



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ IV: ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ**

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗ Ι. ΜΑΡΙΑ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
Α.Γ. ΑΝΔΡΕΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ**

ΑΘΗΝΑ 2011

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ
ΠΕΡΙΛΗΨΗ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	10
1.1. Εισαγωγή	10
1.2. Είδη Αστικών Στερεών Αποβλήτων	13
1.3. Ποσοτική Ανάλυση ΑΣΑ	16
1.4. Ποιοτική Ανάλυση ΑΣΑ	19
1.5. Απόβλητα ως καύσιμη ύλη	20
1.5.1. Ανώτερη και κατώτερη θερμογόνος δύναμη	20
1.5.2. Περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.)	21
1.5.3. Σημείο τήξης και περιεκτικότητα υπολειμμάτων σε στάχτη	22
1.5.4. Πτητικές ύλες	23
1.5.5. Χημική ανάλυση των καυσίμων συστατικών	23
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΑΣΑ	26
2.1. Εισαγωγή	26
2.2. Η Ευρωπαϊκή Στρατηγική	28
2.2.1. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη	28
2.2.2. Η έννοια του κύκλου ζωής (Life Cycle Analysis)	32
2.3. Η Διαχείριση στην Ελλάδα	33
2.3.1. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα	33
2.3.2. Συνεισφορά σε στόχους πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3. ΚΑΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	40
3.1 Εισαγωγή	40
3.2 Τεχνολογία	42
3.2.1. Τύποι εστιών καύσης	42
3.2.1.1. Μονάδες mass-fired	42
3.2.1.2. Μονάδες RDF-fired	43
3.2.2. Εισαγωγή στη μονάδα καύσης	43
3.2.2.1. Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων	44
3.2.2.2. Αποθήκευση αποβλήτων και προεπεξεργασία	45
3.2.2.3. Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία	48

3.2.3.	Θερμική επεξεργασία αποβλήτων – Εστίες Καύσης	50
3.2.3.1.	Εστία κινούμενων σχαρών	51
3.2.3.2.	Εστία περιστρεφόμενου κλιβάνου	57
3.2.3.3.	Εστία ρευστοποιημένης κλίνης	59
3.2.4.	Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (Λέβητες)	62
3.2.4.1.	Κατασκευαστικές παραλλαγές	62
3.2.4.2.	Παραγωγή ενέργειας στο λέβητα	63
3.2.5.	Συστήματα ελέγχου εκπομπών και αέριας ρύπανσης	64
3.2.5.1.	Σύσταση καυσαερίων	65
3.2.5.2.	Επεξεργασία και έλεγχος	66
3.2.5.3.	Απομάκρυνση ιπτάμενων σωματιδίων	68
3.2.5.4.	Απομάκρυνση όξινων αερίων	73
3.2.5.5.	Μείωση εκπομπών οξειδίων αζώτου (NOx)	77
3.2.5.6.	Μείωση οργανικών ενώσεων	78
3.2.5.7.	Μείωση εκπομπών υδραργύρου	79
3.2.5.8.	Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου	79
3.2.6.	Επεξεργασία και έλεγχος υδατικών υπολειμμάτων	79
3.2.6.1.	Έλεγχος εκροής	79
3.2.6.2.	Μέθοδοι επεξεργασίας	79
3.2.7.	Επεξεργασία και έλεγχος στερεών υπολειμμάτων	81
3.2.7.1.	Είδη υπολλειμμάτων	82
3.2.7.2.	Επεξεργασία υπολλειμμάτων από την καύση και την επεξεργασία των καυσαερίων	82
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.	ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	88
4.1	Εισαγωγή	88
4.2	Τεχνολογία	88
4.2.1.	Αντιδραστήρες πυρόλυσης	90
4.2.2.	Αντιδράσεις της πυρόλυσης	91
4.2.3.	Μεταφορά θερμότητας	93
4.2.4.	Απομάκρυνση άνθρακα	93
4.3	Προϊόντα Πυρόλυσης	94
4.4	Ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων	96

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

98

5. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	99
5.1 Εισαγωγή	99
5.2 Τεχνολογία	100
5.2.1. Τύποι αεριοποιητών	101
5.2.2. Αντιδράσεις αεριοποίησης	104
5.2.3. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	104
5.3 Προϊόντα αεριοποίησης	105
5.4 Ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</u>	
6. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	111
6.1 Εισαγωγή	111
6.2 Τεχνολογία	111
6.2.1. Πυρσοί πλάσματος	113
6.2.2. Ξήρανση τροφοδοσίας	114
6.2.3. Συστήματα καθαρισμού	115
6.2.4. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	115
6.3 Προϊόντα Αεριοποίησης Πλάσματος	116
6.4 Ενεργειακή Αξιοποίηση Προϊόντων	117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</u>	
7. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΣΑ	120
7.1 Κριτήρια Αποτίμησης	120
7.2 Οικονομικά Κριτήρια	121
7.2.1. Gate fees	121
7.2.2. Επενδυτικό και λειτουργικό κόστος	123
7.2.3. Οικονομική Αποτίμηση	124
7.3 Περιβαλλοντικά Κριτήρια	125
7.3.1. Περιβαλλοντική Αποτίμηση	126
7.4 Τεχνικά κριτήρια	127
7.4.1. Τεχνική Αποτίμηση	127
7.5 Κοινωνικά – Θεσμικά κριτήρια	131
7.5.1. Κοινωνική – Θεσμική Αποτίμηση	131
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	133
<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	134
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι</u> - Βασικό Ισχύον Ευρωπαϊκό & Εθνικό Νομοθετικό Πλαίσιο	136

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑΣΑ	Αστικά Στερεά Απόβλητα
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
Ε.Ε.Α.Α.	Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης
ΕΕΔΣΑ	Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΕΚΑ	Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων
ΕΜΑΚ	Εργοστάσιο Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης
ΕΣΔΚΝΑ	Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής
ΚΔΑΥ	Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών
ΜΠΑ	Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
Π.Δ.	Προεδρικό Διάταγμα
Π.Ε.Σ.Δ.Α.	Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Αττικής
ΡΠΑ	Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων
ΣΜΑ	Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
ΦοΔΣΑ	Φορέας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων
ΧΑΔΑ	Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων
ΧΥΤΑ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Αποβλήτων
ΧΥΤΥ	Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων
ESP	ηλεκτροστατικοί κατακρημιστές
PCDD	πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες
RDF	Refuse Derived Fuel

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων είναι παγκοσμίως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα, ιδιαίτερα στις οικονομικά ανεπτυγμένες κοινωνίες, οι οποίες παράγουν ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες απορριμμάτων. Οι διαδικασίες και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, πρέπει να είναι αποδεκτές τόσο από τεχνικοοικονομικής, όσο από περιβαλλοντικής και κοινωνικής σκοπιάς (αποδοχή από την κοινωνία).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφονται:

- i) η έννοια του όρου «απόβλητο»
- ii) οι προϋποθέσεις ώστε να θεωρείται ένα απόβλητο κατάλληλο να υποστεί θερμική επεξεργασία
- iii) η υφιστάμενη κατάσταση στον τομέα της παραγωγής και διαχείρισης αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα
- iv) η κατάσταση στην υπόλοιπη Ευρώπη.
- v) οι βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (BATs) - θερμικές μέθοδοι -επεξεργασίας των αστικών αποβλήτων (καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση, αεριοποίηση πλάσματος)
- vi) τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους,
- vii) τα συστήματα ελέγχου και επεξεργασίας των αερίων που εκπέμπονται από τη λειτουργία τους
- viii) η ενεργειακή απόδοση των μεθόδων.

Κατά την αποτίμηση των τεχνολογιών, ερευνώνται παράγοντες που αφορούν τα βασικά οικονομικά στοιχεία για την εγκατάσταση και λειτουργία μιας μονάδας, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από αυτές, τα σημαντικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων, την κοινωνική αποδοχή για την χωροθέτησή τους καθώς και την εναρμόνηση με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Από την αρχαιότητα ακόμα η διαχείριση των απορριμμάτων έδειχνε την αρνητική πλευρά των πόλεων. Ο Επαμεινώνδας αποτέλεσε όχι μόνον έναν σημαντικό στρατηγό και ηγέτη της αρχαίας Ελλάδας, αλλά και έναν άνθρωπο που στην πόλη της αρχαίας Θήβας ανέδειξε σε αξίωμα πρώτης γραμμής τα πιο ταπεινά καθήκοντα, αυτά της διαχείρισης των απορριμμάτων και της καθαριότητας, όταν του ανατέθηκαν για λόγους περιορισμού της ισχύος του και υποβιβασμού της αίγλης του. Λέγεται πως ο Επαμεινώνδας ανέδειξε τόσο καλά αυτό το αξίωμα, ώστε τελικά όσοι έκτοτε ήθελαν να αναδειχθούν στα δρώμενα του δήμου της ίδιας πόλης επιδίωκαν να περάσουν από αυτό το αξίωμα και να διαχειριστούν αυτή την υπηρεσία.

Το περιβάλλον δεν θεωρείται πια για την οικονομία ως άπειρος και ανεξάντλητος πόρος αλλά ως διαρκώς ανανεώσιμος συντελεστής παραγωγής. Από τη θυσία του περιβάλλοντος στο βωμό της ανάπτυξης, αντίληψη που κυριάρχησε κατά τον προηγούμενο αιώνα, περάσαμε σταδιακά στο δίλημμα «Ανάπτυξη ή Περιβάλλον». Το δίλημμα αυτό συνδέεται με μια βασική προκατάληψη: ότι η προστασία του περιβάλλοντος, όχι μόνο δεν έχει οικονομικό όφελος, αλλά σημαίνει απαραίτητα και λιγότερες επενδύσεις, απώλεια θέσεων εργασίας και περιορισμό της ανάπτυξης. Σήμερα ωστόσο οι συνθήκες όχι μόνο επιτρέπουν, αλλά και μας επιβάλλουν να αντιμετωπίσουμε τη σχέση του περιβάλλοντος με την οικονομική δραστηριότητα κάτω από διαφορετικό πρίσμα. Η βαθύτατη οικονομική κρίση την οποία όλοι βιώνουμε, μπορεί να οδηγήσει ορισμένους στη σκέψη ότι τα θέματα της Βιώσιμης Ανάπτυξης μπορεί ν' αναβληθούν. Όμως κάτι τέτοιο όχι μόνο δεν πρέπει να συμβεί, αλλά, αντίθετα, θα πρέπει να κυριαρχούν στην ατζέντα των κυβερνήσεων, των οργανισμών, των επιχειρήσεων και των πολιτών με μεγαλύτερη ακόμη έμφαση. Η υπόθεση της προστασίας και της αναβάθμισης του περιβάλλοντος δε σημαίνει πια μόνο κόστος, αλλά αντίθετα, μπορεί να φέρνει κέρδη, καθώς και νέες θέσεις απασχόλησης.

Κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή αποβλήτων. Για αυτό και το θέμα της ολοκληρωμένης, ορθολογικής και αποτελεσματικής διαχείρισης τους είναι εξαιρετικά σημαντικό και διαρκώς παρόν.

Απόβλητα μπορούν να θεωρηθούν όλα εκείνα τα προϊόντα που κρίνεται ότι έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο της ζωής του και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν παραπέρα (DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL). Με βάση τη νέα οδηγία πλαίσιο για τα απορρίμματα επιβάλλεται να γίνεται η μέγιστη δυνατή αξιοποίηση των πόρων. Για το λόγο αυτό ο προσανατολισμός - σύμφωνα και με τη νέα Οδηγία Πλαίσιο για τα απορρίμματα - πρέπει να είναι:

- Μείωση της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων
- Αύξηση της επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και ανάκτησης των υλικών ή/και ενέργειας

➤ Ελαχιστοποίηση των υλικών που οδηγούνται προς ταφή

Οι δύο τελευταίες δεκαετίες, έφεραν μια πραγματική επανάσταση στις απόψεις. Η ανάγκη για την αντιμετώπιση των σημαντικών περιβαλλοντικών θεμάτων, η ανάδυση νέων τεχνολογιών και η βελτιστοποίηση υπαρχόντων οδήγησε σε μεγάλες αλλαγές.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια προσπάθεια να περιγραφούν οι τεχνολογίες ενεργειακής αξιοποίησης των αστικών απορριμμάτων, να εντοπισθούν οι παράμετροι που τις επηρεάζουν, να ποσοτικοποιηθούν, ν' αποτιμηθούν και να εξαχθούν συμπεράσματα.

Στόχος είναι να δοθούν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες και τα αναγκαία μέσα ώστε να είναι δυνατό, με επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο να αξιολογηθούν συνολικά και συγκριτικά (περιβαλλοντικά, κοινωνικά, οικονομοτεχνικά) οι μέθοδοι ενεργειακής αξιοποίησης (θερμικής επεξεργασίας) με γνώμονα την ελληνική πραγματικότητα.



1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1. Εισαγωγή

1.2. Είδη Αστικών Στερεών Αποβλήτων

1.3. Ποσοτική Ανάλυση ΑΣΑ

1.4. Ποιοτική Ανάλυση ΑΣΑ

1.5. Απόβλητα ως καύσιμη ύλη

1.5.1. Ανώτερη και κατώτερη θερμογόνο δύναμη

1.5.2. Περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.)

1.5.3. Σημείο τήξης και περιεκτικότητα υπολειμμάτων σε στάχτη

1.5.4. Πτητικές ύλες

1.5.5. Χημική ανάλυση των καυσίμων συστατικών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΑΣΤΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1.1 Εισαγωγή

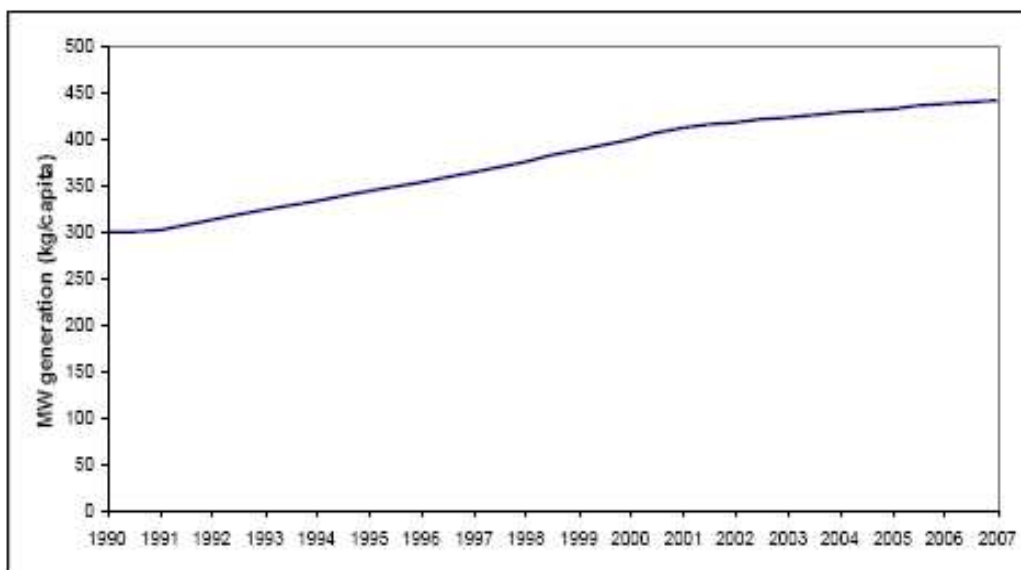
Τα αστικά απορρίμματα αποτελούν ένα ιδιαίτερος ετερογενές συνούθλευμα υλικών που εξαρτάται από το βιοτικό επίπεδο, τα καταναλωτικά πρότυπα, την κινητικότητα του αστικού πληθυσμού ακόμα και από τις εποχές του έτους. Η ποιοτική ανάλυσή τους έχει σκοπό να προσδιορίσει βασικές ποσοστιαίες κατηγορίες υλικών σε αυτά, προκειμένου να προσδιορισθεί ένα σχέδιο διαχείρισης, επεξεργασίας και αξιοποίησής τους (ανακύκλωση, ανάκτηση ενέργειας) Στα αστικά απορρίμματα που διαχειρίζονται οι φορείς αποκομιδής περιλαμβάνονται:

- Κατάλοιπα κάθε φύσης, όπως οικιακά απορρίμματα, φύλλα, σκουπίσματα, χαρτιά που τοποθετούνται μέσα στις πλαστικές σακούλες.
- Απορρίμματα από εμπορικές εγκαταστάσεις και βιοτεχνίες, κτίρια γραφείων που τοποθετούνται επίσης σε σακούλες ή κάδους όπως τα οικιακά.
- Κοπριές, αφυδατωμένες ιλύες, προϊόντα από καθαρισμούς δρόμων και δημοσίων χώρων, που συγκεντρώνονται σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Κατάλοιπα από χώρους εκθέσεων αγορές, εορτές, κλπ, που συγκεντρώνονται επίσης σε μεγάλα δοχεία για την αποκομιδή τους.
- Απορρίμματα από σχολεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία (πλην των μολυσματικών) που συγκεντρώνονται σε ειδικούς χώρους.
- Ογκώδη αντικείμενα.

Ο Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων (ΕΚΑ) ταξινομεί τα στερεά απόβλητα σε κατηγορίες ανάλογα με την πηγή προέλευσης ή το είδος του υλικού και περιλαμβάνει τόσο τα επικίνδυνα απόβλητα (εν δυνάμει) όσο και τα μη επικίνδυνα στερεά.

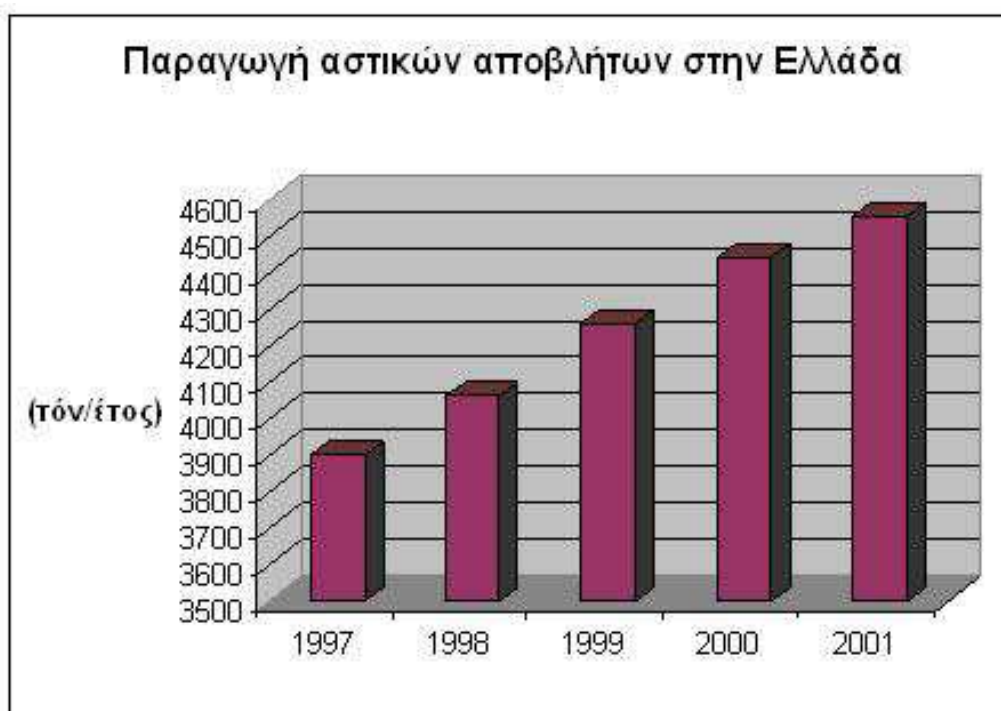
Τα αστικά απόβλητα ταξινομούνται με τον κωδικό 20 στον ΕΚΑ και ορίζονται ως τα οικιακά απόβλητα, καθώς και άλλα απόβλητα, τα οποία λόγω φύσης ή σύνθεσης, είναι παρόμοια με τα οικιακά. Τα οικιακά απορρίμματα ποικίλουν ως προς τη σύσταση και την ποσότητά τους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα εμπορικής προέλευσης απορρίμματα είναι κυρίως υλικά συσκευασίας. [ΕΕΔΣΑ, 2008]

Η ποσότητα των αστικών αποβλήτων που παράγονται ανά κάτοικο στην ΕΕ αυξήθηκε κατά 0,4% συνολικά μεταξύ του 1999 και 2009 για να φτάσει τα 513 κιλά. Κατά την περίοδο αυτή, υπήρξε μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο τα αστικά απόβλητα έχουν υποστεί επεξεργασία. Η υγειονομική ταφή είναι η πιο κοινή επιλογή με 59% το 1999, το 2004 κάτω του 50% ενώ μέχρι το 2009 είχε μειωθεί περαιτέρω σε 38%. Το 16% των αστικών αποβλήτων αποτεφρώθηκε το 1999 και το ποσοστό αυτό ανήλθε στο 20% έως το 2009, ενώ το ποσοστό των αποβλήτων που ανακυκλώνονται ή λιπασματοποιούνται αυξήθηκε από 25% σε 42% κατά την ίδια περίοδο.



Εικόνα1.1 Παραγωγή ΑΣΑ ανά κάτοικο Ελλάδα [ΕΚΠΑΑ]

Σε όλη την ελληνική επικράτεια, εκτιμάται ότι παράγονται συνολικά 5,5 εκατ. τόνοι απορριμμάτων ετησίως. Σύμφωνα με το Περιφερειακό Σχέδιο Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Αττικής (Π.Ε.Σ.Δ.Α) (Αρ.Απόφασης 319/Φ.περ.Σ-Α/06/22.02.2006), η παραγωγή Α.Σ.Α. θεωρείται ότι ανερχόταν για το σύνολο του πληθυσμού της Περιφέρειας Αττικής (2001) σε 1,14 Kg/κάτοικο/ημέρα, δηλαδή, σε 4.863,15 t/ημ (μέση ημερήσια ποσότητα) και 1.775.050 t/έτος (μέση ετήσια ποσότητα). Σημαντική ποσότητα απορριμμάτων παράγεται και στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (16%), τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως τα απορρίμματα που προέρχονται από κατοικίες καθώς και ένα μέρος των στερεών αποβλήτων που παράγονται από εμπορικές δραστηριότητες. [Καλογήρου Ε.]



Εικόνα 1.2 Παραγωγή ΑΣΑ στην Ελλάδα ανά έτος, 1997-2001 [ΕΕΔΣΑ]

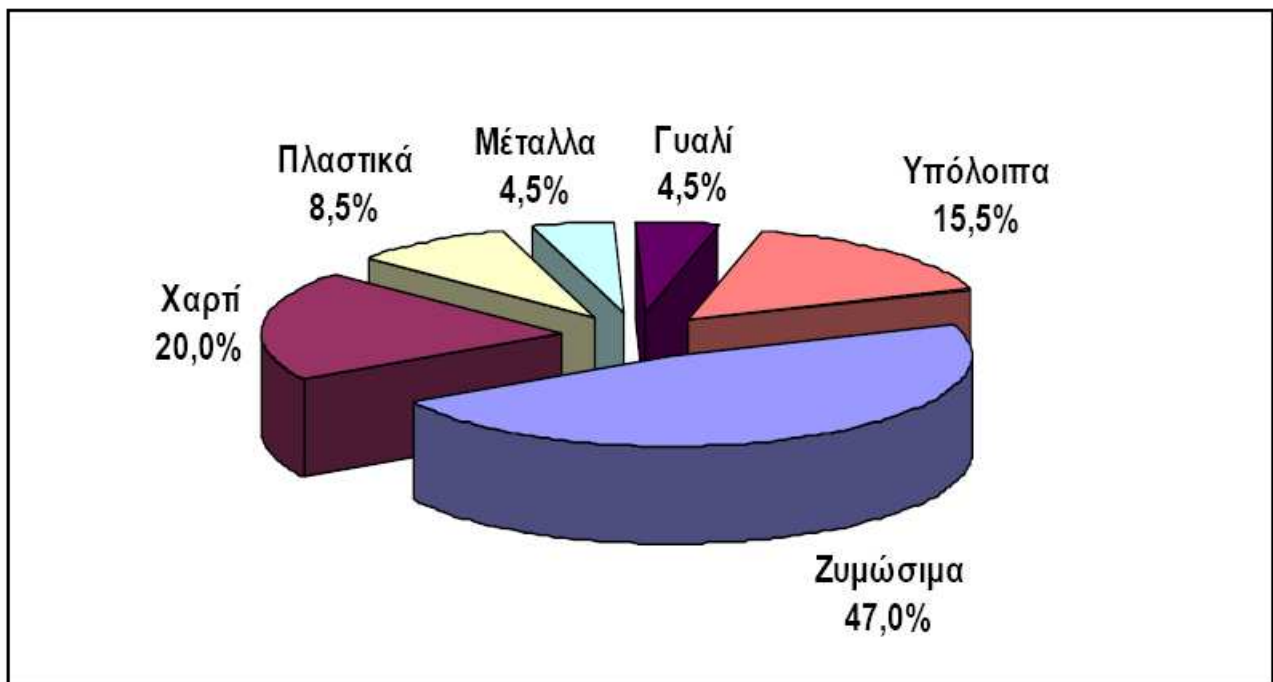


Εικόνα 1.3 Ετήσια συμμετοχή Περιφερειών στην παραγωγή ΑΣΑ [Α. Χ. Μπουρτσάλας 2011]

1.2 Είδη Αστικών Στερεών Αποβλήτων

Η ποιοτική σύσταση των απορριμμάτων είναι δυναμική παράμετρος που μεταβάλλεται τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Τοπικά, η σύσταση των απορριμμάτων μπορεί να διαφοροποιείται έντονα από χώρα σε χώρα, αλλά και μέσα στην ίδια χώρα από περιφέρεια σε περιφέρεια αλλά ακόμη και μέσα στην ίδια πόλη από περιοχή σε περιοχή. Χρονικά, η σύσταση των απορριμμάτων μπορεί, επίσης, να μεταβάλλεται διαχρονικά, από έτος σε έτος, από εποχή σε εποχή αλλά ακόμη και από ημέρα σε ημέρα της εβδομάδας. Τα παραπάνω παρατηρούνται γιατί υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που ξεκινούν από τις καταναλωτικές και διαιτολογικές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής, τις προτιμώμενες συσκευασίες και το σύνολο των δραστηριοτήτων τους. Για παράδειγμα, τα ελληνικά απορρίμματα εμφανίζουν αύξηση του ποσοστού του ζυμώσιμου κλάσματός τους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της αυξημένης κατανάλωσης φρούτων και νωπών λαχανικών.

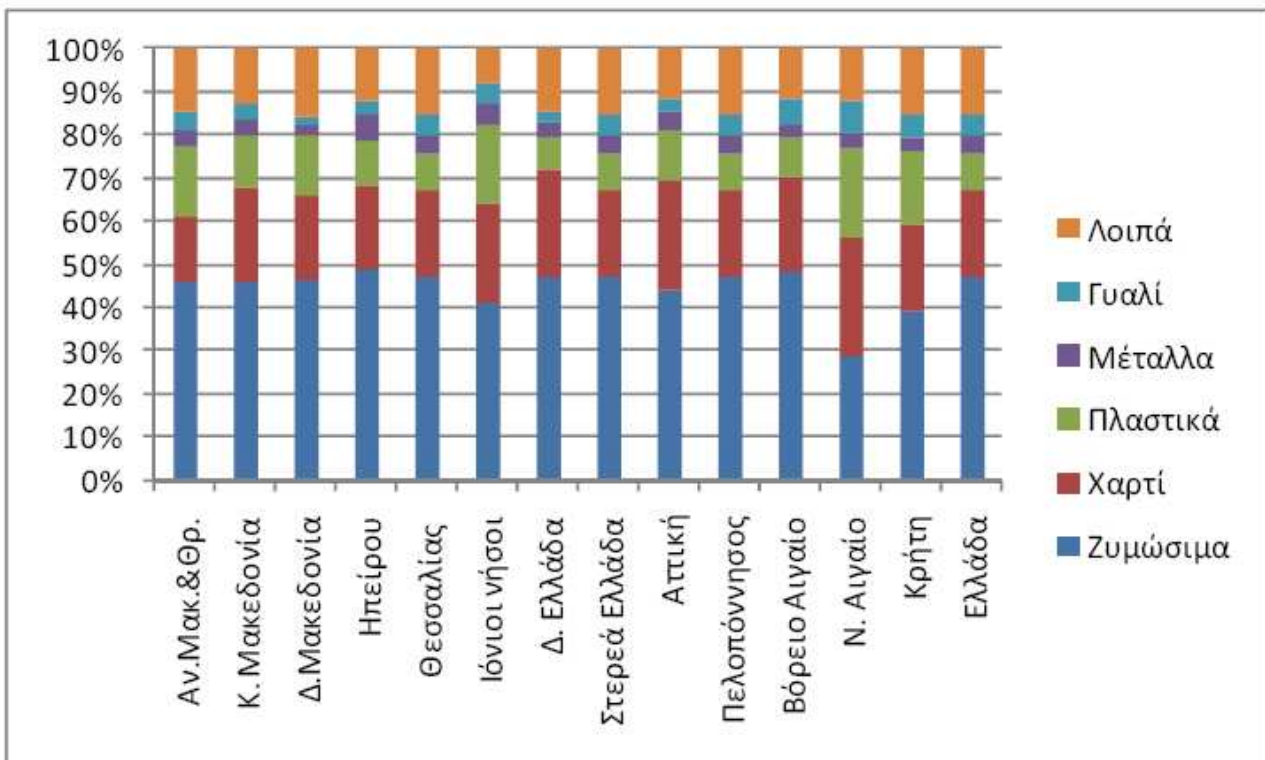
Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η μέση ποιοτική σύσταση των αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα με βάση τον Εθνικό Σχεδιασμό Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2003)



Εικόνα 1.4 Μέση σύσταση στερεών αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα [Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας]

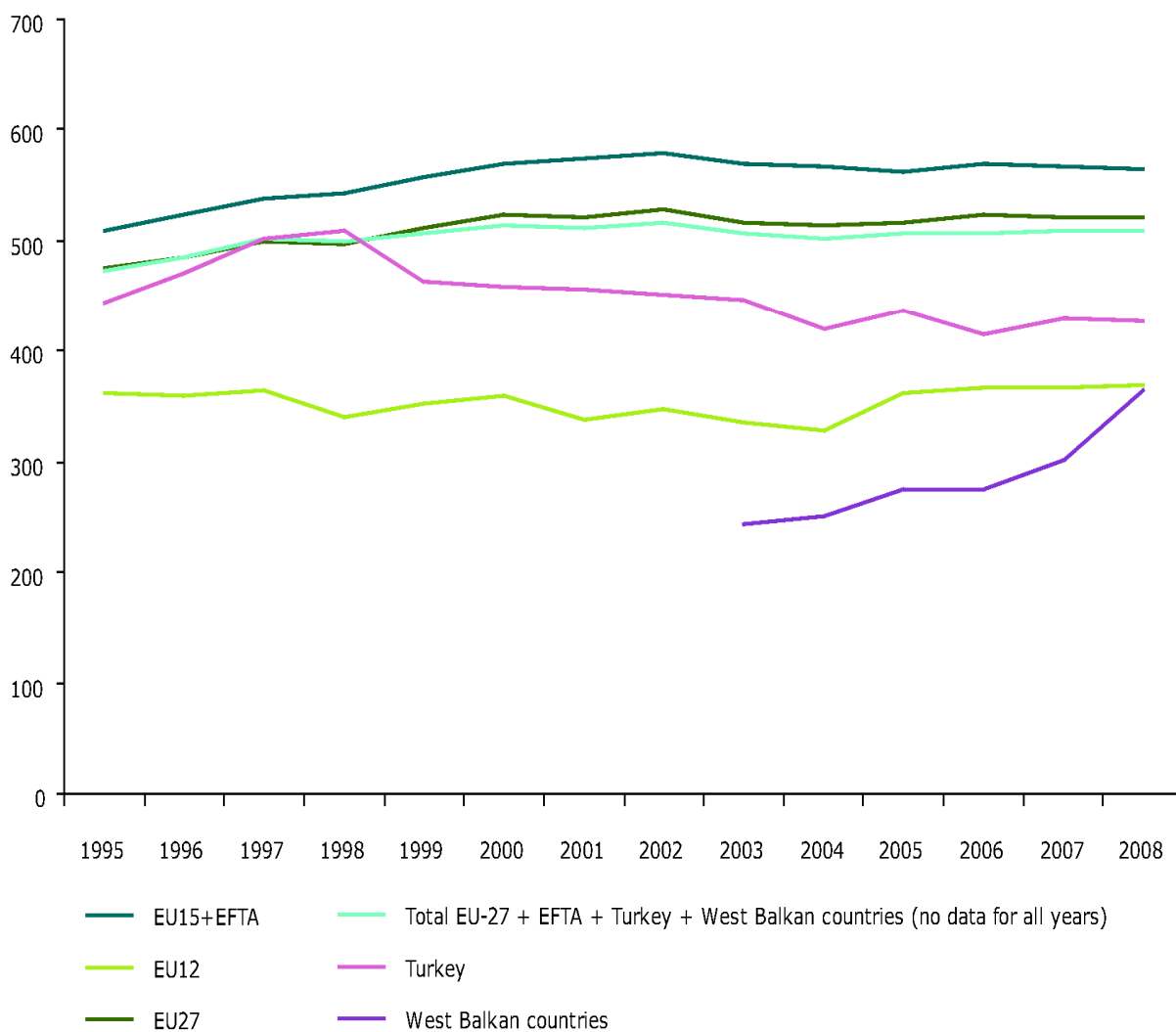
Η πιο δόκιμη κατηγοριοποίηση των απορριμμάτων, όπως προκύπτει από σειρά δειγματοληφιών και αναλύσεων, περιλαμβάνει τις εξής ομάδες υλικών: [Μουσιόπουλος Ν., 2002]

- Ζυμώσιμα: Περιλαμβάνονται τα υπολείμματα κουζίνας και κήπου.
- Χαρτί: Περιλαμβάνονται τα πάσης φύσεως χαρτιά και χαρτόνια που προέρχονται κυρίως από έντυπο υλικό και συσκευασίες προϊόντων.
- Μέταλλα: Περιλαμβάνεται το σύνολο των μεταλλικών υλικών. Είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα (αλουμίνιο), κυρίως λόγω της μαγνητικής ιδιότητας των πρώτων. Σε ορισμένες αναλύσεις εξετάζονται ως ξεχωριστή υποκατηγορία και οι μπαταρίες λόγω της σχετικά υψηλότερης επικινδυνότητάς τους.
- Γυαλί: Όσον αφορά την ανακύκλωση, γίνεται διαχωρισμός σε λευκό, καφέ και πράσινο γυαλί, καθώς η παραγωγή καφέ και λευκού απαιτεί υαλότριμμα μόνο του ίδιου χρώματος.
- Πλαστικό: Περιλαμβάνεται το σύνολο των πολυμερών απορριμμάτων. Χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η έντονη ανομοιογένειά της, λόγω των πολλών χρησιμοποιούμενων πολυμερών (π.χ. PVC, PE, PP, PS, PET, ABS, κ.λπ.).
- Δέρμα-Ξύλο-Λάστιχο-Ύφασμα: Χαρακτηρίζονται ως λοιπά καύσιμα.
- Αδρανή: Περιλαμβάνονται χημικά ανενεργά υλικά που καταλήγουν στα οικιακά απορρίμματα (π.χ. χρώματα, πέτρες, κ.λπ.).
- Λοιπά: Στο κλάσμα αυτό καταλήγουν τα υλικά εκείνα που δε μπορούν να κατανεμηθούν σε καμία από τις άλλες κατηγορίες.



Εικόνα 1.5 Ποιοτική σύσταση ΑΣΑ ανά Περιφέρεια της Ελλάδας [Α. Χ. Μπουρτσάλας 2011]

Generation per capita (kg/capita)



Εικόνα 1.6 Παραγωγή αστικών αποβλήτων κατά κεφαλήν στη Δυτική Ευρώπη (ΕΕ-15 συν Νορβηγία, Ισλανδία και Ελβετία), στα νέα κράτη μέλη (ΕΕ-12), στις χώρες της ΕΕ (ΕΕ-27), στην Τουρκία, στις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων και στην Ευρώπη συνολικά, 2010. [European Environment Agency]

Οι ουσιαστικότερες μεταβολές στη σύνθεση των απορριμμάτων από τη δεκαετία του '80 έως σήμερα είναι η μείωση των ζυμώσιμων υλικών και η αύξηση των πλαστικών και του χαρτιού. Σύμφωνα με σύγχρονες έρευνες, ο κύριος όγκος των αστικών αποβλήτων σήμερα στην Αθήνα εξακολουθεί να αποτελείται από ζυμώσιμα υλικά, αν και πλέον σε μικρότερο ποσοστό, ενώ αντίθετα, έχει αυξηθεί από το ένα πέμπτο στο ένα τρίτο η παρουσία χαρτιού και διπλασιάστηκε το ποσοστό των πλαστικών ενώ στα ίδια επίπεδα περίπου εκτιμάται ότι κυμαίνονται τα υπόλοιπα υλικά.

Ιδιαίτερη μνεία θα πρέπει να γίνει και για τις επικίνδυνες ουσίες που περιέχονται στα αστικά στερεά απόβλητα και καταλήγουν ορισμένες φορές στους κοινούς πράσινους κάδους αποκομιδής (υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο, χρώμιο, βρώμιο). Η έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης καθώς και η ελλιπής ενημέρωση των πολιτών έχει ως αποτέλεσμα να οδηγούνται τελικώς προς ταφή μαζί με το ρεύμα των αστικών αποβλήτων επικίνδυνα υλικά, τα οποία θα πρέπει να συλλέγονται ξεχωριστά και να υπόκειται σε ξεχωριστή επεξεργασία.

1.3 Ποσοτική ανάλυση ΑΣΑ

- Μοναδιαία Παραγωγή και Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων [Μουσιόπουλος Ν., 2002]

Το χαρακτηριστικότερα μεγέθη που περιγράφουν την παραγωγή αποβλήτων είναι η Μοναδιαία Παραγωγή Απορριμμάτων (ΜΠΑ) και ο αντίστοιχος Ρυθμός Παραγωγής Απορριμμάτων (ΡΠΑ).

Η ΜΠΑ εκφράζεται από το βάρος των απορριμμάτων που παράγει ένα άτομο σε μια ημέρα (kg/cap.day) και ποικίλλει πολύ ανάλογα με τη χώρα και την περιοχή. Η ποσότητα είναι μεγαλύτερη, για παράδειγμα, στις πλούσιες χώρες και στις πλούσιες περιοχές της ίδιας χώρας ενώ στις αγροτικές περιοχές η ποσότητα των σκουπιδιών είναι μικρότερη από ότι στις αστικές περιοχές. Η τιμή της ΜΠΑ για την Ελλάδα κυμαίνεται από 0,6 kg/cap.day για τις αγροτικές περιοχές ως 1,4 kg/cap.day για τις οικονομικά ακμαίες αστικές περιοχές. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται παγκοσμίως μία αύξηση των ΜΠΑ και ΡΠΑ.

Ο ΡΠΑ εκτιμάται για μια περιοχή πολλαπλασιάζοντας την ΜΠΑ με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό της: $ΡΠΑ = \text{Πληθυσμός} \times \text{ΜΠΑ (kg/day)}$

Περιοχή	ΜΠΑ(kg/cap.day)
Χώρες με πολύ χαμηλό εισόδημα (π.χ. Αιθιοπία)	0.4
Αναπτυσσόμενα κράτη (π.χ. Αίγυπτος, Βραζιλία)	0.7
Βιομηχανικά αναπτυγμένα κράτη	1.1
Πλούσια κράτη (π.χ. Καναδάς, Ελβετία)	Έως 2.5
Ελλάδα	0.8-1

Πίνακας1.1 Μεταβολή ΜΠΑ ανάλογα την ανάπτυξη των χωρών.

Παράγοντες που επηρεάζουν το ΡΠΑ:

- Πληθυσμιακή πυκνότητα (αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας αντιστοιχεί σε αύξηση της παραγωγής απορριμμάτων).
- Πληθυσμιακές διακυμάνσεις (ιδιαίτερα για τουριστικές περιοχές).
- Εποχές χρόνου.
- Συχνότητα συλλογής (αύξηση συχνότητας συλλογής αντιστοιχεί σε αύξηση της ΠΑ).
- Οικονομο-κοινωνικό, πολιτισμικό και μορφωτικό επίπεδο.
- Γεωγραφική περιοχή αναφοράς.
- Ηλικία καταναλωτών.
- Εμπορική και βιομηχανική δραστηριότητα.
- Ύπαρξη προγραμμάτων ανακύκλωσης και κομποστοποίησης.
- Ενημέρωση καταναλωτών.
- Όγκος και είδη κάδων.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι καθορισμού του ΡΠΑ μιας περιοχής:

- Απ'ευθείας ζύγιση των συλλεγομένων απορριμμάτων

Γίνεται για ορισμένη χρονική περίοδο (μέσω ζύγισης των απορριμματοφόρων πάνω σε γεφυροπλάστιγγα):

$$\text{ΡΠΑ} = \frac{\sum (BZ_i - BA_i)}{T}$$

όπου:

BZ_i = Βάρος ζύγισης για κάθε απορριμματοφόρο (kg),

BA_i = Απόβαρο του απορριμματοφόρου (kg),

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

- Ανάλυση φορτίων

Καταμέτρηση των φορτίων των απορριμματοφόρων σε μια δεδομένη χρονική περίοδο και ανά τακτά διαστήματα για λόγους αντιπροσωπευτικότητας. Το φορτίο του απορριμματοφόρου (βάρος) προκύπτει από ειδικό βάρος των απορριμμάτων (kg/m³). Το ειδικό βάρος των απορριμμάτων που συλλέγονται στα απορριμματοφόρα είναι διαφορετικό από εκείνο εντός σακουλών και κάδων.

Τα φορτία είναι περίπου γνωστά από τη χωρητικότητα των απορριμματοφόρων ή υπολογίζονται βάσει της συνολικής χωρητικότητας των κάδων που εκκενώνονται εντός αυτού:

$$ΡΠΑ = \frac{\sum (C_i * E_i)}{T}$$

όπου:

C_i = Χωρητικότητα απορριμματοφόρου ή κάδου (m³),

E_i =Ειδικό βάρος απορριμμάτων σε κάθε περίπτωση (kg/m³),

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

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση της μεθόδου αυτής είναι η γνώση της χωρητικότητας των απορριμματοφόρων ή κάδων, η πληρότητα των απορριμματοφόρων στο τέλος του δρομολογίου συλλογής ή των κάδων κατά την εκκένωσή τους, ο τύπος απορριμματοφόρου και το ειδικό βάρος των απορριμμάτων.

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

- Ανάλυση ισοζυγίου υλικών

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αρχή του ισοζυγίου μάζας που επικρατεί σε ένα σύστημα (νοικοκυριό, περιοχή, δήμος, χώρα, κ.λπ.). Τα υλικά που εισέρχονται σε ένα σύστημα παραμένουν ένα χρονικό διάστημα, μικρό ή μεγάλο αναλόγως το υλικό και στη συνέχεια εξέρχονται απορριπτόμενα. Με τη μέθοδο αυτή ο υπολογισμός της παραγωγής αποβλήτων στηρίζεται στον υπολογισμό των υλικών που καταναλώνονται.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα παρακάτω:

- Δε λαμβάνονται υπόψη οι παράμετροι που επηρεάζουν την καταναλωτική συμπεριφορά των πολιτών, άρα και την παραγωγή των απορριμμάτων ποιοτικά και ποσοτικά.
- Πολυπλοκότητα υπολογισμών.
- Εξάρτηση της μεθόδου από τα στοιχεία κατανάλωσης/παραγωγής που δεν είναι πάντα διαθέσιμα για όλα τα προϊόντα.
- Κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:
- Δυνατότητα μελέτης ενός προϊόντος ή ομάδας προϊόντων.
- Ακριβής υπολογισμός του ΡΠΑ.
- Δυνατότητα πρόβλεψης μελλοντικής παραγωγής απορριμμάτων.

1.4 Ποιοτική ανάλυση ΑΣΑ

Η χάραξη μίας βιώσιμης πολιτικής διάθεσης απορριμμάτων, πέρα από την απλή απόθεση, (δηλ. η ανάκτηση υλικών ή και ενέργειας από αυτά) για μία περιοχή προϋποθέτει τη γνώση της περιεκτικότητάς τους σε διάφορα υλικά και στοιχεία. Οι παράγοντες που επιδρούν στην παραγόμενη ποσότητα απορριμμάτων επιδρούν ακόμη στην ποιότητα και τη σύσταση.

Παράμετρος	Μονάδα Μέτρησης	Ελάχιστο	Μέγιστο	Διάμεση Τιμή	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
Υγρασία	(%)	30,0	48,2	37,2	37,5	4,6
pH	-	5,98	7,11	6,57	6,60	0,34
Οργανική Ουσία	(%)d,w	72,1	91,6	83,4	83,0	5,2
Οργανικός Άνθρακας	(%)d,w	30,2	34,0	32,6	32,4	1,1
Άζωτο(ΤΚΝ)	(%)d,w	0,61	1,30	0,95	0,93	0,23
Αγωγιμότητα	(mS/cm)	0,84	2,08	1,49	1,46	0,27
Θερμογόνος Δύναμη	(Kcal/Kg)d,w	2230	4794	2847	3045	716
Ολικά Χλωριούχα (Cl ⁻)	(%)d,w	0,13	1,46	0,61	0,63	0,35
Cr	mg/Kg	0,068	0,530	0,173	0,201	0,126
Cu	mg/Kg	15,5	49,0	27,7	29,9	9,9
Mn	mg/Kg	21,0	67,1	31,3	34,1	10,9
Ni	mg/Kg	13,2	58,9	21,5	27,7	12,0
Zn	mg/Kg	33,6	205,1	76,5	85,1	37,3

Πίνακας 1.2 Πρόσφατες μετρήσεις φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ΑΣΑ που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού Προγράμματος «Προσδιορισμός Φυσικοχημικών Παραμέτρων & Ποιοτικής Σύστασης Απορριμμάτων Λεκανοπεδίου Αττικής» που εκπόνησε ο ΕΣΔΚΝΑ από τον Ιανουάριο του 2006 έως τον Μάρτιο του 2008 σε συνεργασία με το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και το Πολυτεχνείο της Δρέσδης.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

➤ Φυσικά

Πρόκειται για την εκατοστιαία κατά βάρος φυσική σύσταση σε ευδιάκριτα υλικά, όπως χαρτί, γυαλί, μέταλλα, το ειδικό βάρος, το μέγεθος (κυρίως για όταν πρόκειται να εφαρμοστεί κάποιο πρόγραμμα ανάκτησης υλικών) και τη υδατοδιαπερατότητα των απορριμμάτων.

➤ Χημικά

Αφορά την υγρασία, την περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά και ανόργανα, την ποσοστιαία σύσταση σε χημικά στοιχεία (άνθρακας, οξυγόνο, κ.λπ.), κ.ά. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η θερμογόνος δύναμη των απορριμμάτων καθώς και η περιεκτικότητά τους σε επικίνδυνα συστατικά.

➤ Μικροβιολογικά

Ορίζονται από το ποσοστό των μολυσματικών αποβλήτων στην παραγόμενη ποσότητα.

➤ Βιολογικά

Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του οργανικού κλάσματος των στερεών απορριμμάτων είναι η δυνατότητα μετασχηματισμού τους μέσω βιολογικών διεργασιών σε αέρια συστατικά και σχετικά αδρανή οργανικά, με άλλα λόγια, τη σήψη των οργανικών συστατικών και ιδιαίτερα των υπολειμμάτων τροφών με αποτέλεσμα την έκλυση οσμών και την προσέλκυση εντόμων.

1.5 Απόβλητα ως καύσιμη ύλη

Η μάζα των αποβλήτων διακρίνεται από μεγάλη ανομοιογένεια και διακύμανση της αναλογίας σε οργανικά και ανόργανα συστατικά. Το γεγονός αυτό αποτελεί παράγοντα δυσκολίας για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας εγκατάστασης θερμικής επεξεργασίας, για τον υπολογισμό του ισοζυγίου μάζας - ενέργειας και των εκπομπών της μονάδας.

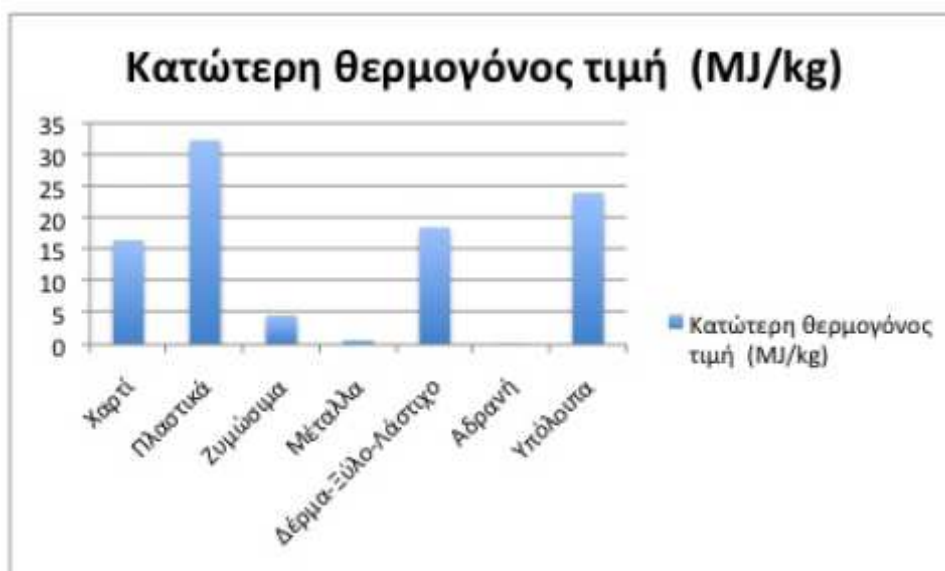
Οι βασικότερες ιδιότητες των αποβλήτων που επηρεάζουν την συμπεριφορά τους στην καύση αναλύονται παρακάτω. [Μουσιόπουλος 2002]

1.5.1 Ανώτερη και κατώτερη θερμογόνος δύναμη.

