενέργειας, οι σύγχρονοι αποτεφρωτές διαθέτουν ειδικούς λέβητες (boilers), με τη βοήθεια των οποίων η παραγόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού. Στη συνέχεια ο παραγόμενος ατμός χρησιμοποιείται είτε ως πηγή θέρμανσης, είτε ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση αμοστροβίλων και γεννητριών.

Στον Πίνακα 7 γίνεται μια συγκριτική παρουσίαση των πιο κοινών συστημάτων αποτέφρωσης.

Πίνακας 7 Σύγκριση των πιο κοινών συστημάτων αποτέφρωσης (ΕΠΕΜ κ.α. 2008).

Τεχνολογία	Χαρακτηριστικά αποβλήτων	Δυναμικότητα (ανά γραμμή λειτουργίας)	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Κινούμενη εσχάρα – αερόψυκτη	Κατώτερη θερμογόνος 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. Αξιόπιστη. Μπορεί να δεχτεί ανομοιογενή υλικά χωρίς προ-επεξεργασία	Ακατάλληλη για υλικά σε μορφή πούδρας, υγρά ή υλικά που λιώνουν στις σχάρες.
Κινούμενη εσχάρα – υγρόψυκτη	Ομοίως με παραπάνω αλλά κατώτερη θερμογόνος δύναμη 10 – 20 GJ/t	1-50 t/h συνήθως (5-30 t/h)	Ομοίως με παραπάνω και επιπλέον: Κατάλληλη για υλικά υψηλότερης θερμογόνου 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 κλιβάνου)	< 10 t/h	Δοκιμασμένη. Μεγάλο εύρος αποβλήτων. Καλή καύση ακόμη και για τα επικίνδυνα. Δυνατότητα καλού ελέγχου καύσης.	Μικρότερες δυναμικότητες από τα συστήματα εσχάρας

Πίνακας 7 Σύγκριση των πιο κοινών συστημάτων αποτέφρωσης (ΕΠΕΜ κ.α. 2008).

Τεχνολογία	Χαρακτηριστικά αποβλήτων	Δυναμικότητα (ανά γραμμή λειτουργίας)	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
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 θερμογόνο δύναμη 7-18 GJ/t. Μπορούν να τροφοδοτηθούν τεμάχια μεγάλης Διαμέτρου. Συναποτέφρωση ιλύος.	3 – 22 t/h	Καλή ανάμιξη – τυρβώδης ροή. Μεγάλο εύρος θερμογόνου 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.

3.3.1.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΕΡΙΑΣ ΡΥΠΑΝΗΣΗΣ

Από τις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης και ανάλογα με την ποιότητα των ΑΣΑ, παράγονται εκτός από τα τυπικά προϊόντα της αποτέφρωσης (ατμός, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, σωματίδια) και μια σειρά άλλων ενώσεων όπως υδροχλώριο, υδροφθόριο, διοξίνες, φουράνια, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, βαρέα μέταλλα κτλ. Για τον έλεγχο των εκπομπών έχουν θεσπιστεί αυστηρά όρια (Οδηγία 2000/76/ΕΚ και ΚΥΑ 22912/1117/6-6-2005), για τη διασφάλιση των οποίων απαιτείται η χρήση προηγμένων συστημάτων ελέγχου (Θεοχάρη κ.ά.,2006).

Οι μονάδες επεξεργασίας των παραγόμενων απαερίων αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα και συγχρόνως πιο δαπανηρά τμήματα των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης ΑΣΑ. Η απομάκρυνση των ρύπων από τα απαέρια μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους. Στις μέρες μας, στις εγκαταστάσεις που είναι σε λειτουργία συναντάμε κάθε είδους τεχνολογία και κάθε είδους συνδυασμό των επιλογών που προσφέρονται.

Στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες για την απομάκρυνση (Vehlow, 2006):

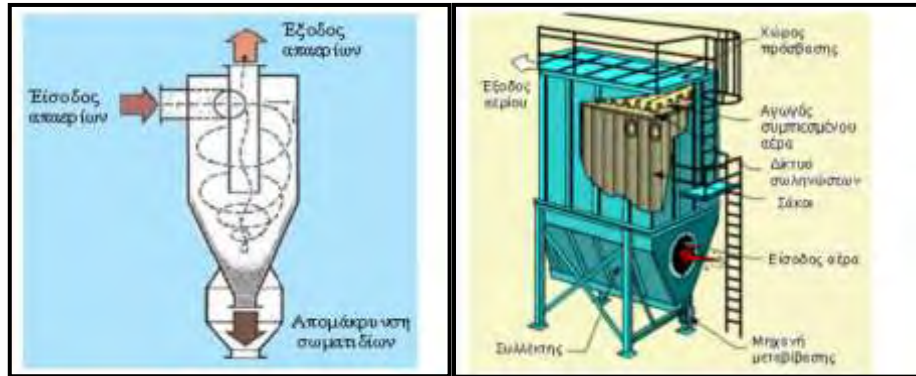
- Της ιπτάμενης τέφρας
- Των όξινων αερίων
- Συγκεκριμένων τύπων όπως Hg ή PCDD/Fs (διοξίνες/ φουράνια)
- Οξειδίων του αζώτου

Το πρώτο βήμα, στα περισσότερα συστήματα καθαρισμού των απαερίων, είναι η απομάκρυνση της ιπτάμενης τέφρας (σωματίδια με διάμετρο μικρότερη ή ίση των 100μm). Αυτό γίνεται συνήθως μέσω της χρήσης κυκλώνων, ηλεκτροστατικών φίλτρων και σακκόφιλτρων (εικόνα 17).

Στους κυκλώνες, η βασική αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην κεντρομόλο δύναμη που ενεργεί στα σωματίδια, τα οποία κατακάθονται στον πυθμένα, ενώ το αέριο διαφεύγει. Αποτελεί πλέον μια τεχνολογία που δεν συναντάται στις σύγχρονες μονάδες (Θεοχάρη κ.ά., 2006).

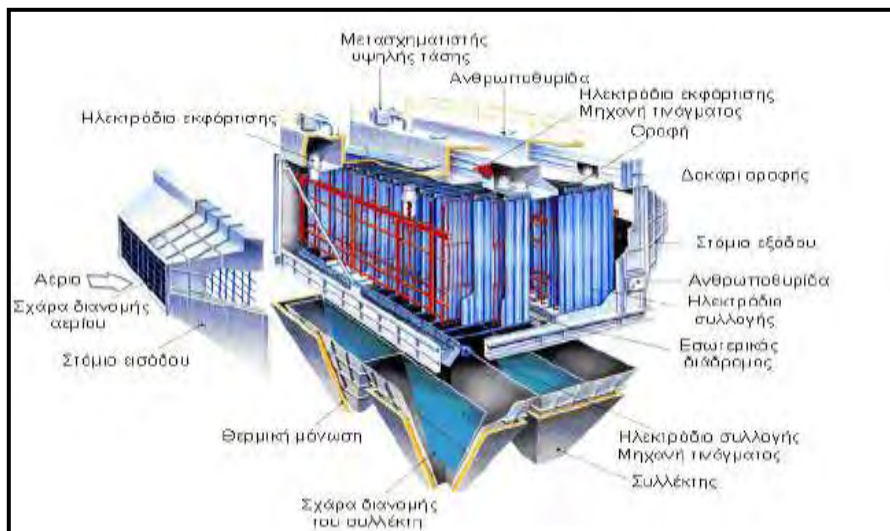
Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα στηρίζουν τη λειτουργία τους στη φόρτιση των σωματιδίων με αρνητικό φορτίο, μέσω ηλεκτροδίων, και τα οποία στη συνέχεια προσκολλώνται πάνω σε αντίθετα φορτισμένες (Θεοχάρη κ.ά., 2006).

Τα σακκόφιλτρα αποτελούν στη ουσία υφασμάτινους σάκους (από Teflon ή υαλοβάμβακα), που στηρίζονται σε μεταλλικά πλέγματα, μέσω των οποίων διέρχονται τα ακατέργαστα απαέρια. Πάνω στην επιφάνεια των φίλτρων συγκεντρώνονται τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οποία στη συνέχεια καταλήγουν σε έναν συλλέκτη (Θεοχάρη κ.ά, 2006).



(α)

(β)



(γ)

Εικόνα 17 Τεχνολογίες απομάκρυνσης ιπτάμενων στερών σωματιδίων, (α) κυκλώνας, (β) σακκόφιλτρο, (γ) ηλεκτροστατικό φίλτρο, (Ανδρεαδάκης,2001).

Τα απαέρια που προκύπτουν από τις παραπάνω διεργασίες οδηγούνται σε χημικό καθαρισμό, ο οποίος γίνεται με τη χρήση υγρών ή στεγνών πλυντρίδων.

Η αρχή της μεθόδου των υγρών πλυντρίδων βασίζεται στην απορρόφηση των αερίων συστατικών από ένα υγρό. Η αποτελεσματικότητα μιας τέτοιας διαδικασίας εξαρτάται από τη διαθέσιμη του υγρού που ελέγχει τη μεταφορά μάζας από την αέρια στην υγρή φάση. Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια επαφής μεταξύ του αέριου ρεύματος και της υγρής

φάσης (συνήθως υδατικής) τόσο πιο εύκολα ο ρύπος μεταφέρεται σε αυτή και απομακρύνεται από την αέρια φάση (Θεοχάρη κ.ά, 2006).

Οι διεργασίες των στεγνών και ημιστεγνών πλυντρίδων, είναι πιο απλές και φτηνές, και στηρίζονται στην ύπαρξη απορροφητή (CaCO_3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$) είτε σε στερεή μορφή είτε σε μορφή λάσπης.

Για τη βελτίωση των εκπομπών NO_x ακολουθούνται δύο μέθοδοι (Θεοχάρη κ.ά, 2006):

- η μη καταλυτική απομάκρυνση, με την είσοδο αμμωνίας ή κάποιας άλλης ένωσης του αζώτου στη θερμή φλόγα του αερίου 950°C
- η επιλεκτική καταλυτική μείωση σε θερμοκρασία $250^\circ \text{C} - 300^\circ \text{C}$, συνήθως στο τέλος του καθαρισμού των απαερίων αφού το αέριο έχει ξαναθερμανθεί.

3.3.1.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

3.3.1.2.1. ΑΕΡΙΑ

Κατά την αποτέφρωση προκύπτουν $4 - 5 \times 10^3 \text{ m}^3$ απαερίων ανά τόνο απορριμμάτων. Τα απαέρια αυτά βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000°C (Φάττα,2007).

Οι σχετικοί με την αποτέφρωση αέριοι ρύποι περιλαμβάνουν τα αζαερώσιμα λόγω της θερμότητας στερεά ή άλλες ενώσεις που δημιουργούνται μέσω των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της καύσης. Κατά την καύση των απορριμμάτων εκλύονται στην ατμόσφαιρα τα τυπικά προϊόντα καύσης (CO , CO_2 , H_2O , NO_x , SO_2), άζωτο, οξυγόνο, σωματίδια σκόνης, ιπτάμενη τέφρα και άλλες ενώσεις (πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, διοξίνες, φουράνια), η παραγωγή των οποίων εξαρτάται από τη σύσταση των απορριμμάτων (Ανδρεαδάκης,2001).

Ενώσεις όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, πτητικές και πολυκυκλικές οργανικές ενώσεις (διοξίνες, φουράνια) είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης λόγω χαμηλής θερμοκρασίας ή ανεπάρκειας αέρα.

Το μονοξείδιο του άνθρακα μπορεί να απορροφηθεί από το αίμα, εμποδίζοντας την πρόσληψη οξυγόνου, ενώ οι διοξίνες και τα φουράνια είναι γνωστά καρκινογόνα που έχουν την ικανότητα να βιοσυσσωρεύονται στους οργανισμούς (Θεοχάρη κ.ά,2006).

Τα οξείδια του αζώτου είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία αερίων οξέων στην ατμόσφαιρα όταν αντιδρούν με την υγρασία, και αποτελούν παράγοντα δημιουργίας νέφους.

Το διοξείδιο του θείου περιλαμβάνεται στα αέρια οξέα, δημιουργείται κατά την καύση μέσω της οξειδωσης του θείου που βρίσκεται στα ΑΣΑ και αντιδρά με τη υγρασία παράγοντας θειικό οξύ. Λοιπά όξινα αέρια είναι το υδροχλωρικό, το υδροφθορικό και το υδροβρωμικό οξύ και μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμό του αναπνευστικού συστήματος (Ανδρεαδάκης,2001).

Από τα βαρέα μέταλλα που περιέχονται στις αέριες εκπομπές τα Cd, Cr, Hg, Pb είναι τα πιο τοξικά. Ο συνηθέστερος τρόπος εισαγωγής τους στον ανθρώπινο οργανισμό είναι μέσω της τροφικής αλυσίδας (εναπόθεση στο έδαφος και διοχέτευση σε λαχανικά και καρπούς).

3.3.1.2.2. ΥΓΡΑ

Τα υγρά απόβλητα, που παράγονται κατά την καύση των απορριμμάτων, προέρχονται από την επεξεργασία των απερίων (π.χ. πλυντρίδες) και την απομάκρυνση των στερεών καταλοίπων. Περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και πολλά αιωρούμενα σωματίδια (Θεοχάρη κ.ά,2006).

3.3.1.2.3. ΣΤΕΡΕΑ

Περιέχουν γενικώς τους ίδιους ρύπους με τις αέριες εκπομπές αλλά σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και αναλογίες. Στο στερεό υπόλειμμα περιέχονται μέταλλα, ενώ μια τυπική σύσταση αυτών είναι 45-60% SiO₂, 5-10% ενώσεις Ca και Al₂O₃, 3-15% Fe₂O₃ και μικρότερα ποσοστά Mg, Na, K (Γρηγοροπούλου και Κατσίρη,2006).

3.3.2. ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.3.2.1. ΠΥΡΟΛΥΣΗ

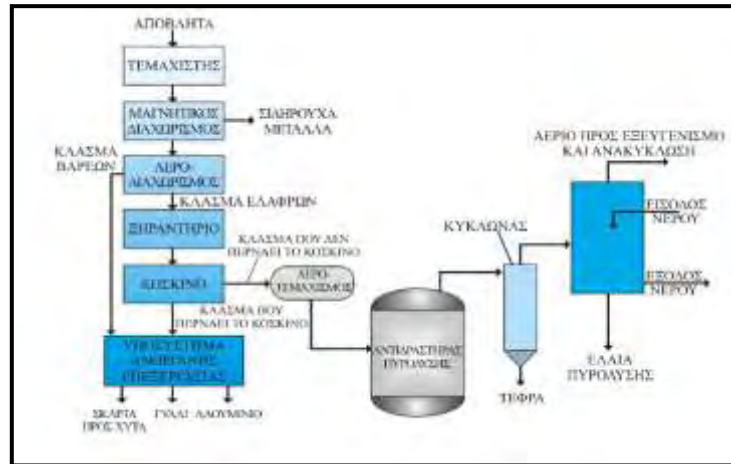
Ως πυρόλυση (εικόνα 18) ορίζεται η αποδόμηση των οργανικών ουσιών των απορριμμάτων, απουσία (ή παρουσία ελαχίστου) οξυγόνου. Η πυρόλυση αποτελεί μια σχετικά νέα θερμική διεργασία, η οποία αν και αναπτύχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα, άρχισε να εφαρμόζεται στην επεξεργασία ΑΣΑ τα τελευταία 20-30 χρόνια. Γενικά, δεν αποτελεί μια ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, τουλάχιστον στην Ευρώπη, λόγω της μειωμένης ενεργειακής απόδοσης και οικονομικής βιωσιμότητάς της (Alibardi and Cossu,2006).