Θερμογόνος δύναμη των οικιακών απορριμμάτων είναι η ποσότητα θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση της μονάδας βάρους και εκφράζεται σε kcal/kg απορριμμάτων. Υπολογίζεται εργαστηριακά με τη βοήθεια θερμιδόμετρου. Ο υπολογισμός της γίνεται στην περίπτωση ανάκτησης ενέργειας από τα απορρίμματα.

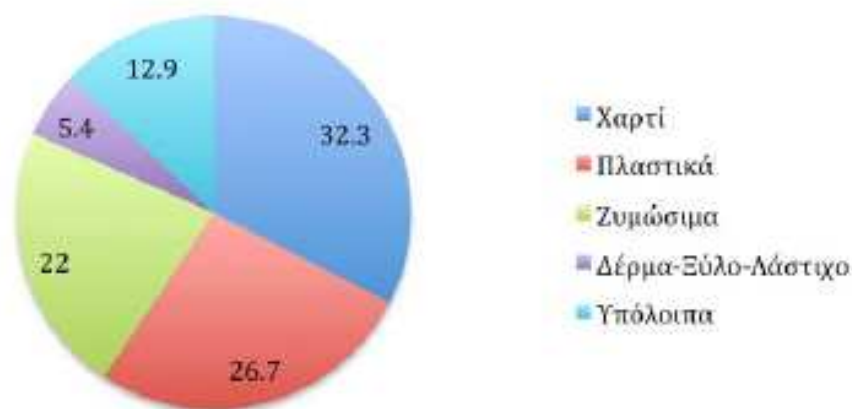
Τα καύσιμα (απορρίμματα) περιέχουν H_2 και έτσι τα προϊόντα θα περιέχουν H_2O . Όταν το νερό (ατμός) που σχηματίζεται κατά την καύση του H_2 συμπυκνώνεται (υγρό) τότε εκλύεται ένα ποσό θερμότητας που είναι μετρίσιμο και έτσι θα μετρηθεί μία μεγαλύτερη θερμογόνος δύναμη από την περίπτωση που το νερό θα είχε παραμείνει στην αέρια φάση. Συνεπώς, διακρίνονται δύο θερμογόνοι δυνάμεις: η ανώτερη, που αντιστοιχεί στην πλήρη συμπύκνωση του νερού των προϊόντων και η κατώτερη, που αντιστοιχεί στην περίπτωση που το νερό των προϊόντων είναι στην αέρια φάση. Συνήθως, αυτή που χρησιμοποιείται για τεχνικούς υπολογισμούς είναι η κατώτερη θερμογόνος δύναμη.

Ενδεικτικές τιμές της θερμογόνου δύναμης ανάλογα με τον τύπο των απορριμμάτων και η συμμετοχή αυτών στην ενέργεια δίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 1.7 Κατώτερη θερμογόνος τιμή των Ελληνικών οικιακών απορριμμάτων [Α. Χ. Μπουρτσάλας 2011]

Συμμετοχή στην ενέργεια (%)



Εικόνα 1.8 Συμμετοχή στην ενέργεια των Ελληνικών οικιακών απορριμμάτων [Α. Χ. Μπουρτσάλας 2011]

1.5.2 Περιεκτικότητα σε υγρασία (% κ.β.).

Η υγρασία των απορριμμάτων υπολογίζεται εργαστηριακά με ξήρανση δείγματος (είτε του συνόλου των απορριμμάτων είτε του κάθε συστατικού ξεχωριστά) σε φούρνο στους 105°C για μία ώρα. Επειδή τα δείγματα δε μπορούν να είναι μεγάλα, προτιμάται ο υπολογισμός της υγρασίας στα διάφορα επιμέρους συστατικά και, βάσει αυτής, ο υπολογισμός της συνολικής. Η περιεχόμενη υγρασία των στερεών απορριμμάτων εκφράζεται συνήθως σαν το βάρος υγρασίας που περιέχεται στη μονάδα του βάρους του υγρού ή ξηρού υλικού. Κατά τη μέτρηση της υγρασίας με αναφορά στο υγρό υλικό, η υγρασία αυτή σ'ένα δείγμα εκφράζεται ως ποσοστό του βάρους του υγρού υλικού. Αντίστοιχα, κατά την ξηρή μέθοδο, εκφράζεται σαν ποσοστό του

βάρους του ξηρού υλικού. Σε μια σχέση ισότητας το υγρό βάρος της περιεχόμενης υγρασίας εκφράζεται ως εξής:

$$\text{ΠΥ}(\%) = 100 \frac{A - B}{A}$$

όπου:

ΠΥ = Περιεχόμενη υγρασία,

A = Αρχικό βάρος του δείγματος,

B = Βάρος του δείγματος κατά την ξήρανση.

Μερικές τυπικές τιμές της περιεχόμενης υγρασίας των πιο συνηθισμένων τύπων απορριμμάτων δίνονται στον Πίνακα 1.3. Για τα περισσότερα αστικά απορρίμματα η περιεχόμενη υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 15 και 40%, εξαρτώμενη από τη σύσταση των απορριμμάτων, την εποχή του έτους, τις καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα τη βροχή.

Συστατικά	Υγρασία [%]
Υπολείμματα τροφών	70
Χαρτιά	6
Χαρτόνια	5
Πλαστικά	2
Γυαλιά	2
Μέταλλα	3
Κονσέρβες	3
Απορρίμματα κήπων (κλαδιά φύλλα κ.λπ.)	60
Στάχτη, σκόνη, τούβλα κ.λπ.	8
Δέρμα	10
Υφάσματα	10
Αδρανή άνω των 20 mm	10
Αδρανή κάτω των 20 mm	8

Πίνακας 1.3 Τυπικές τιμές υγρασίας απορριμμάτων (% κ.β.).

1.5.3 Σημείο τήξης και περιεκτικότητα υπολειμμάτων σε στάχτη (% κ.β.).

Η θερμοκρασία τήξης και συσσωμάτωσης της τέφρας που παράγεται μετά την καύση των απορριμμάτων κυμαίνεται μεταξύ 1100 –1200°C.

1.5.4 Χημική ανάλυση των καυσίμων συστατικών.

Η εκπομπή χλωριωμένων ενώσεων (διοξίνες/φουράνια) κατά την καύση απορριμμάτων επιβάλλει πολλές φορές και προσδιορισμό περιεκτικότητας σε αλογόνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. X. Μπουρτσάλας, Ν. Ι.Θέμελης, Ε. Καλογήρου, «Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος», Earth Engineering Center, Columbia University, 2011
- ΕΕΔΣΑ, “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων: Νομοθεσία και Πολιτική, έννοιες που δεν ταυτίζονται πάντοτε”, Ιούνιος 2008
- ΕΚΠΑΑ, “Η κατάσταση του περιβάλλοντος”, Αθήνα 2008
- Καλογήρου Ε., “Το πρόβλημα και η λύση της διαχείρισης των απορριμμάτων της Αττικής”, www.wtert.gr
- Μουσιόπουλος Ν., Καραγιαννίδης Α., σημειώσεις στο μάθημα “Διαχείριση Απορριμμάτων”, τμ. Μηχανολόγων Μηχ, ΑΠΘ, Θεσ/κη, Ιούνιος 2002
- Χριστίνα Θεοχάρη, Περιβαλλοντολόγος- Πολιτικός Μηχανικός, “Διαχείριση Αστικών Στερεών Απορριμμάτων- Ανακύκλωση, Παρόν και προοπτικές”, Προσυνεδριακή ημερίδα HELECO 2011, ΤΕΕ και ΤΕΕ-Τμήμα ΑΜ
- Avraam Karagiannidis, “Thermal treatment of waste in Greece”, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, March 2008, Munich
- E. Kalogirou, N. J. Themelis, “Waste Management in Greece & Potential for Waste -to -Energy”, for the ISWA Beacon Conference Strategic Waste Management Planning in SEE, Middle East and Mediterranean Region, December 2009
- Establishment of Waste Network for sustainable solid waste management planning and promotion of integrated decision tools in the Balkan Region (BALKWASTE),LIFE07/ENV/RO/686 “NATIONAL REPORT GREECE”
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006
- Ying-Hsi Chang, W.C. Chen, Ni-Bin Chang, “Comparative evaluation of RDF and MSW Incineration”, Department of Environmental Engineering, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan, 1998

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας

www.kee.gr

European Environment Agency

http://www.eea.europa.eu/soer/countries/gr/soertopic_view?topic=waste

<http://www.eea.europa.eu/soer/countries/gr/waste-national-responses-greece/>

Συνέργεια

<http://www.wtert.gr/>



2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΑ

2.1 Εισαγωγή

2.2 Η Ευρωπαϊκή Στρατηγική

2.2.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη

2.2.2 Η έννοια του κύκλου ζωής (Life Cycle Analysis)

2.3 Η Διαχείριση στην Ελλάδα

2.3.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

2.3.2 Συνεισφορά σε στόχους πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΑΣΑ

2.1 Εισαγωγή

Η Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα με οικονομικές, κοινωνικές, πολιτικές και περιβαλλοντικές πλευρές, το οποίο αφορά το σύνολο της κοινωνίας μας, ξεκινώντας από τους θεσμικούς κρατικούς φορείς (Υπουργεία, Περιφέρειες, ΟΤΑ-ΦοΔΣΑ) και τους επαγγελματίες (επιστήμονες, μελετητές, εργολήπτες) έως και τους απλούς πολίτες. Με τον όρο αυτό νοούνται δράσεις και πολιτικές όπως η πρόληψη της παραγωγής των απορριμμάτων, η διαλογή στην πηγή, η μεταφορά, η μεταφόρτωση, η προσωρινή αποθήκευση, η αξιοποίηση και η διάθεση των απορριμμάτων.

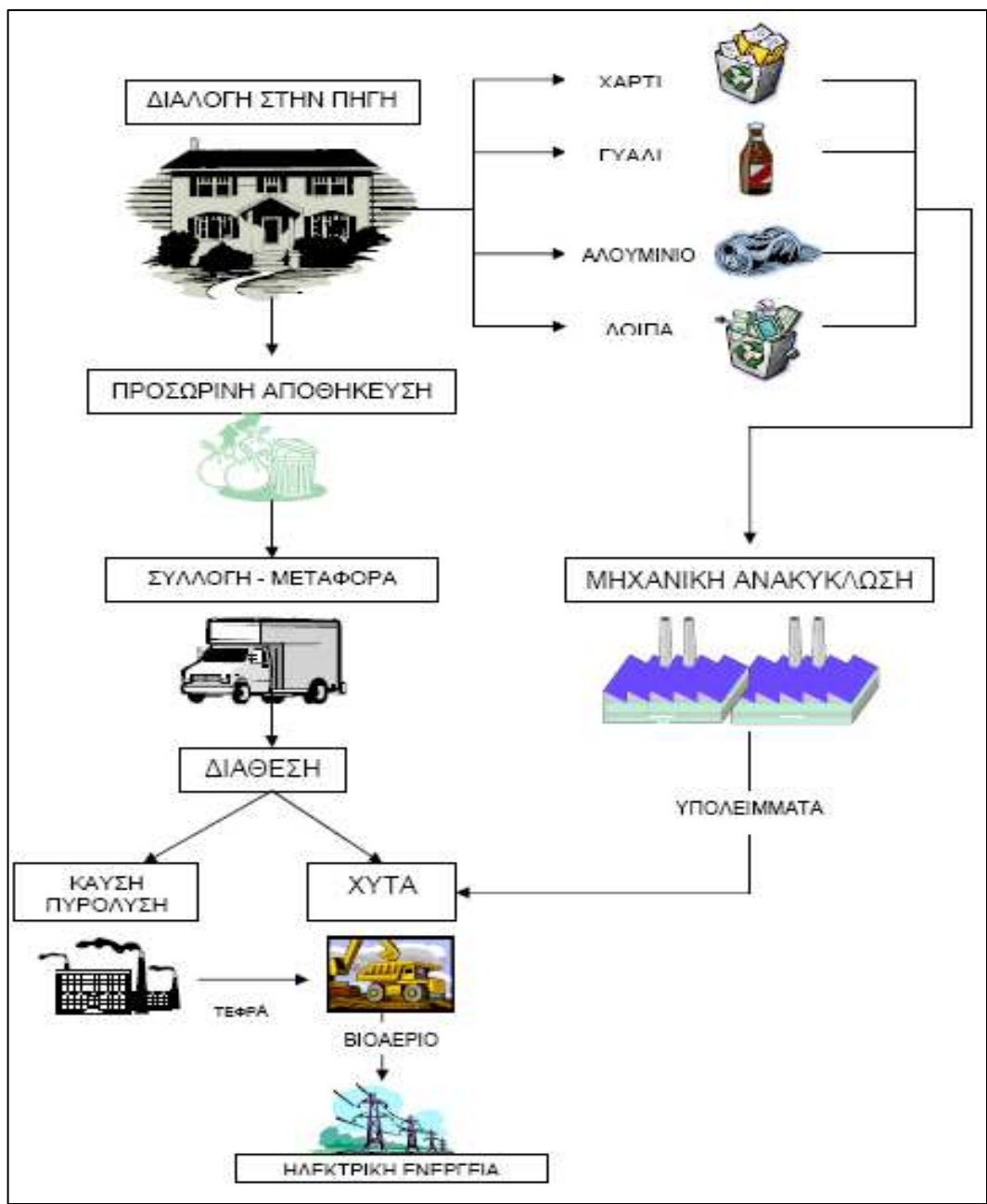
Παρά τα σημαντικά βήματα που γίνονται στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια και αφορούν την εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης των απορριμμάτων, υπάρχει σημαντική υστέρηση σε σύγκριση με την Ευρώπη, τόσο σε επίπεδο υποδομών όσο και σε επίπεδο ευαισθητοποίησης και συμμετοχής των πολιτών.

Όσον αφορά το σχεδιασμό, οι αλλαγές που έχουν επέλθει τα τελευταία χρόνια στο θεσμικό πλαίσιο επιβάλλουν τη λήψη πρωτοβουλίας από τους ΟΤΑ και τους ΦοΔΣΑ, οι οποίοι είναι και οι αρμόδιοι τόσο για το σχεδιασμό όσο και για τη λειτουργία των υφιστάμενων και προγραμματισμένων έργων. Οι ΟΤΑ είναι επίσης υπεύθυνοι για την ενεργοποίηση των πολιτών, οι οποίοι με τη συμμετοχή τους θα καθορίσουν και την αποτελεσματικότητα των έργων. Υπό αυτές τις συνθήκες η δευτεροβάθμια τοπική αυτοδιοίκηση καλείται να δώσει γρήγορες και άμεσες λύσεις σε ένα πολύπλοκο ζήτημα, ακολουθώντας όσα προβλέπει το θεσμικό πλαίσιο και με τα χρονοδιαγράμματα που θέτουν οι Οδηγίες της Ε.Ε. να πιέζουν ασφυκτικά.

Η διαχείριση των απορριμμάτων βασίζεται σε τρία στοιχεία:

- στη διατύπωση γενικού σχεδίου,
- στο ρυθμιστικό σύστημα και στο σύστημα ελέγχου και
- στη διαθεσιμότητα κατάλληλων τεχνικών και εγκαταστάσεων διαχείρισης και διάθεσης, με σκοπό να υλοποιηθεί η επιλεγμένη πορεία για την διαχείριση των απορριμμάτων.

Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης στερεών αποβλήτων, η διάθεση των ανεπεξέργαστων στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής αποτελεί την τελευταία εναλλακτική λύση, καθώς συνεπάγεται σπατάλη πόρων, οι οποίοι θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να αξιοποιηθούν. Παράλληλα, δεν επιτρέπεται και από το κοινοτικό και ελληνικό θεσμικό πλαίσιο από το 1999 και το 2002 αντίστοιχα.



Εικόνα 2.1 Ορθολογική Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων

2.2 Η Ευρωπαϊκή στρατηγική

2.2.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ευρώπη

Η ΕΕ προωθεί την αειφόρο και φιλική για το περιβάλλον διαχείριση απορριμμάτων με σκοπό την διαφύλαξη της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος θεσπίζοντας τέσσερις βασικές, γενικές αρχές:

- την αρχή της πρόληψης: η ελαχιστοποίηση της παραγωγής των στερεών αποβλήτων.
- την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»: η επιβολή προστίμων (χρηματικών ή ποινικών) σε όποιον προκαλεί οποιαδήποτε ζημία στο περιβάλλον.
- την αρχή της προφύλαξης: η λήψη μέτρων για την προφύλαξη του περιβάλλοντος από τη ρύπανση των αποβλήτων.
- την αρχή της γειτνίασης: η διάθεση και διαχείριση των αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται κοντά στον τόπο παραγωγής τους. [Θωμά 2005]

Η πολιτική της ΕΕ για τα απόβλητα στηρίζεται σε μια έννοια που είναι γνωστή ως ιεραρχία διαχείρισης των αποβλήτων και θεσπίζεται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 75/442/ΕΟΚ, με βάση την οποία οι διάφορες εναλλακτικές επιλογές διαχείρισης των αποβλήτων χαρακτηρίζονται από «βέλτιστες» ως «χείριστες» από περιβαλλοντικής σκοπιάς.

Οι επιλογές αυτές είναι:

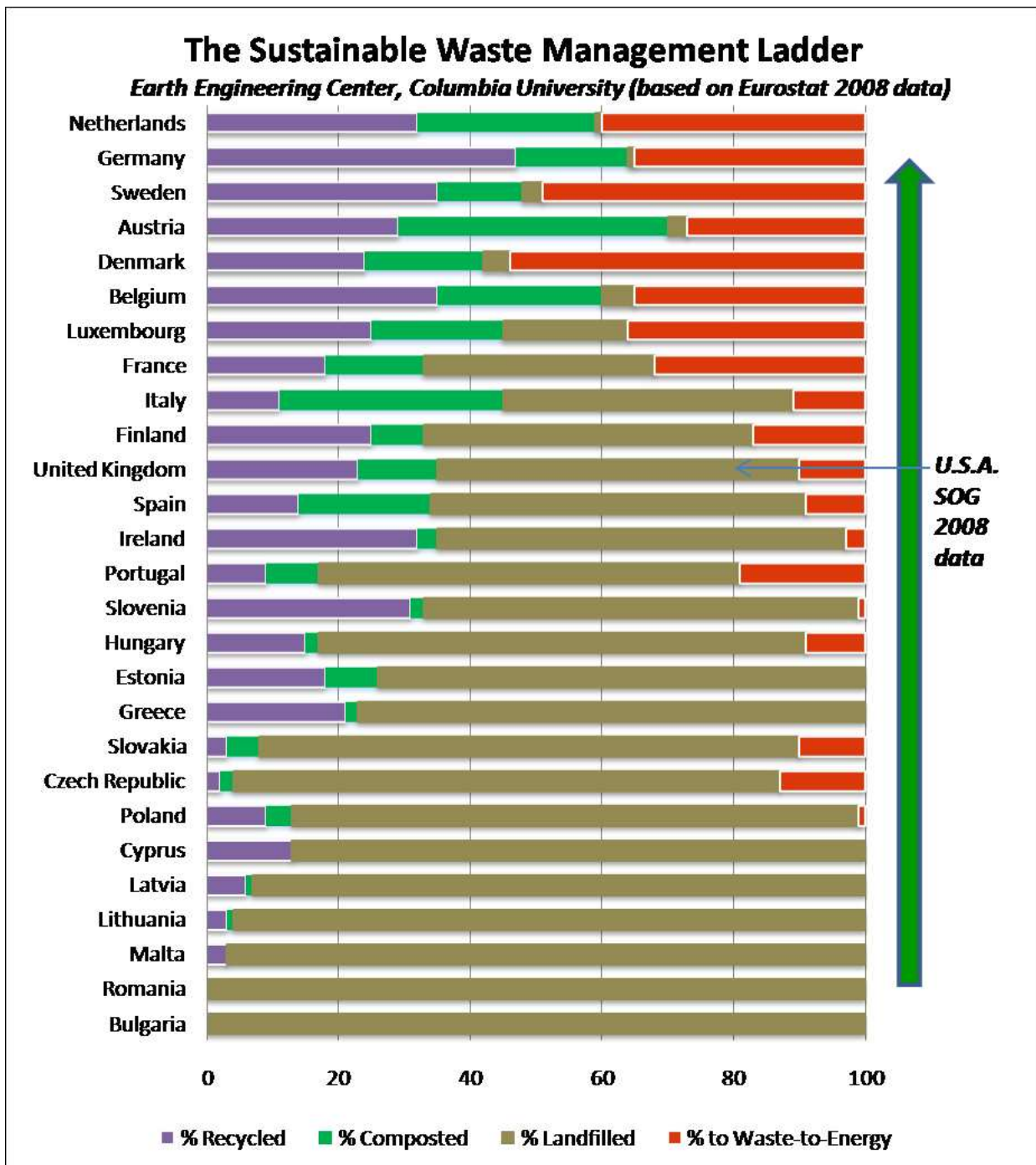
- Πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων
- Επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος
- Ανακύκλωση ή λιπασματοποίηση του προϊόντος
- Ανάκτηση της ενέργειας μέσω αποτέφρωσης
- Διάθεση σε χώρο υγειονομικής ταφής

Αυτό σημαίνει ότι ιδανικά, τα απόβλητα πρέπει να προλαμβάνονται και ό,τι δεν μπορεί να προληφθεί πρέπει να επαναχρησιμοποιείται, να ανακυκλώνεται και να ανακτάται όσο είναι εφικτό, ενώ η υγειονομική ταφή πρέπει να αποτελεί την έσχατη λύση αφού είναι η πιο επιβλαβής επιλογή για το περιβάλλον. Η παραπάνω ιεράρχηση δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απόλυτος κανόνας, δεδομένου ότι διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων μπορεί να έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συνεπώς, αν κάποια, χαμηλότερης θέσης στην ιεράρχηση, εναλλακτική επιλογή επιφέρει λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε συγκεκριμένες συνθήκες, πρέπει και να προτιμάται. Ωστόσο ο στόχος μετάβασης σε μια κοινωνία ανακύκλωσης και ανάκτησης σημαίνει μετακίνηση σε ανώτερη θέση στην ιεράρχηση, απομάκρυνση από την υγειονομική ταφή και όλο και πιο εκτεταμένη ανακύκλωση και ανάκτηση. Τέλος, η εισαγωγή της νέας έννοιας του «κύκλου ζωής» έχει ως στόχο να εξασφαλίσει ότι επιλέγεται η βέλτιστη, από περιβαλλοντικής σκοπιάς, εναλλακτική επιλογή σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. [ΕΕΔΣΑ]



Εικόνα 2.2 Ιεράρχηση στην διαχείριση αποβλήτων [University of Leicester, www2.le.ac.uk]

Παρόλ' αυτά, το 2005, στην ΕΕ κατά μέσο όρο τα αστικά απόβλητα κατέληγαν κατά 49% σε χώρους υγειονομικής ταφής, το 18% οδηγούταν προς αποτέφρωση ενώ το υπόλοιπο 33% προς ανακύκλωση και λιπασματοποίηση. Γενικά, όμως, υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στα κράτη μέλη, οι οποίες κυμαίνονται από εκείνα τα οποία ανακυκλώνουν τις μικρότερες ποσότητες (90% ΧΥΤΑ, 10% ανακύκλωση και ανάκτηση ενέργειας) έως εκείνα που είναι ιδιαίτερα φιλικά με το περιβάλλον (10 % ΧΥΤΑ, 25% ανάκτηση ενέργειας και 65% ανακύκλωση). [Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 2005]



Εικόνα 2.3 Ποσοστά χρησιμοποίησης των τεχνικών διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων στην Ευρώπη [Μαγουλάς 2010]

Η ΕΕ υιοθέτησε το 2002 το 6^ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον, μια νέα περιβαλλοντική στρατηγική που καθορίζει στόχους και περιγράφει σε γενικές γραμμές τα μέσα με τα οποία η ΕΕ μπορεί να κινηθεί προς μια βελτιωμένη διαχείριση των αποβλήτων, για την περίοδο 2002-2012. Ταυτόχρονα απλοποιεί σημαντικά και αποσαφηνίζει το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, ευθυγραμμιζόμενη με τους στόχους της ΕΕ για καλύτερη νομοθεσία. Συγκεκριμένα, αφορά τέσσερις βασικούς τομείς:

- κλιματική αλλαγή,
- βιοποικιλότητα,
- περιβάλλον και υγεία,
- αειφόρος χρήση των φυσικών πόρων και διαχείριση αποβλήτων.

Για την αντιμετώπιση πιο εξειδικευμένων περιβαλλοντικών προβλημάτων με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, το συγκεκριμένο πρόγραμμα ενθαρύνει την ανάπτυξη επτά θεματικών στρατηγικών:

1. Ατμοσφαιρική ρύπανση
2. Πρόληψη και Ανακύκλωση Αποβλήτων
3. Προστασία και Διαφύλαξη του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος
4. Έδαφος
5. Αειφόρος Χρήση Φυτοφαρμάκων
6. Αειφόρος Χρήση Πόρων
7. Αστικό Περιβάλλον

Κάθε στρατηγική βασίζεται σε ενδεδειγμένη έρευνα και επιστημονική τεκμηρίωση και θέτει σαφείς περιβαλλοντικούς στόχους που θα πρέπει να επιτευχθούν έως το 2020. Επισημαίνεται πως οι στρατηγικές για τα απόβλητα και τους πόρους είναι δύο από τις επτά «θεματικές» στρατηγικές, η Πρόληψη και Ανακύκλωση Αποβλήτων και η Αειφόρος Χρήση Πόρων. Η εφαρμογή τους έχει σκοπό να οδηγήσει την ΕΕ στον δρόμο που θα την μετατρέψει σε μια οικονομικά και περιβαλλοντικά αποτελεσματική κοινωνία ανακύκλωσης, η οποία θα επιδιώκει να προλάβει τη δημιουργία αποβλήτων και, στις περιπτώσεις που δεν το μπορεί, να τα χρησιμοποιεί ως πόρο.

Συγκεκριμένα, η θεματική στρατηγική αποβλέπει στα εξής:

1. Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
2. Ανανεωμένη έμφαση στην πλήρη εφαρμογή της υπάρχουσας νομοθεσίας
3. Απλοποίηση και εκσυγχρονισμός της υπάρχουσας νομοθεσίας
4. Προώθηση πιο φιλόδοξων πολιτικών πρόληψης της δημιουργίας αποβλήτων
5. Καλύτερη γνώση και πληροφόρηση
6. Ανάπτυξη κοινών προτύπων αναφοράς για την ανακύκλωση
7. Περαιτέρω διαμόρφωση της πολιτικής της ΕΕ στον τομέα της ανακύκλωσης
8. Εισαγωγή της έννοιας του κύκλου ζωής στην πολιτική για τα απόβλητα

Παρ' όλη όμως την επιτευχθείσα πρόοδο, δύο σημαντικά προβλήματα παρατηρούνται σήμερα:

- 8.1. Η διαρκής αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων στερεών αποβλήτων, με ρυθμούς ανάλογους της οικονομικής ανάπτυξης. Η οικονομική ύφεση που βιώνουμε ενδεχομένως να έχει επηρεάσει πτωτικά την τάση αυτή.
- 8.2. Η αύξηση των ποσοτήτων των στερεών αποβλήτων τα οποία καταλήγουν σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), παρά την αύξηση του ποσοστού της ανακύκλωσης και της αποτέφρωσης, ως συνέπεια των διαρκώς αυξανόμενων παραγόμενων ποσοτήτων.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, οι τάσεις αυτές οφείλονται κυρίως στην **μη ικανοποιητική εφαρμογή** της νομοθεσίας για τα απόβλητα και στην ενίσχυση της χρήσης προτύπων (π.χ. χρήση κριτηρίων για το τέλος του κύκλου ζωής των αποβλήτων).

2.2.2 Η έννοια του κύκλου ζωής (Life Cycle Analysis)

Η περιβαλλοντική πολιτική εστιάζοταν παραδοσιακά στις αρχικές και τελικές φάσεις του κύκλου ζωής: εξαγωγή, επεξεργασία και κατασκευή από τη μια και διαχείριση των αποβλήτων από την άλλη. Σήμερα αναγνωρίζεται ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις πολλών πόρων συνδέονται συχνά με την φάση της χρήσης. Πρέπει να ληφθούν υπόψην όλες οι φάσεις του κύκλου της ζωής ενός πόρου λόγω των πιθανών αντισταθμίσεων ανάμεσα στις διάφορες φάσεις και τα μέτρα που υιοθετούνται για να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε μία φάση, οι οποίες όμως μπορεί να επιδεινώνουν τις επιπτώσεις σε μια άλλη. Η περιβαλλοντική πολιτική πρέπει να εξασφαλίσει την ελαχιστοποίηση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε ολόκληρο τον κύκλο της ζωής των πόρων.

Εφαρμόζοντας την έννοια του κύκλου ζωής, είναι δυνατός ο ευκολότερος προσδιορισμός των προτεραιοτήτων και οι πολιτικές μπορούν να επικεντρωθούν αποτελεσματικότερα έτσι ώστε να επιτευχθεί το μέγιστο όφελος για το περιβάλλον σε σχέση με την καταβαλλόμενη προσπάθεια.

Η έννοια του κύκλου ζωής θα ενσωματωθεί στην νομοθεσία της ΕΕ μέσω της αποσαφήνισης των στόχων της οδηγίας-πλαίσιο για τα απόβλητα έτσι ώστε να αναφέρουν ρητά την προοπτική του κύκλου ζωής. Αυτό θα έχει σημαντικές επιπτώσεις όσον αφορά την πλαισίωση της νέας πολιτικής καθώς και τις αρχές και τις πρακτικές της διαχείρισης των αποβλήτων στο μέλλον. Η πρόσφατη ανασκόπηση των στόχων ανακύκλωσης και ανάκτησης για τα απόβλητα υλικά συσκευασίας ήταν το πρώτο παράδειγμα χρήσης της έννοιας του κύκλου ζωής για την διαμόρφωση πολιτικής ενώ η αναθεώρηση της διαχείρισης των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων είναι άλλος ένας τομέας στον οποίο εφαρμόστηκε. Γενικότερα, καθορίζονται νέοι στόχοι για κάθε εξεταζόμενο υλικό με ανάλυση των περιβαλλοντικών και οικονομικών επιπτώσεων καθ' όλο τον κύκλο ζωής αυτού. [Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 2005]

2.3 Η διαχείριση στην Ελλάδα

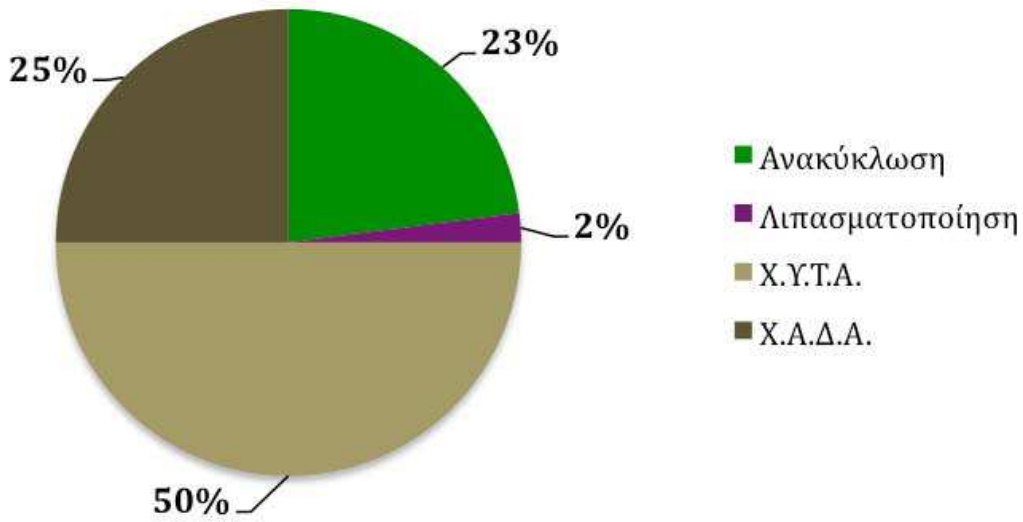
2.3.1 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα [Α. Χ. Μπουρτσάλας 2011]

Οι ΟΤΑ, με την υποστήριξη των Περιφερειών, είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή και μεταφορά των απορριμμάτων ενώ για την επεξεργασία και την τελική διάθεσή τους είναι οι Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (Φο.Δ.Σ.Α.), με την υποστήριξη των Περιφερειών και της κεντρικής διοίκησης (ΥΠΕΚΑ, ΥΠΕΣ). Παρά όλα αυτά, το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων για τους περισσότερους δήμους χαρακτηρίζεται ανεπαρκές, καθώς υπάρχουν σοβαρές ελλείψεις σε εξοπλισμό και τεχνολογία, σε ανθρώπινο δυναμικό, και σε χρηματοδότηση από το κράτος. Σήμερα, με την εφαρμογή του σχεδίου Καλλικράτης (Ν. 3852.2010) καταγράφονται τα παρακάτω επίσημα στοιχεία:

Οι ΦοΔΣΑ σήμερα, λειτουργούν τυπικά είτε ως Σύνδεσμοι των δήμων είτε ως Ανώνυμες Εταιρείες τους ενώ σε περιοχές της χώρας όπου δεν δύναται να ανταπεξέλθουν στις υποχρεώσεις τους είτε αδρανούν είτε το αντικείμενο τους υλοποιείται από άλλες νομικές οντότητες της αυτοδιοίκησης (δημοτικές ή διαδημοτικές επιχειρήσεις, ΔΕΥΑ, κλπ) ή από υπηρεσίες των ίδιων των δήμων μέσω προγραμματικών συμβάσεων ή άτυπων συμφωνιών. Η ελάχιστη γεωγραφική περιοχή για τη σύσταση ενός ΦοΔΣΑ, είναι η έκταση μιας διαχειριστικής ενότητας απορριμμάτων όμως επιτρέπεται η σύσταση ενός ΦοΔΣΑ που θα καλύπτει περισσότερες από μια διαχειριστικές ενότητες απορριμμάτων, εφ' όσον το επιθυμούν οι δήμοι των περιοχών αυτών. Σήμερα υφίστανται και λειτουργούν με όλες τις νομικές μορφές που αναφέρθηκαν παραπάνω, περίπου 96 ΦοΔΣΑ.

Με την εφαρμογή του Καλλικράτη προβλέπεται η σύσταση ΦοΔΣΑ με τη μορφή Συνδέσμων των δήμων, στους οποίους θα συγχωνευθούν οι σημερινοί ΦοΔΣΑ ανεξαρτήτως μορφής και η διαδικασία σύστασης και λειτουργίας των ως άνω συνδέσμων ΦοΔΣΑ, θα καθορισθεί με Π.Δ. Σε κάθε περιφέρεια της χώρας θα αντιστοιχεί ένας ΦοΔΣΑ, με εξαίρεση τις νησιωτικές περιφέρειες Ιονίου, Βορείου και Νοτίου Αιγαίου, στις οποίες αντιστοιχεί ένας ΦοΔΣΑ σε κάθε Περιφερειακή Ενότητα. Έτσι, θα προκύψουν συνολικά 32 ΦοΔΣΑ - σύνδεσμοι ενώ για την Περιφέρεια Αττικής, προβλέπεται χωριστή ρύθμιση, με δημιουργία διαβαθμικού συνδέσμου (περιφέρεια – δήμοι).

Τρόπος αξιοποίησης



Εικόνα 2.4 Εκτίμηση υφιστάμενης κατάστασης για τους τρόπους διαχείρισης των ΑΣΑ στην ελληνική επικράτεια [Α.Χ. Μπουρτσάλας 2011]

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του Υπουργείου Εσωτερικών και των Περιφερειακών Σχεδιασμών Διαχείρισης Απορριμμάτων (2010), λειτουργούν 77 Χ.Υ.Τ.Α., προς εξυπηρέτηση 7.861.586 κατοίκων και ετήσια δυναμικότητα 3 εκατ. τόνους. Συνολικά, βρέθηκε ότι από τους 5.981.000 τόνους που εκτιμάται ότι παρήχθησαν το 2010, περίπου 3.031.570 τόνοι (50% του ολικού ΑΣΑ) διατίθενται σε ΧΥΤΑ. Επιπλέον, λειτουργούν 25 Σταθμοί Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων (Σ.Μ.Α.) και πρόκειται να κατασκευαστούν 82 νέοι, σύμφωνα με τους ΠΕΣΔΑ.

Επίσης, υπάρχουν 3036 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) επίσημα καταγεγραμμένοι στο Ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα (ΟΠΣ) του ΥΠΕΣ, από τους οποίους οι 316 είναι ενεργοί, οι 429 σε διαδικασία άμεσης αποκατάστασης και οι 2291 έχουν ήδη αποκατασταθεί. Η μοναδική Περιφέρεια που έχει απαλλαχθεί πλήρως από ΧΑΔΑ είναι η Δυτική Μακεδονία. Στους 316 ενεργούς ΧΑΔΑ διατίθενται περίπου 1.500.000 τόνοι ΑΣΑ, δηλαδή 25% των ολικών ΑΣΑ. Τα πρόστιμα, όμως, που επιβάλλονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για αυτούς τους ενεργούς ΧΑΔΑ ανέρχονται σε 34.000€ ανά ΧΑΔΑ ημερησίως, συνεπώς, στην Ελλάδα αναμένεται η επιβολή προστίμων της τάξεως των 10.744.000€ ημερησίως. Ωστόσο, τα στοιχεία των ΧΑΔΑ μεταβάλλονται διαρκώς γιατί, εξαιτίας των προστίμων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που επιφέρει η λειτουργία τους, καταβάλλεται συντονισμένη προσπάθεια για την άμεση παύση τους από Περιφέρειες, ΟΤΑ, ΦοΔΣΑ, ΥΠΕΚΑ και ΥΠΕΣ.

Υπάρχουν πέντε εργοστάσια ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας τα οποία βρίσκονται στο ΧΥΤΑ Ανω Λιοσίων της Αττικής, στο ΧΥΤΑ Βόλου της Θεσσαλίας, στο ΧΥΤΑ Ταγαράδων Θεσσαλονίκης της Κεντρικής Μακεδονίας, στο ΧΥΤΑ Χανίων της Κρήτης και στο ΧΥΤΑ Καλαμάτας της Πελοποννήσου. Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανάκτηση βιοαερίου

είναι 154,6 GWhe, το οποίο αντιστοιχεί σε ανάκτηση ενέργειας 51 kWhε ανά τόνο που διατίθεται σε ΧΥΤΑ.

Ο Πίνακας 2.1 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά αυτών των εργοστασίων.

Τοποθεσία Ε.Μ.Α.Κ.	Έτος λειτουργίας	Δυναμικότητα	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ
Περιφέρεια Αττικής-Λιόσια	Μάρτιος 2001	300.000 τόνοι ΑΣΑ το έτος	23,5 MWe , 9,5 MWth
Περιφέρεια Θεσσαλίας- Βόλος	Ιούνιος 2008	110.000 τόνοι το έτος	1,25 MW (προβλεπόμενη νέα ισχύς :1,7MW)
Περιφέρεια Κ. Μακεδονίας- Ταγαράδες	Δεκέμβριος 2006	637.000 τόνοι/έτος	5 MW
Περιφέρεια Κρήτης-Χανιά	2005	70.000 τόνοι/έτος	2,3 MW
Περιφέρεια Πελοποννήσου- Καλαμάτα		20.000-40.000 τόνοι/έτος	
ΣΥΝΟΛΟ			32,5 MW

Πίνακας 2.1 Τα χαρακτηριστικά των πέντε εργοστασίων ανάκτησης βιοαερίου και παραγωγής ενέργειας της Ελλάδας [Α. Χ. Μπουρτσάλας 2011]

Η Ελληνική Εταιρεία Αξιοποίησης και Ανακύκλωσης (Ε.Ε.Α.Α.) είναι αρμόδια για την αξιοποίηση και ανακύκλωση ΑΣΑ. Η ΕΕΑΑ, σε συνεργασία με τους Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.), είναι υπεύθυνη για τη συλλογή (π.χ.. διαθέτοντας μπλε τσάντες στα νοικοκυριά και τοποθετώντας μπλε κάδους στους Ο.Τ.Α.), τη μεταφορά (με ειδικά οχήματα συλλογής) και διάθεση των ΑΣΑ σε ειδικά Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών (ΚΔΑΥ). Χαρακτηριστικό είναι ότι στις Περιφέρειες Ανατολικής Μακεδονίας/Θράκης και Βορείου Αιγαίου δεν υπάρχουν Κ.Δ.Α.Υ, δεν υπάρχει κανένας τρόπος αξιοποίησης απορριμμάτων και όλα τα Α.Σ.Α. διατίθενται σε ΧΥΤΑ και ΧΑΔΑ. Είναι αναγκαία η περαιτέρω προώθηση της ανακύκλωσης και της αξιοποίησης των χρήσιμων υλικών που απορρίπτονται και επίσης του ζυμώσιμου κλάσματος των ΑΣΑ, διαμέσου της ανάκτησης του ενεργειακού τους περιεχόμενου, διότι εκτός των πολλαπλών θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχουν, θα απαλλάξουν τους ΟΤΑ και τους Φορείς Διαχείρισης από την πλήρη εξάρτηση από την ταφή, που οδηγεί σε αναζήτηση νέων χώρων, κατάχρηση πόρων και κοινωνικές αντιδράσεις για την χωροθέτησή τους (σύνδρομο “Not In My Back Yard”). Υπάρχουν πέντε εργοστάσια Μηχανικής Ανακύκλωσης και Κομποστοποίησης (ΕΜΑΚ), ένα στην Αττική (Ανω Λιόσια), δύο στην Κρήτη (Χανιά και Ηράκλειο), ένα στα Ιόνια νησιά (Κεφαλονιά) και ένα στην Πελοπόννησο (Καλαμάτα). Τα τρία πρώτα εφαρμόζουν τη μέθοδο της κομποστοποίησης, ενώ τα ΕΜΑΚ του Ηρακλείου και της Κεφαλονιάς εφαρμόζουν τη μέθοδο της βιοξήρανσης.

Η συνολική ποσότητα Α.Σ.Α. που αξιοποιούνται στα πέντε υπάρχοντα ΕΜΑΚ της Ελλάδας, εκτιμάται σε 602.000 τόνους. Από αυτό το ποσό, ένα εκτιμώμενο 20% μετατρέπεται σε εδαφοβελτιωτικό (κακής ποιότητας διότι προέρχεται από σύμμεικτα απορρίμματα) και το υπόλοιπο για επιχώσεις στους ΧΥΤΑ ή σε έργα οδοποιίας. Συγκεκριμένα, το εργοστάσιο Αττικής δέχεται 1200 τόνους ΑΣΑ καθημερινά σε 250 μέρες ετήσιας λειτουργίας και παράγει ημερησίως 180,48 τόνους εδαφοβελτιωτικού υλικού (compost), 398,52 τόνους καύσιμου υλικού (RDF), 0,96 τόνους συμπιεσμένων κουτιών αλουμινίου υψηλής καθαρότητας και 24,12 τόνους σιδηρούχων μετάλλων. Λόγω του ότι δεν υπάρχει ενδιαφερόμενη αγορά για το compost και το RDF, αυτά τα προϊόντα διατίθενται στον ΧΥΤΑ της Φυλής. Το εργοστάσιο μειώνει την μάζα που καταλήγει στο ΧΥΤΑ κατά περίπου 23%, το οποίο μετατρέπεται σε ατμό και CO₂.

Το Ε.Μ.Α.Κ. Λιοσίων έχει πολύ μεγαλύτερη δυναμικότητα από το Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων, 300.000 τόνοι το έτος έναντι 70.000 τόνους το έτος αντίστοιχα και για το λόγο αυτό παράγει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας. Τέλος, στο Ε.Μ.Α.Κ. Χανίων παράγονται ανακυκλώσιμα υλικά προς πώληση ενώ το συνολικό ποσό Α.Σ.Α. που ανακυκλώνεται στην Ελλάδα, είτε από την Ε.Ε.Α.Α., είτε από τα πέντε ΕΜΑΚ, είτε με άλλους τρόπους, εκτιμάται σε 1.375.000 τόνους ετησίως, δηλ. 23% των συνολικά παραγόμενων Α.Σ.Α.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα παραπάνω στοιχεία.

Ροή υλικών	Τόνοι τον χρόνο	% συνολικών Α.Σ.Α.
Συνολικά παραγόμενα	5.981.290	100%
Ανακύκλωση από Ε.Μ.Α.Κ.	867.287	14,5%
Ανακύκλωση από Ε.Ε.Α.Α.	511.159	8,5%
Συνολική ανακυκλώση	1.378.446	23%
Λιπασματοποίηση (Ε.Μ.Α.Κ. κ.τ.λ.)	119.625	2%
Ταφή σε ΧΥΤΑ	3.031.571	50,6%
Ταφή σε ΧΑΔΑ	1.459.434	24,4%
Συνολική ταφή	4.490.000	75,0%

Πίνακας 2.2 Συνοπτικά στοιχεία παραγωγής και διάθεσης Α.Σ.Α. στην Ελλάδα [Α. Χ. Μπουρτσάλας]

2.3.2 Συνεισφορά σε στόχους πολιτικής διαχείρισης ΑΣΑ

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, σε συνδυασμό ίσως με τις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας αυτών, αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την επίτευξη των στόχων πολιτικής στον τομέα διαχείρισης των ΑΣΑ όπως αυτοί έχουν τεθεί από τις πολιτικές και νομοθετικές δεσμεύσεις που η χώρα μας έχει αναλάβει.

Σε μία χώρα, όπως η Ελλάδα, η οποία βασίζεται στην υγειονομική ταφή των απορριμμάτων και σε ένα μικρό μόνο ποσοστό στην ανάκτηση συγκεκριμένων υλικών, απαιτείται η άμεση κινητοποίηση των αρμόδιων φορέων για την δημιουργία ενός ενιαίου και κατάλληλου σχεδίου δράσης που θα αποσκοπεί στην υλοποίηση των στόχων αυτών.

Οι συνθήκες που ευνοούν την ενσωμάτωση των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας στο πλαίσιο διαχείρισης των ΑΣΑ στην Ελλάδα είναι :

- η σημαντική εμπειρία από την ωρίμανση αντίστοιχων έργων εφαρμοσμένων στο εξωτερικό
- η αποδεδειγμένη απόδοση τους
- η θέσπιση αυστηρών προδιαγραφών και όρων λειτουργίας από το Ευρωπαϊκό αλλά και το Ελληνικό δίκαιο, που εξασφαλίζουν την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος από την εφαρμογή τους
- η ανάγκη περιορισμού των ποσοτήτων που οδηγούνται προς ταφή
- η δυνατότητα των μεθόδων αυτών να συμβάλλουν σημαντικά στην επίτευξη και άλλων πολιτικών στόχων, για παράδειγμα την παραγωγή ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Η εξάντληση και αύξηση των τιμών των ορυκτών καυσίμων καθώς και οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις σε ενέργεια καθιστούν την χρήση ΑΠΕ αναγκαία. Σύμφωνα, λοιπόν, με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ με θέμα «Την προαγωγή της Ηλεκτρικής Ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές στην εσωτερική αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας», το βιοαποικοδομίσιμο κλάσμα των αστικών απορριμμάτων θεωρείται ως βιομάζα και κατ' επέκταση, ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός αυτό «επιβάλλει» έμμεσα την ενεργειακή του αξιοποίηση.

Παράλληλα, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/76/ΕΚ που αφορά «Την Αποτέφρωση των Αποβλήτων», στόχος των μονάδων αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης οφείλει να είναι «...η μέγιστη εφικτή ανάκτηση της θερμότητας που παράγεται κατά τη διεργασία αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης, π.χ., μέσω της συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, της παραγωγής ατμού για βιομηχανική χρήση ή της αστικής τηλεθέρμανσης...».

Συνεπώς, βάσει των παραπάνω, αν και η Ελλάδα είναι χώρα πλούσια σε πολλές μορφές ΑΠΕ όπως τον ήλιο, τον άνεμο κλπ, μπορεί να πλησιάσει σε μεγάλο βαθμό τους στόχους της, τόσο σε θέματα διαχείρισης των ΑΣΑ, όσο και σε θέματα υιοθέτησης ΑΠΕ με εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. Χ. Μπουρτσάλας, Ν. Ι. Θέμελης, Ε. Καλογήρου, “Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης διαχείρισης Αστικών Στερεών Αποβλήτων (Α.Σ.Α.) για τις Περιφέρειες της Ελλάδος”, Earth Engineering Center, Columbia University, 2011

ΕΕΔΣΑ, “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων: Νομοθεσία και Πολιτική, έννοιες που δεν ταυτίζονται πάντοτε”, Ιούνιος 2008

Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Ν.Αττικής, “Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Νομό Αττικής”, Τελική έκθεση, Απρίλιος 2008

Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, “Ένα βήμα μπροστά για την αειφόρο χρήση των πόρων: Θεματική Στρατηγική για την πρόληψη της δημιουργίας και την ανακύκλωση των αποβλήτων”, Βρυξέλλες, 21.12.2005

Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Ν.Αττικής, “Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Νομό Αττικής”, Τελική έκθεση, Απρίλιος 2008

Θωμά Π., “ Διαχείριση Στερεών Απορριμμάτων στο Δήμο Πατρών”, Πτυχιακή Μελέτη, τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα 2005

Καλογήρου Ε., “Το πρόβλημα και η λύση της διαχείρισης των απορριμμάτων της Αττικής”, www.wtert.gr

Μαγουλάς Κ., Βουτσάς Ε., Τασιός Δ., “Επενδύσεις στην Ενεργειακή Αξιοποίηση Αστικών Απορριμμάτων”, Αθήνα, Δεκέμβριος 2010

Οικονομόπουλος Α., “Διαχείριση οικιακού τύπου απορριμμάτων/ Προβλήματα εθνικού σχεδιασμού και ορθολογικές λύσεις”, τμημ. Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2007

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα/ Η περίπτωση της Αττικής”, Αθήνα, Νοέμβριος 2006

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

<http://www.opengov.gr/minenv/?p=1709>

www.eedsa.gr

http://themes.eea.europa.eu/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131825/IAssessment1183042279397/view_content



3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΚΑΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3 ΚΑΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Εισαγωγή

3.2 Τεχνολογία

3.2.1 Τύποι εστιών καύσης

3.2.2 Εισαγωγή στη μονάδα καύσης

3.2.3 Θερμική επεξεργασία αποβλήτων – Εστίες Καύσης

3.2.4 Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (Λέβητες)

3.2.5 Συστήματα ελέγχου εκπομπών και αέριας ρύπανσης

3.2.5.1 Σύσταση καυσαερίων

3.2.5.2 Επεξεργασία και έλεγχος

3.2.5.3 Απομάκρυνση ιπτάμενων σωματιδίων

3.2.5.4 Απομάκρυνση όξινων αερίων

3.2.5.5 Μείωση εκπομπών οξειδίων αζώτου (NO_x)

3.2.5.6 Μείωση οργανικών ενώσεων

3.2.5.7 Μείωση εκπομπών υδραργύρου

3.2.5.8 Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου

3.2.6 Επεξεργασία και έλεγχος υδατικών υπολειμμάτων

3.2.7 Επεξεργασία και έλεγχος στερεών υπολειμμάτων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

3. ΚΑΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Ο όρος καύση δεν αφορά την ανεξέλεγκτη καύση διαφόρων ειδών απορριμμάτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές ή υπαίθριους χώρους αλλά τη θερμική καταστροφή των κατάλληλων προς καύση απορριμμάτων σε ειδικές εγκαταστάσεις, με ταυτόχρονη εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας. Χρησιμοποιείται ως μέθοδος επεξεργασίας ενός πολύ ευρέως φάσματος αποβλήτων και αποτελεί συνήθως μέρος ενός πολύπλοκου συστήματος επεξεργασίας των αστικών στερεών αποβλήτων που προκύπτουν στην κοινωνία.

Τεχνολογικά, ο τομέας της καύσης έχει εξελιχθεί ταχύτατα τα τελευταία 10 – 15 χρόνια. Μεγάλο μέρος αυτής της αλλαγής οφείλεται στη νομοθεσία που αφορά συγκεκριμένα τη βιομηχανία και ειδικότερα, αναφέρεται στις μειωμένες αέριες εκπομπές από τις επιμέρους εγκαταστάσεις. Η συνεχής ανάπτυξη της διεργασίας είναι σε εξέλιξη, με τον τομέα να αναπτύσσει τεχνικές που περιορίζουν τις δαπάνες με παράλληλη διατήρηση ή και βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων.

Στόχος της διεργασίας είναι η μείωση του όγκου των αποβλήτων και της επικινδυνότητάς τους και ταυτόχρονα, η καταστροφή των βλαβερών ουσιών που απελευθερώνονται ή ενδέχεται να απελευθερώνονται κατά την καύση. Η διεργασία αυτή, επίσης, καθιστά δυνατή την ανάκτηση, όχι μόνο ενέργειας αλλά και μεταλλικών και/ή χημικών ουσιών από τα απόβλητα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ποσότητες ΑΣΑ σε χιλιάδες tn που αποτεφρώθηκαν τα τελευταία χρόνια και στην εικόνα ο αριθμός των εργοστασίων αποτέφρωσης που βρίσκονται σε λειτουργία σε διάφορες Ευρωπαϊκές Χώρες, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία [Eurostat].

ΧΩΡΑ	1995	2000	2006	2009
ΕΕ 27 ΧΩΡΕΣ	31,08	38,07	48,89	50,97
ΔΑΝΙΑ	1,53	1,88	2,14	2,32
ΓΕΡΜΑΝΙΑ	7,92	10,97	15	15,54
ΕΛΛΑΔΑ	0	0	0	0
ΣΛΟΒΕΝΙΑ	0	0	7	14

Πίνακας 3.1: Ποσότητες ΑΣΑ σε χιλιάδες tn που αποτεφρώθηκαν τις αναγραφόμενες χρονολογίες (Eurostat)

Πιο συγκεκριμένα, αποτέφρωση (πλήρης καύση) ορίζεται ως η ταχεία μετατροπή της χημικής ενέργειας σε θερμική, με ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, της τάξεως των 800 με 1500°C, παρουσία φλόγας, με οξειδωση της οργανικής ύλης των αστικών στερεών αποβλήτων προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η καύση μπορεί να γίνει υπό συνθήκες περίσσειας (excess - air combustion) ή στοιχειομετρικής αναλογίας οξυγόνου (stoichiometric combustion). Με αυτόν τον τρόπο, η οργανική ύλη εξατμίζεται, αποσυντίθεται ή ακόμα, καταστρέφεται ενώ τα ανόργανα συστατικά παραμένουν στο παραγόμενο στερεό υπόλειμμα και ο τελικός όγκος των απορριμμάτων μειώνεται.



Εικόνα 3.1: Αριθμός εργοστασίων αποτέφρωσης σε λειτουργία σε Ευρωπαϊκές Χώρες (Eurostat)

Κρίσιμο σημείο αποτελεί η εξασφάλιση της πλήρους καύσης των ΑΣΑ και η αποφυγή της ατελούς (έλλειψη οξυγόνου), η οποία ευθύνεται για την έκλυση επιβλαβών καυσαερίων.

Οπότε, απαραίτητο κρίνεται να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Σωστή αναλογία μίγματος (καύσιμης ύλης-οξυγόνου),
- Επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας ανάφλεξης,
- Επαρκές καύσιμου και οξυγόνο στην εστία καύσης,
- Συνεχής απομάκρυνση των υπολειμμάτων της καύσης,
- Συνεχής απομάκρυνση των απαερίων,
- Τυρβώδης ροή των αερίων
- Επαρκής χρόνος παραμονής των αποβλήτων στο χώρο καύσης,
- Ανακίνηση των απορριμμάτων και δημιουργία τύρβης,
- Διατήρηση κατάλληλης θερμοκρασίας στον κλίβανο.

3.2 Τεχνολογία

3.2.1 Τύποι εστιών καύσης [Χιονίδης Θ., 2007]

Υπάρχουν δύο τύποι συμβατικών μονάδων αποτέφρωσης: οι μονάδες τύπου mass-fired που δεν απαιτούν προεπεξεργασία των απορριμμάτων και οι μονάδες που λειτουργούν με επεξεργασμένο RDF (refuse - derived fuel) ως καύσιμο.

3.2.1.1 Μονάδες mass-fired

Οι μονάδες τύπου mass-fired είναι και η πλειονότητα των εγκατεστημένων μονάδων. Πλεονεκτούν λόγω του ότι τα απορρίμματα εισάγονται χωρίς καμία προεπεξεργασία στη μονάδα καύσης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της μονάδας να είναι πιο “βολική”. Το γεγονός αυτό, όμως, εγκυμονεί και κινδύνους, όπως, για παράδειγμα, την εισαγωγή ογκωδών ή ιδιαίτερα επικινδύνων αποβλήτων, που αντιμετωπίζονται με την αυστηρή επίβλεψη των εισαγομένων απορριμμάτων και με τη δυνατότητα χειροκίνητης διακοπής της εισαγωγής τους όποτε αυτό θεωρηθεί αναγκαίο από τον επιβλέποντα.

Οι διακυμάνσεις του ενεργειακού περιεχομένου των απορριμμάτων είναι τεράστιες στις μονάδες αυτές και εξαρτώνται και από το κλίμα, τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο, τη σύσταση των αποβλήτων κλπ. Κατά συνέπεια, οι mass-fired εντάσσονται με σχετική δυσκολία σε ένα σύστημα ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

3.2.1.2 Μονάδες RDF-fired

Τα ανακτώμενα υλικά (γυαλί, σιδηρούχα μέταλλα και αλουμίνιο) διαχωρίζονται από τη μάζα των απορριμμάτων μηχανικά και συλλέγονται για επεξεργασία και μελλοντική πώληση ή διάθεση. Το κλάσμα των υπόλοιπων υλικών (χαρτί, πλαστικό, λοιπά καύσιμα) ονομάζεται Καύσιμο από Σκουπίδια (RDF). Όσον αφορά τις μονάδες τύπου RDF-fired, δηλαδή, αυτές που χρησιμοποιούν αυτό το καύσιμο, παρουσιάζουν ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα.

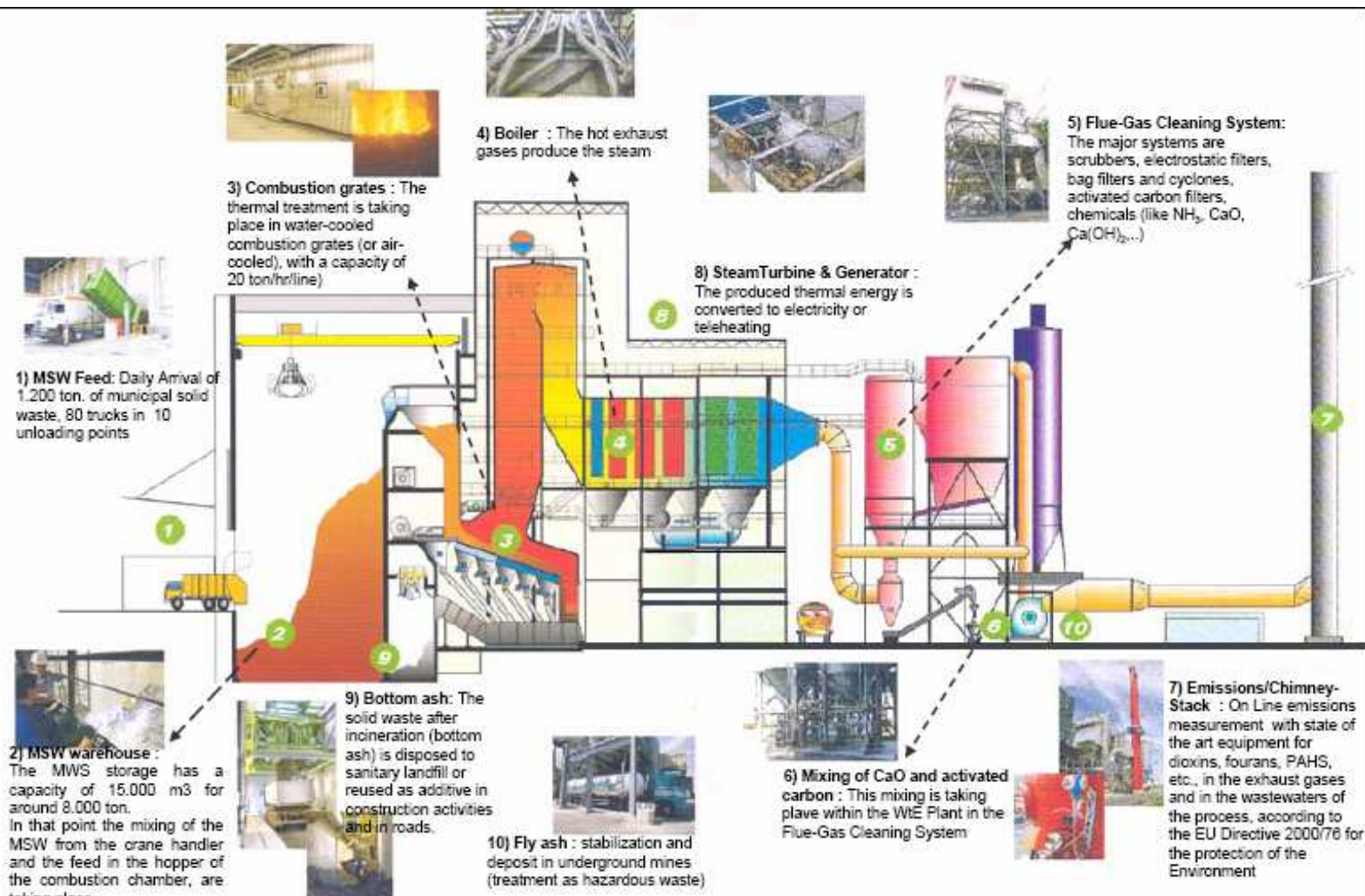
Εντάσσονται ευκολότερα σε δίκτυο ανάκτησης και διανομής ενέργειας γιατί το RDF έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη (σε σχέση με τα μη επεξεργασμένα απορρίμματα) και πολύ μικρότερες διακυμάνσεις στο ενεργειακό περιεχόμενο. Επιπλέον, ο έλεγχος μιας μονάδας RDF-fired είναι ευκολότερος και ο χώρος που απαιτείται είναι λιγότερος, σε σχέση με μια μονάδα mass-fired ενώ τέλος, η προεπεξεργασία των απορριμμάτων για την παραγωγή RDF δίνει τη δυνατότητα απομάκρυνσης μιας σειράς κατηγοριών αποβλήτων, όπως το PVC, τα μέταλλα κ.α. τα οποία συνεισφέρουν στη δημιουργία επικίνδυνων ρύπων που μεταφέρονται με τα αέρια της μονάδας αποτέφρωσης. Ωστόσο, οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούνται λιγότερο και αυτό γιατί προϋποθέτουν και την ύπαρξη μονάδας παραγωγής του.

3.2.2 Εισαγωγή στη μονάδα καύσης

Η βασική δομή μιας μονάδας καύσης αποβλήτων περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενέργειες: [European Commission]

- I. Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων
- II. Αποθήκευση αποβλήτων και πρώτων υλών και προεπεξεργασία, όπου είναι απαραίτητο (επί τόπου ή σε άλλες εγκαταστάσεις)
- III. Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία
- IV. Θερμική επεξεργασία αποβλήτων
- V. Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (λέβητας)
- VI. Καθαρισμός καυσαερίων
- VII. Απομάκρυνση καυσαερίων
- VIII. Παρακολούθηση και έλεγχος των εκπομπών
- IX. Έλεγχος και επεξεργασία των λυμάτων (προερχόμενα από την επιτόπου αποστράγγιση, την επεξεργασία των καυσαερίων, την αποθήκευση)
- X. Διαχείριση και επεξεργασία της προερχόμενης από την καύση τέφρας/τέφρας πυθμένα
- XI. Απομάκρυνση/ διάθεση στερεών υπολειμμάτων.

Κάθε στάδιο από τα παραπάνω, προσαρμόζεται, όσον αφορά το σχεδιασμό, ανάλογα με το είδος των αποβλήτων που θα υποστούν επεξεργασία.



Εικόνα 3.2 Βασική δομή μονάδας καύσης ΑΣΑ [Καλογιρού, 2009]

3.2.2.1 Υποδοχή εισερχομένων αποβλήτων [Μουσιόπουλος Ν., 2002]

Τα απορρίμματα εισέρχονται στην μονάδα καύσης είτε με απορριμματοφόρα (ΟΤΑ ή ιδιωτικών φορέων αποκομιδής), είτε μέσα σε κοντέινερς (οδικώς ή σιδηροδρομικώς) προερχόμενα από σταθμούς μεταφόρτωσης, καθώς επίσης και οδικώς από μεμονωμένους μικροπαραγωγούς (βιοτεχνίες, πολίτες) και κατά κανόνα υπόκεινται σε δειγματοληψία για προσδιορισμό της σύστασής τους. Σε αυτό το στάδιο γίνεται πάντα έλεγχος και καταγραφή των εισερχομένων φορτίων, με το σύστημα ζύγισης των στερεών αποβλήτων να είναι πρακτικό και να ελαχιστοποιεί το χρόνο παραμονής των οχημάτων σε αυτό. Η εναπόθεση γίνεται μέσω ανοιγμάτων ανάμεσα στην περιοχή παράδοσης και των δεξαμενών αποθήκευσης ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθούν για βοήθεια και μεταφορικές ταινίες. Για την αποφυγή της οσμής, του θορύβου και των εκπομπών από τα απόβλητα, η περιφράξη του χώρου παράδοσης μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό μέσο.

➤ Οδική προσαγωγή

Για την εξασφάλιση της ομαλής προσαγωγής ιδίως σε ώρες αιχμής απαιτούνται μία σειρά από κατασκευαστικά μέτρα :

- Χώρος αναμονής οχημάτων πριν τις ζυγαριές.
- Δύο ζυγαριές εισόδου, εφοδιασμένες με ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής.
- Αίθουσα ξεφορτώματος (χώρος υποδοχής), κατά κανόνα με ράμπα προσέγγισης και θερμαινόμενη το χειμώνα. Η είσοδος και η έξοδος οχημάτων ελέγχονται με σηματοδότες και το ύψος της αίθουσας πρέπει να είναι επαρκές (γύρω στα 9,5m).
- Ζυγαριά εξόδου όπως και δεύτερη έξοδος χωρίς ζυγαριά για οχήματα με γνωστό (αποθηκευμένο στο σύστημα καταγραφής) καθαρό βάρος.

Εκτός από τις διαδρομές εισόδου και εξόδου για τα απορριμματοφόρα, προβλέπονται και διαδρομές για πυροσβεστικά οχήματα, προμηθευτές ανταλλακτικών, προσωπικό και επισκέπτες.

➤ Σιδηροδρομική προσαγωγή

Σχετικά με τη σιδηροδρομική μεταφορά των απορριμμάτων στη μονάδα καύσης, υπάρχουν γενικά δύο κύριες κατηγορίες κοντέινερς, τα ανοικτά και τα κλειστά (πιεστικά). Τα ανοικτά έχουν δυναμικότητα μέχρι και 8 tn, συνδέονται μέχρι και τρία σε ένα συρμό και μπορούν χωρίς τη βοήθεια γερανού να μεταφερθούν από φορτηγό σε αμαξοστοιχία και αντίθετα, ενώ η εκκένωσή τους γίνεται με ανατροπή (από φορτηγό) ή με γερανό (από αμαξοστοιχία). Τα κλειστά γεμίζουν με πρέσα στο σταθμό μεταφόρτωσης, έχουν δυναμικότητα μέχρι και 20 tn, συνδέονται μέχρι και δύο σε ένα συρμό και μπορούν να μεταφερθούν μόνο με γερανό, ενώ για την εκκένωσή τους οδηγούνται στην άκρη της τάφρου σε ειδικά σημεία και εκφορτώνουν υδραυλικά.

3.2.2.2 Αποθήκευση αποβλήτων και προεπεξεργασία

Τα απορρίμματα χαρακτηρίζονται από ανομοιογένεια και προσάγονται στην εγκατάσταση αποτέφρωσης σε μη συνεχή βάση, αλλά η καύση τους πρέπει να είναι συνεχής και το καιόμενο υλικό όσο πιο ομοιογενές. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητος ένας χώρος αποθήκευσης και ομογενοποίησης μεταξύ της ασυνεχούς εισαγωγής και της συνεχούς καύσης, ο σχεδιασμός του οποίου γίνεται με προδιαγραφές ώστε να εφασφαλίζονται τα εξής:[N.Μουσιόπουλος 2002]

- Όσο το δυνατό μικρότερος χρόνος εκφόρτωσης.
- Παραλαβή του συνόλου των προσκομιζόμενων απορριμμάτων.
- Επίτευξη ομοιογένειας των προσκομιζόμενων προς τροφοδοσία απορριμμάτων
- Απρόσκοπτη τροφοδοσία της εγκατάστασης.

Επίσης, ο σχεδιασμός του χώρου πρέπει να βασίζεται στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και γι' αυτό πρέπει:

- Ο πυθμένας του χώρου πρέπει να έχει την κατάλληλη κλίση για την απομάκρυνση των στραγγισμάτων και των νερών έκπλυσης.
- Λόγω της δημιουργίας σκόνης πρέπει να προβλέπεται σύστημα απομάκρυνσης και ανανέωσης του αέρα.
- Για την αποφυγή έκλυσης οσμών πρέπει να αποφεύγεται η παραμονή των στερεών αποβλήτων στο χώρο για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των δύο ημερών.

Η ομοιογένεια πριν από την καύση είναι απαραίτητη για τους ακόλουθους λόγους :

- Δεν επιτρέπεται να εισέρχονται στην τάφρο υλικά επικίνδυνα για τη λειτουργία της εγκατάστασης (π.χ. εκρηκτικά).
- Πρέπει να αποκλείονται συγκεκριμένα υλικά που επιβαρύνουν τα συστήματα κατακράτησης ρύπων και να τυγχάνουν ειδικής επεξεργασίας ως ειδικά απορρίμματα.

Ένας καθολικός έλεγχος συνεπάγεται βέβαια υψηλό κόστος και στην πράξη υποκαθίσταται από δειγματοληπτικό έλεγχο, ο οποίος γίνεται ύστερα από ξεφόρτωμα είτε στο δάπεδο του χώρου είτε σε ειδική κυλιόμενη ταινία ελέγχου.

➤ Ομογενοποίηση

Τα απορρίμματα που προορίζονται για καύση καλύπτουν ένα ιδιαίτερα μεγάλο εύρος υλικών και συστατικών, γεγονός που δημιουργεί σοβαρές περιπλοκές στις φάσεις της καύσης και του καθαρισμού καυσαερίων. Ο σχεδιασμός και η διαστασιολόγηση του απαιτούμενου εξοπλισμού δεν μπορεί να γίνει για τις μέγιστες αλλά για μέσες τιμές λειτουργίας και, ως εκ τούτου πρέπει να αποφευχθούν απότομες διακυμάνσεις της περιεκτικότητας σε επικίνδυνες ουσίες και της θερμογόνου δύναμης ώστε τα χαρακτηριστικά της καύσης να είναι πιο σταθερά. Επίσης, πρέπει να περιορισθεί και το μέγεθος των καιόμενων απορριμμάτων με γνώμονα το χρόνο παραμονής τους στην εστία καύσης αλλά και το μέγεθος του εξοπλισμού τροφοδοσίας στην εστία.

Αυτό επιτυγχάνεται με ανάμειξη και θρυμματισμό. Μέσα στο χώρο αποθήκευσης, γίνεται ανάμειξη των ΑΣΑ με τη χρήση των γερανών που υπάρχουν για την τροφοδοσία στη χοάνη ενώ τα ογκώδη απορρίμματα πάντα θρυμματίζονται πριν καούν. Για το θρυμματισμό των απορριμμάτων στις μονάδες καύσης χρησιμοποιούνται κυρίως περιστροφικοί κοπτήρες και κοπτήρες τύπου γκιλοτίνας. Οι κοπτήρες τύπου γκιλοτίνας χρησιμοποιούνται για ιδιαίτερα βαριά και ανθεκτικά απορρίμματα. Οι περιστροφικοί κοπτήρες ανήκουν στην κατηγορία των μύλων-κοπτήρων, εμφανίζονται σε μοντέλα με έναν ή δύο κοπτήρες, δουλεύουν σε 20-60 στροφές/min και έχουν μηχανισμό αυτόματου φρεναρίσματος και μερικής αναστροφής σε περίπτωση

υπερφόρτισης.

➤ Δεξαμενές αποθήκευσης (τάφροι)

Οι δεξαμενές αποθήκευσης των απορριμμάτων διαστασιολογούνται για ενδιάμεση αποθήκευση ποσότητας 3-5 ημερών. Η δεξαμενή χωρίζεται στις ακόλουθες επιμέρους ζώνες:

- Ζώνη εκφόρτωσης.
- Ζώνη ανάμιξης.
- Ζώνη στοιβάγματος (κλίση του σωρού: 80-85°). [European Commission]

Υπάρχουν δύο κύριες κατασκευαστικές παραλλαγές της δεξαμενής, η δεξαμενή βάθους και η επιφανειακή, με τις σημερινές υψηλές απαιτήσεις σε μία μονάδα καύσης απορριμμάτων να μπορούν να εκπληρωθούν καλύτερα με την επιφανειακή, αλλά στην πράξη να προτιμάται κάποια μέση λύση μεταξύ των δύο. [Μουσιόπουλος Ν., 2002]

Η δεξαμενή βάθους είναι στενή και ψηλή. Η διαφορά ύψους μεταξύ του επιπέδου εκφόρτωσης και του δαπέδου της τάφρου είναι περίπου 10 m. Πλεονεκτήματά της είναι οι μικρές διαδρομές του γερανού και οι μικρές απαιτήσεις σε επιφάνεια. Μειονεκτήματα αποτελούν η δαπανηρή θεμελίωση (ασφάλιση έναντι ανώσεως στην περίπτωση που η κατασκευή φθάσει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα), ο κίνδυνος αυτοανάφλεξης (σε περιπτώσεις μεγάλου στοιβάγματος) και ο περιορισμένος διατιθέμενος χώρος (πλάτος τάφρου) για την ανάμιξη των απορριμμάτων.

Στην επιφανειακή δεξαμενή, η υψομετρική διαφορά μεταξύ επιπέδου εκφόρτωσης και δαπέδου τάφρου είναι 4-5 m. Το πλάτος της τίθεται κοντά στη μέγιστη διαδρομή του γερανού (30 m μείον το πλάτος της χοάνης τροφοδοσίας). Πλεονεκτήματα της παραλλαγής αυτής αποτελούν η φθηνή θεμελίωση και ο επαρκής διαθέσιμος χώρος για ανάμιξη των απορριμμάτων. Στα μειονεκτήματα κατατάσσονται η μεγάλη διαδρομή του γερανού και οι υψηλές απαιτήσεις σε επιφάνεια.

Η ζώνη εκφόρτωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί εν μέρει και ως ζώνη στοιβάγματος, με κλειστές τις θύρες των θέσεων εκφόρτωσης, υπό την προϋπόθεση, όμως, ότι πάντοτε θα υπάρχουν τουλάχιστον 4 διαθέσιμες θέσεις. Για την ανάμιξη των απορριμμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τμήματα των ζωνών εκφόρτωσης και στοιβάγματος. Από τη ζώνη ανάμιξης τα απορρίμματα μεταφέρονται με το γερανό είτε στη ζώνη στοιβάγματος είτε απευθείας στην εστία καύσης.

➤ Πυροπροστασία στο χώρο της δεξαμενής

Η δεξαμενή έχει αποδειχθεί το τμήμα εκείνο της εγκατάστασης καύσης με την υψηλότερη επικινδυνότητα έναντι πυρκαγιών. Ιδιαίτερα προβληματικός είναι ο έγκαιρος εντοπισμός τους, καθώς, κατά τη λειτουργία, το σύννηθες φαινόμενο της δημιουργίας συννέφων σκόνης καθιστούν δύσκολο τον άμεσο εντοπισμό του καπνού. Μέχρι στιγμής, όλα τα αυτόματα συστήματα πυροπροστασίας έχουν αποδειχθεί αναξιόπιστα, όμως ιδιαίτερα αποτελεσματικό μέτρο αποτελεί

η ανύψωση του καιόμενου πυρήνα με το γερανό, ο οποίος μπορεί κατόπιν να οδηγηθεί απευθείας στην εστία καύσης (αφού εκκενωθεί προηγουμένως το φρεάτιο τροφοδοσίας). Γενικός κανόνας είναι ότι η εστία καύσης πρέπει να διατηρηθεί σε λειτουργία όσο το δυνατόν περισσότερο, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό του καπνού αναρροφάται από την δεξαμενή ως πρωτεύων αέρας καύσης.

Κατά το σχεδιασμό του καλύμματος της αίθουσας της δεξαμενής πρέπει να προβλεφθεί ένα άνοιγμα επιφάνειας γύρω στο 15% της συνολικής επιφάνειας του καλύμματος για την απαγωγή του καπνού και της θερμότητας σε περίπτωση πυρκαγιάς.

3.2.2.3 Τροφοδοσία αποβλήτων προς επεξεργασία

➤ Φρεάτιο τροφοδοσίας

Τα απόβλητα, από την δεξαμενή, απορρίπτονται μέσω εναέριου γερανού στο φρεάτιο τροφοδοσίας, το οποίο είναι κωνικά διαμορφωμένο σαν χοάνη στο επάνω μέρος και έπειτα, με υδραυλική ράμπα, εισέρχονται στην εστία.

Εικόνα 3.3 Φρεάτιο τροφοδοσίας με μορφή χοάνης



Η κωνική διαμόρφωση σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει το περιεχόμενο μίας λήψης του γερανού. Το φρεάτιο έχει πλάτος ίσο με το πλάτος της σχάρας (ή ανάλογα με τον τύπο εστίας καύσης) και ύψος πάνω από ένα μέτρο, ενώ, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, είναι κατασκευασμένο με

διπλό υδρόψυκτο κέλυφος, υδρόψυκτες βαλβίδες και επένδυση από πυρίμαχα τούβλα ενώ προβλέπεται η δυνατότητα φραγής του κατά την εκκίνηση/διακοπή μέσω απλών ή διπλών υδραυλικών διαφραγμάτων, τα οποία ρυθμίζουν μια συνεχή ροή απορριμμάτων. Το σύστημα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στο ρυθμό και την ταχύτητα τροφοδοσίας της εγκατάστασης με βασική προϋπόθεση την ισομερή τροφοδοσία της εστίας καύσης ώστε να αποφευχθεί η ανεξέλεγκτη εισροή αέρα μέσα στην εστία.

➤ Γερανός

Οι λειτουργίες που επιτελεί ο γερανός, για τον οποίο γίνεται αναφορά και πιο πάνω, είναι:

- Η διαρκής κένωση των θέσεων εκφόρτωσης.
- Η ανάμιξη των απορριμμάτων.

- Το στοίβαγμα των απορριμμάτων.
- Η τροφοδοσία της εστίας καύσης.
- Η καταπολέμηση περιπτώσεων πυρκαγιάς.



Κατά κανόνα υπάρχουν δύο γερανοί, με τον ένα ως εφεδρικό, οι οποίοι πρέπει να είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Η ισχύς προδιαγράφεται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στο διπλάσιο της τροφοδοσίας κάθε εστίας καύσης.

Η λειτουργία των γερανών επιβλέπεται από τον οδηγό σε μία εξωτερική καμπίνα, η οποία μπορεί να εγκατασταθεί σε διάφορα σημεία όπως στον τοίχο κατά μήκος της δεξαμενής, σε πλευρικό τοίχο ή και στους δύο πλευρικούς τοίχους (έναν για κάθε γερανογέφυρα). Για καμία από τις παραπάνω θέσεις δεν είναι εύκολα προσπελάσιμες ταυτόχρονα όλες οι ζώνες (χοάνη, θέσεις εκφόρτωσης, ζώνη στοίβαγματος, ζώνη ανάμιξης) και για το σκοπό αυτό εγκαθίστανται κατά περίπτωση κάμερες επίβλεψης.

Εικόνα 3.4 Γερανός “αρπαγής” αποβλήτων (kroeger-greifertechnik.de/en)

Στο σχεδιασμό της καμπίνας του οδηγού του γερανού πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα ακόλουθα στοιχεία:

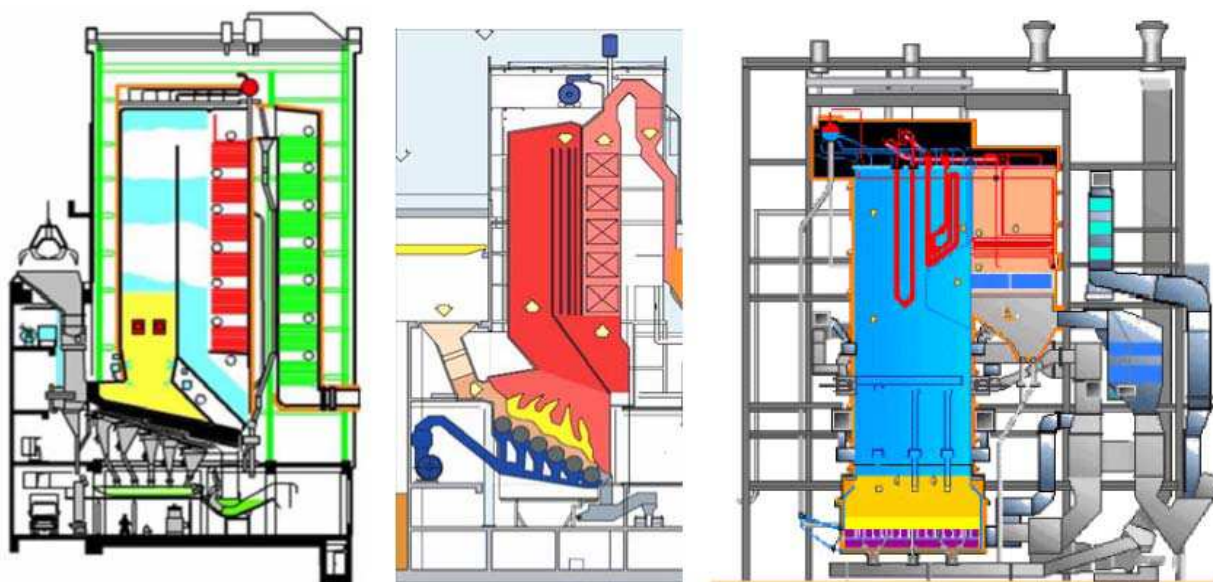
- Κλιματισμός.
- Εγκατάσταση πλυσίματος (ή φυσήματος) για καθαρισμό των τζαμιών.
- Εξασφαλισμένη οδός διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Τουαλέτα.

Στην περίπτωση πυρκαγιάς, είναι επιβεβλημένη η ιδιαίτερη προστασία του γερανού και της καμπίνας οδήγησης από τις όποιες επιπτώσεις.

3.2.3 Θερμική επεξεργασία αποβλήτων – Εστίες Καύσης

Διάφορες τεχνολογίες καύσης μπορεί να εφαρμοστούν ανάλογα με το είδος των προς επεξεργασία αποβλήτων, στην περίπτωση των ΑΣΑ όμως, η όλη διαδικασία της καύσης λαμβάνει χώρα σε ειδικές εστίες καύσης, η δυναμικότητα των οποίων κυμαίνεται από 8 έως 25 Mg/h και οι πλέον διαδεδομένοι τύποι αυτών είναι οι:

- εστία κινούμενων εσχάρων,
- εστία περιστρεφόμενου κλιβάνου,
- εστία ρευστοποιημένης κλίνης.



Εικόνα 3.5 Τύποι Αποτεφρωτών (α)κινούμενων εσχάρων (β)περιστρεφόμενου κλιβάνου (γ) ρευστοποιημένης κλίνης (Finbioenergy, 2006)

Τα απόβλητα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πτητικά, συνεπώς, αυτά απομακρύνονται άμεσα και στην πραγματικότητα ένα μικρό μόνο μέρος της καύσης γίνεται πάνω ή κοντά στον κλίβανο. Η ανάφλεξη των στερεών αποβλήτων στις εγκαταστάσεις καύσης επιτυγχάνεται με χρήση ειδικού καυστήρα, ο οποίος λειτουργεί με βοηθητικό καύσιμο, κάνει την αρχική ανάφλεξη και εξασφαλίζει την ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία των καυσαερίων σε περιπτώσεις που απαιτείται.

Βασικές παράμετροι για την σωστή λειτουργία των εστιών καύσης είναι:

- Η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας.
- Ο επαρκής χρόνος καύσης.
- Η επίτευξη συνθηκών στροβιλισμού / ομοιογενούς καύσης των αποβλήτων.

3.2.3.1 Εστία κινούμενων σχαρών

Οι σχάρες είναι στερεωμένες στα τοιχώματα της εστίας καύσης πάνω σε φέροντα μηχανισμό και μεταφέρουν τα στερεά απόβλητα, επιτυγχάνουν την ομοιόμορφη παροχή του αέρα, αναμοχλεύουν τα υλικά στη ζώνη κύριας καύσης και τέλος, μεταφέρουν την παραγόμενη τέφρα. Φυσητήρας πρωτεύοντος αέρα καύσης διαχέει τον αέρα μέσω μικρών διακένων ανάμεσα στα επίπεδα των σχαρών, στο στρώμα του καυσίμου και έπειτα, περισσότερος αέρας διαχέεται πάνω από το συνολικό όγκο των αποβλήτων, προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης καύση. Οι εστίες καύσης σχάρας αποτελούνται συνήθως από τα εξής μέρη:

- Φρεάτιο τροφοδότησης.
- Μηχανική σχάρα (με ηλεκτρική ή υδραυλική κίνηση) και χοάνη υποδοχής των διαρροών από την εσχάρα.
- Φλογοθάλαμος.
- Δοχείο τέφρας.
- Σύστημα προσαγωγής αέρα καύσης.
- Σύστημα ελέγχου και ρύθμισης.
- Βοηθητικοί καυστήρες για την εκκίνηση και διακοπή, όπως επίσης και για την εξασφάλιση μίας ελάχιστης θερμοκρασίας καύσης. [European Commission]

Τα απορρίμματα οδηγούνται στη σχάρα και τα φαινόμενα που συμβαίνουν επάνω σε αυτή διακρίνονται σε έξι επιμέρους ζώνες:

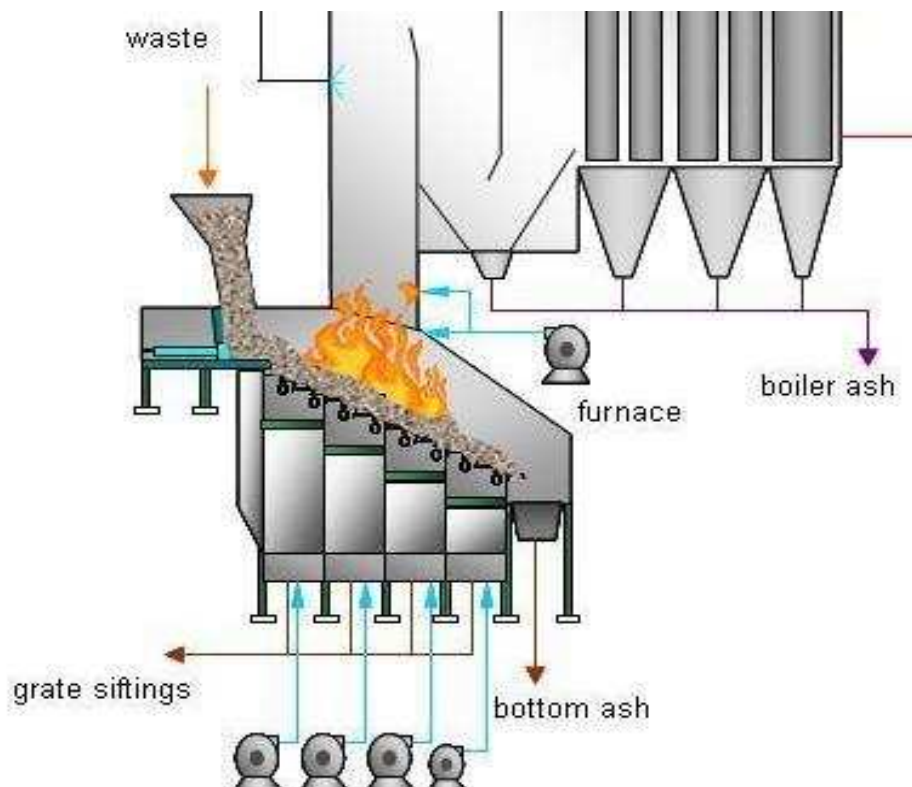
- I. Ζώνη ξήρανσης (εκτείνεται στο αρχικό 20% του μήκους της σχάρας): Τα εισερχόμενα απορρίμματα παραλαμβάνουν θερμότητα με ακτινοβολία από τη φλόγα (ακτινοβολία αερίων και σωματιδίων) και με συναγωγή από τον προθερμασμένο πρωτεύοντα αέρα καύσης, με αποτέλεσμα να εξατμίζεται η περιεχόμενη σε αυτά υγρασία και τα πτητικά συστατικά.
- II. Ζώνη πυρόλυσης: Αυξάνοντας τη θερμοκρασία εξατμίζονται διαρκώς περισσότερα πτητικά συστατικά.
- III. Ζώνη ανάφλεξης: Η απαραίτητη θερμότητα για την ανάφλεξη του στερεού υλικού προσδίδεται σε αυτό από επάνω με ακτινοβολία (από τη φλόγα και τα εσωτερικά τοιχώματα του φλογοθαλάμου).
- IV. Ζώνη αεριοποίησης: Η μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της πλήρους ανάφλεξης των απορριμμάτων προκαλεί αεριοποίηση μιας ποικιλίας υλικών που περιέχονται σε αυτά.
- V. Ζώνη καύσης: Ο εναπομένον άνθρακας οξειδώνεται πλήρως, ενώ στο φλογοθάλαμο καίγονται τα αέρια που παράχθηκαν από τις φάσεις της πυρόλυσης και της εξαερίωσης. Μεγάλη σημασία έχει η επαρκής ψύξη της σχάρας από τον πρωτεύοντα αέρα που τη

διαρρέει.

VI. Ζώνη ολοκλήρωσης της καύσης: Η ολοκλήρωση της καύσης αποδίδει αρκετά αδραντοποιημένο (ανόργανο) στερεό υπόλειμμα στο τέλος της σχάρας.

Οι προδιαγραφές που πρέπει να τηρούν οι σχάρες των μονάδων καύσης απορριμμάτων είναι:

- Ακριβής ρύθμιση του πρωτογενούς αέρα.
- Καμία μεταβολή στις διαστάσεις των διαθέσιμων ανοιγμάτων ροής για τον πρωτογενή αέρα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Αποφυγή ανομοιογενειών στον πρωτογενή αέρα.
- Μεταβλητότητα της ταχύτητας πρόωσης στις επιμέρους ζώνες.
- Καλή ανάμιξη.
- Μικρή στροβίλωση σωματιδίων σκόνης.
- Μικρές διαρροές υλικού από τη σχάρα (διαμέσου των ανοιγμάτων ροής αέρα).
- Αποφυγή της επικόλλησης τηγμένων υλικών στη σχάρα, όπως και της οξειδωσης των σχαρών.
- Εύκολη αντικατάσταση των σχαρών.
- Μακροί χρόνοι ακινησίας (διαστήματα συντήρησης).



Εικόνα 3.6 Χαρακτηριστικά της καύσης απορριμμάτων σε αποτεφρωτή με κινούμενες εσχάρες (www.winderickx.pl)

Ο αέρας καύσης αναρροφάται από δύο θέσεις:

- Από την τάφρο απορριμμάτων
- Κάτω από το περίβλημα του λέβητα

και διαχωρίζεται στον **πρωτογενή** (που εισάγεται στο κάτω μέρος της σχάρας και τη διαρρέει) και στον **δευτερογενή** (ο οποίος εισάγεται επάνω από την σχάρα και μέσα στο φλογοθάλαμο με προορισμό την παραγωγή τύρβης και την ολοκλήρωση της καύσης).

➤ Πρωτογενής αέρας καύσης:

- Η αναρρόφηση γίνεται από το χώρο της τάφρου απορριμμάτων της μονάδας (ή εναλλακτικά κάτω από το περίβλημα του λέβητα).
- Αποτελεί περίπου το 75% του συνολικά προσαγόμενου αέρα καύσης.
- Υφίσταται κατά κανόνα διβάθμια προθέρμανση (1η βαθμίδα:μέχρι 120°C, 2η βαθμίδα:μέχρι 200°C).
- Χρησιμοποιείται φυγοκεντρικός ανεμιστήρας (τυπική περίπτωση: 1500 στροφές/λεπτό, στατική πίεση: 50 mbar (5000 Pa), ο οποίος εγκαθίσταται μέσα στο λεβητοστάσιο.
- Υπάρχει δυνατότητα ρυθμιζόμενης κατανομής στις επιμέρους ζώνες της σχάρας.

➤ Δευτερογενής αέρας καύσης:

- Η αναρρόφηση γίνεται κάτω από το περίβλημα του λέβητα.
- Αποτελεί περίπου το 25% του συνολικά προσαγόμενου αέρα καύσης.
- Ο ανεμιστήρας τοποθετείται κυρίως κάτω από τη χοάνη απορριμμάτων και είναι στατικής πίεσης μέχρι 80 mbar.
- Η προθέρμανση είναι δόκιμη μέχρι τους 100°C (βελτιώνεται η κινητική των χημικών αντιδράσεων του CO και του CH₄).
- Η προσαγωγή γίνεται στη στένωση, στην περιοχή της πρώτης διαδρομής των καυσαερίων στο φλογοθάλαμο (παραγωγή τύρβης για καλή ανάμιξη) και εναλλακτικά στο επάνω μέρος του φλογοθαλάμου.[Μουσιόπουλος Ν., 2002]

Οι ακόλουθες απαιτήσεις επηρεάζουν το σχεδιασμό της εστίας καύσης σχαρών:

- Το μέγεθος, το σχήμα και την αρχή λειτουργίας των σχαρών. Το μέγεθος της σχάρας καθορίζει το μέγεθος της διατομής του θαλάμου καύσης
- Ο στροβιλισμός, η ομογενοποίηση, ο χρόνος παραμονής και
- Ο τρόπος ψύξης των καυσαερίων. Η θερμοκρασία των καυσαερίων δεν πρέπει να υπερβαίνει ένα ανώτατο όριο στην έξοδο της εστίας καύσης ώστε να αποφεύγεται η τήξη της θερμής ιπτάμενης τέφρας στο λέβητα, πράγμα που επιτυγχάνεται με μερική ψύξη.

Για την εξασφάλιση της σωστής καύσης απαιτούνται:

- Καλή κατασκευή των σχαρών
- Βέλτιστη γεωμετρία του φλογοθαλάμου.
- Παρεμβάσεις κατά τη λειτουργία ώστε να επιτευχθεί μείωση της τιμής O_2 σε 8%κ.ό. επί των ξηρών καυσαερίων.

Κύριος προορισμός της σχάρας είναι η μεταφορά του καυσίμου (απορριμμάτων) μέσα στον αντιδραστήρα σε περίπου μία ώρα. Για το σκοπό αυτό πρέπει να σχεδιασθεί έναντι των ακολούθων φορτίσεων:

- Μηχανική φόρτιση από το βάρος των απορριμμάτων.
- Θερμική φόρτιση από την εκλυόμενη θερμότητα κατά την καύση.
- Χημική φθορά (διάβρωση).
- Μηχανική φόρτιση εξαιτίας της κίνησης.

➤ Κατηγορίες σχαρών

Κατηγορίες σχαρών βάσει της κατασκευής φλογοθαλάμου

Υπάρχουν τρεις κατασκευαστικές παραλλαγές φλογοθαλάμων που οδηγούν σε τρεις διαφορετικές εστίες καύσης:

- **Εστία καύσης ομορροής** (μεγάλοι χρόνοι παραμονής σε υψηλές θερμοκρασίες, ιδιαίτερα ομογενής σύσταση καυσαερίων, ευνοϊκά χαμηλές τιμές μονοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου, πιθανά προβλήματα έναυσης σε περίπτωση χαμηλής θερμογόνου δύναμης).
- **Εστία καύσης αντιρροής** (ιδιαίτερα κατάλληλη για απορρίμματα με χαμηλή θερμογόνο δύναμη, συνήθως κατασκευάζεται με εσχάρα οπισθοδρόμησης, το καυσαέριο ρέει πάνω από τη ζώνη ξήρανσης-προκαλεί έντονες ανομοιογένειες).
- **Εστία καύσης μεσορροής** (μέση λύση των δύο παραπάνω-κλίνοντας προς την ομορροή, χαμηλότερες θερμοκρασίες φλογοθαλάμου και μικρότεροι χρόνοι παραμονής από ό,τι στην ομορροή).

Κατηγορίες εσχάρων βάσει του τρόπου τροφοδοσίας

Σχάρες συνεχούς τροφοδοσίας

- **Ατέρμονη - κυλιόμενη σχάρα:** Τα απορρίμματα δεν αναδεύονται αλλά καίγονται στο ίδιο πάντα εσχάριο. Στην αρχή της εσχάρας πραγματοποιείται ξήρανση του φορτίου και στη συνέχεια καίγονται τα πτητικά.
- **Κυλινδρική σχάρα:** Αποτελείται από κυλινδρικά εσχάρια, τα οποία λειτουργούν ανεξάρτητα και έχει κλίση 20-30°.