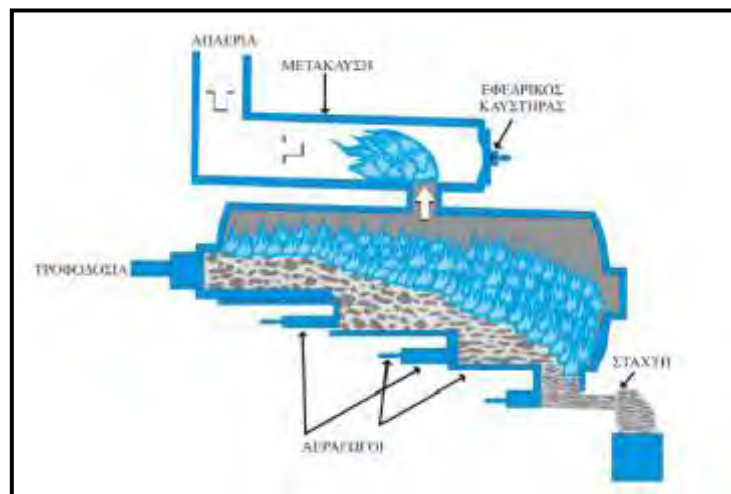
Εικόνα 18 Εγκατάσταση πυρόλυσης (Φάττα,2007)

3.3.2.1.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Κατά τη διαδικασία της πυρόλυσης τα απορρίμματα βρίσκονται μέσα σε ατσάλινους 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 (Alibardi and Cossu,2006). Στην εικόνα 19 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης και στην εικόνα 20 τα υποσυστήματα ενός πυρολυτικού αντιδραστήρα.



Εικόνα 19 Διάγραμμα ροής της πυρόλυσης (Γιδαράκος,2006)



Εικόνα 20 Υποσυστήματα πυρολυτικού αντιδραστήρα (Γιδαράκος,2006)

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 (Γιδαράκος,2006).

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 ατμοστροβίλου, ή απευθείας σε Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) με ηλεκτρογεννήτρια (Γιδαράκος,2006).

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

Με την πυρόλυση των σχηματίζονται τα εξής προϊόντα (Γιδαράκος,2006):

- αέρια: H_2 , CH_4 , CO , CO_2
- υγρά: ελαιώδες κλάσμα με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες (πίσσα) που περιέχει απλά καρβονικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη), καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες.
- στερεά: άνθρακας (κωκ) και αδρανή υλικά όπως γυαλί και μέταλλα.

3.3.2.2. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

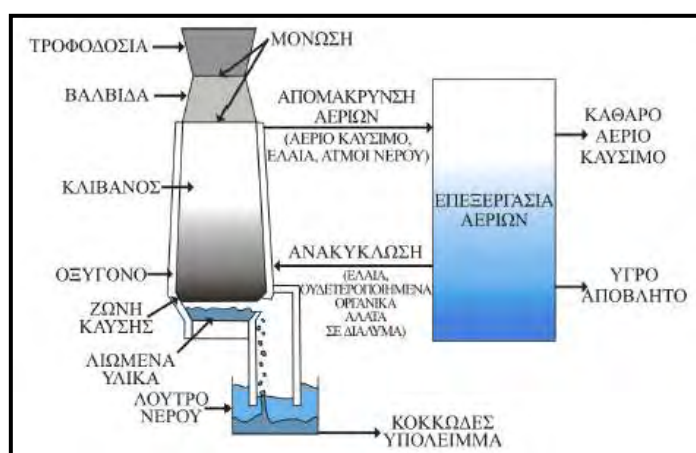
Η αεριοποίηση αποτελεί μια επίσης σχετικά νέα και μη ευρέως διαδεδομένη, στην Ευρώπη, μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Αν και εφαρμόζεται με επιτυχία στη χημική βιομηχανία για αρκετές δεκαετίες, η αεριοποίηση των ΑΣΑ παρουσίασε δυσκολίες λόγω του χαμηλού θερμικού περιεχομένου τους και των μεταβολών της σύνθεσής τους. Για το λόγο αυτό οι προσπάθειες επικεντρώνονται τα τελευταία χρόνια στην αεριοποίηση δευτερογενών καυσίμων, που έχουν μεγαλύτερο θερμικό περιεχόμενο και σταθερότερες ιδιότητες (Φάττα,2007).

3.3.2.2.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Η αεριοποίηση (εικόνα 21) περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καυσίμων αερίων, μέσω μερικής οξείδωσής του σε υψηλές θερμοκρασίες (400 έως 1500 °C) (Alibardi and Cossu,2006). Στην εικόνα 22 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης.



Εικόνα 21 Εγκατάσταση αεριοποίησης (Φάττα,2007)



Εικόνα 22 Διάγραμμα ροής της διεργασίας της αεριοποίησης (Γιδαράκος,2007)

Η αεριοποίηση αποτελεί θεωρητικά, το επόμενο στάδιο της πυρόλυσης, κατά το οποίο το υπολειμματικό κωκ της πυρόλυσης οξειδώνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 800 °C, παρουσία περιορισμένων (μη στοιχειομετρικών) ποσοτήτων οξυγόνου. Η ομοιότητα της αεριοποίησης με την πυρόλυση είναι ότι τα απορρίμματα μετατρέπονται σε αέρια, στερεά και υγρά καύσιμα, ωστόσο η κύρια διαφορά τους μπορεί να συνοψιστεί ως εξής (Φάττα,2007):

- 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 π.χ. 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.

Τα παραγόμενα απαέρια εξαρτώνται από το είδος του μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, λόγω της παρουσίας του ατμοσφαιρικού αζώτου, η θερμογόνος δύναμη του αέριου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται στα 0,35 MJ/m³. Η τυπική του σύσταση είναι: 10% CO₂, 20% CO, 15% H₂, 2% CH₄ και 53% N₂. Στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αέριου προϊόντος αυξάνεται στα 0,7 MJ/m³. Στην περίπτωση αυτή η τυπική του σύσταση του είναι: 14% CO₂, 50% CO, 30% H₂, 4% CH₄, 1% C_xH_y και 1% N₂ (Λάλας κ.ά,2007).

3.2.2.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

Η τεχνολογία του πλάσματος (εικόνα 23) είναι μια καινούρια μέθοδος για την επεξεργασία των αποβλήτων σε υψηλές θερμοκρασίες, με την οποία τα απόβλητα μετατρέπονται μέσω του ηλεκτρισμού σε εύφλεκτο αέριο και σε ένα αδρανές υπόλειμμα (Γιδαράκος,2006).

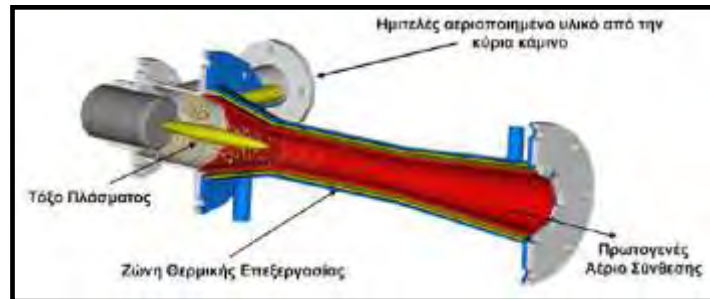


Εικόνα 23 Εγκατάσταση πλάσματος (Φάττα,2007)

3.2.2.3.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Ο όρος πλάσμα (plasma) περιγράφει κάθε αέριο του οποίου τουλάχιστον ένα ποσοστό των ατόμων ή μορίων του είναι μερικά ή ολικά ιονισμένο. Ο ιονισμός αυτός μπορεί να πραγματοποιηθεί με πολλούς τρόπους. Στην περίπτωση της επεξεργασίας αποβλήτων με την τεχνική του πλάσματος, το αέριο μεταπίπτει στην κατάσταση του πλάσματος συνήθως με τη βοήθεια της θερμότητας που δημιουργείται με ηλεκτρική αντίσταση τόξου στήλης πλάσματος (εικόνα 24). Το τόξο αυτό βρίσκεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων (άνοδος και κάθοδος) και αποτελείται από ένα ηλεκτρικά αγώγιμο αέριο, μετατρέποντας έτσι τον ηλεκτρισμό σε θερμότητα. Διάφορα αέρια όπως το αργό, το ήλιο, το μεθάνιο και ο ατμός

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές θερμικής επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα η μέση θερμοκρασία του αερίου μπορεί να υπερβεί τους 6.000°C (Φάττα,2007).



Εικόνα 24 Αεριοποιητής πλάσματος (Φάττα,2007)

Εφαρμόζοντας την τεχνική του πλάσματος, λαμβάνει χώρα η αεριοποίηση / υαλοποίηση του περιεχομένου των εισερχομένων στερεών αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, υπό την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων αεριοποιείται και σχηματίζει το αέριο σύνθεσης (μίγμα μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου) και απαέρια. Ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να λάβει χώρα η καταστροφή των οργανικών ενώσεων εξαρτάται από την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας και το χρόνο παραμονής των οργανικών ενώσεων στην ιονισμένη ατμόσφαιρα ή υψηλή θερμοκρασία. Παράλληλα, το ανόργανο μέρος των αποβλήτων μετατρέπεται σε τηγμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από ψύξη σχηματίζει ένα σταθερό, αδρανές και υψηλής πυκνότητας υαλώδες υλικό (Φάττα,2007).

Η τεχνολογία του πλάσματος είναι κατάλληλη για τη επεξεργασία μιας μεγάλης ποικιλίας αποβλήτων που έχουν υψηλό ποσοστό ανόργανων συστατικών και χαμηλή θερμική αξία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος ποσοστό της απαιτούμενης θερμότητας δίνεται από το πλάσμα και όχι από την οξείδωση των αποβλήτων (Φάττα,2007).

Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος είναι (Γιδαράκος,2006):

- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης, το οποίο προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων), του εισερχόμενου ρεύματος. Το μίγμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδοτικό καύσιμο στη μονάδα πλάσματος, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το λειτουργικό κόστος ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εμπορεύσιμο προϊόν.

- Το υαλώδους μορφής αδρανές υλικό , το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (κατασκευή δρόμων, τούβλων, πλακιδίων).
- Τα απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλα επεξεργασία απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.
- Τα υγρά απόβλητα τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Συνήθως απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας έτσι ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση.

4. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

4.1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η προστασία του περιβάλλοντος είναι καθοριστικής σημασίας για την ποιότητα ζωής των σημερινών αλλά και των μελλοντικών γενεών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή καλείται να διασφαλίσει ότι:

- Οι νόμοι όχι μόνο θεσπίζονται αλλά και εφαρμόζονται στην πράξη.
- Στις πολιτικές της ΕΕ (όσον αφορά σε θέματα γεωργίας, ανάπτυξης, ενέργειας, αλιείας, βιομηχανίας, εσωτερικών αγορών, μεταφορών) συνεκτιμάται ο αντίκτυπος που θα έχουν αυτές στο περιβάλλον.
- Οι επιχειρήσεις και οι καταναλωτές συμμετέχουν ενεργά στην εξεύρεση λύσεων για τα οικολογικά προβλήματα.
- Οι πολίτες έχουν στη διάθεσή τους τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να κάνουν επιλογές φιλικές προς το περιβάλλον.
- Αυξάνεται η ευαισθητοποίηση σχετικά με τη σημασία που έχει η ορθολογική χρησιμοποίηση των γαιών για την προστασία των φυσικών ενδιαιτημάτων και τοπίων και για την ελαχιστοποίηση της αστικής ρύπανσης.

Η περιβαλλοντική στρατηγική της Κοινότητας στηρίζεται στη βασική αρχή ότι ο «ρυπαίνων πληρώνει». Ο ρυπαίνων μπορεί να κληθεί να πληρώσει είτε κάνοντας τις απαραίτητες επενδύσεις ώστε να συμμορφωθεί με αυστηρότερα πρότυπα, είτε καθιερώνοντας ένα σύστημα ανάκτησης, ανακύκλωσης ή διάθεσης των προϊόντων μετά τη χρήση τους. Η πληρωμή μπορεί να έχει επίσης τη μορφή φόρου επιβαλλόμενου στις επιχειρήσεις ή στους καταναλωτές που χρησιμοποιούν μη οικολογικά προϊόντα (π.χ. ορισμένους τύπους συσκευασιών).

Ένα ακόμη πολύ σημαντικό κοινοτικό μέτρο, το οποίο αποσκοπεί να προσδιορίσει τη δομή του μελλοντικού κοινοτικού συστήματος περιβαλλοντικής ευθύνης και να θέσει και αυτό με τη σειρά του σε εφαρμογή την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» είναι η Λευκή Βίβλος της 9^{ης} Φεβρουαρίου 2000, για την περιβαλλοντική ευθύνη.

Η περιβαλλοντική ευθύνη αποσκοπεί στην καθιέρωση της καταβολής ενός χρηματικού ποσού από το πρόσωπο το οποίο έχει προκαλέσει ζημιές στο περιβάλλον, για την αποκατάστασή τους. Για την εφαρμογή της αρχής της περιβαλλοντικής ευθύνης πρέπει:

- Να μπορούν να εντοπιστούν οι ρυπαίνοντες.

- Να μπορούν να ποσοτικοποιηθούν οι ζημιές.
- Να αποδειχθεί η σχέση μεταξύ ρυπαίνοντα και ζημιών.

Στη στρατηγική της ΕΕ η ιεραρχία που προτείνεται σχετικά με την ορθολογική διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων, κινούμενοι από τη βέλτιστη προς τη χειρίστη επιλογή παρουσιάζεται στο σχήμα – διάγραμμα που ακολουθεί (εικόνα 25).



Εικόνα 25 Ιεράρχηση επιλογών για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (<http://www.ecofokida.gr/node/40>).

Αρχή της πρόληψης ή και μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων: Βασικό ζήτημα της πρόληψης παραγωγής απορριμμάτων αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων από τα στάδια της εξαγωγής παρθένων πρώτων υλών, της επεξεργασίας, της μεταποίησης, της μεταφοράς και της χρήσης. Η πρόληψη μπορεί να γίνεται είτε μέσω περιορισμών ή απαγορεύσεων στη χρήση συγκεκριμένων ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων.) ώστε να προλαμβάνεται σε μεταγενέστερο στάδιο η δημιουργία επικίνδυνων αποβλήτων είτε με την προώθηση προγραμμάτων και τη θέσπιση κινήτρων για την ενθάρρυνση των καταναλωτών να αγοράσουν προϊόντα που ρυπαίνουν λιγότερο.

Αρχή της 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 αλλά και για τη δημιουργία προϊόντων ώστε να διευκολύνεται η επαναχρησιμοποίησή τους.

Αρχή της ανακύκλωσης 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 αποφευχθεί θα πρέπει, αν δεν είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίησή τους, να μπορούν να υποβάλλονται σε διαδικασίες ανάκτησης υλικών. Βασική αρχή για την ανάκτηση των υλικών, είναι ο διαχωρισμός τους στην πηγή.

Αυτό απαιτεί τη συμμετοχή των πολιτών και των τελικών διαχειριστών των αποβλήτων. Σημαντική προϋπόθεση αποτελεί για την οικονομική βιωσιμότητα των συστημάτων ανακύκλωσης, η ύπαρξη διαθέσιμων αγορών για τα προϊόντα που θα προκύψουν.

Αρχή της ανάκτησης ενέργειας: Στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση υλικών, τα απόβλητα με σημαντικό θερμικό περιεχόμενο, θα πρέπει να οδηγούνται σε μονάδες καύσης, για την ανάκτηση ενέργειας, έτσι ώστε να διατίθεται προς ταφή το κλάσμα που δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί.

Αρχή της ασφαλούς διάθεσης: Η απόρριψη στερεών αποβλήτων σε χώρους διάθεσης, θα πρέπει να επιλέγεται ως έσχατη λύση. Χρησιμοποιείται εκτενώς, μιας και είναι η απλούστερη λύση, αλλά οι πρόσφατες νομοθετικές διατάξεις έχουν ως μεσοπρόθεσμο στόχο τη διάθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής μόνο μη ανακτήσιμων και αδρανοποιημένων υλικών.

Το Δεκέμβριο του 2005, ανακοινώθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή η νέα θεματική στρατηγική για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Στόχος της στρατηγικής είναι η μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αποβλήτων καθ' όλο τον κύκλο ζωής τους, από την παραγωγή μέχρι την τελική διάθεση. 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 στη συγχώνευση της οδηγίας για τα επικίνδυνα απόβλητα και της οδηγίας για τα χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια αλλά και στην εξάλειψη των αλληλοεπικαλύψεων μεταξύ της οδηγίας πλαισίου για τα απόβλητα και της οδηγίας για την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης. Επιπροσθέτως, προβλέπει ενθάρρυνση του τομέα της ανακύκλωσης, με στόχο την επανένταξη των αποβλήτων στον οικονομικό κύκλο.

Η πραγματοποίηση της θεματικής στρατηγικής για τα απόβλητα, πραγματοποιήθηκε μέσω της θέσπισης της οδηγίας 2006/12/EK περί στερεών αποβλήτων, η οποία αντικαθιστά την οδηγία πλαίσιο 75/442/EOK.

Στη νέα αυτή οδηγία τίθεται η έννοια της επεξεργασίας του συνόλου των παραγόμενων αποβλήτων, ως αναγκαιότητα για την αξιοποίηση τους είτε ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νέου προϊόντος, είτε ως πόρος για την παραγωγή ενέργειας. Η έννοια της

επεξεργασίας των ΑΣΑ, ως υποχρέωση πριν την ταφή τους, έχει τεθεί με την οδηγία 99/31/ΕΚ.

Με την οδηγία 2006/12/ΕΚ τίθενται μια σειρά από μέτρα για τα κράτη μέλη, τα οποία οφείλουν να αναλάβουν δράσεις με στόχο : α) την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής αποβλήτων, β) την αξιοποίηση των αποβλήτων ως πόρο.

Στα πλαίσια της προσπάθειας για τη χάραξη κοινής στρατηγικής στο θέμα της διαχείρισης των αποβλήτων, Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ), με την απόφαση 99/32/ΕΚ. Ο ΕΚΑ περιλαμβάνει ένα σύνολο αποβλήτων, ανανεώνεται και προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα, παρέχοντας μια κοινή ορολογία για όλα τα κράτη μέλη.

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 αποβλήτων, καθώς και ειδικές απαιτήσεις τις οποίες τα κράτη μέλη υποχρεούνται να εφαρμόζουν.

Η οδηγία 99/31/ΕΚ, περί υγειονομικής ταφής, στοχεύει στην πρόληψη και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων, στο περιβάλλον (επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, έδαφος, αέρας, υγεία ανθρώπων), της ταφής των αποβλήτων. Ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις (3) κατηγορίες:

- Χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων.
- Χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων.
- Χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων.

Σε γενικές γραμμές η οδηγία : α) δεσμεύει τα κράτη μέλη στην εισαγωγή τεχνολογιών επεξεργασίας αποβλήτων με την τοποθέτηση συγκεκριμένων στόχων εντός συγκεκριμένων χρονοδιαγραμμάτων, β) κάνει πολύ αυστηρότερους τους κανόνες λειτουργίας των ΧΥΤΑ, γ) εισάγει σημαντικές αλλαγές στην κοστολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών, δ) απαιτεί σημαντική αναβάθμιση του ρόλου και μετασχηματισμό των φορέων διαχείρισης, ε) επιβάλλει αλλαγές στην διαδικασία σχεδιασμού και αδειοδότησης των έργων. Σημειώνεται ότι με βάση το χρονοδιάγραμμα και την 4-ετή περίοδο χάριτος που εξασφάλισε η Ελλάδα, τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής πρέπει να μειωθούν μέχρι το

2010, 2013 και 2020, στο 75%, 50% και 35% αντιστοίχως της συνολικής (κατά βάρος) ποσότητας εκείνων που είχαν παραχθεί το 1995.

Η οδηγία 200/76/EK για την αποτέφρωση των αποβλήτων στοχεύει στην πρόληψη και των περιορισμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία από την αποτέφρωση και τη συνδυασμένη αποτέφρωση αποβλήτων. Η οδηγία αφορά όχι μόνο τις προοριζόμενες για την αποτέφρωση αποβλήτων εγκαταστάσεις (ειδικευμένες εγκαταστάσεις αποτέφρωσης) αλλά και τις εγκαταστάσεις «συνδυασμένης αποτέφρωσης», των οποίων βασικός σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας μέσω της χρήσης (κύρια ή βοηθητικά) αποβλήτων για καύσιμα.

Έχουν εκδοθεί επίσης κοινοτικές οδηγίες που αναφέρονται στη διαχείριση συγκεκριμένων ρευμάτων αποβλήτων των οποίων η διάθεση από κοινού με τα οικιακά απορρίμματα θα δημιουργούσε σημαντικά προβλήματα. Οι κυριότερες από τις οδηγίες είναι:

- Οδηγία 75/439/ΕΟΚ περί διαθέσεως των χρησιμοποιηθέντων ορυκτελαίων.
- Οδηγία 91/157/ΕΟΚ για τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές που περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες.
- Οδηγία 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας.
- Οδηγία 96/59/EK για τη διάθεση των πολυχλωροδифαινυλίων και των πολυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT).
- Οδηγία 2000/53/EK για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους.
- Οδηγία 2002/95/EK σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
- Οδηγία 2002/96/EK σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).
- Οδηγία 91/689/ΕΟΚ, για τα επικίνδυνα απόβλητα.
- Οδηγία 94/62/EK για την εναλλακτική διαχείριση.
- Κανονισμός 1774/2002/EK, για την διαχείριση ζωικών υποπροϊόντων και αποβλήτων.

4.2. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η βάση του θεσμικού πλαισίου για το περιβάλλον και κατ' επέκταση τη διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί ο *Νόμος 1650/1986* (άρθρα 11,12,13) «Για την προστασία του περιβάλλοντος» (όπως τροποποιήθηκε με τον *N. 3010/02* και τον *N. 3536/2007*) σε

συνδυασμό με την *KYA 49541/86* «Στερεά απόβλητα σε συμμόρφωση με την οδηγία 74/442/ΕΟΚ...».

Η *KYA 114218/97*, «Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων», εξειδικεύει το νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων, θέτοντας συγκεκριμένες προδιαγραφές για τα έργα.

Ο *Νόμος 2939/2001*, «Συσκευασίες και εναλλακτική διαχείριση των συσκευασιών και άλλων προϊόντων...», καθορίζεται το πλαίσιο υλοποίησης προγραμμάτων ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης, αξιοποίησης συσκευασιών και άλλων προϊόντων (μπαταρίες, ηλεκτρονικά, ελαστικά κ.ά.), μέσω της θέσπισης συγκεκριμένων ποσοτικών στόχων και χρονικών ορίων για την προσέγγισή τους. Μια σειρά από προεδρικά διατάγματα επίσης, έχουν εκδοθεί και καθορίζουν τον τρόπο διαχείρισης των ελαστικών, των ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών, των οχημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής τους, καθώς και τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.

Η *KYA 29407/3508/2002* θέτει τα μέτρα και τους όρους για την εφαρμογή της υγειονομικής ταφής των στερεών αποβλήτων, σύμφωνα με τις οδηγίες 99/31/ΕΚ.

Με την *KYA 50910/2727/2003*, «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων, Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης», εντάσσονται οι διατάξεις της οδηγίας 91/156/ΕΟΚ. Στην *KYA* καθορίζονται οι στόχοι και οι αρχές της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων, καθώς και οι προδιαγραφές του εθνικού (ΕΣΔΑ) αλλά και των περιφερειακών (ΠΕΣΔΑ) σχεδιασμών για την ολοκληρωμένη διαχείριση των αποβλήτων. Καθορίζονται οι υπόχρεοι φορείς για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων (ΦΟΔΣΑ), καθώς και μέτρα για την αποκατάσταση και αξιοποίηση των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων (ΧΑΔΑ).

Τέλος, με την *KYA 13588/725/2006*, μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων, καθορίζονται οι υποχρεώσεις των παραγωγών και των φορέων διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων, ενώ καθορίστηκαν και οι τεχνικές προδιαγραφές και το περιεχόμενο του εθνικού σχεδιασμού. για τη διαχείριση των συγκεκριμένων αποβλήτων (*KYA 24944/1159/2006*).

4.2.1. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Το ΠΕΣΔΑ Θεσσαλίας (ΚΥΑ 50910/2727/03) εγκρίθηκε βάσει της σχετικής μελέτης που εκπονήθηκε και αποτελεί τον βασικό άξονα της στρατηγικής που χαρακτήρισε για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Με τη μελέτη του ΠΕΣΔΑ Θεσσαλίας επιδιώκεται η ικανοποίηση των στόχων που τίθενται από το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (βάσει της οδηγίας 2008/98/ΕΚ) και αναφέρονται στην Περιφέρεια και ειδικότερα:

- Γίνεται προσπάθεια μείωσης των παραγόμενων στερεών αποβλήτων, ποσοτικοποιούνται οι στόχοι μείωσης και τίθενται συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα υλοποίησής τους.
- Γίνεται έρευνα της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης ή ανάκτησης υλικών ή ενέργειας από τα παραγόμενα στερεά απόβλητα και προωθούνται για υλοποίηση τα αντίστοιχα έργα.
- Εξασφαλίζεται η ασφαλής, από περιβαλλοντική και υγειονομική άποψη, διάθεση των στερεών αποβλήτων που δεν είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν.
- Παρέχεται η δυνατότητα υλοποίησης του Σχεδίου Διαχείρισης από κοινωνική και οικονομική άποψη με την τιμολογιακή πολιτική που θα ακολουθηθεί.
- Γίνεται καταγραφή των χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων που υπάρχουν και εξασφαλίζεται η αποκατάστασή τους.
- Ορίζονται οι Διαχειριστικές Ενότητες και οι Φορείς Διαχείρισης που θα έχουν την ευθύνη της λειτουργίας των χώρων διάθεσης και των εγκαταστάσεων αξιοποίησης των στερεών αποβλήτων.

Οι στόχοι που τίθενται από το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων προσδιορίζονται και ποσοτικοποιούνται σε τρεις γενικές κατηγορίες αποβλήτων:

- Στα Αστικά Στερεά Απόβλητα.
- Στα μη επικίνδυνα Βιομηχανικά Απόβλητα.
- Σε άλλες κατηγορίες μη επικίνδυνων στερεών αποβλήτων όπως ύψ από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων, μεταχειρισμένα ελαστικά, οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους, αδρανή προϊόντα κατασκευών – εκσκαφών – κατεδαφίσεων, απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα.

Σύμφωνα με τον ΕΣΔΣΑ η αξιοποίηση των ΑΣΑ επιτυγχάνεται με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση ή ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη διαδικασία που έχει ως στόχο την παραγωγή πρώτων υλών ή προϊόντων.

Η στρατηγική για την αξιοποίηση των ΑΣΑ καθορίζεται από τους στόχους της Περιφέρειας και αποτελείται από δύο ενότητες. Την ενότητα της αξιοποίησης των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων και την ενότητα των ανακυκλώσιμων αποβλήτων.

Ως προς τα ανακυκλώσιμα απόβλητα ισχύει ο νόμος 2939/01 (ΦΕΚ 179/Α/16-8-2001) σχετικά με την Εναλλακτική Διαχείριση Συσκευασιών και άλλων προϊόντων. Υπόχρεοι φορείς για την υλοποίηση των στόχων που αφορούν ανακυκλώσιμα απόβλητα είναι τα εγκεκριμένα συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης.

Ως προς τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα σημειώνεται πως όλες οι τεχνολογίες επεξεργασίας – αξιοποίησης αυτών είναι αποδεκτές και μπορούν να εφαρμοστούν. Η τελική επιλογή θα γίνει από τους φορείς διαχείρισης, μετά από σχετικές μελέτες.

Για την Περιφέρεια Θεσσαλίας και για την επίτευξη των στόχων του ΠΕΣΔΑ προβλέπονται τα ακόλουθα όσον αφορά στα έργα επεξεργασίας και αξιοποίησης των ΑΣΑ:

- Για τα ανακυκλώσιμα απόβλητα, τη λειτουργία Κέντρων Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών ,μόνο μέσω πιστοποιημένων εταιρειών του εγκεκριμένου Συστήματος Εναλλακτικής Διαχείρισης. Ενδεικτικά, μπορούμε να κάνουμε αναφορά στο Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών (ΣΣΕΔ) – «Ανακύκλωση», στο Σύστημα Συλλογικής Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών Ορυκτελαίων «ΚΕΠΕΔ ΑΕ», στο Ατομικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών της Ιδιωτικής Ετικέτας και Εισαγωγής Προϊόντων «ΑΒ Βασιλόπουλος ΑΕ».
- Για τα βιοαποδομήσιμα αστικά απόβλητα:
 - Προτείνεται η κατασκευή και λειτουργία τριών (3) μικρών μονάδων αξιοποίησης των οργανικών αποβλήτων (μία μονάδα ανά ΔΕ), κυρίως ανοικτού τύπου.
 - Ανάπτυξη συστήματος συλλογής των οργανικών από λαϊκές αγορές και μεγάλα καταστήματα.

- Διάθεση της λυματολάσπης των ΕΕΑΛ, μετά τη σταθεροποίησή της, στις μονάδες κομποστοποίησης.
- Ανάπτυξη συστήματος Διαλογής στην Πηγή (ΔσΠ) των οργανικών, το οποίο εξασφαλίζει τις απαραίτητες ποσότητες, ενώ εγγυάται την παραγωγή πολύ καλής ποιότητας προϊόντος κομπόστ.
- Εκστρατεία ενημέρωσης και στρατηγικής marketing για την προώθηση του παραγόμενου κομπόστ.

Ο αριθμός των μονάδων αξιοποίησης των οργανικών αποβλήτων είναι ενδεικτικός και όποιος φορέας (ακόμα και ιδιωτικός) επιθυμεί, μπορεί να δημιουργήσει μονάδες κομποστοποίησης (ανοικτού ή κλειστού τύπου) αρκεί να ακολουθήσει τις διαδικασίες που προβλέπονται από την περιβαλλοντική νομοθεσία.

Γενικά τονίζεται, πως όλα τα έργα που μπορούν να συμβάλλουν στην περαιτέρω αξιοποίηση των βιοαποδομήσιμων στερεών αποβλήτων, και κριθούν βιώσιμα από τις αρμόδιες υπηρεσίες, είναι αποδεκτά στα πλαίσια του ΠΕΣΔΑ, εφόσον εναρμονίζονται με τους στόχους του και έχουν την απαραίτητη περιβαλλοντική αδειοδότηση.

Τα έργα κατασκευής μονάδων κομποστοποίησης κοστολογούνται στα 1.700.000€ για το καθένα.

Για τη διαχείριση του ΠΕΣΔΑ και μέχρι την σύσταση του Ενιαίου Περιφερειακού ΦΟΔΣΑ, λειτουργούν τρεις ΦΟΔΣΑ, ένας ανά ΔΕ.

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

5.1. ΒΑΣΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Έχοντας παρουσιάσει τους βασικούς άξονες των διαφόρων τεχνολογιών επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων και έχοντας ορίσει τις βασικές πτυχές του νομοθετικού πλαισίου που ορίζει τη διαχείρισή τους, μπορούμε να προχωρήσουμε στην παρουσίαση εναλλακτικών σεναρίων, τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στην περίπτωση της Περιφέρειας Θεσσαλίας.