Σχάρες ασυνεχούς τροφοδοσίας

- **Σχάρα Πρόωσης:** Αποτελούνται από τα εσχάρια τα οποία είναι το ένα τοποθετημένο πάνω στο άλλο σε σχηματισμό σκάλας και οι πρώτες σειρές προωθούν τα απορρίμματα στις επόμενες όπως το έμβολο. Η επιφάνεια της σχάρας χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες. Στην πρώτη γίνεται ξήρανση των απορριμμάτων, στη δεύτερη καίγονται τα πτητικά, στην τρίτη γίνεται η καύση του εξανθρακώματος και στην τελευταία η καύση των υπολοίπων. Η σχάρα πρόωσης διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

(α) σχάρα εμπρόσθιας πρόωσης και

(β) σχάρα οπισθοδρόμησης (τύπου Martin).

- **Σχάρα Αντώσεως:** Έχει μεγάλη κλίση και η κίνηση των εσχάρων επιτυγχάνεται με ωστήριους ράβδους και με έμβολα λαδιού.

➤ Ρύθμιση της εστίας

Καθοριστικά μεγέθη για τη ρύθμιση μίας εστίας καύσης με σχάρα είναι:

- Η ροή μάζας στη σχάρα
- Η ποσότητα αέρα καύσης
- Η κατανομή του αέρα καύσης σε πρωτογενή και δευτερογενή
- Η κατανομή του πρωτογενούς αέρα στις επιμέρους ζώνες της σχάρας
- Η κατανομή του δευτερογενούς αέρα σε διαφορετικά ακροφύσια
- Ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων στην εστία
- Η ανάδευση των απορριμμάτων στην σχάρα
- Το μήκος και μορφή της φλόγας στην σχάρα και στο φλογοθάλαμο

ενώ ως κριτήριο καλής καύσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξής παράμετροι:

- Χρονική διακύμανση της παραγωγής ατμού.
- Περιεκτικότητα O_2 στα καυσαέρια.
- Περιεκτικότητα CO στα καυσαέρια.
- Μορφή της φλόγας στο φλογοθάλαμο.

Η ρύθμιση της εστίας δεν είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και εξαρτάται από την πείρα και την τέχνη του προσωπικού.

➤ Προστασία Σχαρών

Οι εστίες σχάρας πρέπει να επικαλύπτονται με υλικό υψηλής αντοχής σε μηχανικές καταπονήσεις καθώς και σε θερμικές και χημικές επιδράσεις. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στην ανθεκτικότητά τους έναντι στο θείο και το χλώριο, τα οποία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, δημιουργούν έντονες διαβρωτικές συνθήκες.

➤ Συνηθισμένοι τύποι σχαρών: [Χιονίδης Θ., 2007]

- Σχάρα τύπου VKW: αποτελείται από μία σειρά έξι κοίλων κυλίνδρων που μεταφέρουν προς τα κάτω τα στερεά απόβλητα υπό γωνία 30° ως προς το οριζόντιο επίπεδο και επιτυγχάνουν την απαιτούμενη ανάδευση. Κάθε κύλινδρος μπορεί να κινηθεί με διαφορετική ταχύτητα ώστε να εξασφαλίζεται πλήρης καύση. Οι ταχύτητες αυτές συνήθως κυμαίνονται από 0,5-5 κύκλους ανά ώρα.
- Σχάρα τύπου Martin: αποτελείται από μία σχάρα που είναι εφοδιασμένη με κατακόρυφους άξονες διαδοχικά ακίνητους και κινητούς. Η κίνηση των αξόνων σπρώχνει το ρεύμα των ΑΣΑ προς τα πάνω υπό γωνία 30° αντίθετα με το νεοεισερχόμενο υλικό, υποβοηθώντας έτσι την ξήρανση και την ανάφλεξή του. [Οικονομόπουλος Π.Α., 2007]
- Σχάρα τύπου Volund: αποτελείται από τρία επίπεδα που διαχωρίζονται από ένα φρεάτιο που επιτρέπει στο ρεύμα των ΑΣΑ να πέφτει από το ένα τμήμα στο άλλο. Σε κάθε επίπεδο, το υλικό αναδεύεται με τη βοήθεια υδραυλικών μηχανισμών.
- Σχάρα τύπου Von Roll: Αποτελείται από μία σειρά επικλινών επιπέδων που έχουν τη δυνατότητα να μετακινηθούν με τη βοήθεια υδραυλικών βραχιόνων. Το ρεύμα των ΑΣΑ μετακινείται προς τα κάτω υπό γωνία 15° . Εντοπίζονται κυρίως σε ΗΠΑ και Ιαπωνία.
- Σχάρα τύπου De Bartolomeis: Είναι πολυεπίπεδη, με δυνατότητα μεταβολής του αριθμού και της κλίσης των επιπέδων.
- Σχάρα τύπου Widmer & Ernst: Η σημαντικότερη διαφορά της με τους άλλους τύπους είναι η δυνατότητά της για διπλή κίνηση και προς τις δύο κατευθύνσεις.

➤ Διαρροές σχάρας

Συχνά, παρατηρείται διαρροή υλικού από την σχάρα στη συνολική ροή μάζας της τέφρας σε ποσοστό που ανέρχεται στο 1%, συνεπώς, η περιεκτικότητα της τέφρας σε άκαυστα, τα οποία αναμιγνύονται με αυτήν, επηρεάζεται ελάχιστα. Το υλικό αυτό, παρόλ' αυτά, ανακτάται κατά την αφαίρεση της τέφρας του πυθμένα ενώ είναι πιθανό να ανακυκλωθεί ώστε να οδηγηθεί και πάλι για καύση ή απλά για διάθεση. Προσοχή πρέπει να δοθεί όταν επανεισαχθεί στη χοάνη, ώστε να μην υπάρξει ανάφλεξη των αποβλήτων που βρίσκονται μέσα σε αυτήν.

Ακόμη δεν έχει δοκιμασθεί πειραματικά η επανοδήγηση των διαρροών σχάρας στην εστία.

➤ Δοχείο τέφρας πυθμένα

Χρησιμοποιούνται για την ψύξη και απομάκρυνση των στερεών υπολλειμμάτων της καύσης που συσσωρεύονται στην σχάρα για την απομάκρυνση της οποίας ασκείται πίεση από έμβολα γεμάτα με νερό και έτσι σβήνεται η θερμή αυτή τέφρα.[European Commission]

Υπάρχουν δύο τύποι δοχείων για την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας.

I. Δοχείο ωστηρίου, ασυνεχούς λειτουργίας:

Πλεονεκτήματα:

- Μικρό περιεχόμενο σε νερό.
- Μικρή μηχανική φθορά λόγω τριβής.

Μειονεκτήματα:

- Κάποιος κίνδυνος στόμωσης («φρακαρίσματος»).
- Δυσκολίες κατά την εκκένωση.
- Ανάγκη για πρόσθετη διάταξη οδήγησης στην αποθήκη τέφρας.

II. Δοχείο κυλιόμενης ταινίας, συνεχούς λειτουργίας:

Πλεονεκτήματα:

- Μικρός κίνδυνος στόμωσης.
- Άμεση οδήγηση στην αποθήκη τέφρας.

Μειονεκτήματα:

- Μεγάλη μηχανική φθορά λόγω τριβής.
- Μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό.

Το νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη διαχωρίζεται από την τέφρα της σχάρας και μπορεί να επανεισαχθεί στο δοχείο, πράγμα που χρησιμεύει στο να διατηρείται επαρκές το επίπεδο νερού μέσα σε αυτό, καθώς κάποια ποσότητά του απομακρύνεται είτε με την τέφρα είτε λόγω εξάτμισης. Ωστόσο, μια διαρροή είναι απαραίτητη ώστε να μην δημιουργείται συσσώρευση αλάτων. Το δοχείο είναι συνήθως πυρασφαλές και κατασκευασμένο ώστε να μην δημιουργούνται συσσωματώματα της τέφρας πυθμένα.

➤ Εφεδρικοί καυστήρες

Κατά την εκκίνηση, οι εφεδρικοί καυστήρες χρησιμοποιούνται κυρίως για τη θέρμανση του κλιβάνου σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, μέσω της οποίας θα περάσουν τα καυσαέρια. Οι εν λόγω καυστήρες ενεργοποιούνται συνήθως αυτόματα, όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από την καθορισμένη για τη λειτουργία του κλιβάνου τιμή.

Κατά την διακοπή της λειτουργίας, χρησιμοποιούνται μόνο αν υπάρχουν ακόμα απόβλητα στο φούρνο.

3.2.3.2 Εστία περιστρεφόμενου κλιβάνου

Η εστία περιστρεφόμενου κλιβάνου επεξεργάζεται με επιτυχία σχεδόν όλα τα απορρίμματα και τους ρύπους, ανεξαρτήτως είδους ή σύστασης και κυρίως κλινικά και επικίνδυνα απόβλητα, που άλλες τεχνολογίες δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν. Η θερμοκρασία λειτουργίας του κυμαίνεται από 500°C (ως αεριοποιητής) ως 1450°C (ως κλίβανος τήξης τέφρας). Όταν πρόκειται για συμβατική οξειδωτική καύση, η θερμοκρασία είναι γενικά γύρω στους 850°C.

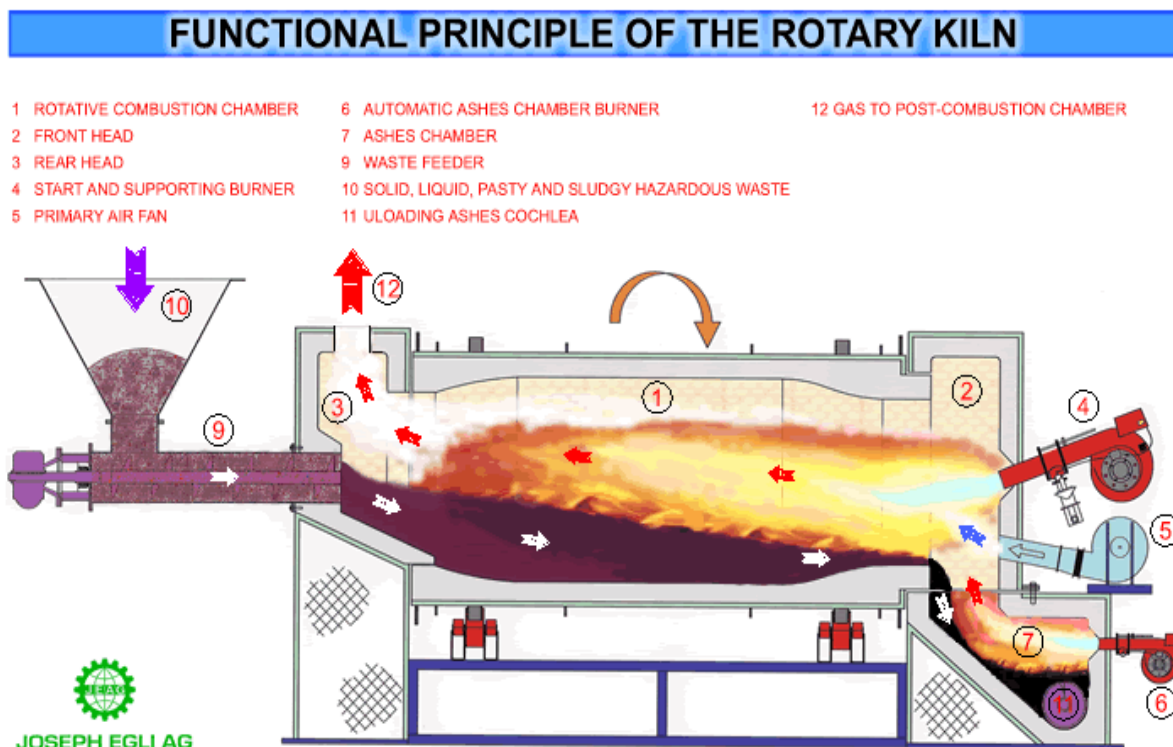
Γενικά, ανάλογα με τα εισαγόμενα απόβλητα, όσο υψηλότερη η θερμοκρασία λειτουργίας τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος ζημιάς λόγω της θερμότητας στην πυρίμαχη επένδυση των κλιβάνων. [Federal Environment Agency, 2002]

Το σύστημα περιστρεφόμενου κλιβάνου αποτελείται από:

- Το σύστημα υποδοχής.
- Το δοσομετρικό σύστημα.
- Τον περιστρεφόμενο κύλινδρο.
- Το σύστημα παροχής αέρα.
- Τον επιπλέον καυστήρα.
- Το θάλαμο μετάκαυσης (τοποθετείται ώστε να διευκολυνθεί η πλήρης καύση των απορριμμάτων, λόγω του ότι ο χρόνος παραμονής τους είναι μικρός).
- Το σύστημα απομάκρυνσης της σκόνης και της σκωρίας.

Ορισμένοι έχουν μανδύα ψύξης που λειτουργεί είτε με χρήση νερού είτε αέρα και συμβάλει στην επέκταση της ζωής των πυρίμαχων και συνεπώς, στην επέκταση του χρονικού διαστήματος μεταξύ κάθε παύσης λειτουργίας λόγω συντήρησης.

Στους συμβατικούς περιστρεφόμενους κλιβάνους, ο κύλινδρος είναι οριζόντιος και περιστρέφεται περί του άξονά του. Το υλικό (πρέπει να υπάρχει σταθερή και συνεχής παροχή) αναδεύεται, καίγεται και οδηγείται με την επίδραση της βαρύτητας στο άλλο άκρο λόγω της υπάρχουσας κλίσης ως προς τον οριζόντιο άξονα (2-4%), με αποτέλεσμα να έρχεται εντατικά σε επαφή με τον πρωτογενή αέρα που ρέει μέσα στον κλίβανο.



Εικόνα 3.7 Αποτεφρωτής περιστρεφόμενου κλιβάνου

Η καταστροφή των οργανικών επιτυγχάνεται με συνδυασμό υψηλών θερμοκρασιών και κατάλληλου χρόνου παραμονής. Όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία, τόσο μικρότερος ο χρόνος παραμονής που απαιτείται για την καύση, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και η γωνία κλίσης του κυλίνδρου. Γενικά, ο χρόνος κυμαίνεται από 30 ως 90 λεπτά για την ικανοποιητική εξουδετέρωση των αποβλήτων.

Τα στερεά υλικά τροφοδοτούνται στον καυστήρα μέσω μη περιστρεφόμενης χοάνης, τα υγρά διοχετεύονται μέσω ακροφυσίων στο εμπρόσθιο τοίχωμα του κλιβάνου ενώ η ιλύς μέσω υγρόψυκτου σωλήνα.

Ο χρόνος παραμονής των απορριμμάτων καθορίζει το βαθμό ανάμιξής τους εντός του κλιβάνου, δεδομένου ότι αυτός περιστρέφεται, όπως επίσης και το χρόνο επεξεργασίας τους. Η σύσταση των απαερίων καύσης αποτελεί δείκτη απόδοσης του κλιβάνου και δεδομένου ότι λειτουργεί με περίσσεια οξυγόνου, τα απαέρια θα πρέπει να περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις CO και υδρογονανθράκων κα μειωμένες ποσότητες υπολειμμάτων αποτέφρωσης.

Βασικές παράμετροι λειτουργίας ενός τέτοιου είδους αποτεφρωτή είναι:

- η θερμοκρασία εξόδου του περιστροφικού κλιβάνου και του μετακαυστήρα, η οποία πρέπει να οδηγεί σε πλήρη αποτέφρωση των απορριμμάτων,
- η εσωτερική πίεση του κλιβάνου, που πρέπει να είναι αρνητική για την αποφυγή αέριων εκπομπών και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα,
- ο ρυθμός παροχής αέρα (οξυγόνου) και των απορριμμάτων, έτσι ώστε οι συνθήκες λειτουργίας του καυστήρα να είναι οι βέλτιστες.

Η μέθοδος πλεονεκτεί επειδή:

- Είναι δυνατό να υποστεί επεξεργασία μία μεγάλη ποικιλία αποβλήτων
- Δεν χρειάζεται προεπεξεργασία των απορριμμάτων
- Ο χρόνος παραμονής τους στον κλίβανο ελέγχεται εύκολα.
- Επιτυγχάνεται αποτελεσματική επαφή με τον αέρα,

ενώ τα μειονεκτήματά της είναι τα εξής:

- Λόγω της υψηλής στροβιλότητας και της τριβής που δημιουργείται στον κλίβανο, παράγεται μεγάλη ποσότητα σωματιδίων
- Απαιτείται μεγάλη ποσότητα περίσσειας αέρα (100-150%)
- Μεγάλο μέρος της θερμότητας χάνεται με τη στάχτη
- Συχνά, είναι αναγκαίος ένας θάλαμος μετάκαυσης.

3.2.3.3 Εστία ρευστοποιημένης κλίνης

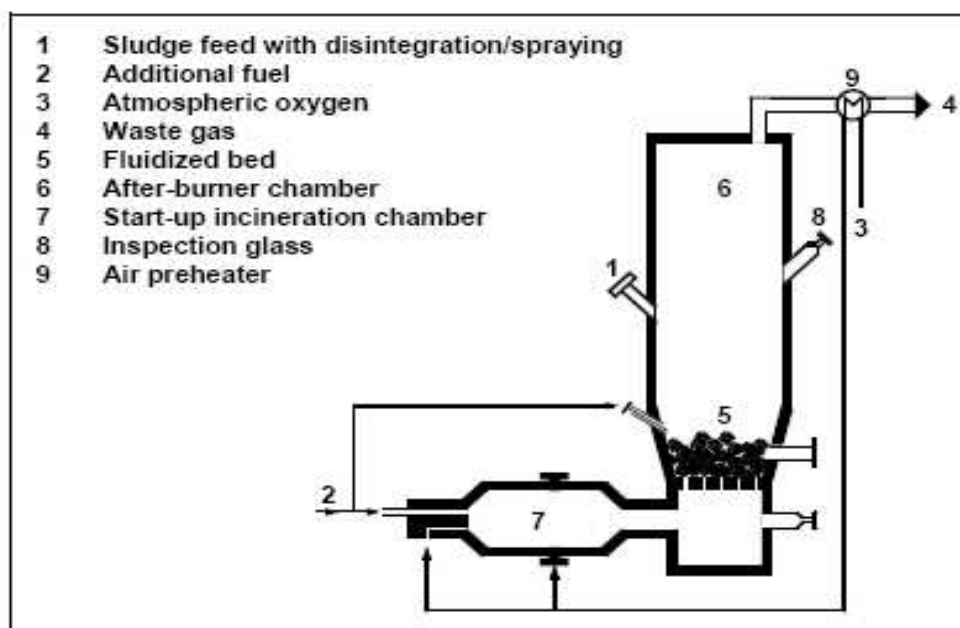
Η εστία ρευστοποιημένης κλίνης χρησιμοποιεί ένα στρώμα άμμου ή αλουμίνας (κλίνη), πάνω στο οποίο εισάγονται τα απορρίμματα. Κάτω από το στρώμα αυτό διοχετεύεται αέρας με τέτοια παροχή, ώστε ολόκληρη η κλίνη να βρίσκεται σε αιώρηση και σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία ανάφλεξης των υφιστάμενων ρύπων. Το παρεχόμενο οξυγόνο, οι έντονες συνθήκες

ανάμιξης και η αυξημένη θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εξάτμιση και την καταστροφή των οργανικών ρύπων.

Η θερμοκρασία αποτελεί τη βασική λειτουργική παράμετρο για το συγκεκριμένο είδος αποτεφρωτών, 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 αποτεφρωσης, 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, οι οποίες καθορίζονται με βάση το ρυθμό τροφοδοσίας των προς επεξεργασία απορριμμάτων.

Οι εγκαταστάσεις ρευστοποιημένης κλίνης διακρίνονται σε τρία είδη:[European Commission]

- Σταθερή. Αποτελείται από έναν αδιαβατικό κυλινδρικό θάλαμο καύσης από πυρίμαχο υλικό και μία βαλβίδα σε μορφή δίσκου, μία σταθερή ρευστοποιημένη κλίνη και έναν θάλαμο μετάκαυσης. Στο κάτω μέρος του θαλάμου καύσης, τα απόβλητα αναμιγνύονται ομοιογενώς και διοχετεύονται στην κλίνη.[Federal Environment Agency, 2002]

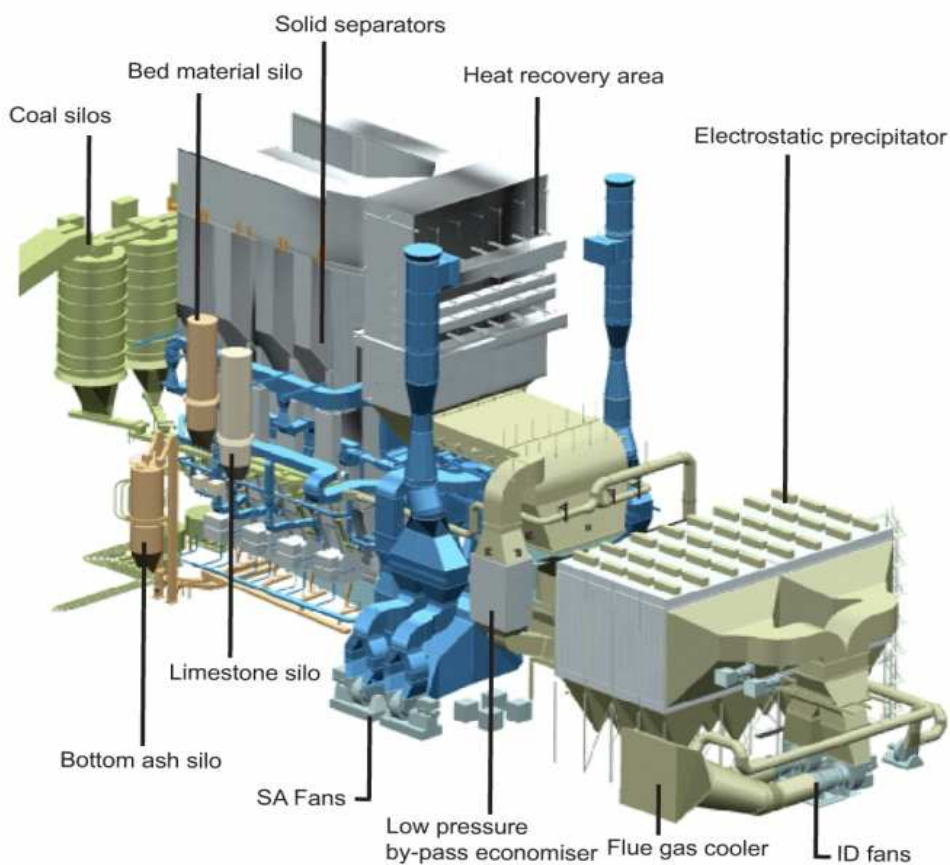


Εικόνα 4.8 Βασικά μέρη σταθερής ρευστοποιημένης κλίνης [European Commission]

- Περιστροφική. Ακροφύσιο κεκλιμένων πλακών, πλατιά χοάνη για την απομάκρυνση της τέφρας και μεγάλη παροχή καυσίμου είναι τα ειδικά χαρακτηριστικά που εγγυώνται την αξιόπιστη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας μέσα στον πυρίμαχο θάλαμο καύσης γίνεται με ανακυκλοφορία των καυσαερίων πράγμα που επιτρέπει την χρήση καυσίμων με ευρύ φάσμα θερμογόνου δύναμης.
- Με ανακυκλοφορία. Λειτουργεί με μεγάλες ταχύτητες αερίων που αφαιρούν το μεγαλύτερο μέρος των στερεών σωματιδίων των καυσαερίων που υπάρχουν μέσα στην

κλίνη. Τα σωματίδια διαχωρίζονται έπειτα σε έναν κυκλώνα και επανεισέρχονται στον θάλαμο καύσης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα μίας εστίας ρευστοποιημένης κλίνης περιλαμβάνουν την αποφυγή εμφάνισης τοπικών διαφορών θερμοκρασίας και επομένως μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων, που είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης που προκαλείται λόγω διαφορών θερμοκρασίας. Επίσης, είναι η δυνατότητα ενεργειακής αξιοποίησης δύσκολων καυσίμων, με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και τέφρα και τέλος η αύξηση του βαθμού μετατροπής του καυσίμου και η πιο αποδοτική αξιοποίηση του αέρα καύσης, γεγονός που οδηγεί σε μικρότερες απαιτήσεις περίσσειας αέρα (στην προκειμένη περίπτωση περίπου 55% έναντι του συνήθους 100%).



Εικόνα 3.9 Ρευστοποιημένη κλίνη με ανακυκλοφορία

3.2.4 Ανάκτηση ενέργειας και μετατροπή (Λέβητες)

Όλες οι σύγχρονες εγκαταστάσεις ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτων είναι εξοπλισμένες με συστήματα ανάκτησης θερμότητας τα οποία διαφοροποιούνται ως προς τον σχεδιασμό και τις διαφορετικές παραμέτρους λειτουργίας ατμού, οι λεγόμενοι λέβητες, οι οποίοι βρίσκονται ανάμεσα από τον φλογοθάλαμο και το σύστημα καθαρισμού των καυσαερίων. Σε αυτούς λαμβάνει χώρα η μετάδοση θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία από τα καυσαέρια στον κύκλο νερού-ατμού.

Η καύση είναι μία εξώθερμη διεργασία. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που παράγεται (15-40%) μεταφέρεται στα καυσαέρια, μέσω ψύξης των οποίων αυτή ανακτάται και επιπλέον, καθαρίζονται πριν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα. [Federal Environment Agency, 2002]

Στις εγκαταστάσεις καύσης, ο λέβητας επιτελεί δύο αλληλένδετες λειτουργίες:

- την ψύξη των καυσαερίων
- την μεταφορά της θερμότητας από τα καυσαέρια σε άλλο υγρό, συνήθως νερό, το οποίο μετατρέπεται μέσα στον λέβητα σε ατμό. [European Commission]

Η ανάκτηση του ενεργειακού περιεχομένου της καύσιμης ύλης γίνεται μέσω παραγωγής ατμού, τα χαρακτηριστικά του οποίου καθορίζονται από τις τοπικές ενεργειακές απαιτήσεις και τους λειτουργικούς περιορισμούς (συνήθως είναι υπέρθερμος, σε θερμοκρασία 450-500 °C και πίεση 40-50 bar) και χρησιμοποιείται είτε ως πηγή θέρμανσης, είτε ως μέσο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση αμοστρόβιλων και γεννητριών. Η δυνατότητα αξιοποίησης του ατμού παίζει σημαντικό ρόλο στην οικονομική απόδοση των εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ καθώς είτε διοχετεύεται σε γειτονικές βιομηχανικές μονάδες, είτε χρησιμοποιείται για τηλεθέρμανση αστικών κέντρων, όπου οι τοπικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Αν δεν είναι εφικτή η αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας του ατμού, τότε πρέπει να υγροποιηθεί, ώστε το νερό να μπορεί να ανακυκλωθεί στον ατμολέβητα. Στην περίπτωση αυτή η θερμότητα της υγροποίησης δεν αξιοποιείται, αλλά καταλήγει στο περιβάλλον. [Qun Chen, 2010]

Για την επίτευξη στεγανοποίησης, την αποφυγή της εισροής αέρα και τη θερμομόνωσή του, φέρει εξωτερική επένδυση και κατασκευάζεται από υλικά που είναι ανθεκτικά τόσο στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του όσο και στις μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό μέρος της όλης κατασκευής. Επίσης, υπάρχει και δεύτερο εξωτερικό στρώμα μόνωσης για το οποίο δεν απαιτούνται ειδικές αντοχές σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (πυρίμαχα τούβλα, υαλοβάμβακας κλπ).

3.2.4.1 Κατασκευαστικές παραλλαγές

Οι λέβητες μονάδων καύσης απορριμμάτων κατασκευάζονται κατά κανόνα ως λέβητες φυσικής κυκλοφορίας. Μπορεί να γίνουν οι ακόλουθες διακρίσεις: [Μουσιόπουλος Ν., 2002]

Ανάλογα με το μέσο παραλαβής θερμότητας:

- Λέβητας θερμού νερού.
- Λέβητας κορεσμένου ατμού.
- Λέβητας υπέρθερμου ατμού.

Ανάλογα με τη διάταξη των διαδρομών των καυσαερίων (μετάδοση θερμότητας με συναγωγή):

- Λέβητας κατακόρυφων διαδρομών.
- Λέβητας οριζοντίων διαδρομών.

Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών των καυσαερίων:

- Λέβητας τριών διαδρομών.
- Λέβητας τεσσάρων διαδρομών.
- Λέβητας πέντε διαδρομών.

Ανάλογα με την αρχή κατασκευής:

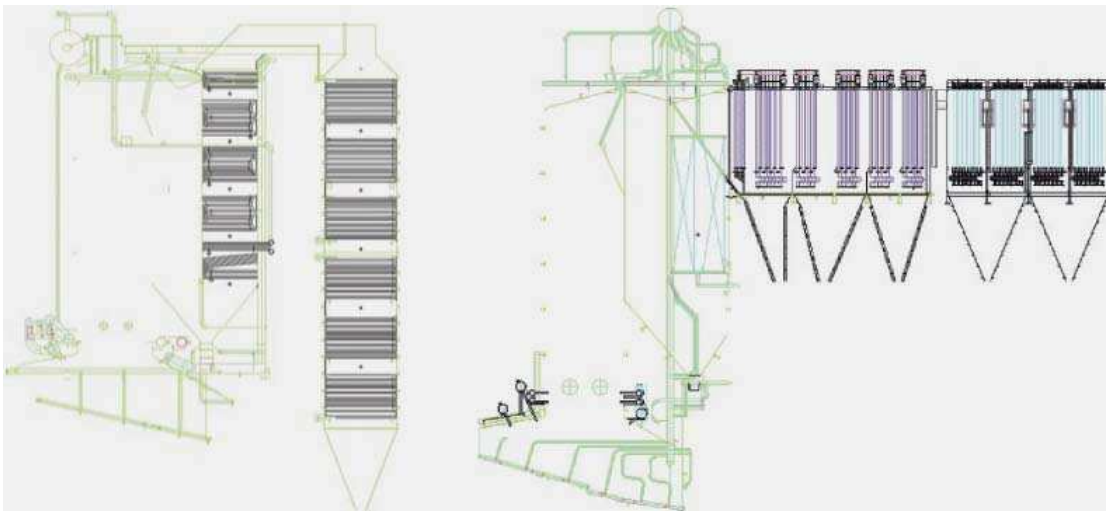
- Κρεμάμενος λέβητας.
- Εδρασμένος λέβητας.

Ανάλογα με τον τρόπο οδήγησης των καυσαερίων:

- Αεραυλωτός.
- Υδραυλωτός (συνηθέστερος).

Ανάλογα με τη διεύθυνση περιρροής των αυλών:

- Οριζόντιος.
- Κατακόρυφος (μουσιοπ)



Εικόνα 3.10 Κάθετοι και Οριζόντιοι Λέβητες παραγωγής ατμού

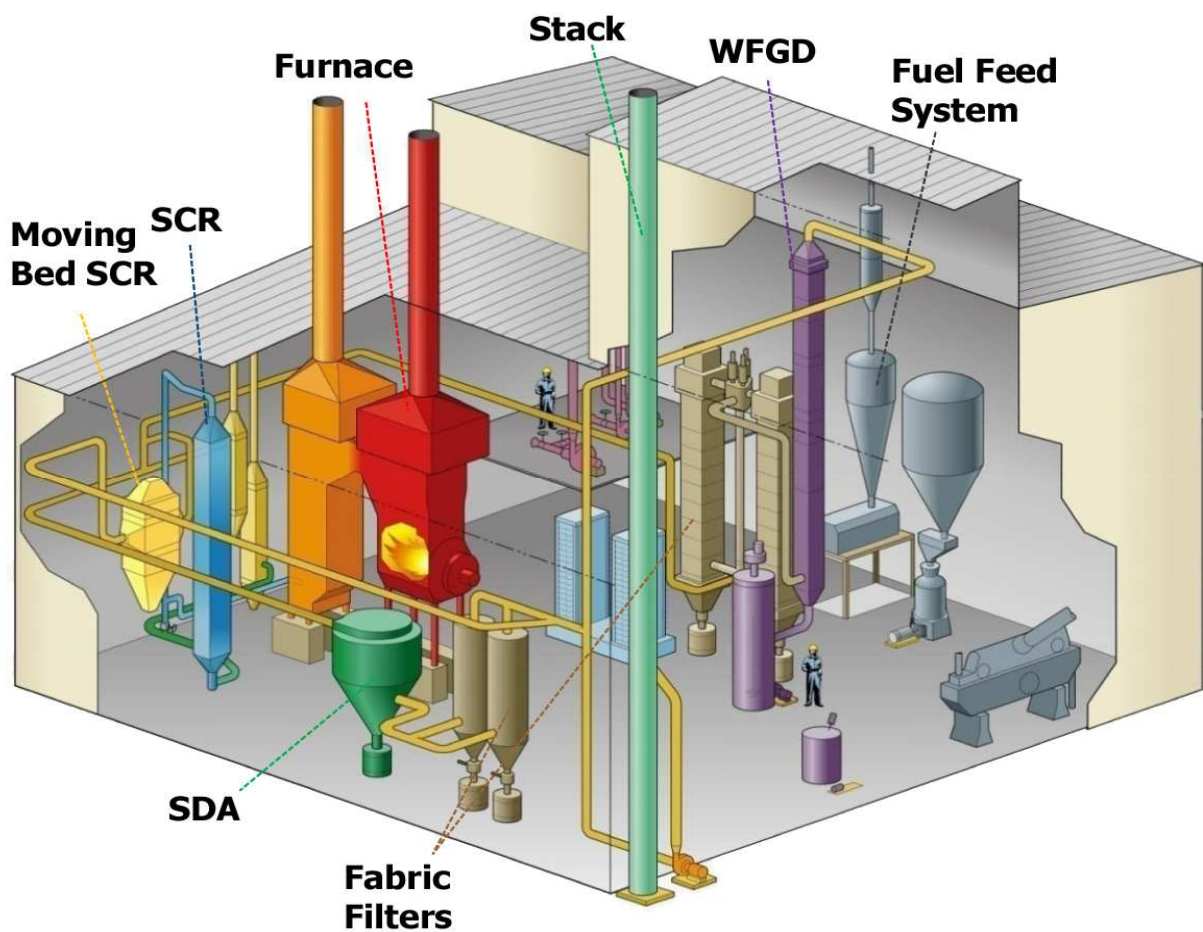
3.2.4.2 Παραγωγή ενέργειας στο λέβητα

Οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της ενέργειας είναι:

- το είδος και η φύση των απορριμμάτων.
- οι επιλογές τοποθεσίας της μονάδας. Η υψηλότερη απόδοση της ενεργειακής

χρήσης των αποβλήτων μπορεί να επιτευχθεί όταν η θερμότητα που ανακτάται από τη διαδικασία αποτέφρωσης τροφοδοτείται συνεχώς και άμεσα ως τηλεθέρμανση, ατμός για την παραγωγική διαδικασία κλπ, ή σε συνδυασμό με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η υιοθέτηση τέτοιων συστημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την τοποθεσία του εργοστασίου, με την πιθανότητα να αυξάνεται η συνολική απόδοση όταν η μονάδα να βρίσκεται σε βολική θέση.

- οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για το σχεδιασμό του κύκλου ενέργειας. Τέτοιοι είναι οι: τροφοδοσία των αποβλήτων, οι δυνατότητες πωλήσεων ενέργειας, οι τοπικές συνθήκες που επικρατούν.



Εικόνα 3.11 Μονάδα καύσης ΑΣΑ

3.2.5 Συστήματα ελέγχου εκπομπών και αέριας ρύπανσης

3.2.5.1 Σύσταση καυσαερίων

Κατά την αποτέφρωση προκύπτουν περίπου 4.500-6.000m³ καυσαερίων ανά τόννο απορριμμάτων, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία περίπου 1000 °C. [European Commission]

Οι ουσίες που εκπέμπονται στα αέρια της καύσης συνοψίζονται παρακάτω:

- **Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂):** Ένας τόννος ΑΣΑ, με την καύση παράγει 0,7 ως 1,7 τόννους διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο εκλύεται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα και συνεπώς, συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Είναι τοξικό αέριο και προκύπτει από την ατελή καύση των οργανικών ενώσεων. Υψηλές συγκεντρώσεις του στα καυσαέρια πρέπει να αποφεύγονται καθώς μπορεί να σχηματιστεί εκρηκτικό μίγμα.
- **Μεθάνιο:** Αν η καύση λαμβάνει χώρα κάτω από οξειδωτικές συνθήκες, τότε οι εκπομπές μεθανίου στα καυσαέρια είναι μηδενικές. Ωστόσο, σχηματίζεται στο φρεάτιο τροφοδοσίας, όπου, λόγω της υποπίεσης, μεταφέρεται στην εστία καύσης ως πρωτογενής αέρας καύσης και εκεί μετατρέπεται.
- **Υδροχλώριο:** Το 50% του χλωρίου που περιέχεται στα ΑΣΑ προέρχεται από PVC, το οποίο κατά την καύση μετατρέπεται σε HCl. Μέρος αυτού μπορεί να αντιδράσει περαιτέρω προς σχηματισμό άλλων ρύπων (χλωρίδια μετάλλων, ανόργανες ενώσεις).
- **Υδροφθόριο:** Οι πηγές εκπομπής HF στις μονάδες καύσης είναι πιθανώς τα φθοριωμένα πλαστικά και τα φθοριωμένα υφάσματα.
- **Οξειδία θείου:** Αν τα απορρίμματα περιέχουν θειούχες ενώσεις, τότε πιο πιθανός είναι ο σχηματισμός διοξειδίου του θείου (SO₂) κατά την καύση. Όμως, κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, είναι πιθανός και ο σχηματισμός SO₃. Πηγές θείου στα απορρίμματα είναι το χαρτί, οι γυψοσανίδες, λυματολάσπη κλπ.
- **Οξειδία αζώτου:** Διάφορα οξειδία του αζώτου εκπέμπονται από τις μονάδες καύσης τα οποία μπορεί να είναι τοξικά, όξινα ή να έχουν επιπτώσεις στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Τα NO και NO₂ προέρχονται από την μετατροπή του αζώτου που περιέχεται στα απορρίμματα αλλά και στον αέρα καύσης. Στη δεύτερη περίπτωση, η ποσότητα που παράγεται είναι σημαντική σε θερμοκρασίες άνω των 1000°C.
- **Διοξίνες/Φουράνια (PCDD/F):** Από τους πιο επικίνδυνους ρύπους των καυσαερίων είναι οι διοξίνες, γνωστές και ως πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες (PCDD), οι οποίες αποτελούνται από δύο αρωματικούς δακτυλίους ενωμένους με ένα ζεύγος ατόμων οξυγόνου. Εξίσου επικίνδυνοι ρύποι είναι και τα φουράνια (PCDF), τα οποία διαφέρουν από τις διοξίνες μόνο στο ότι οι δύο αρωματικοί δακτύλιοι συνδέονται με ένα άτομο

οξυγόνου. Η επικινδυνότητα και τοξικότητα των παραπάνω ουσιών συμβαδίζει με ενδείξεις για τη συμβολή τους σε διαδικασίες καρκινογένεσης σε ανθρώπους. Οι διοξίνες και τα φουράνια παράγονται σχεδόν σε όλες τις διαδικασίες καύσης, σε μικρές ποσότητες. Παρόλ'αυτά, από εργαστηριακές δοκιμές, είναι γνωστό ότι μια θερμοκρασία δημιουργίας τους είναι οι 300°C και λαμβάνει χώρα στην αέρια φάση. Η δημιουργία διοξινών και φουρανίων ενθαρρύνεται με την αύξηση στην περιεκτικότητα του οξυγόνου ενώ βασική πηγή τους, κατά την αποτέφρωση των απορριμμάτων, θεωρείται η παρουσία οργανικών ενώσεων στα απορρίμματα, ιδιαίτερα στις συσκευασίες.

- **Υδράργυρος (Hg):** Εντοπίζεται σε μπαταρίες, θερμόμετρα, οδοντικά αμαλγάματα. Είναι πολύ τοξικό μέταλλο και χωρίς επαρκή έλεγχο, η καύση απορριμμάτων που περιέχουν υδράργυρο αυξάνει πολύ τις εκπομπές. Συνήθως, αναπτύσσεται μία ισορροπία μεταξύ του μεταλλικού υδραργύρου και του HgCl₂. Σε περιπτώσεις υψηλής συγκέντρωσης υδροχλωρίου στα καυσαέρια, παραμένει στη μορφή HgCl₂, που είναι πολύ πιο εύκολο να αφαιρεθεί από τα καυσαέρια.
- **Βαρέα μέταλλα:** Τέτοια είναι το κάδμιο, που βρίσκεται σε μπαταρίες, το θάλλιο, το αντιμόνια, το αρσενικό, το χρώμιο, το νικέλιο κ.ά.. Πρόκειται για τοξικά και καρκινογενή μέταλλα και η κατακράτησή τους εξαρτάται από τον αποτελεσματικό διαχωρισμό τους από τη σκόνη στην οποία είναι δεσμευμένα λόγω της τάσης ατμών των ενώσεών τους, κυρίως των οξειδίων.
- **Αμμωνία:** κατά την καύση ΑΣΑ, η αμμωνία προκύπτει σαν πρόσθετο κατά τηνεπεξεργασία των καυσαερίων και πιο συγκεκριμένα, στην απομάκρυνση των νιτρικών οξέων. [Hu et al, 2001]

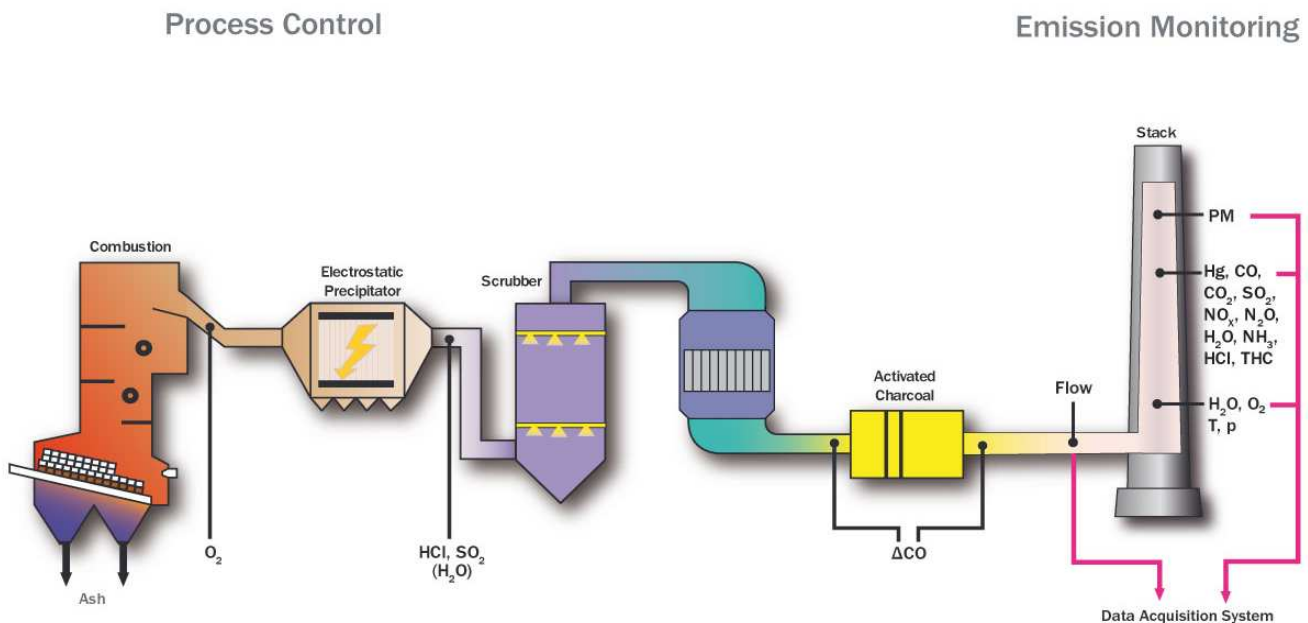
3.2.5.2 Επεξεργασία και έλεγχος

Μετά τη διέλευσή τους από τον ατμολέβητα, τα καυσαέρια διέρχονται από την εγκατάσταση καθαρισμού τους και κατόπιν διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα.

Η εγκατάσταση καθαρισμού καυσαερίων σε μία μονάδα καύσης απορριμμάτων δεν αποτελεί απλή βοηθητική εγκατάσταση, αλλά εξυπηρετεί άμεσα τον προορισμό της ίδιας της μονάδας καθώς ο καθαρισμός των καυσαερίων αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα της θερμικής επεξεργασίας των απορριμμάτων. Αντιμετωπίζεται, λοιπόν, σφαιρικά ως μία φυσικοχημική επεξεργασία, καθώς φυσικές και χημικές διεργασίες εξελίσσονται τόσο κατά την καύση όσο και κατά τα επιμέρους στάδια του καθαρισμού καυσαερίων.

Ο βασικός στόχος του καθαρισμού των καυσαερίων σε μονάδες καύσης απορριμμάτων είναι ο διαχωρισμός των αερίων και των διαλυτοποιημένων στο καυσαέριο στερεών προϊόντων της καύσης, με περαιτέρω στόχο είτε την υλική τους αξιοποίηση είτε την ασφαλή απόθεση. Το δυναμικό των υλικώς αξιοποιήσιμων συστατικών στα καυσαέρια μονάδων καύσης

απορριμμάτων είναι πάντως χαμηλό (π.χ. επανάκτηση Hg, χρήση του Cl για παραγωγή HCl, χρήση των οξειδίων του θείου για παραγωγή γύψου).



Εικόνα 3.12 Διάγραμμα ροής διεργασίας ελέγχου αέριας ρύπανσης

Ο σωστός σχεδιασμός και η κατάλληλη επιλογή των αντιρρυπαντικών συστημάτων για μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ βασίζεται στη σύσταση και την ποσότητα των προς επεξεργασία καυσαερίων και στα επιτρεπτά όρια εκπομπών της όλης εγκατάστασης και είναι κομβικής σημασίας μιας και στα προϊόντα της καύσης των ΑΣΑ προκύπτουν εκπομπές φουρανίων και διοξινών, ουσίες άκρως τοξικές και επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία, καθώς επίσης και εκπομπές βαρέων μετάλλων.

Το πρόβλημα του ελέγχου των εκπομπών ρύπων παρουσιάζεται πιο έντονο σε μονάδες αποτέφρωσης τύπου mass – fired, οι οποίες παρουσιάζουν υψηλές διακυμάνσεις στην ποσότητα και, ιδιαίτερα, τη σύσταση των τροφοδοτούμενων προς αποτέφρωση ΑΣΑ, οι οποίες οφείλονται στο γεγονός ότι οι μονάδες αυτές λειτουργούν με απόβλητα τα οποία έχουν υποστεί μικρή προεπεξεργασία με αποτέλεσμα να εμφανίζουν έντονες διακυμάνσεις ως προς τη σύσταση, την περιεχόμενη υγρασία και τη θερμογόνο ικανότητα. Αντίθετα, σε μονάδες RDF-fired, το πρόβλημα ελέγχου των ρύπων παρουσιάζει μικρότερο βαθμό δυσκολίας και εστιάζεται κυρίως στον έλεγχο των εκπομπών διοξινών, φουρανίων και βαρέων μετάλλων.

Η επιλογή της πιο κατάλληλης στρατηγικής καθαρισμού των καυσαερίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις τοπικές συνθήκες. Σημαντικούς παράγοντες αποτελούν :

- οι διοικητικές ρυθμίσεις (άδειες για υγρά απόβλητα, διάθεση των στερεών υπολειμμάτων),
- οι επιλογές και οι αγορές για μια ενδεχόμενη ανάκτηση και τέλος
- το κόστος της επένδυσης και το λειτουργικό κόστος του συνόλου του συστήματος.

Για τον έλεγχο των εκπομπών έχουν θεσπιστεί αυστηρά όρια, για την επίτευξη των οποίων απαιτείται η χρήση προηγμένων συστημάτων ελέγχου. Για το λόγο αυτό, τα απαέρια της παραγωγικής διαδικασίας υφίστανται την απαιτούμενη επεξεργασία ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, σύμφωνα και με την νομοθεσία.