Θα γίνει παρουσίαση και αξιολόγηση τεσσάρων σεναρίων διαχείρισης ΑΣΑ, είτε σύμμεικτων είτε διαχωρισμένων στην πηγή (ΔσΠ).

Τα εξεταζόμενα σενάρια είναι:

- Μία μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (με κομποστοποίηση) ανά ΔΕ.
- Μία μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (με αναερόβια χώνευση) ανά ΔΕ.
- Μία μονάδα Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας (με αναερόβια χώνευση και κομποστοποίηση) ανά ΔΕ.
- Μία κεντρική μονάδα αποτέφρωσης ΑΣΑ για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Πριν την παρουσίαση των σεναρίων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής παραδοχές:

- Π-1. Οι διαχειριστικές ενότητες, όπως έχουν οριστεί και στο αντίστοιχο ΠΕΣΔΑ είναι: 1^η ΔΕ οι Ν. Καρδίτσας & ν. Τρικάλων, 2^η ΔΕ ο Ν. Λάρισας, 3^η ΔΕ ο Ν. Μαγνησίας (ο ηπειρωτικός).
- Π-2. Θεωρείται ότι έχουν επιτευχθεί οι ποσοτικοί στόχοι της Οδηγίας 2004/12/ΕΚ, για την ανακύκλωση των υλικών συσκευασίας, σύμφωνα με την οποία πρέπει να ανακυκλώνεται το 55% με 80% κ.β. των απορριμμάτων συσκευασίας.
- Π-3. Εφαρμόζονται τα προγράμματα διαλογής στην πηγή.
- Π-4. Θεωρείται δεδομένη η δυσκολία διάθεσης των δευτερογενών καυσίμων (RDF/SRF), καθώς και του παραγόμενου κομπόστ.

- Π-5. Το ποσοστό των οργανικών ΒΑΑ που μέσω των μπλε κάδων της ανακύκλωσης καταλήγει στο ΧΥΤΑ εκτιμάται στο 10% του περιεχομένου του κάδου.
- Π-6. Από τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας, η αποτέφρωση είναι αυτή που έχει τις περισσότερες εφαρμογές στα αστικά απορρίμματα και αποτελεί την περισσότερο δοκιμασμένη τεχνολογία.
- Π-7. Σύμφωνα με τη διεθνή εμπειρία, το κατασκευαστικό κόστος μιας μονάδας ΜΒΕ παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση, ωστόσο παραμένει πού χαμηλότερο της καύσης.
- Π- 8. Για τον προσδιορισμό του κόστους επένδυσης και του κόστους λειτουργίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω εξισώσεις:

Πίνακας 8 Εκτίμηση κόστους επένδυσης και λειτουργίας (Tsilemou and Panagiotakopoulos, 2005)

Διεργασία	Εξίσωση κόστους επένδυσης (€) ^a	Εξίσωση κόστους λειτουργίας (€/tn) ^a	Δυναμικότητα (tn/yr)
Καύση	$y=5.000*x^{0,8}$	$y=700*x^{-0,3}$	$20.000 \leq x \leq 600.000$
ΜΒΕ κομποστοποίηση	$y=1.500*x^{0,8}$	$y=4.000*x^{-0,4}$	$7.500 \leq x \leq 250.000$
ΜΒΕ αναερόβια χώνευση	$y= 2.500*x^{0,8}$	$y=5.000*x^{-0,4}$	$7.500 \leq x \leq 250.000$
Αερόβια χώνευση	$y= 34.500*x^{0,55}$	$y=17.000*x^{-0,6}$	$2.500 \leq x \leq 100.000$
κομποστοποίηση	$y= 2.000*x^{0,8}$	$y=2.000*x^{-0,5}$	$2.500 \leq x \leq 120.000$

* α : Επίπεδα τιμών 2004.

**Η συνάρτηση κόστους της καύσης δεν συμπεριλαμβάνει τις δαπάνες για τη διάθεση των υπολειμμάτων της καύσης.

- Π-9. Το υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης είναι το 1% του ρεύματος εισόδου του βιολογικού σταδίου, ενώ το χωνεμένο υλικό που προκύπτει, αντιστοιχεί στο 42,3% του ρεύματος εισόδου του βιολογικού σταδίου.
- Π-10. Το υλικό τύπου κομπόστ (CLO), που προκύπτει από την κομποστοποίηση, αντιστοιχεί στο 60% του ρεύματος εισόδου του βιολογικού σταδίου

(Παναγιωτόπουλος, 2002). Όντας σταθεροποιημένο, και λαμβάνοντας υπόψη τη δυσκολία διάθεσης στην αγορά, θεωρείται ότι καταλήγει σε ΧΥΤΑ-ΧΥΤΥ.

- Π-11. Σύμφωνα με τη μελέτη Waste Management Options and Climate Change (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2001) σε μια εγκατάσταση αναερόβιας ζύμωσης, από 1tn του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ παράγονται 100m³ βιοαερίου, από την καύση του οποίου παράγονται 180KWh ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ από έναν mass burn αποτεφρωτήρα, και για 1tn ΑΣΑ, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται είναι της τάξης των 427KWh.

Πίνακας 9 Ποσότητες απορριμμάτων ανά ΔΕ και ρεύματα εισόδου

	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ	ΣΥΝΟΛΟ	
Παραγωγή ΑΣΑ	128.923	136.966	109.521	375.410	tn
ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΣΑ					
Ζυμώσιμα	61,2	50,8	49,6		%
Χαρτί - χαρτόνι	18,2	13,4	19,8		%
Πλαστικά	12,1	15,2	21,6		%
Μέταλλα	1,7	5,6	4,1		%
Γυαλί	4,6	13,3	2,2		%
Υπόλοιπα	2,3	1,7	2,7		%
ΣΥΝΟΛΟ	100	100	100		%
ΡΕΥΜΑΤΑ ΑΣΑ					
Ζυμώσιμα	78.875	69.579	54.322	202.776	tn
Χαρτί - χαρτόνι	23.412	18.353	21.685	63.451	tn
Πλαστικά	15.600	20.819	23.657	60.075	tn
Μέταλλα	2.192	7.670	4.490	14.352	tn
Γυαλί	5.930	18.216	2.409	26.556	tn
Υπόλοιπα	2.914	2.328	2.967	8.199	tn
ΣΥΝΟΛΟ	128.923	136.966	109.521	375.410	tn
ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ					
Χαρτί - χαρτόνι	23.412	18.353	21.685	63.451	tn
Πλαστικά	15.600	20.819	23.657	60.075	tn
Μέταλλα	2.192	7.670	4.490	14.352	tn
Γυαλί	5.930	18.216	2.409	26.556	tn
ΣΥΝΟΛΟ	47.134	65.059	52.242	164.435	tn
ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ (ξεχωριστό ρεύμα, καταλήγει σε ΚΔΑΥ, 55%)					
Χαρτί - χαρτόνι	12.877	10.094	11.927	34.898	tn
Πλαστικά	8.850	11.450	13.011	33.041	tn
Μέταλλα	1.205	4.219	2.470	7.894	tn
Γυαλί	3.262	10.019	1.325	14.606	tn
ΣΥΝΟΛΟ	25.924	35.782	28.733	90.439	tn
ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ (μέρος σύμμεικτων απορριμμάτων, 45%)					
Χαρτί - χαρτόνι	10.536	8.259	9.758	28.553	tn
Πλαστικά	7.020	9.368	10.645	27.034	tn
Μέταλλα	986	3.452	2.021	6.458	tn
Γυαλί	2.669	8.197	1.084	11.950	tn
ΣΥΝΟΛΟ	21.210	29.276	23.509	73.996	tn
ΒΑΑ					
ΒΑΑ σε πράσινο κάδο	76.283	66.000	51.449	193.732	tn
ΒΑΑ σε μπλε κάδο	2.592	3.578	2.873	9.044	tn
ΣΥΝΟΛΟ	78.875	69.579	54.322	202.776	tn
ΡΕΥΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ					
ΒΑΑ	76.283	66.000	51.449	193.732	
ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	21.210	29.276	23.509	73.996	tn
Χαρτί - χαρτόνι	10.536	8.259	9.758	28.553	tn
Πλαστικά	7.020	9.368	10.645	27.034	tn
Μέταλλα	986	3.452	2.021	6.458	tn
Γυαλί	2.669	8.197	1.084	11.950	tn
Υπόλοιπα	2.914	2.328	2.967	8.199	tn
ΣΥΝΟΛΟ	100.407	97.605	77.915	275.927	tn

* Ίδια επεξεργασία, βάσει δεδομένων Expert Consulting, 2008

5.2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Η επιλογή της βέλτιστης μεθόδου διαχείρισης, του καλύτερου σεναρίου δηλαδή, γίνεται με συγκριτική αξιολόγηση όλων των προτάσεων μέσω της Πολυκριτηριακής Μεθόδου.

Η Πολυκριτηριακή Μέθοδος αποτελεί γενικά ένα χρήσιμο εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων και στηρίζεται στη χρήση ενός αριθμού κριτηρίων τα οποία επηρεάζουν την επιλογή. Προκειμένου επομένως να επιτευχθεί η αξιολόγηση των προτεινόμενων λύσεων δεν επαρκεί η εξέταση μίας μόνο κρίσιμης μεταβλητής. Καθοριστική παράμετρος στη διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός των κριτηρίων με βάση τα οποία θα αξιολογηθεί το υπό μελέτη θέμα. Τα κριτήρια πρέπει να πληρούν μια σειρά από προϋποθέσεις, με σημαντικότερη την ικανότητα κάλυψης όσο το δυνατόν περισσότερων πτυχών του θέματος και να είναι κοινά για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια (Δούμπος,2003).

Το κάθε κριτήριο έχει με τη σειρά του ένα συντελεστή βαρύτητας ενώ (για μεγαλύτερη προσέγγιση) μπορεί να περιλαμβάνει και ένα πλήθος υποκριτηρίων τα οποία και βαθμολογούνται ανάλογα με τις επιδόσεις τους και καθένα από τα οποία έχει το δικό του βάρος σε σχέση με το κριτήριο που ανήκει. Η βαθμολόγηση των υποκριτηρίων γίνεται με βάση τη σπουδαιότητα που θεωρείται ότι έχει το καθένα από αυτά με γνώμονα το βαθμό επίτευξης στόχων, το βαθμό επικινδυνότητας, το βαθμό συμμετοχής και κοινωνικής αποδοχής, των συνθηκών που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή μελέτης, των προτεραιοτήτων που έχουν τεθεί κ.ά.

Η βαθμολογία του κάθε κριτηρίου, ανάλογα με το σενάριο, προκύπτει ως εξής :

$$\text{Βαθμολογία Κριτηρίου} = BK \times \Sigma (BY_i \times EBY_i)$$

Όπου BK: Βάρος Κριτηρίου

BY: Βαθμολογία Υποκριτηρίου i

EBY: Ειδικό Βάρος Υποκριτηρίου i

Το άθροισμα των βαθμολογιών των κριτηρίων αποτελεί τη συνολική βαθμολογία του σεναρίου.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση της επιλογής της καλύτερης λύσης για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων τα κριτήρια θα μπορούσαν να χωριστούν στις εξής γενικές κατηγορίες, ανάλογα με τη σκοπιά προσέγγισης:

- Οικονομικά κριτήρια.
- Περιβαλλοντικά κριτήρια.
- Αξιοποίηση Πόρων.
- Τεχνολογικά / Λειτουργικά κριτήρια.
- Εφαρμογή πολιτικών.

Με βάση αυτές τις γενικές κατηγορίες καταρτίζονται και τα υποκριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων. Τα υποκριτήρια έχουν τη μορφή στόχων.

Οικονομικά κριτήρια

Στα οικονομικά κριτήρια περιλαμβάνονται, κυρίως, το χαμηλό κόστος επένδυσης και το χαμηλό κόστος λειτουργίας. Ως κόστος λειτουργίας λαμβάνεται το καθαρό κόστος για τη λειτουργία μιας εγκατάστασης και περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, τη μισθοδοσία του προσωπικού, το κόστος των πρώτων υλών, την κατανάλωση ενέργειας κ.ά. Περιλαμβάνονται επίσης οι στόχοι των υψηλών εσόδων καθώς η αξιοποίηση της χρηματοδότησης.

Περιβαλλοντικά κριτήρια

Στα περιβαλλοντικά κριτήρια περιλαμβάνονται η μικρότερη ρύπανση των υπογείων και επιφανειακών υδάτων, η μικρότερη ρύπανση αέρα, η μικρότερη ηχορύπανση, η μικρότερη αισθητική όχληση.

Αξιοποίηση πόρων

Η αξιοποίηση πόρων αφορά στα ποσοστά ανάκτησης υλικών και ενέργειας.

Τεχνολογικά / Λειτουργικά κριτήρια

Στα τεχνολογικά και λειτουργικά κριτήρια περιλαμβάνεται η συμβατότητα με τις οδηγίες της ΕΕ (οι οποίες έχουν ενσωματωθεί και στην ελληνική νομοθεσία), η αξιοπιστία, η λειτουργική εμπειρία, η ευελιξία σε νέες απαιτήσεις καθώς και η ευαισθησία σε μεταβολές των χαρακτηριστικών των στερεών αποβλήτων.

Σε γενικές γραμμές όλα τα σενάρια πρέπει να είναι σύμφωνα με τις υπάρχουσες οδηγίες της ΕΕ και με τις τεχνικές προδιαγραφές για την ολοκληρωμένη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.

Η αξιοπιστία σε συνδυασμό με τη λειτουργική εμπειρία αναφέρονται κυρίως σε οποιαδήποτε εμπειρία υπάρχει από την εφαρμογή μιας μεθόδου, είτε σε τοπικό είτε σε διεθνές επίπεδο.

Η δυνατότητα μελλοντικής ανάπτυξης και η ευελιξία σε νέες απαιτήσεις αφορούν κυρίως το κατά πόσο εύκολη είναι η επεκτασιμότητα ενός συστήματος, ώστε να αποκτήσει υψηλότερη δυναμικότητα (σε μικρό χρονικό διάστημα και με απαίτηση των ελάχιστων δυνατών πόρων εργασίας, υλικών, κεφαλαίων) καθώς και κατά πόσο υπάρχει η ευελιξία του συστήματος ώστε να μπορεί να αντιδρά (χωρίς τροποποιήσεις μεγάλης κλίμακας) σε μελλοντικές απαιτήσεις (υψηλότερα ποσοστά ανάκτησης, αυστηρότερες προδιαγραφές ποιότητας).

Σημαντικός επίσης παράγοντας αποτελεί το κατά πόσο μια συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να ανταποκρίνεται σε διαχρονικές μεταβολές (αλλαγή καταναλωτικών συνηθειών) των ποιοτικών χαρακτηριστικών (σύσταση) των στερεών αποβλήτων.

Κοινωνικά / Πολιτικά κριτήρια

Στα κοινωνικά και πολιτικά κριτήρια περιλαμβάνονται η προσφορά εργασίας, η μεταβολή των αξιών γης, η υποστήριξη από τοπικούς παράγοντες, η συμφωνία με πολιτικές και στρατηγικές της ΕΕ.

Ένα από τα σημαντικότερα κοινωνικοπολιτικά κριτήρια αποτελεί η προσφορά εργασίας που θα προκύψει είτε άμεσα, από την κατασκευή και λειτουργία των εγκαταστάσεων, είτε έμμεσα, από την ανάπτυξη άλλων τομέων της τοπικής οικονομίας (π.χ. βιομηχανίες επεξεργασίας ανακυκλώσιμων υλικών).

Η μεταβολή αξιών γης προσδιορίζει το μέγεθος των επιπτώσεων στις μελλοντικές αξίες γης των περιοχών πλησίον, και όχι μόνο, του χώρου λειτουργίας των εγκαταστάσεων ενός συστήματος επεξεργασίας και τελικής διάθεσης των στερεών αποβλήτων.

Η υποστήριξη από 'τοπικούς' παράγοντες αφορά στην κοινωνική αποδοχή της υποψήφιας μεθόδου. Αφορά στο βαθμό στον οποίο το προτεινόμενο σύστημα θα τύχει της

υποστήριξης των αιρετών της τοπικής αυτοδιοίκησης, των εκπροσώπων των πολιτικών κομμάτων καθώς και των ίδιων των πολιτών.

Η συμφωνία με πολιτικές – στρατηγικές αρχές της ΕΕ εστιάζει στον βαθμό στον οποίο το προτεινόμενο μοντέλο συμβαδίζει με τη στρατηγική (έχουν τεθεί συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα), τις πολιτικές και τους στόχους έτσι όπως χαράσσονται από τα όργανα της ΕΕ και αφορούν τομείς διαχείρισης των στερεών αποβλήτων.

Έχοντας ορίσει λοιπόν τα γενικά κριτήρια με τα αντίστοιχα βάρη τους, τα υποκριτήρια (βαθμολογημένα) με τα αντίστοιχα ειδικά τους βάρη, μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της βαθμολογίας του κάθε σεναρίου. Όσο μεταβάλλονται τα βάρη είτε των κριτηρίων είτε των υποκριτηρίων (ανάλογα με τους στόχους που τίθενται κάθε φορά) προκύπτουν και οι αντίστοιχες βαθμολογίες των σεναρίων.

6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

6.1. ΣΕΝΑΡΙΟ 1. ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΜΕ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ)

6.1.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το σενάριο προβλέπει τη δημιουργία τριών μονάδων ΜΒΕ (μία ανά ΔΕ) και δίνεται σχηματικά στο διάγραμμα ροής.

Σε κάθε μονάδα, μέσω της μηχανικής διαλογής θα πραγματοποιείται ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών, ενώ το οργανικό κλάσμα (είτε από προδιαλεγμένα ΒΑΑ είτε από σύμμεικτα ΑΣΑ) μέσω της βιολογικής επεξεργασίας θα μετατρέπεται σε υλικό τύπου κομπόστ, το οποίο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε αποκαταστάσεις χώρων υγειονομικής ταφής ή σε άλλες χρήσεις.

Το υπόλειμμα που θα προκύπτει από τις διεργασίες θα οδηγείται σε ΧΥΤΥ.

Πίνακας 10 Ποσότητες εισερχομένων απορριμμάτων και εξερχομένων προϊόντων στις μονάδες επεξεργασίας, για το 1^ο Σενάριο.

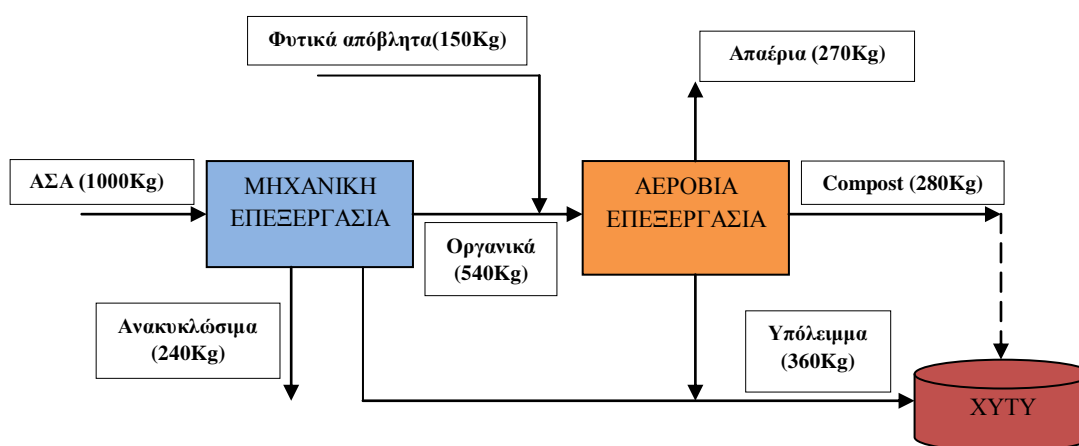
	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΕΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ					
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
ΑΣΑ	100.407	97.605	77.915	275.927	tn/yr
ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
Ανακυκλώσιμα υλικά	21.085	20.497	16.362	57.944	tn/yr
Ζυμώσιμα	60.244	58.563	46.749	165.556	tn/yr
ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ					
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
Ζυμώσιμα	60.244	58.563	46.749	165.566	tn/yr
ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
Υλικό τύπου compost	24.098	23.425	18.700	66.223	tn/yr
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΠΡΟΣ ΧΥΤΥ	31.126	30.258	24.154	85.538	tn/yr

*Ίδια επεξεργασία, βάσει δεδομένων Expert Consulting, 2008

6.1.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Για την παρουσίαση του σεναρίου γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Το εισερχόμενο ρεύμα ΑΣΑ στη μονάδα ΜΒΕ μπορεί να είναι είτε σύμμεικτα είτε διαχωρισμένα στην πηγή απορρίμματα.
- Όλες οι εκπομπές και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιγράφονται στα αντίστοιχα κεφάλαια παρουσίασης των μεθόδων που χρησιμοποιούνται.
- Τα ποσοστά ανάκτησης, κομποστοποίησης και υπολείμματος είναι βάσει του ισοζυγίου μάζας της εικόνας 26.



Εικόνα 26 Διάγραμμα ροής και το ισοζύγιο μάζας μιας τυπικής εγκατάστασης ΜΒΕ (ανάκτηση υλικών και κομποστοποίηση) (Economopoulos, 2006)

6.1.3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Η κομποστοποίηση, σε όλες τις παραλλαγές της και ως διεργασία βιολογικής επεξεργασία, είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία για μια ποικιλία οργανικών υλικών, συμπεριλαμβανομένου και του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ. Υπάρχουν πάνω από 60 κατασκευαστές διαφόρων συστημάτων κομποστοποίησης (στα πλαίσια της λειτουργίας μιας μονάδας ΜΒΕ) στη Ευρώπη και τη Βόρειο Αμερική (Juniper Consultancy Services Ltd., 2005), ο καθένας με πολλές μονάδες στο ενεργητικό του.

Η μεγαλύτερη εμπειρία στην κομποστοποίηση του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ υπάρχει στις χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, αλλά και στην Ιταλία, στις οποίες από τα ζυμώσιμα (ειδικά όταν έχει γίνει διαλογή στην πηγή) παράγεται κομπόστ υψηλής ποιότητας.

Οι όποιες αμφιβολίες και αβεβαιότητες σχετικά με την τεχνολογία της κομποστοποίησης έγκειται στην ποιότητα του παραγόμενου κομπόστ, η οποία εξαρτάται από το ποσοστό των ξένων προσμίξεων και τις συγκεντρώσεις των πιθανών ρύπων (βαρέα μέταλλα), οι οποίες και καθορίζουν τη δυνατότητα ασφαλούς διάθεσης στο περιβάλλον. Η εμπειρία έχει δείξει

ότι η χρήση πρώτων υλών προερχόμενων από διαλογή στην πηγή οδηγεί σε καλής ποιότητας κομπόστ, σε αντίθεση με το προϊόν που παράγεται από σύμμικτα απορρίμματα, το οποίο έχει περιορισμένες δυνατότητες αξιοποίησης και συνήθως καταλήγει σε ΧΥΤΥ.

Για την Ευρώπη, σε γενικές γραμμές, ισχύει (Barth,2006):

- Περίπου 1800 μονάδες που επεξεργάζονται το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ, μετά από Διαλογή στην Πηγή, εκ των οποίων το 40% επεξεργάζεται μόνο πράσινα απόβλητα.
- Η δυναμικότητα των μονάδων αυτών είναι περίπου 11 εκατομμύρια τόνοι ετησίως για βιοαπόβλητα (κουζίνας – κήπου) και 7 εκατομμύρια τόνοι αποκλειστικά για πράσινα απόβλητα.
- Υπάρχουν 800 μικρότερες μονάδες που συν – κομποστοποιούν αγροτικά απόβλητα με βιοαπόβλητα.
- Για λόγους δημόσια υγείας και της νομοθεσίας τα ζωικά απόβλητα και τα υποπροϊόντα τους οδηγούνται σε κλειστές μονάδες κομποστοποίησης.
- Στην Ολλανδία κομποστοποιούνται ετησίως 1,5 εκατομμύριο τόνοι πράσινων αποβλήτων, στη Δανία 0,65 εκατομμύρια τόνοι, στη Μ. Βρετανία 1 εκατομμύριο τόνοι, στο Βέλγιο και τη Σουηδία από 0,4 εκατομμύρια τόνοι. Τα πράσινα απόβλητα προέρχονται από Διαλογή στην Πηγή.
- Από τις μεσογειακές χώρες, στην Ιταλία συλλέγονται χωριστά 2,8 εκατομμύρια τόνοι βιοαποβλήτων, ενώ και στην Καταλονία εφαρμόζεται επιτυχημένα σύστημα ΔσΠ για τα οργανικά.
- Μέσω εθνικών προγραμμάτων διασφάλισης της ποιότητας του κομπόστ διασφαλίζεται η παραγωγή ενός προϊόντος με θέση στην αγορά των εδαφοβελτιωτικών και λιπασμάτων.

6.1.4. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ

Με την εφαρμογή του Σεναρίου 1 επιτυγχάνεται μεγάλος βαθμός σταθεροποίησης του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, συμβάλλοντας παράλληλα στην επίτευξη των στόχων μείωσης των ποσοτήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα ανάκτησης ανακυκλώσιμων υλικών σε επιθυμητά ποσοστά, βάσει και των κοινοτικών οδηγιών.

Είναι επίσης απόλυτα συμβατό με τα προτεινόμενα έργα του εγκεκριμένου ΠΕΣΔΑ Θεσσαλίας, με αναθεώρηση του προϋπολογισμού.

6.1.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα οικονομικά στοιχεία περιλαμβάνουν το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας.

Στο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης υπολογίζεται το κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, η μισθοδοσία του προσωπικού, το κόστος των πρώτων υλών, η κατανάλωση ενέργειας κ.ά.

Τα υπολογιζόμενα κόστη για κάθε μια από τις μονάδες ΜΒΕ ανά ΔΕ φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 11 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδων 1ου Σεναρίου

μονάδα ΜΒΕ (με κομποστοποίηση)	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ
Κόστος επένδυσης	15.000.000 €	14.800.000€	12.300.000€
Κόστος λειτουργίας	40 €/tn	41€/tn	44€/tn

*Ιδία επεξεργασία

6.1.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα ισχυρά σημεία από την εφαρμογή του Σεναρίου 1 περιλαμβάνεται η μεγάλη δυνατότητα επίτευξης των στόχων που έχουν οριστεί και από τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες (99/31/ΕΚ, 94/62/ΕΚ, 2004/12/ΕΚ), καθώς και ότι βρίσκεται ψηλά στην ιεράρχηση ως προς τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ. Με την εφαρμογή του θα μπορούσε να δοθεί παράταση στη διάρκεια ζωής των υφιστάμενων ΧΥΤΑ, συντελώντας παράλληλα στην υλοποίηση των στόχων, έτσι όπως έχουν οριστεί και από τον αντίστοιχο ΠΕΣΔΑ για τη Θεσσαλία. Η πολύ μεγάλη εμπειρία από παρόμοιες εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με τη συνεχή εξέλιξη των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών αποτελούν σημαντικές προϋποθέσεις για την επιλογή υλοποίησης ενός τέτοιου σεναρίου. Στα θετικά σημεία πρέπει να συμπεριλάβουμε και το γεγονός ότι από οικονομικής άποψης, η χρήση φυσικών πόρων είναι περιορισμένη καθώς και ότι τέτοιου είδους προσπάθειες μπορούν να χρηματοδοτηθούν είτε από πόρους της ΕΕ είτε μέσω ΣΔΙΤ.

Στα αρνητικά σημεία του Σεναρίου 1 περιλαμβάνονται κυρίως η αυξημένη οπτική όχληση καθώς και ότι η δυσκολία διάθεσης τόσο των ανακυκλώσιμων υλικών όσο και του υλικού

τύπου κομπόστ (ειδικά για τις περιπτώσεις που προέρχονται από σύμμεικτα απόβλητα) πρέπει να θεωρείται δεδομένη.

6.2. ΣΕΝΑΡΙΟ 2. ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΜΕ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ)

6.2.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το σενάριο προβλέπει τη δημιουργία τριών μονάδων ΜΒΕ (μία ανά ΔΕ) και δίνεται σχηματικά στο διάγραμμα ροής.

Σε κάθε μονάδα, μέσω της μηχανικής διαλογής θα πραγματοποιείται ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών, ενώ το οργανικό κλάσμα (είτε από προδιαλεγμένα ΒΑΑ είτε από σύμμικτα ΑΣΑ) μέσω της αναερόβιας χώνευσης θα υφίσταται βιοαποδόμηση και κατόπιν αφυδάτωσης θα οδηγείται σε ΧΥΤΥ, ενώ παράλληλα θα παράγεται βιοαέριο (ως αέριο προϊόν της χώνευσης).

Το υπόλειμμα που θα προκύπτει από τις διεργασίες θα οδηγείται σε ΧΥΤΥ.

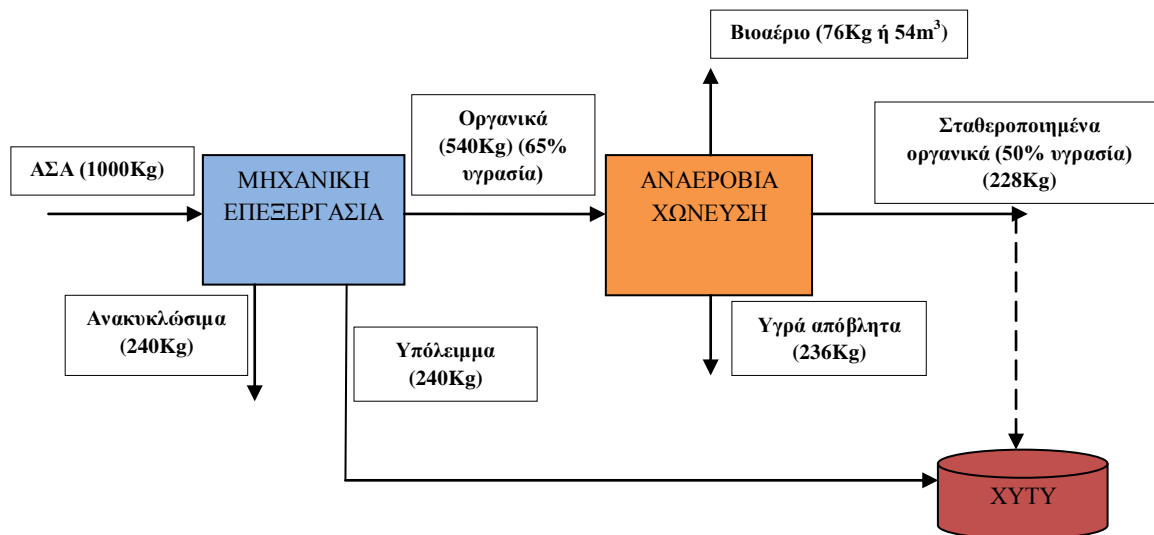
Πίνακας 12 Ποσότητες εισερχομένων απορριμμάτων και εξερχομένων προϊόντων στις μονάδες επεξεργασίας, για το 2^ο Σενάριο.