Οι σημαντικότερες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων αποσκοπούν στα παρακάτω στάδια καθαρισμού των καυσαερίων:

- Απομάκρυνση της ιπτάμενης τέφρας.
- Απομάκρυνση των όξινων αερίων.
- Απομάκρυνση συγκεκριμένων ρύπων όπως Hg ή PCDD/Fs.
- Μείωση των οξειδίων του αζώτου.[J. Vehlow]

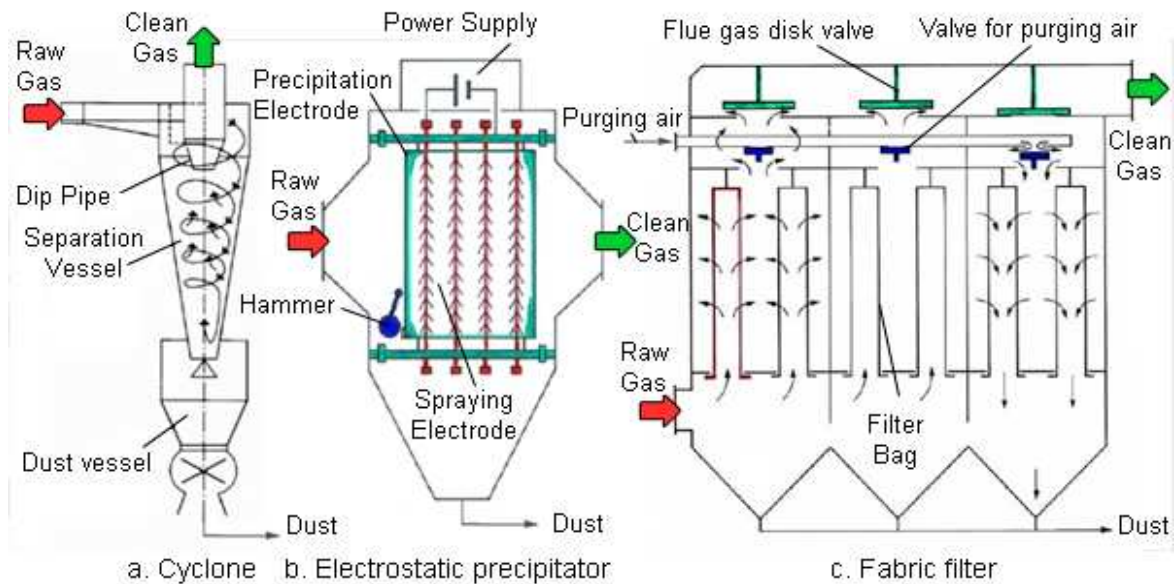
3.2.5.3 Απομάκρυνση ιπτάμενων σωματιδίων

Τα ιπτάμενα σωματίδια ταξινομούνται είτε ανάλογα με το μέγεθος τους, είτε ανάλογα με την προέλευση τους. Σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 1μm θεωρούνται ως σκόνη και λόγω του μικρού μεγέθους δεν αποτίθενται στο έδαφος αλλά συμπεριφέρονται ως αέρια. Σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 10μm συνήθως εναποτίθενται στο έδαφος. Τα σωματίδια της τέφρας που συναντώνται στα καυσαέρια ενός λέβητα με διάμετρο 100μm ή μικρότερη ονομάζονται συνοπτικά ιπτάμενη τέφρα.

Η απόδοση συλλογής των σωματιδίων από τα καυσαέρια ποικίλει σημαντικά ανάλογα με το σύστημα αλλά συνήθως κυμαίνεται από 50% για απλά μηχανικά συστήματα, μέχρι και περισσότερο από 99% για τους ηλεκτροστατικούς κατακρημνιστές.

Το πρώτο βήμα στα περισσότερα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων είναι η απομάκρυνση της ιπτάμενης τέφρας, η οποία πραγματοποιείται μέσω:

- Κυκλώνων
- Ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών (ESP)
- Σακκόφιλτρων



Εικόνα 3.13 Εξαρτήματα και Λειτουργία των τριών συστημάτων αφαίρεσης στερεών σωματιδίων (www.wtert.eu)

➤ Κυκλώνες



Η λειτουργία των κυκλώνων και των πολυκυκλώνων (χρήση πολλών μονάδων κυκλώνων) στηρίζεται στην αύξηση της φαινόμενης διαφοράς πυκνότητας μεταξύ στερεού και αερίου όταν ασκείται φυγόκεντρη δύναμη (πολλαπλασιασμός της επιτάχυνσης της βαρύτητας g).

Εικόνα 3.14 Λειτουργίας κυκλώνα (www.britannica.com)

Τα καυσαέρια εισέρχονται εφαπτομενικά με υψηλή ταχύτητα σε έναν κάθετο κυλινδρικό θάλαμο με

κωνικό πυθμένα. Τα στερεά σωματίδια συγκρούονται στα τοιχώματα του θαλάμου και εναποτίθενται στον πυθμένα από όπου και απομακρύνονται ενώ το αέριο διαφεύγει μέσω ενός κεντρικού σωλήνα. [J. Vehlow]

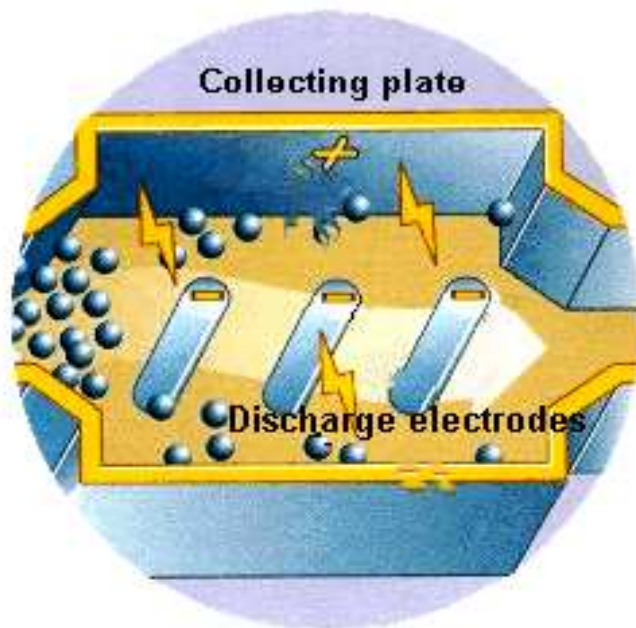
Λόγω της περιορισμένης ικανότητας τους στην απομάκρυνση λεπτών σωματιδίων, οι κυκλώνες δεν συναντώνται πλέον σε σύγχρονες εγκαταστάσεις ή χρησιμοποιούνται για την προεπεξεργασία της ιπτάμενης τέφρας. Οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι γενικά χαμηλές καθώς δεν υπάρχει πτώση πίεσης μέσα από τον κυκλώνα.

Πλεονεκτήματά τους είναι η γερή κατασκευή και το ευρύ φάσμα θερμοκρασιών λειτουργίας τους. Διάβρωση, ιδιαίτερα στο σημείο πρόσπτωσης των καυσαερίων, μπορεί να εμφανιστεί όταν τα καυσαέρια είναι πλούσια σε σωματίδια. [European Commission]

➤ Ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές (ESP, ElectroStatic Precipitator)

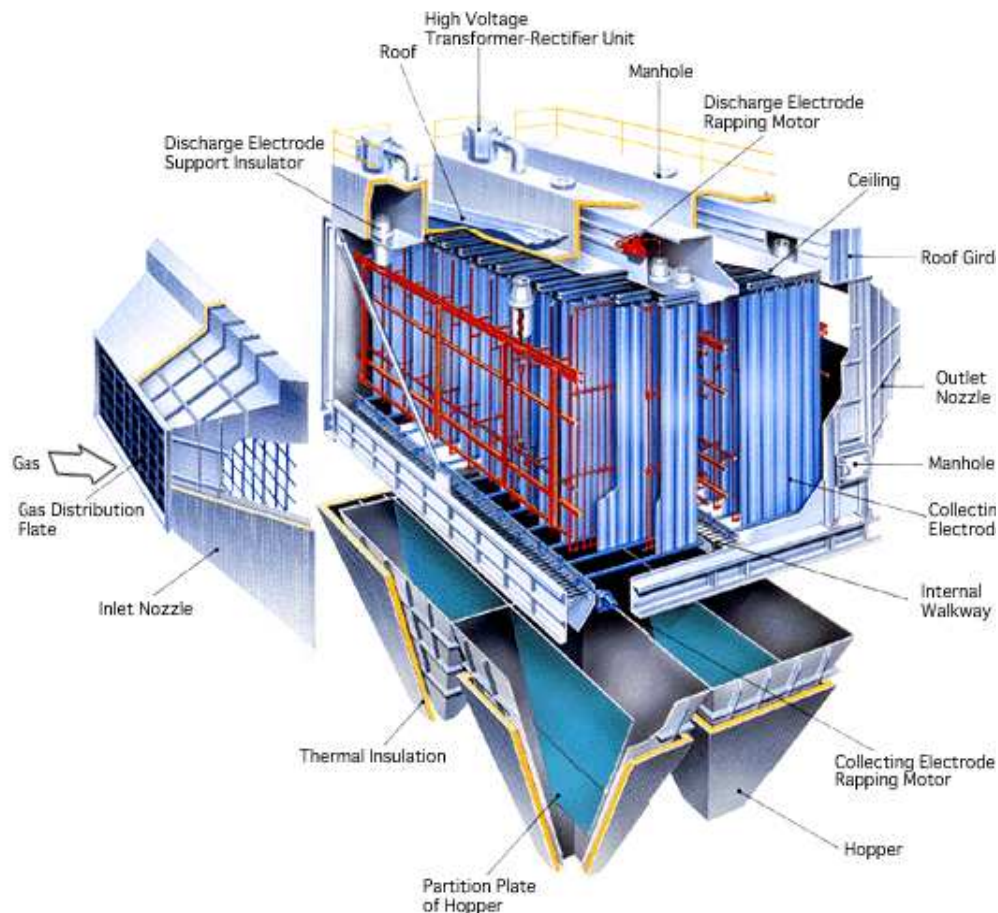
Λέγονται και ηλεκτροστατικά φίλτρα. Λόγω του απλού σχεδιασμού τους, της μικρής απώλειας πίεσης και της εύκολης λειτουργίας τους, οι ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων για το διαχωρισμό της ιπτάμενης τέφρας όσο και σε άλλες διεργασίες ανάφλεξης, όπως σε εργοστάσια καύσης λιγνίτη. Ένας σύγχρονος ηλεκτροστατικός κατακρημνιστής εγγυάται ποσοστά απομάκρυνσης της τέφρας μεγαλύτερα από 99% στα σωματίδια με μεγέθη μεταξύ 0,01 και 100 μm.

Η βασική αρχή λειτουργίας των ηλεκτροστατικών κατακρημνιστών φαίνεται στην εικόνα 3.15. Η ροή των καυσαερίων διοχετεύεται μέσω περασμάτων πλάτους 20-40cm που δημιουργούνται από ηλεκτρικά φορτισμένες μεταλλικές πλάκες (ηλεκτρόδια συλλογής) και η τάση λειτουργίας τους είναι υψηλή (από 30.000 μέχρι 60.000V). Λόγω του αρνητικού φορτίου που αποκτούν τα σωματίδια των καυσαερίων, αυτά έλκονται από τις γειωμένες πλάκες, που περιοδικά, με δονήσεις, καθαρίζονται από την συγκεντρωμένη ύλη. (αυστρια) Η θερμοκρασία λειτουργίας τους κυμαίνεται από 160 ως 260°C ενώ οι υψηλότερες αποφεύγονται καθώς μπορεί να αυξηθεί ο κίνδυνος σχηματισμού PCDD/F.



Εικόνα 3.15 Αρχή Λειτουργίας Ηλεκτροστατικού Κατακρημνιστή [European Commission]

Η απόδοση της απομάκρυνσης της τέφρας επηρεάζεται κυρίως από την ηλεκτρική αντίστασή της, η οποία διαφοροποιείται ανάλογα με τη σύσταση των αποβλήτων. Τέλος, υπάρχουν και οι υγροί ηλεκτροστατικοί κατακρημνιστές οι οποίοι βασίζονται στην ίδια τεχνολογική αρχή με τη διαφορά ότι οι γειωμένες πλάκες καθαρίζονται από τα σωματίδια με χρήση κάποιου υγρού, συνήθως νερού και χρησιμοποιούνται συνήθως όταν τα καυσαέρια που εισέρχονται είναι πιο ψυχρά ή περιέχουν υγρασία. [European Commission]



Εικόνα 3.16 Ηλεκτροστατικό φίλτρο [J. Vehlow]

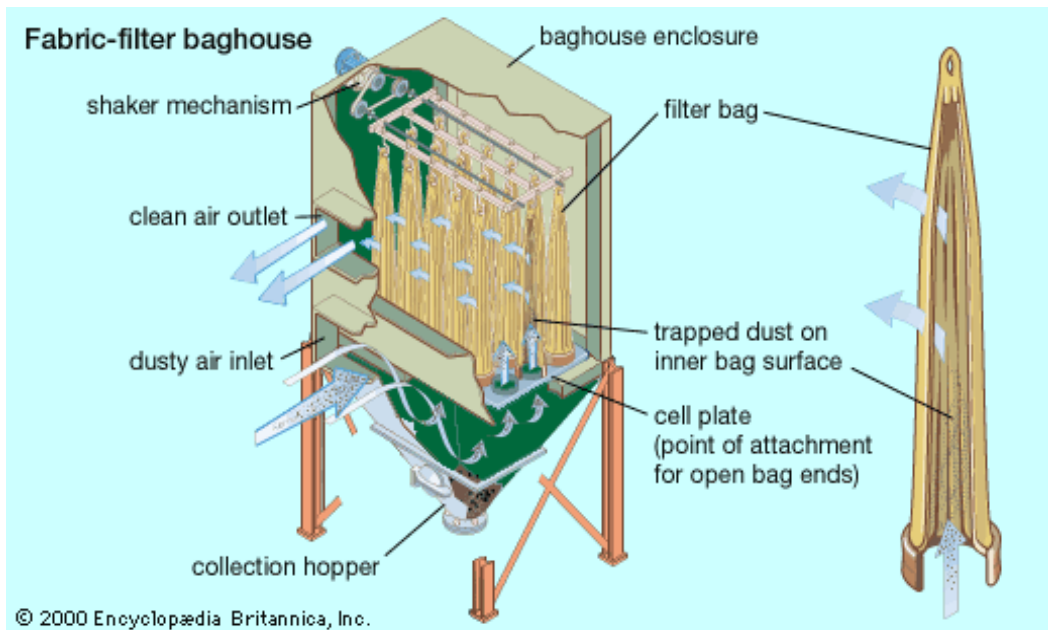
➤ Σακκόφιλτρα

Ακόμα μικρότερες εκπομπές από αυτές των ESP, ειδικότερα για τα μικρότερου μεγέθους σωματίδια, μπορούν να επιτευχθούν με τα σακκόφιλτρα.

Σ' αυτά, τα ακατέργαστα καυσαέρια περνούν από το εξωτερικό τμήμα προς το εσωτερικό, μέσα από υφασμάτινες σάκους που στηρίζονται σε μεταλλικά πλέγματα. Η ιπτάμενη τέφρα μένει στην εξωτερική επιφάνεια του φίλτρου και απομακρύνεται περιοδικά με την βοήθεια αέρα που φυσάει από το εσωτερικό. Αυτός ο καθαρισμός απελευθερώνει τα σωματίδια, τα οποία πέφτουν σε έναν συλλέκτη. Τα σακκόφιλτρα εγγυώνται συγκεντρώσεις σκόνης στα καθαρισμένα αέρια μικρότερες του 1 mg/m³. [J. Vehlow]

Το μέσο φιλτραρίσματος αποτελείται από ινώδη υλικά που πρέπει να παρουσιάζουν τις εξής ιδιότητες:

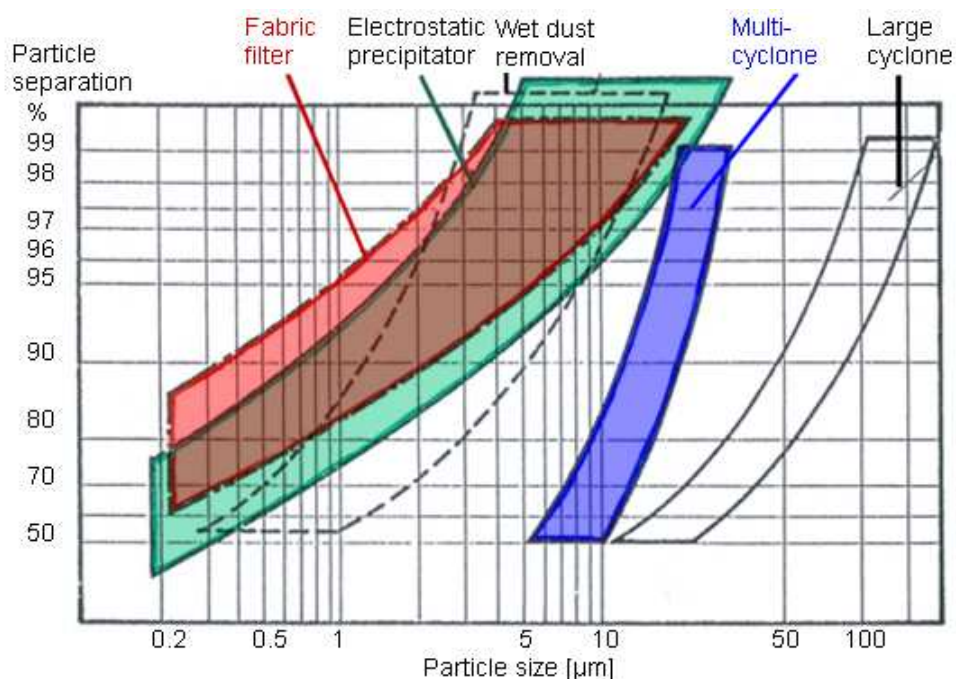
- επαρκή μηχανική αντοχή
- επαρκή αντίσταση σε θερμοκρασία
- αντοχή σε οξέα, καυστικά διαλύματα και υγρασία
- καλή διαπερατότητα του αέρα
- κατάλληλη γεωμετρία των κενών ανάμεσα στις ίνες για την καλή συλλογή της σκόνης. [Federal Environment Agency]



Εικόνα 3.17 Σακκόφιλτρο (www.britannica.com)

Η απόδοση του φιλτραρίσματος είναι μεγάλη για ένα ευρύ φάσμα μεγεθών των σωματιδίων όμως, για σωματίδια διαμέτρου μικρότερης του 0,1μm αυτή μειώνεται αλλά το ποσοστό παραγωγής αυτών από μονάδες καύσης είναι σχετικά πολύ μικρό.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη μέθοδο αυτή είναι το υψηλό κόστος συντήρησης, καθώς τα φίλτρα έχουν διάρκεια ζωής 18-36 μήνες. Για σακκόφιλτρα χρησιμοποιούνται συνήθως είτε σάκκοι από Teflon, είτε υφασμάτινα φίλτρα από υαλοβάμβακα με διάφορα επιστρώματα.



Εικόνα 3.18 Περιοχές Λειτουργίας Συστημάτων αφαίρεσης σωματιδίων (www.wtert.eu)

3.1.5.4 Απομάκρυνση όξινων αερίων

Μετά την πρωτογενή καθίζηση της ιπτάμενης τέφρας στα συστήματα ελέγχου της αέριας ρύπανσης ακολουθεί, συνήθως, ο χημικός καθαρισμός των καυσαερίων από τα όξινα αέρια, τα οποία συνήθως απομακρύνονται με τη χρήση αλκαλικών αντιδραστηρίων.

Για τον καθαρισμό, λοιπόν, εφαρμόζονται οι ακόλουθες τεχνικές:

- Υγρή διεργασία.
- Ημι-υγρή ή ημι-ξηρή διεργασία.
- Ξηρή διεργασία. [European Commission]

➤ Υγρή διεργασία

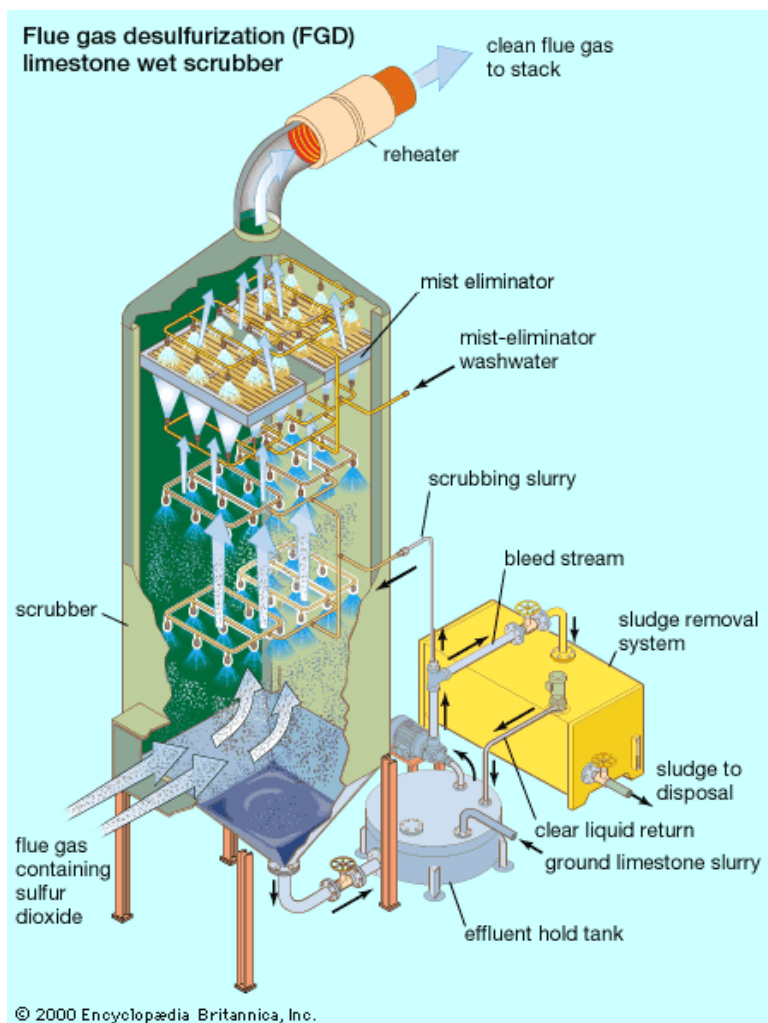
Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην απορρόφηση των αερίων συστατικών από ένα υγρό. Το ρεύμα των καυσαερίων τροφοδοτείται σε νερό, υπεροξειδίο του υδρογόνου ή/και σε διάλυμα έκπλυσης που περιέχει τμήμα του αντιδραστηρίου (π.χ. διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου).

Η διαθέσιμη επιφάνεια του υγρού που ελέγχει την μεταφορά μάζας από την αέρια στην υγρή φάση είναι ο πρωταρχικός παράγοντας αποτελεσματικότητας μιας τέτοιας διαδικασίας απορρόφησης. Έτσι, ο στόχος του σχεδιασμού τους είναι η επίτευξη μιας μεγάλης επιφάνειας επαφής μεταξύ του αερίου ρεύματος και της υγρής φάσης ώστε ο ρύπος να μεταφερθεί - διαλυθεί σ' αυτήν και να απομακρυνθεί από την αέρια φάση. Το προϊόν της αντίδρασης είναι υδατικό.

Φυσική ονομάζεται η απορρόφηση όταν χρησιμοποιείται νερό ενώ όταν προστίθεται στο νερό και μια ένωση που αντιδρά με το ρύπο, η ρόφηση ονομάζεται χημική. Στο χημικό καθαρισμό η διαλυμένη ένωση λειτουργεί ως συνεχής «καταβόθρα» (sink) για το ρύπο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός απομάκρυνσης του από το αέριο ρεύμα.

Η επιλογή διαλύτη (υγρής φάσης) γίνεται βασιζόμενη στις παρακάτω παραμέτρους:

- Διαλυτότητα των καυσαερίων. Γενικώς, επιδιώκεται ανάλογη χημική φύση με το προς απομάκρυνση αέριο.
- Πτητικότητα του υγρού. Όσο πιο χαμηλή γίνεται για να μην υπάρχουν απώλειες, αφού το αέριο ρεύμα μετά την επαφή θα βγαίνει κορεσμένο.
- Διαβρωτικότητα.
- Ιξώδες. Επιδιώκεται χαμηλό ιξώδες για μικρή πτώση πίεσης, καλή ροή και καλοί συντελεστές μεταφοράς.
- Χημική σταθερότητα.
- Χαμηλό σημείο πήξης.



Η χρήση πλυντρίδων είναι μια κοινή στρατηγική στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης απορριμμάτων στην κεντρική Ευρώπη. Σήμερα, συναντάται ως μία εγκατάσταση δύο σταδίων ξεκινώντας με έναν όξινο καθαριστή και ακολουθείται από έναν ουδέτερο ή ελαφρώς αλκαλικό καθαριστή. Ο όξινος είναι τύπου Venturi ή ψεκασμού και μειώνει τη θερμοκρασία των αερίων από 180-200°C στους 63-65°C. Στο δεύτερο στάδιο, χρησιμοποιούνται κυρίως πύργοι με πληρωτικό υλικό. Οι υγρές πλυντρίδες λειτουργούν με ή χωρίς (το δεύτερο προτιμάται στις μέρες μας) την αποδέσμευση υγρών εκροών. [J. Vehlow, 2007]

Εικόνα 3.19 Υγρή πλυντρίδα καθαρισμού καυσαερίων (www.britannica.com)

Τα συστήματα δύο σταδίων έχουν πολύ υψηλά ποσοστά απομάκρυνσης για το αλογόνα HF, HCL, HBr, για τον υδράργυρο και για το SO₂ και έτσι, οι συγκεντρώσεις αυτών στα καυσαέρια μειώνονται πολύ κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια επομπών.

Στην πρώτη πλυντρίδα, τα HF, HCl, και HBr απορροφώνται εύκολα από το νερό, σχηματίζοντας αρκετά δυνατά οξέα. Αυτό προκαλεί τη μείωση του pH του διαλύματος της πλυντρίδας, το οποίο χρειάζεται για την αποτελεσματική απομάκρυνση του υδραργύρου, ο οποίος βρίσκεται κυρίως στα αερία με τη μορφή Hg₂⁺ σχηματίζει ένα σταθερό χλωρίδιο σε υδατικό περιβάλλον που περιλαμβάνει ιόντα χλωρίου και παραμένει στο διάλυμα της πρώτης πλυντρίδας. Το δεύτερο στάδιο προορίζεται για την απομάκρυνση του SO₂, το οποίο πρώτα απορροφάται από το υγρό.

Ένα αυξημένο pH θα οδηγούσε την ισορροπία σε ιοντική μορφή. Ως εκ τούτου, στη δεύτερη πλυντρίδα διατηρείται ένα ουδέτερο ή ελαφρώς αλκαλικό περιβάλλον με την ελεγχόμενη προσθήκη NaOH ή Ca(OH)₂ και το SO₂, στην πραγματικότητα, εξουδετερώνεται. Το Ca(OH)₂ συνήθως προτιμάται καθώς ο καθιζάνων γύψος που προκύπτει, CaSO₄ • 6H₂O απομακρύνεται εύκολα ή ακόμα και πωλείται.

Τα επιτρεπόμενα όρια για την εκροή των υγρών σε ένα σύστημα αποχέτευσης είναι πολύ αυστηρά και για την επίτευξή τους απαιτείται μεγάλη προσπάθεια, κυρίως για τον Hg και το Cd. Οι αρχές συχνά απαγορεύουν την αποδέσμευση των υγρών αποβλήτων. Σ'αυτές τις περιπτώσεις οι διαλύτες καθαρισμού πρέπει να εξατμιστούν, κάτι το οποίο γίνεται με τη βοήθεια ψεκαστών ξήρανσης που βρίσκονται αμέσως μετά το βραστήρα. Τα στερεά υπολείμματα απομακρύνονται από τη ροή του αερίου με τη βοήθεια ενός σακκόφιλτρου. Μία άλλη μέθοδος για την εξάτμιση των διαλυτών καθαρισμού είναι με την ξήρανσή τους σε εξωτερικές συσκευές θερμαινόμενες με ατμό.

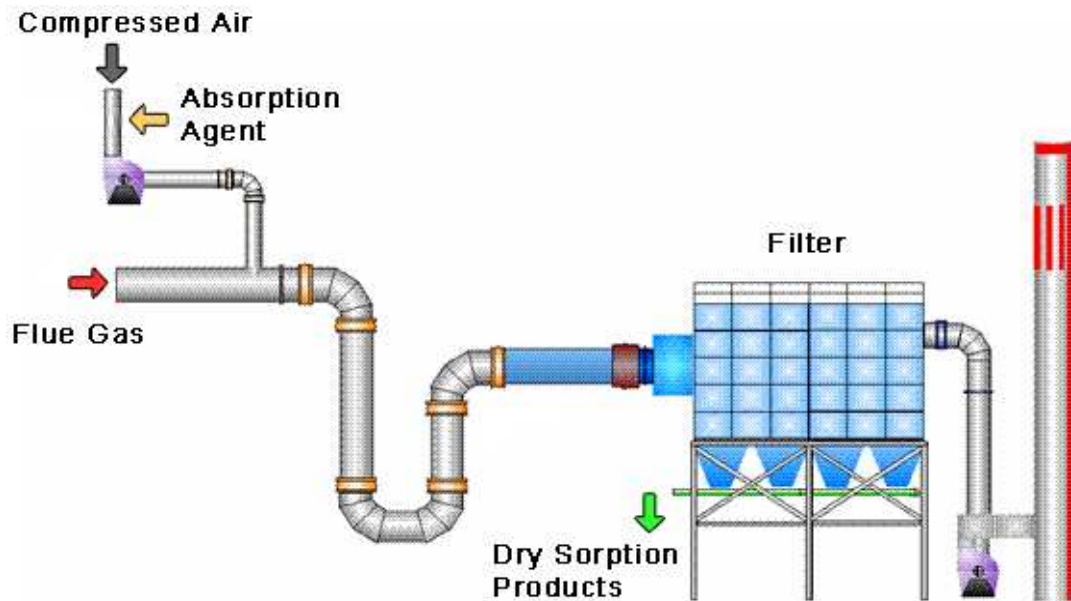
➤ Ημι-υγρή ή ημι-ξηρή διεργασία

Το απορροφητικό μέσο προστίθεται στο ρεύμα των καυσαερίων ως υδατικό διάλυμα. Σε αυτή τη διαδικασία, η θερμότητα των καυσαερίων χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του διαλύτη και εν τέλει, το προϊόν της αντίδρασης είναι ξηρό, δηλαδή, σε στερεά μορφή, το οποίο πρέπει να εναποτεθεί σε κάποιο επόμενο στάδιο, π.χ. σε σακκόφιλτρο.

➤ Ξηρή διεργασία

Η διεργασία των στεγνών πλυντρίδων είναι απλή και, κατά συνέπεια, φτηνή σε ότι αφορά το κόστος αγοράς τους και χρησιμοποιούνται σε πολλές εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το απορροφητικό μέσο εισάγεται απευθείας στο ρεύμα των καυσαερίων σε ξηρή μορφή. Τα υπολείμματα καθαρισμού στις περισσότερες περιπτώσεις αφαιρούνται με σακκόφιλτρα.

Στην ξηρή πλυντρίδα μπορεί να γίνει χρήση διάφορων αντιδραστηρίων, όπως ασβεστόλιθος, CaCO_3 , CaO , άσβεστος και Ca(OH)_2 . Μία τυπική διάταξη στεγνής πλυντρίδας φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 3. 20 Αρχή λειτουργίας στεγνής πλυντρίδας (www.wtert.eu)

Οι διάφορες διατάξεις πλυντρίδων που εφαρμόζονται είναι:

- Καθαριστές με διάταξη Venturi.
- Πύργοι με πληρωτικό υλικό.
- Πύργοι με δίσκους.
- Πύργοι ψεκασμού.

➤ Διάταξη venturi



Στη διάταξη αυτή έχουμε ομορροή υγρού και αερίου ρεύματος. Στο στόμιο εισόδου του υγρού, λόγω της στένωσης, αυξάνεται η ταχύτητα του αερίου και δημιουργούνται τύρβες οι οποίες ενισχύουν την αποτελεσματικότητα της απορρόφησης. Ταυτόχρονα, θετικά επιδρά στην απόδοση το γεγονός ότι ελατώνεται και το μέγεθος των σταγονιδίων. Έπειτα, λόγω ελάττωσης της ταχύτητας, γίνεται ο διαχωρισμός αερίου και υγρού μίγματος και απομακρύνονται.

Εικόνα 3. 21 Διάταξη Venturi (<http://www.hkvac.co.in/scrubber.htm>)

- Πύργοι πληρωτικού υλικού

Το αδρανές πληρωτικό υλικό που περιέχουν προσφέρει μεγάλη ειδική επιφάνεια(ανά μονάδα όγκου του πύργου) και μικρή αντίσταση στη ροή (πτώση πίεσης). Το υγρό ρέει σε λεπτό στρώμα (αντιροή) ενώ αν τα απαέρια περιέχουν και αιωρούμενα σωματίδια, η διάταξη δεν μπορεί να λειτουργήσει καθώς φράσσουν οι πόροι.

- Πύργοι με δίσκους

Περιέχουν οριζόντιους δίσκους σχεδιασμένους ώστε να προσφέρουν αυξημένη διεπιφάνεια αερίου-υγρού. Το υγρό ρέει από την κορυφή του πύργου, δημιουργώντας ένα λεπτό στρώμα πάνω στους δίσκους, οι οποίοι είναι διάτρητοι και το αέριο ρεύμα διέρχεται μέσα από τις οπές. Σε περίπτωση ύπαρξης σωματιδίων, η διάταξη δεν μπορεί να λειτουργήσει.

- Πύργοι ψεκασμού

Επεξεργάζονται μεγάλες παροχές αερίου με μικρή πτώση πίεσης και έχουν υψηλές αποδόσεις για χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων όμως χρησιμοποιούνται και για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων. Έχουν χαμηλότερη απόδοση από τα άλλα συστήματα αλλά και χαμηλότερο κόστος (πάγιο και λειτουργικό).

3.2.5.5 Μείωση εκπομπών οξειδίων αζώτου (NOx)

Για τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου NOx ακολουθούνται δύο στρατηγικές:

- **Η μη καταλυτική απομάκρυνση (NSCR)** που πραγματοποιείται με την έγχυση αμμωνίας ή κάποιου αντιδραστηρίου που παράγει αμμωνία στα καυσαέρια, σε θερμοκρασίες κοντά στους 1.000°C. Χωρίς καταλύτη, η αμμωνία και τα οξείδια του αζώτου σχηματίζουν νερό και άζωτο και η μέθοδος έχει απόδοση 50-60%. Μία μονάδα που χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή περιλαμβάνει σταθμό αποθήκευσης και τροφοδοσίας του αντιδραστηρίου, τη συσκευή για την έγχυσή του και τον αντιδραστήρα που ενσωματώνεται στο ρεύμα των καυσαερίων σε θερμοκρασίες μεταξύ 800-1.000°C. Σημαντικές παράμετροι για τη χρήση της μεθόδου είναι η καλή ανάμιξη των καυσαερίων και της αμμωνίας με τη δημιουργία τυρβών και η παρατήρηση του βέλτιστου ελάχιστου χρόνου παραμονής στον αντιδραστήρα. [Federal Environment Agency]
- **Η επιλεκτική καταλυτική μείωση (SCR)** κατά την οποία η αμμωνία αναμιγνύεται με αέρα, προστίθεται στα καυσαέρια και έπειτα αυτά περνούν από τον καταλύτη, ο οποίος

βρίσκεται συνήθως σε μορφή πλέγματος (π.χ. πλατίνα, ρόδιο, ζεόλιθοι). Καθώς διέρχονται από τον καταλύτη, η αμμωνία αντιδρά με τα οξειδία του αζώτου προς παραγωγή υδρατμών και αζώτου. Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος, απαιτείται θερμοκρασία ανάμεσα από 180 ως 450°C , με το σύστημα στις περισσότερες μονάδες καύσης να λειτουργεί από 230-300°C. Η απόδοση της μεθόδου είναι πολύ υψηλή, πρακτικά πάνω από 90%. [European Commission]

3.2.5.6 Μείωση οργανικών ενώσεων

Τα καυσαέρια περιλαμβάνουν ίχνη ενός ευρέως φάσματος οργανικών ειδών που περιλαμβάνουν αλογονωμένους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο και τέλος, πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες και διβενζοφουράνια.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

- **Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα:** ο ενεργός άνθρακας εγχέεται στη ροή του αερίου, δεσμεύει τις ενώσεις και τέλος, φιλτράρεται στα σακκόφιλτρα.
- **Συστήματα επιλεκτικής καταλυτικής μείωσης:** καταστρέφει τις διοξίνες και τα φουράνια, δεν τα δεσμεύει, χρειάζεται όμως ένα πολυεπίπεδο και μεγαλύτερο σύστημα απ'ότι στη μείωση των NOx. Η απόδοση αγγίζει ποσοστά 98-99,9%.
- **Καταλυτικά σακκόφιλτρα:** Είναι είτε εμποτισμένα με καταλύτη είτε ο καταλύτης αναμιγνύεται με τα υλικά παραγωγής των ινών που τα αποτελούν. Οι διοξίνες και τα φουράνια καταστρέφονται στον καταλύτη και προκειμένου να είναι γίνει αυτό, αντί να προσροφηθούν από τον καταλύτη, η θερμοκρασία των εισερχόμενων αερίων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 190°C [Belgium 2002]
- **Εκ νέου καύση του άνθρακα προσρόφησης:** Είναι δυνατό η καθαρή εκπομπή διοξινών να μειωθεί με την εκ νέου καύση των προσροφημένων διοξινών με επανείσοδό τους στην εστία καύσης. Η μέθοδος χρησιμοποιείται εφόσον υπάρχουν ξεχωριστές διατάξεις για τη δέσμευση του υδραργύρου. [EIPPCB 2002]
- **Χρήση πλαστικών εμποτισμένων με άνθρακα για την προσρόφηση των PCDD/F:** Οι διοξίνες και τα φουράνια απορροφώνται από τέτοιου είδους πλαστικά (πολυπροπυλενίου κυρίως) που βρίσκονται στις υγρές πλυντρίδες, αυστήρα σε θερμοκρασίες 60-70°C καθώς και η παραμικρή μείωση μπορεί να έχει το αντίθετο αποτέλεσμα. Ωστόσο, το μέτρο αυτό μόνο του δεν είναι αποτελεσματικό καθώς οι συγκεντρώσεις εξόδου δεν είναι σύμφωνες με την Οδηγία 2000/76/EC. [Andersson 2002]
- **Ταχεία ψύξη των καυσαερίων:** Η μέθοδος περιλαμβάνει χρήση πλυντρίδας νερού για την ψύξη των καυσαερίων από τη θερμοκρασία καύσης αμέσως κάτω

από τους 100°C. Συνεπώς, μειώνεται η παραμονή των καυσαερίων στις θερμοκρασιακές ζώνες στις οποίες μπορεί να προκληθεί εκ νέου σύνθεση PCDD/F.

3.2.5.7 Μείωση εκπομπών υδραργύρου

Οι πρωτογενείς τεχνικές μείωσης των εκπομπών υδραργύρου αφορούν την πρόληψη ή τον έλεγχο ύπαρξής τους στα απόβλητα με την αποτελεσματική ξεχωριστή διαλογή των αποβλήτων που περιέχουν βαρέα μέταλλα, με δειγματοληψία και ανάλυση των αποβλήτων όπου είναι αυτό δυνατό και άλλες παρόμοιες τεχνικές.

Οι δευτερογενείς τεχνικές αφορούν τη δέσμευσή του από το ρεύμα των καυσαερίων. Ο μεταλλικός υδράργυρος μπορεί να αφαιρεθεί με μετατροπή του σε ιοντική μορφή με την προσθήκη οξειδωτικών και έπειτα την εναπόθεσή του σε πλυντρίδα αλλά και με την άμεση εναπόθεσή του σε ζεόλιθους ή ενεργό άνθρακα.

3.2.5.8 Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, N₂O) [Papageorgiou A. 2008]

Υπάρχουν δύο τρόποι μείωσης της εκπομπής CO₂: η αύξηση της απόδοσης ανάκτησης ενέργειας και ο έλεγχος εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με επεξεργασία των καυσαερίων. Ωστόσο, μία νέα τεχνική που βρίσκεται υπό εξέταση είναι η παραγωγή ανθρακικού νατρίου από την αντίδραση του CO₂ των καυσαερίων με NaOH

Για την αποφυγή εκπομπής N₂O λαμβάνονται τα εξής μέτρα:

- μείωση της δοσολογίας του αντιδραστηρίου για τη μη καταλυτική απομάκρυνση των οξειδίων του αζώτου με βελτιστοποίηση της μεθόδου
- χρήση αμμωνίας αντί ουρίας στην παραπάνω μέθοδο
- επιλογή βέλτιστης θερμοκρασίας για την έγχυση του αντιδραστηρίου στην διαδικασία.

3.1.6 Επεξεργασία και έλεγχος υδατικών υπολειμμάτων

Οι πηγές από τις οποίες προέρχονται τα υδατικά απόβλητα είναι:

- από τη διεργασία: σε σημαντικό βαθμό από τα συστήματα επεξεργασίας των καυσαερίων σβέση της τέφρας στην ψύξη αερίων στους πύργους υγρής απορρόφησης σε μερικούς ηλεκτροστατικούς κατακρημνιστές
- από τη συλλογή, επεξεργασία και αποθήκευση της τέφρας πυθμένα
- από διάφορα άλλα ρεύματα της διεργασίας
- από χρήσεις νερού για υγιεινή
- από χρήση νερού ψύξης

Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από την διεργασία και, ειδικά, από την επεξεργασία των καυσαερίων, περιέχουν μία ευρεία ποικιλία ρυπογόνων ουσιών, η συγκέντρωση των οποίων εξαρτάται από τη σύσταση των αποβλήτων αλλά και από το σχεδιασμό των συστημάτων επεξεργασίας των καυσαερίων.

3.2.6.1 Έλεγχος εκροής

Για τον έλεγχο εκροής υδατικών αποβλήτων μπορούν να εφαρμοστούν τα ακόλουθα μέτρα:

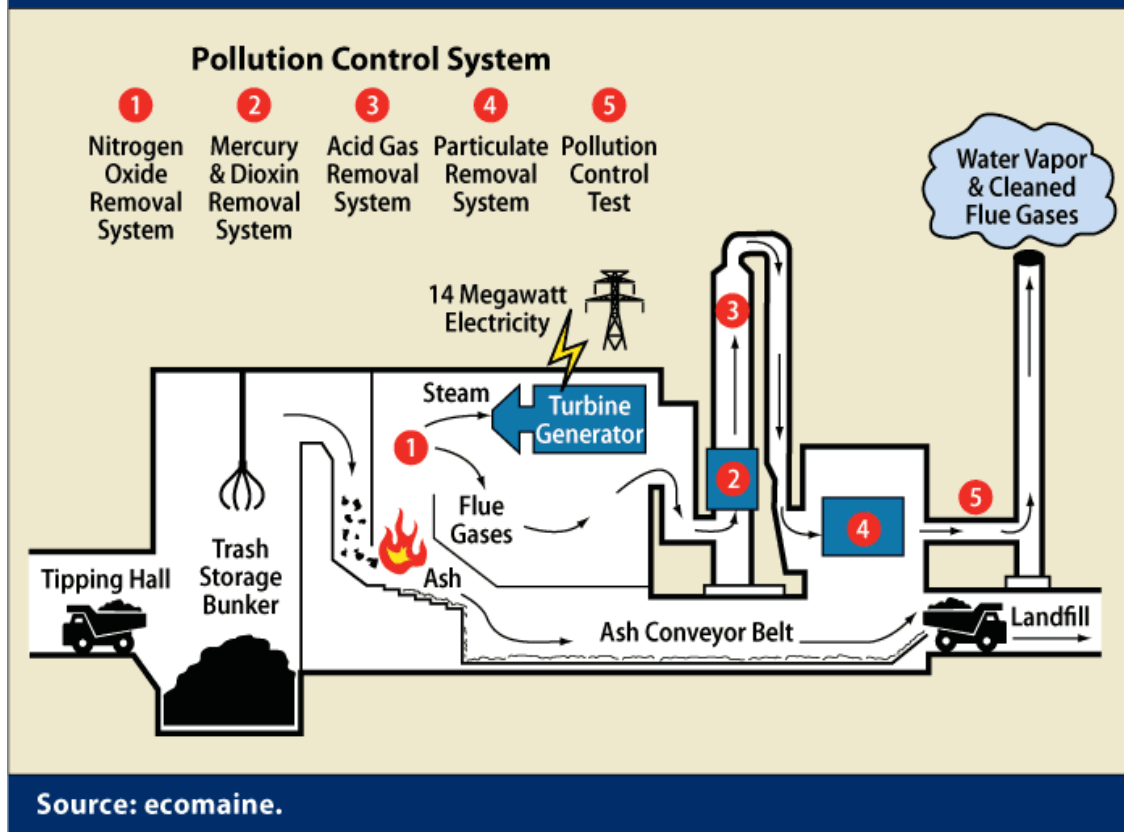
- **Εφαρμογή της βέλτιστης τεχνολογίας καύσης** καθώς εκτός από τη σταθερότητα της διαδικασίας, παρέχεται έλεγχος των εκπομπών στο νερό, όπου αυτό χρησιμοποιείται στη διαδικασία. Μία ατελής καύση έχει αρνητικό αντίκτυπο στην σύνθεση των καυσαερίων και της ιπτάμενης τέφρας λόγω αύξησης στις ρυπογόνες ουσίες.
- **Μείωση της κατανάλωσης του νερού στη διεργασία**, κυρίως με αύξηση της ανακυκλοφορίας των υδατικών ρευμάτων σε διατάξεις όπως οι υγρές πλυντρίδες, ή αύξηση της χρήσης εναλλακτικών, μη υδατικών τεχνολογιών.

3.2.6.2 Μέθοδοι επεξεργασίας

Τρεις βασικές μέθοδοι εφαρμόζονται για την επεξεργασία των υγρών αυτών αποβλήτων:

- **φυσικοχημική επεξεργασία** βασισμένη στη διόρθωση του pH και στην καθίζηση. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα ρεύμα με διαλυμένα άλατα, το οποίο αν δεν εξατμιστεί, θα πρέπει να απομακρυνθεί. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι: εξουδετώνονται τα ακάθαρτα υγρά απόβλητα, γίνεται κροκίδωση των ρύπων, η σχηματιζόμενη ιλύς ηρεμεί, αφυδατώνεται και έπειτα γίνεται διήθηση.
- **εξάτμιση κατά τη διεργασία της καύσης με ψεκασμό** σε ένα σύστημα ημι-υγρής επεξεργασίας ή οποιουδήποτε άλλου που χρησιμοποιεί σακκόφιλτρο. Σε αυτή την περίπτωση, τα άλατα ενσωματώνονται στα υπολείμματα της επεξεργασίας των καυσαερίων.
- **ξεχωριστή εξάτμιση των υγρών αποβλήτων**. Σε αυτή την περίπτωση, το εξατμισμένο νερό συμπυκνώνεται αλλά καθώς είναι, γενικά, καθαρό, μπορεί να απορριφθεί χωρίς περαιτέρω επεξεργασία.

Waste to Energy Plant Diagram



Εικόνα 3.22 Τυπική Μονάδα Καύσης – Αποτέφρωσης Στερεών Αστικών Αποβλήτων με ταυτόχρονη Παραγωγή Ενέργειας (www.ecomaine.org)

3.1.7 Επεξεργασία και έλεγχος στερεών υπολειμμάτων

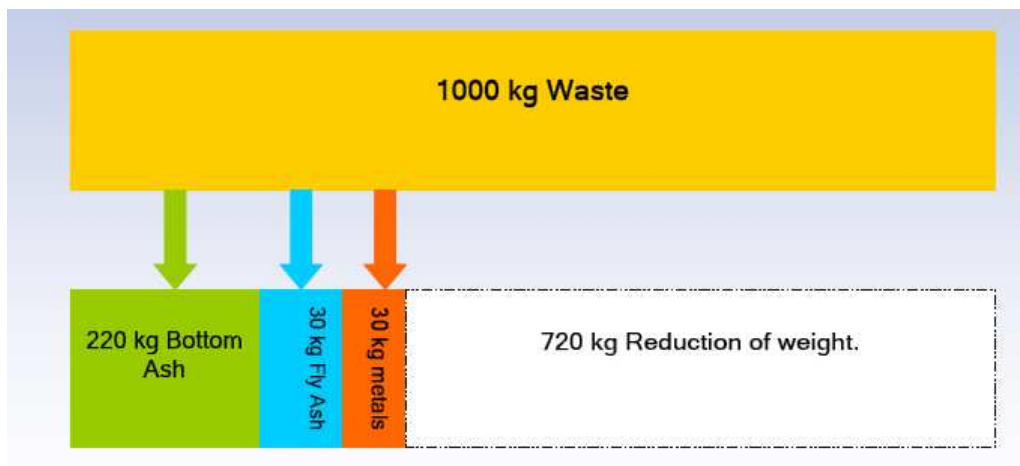
Τα υπολείμματα που παράγονται από την αποτέφρωση, αντιστοιχούν στο 20-40% του βάρους των εισερχομένων απορριμμάτων και δημιουργούνται κυρίως στην σχάρα, απ' όπου απάγονται με ειδικό σύστημα και στις θερμαντικές επιφάνειες των λεβήτων, απ' όπου συγκεντρώνονται στις χοάνες κάτω από το λέβητα και μεταφέρονται για ψύξη. Στα συστήματα καθαρισμού εφαρμόζονται διάφορες, δοκιμασμένες και ασφαλείς τεχνολογίες με σκοπό την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, των οξέων, των οξειδίων του αζώτου, των διοξινών και άλλων που περιέχονται στα καυσαέρια.

3.2.7.1 Είδη υπολειμμάτων

Τα υπολείμματα μπορούν να διακριθούν σε αυτά που προέκυψαν από τη διαδικασία της καύσης και σε αυτά που προέκυψαν από τα συστήματα επεξεργασίας των καυσαερίων. Τα δεύτερα μπορεί να είναι ιπτάμενη τέφρα ή/και προϊόντα αντίδρασης και πρόσθετα που δεν έχουν αντιδράσει κατά την επεξεργασία των καυσαερίων.