	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΕΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ					
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
ΑΣΑ	100.407	97.605	77.915	275.927	tn/yr
ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
Ανακυκλώσιμα υλικά	24.098	23.425	18.700	66.223	tn/yr
Ζυμώσιμα	54.220	52.707	42.074	149.001	tn/yr
Υπόλειμμα	22.090	21.473	17.141	60.704	tn/yr
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ					
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
Ζυμώσιμα	54.220	52.707	42.074	149.001	tn/yr
ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
Βιοαέριο	5.422.000	5.270.700	4.207.400	14.900.100	m ³ /yr
Χωνεμένο υλικό	22.893	22.254	17.671	62.818	tn/yr
Υγρά απόβλητα	23.315	22.664	18.092	64071	tn/yr
ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ					
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΠΡΟΣ ΧΥΤΥ	22.090	21.473	17.141	60.704	tn/yr
ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	108,44*10 ⁶	105,41*10 ⁶	84,15*10 ⁶	289*10 ⁶	MJ/m ³ yr

*Ίδια επεξεργασία, βάσει δεδομένων Expert Consulting, 2008

Για την παρουσίαση του σεναρίου γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Το εισερχόμενο ρεύμα ΑΣΑ στη μονάδα ΜΒΕ μπορεί να είναι είτε σύμμεικτα είτε διαχωρισμένα στην πηγή απορρίμματα.
- Όλες οι εκπομπές και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιγράφονται στα αντίστοιχα κεφάλαια παρουσίασης των μεθόδων που χρησιμοποιούνται.
- Το παραγόμενο βιοαέριο περιλαμβάνει 55% - 60% μεθάνιο κ.ό., η θερμογόνος δύναμη του οποίου είναι περίπου 20MJ/m³.
- Τα ποσοστά ανάκτησης, αναερόβιας ζύμωσης και υπολείμματος είναι βάσει του ισοζυγίου μάζας της εικόνας 27.



Εικόνα 27 Διάγραμμα ροής και το ισοζύγιο μάζας μιας τυπικής εγκατάστασης ΜΒΕ (ανάκτηση υλικών και αναερόβια χώνευση) (Economopoulos, 2007)

6.2.3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται κυρίως για την επεξεργασία ιλύος, από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, καθώς και για κτηνοτροφικά απόβλητα. Η χρήση της για τη επεξεργασία του οργανικού κλάσματος των αστικών αποβλήτων είναι σχετικά πιο πρόσφατη και περιορισμένη, υπάρχουν όμως πλέον αρκετές μονάδες (και στην Ευρώπη) ώστε να θεωρείται ως δοκιμασμένη επιλογή. Η κατάσταση γενικά στην Ευρώπη διαμορφώνεται ως εξής (Barth,2006):

- Σε χώρες όπως η Γερμανία και η Αυστρία, παρατηρείται αύξηση της εγκατεστημένης αναερόβιας χώνευσης για εμπορικά και οικιακά τροφικά απόβλητα, ενώ σημαντικό ενδιαφέρον υπάρχει και στην Ισπανία, όπου και γίνονται

προσπάθειες παραγωγής ενός εμπορεύσιμου προϊόντος από την αναερόβια χώνευση σύμμικτων ΑΣΑ.

- Η τάση είναι να κατασκευάζονται μεγάλες μονάδες (δυναμικότητας άνω των 50.000 τόνων/ έτος).
- Η Δανία έχει ως στόχο την επεξεργασία των διαλεγμένων στην πηγή οικιακών βιοαποβλήτων σε υπάρχουσες μονάδες αναερόβιας χώνευσης αγροτικών αποβλήτων.
- Οι μονάδες, εκτός από το βιοαέριο, στοχεύουν και στην παραγωγή ενός εμπορικά αξιοποιήσιμου προϊόντος για την αγορά των εδαφοβελτιωτικών και λιπασμάτων.
- Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις αναερόβιας χώνευσης στερεών αποβλήτων μπορούν να διακριθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες, ανάλογα με τα υλικά που επεξεργάζονται (EEA, 2000):
 - Μονάδες χώνευσης, διαλεγμένων στην πηγή βιοαποβλήτων, δηλαδή ενός σχετικά καθαρού ρεύματος οργανικών αποβλήτων (κουζίνας, κήπου).
 - Μονάδες χώνευσης του οργανικού κλάσματος των σύμμικτων αποβλήτων, ως μέρος ενός συστήματος μηχανικής – βιολογικής επεξεργασίας, με στόχο την παραγωγή βιοαερίου και ενός χαμηλής αξίας εδαφοβελτιωτικού ή υλικού κάλυψης σε ΧΥΤΑ – ΧΥΤΥ.
 - Κεντρικές μονάδες χώνευσης, όπου το οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ μετά από διαλογή στην πηγή υφίσταται επεξεργασία μαζί με άλλα απόβλητα (γεωργοκτηνοτροφικά και ιλύς).

Στην πρώτη κατηγορία εμφανίζεται η μεγαλύτερη ποικιλία συστημάτων που κάνουν χρήση σχεδόν όλων των διαθέσιμων τεχνολογιών αναερόβιας χώνευσης και υπάρχουν περισσότεροι από 40 ανεξάρτητοι κατασκευαστές βιοαντιδραστήρων.

Η δεύτερη κατηγορία, της αναερόβιας χώνευσης σύμμικτων αποβλήτων δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Αν και η βιολογική διεργασία της χώνευσης λειτουργεί ικανοποιητικά και για σύμμεικτα ΑΣΑ, οι ξένες προσμίξεις μπορούν να δημιουργήσουν τεχνικά προβλήματα και βλάβες, επηρεάζοντας αρνητικά τα οικονομικά της μονάδας.

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει μονάδες που συγκεντρώνουν μια ποικιλία οργανικών αποβλήτων, από διάφορες πηγές, με κυριότερη τις γεωργοκτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Τα αστικά απόβλητα δεν υπερβαίνουν το

10% της τροφοδοσίας της μονάδας. Τέτοιες μονάδες βρίσκονται σε αρκετές χώρες της Ευρώπης, με κυριότερο εκπρόσωπο τη Δανία, όπου εκεί αυτή η προσέγγιση είναι πολύ διαδεδομένη.

6.2.4. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ

Με την εφαρμογή του Σεναρίου 2 επιτυγχάνεται μεγάλος βαθμός σταθεροποίησης του οργανικού κλάσματος των ΑΣΑ, συμβάλλοντας παράλληλα στην επίτευξη των στόχων μείωσης των ποσοτήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, και παρέχεται η δυνατότητα ανάκτησης ανακυκλώσιμων υλικών σε επιθυμητά ποσοστά, βάσει και των κοινοτικών οδηγιών.

Είναι επίσης απόλυτα συμβατό με τα προτεινόμενα έργα του εγκεκριμένου ΠΕΣΔΑ Θεσσαλίας, με αναθεώρηση του προϋπολογισμού.

6.2.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα οικονομικά στοιχεία περιλαμβάνουν το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας.

Στο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης υπολογίζεται το κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, η μισθοδοσία του προσωπικού, το κόστος των πρώτων υλών, η κατανάλωση ενέργειας κ.ά.

Τα υπολογιζόμενα κόστη για κάθε μια από τις μονάδες ΜΒΕ ανά ΔΕ φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 13 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδων 2ου Σεναρίου

μονάδα ΜΒΕ (με αναερόβια χώνευση)	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ
Κόστος επένδυσης	25.000.000 €	24.520.000€	20.476.000€
Κόστος λειτουργίας	50 €/tn	51€/tn	55€/tn

*Ιδία επεξεργασία

6.2.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα ισχυρά σημεία από την εφαρμογή του Σεναρίου 2 περιλαμβάνεται η μεγάλη δυνατότητα επίτευξης των στόχων που έχουν οριστεί και από τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες (99/31/ΕΚ, 94/62/ΕΚ, 2004/12/ΕΚ), καθώς και ότι βρίσκεται ψηλά στην ιεράρχηση ως προς τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ. Με την εφαρμογή του θα μπορούσε να δοθεί παράταση στη διάρκεια ζωής των υφιστάμενων ΧΥΤΑ, συντελώντας

παράλληλα στην υλοποίηση των στόχων, έτσι όπως έχουν οριστεί και από τον αντίστοιχο ΠΕΣΔΑ για τη Θεσσαλία. Η πολύ μεγάλη εμπειρία από παρόμοιες εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με τη συνεχή εξέλιξη των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών αποτελούν σημαντικές προϋποθέσεις για την επιλογή υλοποίησης ενός τέτοιου σεναρίου. Στα θετικά σημεία πρέπει να συμπεριληφθεί και το γεγονός ότι, από οικονομικής άποψης, η χρήση φυσικών πόρων είναι περιορισμένη (ειδικά μέσω της εκμετάλλευσης του παραγόμενου βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας), καθώς και ότι τέτοιου είδους προσπάθειες μπορούν να χρηματοδοτηθούν είτε από πόρους της ΕΕ είτε μέσω ΣΔΙΤ.

Στα αρνητικά σημεία του Σεναρίου 1 περιλαμβάνονται κυρίως η αυξημένη οπτική όχληση, ότι είναι μια σχετικά όχι και τόσο φθηνή τεχνολογία, καθώς και ότι η δυσκολία διάθεσης τόσο των ανακυκλώσιμων υλικών όσο και του χωνεμένου υλικού (ειδικά για τις περιπτώσεις που προέρχονται από σύμμεικτα απόβλητα) πρέπει να θεωρείται δεδομένη.

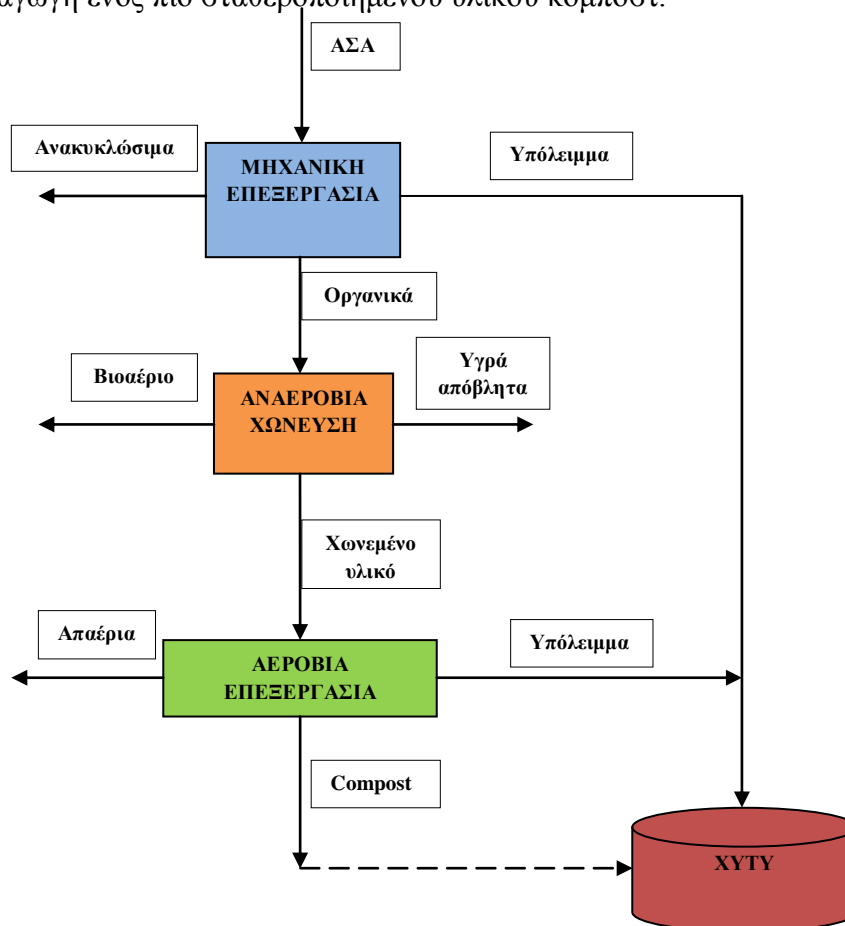
6.3. ΣΕΝΑΡΙΟ 3. ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ)

6.3.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το σενάριο προβλέπει τη δημιουργία τριών μονάδων ΜΒΕ (μία ανά ΔΕ), όπως δίνεται και σχηματικά στο διάγραμμα ροής (εικόνα 28).

Σε κάθε μονάδα, μέσω της μηχανικής διαλογής θα πραγματοποιείται ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών, ενώ το οργανικό κλάσμα (είτε από προδιαλεγμένα ΒΑΑ είτε από σύμμεικτα ΑΣΑ) μέσω της 1^{ης} βιολογικής επεξεργασίας θα υφίσταται αναερόβια χώνευση και στη συνέχεια το χωνεμένο υλικό μέσω της 2^{ης} βιολογικής επεξεργασίας θα μετατρέπεται σε υλικό τύπου κομπόστ, το οποίο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε αποκαταστάσεις χώρων υγειονομικής ταφής ή σε άλλες χρήσεις.

Το σενάριο αποτελεί συνδυασμό των δύο πρώτων σεναρίων, προβλέποντας εκτός από την ανάκτηση των ανακυκλώσιμων υλικών, την αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου αλλά και την παραγωγή ενός πιο σταθεροποιημένου υλικού κομπόστ.



Εικόνα 28 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης ΜΒΕ (ανάκτηση υλικών, αναερόβια χώνευση, κομποστοποίηση)

6.3.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα οικονομικά στοιχεία περιλαμβάνουν το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας.

Στο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης υπολογίζεται το κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, η μισθοδοσία του προσωπικού, το κόστος των πρώτων υλών, η κατανάλωση ενέργειας κ.ά.

Τα υπολογιζόμενα κόστη για κάθε μια από τις μονάδες ΜΒΕ ανά ΔΕ φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 14 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδων 3ου Σεναρίου

	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ
μονάδα ΜΒΕ (με αν. χών.)	25.000.000	24.520.000	20.476.000
κομποστοποίηση	6.000.000	5.250.000	4.375.000
ΣΥΝΟΛΟ	30.640.000	29.775.000	24.359.000
Κόστος λειτουργίας (€/tn)	64	66	72

*Ιδία επεξεργασία

6.4. ΣΕΝΑΡΙΟ 4. ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

6.4.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το σενάριο προβλέπει τη δημιουργία μιας κεντρικής μονάδας αποτέφρωσης ΑΣΑ, στην οποία καταλήγουν τα απορρίμματα και των τριών ΔΕ της Θεσσαλίας, όπως δίνεται και σχηματικά στο διάγραμμα ροής (εικόνα 29).

Κατά τη θερμική επεξεργασία των ΑΣΑ παράγεται ηλεκτρική ενέργεια, της οποίας ένα μέρος χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της μονάδας, ενώ το υπόλοιπο διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Η ποσότητα του υπολείμματος που προκύπτει από την εγκατάσταση θα επιμερίζεται αναλογικά στο ΧΥΤΥ της κάθε ΔΕ.

Πίνακας 15 Ποσότητες εισερχομένων απορριμμάτων και εξερχομένων προϊόντων στη μονάδα αποτέφρωσης, για το 4^ο Σενάριο.

	1 ^η ΔΕ	2 ^η ΔΕ	3 ^η ΔΕ	ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΝΑΔΕΣ
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
ΑΣΑ	100.407	97.605	77.915	275.927	tn/yr
ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ					
ΣΚΩΡΙΕΣ – ΤΕΦΡΑ ΠΥΘΜΕΝΑ				55.185	tn/yr
ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ				13.796	tn/yr
ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ					
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ ΠΡΟΣ ΧΥΤΥ				55.185	tn/yr
ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ				143.482	MWh/yr

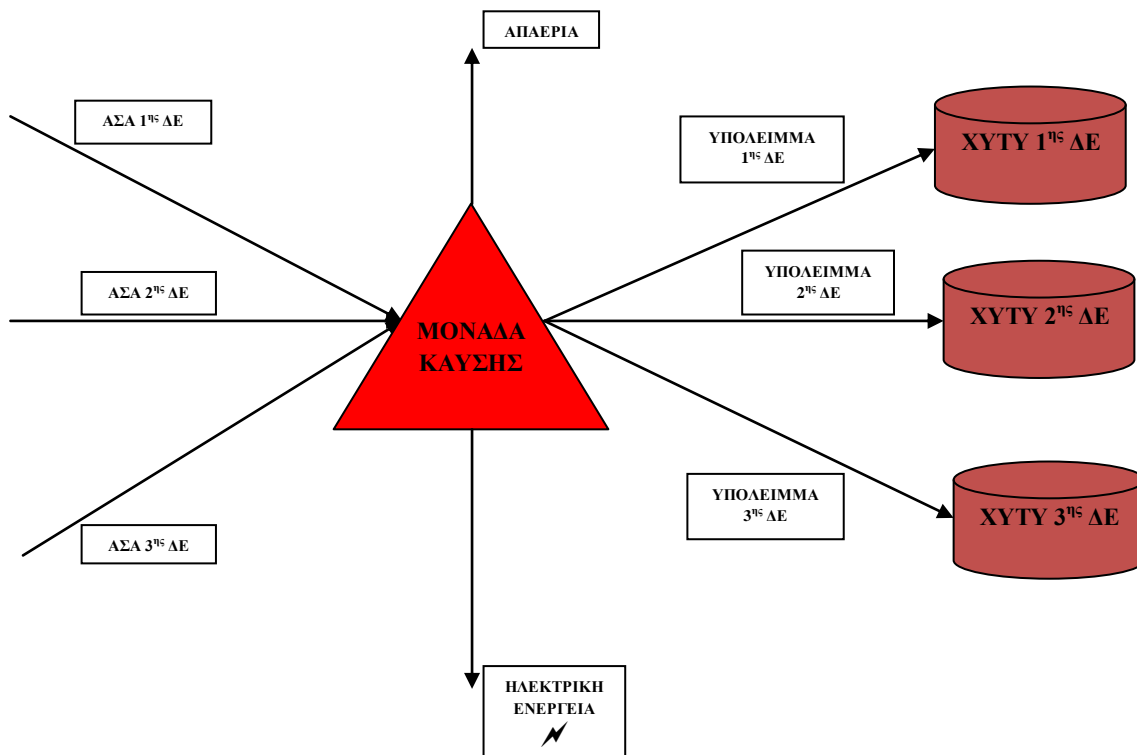
*Ίδια επεξεργασία, βάσει δεδομένων Expert Consulting, 2008

6.4.2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

Για την παρουσίαση του σεναρίου γίνονται οι εξής παραδοχές:

- Το εισερχόμενο ρεύμα ΑΣΑ στη μονάδα ΜΒΕ μπορεί να είναι είτε σύμμεικτα είτε διαχωρισμένα στην πηγή απορρίμματα.
- Η ιπτάμενη τέφρα αποτελεί το 3-8% του αρχικού βάρους των απορριμμάτων και η τέφρα πυθμένα - σκωρίες το 15 – 28% (Bilitewski,2008).
- Αξιοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

- Όλες οι εκπομπές και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιγράφονται στο κεφάλαιο παρουσίασης της μεθόδου της καύσης.
- Για ΑΣΑ με κατώτερη θερμογόνο δύναμη της τάξης των 8MJ/kg (που αντιστοιχεί στη μέση σύνθεση των ΑΣΑ στην Ελλάδα), η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με 24% ολική απόδοση (80% θερμική απόδοση και 30% ηλεκτρική) εκτιμάται σε 520KWh ανά τόνο ΑΣΑ. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του εργοστασίου ανέρχεται σε περίπου 70KWh/ τόνο ΑΣΑ και επομένως η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να διατεθεί σε τρίτους είναι της τάξης των 450KWh/ τόνο ΑΣΑ (McDougall et al., 2001)



Εικόνα 29 Διάγραμμα ροής εγκατάστασης μίας μονάδας καύσης, που θα εξυπηρετεί όλες τις ΔΕ.

6.4.3. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΑΛΛΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Από τις μεθόδους θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων, η αποτέφρωση των ΑΣΑ αποτελεί τη συνηθέστερη επιλογή στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε ποσοστό περίπου 97%, με 422 μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ, σε σύνολο 435 μονάδων θερμικής επεξεργασίας (έτος αναφοράς το 2006) (CEWER, 2009). Είναι απολύτως σαφές ότι η αποτέφρωση των στερεών αποβλήτων αποτελεί μια ευρύτατα διαδεδομένη και εφαρμοσμένη τεχνολογική εφαρμογή σε επίπεδο ΕΕ, η οποία προβλέπεται στο ελληνικό και στο κοινοτικό θεσμικό πλαίσιο.

Από τις χώρες της ΕΕ με τις περισσότερες μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ είναι η Γαλλία (127), η Γερμανία (67) και η Ιταλία (43). Η κατάταξη αυτή αλλάζει όσον αφορά στις συνολικές ποσότητες ΑΣΑ που οδηγούνται στην αποτέφρωση, με τη Γερμανία το 2004 να έχει αποτεφρώσει περίπου 15,2 εκατομμύρια tn, τη Γαλλία 8,2 εκατομμύρια tn και την Ολλανδία με 11 μονάδες, να έχει αποτεφρώσει περίπου 4,9 εκατομμύρια tn (Vehlow,2006).

6.4.4. ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ

Με την εφαρμογή του Σεναρίου 4 επιτυγχάνονται οι στόχοι που θέτει η οδηγία 99/31/ΕΚ, αλλά η θερμική αξιοποίηση των υλικών έχει μικρότερη προτεραιότητα από την ανακύκλωση, σύμφωνα με την οδηγία 75/442/ΕΚ, και δεν συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων της ανακύκλωσης των υλικών συσκευασίας που θέτει η ΕΕ με τις οδηγίες 94/62/ΕΚ και 2004/12/ΕΚ.

Είναι απόλυτα συμβατό με τα υλοποιούμενα έργα του εγκεκριμένου ΠΕΣΔΑ Θεσσαλίας, με την προϋπόθεση της αναθεώρησης ως προς το φυσικό αντικείμενο των έργων επεξεργασίας των ΑΣΑ καθώς και του ποσού που έχει προϋπολογιστεί για αυτά.

6.4.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα οικονομικά στοιχεία περιλαμβάνουν το κόστος επένδυσης και το κόστος λειτουργίας.

Στο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης υπολογίζεται το κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, η μισθοδοσία του προσωπικού, το κόστος των πρώτων υλών, η κατανάλωση ενέργειας κ.ά.

Τα υπολογιζόμενα κόστη για τη μονάδα καύσης που θα εξυπηρετεί όλες τις ΔΕ φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 16 Κόστος επένδυσης και λειτουργίας μονάδας 4ου Σεναρίου

	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΚΑΥΣΗΣ
Κόστος επένδυσης (€)	112.618.000
Κόστος λειτουργίας (€/tn)	16,5

*Ιδία επεξεργασία

6.4.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα ισχυρά σημεία, από την εφαρμογή, του Σεναρίου 4 περιλαμβάνονται, αρχικά, η μεγάλη δυνατότητα επίτευξης των στόχων που θέτει η οδηγία 99/31/ΕΚ, ενώ σημαντικά είναι και τα οφέλη σε σχέση με την υφιστάμενη χρήση των ΧΥΤΑ, των οποίων η

διάρκειας ζωής παρατείνεται. Εκτός από την καύση των κλασικών ΑΣΑ, στις μονάδες μπορούν να οδηγούνται και άλλες κατηγορίες αποβλήτων, όπως τα ιατρικά απόβλητα καθώς και τα αγροτικά στερεά απόβλητα (βιομάζα). Η καύση αποτελεί σε πολλές περιπτώσεις μια αποδεδειγμένη εφαρμογή και αυτό φαίνεται από τις πολυάριθμες μονάδες, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ και οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν πια την εγκατάσταση μονάδων καύσης μικρότερης κλίμακας. Στα θετικά σημεία πρέπει να συμπεριληφθεί και το γεγονός ότι, από οικονομικής άποψης, η χρήση φυσικών πόρων είναι περιορισμένη (ειδικά μέσω της εκμετάλλευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας), καθώς και ότι τέτοιου είδους προσπάθειες μπορούν να χρηματοδοτηθούν είτε από πόρους της ΕΕ είτε μέσω ΣΔΙΤ.

Στα αρνητικά σημεία του Σεναρίου εφαρμογής της καύσης περιλαμβάνεται, κυρίως, η περιορισμένη κοινωνική της αποδοχή, εξαιτίας της αμφισβήτησης που υπάρχει για τη μη εφαρμογή των αυστηρών, κατά τα άλλα, περιβαλλοντικών όρων για τις σχεδιαζόμενες μονάδες. Ως τεχνολογία απαιτεί ιδιαίτερα υψηλό κόστος (τόσο σαν επένδυση, όσο και σαν λειτουργία), ενώ παράλληλα απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό. Δεν είναι λίγες επίσης οι περιπτώσεις όπου εξαιτίας της εφαρμογής της τεχνολογίας της καύσης είχε ως αποτέλεσμα να ατονήσουν, υψηλότερες στην ιεραρχία, στρατηγικές επεξεργασίας των αποβλήτων, όπως αυτή της ανακύκλωσης.

7. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα εκτός από ένα δίκτυο ΚΔΑΥ που βρίσκεται σε ανάπτυξη οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις επεξεργασίας ΑΣΑ είναι οι εξής:

- Το ΕΜΑΚ Α. Λιοσίων , τέθηκε σε πλήρη λειτουργία το 2006, είναι δυναμικότητας 1.500 τόνων/ ημέρα, κάνει ανάκτηση σιδηρούχων και αλουμινούχων υλικών, παράγει στερεό καύσιμο RDF(παραμένει αδιάθετο και καταλήγει στο ΧΥΤΑ παρά τη συμφωνία που υπήρξε με την ΑΓΕΤ- Ηρακλής) από χαρτί και πλαστικά, παράγει σταθεροποιημένο υλικό κομπόστ (παραμένει αδιάθετο και καταλήγει στο ΧΥΤΑ).
- Το ΕΜΑΚ Χανίων, λειτουργεί από το 2005, είναι δυναμικότητας 70.000 τόνων, κάνει ανάκτηση ανακυκλώσιμων υλικών (μέσω κόσκινων, χειροδιαλογής και μαγνητών), παράγει σταθεροποιημένο υλικό κομπόστ (παραμένει αδιάθετο και καταλήγει στο ΧΥΤΑ).
- Το ΕΜΑΚ Καλαμάτας, ξεκίνησε τη λειτουργία το 1997, έγινε διακοπή το 2003 και αναμένεται η επαναλειτουργία του. Δυναμικότητας 32.000 τόνων διέκοψε τη λειτουργία του το 2003, κατόπιν δικαστικής απόφασης. Το κομπόστ που παρήγαγε ήταν χαμηλής ποιότητας και γενικά υστερούσε σε επίπεδο σχεδιασμού και λειτουργίας. Η επαναλειτουργία του απαιτεί 13.000.000, ενώ προωθείται η πρόταση να επεξεργάζεται τη λυματολάσπη της ΕΕΑΛ.
- Η μονάδα ΜΒΕ (με βιολογική ξήρανση) Χανίων, λειτουργεί από το 2010, είναι δυναμικότητας 75.000 τόνων, παράγει στερεό καύσιμο SRF (από το οργανικό κλάσμα) καθώς και ανακυκλώσιμα μέταλλα και πλαστικά.
- Η μονάδα ΜΒΕ (με επιταχυνόμενη βιο-οξειδωση) Κεφαλληνίας, λειτουργεί από το 2009, είναι δυναμικότητας 25.000 τόνων, παράγει σταθεροποιημένο υλικό (κυρίως για επικάλυψη ΧΥΤΑ).

Η χαραγμένη στρατηγική που υπάρχει για την περίπτωση της Θεσσαλίας είναι ό,τι περιλαμβάνεται στον Περιφερειακό Σχεδιασμό για την συγκεκριμένη περιοχή. Μια στρατηγική που θέτει μεν τους στόχους αλλά αφήνει πολλά περιθώρια όσον αφορά στην επιλογή του βέλτιστου τρόπου. Η μέχρι τώρα προσπάθεια πάντως περιορίζεται σε παρωχημένες μεθόδους ΧΥΤΑ και λειτουργίας ενός ΚΔΑΥ ανά ΔΕ.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι τεχνολογίες των μονάδων Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων είναι σε γενικές γραμμές απόλυτα συμβατές με τους στόχους που περιγράφονται στις ευρωπαϊκές οδηγίες και την ελληνική νομοθεσία. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διεθνές επίπεδο, και εξελίσσονται διαρκώς μέσω της εφαρμογής καινούριων τεχνολογιών.

Από τη μελέτη των επιπτώσεων της χρήσης τους προκύπτει πόσο φιλικές είναι τόσο για τον άνθρωπο όσο και το περιβάλλον. Με την ορθή εφαρμογή τους μπορούν να προσφέρουν ολοκληρωμένες λύσεις περιορίζοντας φαινόμενα ρύπανσης και μόλυνσης ενώ παράλληλα συντελούν σε μεγάλο βαθμό στη μειωμένη χρήση των φυσικών πόρων, μέσω της δυνατότητας εκμετάλλευσης των παραγόμενων προϊόντων (ανακυκλώσιμα υλικά, δευτερογενή καύσιμα, βιοαέριο). Από οικονομικής άποψης είναι βεβαίως ακριβότερες σε σχέση με τη συμβατική μέθοδο της υγειονομικής ταφής, όχι όμως σε τέτοια επίπεδα ώστε να θεωρούνται απαγορευτικά για τα ελληνικά δεδομένα. Επίσης, η ευρύτερη κοινωνική αποδοχή τους σε συνδυασμό με την κατάλληλη χωροθέτησή τους μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές παραμέτρους για τη διασφάλιση της βιωσιμότητά τους.

Από την άλλη, η χρήση των τεχνολογιών Θερμικής Επεξεργασίας, και συγκεκριμένα της καύσης, αποτελεί μια λύση η οποία μπορεί να συνεισφέρει στην επίτευξη συγκεκριμένων στόχων. Είναι μια γενικά αποδεκτή λύση και αυτό φαίνεται από την ύπαρξη πολυάριθμων μονάδων σε διεθνές επίπεδο. Συμβάλει στη μείωση των ποσοτήτων των αποβλήτων που καταλήγουν σε ταφή ενώ μπορεί να δώσει λύση στη διαχείριση και άλλων αποβλήτων όπως τα νοσοκομειακά. Μέσω της εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας επιτυγχάνεται η περιορισμένη χρήση των φυσικών πόρων.

Τα αρνητικά σημεία της καύσης εστιάζονται στο ιδιαίτερα υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας, που είναι κατά πολύ υψηλότερο σε σχέση με τις αντίστοιχες τεχνολογίες Μηχανικής και Βιολογικής Επεξεργασίας. Πρέπει να επισημάνουμε επίσης την μειωμένη κοινωνική αποδοχή που έχει, εξαιτίας κυρίως της αμφισβήτησης που υπάρχει για τη μη εφαρμογή των απαραίτητων μεθόδων αντιρύπανσης των απερίων και του στερεού υπολείμματος που προκύπτει.