Τα υπολείμματα που προκύπτουν από την καύση είναι:

- η τέφρα από τον πυθμένα της εστίας καύσης: περιέχει βαρέα μέταλλα, άλατα,
- η τέφρα από τον λέβητα
- η ιπτάμενη τέφρα.



Εικόνα 3.23 Ισοζύγιο μάζας για την διαδικασία της καύσης [Καλογιρού, 2009]

Τα υπολείμματα που προκύπτουν από το σύστημα επεξεργασίας καυσαερίων είναι:

- υπολείμματα από υγρή και ημι-υγρή επεξεργασία καυσαερίων. Πρόκειται για μίγματα ασβεστίου ή/και αλάτων νατρίου, κυρίως ως χλωριούχα και θειώδη/θειούχα άλατα και λιγότερο φθοριούχα καθώς και ιπτάμενη τέφρα που δεν απομακρύνθηκε σε προηγούμενο στάδιο. Συνεπώς, μπορεί να εντοπιστούν και βαρέα μέταλλα και διοξίνες-φουράνια
- λάσπη από την φυσικοχημική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων
- γύψος
- άλατα από την εξάτμιση των υδατικών αποβλήτων
- υπολείμματα από το φιλτράρισμα των λυμάτων.

3.2.7.2 Επεξεργασία υπολειμμάτων από την καύση και την επεξεργασία των καυσαερίων

Όσον αφορά τα υπολείμματα από την καύση, η μέθοδος επεξεργασίας τους έχει σκοπό την βελτίωση των παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητα της παραγόμενης τέφρας ώστε να μιμηθεί την ποιότητα πρωτογενών υλικών κατασκευής καθώς, λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε ανόργανα στοιχεία, καθιστώνται κατάλληλα για χρήση ως οδικά ή κατασκευαστικά υλικά. Λόγω του μεγάλου όγκου παραγωγής τους και της χαμηλής επικινδυνότητάς τους, ανακύκλωση εφαρμόζεται κυρίως για την επεξεργασία της τέφρας πυθμένα από ΑΣΑ.

Τα πρωτογενή μέτρα που λαμβάνονται για τον έλεγχο εκροής των υπολλειμμάτων περιλαμβάνουν βλετιστοποίηση του ελέγχου της διεργασίας της καύσης έτσι ώστε:

- να εγγυάται την τέλεια καύση των ενώσεων άνθρακα
- να ενισχύσει την εξάτμιση των βαρέων μετάλλων, όπως Hg και Cd.

Για την επεξεργασία των στερεών υπολλειμμάτων, ακολουθούνται οι παρακάτω τεχνικές:

- Στερεοποίηση και χημική σταθεροποίηση. Στόχος της στερεοποίησης είναι η κινητικότητα ορισμένων ρύπων. Το στερεοποιημένο υλικό πρέπει να πληροί κάποια κριτήρια όπως καμία χημική αντίδραση με το νερό, μηχανική, χημική και βιοχημική σταθερότητα, καμία μόλυνση σε περίπτωση διάβρωσης.
- Διαχωρισμός μετάλλων. Στόχος είναι η απομάκρυνση των σιδηρούχων μετάλλων, πράγμα που επιτυγχάνεται με τη χρήση μαγνητικών διαχωριστών.
- Διεργασίες έκπλυσης. Στόχος είναι η απομάκρυνση των ευδιάλυτων ρύπων, όπως τα χλωριούχα, τα θειικά άλατα και τα βαρέα μέταλλα και γίνεται σε δύο στάδια. Αρχικά, η τέφρα αναμιγνύεται στο νερό, επιτυγχάνοντας pH 9-12 και τα στερεά διαχωρίζονται από το διάλυμα με φίλτρο υπό κενό. Έπειτα, τα ευδιάλυτα βαρέα μέταλλα απομακρύνονται με χρήση του οξέος νερού έκπλυσης που βγαίνει από την πλυντρίδα επεξεργασίας καυσαερίων. Το νερό αυτό καθαρίζεται περαιτέρω στα συστήματα επεξεργασίας των υδατικών αποβλήτων και η “ξεπλυμένη” τέφρα υφίσταται, έπειτα, θερμική επεξεργασία. [Federal Environment Agency]
- Θερμική επεξεργασία. Στόχος είναι η μείωση του όγκου των υπολλειμμάτων και του περιεχομένου σε οργανικές ενώσεις και βαρέα μέταλλα. Υπάρχουν τρεις τρόποι θερμικής επεξεργασίας, η διαφορά των οποίων έγκειται στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος: υαλοποίηση, τήξη, συσσωμάτωση. Ανεξαρτήτως διαδικασίας, το αποτέλεσμα είναι ένα πιο ομογενές και υλικό. [European Environment Agency]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρεαδάκης Α. (2001) «Θερμική Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (Α.Σ.Α.) και Ιλύων».
- Γιδαράκος Ε., Αϊβαλιώτη Μ., «Μέθοδοι Θερμικής Επεξεργασίας Αστικών Στερεών Απορριμμάτων», 2007
- Γιδαράκος Ε. «Διαχείριση και Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων», Σημειώσεις Μαθήματος “Ειδικά θέματα περιβάλλοντος και Υγείας”, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2006
- Γρηγοροπούλου Ε., Κασίρη Α. (2006) “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων”, Σημειώσεις Διατμηματικού Μαθήματος “Περιβάλλον και Ανάπτυξη”, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Ν.Αττικής “Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Νομό Αττικής”, Τελική έκθεση, Απρίλιος 2008
- Θέμελης Ν.Ι. Prof Colymbia Uni., Χ.Ι.Κορωναίος, “Σύγκριση της θερμικής επεξεργασίας αστικών αποβλήτων για παραγωγή ενέργειας και της υγειονομικής ταφής”
- ΙΤΑ, Λάλας Δ. και συν. “Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων”, Σχέδιο Τελικής Έκθεσης προς το Ινστιτούτο Τοπικής Αυτ/σης, , Αθήνα, Απρίλιος 2007
- Καραγιαννίδης et al, “Ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων στις ΗΠΑ, επισκόπηση της υπάρχουσας κατάστασης”, Τεχνικά Χρονικά ΤΕΕ, Μάρτιος-Απρίλιος 2010.
- Μουντούρης Α. et al, “Ενεργειακή Αξιοποίηση Αποβλήτων με Τεχνολογίες Θερμικής Επεξεργασίας”, 2ο Συνέδριο ΕΕΔΣΑ, Φεβρουάριος 2006
- Μουσιόπουλος Ν., Καραγιαννίδης Α., σημειώσεις στο μάθημα “Διαχείριση Απορριμμάτων”, τμ. Μηχανολόγων Μηχ, ΑΠΘ, Θεσ/κη, Ιούνιος 2002
- Οικονομόπουλος Α., “Διαχείριση οικιακού τύπου απορριμμάτων/ Προβλήματα Εθνικού Σχεδιασμού και Ορθολογικές Λύσεις”, Τμ. Μηχ Περιβάλλοντος, Κρήτη, Φεβρουάριος 2007
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, “Αξιοποίηση Αστικών Στερεών αποβλήτων από την ενεργειακή σκοπιά και οι προοπτικές εφαρμογής στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας”, Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2010
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα/ Η περίπτωση της Αττικής”, Αθήνα, Νοέμβριος 2006
- Φάττα Δ., “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων”, Σημειώσεις Μαθήματος “Διαχείριση Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων”, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου, 2006

Χιονίδης Θ., “Ενέργεια από απόβλητα: Διαχείριση απορριμμάτων Περιφέρειας Κρήτης με θερμική και/ή μηχανική-βιολογική επεξεργασία”, Μεταπτυχιακή διατριβή, Χανιά, Νοέμβριος 2007

Andersson, “PCDD/F removal from flue gases in wet scrubbers - a novel technique”, 2002.

Belgium “Flemish experiences with dioxin abatement and control in waste incinerators”, VITO, 2002.

Bueckens A., “Comparative evaluation of techniques for controlling the formation and emission of chlorinated dioxins/furans in municipal waste incineration”, Department of Chemical Engineering and Industrial Chemistry, Free University of Brussels, Belgium, 1998

D. Amutha Rani et al., “Air pollution control residues from waste incineration: Current UK situation and assessment of alternative technologies”, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, London, October 2007

Econopoulos A., “A methodology for developing strategic municipal solid waste management plans with an application in Greece”, *International Solid Waste Association*, 2010

EIPPCB, “Site visit reports from EIPPCB”, 2002. (eippcb.jrc.es)

European Commission, Reference Document on the best available techniques for “Waste Incineration”, Integrated Pollution Prevention and Control, August 2006

Eurostat, “[Statistics on municipal waste 1995-2009: Structural indicator and additional statistics: incineration, recycling and composting](#)”, *European Commission*, Feb. 2011

Federal Environment Agency, “State of the Art for Waste Incineration Plants”, Austria, 2002

Hans Peter Tobler, “Treatment and solidification of residues from the flue gas treatment at municipal waste incineration plants”, Federal Office for Environmental Protection, Berne, Switzerland, December 2004

Hu et al., “Waste to Energy facilities-clean, renewable energy: a compendium of background information”, 2001

J.den Boer, “LCA-IWM: A decision support tool for sustainability assessment of waste management systems”, 2007

J.Vehlow et al., “Management of Solid Residues in Waste-to-Energy and Biomass Systems”, Germany, 2007

JRC IES (2003). “N₂O emissions from waste and biomass to energy plants”.

Kalogirou E., N. J. Themelis, “WASTE MANAGEMENT IN GREECE & POTENTIAL FOR WASTE-TO-ENERGY”, ISWA Beacon Conference, 2009

Papageorgiou As., A.Karagiannidis, J.R.Barton, E.Kalogirou “Municipal Solid Waste management scenarios for Attica and their greenhouse gas emission impact”, 2009

Papageorgiou A. et al, "Assessment of the greenhouse effect impact of technologies used for energy recovery" Lab of Heat Transfer and Environmental Engineering, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 2008

Technical report by the Blue Ridge Environmental Defense League, "Waste gasification impacts on the environment and public health", February 2009

Watson M. "Waste Management", University of Sheffield, Sheffield, UK, July 2009

Williams P., "Waste Treatment and Disposal", Uni. Of Leeds, UK, 2005

Qun Chen et al., "Condensing boiler applications in the process industry", Department of Chemical & Process Engineering, Sheffield University, UK, July 2010

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- www.wtert.eu
- http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastemanagement/waste_treatment

➤ 4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

4 ΠΥΡΟΛΥΣΗ

4.1 Εισαγωγή

4.2 Τεχνολογία

4.2.1 Αντιδραστήρες πυρόλυσης

4.2.2 Αντιδράσεις της πυρόλυσης

4.2.3 Μεταφορά θερμότητας

4.2.4 Απομάκρυνση άνθρακα

4.3 Προϊόντα Πυρόλυσης

4.4 Ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4. ΠΥΡΟΛΥΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Ως πυρόλυση ορίζεται η θερμική αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 400 ως 1000°C σε συνθήκες απουσίας οξειδωτικού μέσου (π.χ αέρα ή οξυγόνου) ή αναερόβιες. Οι χημικοί δεσμοί των ενώσεων σπάνε, μετατρέποντας τις μακρομοριακές ενώσεις σε μικρού μοριακού βάρους ενώσεις, όπως κωκ, στερεά καύσιμα και αέριο σύνθεσης, το λεγόμενο «syngas», οι σχετικές αναλογίες των οποίων εξαρτώνται από την θερμοκρασία στην οποία υποβάλλεται το υλικό, τον χρόνο που εκτίθεται σ' αυτή τη θερμοκρασία και στη φύση του ίδιου του υλικού. [Zhang Yufeng 2002]

Είναι μία εναλλακτική τεχνολογία θερμικής επεξεργασίας απορριμμάτων που αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του '70. Γενικά, εφαρμόζεται για συγκεκριμένες κατηγορίες αποβλήτων και σε μικρότερη κλίμακα από την καύση στην Ευρώπη, ωστόσο, μη Ευρωπαϊκές χώρες, για παράδειγμα η Ιαπωνία, την χρησιμοποιούν αποδοτικά, πιθανότατα λόγω της διαφορετικής σύστασης και θερμογόνου δύναμης των απορριμμάτων τους.

Επιπλέον, πλην αυτών που είναι ειδικά διαμορφωμένες για την πυρόλυση, πολλές από τις τεχνολογίες της καύσης μπορούν να εφαρμοστούν και στη διεργασία αυτή, προσαρμόζοντάς τις, όμως, στις συνθήκες που απαιτούνται.

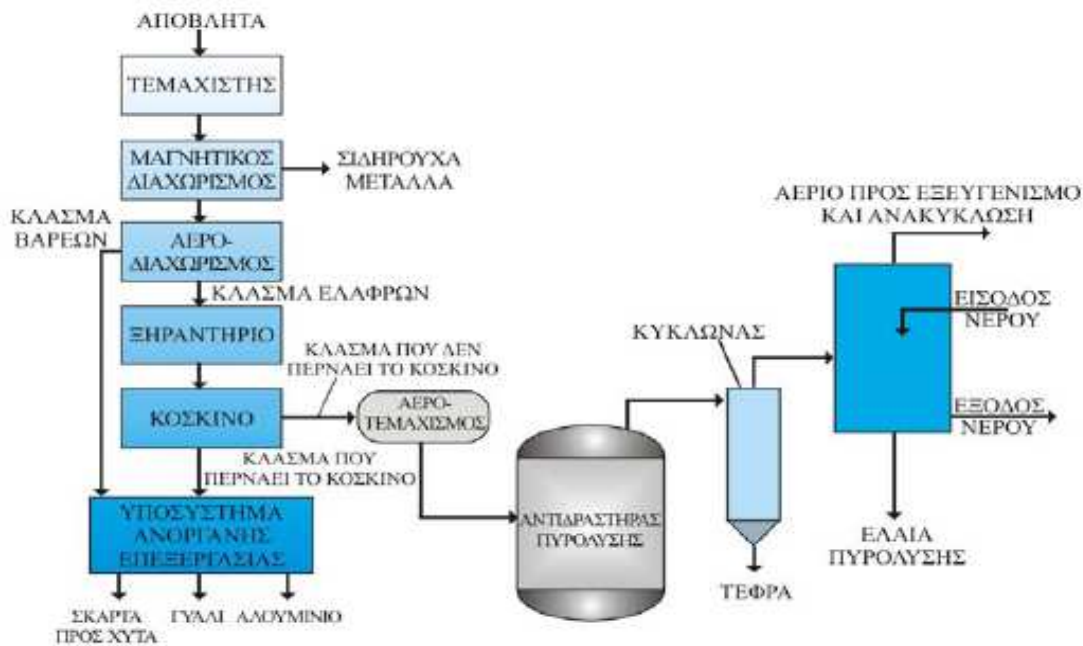
Υπό μία ευρύτερη έννοια, η πυρόλυση είναι ένας γενικός όρος που περιλαμβάνει διαφορετικούς τεχνολογικούς συνδυασμούς, σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα:

- Διαδικασία αργής καύσης: Σχηματισμός αερίου από τα πτητικά συστατικά σε θερμοκρασίες 400-600°C.
- Πυρόλυση: Θερμική διάσπαση των οργανικών μορίων σε θερμοκρασίες 500-800°C με αποτέλεσμα τη δημιουργία αερίου και στερεών κλασμάτων.
- Αεριοποίηση: Μετατροπή του εναπομείναντα άνθρακα από το κωκ της πυρόλυσης σε αέριο σύνθεσης (CO, H₂) σε θερμοκρασίες 800-1000°C.
- Καύση: Ανάλογα με τον συνδυασμό της τεχνολογίας, το αέριο και το κωκ αποτεφρώνονται στην εστία καύσης.[European Commission]

4.2 Τεχνολογία

Η μονάδα πυρόλυσης αποτελείται από:

- Το χώρο υποδοχής και προεπεξεργασίας των αποβλήτων.
- Τον ξηραντήρα (εξαρτάται από τη διαδικασία).
- Τον πυρολυτικό αντιδραστήρα.
- Το σύστημα ενεργειακής αξιοποίησης του αερίου.
- Το σύστημα αντιρρύπανσης



Εικόνα 4.1 Διάγραμμα ροής διεργασίας πυρόλυσης (www.eedsa.gr)

Τα απόβλητα συλλέγονται και διανέμονται στο χώρο όπου υφίστανται την απαραίτητη προεπεξεργασία για απομάκρυνση των μη εύφλεκτων υλικών, όπως γυαλί και μέταλλο, της περισσειας υγρασίας σε ξηραντήριο αέρα για να αυξηθεί η απόδοση της αντίδρασης αερίου-στερεού στο εσωτερικό του αντιδραστήρα και συνεπώς, στο θάλαμο πυρόλυσης να οδηγείται μόνο το οργανικό κλάσμα των απορριμμάτων. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα η άλεση του υλικού σε διάσταση μικρότερη των 50 mm, περνά από σφαιρόμυλο για περαιτέρω μείωση μεγέθους κάτω από 3 mm και γίνεται διαχωρισμός των ανόργανων με κοσκίνισμα καθώς έτσι βελτιώνεται και τυποποιείται η ποιότητα των αποβλήτων και συνεπώς προωθείται μεταφορά θερμότητας.

Τα απόβλητα φορτώνονται στη χοάνη τροφοδοσίας που είναι εφοδιασμένη με σύστημα ερμητικού κλεισίματος και το υλικό συνεχώς τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα με τη βοήθεια διάταξης περιστρεφόμενου κατσαβιδιού και το υλικό "πυρολύεται". Τα άκαυτα υπολείμματα (άνθρακας), από το μη οργανικό κλάσμα των ΑΣΑ σταθεροποιούνται και εναποτίθενται σε μια δεξαμενή κατάσβεσης. Μαγνήτες αφαιρούν οποιοδήποτε σιδηρούχο μέταλλο από την τέφρα ώστε να ανακυκλωθεί και η υπόλοιπη τέφρα ανακυκλώνεται για χρήση σε κατασκευές.

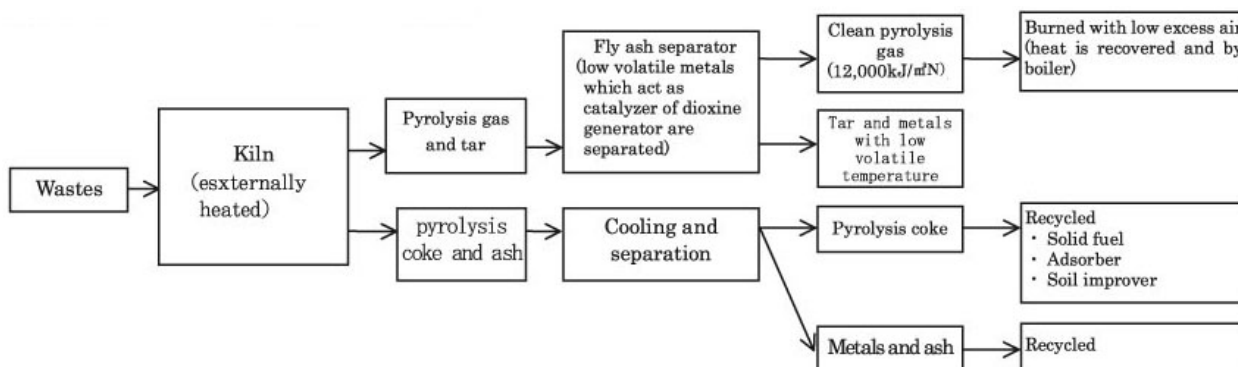
Η διαδικασία παράγει επίσης άνθρακα που μετατρέπεται σε αέριο σύνθεσης το οποίο υφίσταται επεξεργασία βελτιστοποίησης χρησιμοποιώντας έναν κυκλωνικό συλλέκτη στερεών, ένα φίλτρο από ίνες, ένα σύστημα ψύξης για το διαχωρισμό του νερού και των οργανικών ατμών (πίσσα) και διάφορες συσκευές μέτρησης των αερίων προκειμένου να αρθούν η πίσσα, οι θειούχες ενώσεις και άλλα αέρια οξέα, τα οποία στη συνέχεια στέλνονται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Με αυτόν τον τρόπο παράγεται ένα εξαιρετικά αποδοτικό αέριο που προορίζεται για καύση επί τόπου ή μεταφέρεται σε άλλες εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. [www.zerowastescotland.org.uk]

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

4.2.1 Αντιδραστήρες πυρόλυσης [Bridgwater 2011]

Υπάρχουν πολλοί τύποι αντιδραστήρων που χρησιμοποιούνται όπως:

- ρευστοποιημένη κλίνη φυσαλίδων
- κλίνη με ανακυκλοφορία
- περιστρεφόμενου κώνου
- αφαιρετικής πυρόλυσης
- πυρόλυσης κενού
- σταθερής κλίνης

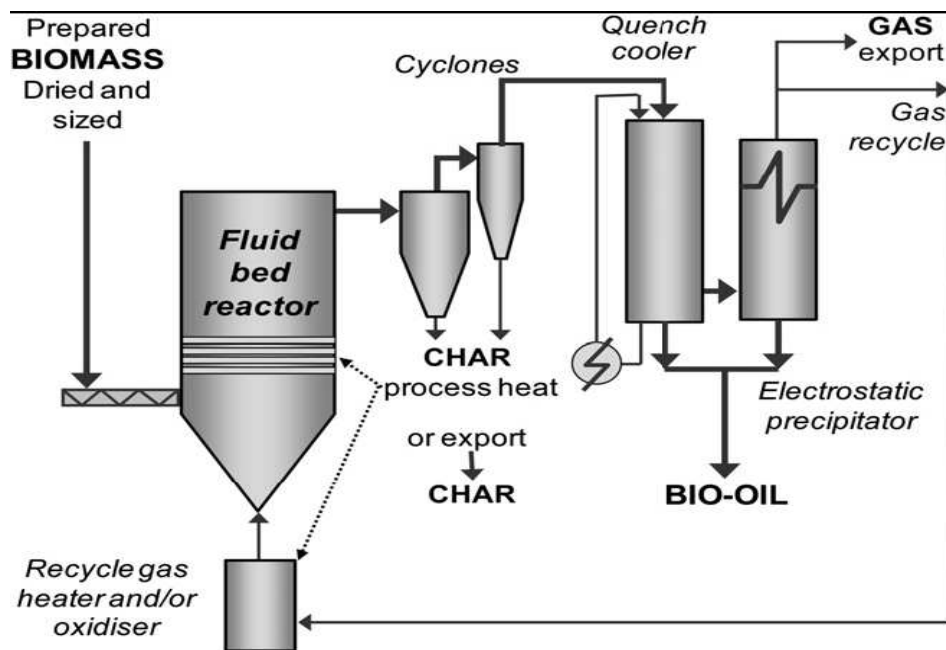


Εικόνα 4.2 Διάγραμμα ροής μονάδας πυρόλυσης [http://www.gec.jp/JSIM_DATA/index.html#WASTE]

Υπάρχουν δύο βασικές διαδικασίες πυρόλυσης, η ταχεία και η συμβατική. Στην πρώτη αυξάνεται η απόδοση των υγρών προϊόντων ενώ στη δεύτερη αυξάνεται η απόδοση των καυσαερίων, σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, χαμηλού ποσοστού θέρμανσης και παρουσίας καταλύτη, ή του άνθρακα, σε χαμηλή θερμοκρασία και χαμηλό ποσοστό θέρμανσης.

Οι καταλύτες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, αυτούς που:

- προστίθενται απευθείας στην πρώτη ύλη (πρωτογενής καταλύτης)
- τοποθετούνται σε δευτερεύοντα αντιδραστήρα που βρίσκεται μετά τον αντιδραστήρα της πυρόλυσης
- τοποθετούνται στον αντιδραστήρα πυρόλυσης και έρχεται σε άμεση επαφή με τους εκλυόμενους ατμούς της πυρόλυσης και τα στερεά. [Maoyun He 2008]

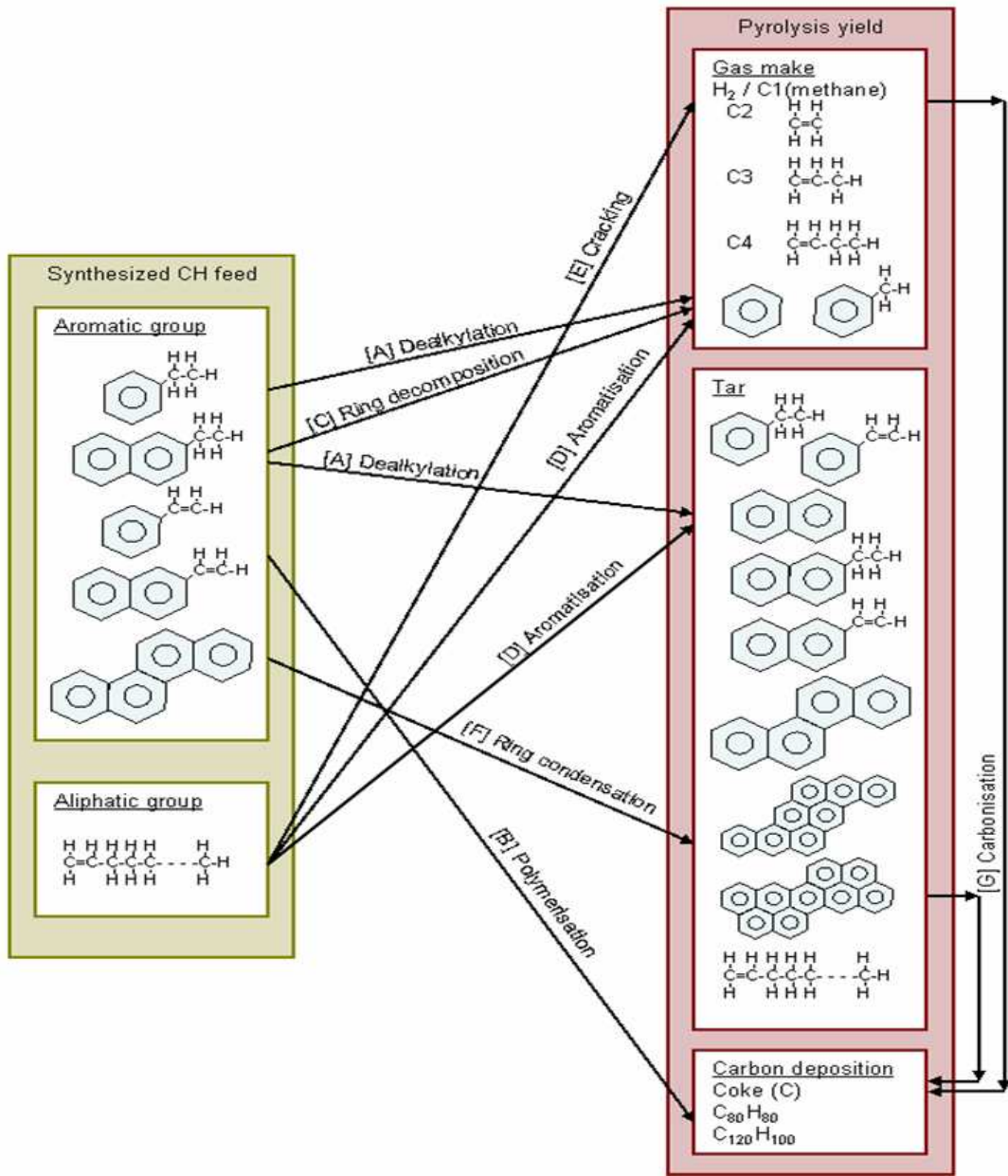


Εικόνα 4.3 Αναδευόμενη ρευστοστερεά κλίνη [Bridgwater 2011]

4.2.2 Αντιδράσεις της πυρόλυσης

Οι αρχικές αντιδράσεις της πυρόλυσης περιλαμβάνουν κυρίως διασπάσεις, κατά τις οποίες, χαμηλής πτητικότητας οργανικά συστατικά μετατρέπονται σε άλλα πιο πτητικά. Επίσης, σε αυτές περιλαμβάνονται συμπυκνώσεις, αφυδρογονώσεις και αντιδράσεις σχηματισμού δακτυλίων, οι οποίες προκαλούν τη μετατροπή των χαμηλής πτητικότητας οργανικών ενώσεων σε ένα στερεό ανθρακούχο υπόλειμμα (κωκ). Τα πτητικά συστατικά που δημιουργούνται κατά τις παραπάνω αντιδράσεις συμμετέχουν σε δευτερεύουσες αντιδράσεις και μπορούν να μετατραπούν σε ελαφρύτερα προϊόντα, αέρια ή κάρβουνο. Στην περίπτωση της ύπαρξης οξυγόνου, πραγματοποιείται σχηματισμός μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι επιμέρους αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρολυτική αποδόμηση οργανικών ενώσεων.



Εικόνα 4.4 Αντιδράσεις πυρόλυσης [www.psenderprise.com]

4.2.3 Μεταφορά θερμότητας

Η πυρόλυση είναι μια ενδόθερμη διεργασία που απαιτεί σημαντικά ποσά θερμότητας για την ανύψωση των αποβλήτων στη θερμοκρασία αντίδρασης. Το 75% της ενέργειας που παρέχουν οι πρώτες ύλες χρησιμοποιείται για την εκκίνηση της διεργασίας ενώ το 25% περιέχεται στον άνθρακα που παράγεται.

Οι βασικές μέθοδοι για παροχή θερμότητας είναι οι εξής:

- μέσω επιφανειών μεταφοράς θερμότητας, τοποθετημένων σε κατάλληλες θέσεις μέσα στον αντιδραστήρα
- με θέρμανση του αερίου ρευστοποίησης στην περίπτωση αντιδραστήρων ρευστοστερεάς κλίνης. Μερική θέρμανση είναι ικανοποιητική και επιθυμητή για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.
- με αφαίρεση και επαναθέρμανση του υλικού της κλίνης σε ξεχωριστό αντιδραστήρα.
- Με προσθήκη λίγου αέρα, αν και αυτό μπορεί να δημιουργήσει θέρμανση κατά τόπους και να αυξήσει το σχηματισμό πίσσας.

Επίσης, θερμότητα προσφέρεται στη διεργασία από τα υποπροϊόντα, κυρίως τον άνθρακα και το αέριο. Αυτή η πτυχή σχεδιασμού και βελτιστοποίησης θα αυξήσει το ενδιαφέρον όσο οι μονάδες γίνονται μεγαλύτερες.

4.2.4 Απομάκρυνση άνθρακα

Ο άνθρακας λειτουργεί ως καταλύτης για τη διάσπαση των αερίων οπότε ο ταχύς και αποτελεσματικός διαχωρισμός του από τα παραγώμενα αέρια της πυρόλυσης είναι απαραίτητος. Η συνηθισμένη μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι τα συστήματα των κυκλώνων, ωστόσο, κάποια πιο λεπτόκοκκα σωματίδια διαπερνούν το σύστημα και μαζεύονται στα υγρά παράγωγα. Μερική επιτυχία για την αντιμετώπιση αυτού έχει επιτευχθεί με τη διήθηση θερμού ατμού όπου όμως και πάλι προκύπτουν προβλήματα λόγω της κολλώδους φύσης των λεπτών σωματιδίων του άνθρακα και της απομάκρυνσής τους από το φίλτρο.[Bridgwater]

4.3 Προϊόντα Πυρόλυσης

Με την πυρόλυση των στερεών απορριμμάτων σχηματίζονται τα εξής προϊόντα:

- Αέρια: κυρίως υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξειδίο του άνθρακα, διοξειδίο του άνθρακα, κ.ά., ανάλογα με τη σύσταση των απορριμμάτων.
- Υγρά: ελαιώδες κλάσμα με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες, που περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα, όπως οξικό οξύ, κετόνες, αλκοόλες και οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες.
- Στερεά: σχεδόν καθαρός άνθρακας (κωκ) και αδρανή υλικά (γυαλί, μέταλλα, κλπ) που υπάρχουν στα απορρίμματα.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα, των οποίων η σύνθεση σε σχέση με τη θερμοκρασία φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. [Ανδρεαδάκης Α. 2001]

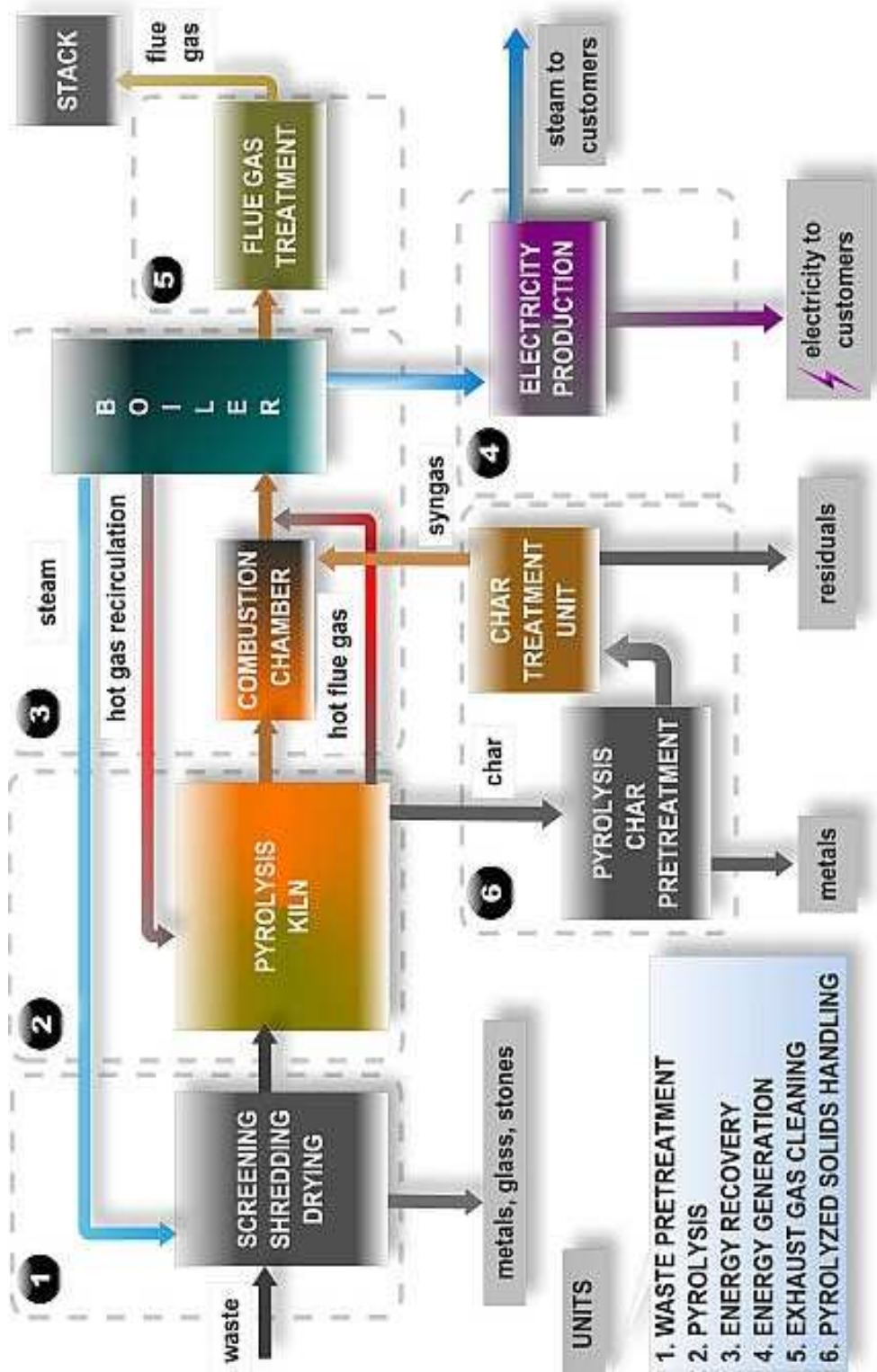
Αέρια % κατά όγκο	500°C	650°C	800°C	900°C
H	5,56	16,58	28,55	32,48
CH ₄	12,43	15,91	13,73	10,45
CO	33,5	30,49	34,12	35,25
CO ₂	44,77	31,78	20,59	18,31
C ₂ H ₄	0,45	2,18	2,24	2,43
C ₂ H ₆	3,03	3,06	0,77	1,07
Σύνολο	99,74	100	100	99,99

Πίνακας 4.1 Η σύνθεση των προϊόντων πυρόλυσης σε σχέση με τη θερμοκρασία

Ένας τμ ΑΣΑ παράγει περίπου 200-300kg ανθρακικών υπολειμμάτων που είτε χρησιμοποιούνται σε κατασκευές είτε καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, 20kg επικίνδυνων αποβλήτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ και αέριο σύνθεσης.

Η αναλογία των προαναφερόμενων προϊόντων εξαρτάται από τις παρακάτω παραμέτρους:

- Σύσταση αποβλήτου
- Συνθήκες θέρμανσης
- Θερμοκρασία πυρόλυσης
- Χρόνο αντίδρασης



Εικόνα 4.5 Διαδικασία της πυρόλυσης [www.splainex.com/waste_recycling.htm]

4.4 Ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων

Με περαιτέρω επεξεργασία τα υγρά προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συνθετικό καύσιμο, καθώς το ενεργειακό περιεχόμενό τους εκτιμάται γύρω στα 1,6MJ/kg ενώ των παραγόμενων καυσαερίων, ανάλογα με το υλικό εισόδου, είναι μεταξύ 12.500 και 46.000 kJ/kg. [Bilitewski B. 2006]

Για παραγωγή ατμού, το αέριο σύνθεσης καίγεται, καθαρίζεται από στερεά και έτσι πλέον, παρέχεται σε ατμολέβητα όπου και γίνεται η παραγωγή του ατμού και στη συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ατμοστροβίλου ή απευθείας σε Μηχανή Εσωτερικής Καύσης με ηλεκτρογεννήτρια.



Εικόνα 4. 6 Μονάδα πυρόλυσης στην Αγγλία

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρεαδάκης Α. (2001) «Θερμική Επεξεργασία Αστικών Στερεών Απορριμμάτων (Α.Σ.Α.) και Ιλύων».
- ΙΤΑ, Λάλας Δ. και συν. «Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων», Σχέδιο Τελικής Έκθεσης προς το Ινστιτούτο Τοπικής Αυτ/σης, , Αθήνα, Απρίλιος 2007
- Μουσιόπουλος Ν., Καραγιαννίδης Α., σημειώσεις στο μάθημα “Διαχείριση Απορριμμάτων”, τμ. Μηχανολόγων Μηχ, ΑΠΘ, Θεσ/κη, Ιούνιος 2002
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, “Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα/ Η περίπτωση της Αττικής”, Αθήνα, Νοέμβριος 2006
- Bilitewski B., “Pyrolysis, Gasification and Plasma Technologies”, Proceedings Venice 2006: Biomass and Waste to Energy Symposium, Organized by (IWWG) and Environmental Sanitary Engineering Center (ESEC), 2006.
- Bridgwater A.V., “Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading”, Aston University Bioenergy Research Group, Birmingham, UK, January 2011
- Columbus G., Themelis N., “Management of municipal solid wastes in Attica region of Greece, and potential for waste-to-energy”, Department of Earth and Environmental Engineering Columbia University, November, 2006
- European Commission, Reference Document on the best available techniques for “Waste Incineration”, Integrated Pollution Prevention and Control, August 2006
- J.Vehlow et al., “Management of Solid Residues in Waste-to-Energy and Biomass Systems”, Germany, 2007
- Jing-Pei Cao, “Preparation and characterization of bio-oils from internally circulating fluidized-bed pyrolyses of municipal, livestock, and wood waste”, Department of Chemical and Environmental Engineering, Gunma University, Japan, July 2010
- Maoyun He et al. “Syngas production from pyrolysis of municipal solid waste (MSW) with dolomite as downstream catalysts”, School of Environmental Science & Engineering, Huazhong University of Science and Technology, China, December 2008
- N. Miskolczi, “Two stages catalytic pyrolysis of refuse derived fuel: Production of biofuel via syncrude”, Chemical Engineering and Process Engineering Institute, University of Pannonia, Hungary, March 2010
- Zhang Yufeng et al., “A new pyrolysis technology and equipment for treatment of municipal household garbage and hospital waste”, Department of Building Service, Tianjin University, Tianjin, China, February 2002

➤ 5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

5. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

5.1 Εισαγωγή

5.2 Τεχνολογία

5.2.1 Τύποι αεριοποιητών

5.2.2 Αντιδράσεις αεριοποίησης

5.2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

5.3 Προϊόντα αεριοποίησης

5.4 Ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Η αεριοποίηση αποτελεί μια σχετικά νέα μέθοδο θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, η οποία δεν είναι ευρέως διαδεδομένη στην Ευρώπη αλλά κυρίως στην Ασία (Ιαπωνία). Περιλαμβάνει την μετατροπή του οργανικού κλάσματος των απορριμμάτων σε ένα μίγμα καύσιμων αερίων, μέσω μερικής οξειδωσης αυτού (σε υποστοιχειομετρικές συνθήκες). Ως οξειδωτικό μέσο, χρησιμοποιείται είτε ατμοσφαιρικός αέρας, είτε αέρας εμπλουτισμένος με οξυγόνο ή, τέλος, καθαρό οξυγόνο.

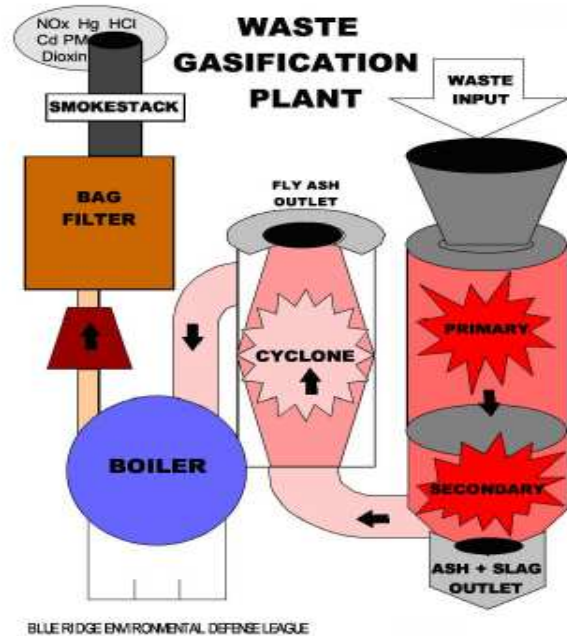
Η διεργασία λαμβάνει χώρα σε υψηλές θερμοκρασίες, από 900-1.100°C με αέρα, σε 1.000-1.400°C με οξυγόνο και μπορεί να αποτελέσει είτε τμήμα (σε συνδυασμό με τη διεργασία της αποτέφρωσης), είτε το σύνολο της θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. Είναι αυτοσυντηρούμενη διεργασία (χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας μετά το στάδιο της ανάφλεξης) και η ενέργεια που απαιτείται για την αντίδραση αεριοποίησης παράγεται με καύση μέρους του οργανικού υλικού στον αντιδραστήρα αεριοποίησης.

Στόχος είναι η ατελής καύση των απορριμμάτων και η παραγωγή αερίου (syngas) αποτελούμενου από CO, H₂ και αέριους υδρογονάνθρακες, το οποίο παρουσιάζει υψηλό θερμικό περιεχόμενο. Ωστόσο, οι προσπάθειες επικεντρώνονται τα τελευταία χρόνια στην αεριοποίηση απορριμματογενών καυσίμων (RDF), που έχουν μεγαλύτερο θερμικό περιεχόμενο και σταθερότερες ιδιότητες.

Η μέθοδος αεριοποίησης που έχει την μεγαλύτερη εξέλιξη, τα τελευταία 2-3 χρόνια είναι η αεριοποίηση σε ρευστοποιημένη κλίνη, από την οποία υπάρχει ήδη σε λειτουργία και η πρώτη παραγωγική μονάδα στο Greve-in-Chianti (Ιταλία). [ΤΕΕ 2006]

5.2 Τεχνολογία

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα ροής της διεργασίας αεριοποίησης ΑΣΑ.



Εικόνα 5.1 Τυπικό διάγραμμα ροής αεριοποίησης [BREDL 2009]

Αρχικά, γίνεται διαλογή των αποβλήτων και απομακρύνονται αυτά που δεν μπορούν να υποστούν αεριοποίηση. Αποθηκεύονται σε δοχεία και παρέχονται με σταθερό ρυθμό στον αεριοποιητή, όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα (1). Καθώς τα καύσιμα (απόβλητα) εισέρχονται στον αεριοποιητή, περνάνε διαδοχικά από τα στάδια της ξήρανσης, πυρόλυσης, αεριοποίησης και παραγωγής τέφρας. Ο αέρας καύσης εισάγεται στη βάση του σωρού των καυσίμων (2). Τα απόβλητα μετατρέπονται σε μη εύφλεκτη τέφρα, η οποία εναποτίθεται στη σχάρα που βρίσκεται στη βάση του αεριοποιητή, από όπου απομακρύνεται κατά διαστήματα διαμέσου ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα συνήθως καλύπτονται από μία περιστρεφόμενη πλάκα η οποία, υδραυλικά, ευθυγραμμίζεται με τα ανοίγματα.

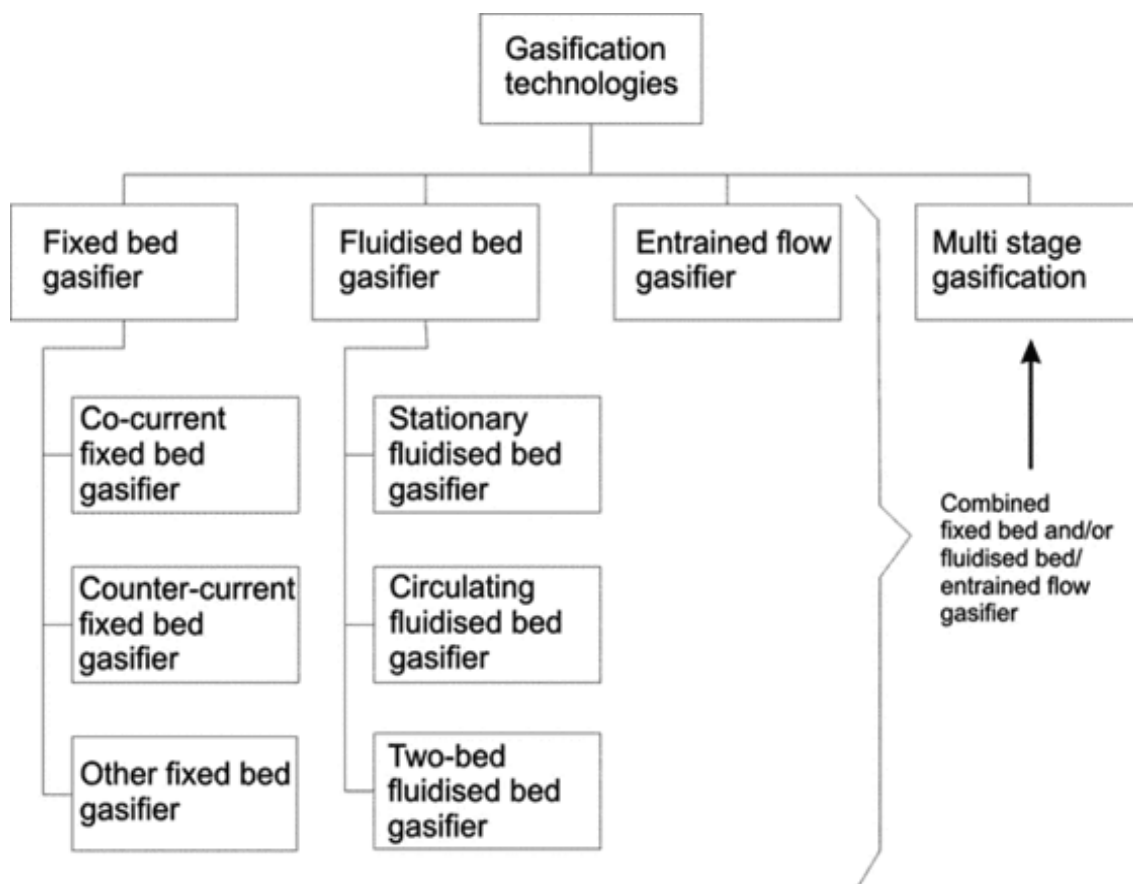


Εικόνα 5.2 Αεριοποιητής [www.nexterra.ca]

Η τέφρα πέφτει σε δοχεία και γερανός τη μεταφέρει σε κλειστά δοχεία (3). Το αέριο σύνθεσης το οποίο εξέρχεται από τον αεριοποιητή, καίγεται και τα καυσαέρια που προκύπτουν οδηγούνται στις διατάξεις ανάκτησης ενέργειας (λέβητες, ατμοστρόβιλους) (4).

5.2.1 Τύποι αεριοποιητών

Τρία είναι τα βασικά είδη αεριοποιητών που χρησιμοποιούνται, κατηγοριοποιημένοι ως προς το πως ο αντιδραστήρας έρχεται σε επαφή με τον άνθρακα και το αντιδρών αέριο. Οι κατατάξεις για αυτό το διαχωρισμό είναι σταθερής / κινούμενης κλίνης, ρευστοποιημένης κλίνης και εισερχόμενης ροής. [N.Koukouzas 2007]



Εικόνα 5.3 Επισκόπηση των διαφόρων τεχνολογιών αεριοποίησης [www.bios-bioenergy.at/en]

Στους αεριοποιητές **κινούμενης κλίνης**, οι οποίοι λειτουργούν με αντιροή, το ανθρακούχο υλικό εισάγεται από την κορυφή της κλίνης και ο αέρας ή το οξυγόνο από την βάση. Καθώς ο άνθρακας κινείται σιγά προς τα κάτω, αεριοποιείται και η εναπομένουσα στάχτη πέφτει στον πυθμένα. Λόγω της διάταξης αντιρροής, η θερμότητα της αντίδρασης από την αεριοποίηση χρησιμεύει στην προθέρμανση του ανθρακούχου υλικού πριν αυτό μπει στη ζώνη αντίδρασης

της αεριοποίησης. Συνεπώς, η θερμοκρασία του παραγόμενου αερίου στην έξοδο είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή που χρειάζεται για την ολική μετατροπή του άνθρακα.