Από την περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης τόσο στην Ελλάδα όσο και ειδικότερα στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, όσον αφορά στη χρήση τεχνολογιών διαχείρισης των

στερεών αποβλήτων, η εικόνα κάθε άλλο παρά θετική μπορεί να χαρακτηριστεί. Τα πιο πολλά εργοστάσια παρόλο που είχαν πολυδιαφημιστεί και αναμενόταν να δώσουν ολοκληρωμένες λύσεις στο θέμα της διαχείρισης των απορριμμάτων, στην πράξη δεν ανταπεξήλθαν στις προσδοκίες. Η έλλειψη εμπειρίας, η άγνοια, η αδυναμία επιλογής λύσεων προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες οδήγησαν στην σπατάλη μεγάλων κονδυλίων χωρίς τελικά τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η αδράνεια που παρατηρείται σε επίπεδο Θεσσαλίας προδίδει την έλλειψη πρωτοβουλίας των αρμόδιων φορέων να προχωρήσουν στην μελέτη και υλοποίηση ρεαλιστικών μεθόδων διαχείρισης των απορριμμάτων.

Όλες οι προτάσεις που παρουσιάστηκαν μέσω των σεναρίων είναι εντός αποδεκτών ορίων σε σχέση με τους επιθυμητούς στόχους, δεν μπορούν όμως από μόνες τους να επιφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα χωρίς την υλοποίηση συγκεκριμένων προϋποθέσεων.

Καταρχήν θεωρείται απαραίτητη η πρόσβαση σε επαρκή και αξιόπιστα στοιχεία, τα οποία διαμορφώνουν τις τοπικές και ειδικές συνθήκες δίνοντας τη δυνατότητα μιας λεπτομερούς αντίληψης της υπάρχουσας κατάστασης. Στοιχεία όπως η σύσταση, η ημερήσια παραγωγή και αποκομιδή των απορριμμάτων μπορούν να αξιοποιηθούν εφόσον έχει γίνει η απαραίτητη αρχειοθέτηση. Είναι προφανές ότι ανεξάρτητα από την οποιαδήποτε μελλοντική επιλογή τεχνολογίας απαιτείται η έναρξη ή ενίσχυση προγραμμάτων αρχειοθέτησης κατόπιν δειγματοληψιών, στοιχείων όπως η στοιχειομετρική ανάλυση, η θερμογόνο δύναμη κ.ά.

Οποιαδήποτε και να είναι η επιλογή μιας τεχνολογίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων, το κόστος υλοποίησης της σε σχέση με ξεπερασμένες και απλές λύσεις είναι γενικά υψηλό. Είτε πρόκειται για μονάδες ΜΒΕ είτε καύσης το κόστος είναι πολλαπλάσιο σε σχέση με την επιλογή κατασκευής π.χ. ενός ΧΥΤΑ. Κρίνεται αναγκαία επομένως η εξέταση όλων των διαθέσιμων πηγών χρηματοδότησης (κρατικών, κοινοτικών, ΣΔΙΤ) για την καλύτερη εξασφάλιση των κονδυλίων.

Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι στις περιπτώσεις των μονάδων ΜΒΕ δεν αρκεί μόνο η κατασκευή τους αλλά και η εξασφάλιση των προϊόντων που παράγουν. Τέτοια προϊόντα, εκτός από τα ανακυκλώσιμα υλικά, είναι το σταθεροποιημένο υλικό - κομπόστ, τα δευτερογενή καύσιμα RDF, SRF καθώς και το βιοαέριο. Το γεγονός της αδυναμίας διάθεσής τους είναι πολύ συχνό (με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε ταφή) γι' αυτό και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να συνεκτιμάται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για

την επιλογή της πιο συμφέρουσας λύσης. Στη λογική αυτή μάλιστα θα πρέπει να αποσαφηνιστεί το νομικό πλαίσιο για την ένταξη των μεν RDF/SRF και βιοαερίου, που οδηγούνται προς ενεργειακή αξιοποίηση (σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τσιμεντοβιομηχανίες), στην κατηγορία των ΑΠΕ, καθώς και αυστηρών προδιαγραφών για το κομπόστ, ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες ως εδαφοβελτιωτικό. Για την καλύτερη εφαρμογή των συγκεκριμένων τεχνολογιών προτείνεται η προώθηση δράσεων ενημέρωσης των πολιτών, η εφαρμογή προγραμμάτων όπως η διαλογή στην πηγή, με σκοπό την καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης.

Όσον αφορά στο ευαίσθητο θέμα της τεχνολογίας της καύσης των στερεών αποβλήτων με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, προϋπόθεση αποτελεί η επιβολή αυστηρής περιβαλλοντικής νομοθεσίας σε συνδυασμό με μεθόδους και τεχνικές που να ικανοποιούν όλα τα όρια των αέριων εκπομπών, με το ανάλογο κόστος βέβαια το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Η υλοποίηση ενός αποτελεσματικού προγράμματος διαχείρισης των ΑΣΑ είναι επιτακτική ανάγκη τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο, με τη συμμετοχή τόσο των άμεσα εμπλεκόμενων φορέων όσο και των ίδιων των πολιτών. Μια ολοκληρωμένη παρουσίαση όλων των δυνατών επιλογών μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στην τεκμηριωμένη πληροφόρηση των αιρετών και στελεχών των ΟΤΑ, της κεντρικής πολιτικής ηγεσίας, μη κυβερνητικών οργανώσεων καθώς και των πολιτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ανδρεαδάκης Α. (2001) *Θερμική Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (ΑΣΑ) και Ιλύων*, Σημειώσεις Μαθήματος ‘Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων και Ιλύος’, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Γιδαράκος Ε. (2006) *Διαχείριση και Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων*, Σημειώσεις Μαθήματος ‘Ειδικά θέματα περιβάλλοντος και Υγείας’, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ. (2007) *Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας Αστικών Στερεών Απορριμμάτων*, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Γρηγοροπούλου Ε. και Κατσίρη Α. (2006) *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων*, Σημειώσεις Διατμηματικού Μαθήματος ‘Περιβάλλον και Ανάπτυξη’, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Δούμπος Μ. (2003) : *Πολυκριτήρια συστήματα αποφάσεων*, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης.

Expert Consulting (Στυλιανάκης Θ. & ΣΙΑ ΕΕ) (2008), ‘Ολοκληρωμένο σχέδιο αξιοποίησης γεωργοκτηνοτροφικών και αστικών αποβλήτων για κομποστοποίηση και άλλες χρήσεις’, Λάρισα: Περιφέρεια Θεσσαλίας, Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή.

ΕΠΕΜ ΑΕ, ΠΕΡΜΕΛ ΕΠΕ, Ναούμ Ν., Ψαλτίδου Μαλλιαρού Ν., Φουντούλης Κ., Καρκαζή Α. και Κοντελέ Ε. (2008) *Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ολοκληρωμένης εγκατάστασης επεξεργασίας και διάθεσης απορριμμάτων (ΟΕΕΔΑ) Νοτιοανατολικής ενότητας Ν. Θεσσαλονίκης*, Σεπτέμβριος.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2006) *Θεματική στρατηγική για την προστασία του εδάφους*, Ανακοίνωση της Επιτροπής της 22ας Σεπτεμβρίου 2006.

Θεοχάρη Χ., Αραβώσης Κ., Βαρελίδης Π., Διαβάτης Η., Ζιώγας Χ., Ιατρού Σ., Μπούρκα Α., Οικονομόπουλος Α., Παπαγρηγορίου Σ., Παντελάρας Π. και Φραντζής Ι. (2006), *Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα / Η περίπτωση της Αττικής, Ομάδα εργασίας ΤΕΕ, Τελική έκθεση*, Αθήνα.

Καλογήρου Ε. (2009) *Το πρόβλημα και η λύση της διαχείρισης των απορριμμάτων της Αττικής*, 3ο Διεθνές συνέδριο ΕΕΔΣΑ, 30-31 Οκτωβρίου, Αθήνα.

ΚΥΑ 114218 /1997 (ΦΕΚ 1016/Β/1997) *Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.*

ΚΥΑ 50910/2727/03, (ΦΕΚ 1909/Β/2003) *Μέτρα και όροι για τη διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.*

ΚΥΑ 22912/1117/2005 (ΦΕΚ 759Β) *Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την απόθεση των αποβλήτων.*

Λαζαρίδη Κ., Κουλουμπής Π., Σκουλάξινου Σ., Κανακόπουλος Δ., Λώλος Γ. (2002) *Προδιαγραφές ποιότητας και διάθεση κομπόστ: η ελληνική και διεθνής εμπειρία*, Αθήνα:1ο Διεθνές Συνέδριο ΕΕΔΣΑ για την διαχείριση Στερεών Αποβλήτων, "Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων για μια Βιώσιμη Ανάπτυξη στον 21ο αιώνα", 28/02 -01/03/2002.

Λάλας Δ., Γεωργοπούλου Ε., Γιδαράκος Ε., Γκέκας Ρ., Λαζαρίδη Α., Μαυρόπουλος Α., Μοιρασγεντής Σ. και Σελλάς Ν. (2007) *Έκτιμηση των γενικευμένων επιπτώσεων και κόστους διαχείρισης στερεών αποβλήτων, τελική έκθεση*, Αθήνα: Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

Μουσιόπουλος Ν., Καραγιαννίδης Α.(2002) *Διαχείριση Απορριμμάτων*, Εργαστήριο Μεταφοράς Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

Οδηγία 1999/31/ΕΚ *Περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων*, Συμβούλιο της 26^{ης} Απριλίου 1999.

Παναγιωτακόπουλος Δ.(2002) *Βιώσιμη διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων*, Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.

Φάττα Δ. (2007) *Επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων*, Σημειώσεις μαθήματος 'Εισαγωγή στη Μηχανική Περιβάλλοντος', τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

AEA Technology (1999) . ‘Developing markets for recycled materials — A report produced for the Department of Trade and Industry’, London. AEAT - 5538 Issue 1.

Alibardi L. and Cossu R. (2006), ‘Energy from wastes and biomasses: opportunities and state of the art’, Proceedings of *Biomass and waste to energy symposium*, Venice, Italy.

Archer E., Baddeley A., Klein A., Schwager J., Whiting K. (2005a). ‘Mechanical- Biological Treatment: a guide for decision makers – processes policies and markets’. Annex A: Process Fundamentals. Technical report by Juniper Consultancy Services Ltd. funded by SITA Environmental Trust and ASSURRE.

Bardos P. (2004). ‘Composting of mechanically segregated fractions of Municipal Solid Waste: a Review’. Technical report by r3 Environmental Technology Ltd.

Barth J. (2006). ‘Status and trends in biological treatment in Europe’. In : E. Kraft, W. Bidlingmaier, M. de Bertoldi, L.F. Diaz, J Barth, Proceedings of *ORBIT 2006 International Conference on ‘Biological Waste Management – From Local to Global’*, 13-15- September 2006, Weimar, Germany,1041-1045.

Bilitewski B. (2008), ‘Thermal treatment and energetic utilization of solid waste current status and perspectives’, Thessaloniki: Presentation at the Aristotle University of Thessaloniki.

Brinton, W. (2000). ‘Compost Quality Standards and Guidelines’. Final Report by Woods End Research Laboratories for the New York State Association of Recyclers.

CEWEP (2009), ‘Confederation of European Waste-to-Energy Plants’,
<http://www.cewep.eu/?fCMS=e4682ff148db555bc518eab017220268>.

DEFRA (2005b). ‘Advanced Biological Treatment of Municipal Solid Waste’. Prepared by Enviros Consulting Ltd as part of the New Technologies Supporter Programme, DEFRA, UK

De’portes, I. Benoit-Guyod, J.-L.; Zmirou D. (1995) ‘Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost’, *Science of Total Environment*, 172, 197-222.

Diaz L.F. and Savage G.M. (1996), ‘Pretreatment Options for Waste-to-Energy Facilities, Solid Waste Management: Thermal Treatment & Waste-to-Energy Technologies’, Proceedings of *International Technologies Conference*, Washington DC, USA.

Diaz L.F. and Savage G.M. (2006), 'Production and quality of Refuse Derived Fuel (RDF)', Proceedings of *Biomass and Waste to Energy Symposium*, Venice, Italy.

EEA (European Environmental Agency) (2000), 'Environment in the European Union at the turn of the century', Chapter 3.7 in *Waste generation and management*.

(http://www.eea.europa.eu/themes/waste/listfeed?feed=reports_waste)

Economopoulos, A. P. (2006). 'Planning for optimal MSW management and technoeconomic aspects of treatment methods', *International Conference on 'Management of Priority Waste Streams'*, June 15-16, 2006, Nicosia.

European Commission (2005). 'Best Available Techniques for Waste Incineration', Reference Document, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, Seville.

Freeman M. Harry (1997) *Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal*, Mc Graw-Hill, Second Edition.

Haug, R.T. (1993) *The Practical Handbook of Compost Engineering*, Lewis Publishers, USA.

Imppola, U., Viilos, P., Veijanen, A., Hänninen, K., Nevanperä, P. (2001) 'Reducing odour problems in a drum composting plant', In: Lehtonen, T., Salminen J-P., Pihlaja, K. (Eds), Proceedings of the *Fifth Finnish Conference of Environmental Sciences*, Turku, Finland, 18–19 May 2001, pp. 100–103.

Japanese Advanced Environment Equipment (2008) 'MHI Refuse Derived Fuel Manufacturing Plant' (http://www.gec.jp/JSIM_DATA/WASTE/WASTE_2/html/Doc_398.html)

Juniper Consultancy Services Ltd., (2005) 'Mechanical-Biological-Treatment: A Guide for Decision Makers Processes, Policies and Markets' (www.juniper.co.uk/publications).

La Grega, M.D., Buckingham P.L., Evans D.C. (2001) *Hazardous Waste Management*, McGraw-Hill.

Lasaridi K.E. (1998) 'Compost stability: a comparative evaluation of respirometric techniques', Ph.D. Thesis, Dept. of Civil Engineering, University of Leeds, UK.

Lasaridi K., Loanna P., Kotsou M. , Georg P. and Thakis M. (2006), 'Quality assessment of compost in the Greek market: the need for standards and quality assurance'. *Journal of Environmental Management*, 80: 58-65.

Last S. (2006) 'Joining forces: combining composting and anaerobic digestion into a

single plant', CIWM, August 2006 issue, 46-47.

Tsilemou K., Panagiotakopoulos D. (2005), *Economic Sustainability Criteria and Indicators for waste management*, LCA/IWM.

McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle, P., (2001) *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*, Blackwell Science, London.

Rand T., Haukohl J. and Marxen U. (2000), *Municipal Solid Waste Incineration – A decision maker's guide*, The World Bank, Washington DC.

Schirmer M., Eckardt S. and Bilitewski B. (2003), 'Economic Advantages of the Energetic Recovery of Refuse Derived Fuels from Domestic Waste by the Implementation of Emission Trade', Proceedings of *Combustion Canada '03*, Vancouver, September 21-32.

T.A. Laut (2008), Thermische Abfallbehandlung Laut, <http://www.t-a-laut.de/>

Tchobanoglous, Thiessen and Vigil (1993). *Integrated Solid Waste Management*, Mc Graw Hill International.

USEPA. (1993). 'Summary of the 40 CFR part 503 standards for the use and disposal of sewage sludge', Washington: Office of Wastewater Management US Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/region8/water/biosolids/pdf/handbook1.pdf>).

Vehlow J. (2006), 'State of the art of incineration technologies', Proceedings of *Venice 2006: Biomass and waste to energy symposium*, Venice, Italy.

Wiltsee G. (2000), 'Lessons learned from existing biomass power plants, Final report', Appel consultants, Inc, Prepared for National Renewable Energy Laboratory, USA, February.

Zucconi, F. and De Bertoldi, M. (1987) 'Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste'. In De Bertoldi, M., Ferranti, M.P., L'Hermite, P. and Zucconi .F *Compost : Production, Quality and Use*, Elsevier Applied Science Publishers Ltd.