Ο αεριοποιητής **σταθερής κλίνης** χωρίζεται:

- Σε **αεριοποιητή ανοδικού ρεύματος σταθερής κλίνης** (up draft fixed bed gasifier), ο οποίος αποτελείται από μία στερεά κλίνη που περιέχει το ανθρακούχο υλικό προς επεξεργασία, διαμέσου του οποίου με ανοδική ροή περνά το αντιδραστήριο αεριοποίησης που συνήθως είναι ατμός, οξυγόνο και/η αέρας.

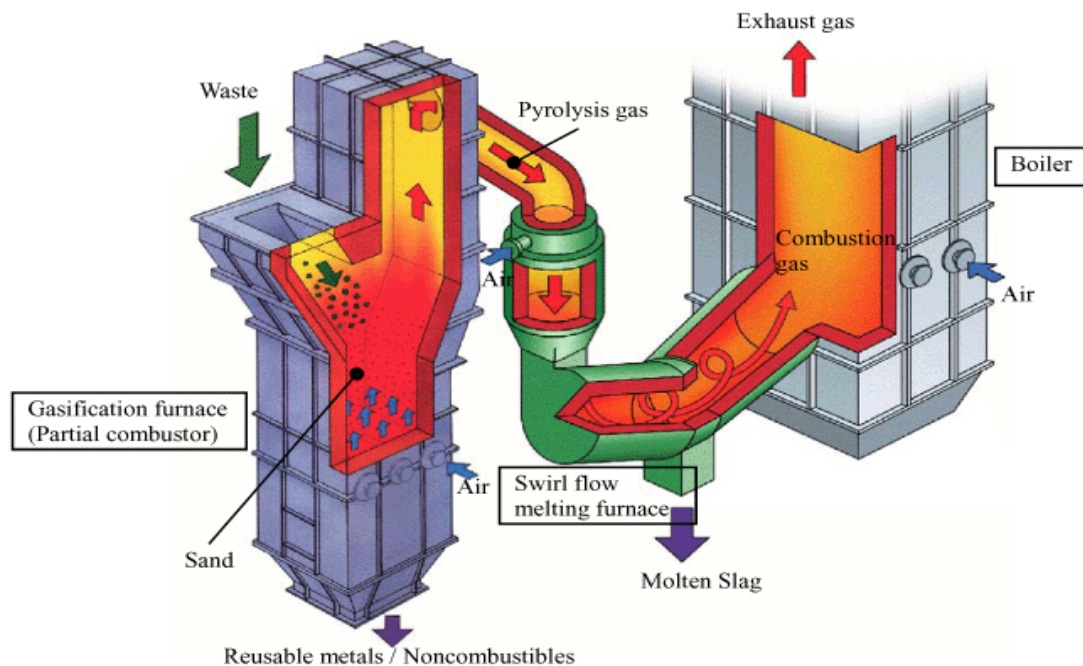
Το προς επεξεργασία υλικό θα πρέπει να έχει μικρή απομείωση και να μην σχηματίζει συσσωματώματα για να μην βουλώσει η στήλη του αεριοποιητή. Το σύστημα λειτουργεί θερμικά αυτόνομα και η θερμοκρασία του παραγόμενου αερίου στην έξοδο του αεριοποιητή είναι χαμηλή. Η απόδοση του συγκεκριμένου τύπου αεριοποιητή είναι σχετικά μικρή. Το παραγόμενο αέριο περιέχει σημαντικά ποσά μεθανίου και πίσσας στις συνήθεις θερμοκρασίες λειτουργίας και θα πρέπει να καθαριστεί πριν χρησιμοποιηθεί.

- Σε **αεριοποιητή καθοδικού ρεύματος** λειτουργεί όπως ο παραπάνω τύπος αλλά με καθοδική ροή του αντιδραστήριου αεριοποίησης (down draft fixed bed gasifier).

Στην περίπτωση αυτή απαιτείται προσθήκη θερμότητας στο πάνω μέρος της κλίνης η οποία τις περισσότερες φορές λαμβάνεται με καύση μέρους του υλικού επεξεργασίας. Το παραγόμενο αέριο έχει υψηλή θερμοκρασία και το μεγαλύτερο μέρος αυτής μεταφέρεται στην τροφοδοτούμενη στερεά φάση στην κορυφή του αεριοποιητή βοηθώντας στην θερμική αυτονομία της λειτουργίας του. Επειδή όλες οι παραγόμενες πίσσες περνούν από μια ζεστή κλίνη, τα επίπεδα συγκέντρωσής τους είναι χαμηλότερα συγκριτικά με τον προηγούμενο τύπο αεριοποιητή.

Ο δεύτερος τύπος αεριοποιητή είναι αυτός της **ρευστοποιημένης κλίνης**. Η απόδοση του συγκεκριμένου τύπου αεριοποιητή είναι υψηλότερη από εκείνη των δύο παραπάνω τύπων, θέτει όμως όρια στο μέγεθος των προς επεξεργασία σωματιδίων.[Θ.Χριστοφορίδης 2009]

Τέτοιοι αεριοποιητές χρησιμοποιούνται για επεξεργασία υλικών που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις διαβρωτικών υλικών κα βαρέων μετάλλων οι οποίες στις προηγούμενες περιπτώσεις θα κατέστρεφαν τα τοιχώματα της στερεάς κλίνης όπως οι διάφοροι τύποι βιομάζας.



Εικόνα 5.4 Αεριοποιητής ρευστοποιημένης κλίνης [www.gec.jp]

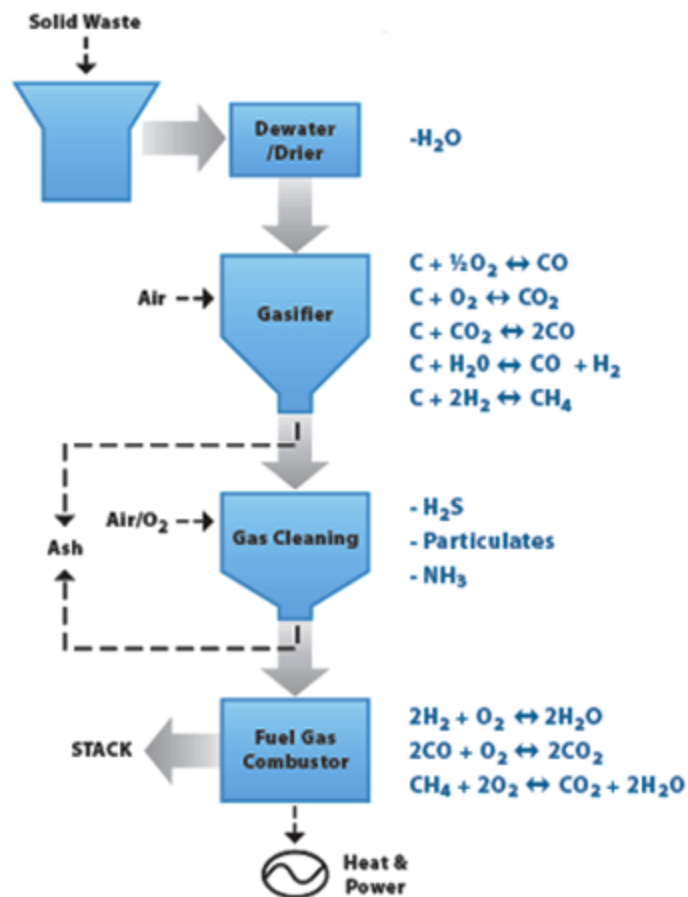
Ο τελευταίος τύπος είναι ο **αεριοποιητής παρασυρόμενης ροής** (entrained flow gasifier). Στερεά που αποτελούνται από λεπτόκοκκο υλικό ή που μπορούν να αλεστούν πριν την εισαγωγή τους στο σύστημα είναι ιδανικά για επεξεργασία με τον τύπο αυτό του αεριοποιητή στον οποίο χρησιμοποιείται σαν αντιδραστήριο αεριοποίησης το οξυγόνο και σπάνια ο αέρας. Οι αντιδράσεις αεριοποίησης πραγματοποιούνται σε ένα πυκνό σύννεφο λεπτόκοκκων σωματιδίων. Η θερμοκρασία και η πίεση λειτουργίας του συγκεκριμένου τύπου αεριοποιητή είναι υψηλότερη των άλλων τύπων με ενεργειακό κόστος βέβαια αλλά με πλεονέκτημα την απουσία της πίσσας και του μεθανίου από το παραγόμενο αέριο.

Τύποι αεριοποιητών	σταθερής/ κινούμενης κλίνης	ρευστοποιημένης κλίνης	παρασυρόμενης ροής
Μέγεθος καυσίμου	5-50mm	0,5-5mm	<500mm
Χρόνος παραμονής	60-120 λεπτά	20-30 λεπτά	1-10 δευτ/πτα
Οξειδωτικό	Αέρας ή O ₂	Αέρας ή O ₂	Σχεδόν πάντα O ₂
Θερμοκρασία	400-500°C	700-900°C	900-1400°C

Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά αεριοποιητών [Θ.Χριστοφορίδης 2009]

5.2.2 Αντιδράσεις αεριοποίησης

Οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία της αεριοποίησης είναι η οξείδωση (εξώθερμη), η αντίδραση Boudouard [$C + CO_2 \rightarrow 2CO$] (ενδόθερμη), η αντίδραση εξάτμισης του νερού (ενδόθερμη) και η αντίδραση σχηματισμού μεθανίου (εξώθερμη).



Εικόνα 5.5 Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο της αεριοποίησης [w2es.com]

5.2.3 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η αεριοποίηση, λόγω της χρήσης μηδενικών ή έστω ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου αέρα, παράγει μικρότερες ποσότητες απαερίων, σημαντικό, όμως, είναι το γεγονός ότι ένας μεγάλος αριθμός ρύπων (π.χ. θείο, βαρέα μέταλλα, κα.) παραμένει στην παραγόμενη τέφρα, χωρίς να μεταφέρεται στην αέρια φάση και να επιβαρύνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το παραγόμενο αέριο χρησιμοποιείται περαιτέρω ως καύσιμο, πολλές φορές περιορίζει τον αριθμό και το είδος των αναγκαίων τεχνολογιών αντιρρύπανσης.

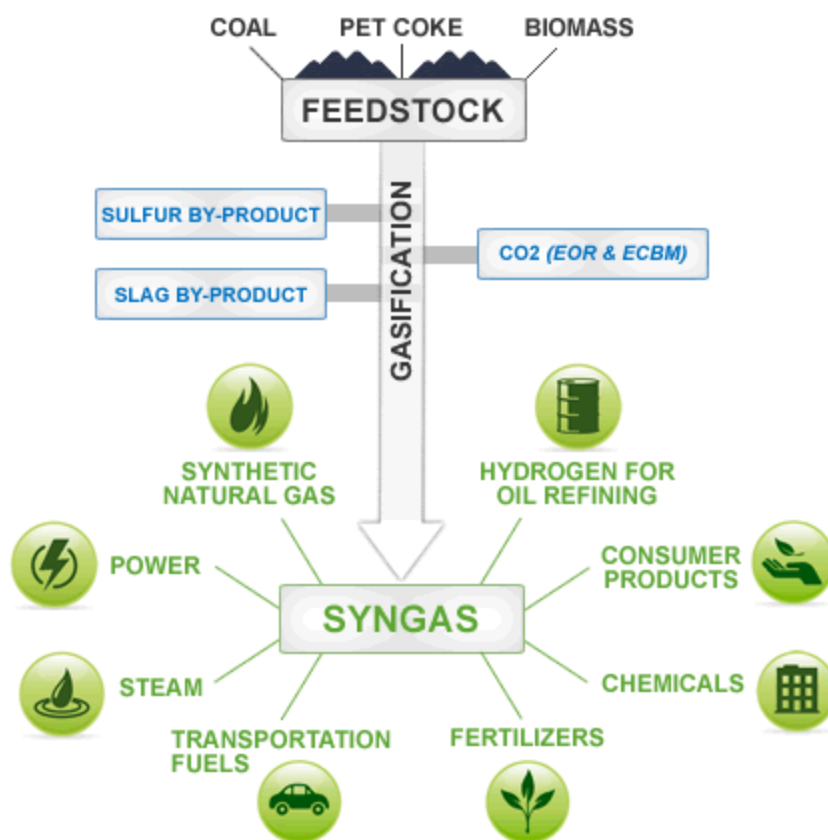
5.3 Προϊόντα αεριοποίησης

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης συνοψίζονται στα εξής:

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

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

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



Εικόνα 5.6 Χρήσεις του αερίου σύνθεσης – syngas [zeep.com]

Η ακριβής σύσταση του αερίου σύνθεσης εξαρτάται από το είδος του μέσου αεριοποίησης. Στην περίπτωση που υπάρχει τροφοδοσία με αέρα, λόγω της παρουσίας του ατμοσφαιρικού αζώτου, η θερμογόνος δύναμη του αερίου προϊόντος είναι χαμηλή και κυμαίνεται γύρω στα 0,35 MJ/m³. Η δε τυπική σύστασή του είναι η εξής: 10% CO₂, 20% CO, 15% H₂, 2% CH₄, 53% N₂. Στην περίπτωση που η τροφοδοσία αποτελείται από καθαρό οξυγόνο, το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου προϊόντος αυξάνεται στα 10 έως 15 MJ/Nm³. Η δε τυπική σύστασή του είναι η ακόλουθη 14% CO₂, 50% CO, 30% H₂, 4% CH₄, 1% C_xH_y, 53% N₂. Συγκριτικά, αναφέρεται ότι η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου είναι περίπου 39 MJ/Nm³. [ΤΕΕ 2010]

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

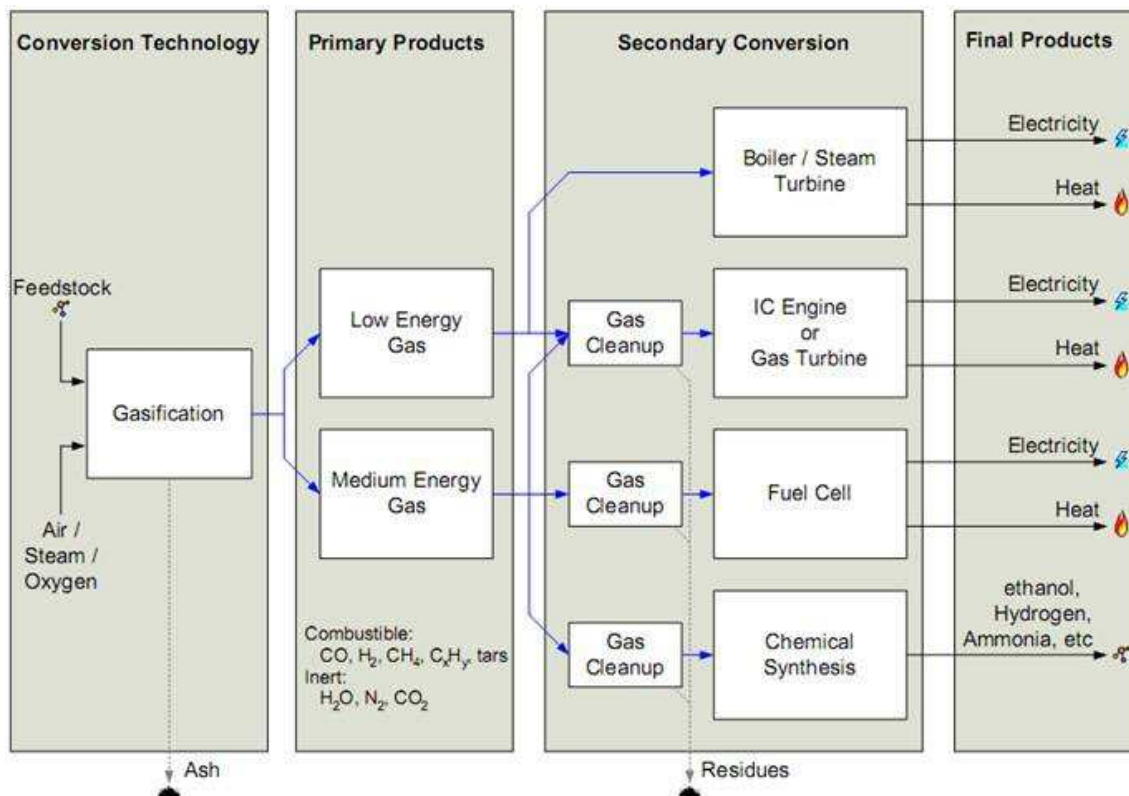
Στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την αεριοποίηση, απελευθερώνονται τοξικά μέταλλα, συμπεριλαμβανομένου του καδμίου και του υδραργύρου, όξινα αέρια, όπως το υδροχλωρικό οξύ και οξείδια του αζώτου, που σχηματίζουν το όζον και επίσης, διοξίνες και φουράνια σχηματίζονται κατά την ψύξη, τα οποία είναι επικίνδυνα σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα.

5.4 Ενεργειακή αξιοποίηση προϊόντων

Το παραγόμενο αέριο μπορεί να αξιοποιηθεί κατά διάφορους τρόπους, οι βασικότεροι των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Καύση για παραγωγή ατμού. Το πλεονέκτημα που παρουσιάζεται, έναντι της αποτέφρωσης, είναι ότι τα αέρια καθαρίζονται πριν την καύση, δίνοντας έτσι την δυνατότητα λειτουργίας του ατμολέβητα σε υψηλότερες πιέσεις και του υπερθερμαντήρα του ατμού σε υψηλότερες θερμοκρασίες, ώστε να επιτυγχάνονται και βελτιωμένες αποδόσεις σε ηλεκτρική ενέργεια, που μπορούν να πλησιάσουν το 30%.
- Τροφοδοσία μηχανής εσωτερικής καύσης που κινεί ηλεκτρογεννήτρια. Η απόδοση σε ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να ξεπεράσει το 40%, αλλά προϋποθέτει πολύ καλό καθαρισμό των αερίων πριν την τροφοδοσία της μηχανής.
- Κίνηση αεριοστροβίλου και ατμοπαραγωγή σε συνδυασμένο κύκλο. Και η μέθοδος αυτή, που προϋποθέτει επίσης πολύ καλό καθαρισμό των αερίων πριν την τροφοδοσία, μπορεί να οδηγήσει σε αποδόσεις της τάξης του 40% σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Διοχέτευση στο δίκτυο αερίου πόλης. Απαραίτητη προϋπόθεση ο καλός καθαρισμός και η σταθερή ποιότητα.

- Παροχή του αερίου σε βιομηχανία, όπως τσιμεντοβιομηχανία για απ' ευθείας καύση σε εστία. Στην περίπτωση αυτή μειώνονται πολύ σημαντικά οι απαιτήσεις καθαρισμού
- Παροχή του αερίου σε βιομηχανία όπου χρησιμοποιείται για ατμοπαραγωγή. Οι απαιτήσεις καθαρισμού είναι συνάρτηση των συνθηκών λειτουργίας του ατμολέβητα.



Εικόνα 5.7 Τυπικό διάγραμμα ροής αεριοποίησης ΑΣΑ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Θ.Χριστοφορίδης, “Αριθμητική διερεύνηση καύσης υδρογόνου και αερίου σύνθεσης για εφαρμογές σε συστήματα καύσης και μετατροπής ενέργειας”, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Τμήμα Μηχ.Μηχ, Αθήνα 2009.

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας,“Αξιοποίηση Αστικών Στερεών αποβλήτων από την ενεργειακή σκοπιά και οι προοπτικές εφαρμογής στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας”, Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2010

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας,“Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων στην Ελλάδα/ Η περίπτωση της Αττικής”, Αθήνα, Νοέμβριος 2006

Ajay K. Dalai, “Gasification of refuse derived fuel in a fixed bed reactor for syngas production”, Department of Chemical Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, February 2008

BREDL (Blue Ridge Environmental Defense League), “Waste gasification impacts on the environment and public health”, Technical Report, February 2009

Keith K.H. Choy, “Process design and feasibility study for small scale MSW gasification”, Department of Chemical Engineering, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong , China, September 2003

Maoyun He, “Hydrogen-rich gas from catalytic steam gasification of municipal solid waste (MSW): Influence of catalyst and temperature on yield and product composition”, School of Environmental Science & Engineering, Huazhong University of Science and Technology, China, August 2008

N.Koukouzas et al, “Co-gasification of solid waste and lignite – A case study for Western Macedonia”, Centre for Research and Technology Hellas (CERTH)/Institute for Solid Fuels Technology and Applications (ISFTA),Ptolemais, Greece, April 2007

XIAO Gang et al, “Experimental study on MSW gasification and melting technology”, School of Energy and Environment, Southeast University, Nanjing, China, January 2007

**ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

6.1 Εισαγωγή

6.2 Τεχνολογία

6.2.1 Πυρσοί πλάσματος

6.2.2 Ξήρανση τροφοδοσίας

6.2.3 Συστήματα καθαρισμού

6.2.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

6.3 Προϊόντα Αεριοποίησης Πλάσματος

6.4 Ενεργειακή Αξιοποίηση Προϊόντων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6. ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

6.1 Εισαγωγή

Το πλάσμα αναφέρεται ως η τέταρτη φάση της ύλης και δημιουργείται, συνήθως, με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε δύο αντίθετα φορτισμένους πόλους-ηλεκτρόδια. Τα μόρια του αερίου μέσου μεταξύ των πόλων διασπώνται σε ελεύθερα άτομα και αυτά σε αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και θετικά φορτισμένα ιόντα, ως αποτέλεσμα των πολύ υψηλών θερμοκρασιών (>10.000°C) που αναπτύσσονται. Η κατάσταση αυτή του θερμού ιονισμένου αερίου ονομάζεται πλάσμα.

Με την αεριοποίηση του πλάσματος γίνεται επεξεργασία των στερεών αποβλήτων προς παραγωγή αερίου σύνθεσης (καύσιμο αέριο) και αδρανούς υαλώδους στερεού υπολείμματος. Το πρώτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αερίου για ενεργειακή εκμετάλλευση και το δεύτερο, έχοντας σημαντικά πολύ μικρότερο όγκο από τον αρχικό, είτε χρησιμοποιείται ως οικοδομικό υλικό επικάλυψης είτε εναποτίθεται σε ΧΥΤΑ.

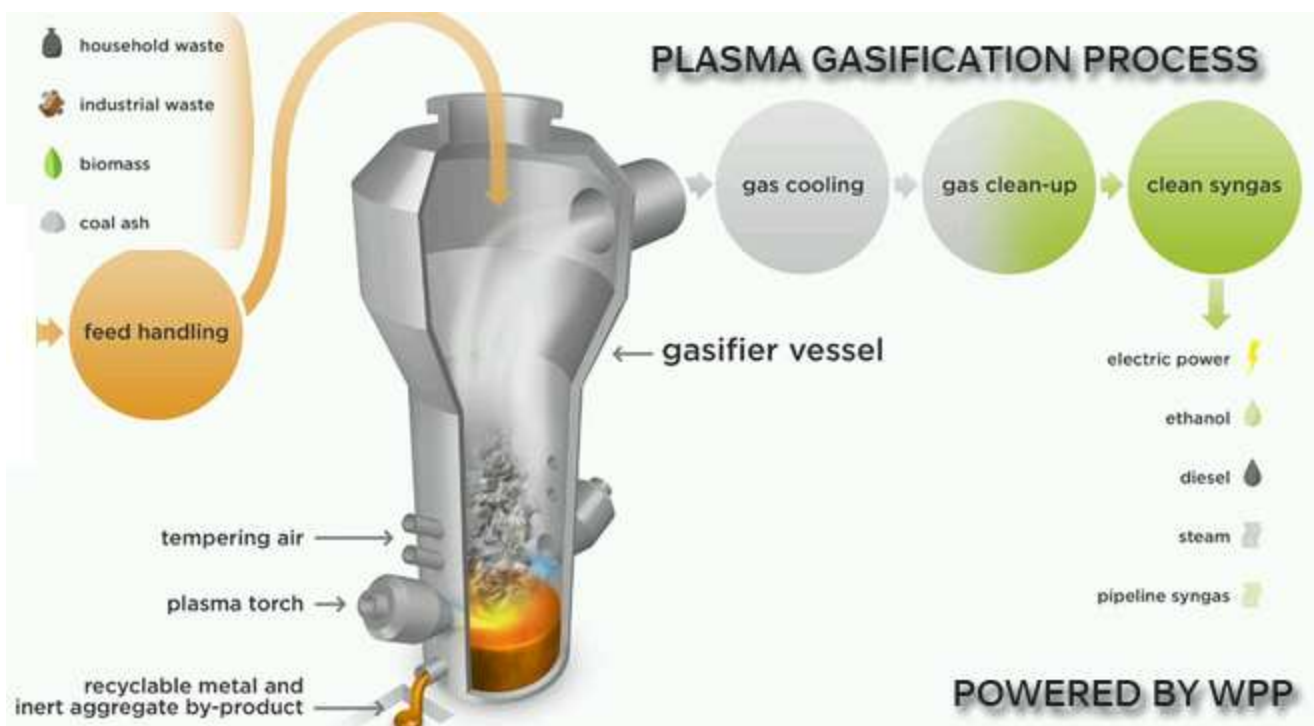
Η τεχνολογία αυτή είναι κατάλληλη για την επεξεργασία μιας μεγάλης ποικιλίας αποβλήτων που έχουν υψηλό ποσοστό ανόργανων συστατικών και χαμηλή θερμιδική αξία, γεγονός που οφείλεται στο ότι ένα μεγάλο ποσοστό της απαιτούμενης θερμότητας δίνεται από το πλάσμα και όχι από την οξείδωση των αποβλήτων. Η χρήση της, ωστόσο, βρίσκεται σε πιλοτικό στάδιο κυρίως γιατί το κόστος εφαρμογής της μεθόδου και το κόστος λειτουργίας μιας μονάδας πλάσματος είναι πολύ υψηλό, το τόξο του πλάσματος επιτρέπει το λιώσιμο μικρών μόνο ποσοτήτων αποβλήτων και δεν υπάρχει η κατάλληλη εμπειρία σε μεγάλη χρονική κλίμακα καθώς έχει εφαρμοσθεί μέχρι σήμερα κυρίως σε ειδικά απόβλητα (ραδιενεργά απόβλητα, στερεά απόβλητα μονάδων καύσης) και όχι σε ΑΣΑ. Όμως, θετικό κρίνεται το ότι για την εγκατάσταση μιας μονάδας αεριοποίησης πλάσματος απαιτείται μικρός χώρος, κατά τη διεργασία παράγονται λιγότερα καυσαέρια και ρυπογόνες ουσίες και τέλος, η μέθοδος εξελίσσεται σε ένα στάδιο, περιορίζοντας, έτσι, την πολυπλοκότητά της. [Μουντούρης Α., 2007]

6.2 Τεχνολογία

Η διεργασία αποτελείται από τα εξής βήματα: [Νικολάου Α. 2010]

- Ξήρανση τροφοδοσίας με άμεση επαφή θερμού αέρα, εξερχόμενου από τον αντιδραστήρα και απορριμμάτων.
- Είσοδος ξηρής τροφοδοσίας στον αεριοποιητή πλάσματος από την κορυφή μέσω συστήματος αεροστεγούς τροφοδότησης. Συνήθως υπάρχει και δευτερεύον στάδιο αεριοποίησης πλάσματος.

- Αεριοποίηση και υαλοποίηση στην κάμινο, έξοδος του αερίου σύνθεσης από την κορυφή του αντιδραστήρα και του τηγμένου ανόργανου υλικού από τον πυθμένα.
- Είσοδος αερίου σύνθεσης σε κυκλώνα κατακράτησης στερεών σωματιδίων, μετά σε εναλλάκτη θερμότητας για ψύξη και έπειτα, από θάλαμο ψεκασμού με νερό και από τη διάταξη venturi.
- Είσοδος σε σύστημα απομάκρυνσης μικρομερών σωματιδίων που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα.
- Μετάβαση σε πύργο με πληρωτικό υλικό σε αντιροή με διάλυμα NaOH για απομάκρυνση των όξινων αερίων και έπειτα σε στήλη με δίσκους για την απομάκρυνση του υδρόθειου.
- Ενεργειακή αξιοποίηση – παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

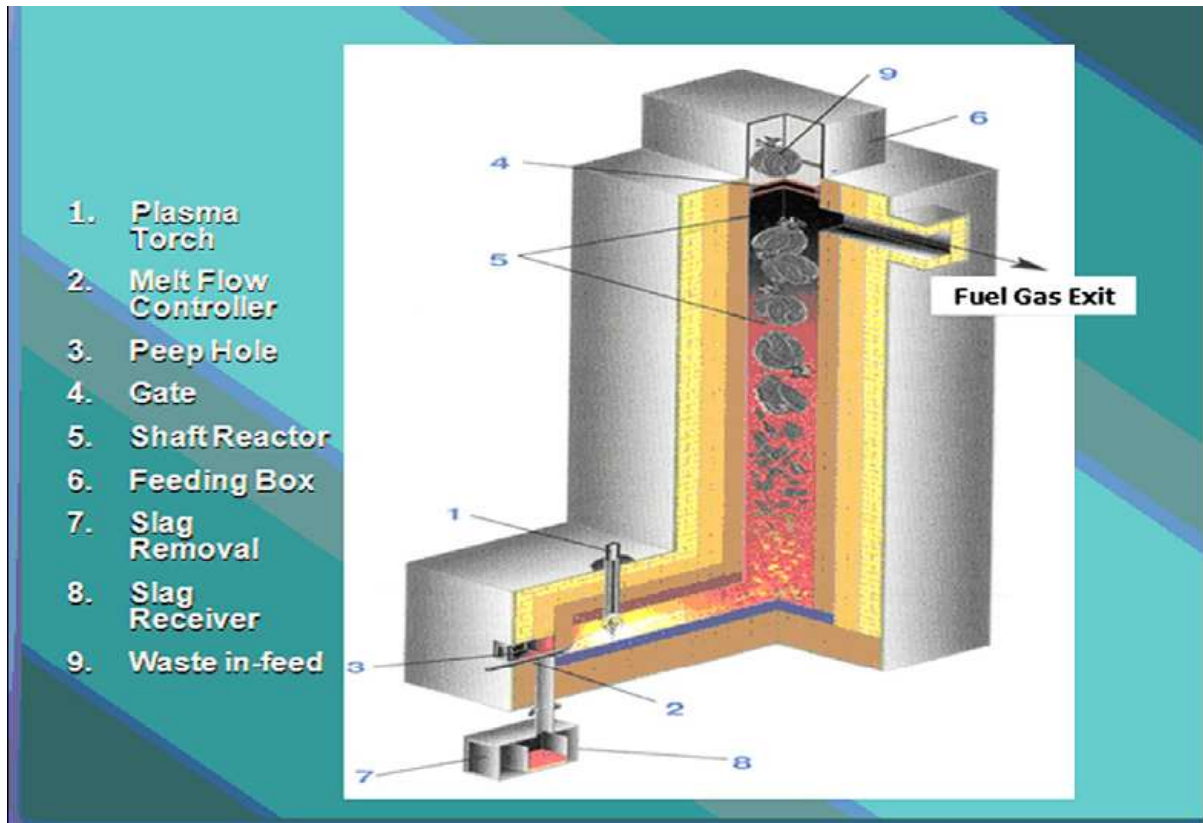


Εικόνα 6.1 Διεργασία Αεριοποίησης Πλάσματος [wppenergy.com]

Για αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται δύο τύποι αντιδραστήρα, ο αεριοποιητής κινούμενης κλίνης και ρευστοποιημένης κλίνης. Ο πρώτος χρησιμοποιείται ευρέως και λειτουργεί κατά αντιροή και ομοροή, ανάλογα από το που μπαίνει το αέριο μέσω αεριοποίησης, όπως αναλύεται στο προηγούμενο κεφάλαιο (Αεριοποίηση).

6.2.1 Πυρσοί πλάσματος

Οι πυρσοί πλάσματος είναι συσκευές που μεταδίδουν ηλεκτρικό ρεύμα σε αέριο μέσο, μέσω ηλεκτρικών εκκενώσεων που οφείλονται στη διαφορά δυναμικού δύο ηλεκτροδίων ανόδου - καθόδου. Έτσι, δημιουργείται τόξο πλάσματος (plasma – arc) και μετατρέπεται το αέριο σε πλάσμα.



Εικόνα Τυπικό σχήμα Αεριοποιητή Πλάσματος [Qinglin Zhang 2010]

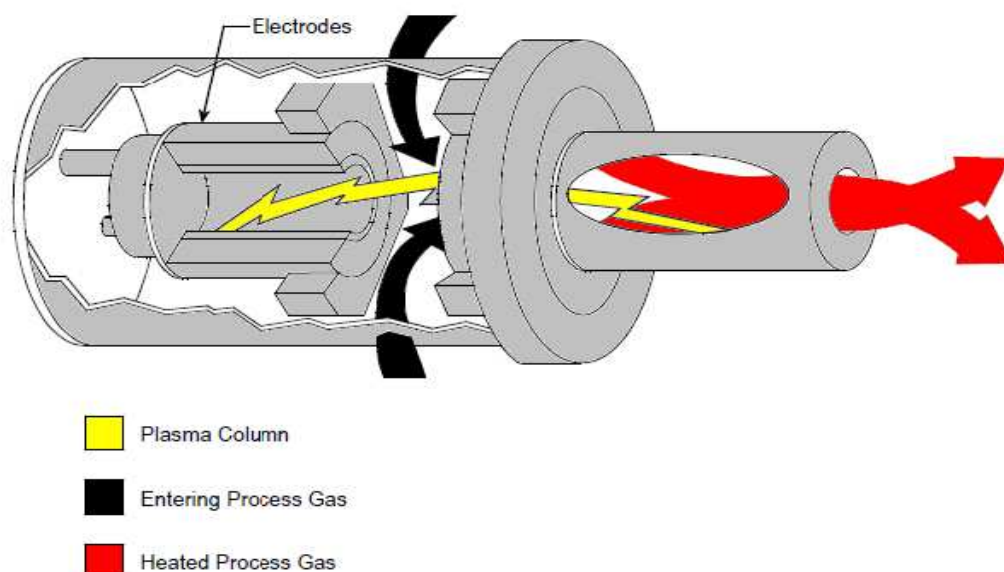
Με βάση τη διάταξη των ηλεκτροδίων, χωρίζονται σε πυρσούς μεταβίβασης και μη μεταβίβασης.

➤ Μεταβίβασης

Αναπτύσσεται διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο εσωτερικά του πυρσού και σε κάποιο άλλο αγώγιμο υλικό εκτός πυρσού, το οποίο βρίσκεται είτε στα τοιχώματα του αντιδραστήρα πλάσματος εκ κατασκευής είτε υπάρχει αυτούσιο στα απορρίμματα που τροφοδοτούνται. Το τόξο πλάσματος δημιουργείται εντός του αντιδραστήρα και το αέριο που υπάρχει ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, το οποίο μπορεί να είναι αέρας (προτιμάται λόγω χαμηλού κόστους), καθαρό O_2 , He, Ar κ.ά., περνάει στη φάση του πλάσματος.

➤ Μη μεταβίβασης

Το τόξο πλάσματος δημιουργείται εντός του πυρσού αφού τα ηλεκτρόδια βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Το αέριο εισέρχεται στον πυρσό μέσω θαλάμου εισαγωγής, όπου βρίσκονται δύο κυλινδρικά ηλεκτρόδια, ανάμεσα στα οποία πραγματοποιούνται εκκενώσεις. Το αέριο μέσο διέρχεται μέσα από το ηλεκτρικό πεδίο και γίνεται πλάσμα εντός του πυρσού και έπειτα εισέρχεται στον αντιδραστήρα. Τα ηλεκτρόδια ψύχονται με νερό που κινείται στα εξωτερικά τοιχώματα του πυρσού και για αυτόν το λόγο, σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν ενεργειακές απώλειες και δεν γίνεται 100% μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος σε χρήσιμη θερμική ενέργεια, με απόδοση που κυμαίνεται από 75 ως 95%.



Εικόνα 6.3 Αρχή Λειτουργίας Πυρσού Πλάσματος μη μεταβίβασης [www.alternrg.ca]

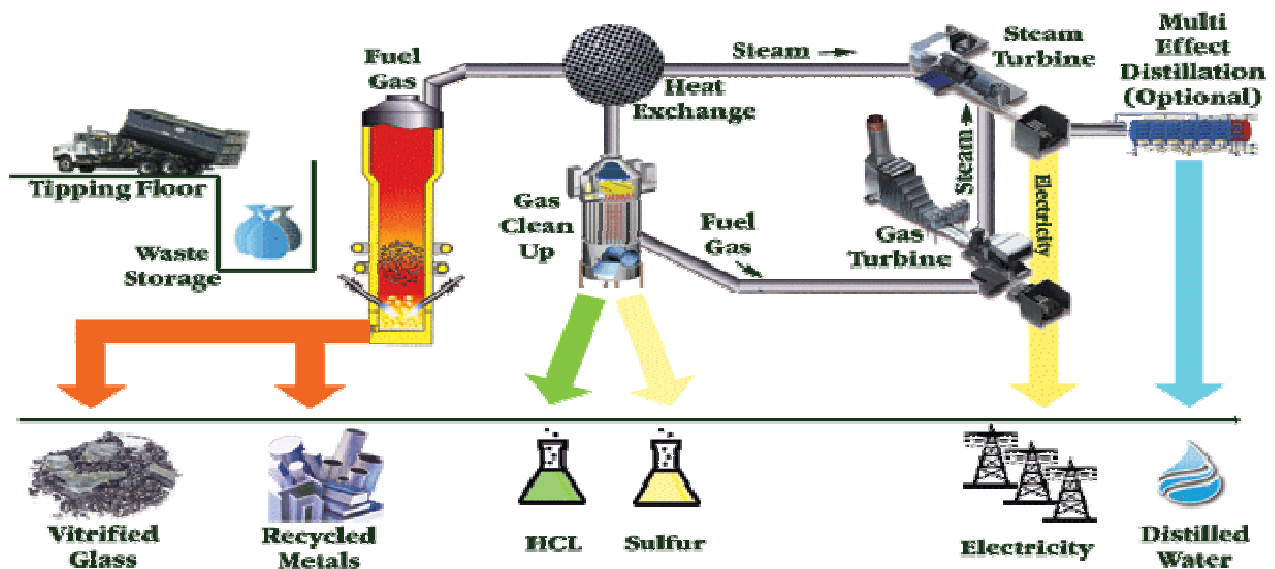
Για άριστη μετατροπή του άνθρακα απαιτείται χρήση και των δύο τύπων πυρσού ωστόσο, αναλόγως την εφαρμογή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ο ένας είτε ο άλλος μόνο. Στον πυρσό μεταβίβασης, το ηλεκτρόδιο γραφίτη που χρησιμοποιείται πρέπει να αντικαθίσταται καθώς καταναλώνεται λόγω του χημικού περιβάλλοντος του αντιδραστήρα ενώ του άλλου τύπου, λόγω τοποθέτησης εκτός αντιδραστήρα, δεν έχει υψηλές απαιτήσεις συντήρησης.

6.2.2 Ξήρανση τροφοδοσίας

Το ρεύμα τροφοδοσίας απορριμμάτων εισέρχεται σε ξηραντήρα πριν μπει στον αντιδραστήρα και υπάρχουν δύο διαδεδομένοι τύποι: ο μεταφορικής ταινίας και ο περιστροφικός, ο οποίος προτιμάται λόγω των υψηλότερων συντελεστών μεταφοράς θερμότητας. Για την ξήρανση χρησιμοποιείται ατμοσφαιρικός αέρας ο οποίος θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία από εναλλάκτη που βρίσκεται στην έξοδο του αντιδραστήρα. Συνεπώς, η παροχή και η θερμοκρασία του αερίου σύνθεσης επηρεάζει άμεσα την παροχή και θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης, η οποία πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες από 30 ως 180°C.

6.2.3 Συστήματα καθαρισμού

Μέσω των συστημάτων καθαρισμού, αφαιρούνται σωματίδια και ανεπιθύμητες ουσίες και έτσι, επιτυγχάνεται η ασφαλής καύση του αερίου σύνθεσης ως προς την προστασία τόσο του περιβάλλοντος όσο και των συστημάτων παραγωγής ενέργειας που απαιτούν καύσιμο αέριο υψηλής καθαρότητας. Η πορεία που ακολουθεί το αέριο σύνθεσης είναι η εξής: κυκλώνας κατακράτησης σωματιδίων, θάλαμος ψεκασμού με νερό ώστε να ψυχθεί απότομα και να αποφευχθεί ο επανασχηματισμός των επικίνδυνων μορίων, θάλαμος venturi, ηλεκτροστατικός διαχωριστής και τέλος, πύργος επαφής για απομάκρυνση όξινων αερίων και πύργος απορρόφησης υδροθείου.



Εικόνα 6.4 Τυπική μονάδα αεριοποίησης πλάσματος

6.2.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών και του αναγωγικού περιβάλλοντος που επικρατεί, αποφεύγεται η δημιουργία διοξινών, φουρανίων και άλλων τοξικών ενώσεων χλωρίου στα καυσαέρια ενώ λόγω της περιορισμένης ποσότητας οξυγόνου κατά τη διεργασία, δεν απαιτείται μεγάλων διαστάσεων σύστημα καθαρισμού. Το στερεό υπόλειμμα είναι χημικά σταθερό και τα επίπεδα των τοξικών στοιχείων είναι πολύ πιο κάτω από τα επιτρεπτά όρια.

6.3 Προϊόντα Αεριοποίησης Πλάσματος

- Αέριο σύνθεση

Προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών του εισερχόμενου ρεύματος, η σύσταση και το ενεργειακό περιεχόμενο του οποίου εξαρτώνται άμεσα από το είδος και το οργανικό περιεχόμενο των προς επεξεργασία αποβλήτων.

- Αδρανές υλικό υαλώδους μορφής

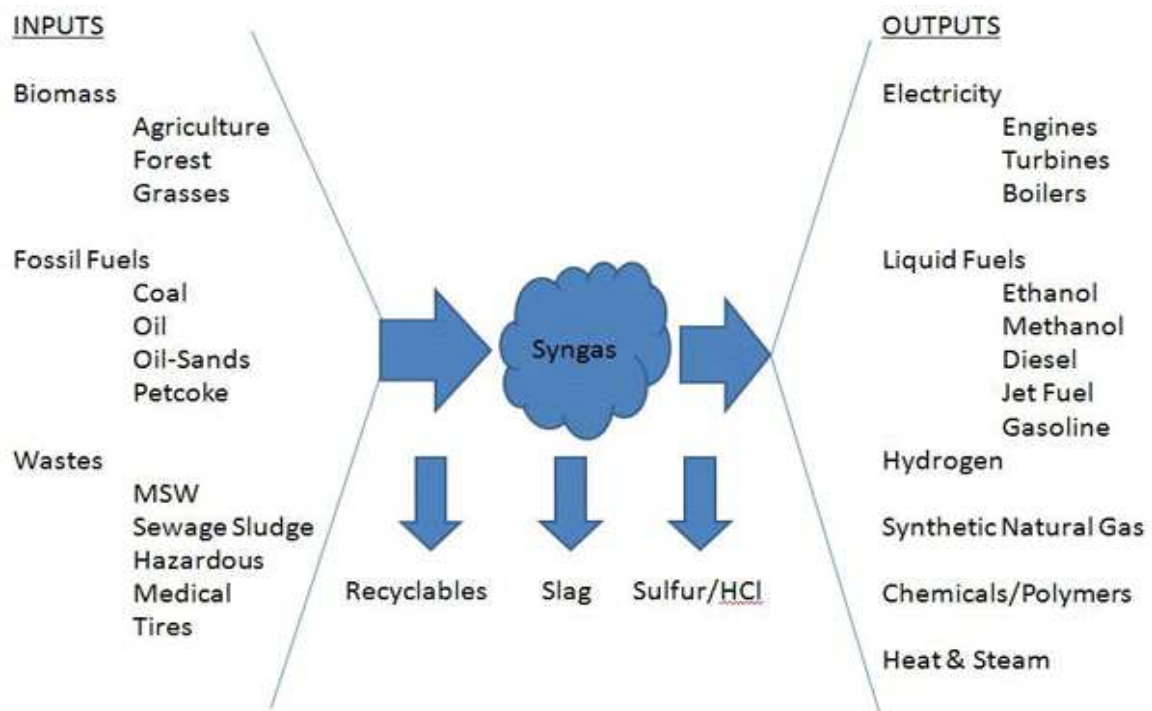
Δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων, είναι ομογενές και χρησιμοποιείται ως κατασκευαστικό υλικό, π.χ. σε κατασκευή δρόμων, τούβλων και πλακιδίων κλπ)

- Καυσαέρια:

Διαχέονται στην ατμόσφαιρα και όσον αφορά τα ανώτατα όρια εκπομπών, ισχύει ό,τι και για τις άλλες μεθόδους.

- Υγρά απόβλητα

Προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων και ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύστασή τους, είναι δυνατό να απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας τους ώστε η τελική διάθεσή τους να είναι ασφαλής.



Εικόνα 6.5 Εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα κατά την αεριοποίηση πλάσματος [www.waste-management-world.com]

6.4 Ενεργειακή Αξιοποίηση Προϊόντων

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αερίου σύνθεσης (καθαρότητα, θερμογόνος δύναμη, ποσότητα) επιλέγεται και το σχετικό σύστημα ανάκτησης ενέργειας, το οποίο μπορεί να βασιστεί σε ένα κύκλο ατμού, σε ένα κύκλο αεριοστρόβιλου ή σε μία μηχανή αερίου και ακόμα, μπορεί να είναι μια μονάδα παραγωγής μιας καύσιμης χημικής ουσίας, όπως, υδρογόνο ή μεθανόλη. [Wender I. 1996]

Στα συστήματα αυτά οδηγείται το καθαρό αέριο σύνθεσης το οποίο καίγεται σε λέβητα. Έτσι, παράγεται ατμός που χρησιμοποιείται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ θερμική ενέργεια ανακτάται από τα θερμά ρεύματα. Κατά τη διεργασία, τα απόβλητα αξιοποιούνται ενεργειακά σε πολύ μεγάλο βαθμό αφού γίνεται εκμετάλλευση και της θερμογόνου δύναμής τους αλλά και της λανθάνουσας θερμότητας του αερίου σύνθεσης και των τελικών καυσαερίων. Ένα μέρος αυτής καταναλώνεται στον αντιδραστήρα για την διεργασία αεριοποίησης - υαλοποίησης ή και στην ξήρανση της τροφοδοσίας ενώ το υπόλοιπο πωλείται στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Για ένα σύστημα επεξεργασίας περίπου 200tn/ημέρα και ανάλογα με το οργανικό κλάσμα και την περιεχόμενη υγρασία των αστικών αποβλήτων προς επεξεργασία, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια της τάξεως των 2-3MW. Όσο πιο μεγάλο το οργανικό κλάσμα, τόσο μεγαλύτερη και η ενεργειακή απόδοση της μεθόδου. [Μουντούρης 2007]

Το σύστημα που προσφέρει τις υψηλότερες ενεργειακές αποδόσεις, απαιτεί όμως αέριο σύνθεσης καλής ποιότητας και σε μεγάλες ποσότητες, είναι το συνδυασμένο κύκλο αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου, το οποίο αποδεικνύεται αποδοτικότερο με ανάμειξη με φυσικό αέριο ή μεθάνιο. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης μπορούν να λειτουργούν με πολύ χαμηλές τιμές θερμογόνου δύναμης του καυσίμου και είναι πιο δεκτικές στην παρουσία ρυπαντών καθώς τα μηχανικά τους μέρη δεν είναι τόσο ευαίσθητα. Ωστόσο προτιμάται το απλό κύκλο ατμού όπου το αέριο σύνθεσης καίγεται σε λέβητα όπου και γίνεται η παραγωγή ατμού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοστρόβιλο. Σε αυτή την περίπτωση, ο λέβητας προηγείται των συστημάτων καθαρισμού και το αέριο σύνθεσης καίγεται με το ρυπαντικό φορτίο που περιέχει και καθαρίζονται τα τελικά καυσαέρια πριν εξέλθουν στην ατμόσφαιρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μουντούρης Α., “Θερμοδυναμική προσομοίωση της αεριοποίησης πλάσματος για τη διαχείριση αποβλήτων”, Διδακτορική διατριβή, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Αθήνα, Απρίλιος 2007
- Νικολάου Α., «Θερμοδυναμική Προσομοίωση και Τεχνικοοικονομική Μελέτη της Αεριοποίησης Πλάσματος για την Επεξεργασία Στερεών Αστικών Απορριμμάτων», Διπλωματική εργασία, Σχολή Χημ. Μηχ., ΕΜΠ, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- Bert Lemmens, “Assessment of plasma gasification of high caloric waste streams”, VITO, Belgium, July 2006.
- G. Galeno, “From waste to electricity through integrated plasma gasification/fuel cell (IPGFC) system”, Department of Industrial Engineering, University of Cassino, Italy, August 2010
- Minutillo M., “Modelling and performance analysis of an integrated plasma gasification combined cycle (IPGCC) power plant”, Department of Industrial Engineering, University of Cassino, Cassino, Italy, October 2008
- Moustakas K., “Demonstration plasma gasification/vitrification system for effective hazardous waste treatment”, National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Unit of Environmental Science and Technology, Athens, Greece, December 2004
- Wender I., “Reactions of synthesis gas, Fuel Processing Technology”, 1996
- Youngchul Byun, “Hydrogen recovery from the thermal plasma gasification of solid waste”, School of Environmental Science and Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Republic of Korea, November 2010
- Qinglin Zhang, “Gasification of municipal solid waste in the Plasma Gasification Melting process”, Environmental Energy Resources Ltd, Israel, September 2010

**ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΣΑ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

7. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΣΑ

- 7.1 Κριτήρια Αποτίμησης
- 7.2 Οικονομικά Κριτήρια
 - 7.2.1 Gate fees
 - 7.2.2 Επενδυτικό και λειτουργικό κόστος
 - 7.2.3 Οικονομική Αποτίμηση
- 7.3 Περιβαλλοντικά Κριτήρια
 - 7.3.1 Περιβαλλοντική Αποτίμηση
- 7.4 Τεχνικά κριτήρια
 - 7.4.1 Τεχνική Αποτίμηση
- 7.5 Κοινωνικά – Θεσμικά κριτήρια
 - 7.5.1 Κοινωνική – Θεσμική Αποτίμηση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΣΑ

7.1 Κριτήρια Αποτίμησης

Η καταλληλότητα των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ως πρωταρχική επιλογή για την διαχείριση ΑΣΑ σε μία χώρα εξαρτάται από πολλές παραμέτρους διαφορετικής φύσεως. Τα πιο βασικά κριτήρια έχουν ομαδοποιηθεί όπως φαίνεται παρακάτω: [ΕΕΔΣΑ]

- **Οικονομικά κριτήρια:** Γενικά, αφορούν το κόστος επένδυσης και το λειτουργικό κόστος. Το τελικό κόστος επεξεργασίας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τους εξής παράγοντες:
 - τη δυναμικότητα και το βαθμό απόδοσης της μονάδας.
 - τη σύσταση και την αναγκαία επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων.
 - τις γενικότερες οικονομικές παραμέτρους (κόστος γης, εργατικό κόστος, κόστος πρώτων υλών, κτλ).
 - τις επενδυτικές δαπάνες για τις υποδομές, το κόστος συλλογής, μεταφοράς, προεπεξεργασίας, επεξεργασίας και ελέγχου περιβαλλοντικής μόλυνσης καθώς και της μεταφοράς των προϊόντων και των υπολειμμάτων.
 - τα έσοδα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής και θερμικής) και τη δυνατότητα ανάκτησης και πώλησης υλικών.
 - τους περιορισμούς και στόχους, που θέτει η εκάστοτε ισχύουσα νομοθεσία.[ΤΕΕ]

- **Περιβαλλοντικά κριτήρια:** Συμπεριλαμβάνονται τα επίπεδα παραγωγής αερίων ρύπων, υγρών αποβλήτων, στερεών υπολειμμάτων, οι δυνατότητες και συνθήκες δέσμευσης ή συλλογής αυτών, οι εκπομπές από την τροφοδοσία των απορριμμάτων λόγω της απόστασης από την πόλη, η δυνατότητα χρήσης των προϊόντων (ενέργεια και τα υποπροϊόντα). Επιπλέον, αφορούν και την ηχορύπανση, την αισθητική όχληση και το επίπεδο ασφάλειας προς αποφυγήν ατυχήματος.

- **Τεχνικά κριτήρια:** Αφορούν το σχέδιο ανάπτυξης της υπό μελέτη περιοχής και τα σχετικά σχέδια διαχείρισης των αποβλήτων, την ίδια την περιοχή και τις δυνατότητες επενδύσεων, την υπάρχουσα υποδομή, την απόσταση από τα κέντρα πόλεων, τη δυνατότητα ομαλής και απλής λειτουργίας της μονάδας, την ευκολία στη συντήρησή της καθώς και την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής αυτής, συνυπολογίζοντας την αντοχή στο χρόνο και τις

φυσικές φθορές που μπορεί να υποστεί. Λαμβάνεται, επίσης, υπόψη και η απαίτηση σε προσωπικό και η εξειδίκευση αυτού.

- **Κοινωνικά - Θεσμικά κριτήρια:** Πρόκειται για την κοινωνική αποδοχή και την πιθανότητα εμφάνισης κοινωνικών συγκρούσεων λόγω των κατοίκων της υπό μελέτη περιοχής, οι ευρύτερες πολιτικές συνθήκες καθώς και η συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο.

7.2 Οικονομικά Κριτήρια

7.2.1 Gate fees [Eunomia 2001]

Τα στοιχεία για το κόστος διαφόρων τεχνολογιών διαχείρισης ΑΣΑ, τυπικά, δεν είναι διαθέσιμα για όλες τις παραμέτρους. Για το λόγο αυτό, οι περισσότερες μελέτες που έγιναν για λογαριασμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναζητούν τις εκτιμήσεις των τελών πύλης (gate fees), τα οποία αντιπροσωπεύουν τη μονάδα (συνήθως ανά τόνο) πληρωμής από την τοπική αρχή στον πάροχο υπηρεσιών διαχείρισης των ΑΣΑ. Δεν αποτελούν «κόστος» και για διάφορους λόγους διαφέρουν από το μέσο ή οριακό κόστος. Υπάρχουν ακόμα και περιπτώσεις όπου η πληρωμή από την τοπική αρχή μπορεί να μην καλύπτει τα έξοδα διαχείρισης των αποβλήτων που έχουν παραδωθεί, δηλαδή, τα gate fees να είναι χαμηλότερα από το κόστος της υπηρεσίας που παρέχεται.

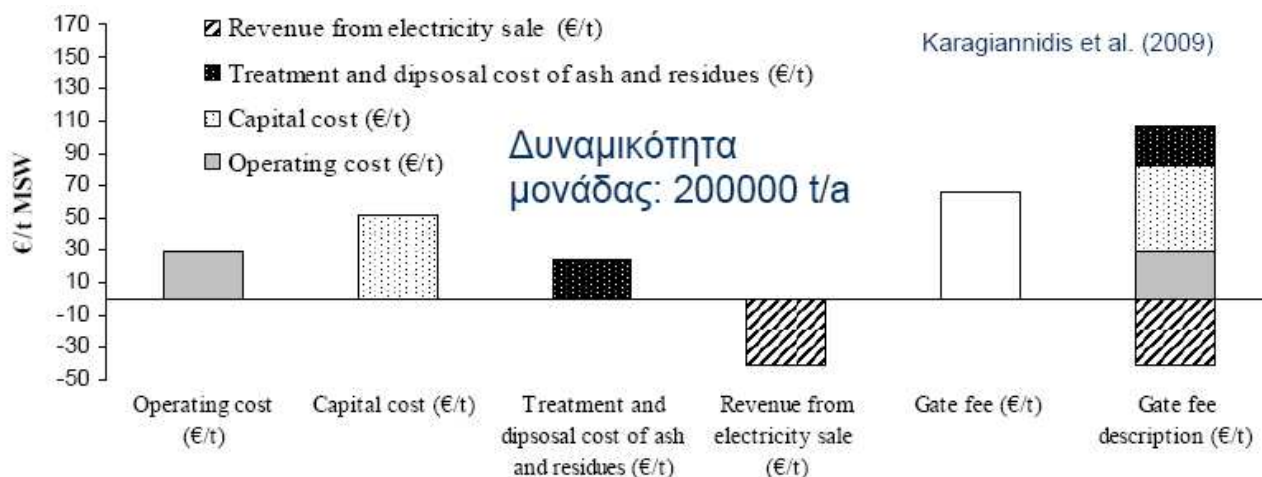
Οι τιμές τους επηρεάζονται από παραμέτρους, όπως:

- Τοπικός ανταγωνισμός (π.χ. κόστος μεταφοράς προϊόντος)
- Η περιορισμένη ή αυξημένη πρόσληψη συγκεκριμένων υλικών ως πρώτη ύλη για επεξεργασία
- Η ακολουθούμενη στρατηγική για τη λειτουργία της κάθε μονάδας κ.ά.

Η εισαγωγή μιας νέας μονάδας μπορεί να διαταράξει την τοπική αγορά τόσο ώστε να επηρεάσει την τιμή των gate fees ακόμα και σε μία μέρα. Συνεπώς, παρ'όλο που το βασικό κόστος σε μια συγκεκριμένη μονάδα παραμένει σε γενικές γραμμές σταθερό, τα gate fees εμφανίζουν μεγάλες πιθανότητες να μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου.

Στην Ελλάδα, η έλλειψη πολυμορφίας εγκαταστάσεων διαχείρισης ΑΣΑ (εκτός των ΧΥΤΑ/Υ) περιορίζει το τέλος πύλης σε κόστος τελικής διάθεσης.

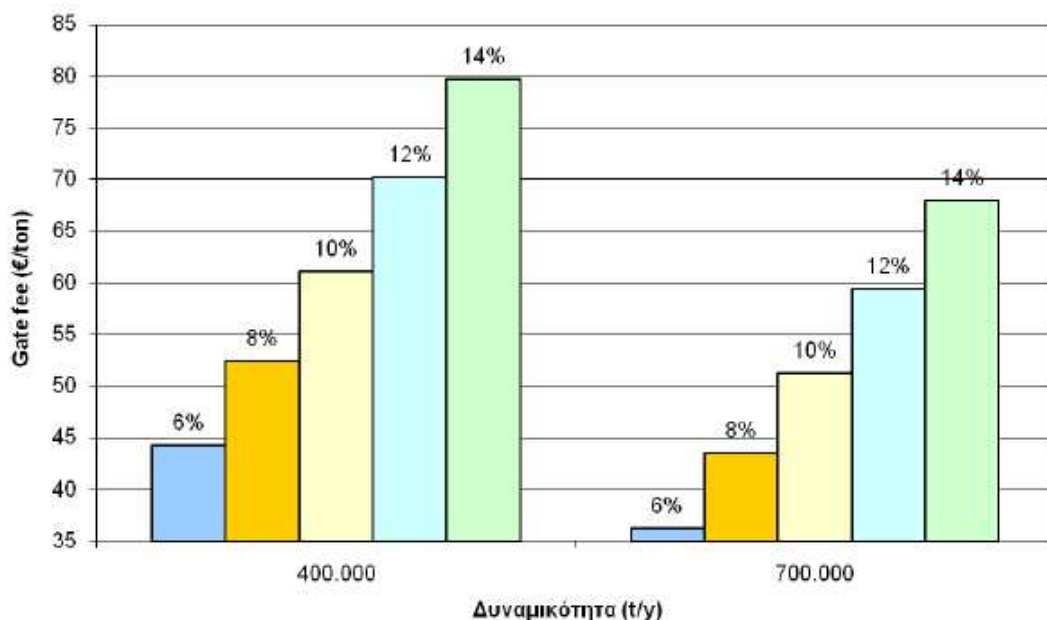
Ουσιαστικά, σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, όπως αποτεφρωτήρες, μηχανικές εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού ή λιπασματοποίησης το gate fee αντισταθμίζει τη λειτουργία, τη συντήρηση, το κόστος εργασίας, το κόστος κεφαλαίου της εγκατάστασης μαζί με όλα τα κέρδη και το τελικό κόστος διάθεσης των άχρηστων υπολειμμάτων, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 7.1 Ανάλυση κόστους πύλης για ενδεικτική μονάδα ενεργειακής αξιοποίησης στην Κεντρική Ελλάδα [Καραγιαννίδης 2009]

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, στην Έλλαδα, τα gate fees για την καύση των ΑΣΑ θα κυμαίνονται για μια μονάδα ετήσιας δυναμικότητας 400.000 τόνων στα 70€/tn ΑΣΑ και για ετήσιας δυναμικότητα 700.000 τόνων στα 60€/tn ΑΣΑ, 30 με 40€ υψηλότερα από τα σημερινά στο ΧΥΤΑ Άνω Λιοσίων. [Μαγουλάς 2010]

Ωστόσο, για την πυρόλυση και την αεριοποίηση το εύρος των gate fees στην Ευρώπη κυμαίνεται από 167 έως 104€/tn για δυναμικότητες 50.000 και 200.000tn αντίστοιχα ενώ για την αεριοποίηση πλάσματος, το gate fee έχει υπολογιστεί ότι θα πλησιάσει τα 100€/tn. [Νικολάου 2010]



Εικόνα 7.2 Μεταβολή του gate fee σε σχέση με τη δυναμικότητα [Μαγουλάς 2010]

Ενδεικτικά παρατίθενται στοιχεία των gate fees για καύση των απορριμμάτων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες.

Χώρα	Gate Fee (€/tn ΑΣΑ)	Χώρα	Gate Fee (€/tn ΑΣΑ)
Αυστρία	326 (60χιλ. tn/έτος) 97 (300χιλ. tn/έτος)	Ιταλία	41,3–93 (350 χιλ. tn/έτος)
Βέλγιο	71-75 (150 χιλ tn/έτος)	Ισπανία	34-56
Δανία	30-45	Ολλανδία	70-134
Γαλλία	118-129 (18,7χιλ. tn/έτος) 67-80 (150χιλ. tn/έτος)	Σουηδία	21-53
Γερμανία	250 (50χιλ. tn/έτος) 65 (600 χιλ. tn/έτος)	Ηνωμένο Βασίλειο	69 (100 χιλ. tn/έτος) 47 (200 χιλ. tn/έτος)

Πίνακας 7.1 Συγκριτικό κόστος για την καύση απορριμμάτων σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες [ITA 2007]

7.2.2 Επενδυτικό και λειτουργικό κόστος

Λόγω της μη ύπαρξης μονάδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ στην Ελλάδα, τα διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με τις τεχνολογίες για τη θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων είναι συχνά ελλιπή και βασίζονται σε υποθέσεις. Συνεπώς, η σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών τεχνολογιών σε μια κοινή βάση είναι πολύ δύσκολη. Ωστόσο, στον παρακάτω πίνακα έχουν συλλεχθεί πληροφορίες από διάφορες πηγές χρησιμοποιώντας ως βάση ένα κοινό εύρος δυναμικότητας.

	*ΚΑΥΣΗ	**ΠΥΡΟΛΥΣΗ	**ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	***ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ
Δυναμικότητα (tn/year)	150.000	100.000	100.000	140.000
Επενδυτικό κόστος(€)	80.000.000	73.200.000	76.320.000	95.000.000
Λειτουργικό κόστος(€/tn)	3.750.000	6.700.000	6.700.000	3.050.000

Πίνακας 7.2 Στοιχεία δυναμικότητας και κόστους εγκαταστάσεων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ [*Οικονομόπουλος 2007, ** Limerick 2005, ***Νικολάου 2010]

7.2.3 Οικονομική Αποτίμηση

- Σύμφωνα με στοιχεία για το **επενδυτικό και λειτουργικό κόστος** και με σχετική εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης από το TEE, η αποτέφρωση ενδείκνυται όσον αφορά το κόστος επεξεργασίας σε συνδυασμό με την ανακτώμενη ενέργεια ενώ η πυρόλυση μόνο όσον αφορά το ποσοστό τελικής διάθεσης των υπολλειμμάτων. Το υψηλό κόστος επένδυσης και λειτουργίας των τεχνολογιών πυρόλυσης, αεριοποίησης και αεριοποίησης πλάσματος τις καθιστά μη συμφέρουσες εναλλακτικές λύσεις θερμικής διαχείρισης απορριμμάτων. Η ίδια κατάταξη ισχύει και για τα gate fees.
- Όσον αφορά στο **κόστος επεξεργασίας**, παρόλο που το επενδυτικό κόστος φαίνεται μικρότερο, η πολυπλοκότητα της κατασκευής των μονάδων πυρόλυσης, αεριοποίησης και αεριοποίησης πλάσματος τις καθιστά 'ακριβότερες' από τις μονάδες συμβατικής αποτέφρωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 27% του κόστους επένδυσης των εγκαταστάσεων αναλογεί σε παραμέτρους ανεξάρτητες της δυναμικότητας της μονάδας, όπως η αξία της γης και η εκπαίδευση του προσωπικού ενώ το υπόλοιπο 73% εξαρτάται από την δυναμικότητα, π.χ., ο καθαρισμός των καυσαερίων, ο εξοπλισμός παρακολούθησης και ελέγχου της λειτουργίας κ.ά.
- Ο **ενεργειακός βαθμός απόδοσης** των μονάδων αποτέφρωσης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο των άλλων τριών μονάδων στην περίπτωση της ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τη θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων, με την αεριοποίηση πλάσματος να πλησιάζει την ίδια απόδοση. Με την καύση ανακτώνται 650kWh/tn, με την αεριοποίηση πλάσματος 643 kWh/tn, με την πυρόλυση 377 kWh/tn και με την αεριοποίηση 394kWh/tn, το μεγαλύτερο ποσοστό των οποίων πωλείται είτε για ηλεκτροδότηση είτε για θέρμανση ή και για τα δύο, επιφέροντας, έτσι, ένα σημαντικό έσοδο στην κάθε επιχείρηση διαχείρισης αποβλήτων.
- Το εύρος της **δυναμικότητας** των μονάδων πυρόλυσης, αεριοποίησης και αεριοποίησης πλάσματος είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των μονάδων αποτέφρωσης. Συνεπώς, οι μονάδες αυτές δεν μπορούν να λειτουργήσουν ανταγωνιστικά των συμβατικών μονάδων καύσης ως προς το κριτήριο της οικονομίας κλίμακας. [TEE 2010]

7.3 Περιβαλλοντικά Κριτήρια

Ένας από τους κυριότερους λόγους για τη δυσπιστία απέναντι στην εφαρμογή των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας στερεών αστικών αποβλήτων είναι το σημαντικό ρυπαντικό φορτίο που περιέχεται στα προϊόντα (αέρια, υγρά και στερεά) που παράγονται από τις μεθόδους αυτές. Ωστόσο, η θεώρηση αυτή έχει πλέον καταρριφθεί καθώς με τις σύγχρονες διαθέσιμες τεχνολογίες αντιρρύπανσης και την ορθολογική διαχείριση και επεξεργασία των απορριμμάτων, οι εκπομπές και των τεσσάρων μεθόδων είναι εντός – κατ' ακρίβεια αρκετά χαμηλότερες- των επιτρεπτών ορίων που τίθενται από τη διεθνή νομοθεσία, καθιστώντας τις, μάλιστα, περιβαλλοντικά πιο «φιλικές» από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Κατά τις διεργασίες της πυρόλυσης, αεριοποίησης και αεριοποίησης πλάσματος δεν παρατηρούνται εκπομπές αερίων τέτοιες όπως παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή της καύσης. Το βασικό αέριο που παράγεται είναι πλούσιο σε H, CO και CO₂, C_xH_y, κα. (ανάλογα με την αρχική σύσταση των αποβλήτων), και δύναται να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω ως καύσιμο. Επιπλέον, στις διεργασίες αυτές ένας μεγάλος αριθμός ρύπων (π.χ. θείο, βαρέα μέταλλα, κα.) παραμένει στην παραγόμενη τέφρα, χωρίς να μεταφέρεται στην αέρια φάση και να επιβαρύνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας.

Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το παραγόμενο αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω ως καύσιμο, περιορίζει τον αριθμό και το είδος των αναγκαίων τεχνολογιών αντιρρύπανσης. Ανεξάρτητα από τις εκλυόμενες ποσότητες, πολλά από τα αέρια συστατικά των απαερίων, που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας, είναι κοινά και περιλαμβάνουν διοξίνες, βαρέα μέταλλα, οξειδία αζώτου, κ.λπ.

7.3.1 Περιβαλλοντική Αποτίμηση

- Η **πυρόλυση, η αεριοποίηση και η αεριοποίηση πλάσματος**, λόγω της χρήσης μηδενικών ή έστω ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου αέρα, παράγουν μικρότερες ποσότητες απαερίων ενώ γενικότερα, οι δύο πρώτες μέθοδοι εμφανίζουν παρόμοια ποσοστά ρύπανσης του περιβάλλοντος.
- Όπως είναι φανερό, κατά την **καύση** εκλύεται μεγαλύτερο ποσοστό αέριων ρύπων και ειδικότερα, η μέθοδος συμβάλλει περισσότερο στην παραγωγή των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους, επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον με βαρέα μέταλλα, διοξίνες και φουράνια όμως, ως προς τα υπόλοιπα κριτήρια, αποτελεί μίας μεσαίας τάξης ρυπογόνο μέθοδο.
- Για την **αεριοποίηση πλάσματος**, ενώ τα στοιχεία δεν είναι επαρκή, αξιοσημείωτη είναι η μηδενική παραγωγή διοξινών και φουρανίων. Αυτό οφείλεται στην διάσπαση, λόγω υψηλών θερμοκρασιών, όλου του άνθρακα που βρίσκεται είτε στη μορφή υδρογονανθρακικών ενώσεων είτε ως στερεό υπόλειμμα.

Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνεται ποιοτικά η περιβαλλοντική αποτίμηση-σύγκριση των μεθόδων.

ΜΕΘΟΔΟΙ / ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΚΑΥΣΗ	ΠΥΡΟΛΥΣΗ	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ
Σωματίδια	++	++	+	+++
Διοξίνες- φουράνια	+++	++	+	-
Αέρια Θερμοκηπίου (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	+++	++	++	
CO, SO ₂ , NO _x	+++	+	++	+++
SO ₂	++	+	+++	
Hg	++	++	+	+
HCl	+++	+	++	++
HF	++	++	+	
Βαρέα μέταλλα	+++	++	+	+
Τέφρα πυθμένα	+	+	+++	
Ιπτάμενη τέφρα	++	+	-	
Τελική διάθεση	++	+	+++	
Υπολείμματα προς ταφή	++	+		

+++ Μεγάλο ποσοστό, ++Μεσαίο ποσοστό, +Μικρό ποσοστό, -Μηδέν, Τα κενά οφείλονται σε έλλειψη στοιχείων

Πίνακας 7.3 Ποιοτική αποτίμηση-σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. G. [Genon, Μουντούρης 2007]

7.4 Τεχνικά κριτήρια [ΓΕΕ]

Η βελτιστοποίηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ αποτελεί σημαντικό παράγοντα της προσπάθειας για βέλτιστη επεξεργασία. Κατά τη σύγκριση των τεχνολογιών, σημαντικό ρόλο στη παίζουν τα χαρακτηριστικά που αφορούν τη λειτουργία των μονάδων όπως, η έκταση και η δυναμικότητα που απαιτούν για να είναι βιώσιμες οι μονάδες, η ευαισθησία του εξοπλισμού, το είδος των προς επεξεργασία αποβλήτων ακόμα και το πόσο κοντά βρίσκονται ή όχι βρίσκονται σε μεγάλα αστικά κέντρα.

7.4.1 Τεχνική Αποτίμηση

- Κατά την εφαρμογή όλων των μεθόδων παρατηρείται ότι τόσο ο όγκος όσο και η μάζα των αποβλήτων υφίστανται μεγάλη μείωση. Συγκεκριμένα, κατά την καύση, τα τελικά υπολείμματα ανέρχονται περίπου στο 10% του αρχικού όγκου των στερεών αποβλήτων και περίπου στο 25-35% του αρχικού βάρους τους λόγω της οξειδωσης των ουσιών και της μετατροπής τους σε αέριες ενώσεις.
- Για σύμμεικτα ΑΣΑ, η καύση και η αεριοποίηση πλάσματος φαίνεται πολύ αξιόπιστες μέθοδοι ενώ οι υπόλοιπες εμφανίζουν ευαισθησία εφαρμογής. Η λειτουργία μονάδων πυρόλυσης και αεριοποίησης με σύμμεικτα απορρίμματα έχει αναδείξει σημαντικά προβλήματα όμως η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών για κλάσματα των στερεών αποβλήτων (π.χ. RDF - καύσιμο κλάσμα, χαρτί, πλαστικά, ξύλα, ελαστικά κ.λπ.) έχει δώσει καλά αποτελέσματα. Δεν αποτελούν όμως ακόμη δόκιμη και ευρέως εφαρμοσμένη τεχνολογία αλλά γίνονται συνέχεια ερευνητικές προσπάθειες και αναπτύσσονται νέες τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας ή παραλλαγές και βελτιώσεις αυτών.
- Οι πιθανότητες βλάβης των εγκαταστάσεων είναι αρκετά μεγάλες εξαιτίας του χαρακτήρα του καυσίμου (διαβρωτικό, ογκώδες κλπ), γεγονός που συνεπάγεται πρόσθετη οικονομική επιβάρυνση για τη συντήρηση και τις επισκευές της.
- Οι μονάδες καύσης αποτελούν βιομηχανικές εγκαταστάσεις και χαρακτηρίζονται από την απαίτηση μικρών εγκαταστάσεων για την εγκατάστασή τους. Ωστόσο, η άλλες μέθοδοι εμφανίζονται ακόμη πιο πλεονεκτικές στον τομέα αυτό.

- Ιδιαίτερα οι μονάδες καύσης, απαιτούν μία ελάχιστη δυναμικότητα ώστε να κρίνονται βιώσιμες. Έτσι δύσκολα μπορεί να εφαρμοσθούν σε μικρές πληθυσμιακές ενότητες. Από την άλλη, οι υπόλοιπες τεχνολογίες εφαρμόζονται ή μελετώνται για μικρές μόνο δυναμικότητες, γεγονός που της καθιστά μη συμφέρουσες για την επεξεργασία ΑΣΑ.
- Η πυρόλυση και η αεριοποίηση απαιτούν μονάδα προεπεξεργασίας των εισερχόμενων αποβλήτων σε αντίθεση με την καύση.
- Οι επιλογές χωροθέτησης των εγκαταστάσεων είναι περιορισμένες λόγω της ανάγκης για ύπαρξη μεγάλου καταναλωτή θερμότητας προκειμένου να βελτιωθεί η βιωσιμότητα όλων των τεχνολογιών. Στην πραγματικότητα, πρέπει να αξιοποιηθεί ακόμα και ποσοστό 70-80% της συμπαραγόμενης θερμικής ενέργειας σε τοπικό επίπεδο.
- Η πυρόλυση αποτελεί μία τεχνολογία περισσότερο ευέλικτη σε μεταβολές του όγκου ροής των εισερχόμενων ΑΣΑ όμως κατά την αεριοποίηση δεν παρουσιάζονται τα προβλήματα μεταφοράς θερμότητας που υπάρχουν στην πυρόλυση.
- Ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης των συμβατικών μονάδων της αποτέφρωσης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο των καινοτόμων μονάδων στην περίπτωση της ανάκτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τη θερμική επεξεργασία των στερεών αποβλήτων.

Ο πίνακας που ακολουθεί αποτυπώνει ποιοτικά την τεχνική αποτίμηση των εξεταζόμενων μεθόδων.

ΜΕΘΟΔΟΣ/ ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΚΑΥΣΗ	ΠΥΡΟΛΥΣΗ	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ	ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ
Απαίτηση έκτασης	+++	++	++	+
Μείωση όγκου & βάρους αποβλήτων	+++	++	++	++
Απαίτηση -Δυνατότητα σε δυναμικότητα	+++	+	+	+
Βλάβες εξοπλισμού	++	++	++	++
Προεπεξεργασία - Διαλογή ΑΣΑ	-	++	++	-
Σύμμεικτα απορρίμματα	+++	+	+	+++
RDF	++	+++	+++	+++
Εξωτερική πηγή / Αυτοσυντηρούμενη	+/-	+/-	-/+	+/-
Ενεργειακός βαθμός απόδοσης	+++	+	+	++
Εγγύτητα σε πόλεις				
Αρνητική λόγω ρύπανσης / Θετική λόγω διάθεσης ενέργειας	++/++	+/++	+/++	+/++

+++ Μεγάλο ποσοστό, ++Μεσαίο ποσοστό, +Μικρό ποσοστό, -Μηδέν, Τα κενά οφείλονται σε έλλειψη στοιχείων

Πίνακας 7.4 Ποιοτική αποτίμηση-σύγκριση τεχνικών παραμέτρων από τη χρήση μεθόδων θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ. [ΤΕΕ, ΙΤΑ, Καραγιαννίδης]

7.5 Κοινωνικά – Θεσμικά κριτήρια

7.5.1 Κοινωνική – Θεσμική Αποτίμηση

➤ **Αξιοπιστία μεθόδων**

Υπάρχει μία καλά εγκατεστημένη αγορά τεχνολογιών αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μεθόδους και, κυρίως με την αεριοποίηση πλάσματος, οι οποίες, ως καινοτόμες, δεν είναι δοκιμασμένες επαρκώς σε εμπορικές εφαρμογές.

➤ **Εκτιμώμενες αντιδράσεις από τη χρήση της τεχνολογίας**

Τα έργα διαχείρισης στερεών αποβλήτων συνήθως αντιμετωπίζουν δυσκολίες κατά τη χωροθέτησή τους, λόγω αντιδράσεων από την τοπική κοινωνία. Με βάση την ελληνική εμπειρία, η κατασκευή μονάδων θερμικής επεξεργασίας συνδέεται με αυξημένες αντιδράσεις λόγω των πιθανών κινδύνων από τις αέριες εκπομπές, γεγονός που σχετίζεται με την μη επαρκή ενημέρωση και ελλιπή περιβαλλοντική παιδεία. Ωστόσο, οι πιο καινοτόμες τεχνολογίες (πυρόλυση, αεριοποίηση και αεριοποίηση πλάσματος) γίνονται πιο εύκολα αποδεκτές από τη δημόσια γνώμη, με λιγότερες πιθανότητες να παρουσιαστούν εμπόδια στην υλοποίησή τους.

➤ **Αισθητική όχληση των εγκαταστάσεων**

Οι μονάδες θερμικής επεξεργασίας επιβαρύνουν το οπτικό περιβάλλον μέσω κυρίως της καμινάδας. Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα δεν είναι καθόλου γνώριμη η εικόνα μιας μεγάλης εγκατάστασης θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων με καμινάδες που εκλύουν ποσότητες απαερίων καθημερινά σε αντίθεση με μία χώρα της Ευρώπης όπου θεωρείται κάτι φυσιολογικό.

➤ **Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας**

Η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας εξαρτάται άμεσα από τον βαθμό αυτοματισμού μίας εγκατάστασης. Σε μονάδες θερμικής επεξεργασίας, όπου δεν υπάρχει άμεση ανθρώπινη παρέμβαση κατά την επεξεργασία, οι θέσεις εργασίας είναι περιορισμένες.

➤ **Συμμόρφωση με την πολιτική της ΕΕ [ΙΤΑ]**

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2008/98 για τα απόβλητα, τη θεματική στρατηγική για την πρόληψη και ανακύκλωση των αποβλήτων και την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων της Ε.Ε. όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων, προβλέπεται η ανάκτηση ενέργειας.

Από τη μία πλευρά, υποστηρίζεται ότι οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας συμβάλλουν αποδοτικά στην αξιοποίηση των ΑΣΑ μέσω ανάκτησης της ενέργειας και μείωσης των απορριμμάτων που καταλήγουν σε ΧΥΤΑ, από την άλλη, υποστηρίζεται ότι οι μέθοδοι αυτές και ειδικά η καύση, μπορεί να θεωρηθούν ως αντικίνητρο για την εισαγωγή των συστημάτων διαλογής στην πηγή και να μειώσουν τις προσπάθειες των προγραμμάτων ανακύκλωσης και ελαχιστοποίησης στην πηγή.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι η συμβολή στην ανάκτηση ενέργειας δεν θεωρείται δεδομένη καθώς για τις μονάδες θερμικής επεξεργασίας θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις στην απόδοση της εγκατάστασης ώστε η παραγωγή ενέργειας να μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανάκτηση σύμφωνα με τη νέα Οδηγία Πλαίσιο.

Συνεπώς, δεν μπορεί να διεξαχθεί ένα ικανοποιητικό συμπέρασμα για το αν οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ικανοποιούν την εκπλήρωση των υφιστάμενων θεμικών στόχων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Ν.Αττικής“Μελέτη αξιολόγησης μεθόδων επεξεργασίας σύμμεικτων απορριμμάτων στο Νομό Αττικής”, Τελική έκθεση,Απρίλιος 2008
- ΙΤΑ, Λάλας et al., “Εκτίμηση των Γενικευμένων Επιπτώσεων και Κόστους Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων”, Αθήνα 2007
- Καραγιαννίδης Α., “Επιπτώσεις τις αειφόρου διαχείρισης απορριμμάτων στα ανταποδοτικά τέλη καθαριότητας”, Κοζάνη 2009
- Καραγιαννίδης Α., “Θερμική Επεξεργασία Και Ενεργειακή Αξιοποίηση Στερεών Αποβλήτων – Μύθοι Και Πραγματικότητα”.
- Μαγουλάς Κ., Βουτσάς Ε., Τσιός Δ., Επενδύσεις στην Ενεργειακή Αξιοποίηση Αστικών Απορριμμάτων, Δύο Προτάσεις για την Αττική”, Αθήνα, Δεκέμβριος 2010
- Μουντούρης et al., “ Ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων με τεχνολογίες θερμικής επεξεργασίας“, 2^ο συνέδριο ΕΕΔΣΑ, Φεβρουάριος 2006
- Μουντούρης Α., “Θερμοδυναμική Προσομοίωση της Αεριοποίησης Πλάσματος για τη Διαχείριση Αποβλήτων “, Διδακτορική Διατριβή, τμήμα Χημ. Μηχ., ΕΜΠ, Αθήνα 2007
- Νικολάου Α., “Θερμοδυναμική Προσομοίωση και Τεχνικοοικονομική Μελέτη της Αεριοποίησης Πλάσματος για την Επεξεργασία Στερεών Αστικών Απορριμμάτων “, τμήμα Χημ. Μηχ., ΕΜΠ, Αθήνα, Ιούλιος 2010
- Οικονομόπουλος Α., “Διαχείριση οικιακού τύπου απορριμμάτων/ Προβλήματα Εθνικού Σχεδιασμού και Ορθολογικές Λύσεις”, Φεβρουάριος 2007
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας,“Αξιοποίηση Αστικών Στερεών αποβλήτων από την ενεργειακή σκοπιά και οι προοπτικές εφαρμογής στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας”, Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2010
- Eunomia, “Costs for Municipal Waste Management in the EU, Final Report to Directorate General Environment, European Commission”, 2001.
- G. Genon, R. Durante, E. Brizio, “Environmental Performances And Energy Efficiency: A Comparison Between Incineration And Pyrolysis/Gasification Technologies For Msw Treatment”, Ditag, Politecnico Di Torino, Corso Duca Degli Abruzzi, 24, 10129 Torino, Italy
- WRAP, “Comparing the cost of alternative waste treatment options”, Gate Fees Report 2010
- Limerick/Clare/Kerry waste management authority, “Feasibility Study of Thermal Waste Treatment/Recovery Options in the Limerick/Clare/Kerry Region”, 2005

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω των Οδηγιών της δίνει την κατεύθυνση στον τομέα της διαχείρισης των αστικών απορριμμάτων. Η σειρά ιεράρχησης για τη διαχείριση των αποβλήτων θέτει ως πρώτη προτεραιότητα την πρόληψη και τον περιορισμό της παραγωγής των αποβλήτων, ακολουθεί η επαναχρησιμοποίηση και η ανακύκλωση ενώ στο προτελευταίο επίπεδο βρίσκεται η ενεργειακή αξιοποίηση και στο τελευταίο η τελική διάθεση των υπολειμμάτων.

Στο στάδιο της ανάκτησης ενέργειας και υλικών από τα απορρίμματα, όπου και μελετώνται οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ΑΣΑ, εξετάστηκαν συγκριτικά τα ενδεχόμενα εφαρμογής των μεθόδων της καύσης, της πυρόλυσης, της αεριοποίησης και της αεριοποίησης πλάσματος στην Ελλάδα. Τα κριτήρια που μας απασχόλησαν ήταν οικονομικά, περιβαλλοντικά, τεχνικά και κοινωνικά. Τονίζεται ότι τα συμπεράσματα δεν δύναται να είναι απολύτως σαφή λόγω του ότι κάθε case study επηρεάζεται από πλήθος παραμέτρων που ενδέχεται να διαφοροποιούνται.

Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας ενδείκνυνται για εφαρμογή λόγω της συμβατότητας με τους εθνικούς, ευρωπαϊκούς και παγκόσμιους περιβαλλοντικούς στόχους και με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες. Οδηγούν σε ενεργειακή αξιοποίηση των αποβλήτων, μειώνουν την ποσότητα των απορριμμάτων που οδηγούνται προς ταφή και υπάρχει μια σχετική αξιοπιστία λόγω της διεθνούς εμπειρίας (για άλλες μεθόδους μικρή και για άλλες μεγαλύτερη)

Μελετώντας τους σχετικούς πίνακες – αποτελέσματα, όπως προέκυψαν από την αποτίμηση των τεχνολογιών, συμπεραίνονται τα εξής:

- Τεχνολογίες όπως η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η αεριοποίηση πλάσματος σίγουρα θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον, στην παρούσα φάση, όμως, δεν έχουν αποδειχθεί ακόμα ικανές, μέσω της εμπορικής τους εφαρμογής, να επεξεργαστούν τα σύμμεικτα στερεά απόβλητα, τα οποία παρουσιάζουν πολυπλοκότητα σε σχέση με τη σύστασή τους. Επιπλέον, ο κίνδυνος για δυσλειτουργία των έργων αυξάνεται όσο αυξάνεται και η πολυπλοκότητα της προτεινόμενης τεχνολογίας, γεγονός που καθιστά τις παραπάνω μεθόδους ακόμα πιο ευαίσθητες.
- Λαμβάνοντας υπόψην δύο παράγοντες: τα ενδεικτικά για κάθε τεχνολογία gate fees και το κόστος (επενδυτικό και λειτουργικό) που αναλογεί σε καθεμία από αυτές, συμπεραίνεται ότι σε βάθος χρόνου 20 - 25 ετών, οι τρεις πιο καινοτόμες μέθοδοι δεν φαίνεται να είναι πιο συμφέρουσες από την συμβατική καύση.
- Λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος για ανάκτηση ενέργειας, διαπιστώνεται ότι μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση παρατηρείται με τη μέθοδο της καύσης ενώ σε παρόμοια επίπεδα βρίσκεται και αυτή της αεριοποίησης πλάσματος. Συνεπώς, παρά το κόστος των δύο

μεθόδων, μπορεί να υπάρξουν σημαντικές απολαβές από την χρήση – πώληση της παραγόμενης ενέργειας.

- Ο παράγοντας «περιβαλλοντικές επιπτώσεις» δεν αποτελεί τροχοπέδη στην εφαρμογή των μεθόδων, ακόμα και της καύσης κατά την οποία εκτιμάται ότι παράγονται τα μεγαλύτερα ρυπαντικά φορτία. Οι εκπομπές από τη λειτουργία και των τεσσάρων τεχνολογιών είναι πολύ πιο χαμηλές από τα αποδεκτά όρια που θέτει η ΕΕ και επιπλέον, μεγάλο μέρος του επενδυτικού αλλά και λειτουργικού κόστους αντιστοιχεί στις τεχνολογίες ελέγχου εκπομπών και αέριας ρύπανσης, υδατικών και στερεών υπολειμμάτων. Βασική προϋπόθεση είναι οι διαδικασίες αυτές να λαμβάνουν χώρα με βάση συγκεκριμένα πρωτόκολλα και να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα και διαθέσιμα μέτρα ασφαλείας.
- Σημαντικό κρίνεται ότι με την μέθοδο της καύσης παρατηρείται, εκτός από την μεγάλη μείωση του όγκου και της μάζας των απορριμμάτων, η δυνατότητα αποτελεσματικής επεξεργασίας μεγάλων ποσοτήτων (μεγάλη δυναμικότητα) αποβλήτων.
- Τέλος, η κοινωνική αποδοχή ίσως αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα για την υλοποίηση των εξεταζόμενων μεθόδων και ειδικά της καύσης. Στην Ελλάδα είναι απαραίτητη η επιστημονική ενημέρωση και εκπαίδευση σε θέματα επεξεργασίας των αποβλήτων και αειφορίας καθώς παρατηρούνται φαινόμενα παραπληροφόρησης αλλά και καχυποψία απέναντι σε καινοτόμες δράσεις.

Εν κατακλείδι, καμία τεχνολογία δεν αποτελεί πανάκεια, ούτε όμως και καταστροφή...

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Βασικό Ισχύον Ευρωπαϊκό & Εθνικό Νομοθετικό Πλαίσιο

Η διαχείριση των ΑΣΑ ρυθμίζεται από μία σειρά Οδηγιών της Ε. Ε, από τις οποίες οι πιο σημαντικές παρατίθενται παρακάτω:

Οδηγία 2008/98: Η νέα Οδηγία πλαίσιο 2008/98/ΕΚ αντικαθιστά την Οδηγία 2006/12/ΕΚ (και καταργεί τις Οδηγίες για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων και των λιπαντικών (75/439/ΕΚ, 91/689/ΕΚ)). Η αναθεώρηση της Οδηγίας έγινε στα πλαίσια υλοποίησης της Στρατηγικής για την πρόληψη της παραγωγής των αποβλήτων και την ανακύκλωση με στόχο να αποσαφηνίσει έννοιες όπως απόβλητο, διάθεση, αξιοποίηση, να ενισχύσει και να προωθήσει την πρόληψη της παραγωγής των απορριμμάτων, να εισάγει την έννοια της ανάλυσης κύκλου ζωής στη λήψη αποφάσεων για την διαχείρισή τους και να προωθήσει την ανάκτηση υλικών και ενέργειας.

Η Οδηγία θεσπίζει την ακόλουθη ιεράρχηση ως προτεραιότητα στη νομοθεσία και την πολιτική για τη διαχείριση των απορριμμάτων:

- α) πρόληψη
- β) ανακύκλωση
- γ) άλλου είδους ανάκτηση
- δ) διάθεση.

Επίσης καθορίζει πότε η αποτέφρωση των απορριμμάτων θεωρείται ανάκτηση, όταν δηλαδή επιτυγχάνεται ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης, διαφορετικά διάθεση, με πολύ χαμηλή προτεραιότητα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεθόδους διαχείρισης, σε συμφωνία και με τα έγγραφα αναφοράς των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών για την αποτέφρωση των αποβλήτων (IPPC Directive).

Από την εφαρμογή του τύπου της ενεργειακής απόδοσης που παρατίθεται στο Παράρτημα ΙΙ της Οδηγίας, προκύπτει ότι οι μονάδες αποτέφρωσης με μοναδικό σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δεν μπορούν να ανταποκριθούν στο καθορισμένο όριο απόδοσης. Αυτό καθιστά την αποτέφρωση των αποβλήτων διαδικασία διάθεσης χαμηλής προτεραιότητας σε χώρες με ήπιο κλίμα, όπως η Ελλάδα.

Το ίδιο ισχύει και για το συνδυασμό της βιολογικής ξήρανση των ΑΣΑ και την καύση του SRF που παράγεται, το οποίο έχει χαμηλότερη συνολική ενεργειακή απόδοση σε σύγκριση με την άμεση καύση των ΑΣΑ.

Η νέα Οδηγία θέτει επίσης στόχους ανακύκλωσης και αξιοποίησης για τα ΑΕΚΚ (70% το 2020) αλλά και τα οικιακά απόβλητα (50% το 2020), προβλέπει τη θέσπιση στόχων πρόληψης της παραγωγής των απορριμμάτων το 2014, καθώς και τη χωριστή συλλογή υλικών όπως το χαρτί,

μέταλλα, πλαστικό, γυαλί από το 2015 και έπειτα.

Η νέα Οδηγία Πλαίσιο δεν επιβάλλει ποσοτικούς στόχους ειδικά για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα, αλλά προτρέπει (άρθρο 22) :

- Την ξεχωριστή συλλογή τους με στόχο την κομποστοποίηση, η οποία θεωρείται δράση ανάκτησης, ή την αναερόβια επεξεργασία τους
- Την επεξεργασία του οργανικού κλάσματος με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος
- Τη χρήση περιβαλλοντικά ασφαλών προϊόντων από την επεξεργασία των οργανικών αποβλήτων

Η Οδηγία πλαίσιο θέτει όπως αναφέρθηκε το στόχο της ανακύκλωσης του 50% των οικιακών απορριμμάτων, και την χωριστή συλλογή υλικών, τουλάχιστον όσον αφορά στο γυαλί, πλαστικό, χαρτί και μέταλλο. Σύμφωνα με το σχέδιο διαβούλευσης που συνοδεύει την Πράσινη Βίβλο για τη διαχείριση των βιοαποδομήσιμων απορριμμάτων, τα κράτη μέλη μπορούν να συμπεριλάβουν στον παραπάνω στόχο και τα οργανικά απόβλητα τα οποία αποτελούν σημαντικό κλάσμα των οικιακών απορριμμάτων.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διερευνά το ενδεχόμενο θέσπισης ξεχωριστής οδηγίας για τα βιοαποδομήσιμα απόβλητα αλλά και τη θέσπιση προδιαγραφών για το compost και έχει προβεί στην ανάθεση σχετικών μελετών για το σκοπό αυτό. Επισημαίνεται πως το σχέδιο Οδηγίας που είχε δημοσιευθεί στο παρελθόν, διαφοροποιεί το κομπόστ (compost) και την κομποστοποίηση που αναφέρονται μόνο σε διαχωρισμένα στην πηγή βιοαπορρίμματα, από τα σταθεροποιημένα βιοαπορρίμματα (stabilized biowaste) που προέρχονται από την μηχανική/βιολογική επεξεργασία (mechanical / biological treatment – MBE) σύμμεικτων ή υπολειμματικών απορριμμάτων, ακόμη και στην περίπτωση που τα τελευταία πληρούν τις ποιοτικές προδιαγραφές του compost. Στην παρούσα φάση η Επιτροπή συντονίζει ανοιχτό διάλογο για τη διαχείριση των βιολογικών αποβλήτων, με κείμενο αναφοράς την Πράσινη Βίβλο που δημοσιεύτηκε το Δεκέμβριο του 2008. Ο νόμος πλαίσιο με τον οποίο εναρμονίζεται η εθνική νομοθεσία παρουσιάστηκε τον Οκτώβριο του 2010.

Η Οδηγία 98/2008 θέτει αρκετά φιλόδοξους στόχους και δεδομένου ότι στην Ελλάδα τα ποσοστά ανακύκλωσης είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα, και η εφαρμογή προγραμμάτων ΔσΠ οργανικών είναι σχεδόν μηδενική, η εναρμόνιση στο εθνικό δίκαιο πιθανώς να γίνει πιο σταδιακά από ότι η ίδια η Οδηγία ορίζει.

Οδηγία 2004/62: Η Οδηγία 2004/62 θέτει ποσοτικούς στόχους σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων συσκευασίας, οι οποίοι είναι:

Μέχρι το τέλος του 2011, τουλάχιστον το 55% των αποβλήτων συσκευασιών πρέπει να ανακυκλωθούν και τουλάχιστον 60% πρέπει να ανακυκλωθούν και / ή να αποτεφρωθούν. Σε σχέση με τα παραπάνω, τουλάχιστον το 60% του γυαλιού και του χαρτιού, το 50% των μετάλλων, 22,5% των πλαστικών και το 15% του ξύλου που περιέχουν τα απόβλητα συσκευασίας πρέπει να

ανακυκλωθούν.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις, συνεπώς, προέβλεψε ότι μπορεί να εκπληρωθεί με την ανακύκλωση υλικών και κάπως υψηλότερες απαιτήσεις που μπορεί να εκπληρωθεί με την ανακύκλωση και / ή αποτέφρωσης

Οδηγία 1999/31: Η Οδηγία 1999/31/ΕΚ περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων, στοχεύει στην πρόληψη ή στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής αποβλήτων στο περιβάλλον, και ειδικότερα στις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα, στα υπόγεια ύδατα, στο έδαφος, στον αέρα ή στην υγεία του ανθρώπου. Η Οδηγία ταξινομεί τους χώρους ταφής σε τρεις κατηγορίες:

- Χώροι Υγειονομικής Ταφής Επικινδύνων Αποβλήτων (Χ.Υ.Τ.Ε.Α.)
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων / υπολειμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α/Υ.)
- Χώροι Υγειονομικής Ταφής αδρανών αποβλήτων (Χ.Υ.Τ. Αδρανών)

Επιπροσθέτως, αποσκοπώντας στη διασφάλιση της ελεγχόμενης διάθεσης των αποβλήτων, απαγορεύει τη διάθεση των ελαστικών, των νοσοκομειακών και άλλων τύπων αποβλήτων και καθορίζει τη διαδικασία για τη χορήγηση αδειών εκμετάλλευσης χώρων ταφής.

Τέλος θεσπίζονται συγκεκριμένοι ποσοτικοί στόχοι για τη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, οι οποίοι είναι 75% το 2010, 50% το 2013, 35% το 2010, με ποσότητες αναφοράς εκείνες που οδηγήθηκαν προς Υ.Τ. το 1995. Επιβάλλεται η διαμόρφωση εθνικής στρατηγικής από τα κράτη μέλη, για την προσέγγιση των παραπάνω στόχων.